

**T.C.
MİMAR SİNAN GÜZEL SANATLAR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BURSA KAYNARCA – SICAK SU BÖLGESİNDE
JEOTERMAL ENERJİNİN
KONUT TASARIMINDA KULLANILABİLİRLİĞİ ÜZERİNE BİR
ARAŞTIRMA**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Derya OLCAR

**Anabilim Dalı: MİMARLIK ANABİLİM DALI
Programı: YAPI FİZİĞİ VE MALZEME PROGRAMI**

TEZ DANIŞMANI

Yrd. Doç. Dr. Mustafa ÖZGÜNLER

İSTANBUL – 2012

Derya OLCAR tarafından hazırlanan BURSA KAYNARCA – SICAKSU BÖLGESİNDE JEOTERMAL ENERJİNİN KONUT TASARIMINDA KULLANILABİLİRLİĞİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA adlı bu tezin yüksek lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Mustafa ÖZGÜNLER

Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından Mimarlık Anabilim Dalında lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek lisansüstü tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: : Yrd. Doç. Dr. Mustafa ÖZGÜNLER

Üye : Yrd.Doç.Dr. Çiğdem TEKİN

Üye : Yrd.Doç.Dr. Ömer EREM

Yrd. Üye : Yrd. Doç.Dr. Cüneyt DİRİ

Yrd. Üye : Yrd. Doç.Dr. Gülten MANİOĞLU

Bu tez, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	I
ÖNSÖZ	III
ÖZET.....	IV
ABSTRACT.....	VI
ŞEKİL LİSTESİ.....	VIII
TABLO LİSTESİ.....	X
GRAFİK LİSTESİ	XII
RESİM LİSTESİ	XII
KISALTMALAR	XIII
1.GİRİŞ	1
1.1.Problemin Tanımı.....	1
1.2.Çalışmanın Amacı	1
1.3.Çalışmanın Kapsamı.....	2
2.LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	3
2.1. Enerji Tanımı.....	3
2.2. Enerji Verimliliği	3
2.3. Enerji Etkin Binalar.....	4
2.4.Enerji Kaynakları	5
2.4.1.Yenilenemeyen enerji kaynakları	5
2.4.2.Yenilenebilir enerji kaynakları	6
2.5. Jeotermal Enerjinin Tanımı	8
2.5.1.Jeotermal Enerjinin Genel Özellikleri	10
2.5.2.Jeotermal Enerjinin Önemi	10
2.5.3.Jeotermal Enerjinin Kullanım Alanları.....	17
2.5.4.Jeotermal Enerjinin Diğer Enerji Kaynakları İle Karşılaştırılması.....	27
2.5.5.Jeotermal Enerjinin Diğer Enerji Kaynaklarına Göre Zayıflıkları	28
3.JEOTERMAL ENERJİNİN YAPILARDA KULLANILMASI.....	30
3.1.Jeotermal Enerji İle Konut Isıtılması Ve Sıcak su İhtiyacının Karşılanması ...	30
3.1.1. Kabuklaşma ve Korozyon Önleme Çalışmaları.....	32
3.1.2. Jeotermal Kuyuların İşletiliş Şekilleri	33
3.1.3. Jeotermal Merkezi Isıtma Sistemleri ve Tasarım Kriterleri.....	34

3.2.Jeotermal Enerji İle Konut Elektrik İhtiyacının Karşılanması	37
3.2.1. Jeotermal Enerjiden Elektrik Üretmek Amacıyla Kullanılan Güç Çevrimleri	37
3.2.2. Çevrimlerin Verimi ve Geliştirilme Potansiyelleri	49
3.3.Türkiye’de Jeotermal Enerji Uygulamaları	50
4.BURSA KAYNARCA-SICAK SU BÖLGESİNDE TASARLANAN KONUT ÖRNEĞİ ÜZERİNDE JEOTERMAL ENERJİ KULLANIMININ İNCELENMESİ	54
4.1. Enerji Etkin Binalar Tasarım Kriterleri	54
4.2. Örnek Konutun Enerji Etkin Tasarımın Temel İlkeleri Üzerinden İncelenmesi	69
4.3. Uygulama Yapılacak Yerin (Kaynarca-Sıcak su Bölgesi) Yenilenebilir Enerji Potansiyeli	87
4.3.1.Binanın Yaklaşık Toplam Enerji İhtiyacının Belirlenmesi.....	87
5.SONUÇ VE ÖNERİLER	99
KAYNAKÇA	101
EKLER.....	1
EK-1.TESİS UYGULAMA PROJESİ ÇİZİMLERİ	2
EK-2.TESİS ISI HESAPLARI.....	2
EK-3.BİNA TESİSAT SİSTEMİ ŞEMASI	40
EK-4.ISITMA (DOĞALGAZ) VE ELEKTRİK FATURA BİLGİLERİ	41
EK-5.Bursa Kaynarca-Sıcaksu Bölgesinde Tasarlanan Enerji Etkin Bina Örneğinin Bina Değerlendirme Metotları (LEED) Üzerinde İncelenmesi	42

ÖNSÖZ

Günümüzde yaşamımızın bir parçası haline gelen enerji; madde veya maddeler sisteminin iş yapabilme yeteneği olarak tanımlanır. Enerji kavramı ve enerji kaynaklarının sürdürülebilirliği geçmişten bugüne dünyanın en önemli konularından ve sorunlarından biri olmuştur.

Binalar en çok enerji kullanan sistemlerden birisi olarak karşımıza çıkmaktadır. Dolayısıyla binalarda kullanılan yakıt ve ihtiyaç duyulan enerjinin azaltılması gerekmektedir, ama bunun bir maliyeti vardır. Bu çalışmalarda temel amaç gün geçtikçe önem kazanan jeotermal enerjinin Bursa’ da Kaynarca – Sıcaksu Bölgesinde konut tasarımında kullanılabilirliğini aramak, yani sürdürülebilirlik ve enerji etkin tasarım kriterleri ile bina tekniğinde kullanılan jeotermal enerjinin enerji etkin tasarıma ve maliyetine etkilerini irdelemeye yönelik unsurların araştırılmasıdır.

Yüksek Lisans çalışmalarında, gerek derslerimde ve gerekse tez çalışmalarında, bana danışmanlık ederek, beni yönlendiren ve her türlü olanağı sağlayan danışmanım Yrd. Doç. Dr. Mustafa Özgünler ‘e teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Çalışmamda emeği geçen Bursa Büyükşehir Belediyesine teşekkürlerimi sunuyorum.

**BURSA KAYNARCA – SICAK SU BÖLGESİNDE
JEOTERMAL ENERJİNİN
KONUT TASARIMINDA KULLANILABİLİRLİĞİ ÜZERİNE BİR
ARAŞTIRMA**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Derya OLCAR

**MİMAR SİNAN GÜZEL SANATLAR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Haziran 2012

ÖZET

Enerji kaynaklarının tükenebilir oluşu, dışa bağımlılığın varlığı ve çevresel etkiler, enerji üretim ve tüketiminde odaklanılması gereken unsurlar olup, günümüzde ülkeler için ihtiyaç duyulduğunda ulaşılabilecek derecede güvenli, yeterli miktarda, ucuz ve temiz enerji üretmek, ekonomik ve sosyal hayatın temel problemleri arasında yerini almaktadır.

Ülkemizin önemli yenilenebilir enerji kaynakları; rüzgar, güneş ve jeotermaldir.

Güneş potansiyeli açısından coğrafi konumu nedeniyle şanslı ülkelerden sayılan ülkemizde Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü' nin güneşlenme süresi ve ısınım şiddeti ölçümleri üzerinde Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü (EİE) tarafından yapılan çalışmaya göre, Türkiye' nin yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat (günlük toplam 7,2 saat) ve ortalama toplam ısınım şiddeti 1311 kWh/m²-yıl (günlük toplam 3,6 kWh/m²) olarak hesaplanmıştır.

Enerji Bakanlığı verilerine göre; elektrik üretiminde kullanılabilecek güneş enerjisi potansiyelimiz 8.8 milyon ton petrol eşdeğeri (mtpe), ısınma amaçlı kullanılabilecek potansiyelimiz ise 26.4 mtpe' dir.

Ülkemiz rüzgar potansiyeli açısından da şanslı ülkeler arasındadır. EİE' nin ölçüm istasyonlarından elde edilen ortalama rüzgar hızlarına göre rüzgar potansiyelinin yoğun olduğu Marmara, Ege, Güney Doğu ve Doğu Akdeniz bölgelerinde rüzgar enerji santrallerinin oldukça verimli alacağı belirtilmektedir.

Jeotermal enerji insan hayatını kolaylaştırmak için en güvenilir, ucuz ve çevre dostu bir enerji türü olarak kabul edilmektedir. Jeotermal kaynakların verimli kullanılması durumunda şu an Türkiye’de ve dünyada bazı bölgelerde uygulandığı gibi konut ısıtmada ve elektrik üretiminde kullanılabilir bir kaynaktır.

Enerji Bakanlığı verilerine göre, elektrik üretimi amaçlı kullanılabilecek (görünür ve mümkün) toplam jeotermal potansiyelimiz ise 4,500 MW/yıl, ısıtma amaçlı olarak kullanılan ve jeotermal kaynak alanlarında kurulmuş olan merkezi ısıtma sistemlerinin toplam kapasitesi 23000 konut eşdeğeriştir.

Bu çalışmada, giriş bölümünde problem tanımlanmış, amaç, kapsam ve konu ile ilgili daha önce yapılmış çalışmalar ile ilgili kısa bilgiler verilmiş yapılan literatür çalışmasında ise jeotermal enerji hakkında genel bilgi verilerek kullanım alanları açıklanmıştır. Alan çalışması bölümünde Bursa Kaynarca Sıcaksu Bölgesinde jeotermal enerjinin örnek bir konut binasında ısıtma, aydınlatma ve sıcak su üretiminde kullanılabilirliği araştırılmıştır. Binanın ısıtılmasında, aydınlatılmasında ve sıcak su ihtiyacının karşılanmasında jeotermal enerjinin kullanımı sonucu elde edilen enerji tasarrufu, çevresel ve kullanım maliyetleri açısından incelenerek üstünlükleri gösterilmiş, örnek konutun enerji puanlaması yapılmıştır.

Bilim Kodu :

Anahtar Kelimeler :

Sayfa Adedi :

Tez Yöneticisi :

**A RESEARCH ON USABILITY OF GEOTHERMAL ENERGY
FOR DESIGNING RESIDENCES
IN BURSA KAYNARCA - HOT WATER AREA**

Derya OLCAR

**MIMAR SINAN FINE ARTS UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

June 2012

ABSTRACT

The exhaustible resources, dependence on foreign energy resources and environmental impacts are the factors to be focused on energy generation and consumption. Nowadays generation of energy which is reliable as it is accessible when needed, sufficient, economic and clean, is one of the basic problems of economical and social life.

Our countries important renewable energy resources are; wind, solar and geothermal energy.

Turkey is located in a very prosperous position in terms of solar energy potential. As per the study of General Directorate of Electric Power Resources Survey and Development Administration (EIE) on the measured sunshine duration and radiation intensity data of General Directorate of Meteorology; Turkey's total annual sunshine duration is calculated as 2,640 hours (total daily 7.2 hrs) and total average radiation intensity is calculated as 1311 kWh/m²-year (total daily 3,6 kWh/m²).

As per the Ministry of Energy and Natural Resources data, Turkey's solar energy potential which can be used in the generation of electricity is 8.8 million tones petroleum equivalent and the potential to be used for heating purposes is 26.4 mtpe.

Our country is also located in a very prosperous position in terms of wind energy potential. The average wind speed data obtained from the measurement stations of EIE shows that, the wind power plants constructed in locations, where there is intense wind potential, such as Marmara, Aegean, South East Anatolian and East Mediterranean Regions, will work very efficiently.

Geothermal energy is considered to be the most reliable, economical and environmental-friendly energy type, which eases our lives. In case it is used efficiently, geothermal energy can be used in domestic heating and energy generation, as it is already being used in Turkey and some parts of the world.

As per the Ministry of Energy and Natural Resources data, Turkey's total geothermal energy potential (apparent and feasible) which can be used with the purpose of electricity generation is 4,500 MW/year, and the total capacity of domestic heating systems installed on the areas of geothermal resources is 23.000 housing unit equivalent.

In this study, the problem is identified, and then brief information on objective, scope and previous studies in the same subject is given in the introductory chapter. General information on the geothermal energy, together with its usage areas is stated in the literature research. The availability of the geothermal energy in Bursa Kaynarca Thermal Spring Region in heating, lightening and hot water supply of a sample residential building is analyzed in field work section. The energy saved as a result of using geothermal energy for heating, lightening and hot water supply of the residential building has been examined in terms of environmental and utilization costs, the advantages have been demonstrated and the Building Energy Rating of the sample residential building has been calculated.

Science Code :

Key Words :

Page Number:

Supervisor :

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1. Türkiye’de binalarda kullanılan enerjinin Toplam Enerji İçerisindeki Payı	3
Şekil 2.2. Daniels ‘e göre çevreden kazanılabilecek enerji	5
Şekil 2.3. Türkiye’ nin jeotermal sahaları	19
Şekil 2.4. Jeotermal Enerji Kaynaklarının Endüstriyel Kullanım Alanları	23
Şekil 2.5. Ormat Binary Jeotermal Güç Santrali	24
Şekil 3.1. Jeotermal temelli bölgesel ısıtma sisteminin şematik gösterimi	31
Şekil 3.2. Jeotermal Kuyuların İşletilişi	33
Şekil 3.3. Kondensersiz kuru buhar çevrim jeotermal elektrik santrali akış şeması .	38
Şekil 3.4. Kondenserli kuru buhar çevrim jeotermal elektrik santrali	39
Şekil 3.5. Püskürtme işleminde suyun basınç-entalpi değişim diyagramı	40
Şekil 3.6. Tek püskürtmeli çevrim jeotermal elektrik santrali akış şeması	41
Şekil 3.7. Çift püskürtmeli çevrim jeotermal elektrik santrali akış şeması	42
Şekil 3.8. Binary (ikincil) çevrim elektrik santrali akış şeması	43
Şekil 3.9. Kombine tek püskürtmeli-binary çevrim jeotermal elektrik santrali akış şeması	45
Şekil 3.10. Bileşik püskürtmeli–binary çevrim jeotermal elektrik santrali akış şeması	46
Şekil 3.11. Kalina çevrimli jeotermal güç santralinin akış şeması	48
Şekil 4.1. Arazi topografyası ve yerleşme yoğunluğuna bağlı olarak hava hareketinin değişimi	55
Şekil 4.2. Farklı iklim bölgeleri için uygun arazi parçaları	55
Şekil 4.3. Yapı formu yüzey ilişkisi	57
Şekil 4.4. (a) Kuzey güney aksında yönelen formlar; (b) Batı doğu aksında yönelen formlar	57
Şekil 4.5. Değişik iklim bölgelerindeki uygun bina biçimleri ve tasarım kriterleri şematik gösterilişi	58
Şekil 4.6. Binanın çevresinde gün içerisinde oluşan gölgeli alanlar	59
Şekil 4.7. Bina kabuğu tasarımı, pasif solar, günışığı ve organik bahçenin kombinasyonu	62
Şekil 4.8. Farklı Yönler için Uygun Güneş Kontrol Sistemlerine Örnek	65
Şekil 4.9. Doğal Havalandırma Sistemlerine Örnek	66
Şekil 4.10. Günışığından faydalanan bir tasarım	67
Şekil 4.11. Chiller ünitesinde atık ısı kazanımı	68
Şekil 4.12. Bursa İli Türkiye Haritasındaki yeri	69
Şekil 4.13. Bursa İli Jeotermal Alanları	69
Şekil 4.14. Örnek konutu vaziyet planı	72
Şekil 4.15. Örnek konut bodrum kat planı .	73
Şekil 4.16. Örnek konut zemin kat planı	74
Şekil 4.17. Örnek konut 1. Kat planı	74
Şekil 4.18. Örnek konut çatı katı planı	75
Şekil 4.19. Örnek konut yerleşim planı	76

Şekil 4.20. Yapı yüzey-hacim oranı	77
Şekil 4.21. Doğal havalandırmanın sağlanması	85
Şekil 4.22. Örnek konutun çatı planı	86

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1. Yenilenebilir enerji kaynakları çeşitleri	7
Tablo 2.2. Yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretiminin maliyeti	8
Tablo 2.3. Yenilenebilir enerji kaynaklarından ısı üretiminin maliyeti	8
Tablo 2.4. Jeotermal sıvı karbondioksit ve kuru buz üretim projeksiyonu	12
Tablo 2.5. Türkiye’de Jeotermal Enerji ile Isıtılabilecek Yerler	13
Tablo 2.6. Türkiye’de Jeotermal elektrik üretimi ve doğrudan kullanım 2013 projeksiyonları	15
Tablo 2.7. Türkiye’ de jeotermal enerji ile ısıtılan bazı yerleşim bölgeleri ve halkın ödediği aylık jeotermal ısınma ve sıcak su ücretleri (2005/2006 Kış Sezonu) ve Katılım Bedelleri (Fiyatlara KDV dahildir.)	16
Tablo 2.8. Jeotermal Enerji’ nin Sıcaklıklarına Göre Değerlendirme Şekilleri	18
Tablo 2.9. Türkiye’ de jeotermal ile merkezi ısıtmaya uygun olan yerler	20
Tablo 2.10. Türkiye’ de tespit edilen jeotermal ısıtmaya uygun sahalar ve kuyu başı sıcaklıkları	21
Tablo 2.11. Jeotermal Elektrik Üretim Prodüksiyonu (Teknik yaklaşım, Tahmini güç)	25
Tablo 2.12. Jeotermal Sistemlerde, Tesislerin Başlangıçtan Üretime Geçinceye Kadar Geçirdikleri Safha ve Süreleri	29
Tablo 3.1. Türkiye’de konut ısıtma maliyetleri	31
Tablo 3.2. Konutlarda Yakıt Fiyatlarının Karşılaştırılması (Tem-1994)	36
Tablo 3.3. Türkiye’ deki mevcut (Ocak 2006) jeotermal kullanım kategorileri.....	50
Tablo 3.4. Türkiye’de Jeotermal Üretim Değerleri (Miktar olarak)	52
Tablo 3.5. Türkiye’de Jeotermal Üretim Değerleri (Değer olarak)	53
Tablo 4.1. Bursa İli 2008 Yılı Toplam Yağış Miktarı	70
Tablo 4.2. Bursa Meteoroloji İstasyonu Sıcaklık Normalleri (2008)	71
Tablo 4.3. Binanın dış duvar kesiti	78
Tablo 4.4. Binanın çatı kesiti	78
Tablo 4.5. Binanın ara döşeme kesiti	79
Tablo 4.6. Binanın temel kesiti	79
Tablo 4.7. Binanın özgül ısı kaybı hesabı.....	80
Tablo 4.8. Binadaki pencerelerin ısı kaybı hesaplarında kullanılan değerleri	82
Tablo 4.9. Binadaki kapıların ısı kaybı hesaplarında kullanılan değerleri	82
Tablo 4.10. Binada kullanılan yapı elemanlarının kesitleri	83
Tablo 4.11. Binada kullanılan yapı elemanlarının kesitleri (devamı)	84
Tablo 4.12. Havalandırma raporu	85
Tablo 4.13. Binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı	87
Tablo 4.14. Sosyal aktivite alanlarının yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı	88
Tablo 4.15. Tesisin günlük elektrik enerjisi ihtiyacı.....	90
Tablo 4.16. Tesisin yıllık toplam enerji ihtiyacı	91
Tablo 4.17. Simav’daki mevcut jeotermal kaynakların elektrik enerjisinde kullanılabilirlikleri	92
Tablo 4.18. Çalışma sahasının sondaj sonuçları	93

Tablo 4.19. ORC-Binary güç santraline ait teknik karakteristikler ve hesaplanan veriler .	95
Tablo 4.20. Sinav'daki mevcut jeotermal kaynağın Kalina güç santraline ait teknik karakteristikler ve hesaplanan veriler.....	96

GRAFİK LİSTESİ

Grafik 2.1. Elektrik Santrallerinde Kullanılan Yakıtların SO _x Emisyonu	14
Grafik 2.2. Merkezi Isıtma Sistemlerinde Kullanılan Yakıtların CO ₂ Emisyonları .	14
Grafik 4.1. Bursa ili 1970-2009 Yılları arası yağış değişim grafiği	71

RESİM LİSTESİ

Resim 2.1. Modern ve Etkin Enerji Kullanımı İçin Tasarlanmış Bina Örnekleri.....	4
Resim 2.2. Jeotermal Enerjinin Oluşumu ve Yeryüzüne Çıkışı	9
Resim 4.1. Serpantinli enerji (buz) depolama sistemi	86

KISALTMALAR

EİE	Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü
kWh	Kilowatt Saat
mtpe	Milyon Ton Petrol Eşdeğeri
MW	Mega Watt
°K	Kelvin (sıcaklık birimi)
CO ₂	Karbon dioksit
Ppm	Herhangi bir karışımda toplam madde miktarının milyonda 1 birimlik maddesine denir.
SO ₂	Kükürt dioksit
MTA	Maden Tetkik ve Arama
MWe	MW cinsinden (e=elektrik) gücü
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
NaCl	Sodyum klorür
H ₂ S	Hidrojen sülfür
kcal	Kilo Kalori
CC	Climate Change (iklim değişikliği)
kWe	KW cinsinden (e=elektrik) gücü
ORC	Organik Rankin Çevrimi
GWh	Giga Watt/Saat
ISH (sistemleri)	Isıtma - Soğutma – Havalandırma (sistemleri)
TS 825	Binalarda Isı Yalıtım Standardı kodu
XPS	Extrüde Polistiren Sert Köpük
SBS	Modifiye edilmiş bitümün polyester veya cam tülü taşıyıcıya emdirilmesi ile oluşan su yalıtım malzemesidir.
OSB	Yüksek mukavemetli neme dayanıklı levhadır.

kJ	Kilojoule
W _{tr}	Bellek birimi
kPa	Kilopascal
NH ₃	Amonyak
H ₂ O	Hidrojen dioksit
C	Kondanser (Condanser)
CP	Kondanser pompası (Condansate pump)
CS	Şiddetli buhar ayrıştırıcısı (Cyclone separator)
CSV	Kontrol ve durdurma valfleri (Control and stop valves)
CT	Soğutma kulesi (Cooling tower)
CW	Soğutma suyu (Cooling water)
CWP	Soğutma suyu pompası (Cooling water pump)
E	Evaporatör
F	Püskürtme kabı (Flash vessel)
MR	Nem alıcı (Moisture remover)
IP	Enjeksiyon pompası (Injection pump)
IW	Enjekte kuyusu (Injection well)
P	Pompa (Pump)
PH	Sıcaklık değıştiricisi (Preheater)
PW	Kuyu sondajı (Production well)
S	Susturucu (Silencer)
SE/C	Buhar enjektörü/kondanser (Steam ejector/condenser)
SR	Kum çökeltici (Sand remover)
T/G	Türbin/jeneratör (Turbine/generator)
WP	Su boru hattı (Water piping)

WV	Ana kaynak valfi (Wellhead valve)
kW	Kilo Watt
h	Saat
J	Joule
kg	Kilogram
km	Kilometre
LPG	Liquified Petroleum Gas (Sıvılaştırılmış Petrol Gazı)
m	Metre
s	Saniye

1.GİRİŞ

1.1.Problemin Tanımı

Ülkemiz, genel olarak, enerji üretim kapasitesi kendi enerji talebini karşılayamaması nedeniyle enerji ithal eden bir ülke konumundadır. Bu nedenle, üretilen enerjinin yüksek verimle kullanılması, mevcut enerji kaynaklarının yanı sıra alternatif ve yenilenebilir enerji kaynaklarına ait potansiyelin değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır.

Yenilenebilir enerji kaynakları, sırası ile üretilen enerjinin ekonomik olması, uzun vadede enerji açığını büyük ölçüde kapatması, ülkeyi enerji açısından dışa bağımlılıktan kurtarması ve çevreyi en az şekilde kirletmesi hususları üzerinde irdelendiğinde Jeotermal enerji her geçen gün daha fazla değerlendirilmekte ve ülke ekonomisine katkısı irdelenmektedir.

Enerji tüketimi endüstride, binada, ulaşımda ve tarımda olmak üzere dört ana sektörde incelenebilir. Birçok ülkede binalarda olan enerji tüketimi toplam enerji tüketiminin önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Ülkemizde toplam enerji tüketiminin yaklaşık % 25 - % 30'u binalarda gerçekleşmektedir. Dolayısıyla, binaların toplam enerji tüketim miktarı oldukça önemli mertebelerdedir ve hassasiyetle üzerinde durulmalıdır.

1.2.Çalışmanın Amacı

Yirminci yüzyılda özellikle teknolojiye yaşanan gelişmeler ve enerji kullanımındaki artışla meydana gelen çevre kirliliği, dünyadaki ekolojik dengede geri dönüşü olmayan tahribatlara neden olmaktadır. Kullanılan fosil enerji kaynaklarının çevre kirliliğine neden olmaları yanında, yakın gelecekte tükenecek olmaları da, insanoğlunu yenilenebilir enerji kaynaklarına yöneltmektedir.

Dünyada enerji tüketiminin yaklaşık yarısının konutlarda kullanılıyor olması, enerji etkin yapı tasarımlarının önemini arttırmaktadır. Binalarda kullanılan enerjinin, binanın tasarım özellikleri ve binaya entegre edilecek yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanmayı sağlayan sistemlerle en aza indirilmesi, dünyada yaşanan çevre kirliliğine karşı alınacak tedbirlerdendir.

Tahmini jeotermal enerji ısı potansiyeli 31.500 MW olan ülkemizde mevcut jeotermal enerjiden yeterince yararlanılamamaktadır.

Jeotermal enerji sistemleri ucuz, karlı ve yatırımı karşılama süresi oldukça düşük olan sistemlerdir. Bursa'da bu çalışmada ele alınan kaynakların doğalgaz eşdeğeri ekonomik değeri yaklaşık olarak yılda 1.200.000 TL'dir.

Kendi öz varlığımız olan, dışa bağımlı olmayan, teknik ve ekonomik avantajlara sahip olan, çevre dostu jeotermal kaynakların maksimum ölçüde değerlendirilmesi enerji ekonomisi çalışmalarında önemli yer tutmaktadır. Bu doğrultuda, tüm diğer

ısıt sistemlerde olduğu gibi termodinamiğin ikinci kanununun jeotermal kaynaklar için uygulanması, sistem verimliliği, kullanılabilirliği ve sınıflandırılması için sağlam bir temel oluşturur [1].

Bu çalışmada yenilenebilir enerji kaynaklarından jeotermal enerjiyi kullanım alanları, avantajları ve diğer enerji kaynakları ile karşılaştırmak; ısıtma, sıcak su, aydınlatma ihtiyaçlarını jeotermal enerji kullanarak karşılayan örnek bir konutun enerji giderleri hesaplanarak uygulamanın sağlayacağı avantajların irdelenmesi amaçlanmıştır.

1.3.Çalışmanın Kapsamı

Genel olarak enerji etkin binalar altında enerji etkin binalarda kullanılan yenilenebilir enerji kaynakları ve yenilenebilir enerji kaynakları içinden jeotermal enerji incelenmiştir.

Jeotermal enerji kaynakları bakımından zengin illerimizden biri Bursa'dır. Jeotermal enerjinin yenilenebilir bir enerji kaynağı olması, tükenmezliği, çevreyi kirletmemesi, ekolojik dengeyi bozmaması, arama ve işletme aşamasında maliyetinin düşüklüğü açısından Bursa kenti için en uygun enerji kaynağıdır. Sıcak su kaynaklarının yaygın olduğu bölgelerde jeotermal enerjiden yararlanmak hem ülke ekonomisi hem de doğal denge açısından çok önemlidir [2].

Bu çalışmada, Bursa Kaynarca Sıcaksu Bölgesinde tasarlanacak bir jeotermal enerji kaynaklı bina modeli üzerinde elektrik, yakıt, sıcak-soğuk su temininin sağlayacağı avantajlar sunulmuştur. Ele alınan sistemde, kaynaktan temin edilebilen enerji potansiyeline göre örnek konutun enerji potansiyeli irdelenmiş, enerji puanlaması yapılmış, enerji kimlik belgesi belirlenmiştir. Bütün bu çalışmanın genelinde verim artırma çalışmalarında dikkatin odaklanması gereken sistem noktaları irdelenmiştir.

2.LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1. Enerji Tanımı

İş yapabilme kapasitesi olarak tanımlanan enerji, yeryüzünde birçok yer ve şekilde bulunmaktadır [3]. Enerji uygulandığı sistemdeki değişikliklere yol açan etkidir. Mekanik, fiziksel, kimyasal veya elektriksel görevler gerçekleştirmek suretiyle iş yapma ya da farklı sıcaklıklara sahip iki nesne arasında bir ısı transferine neden olma kapasitesi olarak da tanımlanmaktadır.

Enerjinin etkin kullanımı, gereksinim duyulan enerjinin en az finansmanla, en az çevresel ve sosyal maliyetle ve sürekli olarak elde edilmesini sağlayan politika, teknoloji ve uygulamaları kapsamaktadır.

Enerji etkin kullanımı üç ana ilkeye dayanmaktadır [3]:

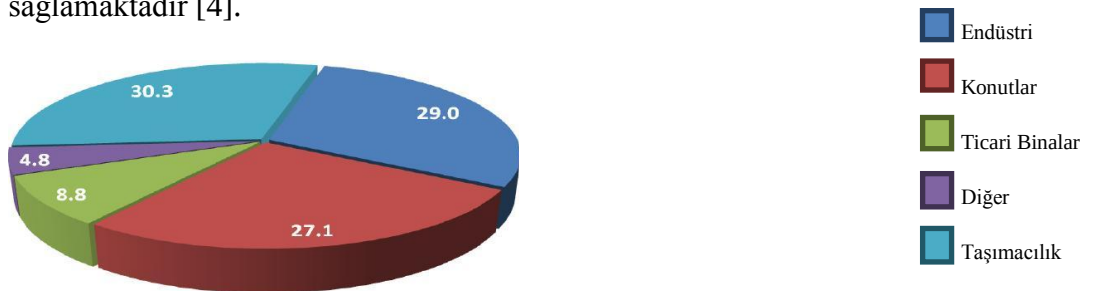
1. Enerji tasarrufu,
2. Enerji üretimi ve kullanımının çevrede meydana getirdiği olumsuz etkilerin ve kirlenmenin en aza indirilmesi için çevre dostu enerji stratejilerinin geliştirilmesi,
3. Yenilenebilir enerji kaynakları kullanımının artırılması ve bu alandaki teknolojik gelişmelere hız verilmesidir.

2.2. Enerji Verimliliği

Sanayi devriminin ardından elektrik temini için su, güneş ve jeotermal kaynakları mevcut fosil yakıtlara alternatif olarak kullanılmaya başlanmıştır. 19. Yüzyılın başlarında petrolün bulunması ile 1973 petrol krizi ve iklim değişikliklerinin farkına varılması enerji tarihinin dönüm noktaları olarak sayılmaktadır.

Enerji verimliliği, enerjinin verimli biçimde kullanılması, aynı ihtiyacı karşılamak amacı ile daha az enerji sarfiyatı yapabilmektir. Fakat bunu başarabilmenin bir maliyeti vardır. Amaç maliyetin geri ödemesinin kullanılan bina ömründen daha kısa olduğunun gösterilmesidir.

En basit anlamda enerji verimliliği, aynı iç sıcaklıkları sağlamak için binayı dıştan yalıtma ki bu hem soğutma döneminde hem de ısıtma döneminde avantaj sağlamaktadır [4].



Şekil 2.1. Türkiye’de binalarda kullanılan enerjinin Toplam Enerji İçerisindeki Payı

2.3. Enerji Etkin Binalar

Enerji etkin bina; pasif sistem olarak mekanik ve elektrik sistemlere en az gereksinime duyacak şekilde tasarlanmış, güneş, rüzgar gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından gerektiğinde yararlanmak, gerektiğinde korunmak üzere kendi kendini ayarlayan, pasif sisteme ek olarak ısıtma, havalandırma ve aydınlatma sistemlerine gereksinim duyulduğu takdirde bu sistemlerin pasif sistem öğeleriyle eşgüdümlü olarak tasarlandığı ve işletildiği, işletim sisteminin otomatik olarak kontrol edildiği binalardır [5].

Enerji etkin tasarımları diğer tasarım yaklaşımlarından ayıran özellik ise, “yapıyı oluşturan tüm malzeme ve bileşenlerin üretimi, yapının tasarımı yanı sıra kullanımı, bakımı, işletimi ve iklimlendirme sistemlerinin seçim ve yönetimine kadar geniş bir alan çerçevesinde, yapının standardını düşürmeden enerji girdilerinin bireysel ve toplumsal yarara yönelik olarak miktar ve maliyetini minimize etmeyi hedeflemesidir. Hem binanın çevreye uyum sağlamasını kolaylaştıran, kendini yenileyen enerji kaynaklarından yararlanmayı sağlayan hem de kullanılan enerjiyi koruma ve israfını önlemeye yönelik tedbirleri almayı hedefleyen, tasarım, üretim ve işletim yaklaşımlardır.

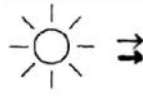
Enerji etkin mimari kavramı; yenilenemeyen enerji kaynaklarına olan bağılılığın azaltılması için çevresel kaynaklardan en fazla yararlanan ve yenilenemeyen enerji kaynaklarının en fazla verim alınacak şekilde kullanılarak tasarım yapılması sonucunda geleneksel fosil yakıtlara bağımlılığın azaltılmasını amaçlayan bir kuramdır [6].



Resim 2.1. Modern ve Etkin Enerji Kullanımı İçin Tasarlanmış Bina Örnekleri [8,49].

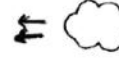
Güneşten:

- ısıtma ve soğutma (direk ve dolaylı),
- elektrik enerjisi (direk ve dolaylı),



Havadan:

- ısıtma ve soğutma (direk ve dolaylı),
- elektrik enerjisi (direk ve dolaylı),



Sudan:

- ısıtma ve soğutma (direk ve dolaylı),



Faunadan:

- ısıtma ve soğutma (direk ve dolaylı),



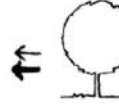
Topraktan:

- ısıtma ve soğutma (direk ve dolaylı),



Floradan:

- ısıtma ve soğutma (direk ve dolaylı),



Şekil 2.2. Daniels 'e göre çevreden kazanılabilecek enerji [7].

2.4.Enerji Kaynakları

Dünyada pek çok yer ve şekilde olan enerji kaynaklarını iki temel başlık altında incelemek mümkündür; 1) Yenilenemeyen enerji kaynakları, 2) Yenilenebilir enerji kaynakları

2.4.1.Yenilenemeyen enerji kaynakları

Yer kabuğundaki çeşitli yerlerde belli miktarlarda (stok) mevcut olan ve sadece yüzlerce milyon ya da milyonlarca yılda gerçekleşen jeolojik, fiziksel ve kimyasal süreçlerde yenilenebilme potansiyeline sahip olan kaynaklardır. Bu kaynaklar, oluştukları jeolojik zaman dilimindekinden daha hızlı çıkarıp kullanıldığı zaman tükenebilir kaynaklardır [9]. Yenilenemez enerji kaynaklarının, enerji çeşitlerine göre dağılımı;

- Nükleer Enerji; atomun çekirdeğinde meydana gelen değişiklikler yani birleşme ya da ayrılma sonucu açığa çıkan enerjidir.
- Doğal gaz; yer kabuğunun içindeki fosil kaynaklı bir çeşit yanıcı gaz karışımıdır. Bir petrol türevidir. Yakıt olarak önem sıralamasında ham petrolden sonra ikinci sırayı alır. Doğal gazı oluşturan hidrokarbon bileşikleri, yeraltındaki petrolün de bileşenleridir. Doğal gaz geçmişte petrol üretimi esnasında ortaya çıkan yararsız bir atık olarak görülmüş ve petrol üretim tesislerinde yakılarak uzaklaştırılmıştır. Günümüzde ise oldukça değerli ve

stratejik bir enerji kaynağı olarak sıklıkla evlerde ve endüstride kullanılmaktadır.

- Kömür; yeraltında bulunan sertleşmiş hayvan fosillerinin oluşturduğu kolayca yanabilen siyahımsı bir maddedir. Ülkemizde en çok bulunan kömür türü linyit olup, yaygın şekilde kullanılmaktadır.
- Petrol; yüz milyonlarca yıldan bu yana denizlerde yaşayan ya da suların denizlere sürüklediği bitki kalıntılarının anaerobik bir ortamda, uygun şartlar altında (sıcaklık, basınç ve mikroorganizmaların etkisiyle), toprağın üstünde başkalaşmasıyla oluşur. Değeri çok yüksektir, çünkü oldukça az bulunan bir yakıttır [6].

2.4.2.Yenilenebilir enerji kaynakları

Dünyanın, enerji gereksiniminin %80'ini fosil yakıtlardan karşılamasına karşın, petrol ve fosil yakıt rezervlerinin sınırlı olduğu bilinmektedir. Bir yandan fosil yakıt rezervlerinin azalması, diğer yandan artan çevre kirliliği ve doğanın tahribi sebebiyle alternatif enerji kaynakları konusunda yapılan araştırmalar, yenilenebilir enerji kaynakları konusunu gündeme getirmiştir.

Doğada devamlı olarak bulunan veya belli periyotlarla yenilenen enerji kaynaklarıdır. Sonsuz enerjiye sahip güneş en başta gelen yenilenebilir enerji kaynağıdır. Güneş dışında gel-git enerjisi, yakıt (ahşap) ve hidrolik (barajlar) kaynaklar da diğer yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı aşağıdaki gibi sıralanabilmektedir. Bu kaynaklar aşağıdaki şekilde açıklanabilmektedir;

- Hidrolik enerji; doğada bulunan suyun sahip olduğu enerjilerin dönüşümünden elde edilir. Yani, öncelikle akarsu yataklarında birikerek akan su, belli bir kinetik ve potansiyel enerjiye sahiptir. Daha sonrasında, bu kinetik ve potansiyel enerji, uygun yataklarda suyun toplanması ile tamamen potansiyel enerjiye çevrilir. Burada hazır olarak bekleyen enerji, ihtiyaç anında belirli bir düşü ve debi sağlanarak, su türbinlerinde elektrik enerjisine dönüştürülür.
- Jeotermal Enerji; yer kabuğunun ulaşılabilir derinliklerinde olağan dışı olarak birikmiş olan ısıнын yeryüzüne doğrudan ısı, sıcak su, buhar olarak çıkması sonucu veya sondajlarla bunlara ulaşılması sonucu elde edilen enerji türüdür.
- Güneş Enerjisi; 1.39 milyon km çapında ve dünyamıza yaklaşık 150 milyon km uzaklıkta olan, gazlardan oluşmuş bir kütle güneşi oluşturmaktadır. Sıcaklığı yaklaşık 6000°K olan güneş yüzeyinde hidrojen gazının helyuma dönüşmesi reaksiyonu gerçekleşmekte, bu reaksiyon sırasında ortaya çıkan enerji radyasyon yolu ile yayılmakta ve dünyamıza da ulaşmaktadır.
- Biyoenerji; canlı organizmalar yada bunların metabolik yan ürünlerinden elde edilen bir enerji türüdür. Biyoenerji denildiği zaman akla gelen biyokütle, biyogaz ve biyodizel enerjileridir.

- Deniz Kökenli Enerji; deniz dalga enerjisi, deniz sıcaklık gradyent enerjisi, deniz akıntıları enerjisi (boğazlarda) ve gel-git (med-cezir) enerjilerinin elektrik enerjisine çevrilmesi ile elde edilen enerji türüdür.
- Hidrojen Enerjisi; 1500'lü yıllarda keşfedilmiş, 1700'lü yıllarda yanabilme özelliğinin farkına varılmış, evrenin en basit ve en çok bulunan elementi olup, renksiz, kokusuz, havadan 14.4 kez daha hafif ve tamamen zehirsiz bir gazdır. Güneş ve diğer yıldızların termonükleer tepkimeyle vermiş olduğu ısının yakıtı hidrojen olup, evrenin temel enerji kaynağıdır.
- Rüzgar Enerjisi; Rüzgar rejimine bağlı olarak geliştirilen makinelerin boyutlarıyla orantılı bir şekilde yapılan enerji üretimidir, çevrime uğramış güneş enerjisi olarak da tanımlanabilir [10].

Tablo 2.1. Yenilenebilir enerji kaynakları çeşitleri [11].

Yenilenebilir Enerji Kaynakları				
Ana Kaynak	Birinci Enerji Kaynakları	Doğal Enerji Dönüşümü	Teknik Enerji Dönüşümü	Kullanım Enerjisi
Güneş	Su	Buharlaştırma Yağış	Hidroelektrik Santralleri	Elektrik Enerjisi
	Rüzgar	Atmosferdeki Hava Hareketi	Rüzgar Enerjisi Tesisleri	Elektrik ve Mekanik Enerji
		Dalga Hareketi	Dalga Enerjisi Tesisleri	Elektrik ve Mekanik Enerji
	Güneş Işınları	Yer ve Atmosferin Isınması	Isı Pompaları	Isı Enerjisi
		Güneş Işınları	Kolektörler	Isı Enerjisi
	Biomass	Biomass Üretim	Güneş Pilleri (PV)	Elektrik Enerji
			Isı Güç Tesisleri	Isı ve Elektrik Enerji
			Dönüşüm Tesisleri	Yakıt Enerjisi
Dünya	Yer Merkezi Isısı	Jeotermal Enerji	Jeotermal Güç Tesisleri	Isı ve Elektrik Enerji
Ay	Ay Çekimi Gücü	Gel-Git Olayı	Gel-Git Güç Santralleri	Elektrik Enerji
Güneş + Hidrojen		Hidrojen Üretimi	Hidrojen Enerji Tesisleri	Isı ve Elektrik Enerji
Rüzgar + Hidrojen		Hidrojen Üretimi	Hidrojen Enerji Tesisleri	Elektrik Enerji

Tablo 2.2. Yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretiminin maliyeti [12].

Kaynak	Günümüzdeki Üretim Fiyatı (cent/Kwh)	Gelecekteki Muhtemel Üretim Fiyatı (cent/Kwh)	Yatırım Fiyatı (\$/Kwh)
Biokütle	5-15	4-10	900-3000
Jeotermal	2-10	1-8	800-3000
Rüzgar	5-13	3-10	1100-1700
Güneş Pili	25-125	5-25	5000-10000
Güneş Isısı	12-18	4-10	3000-4000
Med Cezir	8-15	8-15	1700-2500

Tablo 2.3. Yenilenebilir enerji kaynaklarından ısı üretiminin maliyeti [12]

Kaynak	Günümüzdeki Üretim Fiyatı (cent/Kwh)	Gelecekteki Muhtemel Üretim Fiyatı (cent/Kwh)	Yatırım Fiyatı (\$/Kwh)
Biokütle	1-5	1-5	250-750
Jeotermal	0,5-5	0,5-5	200-2000
Rüzgar Gücü	5-13	3-10	1100-1700
Güneş	3-20	2-10	500-1700

2.5. Jeotermal Enerjinin Tanımı

Yerküre içinde depolanmış bir ısı enerji bulunmaktadır. Yerkabuğu içindeki yüksek sıcaklıklı su ve buhar karışımından ortaya çıkan bu enerjiye jeotermal adı verilmektedir. Bir başka deyişle Jeotermal Enerji; Yerkabuğunun ulaşılabilir derinliklerinde olağandışı olarak birikmiş ısı potansiyelinin ekonomik olarak yararlanılabilen şeklidir. Yerküre bir ısı motoru olarak kabul edilirse bu motorun çalışmasını sağlayan elemanlar madde ve enerjidir. Madde yerkabuğunun yapısını oluşturan çeşitli minerallerden oluşan kütlelerdir. Enerji ısı motorunun içinde yerküreden türemiş olan katı ve kısmen erimiş kayalar ve su ile taşınır. Bu ısı motorunu oluşturan maddenin yani kayaların kendi ısı enerjileri motorun işlemlerini sağlar. Yerkürenin ısı enerjisi birbiriyle bağlantılı ya da ayrı birçok ısı motorunun enerjilerinin birleşik halidir.

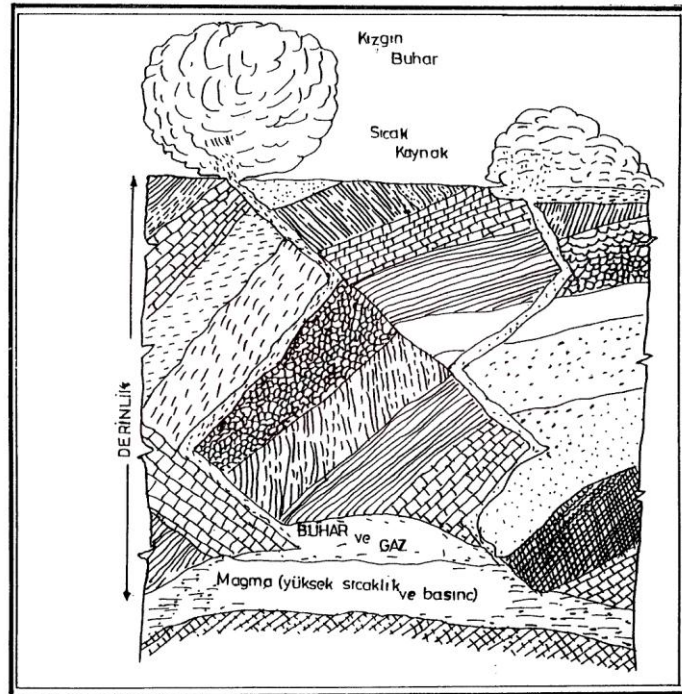
Yerkabuğundaki ısı kaynağı magmadır. Magmanın derinliklerinden büyük kitleler halinde yukarı gelen erimiş kayalar ısı akışını yerel olarak artırırlar. Yerkabuğundaki jeotermal ısı mantodan ısı iletimiyle ve radyoaktif elementlerin bozulmasından oluşan ısı yolumla ortaya çıkar.

Jeotermal enerjinin kullanılabilmesi bazı koşulların oluşmasına bağlıdır. Temel gereklilik, enerjinin ulaşılabilir olmasıdır. Ulaşılabilirlik, gözenekli ve/veya çatlaklık yer içi oluşumlarında ısının taşınımı ya da kayacın kendi ısı iletimi gibi doğal süreçlerle sağlanmaktadır. Yer içinde depolanmış ısının miktarı ve fiziksel büyüklüğü yeterliyse ve depo alanı yeryüzüne yakınsa, yüzeye bir ısı sistemi kurularak sıcak su ve buhardan enerji elde edilebilir. Jeotermal alana bir kuyu açılır; kuyudan alınan buharın bir jeneratörü çalıştırması sağlanır. Buhar bir türbine yollarır

ve türbinin dönmesi sağlanır. Hareket eden türbin elektrik üreten bir jeneratörü çalıştırır. Bunun sonucunda da elektrik üretilir.

Doğal buhar ve sıcak su kaynaklarının bulunduğu yerlerde jeotermal alan olduğuna kesin gözüyle bakılabilir. Ancak yüzeyde herhangi bir kaynağın bulunmadığı durumlarda da bir bölge jeotermal özellik taşıyabilir. Jeotermal sistemlerden ticari olarak yararlanma, yalnızca ulaşılabilen yüksek sıcaklıktaki su kaynaklarıyla sınırlıdır. Yetmişli yıllarda artan petrol fiyatları, jeotermal enerjiyi o yıllarda çekici bir kaynak durumuna getirmiştir. Seksenli yıllarda ise, petrol fiyatlarının daha istikrarlı olması jeotermal enerji kullanımının artmasını olumsuz etkilemiştir.

Jeotermal enerjinin doğrudan olmayan kullanımı, elektrik enerjisine çevrilmesiyle gerçekleştirilir. Doğrudan kullanımı ise, konut, seracılık ve endüstri için söz konusudur. Yüksek entalpili ($h > 770$ j/g) kaynaklarının önemli bir çoğunluğu düşük entalpili olduğu için, doğrudan kullanıma uygundur. Entalpi, birim akışkanının sıcaklığını belli bir miktar arttırmak için verilmesi gereken ısı miktarıdır. Türkiye’deki jeotermal kaynakların önemli bir çoğunluğu düşük entalpili olduğu için, doğrudan kullanımda verim daha yüksektir. Yapılan çalışmalar, konut ısıtmasında jeotermal enerji kullanımının yüksek olduğunu göstermektedir. Örneğin, 150°C lik bir jeotermal kaynak doğrudan kullanıldığında verim %80 iken, elektriğe dönüştürüldüğünde verim %10’a düşebilir. Konut ısıtmacılığının ısıtma tekniği ise, jeotermal suyun sıcaklığı ve bileşimi ile değişmektedir. Örneğin $60-100^{\circ}\text{C}$ arasındaki bir jeotermal su ile ısıtma doğrudan yapılırken, suyun aşındırıcı (korozyif) maddeler içermesi ya da çökeltme eğilimi taşıması durumunda ısı değiştirici gerekmektedir [13].



Resim 2.2. Jeotermal Enerjinin Oluşumu ve Yeryüzüne Çıkışı [14]

2.5.1.Jeotermal Enerjinin Genel Özellikleri

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

Yerin derinliklerine doğru inildikçe sıcaklığın artması jeotermal enerji oluşumuna zemin hazırlamaktadır. Bilindiği gibi yerkabuğundan aşağıya doğru her 33m derinliğe inildikçe, ortalama 1 °C sıcaklık artışı olmaktadır. Söz konusu alanlar, jeotermal enerji oluşumu için oldukça uygun koşullara sahip olabilir. Gerçekten de yeryüzünde jeotermal enerji dağılımı ile tektonik kuşaklar, kırık hatlar ve volkanik sahalalar arasında yakın bir benzerlik vardır. Jeotermal enerjinin alışılmış enerji kaynaklarına göre, bazı üstünlükleri vardır. Öncelikle jeotermal enerji güneş, rüzgar ve gel-git enerjisi gibi tükenmez bir enerji kaynağıdır. Diğer enerji kaynaklarında sıkça rastlanan çevreyi kirletme sorunun, bu enerji kaynağın da söz konusu değildir. Ayrıca jeotermal enerjinin üretim maliyeti diğer enerji kaynaklarından daha ucuzdur. Belirtilen avantajlar, jeotermal enerjinin uygulama alanlarının giderek çeşitlenmesine neden olmaktadır. Nitekim günümüzde seraların, konutların, havaalanı pistlerinin, hayvan çiftliklerinin ve yüzme havuzlarının ısıtılması, balık başta olmak üzere çeşitli yiyeceklerin kurutulması, deniz suyundan tuz elde edilmesi ve elektrik enerjisi üretilmesi gibi çeşitli faaliyet alanlarında jeotermal enerjiden yararlanılmaktadır. Bununla birlikte, jeotermal enerjinin kullanım alanını belirleyen en önemli faktör sıcaklık değeridir. Örneğin, 60 °C nin altındaki jeotermal sulara elektrik enerjisi üretiminde yararlanmak mümkün değildir.

Dünya’da tüketilen enerji miktarı içerisinde, jeotermal enerjinin payı henüz çok azdır. Ancak bu payın, gelecekte artması beklenmektedir. Özellikle yıllık elektrik enerjisi üretiminde, jeotermal enerjinin payı giderek yükselmektedir. Örneğin bu pay İtalya’ da %6, Yeni Zelanda da %20, El Salvador da %50 ve ABD’n de ise % 0,3 dolayındadır. Dünya da jeotermal enerjiden en fazla yararlanan ülkelerin başında İtalya, İzlanda, Yeni Zelanda ve ABD gelmektedir [13].

2.5.2.Jeotermal Enerjinin Önemi

Dünya’da olduğu gibi ülkemizde de önemli bir jeotermal enerji potansiyeli mevcuttur. Gerek elektrik üretimi gerekse elektrik dışı uygulamalar olarak pek çok kullanım alanı bulunan bu enerji kaynağının üstünlüklerinin yanı sıra sorunları da vardır. Jeotermal enerji kaynağından maksimum yararlanma, genel olarak belirlenen, yönetim-organizasyon, finans, planlama ve diğer sorunların çözümü ile yakından ilgilidir.

Yenilenebilir bir enerji kaynağı olması, tükenmezliği, çevreyi kirletmemesi, ekolojik dengeyi bozmaması, arama ve işletme aşamasında maliyetinin düşüklüğü, ülkemizin hemen her yanında yaygın olarak bulunması, özellikle ısıtmacılıkta ve endüstriyel kullanımda devreye çok büyük sokulabilmesi bu kaynağa fazla önem verilmesi

gerekmektedir. Tüm sorunların çözülerek maksimum kapasitelere erişilmesi ülke ekonomisi için büyük kazanç olabilecektir [13].

- **Jeotermal Enerjinin Çevre Yönünden Önemi;**

Çevre sorunları, yaşadığımız yüzyılın en önemli problemi olarak ekvatorдан kutuplara kadar her bölgede kendisini göstermektedir. 21. Yüzyıla yaklaşırken her geçen gün büyüyerek artan ve doğal kaynakları kullanılmaz hale getiren çevre sorunları, dünyanın geleceğini ciddi bir şekilde tehdit etmektedir. Ancak son yıllarda dünya nüfusunun iki kat artmasına karşın enerji üretiminin ve üretim şeklinin dünyamız için ne kadar çevre yönünden önemli olduğunu vurgulamaktadır.

Çevre boyutuna yeterince önem verilmemesi dünyamızı ve ülkemizi ekolojik tehlikelerle yüz yüze getirebilecektir. Bu konuda en önemli göstergelerden biri de fosil yakıtların yanması sonucu çıkan atmosferdeki CO₂ miktarıdır.

1880’li yıllarda dünyadaki CO₂ konsantrasyonları 275 ppm olarak belirlenmiş iken, 1992’de 360 ppm’ i aşmıştır. Eğer fosil yakıt kullanımında bir değişiklik olmazsa 2050’ li yıllarda CO₂ konsantrasyonunun 400 ppm’i aşacağı tahmin edilmektedir. Atmosferin ısınmasına yol açan bu olumsuz durum özellikle 1970’ li yıllardan itibaren dünya ülkelerini yeni çevre politikaları üretmeye zorlamıştır. 1985 Helsinki protokolü, 1990 Londra anlaşması ve 3-4 Haziran 1992 tarihlerinde Brezilya da yapılan konferanslar çevrenin önemini vurgulayan toplantılar olmuştur. Rio’ da yapılan Birleşmiş Milletler Çevre ve Gelişme konferansı sonrasında yayınlanan bildiri “ Ormanlar Geleceğin Kapitalidir” sözü ile son bulmaktadır. 21. Yüzyılda dünya için yeni bir çevre sloganı, bireysel çevre sorumluluğunu yerleştirecek olan “Global Düşün, Lokal Hareket Et” ilkesi olabilecektir.

Günümüzde elektrik enerjisinin üretiminde kullanılan yakıtlar içerisinde en ön planda kömür ve petrol gibi fosil yakıtlar gelmektedir. Bu yakıtlar içerisinde bulunan en önemli elemanın kükürt olması sebebiyle enerji santralleri, yüksek miktarda yakıt kullanmaları sebebi ile en fazla SO₂ kirlenmesine yol açan kirlletici kaynaklar olmaktadır. Yine konut ısıtılmasında ve enerji temininde kullanılan fosil yakıtlar içerisinde en büyük pay kömür ve petrole aittir. Kullanılan yakıtın kalitesi bu tür kaynaklardan gelen hava kirliliği üzerine çok fazla etki yapmaktadır. Son yıllarda özellikle kış mevsimlerinde başta büyük şehirlerimiz olmak üzere birçok yerleşim bölgelerinde hava kirliliği hat safhaya ulaşmaktadır.

ABD ve Avrupa’ da birçok yerleşim bölgelerinde fuel-oil, kömür beslemeli merkezi şehir ısıtma sistemleri vardır. Bunlar hava kirliliğini önleyen ve buna ilaveten yakıt ekonomisi sağlayan altyapı tesisleridir. Bu merkezi ısıtma sistemlerini ucuz bir ısı kaynağı olan jeotermal enerjiye dayalı hale getirildiğinde ülke ekonomisine ve çevreye olan katkısı çok daha büyük olabilecektir. Türkiye de şu anda 13 yerleşim bölgesinde merkezi ısıtma sistemi bulunmaktadır. Bu konutlar jeotermal enerji ile ısıtılmaktadır.

Bugün jeotermal enerji kullanımı sonucunda fosil yakıtların tüketimi ve bunların kullanımından doğan sera etkisi ve asit yağmuru gazlarının atmosfere atımından dolayı meydana gelen zararlı etkiler azaltılmıştır. Jeotermal enerjiye dayalı modern

jeotermal santrallerde CO₂, NO_x, SO_x atımı çok daha düşük olup, merkezi ısıtma sistemlerinde sıfırdır [13].

Tablo 2.4. Jeotermal sıvı karbondioksit ve kuru buz üretim projeksiyonu [15].

	Şubat 2006	2013
Jeotermal Karbondioksit Üretim (kurulu güç)	120.000 ton/yıl	200.000 ton/yıl

Yeni kuşak modern jeotermal santrallerinde yoğunlaşmayan gazları buharın içine alıp, kullanılmış jeotermal akışkan ile birlikte yer altına geri veren reenjeksiyon sistemleri vardır. Bu jeotermal santraller ile jeotermal ısıtma sistemleri tarafından dışarı hiçbir şey atılmaz.

Eski tip jeotermal santraller, üretilen her Mwh elektrik için en fazla 0,136 kg karbon dışarı verebilirler. Bu değer konvansiyonel sistemlerle kıyaslandığında, doğal gaz ile çalışan bir santral için 128 kg/Mwt. 6 numaralı fuel-oil ile çalışan bir santral için 190 kg/Mwt ve kömür ile çalışan bir santrali için ise 226 kg/Mwt' tır [13].

2013 yılı projeksiyonu olan 8000 MWt jeotermal doğrudan kullanım değerinin petrol eşdeğeri 3,88 Milyon TEP' dir (kalorifer yakıtı (fuel oil No:4) alt ısı değeri 9700 kcal/kg, ortalama verim ise %80 alınmıştır). Bu değer parasal karşılığı ise 5,4 Milyar TL/yıl' dır (4 Milyar USD/yıl) (Şubat 2006 fiyatları kullanılmıştır).

8000MWt jeotermal doğrudan kullanım değerinin doğalgaz eşdeğeri 3,93 Milyar m³/yıl' dır (doğalgaz alt ısı değeri 8250 kcal/m³, ortalama verim ise %93 alınmıştır). Parasal karşılığı ise 1,93 Milyar TL/yıl' dır (1,45 Milyar USD/yıl) (Şubat 2006 fiyatları kullanılmıştır [15].

Kömür yakıtlı santrallerdeki CO₂ atımı, eski tip jeotermal santrallerdekine oranla 1600 kat daha fazladır. Bu karşılaştırmaların ışığında, jeotermal enerjinin avantajı kesin olarak görülebilir.

Eski tip jeotermal santraller, fosil yakıtlar ile çalışanların sadece %1 i kadar kükürt atarlar. Ayrıca azot-oksit atışı da fosil yakıtlı santrallere göre daha düşüktür. Eski tip jeotermal santrallerdeki partikül atım, sadece soğutma kulelerinin içindeki suyun buharlaşmasından kaynaklanmaktadır. Bu da, kömür ve petrol santrallerden bin kat daha azdır. Netice olarak, yeni kuşak Binary jeotermal elektrik santralleri ile jeotermal merkezi ısıtma sistemlerinde hiçbir tehlikeli atım yoktur [13].

Türkiye, jeotermal enerji (ısıtma amaçlı) potansiyeli olarak, Dünya'da ilk 7 ülke arasına girmektedir. Jeotermal enerji kullanımının yaygınlaşması ile fosil yakıtların tüketimi ve bunların kullanılmasından doğan sera etkisi ve asit yağmuru gazların atmosfere atımından dolayı meydana gelen zararlı etkiler azaltılabilecektir. Jeotermal enerjiye dayalı modern jeotermal santrallerde zehirli gaz atımı çok düşük olup, özellikle merkezi ısıtma sistemlerinde sıfırdır. Yeni kuşak modern jeotermal santrallerde, yoğunlaşmayan gazları buharın içinden alıp, kullanılmış jeotermal akışkan ile birlikte yeraltına geri veren reenjeksiyon sistemleri vardır. Bu jeotermal santraller ile jeotermal ısıtma sistemleri tarafından dışarı atılan hiçbir şey yoktur

denilebilir. Yani tüm istenmeyenlerin sıfır olduğu bu enerji kaynağı hava kirliliğinin önlenmesinde son derece önemlidir.

Kullanım alanlarındaki işlevleri bittikten sonra jeotermal akışkanlar, rezervuar kayalarla tekrar gönderilirler, dolayısı ile herhangi bir çevre kirliliği yaratmadığı gibi kendilerini de tekrar beslemiş olurlar. 40 °C sıcaklığındaki jeotermal su ile artık evlerde ısıtma yapılabilir. Türkiye de, batı Anadolu’da orta ve düşük sıcaklıklı kaynaklar vardır. Ancak sıcaklığı 40 °C nin üzerinde Türkiye’de 140 jeotermal saha bulunmaktadır ve Türkiye jeotermal kaynak zenginliğinde dünya da ilk 7 ülke arasında yer almaktadır. MTA verilerine göre jeotermal ısı potansiyelimiz 31500 Mwt’ dır. Bunun konut eşdeğeri beş milyon konutun jeotermal enerji ile ısıtılmasıdır. Türkiye de yerleşim bölgelerinin % 30-35’ i jeotermalle (ekonomik olarak) ısıtılabilir, hava kirliliği kesinlikle önlenir ve bacaların yerini jeotermal merkezi ısıtma sistemleri alabilir. Gönen ve Simav Jeotermal enerji ile merkezi olarak ısıtıldıkları için hava kirliliği sorunları yoktur. Türkiye’de jeotermal enerji ile ısıtılacak yerler Tablo 1.1’ de verilmiştir [13].

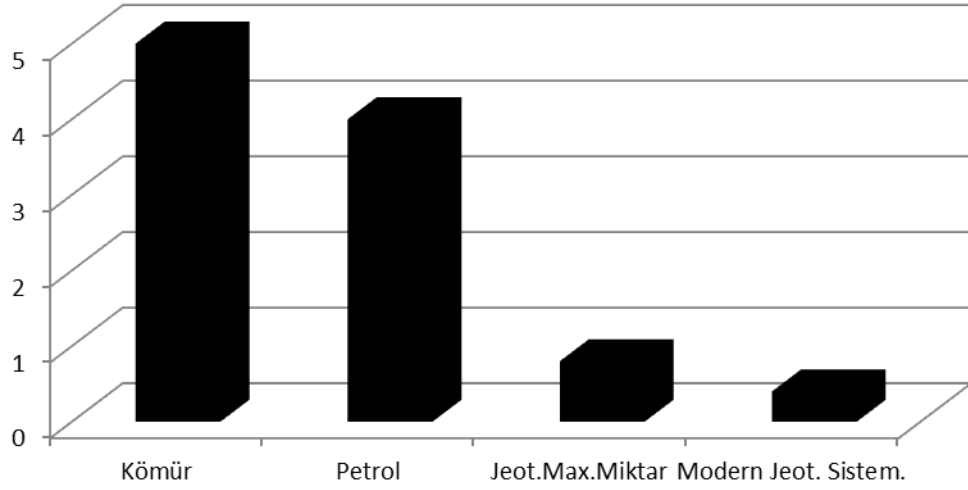
Tablo 2.5. Türkiye’de Jeotermal Enerji ile Isıtılacak Yerler [16].

Afyon	Sorgun	Nazilli	Bursa	Yenice	Akyazı
Simav	Boldavin	Buldan	Aydın	Karasu	Seben
Gediz	Sandıklı	Kızılcahamam	Germencik	Pamukçu	Erciş
İzmir	Edremit	Emet	İlgın	Balya	Sivas
Balçova	Hisaralan	Havran	Sındırgı	Gönen	Pasinler
Seferihisar	Balıkesir	Güre	Dikili	Yozgat	Bigadiç
Kozaklı	Turgutlu	Reşadiye	Salavatlı	Ilıca	Sakarya
Havza	Salihli	Kırşehir	Sarayköy	Bademli	Kuzulu

Jeotermal ısıtma işletmeciliğinin hiçbir problemi yoktur. Jeotermal merkezi ısıtma sisteminin, imkan olan yerlerde uygulanması, hava kirliliğinin önlenmesi açısından son derece önemli bir çözüm yolu olabilir.

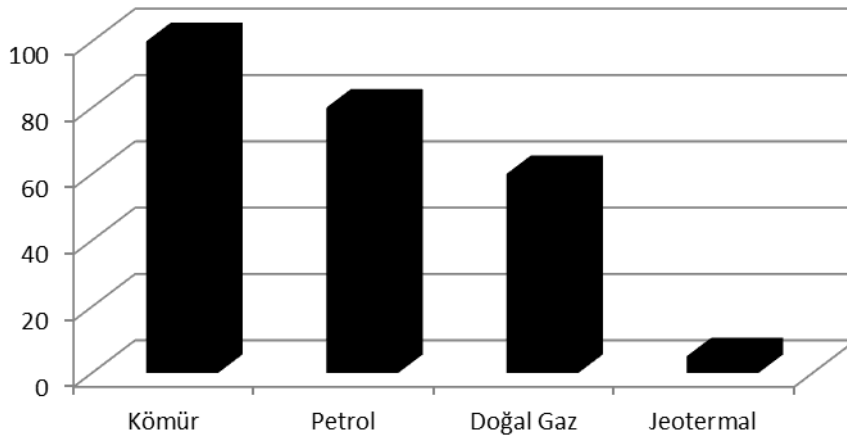
- **Jeotermal Enerjinin Atık Yönünden Önemi;**

Jeotermal enerji ısı aktarıcılar vasıtasıyla temiz suya enerjisini aktardıktan sonra tekrar reenjeksiyon kuyularına geri gönderilmektedir. Bu nedenle bünyesinde bulundurduğu çeşitli gaz ve minerallerin çevreye zarar vermesi önlenmektedir. Yani bu enerji kaynağı dışarıya hiçbir atık maddesi bırakmamaktadır. Günümüzde alışılmış enerji kaynakları olan fosil yakıtlar (petrol, doğalgaz, kömür, odun, tezek vb.) belirli oranlarda yanmayan maddeler ihtiva ettikleri için gaz olarak havaya, katı olarak ta çevre ve akarsulara zarar vermektedir [13].



kg/MW..h

Grafik 2.1. Elektrik Santrallerinde Kullanılan Yakıtların SO_x Emisyonu [16].



Grafik 2.2. Merkezi Isıtma Sistemlerinde Kullanılan Yakıtların CO₂ Emisyonları [16].

Gelişen teknolojiye ve duyulan ihtiyaca göre dönüş jeotermal atık suyu içindeki bazı kimyasal maddeler üretilerek, akışkan bu yönden zararsız hale getirilebilmektedir. Ayrıca, dinlendirme havuzlarında bekletilerek bazı bileşenler havuzlarda çöktürülmekte ve su arındırılmaktadır. Denize yakın bazı jeotermal alanlarda, akışkan kimyasal yönden deniz suyu karakterindedir ve atık suyun denize gönderilmesi bir problem yaratmayacaktır. Atık suların tekrar yeraltına reenjeksiyonu hem çevre hem de rezervuar parametrelerinin korunması açısından önem taşımaktadır [15].

- **Jeotermal Enerjinin Ekonomik Yönünden Önemi;**

Türkiye’ de tarım sektörünün enerji kullanım payı, nüfus, gayri safi milli hasıla ve yaşam standardı gibi farklı stratejik parametrelere göre sürekli artış göstermektedir. Birinci enerji kaynaklarının fiyatlarının artması, kaynakların tükenmesi ve çevre kirliliği gibi nedenlerle enerji kullanımı, yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarına doğru taşınmaktadır. Uygulamada önemli yeri bulunan yeni enerji kaynaklarından biriside jeotermal enerjidir. Özellikle kırsal yöreler için elektrik üretimi dışında konutların, hayvan barınaklarının ve seraların ısıtılması ile önemli ekonomik kazançlar sağlanabilir. Yapılan çalışmalara göre, aramalarla geliştirilmesi olası biçimde kırsal kesim açısından ekonomik jeotermal enerji potansiyeli, 10 milyar kwh elektrik ve 60 milyar kwh ısı enerjisi olabilecektir. Kurulacak ekonomik güç ise, yılda 5 bin saat çalışması öngörülen sistemler için 400 Mw. elektrik ve 4000 Mw. ısısal güç düzeyindedir. Halen 50 Mw gücün konut ve seraların ısıtılmasında kullanıldığı düşünülmektedir. Ülkemizde seracılığın yaygınlaştırılması, büyük oranda ısıtma giderlerinin en alt düzeye indirilmesi ile mümkün olabilecektir. Yapılan araştırmalara göre, Ege, Marmara ve İç Anadolu bölgelerinde toplam 15 bin hektar alanın jeotermal enerji ile ısıtılacağı tahmin edilmektedir. Ancak ülkemizin yüksek jeotermal enerji potansiyelinin olduğu bilinmesine karşın, bu güne kadar etkili olarak değerlendirilebildiği söylenemez. Bu amaçla, hem jeotermal enerji teknolojisinin hem de sera ve konut ısıtma teknolojisinin iyi uygulanması ekonomik kazanım açısından son derece önemlidir [13].

Tablo 2.6. Türkiye’de Jeotermal elektrik üretimi ve doğrudan kullanım 2013 projeksiyonları [15].

Jeotermal Değerlendirme	Şubat 2005	MW	2013 yılı Projeksiyonu	MW	Toplam Yıllık Enerji
Elektrik Üretimi		20 MWe (94 GWh)		550 MWe (2475 GWh)	4 Milyar kWh/Yıl
Konut Isınması	103.000 konut eşdeğeri	635 MWt	500.000	4000 MWt	
Termal Turizm (Kaplıca)	215 adet kaplıca	402 MWt	400 adet kaplıca eşdeğeri	1100 MWt	
Seracılık	635 dönüm	192 MWt	5000 dönüm	1700 MWt	
Soğutma	-	-	50.000 konut eşdeğeri	300 MWt	
Kurutma	-	-	500.000 ton/yıl	500 MWt	
Balıkçılık + diğer kullanımlar	-	-		400 MWt	
Toplam doğrudan kullanım		1229 MWt		8000 MWt	35.040.000* MWth/Yıl
2013 yılı Toplam jeotermal doğrudan kullanım (elektrik dışı)+jeotermal elektrik üretim projeksiyonu fuel-oil (kalorifer yakıtı) ikamesi					3,88 Milyon Ton/Yıl = 4,24 Milyar USD/yıl
2013 yılı Toplam jeotermal kullanım (550 MWe + 8000 MWt) projeksiyonu karşılığında salınımına engel olunan CO2 emisyon miktarı					10 Milyon Ton/Yıl

Seralarda ısıtma harcamalarının üretim giderleri içinde %80' lere ulaşan bir paya sahip olması, enerji maliyetlerin oluşmasındaki önemini ortaya koymaktadır. Bu nedenle araştırmacılar sera yetiştiriciliğinde enerji tasarruf teknolojileri ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı konusunda yoğun çalışmalara başlamışlardır. Enerji tasarrufu ile elde edilen başarının sınırlı oluşu yenilenebilir enerji kaynaklarına ilginin artmasına neden olmuştur. Bu ilgede en fazla jeotermal enerji kaynağıdır.

Jeotermal enerji ile ısıtma uygulamalarının ekonomisi, bu enerjiden yararlanım yoğunluğuna ve birim alandaki ısı gereksinimine bağlıdır. Bununla birlikte; akışkan sıcaklığı, kaynağın derinliği, verdisi ve akışkanın iletildiği uzaklık gibi enerjinin üretim ve iletimine ilişkin giderlerde ısıtma uygulamalarının ekonomik kullanımına etkili faktörlerdir. Jeotermal ısıtma sistemlerinin yüksek olan ilk yatırım maliyetleri, sistemin işletmeye alınmasında kısa süre sonra tekrar kazanılmaya başlanmaktadır [13].

Tablo 2.7. Türkiye' de jeotermal enerji ile ısıtılan bazı yerleşim bölgeleri ve halkın ödediği aylık jeotermal ısınma ve sıcak su ücretleri (2005/2006 Kış Sezonu) ve Katılım Bedelleri (Fiyatlara KDV dahildir.) [15].

	ISINMA BEDELİ			KATILIM BEDELİ			
YER	KONUT	İŞYERİ	RESMİ DAİRE	KONUT	İŞYERİ	RESMİ DAİRE	YAZIN SICAK SU
GÖNEN	65 TL	85,5 TL	85,5 TL	1500\$	1500\$	1500\$	VAR
SİMAV	59 TL	59 TL	59 TL	-	-	-	VAR
KIRŞEHİR	48,6 TL	54,2 TL	60 TL	-	-	-	YOK
KIZILCAHAMAM	50 TL	75 TL	75 TL	1200\$	1200\$	1800\$	VAR (HAFTADA SADECE İKİ GÜN)
BALÇOVA	48 TL	96 TL	96 TL	2000 TL	2000 TL	2000 TL	VAR
SANDIKLI	47,2 TL	53,1 TL	53,1 TL	-	-	-	-
KOZAKLI	57,5 TL	68,5 TL	72 TL	940 Euro	940 Euro	940 Euro	YOK
				(+Borulama+eşanjörler)			
AFYON	54 TL	54 TL	54 TL	3830 TL	3830 TL	3830 TL	YOK
NARLIDERE	48 TL	96 TL	96 TL	2000 TL	2000 TL	2000 TL	VAR
EDREMIT	41 TL	41 TL	41 TL	2200 TL	-	-	VAR
BİGADİÇ	35,4 TL	70,8 TL	70,8 TL	1750 TL	3500 TL	3500 TL	VAR
SARAYKÖY	48 TL	-	-	2000\$	-	-	VAR
SALİHLİ	31 TL	31 TL	31 TL	1800\$	1800\$	1800\$	VAR

Mevcut uygulamalardan da, jeotermal enerjinin diğer fosil yakıtlardan daha ekonomik olduğu, yatırım maliyetlerini en kısa sürede amorti ettiği anlaşılmaktadır. Ayrıca, işletme maliyetlerinin düşüklüğü yenilenebilir özelliğe sahip olması, ekolojik dengeyi tahripetmemesi, çevre ve hava kirliliği yaratmaması, insan, bitki ve canlıların sağlığını bozmaması bu enerji kaynağının diğer önemli avantajlarındandır [13].

- **Jeotermal Enerjinin Sosyal Yönden Önemi;**

Jeotermal enerji ile merkezi olarak ısıtılan bir bölgede, bacalardan karbondioksit, karbonmonoksit, kükürtoksit, azotoksit gibi havayı kirleten gazlar teneffüs edilmeyeceğinden insanların ve diğer canlıların sağlık sorunlarında azalma görülebilecektir. Ormanlar ve çevredeki yeşil ağaçlar yakacak için kesilmeyeceğinden asli fonksiyonlarına devam edebileceklerdir. Katı, sıvı, gaz, kül, is, koku vb. yakıt atıkları olmayacağından konut ve iş yerlerinin iç ve dış yüzeylerindeki ısınmadan dolayı oluşan kirlenmeler yaşanmayacak, fiziki mekanların bir kısmı değil, tamamı ısınacak, sıcak su eldesi için tüp, elektrik, şofben gibi ısıtıcılar kullanılmayacak, günün her saatinde kesintisiz olarak sıcak su musluklardan akabilecektir. Ayrıca bu sistemin uygulandığı bölgelerde konut, arsa, kira gibi emlak fiyatlarında ekonomik artışlar olabileceğinden, yöre göç veren değil göç alan duruma gelebilecektir.

Jeotermal enerji ile merkezi ısıtma sisteminin uygulandığı bölgelerde insanlar, ekonomik olarak ısınabilecekleri gibi, rahat, konfor, huzur, yeşil, temiz hava gibi insan hayatındaki en önemli faktörleri de bir arada bulabileceklerdir [13].

2.5.3.Jeotermal Enerjinin Kullanım Alanları

Jeotermal enerji kaynağının rezervuar sıcaklığına göre kullanım alanları değişmektedir.

- **Jeotermal Enerjinin Sıcaklıklara Göre Değerlendirme Şekilleri;**

Yeryüzüne sondajlarla ulaştırılan jeotermal enerjiden doğrudan veya başka enerji türlerine dönüştürülerek yararlanılmaktadır. Rezervuar sıcaklığı 150 °C yi aşan yüksek entalpili jeotermal alanlarda elektrik üretimi gerçekleştirildiği gibi, son yıllarda düşük entalpili alanlarda da buharlaşma noktaları düşük gazlar kullanılarak elektrik üretimi mümkün olmaktadır. Elektrik dışı kullanımların başında ise ısıtmacılıkta kullanım gelmektedir. Ancak, enerji krizinin ortaya çıkışından bugüne değin ısıtmacılıkta alternatif enerji kaynaklarına yönelme sınırlı olmuştur. Oysa, işletme maliyeti çok düşük olan jeotermal akışkanlardan, ısı pompaları kullanılarak sıcaklık 20 °C ye düşünceye kadar yararlanılabilir. Jeotermal kaynağın ısıtmacılıkta kullanımı için orta ve düşük entalpili su-egemen sistemlerden faydalanmakta ve kullanım sürecinde değişik sıcaklıklarda farklı yararlanma olanakları bulunmaktadır.

Tablo 2.8’ de jeotermal enerjinin sıcaklıklarına göre değerlendirme şekilleri verilmiştir. Sıcaklık aralıkları incelendiğinde, düşük entalpili akışkanlardan doğrudan sıcaklıkla ilgili kullanımlarda, orta ve yüksek entalpili akışkanlardan ise endüstriyel etkinliklerde yararlanıldığı görülmektedir. Doğrudan sıcaklıkla ilgili ısıtmacılıkta esas itibariyle toprak tarafından istenen sıcaklıklar sağlanmakta, buna bağlı olarak yazın veya ilkbaharda serin, kışın sıcak seralar Avrupa’nın birçok ülkesinde mevcut bulunmaktadır (Fransa, Macaristan, İzlanda, İtalya). Çeşitli endüstrilerde jeotermal enerjiden yararlanma da en az ısıtmacılıkta kullanım kadar önem taşımaktadır. Endüstriyel ürünlerin pişirilme, kurutulma, dondurulma, damıtılma, pastörize ve sterilize edilme vb. işlemlerinde jeotermal akışkan kullanılmakta ve bu amaçla

dünyanın birçok ülkesinde (Japonya, İtalya, Yeni Zelanda, İzlanda, ABD, Filipinler) büyük tesisler kurulmuş bulunmaktadır [13].

Tablo 2.8. Jeotermal Enerji’ nin Sıcaklıklarına Göre Değerlendirme Şekilleri [17].

Sıcaklık $^{\circ}\text{C}$	Değerlendirme şekli
180	Solüsyonun yüksek konsantrasyonunun buharlaşması, Amonyum absorpsiyonu ile soğutma
170	Ağır su (D_2O Döteryum oksit) ve hidrojen sülfid eldesi
160	Kereste Kurutulması balık vb. yiyeceklerin kurutulması
150	Bayer’s yoluyla alüminyum ve diğer kimyasal maddeler eldesi
140	Çiftlik ürünlerinin çabuk kurutulması (konservecilikte) ve elektrik üretimi (alt sınırı)
130	Şeker endüstrisi, tuz eldesi
120	Saf su eldesi, tuzluluk oranının arttırılması
110	Kerestecilik, çimento kurutulması
100	Organik maddeleri kurutma (yosun, et, sebze)
90	Balık kurutma, yün yıkama ve kurutma
80	Ev ve sera ısıtma
70	Soğutma (Alt sıcaklık sınırı)
60	Sera, kümes ve ahır ısıtması
50	Mantar yetiştirme, balneolojik banyolar
40	Toprak ısıtma, kent ısıtma (alt sınır), sağlık tesisleri
30	Yüzme havuzları, fermentasyon, damıtma, sağlık tesisleri
20	Balık Çiftlikleri

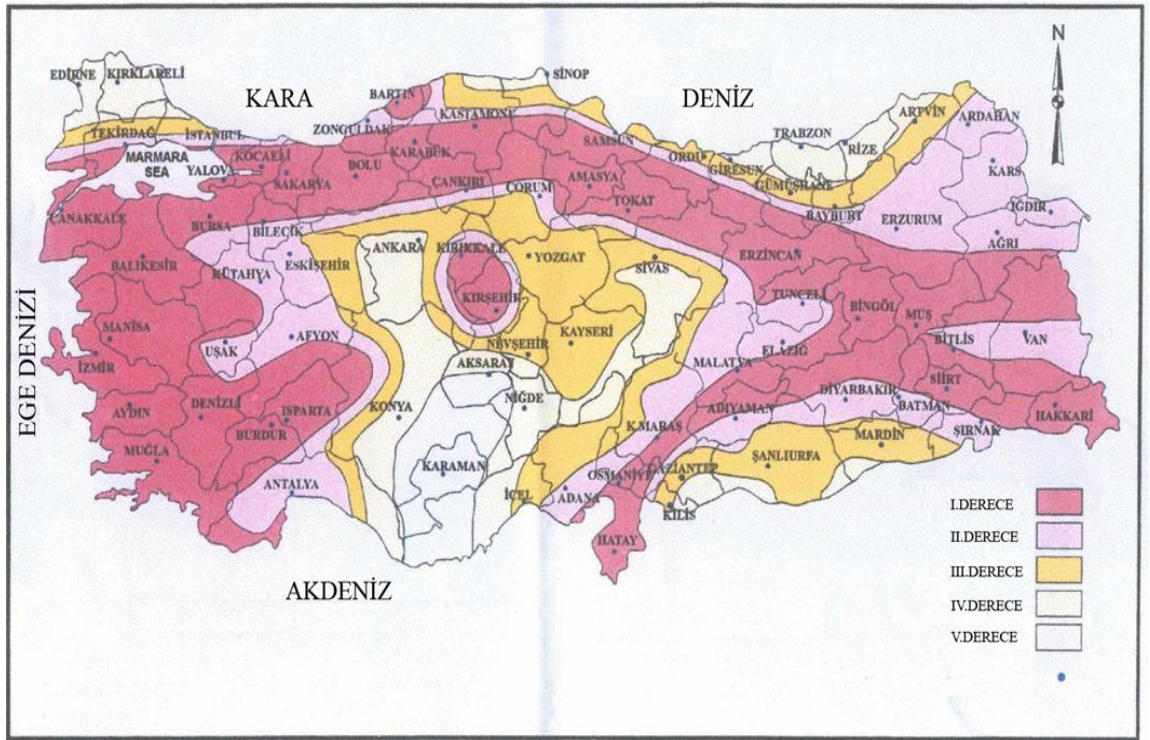
Halen, Türkiye’de jeotermal ısıtma kapasitesi olan 827 MWt’ in 635 MWt’lik kısmı şehir- konut, bina ısıtması ve Termal Tesis Isıtması, 192 MWt’ lik bölümünü sera ısıtması oluşturmaktadır. Ayrıca, 402 MWt kapasitede termal turizm (kaplıca) amaçlı kullanımda bulunmaktadır. Dolayısıyla toplam doğrudan kullanım 1229 MWt’ dir [15].

- **Jeotermal Enerjinin Konutların Isıtılmasında Kullanılması;**

Binaları ve kentleri merkezi sistemle ısıtmada ve sıcak kullanma suyu şebekelerinde (İzlanda, Yeni Zelanda, Fransa, Japonya, ABD ve Macaristan’ da olduğu gibi) 40°C nin üzerindeki sıcaklıkta jeotermal akışkanlar kullanılmaktadır.

Ülkemizde halen az sayıda yerleşme merkezinde jeotermal enerjiden yararlanılarak konutlar ısıtılmakta, bazı yerleşmelerde ise konutların bu yolla ısıtılması için çalışmalar yapılmaktadır. 40°C nin üzerindeki jeotermal sularla konutların ısıtılabilirdiği ve bunun dünyada birçok örnekleri olduğu dikkate alınarak, ülkemizde

yaklaşık 5 milyon konutun jeotermal enerjiden yararlanarak ısıtılacağı ileri sürülmektedir. Bu varsayım gerçekleşirse İzmir, Bursa, Aydın, Erzurum, Sakarya ve Denizli gibi büyük şehirlerin yer aldığı 51 şehir yerleşmesinin ısıtılmasında, jeotermal enerji kullanılabilir. Gerçekten de Türkiye 40 °C nin üzerinde sıcaklığa sahip jeotermal kaynak zenginliği açısından dünyada 7. sırada gelmektedir [13]. Sıcaklığı 30-60 °C’ ler arasında değişen jeotermal su, konutların ısıtılmasını kolay ve pratik bir şekilde sağlamaktadır. Daha düşük sıcaklıklara sahip jeotermal kaynaklardan yararlanmanın yöntemi “ısı pompaları” dır. Isı pompası 30-50 °C’lerdeki ve debisi düşük olan jeotermal suyun sıcaklığını bu suyun ekonomik olarak yükselttiğinden önemlidir. Bu yöntemle jeotermal suyun sıcaklığı 44-50 °C’ler arasında yükseltirken, en fazla elde edilen sıcaklık derecesi 110 °C olmuştur [12].



Şekil 2.3. Türkiye’ nin jeotermal sahaları

Tablo 2.9. Türkiye’ de jeotermal ile merkezi ısıtmaya uygun olan yerler [18].

Afyon (Halen ısıtılıyor)	Bolvadin
	Sandıklı (Halen ısıtılıyor)
İzmir	Balçova
	Seferihisar
	Dikili
	Bademli
Bolu	Seben
Manisa	Turgutlu (Manisa)
	Salıhlı (Manisa)
Çanakkale	Yenice
Tokat	Reşadiye
Balıkesir	Edremit
	Hisaralan
	Güre
	Pamukçu
	Havran
	Susurluk
	Bigadiç
	Balya
	Kızılcahamam (Halen ısıtılıyor)
	Gönen (Halen ısıtılıyor)
Kırşehir	
Sivas	
Yozgat	Sorgun
Aydın	Germencik
	Salavatlı
	Nazilli
	Karacasu
Konya	İlgın
Denizli	Sarayköy
	Buldan
Kütahya	Emet
	Gediz
	Simav (Halen ısıtılıyor)
Bursa	
Nevşehir	Kozaklı
Sakarya	Akyazı
	Kuzuluk
Van	Erciş
Erzurum	Pasinler
	Ilıca

Tablo 2.10. Türkiye’ de tespit edilen jeotermal ısıtmaya uygun sahalar ve kuyu başı sıcaklıkları [18].

Jeotermal Saha			Sıcaklık (°C)
1	Ömer-Hecek	Afyon	98
2	Arap deresi	Afyon	75
3	Heybeli	Afyon	57
4	Gazlıgöl, Hidai	Afyon	67
1	Diyadin, Köprüçermik, Yılanlı	Ağrı	71
1	Kızılcahamam	Ankara	86
2	Haymana, Seyhamamı	Ankara	43
3	Dutluca, Ayaş-Çoban	Ankara	51
4	Ayaş	Ankara	30
1	Ziga	Aksaray	53
1	Germencik	Aydın	232
2	Çamköy, Bozköy, Aydın – Şehiriçi Ilıcabaşı	Aydın	90
3	Salavatlı	Aydın	171
4	Davutlar	Aydın	65
5	Ortakçı	Aydın	50
1	Gönen	Balıkesir	82
2	Hisaralan	Balıkesir	100
3	Hisarköy	Balıkesir	90
4	Pamukçu, Keperler, Havran – Derman, Güre, Şamdağlı	Balıkesir	60
5	Kızılköy, Manyas	Balıkesir	51
1	Hacıköy	Bingöl	62
2	Harur	Bingöl	52
1	Nemrut	Bitlis	66
2	Ilıcaköy	Bitlis	44
1	Merkez, Efteni	Bolu	44
2	Sarıot	Bolu	63
3	Kesenözü, Seben	Bolu	73
1	Çekirge, Kemalpaşa	Bursa	47
2	Karamustafa, Kaynarca	Bursa	83
3	Armutlu	Bursa	75
4	Oylat	Bursa	40
5	Kaya – Sada (Orhaneli)	Bursa	68
1	Tuzla	Çanakkale	174
2	Kestanbol	Çanakkale	75
3	Hıdırlar	Çanakkale	81
4	Kum ılıcası, Yenice	Çanakkale	69
5	Ozaccık	Çanakkale	65
6	Kırkgeçit	Çanakkale	52
7	Kara, Çan	Çanakkale	48
1	Çavundur	Çankırı	54
1	Kızıldere	Denizli	212
2	Tekkehamamı, Kabağaç, Uyuz, İnaltı Uyuz, Demirtaş	Denizli	100
3	Gölemezli, Karahayıt, Kamarayenice	Denizli	56
4	Pamukkale	Denizli	36
1	Çermik	Diyarbakır	51
1	Ilıca, Pasinler	Erzurum	39
2	Kığılıazman	Erzurum	56

1	Sarıcakaya, Sakarılıca	Eskişehir	56
1	Balçova	İzmir	124
2	Seferihisar, Cuma, Karakoç, Doğanbey Tuzlası	İzmir	153
3	Doğanbey Burnu	İzmir	64
4	Dikili Kaynarca	İzmir	98
5	Bademli	İzmir	70
6	Çeşme	İzmir	56-71
7	Nebiler, Aliğa	İzmir	58
8	Bayındır, Derköy, Şifne, Paşa	İzmir	43
1	Terme, Karakurt	Kırşehir	57
2	Mahmutlu	Kırşehir	70
3	Bulamaçlı	Kırşehir	44
1	Eynal – Simav	Kütahya	147
2	Naşa	Kütahya	52
3	Çitgöl	Kütahya	97
4	Abide – Gediz	Kütahya	78
5	Yoncalı, Muratdağı, Dereli, Günlüce, Kızılsın (Ilıcaköy)	Kütahya	43
6	Emet, Samrık, Yeniceköy, Hamamköy	Kütahya	48
1	Kurşunlu – Salihli	Manisa	98
2	Urganlı	Manisa	83
3	Sart, Şehitler(Emir – Kula)	Manisa	54
4	Saraycık	Manisa	51
5	Menteşe	Manisa	63
1	Kozaklı	Nevşehir	91
2	Acıgöl(Tahmini)	Nevşehir	200
1	Narköy	Niğde	63
2	Çiftehan	Niğde	52
1	Fatsa	Ordu	49
1	Ayder	Rize	54
1	Süleymanlı	K.Maraş	44
1	Germiab	Mardin	61
1	Kuzuluk	Sakarya	84
1	Havza	Samsun	54
1	Hastaçermiği	Siirt	67
1	Sıcakçermik	Sivas	56
1	Reşadiye	Tokat	48
1	Karaali	Ş.Urfa	48
1	Banaz	Uşak	61
1	Hasanabdal – Zilan (Erciş)	Van	90
1	Köhne (Sorgun)	Yozgat	78
2	Cavlak (Boğazlayan), Sarıkaya	Yozgat	46
3	Karamağara (Saraykent)	Yozgat	68
1	Yalova	Yalova	66

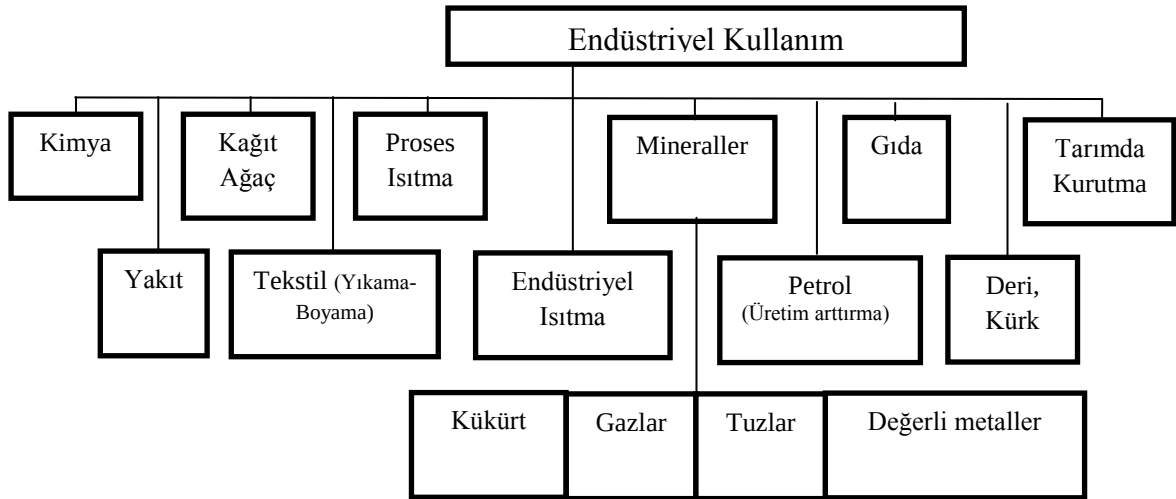
Türkiye’de jeotermal ısıtma kapasitesi olan 827 MWt’ in 635 MWt’lik kısmı şehir-konut, bina ısıtması ve Termal Tesis Isıtması, 192 MWt’ lik bölümünü sera ısıtması oluşturmaktadır. Ayrıca, 402 MWt kapasitede termal turizm (kaplıca) amaçlı kullanımda bulunmaktadır. Dolayısıyla toplam doğrudan kullanım 1229 MWt’ dir. Türkiye’ de tespit edilmiş toplam 172 adet jeotermal saha bulunmaktadır [15].

Jeotermal sahaları üzerinde kurulmuş ısıtma amaçlı kullanılan merkezi ısıtma sistemlerinin toplam kapasitesi 23000 konut eşdeğerindedir ve 130000 konut eşdeğeri ısıtma projelendirilmiştir [18].

- **Jeotermal Enerjinin Endüstriyel Alanda Kullanılması;**

Jeotermal enerji sanayi ve endüstriyel alanda da birçok şekilde kullanılabilir. Bunlar arasında sebze kurutma, tahıl ve kereste kurutma, kağıt ve kağıt hamuru işleme, Yeni Zelanda’ daki bir kağıt ve kereste işleme tesisi, Amerika Birleşik Devletlerindeki bir sebze kurutma tesisi ve İzlanda’ daki silisli toprak tesisidir. Bu tesisler jeotermal enerjinin sanayideki kullanımının en güzel örnekleridir [13].

Jeotermal enerjinin endüstriyel kullanım alanları şematik olarak Şekil 1.4.’de gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Jeotermal Enerji Kaynaklarının Endüstriyel Kullanım Alanları [19]

- **Jeotermal Enerjinin Sera Isıtmacılığında Kullanılması;**

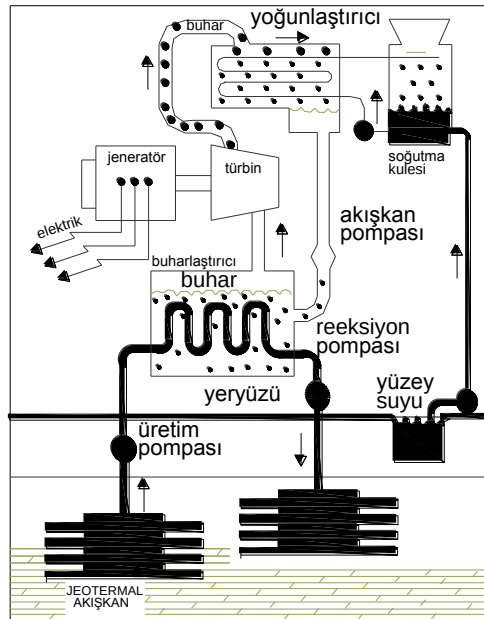
Dünya’ nın çeşitli ülkelerinden seraların jeotermal enerji ile ısıtılması suretiyle turfanda sebzeçilik, meyvacılık ve çiçekçilik yapılmaktadır. 1980 yılı verilerine göre bu amaç için toplam 6298 termal Mwt. Karşılığı enerji kullanılmıştır. Örneğin Rusya’ da 25 bin dönüm sera, 5 bin termal Mwt. karşılığı jeotermal enerji ile ısıtılmakta ve 1 milyon ton sebze elde edilmektedir. Benzer şekilde 30 °C nin üzerindeki jeotermal akışkanlarla Macaristan, İtalya, Yeni Zelanda, İzlanda ve ABD’ de geniş çapta sera ısıtmacılığı yapıldığı bilinmektedir. Geçtiğimiz yıllarda jeotermal enerji ile seraların ısıtılması birkaç uygulamayı geçmiyordu. Fakat son yıllarda bu konuda önemli gelişmeler görülmektedir. Halen jeotermal enerji ile ısıtılan sera alanı 8,36 ha’a yakındır. Bununla beraber, ülkemizin bilhassa düşük ve orta sıcaklıktaki jeotermal kaynaklar bakımından zengin ve ülke düzeyinde yaygın olmasına rağmen,

bugün ulaşılan miktar ülke potansiyeli ile karşılaştırılınca elde edilen yararın çok sınırlı olduğu görülmektedir [13].

- **Jeotermal Enerjinin Elektrik Üretiminde Kullanılması;**

Rezervuar sıcaklığı 150°C 'yi aşan yüksek entalpili jeotermal alanlarda elektrik üretimi gerçekleştirilmektedir. Günümüzde jeotermal enerjiden elektrik üretimi, başta ABD ve İtalya olmak üzere dünyanın birçok ülkesinde yapılmaktadır (Yeni Zelanda, Japonya, Filipinler, Meksika, El Salvador, Nikaragua, Endonezya, Çin, Türkiye). ABD' de jeotermal akışkanlardan üretilen elektrik 1350 Mwt olup, El Salvadorda 95 Mwt., Türkiye de ise 2000 yılında elektrik üretimi 125 MWe, 2010 elektrik üretimi ise 258 MWe olarak tahmin edilmiştir.

Çeşitli araştırma tekniklerinin uygulanması sonucunda, jeotermal enerjinin olduğu uygun jeolojik koşullarda yapılan sondajlarla aşırı derecede ısınmış sular yaşı ve kuru buhar olarak yeryüzüne çıkarılmaktadır. Bu jeotermal akışkan, üzerinde basıncın azalması ile su-buhar fazlarına ayrılmaktadır. Ayrıca buhar, jeotermal santrallere gönderilerek, elektrik enerjisine dönüştürülmekte, atık su ise diğer ısıtma sistemlerinde kullanılmakta veya yeraltına basılmaktadır. Yaş buhar, buhar yüzdesinin ve entalpisinin yüksek olması durumunda elektrik üretimi için daha verimli olmaktadır. Yerkabuğunun derinliklerinde elde edilen kızgın kuru buhar ise, doğrudan jeotermal santrallere gönderilerek elektrik enerjisine dönüştürülmektedir [13].



Şekil 2.5. Ormat Binary Jeotermal Güç Santrali [20].

Yüksek sıcaklık değerlerine sahip kaynaklardan kolaylıkla elektrik üretilirken, daha düşük sıcaklıklardaki jeotermal kaynaklardan elektrik üretiminin gerçekleştirilmesine olanak tanıyan sistemler de geliştirilmektedir. Düşük sıcaklığa sahip jeotermal kaynağın, kaynama noktası suya göre daha düşük olan başka sıvıyı buharlaştırmada

kullanılması ve üretilen bu buharın elektrik üretiminde değerlendirilmesi “Binary Cycle” olarak isimlendirilirken, bu işlemin ardı sıra birkaç kez tekrarlanmasına ise “Multi Flashing System” adı verilmektedir. Bu gibi yeni teknolojilerle enerji üretiminin gerçekleştirilmesi bir taraftan üretilen enerjinin maliyetini azaltırken, diğer taraftan çevreye atık olarak hiçbir madde bırakmayarak, muhtemel çevre sorunlarının ortaya çıkmasını önlediği gibi, rezervuarın ömrünün uzamasına yardımcı olmaktadır.

Düşük sıcaklıktaki jeotermal kaynağından elektrik üretmede verimin düşüklüğü ve buna bağlı olarak toplam elektrik üretiminin sınırlı ölçüde kalması enerji üretimi için yapılması gereken harcamaların yüksek olmasından kaynaklanır. Bu maliyetin azaltılabilmesi için jeotermal kaynak ve fosil yakıtların birlikte kullanılabileceği hibrit sistemler kullanılmaktadır [12].

Tribünler, su yerine, kaynama noktaları çok düşük olan florakarbon veya hidrokarbon ailesinden organik hareketli maddeler aracılığıyla harekete geçirilmektedir. Burada da rankine olayı esastır. Alınan özel madde, düşük sıcaklıkta jeotermal ısıyla buharlaştırılmakta, bu buhar ile tribün harekete geçmekte, tribünden çıkan kullanılmış buhar soğutma kulesinde sıvılaştırılmakta, tekrar jeotermal ısıyla buharlaştırılıp yeniden rankine prosesine sokulmaktadır. Dış ülkelerdeki firmalar, çeşitli büyüklüklerde uygun ve ucuz paket santraller üretip satışa sunmaktadır [1].

2009 yılı jeotermal enerji çalışma raporlarına göre, elektrik üretimine yönelik 20 MWe’lik Denizli-Kızıldere sahası dışında Aydın- Germencik’te 25/40/(100) MWe kapasiteli jeotermal elektrik üretim santrali yatırımının çalışmaları devam etmektedir. Aydın-Salavatlı’da 7,9 MWe Binary Cycle jeotermal elektrik üretim santrali kurulmuş olup Mart 2006’da işletmeye başlayacaktır. Kızıldere Jeotermal Santralinin atığı olan 140 °C ‘lik jeotermal sudan 5.5 MWe kapasiteli bir jeotermal elektrik santrali kurulması için üretim lisansı alınmıştır. Çanakkale-Tuzla jeotermal alanında 7,5 MWe kapasiteli bir jeotermal santral kurulması için üretim lisansı alınmıştır. 10 MWe kapasiteli Simav Jeotermal Elektrik Üretim Santrali proje aşamasındadır [15].

Tablo 2.11. Jeotermal Elektrik Üretim Prodüksiyonu (Teknik yaklaşım, Tahmini güç) [15].

Saha Adı	Sıcaklık	2010 Tahminleri	2013 Tahminleri
	⁰ C	MWe	MWe
Denizli-Kızıldere	200-242	75	80
Aydın-Germencik	200-232	100	130
Manisa-Alaşehir-Kavaklıdere	213	10	15
Manisa-Salihli-Göbekli	182	10	15
Çanakkale-Tuzla	174	75	80
Aydın-Salavatlı	171	60	65
Kütahya-Simav	162	30	35
İzmir-Seferihisar	153	30	35
Manisa-Salihli-Caferbey	150	10	20
Aydın-Sultanhisar	145	10	20
Aydın-Yılmazköy	142	10	20
İzmir-Balçova	136	5	5
İzmir-Dikili	130	30	30
TOPLAM		455	550

Avrupa Birliğinin uyguladığı 15 Euro Cent/kwh elektrik satın alma tarifiesi Türkiye’de uygulandığı taktirde, yani jeotermal elektrik teşvik edildiği taktirde yaptığımız global hesaplamalara göre jeotermal elektrik kurulu gücü 2000 MWe’ yi geçebilecektir. Çünkü bu durumda 100  C ve üstündeki jeotermal sahalarda elektrik üretimi ekonomik olarak uygun olacak ve bu durumda da retilbilecek jeotermal elektriğin değeri yılda 16 Milyar kWh’ i bulabilecektir.

Türkiye’nin 2013 yılı jeotermal elektrik üretim hedefi 550 MWe (4 Milyar kWh/Yıl) dır.Toplam jeotermal elektrik potansiyeli ise 2000 MWe* (16 Milyar kWh/Yıl teşvik destekli hal) dir [15].

- **Jeotermal Akışkanların Termal Turizmde Kullanılması;**

Kaplıca maksatlı termal su, Türkiye’ nin % 40-60 bölgesinde bulunmaktadır. Termal turizm yönünden önemli görülen 30 adet kaplıcaya ait termal kaynak suların ve sondaj kuyuların mevcut debilere göre yapılan kabaca hesaplamada en az 40.000 yatak kapasiteli jeotermal su ortaya çıkmaktadır. Japonya’ da Beppu şehrine kaplıca maksatlı yılda 13 milyon turist gelmektedir. Almanya’ da kaplıca turisti sayısı yılda 7,3 milyon kişi olup, Almanya da ki toplam kaplıca yatağı 600.000 civarında ve kaplıca kaynak sayısı yaklaşık 200’ dr. Almanya’ ya göre on katı fazla kaynağa karşın Türkiye’ de Avrupa standartları ve kurallarına uygun kaplıca tesis ve yatak bulunmamaktadır. Bir termal tesiste üç ana bölüm bulunur.

- Kr oteli,
- Kr merkezi,
- Kr parkı ve etrafı

Türkiye’ de termal su kaynaklarının kaplıca maksatlı işletilmesi özel idare ve Belediyelerin elindedir, ayrıca bu kaynakların etrafında bulunan arsalarda yine genellikle zel İdare, Belediye veya Hazineye aittir. Termal tesis (kaplıca) yatırımcısının, iki önemli alt yapı unsuruna birlikte sahip olması zorunludur. Birisi arsa, diğeri termal su’ dur. Bugüne kadar bu iki ana alt yapı unsuruna uygun, cazip şartlarda temin edebilmiş yatırımcı yoktur. Güneyde yaz turizmi, yatırımcıya arsa tahsisi yapılarak, teşvik ediliyorsa, termal turizm de termal su ve arsa tahsisi yapılarak teşvik edilmelidir. Termal turizm; bilimsellik, tıbbi uygulama ve teknikleri açısından Türkiye de çok geri kalmış durumdadır. Halk iptidai tesislerde tedavi olma veya avunma mecburiyetindedir. Özel İdare ve Belediyeler küçük, ucuz, basit ve tekniğe uygun olmayan tesislerin yatırıma yönelmişler ve neticede bu yanlış yatırımlarla tesislerin işletmeciliği; yanlış, eksik ve sakıncalı olmuştur. Artık hamam ile kaplıca bir birinden ayrılmalıdır. Türkiye’ de termal turizmin dışa açılması: Avrupa standardında tesis yatırımı ve işletilmesi, boşa akan termal kaynakların yerli ve yabancı özel sermayeye açılmasıyla mümkün olabilecektir [13].

2.5.4. Jeotermal Enerjinin Diğer Enerji Kaynakları İle Karşılaştırılması

- a. Jeotermal enerji rezervleri, diğer kaynaklara göre sonsuzdur.
- b. Jeotermal enerji, diğer enerjilere kolaylıkla dönüşür. Örneğin, petrolün damıtılması veya nükleer santraller için büyük tesisler gerekir [13]
- c. Fosil ve nükleer kaynaklı enerji üretimlerine oranla yok denecek kadar az bir ölçüde çevre sorunlarına neden olmaktadır [21]. (Örneğin; kömür yataklı santrallerdeki CO₂ atımı, eski tip jeotermal santrallerdekine oranla 1600 kat daha fazladır.)
- d. Jeotermal enerjiye dayalı modern jeotermal elektrik santrallerinde CO₂, NO_x, SO_x atımı çok daha düşük olup, özellikle merkezi ısıtma sistemlerinde sıfırdır [15].
- e. Jeotermal enerji tesislerinin bakımı ve korunması kolay ve ucuzdur. (Barajların bakımı pahalı ve savaş zamanlarında savunulması zordur.)
- f. Jeotermal enerji, genellikle kısa dönemli meteorolojik olaylardan etkilenmez. Oysa hidrolojik kaynaklar mevsimsel yağışlara bağımlıdır.
- g. Jeotermal enerji ileri teknoloji gerektirmediğinden, ülkeyi politik yönden bağımsız kılar. Buna karşın, nükleer enerji teknolojisi birkaç ülkenin tek elindedir. Türkiye gibi gelişmekte olan ülkeler, radyoaktif hammaddelerce zengin bile olsalar, nükleer santrallerde kullanacakları yakıtın artırılması başka bir gelişmiş ülkede yapılacağı için ekonomik ve politik yönden bağımlı olur. Dünya koşullarında, Türkiye' nin nükleer araştırmalara katılması var olma sorunudur; ancak, enerji ihtiyacının büyük bir bölümünün nükleer santrallere dayandırılması sakıncalıdır. Bundan başka, nükleer santral teknolojisi oldukça yenidir ve henüz gelişme safhasındadır. Nükleer santrallerde ortaya çıkabilecek sızıntılar büyük çevre kirlenmesine neden olabilir. Örneğin, nükleer araştırmalarda başı çeken Birleşik Amerika' da nükleer santrallerden birinde meydana gelen sızıntılar sonucu bir şehrin tümüyle boşaltılmasına gidilmiştir [15]. Son örnek, Temmuz 2008'de Fransa'nın Tricastin şehrinde yaşanan faciadır. Kazada 100 görevli radyasyona maruz kalmıştır. 30.000 litre uranyum içeren sıvının nehre karışması üzerine yerel halka nehir suyunu kullanmama uyarısında bulunulmuştur. (Rusya) Petrol yatakları az ülkeler (Türkiye gibi) enerji gereksinimlerini tümüyle petrole bağımlı kalmaları durumunda, benzer sorunlar doğacaktır [22].
- h. Jeotermal enerji kaynaklarını belirleme ve sıcak akışkanları saptama şansı, petrole oranla daha fazladır.
- i. Jeotermal sondajlar, genellikle petrol sondajlarına oranla daha sığdır(3km), daha ekonomiktir.
- j. Jeotermal enerji için gerekli yatırım ve masraflar, diğer enerji kaynaklarına göre daha ucuzdur.

- k. Jeotermal enerji tesisleri basit olması nedeniyle, yakıt, kül, dışarıdan suyla beslenme, ısıtma kazanı gibi sorunları ve gereksinimleri yoktur. Ayrıca, kullanım ve denetiminin kolay olması, jeotermal tesislerde fazla personelin çalışmasını sınırlar [15].
- l. Arama sondajları aynı zamanda üretim sondajı olabildiğinden uygulamaya geçiş süresi kısadır [23].

2.5.5.Jeotermal Enerjinin Diğer Enerji Kaynaklarına Göre Zayıflıkları

- a. Jeotermal araştırmalar ile enerji üretim tesislerinin yapımına kadar geçen süre oldukça uzundur.
- b. Başlangıçta, jeotermal sistemlerin kapasitelerini belirlemek zordur.
- c. Jeotermal sistemler çok fazla miktarda yoğunlaşmayan gaz içeriklerinden, vakum sistemi ile ortamdan ayrılması gerekir.
- d. Büyük çaplı soğutma kulelerine gereksinme vardır [15].
- e. Sahadan çekilen su doğru bir şekilde re-enjekte edilmediğinde jeotermal akışkanlardan çürütücü gazlar (sülfid gazları gibi) çevreyi kirleten ve tarım bitkilerine zararlı maddeler (bor, arsenik, NaCl), kabuklaşma (silis, karbonat) sorunlar yaratır (Sahadan çekilen su doğru bir şekilde RE-ENJEKTE edilebilirse, saha sürekli izlenerek gerekli önlemler alınırsa, uygun koşullarda işletilirse sorunlar ortadan kalkar.Jeotermal enerjinin içerdiği kimyasal maddelerin, uygun tekniklerle akışkandan alınması ekonomiye katkı da sağlayabilmektedir. Bu şekilde borik asit, amonyum bikarbonat, ağır su (D₂O), amonyum sülfat, kuru buz (CO₂ buzu) gibi endüstride kullanılan maddeler elde edilmektedir.) [21].
- f. Jeotermal enerji kullanımı sırasında atmosfere atılan gazlar (H₂S gibi) diğer enerji kaynaklarına göre daha azda olsa çevreyi kirletir.
- g. Yüzeye erişen buhar gürültüsü duyulabilir [13].
- h. Arazi çökmeleri görülebilir (Sübsidans)(Jeotermal sahaya ilave beslemek için dere, göl, kanalizasyon (arındırıldıktan sonra) ve nehir suları sahaya enjekte edilebilmektedir. Böylece arazi çökmeleri sorunu önlenmiş olur.) [15].
- i. Zamanla, kabuklaşma veya fazla çekim sonucu üretim kuyularında akışkan miktarında azalma gibi sorunlar oluşabilir [13].

Jeotermal akışkanın kimyasal özellikleri nedeniyle, doğrudan kullanımı iletim ve şebeke borularında kabuklaşma ve korozyon gibi çeşitli sorunlara neden olduğundan

jeotermal akışkanı doğrudan kullanma yerine bir eşanjör sistemi ile ısısı başka bir akışkana transfer edilmektedir.

Jeotermal kaynakların kullanımı sırasında gerekli önlemler alınmazsa çevre sorunlarına yol açabilecek atıkların açığa çıktığı da bilinmektedir. Jeotermal kaynağın içinde erimiş halde birçok mineral ve gaz bulunmasına rağmen, uygun kullanım şekilleriyle termik santrallere oranla daha az çevre sorunlarına yol açmaktadır (Kullanılan jeotermal suyun geri basım yoluyla rezervuara iade edilmesidir). Ancak fayda/zarar boyutunda bir değerlendirme yapıldığında faydanın ağır bastığı görülür [15].

Tablo 2.12. Jeotermal Sistemlerde, Tesislerin Başlangıçtan Üretime Geçinceye Kadar Geçirdikleri Safha ve Süreleri [13].

Ön çalışmalar, geniş ve dar ölçekli incelemeler	2-3 yıl
Araştırma, sondaj, kuyu açımı ve ek incelemeler	2-3 yıl
Geliştirilmiş çalışmaların, üretim ve enjeksiyon sondaj kuyularının yapımı, kuyu karakteristiklerinin ve parametrelerinin saptanması için yapılan testler, jeotermal tesislerin planlaması (tesis tipi seçimi, ısı dengesi ve temel ekipmanların planlanması, iletim borularının cinsi ve çapının belirlenmesi	3-4 yıl
Tesislerin yapımı	2-3 yıl
Tesislerin çalışması	9-13 yıl

3.JEOTERMAL ENERJİNİN YAPILARDA KULLANILMASI

Jeotermal enerji konutlarda ısıtmada, sıcak su ve elektrik ihtiyacını karşılamada kullanılmaktadır.

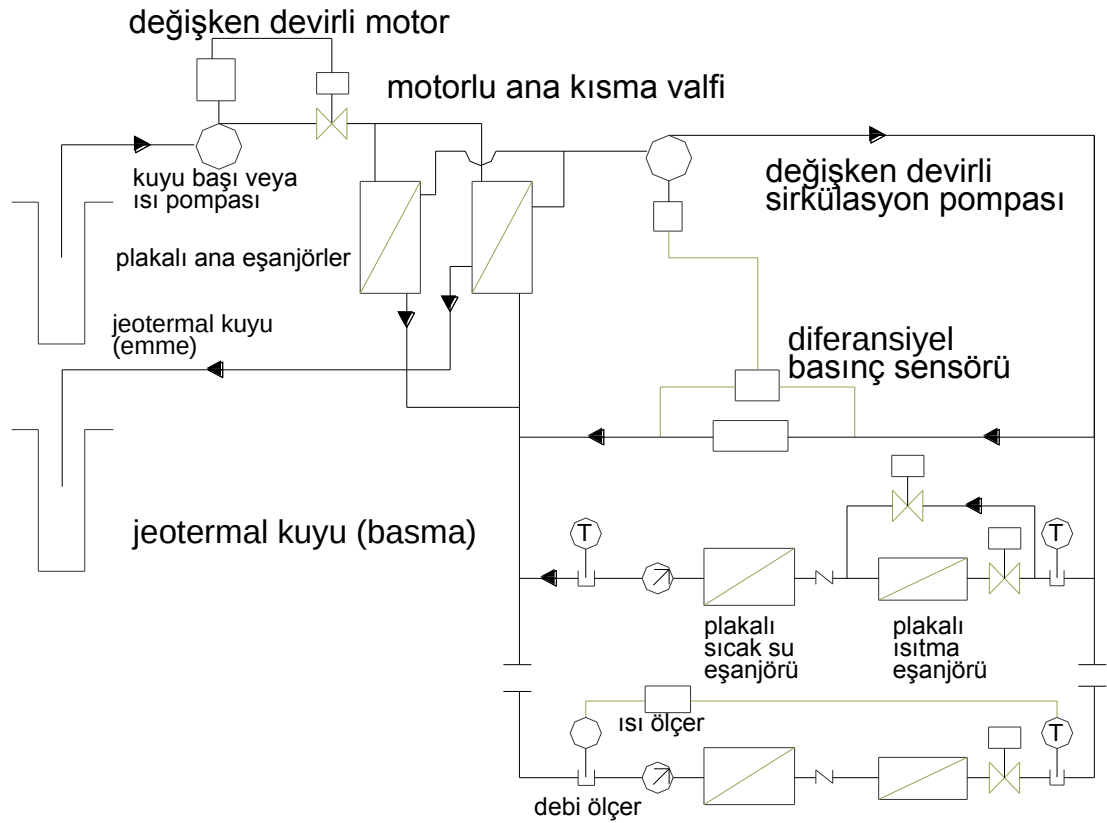
3.1.Jeotermal Enerji İle Konut Isıtılması Ve Sıcak su İhtiyacının Karşılanması

Bugün dünya'da birçok ülkede jeotermal enerji ile şehir, ev ve sera ısıtması yapılmaktadır. Dünya'da ilk jeotermal ısıtma sistemi Boise, Idaho'da (ABD) 1890 yılında inşa edilmiştir, İzlanda'nın %85'i jeotermal enerji ile ısıtılmaktadır ve halen dünyadaki en uzun jeotermal akışkan taşıma hattı 61 km ile bu ülkededir. Dünya'da jeotermal enerji ile ısıtılan konut sayısı bir milyonu aşmıştır [24].

Bugünkü ekonomik ve teknik şartlarda jeotermal enerjinin 200 km kadar taşınıp kullanılması mümkün hale gelmiştir. Türkiye'de sıcaklığı 40 °C'nin üzerinde olan 140 jeotermal saha bulunmaktadır. Bunlardan 5 tanesi elektrik üretimine uygun olup, diğerleri ise daha çok merkezi ısıtmaya uygundur. Türkiye, jeotermal kaynak zenginliğinde dünyanın 7. ülkesidir.

Türkiye'de ilk jeotermal enerji ile ısıtma uygulaması 1964 yılında Balıkesir-Gönen Park Otelinin ısıtılması ile başlatılmıştır. Daha sonra, 1987 yılından itibaren Balıkesir-Gönen'de 1400 konut eşdeğerli ısıtma, 650 yataklı otelin ısıtılması, 54 adet tabakhanenin proses sıcak su ihtiyacı ve 2000 m²'lik seranın ısıtılması başarı ile uygulanmaktadır. Gönen' de her bir konut kışın ısınma ve tüm yıl sıcak su için 3.930 TL ödemektedirler (ekim 1997 itibarıyla-tüm konutlar 5.500.000 TL).

Çevre Bakanlığının 10 milyar kredi ile desteklediği Simav Jeotermal Merkezi Isıtma Sistemi, 1992 Aralık ayı başında başarı ile devreye alınmıştır. Simav'daki vatandaşlar belediyeye ve projeye güveni iki yıllık ısınma ücretlerini peşin olarak ödeyerek desteklemişler, projenin takriben % 40' ını ise belediye finanse etmiştir. Bu sistemde, Jeotermal akışkan (143 °C sıcaklık ve 70 lt/s debide) 4 km taşınarak şehir temiz sıcak su şebekesine ısı sağlayıp, merkezi ısıtma yapıldıktan sonra tekrar 4 km geri taşınarak reenjeksiyon (yeraltına geri verme) yapılmaktadır. (Bakınız Şekil 1) Jeotermal akışkanın 4 km' lik boru hattındaki sıcaklık kaybı sadece 1 °C olmaktadır. 2000/3500/6500 konut kapasiteli Simav jeotermal merkezi ısıtma sisteminin inşaat ve montajı mart 1991' de başlamış ve aralık 1992' de işletmeye alınmıştır. Simav da her daire tüm yıl ısınma+sıcak su için 345.000 TL ödemektedir. Sistemin 1. etap kapasitesi 3500 konut, 2. etap toplam kapasitesi 6500 konuttur. Bu tesis ünite gücü bazında Avrupa'nın en büyük kapasiteli tesisidir. Tesise her geçen gün yeni ev bağlantıları yapılabilmektedir [2].



Şekil 3.1. Jeotermal temelli bölgesel ısıtma sisteminin şematik gösterimi [25].

Tablo 3.1. Türkiye’de konut ısıtma maliyetleri [16]

ELEKTRİK BAZLI ISITMA	26904 TL/1000kcal
FUEL-OİL BAZLI ISITMA(kal. Yakıtı)	9339 TL/1000kcal
DOĞAL GAZ (ortalama)	8100 TL/1000kcal
KÖMÜR BAZLI ISITMA	13248 TL/1000kcal
JEOTERMAL BAZLI ISITMA	511-1135 TL/1000kcal

Türkiye'nin Jeotermal enerji potansiyeli açısından en zengin bölgesi olan Ege bölgesinde dünyanın tek üniteden beslenen en büyük Jeotermal merkezi ısıtma ve soğutma sistemi olan İzmir 25000/34000 konut merkezi ısıtma ve 5000 konut soğutma kapasiteli Jeotermal sistemin proje ve fizibilite çalışmaları tamamlanmış ve yatırıma hazır duruma getirilmiştir. Bu sistem Seferihisar-Narlıbahçe-Balçova ve Hatay'ı kapsamaktadır. Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Kampusu, Hastane ve Fakülte binaları 1993 yılından itibaren Balçova Jeotermal Alanından ısıtılmaktadır.

Ayrıca Türkiye'nin birçok yerinde özellikle Batı ve iç Anadolu Bölgesinde Jeotermal enerji ısıtma ve kaplıca tedavi amaçları için başarı ile uygulanmaktadır. MTA'nın belirlemiş olduğu değerlere göre Türkiye'de Jeotermal ısı potansiyelimiz; işletilmeye

alınmış Jeotermal Merkezi Isıtma Sistemlerimizin kapasitesi: 159,41 MWt (137 Milyon kcal/h, 23000 konut eşdeğeri).

Halen inşaat halinde olan Jeotermal Merkezi Isıtma Sistemlerimizin kapasitesi: 121,10 MWt (104, 2 Milyon kcal/h, 17300 konut eşdeğeri).

Fizibilite ve projesi tamamlanmış olan Merkezi Isıtma Sistemlerimizin kapasitesi: 552,26 MVVt (475 Milyon kcal/h, 79000 konut eşdeğeri).

Türkiye'de 2000 yılında ısı üretimi 2520 MVVt, 2010 yılındaki ısı üretimi 6500 MVVt olarak tahmin edilmiştir [2]

Dünya'da şu anda 6275,3 MWt, kapasite ile Jeotermal elektrik üretimi yapılmaktadır. (ABD, Filipinler, Meksika, İtalya, Yeni Zelanda, Japonya, Endonezya, El Salvador, Nikaragua, İzlanda, Kenya, Çin, Türkiye, B.D.T., Fransa, Portekiz, Yunanistan ve Tayvan). Dünya'da elektrik üretimi dışındaki Jeotermal değerlendirmeler ise 13044 MWt'ı bulmaktadır [26].

3.1.1. Kabuklaşma ve Korozyon Önleme Çalışmaları

Gelişen Jeotermal enerji teknolojisi ile kuyuların üretim ömürlerini arttırmak için, bundan on yıl önce kabuklaşma ve korozyon gibi işletme problemlerini önlemek için, inhibitörler kullanılmaktadır, inhibitörler, üretim kuyularında flash bölgenin altına kapiler boru vasıtasıyla gönderilerek mekanik temizleme metodlarına göre çok daha tasarruflu uygulama sağlarlar.

Kullanılan inhibitörler, fosfonat kökenli organik polimer maddeler (Polistren sulfanat, polimaldik anhidrat, polimetakrilik, poliakrilik)'dir. Kuyunun 150 m derinliğine gönderilen 1m³ Jeotermal suya 5 gr kimyasal madde, tesisattaki kabuklaşmayı kuyu içinde önlemektedir.

Günümüzde fosfonat diş macunlarında diş taşlarını önlemek için kullanılmaktadır. Ayrıca fosfonat soya fasulyesinde 9-10 gr/kg alabalıkta 12gr/kg, çavdar ekmeğinde 10-20 gr/kg, maden suyunda ise doğal olarak 7-10 mg/lt bulunmaktadır.

Yukarıda bahsedilen yiyecekler içerisinde bulunan fosfat, Jeotermal uygulamalarda kullanılan fosfata (5 mg/kg) göre takriben 3000 misli daha fazla oranda bulunmaktadır ve Tübitak ve Ankara Refik Saydam Hıfzısıhha Enstitüsünden Sağlık üzerinde herhangi bir olumsuz etkisi olmadığına dair rapor verilmiştir. Jeotermal enerji sistemlerinde, korozyonu önlemek için PVC, epoxy veya polyester cam elyafı borular ve 316 paslanmaz çelik plakalı ısı eşanjörleri kullanılmaktadır.

Diğer taraftan, CC'te gazının Jeotermal su içindeki çözünürlük durumu çökeltme yani boru cidarlarında kabuk çözünürlüğü Henry Kanununa göre tesbit edilebilir. Bu kanuna göre gazların sıvı içindeki çözünürlüğü gazın kısmî basıncı ile doğru, gazın sıcaklığı ile ters orantılıdır.

Bu görüşten hareket ederek Kızıldere (Denizli) Jeotermal enerji alanında borularda oluşan kabuklaşmanın basınç ve sıcaklığa bağlı olarak değişimini tespit edebilmek için deneysel çalışmalar yapılmıştır.

Yapılan ölçümler sonucunda boru cidarlarında oluşan kabuk kalınlığı basınç artmasıyla azalmakta ve belli bir basınç (4kg/cm^2) değerinden sonra eğrinin değişimi parabole yakın seyretmektedir, yani Jeotermal akışkan basıncını (4kg/cm^2) üstünde ısıtma sistemlerinde kullanılırsa borularda kabuk kalınlığı en aza inmektedir.

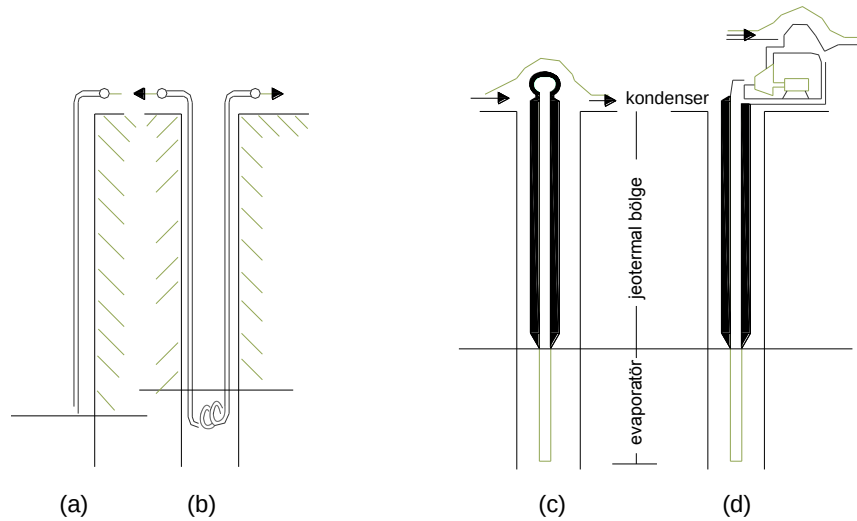
Jeotermal akışkanın sıcaklığı arttıkça kabuklaşma kalınlığı da artmaktadır. Jeotermal buharla ısıtma yapılarak kabuklaşma sorunun kısmen de olsa önlenmektedir [2].

3.1.2. Jeotermal Kuyuların İşletiliş Şekilleri

Jeotermal kuyuların çalıştırılma biçimleri Şekil 2'de özetlenmektedir. Klasik usulde (Şekil 1.7-a) Jeotermal sıvı veya buhar yeryüzünde pompalanır. Bu usulün uygulanması halinde mevcut Jeotermal rezervin ancak %25'nin yeryüzüne ısı enerjisi olarak çıkarılabileceği, elektrik enerjisine dönüştürülmesi halinde ise bu oranın %1 seviyesini geçmeyeceği bilinmektedir.

Yeryüzüne çıkarılan çeşitli kimyevi artıkların sebep olduğu çevre kirlenmesi problemlerine ek olarak tesisat ve cihazlarda korozyon ve tıkanma meydana gelmesi, kuyubaşı gürültüsünün fazlalığı, HaS gazının çevreyi rahatsız edecek seviyelerde ortaya çıkması, Jeotermal sıvıların zamanla azalması veya tükenmesi, bazı hallerde yer çökmesinin görülmesi ve mevcut pompaların $190\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'den daha sıcak ortamlarda çalışmadıkları gerçeği klasik usulü kuşatan güçlükler zincirini halkalamaktadır.

Ayrıca, Jeotermal sıvının $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'den daha sıcak olması halinde ortaya çıkacak iki fazlı akımla ilgili tesisatın karmaşıklığından da söz edilebilir.



Şekil 3.2. Jeotermal Kuyuların İşletiliş Şekilleri:

a) Klasik Usul, b) MTA Teklifi, c) Isı Borulu Sistem, d) Turbo-Isı Borulu Sistem

Klasik usul işletmeciliği sonucu ortaya çıkan tıkanma, korozyon ve çevre kirlenmesi problemlerine bir çözüm getirebilmek amacıyla MTA'nın geliştirdiği kuyu tipi Şekil-2-b'de verilmektedir.

MTA tipi kuyu ile kabuklaşma büyük ölçüde azalmıştır. Jeotermal akışkan yeryüzüne çıkmayacağından çevre kirlenmesi de olmayacaktır. Jeotermal sıvının zamanla tükenmesi söz konusu olmadığından kuyu ömrü uzayacaktır. Isı eşanjörü kullanan her sistemde olduğu gibi burada da sirkülasyon sıvısı özellikleri oldukça önemlidir. Kullanılan suyun buhar kazanı besleme suyu temizliğinde olmaması durumunda ve özellikle 70 °C üzerindeki uygulamalarda ısı eşanjörünün süratle ve içten kabul bağlayacağı unutulmamalıdır. Ayrıca kaynama sıcaklığına ulaşıldığında iki fazlı akımla ilgili tesisat problemleri de ortaya çıkacaktır.

Şekil 3.2-c'de ısı borulu kuyu sistemi gösterilmektedir. Kuyuya boydan boya yerçekimi takviyeli bir ısı borusu daldırılmaktadır. Isı borusunun Jeotermal akışkanla temas olmayan izotermal kısmı yalıtımlıdır. Isı borusunun içinde kuyu sıcaklığına uygun bir çalışma sıvısı bulunmaktadır. Sistemin çalışması için pompa veya dışardan herhangi bir mekanik etkiye ihtiyaç yoktur.

Ayrıca, kuyuda ısı borusunun Jeotermal akışkanla temas halinde olduğu evaporatör (buharlaştırıcı) kısmında, evaporatörün dış cidarında hızlı bir kabuklaşma olması beklenmez.

Çünkü kabuklaşma olayı akışkan hızı, basıncı, sıcaklığı ve buharlaşma ile yakından ilgili olup, düşük hız ve sıcaklıkta kabuk bağlama hızı dolayısıyla kalınlığı oldukça azalır. Diğer taraftan, iyi bir ısı borusunun iç cidarında, konstrüksiyon gereği, kimyevi reaksiyon ve kabuklaşma meydana gelmez. Isı transferine olumsuz etki edebilecek tek kabuklaşma olayı kondenserin (yoğusturucu) dış cidarından meydana gelebilir ancak bunu kapalı devreli bir soğutma sistemi kullanılarak önlemek mümkündür.

Son olarak, kuyu dibi sıcaklığı 130 °C veya daha fazla olan Jeotermal kuyulardan elektrik enerjisi üretilmesi mümkün olan yeni bir sistem Şekil-2-d'de önerilmektedir. Bu sistemde ısı borusunun evaporatöründe oluşturulan saf buhar bir türbinde genişletilerek mekanik ve elektrik enerjisi elde edilmektedir.

Türbinin yanına yerleştirilecek bir kondenserle ayrıca termal enerji üretilmesi de mümkün olabilmektedir. Yoğuşan çalışma sıvısı ise evaporatöre döndürülerek çevrim tamamlanmaktadır [2].

3.1.3. Jeotermal Merkezi Isıtma Sistemleri ve Tasarım Kriterleri

Klasik merkezi ısıtma sistemleri günümüz teknolojisine göre üç grupta toplanabilir.

1. Sıcak sulu ısıtma sistemleri,
2. Kızgın (kaynar) sulu ısıtma sistemleri,
3. Buharlı ısıtma sistemleridir.

Klasik merkezi ısıtma sistemlerinde yakıt olarak, kömür, fuel-oil ve doğal gaz kullanılır. Jeotermal merkezi ısıtma sistemleri, klasik tip merkezi ısıtma sistemlerinde prensip olarak tamamen farklıdır. Jeotermal sahaların özellikleri (artezyenik, artezyenik olmayan) basınç, sıcaklık, debi, kimyasal kompozisyon ve diğerleri) her yerde farklı olduğundan klasik merkezi ısıtma sistemlerinde olduğu gibi standart bir uygulama yoktur. Her saha için farklı tasarımlar yapılmakta ve uygulanmaktadır.

Jeotermal ısıtma sistemlerinde DT işletme sıcaklığı (gidiş ve dönüş sıcaklıkları farkı) sıcak sulu sistemlerde olduğu gibi $DT = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ değil, $30\text{-}40\text{ }^{\circ}\text{C}$ olabilmektedir. Bilindiği üzere, gidiş ve dönüş sıcaklıkları arasındaki fark ne kadar büyük olursa, sistemde dolaşan su debisi o kadar az, dolayısıyla hem şebeke (boru vs) hem de işletme (pompa vs.) masrafları azalmaktadır.

Fakat buna karşılık ısıtıcı akışkanın ortalama sıcaklığı düşeceğinden binalardaki radyatör ısıtma yüzeyleri daha büyük dolayısıyla bu yatırım nispeten daha fazla olur. Ayrıca, Jeotermal merkezi ısıtma sistemlerinde, pompalar frekans konverteri ile kontrol edilmekte, şebekede sabit sıcaklık, değişken debi sistemi uygulanmaktadır. Jeotermal merkezi ısıtma sistemleri genelde dört ana bölümden oluşur:

- **Kuyubaşı (Jeotermal su üretimi);**

Dozajlama, üretim, kuyu içi ve kuyubaşı pompalama ve gaz ayrıştırılması bölümlerinden oluşur. Jeotermal suyun kimyasal kompozisyonuna bağlı olarak gerektiğinde kuyu içi, kuyubaşı ekipmanı, boru hattında meydana gelebilecek kabuklaşma ve korozyonu önlemek gayesiyle kuyu içine kimyasal madde gönderilmektedir. Kuyunun artezyenik olup olmaması ve kuyubaşı basıncına bağlı olarak kuyu içi pompası ve malzeme seçimi yapılmaktadır. Ayrıca gerektiğinde kuyubaşında gaz ayrışması yapılmaktadır.

- **Jeotermal Su Nakil Hatları;**

Jeotermal su ile ısıtmanın yapılacağı yerin Jeotermal sahanın dışında olması durumunda Jeotermal suyun nakli doğrudan toprağa gömülen izolasyonlu özel paslanmaz çelik ve epoxy ithal özel paket borularla yapılmaktadır. Bu borular ile $0,1\text{-}0,5\text{C/km}$ sıcaklık kaybı gradyanı gibi oldukça başarılı sonuçlar elde edilmektedir. Ayrıca, düşük basınç kaybı, daha iyi boru iç yüzey kalitesi, korozyona karşı mükemmel direnç, daha az ısı genleşme ve uzama ve klasik merkezi ısıtma sistemlerindeki ısı galerilerine göre daha düşük maliyet gibi avantajları da vardır. Teknik ve ekonomik şartlar uygun olduğu durumda, Jeotermal su $150\text{-}200\text{ km}$ uzaklığa taşınabilmektedir.

- **Jeotermal Suyun Merkez ve Dağıtım Şebekesi;**

Jeotermal merkeze gelen Jeotermal suyun enerjisi özel olarak tasarlanmış yüksek verimli eşanjörlerle kapalı çevrimde sirküle eden temiz suya aktarılmaktadır. Şartlara bağlı olarak kuyu içi eşanjörü uygulamaları da yapılmaktadır.

- **Jeotermal Suyun Reenjeksiyonu;**

Enerjisi aktarılan Jeotermal su mevcut termal tesislere verilmekte veya reenjeksiyon boru hattı ile yeniden yer altına gönderilmektedir. Böylece rezervuar ömrü artmakta ve bor veya tuzluluktan meydana gelebilecek muhtemel çevre kirliliğine engel olunabilecektir.

Ülkemizde merkezi şehir ısıtma sistem onlayışı oldukça yenidir ve tam manasıyla bilinmemektedir. Aynı kooperatife aynı birime ait iki bitişik bina dahi ayrı ayrı kazanlardan beslenmekte birbirlerine bağlanmamaktadır. Bundan daha acısı aynı kooperatife ait 356 daire tek bir kazan yerine maalesef 356 adet kombi cihazı almaya karar verebiliyor. Bu büyük bir milli servet israfı demektir aynı zamanda her dairede bir bomba bulunması demektir ki güvenlik açısından da son derece tehlikeli bir durumdur. Kullanıcıların merkezi ısıtma sistemlerine ne kadar uzak olduğunun bir göstergesidir.

Isı enerjisi üretimini biz kendi doğal öz ve ucuz kaynağımız olan Jeotermal enerjiye dayandırdığımız zaman, yatırım ve işletmede ekonomiklik söz konusudur. Bunun için Türkiye'de Jeotermal merkezi ısıtma sistemleri ve kullanımları hızla artmış ve büyük bir gelişme göstermiştir. Jeotermal enerjinin fiyatı, rezervuar derinliği, akışkanın karakteri ve yatırım özelliklerine bağlıdır [2].

Tablo 3.2. Konutlarda Yakıt Fiyatlarının Karşılaştırılması (Tem-1994) [27].

Yakıt Cinsi	Isıl Değeri	Birim Fiyatı	TU 1000kcal	Ucuzluk Sıralaması
Jeotermal enerji (İzmir)	90Kcal/kg	2,80 TL/kg	31	1
Jeotermal enerji (Gönen)	50 Kcal/kg	3,40 TL/kg	68	2
Jeotermal enerji (Simav)	100 Kcal/kg	10.80 TL/kg	108	3
Fuel-oil (Kalorifer yakıtı)	9700 Kcal/kg	6063 TL/kg	781	4
Doğal Gaz (Bursa)	8250 Kcal/kg	5955 TL/m ³	802	5
Linyit	3000 Kcal/kg	1.760.000 TL/kg	978	6
LPG 12kg'lık Tüp	11200 Kcal/kg	10.333 TL/kg	1048	7
İthal Kömür (Bursa)	6200 Kcal/kg	4.500.000 TL/ton	1067	8
Odun	2500 Kcal/kg	2.185.000 TL/kg	1460	9
Motorin	10200 Kcal/kg	14.377 TL/kg	1678	10
Gazyağı	10400 Kcal/kg	16.913 TL/kg	1936	11
Elektrik	860 Kcal/kg	2432 TL/kg	2856	12

Bir jeotermal ısıtma sisteminin konut başına genel toplam yatırımı yaklaşık 8-9 milyon TL. olurken, konutların ödeyeceği jeotermal enerji dönüşüm gideri doğal gazdaki 9 milyon TL.'ye karşılık daire başına sadece 900.000-1.300.000 TL arasındadır.(1993 ortalama fiyatları ile). Bu avantaja ilaveten Jeotermal merkezi ısıtmanın işletme maliyetinin doğal gazın sadece sekizde birine mal olmaktadır.

Tablo 3.2'den görüldüğü gibi, en ucuz ısıtma Jeotermal ısıtma ile yapılandır. 1. ve 12. yakıt arasındaki fiyat farkı takriben 92 mislidir. Jeotermal ısıtma değerlendirme sistemleri, kendisini en geç 3-4 yılda geri ödeyen yatırımlar olarak görülmektedir.

Diğer taraftan Bursa ilinin İnegöl ilçesine 27 km. uzaklıkta bulunan Oylat Kaplıcası, iki tarafı vadilerle çevrilmiş bir yamaç üzerinde kurulmuştur. Sırtını dayandığı dağ silsilesi Uludağ'ın etekleridir. Deniz seviyesinden 840 m yüksekte olan oylat kaplıcası, Uludağ eteklerindeki güzel ormanları, güzel dağ iklimi, temiz havası ile su tedavisi olduğu kadar iklim tedavisi için de elverişli bir yerdir. Oylat kaplıcalarında yapılan tedavilerde, şüphesiz yerinin, ikliminin özellikleri de kaplıca suyunun tesirine eklenir.

Ayrıca kaplıca suyundan fizibilite etüdü yapılarak merkezi ısıtmada kullanılabileceği araştırılmalıdır. Kaplıca suyu muhtelif kaynaklar halinde çıkmakta olup, suyun debisi dakikada 3000 lt, sıcaklığın ise 40,5 °C'dir. Bu değerler ileride İnegöl'ün bir kısmının merkezi ısıtma sistemi ile ısıtılacağını gündeme getirmektedir.

3.2.Jeotermal Enerji İle Konut Elektrik İhtiyacının Karşlanması

Jeotermal kaynaklardan elektrik üretmek için yüksek sıcaklıklı sistemler öncelikle araştırılırken, düşük ve orta sıcaklıklı sistemlerden de, elektrik üretilebileceği göz önüne alınmalı, bunu gerçekleştirmek için yeni teknolojiler vakit geçirilmeden uygulanmalıdır. Özellikle, büyük miktarlara varan atık sıcak sulardan elektrik üretimi için yeni santraller kurulmalıdır.

3.2.1. Jeotermal Enerjiden Elektrik Üretmek Amacıyla Kullanılan Güç Çevrimleri

Jeotermal kaynaklar çok farklı termodinamik, kimyasal, çevresel ve fiziksel özelliklere sahiptir. Bu nedenle optimal kullanımın sağlanabileceği bir model hazırlanırken, tek tip bir çevrimin kullanılması mümkün değildir. Her kaynağın belirli özellikleri için en uygun güç çevrimi veya çevrim kombinasyonu belirlenmelidir. Literatürde, jeotermal enerjiden elektrik üretmeye yönelik çok sayıda çevrim önerilmiştir. Bu bölümde, önerilen çevrimlere ait kısa bilgilere yer verilerek, incelenen kaynak ve diğer kaynaklar için en uygun çevrimin belirlenmesine ışık tutulması hedeflenmiştir [28].

- **Kuru – buhar çevrimleri;**

Tüm jeotermal santral türleri arasında en basit olanı kuru buhar santralleridir. Bu tür santraller temel olarak doymuş veya kızgın jeotermal buhar bulunan bölgelerde

kullanılabilir. Dünyada doymuş veya kızgın jeotermal sıvı bulunan jeotermal alanlar oldukça sınırlıdır [28, 29].

Jeotermal kaynaktan çıkan buhar, kuru buhar veya hafif kızgın buhar şartlarında ise doğrudan buhar türbini-jeneratör grubuna gönderilerek elektrik üretilebilir. Dünya’da bu özelliklere sahip kaynaklara örnek olarak, İtalya-Larderello’ da ki ve ABD-The Geysers’deki kaynaklar verilebilir [28, 30].

En basit ve en ekonomik jeotermal çevrim kondensersiz kuru buhar çevrimidir. Bu çevrim de, jeotermal kuyudan çıkarılan buhar bir türbinden geçtikten sonra atmosfere atılır. Türbin çıkışı doğrudan atmosfere açık olduğundan buhar, türbini atmosfer basıncında terk eder.

Bu çevrimin avantajı kondenser olmadığı için santralin yapım ve işletme masraflarının kondenserli santrallere göre daha az olmasıdır. Bu çevrimin istenmeyen bir sonucu ise jeotermal buharın doğrudan atmosfere atılmasının çevre kirliliğine yol açmasıdır [28, 31]. Kondensersiz santrallerde üretilen güç, bulunan yerin atmosferik şartlarından etkilenir.

Örneğin yüksek rakımlı bölgelerde aynı buhar kalitesi için daha fazla güç üretilir. Buralarda atmosferik basınç düşük olduğundan, türbin çıkış basıncı da daha düşük olacaktır [28, 32]. Şekil 3.3’de kondensersiz kuru buhar çevrim jeotermal elektrik santralinin basitleştirilmiş akış diyagramı görülmektedir.

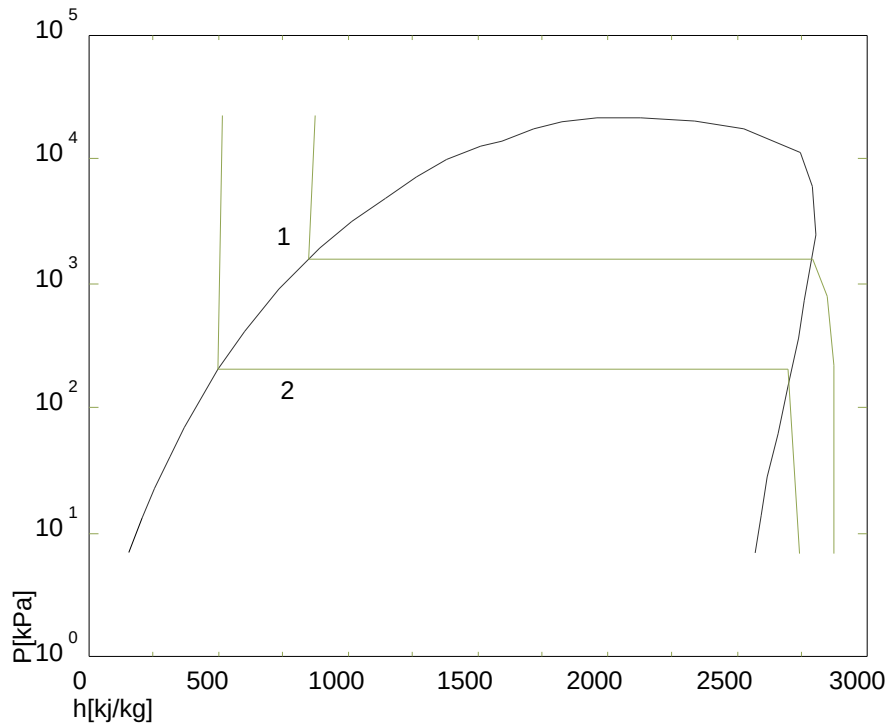


Şekil 3.3. Kondensersiz kuru buhar çevrim jeotermal elektrik santrali akış şeması [31].

Kondenserli kuru buhar çevriminde, türbin çıkışında kondenser bulunur. Jeotermal buhar, türbinden geçtikten sonra bir kondensere girer. Kondenserde yoğunlaştırılan buhar, ideal olarak tekrar yeraltına enjekte edilir veya atık olarak bir ırmağa veya göle dökülür. Kondenser sayesinde türbin çıkışında atmosfer basıncının altında bir basınç yani vakum oluşturulur. Buhar, türbini daha düşük basınçta ve daha düşük sıcaklıkta dolayısıyla daha düşük bir entalpide terk eder. Böylece buharın ısı enerjisinin daha büyük bir oranı güce çevrilmiş olur. Bu nedenle kondenserli kuru buhar çevrimleri kondensersiz olanlardan benzer şartlar altında daha çok elektrik üretirler [28, 33]. Şekil 3.4’de kondenserli kuru buhar çevrim jeotermal elektrik santralinin basitleştirilmiş akış diyagramı görülmektedir.

- **Tek ve çift püskürtmeli çevrimler;**

Yer altından çıkarılan jeotermal akışkanın tamamen buhar fazında olması yaygın değildir. Çıkarılan jeotermal akışkan genellikle doymuş sıvı–buhar karışımıdır. Bu durumlarda buhar yüzdesi yeterince yüksekse buhar sıvıdan ayrıştırılır ve buhar türbine gönderilirken sıvı yer altına enjekte edilir. Buhar yüzdesinin düşük olduğu veya jeotermal akışkanın tamamen sıvı fazında olduğu durumlarda püskürtmeli buhar çevrimleri kullanılmaktadır. Püskürtme işlemi kısılma vanalarının çalışma prensibine göre püskürtme havuzu adı verilen bir yerde gerçekleştirilir. Jeotermal akışkanın püskürtme odasının çıkışında basıncın daha düşük fakat entalpinin girişteki akışkanla aynı olması dolayısıyla sıvının belli bir yüzdesi buharlaşır. Püskürtme işleminden sonra jeotermal akışkanın sıcaklığı düşer. Yeni sıcaklık, yeni basınçtaki doyma sıcaklığıdır [28, 34]. Püskürtme prosesi bir sabit entalpi prosesidir. Proses sonucunda genellikle kuruluk derecesi 0,10-0,50 arasında buhar elde edilir. Buharın kuruluk derecesini etkileyen faktörler; rezervuardaki akışkanın termodinamik şartları, kuyunun boyutları ve kuyu basıncıdır [28, 32]. Püskürtme işlemi Şekil 3.5’de suyun basınç–entalpi diyagramında gösterilmiştir. Su, (1) halinde doymuş sıvı, (2) halinde ise doymuş sıvı–buhar karışımı (ıslak buhar) halindedir.

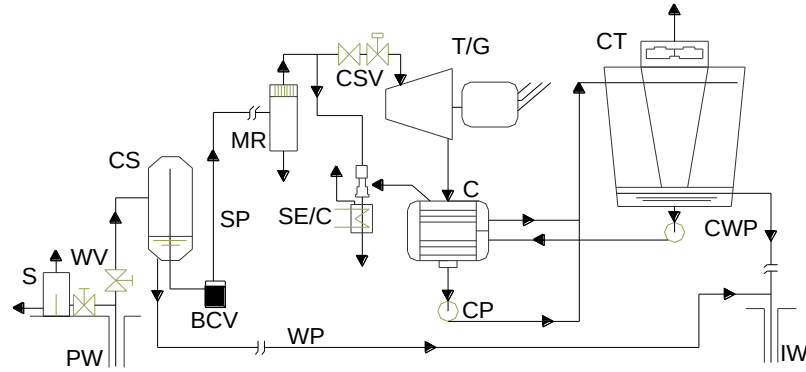


Şekil 3.5. Püskürtme işleminde suyun basınç-entalpi değişim diyagramı [28, 34].

Bir kaynaktan hangi tip püskürtmeli çevrimin kullanılacağını belirten parametreler; kaynak karakteristikleri, güç santralinin kapasitesi, termodinamik–ekonomik optimizasyon analizleri ve ekipman kullanılabilirliği verilebilir. Püskürtme çevrimi santrallerinin sermaye maliyetleri 1700–2100 \$/kW arasında değişir (saha geliştirme ve ekipmanlar dahil). Püskürtme çevrimli santraller genellikle yüksek basınçlı

kaynaklar için uygun olmaktadır. Fakat son zamanlarda düşük basınçlı sahalarda da uygun olabilecek püskürtme tipi santraller üzerinde çalışılmaktadır [28, 32].

Püskürtme işleminden sonra elde edilen çift fazlı akışkan bir ayırıştırıcıya (separator) gönderilir. Ayırıştırıcıda çeşitli yöntemler ile buhar ve sıvı birbirinden ayrılır. Siklon ayırıştırıcıları buhar ve sıvı arasındaki büyük yoğunluk farkını kullanarak, santrifüj hareketi sonucunda sıvı ile buharı ayırıştırır. Bu tip ayırıştırıcılar kuruluk derecesi % 99,9'a kadar olan buhar üretimini gerçekleştirebilmektedir. Ayırıştırıcıdan alınan buhar, bir buhar türbininden geçirilerek mekanik enerji elde edilir. Mekanik enerji, türbin saftı vasıtasıyla bir jeneratörü döndürerek elektrik enerjisi üretilir [28, 30]. Şekil 3.6'da görüldüğü gibi, buhar sıvıdan ayırıştırıldıktan sonra türbine elektrik üretmek için gönderilirken kalan sıvı yer altına enjekte edilir. Türbinden çıkan ıslak buhar, bir soğutma kulesinde veya püskürtme havuzunda elde edilmiş soğutma suyu ile yoğuşturulur ve yer altına enjekte edilir. Jeotermal santralin bulunduğu yerde ırmak ve göl gibi bir soğuk su kaynağı varsa kondenserde bu su da kullanılabilir. Bütün kondenserli jeotermal buhar çevrimlerinde kondenserlerde vakum oluşturmak için buhar ejektörleri kullanılır.



Şekil 3.6. Tek püskürtmeli çevrim jeotermal elektrik santrali akış şeması [28, 35].

Bu tip santrallerde, doğrudan buhar santralleri ile kıyaslandığında temel farklılığın ürettikleri atık sıvı miktarında olduğu görülür. Örneğin 55 MWe'lik bir güç için, tek püskürtmeli bir santral 630 kg/s atık sıvı üretirken, doğrudan buhar santrali aynı miktar güç için 20 kg/s'lik atık üretir, yani oran 1/30 dolayındadır. Eğer tüm atık sıvının re-enjeksiyonu yapılırsa, tek püskürtmeli bir santralde üretilen kütlenin yaklaşık % 85'i kaynağa geri dönerken, direkt -buhar santrallerinde bu oran % 15'tir [28, 30]. Bu veriler ışığında rezervuar korunması açısından tek püskürtmeli santral daha uygun olmaktadır.

Bu tür santrallere ülkemizde örnek olarak Kızıldere jeotermal santrali verilebilir. Bu sahada, 200°C sıcaklığındaki ve 264 kg/s debideki jeotermal akışkandan 8-12 MWe arasında net güç üretilmektedir. Yalnız bu santralde jeotermal sıvı rezervuara geri basılmamaktadır. Jeotermal sıvının rezervuara geri basılması jeotermal rezervuarın ömrünü uzatması bakımından önemlidir.

Yer altında çıkarılan jeotermal akışkanın sıcaklığının yüksek olduğu durumlarda püskürtme işlemi birden fazla tekrarlanabilir. İlk püskürtmeden sonra elde edilen

[illegible]

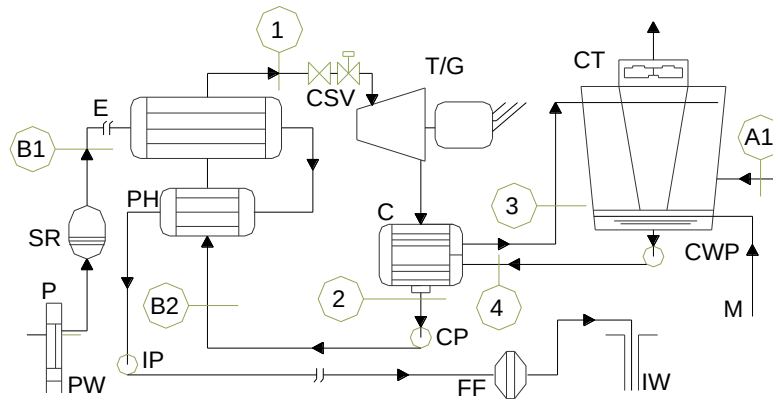
Sıvının belli bir yüzdesi buharlaşır ve bu buhar türbine gönderilir. İkinci püskürtmeden elde edilen buharın basıncı ilk püskürtmeden elde edilen buhar basıncından daha düşük olduğundan düşük basınçlı buharın, türbine daha düşük bir basınç kademesinde alınması sağlanır. Alternatif olarak santralde düşük basınçlı buhar için ikinci bir türbin kullanılabilir.

Püskürtme ve kondensasyon basınçları, santral performansı ve ekonomisi üzerinde büyük etkilere sahiptir. Bu nedenle bu basınç değerlerinin ekonomik limitler ve santralin bulunduğu bölgenin çevresel şartlarının fonksiyonu olarak optimize edilmesi gereklidir [28, 32]. İkinci püskürtme, çevrimden elde edilecek gücü arttırmakla birlikte beraberinde gelen ek yapım ve işletme masrafları dikkate alındığında ekonomik olmayabilir. Pratikte çift püskürtmeli jeotermal santrallere rastlanmakla beraber ikiden fazla püskürtme ekonomik olmadığı için uygulanmamaktadır [28, 35].

42

- **Binary (ikincil) çevrim;**

Düşük sıcaklıkta (genellikle 170°C'nin altı) ve sıvı ağırlıklı jeotermal kaynaklardan elektrik üretiminde ikincil çevrim diye adlandırılan bir çevrim kullanılır. Bu çevrimde türbinden geçen aracı akışkan jeotermal buhar değil, ikincil akışkan adı verilen ve kaynama sıcaklığı suyun kaynama sıcaklığından çok daha düşük olan bir akışkandır. Bu çevrimde jeotermal akışkan çevrimin ısı kaynağını oluşturur. İzobütan, izopentan, pentan ve R-114 jeotermal ikincil çevrim santrallerinde yaygın olarak kullanılan ikincil akışkanlardır. Şekil 3.8'de binary (ikincil) çevrim elektrik santralinin basitleştirilmiş akış diyagramı görülmektedir.



Şekil 3.8. Binary (ikincil) çevrim elektrik santrali akış şeması [28, 35].

Jeotermal akışkan kuyu basındaki basıncın yeterince yüksek tutulmasıyla tercihen % 100 sıvı olarak yer altından çıkarılır. Bunun nedeni akışkan akışı için gerekli olan pompa gücünün sıvı fazında daha düşük olması ve pompaların genelde sadece sıvı fazı için tasarlanmış olmasıdır.

Jeotermal akışkan bir ısı değiştiricisinden geçirilir ve jeotermal akışkanın ısıl enerjisi ısı değiştiricisine diğer uçtan giren ikincil akışkana transfer edilir. Jeotermal akışkan ısı değiştiricisini düşük sıcaklıkta terk ederek yer altına enjekte edilir. İkincil akışkan ısı değiştiricisinde aldığı ısı ile tamamen buharlaşır ve ısı değiştiricisini doymuş buhar veya kızdırılmış buhar olarak terk eder. İkincil akışkan türbinden geçirilerek ısıl enerjisi dönen mil vasıtasıyla mekanik enerjiye çevrilir. Türbinin mili jeneratörün milini çevirerek mekanik gücün elektriğe dönüşmesini sağlar. Türbini düşük sıcaklıkta ve basınçta terk eden ikincil akışkan kondenserde yoğunlaştırılır. Daha sonra bir pompa yardımıyla basıncı tekrar ısı değiştiricisi basıncına yükseltilerek ısı değiştiricisine yönlendirilir. Böylece ikincil akışkan termodinamik anlamıyla bir çevrimi tamamlamış olur. İkincil akışkanın tamamladığı bu çevrim aslında Rankine çevrimidir. Jeotermal akışkanın bu santraldeki fonksiyonu sadece Rankine çevrimine ısıl kaynak oluşturmaktır. İkincil akışkanın termodinamik ve kritik özellikleri ikincil jeotermal çevrimlerin performanslarını etkiler. Bu yüzden, belli bir jeotermal kaynaktan en fazla gücün üretilmesi için en uygun ikincil akışkanın seçilmesi gerekir. Kondenserde soğutucu ortam olarak genellikle hava kullanılır. Jeotermal santralin yer seçimi jeotermal kaynağın yeriyle sınırlandırıldığından bir ırmak veya göl suyu ile soğutma genelde mümkün olmaz. Havanın soğutucu akışkan olarak

kullanılması çevrenin temiz tutulmasına katkı sağlar fakat çevrimin verimini özellikle yaz günlerinde olumsuz olarak etkiler [28, 33].

Binary santrallerin güç kapasiteleri genellikle, 100-200 kWe'den 3 MWe'ye kadardır. 10-50 MWe'lik daha büyük sistemler için genellikle birkaç küçük modüler ünitenin bir araya getirilmesiyle sağlanabilir. Akışkan sıcaklıkları düşük olduğu için binary güç çevriminin termal verimleri % 10 ile % 17 arasındadır. Fakat yine de dünyanın hemen hemen her yerinde bulunan düşük sıcaklıklı jeotermal kaynaklardan, güvenilir ve uygun maliyetlerle elektrik üretmek için bu sistemi kullanmak oldukça avantajlıdır [28, 36].

Binary santrallerin kuruluş maliyetleri daha pahalıdır. Yaklaşık olarak 2400 \$/kW'dır (saha geliştirme ve ekipmanlar dahil). Fakat işletme ve bakım masrafları daha düşüktür. Binary sistemler, çevresel açıdan daha temiz enerji dönüşümü sistemleridir. Jeotermal akışkanın korozyif etkilerinden ve kabuk oluşturma sorunlarından kurtulmak için binary sistemler tercih edilir. Bu sistemde jeotermal akışkan, santralin hareketli elemanlarıyla temas etmediğinden, özellikle türbin gibi elemanlar jeotermal akışkanın zararlı etkilerinden korunmuş olur [28, 30].

Binary santrallerinde türbinden çıkan çürük buharı yoğunlaştırmak amacıyla gerekli olan kondensasyon, hem hava hem de su kullanılarak yapılabilir. Kondanserde su kullanılacaksa bağımsız bir kaynağın örneğin deniz, göl, ırmak gibi bulunması gerekir. Eğer dış soğutma suyu bulunamaz ise çevresel hava da soğutmada kullanılabilir. Binary santraller, püskürtme çevrimli santrallere göre kuru tip soğutmaya daha uygundur. Çünkü hidrokarbonların buhar yoğunluğunun yüksek olması kuru tip soğutmayı kolaylaştırmaktadır. Ayrıca hidrokarbonlar donmadıklarından dolayı düşük kış sıcaklığına sahip bölgelerde daha iyi termodinamik performans gösterirler [28, 36].

İkincil akışkan olarak bir karışım kullanılacaksa (örneğin izobütan–izopentan ile su - amonyak karışımları gibi) her bir akışkanın buharlaşma ve yoğunlaşma noktaları farklı sıcaklıklarda olacaktır. Bu durum, buharlaşma sırasında ikincil akışkan ile jeotermal akışkan arasında yoğunlaşma sırasında ise ikincil akışkan ile soğutma suyu arasında daha iyi bir uyuma sebep olur. Böylece daha yüksek bir ısı değiştiricisi verimi ve daha iyi bir santral genel verimi elde edilir. Türbinden çıkan akışkan hala yüksek enerji taşıyorsa ikincil akışkanın ön ısıtılmasında (reküperatör) kullanılabilir [28,30]. Bu özellikler ise Kalina çevriminin temellerini oluşturur.

İzopentan ve izobütan ikincil akışkan olarak iyi bir seçim olabilir. Bu akışkanların doymuş buhar eğrileri pozitif eğime sahip olduğundan türbin çıkış şartlarında, buhar hala kızgın buhar olmaktadır. Bu nedenle türbin prosesi sırasında nem ile karşılaşmadığından dolayı türbin aşınmaları mümkün olduğunca önlenmiş olur. Bilindiği gibi türbinlerde sık sık karşılaşılan problemlerden biri de, türbinin son basamaklarında oluşan ıslak buhardaki sıvı parçacıkların, santrifüj kuvvetler etkisiyle özellikle türbin kanatlarında deformasyona sebep olmasıdır.

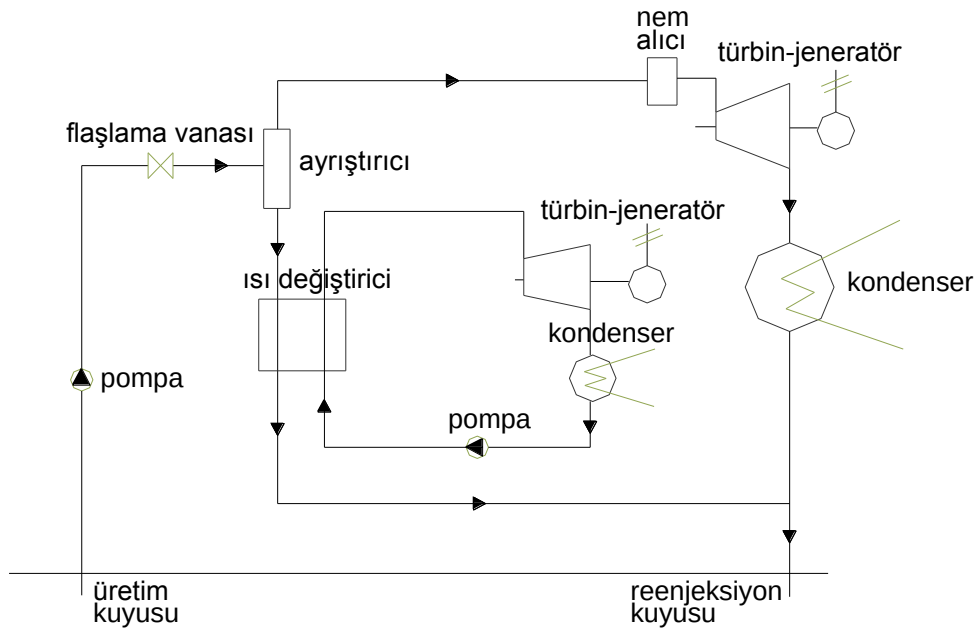
İkincil akışkan olarak izopentan ve izobütanın seçilmesinin diğer önemli avantajları aşağıda verilmektedir [28, 36];

- Nispeten düşük kaynama noktasına sahiptirler,
- Nispeten yüksek ısıl kapasiteye sahiptirler,
- Güvenli akışkanlardır,
- Korozyif ve zehirli değildirler.

ABD-Kaliforniya’da bulunan Amedee jeotermal güç santrali bir binary tipi jeotermal enerji santralidir. Burada, 103°C sıcaklığındaki ve 205 kg/s debideki jeotermal akışkan ile 1,6MWe güç üretilmektedir [28, 30].

- **Kombine tek püskürtmeli – binary (ikincil) çevrimi;**

Kombine tek püskürtmeli-binary çevriminde ayrıştırıcıdan çıkan jeotermal akışkan bir ısı değiştiricisinden geçirilerek aynen binary çevriminde olduğu gibi uygun bir çevrim akışkanını buharlaştırmak için kullanılır. Böylece jeotermal akışkanın enerjisinden daha çok yararlanılması söz konusudur. Bu çevrim, çift püskürtmeli çevrimin bir alternatifi olarak ortaya atılmıştır. Şekil 3.9’de kombine tek püskürtmeli-binary çevrimi için basitleştirilmiş akış diyagramı verilmiştir.



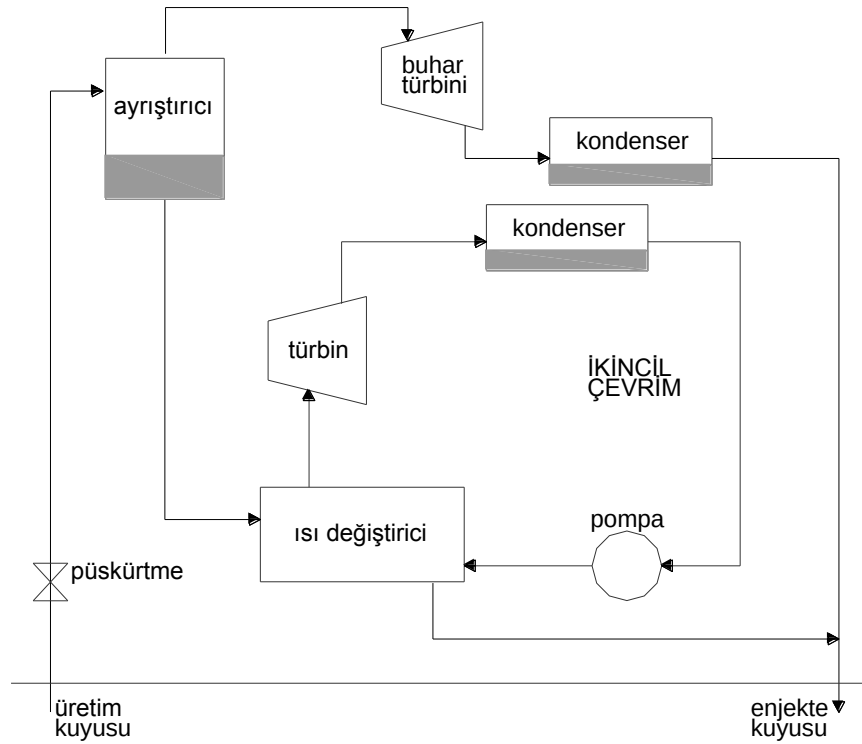
Şekil 3.9. Kombine tek püskürtmeli-binary çevrim jeotermal elektrik santrali akış şeması [28, 32].

Ayrıştırıcıdan ayrılan jeotermal sıvının çözünmüş madde içeriği çok fazla ise, bu tip akışkanların daha düşük basınçlarda püskürtülmesi, beraberinde kabuklaşma problemini getireceğinden dolayı uygun olamamaktadır. Bu durumda tek püskürtmeli sisteme, ikinci püskürtme yerine binary sisteminin ilave edilmesi daha uygun olmaktadır. Ayrıca çift püskürtmeli sisteme göre, kombine sistemin yapım ve işletim masrafları daha düşüktür. Literatürde, kombine tek püskürtmeli–binary jeotermal güç santrali olarak verilebilecek bir örneğe rastlanamamıştır [28, 32].

- **Bileşik püskürtmeli binary (ikincil) çevrim;**

Jeotermal elektrik üretiminde özellikle son 10 yılda popüler olmaya başlayan yeni bir çevrim birleşik püskürtmeli-ikincil çevrimdir. Bu çevrim hem püskürtmeli hem ikincil çevrimlerin avantajlarından aynı anda yararlanmayı amaçlar. Bu çevrim yüksek sıcaklıktaki jeotermal kaynaklar için uygundur ve bu özelliğiyle çift püskürtmeli çevrimlere bir alternatif oluşturur. Jeotermal akışkan püskürtme havuzunda püskürtüldükten sonra elde edilen buhar bir buhar türbininden geçer ve elektrik elde edilir. Kondenserde yoğunlaştırılan jeotermal akışkan tekrar yer altına enjekte edilir. Püskürtme havuzundan çıkan jeotermal sıvı ikincil çevrimin ısı değiştiricisinden geçerek ısı enerjisini ikincil akışkana transfer eder ve yer altına enjekte edilir.

İkincil akışkan ikincil çevrimin türbininden geçerek elektrik elde edilir ve ikincil çevrim tamamlanır.



Şekil 3.10. Bileşik püskürtmeli–binary çevrim jeotermal elektrik santrali akış şeması [28, 35].

Sekil 3.10’da bileşik püskürtmeli–binary çevrim jeotermal elektrik santralinin akış seması gösterilmektedir. Birleşik çevrimde jeotermal buharın ve ikincil akışkanın geçtiği iki ayrı türbin vardır. Benzer jeotermal kaynakları kullanan çift püskürtmeli ve birleşik püskürtmeli/ikincil çevrimler karşılaştırıldığında birleşik çevrimden daha fazla elektrik üretilebildiği; çift püskürtmeli çevrimin ise yapım ve işletme masraflarının daha düşük olduğu görülür. Ayrıca sistemde jeotermal akışkan proses boyunca sıvı fazda kalmakta ve böylece kabuklaşma sorunları ortadan kalkmaktadır.

Benzer bir karşılaştırma tek püskürtmeli ve ikincil çevrim için de geçerlidir. Belli bir jeotermal kaynaktan elektrik üretilmesi planlanıyorsa, en uygun çevrimin seçimi detaylı bir termodinamik ve ekonomik analiz sonucunda yapılabilir.

Stillwater-Kuzey Nevada (ABD)'da bu prosese göre çalışan bir çift kademeli binary jeotermal güç santrali bulunmaktadır. Bu santralde Şekil 4.8'de görülen üniteden 7 tane özdeş ünite vardır. Santral 12,4 MWe'lik net güç üretim kapasitesine sahiptir. Binary çevriminde jeotermal akışkan olarak izopentan kullanılmaktadır. Santralin kondenseri hava soğutmalı bir kondenserdir [28, 33,37].

- **Kalina çevrimi;**

Kalina çevrimi Dr. Alexander Kalina tarafından tasarlanmış bir çeşit binary çevrimdir. Bu çevrimin diğer binary çevrimlerinden farkı, jeotermal akışkan olarak amonyak-su karışımı kullanılmasıdır. Çevrimin amacı düşük ve orta entalpili jeotermal kaynaklardan daha verimli elektrik üretmektir. Çevrimin temel elemanları; buhar türbini, jeneratör, buharlaştırıcı, ayırıştırıcı, yoğunlaştırıcı, reküperatör ve pompadır. Jeotermal akışkan olarak amonyak-su karışımı kullanılmaktadır. Çevrimin kazançları, buharlaştırıcıdaki ısı değişimi prosesinden ve yoğunlaştırıcıdaki ısı deşarjı prosesinden gelmektedir. Ayrıca reküperatörler sebebiyle ilave ısı kazancı da sağlanır. Bu avantajların hepsi, jeotermal akışkan olarak kullanılan amonyak-su karışımının değişken buharlaşma ve yoğunlaşma sıcaklığına sahip olmasından dolayı meydana gelmektedir [28, 38].

Kalina çevriminde üretilen güç miktarları diğer güç çevrimlerindeki güç miktarlarından biraz fazladır. Bu verim artışının sebepleri Kalina çevrimindeki buharlaşma, yoğunlaşma ve reküperasyon prosesleri sebebiyledir.

Jeotermal akışkanın enerjisi bir termik makinede doğrudan faydalı enerjiye dönüşmüyorsa yapılacak en uygun şey, jeotermal akışkanın ısı değişim eğrisine en çok uyan bir is akışkanı seçmektir. Bu özelliğe uyan en iyi akışkan amonyak-su karışımıdır. Jeotermal akışkandan enerji alındığında, jeotermal akışkanın sıcaklığı lineer olarak azalır. Diğer bir ifade ile sıcaklık belirli bir aralıkta değişkendir. Bilindiği gibi saf su diğer tüm akışkanlar gibi sabit bir sıcaklıkta buharlaşır. Oysa amonyak-su karışımı değişken sıcaklıklarda buharlaşmaktadır.

Kalina çevriminde ikinci akışkan olarak amonyak-su karışımının seçilmesinin sebeplerinden birisi, bu karışımın buharlaşma sırasındaki sıcaklık değişim eğrisi ile jeotermal akışkanın ısı verme sırasındaki sıcaklık azalma eğrisinin birbiriyle çok yakın aralıkta olmasıdır. Bu yakınlık enerji dönüşümündeki verimliliğin temel sebeplerinden birisidir. Ayrıca buharlaştırıcıda amonyak-su karışımının sadece % 75'inin buharlaştığı görülmektedir. Bu kısmi buharlaşma, iki akışkan eğrisi arasındaki alanın azalmasına da yardım eder ve santral verimini artırır [28, 32].

Bu çevrimde, amonyak-su karışımının yoğunlaşma prosesi değişken bir sıcaklıkta olurken, saf Organik Rankin Çevrimi (ORC) akışkanının yoğunlaşma prosesi sabit sıcaklıkta olmaktadır. Amonyak-su karışımı yoğunlaşma prosesinin değişken sıcaklıkta olması sebebiyle, ters akışlı bir yoğunlaştırıcıda, bu karışımın çıkış sıcaklığı, soğutucu akışkanın çıkış sıcaklığından daha düşük olabilir. Bu durum, daha düşük türbin çıkış

edilen etkili bir ısı transferi ile is akışkanının % 75'i buharlaşır (ağırlıkça % 75 buhar, % 25 sıvı). Bu çift fazlı akışkan, buhar ile sıvı kısımlarının ayrıştırıldığı yer olan ayrıştırıcıya gönderilir. Ayrıştırma sonucunda sıvı akışkan amonyakça zayıf, buhar ise amonyakça zengindir. Ayrıştırıcıdan çıkan amonyakça zengin yüksek basınçlı buhar, türbinde genişlererek düşük basınç ve sıcaklıkta türbinden çıkar [28, 38].

Ayrıştırıcıdan çıkan düşük amonyak konsantrasyonlu sıvı akışkan, sahip olduğu ısıenerjisini yüksek sıcaklık reküperatöründe, buharlaştırıcıya girecek olan ana akışkana vererek ön ısıtmada kullanılır. Yüksek sıcaklık reküperatöründen çıkan sıvı akışkan, daha sonra düşük sıcaklık reküperatörüne gönderilerek burada türbinden çıkan amonyakça zengin çürük buhar ile karıştırılır. Karışmayı sağlamak için sıvı akışkan buhar üzerine gönderilir. Böylece başlangıçtaki amonyak-su karışımı tekrar elde edilir.

İki fazlı durumda olan is akışkanı, sahip olduğu gizli ve duyulur ısının bir kısmını burada ana akışkana transfer ederek bir miktar daha soğur. Bu soğuma ile türbinden çıkan buharın bir kısmı daha yoğunlaşır. Düşük sıcaklık reküperatöründen çıkan sıvı akışkan bir drenaj tankına pompalanırken, kalan buhar ise doğrudan kondensere gönderilir. Bu noktada buhar amonyakça zengin, sıvı ise amonyakça zayıftır fakat her ikisinin sıcaklıkları ise aynı değerdedir.

Drenaj tankından gelen sıvı akışkan yoğunlaştırucuda buhar üzerine gönderilir. Amonyakça zengin buhar üzerine gönderilen bu amonyakça zayıf sıvı, absorpsiyon prosesi ile buharın tamamen yoğunlaşmasını sağlar. Böylece doymuş sıvı şartlarındaki amonyak-su karışımı tekrar elde edilerek çevrim tamamlanmış olur [28, 32].

3.2.2. Çevrimlerin Verimi ve Geliştirilme Potansiyelleri

Üretilen net gücün kaynaktaki veya kuyu basındaki jeotermal akışkanın enerjisine oranı olarak tanımlanan buhar çevrimlerinin ısı verimleri % 10 ile % 17 arasında değişir. Bu yüzdelerin düşük olmasının nedeni jeotermal kaynakların düşük sıcaklıkta olmasıdır. Aynı şekilde tanımlanan ikincil santrallerin ısı verimleri % 2,8 ile % 5,5 arasında değişir [28, 36].

Bu yüzdelerin daha da düşük olmalarının nedeni ikincil santrallerin daha düşük sıcaklıkta jeotermal kaynakları kullanmalarıdır. Ayrıca ikincil santrallerin çoğu için soğutma ortamı olarak sadece hava mevcuttur ve bu nedenle kondenser sıcaklığı özellikle yaz aylarında yüksektir. Bu durum ısı veriminin düşük olmasına neden olur. Alternatif olarak ikincil santraller için üretilen net gücün ikincil akışkana transfer edilen ısıya oranı olarak bir dönüşüm verimi tanımlanabilir.

Aslında tanımlanan Rankine çevriminin ısı verimidir. Dönüşüm verimi % 6 ile % 12 arasında değişir. Yani bir ikincil santral kullanılan jeotermal enerjinin sadece % 6 ile % 12'sini elektriğe dönüştürürken geriye kalan % 88 ile % 94'ünü atmosfere atık ısı olarak atar.

Dünyada olan jeotermal elektrik santrallerinin çoğu 1970 ve 1980'lerde özellikle 1973 petrol krizinden sonra yapılmıştır. Bu tarihten sonra yaşanan petrol krizinin de

etkisiyle alternatif enerji kaynaklarından olan jeotermal enerjiden elektrik üretimi yaygınlaşmaya başlamıştır.

Birleşik püskürtmeli-ikincil çevrimler ancak son on yılda pratiğe sunulabilmiştir. Yeni jeotermal elektrik santrallerinin tasarımı yeni ve ileri teknolojiler kullanılarak yapılmaktadır. Bununla beraber, eskiden yapılmış jeotermal elektrik santrallerinde bugünkü teknolojilerin kullanılmasıyla yapılacak değişiklikler, bu santrallerin performanslarını % 50'ye varan oranlarda arttırabilir. Bu değişiklikler arasında santral için farklı bir çevrimin seçilmesi, çevrimin çalışma şartlarının optimizasyonu, ikincil çevrimlerde ikincil akışkanın değiştirilmesi ve kojenerasyon (birleşik ısı-elektrik üretimi) uygulanması sayılabilir [28].

3.3.Türkiye’de Jeotermal Enerji Uygulamaları

Türkiye, jeotermal enerji potansiyeli açısından dünyanın şanslı ülkelerinden biri sayılabilir. Yapılan araştırmalar sonucunda, ülkemizde 600 den fazla sıcak su kaynağı olduğu belirlenmiştir. MTA’ nın verilerine göre, saptanan rezerv 1045 Mwt’dır. Bu miktarda 1×10^6 ton/yıl petrole eşdeğerdir. Kızıldere sahasında elektrik enerjisinin üretiminden sonra bırakılan atık sudaki enerji 6×10^5 varil/yıl petrol eşdeğer olarak hesaplanmıştır. Diğer taraftan yine MTA’ nın verilerine göre, Türkiye’ nin olası jeotermal potansiyeli 31500 Mwt’dır [13].

Tablo 3.3. Türkiye’ deki mevcut (Ocak 2006) jeotermal kullanım kategorileri [15]

DEĞERLENDİRME	KAPASİTE
JEOTERMAL MERKEZİ ISITMA (ŞEHİR,KONUT,TERMAL TESİS,SERA V.B.)	103 BİN KONUT EŞDEĞERİ (827MWt)
(Dokuz Eylül Üniversitesi kampüsü (3000 konut eşdeğeri) + Balçova ve Narlıdere Jeotermal Merkezi ısıtma sistemi toplam 16002 konut, Gönen 3400 Konut, Kırşehir 1900 Konut, Kızılcahamam 2500 Konut, Afyon 4500 Konut, Kozaklı 1200 Konut, Sandıklı 3600/5000 Konut, Diyarın 150/400 Konut, Salihli 4100/24000 Konut, Sarayköy 1500 konut, Edremit 2000/7500 konut, Bigadiç 1500/3000 konut, Sarıkaya 10/2000 konut kapasiteli jeotermal merkezi ısıtma sistemine ilave termal tesis ve 635 dönüm sera ısıtması(Şanlıurfa, Dikili, Balçova vb.)	
TERMAL TURİZM KAPLICA KULLANIMI	215 KAPLICA (402MWt)(Yılda 10 Milyon Kişi)
TOPLAM ISI KULLANIMI	1229MWt (900.000 ton/yıl petrol (kalorifer yakıtı) karşılığı 1 Milyar TL/yıl, 2006 itibarıyla)
ELEKTRİK ÜRETİMİ	1. 20 MWe (Denizli-Kızıldere)işletiliyor 2. 25/40/(100) MWe kapasiteli Germencik Jeotermal Elektrik Santrali yatırımının çalışmaları devam etmektedir(Hedef 100 MWe’ dir. 3. Aydın Salavatlı da 167 °C ile yaklaşık 8 MWe Binary Cycle santrali kurulmaktadır. 4. Kızıldere Jeotermal Santralinin atığı olan 140 °C’ lik jeotermal sudan 6,85 MWe kapasiteli jeotermal santrali lisans almıştır. 5. Çanakkale-Tuzla jeotermal alanında 7,5 MWe kapasiteli bir jeotermal santral üretim lisansı almıştır. 6. 10 MWe Simav Jeotermal Elektrik Üretim Santrali proje aşamasındadır.
KARBONDİOKSİT ÜRETİMİ	120 BİN Ton/yıl

1960'lı yılların ortasında UNDP ve MTA' nın ortak projesi olarak geliştirilen Kızıldere Jeotermal sahasında bugün bir elektrik santrali bulunmaktadır. 1970' li yıllarda MTA Jeotermal kaynaklar konusundaki aramalarına yalnız devam ederek, başta Germencik olmak üzere birçok hidrotermal kaynağı ortaya çıkarmıştır [13].

1981 yılında İzmir-Balçova jeotermal alanında kuyu içi eşanjörünün Türkiye' de ilk uygulaması sonucu otel-motel-tv salonu vb. yerler (250 oda muadili) 1994' den beri işletilmektedir(5.1 Mwt).

Dokuzeylül Üniversitesi kampüsü Tıp Fakültesi, hastane ve Fakülte binaları (yaklaşık 90000 m³ hacmindeki) 2.2 Mwt kapasitesi ile 1993 yılından bu yana Balçova Jeotermal Alanı' ndan ısıtılmaktadır. Yatırım kendisini fuel-oil' e göre 6 ayda geri ödemiştir.

Rize Ayder' de 1700 m yükseklikteki kür merkezi ve kaplıca tesisi 54 °C jeotermal su ile ısıtılmaktadır.

Haymana' daki iki adet camii 43 °C jeotermal su ile tabandan ısıtılmaktadır. Toplam 6000 kcal/h kapasiteli sistemler, Aralık 1989' da devreye alınmıştır.

1994 Mart ayı başında devreye alınmış olan Kırşehir Jeotermal Merkezi Isıtma sisteminde şu anda 1800 konut jeotermal enerji ile ısıtılmaktadır.

Türkiye' de işletmeye alınmış jeotermal merkezi ısıtma sistemlerinin (159,67 Mwt, 23.000 konut eşdeğeri), inşaat halinde olan jeotermal sistemleri (124,70 Mwt, 17.800 konut eşdeğeri), fizibilite çalışmaları tamamlanmış olan projeleri (563,46 Mwt, 80.500 konut eşdeğeri) ve 1420 Mwt olan mevcut kaynak ve kuyuların kapasitelerini bir araya getirdiğimizde, Türkiye' nin görülebilir mevcut jeotermal kapasitesinin 22.268 Mwt olarak bulunmaktadır [18].

Tablo 3.4. Türkiye’de Jeotermal Üretim Değerleri (Miktar olarak) [15]

	Yıllar							Yıllık Artışlar(%)					
Kurulu Güç	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Jeotermal Elektrik (GWh)	90	90	90	90	90	94	94	-	-	-	-	4,4	-
Jeotermal Isıtma (MW _t , kurulu güç) (Konut, Termal Turizm(kaplıca), Sera Isıtması vb.)	820	820	820	820	992	1077	1229	-	-	-	20,1	8,5	14,1

Tablo 3.5. Türkiye’de Jeotermal Üretim Değerleri (Değer olarak) [15]

	Yıllar (Kalorifer yakıtı (fuel oil No:4) eşdeğeri Milyon TL.							Yıllık Artışlar(%)					
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Jeotermal Elektrik	4,24	6,5	13,6	19	24,8	21,1	30,6	53,3	209,2	39,7	30,5	-17,5	45
Jeotermal Isıtma (MW't, kurulu güç) (Konut, Termal Turizm (kaplıca), Sera Isıtması vb.)	85	129,7	271,3	378,3	601	762	1000	52,5	209,2	39,4	58,9	26,8	31
	Yıllar Fuel oil (fuel oil No:6) eşdeğeri Milyon TL.							Yıllık Artışlar(%)					
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Jeotermal Elektrik	2,4	3,4	8,1	10,2	11,95	11	17,2	4,1	238,2	25,9	17,1	-8,6	56,4
Jeotermal Isıtma (MW't, kurulu güç) (Konut, Termal Turizm (kaplıca), Sera Isıtması vb.)	Jeotermal ısıtmada fuel-oil no:6 kullanılmadığı için fuel-oil eşdeğeri maliyetler hesaplanmamıştır.												

4.BURSA KAYNARCA-SICAK SU BÖLGESİNDE TASARLANAN KONUT ÖRNEĞİ ÜZERİNDE JEOTERMAL ENERJİ KULLANIMININ İNCELENMESİ

Bilindiği gibi, enerji etkin binalar enerji verimliliğini artırmak üzere binanın enerji harcamalarının otomatik olarak binanın kendisiyle ve ek sistemlerle kontrol edildiği sistemlerdir. Dolayısıyla binanın en önemli görevi, kullanıcı konforundan ödün vermeden binanın enerji harcamalarının en az düzeyde olmasını sağlamaktır. Bütün dünyada olduğu gibi ülkemizde de toplam enerjinin çok önemli bir oranı binalarda kullanıcı konforunu sağlamak üzere ısıtma, klima, havalandırma ve aydınlatma amaçlı kullanılmaktadır. Dünyada binalarda kullanılan enerjinin toplam enerji içerisindeki payı %45-50'e kadar çıkabilmektedir. Bu durum binalarda enerji tasarrufunun ve yönetiminin ne kadar önemli olduğunun göstergesidir [40,49].

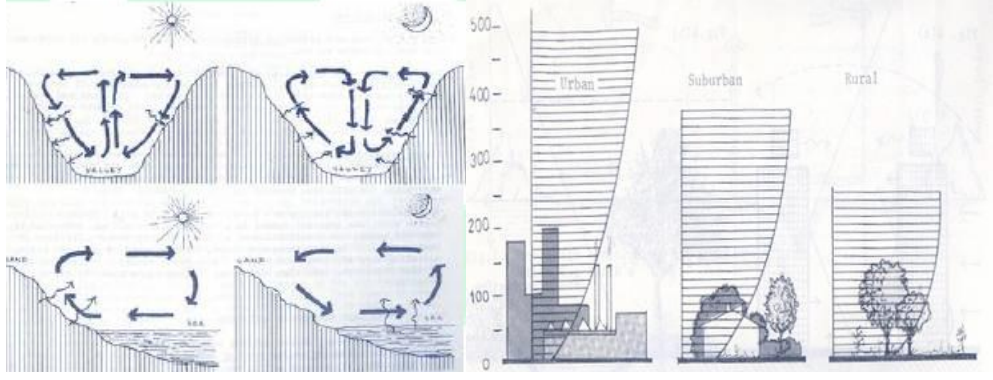
Örnek bina, Bursa ilinde villa tipinde konut olarak tasarlanmıştır. Tasarlanan yapı, modern mimari tarzla şehrin genel mimarisinde kullanılan malzemeler tercih edilerek yenilenebilir enerji kaynaklarından jeotermal enerjiyi maksimum verimle kullanan çevreye duyarlı enerji etkin bir tasarım anlayışı ortak paydasında şekillenmiştir. Sürdürülebilir gelişmenin dört ana koşulu olan insan, çevre, enerji ve ekonomi göz önüne alınmış ve bu dört ögenin kesişim noktasında yaklaşımlar ortaya konulmuştur. Ön tasarım aşamasından başlayarak makine, inşaat, elektrik-elektronik, çevre mühendisliği ve mimarlık gibi farklı disiplinlerin işbirliğine büyük önem gösterilerek yapı her anlamda bir bütün olarak tasarlanmıştır. Binada yalıtım, yağmur suyu toplama sistemi, enerji depolama sistemleri, doğal havalandırma, aşırı güneş ışınlamını önlemek için aktif ve pasif sistemler kullanılmıştır.

4.1. Enerji Etkin Binalar Tasarım Kriterleri

Binalarda ısıtma ve soğutma enerji harcamaları büyük bir yüzdeyi oluşturduğundan, binaların enerji etkin tasarlanmasının enerji harcamalarını azaltacağı çok açıktır. Binaların enerji etkin tasarlanabilmesinde en etkili yol, başlangıç aşamasında binaların enerji etkin sistemler olarak tasarlanmasıdır. Tasarım aşamasında alınan doğru kararlarla kullanıcılara sağlıklı, sürdürülebilir ve konfor koşullarını minimum enerji harcamaları ile gerçekleştiren mekanlar sağlamak mümkündür [41].

Enerji etkin bina tasarımında dikkat edilmesi gereken başlıca tasarım parametreleri aşağıdaki gibi sıralanabilir;

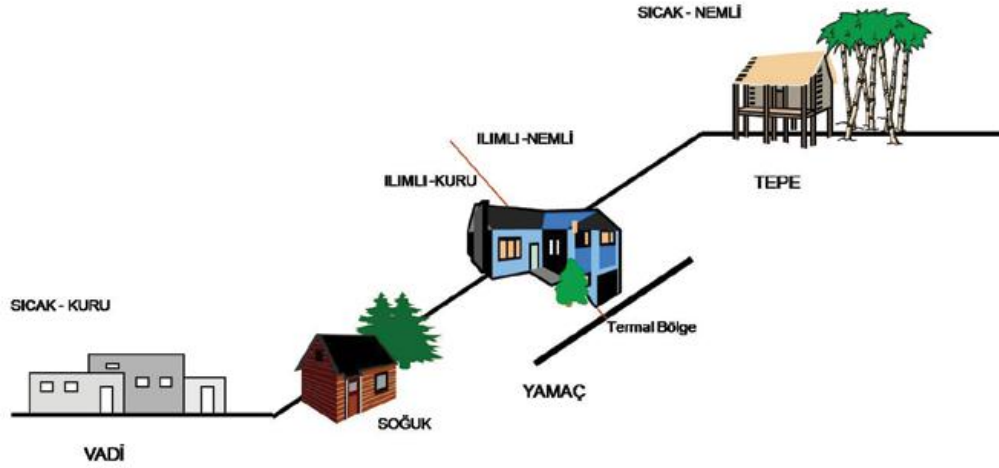
- **Binanın yeri;** enerji harcamalarını etkileyen güneş ışınlamı, hava sıcaklığı, hava hareketi ve nem gibi iklim elemanlarının değerlerinin bilinmesi için önemli olduğu kadar, binanın enerji etkinliğinde çok önemli rol oynayan mikro-klima koşullarının da belirleyicisidir. Şekil 4.1' de görüldüğü gibi, binanın çevresindeki öğeler bina etrafındaki mikro-klimayı etkileyen önemli faktörlerdir [40,42].



Şekil 4.1. Arazi topografyası ve yerleşme yoğunluğuna bağlı olarak hava hareketinin değişimi [40].

İstenmeyen iklim koşullarıyla karşılaşıldığında, en uygun yerleşim tasarımı ile problemler çözülebilmektedir. Yerleşim unsurlarının aşağıdakileri içerdiği varsayılır;

- Arazi bilgisi: Eğimler, vadiler, tepeler ve bunların yüzey şartları
- Bitki örtüsü: Bitki türleri, dokusu, kütleleri
- Bina biçimleri: Çevredeki binalar ve yapılar
- Su: Soğutma etkisi, yer altı suları [43].



Şekil 4.2. Farklı iklim bölgeleri için uygun arazi parçaları [40].

Güneş ışınımının ısısal etkisinden en üst düzeyde faydalanmak amacıyla soğuk ve ılımlı iklim bölgelerinde güneye eğimli yamaçlara, sıcak nemli iklim bölgesinde rüzgardan en üst düzeyde faydalanabilmek için tepelere ve sıcak kuru iklim bölgelerinde ise vadi hava hareketinden en üst düzeyde faydalanabilmek için vadi tabanına yerleşmek bina performansını artırır.

- **Binanın planı ve işlev şeması;** Bina biçimi ve hacim organizasyonu binanın ısı ve enerji performansını etkileyen önemli bir parametredir.

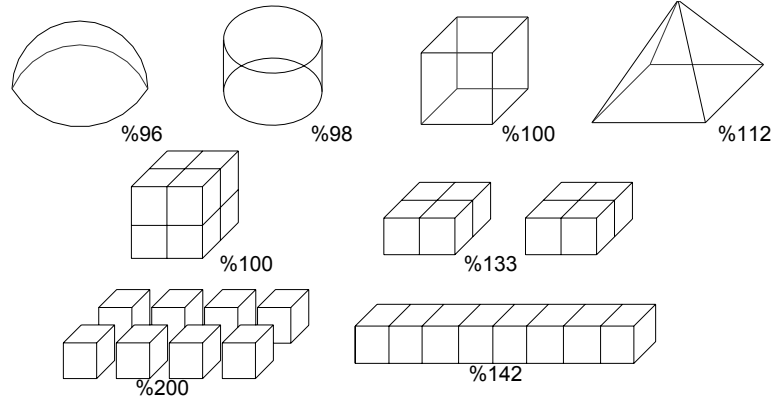
Kaynak korunumu için, iç mekânlar verimli kullanılarak mümkün olduğu kadar küçük, ancak kullanıcı ihtiyaçlarını karşılayabilecek büyüklükte tasarlanmalı, binanın daha küçük ölçülerde kalması sağlanmalıdır. Bu da yapımda daha az malzeme kullanılması yoluyla kaynak korunumu sağladığı gibi, kullanım aşamasında da gerekli konfor koşullarının daha küçük hacimlerde, daha az enerjiyle, daha kolay elde edilmesini sağlamaktadır.

Bina tasarımında, ısınma gereksinimi çok olan alanlarla dış ortam arasına ısınma gereksinimi az olan tampon olabilecek mekânlar (depolar, ıslak hacimler vb.) getirilerek ısı kayıpları azaltılabilir. Isıtma ihtiyacının fazla olduğu mekanlar, binanın güney, güneydoğu ve güneybatı yönleri, banyo, wc, kiler, hol gibi hacimler ise, ısıl tampon bölgeler oluşturacak şekilde kuzeyli yönlerle yerleştirilmesi, mekanların etkili bir doğal havalandırma için karşılıklı yer almaları gibi çözümler yapıların ısıtma, soğutma/havalandırma enerji yüklerini azaltarak enerji etkinliği gibi önemli bir özellik sağlamaktadır [44].

Mimari ve peyzaj tasarımları birbirlerine uyum sağlamalıdır. Ağaçlar bir tente gibi gölge sağlayarak soğutma maliyetini azaltıp konforu artırabilirler [43].

- **Binanın formu;** Bina enerji korunumu açısından sıcak günlerde en az ısı kazancı, soğuk günlerde ise en fazla ısı kazancı sağlayacak şekilde biçimlendirilmelidir. Kare, dikdörtgen gibi plan tipleri bina dış kabuğunun yüzeyinin azalmasını sağlamakta, bu da dış kabuk yoluyla ısı kayıp ve kazançlarını en az seviyeye indirmektedir.

Bina formu plandaki bina uzunluğunun bina derinliğine oranı, bina yüksekliği, çatı türü, eğimi, cephe eğimi ve çıkıntıları gibi binayı oluşturan geometrik değişkenler aracılığıyla tanımlanabilir. Binaların ısı kaybı-kazancı, mekanı oluşturan yüzeylerin hacme olan oranlarına bağlı olarak artar veya azalır. Aynı hacme sahip farklı geometrik formların yüzey alanlarının düşükten yükseğe doğru sıralanışı; küre, silindir, küp ve dikdörtgen prizmasıdır [45].



Şekil 4.3. Yapı formu yüzey ilişkisi [46].

Tasarımda plan şemasındaki fazla hareketli dış konturlar bina yüzeyinin gereksiz olarak büyümesine sebep olur. Bu da soğuk iklim bölgeleri için ısıtma enerjisinin artması demektir.

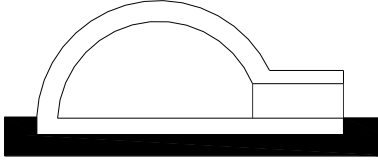
Kuzey güney aksında yönelen tüm formlar kış ve yaz koşullarında geniş doğu ve batı cephesi vermelerinden dolayı tercih edilmemelidir [45].



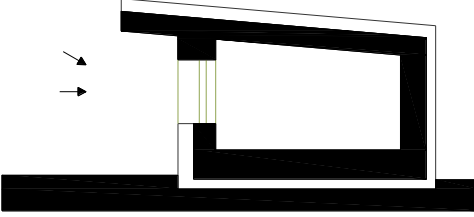
Şekil 4.4. (a) Kuzey güney aksında yönelen formlar; (b) Batı doğu aksında yönelen formlar

Soğuk ya da sıcak-kuru iklim bölgelerinde kompakt yani yüzey alanı azaltılmış formlar diğerlerine nazaran daha az dış yüzeye sahip olduğundan, ısı kayıp ve kazançlarının kontrolünde önemli avantajlar sağlamaktadır.

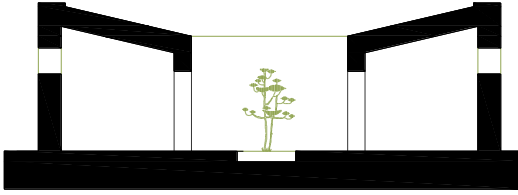
Kare taban alanı ve aynı hacim miktarının farklı kütle oranlarına sahip binanın göreceli ısı kayıpları incelendiğinde (küp %100 alınmıştır.) binaların boyları yükseldikçe ısı kayıplarının arttığı gözlemlenebilir. İdeale en yakın çözümde yükseklik ve derinlik oranı 1/4' tür [45].



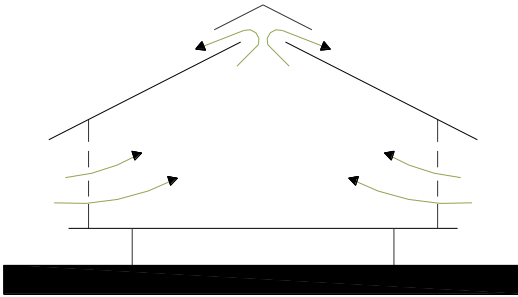
Soğuk iklim bölgesi minimum yüzey
Yüksek ısı tutuculu



Ilımlı iklim bölgesi pasif güneş
enerjisi kullanımı optimal ısı
kontrolü en sıcak devrede güneş
kontrolü



Sıcak Kuru iklim bölgesi kapalı
havuzlu iç avlu
Isı depolayan yapı elemanları dış
cephede küçük pencereler içeride
gölgeli büyük boşluklar



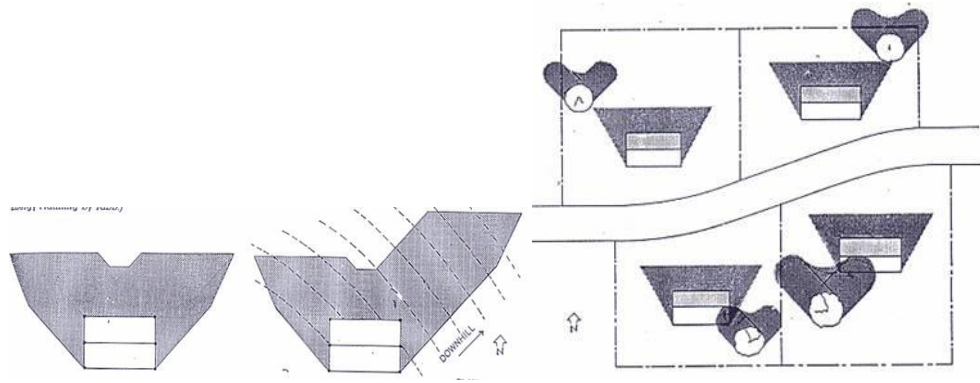
Sıcak Nemli iklim bölgesi hafif yapı
elemanları(ısı tutucu ve depolayıcı
olmayan)
Yükseltilmiş yapı
Öne çıkartılmış güneş ve yağış
kontrolü

Şekil 4.5. Değişik iklim bölgelerindeki uygun bina biçimleri ve tasarım kriterleri şematik gösterilişi [40].

- **Binanın diğer binalara olan mesafesi;** Binanın konumlandırılış durumu, diğer binalar ve engeller ile arasındaki mesafe, binayı etkileyen güneş ışınımı miktarını ve bina etrafındaki hava akışı hızını ve tipini belirleyen en önemli tasarım değişkenlerinden biridir [40,49].

Güneş ışınımından maksimum yarar sağlayabilmek için bina aralıkları, komşu binaların en uzun gölge boyuyla orantılı olarak eşit ya da büyük olmalıdır [41,47]. Binalar en az 4 saat direk güneş ışınımı alacak şekilde komşu binaların gölgelediği alanın dışında kalmaktadır.

Bina aralıkları boyutlandırılırken güneşin doğuş ve batış saatleri dışında kalan ara saatler arazi eğimi, yönü ve yerleşme yoğunluğu açısından dikkate alınmalıdır [45].



Şekil 4.6. Binanın çevresinde gün içerisinde oluşan gölgeli alanlar [40].

- **Binanın yönü;** Bina aralıkları gibi binanın yönü de cephelerin doğrudan güneş ışınımından yararlanma oranını, dolayısıyla toplam güneş enerjisinden kazancını etkileyen en önemli tasarım parametrelerinden birisidir. Bunun yanı sıra binaların yönü rüzgar alma durumunu, dolayısıyla doğal havalandırma olanağını ve binanın taşınım ve hava sızıntısı ile ısı kaybı miktarını da etkiler. O nedenle binanın bulunduğu iklim bölgesinin biyo-klimatik ihtiyaçlarına göre binalar güneş ve rüzgardan gerektiğinde yararlanacak gerektiğinde korunacak şekilde yönlendirilmeli ve mekan organizasyonu yönlendirme kriterine göre yapılmalıdır [40].

Binaların planlamasında ele alınması gereken önemli noktalar, “havalandırma” ve “gün ışığıdır”. Pasif güneş ışığından yararlanabilmek için çatılar doğu-batı yönünde konumlandırılmalı, yapının en geniş cephesi güneye yönlendirilmelidir. Kuzeye yönelmiş bir yapı, güneye yönlendirilmiş bir yapıya oranla yüzde 30 daha fazla enerji tüketir. Tam güneye yönlendirmenin mümkün olmadığı durumlarda, güneye 20° ye kadar bir açı uygun olabilir.

Güney cephesindeki cam alan ise, cephe alanının minimum yüzde 40’ını, maksimum yüzde 60’ını oluşturmali [8,49].

Bina en uygun şekilde yönlendirilerek güneşten ısıtma, hâkim rüzgârdan da soğutma ve havalandırma amaçlı yararlanmak mümkündür. Bu şekilde konfor koşulları büyük oranda doğal yollarla sağlanmış ve ek enerji kullanımı azaltılmış olacaktır. Yönlendirmede temel ilke, güneş kazancının kışın en yüksek, yazın ise en düşük düzeyde olmasını sağlamaktır [44].

- **Binada kullanılan malzemeler;** Binada kullanılan malzeme bina performansı, enerji harcaması ve bina yapısının termal tepkisi yönünden önemli etkiye sahiptir. Binalarda kullanılan malzemeler aşağıdaki şekilde irdelenebilir:
 - Enerji etkin malzeme seçilmesi; Yapı malzemesinin enerji etkin olabilmesi için kendi yaşam döngüsünü oluşturan her aşamada enerjiyi az ve verimli kullanması gerekmektedir. Hammaddesinin doğadan elde edilışinden başlayıp, üretilmesi, taşınması, kullanımı ve yok edildikleri aşamaya kadar süren bütün aşamalarda, enerjiyi etkin yapı malzemelerinin tercih edilmesi, yapılara enerji etkinliği sağlamaktadır.
 - Yerel malzeme kullanılması; Hammaddenin üretim yerine, malzemelerin de bina alanına taşınması sırasında ortaya çıkan çevre sorunlarının önlenmesi, taşıma enerjisinin azaltılması, ürünün kayıp vermeden taşınması, kirlletici atıkların oluşumunun engellenmesi için yerel ürünlerin kullanımı taşıma mesafesini kısalttığı için çevresel bir davranış olmaktadır.
 - Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması; Yenilenebilir enerji kaynakları dünya üzerindeki bütün canlılarca kullanılabilen ve sürekli yenilenmesi sayesinde tükenmediği kabul edilen enerji kaynaklarıdır. Binalarda yenilenebilir enerji kullanımı, pasif ve aktif yöntemlerle güneş ve rüzgâr enerjisi kullanımı, toprak ve sıcak su kaynaklı jeotermal enerji kullanımı, hidrojen ve biokütle enerjisi kullanımı şeklinde olmaktadır.
 - Hızla yenilenebilir kaynaklardan elde edilen malzemelerin kullanılması; Binalarda kullanılan ahşap, bambu, saz, saman, çavdar sapı, ayçiçeği sapı, mantar gibi bitkisel kaynaklı malzemeler hızla yenilenebilir kaynaklardan elde edilen doğal malzemelerdir. Bu malzemeler hem daha az enerji ve işçilikle işlenebilirler hem de yerel olarak temin edilme olanakları fazladır.
 - Geri kazanılabilir malzemelerin kullanılması; Bina da kullanılan malzeme ve elemanların çeşitli nedenlerle kullanımları sona erdikten sonra, geri dönüştürülebilmeleri için sökülme, toplama, gruplama ve yeni bir ürün elde edilmesi gibi yeni işlemler gerekse de, bunların tekrar kullanılması çok fazla çevresel yarar sağlayacaktır. Çünkü bir binanın geri kazanılabilir malzemelerden oluşması ona, kaynak etkinliği, enerji etkinliği, kirlilikleri azaltması gibi çok önemli çevresel özellikler katmaktadır.

- Dayanıklı yapı ürünlerinin ve malzemelerinin kullanılması; Binalarda dayanıklı malzemelerin kullanılması, onu çeşitli etkenlere karşı daha dirençli ve uzun ömürlü hale getirmektedir. Bu ise, bozulma ve eskimeden dolayı malzeme yenileme gereksinimini geciktireceği veya ortadan kaldıracağı için o binaya kaynak etkinliği sağlamaktadır. Uzun süre kullanılacağı ve atık haline gelişi uzun bir zaman alacağı için kirlilikleri de azaltmaktadır. Dayanıklı bir yapı aynı zamanda kullanım süresince daha az bakım onarım gerektirmekte, bu şekilde malzeme ve işçilikten tasarruf edilmektedir.
- Geri kazanılabilir yapı malzemelerinin ve bileşenlerinin yeniden kullanılması; Binanın ömrünü tamamlaması veya işlev değiştirmesi sırasında kullanım ömrünü tamamlamış yapı malzemeleri ve elemanlarının fazla zarar vermeden kullanıldıkları yerden sökülüp çok az bir işlem uygulayarak tekrar başka bir yapıda kullanılmasıyla doğal kaynaklar korunmuş ve arazi doldurma üzerindeki baskılar azaltılmış olur. Bu amaçla yapılarda kolaylıkla sökülebilen ve yeniden kullanılabilen malzemelerin seçilmesi o yapıya ekolojik bir özellik kazandırmaktadır [44].
- **Bina kabuğu;** bina içi çevreyi, bina dışı çevreden ayıran, yatay, düşey ve eğimli tüm yapı bileşenlerinin oluşturduğu yapı ögesi olup, enerji korunumu ve iklimsel konforun sağlanmasında tasarımcının kontrolünde olan en önemli değişkendir [6].

- Bina kabuğu elemanları [43].

- . Dış duvarlar
- . Pencereleler
- . Çatı
- . Yapı temeli

- Bina kabuğundaki ısı akışını üç faktör tanımlar [43];

- . Sıcaklık farkları
- . Binanın açıkta kalan alanları
- . Bina kabuğunun termo-fiziksel özellikleri

İklimsel koşulların kontrolü açısından önem taşıyan yapı kabuğu öncelikle rüzgara, yağmura, ısıya ve soğuğa karşı koruma sağlamalıdır: Bu anlamda ısı kayıplarının azaltılması ve iç çevre sıcaklıklarının denetiminde, ısı kütleden faydalanılmasında, ısı ve nem köprülerinin, hava sızıntılarının önlenmesinde kabuk kuruluş biçimi, onu oluşturan opak ve şeffaf bileşenlerin özellikleri önem kazanmaktadır [6].

Bina kabuğunun ısısal performansını etkileyen en önemli fiziksel özellikleri [40,49],

Opak ve saydam bileşenlerin ısı geçirme katsayısı (U , $W/m^2 \cdot K$),
Opak bileşenin genlik küçültme faktörü (ϕ),
Opak bileşenin zaman geciktirmesi (Φ , h) ve
Opak ve saydam bileşenlerin güneş ışınlamına karşı geçirgenlik (opak bileşen içingeçersiz), yutuculuk ve yansıtıcılık katsayıları (τ , α ve ρ) olarak sıralanabilir.

Kabuğu oluşturan opak bileşenlerin malzeme seçimi ve konstrüktif detayların tasarımında, değişen dış iklim girdilerine bağlı olarak kabuğun, dış ortam sıcaklık salınımlarını azaltarak iç ortama aktarma yeteneğine, gerekli ısı geçirme direncine, rüzgar yüküne karşı dayanıma sahip olması gerekmektedir. Kabukta yağışlı dönemlerde rüzgarla etkisi şiddetlenen yağmura karşı önlem özelliklerine sahip malzeme kullanımına, kabuğu oluşturan malzemelerin optik ve termofiziksel özelliklerinin iklimsel koşullara uygun olmasına, kabuk katmanlarının tasarımında katmanların sıralanışında ısı geçirme dirençlerinin ve buhar difüzyon dirençlerinin temel higrotermik denetim kuralına uygun yerleştirilmesine dikkat edilmelidir. Kabuk üzerinde yer alan şeffaf bileşenlerin boyutlandırılmasında, bölgenin iklim koşulları paralelinde gerçekleştirilecek hesaplamalarla opak şeffaf bileşenlerin gerekli saydamlık oranı dikkate alınmalıdır. Kullanılan cam tipine, bulunulan yön ve bölge için uygun güneş kontrol elemanlarının tasarımına dikkat edilmelidir.

Bina kabuğundaki şeffaf yüzeylerin tasarlanması da, doğal aydınlatma ve özellikle soğuk dönemlerde ısıtma amaçlı yararlanmak kadar sıcak dönemlerde güneşin istenmeyen etkilerinden korumak ve buna yönelik önlemler almak da hedeflenmelidir [6].



Şekil 4.7. Bina kabuğu tasarımı, pasif solar, günışığı ve organik bahçenin kombinasyonu [43].

Zaman geciktirmesi ve genlik küçültme faktörü içerisinde ısı depolayabilen malzemeler için geçerli olup, saydam bileşenlerin ısı depolama kapasiteleri ihmal edilecek düzeyde olduğundan bu bileşenler için geçerli değildir. Zaman geciktirmesi, bileşenin dış yüzeyindeki maksimum sıcaklığın oluştuğu saat ile iç yüzeyinde maksimum sıcaklığın oluştuğu saat arasındaki zaman farkı olarak tanımlanabilir. Genlik küçültme faktörü ise, bileşenin iç yüzeyindeki sıcaklık değişimi genliğinin, dış yüzeyindeki sıcaklık değişimi genliğine oranı olarak belirlenebilir. Yukarıda da ifade edildiği gibi opak bileşenler için geçerli olan zaman geciktirmesi ve genlik küçültme faktörü bileşenin ısı depolama kapasitesinin, diğer bir deyişle ısıl kütlesinin fonksiyonudur. Saydam bileşenler için ise ısıl kütle ihmal edilebilecek kadar düşük olduğu için zaman geciktirmesi ve genlik küçültme faktörü yok varsayılabilir.

Opak ve saydam bileşenlerin güneş ışınımına karşı optik özellikleri olarak bilinen geçirgenlik, yutuculuk ve yansıtıcılık katsayıları saydam bileşenler için doğrudan ve yaygın güneş ışınımına karşı farklı değerler alırlar. Doğrudan ışınımına karşı saydam bileşenlerin optik özellikleri güneş ışınımının geliş açısına bağlı olarak değişir. Opak bileşenler için ise geçirgenlik söz konusu olmayıp, yutuculuk ve yansıtıcılığın doğrudan ve yaygın ışınım için farklı olmaksızın yüzeyin rengine bağlı olarak değiştiği varsayılır.

Bina kabuğu yukarıda sıralanan özelliklerine bağlı olarak dış çevre koşullarını değiştirerek iç çevreye aktaran ve bu şekilde iç çevre koşullarının oluşumunda rol oynayan önemli bir yapı bileşenidir [40].

- **Bina alt sistemleri;** kullanıcılarının konfor, sağlık ve güvenliklerini sağlamak için konutlarda ısıtma, soğutma, havalandırma, aydınlatma vb. sistemler de tasarımda yer almalıdır.

Isıtma-Soğutma-Havalandırma (ISH) sistemleri birbiri içerisinde bütünleşen sistemlerdir. Genelde önemli miktarda enerji tüketen sistemlerdir. Bu sistemler enerji verimliliği dikkate alınarak gelecekteki değişimler vs. için esnek sınırlara sahip olmalıdır. Uygun enerji verimliliğine ulaşmak için, tasarımcılar şunları değerlendirmelidir;

- . Isıl konfor kriterleri
- . Isıl yük hesaplamaları
- . Sistem karakteristikleri
- . Ekipman ve tesis operasyonu (kısmi yük)

Aydınlatma sistemleri, diğer bir önemli enerji tüketicisidir ve bazı durumlarda aydınlatma elemanlarının ürettiği ısıyı mahalden uzaklaştırmak için ek bir soğutma için ortamdan ısı çekilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sistemde de enerji verimliliği dikkate alınarak gelecekteki değişimler vs. için esnek sınırlara sahip olmalıdır.

Enerji verimli aydınlatma şunları sağlamalıdır;

- . Aydınlatma aşırı olmamalıdır.
- . Gereksiz yanan ışıkları söndürülebilmektedir.
- . Aydınlatma verimli bir şekilde sağlanmalıdır.

Aydınlatma tasarımını mimari özellikler ve yaşayanların ihtiyaçları açısından etkileyen genel tasarım ilkeleri;

- . Genel ve kısmi aydınlatma kombinasyonu
- . Gün ışığına entegre elektrikli aydınlatma
- . Enerji verimliliğine sahip ampul ve aydınlatma elemanlarının kullanımı
- . Oda yüzeylerinde açık renk kullanımı

Bu sistemler dışında enerji harcayan elektrik tesisatı, sıhhi tesisat, gaz tesisatı vb. bina alt sistem elemanlar bulunmaktadır [43].

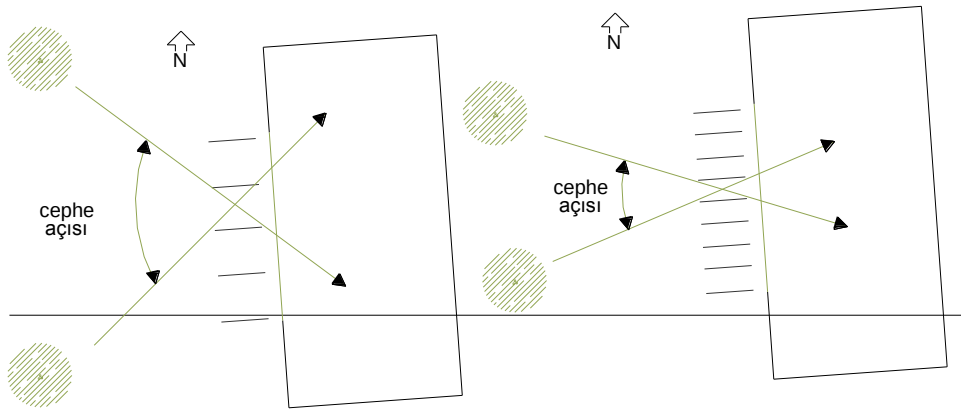
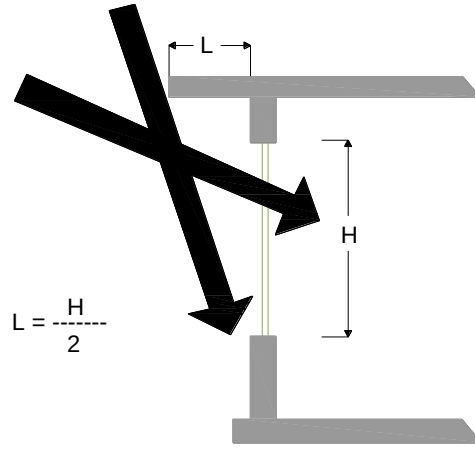
- **Yağmursuyu toplama sistemi;** Yağmursuyu toprak yüzeyinden veya bina çatılarından olmak üzere iki farklı teknikle yağmur suları kolaylıkla merkezde toplanabilmektedir. Merkezde toplanan yağmur suları taşıma sistemi ile depoya iletilmekte ve değişik amaçlarda (bahçe sulama, temizlik vb.) kullanılmaktadır [48].

Teknik dört önemli bileşenden oluşmaktadır. Bunlar;

- .Toplama alanı (park yerleri, yol üstleri, çatılar, vb.),
- .Toplama/Taşıma sistemi,
- .Depolama (yeraltına sızdırma, rezervuarlarda depolama, tanklarda depolama, vb.)
- .Arıtma sistemi

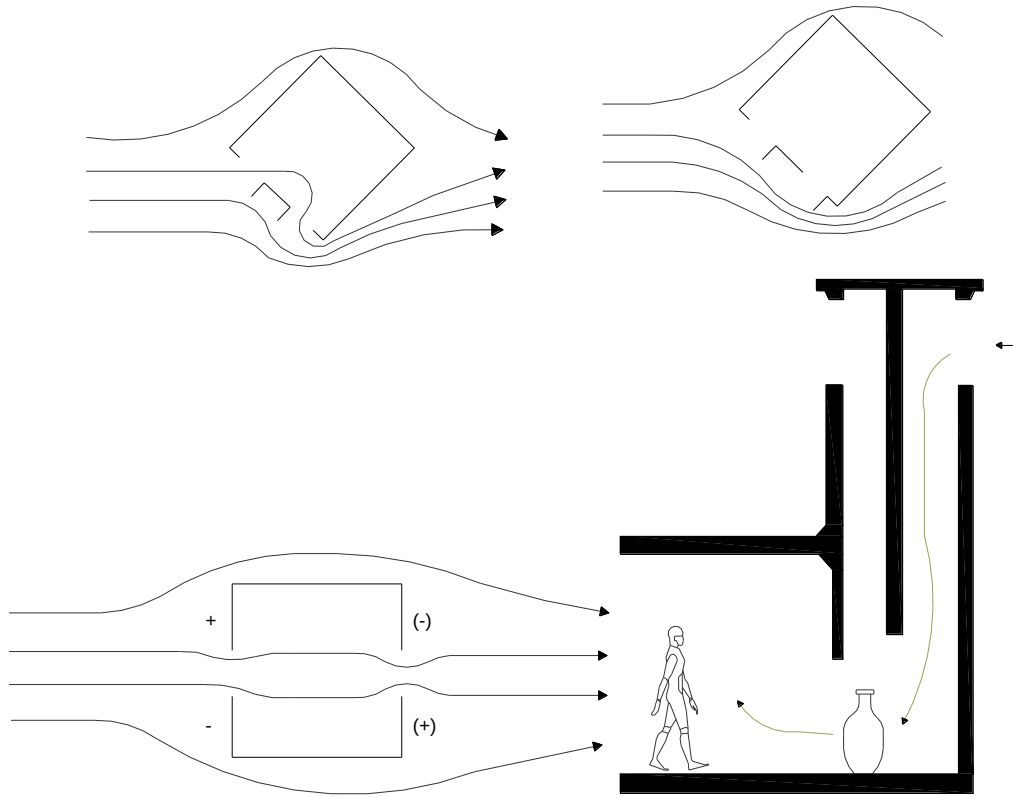
- **Pasif soğutma, güneş kontrol ve doğal havalandırma sistemleri;** Binanın güneş ışıınımı ve rüzgar gibi çevresel etkenlerden gerektiğinde yararlanabilmesi gerektiğinde korunabilmesi için yukarıda sıralanan tasarım değişkenlerinin yanı sıra bina kabuğu üzerinde güneş kontrolü ve doğal havalandırma sistemlerine gereksinim duyulabilir. Enerji bilincine yönelik bina tasarımında güneşten ısı kazanımı açısından bakıldığında camlı yüzeyler temel ısı kazancını sağlayan bileşen konumundadır. Yapı kabuğundaki şeffaf yüzeylerin tasarlanmasında doğal aydınlatma ve soğuk dönemlerde ısıtma amaçlı yararlanmak kadar, sıcak dönemlerde güneşin istenmeyen etkilerinden korunmak önemlidir. Bu amaçla uygun yönlenme, camlı yüzeylerin alanı, kullanılan cam tipi ve özelliklerinin yanı sıra gölgeleme ve güneş kontrol elemanların kullanılması da binanın enerji denetimini sağlamak için önemlidir [45].

Binanın enerji giderlerini en az düzeyde tutabilmek için bu sistemlerin uygun yönlerde uygun biçim ve boyutlarda tasarlanmış olması gerekir[40].



Şekil 4.8. Farklı Yönler için Uygun Güneş Kontrol Sistemlerine Örnek [40,49]

Pasif ısıtma ve soğutma için binanın planı güneş ışıınımı kazanımı kış ayları için azami hale getirilmelidir; yaz ayları için ise güneş kazanımı en aza indirgenmelidir, ısı transferi azami hale getirilmelidir. Uygun miktarda ısıl kütle ve izolasyon uygulaması yapılmalı, doğal havalandırma sağlanmalıdır.



Şekil 4.9. Doğal Havalandırma Sistemlerine Örnek [40,49]

Gölgeleme ve güneş kontrolü için bina dış koruma (sundurmalar vs.) ile korunmalı, dış sistemler (pencere çerçevesiyle bütünleşik yada bina yüzeyine eklenmiş panjurlar, güneş kırıcılar gibi) eklenmeli, saydam birleşimlerde özel işlem görmüş camlar kullanılmalı, iç iyileştirmelerde opak yada yarı-opak, perdeler vb. yerleştirilmelidir.

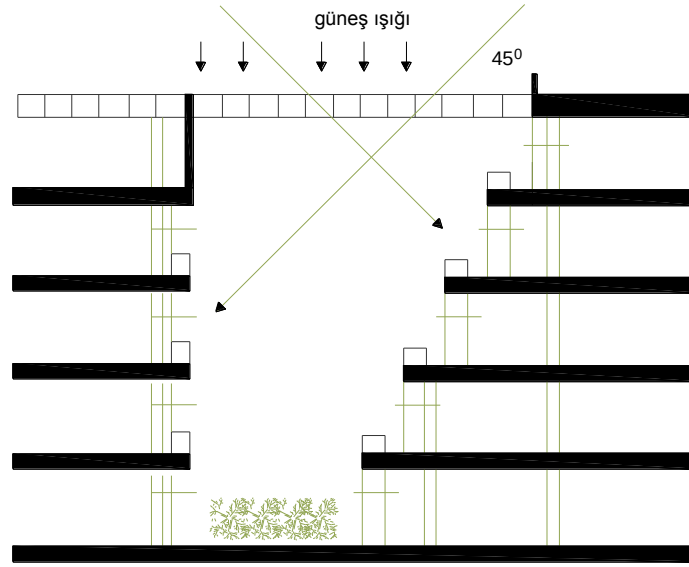
Gün ışığı, elektrikle elde edilen ışığı çoğaltmak için ya da onun yerine tercih edilir. Gün ışığından verimli faydalanabilmek için gökyüzü koşulları, mahal çevresi, bina hacmi ve şekli, cam sistemleri, yapay aydınlatma sistemleri, klima sistemlerinden (hava şartlandırma vs.) yararlanılmalıdır [43].

Güneş kontrol elemanları olarak, değişik performanstaki güneş kırıcılar, kepenkler, storlar, yalıtımlı kepenkler, tenteler, jaluziler ve perdelerin yanı sıra derin balkonlar, yatay saçaklar, dikey güneş kırıcıları – kanat duvarları, yatay ve dikey elemanların birleşimi olan kompozit elemanlar kullanılmaktadır.

Güneş kontrol elemanlarının yapının içinde ve dışında yer alması performanslarını etkiler. İçeride yer alanlar bakım ve kullanım açısından oldukça kullanışlıdır. Dışarıda yer alanlar ise daha iyi performans sağlarlar. Hareket yeteneklerine göre sabit ve hareketli olmak üzere ikiye ayrılan güneş kontrol elemanları cam yüzeyi ile olan konumlarına göre ikiye ayrılırlar:

İçeride yer alan güneş kontrol elemanları; camın iç kısmında yer alırlar. Performansları dışarıda yer alanlara göre daha düşük olmakla birlikte, bakım ve kullanım açısından avantajlıdır. Dışarıda yer alan güneş kontrol elemanları ise güneş ışınımını dışarıda yakalayıp kontrol altına almaları nedeniyle performans açısından etkin çözümlerdir [6].

Gün ışığı, elektrikli aydınlatma ve ISH sistemleri arasındaki karmaşık etkileşim, arzu edilen bir çözüme ulaşılması için, dikkatle etüt edilmelidir [43]. Pencere yönü ve alanı kış aylarında bile %12'ye varan enerji artırımını sağlamaktadır.



Şekil 4.10. Güneş ışığından faydalanan bir tasarım [43]

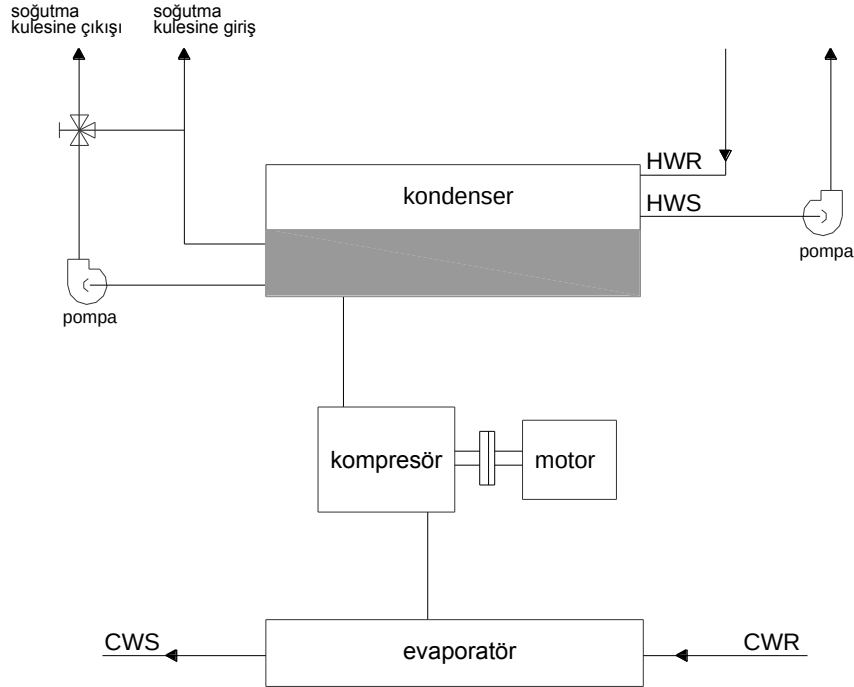
Pencere camlarının optik özelliklerini değiştirip, böylece güneş ışığını istediğimiz gibi kontrol edebileceğimiz, ileri pencere teknolojileri geliştirilmiştir. Aynı zamanda yenilikçi güneş ışığı teknolojileri halen araştırılmaktadır.

- Işık tüpü sistemi
- Işık rafları
- Ayna sistemleri
- Prizmatik camlar
- Holografik dağılımlı sistemler

Katlarda döşemeye kadar inen cam yüzeyler, bir yandan güneş ışığından yararlanmayı daha uygun hale getirirken, diğer yandan mekan içinde güzel etki bırakırlar. Isıtma-soğutma binada oluşan ısının aktive edilmesi ilkesine dayanır: kalın ve çıplak kat döşemeleri ısıyı depo ederler. Böylece optimal ve hemen müdahale edilebilir bir iç iklim üretilecektir. İçerideki ısı kaynakları (insanlar, aletler, ışıklar...) çok rahatlıkla mekanda ki bireyleri belirli bir zaman içinde ısıtmaya yeterlidir [43].

Isıtma soğutma havalandırma sistemleri enerji verimlilikleri bugün aşağıdaki gibi kullanılmakta ya da etüt edilmektedir [43]:

- Değişken hava hacmi Variable Air Volume(VAV) sistemleri,
- Sıcaklık/Entalpi seviyesi ile dış hava kontrolü
- Isı pompası verimi ve ısı geri dönüşüm sistemleri
- Bina enerji yönetimi ve kontrolü sistemleri
- Doğal havalandırma ve soğutma sistemleri



Şekil 4.11. Chiller ünitesinde atık ısı kazanımı [43]

- **Sıcak ve soğuk enerji depolanması;** Jeotermal kaynaktan sağlanacak olan elektrik, serpantin yöntemiyle buz depolama (Resim 4.1.) sisteminden kullanılacaktır.

Su ile doldurulmuş bir deponun içerisine serpantin yerleştirilerek, bu serpantin içerisinden soğutucu akışkan geçirilir. Böylece serpantinler üzerinde buz oluşması sağlanır ve buz içerisinde gizli enerji depolanır. İklimlendirilecek ortamdan dönen ılık su oluşan buz tabakasının üzerine gönderilerek, buz eritir ve çevrim bu şekilde sürdürülür [50, 51].

Bu parametrelerin enerji tasarrufu açısından doğru değerleri belirlenmedikçe binadaki mekanik ve elektrik sistemlerinin otomasyonundan yeterli verim elde edilemez.

4.2. Örnek Konutun Enerji Etkin Tasarımın Temel İlkeleri Üzerinden İncelenmesi

- **Binanın yeri;** Türkiye'nin kuzey batısında yer alan Bursa, yeraltı suları ve jeotermal kaynakları açısından oldukça zengin olan bir kentimizdir. Jeotermal kaynaklar Uludağ eteğinde, Bursa şehri içinde Çekirge ve Kaynarca'da, yakın ilçelerden de Gemlik, Mustafakemalpaşa-Dümbüldek ve İnegöl-Oylat yakınlarında yoğunlaşmaktadır [52].



Şekil 4.12. Bursa İli Türkiye Haritasındaki yeri [52].



JEOTERMAL ALANLAR:

01-Kaynarca-Çekirge
02-Orhangazi-Keramet
03-İnegöl-Oylat
04-Gemlik-Terme
05-Dümbüldek

06-Orhanlı-Ilıcaksu
07-İnegöl-Karacakaya
08-Orhanlı-Sadağ
09-Orhanlı-Ağaçhisar

Şekil 4.13. Bursa İli Jeotermal Alanları [52].

Örnek konut Kaynarca jeotermal sahası sınırları içerisinde yer almaktadır. Kaynarca ılımlı bir iklime sahiptir. İklim, bina performansı, enerji harcaması ve bina yapısının termal tepkisi yönünden önemli etkiye sahiptir. Uludağ eteklerinin sert ikliminin etkisi altında kalması ve lodos binayı enerji ihtiyacı yönünden olumsuz etkilemektedir. Bina eğimli bir arazide konumlanmaktadır. Çevresindeki binalardan güneş ışığı, doğal havalandırma vb. sebeplerden etkilenmeyecek şekilde konumlandırılmıştır. Bina genel yerleşim planı Şekil 4.19’de verilmiştir.

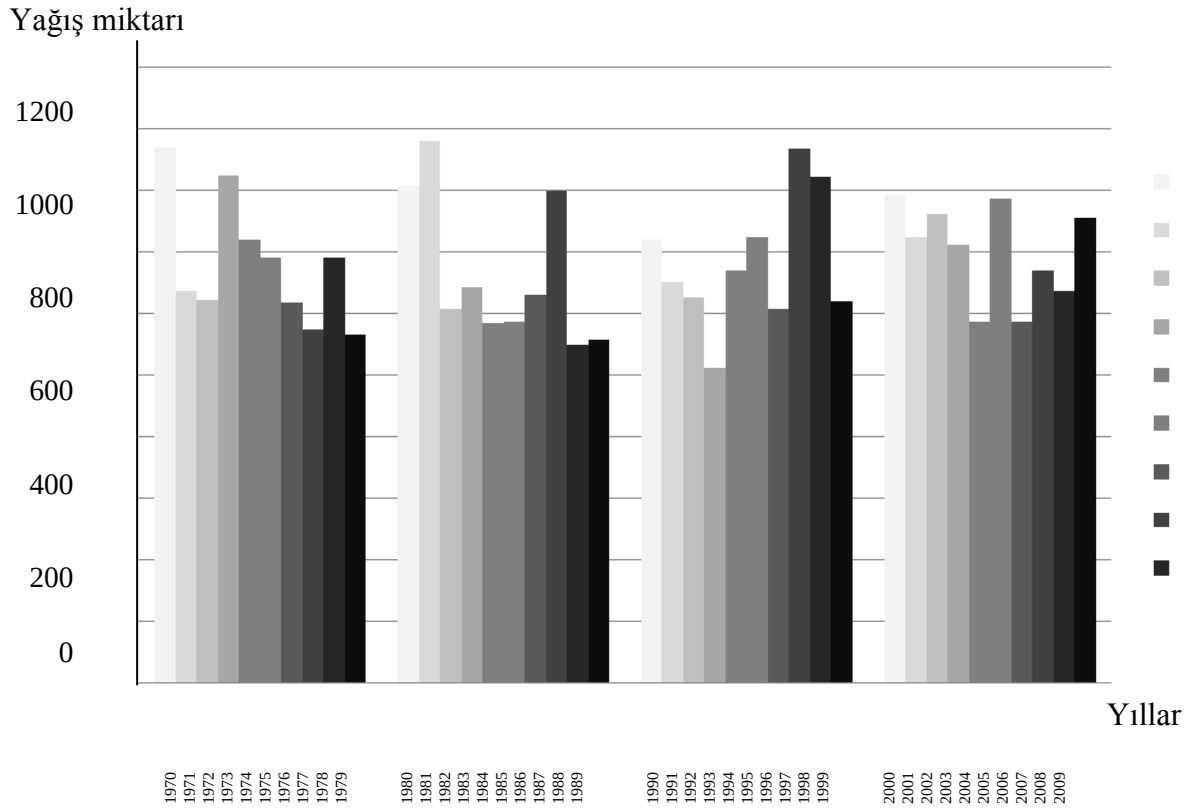
Bursa ve yöresinde doğrultu atımlı Kuzey Anadolu Fay sistemi etkili olmaktadır. Depremsellik sonucu kayaçlarda süreksizlikler adı verilen bir takım kırık ve çatlak sistemleri gelişmekte, bu süreksizliklerden yağmur suları kolayca rezervuar kayaca ulaşabilmektedir. Rezervuar kayaçları genellikle karbonatlı kayaçlar oluşturmakta olup, bunların gözenekleri birbirleriyle irtibatlı olduğu için yağmur sularını ve ısıtıcı kayaç tarafından ısıtılarak konveksiyon akımlarla yukarıya yükselen sıcak akışkanları kolayca bünyeleri içinde tutabilmektedir. Bursa ve Gemlik’te jeotermal sistemlerin oluşumunu bu şekilde gerçekleştirmiştir [50].

Meteorolojik kaynaklara göre Bursa ili iklim şartları aşağıdaki gibi alınmıştır [52].

- En Az Sıcak Dönem Kuru Termometre : -6 °C
- En Az Sıcak Dönem Yaş Termometre : -6,6 °C
- En Sıcak Dönem Kuru Termometre : 37 °C
- En Sıcak Dönem Termometre : 25 °C
- Deniz seviyesinden yüksekliği : 153 m.

Tablo 4.1. Bursa İli 2008 Yılı Toplam Yağış Miktarı [52]

Yıl	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık Top. (kg)
2008	56,9	46,1	118	38,4	22,1	28	0,2	0	13,2	36,8	65	93,9	639



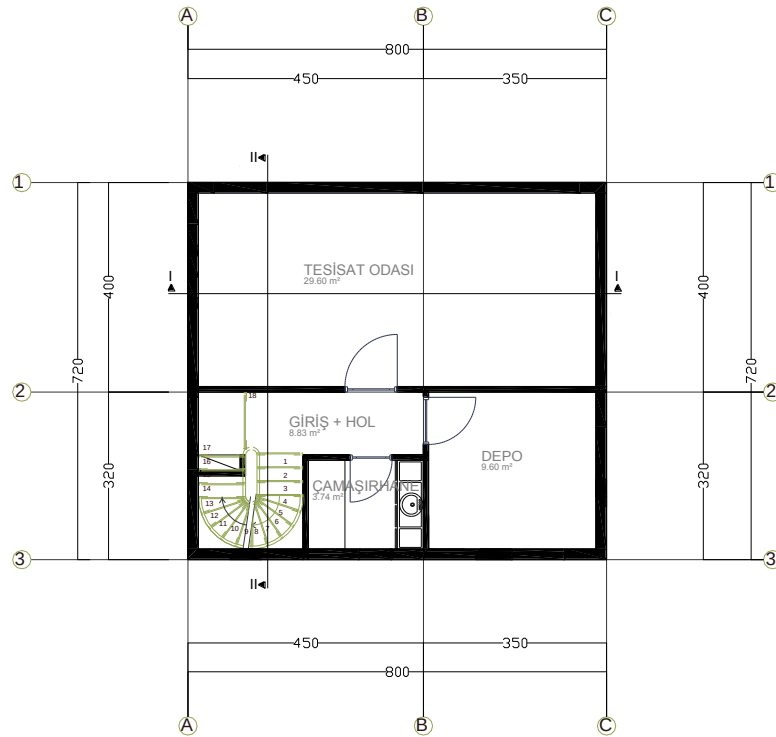
Grafik 4.1. Bursa ili 1970-2009 Yılları arası yağış değişim grafiği [52]

Tablo 4.2. Bursa Meteoroloji İstasyonu Sıcaklık Normalleri (2008) [52]

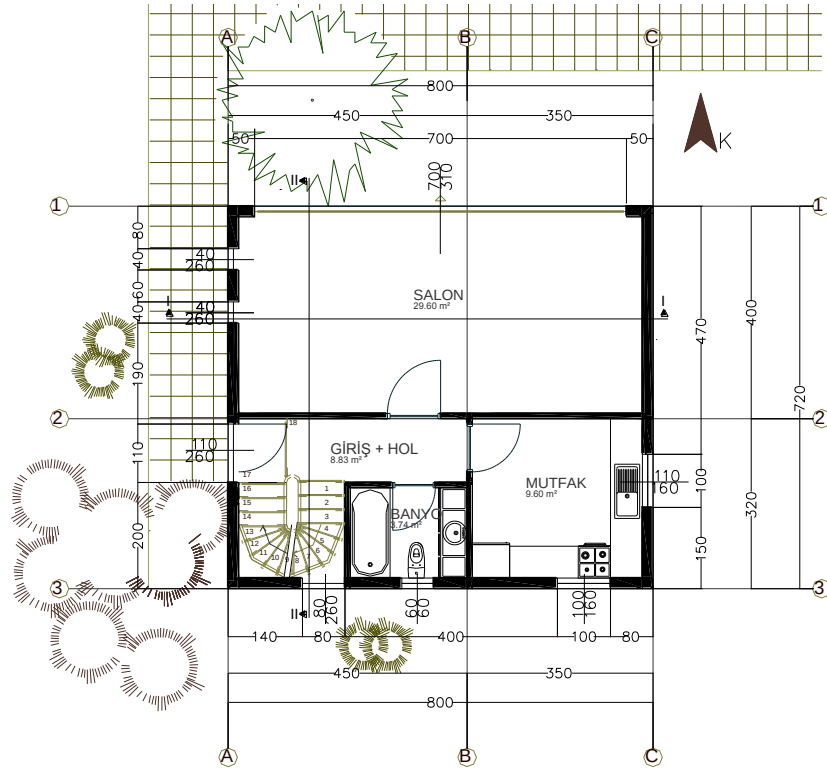
Aylar (2008 Yılı)	Ortalama En Düşük Sıcaklık	Ortalama En Yüksek Sıcaklık	Ortalama Sıcaklık (°C)
Ocak	-0,3	7,2	3,0
Şubat	1,1	10,3	5,3
Mart	6,9	17,2	12,0
Nisan	10,0	20,9	15,3
Mayıs	11,1	24,6	18,1
Haziran	16,8	30,5	23,7
Temmuz	17,6	31,9	25,0
Ağustos	19,4	33,6	26,3
Eylül	15,2	26,5	20,3
Ekim	10,8	21,8	15,8
Kasım	6,8	17,2	12,1
Aralık	4,1	11,1	7,6
YILLIK ORTALAMA	10,0	21,1	15,4

Doğru ve bilinçli bir peyzaj tasarımı ile yaz ve kış mevsimleri süresince ısıtma ve soğutma enerji yükünü % 30 oranında azaltmak mümkün olmaktadır. Konutun kuzey cephelerindeki yeşil ağaçlar yaz güneşi ve kış rüzgârına karşı iyi bir koruyucu olabilirken batı ve kuzeybatı cephelerindeki sık ağaçlar ve çalılar da istenmeyen akşam güneşinin yapı içerisine girmesini engellemektedir. Yapının çevresindeki ağaçlar gölgede sağlamaktadır.

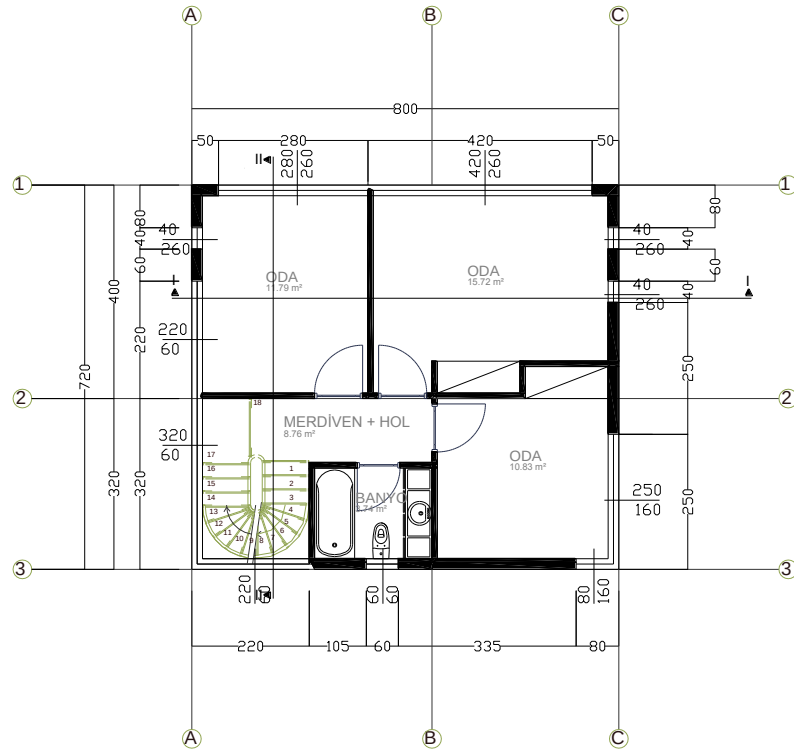
Bursa ili TS 825' e göre 2. bölge derece gün illeri içerisinde yer almaktadır. Bu bölge İstanbul' un da içinde bulunduğu ılımlı-nemli iklim bölgesidir. Isı hesapları buna göre yapılmış ve kabuk U değerlerinin $0,60 \text{ W/m}^2\text{K}$ den aşağıda olması sağlanmıştır(Dış hava temaslı kabuk U değeri: $0,257 \text{ W/m}^2\text{K}$).



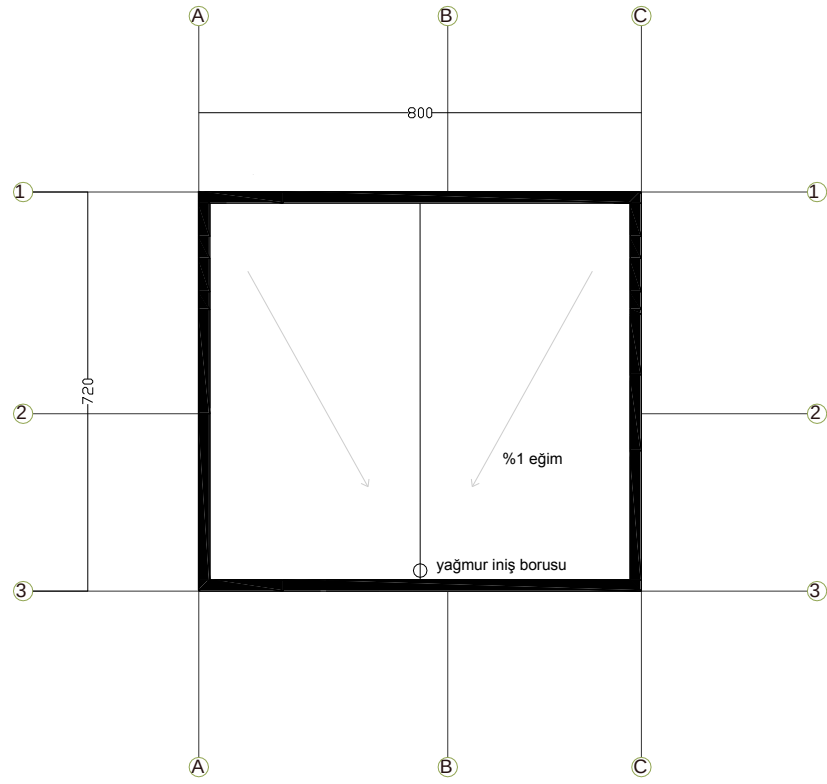
Şekil 4.15. Örnek konut bodrum kat planı (Ek.1).



Şekil 4.16. Örnek konut zemin kat planı (Ek.1).

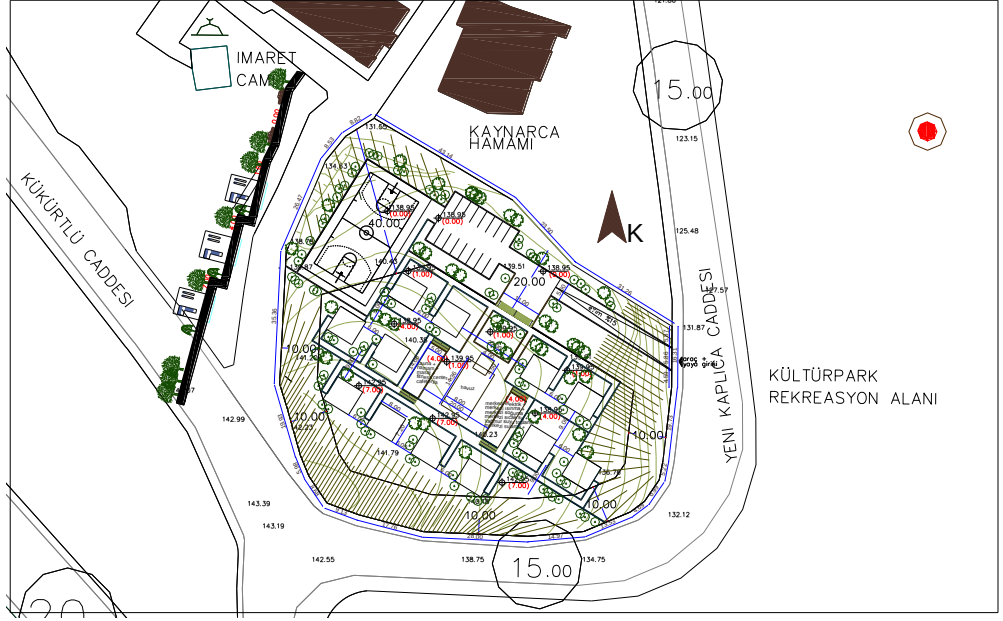


Şekil 4.17. Örnek konut 1. Kat planı (Ek.1).



Şekil 4.18. Örnek konut çatı katı planı (Ek.1).

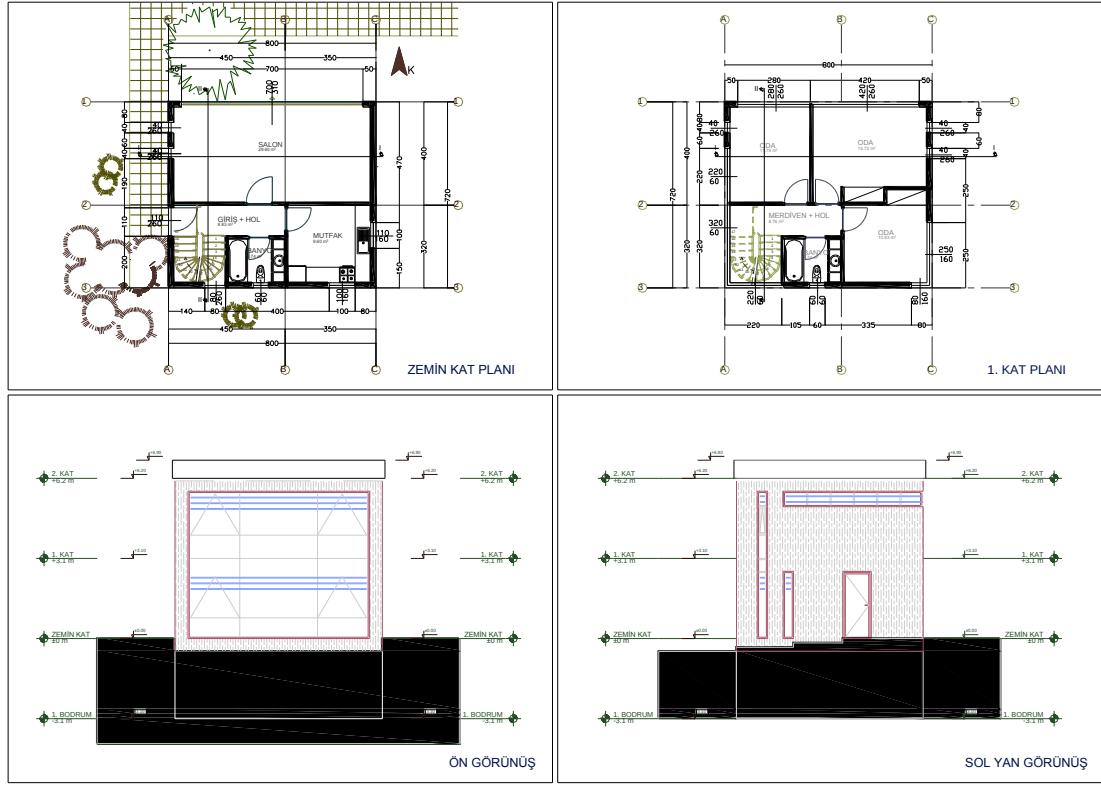
- **Binanın Diğer Binalara Göre Konumu;** Bursa şehrinin yerleşim düzenine bakıldığında Uludağ'a sırtını dönerek Marmara Denizine doğru yöneldiği için binanın ön cephesi kuzeydoğuya bakmaktadır. Güneş ve rüzgar gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından pasif iklimlendirme açısından yararlanabilmek amacıyla binalar arası açık mekan mesafeleri, binaların boyutlarına bağlı olarak en uygun konumlanmalarının belirlenmesi gerekmektedir. Güneş ışınlamından maksimum yarar sağlayabilmek için binaların aralıkları, komşu binaların en uzun gölge boyuyla orantılı olarak 6.70m dandaha büyük olacak şekilde düzenlenmiştir.



Şekil 4.19. Örnek konut yerleşim planı (Ek.1)

Isı kayıplarını önlemek için geniş güney cepheli yerleşmek gerekirken şehrin karakteristik yerleşim planı kuzeydoğu yönünde olduğu için kuzey-güney istikametinde yerleşilmiştir. Binaların hakim rüzgar (kuzeydoğudan poyraz, güneybatıdan lodos) yönünde şaşırtmalı olarak yerleştirilmesi rüzgardan yararlanmayı artırmaktadır.

- **Binanın Yönü;** Binalar en uygun şekilde yönlendirilerek güneşten ısıtma, hâkim rüzgârdan da soğutma ve havalandırma amaçlı yararlanarak ek enerji kullanımı azaltılmıştır. Kuzeydoğuya doğru yönelmemize rağmen güneşten kazancın kışın en yüksek olmasını sağlamak için cam cephe, güneş kontrolünü sağlamak içinde güneş kırıcılar kullanılmıştır.
- **Binanın Formu;** Bina kare planlı, küp formundadır. Tasarımda plan şemasındaki dış konturlar hareketli değildir böylece binaların mekanı oluşturan yüzey-hacim oranlarına bağlı olarak ısı kaybı- kazancı minimum oranda sağlanmış, ısıtma enerjisinden tasarruf edilmiştir.



Şekil 4.20. Yapı yüzey-hacim oranı (Ek.1).

Konut kuzeydoğu-güneybatı aksında yönlendiği için kuzeydoğu cephesinden pencere açıklıkları doğu güneşini alacak şekilde tercih edilirken ve kuzeybatı ve güneybatı cephelerinde pencere açıklıkları fazla tercih edilmemiştir.

- **Binada Kullanılan Malzemeler;** Binanın dayanıklılık ve diğer performanslarından ödün vermemek koşulu ile binanın strüktürü ve dış kabuğunda düşük enerjili malzemelerden ahşap tercih edilmiştir. Ahşap büyük işlemlerden geçirilmeden kullanılması mümkün, yenilenebilir ve fazla atık oluşturmada üretilebilir doğal bir yapı malzemesidir, sağlığa zararlı madde içermez, üretiminde kullanılan fosil enerji miktarı düşüktür, bünyesinde CO₂ depolar. Ayrıca ısı ve ses yalıtımı konusunda oldukça elverişlidir. Hammaddesi ahşap olan elemanlar ömürleri bitince yeniden kullanılabilir, biyolojik yolla yok edilebilir, enerji veya hammadde olarak değerlendirilebilirler.

Binanın çatısında ise geri kazanılabilen çelik kullanılmıştır. Kullanım ömürleri sona erdikten sonra, geri dönüştürülebilmeleri için sökülebilmeye, toplama, gruplama ve yeni bir ürün elde edebilme gibi yeni işlemler gerekse de, bunlar tekrar kullanılarak çok fazla çevresel yarar sağlayacaktır. Çelik dış etkilere karşı dirençli, dayanıklı ve uzun ömürlü bir malzemedir. Uzun süre kullanılacağı ve atık haline geliş uzun bir zaman alacağı için kirlilikleri de azaltmaktadır. Aynı zamanda kullanım süresince daha az bakım onarım gerektirmekte, bu şekilde malzeme ve işçilikten tasarruf edilmektedir.

Binanın mekanik ve elektrik tesisat sistemi yenilenebilir enerji sistemi olan jeotermal ile beslenmektedir. Soğutma ise doğal havalandırma yolu ile sağlanmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları da çevreyi çok az kirletmekte, üretim sürecinde de az işlem gerektirmektedir. Ahşap malzemeler hem daha az enerji ve işçilikle işlenebilirler hem de yerel olarak temin edilme olanakları fazladır. Yenilenebilir kaynak kullanımı, sınırlı doğal kaynak kullanımını azalttığı için kaynak korunumu gibi önemli ekolojik bir uygulama sayılmaktadır.

Tablo 4.3. Binaın dış duvar kesiti (Ek.2).

	Yüzeyisel ısı iletim katsayısı (iç)
	İğne yapraklı ağaçlardan elde edilmiş olanlar
	Alçıdan duvar levhalar ve blokları (gözenekli, delikli, dolgu veya agregalı olanlar dahil) (TS 451, TS 452, TS 1474 e uygun)
	Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malzemeleri TS 901 EN 13162-10 a uygun; yoğunluk 8-500; ısı iletkenlik grubu 035
	Kontraplâk (TS 46), kontrtabla (TS 1047)
	Ekstrüde polistiren köpüğü - TS 11989 EN 13164 e uygun; yoğunluk ≥ 25 ; ısı iletkenlik grubu 030
	Bitümlü karton
	İğne yapraklı ağaçlardan elde edilmiş olanlar
	Yüzeyisel ısı iletim katsayısı (dış)

Tablo 4.4. Binaın çatı kesiti (Ek.2).

	Yüzeyisel ısı iletim katsayısı (dış)
	Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri
	Kontraplâk (TS 46), kontrtabla (TS 1047)
	Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malzemeleri TS 901 EN 13162-10 a uygun; yoğunluk 8-500; ısı iletkenlik grubu 035
	Yüzeyisel ısı iletim katsayısı (iç)

Tablo 4.5. Binanın ara döşeme kesiti (Ek.2).

		Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)
		İğne yapraklı ağaçlardan elde edilmiş olanlar
		Kadron
		Çimento harçlı şap
		Yatık yongalı levhalar (TS 180, TS 1617)
		Ahsap L ambri (TS 64)
		Ahsap lamine Kiriş
		İğne yapraklı ağaçlardan elde edilmiş olanlar
		Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)

Tablo 4.6. Binanın temel kesiti (Ek.2).

		Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)
		İğne yapraklı ağaçlardan elde edilmiş olanlar
		Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malzemeleri TS 901 EN 13162-10 a uygun; yoğunluk 8-500; ısı iletkenlik grubu 035
		İğne yapraklı ağaçlardan elde edilmiş olanlar
		Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)

- **Bina Kabuğu;** Bina dış kabuğunu, dış duvarlar, pencereler, çatı, yapı temeli katmanları oluşturmaktadır. Binanın dış kabuğu çelik karkas üzeri doğal, ekolojik, dayanıklı, geri dönüşebilir, yenilenebilir enerji kaynaklarından ahşap kaplamadır. Bina kabuğunu oluşturan toplam ısı geçirgenlik katsayısı hesabı aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 4.7. Binanın özgül ısı kaybı hesabı (Ek.2).

BİNADAKİ YAPI ELEMANLARI		Yapı Elemanının Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isıl Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı
		d	Λ_h	R	U	A	AxU
		(m)	(W/mK)	(m ² K/W)	(W/m ² K)	m ²	(W/K)
DH-1-Duvar (Dış Hava Temaslı)							
1/ α_i	Yüzeysel Isı Yalıtım Katsayısı (iç)			0,13			
8.1.1	İğne yapraklı ağaçlardan elde edilmiş olanlar	0,02	0,13	0,15			
6.3.1	Alçıdan duvar levhalar ve blokları (gözenekli, delikli, dolgu veya agregalı olanlar dahil) (TS 451, TS 452, TS 1474 e uygun)	0,01	0,35	0,03			
10.5.1	Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malzemeleri TS 901 EN 13162-10 a uygun; yoğunluk 8-500; ısı iletkenlik grubu 035	0,08	0,035	2,29			
8.2.1	Kontraplâk (TS 46), kontrtabla (TS 1047)	0,011	0,13	0,08			
10.3.2.1.1	Ekstrüde polistiren köpüğü - TS 11989 EN 13164 e uygun; yoğunluk ≥ 25 ; ısı iletkenlik grubu 030	0,03	0,030	1			
9.2.2.1	Bitümlü karton	0,002	0,19	0,01			
8.1.1	İğne yapraklı ağaçlardan elde edilmiş olanlar	0,02	0,13	0,15			
1/ α_d	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,04			
TOPLAM				3,88	0,257	85,33	21,93
CA-1-Tavan(Üzeri Açık)							
1/ α_i	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,13			
10.5.1	Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malzemeleri TS 901 EN 13162-10 a uygun; yoğunluk 8-	0,05	0,035	1,43			

	500; ısı iletkenlik grubu 035						
8.2.1	Kontraplâk (TS 46), kontrtabla (TS 1047)	0,02	0,13	0,15			
9.2.2.5	Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,002	0,19	0,01			
1/α _d	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,04			
TOPLAM				1,76	0,567	58,5	33,17
TO-1-Taban(Isıtılmayan İç Ortamla Bitişik)							
1/α _i	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,17			
8.1.1	İğne yapraklı ağaçlardan elde edilmiş olanlar	0,02	0,13	0,15			
10.5.1	Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malzemeleri TS 901 EN 13162-10 a uygun; yoğunluk 8-500; ısı iletkenlik grubu 035	0,05	0,035	1,43			
8.1.1	İğne yapraklı ağaçlardan elde edilmiş olanlar	0,01	0,13	0,08			
1/α _d	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,17			
TOPLAM				2	0,5x0,5	58,5	14,62
PENCERE 1					1.6	69.81	111,696
KAPI 1					3,5	2,86	10,01

$$\begin{aligned}
 \text{İletim Yolu İle Gerçekleşen Isı Kaybu, } H_i &= 191,43 \text{ W/K} \\
 \text{Havalandırma Yolu İle Gerçekleşen Isı Kaybı, } H_v &= 64,2 \text{ W/K} \\
 \text{Binanın Toplam Isı Kaybı, } H = H_i + H_v &= 255.63 \text{ W/K}
 \end{aligned}$$

İklimsel koşulların kontrolü açısından önem taşıyan yapı kabuğu olarak çelik çatı sistemi kullanılmış üzeri polyester üzeri sbs modifiye malzeme ile örtülmüştür. Kaplama malzemesi rüzgara, yağmura, sıcağa ve soğuğa karşı koruma sağlamaktadır.

Binanın ve ısıtma sisteminin ısısal performansını etkileyen en önemli tasarım parametresi olan bina kabuğu opak ve saydam olmak üzere fiziksel özellikleri ve ısı geçişine karşı davranışları birbirinden farklı iki bileşenden oluşmaktadır.

Pencereler madeni konstrüksiyona profil veya madeni çıta ile 4+4 mm kalınlığında low-e kaplamalı çift camlı ısı yalıtımlı pencere ünitesi takılmıştır. Low E ısı kontrol kaplamalı çift cam üniteleri oda ısını görünmez bir ayna gibi tekrar içe yansıtarak ısı'nın dışa kaçışını klasik çift cama göre yarıya yakın bir düzeye indirebilmektedir. Bu da tek cama göre yaklaşık 3-4 kat iyileşme demektir. İç ortamdan dışa ısı kaybı; klasik çiftcamlarda % 70 oranında ışınlama, % 30 oranında iletimle olmaktadır.

Tablo 4.8. Binadaki pencerelerin ısı kaybı hesaplarında kullanılan değerleri (Ek.2).

Pencerelerin Toplam Alanı: 69,81 m²

PENCERE - 1		
Toplam Alan		U - Değeri
69,81 m ²		1.6 W/m ² k
Yönler		Güneş Enerjisi Geçirme Faktörü (g)
		Çok Katlı Cam (0,75)
		Gölgelenme Faktörü
Güney	7,04 m ²	Ayrık Binalı Bölgeler (0,8)
Kuzey	39,90 m ²	Ayrık Binalı Bölgeler (0,8)
Doğu	7,68 m ²	Ayrık Binalı Bölgeler (0,8)
Batı	15,19 m ²	Ayrık Binalı Bölgeler (0,8)

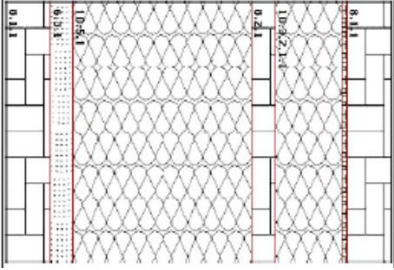
Tablo 4.9. Binadaki kapıların ısı kaybı hesaplarında kullanılan değerleri (Ek.2).

Kapıların Toplam Alanı: 2,86 m²

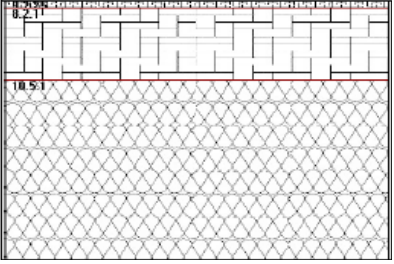
KAPI - 1	
Toplam Alan	U - Değeri
2,86 m ²	Ağaç - Plastik, Dış(3,5) W/m ² K

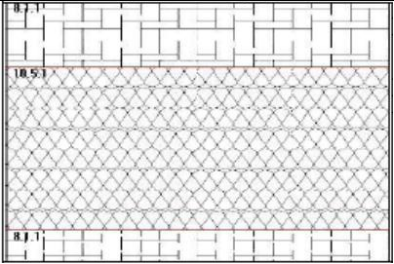
Kabuğu oluşturan opak bileşenlerin malzeme seçimi ve konstrüktif detayların tasarımında, iklim verileri, sıcaklık farkı, ısı geçirme direnci, rüzgar yüküne karşı dayanımı dikkate alınmıştır. Dış ve iç ortam şartlarının sürekli değişmesinden dolayı kabuğu oluşturan saydam bileşenlerse sabit fiziksel özelliklere sahip olmamalıdır. Işık geçirgenliği, ses, ısı ve hava için değişen ihtiyaçlara, aynı zamanda enerji kullanımını minimize ederek uyum sağlayabilmelidir. Kabuğu oluşturan saydam bileşenlerin ısı geçirme katsayıları, güneş ışınlamına karşı geçirgenlikleri, yutuculuk ve yansıtıcılık katsayıları dikkate alınarak malzeme seçilmiştir.

Tablo 4.10. Binada kullanılan yapı elemanlarının kesitleri (Ek.2).

BİNADAKİ YAPI ELEMANLARI			Yapı Elemanının Kalınlığı d	Isıl İletkenlik Hesap Değeri Λ_h	Isıl İletkenlik Direnci R	Isıl Geçirgenlik Katsayısı U
DH-1-Duvar (Dış Hava Teması)			(m)	(W/mK)	(m ² K/W)	(W/m ² K)
	$1/\alpha_i$	Yüzeysel Isı Yalıtım Katsayısı (iç)			0,13	
	8.1.1	İğne yapraklı ağaçlardan elde edilmiş olanlar	0,02	0,13	0,15	
	6.3.1	Alçıdan duvar levhalar ve blokları (gözenekli, delikli, dolgu veya agregalı olanlar dahil) (TS 451, TS 452, TS 1474 e uygun)	0,01	0,35	0,03	
	10.5.1	Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malzemeleri TS 901 EN 13162-10 a uygun; yoğunluk 8-500; ısı iletkenlik grubu 035	0,08	0,035	2,29	
	8.2.1	Kontraplâk (TS 46), kontrtabla (TS 1047)	0,011	0,13	0,08	
	10.3.2.1.1	Ekstrüde polistiren köpüğü - TS 11989 EN 13164 e uygun; yoğunluk ≥ 25 ; ısı iletkenlik grubu 030	0,03	0,030	1	
	9.2.2.1	Bitümlü karton	0,002	0,19	0,01	
	8.1.1	İğne yapraklı ağaçlardan elde edilmiş olanlar	0,02	0,13	0,15	
	$1/\alpha_d$	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,04	
TOPLAM					3,88	0,257

Tablo 4.11. Binada kullanılan yapı elemanlarının kesitleri (devamı) (Ek.2).

BİNADAKİ YAPI ELEMANLARI			Yapı Elemanının Kalınlığı d	Isıl İletkenlik Hesap Değeri Λ_h	Isıl İletkenlik Direnci R	Isıl Geçirgenlik Katsayısı U
CA-1-Tavan(Üzeri Açık)			(m)	(W/mK)	(m ² K/W)	(W/m ² K)
	1/ai	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,04	
	9.2.2.5	Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,002	0,19	0,01	
	8.2.1	Kontrplâk (TS 46), kontrtabla (TS 1047)	0,02	0,13	0,15	
	10.5.1	Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malzemeleri TS 901 EN 13162-10 a uygun; yoğunluk 8-500; ısı iletkenlik grubu 035	0,05	0,035	1,43	
	1/alpha_d	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,13	
TOPLAM					1,76	0,567

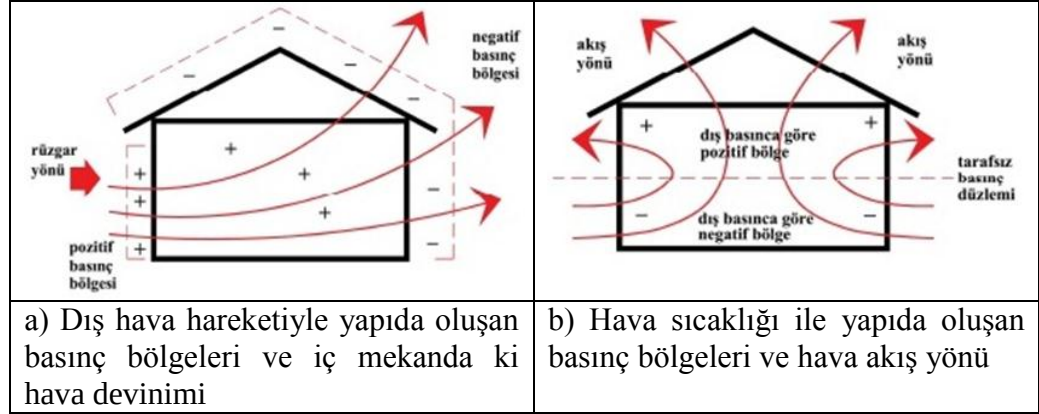
BİNADAKİ YAPI ELEMANLARI			Yapı Elemanının Kalınlığı d	Isıl İletkenlik Hesap Değeri Λ_h	Isıl İletkenlik Direnci R	Isıl Geçirgenlik Katsayısı U
TO-1-Taban(Isıtılmayan İç Ortamla Bitişik)			(m)	(W/mK)	(m ² K/W)	(W/m ² K)
	1/ai	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,17	
	8.1.1	İğne yapraklı ağaçlardan elde edilmiş olanlar	0,02	0,13	0,15	
	10.5.1	Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malzemeleri TS 901 EN 13162-10 a uygun; yoğunluk 8-500; ısı iletkenlik grubu 035	0,05	0,035	1,43	
	8.1.1	İğne yapraklı ağaçlardan elde edilmiş olanlar	0,01	0,13	0,08	
	1/alpha_d	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,17	
TOPLAM					2	0,5x0,5

- **Bina sistemleri;** Elektrik, ısıtma ve sıcak su sistemlerinde olarak yenilenebilir enerji kaynaklarından jeotermal enerjiden yararlanılmıştır. Soğutma ve havalandırma sistemleri için doğal havalandırma tercih edilmiştir.

Aydınlanma sistemleri gün ışığına duyarlı tasarlanmıştır. Armatürlerde enerji verimliliğine sahip ampul ve aydınlatma elemanları kullanılmıştır.

Bina en geniş cephesi güneye yönlendirilmesi gerekirken Bursa ilinin yerleşim sistemi nedeni ile kuzeydoğu yönünde yerleştirmiştir.

Binada hava akımının sağlanabilmesi için karşılıklı saydam bileşenlerden (pencerelerden) yararlanılmıştır. Ayrıca egemen rüzgarın esme yönü ve şiddeti de doğal havalandırmada kullanılır.



Şekil 4.21. Doğal havalandırmanın sağlanması

Bursa ortalama dış sıcaklıkları incelendiğinde yaz dönemi için gece saat 12 ile 6 arasında dış hava sıcaklığı genelde 22 °C'nin altında gerçekleşmektedir. Bu saatler arasında doğal havalandırmanın kullanımı uygun hale gelmektedir. Dış ortamdan alınan hava ev içerisine iletilmektedir. Bu noktada havanın belirli bir hızı olduğu için havanın evin içine taşınması kolayca gerçekleşebilmektedir.

Tablo 4.12. Havalandırma raporu (Ek.2).

Havalandırma Tipi	Doğal Havalandırma
Havalandırılan hacim	243.2m ³
Hava Değişim Katsayısı (n_h)	0.8h ⁻¹
Havalandırma Kayıpları (H_v)	64,2048 W/K

Bina sistemlerine ilaveten, soğuk enerji depolama sisteminden yararlanılacaktır. Pik soğutma yükü taleplerinde bu sistem devreye girecektir. Bu sistemde jeotermal enerjiden elde edilen elektrikle mekanik kompresörlü bir sistem (çiller) sayesinde bir depodaki su buz haline çevrilmektedir. Buradan elde edilen soğuk hava bina içerisinde dolaştırılarak soğutma sağlanmaktadır.

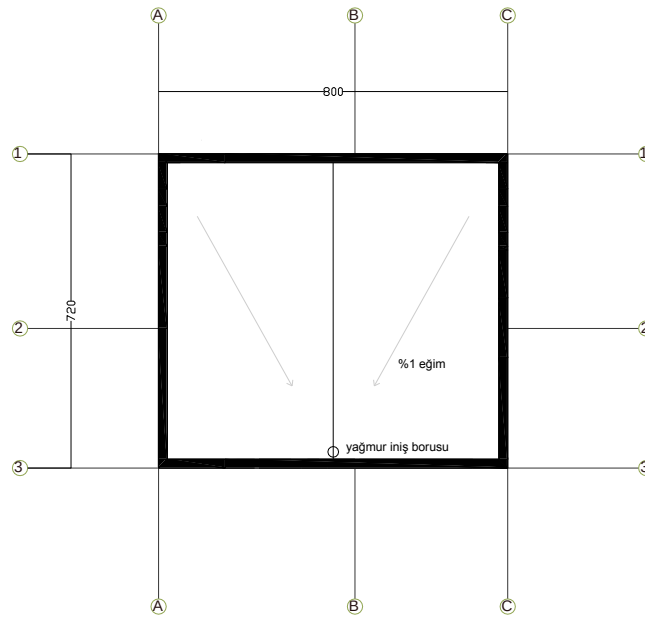


Resim 4.1. Serpantinli enerji (buz) depolama sistemi [8,49].

Binanın güneş ışıını ve rüzgar gibi çevresel etkenlerden gerektiğinde yararlanabilmesi gerektiğinde korunabilmesi için yukarıda sıralanan tasarım değişkenlerinin yanı sıra bina kabuğu üzerinde güneş kontrolü için ortamda beyaz renkli stor perde sistemi, dış ortamda güneş kırıcılar kullanılmıştır.

Pencere yönü ve alanı kış aylarında bile %12' ye varan enerji artırımı sağlar. Ekim ve mart aylarında ölçülmüş enerji korunumu miktarı pencerenin yönü, büyüklüğü, çerçeve değeri, temizliği, camın yansıma faktörü, havanın açık-kapalı olması gibi faktörlere bağlı olarak %15–20 oranında değişim gösterir.

- **Yağmur suyu toplama sistemi;** Çatı eğiminin V şeklindeki yapısı sayesinde yağmur suları kolaylıkla merkezde toplanabilmektedir. Merkezde toplanan yağmur suyu binanın banyosundan kanal yardımı ile bodrum katta depoya indirilmekte, depodan da borular yardımı ile merkezi yağmursuyu depolama merkezine ulaştırılmakta ve bahçe sulaması için kullanılmaktadır.



Şekil 4.22. Örnek konutun çatı planı (Ek.1).

Meteorolojiden alınan veriler doğrultusunda çalışılan yerleşim merkezine son on yıl içerisinde metre kareye yıllık ortalama olarak 531,6 kg yağış düşmüştür. Su problemlerinin sık sık gündeme geldiği günümüzde bu sistemler daha ön plana çıkacaktır.

4.3. Uygulama Yapılacak Yerin (Kaynarca-Sıcak su Bölgesi) Yenilenebilir Enerji Potansiyeli

Yenilenebilir enerji kaynakları coğrafi konuma bağlı olarak değişkenlik göstermesinden dolayı jeotermal enerji enerji etkin binanın uygulanacağı yerin enerji potansiyelinin öncelikle belirlenmesi ve bu doğrultuda tasarım yapılması gerekmektedir [48]. Örnek binanın yerleştirildiği arazi Uludağ'ın eteklerinde Kaynarca-Sıcaksu bölgesinde yer almaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından jeotermal enerji kullanılacaktır. Arsada bulunduğu konum itibarıyla güneş enerjisinden ve rüzgar enerjisinden de yararlanılabilir.

4.3.1. Binanın Yaklaşık Toplam Enerji İhtiyacının Belirlenmesi

Bu bölümde jeotermal yardımı ile kazanmamız gereken yaklaşık enerji miktarının belirlenebilmesi için binanın ısıtma, elektrik enerjisi ve sıcak su sağlaması için ihtiyaç duyduğu yaklaşık toplam enerji miktarı hesaplanmıştır. Hesaplama sonuçlarına göre jeotermal enerji kullanılarak binanın ısıtma, elektrik enerjisi ihtiyacını ve sıcak su ihtiyacını karşılayabileceği araştırılmıştır.

- **Isıtma Enerji İhtiyacı (Yıllık Toplam Bina Isı İhtiyacının Belirlenmesi);**

Tablo 4.13. Binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı (Ek.2)

Aylar	Isı Kaybı			Isı Kazançları			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Özgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş Enerjisi Kazancı	Toplam			
	$H=H_i + H_v$	$T_i - T_d$	$H(T_i - T_d)$	ϕ_i	ϕ_g	$\phi_r = \phi_i + \phi_g$			
	(W/K)	(K, °C)	(W)	(W)	(W)	(W)			
Ocak	256	16,1	4.116	486	1.213	1.700	0,41	0,911	6.653.544
Şubat	256	14,6	3.732	486	1.618	2.105	0,56	0,83	5.144.972
Mart	256	11,7	2.991	486	2.162	2.649	0,89	0,677	3.106.662
Nisan	256	6,2	1.585	486	2.532	3.019	1,90	0,408	912.063
Mayıs	256	1	256	486	3.075	3.562	13,93	(-)	
Haziran	256	Td yüksek	(-)	486	3.250	3.736	(-)	(-)	
Temmuz	256	Td yüksek	(-)	486	3.161	3.647	(-)	(-)	
Ağustos	256	Td yüksek	(-)	486	2.876	3.362	(-)	(-)	
Eylül	256	Td yüksek	(-)	486	2.282	2.768	(-)	(-)	
Ekim	256	4,9	1.253	486	1.691	2.177	1,74	0,437	777.913
Kasım	256	10,5	2.684	486	1.194	1.680	0,63	0,798	3.483.993
Aralık	256	15,2	3.886	486	1.044	1.530	0,39	0,921	6.418.388

$$\text{Toplam } Q_{yıl} = \Sigma Q_{ay} = 26.497.534 \text{ kJ}$$

$$Q_{yıl} = 0,278 \times 1/1000 \times 26.497.534 = 7.366 \text{ kWh}$$

Konut binası için sınırlandırılan enerji ihtiyacı $Q' = 87,72 \text{ kWh} / \text{m}^2$
Konut binası için hesaplanmış olan ısı ihtiyacı $Q = 75,72 \text{ kWh} / \text{m}^2$

$Q < Q'$ olduğundan bu bina için yapılmış olan ısı yalıtım projesi TS 825 standardına uygundur.

Tablo 4.14. Sosyal aktivite alanlarının yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı (Ek.2)

Aylar	Isı Kaybı			Isı Kazançları			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Özgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş Enerjisi Kazancı	Toplam			
	$H=H_i + H_v$	$T_i - T_d$	$H(T_i - T_d)$	ϕ_i	ϕ_g	$\phi_T = \phi_i + \phi_g$			
	(W/K)	(K, °C)	(W)	(W)	(W)	(W)			
Ocak	236	16,1	3.796	547	468	1.015	0,27	0,976	7.271.195
Şubat	236	14,6	3.443	547	666	1.213	0,35	0,941	5.962.825
Mart	236	11,7	2.759	547	936	1.483	0,54	0,844	3.904.844
Nisan	236	6,2	1.462	547	1.188	1.735	1,19	0,569	1.228.496
Mayıs	236	1	236	547	1.422	1.969	8,35	(-)	
Haziran	236	T_d yüksek	(-)	547	1.494	2.041	(-)	(-)	
Temmuz	236	T_d yüksek	(-)	547	1.458	2.005	(-)	(-)	
Ağustos	236	T_d yüksek	(-)	547	1.314	1.861	(-)	(-)	
Eylül	236	T_d yüksek	(-)	547	1.026	1.573	(-)	(-)	
Ekim	236	4,9	1.155	547	720	1.267	1,10	0,598	1.029.996
Kasım	236	10,5	2.476	547	486	1.033	0,42	0,909	3.983.220
Aralık	236	15,2	3.584	547	396	943	0,26	0,978	6.899.910

$$\text{Toplam } Q_{yıl} = \Sigma Q_{ay} = 30.280.485 \text{ kJ}$$

$$Q_{yıl} = 0,278 \times 1/1000 \times 30.280.485 = 8.418 \text{ kWh}$$

Sosyal aktivite binası için sınırlandırılan enerji ihtiyacı $Q' = 31,3 \text{ kWh} / \text{m}^3$
Sosyal aktivite binası için hesaplanmış olan ısı ihtiyacı $Q = 24,61 \text{ kWh} / \text{m}^3$

$Q < Q'$ olduğundan bu bina için yapılmış olan ısı yalıtım projesi TS 825 standardına uygundur.”

Hesaplar sonucu yerleşim biriminin 88.392 kWh 12 konut için, 8.418 kWh sosyal aktivite alanları için toplamda 96.810 kWh ısıtma enerji ihtiyacı vardır.

- **Sıcak Su İhtiyacının Karşılanması İçin Gerekli Olan Enerji Gereksiniminin Belirlenmesi;**

Konut;

$$Q_{\text{sıcak su}} = N_{\text{kişi}} C_p S \Delta T \quad (4.1)$$

$$Q_{\text{sıcak su}} = 4 \times 50 \times 1 \times (60-10) = 10000 \text{ kcal/gün} = 12_{\text{kwh/gün}}$$

$$Q_{\text{yıl}} = 12 \text{ kWh} \times 30 \times 12 = 4320 \text{ kWh}$$

Sosyal aktivite binası (her konuttan 1 kişinin sosyal aktivite binasını kullandığını varsayıyoruz);

$$Q_{\text{sıcak su}} = N_{\text{kişi}} C_p S \Delta T$$

$$Q_{\text{sıcak su}} = 12 \times 50 \times 1 \times (60-10) = 30000 \text{ kcal/gün} = 36_{\text{kwh/gün}}$$

$$Q_{\text{yıl}} = 36 \text{ kWh} \times 30 \times 12 = 12960 \text{ kWh}$$

Bu formül için;

$N_{\text{kişi}}$: bir evdeki ortalama insan sayısını,

C_p : suyun özgül ısı,

S : günlük ortalama sıcak su ihtiyacını,

ΔT : sıcaklık farkını ifade etmektedir.

Hesaplar sonucu yerleşim biriminin 51.840 kWh 12 konut için, 12.960 kWh sosyal aktivite alanları için toplamda 64.800 kWh sıcak su ihtiyacını karşılaması için enerjiye ihtiyacı vardır.

(Eşitlikte gösterilen $N_{\text{kişi}}$ bir evdeki ortalama insan sayısını ifade etmektedir ve hesaplamalar konutlar için 4 kişi, sosyal aktivite binası için ise her konuttan 1 kişinin sosyal aktivite binasını kullandığını varsayarak alınmıştır. S ise günlük ortalama sıcak su ihtiyacını belirtmektedir ve hesaplamalarda 50 lt/(kişi-gün) veya 50 kg/(kişi-gün), ve ΔT ise sıcak su (60 °C) ile şebekeden gelen su (10 °C) arasındaki sıcaklık farkını C_p ((kj/kgK)) suyun özgül ısı ifade etmektedir.)

- **Elektrik Enerjisi İhtiyacının Belirlenmesi;**

Tablo 4.15. Tesisin günlük elektrik enerjisi ihtiyacı

		Ayd. Gücü	Priz Gücü	Elk.Cihaz	Toplam Kurulu Güç
Bodrum	Tesisat Odaları	160	600		760
Zemin	Salon	500	900		1.400
	Mutfak	120	900	2.000	3.020
	Banyo	100	600		700
	Merdiven	100	300		400
	Giriş	200			200
1. Kat	Oda 1	120	600		720
	Oda 2	120	600		720
	Oda 3	120	600		720
	Banyo	100	600	1.000	1.700
	Merdiven	100	300		400
Konut Toplam		2.120	6.600	3.000	10.740 W
Sosyal T.	Depo + Isınma	300	600	2.250	3.150
	Hamam	120			120
	Buhar Banyo	60			60
	Sauna	60			60
	Soy. Odaları	320			320
	Kafe	500			500
	Fitness	1.200		3.000	4.200
Sosyal Aktivite Toplam		2260	600	5250	8410 W
Çevre Aydınlatma					3.000W
Toplam17.950W=17,95kwh/gün					

Konut;

$$Q_{yıl\text{-}elektrik\text{ enerjisi}} = 10,74KW \times 30 \times 12 = 3866,40 \text{ kWh}$$

Sosyal aktivite binası;

$$Q_{yıl\text{-}elektrik\text{ enerjisi}} = 8,41KW \times 30 \times 12 = 3027,6 \text{ kWh}$$

Çevre aydınlatma;

$$Q_{yıl\text{-}elektrik\text{ enerjisi}} = 3 \text{ KW} \times 30 \times 12 = 1080 \text{ kWh}$$

Hesaplar sonucu yerleşim biriminin 46396,8 kWh 12 konut için, 3027,6 kWh sosyal aktivite alanları için, 1080 kWh çevre aydınlatma için toplamda 50504.4 kWh sıcak su ihtiyacını karşılaması için enerjiye ihtiyacı vardır.

Tesisin yıllık toplam enerji ihtiyaçları yapılan hesaplamalara göre Tablo 4.14' deki gibi belirlenmiştir.

Tablo 4.16. Tesisin yıllık toplam enerji ihtiyacı

	Isıtma Enerjisi	Sıcak Su İçin Gerekli Enerji	Elektrik Enerjisi
Konut (12 adet)	88392 kWh	51840 kWh	3866,40 kWh
Sosyal aktivite binası	8418 kWh	12960 kWh	3027,6 kWh
Çevre aydınlatma	-----		1080 kWh
Genel Toplam	96810 kWh	64800 kWh	50504.4 kWh

Tablo 4.16'da görüldüğü gibi sıcaklığı 88°C , debisi 50l/s olan kaynaktan elde edilebilecek enerji miktarları aşağıdaki gibi hesaplanabilir;

- Jeotermal Enerjisinden Elde Edilebilecek Yenilenebilir Enerji Miktarı**

Jeotermal kuyularından elde edilen güç hesabı yapılırken aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$Q_{\text{üretim}} = \sum_{i=0}^n \cdot m_i \cdot C_p \cdot (T_{\text{üretim}} - T_{\text{atık}}) \quad (4.2)$$

$$Q_{\text{üretim}} = 50 \text{ (kg/s)} \times 1 \text{ (kJ/kgK)} \times (88^{\circ}\text{C} - 38^{\circ}\text{C}) = 2.500 \text{ (kJ/s)}$$

$$= 2.500 \times 60 \times 60 = 9.000.000 \text{ kJ/h}$$

$$\text{Toplam Qsaat} = \Sigma Q_{\text{saat}} = 9.000.000 \text{ kJ/h} = 9.000.000 \times 24 \times 30 \times 12 = 7776 \times 10^7 \text{ kJ/yıl}$$

$$Q_{\text{yıl}} = 0,278 \times 1/1000 \times 7776 \times 10^7 = 21.617.280 \text{ kWh}$$

$$Q_{\text{yıl}} = 21.617.280 \text{ kWh}$$

Bu formül için;

m_i : kütle,

C_p : suyun özgül ısı,

T: sıcaklık ifade etmektedir.

Tablo 4.17. Simav'daki mevcut jeotermal kaynakların elektrik enerjisinde kullanılabilirlikleri [53,54,55].

Kuyu	Tarih	Derinlik (m)	Debi (kg/s)	Sıcaklık (°C)	Balneoloji	Hacim Isıtması	Güç Üretimi
E-1	1985	65	14	142 (KD)	x	x	*B
E-2	1985	149	55	158 (KD)	x	x	B
E-3	1985	150	50	149 (KD)	x	x	B
E-4	1994	220	1	98	x	x	o
E-5	1995	300	6	97	x	x	*B
E-6	1994	169	50	157 (KD)	x	x	B
E-7	1997	475	0.25	52	x	*H	o
E-8	1997	205	80	92	x	x	B
E-9	2004	208	60	98	x	H	o
E-10	2005	288	90	108	R	R	R
E-11	2005	502	35	99	x	x	B
E-13	2006	241	35	150	x	x	B
EJ-1	1990	725	72	162 (KD)	x	x	B
EJ-2	1990	958	1	157	x	*X	o
EJ-3	1997	424	50	93	x	x	B
EJ-4	2006	588	65	152 (KD)	x	x	B
EJ-5	2007	603	60	152 (KD)	x	x	B
TRG M-1	1997	246	3	52	x	*H	o
Ç-1	1985	101	32	97	x	x	B
N-1	1986	200	2	42	x	*H	o

x: olumlu, o: olumsuz, *:diğer kaynaklarla birlikte, B: Binary çevrim ile, H: Isı pompası ile, KD: Kuyu dibi sıcaklığı, R: Re-injeksiyon

Ülkemizde 40 °C nin üzerindeki jeotermal sularla konutların ısıtılabilirliğini diğer bölümlerde incelemiştik. Tablo 4.15'e göre de sıcaklığı 88 C⁰, debisi 50 l/s olan kaynaktan Binary çevrim kullanarak elektrik enerjisi temin edilebileceğini görmekteyiz.

Tablo 4.18. Çalışma sahasının sondaj sonuçları [56]

SONDAJ ADI	Y	X	Z	Yılı	Derinlik	T(°C)	*Q(l/s)		
BK-1	67433	4452484	123	2002	750	49	10	A	MTA
BK-2	673416	4452190	121	2003	401,8	88	50	A	MTA
BÇ-2	671705	4452030	120	1999	250	43	55	A	MTA
BÇ-1	671720	4452005	120	1999	66	44	116	A	Özel
Condinent-1	673657	4452087	120	1999	120	55,5	7	-	Özel
K.Mustafa-1	673541	4452060	120	2001	120	54,3	6	P	Özel
K.Mustafa-2	673471	4452113	120	2000	18	61,4	5	P	Özel
Hilmi İpekci	671735	4451965	120	1990	85	44,2	4	A	Özel
BJ-1	673916	4451995	113	2010	641	88	30	Artezien	Valilik
BKJ-2	674249	4451848	136	2010	376	41		**Gradyan	Valilik
BKJ-3	673821	4452265	112	2010	440	56		**Gradyan	Valilik
Mihraplı-1	670605	4452299	120	2009	1076	15	30		Valilik

* Kuyuların ilk yapıldıkları zamana ait müstakil debileri

** Kuyu taban sıcaklığı

• Jeotermal Enerjisinden Elde Edilebilecek Elektrik Enerjisi Miktarı

Batı Anadolu'daki jeotermal kaynaklar sıcaklıklarına göre ele alındığında %31'lik kısmı 90-120°C aralığındadır. Bu sebeple analizde, söz konusu sıcaklıklar aralığında çalışan bir tesis incelenmek üzere seçilmiştir. Türkiye'de bu şartlar altında çalışan bir tesisin bulunmaması nedeniyle ABD, Nevada' da faaliyet gösteren ikinci kanuna dayanan ekserji (kullanılabilir enerji miktarı-kullanılabilirlik) analizlerini kullanarak rankine çevrimi ile çalışan gerçek bir jeotermal tesisin verileri kullanılmıştır. Tesis verileri Kanoğlu ve Çengel (1998)'in yaptığı çalışmadan alınmıştır.

Rankine çevrimini oluşturan tüm elemanlar sürekli akışlı sürekli açık sistem (SASA) örnekleridir. SASA sistemleri için sürekli-rejim halinde tersinmezlik ya da diğer bir ifadeyle yitirilen iş yapabilme olanağı (I), tersinir iş (W_{tr}) ile faydalı net iş (W_{net}) arasındaki fark olarak

$$I = W_{tr} - W_{net} = \sum_j \left(1 - \frac{T_c}{T_j}\right) \cdot Q_j - W + \sum_g m_g e_g - \sum_c m_c e_c \quad (4.3)$$

(Bu formül için;

I: iş yapabilme olanağı ,

W_{tr}: tersinir iş,

W_{net}: faydalı net işi ifade etmektedir.)

ifadesiyle hesaplanabilir. Kinetik ve potansiyel enerji değişimleri ihmal edilmek şartıyla, herhangi bir haldeki özgül ekserji (e) değeri ise

$$e = h - h_0 - T_0 (S - S_0) \quad (4.4)$$

(Bu formül için;

e: özgül ekserji,

h: özgül entalpi,

s: özgül entropi

T: sıcaklık ifade etmektedir.)

ifadesiyle bulunabilir. Burada; h özgül entalpi (kJ/kg), s özgül entropi (kJ/kgK), T ise sıcaklık (K) olup, o indisi ölü şartları ifade etmektedir. Birim zamandaki ekserji (E) değeri ise özgül ekserji ile kütleli debi çarpılarak bulunabilir.

$$E = m \cdot e \quad (4.5)$$

(Bu formül için;

E: ekserji,

e: özgül ekserji,

m_i: kütle, ifade etmektedir.)

Ele alınan iki kaynak arasında çalışabilecek en verimli makine Carnot makinesidir. Buradan hareketle, ikinci kanun (ekserji-kullanılabilirlik) verimi (η_{II}) ise

$$\eta_{II} = \frac{W_{net}}{W_{tr}} = \frac{\eta}{\eta_c} \quad (4.6)$$

olarak bulunabilir.

(Bu formül için;

η_{II} : ikinci kanun (ekserji-kullanılabilirlik) verimi,

W_{tr}: tersinir iş,

W_{net}: faydalı net iş ifade etmektedir.)

Analizde, ölü hal şartı olarak, jeotermal tesisin kurulu olduğu bölgenin yıllık ortalama meteorolojik değerleri olan 13°C ve 84 kPa alınmıştır. Türbinden çevreye olan ısı geçişi miktarı ise 322 kW olarak kullanılmıştır [33]. Tüm sistemlerin sürekli-rejimde çalıştığı, kimyasal reaksiyonların olmadığı, kinetik ve potansiyel enerji değişimlerinin ise ihmal edilebilecek kadar küçük kabul edilmiştir [1].

Simav jeotermal sahasında kurulması düşünülen ORC-Binary veya Kalina güç santrali için ORC-Binary çevrimli güç santralinde ikincil akışkan olarak R-124, R-134a, R-236fa, R-401A, R-407C ve R-600a akışkanları seçilmiş ve üretilen güçler hesaplanmıştır. Santralden en yüksek verim R-236fa ikincil akışkanının kullanılması durumunda elde edilmiştir.

Simav jeotermal sahasına ait karakteristik değerler kullanılarak tasarlanan Kalina çevrimli güç santrali için 4 farklı model göz önüne alınmıştır. Buna göre, çevrimde kullanılan çalışma akışkanı Model I için ağırlıkça %60 NH₃-%40 H₂O olarak, Model II için ağırlıkça %70 NH₃-%30 H₂O olarak, Model III için ağırlıkça %80 NH₃-%20 H₂O olarak ve Model IV için ağırlıkça %90 NH₃-%10 H₂O olarak seçilmiş ve üretilen güçler hesaplanmıştır [53].

Tablo 4.19. ORC-Binary güç santraline ait teknik karakteristikler ve hesaplanan veriler [53].

Parametre	Birim	Değer					
		R-124	R-134a	R-236fa	R-401A	R-407C	R-600a
A noktası sıcaklığı	°C	110	90	120	100	80	125
B noktası sıcaklığı	°C	46	38	56	42	30	69
C noktası sıcaklığı	°C	19	16	16	16	16	16
D noktası sıcaklığı	°C	19	16	16	16	16	16
Çalışma akışkan debisi	kg/s	115,01	98.35	103.56	93.54	96.41	46.77
Kondenser su kapasitesi	kg/s	466,86	486.47	460.49	478.53	481.50	476.30
Türbin güç üretimi	kWe	3148,29	2462.84	3388.99	2862.26	2745.41	2941.77
Jeneratör güç çevrimi	kWe	3116,81	2438.21	3355.10	2833.64	2717.96	2912.35
Yıllık elektrik üretimi	MWh	26181,22	20480.99	28182.87	23802.54	22830.83	24463.72
Isı verim	%	12,76	9.99	13.74	11.60	11.13	11.93

Tablo 4.20. Sınava'daki mevcut jeotermal kaynağın Kalina güç santraline ait teknik karakteristikler ve hesaplanan veriler [53]

Parametre	Birim	Değer											
		Model I		Model II		Model III		Model IV					
A noktası sıcaklığı	°C	95		83		70		70					
B noktası sıcaklığı	°C	22		25		25		25					
C noktası sıcaklığı	°C	49		41		33		29					
D noktası sıcaklığı	°C	58		51		42		38					
Çalışma akışkanı	Ağırlık ça %	<u>NH₃</u>		<u>H₂O</u>		<u>NH₃</u>		<u>H₂O</u>		<u>NH₃</u>		<u>H₂O</u>	
		60		40		70		30		80		20	
Jeotermal akışkan çıkış sıcaklığı		<u>100</u>	<u>90</u>	<u>80</u>	<u>100</u>	<u>90</u>	<u>80</u>	<u>100</u>	<u>90</u>	<u>80</u>	<u>100</u>	<u>90</u>	<u>80</u>
Çalışma akışkanı debisi		80.91	97.85	114.71	71.86	86.91	101.89	62.98	76.17	89.29	59.21	71.61	83.94
Kondenser su kapasitesi		1453.05	1757.30	2060.05	1500.87	1815.13	2127.85	1503.24	1818.00	2131.22	1589.86	1922.76	2254.02
Türbin güç üretimi		3449.76	4172.09	4890.88	3330.98	4028.44	4722.48	3336.25	4034.81	4729.96	3528.49	4267.31	5002.51
Jeneratör güç üretimi		3415.26	4130.37	4841.98	3297.67	3988.15	4675.26	3302.88	3994.46	4682.66	3493.20	4224.63	4952.48
Yıllık elektrik üretimi		28688.18	34695.09	40672.60	27700.39	33500.47	39272.16	27744.23	33553.48	39334.31	29342.92	35486.92	41600.84

Model I için, jeotermal akışkan yerine kömür kullanılması durumunda CO₂ salınımı, jeotermal akışkanın çıkış sıcaklığına bağlı olarak, 31,500-44,700 ton/yıl arasında değişmektedir. Bu durum doğal gaz için 25,000-35.600 ton/yıl, petrol kullanılması durumunda 23,000-33,500 ton/yıl ve hidrolik kaynakların kullanılması durumunda ise 5,700-8,100 ton/yıl arasında değişmektedir [53].

Tabloya göre yıllık elektrik üretimi 34.695,09MWh = 34.695.090 kWh elektrik üretilmektedir.

- **Jeotermal Enerjisinden Elde Edilebilecek Isıtma Enerjisi Miktarı**

$$Q_{\text{üretim}} = \sum_{i=0}^n m_i C_p (T_{\text{üretim}} - T_{\text{atık}})$$

$$Q_{\text{üretim}} = 50_{(\text{kg/s})} \times 1_{(\text{kJ/kgK})} \times 20_{(\text{C}^0)} = 1.000_{(\text{kJ/s})}$$

$$Q_{\text{yıl}} = 1.000_{(\text{kJ/s})} \times 60 \times 60 = 3.600.000 \text{ kJ/h}$$

$$\text{Toplam Qsaat} = \Sigma Q_{\text{saat}} = 9.000.000 \text{ kJ/h} = 3.600.000 \times 24 \times 30 \times 12 = 3110,4 \times 10^7 \text{ kJ/yıl}$$

$$Q_{\text{gün}} = 0,278 \times 1/1000 \times = 8.646.912 \text{ kWh}$$

$$Q_{\text{yıl}} = 8.646.912 \text{ kWh}$$

Bu formül için;

m_i : kütle,

C_p : suyun özgül ısı,

T : sıcaklık ifade etmektedir.

(Bina enerji sisteminin verileri Kanoğlu ve Çengel (1998)'in yaptığı çalışmadan elde edilen verilerden referans alınarak debisinin 50 lt/s' de sabit kaldığı ΔT ' nin ise 20 °C olduğu kabul edilmiştir.)

Bu çalışmada, Jeotermal enerjiden yeterince yararlanmak amaçlanmıştır. Kaynaktan elde edilebilecek enerji miktarı 34.695.090 kWh elektrik, 8.646.912 kWh ısıtma enerjisi temin edilebilmektedir. Binaların harcadığı yıllık elektrik enerji miktarı yaklaşık 50.504,4 kWh, ısıtma enerjisi 96.810 kWh, sıcak su ihtiyacının karşılanması için gerekli olan enerji ise 64.800 kWh' dir.

Bu tip yenilenebilir enerji kullanan bir tesisin kazanç maliyetini aşağıdaki gibi inceleyebiliriz;

- Jeotermal akışkan yerine termik santrallerden elde edilen şebeke elektriği kullanılmış olsaydı (Ek.4);

$$Q_{\text{elektrik fiyatı}} = E_{\text{enerji}} \times 25,886 \text{ kr/kWh}$$

$$Q_{\text{elektrik fiyatı}} = 50504,4 \text{ kWh} \times 25,886 \text{ kr/kWh} = 1.307.357 \text{-Kr.} = 13.073,57 \text{-TL,}$$

- Jeotermal akışkan yerine doğalgaz kullanılmış olsaydı (Ek.4);

$$Q_{\text{doğalgaz fiyatı}} = E_{\text{enerji}} \times 0,6681382 \text{ TL/kWh}$$

$$Q_{\text{doğalgaz fiyatı}} = 161610 \text{ kWh} \times 0,6681382 \text{ TL/kWh} = 107.977,82 \text{-TL,}$$

maliyetle enerji gereksinimi için harcama yapılmış olunacaktır.

- Jeotermal akışkandan elde edilen fazla elektrik enerjisi termik santrallerden elde edilen şebeke elektriğine verilmiş olsaydı (Ek.4);

$$Q_{\text{elektrik fiyatı}} = E_{\text{enerji}} \times 25,886 \text{ kr/kWh}$$

$$Q_{\text{elektrik fiyatı}} = 34.644.585 \text{ kWh} \times 25,886 \text{ kr/kWh} = 896.809.743 \text{-Kr.} \\ = 8.968.097,43 \text{-TL,}$$

- Jeotermal akışkandan elde edilen fazla ısıtma enerjisi bölgesel ısıtma sistemine verilmiş olsaydı (Ek.4);

$$Q_{\text{doğalgaz fiyatı}} = E_{\text{enerji}} \times 0,6681382 \text{ TL/kWh}$$

$$Q_{\text{doğalgaz fiyatı}} = 8.485.302 \text{ kWh} \times 0,6681382 \text{ TL/kWh} = 5.669.726,10 \text{-TL,}$$

sistem gelir elde edilmiş olunacaktır.

5.SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülkemiz gelişmekte olan ülkeler arasında yer almakta ve gün geçtikçe enerji ihtiyacı da artmaktadır. Artan ihtiyaca cevap verebilmek amacı ile sınırlı olan enerji kaynaklarını en iyi şekilde değerlendirmek zorundadır. Bu konuda en etkin çözüm enerji etkin konut tasarımı ilkelerine uyarak enerji gereksinimini en az düzeyde tutan binalar elde etmektir. Bunun yanı sıra tükenebilir enerji kaynak kullanımını azaltarak alternatif enerji kaynaklarına yönelmektir. Türkiye’de kullanılabilir alternatif enerji kaynaklarından bir tanesi de güneş ve rüzgar enerjisi dışında jeotermal enerjidir.

Tahmini jeotermal enerji potansiyeli 31.500 MW olan ülkemizde mevcut jeotermal enerjiden yeterince yararlanılamamaktadır. Jeotermal enerji sistemleri ucuz, karlı ve yatırımı karşılama süresi oldukça düşük olan sistemlerdir.

Bu çalışmada, Türkiye’nin önemli jeotermal alanlarından birisi olan Bursa’da Kaynarca bölgesinde bulunan 12 adet konut ve bir sosyal merkezden oluşan yerleşim biriminin ihtiyaç duyduğu tüm enerjinin Jeotermal enerjiden yararlanarak karşılanması amaçlanmıştır. Bursa’da bu çalışmada ele alınan kaynakların doğalgaz eşdeğeri ekonomik değeri yaklaşık olarak yılda 1.200.000 TL’dir.

Jeotermal enerjiyi ısıtma, elektrik vb. bina için gerekli enerjilere dönüştürebilmek için yaşam alanlarından ayrı yada binadan tamamen kopuk bir tesisat odasının bulundurulması yeterlidir. Günümüzde yaygın olarak kullanılan güneş ve rüzgar enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarını binanın cephesine entegre edebilmek için mekanik bir sistem eklemek gerekirken jeotermal enerjide herhangi bir ekleme gerekmemektedir. Bu durum jeotermal enerjinin bina uygulama inşaat maliyetine ek maliyet getirmediği gibi tasarımcısında binayı enerji etkin tasarım kriterleri göz önüne alarak özgürce tasarlamasına olanak sağlamaktadır.

Jeotermal enerji binanın yönlenmesi ve arazi yerleşiminde güneş ve rüzgar enerjisi gibi bir sınırlaması yoktur. Jeotermal enerji yeterli sıcaklık ve debide kaynak bulunduğu takdirde tüm binalara entegre edilebilen bir sistemdir.

Yapılan çalışmada tasarlanan bina grubunun enerji giderlerini en alt düzeyde tutabilmek için dikkat edilmesi gereken parametreler sıralanarak uyulması gereken kurallar sıralanmıştır. Tasarlanan binalarda bu kurallara uyularak enerji giderleri Türkiye’de geçerli olan ısı korunumu yönetmeliğinin öngördüğü sınırlar içerisinde tutulmuştur. Bölgenin coğrafi yapısı ve geleneksel yerleşmenin zorlayıcılığı nedeniyle genel kullanım mekanlarının Kuzeyli yönler bakması gerekliliği enerji etkin konut tasarımı için önemli bir olumsuzluktur. Ancak bu bölümde bulunan saydam ve opak bileşenlerde alınan özel önlemler ile bu olumsuzluk ortadan kaldırılarak binanın ısıtma enerjisi kayıp ve kazançlarının “TS 825 Isı Korunumu Yönetmeliği” nin öngördüğü sınırlar içerisinde kalması sağlanmıştır ve binanın yıllık toplam ısıtma enerjisi ihtiyacı hesaplanmıştır.

Isıtma enerjinin yanı sıra tasarlanan konut eşdeğeri bir konutun yaklaşık elektrik enerjisi ihtiyacından yola çıkılarak tasarlanan yerleşim biriminin toplam elektrik enerji ihtiyacı hesaplanmıştır. Hesaplama sonuçları ile kaynaktan elde edilebilecek toplam enerji miktarı karşılaştırıldığında; kaynaktan elde edilebilecek enerji miktarı yaklaşık olarak 34.695.090 kWh elektrik, 8.646.912 kWh ısıtma enerjisidir. Binaların

harcadığı yıllık elektrik enerji miktarı ise yaklaşık 6500 kWh, ısıtma enerjisi ise 101130 kWh' dir.

Bu durumda yeterli alt yapı kurulduğunda mevcut jeotermal kaynaklarının kullanılması ile binanın ihtiyaç duyduğu ısıtma enerjisinin yaklaşık 85 katının ve elektrik enerjisi ihtiyacının ise yaklaşık 5300 katının elde edilebileceği görülmüştür.

Yenilenebilir enerji kaynaklarından jeotermal enerjiden bu kazancı elde edebilmek için bazı riskler taşınması sebebi ile jeotermal akışkan sıcaklığı 200 °C ve yukarısında olan küçük kapasiteli jeotermal santraller (5 MW'dan küçükler) için ise 2.880-4140 TL/kW civarında elektrik enerjisi için yatırım maliyeti gerekmektedir. Jeotermal merkezi ısıtma sistemlerinin komple yatırımı için kuyular, bina altı ekipman ve eşanjörleri ve bina içi bağlantıları dahil 100 m²'lik konut başına 1800-4500 TL arasında yatırım maliyeti gerekmektedir.

Halbuki jeotermalde global olarak; kuyular, bina altı ekipman ve eşanjörleri ve bina içi bağlantıları dahil 1500 - 2500 \$'ı ödeyen bir ev sahibi, evinin jeotermal ile ısıtılması, sıcak su verilmesi ile ilgili her türlü hakka ve tesise sahip olmakta ve ayrıca doğalgaza göre en az %50 ucuza ısınmaktadır.

Jeotermal enerji gelecekte Türkiye'nin enerji ihtiyacının karşılanması açısından önemli bir potansiyele sahiptir. Türkiye jeotermal enerji potansiyeli açısından Avrupa'da iki, Dünyada beşinci sırada yer almasına rağmen, jeotermal kaynaklardan elektrik üretimi oldukça düşüktür. Bugün dünyada yaygın olarak kullanılmaya başlanılan bu teknolojiler ülkemiz santrallerinde mutlaka uygulanmalı ve geliştirilmesi amacıyla Ar-Ge çalışmaları arttırılmalıdır.

KAYNAKÇA

- [1] ETEMOĞLU, A.B., İŞMAN, M.K., CAN, M., 2006, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 11, Sayı 1, 2006.
- [2] CAN, M., 1994, Ekoloji Çevre Dergisi, Sayı 13, 1994.
- [3] SEZGİN, F., 2005, Pasif Akıllı Büro Binalarında Enerji Bakımından Tasarım Ölçütleri Analizi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta
- [4] YILMAZ, B., 2009, Binalarda Enerji Verimliliği ve Sürdürülebilirlik, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [5] TÖNÜK S., 2001, Bina Tasarımında Ekoloji”-Yıldız Teknik Üniversitesi Basım Yayın Merkezi, İstanbul, s.103,104 (2001)
- [6] AKMALI ÖZÇİFTÇİ, S., 2010, Ekolojik Binalarda Enerjinin Etkin Kullanılmasının İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- [7] TOKUÇ, A., 2004, İzmir’de Enerji Etkin Konut Yapıları İçin Tasarım Kriterleri, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- [8] KEBAPÇI, İ., 2009, Şehir Planlamada Enerji Etkinliği, T.C. Ankara Valiliği Milli Eğitim Müdürlüğü Energetik Eğitim Modülleri, 2009,Ankara.
- [9] SELİCİ, T., 2006, Enerji Kullanımının Çevresel Etkileri ve Sürdürülebilir Gelişme: Balıkesir Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.
- [10] BOZKURT, A.U., 2008, Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Enerji Verimliliği Açısından Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- [11] YAMAN, Y., 2007, Enerji Tasarrufu ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları”-Birsen Yayınevi, İstanbul, s.238 (2007)

- [12] AKOVA, İ., 2008, Yenilenebilir Enerji Kaynakları"-Nobel Yayın Dağıtım, İstanbul, s.20 (2008).
- [13] DEMİREL, M., 1998, Jeotermal Enerjinin Yerleşim Alanlarına Ekonomik Etkisi , Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kütahya .
- [14] CURUP, A.W., Principles of Energy Conversion, 1991, MC Graw-Hill Inc, Singapore.
- [15] DOKUZUNCU KALKINMA PLANI, 2009, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Enerji Hammaddeleri (Linyit-Taşkömürü-Jeotermal) Çalışma Grubu Raporu 2007-2013, T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı, Ankara.
- [16] ORME JEOTERMAL, 1998, A.g.e.Yay.No:94/02.s3.
- [17] ŞAMİLGİL, E., Jeotermal Enerji, Yıldız Teknik Üniversitesi Kocaeli Müh. Fak. Jeoloji Müh. Bl. Sayı:262, İstanbul, 1992, s4.
- [18] YILMAZ, Ö., 1999, Jeotermal Enerji ve Afyon'da Kullanımı, Afyon Kocatepe Üniversitesi Basım Yayın Merkezi, Afyon, s.40,41, 42, 43, 44, 45, 48, 49 (2001).
- [19] Bilim Teknik Dergisi, Şubat 1996, s61
- [20] Bilim Teknik Dergisi, Ağustos, 1990, s40
- [21] KILIÇ, N., 2008, Yenilenebilir Enerji Kaynakları, İzmir Ticaret Odası Ar&ge Bülten, İzmir.
- [22] www.greenpeace.org/turkey/
- [23] YONAR, G., 2007, Jeotermal Enerji İle Isıtılan Kütahya İli Simav İlçesindeki Isıtma Sisteminin Çevresel Etkilerinin Değerlendirilmesi ve Uygulanması Gereken Yenilikler, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [24] MERTOĞLU, O., MERTOĞLU, M. ve BAŞARIR, H., "Yenilebilir Bir Enerji Kaynağı olan Jeotermal'in Verimliliği ve Çevre ile Olan ilişkisi, 21. yüzyılda Bütün Yönleriyle Enerji Sempozyumu ve Sergisi, 28-30 Nisan 1994.

[25] GÜRSES, A.Ç., 2003. Jeotermal Bölgesel Isıtma Sistemlerinin Tasarım Kriterleri, VI. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Teskon Fuarı Jeotermal Enerji Semineri, İzmir, TÜRKİYE, Ekim 8-11.

[26] Jeotermal Resources Council Bulletin, January/February 1994 (USA)

[27] Doğal Gaz Dergisi Tem-Ağs.1994, sayı 33

[28] TAMYERLİ, U., 2007, Jeotermal Enerjiden Elektrik Üretiminin İrdelenmesi Örnek Çalışma: Kütahya – Simav Jeotermal Sahası, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, Kütahya .

[29] LUND, W.J., FREESTON, H.D., 2001, World-wide direct uses of geothermal energy 2000, Geothermic, Vol.30, p: 29-68.

[30] Dİ PİPPO, R., 1999, Small geothermal power plants – design, performance and economics, GHC Bulletin.

[31] DOKUZUNCU KALKINMA PLANI, 1996, Yedinci beş yıllık kalkınma planı özel ihtisas komisyonu raporu, Jeotermal Enerji, T.C. Başbakanlık Devlet Planlama Teşkilatı, Ankara, s: 81.

[32] DAĞDAŞ, A., 2004, Jeotermal enerji kaynaklarının optimal kullanım modelinin geliştirilmesi ve yöresel uygulaması, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, İstanbul, s: 150.

[33] KANOĞLU, M., ÇENGEL, Y.A., 1999, Improving the efficiency of on existing binary geothermal power plant, A Case Study, Transection of the ASME, Journal of Energy Resources Technology, Vol : 121, No: 3.

[34] KANOĞLU, M., 2005, Jeotermal elektrik üretim sistemleri ve kojenerasyon, Jeotermal Enerji Seminer Kitabı, TESKOM 2005 VII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, MMO Yayın No: E/2005/393-2, 23-26 Kasım 2005, s: 289-299.

[35] Dİ PİPPO, R., 2005, Geothermal power plants: Principles, applications and case studies, Elsevier Advanced Technology, Oxford, England.

[36] BARBIER, E., 2002, Geothermal energy technology and current status: An overview renewable and sustainable energy reviews, Pergamon, p: 3-65.

- [37] KANOĞLU, M., 2002, Exergy analysis of a dual – level binary geothermal power plant, Geothermics, p: 709-724.
- [38] HENRY, A., MLCAK, P., 2001, Desing and start-up of the 2 MW Kalina Cycle Orkuveita Husavikur Geothermal Power Plant in Iceland, European Geothermal Energy Council 2th Business Seminar, Altheim – Austria, p: 1-8.
- [39] SERPEN, U., 2003, Jeotermal enerji teknolojisinde yeni gelişmeler, Jeotermal Enerji Doğrudan Isıtma Sistemleri: Temelleri ve Tasarımı Seminer Kitabı, TESKOM 2003, MMO Yayın No: MMO/2003/328-4, 511-519.
- [40] YILMAZ, Z., 2006, Akıllı Binalar ve Yenilenebilir Enerji, Tesisat Mühendisliği Dergisi, Sayı: 91, s. 7-15 , 2006.
- [41] MANİOĞLU, G., 2011, Enerji Etkin Tasarım ve Yenileme Çalışmalarının Örneklerle Değerlendirilmesi, Tesisat Mühendisliği Dergisi, Sayı: 126, s. 35-46 , 2011.
- [42] MOORE, F., Environmental Control Systems, New York, McGraw-Hill Inc., 1993.
- [43] [www. yalkihasan.tripod.com](http://www.yalkihasan.tripod.com), Enerji Etkin Bina Tasarımına Giriş, Ocak 2 0 1 0.
- [44] ESİN, T., YÜKSEK , İ., 2009, Çevre Dostu Ekolojik Yapılar, 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), 13-15 Mayıs 2009, Karabük.
- [45] SOYSAL, S., 2008, Konut Binalarında Tasarım Parametreleri İle Enerji Tüketimi İlişkisi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [46] DANİELS, K.,1979, The Technology of Ecological Building: Basic Principles and Measures, Examples and Ideas, Birkhauser Verlag Basel Boston, Berlin 56.
- [47] BAYAZIT, N., DÜLGEROĞLU, Y., YILMAZ, Z., “Toplu Konut Standartları-Mekan, Fiziksel Çevre, Bina Ekonomisi”, Toplu Konut Yapımcıları Derneği, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi, İstanbul, 1992.

[48] COŞKUN, C., OKTAY, Z., SARPDAĞ, Ö., COŞKUNYÜREK, A.H., EVCİMAN, M., 2008, Yeşil Enerji Etkin Akıllı Villalara Yönelik Özgün Bir Tasarım, VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu(UTES'08), 17-19 Aralık 2008, İstanbul.

[49] www.enerteach.com

[50] KANLIOĞLU, H., 2007, Soğu Depolama, Bitirme Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

[51] ‘‘Thermal Energy Storage for Space Cooling’’, The U.S. Department of Energy’s Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, 2006

[52] ERTÜRK, D., 2010, Bursa İli Jeotermal Potansiyeli, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.

[53] ARSLAN, O., ÖZGÜR, M.A., KÖSE, R., 2007, Binary Çevrimli Güç Santrali ve Küresel Isınma Boyutu: Simav Uygulaması, -Uluslararası Küresel İklim Değişikliği Kongresi (UKİDEK'07), 18-20 Ekim 2007, Kütahya.

[54] Anonim, Simav Eynel Kaplıcaları Sıcak Su Kuyuları, Simav Belediyesi Arşivi, 2007.

[55] MTA, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Türkiye Jeotermal Kaynakları Envanteri, 2005.

[56] Anonim, Bursa Jeotermal Enerji San. Tic. A.Ş. Sondaj Çalışmaları, Bursa Valiliği İl Özel İdaresi Jeotermal A.Ş. Arşiv, 2011.

[57] CİVAN, U., 2006, Akıllı Binaların Çevresel Sürdürülebilirlik Açısından Değerlendirilmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[58] ÇEDBİK, 2009. Çevre Dostu Binalar Derneği,
<http://www.cevredostubinalardernegi.org>

[59] USGBC, 2009. Leadership in Energy and Environmental Design (LEED),
<http://www.usgbc.org/LEED>

EKLER

EK-1.TESİS UYGULAMA PROJESİ ÇİZİMLERİ

Proje pafta halinde teslim edilecektir.

EK-2.TESİS ISI HESAPLARI

EK-2.1.BİNA HAKKINDA GENEL BİLGİLER-Konut

Bina Bilgileri

Projenin Adı : Konut
İlçe / İl : BURSA

DizaynBilgileri:

Brüt Hacim : 304
Net Kullanım Alanı : 97,28
Tavan Yüksekliği : <2.6m
İç Sıcaklık : 19
Kat Adedi : 3
Bina Tipi : Konut
Yakıt Türü : Doğalgaz
Bölgesi : BURSA-2
Havalandırma : Doğal
Pencere AlanıOranı: %60'tanaz

Proje Sorumlusu Bilgileri:

AdıSoyadı :
Mesleği :
Sicil No :
Kuruluşu :
Adresi :
Telefon :
Faks :
E-Posta :
WebAdresi :

Tablo 2.1. Bina ısı ihtiyacı kimlik belgesi

ISI İHTİYACI KİMLİK BELGESİ		
Ada/Parsel Binanın Tanımı Cadde ve Bina Numarası Semt/İlçe/İl : BURSA Kullanılacak Yakıt Türü : Doğalgaz		
	Müsaade Edilen Maksimum Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı	Hesaplanan Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı
$A_{top} = 275m^2$ $V_{brut} = 304m^3$ $A/V = 0,9m^{-1}$ $A_n = 97,3m^2$	$Q' = \text{---} kWh/m^3$ $Q' = 87,72 kWh/m^2$	$Q_{yıl} = \text{---} kWh/m^3$ $Q_{yıl} = 75,72 kWh/m^2$
Birim hacim veya birim alan başına tüketilecek yakıt miktarı $[kg.m^3]$ $860 \times Q_{yıl} / (Yakıtın Kalorifik Değeri \times Sistem Verimi) [Kcal/ kg.m^3] = 8,85 [kg.m^3]$ yakıt Önemli Not: Buradaki hesaplama sonucu elde edilen yakıt miktarı, binanın TS825'teki kabullerine göre yalıtılması sonucu elde edilmektedir. Yerleşim birimlerindeki iklimsel koşullara göre değişiklik gösterebilecek olan bu değer her zaman gerçek tüketimi vermeyebilir.		
A_{top} : Dış duvar, tavan, taban/döşeme, pencere, kapı. Dış ölçülere göre bulunur V_{brut} : Binayı çevreleyen dış kabuğun ölçülerine göre hesaplanan hacmidir. Birimi "m³"tür. A/V : Isı kaybeden toplam yüzeyin (A_{top}) ısıtılmış yapı hacmine (V_{brut}) oranıdır. Birimi "m⁻¹"dir Q' : A/V oranına bağlı olarak müsaade edilen maksimum yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacıdır. Birimi "kWh/m², kWh/m³"tür $Q_{yıl}$: Bu bina için hesaplanmış olan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı. Birimi "kWh/m², kWh/m³"tür. A_n : Binanın net kullanım alanıdır ($A_n = 0.32 V_{brut}$ formülü ile hesaplanır.)		
Binanın Enerji Verimliliği Endeksi		
C Tipi Bina	B Tipi Bina	A Tipi Bina
	X	
Normal Enerji Verimli Bina	İyi Enerji Verimli Bina	Süper Enerji Verimli Bina
Not: $Q_{yıl}/Q' < 0,99$ veya $\geq 0,90$ ise C tipi bina $Q_{yıl}/Q' < 0,90$ veya $\geq 0,80$ ise B tipi bina $Q_{yıl}/Q' < 0,80$ ise A tipi bina		
Düzenleyenler		
Adı, Soyadı:	Adı, Soyadı:	

Tablo 2.2.Binanın özgül ısı kaybı hesabı

BİNADAKİ YAPI ELEMANLARI		Yapı Elemanının Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isıl Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı
		d	λ	R	U	A	A x U
		(m)	(W/mK)	(m ² K/W)	W/m ² K	m ²	W/K
DH-1-Duvar(Dış Hava Temashi)							
1/ α_i	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,13			
8.1.1	İğne yapraklı ağaçlardan elde edilmiş	0,02	0,13	0,15			
6.3.1	Alçıdan duvar levhalar ve blokları (gözenekli, delikli, dolgu veya agregalı olanlar dahil) (TS451,TS452,TS1474 uygun)	0,01	0,35	0,03			
10.5.1	Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malzemeleri TS901 EN13162-10a uygun; yoğunluk 8-500; ısı iletkenlik grubu 035	0,08	0,035	2,29			
8.2.1	Kontrplâk(TS46), kontrtabla(TS 1047)	0,011	0,13	0,08			
10.3.2.1.1	Ekstrüde polistiren köpüğü-TS11989 EN13164 e uygun; yoğunluk ≥ 25 ; ısı iletkenlik grubu 030	0,03	0,030	1			
9.2.2.1	Bitümlü karton	0,002	0,19	0,01			
8.1.1	İğne yapraklı ağaçlardan elde edilmiş olanlar	0,02	0,13	0,15			
1/ α_d	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,04			
TOPLAM				3,88	0,257	85,33	21,93
CA-1-Tavan(Üzeri Açık)							
1/ α_i	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,13			
10.5.1	Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malzemeleri TS 901 EN 13162-10a uygun; yoğunluk 8-500; ısı iletkenlik grubu 035	0,05	0,035	1,43			
8.2.1	Kontrplâk(TS46), kontrtabla(TS 1047)	0,02	0,13	0,15			
9.2.2.5	Polimerbitümlü su yalıtım örtüleri	0,002	0,19	0,01			
1/ α_d	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,04			
TOPLAM				1,76	0,567	58,5	33,17
TO-1-Taban(Isıtılmayan İç Ortamla Bitişik)							
1/ α_i	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,17			
8.1.1	İğne yapraklı ağaçlardan elde edilmiş olanlar	0,02	0,13	0,15			
10.5.1	Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malzemeleri TS901 EN13162-10a uygun; yoğunluk 8-500; ısı iletkenlik grubu 035	0,05	0,035	1,43			
8.1.1	İğne yapraklı ağaçlardan elde edilmiş	0,01	0,13	0,08			

Tablo 2.2. Binanın özgül ısı kaybı hesabı (devam)

BİNADAKİ YAPI ELEMANLARI		Yapı Elemanının Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isıl Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı
		d	$\lambda \cdot h$	R	U	A	A x U
		(m)	(W/mK)	(m ² K/W)	W/m ² K	m ²	W/K
1/ α_d	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,17			
TOPLAM				2	0,5x0,5	58,5	14,62
PENCERE1					1.6	69.81	111,696
KAPI1					3,5	2,86	10,01

İletim Yolu ile Gerçekleşen Isı Kaybı, H _i	=191,43	W/K
Havalandırma Yolu ile Gerçekleşen Isı Kaybı, H _v	=64,2	W/K
Binanın Toplam Isı Kaybı, H =H _i +H _v	=255,63	W/K

Tablo 2.3.Binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı

Aylar	Isı Kaybı			Isı Kazançları			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Özgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş Enerjisi Kazancı	Toplam			
	H=H _i + H _v	T _i - T _d	H(T _i - T _d)	ϕ_i	ϕ_g	$\phi_t = \phi_i + \phi_g$			
	(W/K)	(K,°C)	(W)	(W)	W	(W)			
Ocak	256	16,1	4.116	486	1.213	1.700	0,41	0,911	6.653.544
Şubat	256	14,6	3.732	486	1.618	2.105	0,56	0,83	5.144.972
Mart	256	11,7	2.991	486	2.162	2.649	0,89	0,677	3.106.662
Nisan	256	6,2	1.585	486	2.532	3.019	1,90	0,408	912.063
Mayıs	256	1	256	486	3.075	3.562	13,9 3	(-)	
Haziran	256	T _d yüksek	(-)	486	3.250	3.736	(-)	(-)	
Temmuz	256	T _d yüksek	(-)	486	3.161	3.647	(-)	(-)	
Ağustos	256	T _d yüksek	(-)	486	2.876	3.362	(-)	(-)	
Eylül	256	T _d yüksek	(-)	486	2.282	2.768	(-)	(-)	
Ekim	256	4,9	1.253	486	1.691	2.177	1,74	0,437	777.913
Kasım	256	10,5	2.684	486	1.194	1.680	0,63	0,798	3.483.993
Aralık	256	15,2	3.886	486	1.044	1.530	0,39	0,921	6.418.388

$$\text{Toplam } Q_{yıl} = \Sigma Q_{ay} = 26.497.534 \text{ kJ}$$

$$Q_{yıl} = 0,278 \times 1/1000 \times 26.497.534 = 7.366 \text{ kWh}$$

Bu bina için sınırlandırılan enerji ihtiyacı	Q'	=	87,72 kWh/m ²
Bu bina için hesaplanmış olan ısı ihtiyacı	Q	=	75,72 kWh/m ²

Q < Q' olduğundan bu bina için yapılmış olan ısı yalıtım projesi TS825 standardına uygundur.

Tablo 2.4. Binadaki pencerelerin ısı kaybı hesaplarında kullanılan değerleri

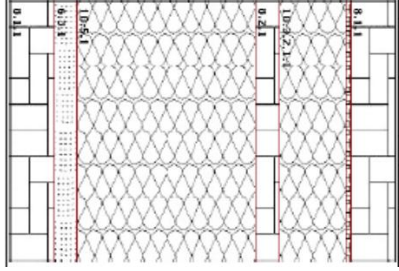
Pencerelerin Toplam Alanı : 69,81 m²

PENCERE-1		
Toplam Alan	U-Değeri	Güneş Enerjisi Geçirme Faktörü (g)
69.81 m ²	1.6 W/m ² K	Çok Katlı Cam (0,75)
Yönler	Gölgeleme Faktörü	
Güney 7,04 m ²	Ayrık Binalı Bölgeler (0,8)	
Kuzey 39,90 m ²	Ayrık Binalı Bölgeler (0,8)	
Doğu 7,68 m ²	Ayrık Binalı Bölgeler (0,8)	
Batı 15,19 m ²	Ayrık Binalı Bölgeler (0,8)	

Kapıların Toplam Alanı : 2,86 m²

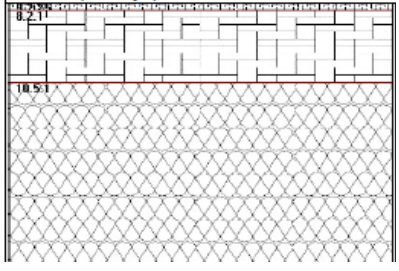
KAPI-1	
Toplam Alan	U-Değeri
2,86 m ²	Ağaç-Plastik, Dış (3,5) W/m ² K

Tablo 2.5. Binada kullanılan yapı elemanlarının kesitleri.

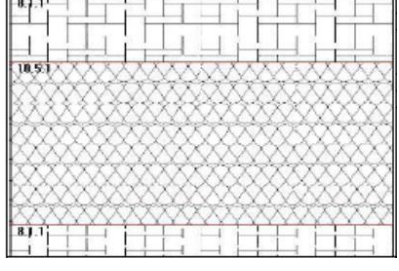
BİNADAKİ YAPI ELEMANLARI			Yapı Elemanının Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isıl Geçirgenlik Katsayısı
			d	Λ_h	R	U
DH-1-Duvar (Dış Hava Temaslı)			(m)	(W/mK)	(m ² K/W)	(W/m ² K)
	1/ α_1	Yüzeysel Isı Yalıtım Katsayısının (iç)			0,13	
	8.1.1	İğne yapraklı ağaçlardan elde edilmiş olanlar	0,02	0,13	0,15	
	6.3.1	Alçıdan duvar levhalar ve blokları (gözenekli, delikli, dolgu veya agregalı olanlar dahil) (TS 451, TS 452, TS 1474 e uygun)	0,01	0,35	0,03	
	10.5.1	Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malzemeleri TS 901 EN 13162-10 a uygun; yoğunluk 8-500; ısı iletkenlik grubu 035	0,08	0,035	2,29	
	8.2.1	Kontrplâk (TS 46), kontrtabla (TS 1047)	0,011	0,13	0,08	
	10.3.2.1.1	Ekstrüde polistiren köpüğü - TS 11989 EN 13164 e uygun; yoğunluk ≥ 25 ; ısı iletkenlik grubu 030	0,03	0,030	1	
	9.2.2.1	Bitümlü karton	0,002	0,19	0,01	
	8.1.1	İğne yapraklı ağaçlardan elde edilmiş olanlar	0,02	0,13	0,15	
	1/ α_d	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,04	
TOPLAM					3,88	0,257

Kesit resimlerinde, Duvar (DH, DO, DT, ID) tip yapı elemanlarında iç ortam solda, dış ortam sağda; Taban (TT, TO, TG, IT) tipi yapı elemanlarında iç ortam yukarıda, dış ortam aşağıda; Tavan (CC, CA) tipi yapı elemanlarında iç ortam aşağıda, dış ortam yukarıda gösterilmiştir.

Tablo 2.6. Binada kullanılan yapı elemanlarının kesitleri(devamı)(Ek.1).

BİNADAKİ YAPI ELEMANLARI			Yapı Elemanının Kalınlığı d	Isıl İletkenlik Hesap Değeri Λ_h	Isıl İletkenlik Direnci R	Isıl Geçirgenlik Katsayısı U
CA-1-Tavan (Üzeri Açık)			(m)	(W/mK)	(m ² K/W)	(W/m ² K)
	1/ai	Yüzeysel ısıtım katsayısı (dış)			0,04	
	9.2.2	Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,002	0,19	0,01	
	8.2.1	Kontrplâk (TS 46), kontrtabla (TS 1047)	0,02	0,13	0,15	
	10.5.1	Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malzemeleri TS 901 EN 13162-10 a uygun; yoğunluk 8-500; ısıtım iletkenlik grubu 035	0,05	0,035	1,43	
	1/ai	Yüzeysel ısıtım katsayısı (iç)			0,13	
TOPLAM					1,76	0,567

Kesit resimlerinde, Duvar (DH, DO, DT, ID) tipi yapı elemanlarında iç ortam solda, dış ortam sağda; Taban (TT, TO, TG, IT) tipi yapı elemanlarında iç ortam yukarıda, dış ortam aşağıda; Tavan (CC, CA) tipi yapı elemanlarında iç ortam aşağıda, dış ortam yukarıda gösterilmiştir.

BİNADAKİ YAPI ELEMANLARI			Yapı Elemanının Kalınlığı d	Isıl İletkenlik Hesap Değeri Λ_h	Isıl İletkenlik Direnci R	Isıl Geçirgenlik Katsayısı U
TO-1-Taban (Isıtılmayan İç Ortamla Bitişik)			(m)	(W/mK)	(m ² K/W)	(W/m ² K)
	1/ai	Yüzeysel ısıtım katsayısı (iç)			0,17	
	8.1.1	İğne yapraklı ağaçlardan elde edilmiş olanlar	0,02	0,13	0,15	
	10.5.1	Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malzemeleri TS 901 EN 13162-10 a uygun; yoğunluk 8-500; ısıtım iletkenlik grubu 035	0,05	0,035	1,43	
	8.1.1	İğne yapraklı ağaçlardan elde edilmiş olanlar	0,01	0,13	0,08	
	1/ai	Yüzeysel ısıtım katsayısı (dış)			0,17	
TOPLAM					2	0,5x0,5

Kesit resimlerinde, Duvar (DH, DO, DT, ID) tipi yapı elemanlarında iç ortam solda, dış ortam sağda; Taban (TT, TO, TG, IT) tipi yapı elemanlarında iç ortam yukarı da, dış ortam aşağı da; Tavan (CC, CA) tipi yapı elemanlarında iç ortam aşağıda, dış ortam yukarıda gösterilmiştir.

Havalandırma raporu:

Havalandırma Tipi :Doğal Havalandırma
Havalandırılan hacim :243.2m³
Hava Değişim Katsayısı (nh) :0.8h⁻¹
Havalandırma Kayıpları (Hv) :64,2048W/K

Tablo 2.7. Yapı elemanının termofiziksel özellikler çizelgesi

Duvar (DışHavaTemaslı) DH-1								
Sütun	1	2	3	4	5	6	7	8
N o	Tabaka	Tabaka Kalınlığı	Su Buharı Difüzyon Direnci Katsayısı	Difüzyon Dengi Hava Tabakası Kalınlığı	Difüzyon Dengi Hava Tabakası Kalınlığı (kümülatif)	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Yüzeyel Isıl İletim Direnci, Malzemenin Isıl Direnci	Yüzeyel Isıl İletim Direnci, Malzemenin Isıl Direnci (kümülatif)
		d	μ	S _d	S _{dT}	λ _h	R	R
-	-	m	-	m	m	W/(m.K)	m ² .K/W	m ² .K/W
-	İçeri Isı Geçişi	-	-	-	-	-	0,25	0,25
8.1.1	İğne yapraklı Ağaçlardan elde edilmiş olanlar	0,02	40	0,8	0,8	0,13	0,154	0
6.3.1	Alçıdan duvar levhalar ve blokları (gözenekli, delikli, dolgu veya Agregalı olanlar Dahil) (TS451,TS 452,TS1474 e uygun)	0,01	8	0,08	0,88	0,35	0,029	0,43
10.5.1	Mineralve bitkisel lifliısı yalıtım malzemeleri TS 901 EN13162-10 a uygun;yoğunluk 8-500;ısııl iletkenlikgrubu 035	0,08	1	0,08	0,96	0,035	2,286	2,72
8.2.1	Kontraplâk(TS46) kontrtabla(TS1047)	0,011	200	2,2	3,16	0,13	0,085	2
10.3.2.1	Ekstrüdepolistiren köpüğü-TS11989 EN13164e uygun; yoğunluk ≥25;ısııl iletkenlik grubu030	0,03	150	4,5	7,66	0,030	1	3,8
9.2.2.1	Bitümlükarton	0,002	2000	4	11,66	0,19	0,011	3,82
8.1.1	İğne yapraklı Ağaçlardan elde edilmiş olanlar	0,02	40	0,8	12,46	0,13	0,154	3,97
-	DışarıIsıGeçişi	-	-	-	-	-	0,04	4,01

$$U \text{ Değeri} = 0.25W/m^2K$$

Tavan (Üzeri Açık) CA-1								
Sütun	1	2	3	4	5	6	7	8
No.	Tabaka	Tabaka Kalınlığı	Su Buharı Difüzyon Direnci Katsayısı	Difüzyon Dengi Hava Tabakası Kalınlığı	Difüzyon Dengi Hava Tabakası Kalınlığı (kümülatif)	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Yüzeysel Isıl İletim Direnci, Malzemenin Isıl Direnci	Yüzeysel Isıl İletim Direnci, Malzemenin Isıl Direnci (kümülatif)
		d	μ	S _d	S _{dT}	λ_h	R	R
-	-	m	-	m	m	W/(m.K)	m ² .KW	m ² .KW
-	İçeri Isı Geçişi	-	-	-	-	-	0,25	0,25
10.5.1	Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım Malzemeleri TS901 EN13162-10 a uygun; yoğunluk 8-500; ısı iletkenlik Grubu 035	0,05	1	0,05	0,05	0,035	1,429	1,68
8.2.1	Kontraplâk(TS 46), kontrtabla(TS1047)	0,02	200	4	4,05	0,13	0,154	1,83
9.2.2.5	Polimerbitümlü su yalıtım örtüleri	0,002	20000	40	44,05	0,19	0,011	1,84
-	Dışarı Isı Geçişi	-	-	-	-	-	0,04	1,88

U Değeri= $0.53 \text{ W/m}^2\text{K}$

Tablo 2.8. Yapı elemanının yoğuşma ve buharlaşma miktarları çizelgesi

Duvar (Dış Hava Teması) DH- 1

İç Sıcaklık- $\theta_t(^{\circ}\text{C})= 20$	İç Bağıl Nem- $\varphi_t(\%)=65$
---	----------------------------------

	$\theta_d(^{\circ}\text{C})$	$\varphi_d(\%)$	$m_{y1}(\text{kg/m}^2)$	$m_{b1}(\text{kg/m}^2)$ (küm.)
KASIM	8,5	73	-	-
ARALIK	3,8	73	-	-
OCAK	2,9	71	-	-
ŞUBAT	4,4	70	-	-
MART	7,3	69	-	-
NİSAN	12,8	68	-	-
MAYIS	18,0	64	-	-
HAZİRAN	22,5	60	-	-
TEMMUZ	24,9	58	-	-
AĞUSTOS	24,3	61	-	-
EYLÜL	19,9	65	-	-
EKİM	14,1	71	-	-

Yapı elemanında bir bileşende yoğuşma şartları oluşmuştur.

İç yüzey ile iç ortam arasındaki sıcaklık farkı 3 dereceden az olduğu için Standarda uygundur.

3.bileşendeki yoğuşan su miktarı TS825 te belirtilen sınırlar içerisinde (0 < 0.5) kg/m².Standarda uygundur.

Yoğuşma ısı, su yalıtım veya hava tabakasında oluştu (Max.0,5kg/m²)

Yoğuşan Suyun Kütlesi Buharlaşan Suyun Kütlesinden Küçüktür. Yoğuşma Zararsızdır.

Tavan (Üzeri Açık) CA – 1

İç Sıcaklık- $\theta_t(^{\circ}\text{C})= 20$	İç Bağıl Nem- $\phi_t(\%)=65$
---	-------------------------------

	$\theta_d(^{\circ}\text{C})$	$\phi_d(\%)$	$m_{y1}(\text{kg/m}^2)$	$m_{y1}(\text{kg/m}^2)$ (küm.)	$m_{y2}(\text{kg/m}^2)$	$m_{y2}(\text{kg/m}^2)$ (küm.)
KASIM	8,5	73	3.22	3.22	0.01	0.01
ARALIK	3,8	73	6.33	9.55	0.01	0.02
OCAK	2,9	71	6.85	16.4	0.01	0.03
ŞUBAT	4,4	70	5.98	22.38	0.01	0.04
MART	7,3	69	4.09	26.47	0.01	0.05
NİSAN	12,8	68	-0.39	26.08	0	0.05
MAYIS	18,0	64	-5.94	20.14	-0.08	-
HAZİRAN	22,5	60	-12.05	8.09	-	-
TEMMUZ	24,9	58	-15.87	-	-	-
AĞUSTOS	24,3	61	-	-	-	-
EYLÜL	19,9	65	-	-	-	-
EKİM	14,1	71	-	-	-	-

Yapı elemanında birden fazla bileşende yoğuşma şartları oluşmuştur.

İç yüzey ile iç ortam arasındaki sıcaklık farkı 3 dereceden az olduğu için Standartta uygundur.

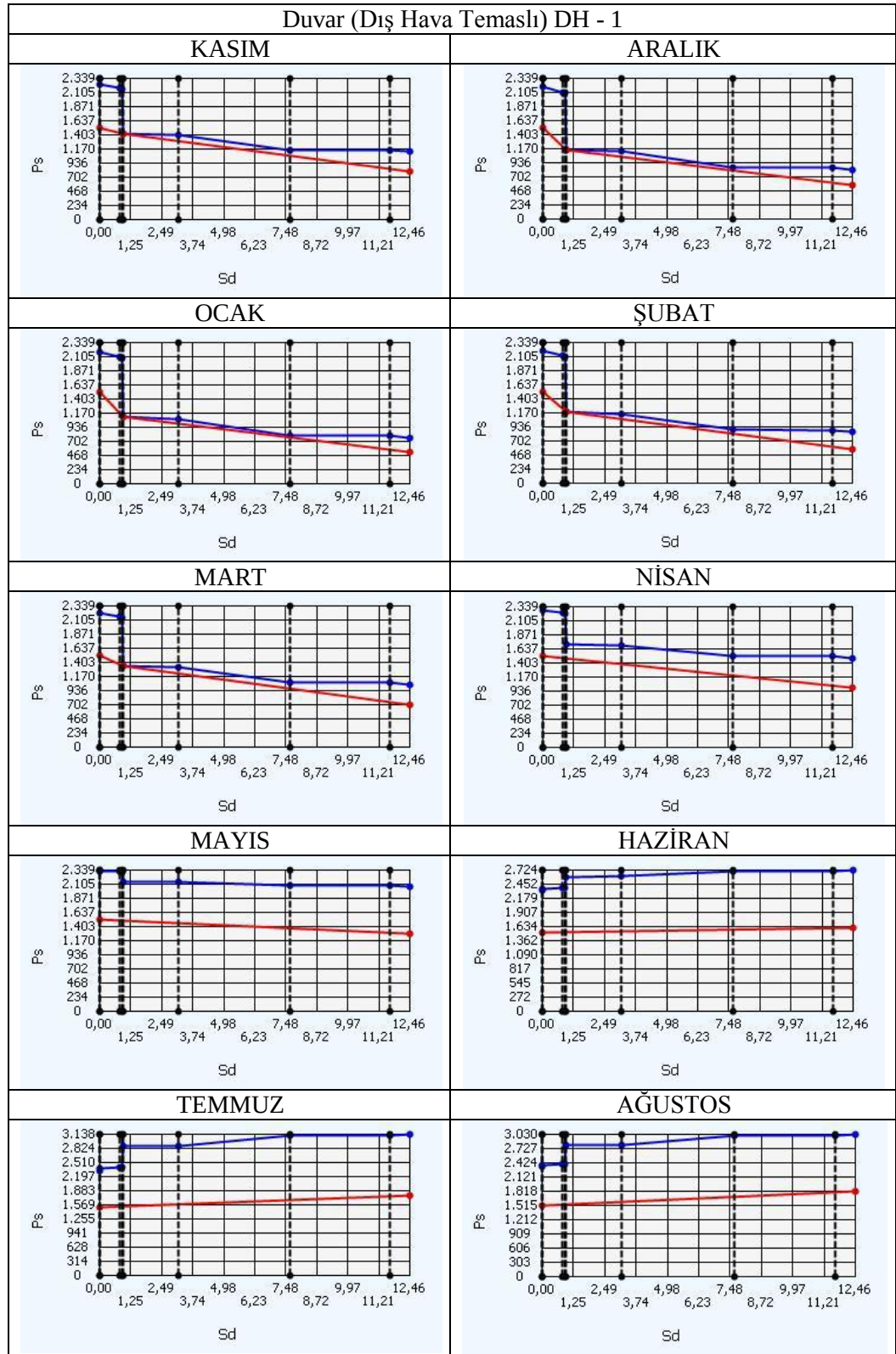
1.Yoğuşma ısı, su yalıtım veya hava tabakasında oluştu (Max. 0,5 kg/m²)

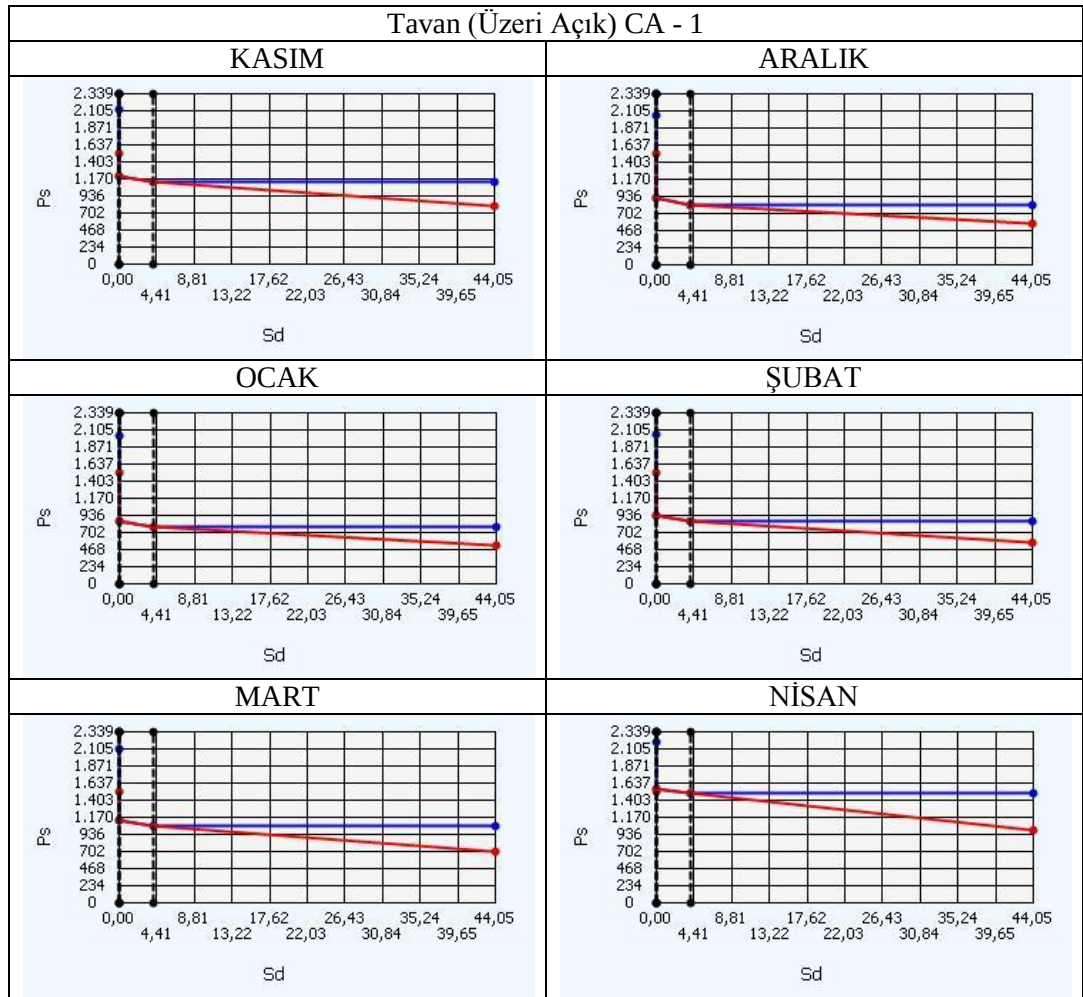
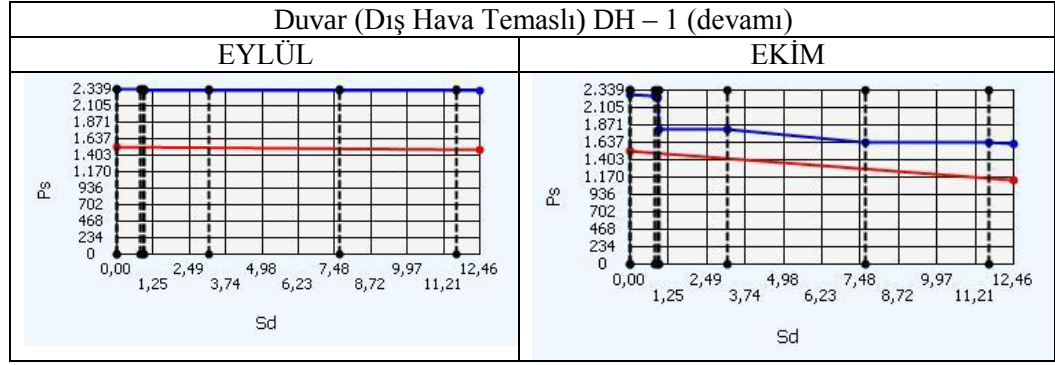
Yoğuşan Suyun Kütlesi Buharlaşan Suyun Kütlesinden Küçüktür. Yoğuşma Zararsızdır.

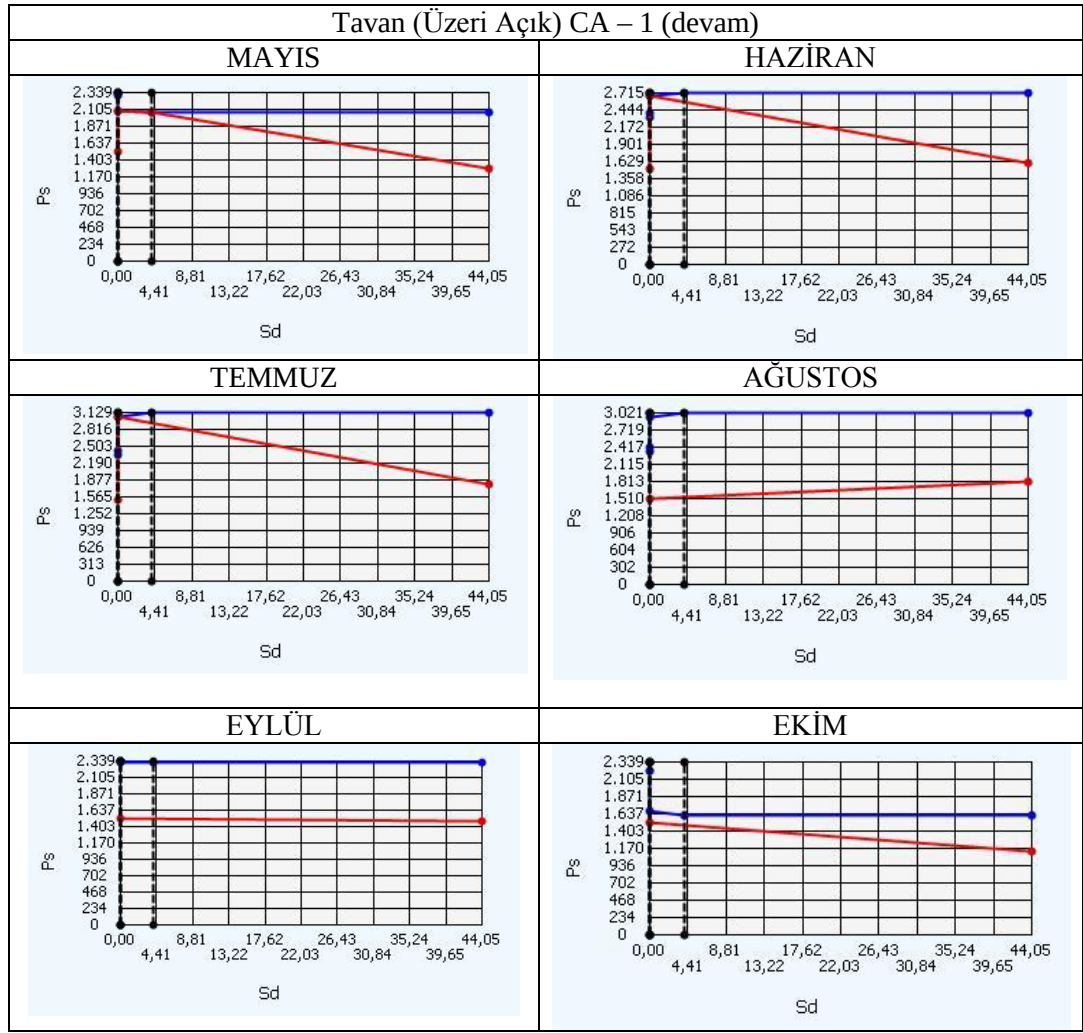
2.bileşendeki yoğuşan su miktarı TS825 te belirtilen sınırlar içerisinde (0.05<0.48) kg/m². Standartta uygundur.

Yoğuşma İşlenmiş Ahşap Malzemede Oluştur.(Max. kütle artışı%3)

Yoğuşan Suyun Kütlesi Buharlaşan Suyun Kütlesinden Küçüktür. Yoğuşma Zararsızdır.







Tablo 2.9.Binanın ısı kaybı hesabı

				ISI KAYBI HESABI										TARİH		05.04.2012		
				TESİSİN ADI				KONUT						SAYFA		1		
														YAPAN				
				BURSA														
YAPI BİLEŞENİ			ALAN HESABI					ISI KAYBI HESABI				ZAMLAR						
İŞARET	YÖN	KALINLIK	UZUNLUK	YÜK VEYA GENİSLİK	TOPLAM ALAN	MİKTAR	ÇIKARILAN ALAN	HESABA GİREN ALAN	ISI İLETİM KAT KATSAYISI	SICAKLIK FARKI	ZAMSIZ ISI KAYBI	İŞLETME KAT YÜKSEKLİĞİ	YÖN	TOPLAM	TOPLAM ISI İHTİYACI			
		cm	m	m	m²	adet	m²	m²	°C	°C		%	%	1+%				
Z01 SALON20 ⁰ C																		
PEN1			7	3,1	21,7	1		21,7	1,60	26	902,72							
PEN1		0,4	2,6	1,04		2		2,08	1,60	26	86,528							
KAPI1			0	0	0	1			0,3,50	26	0							
KAPI2			0	0	0	1			0,0,00	10	0							
DH 1		16	3,1	49,6		1	23,78	25,82	0,26	26	172,529							
DH 2			0	2,6	0	1			0,0,37	26	0							
DH 2			0	2,6	0	1			0,0,37	26	0							
DO2			0	2,6	0	1			0,0,00	10	0							
TG1					0	1			0,0,23	26	0							
İT 1					29,6	1		29,6	0,00	0	0							
TO1					29,6	1		29,6	0,50	10	148							
										Q=	1309,78	7	0	5	1,12 1467			
QS	2,5	23,9	0,9	1,13	26	1,2								QS=	1896			
														TOPLAM	3363			
Z02 MUTFAK20 ⁰ C																		
PEN1			1,1	1,6	1,76	1		1,76	1,60	26	73,216							
PEN1			1	1,6	1,6	1		1,6	1,60	26	66,56							
KAPI1			0	0	0	1			0,3,50	26	0							
KAPI2			0	0	0	1			0,0,00	10	0							
DH 1		6,7	3,1	20,77		1	13,36	17,41	0,26	26	116,334							
DT 1			0	2,6	0	1			0,0,37	17	0							
ID 1			0	2,6	0	1			0,0,40	5	0							
DO2			0	2,6	0	1			0,0,00	10	0							
TG1					0	1			0,0,23	26	0							
İT 1					9,6	1		9,6	0,00	0	0							
TO1					9,6	1		9,6	0,50	10	48							
										Q=	304,11	7	0	-5	1,02 310			
QS	2,5	7,4	0,9	1,13	26	1,2								QS=	587			
														TOPLAM	897			
Z03 BANYO24 ⁰ C																		
PEN1			0,6	0,6	0,36	1		0,36	1,60	30	17,28							
PEN1			0	0	0	1			0,1,60	30	0							
KAPI1			0	0	0	1			0,3,50	30	0							
KAPI2			0	0	0	1			0,0,00	14	0							
DH 1		2,3	3,1	7,13		1	0,36	6,77	0,26	30	52,1967							
ID 1			53,1	15,5		1		15,5	0,60	9	83,7							
DO1			0	2,6	0	1			0,0,27	14	0							
DO2			0	2,6	0	1			0,0,00	14	0							
TG1					0	1			0,0,23	30	0							
İT 1					3,74	1		3,74	0,00	0	0							
TO1					3,74	1		3,74	0,50	14	26,18							
										Q=	179,357	7	0	-5	1,02 183			
QS	2,5	1,8	0,9	1,13	30	1,2								QS=	165			
														TOPLAM	348			
Z04 HOL15 ⁰ C																		
PEN1			0,8	2,6	2,08	1		2,08	1,60	21	69,888							
PEN1			0	0	0	1			0,1,60	21	0							
KAPI1			1,1	2,6	2,86	1		2,86	3,50	21	210,21							
KAPI2			0	0	0	1			0,0,00	5	0							

DH 1			5,3	3,1	16,43		1	4,94	11,49	0,26	21	62,0115					
DH 2			0,2,6		0		1		0,0,37	21		0					
DO1			0,2,6		0		1		0,0,27	5		0					
DO2			0,2,6		0		1		0,0,00	5		0					
TG1					0		1		0,0,23	21		0					
IT 1					8,83		1		8,83	0,00	0	0					
TO1					8,83		1		8,83	0,50	5	22,075					
Q=												364,185	7	0	0	1,07	390
QS	2,5		9,0,9	1,13	21	1,2										QS=	577
																TOPLAM	966
PEN1			2,8	2,6	7,28		1		7,28	1,60	26	302,848					
PEN1			0,4	2,6	1,04		1		1,04	1,60	26	43,264					
PEN1			2,2	0,6	1,32		1		1,32	1,60	26	54,912					
KAPI2			0		0		1		0,0,00	10		0					
DH 1			7,3	2,6	18,98		1	9,64	9,34	0,26	26	62,4099					
ID 1			0,2,6		0		1		0,0,40	5		0					
DO1			0,2,6		0		1		0,0,27	10		0					
DO2			0,2,6		0		1		0,0,00	10		0					
TG1					0		1		0,0,23	26		0					
CA 1					11,79		1		11,79	0,57	26	173,808					
IT 1					11,79		1		11,79	0,00	0	0					
Q=												637,242	7	0	5	1,12	714
QS	2,5	16,6	0,9	1,13	26	1,2										QS=	1317
																TOPLAM	2031
102 ODA 20°C																	
PEN1			4,2	2,6	10,92		1		10,92	1,60	26	454,272					
PEN1			0,4	2,6	1,04		2		2,08	1,60	26	86,528					
KAPI1			0		0		1		0,3,50	26		0					
KAPI2			0		0		1		0,0,00	10		0					
DH 1			8,7	2,6	22,62		1	11,96	10,66	0,26	26	71,2301					
ID 1			0,2,6		0		1		0,0,40	5		0					
DO1			0,2,6		0		1		0,0,27	10		0					
DO2			0,2,6		0		1		0,0,00	10		0					
TG1					0		1		0,0,23	26		0					
CA 1					15,72		1		15,72	0,57	26	231,744					
IT 1					15,72		1		15,72	0,00	0	0					
Q=												843,774	7	0	5	1,12	945
QS	2,5	17,8	0,9	1,13	26	1,2										QS=	1412
																TOPLAM	2357
103 ODA 20°C																	
PEN1			2,5	1,6	4		1		4,1,60	26	166,4						
PEN1			0,8	1,6	1,28		1		1,28	1,60	26	53,248					
KAPI1			0		0		1		0,3,50	26		0					
KAPI2			0		0		1		0,0,00	10		0					
DH 1			6,7	2,6	17,42		1	5,28	12,14	0,26	26	81,1195					
ID 1			0,2,6		0		1		0,0,40	5		0					
DO1			0,2,6		0		1		0,0,27	10		0					
DO2			0,2,6		0		1		0,0,00	10		0					
TG1					0		1		0,0,23	26		0					
CA 1					10,83		1		10,83	0,57	26	159,656					
IT 1					10,83		1		10,83	0,00	0	0					
Q=												460,423	7	0	-5	1,02	470
QS	2,5	9,8	0,9	1,13	26	1,2										QS=	777
																TOPLAM	1247
104 BANYO 24°C																	
PEN1			0,6	0,6	0,36		1		0,36	1,60	30	17,28					
PEN1			0		0		1		0,1,60	30		0					
KAPI1			0		0		1		0,3,50	30		0					
KAPI2			0		0		1		0,0,00	14		0					
DH 1			2,3	3,1	7,13		1	0,36	6,77	0,26	30	52,1967					
ID 1			5,3,1		15,5		1		15,5	0,60	9	83,7					
DO1			0,2,6		0		1		0,0,27	14		0					
DO2			0,2,6		0		1		0,0,00	14		0					
TG1					0		1		0,0,23	30		0					
CA 1					3,74		1		3,74	0,57	30	63,6174					
IT 1					3,74		1		3,74	0,00	0	0					
Q=												216,794	7	0	-5	1,02	221
QS	2,5	1,8	0,9	1,13	30	1,2										QS=	165
																TOPLAM	386

EK-2.2.BİNA HAKKINDA GENEL BİLGİLER-Sosyal Aktivite Binası

Bina Bilgileri

Projenin Adı : Sosyal aktivite binası
İlçe /İl : /BURSA

DizaynBilgileri:

BrütHacim : 342
Net Kullanım Alanı : 109,44
Tavan Yüksekliği : >2.6m
İçSıcaklık : 19
Kat Adedi : 1
Bina Tipi : İşveya Hizmet binası
Yakıt Türü : Doğalgaz
Bölgesi : BURSA-2
Havalandırma : Doğal
Pencere AlanıOranı: %60'tan az

Proje Sorumlusu Bilgileri:

AdıSoyadı :
Mesleği :
Sicil No :
Kuruluşu :

Adresi :

Telefon :
Faks :
E-Posta :
WebAdresi :

Tablo 2.10.Binanın ısı ihtiyacı kimlik belgesi

ISI İHTİYACI KİMLİK BELGESİ		
Ada/Parsel	:	
Binanın Tanımı	:	
Caddeve Bina Numarası	:	
Semt/İlçe/İl	:	BURSA
Kullanılacak YakıtTürü	:	Doğalgaz
	Müsaade Edilen Maksimum Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı	Hesaplanan Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı
$A_{top} = 371,1m^2$ $V_{brüt} = 342m^3$ $A/V = 1,09m^{-1}$ $A_n = 109,4m^2$	$Q' = 31,3 kWh/m^3$ $Q' = ---- kWh/m^2$	$Q_{yıl} = 24,61 kWh/m^3$ $Q_{yıl} = ---- kWh/m^2$
Birim hacim veya birim alan başına tüketilecek yakıt miktarı $[kg.m^3]$ $860 \times Q_{yıl} / (Yakıtın Kalorifik Değeri \times Sistem Verimi) [Kcal/ kg.m^3] = 2,88 [kg.m^3]$ yakıt Önemli Not: Buradaki hesaplama sonucu elde edilen yakıt miktarı, binanın TS825'teki kabullerine göre yalıtılması sonucu elde edilmektedir. Yerleşim birimlerindeki iklimsel koşullara göre değişiklik gösterebilecek olan bu değer her zaman gerçek tüketimi vermeyebilir.		
A_{top} : Dış duvar, tavan, taban/döşeme, pencere, kapı. Dış ölçülere göre bulunur $V_{brüt}$: Binayı çevreleyen dış kabuğun ölçülerine göre hesaplanan hacmidir. Birimi "m³"tür. A/V : Isı kaybeden toplam yüzeyin(A_{top})ısıtılmış yapı hacmine ($V_{brüt}$)oranıdır. Birimi "m⁻¹"dir Q' : A/V oranına bağlı olarak müsaade edilen maksimum yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacıdır. Birimi "kWh/m², kWh/m³"tür $Q_{yıl}$:Bu bina için hesaplanmış olan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı. Birimi "kWh/m²,kWh/m³"tür. A_n :Binanın net kullanım alanıdır ($A_n = 0.32 V_{brüt}$ formula ile hesaplanır.)		
Binanın Enerji Verimliliği Endeksi		
C Tipi Bina	B Tipi Bina	A Tipi Bina
		X
Normal Enerji Verimli Bina	İyi Enerji Verimli Bina	Süper Enerji Verimli Bina
Not: $Q_{yıl}/Q' < 0,99$ veya $\geq 0,90$ ise C tipi bina $Q_{yıl}/Q' < 0,90$ veya $\geq 0,80$ ise B tipi bina $Q_{yıl}/Q' < 0,80$ ise A tipi bina		
Düzenleyenler		Onay
Adı,Soyadı :	Adı,Soyadı:	
Ünvanı:	Ünvanı: İmza:	
İmza:		

Tablo 2.11. Binanın Özgöl Isı Kaybı Hesabı

BİNADAKİ YAPI ELEMANLARI		Yapı Elemanının Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isıl Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı
		d	λh	R	U	A	AxU
		(m)	(W/mK)	(m ² K/W)	W/m ² K	m ²	W/K
DH-1-Duvar (Dış Hava Temaslı)							
1/ α_i	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,13			
4.3	Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0,02	0,70	0,03			
5.1.1	Donatılı-Normal beton (TS500euygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0,3	2,5	0,12			
10.3.2.1.1	Ekstrüde polistiren köpüğü- TS 11989 EN13164 e uygun; yoğunluk ≥ 25 ; ısı	0,05	0,030	1,67			
4.1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,02	1,0	0,02			
1/ α_d	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0,04			
TOPLAM				2,01	0,499	5,25	2,62
DT-1-Duvar (Toprak Temaslı)							
1/ α_i	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,13			
4.3	Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0,02	0,70	0,03			
5.1.1	Donatılı-Normal beton (TS500euygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0,2	2,5	0,08			
9.2.2.5	Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,002	0,19	0,01			
9.2.2.5	Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,002	0,19	0,01			
10.3.2.1.1	Ekstrüde polistiren köpüğü- TS 11989 EN13164 e uygun; yoğunluk ≥ 25 ; ısı	0,05	0,030	1,67			
4.1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,02	1,0	0,02			
1/ α_d	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0			
TOPLAM				1,95	0,5x0,514	88,35	22,71
CA-1-Tavan (Üzeri Açık)							
1/ α_i	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,13			
4.3	Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0,02	0,70	0,03			
5.1.1	Donatılı-Normal beton (TS500euygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0,2	2,5	0,08			
10.3.2.1.1	Ekstrüde polistiren köpüğü- TS 11989 EN13164 e uygun; yoğunluk ≥ 25 ; ısı	0,05	0,030	1,67			
9.2.2.5	Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,002	0,19	0,01			
9.2.2.5	Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,002	0,19	0,01			
9.2.2.1	BS 64NemTutucu mat	0,01	0,19	0,05			
9.2.2.4	Floradrainfd 40	0,04	0,19	1.			
3.5.2	zincolit	0,05	0,27	0,19			
2.2	Toprak	0,15	1,5	0,1			
1/ α_d	Yüzeysel ısı iletim kat sayısı (dış)			0,04			
TOPLAM				2,52	0,398	120	47,76

Tablo 2.12. Binanın Özgöl Isı Kaybı Hesabı (devamı)

BİNADAKİ YAPI ELEMANLARI		Yapı Elemanının Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isıl Geçirgenlik Katsayısı	Isı Kaybedilen Yüzey	Isı Kaybı
		d	λh	R	U	A	AxU
		(m)	(W/mK)	(m ² K/W)	W/m ² K	m ²	W/K
TT-1-Taban (Toprak Teması)							
1/ α_i	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,17			
1.1.1	Kristal yapılı püskürük ve metamorfik taşlar (granit, bazalt, mermer, vb.)	0,01	3,5	0			
4.6	Çimento harçlı şap	0,08	1,4	0,06			
3.3	Yüksek fırın curufu; yoğunluk	0,2	0,13	1,54			
5.1.1	Donatılı-Normal beton (TS500 uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak	1	2,5	0,4			
5.1.2	Donatısız-Normal beton (TS500e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0,1	1,65	0,06			
9.2.2.5	Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,01	0,19	0,05			
9.2.2.5	Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,01	0,19	0,05			
5.1.2	Donatısız-Normal beton (TS500e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0,1	1,65	0,06			
3.1	Kum, çakıl, kırmataş (mıcır)	0,15	0,70	0,21			
1/ α_d	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)			0			
TOPLAM				2,6	0,5x0,383	120	22,98
PENCERE 1					1,8	37,5	67,5

İletim Yolu ile Gerçekleşen Isı Kaybı, H _i	=163,57	W/K
Havalandırma Yolu ile Gerçekleşen Isı Kaybı, H _v	=72,23	W/K
Binanın Toplam Isı Kaybı, H = H _i + H _v	=235,8	W/K

Tablo 2.13. Binanın yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı

Aylar	Isı Kaybı			Isı Kazançları			KKO	Kazanç Kullanım Faktörü	Isıtma Enerjisi İhtiyacı
	Özgül Isı Kaybı	Sıcaklık Farkı	Isı Kayıpları	İç Isı Kazancı	Güneş Enerjisi Kazancı	Toplam			
	$H=H_i + H_v$	$T_i - T_d$	$H(T_i - T_d)$	ϕ_i	ϕ_g	$\phi_t = \phi_i + \phi_g$			
	(W/K)	(K, °C)	(W)	(W)	(W)	(W)	(-)	(-)	(kJ)
Ocak	236	16,1	3.796	547	468	1.015	0,27	0,976	7.271.195
Şubat	236	14,6	3.443	547	666	1.213	0,35	0,941	5.962.825
Mart	236	11,7	2.759	547	936	1.483	0,54	0,844	3.904.844
Nisan	236	6,2	1.462	547	1.188	1.735	1,19	0,569	1.228.496
Mayıs	236	1	236	547	1.422	1.969	8,35	(-)	
Haziran	236	Td yüksek	(-)	547	1.494	2.041	(-)	(-)	
Temmuz	236	Td yüksek	(-)	547	1.458	2.005	(-)	(-)	
Ağustos	236	Td yüksek	(-)	547	1.314	1.861	(-)	(-)	
Eylül	236	Td yüksek	(-)	547	1.026	1.573	(-)	(-)	
Ekim	236	4,9	1.155	547	720	1.267	1,10	0,598	1.029.996
Kasım	236	10,5	2.476	547	486	1.033	0,42	0,909	3.983.220
Aralık	236	15,2	3.584	547	396	943	0,26	0,978	6.899.910

Toplam $Q_{yıl} = \Sigma Q_{ay} = 30.280.485$ kJ

$Q_{yıl} = 0,278 \times 1/1000 \times 30.280.485 = 8.418$ kWh

Bu bina için sınırlandırılan enerji ihtiyacı

$Q' = 31,3$ kWh/ m³

Bu bina için hesaplanmış olan ısı ihtiyacı

$Q = 24,61$ kWh/ m³

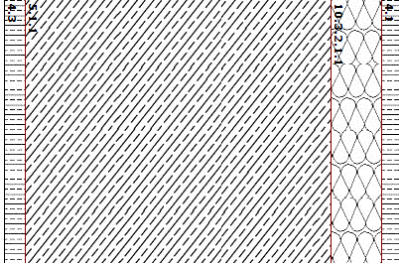
$Q < Q'$ olduğundan bu bina için yapılmış olan ısı yalıtım projesi TS 825 standardına uygundur.

Tablo 2.11. Binadaki pencerelerin ısı kaybı hesaplarında kullanılan değerleri

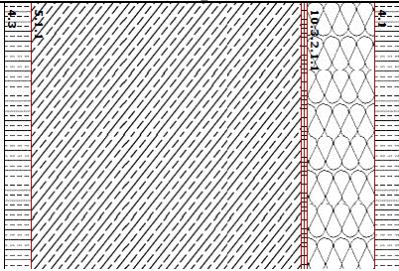
Pencerelerin Toplam Alanı : 37,5 m²

PENCERE- 1		
Toplam Alan		U - Değeri
37.5m ²		1,8W/m ² k
		Güneş Enerjisi Geçirme Faktörü (g)
		Çok Katlı Cam(0,75)
Yönler		Gölgeleme Faktörü
Güney	0m ²	
Kuzey	37,50m ²	Ayrık Binalı Bölgeler (0,8)
Doğu	0m ²	
Batı	0m ²	

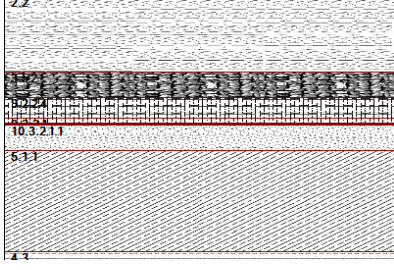
Tablo 2.14. Binada kullanılan yapı elemanlarının kesitleri.

BİNADAKİ YAPI ELEMANLARI		Yapı Elemanının Kalınlığı δ	Isıl İletkenlik Hesap Değeri Λ_h	Isıl İletkenlik Direnci R	Isıl Geçirgenlik Katsayısı U
DH-1-Duvar (Dış Hava Teması)		(m)	(W/mK)	(m ² K/W)	(W/m ² K)
	1/ai	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)		0,13	
	4.3	Alçı harcı,kireçli alçı harcı	0,02	0,70	0,03
	5.1.1	Donatılı - Normal beton (TS 500e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0,3	2,5	0,12
	10.3. 2.1.1	Ekstrüde polistiren köpüğü - TS 11989 EN 13164 e uygun; yoğunluk ≥ 25 ; ısı iletkenlik grubu 030	0,05	0,030	1,67
	4.1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,02	1,0	0,02
	1/ad	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)		0,04	
TOPLAM				2,01	0,499

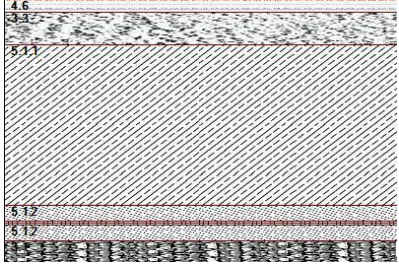
Kesit resimlerinde, Duvar (DH, DO, DT, ID) tipi yapı elemanlarında iç ortam solda, dış ortam sağda; Taban (TT, TO, TG, IT) tipi yapı elemanlarında iç ortam yukarıda, dış ortam aşağıda; Tavan (CC, CA) tipi yapı elemanlarında iç ortam aşağıda, dış ortam yukarıda gösterilmiştir.

BİNADAKİ YAPI ELEMANLARI		Yapı Elemanının Kalınlığı δ	Isıl İletkenlik Hesap Değeri Λ_h	Isıl İletkenlik Direnci R	Isıl Geçirgenlik Katsayısı U
DT-1-Duvar (Toprak Teması)		(m)	(W/mK)	(m ² K/W)	(W/m ² K)
	1/ai	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)		0,13	
	4.3	Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0,02	0,70	0,03
	5.1.1	Donatılı - Normal beton (TS 500 e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0,3	2,5	0,08
	9.2.2 .5	Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,002	0,19	0,01
	9.2.2 .5	Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,002	0,19	0,01
	10.3. 2.1.1	Ekstrüde polistiren köpüğü - TS 11989 EN 13164 e uygun; yoğunluk ≥ 25 ; ısı iletkenlik grubu 030	0,05	0,030	1,67
	4.1	Kireç harcı, kireç-çimento harcı	0,02	1,0	0,02
	1/ad	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (dış)		0,04	
TOPLAM				1,95	0,5x0,514

Kesit resimlerinde, Duvar (DH, DO, DT, ID) tipi yapı elemanlarında iç ortam solda, dış ortam sağda; Taban (TT, TO, TG, IT) tipi yapı elemanlarında iç ortam yukarıda, dış ortam aşağıda; Tavan (CC, CA) tipi yapı elemanlarında iç ortam aşağıda, dış ortam yukarıda gösterilmiştir.

BİNADAKİ YAPI ELEMANLARI			Yapı Elemanının Kalınlığı	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Isıl İletkenlik Direnci	Isıl Geçirgenlik Katsayısı
			d	Λ_h	R	U
CA-1-Tavan (Üzeri Açık)			(m)	(W/mK)	(m ² K/W)	(W/m ² K)
	1/α _d	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,04	
	2.2	Toprak	0,15	1,5	0,1	
	3.5.2	zincolit	0,05	0,27	0,19	
	9.2.2	floradrain fd 40	0,04	0,19	0,21	
	4					
	9.2.2	Bsm 64 nem tutucu mat	0,01	0,19	0,05	
	1					
	9.2.2	Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,002	0,19	0,01	
	5					
	9.2.2	Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,002	0,19	0,01	
	5					
	10.3.2.1.1	Ekstrüde polistiren köpüğü - TS 11989 EN 13164 e uygun; yoğunluk ≥25; ısı iletkenlik grubu 030	0,05	0,030	1,67	
	5.1.1	Donatılı - Normal beton (TS 500 e uygun) doğal agregaya veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0,2	2,5	0,08	
	4.3	Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0,02	0,70	0,03	
	1/α _i	Yüzeysel ısı iletim katsayısı (iç)			0,13	
TOPLAM					2,52	0,398

Kesit resimlerinde, Duvar (DH, DO, DT, ID) tipi yapı elemanlarında iç ortam solda, dış ortam sağda; Taban (TT, TO, TG, IT) tipi yapı elemanlarında iç ortam yukarıda, dış ortam aşağıda; Tavan (CC, CA) tipi yapı elemanlarında iç ortam aşağıda, dış ortam yukarıda gösterilmiştir.

BİNADAKİ YAPI ELEMANLARI			Yapı Elemanının Kalınlığı d	Isıl İletkenlik Hesap Değeri Λ_h	Isıl İletkenlik Direnci R	Isıl Geçirgenlik Katsayısı U
CA-1-Tavan (Üzeri Açık)			(m)	(W/mK)	(m ² K/W)	(W/m ² K)
	1/αi	Yüzeysel ısıt iletim katsayısı (iç)			0,17	
	1.1.1	Kristal yapılı püskürük ve metamorfik taşlar (granit, bazalt, mermer, vb.)	0,01	3,5	0	
	4.6	Çimento harçlı şap	0,08	1,4	0,06	
	3.3	Yüksek fırın curufu; yoğunluk ≤600	0,2	0,13	1,54	
	5.1.1	Donatılı - Normal beton (TS 500 e uygun) doğal agrega veya micir kullanılarak yapılmış betonlar	0,2	2,5	0,08	
	5.1.2	Donatısız -Normal beton (TS 500 e uygun) doğal agrega veya micir kullanılarak yapılmış betonlar	0,1	1,65	0,06	
	9.2.2.5	Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,001	0,19	0,05	
	9.2.2.5	Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,001	0,19	0,05	
	5.1.2	Donatısız -Normal beton (TS 500 e uygun) doğal agrega veya micir kullanılarak yapılmış betonlar	0,1	1,65	0,06	
	3.1	Kum, çakıl, kırma taş (micir)	0,15	0,70	0,21	
	1/αd	Yüzeysel ısıt iletim katsayısı (dış)			0	
TOPLAM					2,6	0,5x0,383

Kesit resimlerinde, Duvar (DH, DO, DT, ID) tipi yapı elemanlarında iç ortam solda, dış ortam sağda; Taban (TT, TO, TG, IT) tipi yapı elemanlarında iç ortam yukarıda, dış ortam aşağıda; Tavan (CC, CA) tipi yapı elemanlarında iç ortam aşağıda, dış ortam yukarıda gösterilmiştir.

HAVALANDIRMA RAPORU

Havalandırma Tipi	Doğal Havalandırma
Havalandırılan hacim	273.6m ³
Hava Değişim Katsayısı (nh)	0.8h ⁻¹
Havalandırma Kayıpları (Hv)	72,2304W/K

Tablo 2.15. Yapı Elemanın Termofiziksel Özellikleri Çizelgesi

Duvar (Dış Hava Teması) DH- 1								
Sütun	1	2	3	4	5	6	7	8
No.	Tabaka	Tabaka Kalınlığı	Su Buharı Difüzyon Direnci Katsayısı	Difüzyon Dengi Hava Tabakası Kalınlığı	Difüzyon Dengi Hava Tabakası Kalınlığı (kümülatif)	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Yüzeysel Isıl İletim Direnci, Malzemenin Isıl Direnci	Yüzeysel Isıl İletim Direnci, Malzemenin Isıl Direnci (kümülatif)
		d	μ	Sd	SdT	λ_h	R	Rt
-	-	m	-	m	m	W/(m.K)	m ² .K/W	m ² .K/W
-	İçeri Isı Geçişi	-	-	-	-	-	0,25	0,25
4.3	Alçı harcı, kireçli Alçı harcı	0,02	10	0,2	0,2	0,70	0,029	0,28
5.1.1	Donatılı- Normal Beton (TS500 e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0,3	100	30	30,2	2,5	0,12	0,4
10.3.2.1.1	Ekstrüde polistiren Köpüğü - TS 11989 EN13164 e uygun; yoğunluk ≥ 25 ; ısıl iletkenlik Grubu 030	0,05	150	7,5	37,7	0,030	1,667	2,07
4.1	Kireç harcı, kireç-Çimento harcı	0,02	15	0,3	38	1,0	0,02	2,09
-	Dışarı Isı Geçişi	-	-	-	-	-	0,04	2,13

$$U_{Değeri} = 0.47 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

Duvar (Toprak Temash) DT- 1								
Sütun	1	2	3	4	5	6	7	8
No.	Tabaka	Tabaka Kalınlığı	Su Buharı Difüzyon Direnci Katsayısı	Difüzyon Dengi Hava Tabakası Kalınlığı	Difüzyon Dengi Hava Tabakası Kalınlığı (kümülatif)	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Yüzeysel Isıl İletim Direnci, Malzemenin Isıl Direnci	Yüzeysel Isıl İletim Direnci, Malzemenin Isıl Direnci (kümülatif)
		d	μ	S_d	$S_{d\tau}$	λ_h	R	R _t
-	-	m	-	m	m	W/(m.K)	m ² .K/W	m ² .K/W
-	İçeri Isı Geçişi	-	-	-	-	-	0,25	0,25
4.3	Alçı harcı, kireçli Alçı harcı	0,02	10	0,2	0,2	0,70	0,029	0,28
5.1.1	Donatılı- Normal Beton (TS500 e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0,2	100	20	20,2	2,5	0,08	0,36
9.2.2.5	Polimer bitümlü su Yalıtım örtüleri	0,002	20000	40	60,2	0,19	0,011	0,37
9.2.2.5	Polimer bitümlü su Yalıtım örtüleri	0,002	20000	40	100,2	0,19	0,011	0,38
10.3.2.1.1	Ekstrüde polistiren köpüğü- TS 11989 EN 13164 e uygun; yoğunluk ≥ 25 ; ısııl iletkenlik grubu030	0,05	150	7,5	107,7	0,030	1,667	2,05
4.1	Kireç harcı, kireç- çimento harcı	0,02	15	0,3	108	1,0	0,02	2,07
-	Dışarı Isı Geçişi	-	-	-	-	-	0	2,07

UDeğeri= **0.48W/m²K**

Tavan (Üzeri Açık) CA-1								
Sütun	1	2	3	4	5	6	7	8
No.	Tabaka	Tabaka Kalınlığı	Su Buharı Difüzyon Direnci Katsayısı	Difüzyon Dengi Hava Tabakası Kalınlığı	Difüzyon Dengi Hava Tabakası Kalınlığı (kümülatif)	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Yüzeysel Isıl İletim Direnci, Malzemenin Isıl Direnci	Yüzeysel Isıl İletim Direnci, Malzemenin Isıl Direnci (kümülatif)
		d	μ	Sd	SdT	λ_h	R	Rt
-	-	m	-	m	m	W/(m.K)	m ² .K/W	m ² .K/W
-	İçeri Isı Geçişi	-	-	-	-	-	0,25	0,25
4.3	Alçı harcı, kireçli alçı harcı	0,02	10	0,2	0,2	0,70	0,029	0,28
5.1.1	Donatılı- Normal beton (TS 500 e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0,2	100	20	20,2	2,5	0,08	0,36
10.3.2.1.1	Ekstrüde polistiren köpüğü - TS 11989 EN 13164 e uygun; yoğunluk ≥ 25 ; ısı iletkenlik Grubu 030	0,05	150	7,5	27,7	0,030	1,667	2,03
9.2.2.5	Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,002	20000	40	67,7	0,19	0,011	2,04
9.2.2.5	Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,002	20000	40	107,7	0,19	0,011	2,05
9.2.2.1	Bitümlü karton	0,01	2000	20	127,7	0,19	0,053	2,1
9.2.2.4	Cam tülü armatürlü polimer bitümlü membran	0,04	14000	560	687,7	0,19	0,211	2,31
3.5.2	Gözenekli doğal taşmıcırları; yoğunluk ≤ 1500	0,05	3	0,15	687,85	0,27	0,185	2,5
2.2	Kil, alüvyon	0,15	50	7,5	695,35	1,5	0,1	2,6
-	Dışarı Isı Geçişi	-	-	-	-	-	0,04	2,64

UDeğeri= **0.38W/m²K**

Taban(Toprak Teması) TT- 1								
Sütun	1	2	3	4	5	6	7	8
No.	Tabaka	Tabaka Kalınlığı	Su Buharı Difüzyon Direnci Katsayısı	Difüzyon Dengi Hava Tabakası Kalınlığı	Difüzyon Dengi Hava Tabakası Kalınlığı (kümülatif)	Isıl İletkenlik Hesap Değeri	Yüzeysel Isıl İletim Direnci, Malzemenin Isıl Direnci	Yüzeysel Isıl İletim Direnci, Malzemenin Isıl Direnci (kümülatif)
		d	μ	Sd	SdT	λ_h	R	Rt
-	-	m	-	m	m	W/(m.K)	m ² .K/W	m ² .K/W
-	İçeri Isı Geçişi	-	-	-	-	-	0,25	0,25
1.1.1	Kristal yapılı Püskürük ve metamorfik taşlar (granit, bazalt, mermer, vb.)	0,01	10000	100	100	3,5	0,003	0,25
4.6	Çimento harçlı sap	0,08	15	1,2	101,2	1,4	0,057	0,31
3.3	Yüksek fırın curufu; yoğunluk ≤ 600	0,2	3	0,6	101,8	0,13	1,538	1,85
5.1.1	Donatılı- Normal Beton (TS 500 e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	1	100	100	201,8	2,5	0,4	2,25
5.1.2	Donatısız- Normal beton(TS 500 e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0,1	100	10	211,8	1,65	0,061	2,31
9.2.2.5	Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,01	20000	200	411,8	0,19	0,053	2,36
9.2.2.5	Polimer bitümlü su yalıtım örtüleri	0,01	20000	200	611,8	0,19	0,053	2,42
5.1.2	Donatısız- Normal Beton (TS 500 e uygun) doğal agrega veya mıcır kullanılarak yapılmış betonlar	0,1	100	10	621,8	1,65	0,061	2,48
3.1	Kum, çakıl, kırma taş (mıcır)	0,15	3	0,45	622,25	0,70	0,214	2,69
-	Dışarı Isı Geçişi	-	-	-	-	-	0	2,69

$$U_{Değeri} = 0.37 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Duvar (Dış Hava Teması) DH- 1

İç Sıcaklık - $\theta_t(^{\circ}\text{C})=20$	İç Bağıl Nem - $\varphi_t(\%)=65$
---	-----------------------------------

	$\theta_d(^{\circ}\text{C})$	$\varphi_d(\%)$
EYLÜL	19,9	65
EKİM	14,1	71
KASIM	8,5	73
ARALIK	3,8	73
OCAK	2,9	71
ŞUBAT	4,4	70
MART	7,3	69
NISAN	12,8	68
MAYIS	18,0	64
HAZİRAN	22,5	60
TEMMUZ	24,9	58
AĞUSTOS	24,3	61

Yapı elemanında TS 825' e göre yoğuşma olmamıştır.

İç yüzey ile iç ortam arasındaki sıcaklık farkı 3 dereceden az olduğu için Standarda uygundur.

Duvar (Toprak Teması) DT- 1

İç Sıcaklık - $\theta_t(^{\circ}\text{C})=20$	İç Bağıl Nem - $\varphi_t(\%)=65$
---	-----------------------------------

	$\theta_d(^{\circ}\text{C})$	$\varphi_d(\%)$	$m_{y1}(\text{kg/m}^2)$	$m_{y1}(\text{kg/m}^2)$ (küm.)
HAZİRAN	22,5	100	0.02	0.02
TEMMUZ	24,9	100	0.04	0.06
AĞUSTOS	24,3	100	0.03	0.09
EYLÜL	19,9	100	0	0.09
EKİM	14,1	100	-0.04	0.05
KASIM	8,5	100	-0.07	-
ARALIK	3,8	100	-	-
OCAK	2,9	100	-	-
ŞUBAT	4,4	100	-	-
MART	7,3	100	-	-
NISAN	12,8	100	-	-
MAYIS	18,0	100	-	-

Yapı elemanında bir bileşende yoğuşma şartları oluşmuştur.

İç yüzey ile iç ortam arasındaki sıcaklık farkı 3 dereceden az olduğu için Standarda uygundur.

4.bileşendeki yoğuşan su miktarı TS 825 te belirtilen sınırlar içerisinde (0.09<0.5) kg/m2. Standarda uygundur.

Yoğuşma ısı, su yaşıtlımı veya hava tabakasında oluştı (Max.0,5kg/m2)

Yoğuşan suyun kütlesi buharlaşan suyun kütlesinden küçüktür. Yoğuşma zararsızdır.

Tavan (ÜzeriAçık) CA - 1

İçSıcaklık- $\theta_t(^{\circ}\text{C})=20$	İçBağıl Nem- $\varphi_t(\%)=65$
---	---------------------------------

	$\theta_d(^{\circ}\text{C})$	$\varphi_d(\%)$	$m_{y1}(\text{kg/m}^2)$	$m_{y1}(\text{kg/m}^2)$ (küm.)
KASIM	8,5	73	-	-
ARALIK	3,8	73	-	-
OCAK	2,9	71	-	-
ŞUBAT	4,4	70	-	-
MART	7,3	69	-	-
NISAN	12,8	68	-	-
MAYIS	18,0	64	-	-
HAZIRAN	22,5	60	-	-
TEMMUZ	24,9	58	-	-
AĞUSTOS	24,3	61	-	-
EYLÜL	19,9	65	-	-
EKİM	14,1	71	-	-

Yapı elemanında bir bileşende yoğuşma şartları oluşmuştur.

İç yüzey ile iç ortam arasındaki sıcaklık farkı 3 dereceden az olduğu için Standarda uygundur.

3.bileşendeki yoğuşan su miktarı TS 825 te belirtilen sınırlar içerisinde (0 <0.5) kg/m2. Standarda uygundur.

Yoğuşma ısı, su yaşıtlımı veya hava tabakasında oluştı (Max.0,5kg/m2)

Yoğuşan suyun kütlesi buharlaşan suyun kütlesinden küçüktür. Yoğuşma zararsızdır.

Tablo 2.16. Yapı Elemanın Yoğuşma ve Buharlaşma Miktarı Çizelgesi

Taban (Toprak Temaslı) TT- 1

İç Sıcaklık - $\theta_t(^{\circ}\text{C})=20$	İç Bağıl Nem - $\phi_t(\%)=65$
---	--------------------------------

	$\theta d(^{\circ}\text{C})$	$\phi d(\%)$	$my1(\text{kg/m}^2)$	$my1(\text{kg/m}^2)$ (küm.)	$my2(\text{kg/m}^2)$	$my2(\text{kg/m}^2)$ (küm.)
KASIM	8,5	100	-	-	-	-
ARALIK	3,8	100	-	-	-	-
OCAK	2,9	100	-	-	-	-
ŞUBAT	4,4	100	-	-	-	-
MART	7,3	100	-	-	-	-
NISAN	12,8	100	-	-	-	-
MAYIS	18,0	100	-	-	-	-
HAZİRAN	22,5	100	-	-	-	-
TEMMUZ	24,9	100	-	-	-	-
AĞUSTOS	24,3	100	-	-	-	-
EYLÜL	19,9	100	-	-	-	-
EKİM	14,1	100	-	-	-	-

Yapı elemanında birden fazla bileşende yoğuşma şartları oluşmuştur.

İç yüzey ile iç ortam arasındaki sıcaklık farkı 3 dereceden az olduğu için Standarda uygundur.

3.bileşendeki yoğuşan su miktarı TS 825 te belirtilen sınırlar içerisinde (0 <1)kg/m². Standarda uygundur.

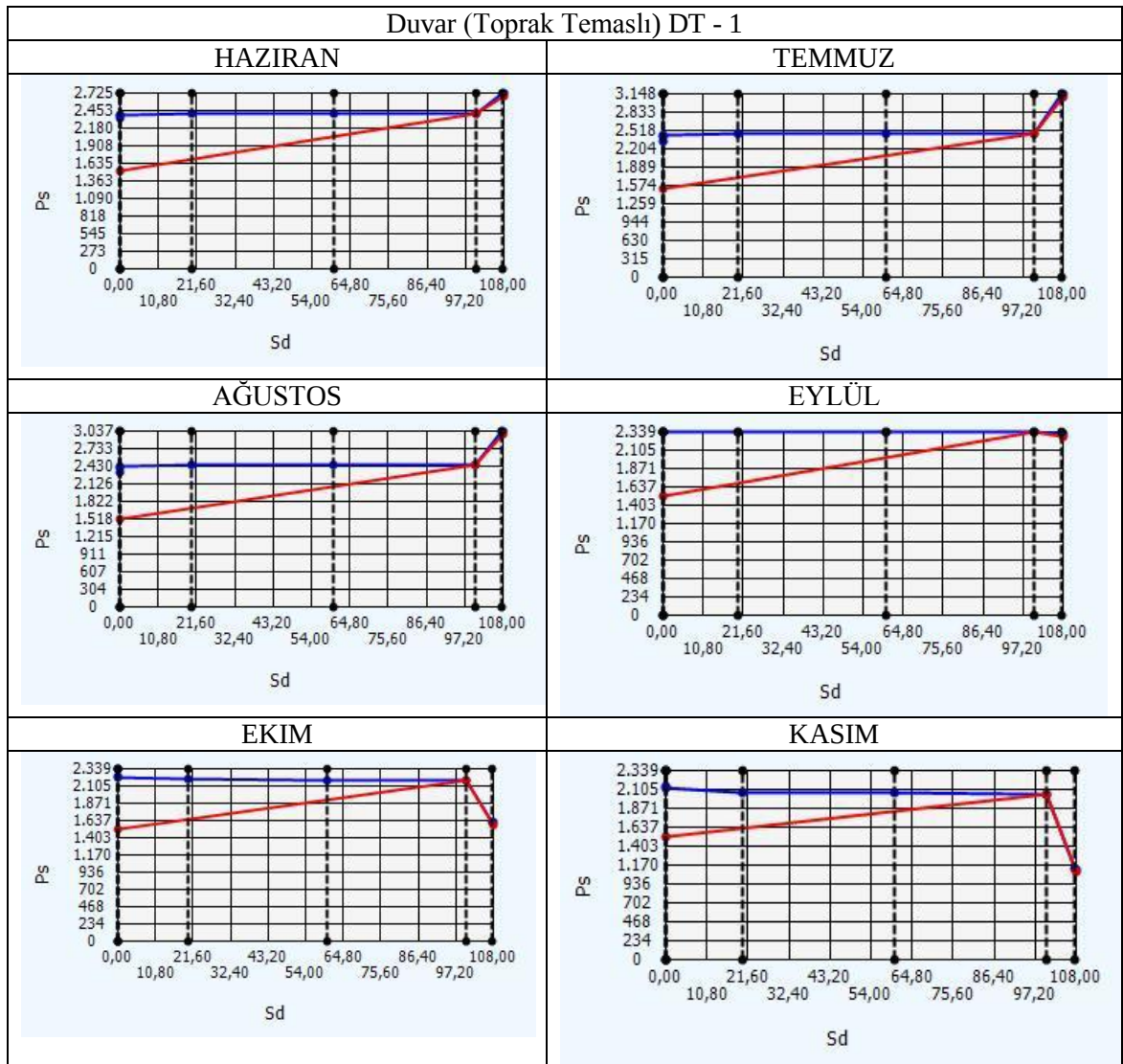
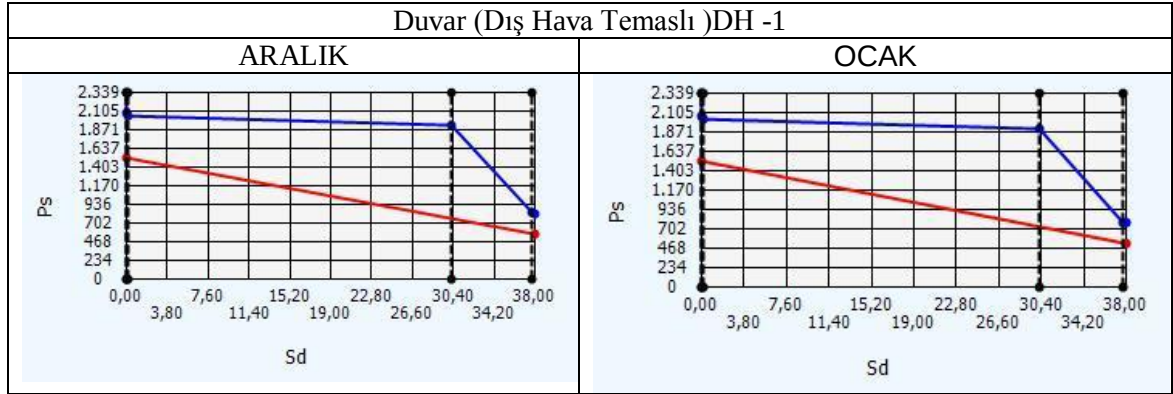
Yoğuşma standart tabakalarda oluştu (Max.1,0 kg/m²)

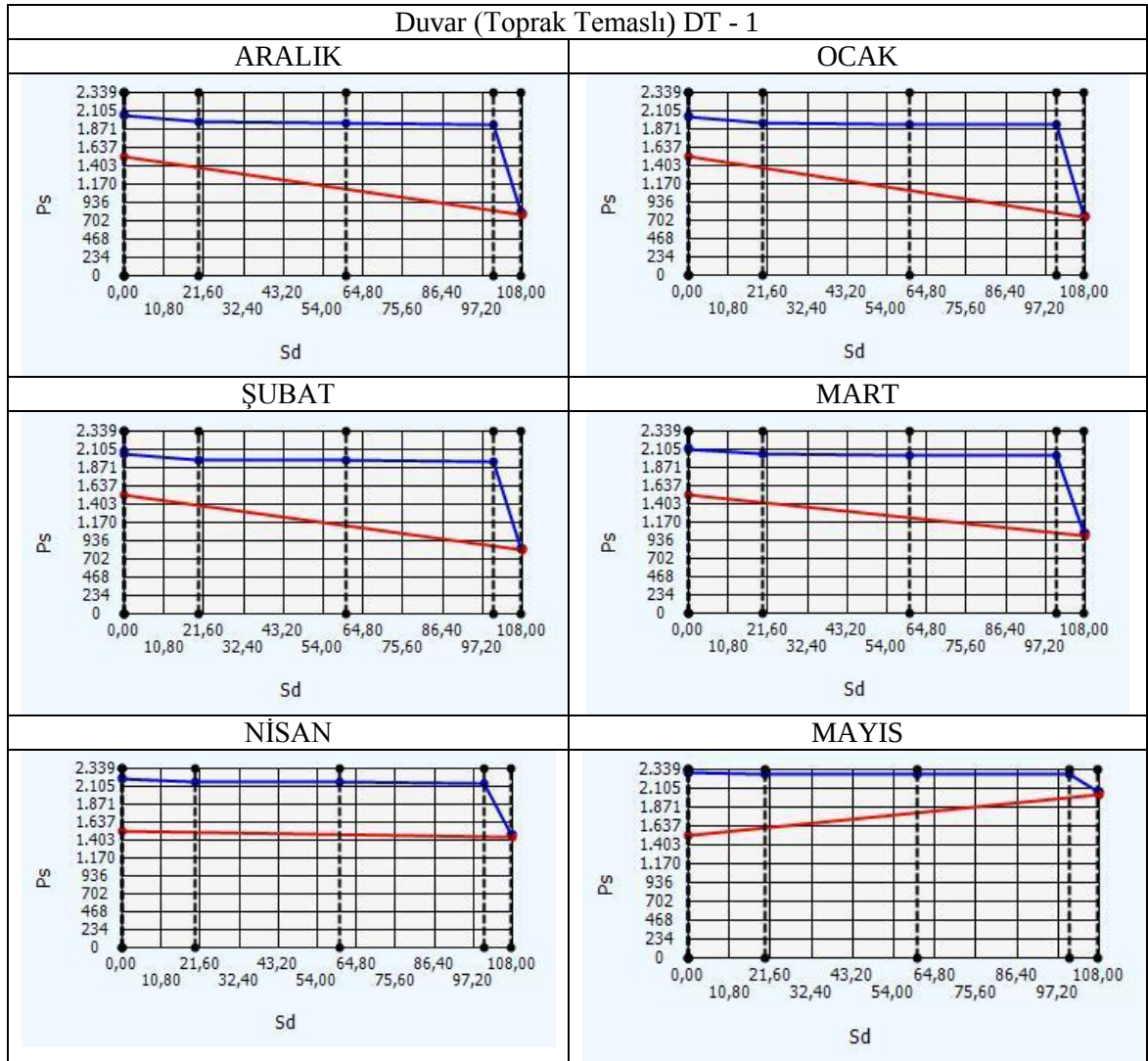
Yoğuşan suyun kütlesi buharlaşan suyun kütlesinden küçüktür. Yoğuşma zararsızdır.

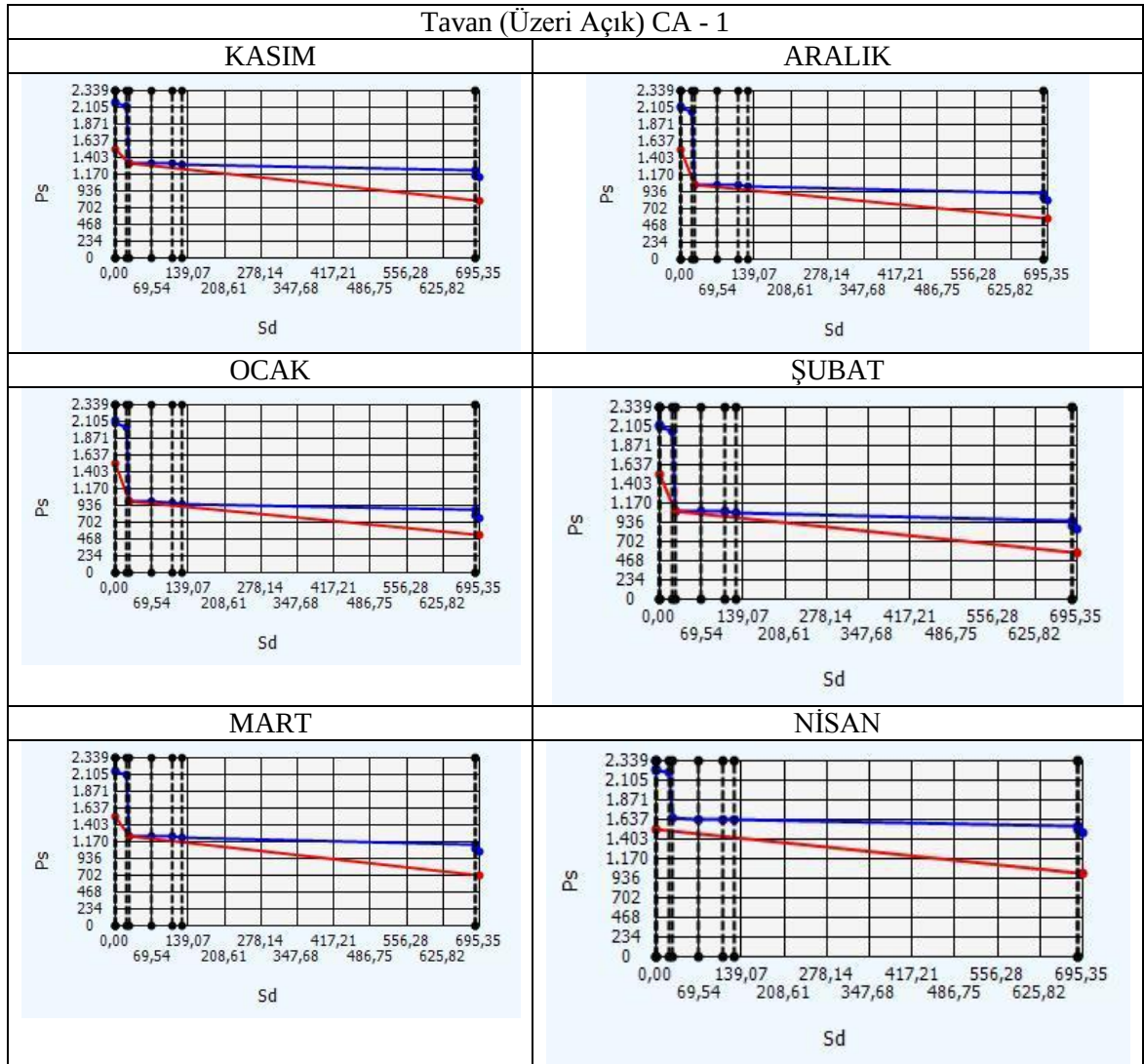
4.Bileşendeki yoğuşan su miktarı TS 825 te belirtilen sınırlar içerisinde (0 <1)kg/m². Standarda uygundur.

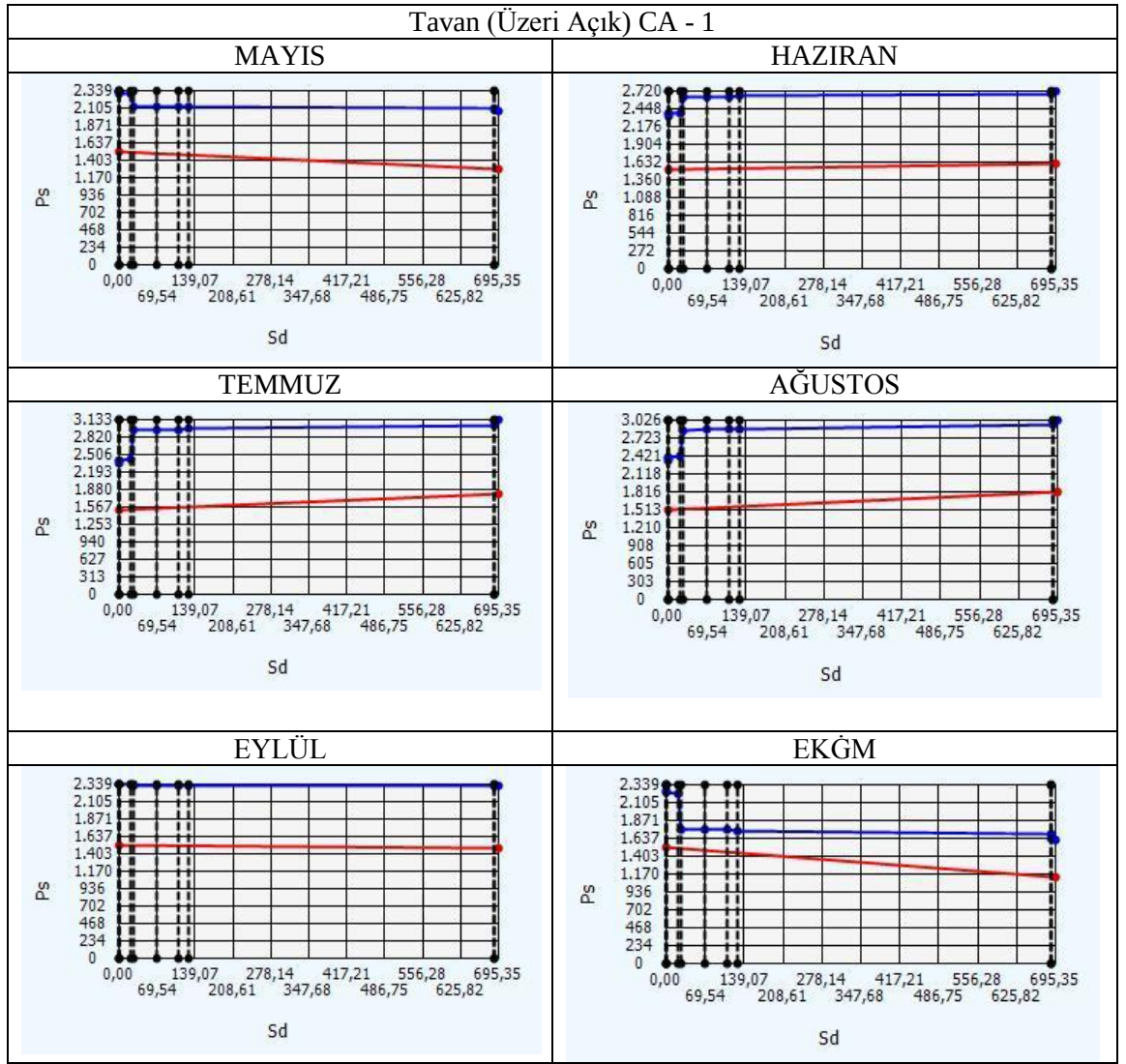
Yoğuşma standart tabakalarda oluştu (Max.1,0 kg/m²)

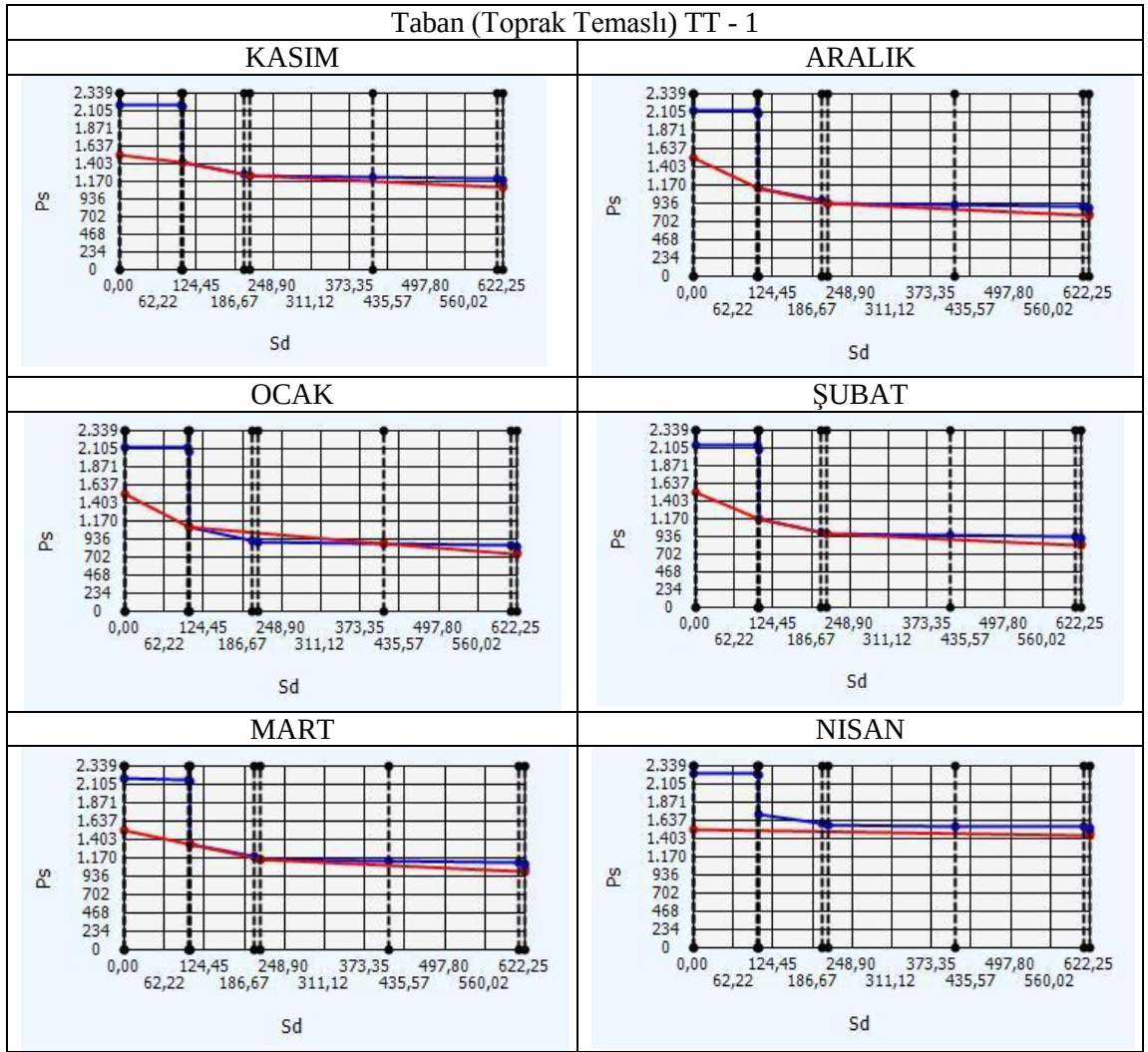
Yoğuşan suyun kütlesi buharlaşan suyun kütlesinden küçüktür. Yoğuşma zararsızdır.









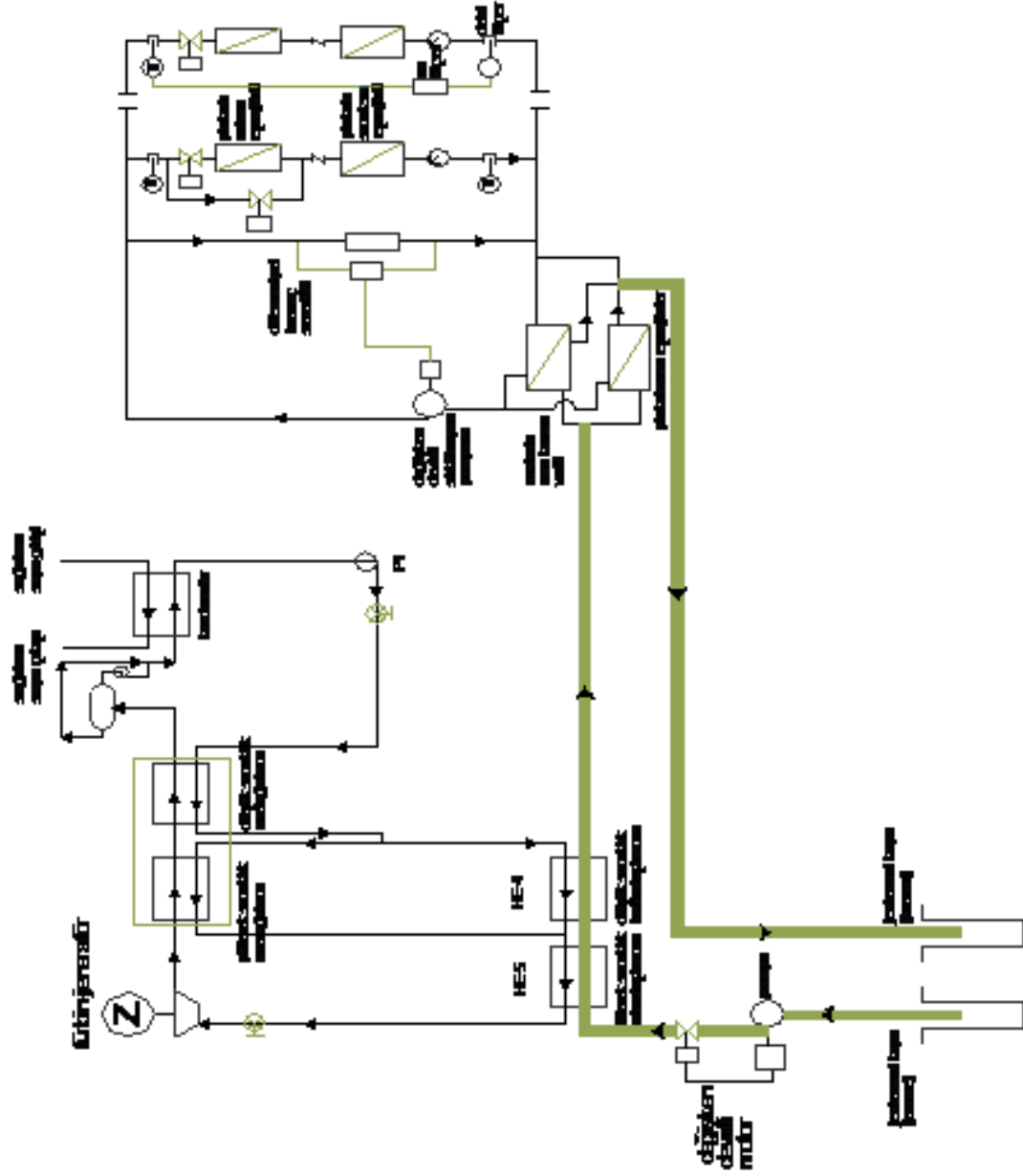


Tablo 2.17.Binanın ısı kaybı hesabı

														ISI KAYBI HESABI			TARİH	05.04.2012		
														TESİSİN ADI		FİTNESS			SAYFA	1
														BURSA			YAPAN			
YAPIBİLEŞENİ				ALAN HESABI				ISIKAYBIHESABI				ZAMLAR								
İŞARET	YÖN	KALINLIK	UZUNLUK	YÜK. VEYA GENİŞLİK	TOPLAM ALAN	MİKTAR	ÇIKARILAN ALAN	HESABA GİREN ALAN	ISI İLETİM KAT SAYISI	SICAKLIK FARKI	ZAMSIZ ISI KAYBI	İŞLETME	KAT YÜKSEKLİĞİ	YÖN	TOPLAM	TOPLAM ISI İHTİYACI				
		cm	m	m	m ²	adet	m ²	m ²		°C		%	%	%	1+%					
Z01 FITNESSCENTER											20°C									
PEN1			15	2,6	39	1		39	1,80	26	1825,2									
PEN1				0	0	0	1		0	1,80	26	0								
KAPI1				0	0	0	1		0	3,50	26	0								
KAPI2				0	0	0	1		0	0,00	10	0								
DH 1			15	3,1	46,5	1	39	7,5	0,50	26	97,305									
DT 1				83,1	24,8	1		24,8	0,51	17	216,702									
DH 2				02,6	0	1		0	0,37	26	0									
DO2				02,6	0	1		0	0,00	10	0									
TG1					0	1		0	0,23	26	0									
CA 1					55,48	1		55,48	0,40	26	574,107									
TT 1					55,48	1		55,48	0,38	14	297,484									
QS	2,5	32,6	0,9	1,13	26	1,2				Q=	3010,8	7	0	5	1,12	3372				
															QS=	2586				
															TOPLAM	5958				
Z02 HAMAM											32°C									
PEN1				0	0	0	1		0	1,80	38	0								
PEN1				0	0	0	1		0	1,80	38	0								
KAPI1				0	0	0	1		0	3,50	38	0								
KAPI2				0	0	0	1		0	0,00	22	0								
DT 1			8,6	3,1	26,66	1	0	26,66	0,51	29	397,394									
ID 1			4,6	3,1	14,26	1		14,26	0,60	12	102,672									
ID 1				02,6	0	1		0	0,40	17	0									
DO2				02,6	0	1		0	0,00	22	0									
TG1					0	1		0	0,23	38	0									
CA 1					15,12	1		15,12	0,40	38	228,675									
TT 1					15,12	1		15,12	0,38	26	150,565									
										Q=	879,306	7	0	0	1,07	941				
QS	2,5	0	0,9	1,13	38	1,2									QS=	0				
															TOPLAM	941				
Z03 SAUNA											32°C									
PEN1				0	0	0	1		0	1,80	38	0								
PEN1				0	0	0	1		0	1,80	38	0								
KAPI1				0	0	0	1		0	3,50	38	0								
KAPI2				0	0	0	1		0	0,00	22	0								
DT 1			2,1	3,1	6,51	1	0	6,51	0,51	29	97,0381									
ID 1			2,1	3,1	6,51	1		6,51	0,60	12	46,872									
DO1				02,6	0	1		0	0,27	22	0									
DO2				02,6	0	1		0	0,00	22	0									
TG1					0	1		0	0,23	38	0									
CA 1					5,04	1		5,04	0,40	38	76,225									
TT 1					5,04	1		5,04	0,38	26	50,1883									
										Q=	270,323	7	0	0	1,07	289				
QS	2,5	0	0,9	1,13	38	1,2									QS=	0				
															TOPLAM	289				
Z04 BUHAR ODASI											32°C									
PEN1				0	0	0	1		0	1,80	38	0								
PEN1				0	0	0	1		0	1,80	38	0								
KAPI1				0	0	0	1		0	3,50	38	0								
KAPI2				0	0	0	1		0	0,00	22	0								

DT 1			2,1	3,1	6,51	1	0	6,51	0,51	29	97,0381					
ID 1			2,1	3,1	6,51	1		6,51	0,60	12	46,872					
ID 1			2,4	3,1	7,44	1		7,44	0,60	17	75,888					
DO2			0	2,6	0	1		0	0,00	22	0					
TG1					0	1		0	0,23	38	0					
CA 1					5,04	1		5,04	0,40	38	76,225					
TT 1					5,04	1		5,04	0,38	26	50,1883					
QS	2,5	0	0,9	1,13	38	1,2				Q=	346,211	7	0	0	1,07	370
															QS=	0
															TOPLAM	370
PEN1			0	0	0	1		0	1,8	30	0					
PEN1			0	0	0	1		0	1,8	30	0					
KAPI1			0	0	0	1		0	3,5	30	0					
KAPI2			0	0	0	1		0	0,0	14	0					
DT 1			2	3	6,	1	0	6,	0,5	21	70,268					
ID 1			2	3	6,	1		6,	0,6	4	15,62					
ID 1			2	3	7,	1		7,	0,6	9	40,17					
DO2			0	2	0	1		0	0,0	14	0					
TG1					0	1		0	0,2	30	0					
CA 1					5,	1		5,	0,4	30	60,177					
TT 1					5,	1		5,	0,3	18	34,745					
										Q=	220,99	7	0	0	1,07	23
QS	2,5	0	0	1,1	3	1,2									QS=	0
															TOPLAM	23
PEN1			0	0	0	1		0	1,8	30	0					
PEN1			0	0	0	2		0	1,8	30	0					
KAPI1			0	0	0	1		0	3,5	30	0					
KAPI2			0	0	0	1		0	0,0	14	0					
DT 1			4	3	13,	1	0	13,	0,5	21	150,57					
ID 1			2	3	6,	1		6,	0,6	9	35,15					
ID 1			0	3	0	1		0	0,0	0	0					
DO2			0	2	0	1		0	0,0	14	0					
TG1					0	1		0	0,2	30	0					
CA 1					5,	1		5,	0,4	30	60,177					
TT 1					5,	1		5,	0,0	0	0					
										Q=	245,90	7	0	0	1,07	26
QS	2,5	0	0	1,1	3	1,2									QS=	0
															TOPLAM	2

EK-3.BİNA TESİSAT SİSTEMİ ŞEMASI



EK-4.ISITMA (DOĞALGAZ) VE ELEKTRİK FATURA BİLGİLERİ

Tablo 4.1. 01/04/2012 Tarihinden İtibaren Uygulanacak Fonsuz Tarifeler

01/04/2012 Tarihinden İtibaren Uygulanacak Fonsuz Tarifeler		
	TL/m ³	TL/KWH
Konut	-----	25,886477026698
(KDV hariç bedellerdir.)		

Tablo 4.2. 01/10/2011 Tarihi İtibariyle Konut Kullanıcılarına Uygulanan Doğalgaz Satış Tarifesi

01/10/2011 Tarihi İtibariyle Konut Kullanıcılarına Uygulanan Doğalgaz Satış Tarifesi		
	TL/m ³	kr/KWH
Konut	0,710899	0,06681382
Resmi kurum ve hastane	0,710899	0,06681382
Diğer resmi kurumlar	0,710899	0,06681382
(KDV hariç bedellerdir.)		

EK-5.Bursa Kaynarca-Sıcaksu Bölgesinde Tasarlanan Enerji Etkin Bina Örneğinin Bina Değerlendirme Metotları (LEED) Üzerinde İncelenmesi

Binaların çevresel etkisinin azaltılması ve yaşadığımız çevre ve insan aktivitelerinin devamını sağlamak üzere çevreyle dost yapıların geliştirilmesi konusunda yapılan tüm çalışmaların sonucunda binalarda sürdürülebilirlik ve çevresel performansın değerlendirilmesine yönelik sistemler ortaya çıkmıştır.

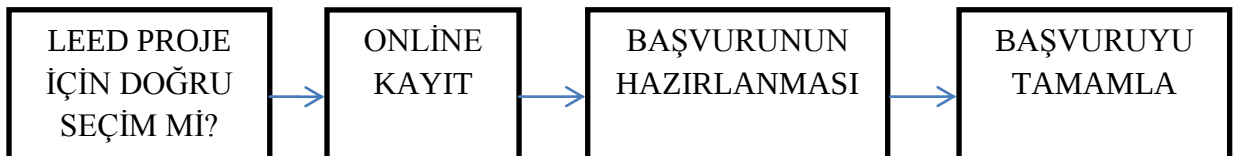
Binaların, seçilmiş bazı çevresel performans kriterlerine göre incelenmeleri sonucunda elde ettikleri puanlar doğrultusunda değerlendirilmelerine dayanan bu metotlar, yeni tasarlanmakta olan binalar için kullanılabilecekleri gibi mevcut veya yeniden düzenlenmekte olan binalar içinde kullanılabilmektedir [57].

- LEED (Amerika); Amerika Yeşil Bina Konseyi tarafından yeşil binaların gelişimi ve üretiminin hızını arttırmak üzere 1998’ de tasarlanmış, ulusal oybirliğine dayanan, piyasaya bağlı bir bina değerlendirme sistemidir.
- LEED metodu; sürdürülebilir arazi kullanımı, su verimliliği, enerji ve atmosfer, malzemeler ve kaynaklar, iç mekan çevresel kalitesi ile inovasyon ve yerel önem sırası olmak üzere 7 ana kategoriden oluşmaktadır. Her kategori belirli sayıda ön gereklilik ve kredi içermekte; bu krediler ise değerlendirme çerçevesinde 1 veya daha fazla puan kazandırmaktadır. Bir projenin LEED sertifikası almak üzere değerlendirmeye girebilmesi; öncelikle ön projenin gereklilikleri sağlamasına bağlıdır [57].

Tablo 5.1. LEED değerlendirme yaklaşımı [57].



Tablo 5.2. LEED değerlendirme sistemi ön proje gereklilikleri [58, 59].



Tablo 5.3. LEED değerlendirme sistemi [57, 58, 59].

LEED DEĞERLENDİRME SİSTEMİ			
Kategori	Ön Gereklilikler	Kredi Sayısı	Maksimum Puan
Sürdürülebilir Arazi Kullanımı, Mevcut bina ve arazilerin yeniden kullanımı, Isı Köprüleri azaltılması, Mevcut yeşil alanların korunması, Alternatif ulaşım metotları sağlanması	2	9	26
Su Verimliliği Binanın ihtiyaç duyduğu su miktarının azaltılması, Suyu verimli kullanacak şekilde peyzaj,	2	3	10
Enerji ve Atmosfer Yenilenebilir ve Alternatif enerji kaynakları kullanımı, Enerji verimliliği ve sistem performansının sağlanması, Ozon tabakası koruma protokollerinin desteklenmesi,	3	6	35
Malzeme ve Kaynaklar Çevresel etkileri düşük, alternatif malzemelerin kullanımı, Atıkların azaltılması ve yöntemi, Kullanıcı atık akışından geri dönüşüm imkanları,	3	7	14
İç Mekan Çevresel Kalitesi İç mekan hava kalitesinin sağlanması İç mekan havasının kirleten malzemesinin elenmesi, azaltılması ve yöntemi, Isısal konfor ve kullanıcı kontrolünün sağlanması, Dış mekanla-kullanıcı ilişkisinin sağlanması,	3	10	15
İnovasyon	-	-	6
Yerel Önem Sırası	-	-	4
Toplam			110
LEED sertifika seviyeleri: Sertifikalı: 40-49, Gümüş: 50-59, Altın: 60-79, Platin: 80 ve daha fazla			

Tablo 5.4. Leed puanlama sistemi [58, 59].

LEED PUANLAMA SİSTEMİ			
Kredi	Konu Başlığı	Puan	Tez Binasının Puanı
SÜRDÜRÜLEBİLİR ARAZİ			
Ön Şart-1	İnşaat kirliliğinin önlenmesi	Zorunlu	
Ön Şart-2	Arazinin çevresel değerlendirilmesi	NA	
Kredi-1	Arazi seçimi	1	1
Kredi-2	Yapılaşma yoğunluğu & Temel hizmetlere yakınlık	5	3
Kredi-3	Kirletilmiş endüstriyel alanların ıslahı ve tekrar kullanımı	1	-
Kredi-4.1	Alternatif ulaşım: Toplu taşıma	6	3
Kredi-4.2	Alternatif ulaşım: Bisiklet parkı ve soyunma odaları	1	-
Kredi-4.3	Alternatif ulaşım: Düşük salımlı ve yakıt verimli araçlar	3	-
Kredi-4.4	Otopark kapasitesi	2	2
Kredi-5.1	Arazi geliştirme: Doğal yaşamı koruma ve yenileme	1	1
Kredi-5.2	Arazi geliştirme: Açık alanların artırılması	1	-
Kredi-6.1	Yağmur Suyu Tasarımı: Miktar kontrolü	1	1
Kredi-6.2	Yağmur Suyu Tasarımı: Kalite kontrolü	1	-
Kredi-7.1	Isı Adası Etkisi: Çatı harici	1	-
Kredi-7.2	Isı Adası Etkisi: Çatı	1	1
Kredi-8	Işık kirliliğinin azaltılması	1	-
Kredi-9	Kiracılar için Tasarım ve İnşaat kılavuzu	NA	
Kredi-9	Arazi Yerinin Planı	NA	
TOPLAM		26	12
SU KREDİLERİ			
Peyzaj etkin sulama		2-4	2
Su kullanımı azaltımı		2-4	2
Yenilikçi atık su teknolojileri		2	-
TOPLAM		10	4
ENERJİ VE ATMOSFER			
Ön Şart-1	Temel işletmeye alma	Zorunlu	-
Ön Şart-2	Minimum enerji performansı	Zorunlu	-
Ön Şart-3	Akışkanların temel yönetimi	Zorunlu	-
Kredi-1	Optimum enerji performansı	1-19	6
Kredi-2	Yenilenebilir enerji	1-7	3
Kredi-3	Gelişmiş işletmeye alma	2	-
Kredi-4	Akışkanların kapsamlı yönetimi	2	1
Kredi-5	Ölçüm ve doğrulama	3	1
Kredi-5.1	Ölçüm ve doğrulama ana bina	-	-
Kredi-5.2	Ölçüm ve doğrulama-kiralama	-	-
Kredi-6	Yeşil enerji	2	2
TOPLAM		35	13
MALZEME VE KAYNAKLAR			
Kredi-1	Bina tekrar kullanımı	1-3	1
Kredi-2	İnşaat atık yönetimi	1-2	1
Kredi-3	Malzemelerin tekrardan kullanımı	1-2	1
Kredi-4	Geri dönüştürülmüş bileşen	1-2	-
Kredi-5	Yerel malzeme kullanımı	1-2	1

Kredi-6	Çabuk yenilenebilir malzemeler	1	1
Kredi-7	Sertifikalı ahşap	1	1
TOPLAM		14	6
İÇ MEKAN VE YAŞAM KALİTESİ			
Ön Şart-1	Minimum iç ortam hava kalitesi	Zorunlu	-
Ön Şart-2	Sigara dumanı kontrolü	Zorunlu	-
Ön Şart-3	Minimum akustik performans	-	-
Kredi-1	Taze hava girişinin izlenmesi	1	1
Kredi-2	Arttırılmış havalandırma	1	-
Kredi-3	İnşaatta iç ortam hava kalitesi yönetim planı	1	-
Kredi-4	Düşük salımlı malzemeler	4	1
Kredi-5	İç ortam kirletici kaynağı kontrolü	1	1
Kredi-6	Sistemlerin kontrol edilebilirliği	2	2
Kredi-7	Termal (ısı) konfor	1	1
Kredi-8	Günlüğü ve manzara	2	1
Kredi-9	Gelişmiş akustik performans	-	-
Kredi-10	Küflenmenin önlenmesi	-	-
TOPLAM		15	7
İNOVASYON			
TOPLAM		6	1
YEREL ÖNEM SIRASI			
		4	-
GENEL TOPLAM		110	43
LEED sertifika seviyeleri: Sertifikalı: 40-49, Gümüş: 50-59, Altın: 60-79, Platin: 80 ve daha fazla			