T.C.

TRAKYA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YAPILARDA ISI POMPASININ KULLANIMININ ENERJİ ETKİNLİĞİ BAĞLAMINDA İNCELENMESİ – EDİRNE ÖRNEĞİ

Ali MECHMET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MİMARLIK ANABİLİM DALI

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Semiha KARTAL

EDİRNE - 2023

ALİ MECHMET'in hazırladığı "YAPILARDA ISI POMPASININ KULLANIMININ ENERJİ ETKİNLİĞİ BAĞLAMINDA İNCELENMESİ – EDİRNE ÖRNEĞİ" başlıklı bu tez, tarafımızca okunmuş, kapsam ve niteliği açısından Mimarlık Anabilim Dalında bir Yüksek lisans olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri (Ünvan, Ad, Soyad):	İmza
Doç. Dr. Semiha KARTAL	
Doç. Dr. Filiz UMAROĞULLARI	
Prof. Dr. Türkan GÖKSAL ÖZBALTA	

Tez Savunma Tarihi: 20/06/2023

Bu tezin Yüksek Lisans olarak gerekli şartları sağladığını onaylarım.

İmza

Doç. Dr. Semiha KARTAL

Tez Danışmanı

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü onayı

Prof. Dr. Hüseyin Rıza Ferhat KARABULUT

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

T.Ü.FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MİMARLIK YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

DOĞRULUK BEYANI

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında, tüm verilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini, kullanılan verilerde tahrifat yapılmadığını, tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını, kullanılan tüm literatür bilgilerinin bilimsel normlara uygun bir şekilde kaynak gösterilerek ilgili tezde yer aldığını ve bu tezin tamamı ya da herhangi bir bölümünün daha önceden Trakya Üniversitesi ya da farklı bir üniversitede tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

…/…/…

ALİ MECHMET

Yüksek Lisans Tezi

Yapılarda Isı Pompasının Kullanımının Enerji Etkinliği Bakımında İncelenmesi – Edirne Örneği

T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü

Mimarlık Anabilim Dalı

ÖZET

Enerji tüketimi dünya nüfusuyla birlikte paralel olarak artmakta ve bu da enerji kaynaklarının verimli kullanımını gerektirmektedir. Fosil kaynakların çevre kirliliğini arttırması, rezervlerinin azalması ve ekonomik açıdan yüksek maliyetli olması gibi sebepler, kullanıcıyı yenilenebilir enerji kaynakların kullanımına yönelimini zorunlu kılmaktadır. Bu bağlamda çevreyi kirletmeyen, düşük enerji tüketimi ve yüksek performansa sahip sistem önerileri tüm sektörlerde önemli hale gelmiştir. Yapı sektöründe de enerji tüketimi yüksek bir paya sahiptir. Yapılarda tüketilen enerjinin önemli bir payı da ısıtma için harcanmaktadır. Bu bağlamda ısı pompası sistemlerinin binalardaki enerji tüketiminde önemli bir alternatif olabileceği düşünülmektedir.

Bu çalışmada, son dönemde kullanımı yaygınlaşan, yenilenebilir enerji kaynağı kullanan, düşük enerji tüketimi ve yüksek performans sağlayan ısı pompası sistemleri incelenmiştir. Isı pompası sistemleri hava, toprak ve su gibi doğal enerji kaynaklarından yararlanarak, ısıyı yüksek sıcaklıktan düşük sıcaklığa aktaran sistemlerdir. Çalışmanın amacı yapılarda kullanılan ısı pompası sistemlerini araştırmak ve temiz enerji kullanımının yaygınlaşmasına katkı sağlamaktır. Ayrıca, ısı pompası sistemlerinin Dünyada ve Avrupa'daki kullanım oranlarını ve Türkiye'de kullanılan ısı pompası sistemlerini araştırmaktır. Çalışma, bir örnek projede ısı pompasının kullanılması ile detaylandırılmıştır. Edirne'de bulunan örnek yapıda ısı pompasının enerji tüketimine olan katkısı incelenmiş ve aynı projenin Türkiye'deki dört farklı derece-gün bölgesinden seçilen illerdeki kullanımının enerji tüketimine olan etkisi karşılaştırılmıştır.

Karşılaştırmada ısı pompasının doğal gazlı (kombi) ve katı yakıt olan kömürlü sistemlere göre avantaj/dezavantaj durumları değerlendirilmiştir. Ayrıca ısı pompasının güneş panelleri ile birlikte kullanımı araştırılmıştır.

Yıl : 2023
Sayfa Sayısı : 114
Anahtar Kelimeler : Isı pompası, Yenilenebilir Enerji, Enerji Tüketimi

Master Thesis

Checking the use of the Heat pump in structures in Energy efficiency Care – example of the Edirne

Trakya University Institute of Natural and Applied Sciences

Department of Architecture

ABSTRACT

Energy consumption is increasing in parallel with the world population, and this requires efficient use of energy resources. Reasons such as increasing fossil resources to environmental pollution, decreasing reserves and being economically high-cost require human beings to be used for renewable energy sources. In this context, system recommendations that do not pollute the environment, have low energy consumption and high performance have become important in all sectors. Energy consumption has a high share in the building sector. An important share of the energy consumed in the structures is also spent on heating. In this context, it is thought that heat pump systems can be an important alternative in energy consumption in buildings.

In this study, heat pump systems that have been widespread in the last period, use renewable energy sources, and provide low energy consumption and high performance were examined. Heat pump systems are systems that transfer heat from high temperature to low temperature by using natural energy sources such as cross, soil and water. The purpose of the study is to research the heat pump systems used in the structures and contribute to their spread. In addition, the use of the heat pump systems in the world and in Europe and the heat pump used in Turkey is to investigate the systems. The study is detailed with the use of a heat pump in an example project. Edirne found in the sample structure of the contribution of the heat pump to energy consumption has been examined and the same project was compared to the use of the provinces selected from four different

degree-day regions in Turkey. In comparison, the advantage/disadvantage states of the heat pump compared to natural gas (kombi) and coal systems with solid fuel were evaluated. In addition, the use of the heat pump with solar panels has been explored.

Year : 2023

Pages : 114

Keywords : Heat pump, Renewable Energy, Energy Consumption

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans sürecimde desteği hiçbir zaman etmeyen, yol gösteren, ilgisiyle, hoşgörüsüyle birlikte çalışmaktan keyif aldığım danışman hocam Doç. Dr. Semiha KARTAL'a,

Tez süresince bilgilerini benimle paylaşan, hesaplamalar konusunda hiçbir zaman yardımını esirgemeyen Sayın Arslan Çağlayan GÜREL'e,

Ve son olarak bugünlere gelmemde en büyük paya sahip olan maddi ve manevi desteklerinin hiçbir zaman esirgemeyen anneme ve babama sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ali MECHMET

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**
ABSTRACT ..... **vi**
TEŞEKKÜR ..... **viii**
İÇİNDEKİLER ..... **ix**
SİMGELER ve KISALTMALAR ..... **xi**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **xii**
ÇİZELGE DİZİNİ ..... **xiv**
EKLER ..... **xv**
BÖLÜM 1 GİRİŞ **1**
1.1. Çalışmanın Amacı 1
1.2. Çalışmanın Yöntemi 2
1.3. Literatür Taraması 3
1.4. Çalışma Konusuna İlişkin Genel Bilgiler 9
BÖLÜM 2 ISI POMPASI VE GELİŞİM SÜRECİ **21**
2.1. Isı Pompası Gelişimi ve Çalışma Prensibi 22
2.2. Kaynaklarına Göre Isı Pompası 24
2.2.1. Hava Kaynaklı Isı Pompası 25
2.2.2. Toprak Kaynaklı Isı Pompası 25
2.2.3. Su Kaynaklı Isı Pompası 27
2.3. Bina İçi Isıtma Sistemlerine Göre Isı Pompaları 30
2.4. Isı Pompası Kullanım Alanları 30
2.5. Isı Pompası Kullanımının Avantajları ve Dezavantajları 31
2.6. Isı Pompasının Verimliliği 32
2.7. Avrupa'da ve Türkiye'de Isı Pompası Kullanım Oranları 34
2.8. Avrupa'da Uygulanmış Isı Pompası Örnekleri 37
2.9. Türkiye'de Uygulanmış Isı Pompası Örnekleri 41
BÖLÜM 3 ALAN ÇALIŞMASI **44**
3.1. Metod 44

3.2. Bölgelere Göre İklim Bilgileri 45
3.2.1. İzmir İklim Verileri (1. Derece Gün Bölgesi) 45
3.2.2. Edirne İklim Verileri (2. Derece Gün Bölgesi) 46
3.2.3. Eskişehir İklim Verileri (3. Derece Gün Bölgesi) 46
3.2.4. Van İklim Verileri (4. Derece Gün Bölgesi) 47
3.3. Yapıya ait Bilgileri 47
3.4. Yapının Isı Kaybı Hesabı 54
3.4.1. Duvarlar 55
3.4.2. Döşemeler ve Tavan: 57
3.5. Isı Pompası Uygulaması 58
3.6. Farklı Bölgelerde Isı Pompası Karşılaştırılması 59
3.6.1. İzmir İli İçin Isı Pompası Kullanımı 59
3.6.2. Edirne İli İçin Isı Pompası Kullanımı 62
3.6.3. Eskişehir İli İçin Isı Pompası Kullanımı 65
3.6.4. Van İli İçin Isı Pompası Kullanımı 68
3.7. Güneş Panelleri Uygulanması 70
3.7.1. İzmir İli İçin Güneş Paneli Kullanımı 71
3.7.2. Edirne İli İçin Güneş Paneli Kullanımı 72
3.7.3. Eskişehir İli İçin Güneş Paneli Kullanımı 72
3.7.4. Van İli İçin Güneş Paneli Kullanımı 73
BÖLÜM 4 DEĞERLENDİRME VE SONUÇ 74
KAYNAKLAR 79
EKLER 87
ÖZGEÇMİŞ 99

SİMGELER ve KISALTMALAR

CO_2	Karbondioksit
COP	Performans katsayısı
db	Desibel
GW	Gigawatt
Kg	Kilogram
KW	Kilowatt
KWh	Kilowatt saat
m	Metre
m^2	Metrekare
Mtco2	Milyon ton karbondioksit eşdeğeri
Mtoe	Milyon ton petrol eşdeğeri
TWh	Teta watt saat
U değeri	Isıl geçirgenlik değeri (W/m^2K)
°C	Santigrat derece
₺	Türk lirası

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Tez çalışmasının akış şeması 3
Şekil 1.2. Enerji kaynaklarının sınıflandırılması 10
Şekil 1.3. Dünya'da birincil enerji arzı 11
Şekil 1.4. Küresel enerji kaynak kullanımı 11
Şekil 1.5. Dünya'da CO_2 salınımı 12
Şekil 1.6. Kaynaklarına göre CO_2 emisyon salınımı 12
Şekil 1.7. Türkiye'de enerji arzı 13
Şekil 1.8. Türkiye enerji kaynak kullanımı 13
Şekil 1.9. Türkiye'nin CO_2 salınımı 14
Şekil 1.10. Türkiye'nin kaynaklarına göre CO_2 salınımı 14
Şekil 1.11. Dünyada enerji tüketimi ve enerji kaynaklarının küresel payları 16
Şekil 1.12. Dünyada 2000 ile 2021 yılları arasındaki rüzgâr ve güneş enerjisinden elektrik üretimdeki artış 17
Şekil 1.13. Yenilenebilir enerjiden elektrik üretimdeki artış 17
Şekil 1.14. 2010-2023 Net sıfır senaryosuna göre yenilebilir enerji üretimi ve hedef 18
Şekil 1.15. Enerji ve CO_2 emisyonlarının sektörel dağılımı 19
Şekil 1.16. Türkiye Birincil Enerji Tüketiminin Sektörel Dağılımı 19
Şekil 2.1. Isı pompası sistemi 22
Şekil 2.2. Isı pompasının çalışma prensibi 24
Şekil 2.3. Hava kaynaklı ısı pompası tesisat örneği 25
Şekil 2.4. Yatay tip toprak kaynaklı ısı pompası 26
Şekil 2.5. Dikey tip toprak kaynaklı ısı pompası 27
Şekil 2.6. Yüzey Suyu Uygulaması 28
Şekil 2.7. Yeraltı Suyu Uygulaması 29
Şekil 2.8. 1 Birim faydalı nihai enerji talebini sağlamak için farklı sistemlerin karşılaştırılması 33
Şekil 2.9. Farklı ısıtma sistemlerinin CO_2 emisyonlarının karşılaştırılması 34
Şekil 2.10. Isı pompasının kullanım durumu 34
Şekil 2.11. Avrupa'daki ısı pompası kaynaklarına göre satış gelişim oranları 35
Şekil 2.12. 2019'da Avrupa Birliği'nde faaliyete geçen hava ve toprak kaynaklı ısı pompası kullanımı 36
Şekil 2.13. Türkiye'deki hava kaynaklı ısı pompasının yıllara göre satış oranları 36
Şekil 3.1. İzmir ili yıllık ortalama sıcaklık ve yağış miktarları 45
Şekil 3.2. Edirne ili yıllık ortalama sıcaklık ve yağış miktarları 46
Şekil 3.3. Eskişehir ili yıllık ortalama sıcaklık ve yağış miktarları 47
Şekil 3.4. Van ili yıllık ortalama sıcaklık ve yağış miktarları 47

Şekil 3.5. Bodrum Kat Planı 48
Şekil 3.6. Zemin Kat Planı 49
Şekil 3.7. 1. Normal Kat Planı 50
Şekil 3.8. A-A Kesiti 51
Şekil 3.9. B-B Kesiti 51
Şekil 3.10. C-C Kesiti 52
Şekil 3.11. Kuzeydoğu Görünüşü 52
Şekil 3.12. Kuzeybatı Görünüşü 53
Şekil 3.13. Güneydoğu Görünüşü 53
Şekil 3.14. Güneybatı Görünüşü 54
Şekil 3.15. Isı pompasının gürültü hesapları (db) 59
Şekil 3.16. İzmir İli kaynak başına ısıtma termal çıkışı 60
Şekil 3.17. İzmir ili aylık enerji tüketimi 60
Şekil 3.18. İzmir ili için ısı pompası ile doğal gazlı sistem karşılaştırılması 61
Şekil 3.19. İzmir ili için ısı pompası ile kömürlü sistemin karşılaştırılması 62
Şekil 3.20. İzmir ili için CO_2 emisyonlarının karşılaştırılması 62
Şekil 3.21. Edirne ili kaynak başına ısıtma termal çıkışı 63
Şekil 3.22. Edirne ili aylık enerji tüketimi 63
Şekil 3.23. Edirne ili için ısı pompası ile doğal gazlı sistemin karşılaştırılması 64
Şekil 3.24. Edirne ili için ısı pompası ile kömürlü sistemin karşılaştırılması 64
Şekil 3.25. Edirne ili için CO_2 emisyonlarının karşılaştırılması 65
Şekil 3.26. Eskişehir ili kaynak başına ısıtma termal çıkışı 65
Şekil 3.27. Eskişehir ili aylık enerji tüketimi 66
Şekil 3.28. Eskişehir ili için ısı pompası ile doğal gazlı sistem karşılaştırılması 66
Şekil 3.29. Eskişehir ili için ısı pompası ile kömürlü sistem karşılaştırılması 67
Şekil 3.30. Eskişehir ili için CO_2 emisyonların karşılaştırılması 67
Şekil 3.31. Van ili kaynak başına ısıtma termal çıkışı 68
Şekil 3.32. Van ili aylık enerji tüketimi 68
Şekil 3.33. Van ili için ısı pompası ile doğal gazlı sistem karşılaştırılması 69
Şekil 3.34. Van ili için ısı pompası ile kömürlü sistem karşılaştırılması 70
Şekil 3.35. Van ili için CO_2 emisyonlarının karşılaştırılması 70
Şekil 3.36. İzmir ili için güneş panellerinin üretimi 71
Şekil 3.37. Edirne ili için güneş panellerinin üretimi 72
Şekil 3.38. Eskişehir ili için güneş panellerinin üretimi. 73
Şekil 3.39. Van ili için güneş panellerinin üretimi. 73

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Viyana'da ofis binası "Strabag Evi" 37
Çizelge 2.2. Aachen'deki ofis binası 38
Çizelge 2.3. Dressen'de tek ailelik ev 39
Çizelge 2.4. Nea Tirintha'daki '' AMALİA'' Oteli 40
Çizelge 2.5. Aypark Residence 41
Çizelge 2.6. M1 Meydan Alışveriş Merkezi 42
Çizelge 2.7. Oylat Termal otel 43
Çizelge 3.1. Alan Hacim Büyüklükleri 48
Çizelge 3.2. Yapı bileşenlerinin kalınlık ve ısıl iletkenlik değerleri 48
Çizelge 3.3. Gaz beton iç duvar 10cm 55
Çizelge 3.4. Gaz beton dış duvar 20cm 55
Çizelge 3.5. Betonarme dış duvar (kolon – kiriş) 56
Çizelge 3.6. Toprağa temas eden betonarme dış duvar 56
Çizelge 3.7. Kullanılmayan çatı arası (Tavan) 57
Çizelge 3.8. Kat arası döşeme 57
Çizelge 3.9. Temel döşemesi 58
Çizelge 3.10. Güneş Panellerin özellikleri 71
Çizelge 4.1. Isı pompasının doğal gazlı ve kömürlü bir sisteme göre tasarruf % miktarlarının karşılaştırılması 77
Çizelge 4.2. Isı pompasının doğal gazlı ve kömürlü bir sisteme göre CO_2 emisyon salınımında tasarruf miktarı % 77
Çizelge 4.3. Güneş panellerinden karşılanan elektrik enerjisi (%) 78

EKLER

Ek 1. İZODER TS825 Hesap Programı Raporu 87
Ek 2. Stand By Me ‘‘Stand By Me Heating Solutions Navigator’’ Raporu 92
Ek 3. Güneş Panellerinin Hesapları 98

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Dünyanın nüfusu ile paralel artış gösteren enerji ihtiyacı ve tüketimi, enerji kaynaklarının verimli kullanımını gerektirmektedir. Fosil kaynakların, çevre kirliliğine neden olması, rezervlerin azalması ve ekonomik açıdan maliyetinin yüksek olması gibi sebepler, yenilenebilir enerji kaynakların kullanımına yönelimi zorunlu kılmaktadır. Bu bağlamda çevreci, yüksek performansa ve düşük enerji tüketimine sahip çözüm önerileri tüm sektörlerde önemli hale gelmiştir. Yapı sektöründe de enerji tüketimi yüksek bir paya sahiptir. Yapılarda tüketilen enerjinin önemli bir payı da ısıtma için harcanmaktadır. Bu bağlamda ısı pompası sistemlerinin binalardaki enerji tüketiminde önemli bir alternatif olabileceği düşünülmektedir.

Kullanıcı temel gereksinimlerini karşılayan enerji kaynakları, ülkelerin; politik, ekonomik ve sosyal durumları açısından da stratejik bir öneme sahiptir. İlk çağlarda enerji kavramı sadece temel ihtiyaçların giderilmesine yardımcı olurken, sanayi devrimiyle başlayan ve günümüze kadar olan süreçte ise üretimin en önemli bileşenlerinden biri olmuştur. Küresel ekonomi politikaları açısından ise ülkelerin yeterli enerji kaynaklarına sahip olması, enerji arz güvenliğinin sağlanması açısından önemli bir hale gelmiştir (Erdil & Erbıyık, 2015).

1.1. Çalışmanın Amacı

Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını destekleyen, zararlı emisyonlara neden olmayan çözüm önerilerinin geliştirilmesi önemlidir. Isı pompası sistemleri de, temiz enerji kaynaklarını kullanması ve düşük enerji tüketimi açısından uygun çözüm önerilerinden biridir. Isı pompası sistemlerinin kullanımını arttırmak ve yapıların bulunduğu konum, iklim, vs gibi özelliklerine göre uygun ısı pompası çeşitlerini araştırmak çalışmanın kapsamını oluşturmaktadır. Ayrıca çalışmanın, Dünya ve

Avrupa'daki kullanımının yaygın olması, coğrafi konumu nedeniyle potansiyelinin yüksek olması fakat Türkiye'deki kullanımının yetersiz olması nedeni ile ısı pompasının yaygınlaşmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Mühendislik alanında incelenen ve yapılarda yoğun bir şekilde kullanılan 'ısı pompaları' mimarlık alanında uygulanma açısından yeterince bilinmemektedir. Bu çalışmanın; özellikle toprak ve hava kaynaklı ısı pompası uygulamaları üzerinden incelenerek, ısı pompalarının mimarlıktaki yeri ve sınırları açısından örnek oluşturması hedeflenmiştir.

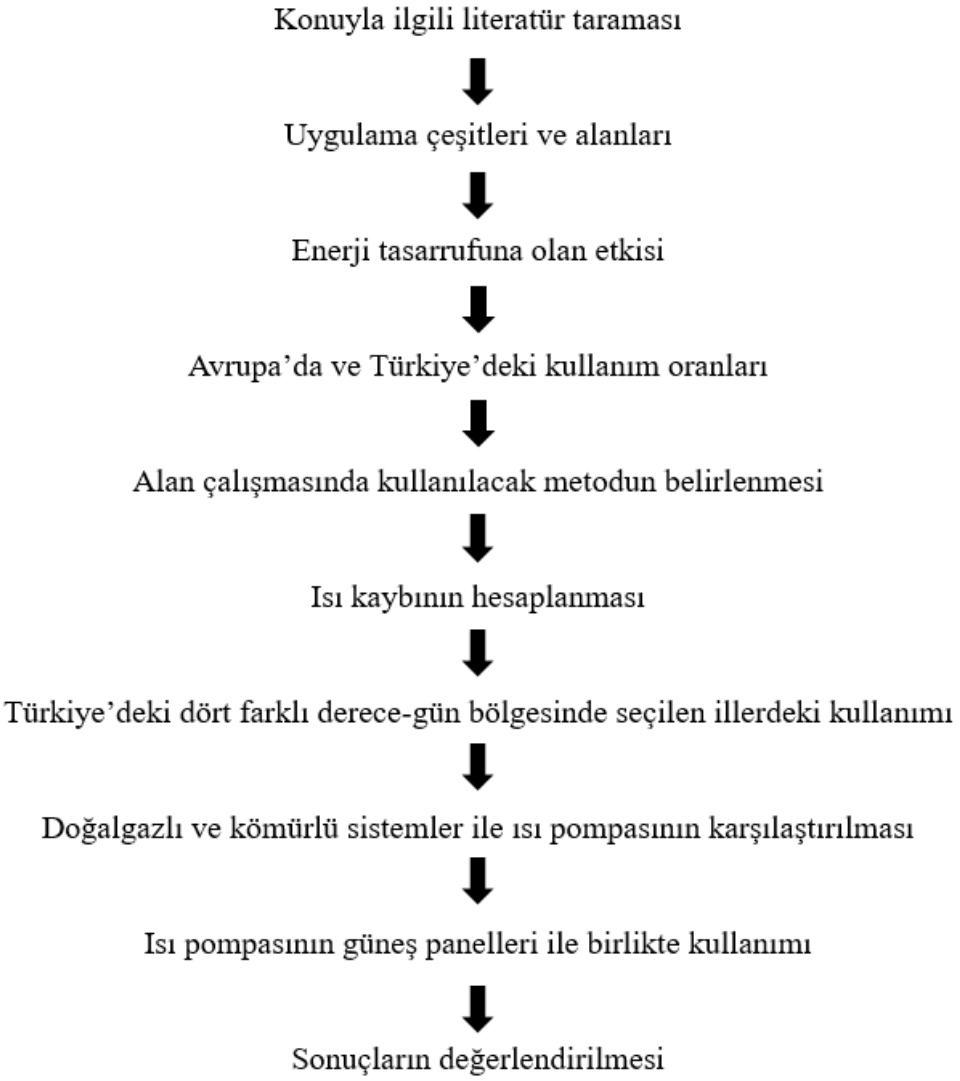
Yapılarda kullanılan ısı pompası sistemlerinin araştırılmasının dışında ısı pompası ile birlikte kullanılabilen güneş panellerinin kullanımı araştırmak çalışmanın bir diğer hedefidir. Isı pompası ve güneş panelleri uygulamasının enerji verimliliği açısından araştırılarak konutlarda yenilenebilir enerji kullanımının arttırılması amaçlanmıştır. Bir konut projesi yardımıyla Türkiye'nin farklı derece-gün bölgelerindeki ısı pompasının verimi araştırılmıştır. Böylece Türkiye'de yenilenebilir enerjinin ısı pompası ve güneş panelleri aracılığıyla yapılarda kullanımının arttırılmasına katkı sağlanacağı düşünülmektedir.

1.2. Çalışmanın Yöntemi

Çalışmada, mühendislik, mimarlık ve enerji alanlarında yapılmış ulusal ve uluslararası makale, tez, dergi, internet kaynakları vb. çalışmalar incelenerek literatür taraması yapılmıştır. Belirlenen yapı uygulama örnekleri konu kapsamında incelenmiştir. Öncelikle konu ile ilgili tanımlamalar, konunun açıklanması ve konu ile ilgili örneklerin incelenmesi çalışmanın aşamalarını oluşturmuştur.

Alan çalışması olarak uygulanan metotta bir konut proje örnek alınarak yapının dört farklı derece gün bölgeleri için belirlenmiş olan illerde ısı kaybı hesapları yapılmıştır. Standartlara uygun ısı kaybı hesaplamaları İzoder TS 825 programı kullanılarak yapılmıştır. Bu çalışma kapsamında ısı pompalarının seçimi yapılarak bir simülasyon programından yararlanarak elde edilen veriler dört farklı derece-gün bölgelerine göre karşılaştırılmıştır. Ayrıca ısı pompasının konfor şartlarına uygunluğu açısından çalıştığı süreçteki ortama yaydığı gürültü açısından da incelenmiştir. Bu karşılaştırma ısı pompası ile iki farklı ısıtma sistemi olan doğalgaz ve kömürlü sistemleri olarak ele alınmıştır. Son aşamada ise ısı pompasıyla birlikte güneş panelleri kullanımının verimi araştırılmıştır. Bu

tez çalışmasında yürütülen araştırma ve deneylerin inceleme şeması Şekil 1.1'de görülmektedir.



Şekil 1.1. Tez çalışmasının akış şeması

1.3. Literatür Taraması

Isı pompası Nicolas Leonard Sadi Carnot tarafından 1824 yılında ilk olarak çalışılmaya başlanmıştır. Bu cihaz asılda bir soğutma makinesidir. 26 yıl sonra 1850'lı yıllarında Lord Kelvin tarafından soğutma cihazlarının ısıtma amacı ile kullanılabileceğini ortaya koymasıyla birlikte ısı pompası uygulanmaya başlamıştır. 2'çi Dünya Savaşından önce mühendisler ve bilim insanları ısı pompasını geliştirmek ve kullanılabilir hale getirmek için bu alanda araştırmalar ve çalışmalar yapmışlardır. 2. Dünya Savaşı yılları sırasında endüstri olanakları daha öncelikli sorunlara yönlendirdiği

için ara verilen ısı pompası çalışmaları savaşın bitmesiyle tekrar hız kazanmıştır (Couvillion, 1985). İskoç Haldane tarafında 1930 yılında yapılmış olan ilk ısı pompasını kendi evinde kullanmaya başlamıştır. Haldane ısı pompasında ısı kaynağı olarak dış ortam havasını kullanmış ve hava koşullarının kötü olduğu dönemlerde suyla desteklemiştir. 1950 yıllarında ısı pompasına olan ilgide azda olsa artış olmuştur, fakat petrol fiyatlarının düşmesi ve işletim zorlukları sebebiyle ilerleyememiştir. Isı kaynağı olarak topraktan yararlanarak faydalı ısıveren bir makineyi hayata geçirmek için, 1852 yılında Lord Kelvin endüstri çağından önce çok çaba sarf etmiş fakat bu makineyi hiçbir zaman hayata geçirememiştir. 75 yıl sonra Haldane, Scotland'daki evinde bu prensibe dayanarak yapmış olduğu makineyi evini ısıtmak için kullanmıştır. 1912 yılında İsviçre patenti ile ilk olarak toprak kaynaklı ısı pompasının faydaları tanıtılmıştır (Hatten, 1992). Isı pompası sisteminin ilk uygulaması 1930 yılından beri işletilen ve Connecticut'da bulunan ulusal Amerikan deprem araştırmaları binasında kullanılmıştır. 1938 yılında bir diğer ısı pompalarından biri Zürih belediye binasında kurulmuştur. Daha sonra, ısı kaynağı olarak toprağa gömülen çelik boruların içerisinde salamaru (su + antifriz) dolaştırılarak ısıtma yapılması, 1940 yıllarında çarpıcı olarak görülmüştür. Korozyon sorunları nedeniyle, toprak altındaki boruların kullanılmasında sorunlarla karşılaşılınca; toprak kaynaklı ısı pompalarının gelişini de zorlaşmıştır. Daha sonralarında plastik boruların kullanılmasıyla birlikte korozyon sorunları giderilmiş ve toprak kaynaklı ısı pompası sistemleri üzerine araştırmalar hızlanmıştır (Couvillion, 1985).

Amerika'da, toprak kaynaklı ısı pompası sistemlerine olan ilgi 1940'lı 50'li yıllarında ortaya çıkmıştır. Fakat o yıllarda, teknolojiye uygun olan boru malzemelerinin sınırlı olmaması ve ucuz olan doğalgaz sebebiyle toprak kaynaklı ısı pompalarına olan ilgi azalmıştır. Ev ısıtması için kurulan ilk ısı pompası sistemlerinden bir tanesi İngiltere'de Summer tarafından kendi evinde kurulmuştur. Oxforda'da yapılan ısı pompası sisteminde, ısı kaynağı olarak düşük sıcaklıktaki kanalizasyon suyu ısı kaynağı olarak kullanılmıştır. 1950 yıllarında Amerika'da ve İngiltere'de evler için ısı pompası sistemlerinde toprak kaynaklı ısı pompasının kullanımı ile ilgili çalışmalara önem verilmiştir. Baker, 1950-51 yıllarında kış aylarında ortalama ısı etki katsayısını 3'ün üzerinde çıkaran bir çift tesirli toprak kaynaklı ısı pompası sistemi geliştirmiştir. 2. Dünya savaşından sonra birkaç şehirde ısıtma soğutma sistemleri uygulanmıştır. Bu uygulamalar genellikle halkın ortam kullanımı olan tiyatro ve restoran gibi yapılarda kullanılmıştır.

Toprak kaynaklı ısı pompası sistemleri 1973 yıllarında petrolde uygulanan ambargolar nedeniyle, İsviçre'de tekrar artış göstermiş ve Oklohoma State Üniversitesinde bir araştırma programı başlatılarak gelişimi bu günlere kadar gelmiştir. (Hughes vd., 1985). 1985 yıllarında sadece Amerika'da 14 binden fazla toprak kaynaklı ısı pompasının kurulu olduğu tahmin edilmektedir. Bunlara paralel olarak İsveç'te 1988 yılında 134 binden fazla toprak kaynaklı ısı pompası sistemi kurulu olduğu bilinmektedir. 1990 yılında Amerika'da tahmini 100 binde fazla toprak kaynaklı ısı pompası sistemi, konut ve ticari yapı uygulamalarında kullanılmıştır. 1997 yılı sonunda 300 binden fazla toprak kaynaklı ısı pompası sistemi de ev, okul ve ticari yapılarda ısıtma ve soğutma amacıyla kullanılmaktadır (Orkustofnun, 1998).

Catan ve Baxtert arafından 1985 yılında yapılan çalışmada, kuzey iklim bölgelerinde uygulanan toprak kaynaklı ısı pompasının ekonomik açıdan analizi incelemiştir. Pittsburgh'da bulunan 167 m^2'lik ev için yatay tip su kaynaklı ısı pompası sisteminin yapım ve 7 yıl içinde kullanım maliyet ömrünü incelemişlerdir (Catan & Baxter, 1985). Martin, yatay tip toprak kaynaklı ısı pompası sisteminin tasarlanmasında etki eden parametrelerin değişimini inlemek için hem teorik hem de deneysel çalışmalarını yapmışlardır. Konutlar için ısıtma ve soğutma amacıyla kullanılan ısı pompası sisteminin enerji harcamalarını ve performansını ortaya koyan bir bilgisayar programı geliştirmişlerdir (Martin, 1990).

Kavanaugh, nehir suyunu ısı kaynağı olarak kullanılan bir su kaynaklı ısı pompasının analizini yapmıştır. Isı pompasının seçimi, boru hatlarının yerleşimi, pompalama sistemi ve nehir suyunun boyut ve özellikleri ile ilgili uygulamalı sonuçlarını vermiştir (Kavanaugh, 1990). Meloy, bir ticari yapının doğrudan kuyu soğutmalı olan bir sistemin kuyu kaynaklı ısı pompası sistemine uygulaması üzerinde çalışmıştır. Bu dönüşümün sonucunda 1 yıl içeresinde % 22 enerji tasarrufu sağlamıştır (Meloy, 1992). Rafferty, yer altı su sıcaklı 13°C olan ve bir diğer yer altı su sıcaklığı 22°C olan yeraltı suyu kaynaklı ısı pompası sistemlerinden gelen verileri karşılaştırmıştır (Rafferty, 1992). Hatten, Amerika'da bulunan Portlan ve Oregon eyaletlerinde ki bir yapıya yer altı suyu kaynaklı ısı pompasının ilk uygulamasını yapmıştır. Çalışmada ısı pompası sisteminden elde edilen sonuçlar inlenmiştir (Hatten, 1992). Phetteplace ve Sullivan, soğutma kulesi ile birlikte toprak kaynaklı ısı pompası sistemlerini birlikte kullanarak hibrit bir sistem oluşturmuşlar ve sistemin performansının inçelemişlerdir. İkişer ısıtma ve soğutma

dönemi olmak üzere yaklaşık 22 aylık bir süre boyunca sistemin performans ölçümlerini yapmışlardır(Phetteplace & Sullivan, 1998).

Piechowski 1999 yılında, yatay tip toprak kaynaklı ısı pompası sisteminin tasarım ve hesaplamalarını yapmak için simülasyonlar geliştirmişlerdir(Piechoeski, 1999). Bernier, düşey tip ısı pompasına sahip toprak kaynaklı ısı pompası sistemi için yıllık performansını simüle etmiştir (Bernier, 2001). Yavuztürk, Lincoln'de inşa edilen ilkokulda bulunan ısı pompası sisteminin, gerçek işletim bilgilerini alarak bir sıcaklık modeli geliştirmiştir (Yavuztürk, 2001). Kavanaugh ve Mclnerny, 6700 m^2'lik bir okulun toprak kaynaklı ısı pompası sistemi için farklı boru şekil dizilimi ve farklı pompa kullanımı için durumunu incelemişlerdir (Kavanaught & Mclnerny, 2001). Mihalakakou, toprak yüzeyi sıcaklığının günlük ve yıllık olarak değişiminin hesaplanması üzerine iki farklı yaklaşım oluşturmuştur (Mihalakakou, 2002). Sanner ve arkadaşları, Avrupa'daki toprak kaynaklı ısı pompası sistemi ve yer altı ısı enerjisi depolama sistemlerin güncelliği üzerine tartışmışlardır (Sanner ve diğerleri, 2003). Lam ve Chan, otellede kullanın ısı pompası sistemleri için su kaynaklı ile hava kaynaklı ısı pompası sistemlerinin performanslarını incelemişlerdir (Lam & Chan, 2003). Bi ve arkadaşları, teorik ve deneysel olarak dikey tip paslanmayan plastik borulu ısı değiştiricisi bulunan güneş-toprak kaynaklı ısı pompası sistemini incelemişlerdir. Çalışmada, güneş enerjili ısı pompası toprak kaynaklı ısı pompası ve güneş-toprak kaynaklı ısı pompası sistemlerini karşılaştırması yapmışlardır (Bi ve diğerleri, 2004). Trillat-Berdal ve arkadaşları, güneş kollektörleri ile birlikte kullanılan toprak kaynaklı ısı pompası sisteminin deneysel verilerini incelemişlerdir. 180 m^2'lik bir müstakil evin ısıtma amacıyla kurulan bir toprak kaynaklı ısı pompası sisteminin güneş kollektörleri ile takviye edilmesiyle sağladığı tasarruf incelenmiştir (Trillat-Berdal vd., 2006).

Nagano ve arkadaşları, toprak kaynaklı ısı pompası sisteminin performans tahmini ve tasarımı için yeni gelişmeler irdelemişlerdir. Çalışmada, Sappora'da bulunan bir konutun bahçesinde ısıl duyarlılık testi yapmışlardır (Nagano ve diğerleri, 2006). Phetteplace, çalışmasında jeotermal ısı pompası sistemlerinin genişletilmiş uygulamalarını detaylı bir şekilde açıklamıştır. Toprak kaynaklı ısı pompası sistemlerinin en yaygın uygulamalarını, dikey U tipi toprak kaynaklı ısı pompası sistemlerinin tasarımı, ekipmanları ve uygulama sonuçlarının değerlenmesini yapmıştır (Phetteplave, 2007). Michopoulos ve arkadaşları, Yunanistan'ın kuzey bölgesinde bulunan bir toprak kaynaklı

ısı pompası sisteminin 3 yıllık işletme deneylerinin sonuçlarını sunmuşlardır (Michopoulos ve diğerleri, 2007). Urchueguıa ve arkadaşları, Avrupa'nın Akdeniz kıyısının tipik koşullarında ısı pompasının ısıtma ve soğutma amacıyla tasarlanan toprak ve hava kaynaklı ısı pompası sistemlerinin enerji performansının karşılaştırması üzerine bir çalışma gerçekleştirmişlerdir (Urchueguıa, vd., 2008). Jie ve diğerleri, yeni bir fotovoltaik güneş paneli destekli bir ısı pompası sistemi önerisinde bulunmuşlar. Bu sistemin benzer hava koşullarında 4 günlük bir süre içiresinde performansının analizini yaparak performansını etkileyen faktörleri saptamışlardır (Jie, vd., 2008). Florides ve Kalogirou, Kıbrıs'ta bulunan dikey tip toprak kaynaklı ısı pompası sistemi üzerindeki deneysel verilerden faydalanarak U tip borulu dolgusunun ısıl performansını yerinde belirlemişlerdir (Florides & Kalogirou, 2008).

Kyungmin ve Cheolho, küçük kapasiteli havadan havaya ısı pompasının ısıtma işlemi sırasında dış hava koşulları nedeniyle oluşan buzlanma koşuluna göre ısıtma kapasitesini artırmayı araştırmışlardır. Isı pompasının dış ünitesine düşük hava sıcaklıklarında çalışmaya ayarlanmış bir ısıtıcı yerleştirerek düşük sıcaklıklarda buzlanmayı engelleyerek ısı pompasının ısıtma kapasitesinde artış olduğunu ortaya çıkarmışlardır (Kyungmin & Cheolho, 2010). Long ve arkadaşları, tek kuyulu toprak kaynaklı ısı pompası için bir yeraltı suyu sızıntısı ve ısı transferi modelini oluşturmuş ve Danimarka'da gerçekleştirilen bir deneye göre doğruluğunu kanıtlamışlardır (Long vd., 2011). Luthfi ve arkadaşları, hibrit bir toprak kaynaklı ısı pompasının termodinamik analizi yapılmış, ısı ünitesi olarak soğutma kulesi bulunan sisteme kütle, enerji ve ekserji dengeleri uygulanmış. Sistem performansı katsayısı ve ekserji verimliliği açısından değerlendirilmiştir (Luthfi vd. 2011). Errera ve arkadaşları, birden fazla ısı pompasına hizmet eden tek bir ısı eşanjörü kullanmayı amaçlayarak yaptıkları araştırmada; tek bir ısı eşanjörlü tasarımın, her bir ısı pompasının kendi ısı eşanjörüne bağlı olduğu klasik tasarıma kıyasla daha üstün olduğu sonucuna varmışlardır (Errera vd., 2013).

Hongwei ve arkadaşları, Shenyang'daki bir ofis binasının gerçek projesinde hava-toprak çift ısı kaynaklı ısı pompası sisteminin simülasyon çalışmasına dayanarak, yaz aylarında çift ısı kaynaklı ısı pompası ile tek ısı kaynaklı ısı pompası sistemlerinin çalışma verimliliğini üzerine bir karşılaştırmayı analiz etmişlerdir (Howgwei vd., 2015). Malgorzata ve Natalia bir ofis binasının merkezi ısıtması için tuzlu sudan suya ısı pompası kurulum çalışmasının analizini yapmışlardır. Analiz 3 yıllık işletim süresi boyunca

yapılmıştır (Malgorzata & Natalia, 2017). İlaria ve arkadaşları, hem havayı hem de toprağı harici olarak kullanabilen Çift Kaynaklı Isı Pompası (DSHP) sisteminin enerji performansı TRNSYS ile elde edilen verilerle analiz edilmiştir (İlaria vd., 2018).

Hepbaşlı, çalışmasında ısı kaynağı olarak topraktan yararlanan toprak-su/ısı pompası sistemleri ile bir evin ısıtılmasını inlemiştir. Bu çalışmada, yatay ve dikey tip toprak-ısı değiştiricisinin tasarımı yapılmış ve bu iki farklı sistemlerin birbirlerine göre avantajları incelenmiştir (Hepbaşlı, 1985).

Ataman, çalışmasında İstanbul Göztepe'de bulunan bir konutun toprak kaynaklı ısı pompası ile ısıtma yapılmasını incelemiştir (Ataman, 1991). Savaş, çalışmasında tek katlı bir yapının, toprak ısı değiştiricileri yerleştirmesine uygun ve yeterli zemin alanı bulunması rağmen ısı değiştiricileri döşemeden ısıtma metodunu uygulamıştır. Çalışmada yatay ve dikey tip toprak kaynaklı ısı pompası sistemi için tasarım yapılmış ve ikisinin birbirlerine göre avantajları incelenmiştir (Savaş, 1996). Hancıoğlu, çalışmasında ısı kaynağı olarak toprakta yaralan, toprak-su ısı pompası tesisi ile bir konutun ısıtılması üzerine çalışmıştır (Hancıoğlu, 2000). Ersöz, çalışmasında Ege Üniversitesinde Enstitüsü binasında bulunan bir dersliğin toprak kaynaklı ısı pompası sistemi ile soğutulmasını amaçlamıştır (Ersöz, 2000).

Kıncay ve Demir, İstanbul Hadımköy'de bölgesindeki bir villanın ısı kaybı ve ısı kazancı değerlerini hesaplayarak dikey tip toprak kaynaklı ısı pompası sistemi ile ısıtma ve soğutma için boyutlandırma hesaplamalarını yapmıştır (Kıncay & Demir, 2004). Özgener ve arkadaşları, İzmir Ege Üniversitesindeki Enstitüsünde kurulan dikey U tipi toprak kaynaklı ısı pompası sisteminin ekserji ve ekonomik analizi hesaplamışlardır (Özgener vd., 2007). Esen ve arkadaşları, soğutma sezonunda deneysel olarak hava kaynaklı ısı pompasını yatay tip toprak kaynaklı ısı pompası sistemi ile karşılaştırmışlardır. Çalışmada, toprak kaynaklı ısı pompası sisteminin hava kaynaklı ısı pompası sistemine göre daha iyi performansa sahip olduğunu ortaya koymuşlardır (Esen ve diğerleri, 2007b). Esen ve arkadaşları, Elazığ'da kurulu olan bir toprak kaynaklı ısı pompası sistemini enerji ve ekserji analizini gerçekleştirmişlerdir (Esen vd., 2007c). Özyurt ve arkadaşları, Erzurum Atatürk Üniversitesinde bulunan mevcut ısıtma sistemlerinin yerine alternatif olabilecek bir toprak kaynaklı ısı pompası sistemi tasarımı yapmış ve uygulamışlardır (Özyurt vd., 2007). Ünlü ve arkadaşları, Bursa Uludağ

Üniversitesinde Teknik Bilimler Yüksek Okulunda bulunan İklimlerdirme ve Soğutma laboratuvarında kurulan toprak kaynaklı ısı pompası sistemin ile 6.75 m^2 ve 18.2 m^3'lük bir test odasının ısıtılması incelemişlerdir (Ünlü vd., 2007). Dikici ve Akbulut, 2002 yılında Elazığ ili iklim şartlarında bir konutun ısıtılması için güneş enerjisi destekli toprak kaynaklı ısı pompası sisteminin kullanılabilirliğini deneysel olarak araştırmışlardır (Dikici & Akbulut, 2005).

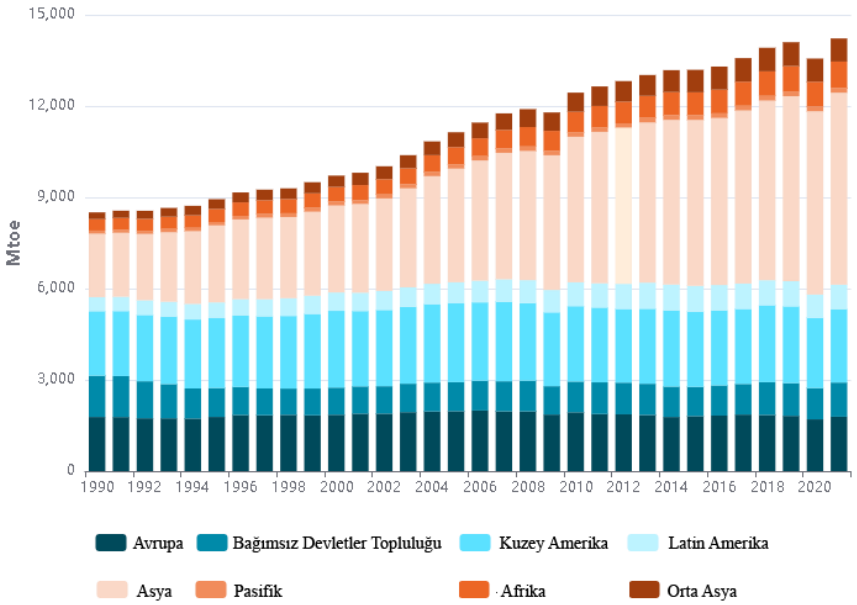
1.4. Çalışma Konusuna İlişkin Genel Bilgiler

Enerji üretiminde kullanılan kaynaklar temel olarak dönüştürülmelerine ve tükenebilirliklerine (kullanışlarına) göre ikiye ayrılmaktadırlar (Şekil 1.2). Dönüştürülebilirliklerine göre sınıflandırma, birincil (primer) ve ikincil (sekonder) olmak üzere ikiye ayrılmaktadır; birincil enerji kaynakları doğadan alındıktan sonra doğrudan enerji üretilebilen kaynaklar iken ikincil enerji kaynakları ise birincil kaynakların işlenerek dönüştürülmesiyle farklı özellikler kazandırılması sonucu kullanılan enerji kaynaklarıdır. Günümüzde sürdürülebilirlik durumuna göre sınıflandırılma daha ön planda olup tükenebilirliklerine göre yenilenebilir ve yenilenemez olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (Eskin, 2018).

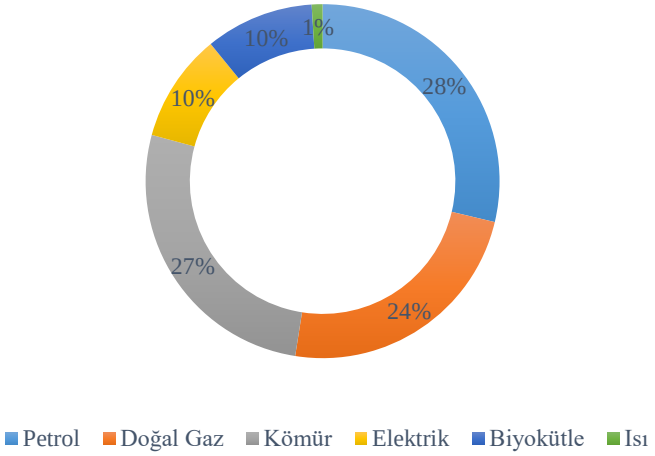
Enerji Kaynakları	
Kullanışlarına Göre	**Dönüştürülebilirliklerine Göre**
1) Yenilenemez (Tükenir) a) Fosil Kaynaklar -Kömür - Petrol - Doğalgaz b) Çekirdek Kaynakları -Uranyum -Toryum	**1) Birincil (Primer)** - Kömür - Petrol - Doğalgaz - Nükleer - Biokütle - Hidrolik - Güneş - Rüzgâr - Dalga, Gelgit
2) Yenilenebilir (Tükenmez) - Hidrolik - Güneş -Biokütle - Rüzgâr - Jeotermal - Dalga, Gelgit	**2) İkincil (Sekonder)** - Elektrik, Benzin, Mazot, Motorin - İkincil Kömür - Kok, Petrokok - Hava Gazı - Sıvılaşmış Petrol Gazı (LPG)

Şekil 1.2. Enerji kaynaklarının sınıflandırılması (Koç & Şenel, 2013)

Küresel ölçekte enerji arzı gün geçtikçe artış göstermektedir. Artan enerji arzı ile birlikte enerji tüketiminin artışı ve birincil enerji arzının 2022 yılı itibariyle 15000 Mtoe yaklaştığı Şekil 1.2'de görülmektedir. 2000-2018 yılları arasında ortalama her yıl aynı oranda artarken, 2019'da pandeminin etkileriyle ile birlikte 2020 yılında bir miktar azalma olduğu gözlemlenmektedir. Ancak 2020 yılındaki düşüş, 2021'de pandeminin etkilerinin azalmasıyla birlikte 2019'daki düzeyine tekrar yükseldiği görülmektedir (Şekil 1.3). Küresel ölçekte enerji arzı ve kaynakların kullanımı incelendiğinde, Asya kıtasının enerji tüketiminin büyük bir bölümüne neden olduğu görülmektedir. 2022'de de küresel enerji tüketiminin yaklaşık %24'ünü oluşturduğu söylenebilir. Küresel enerji üretiminde kaynak olarak yenilenemez (fosil) kaynaklarından petrolün kullanımı %28 ile başta gelirken hemen arkasında %27 ile kömür ve %24 ile doğal gazda elde edilmektedir (Şekil 1.4).

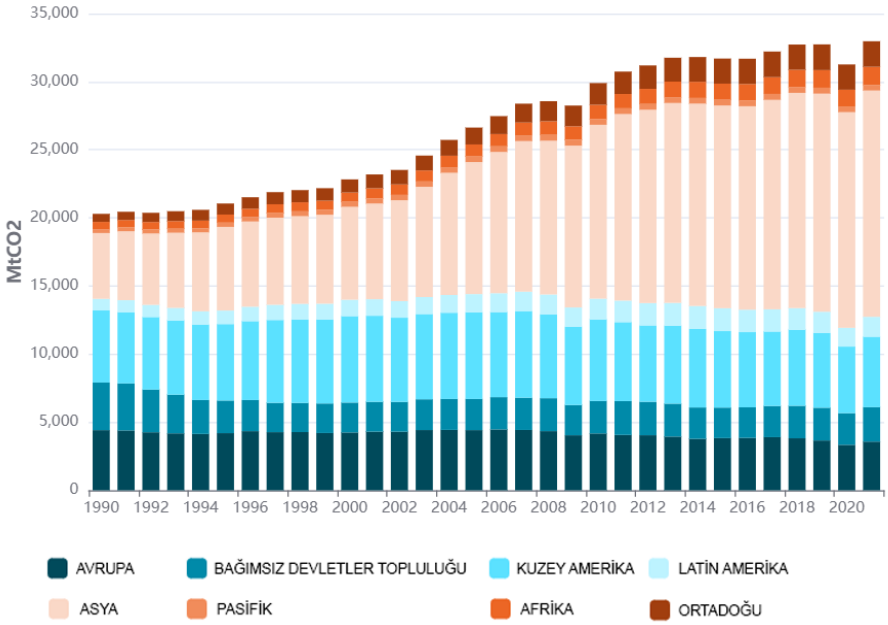


Şekil 1.3. Dünya'da birincil enerji arzı (Energy, 2022)

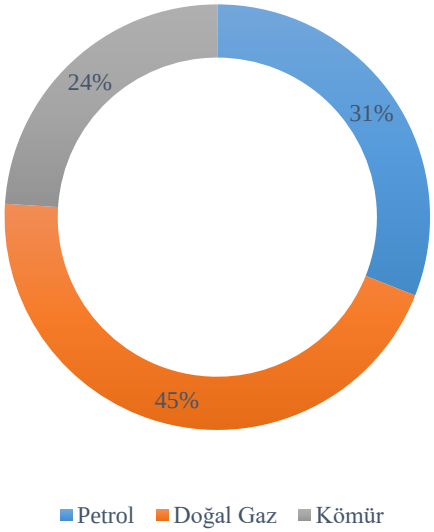


Şekil 1.4. Küresel enerji kaynak kullanımı (Energy, 2022)

Küresel CO_2 emisyon salınımı 1990 yılından 2022 yılları arasında küresel enerji arzının artmasıyla birlikte CO_2 salınımında da artış aynı oranda olduğu görülmektedir. COVID-19 salgınında etkisiyle özellikle yaygın karantina önlemlerinin, ulaşım kısıtlamalarının ve ekonomik yavaşlamanın ulaşım sektöründe petrol tüketimini önemli ölçüde azalttığı 2020 yılında yarısında CO_2 emisyonları üzerinde bir azalma olduğu Şekil 1.5'te görülmektedir. Asya kıtasının, küresel enerji arzında da olduğu gibi CO_2 emisyon salınımın da yaklaşık olarak 4'te 1'ini kapsamaktadır. Enerji üretiminde kullanılan kaynak bakımından CO_2 emisyon salınımı %45 ile doğal gaz kullanımından kaynaklanmaktadır (Şekil 1.6).

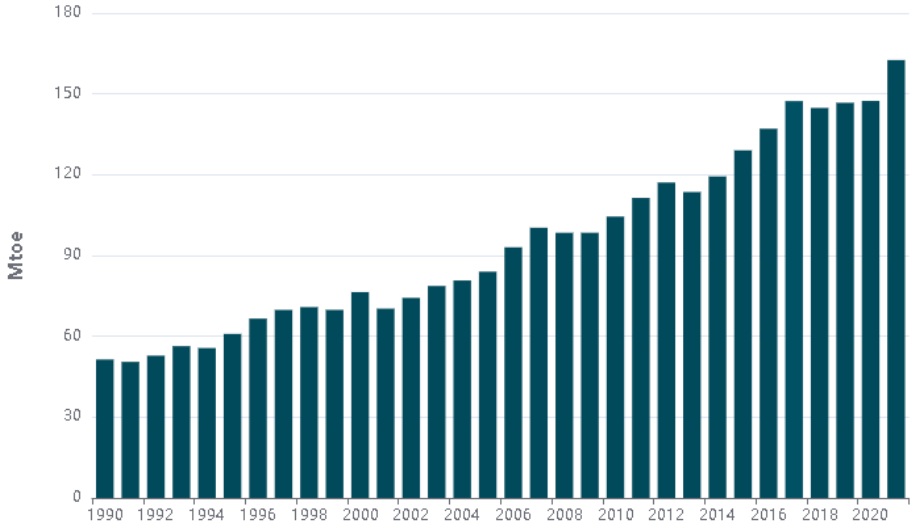


Şekil 1.5. Dünya'da CO_2 salınımı (Energy, 2022)

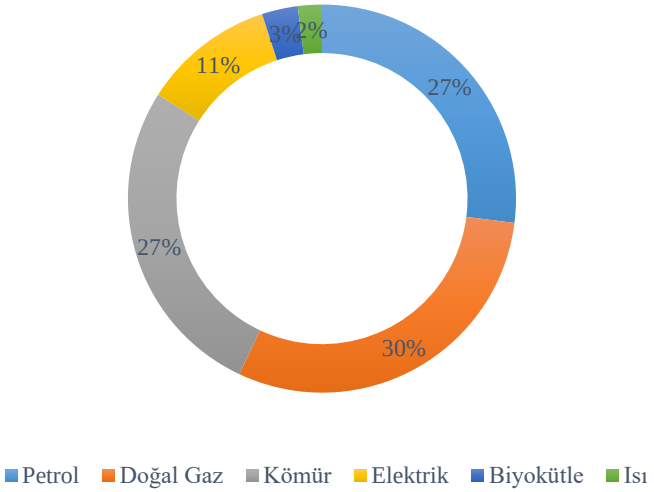


Şekil 1.6. Kaynaklarına göre CO_2 emisyon salınımı (Energy, 2022)

Türkiye'de de enerji arzının 1990'lı yıllara göre artış gösterdiği ve 2022 yılında 159 Mtoe ulaştığı görülmektedir (Şekil 1.7). Enerji kaynağı kullanımında ise enerji ihtiyacı büyük bir oranla doğal gazdan elde edilmektedir (Şekil 1.8).

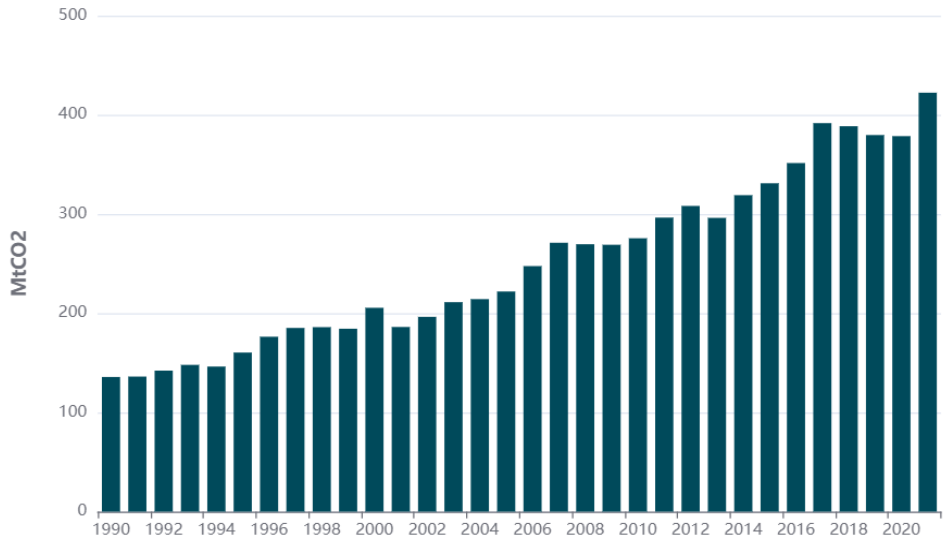


Şekil 1.7. Türkiye'de enerji arzı (Energy, 2022)

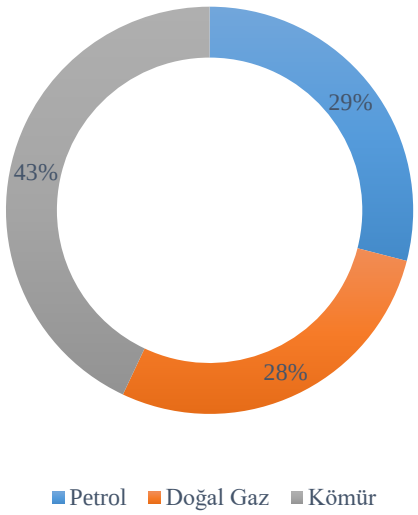


Şekil 1.8. Türkiye enerji kaynak kullanımı (Energy, 2022)

Türkiye'nin CO_2 emisyon salınımı 1990 yıllından 2022 yıllarına göre enerji arzınında artmasıyla aynı şekilde bir artış görülmektedir. 2022 yılına gelindiğinde 422 $mtCO_2$ 'ye ulaşmıştır (Şekil 1.9). Bu CO_2 emisyonlarının enerji kaynaklarından %43 kömürde kaynaklanmaktadır (Şekil 1.10) (Energy, World Energy & Climate Statistics. Erişim tarihi 20 Şubat 2023, 2022).



Şekil 1.9. Türkiye'nin CO_2 salınımı (Energy, 2022)



Şekil 1.10. Türkiye'nin kaynaklarına göre CO_2 salınımı (Energy, 2022)

Nüfus artışın büyümesi, teknolojinin gelişmesi ve dolayısıyla büyüyen üretim ihtiyacı, geçen her gün enerjiye olan ihtiyacı arttırmaktadır. Küresel ısınma çevresel etkiler ve fosil yakıtların tükenecek olması ile insanoğlunu yeni enerji üretme sistemleri üzerine araştırma yapmaya yönlendirmiştir. Bu amaçla 2000'li yılların başına gelindiğinde bu çalışmalar hız kazanarak yenilenebilir enerji kaynakları üzerine yapılan çalışmaları arttırmıştır (Karagöl & Kavaz, 2017).

Dünyanın genelinde enerji üretimi için tercih edilen kaynaklar kömür, petrol ve doğalgaz olsa bile, bu kaynakların tükenmesi, üretim maliyetinin yüksek olması ve

teknolojinin gelişmesiyle yavaş yavaş başka enerji kaynakları arayışı başlamıştır. Bu noktada "yenilenebilir enerji" gelmektedir (Yılmaz M. , 2012).

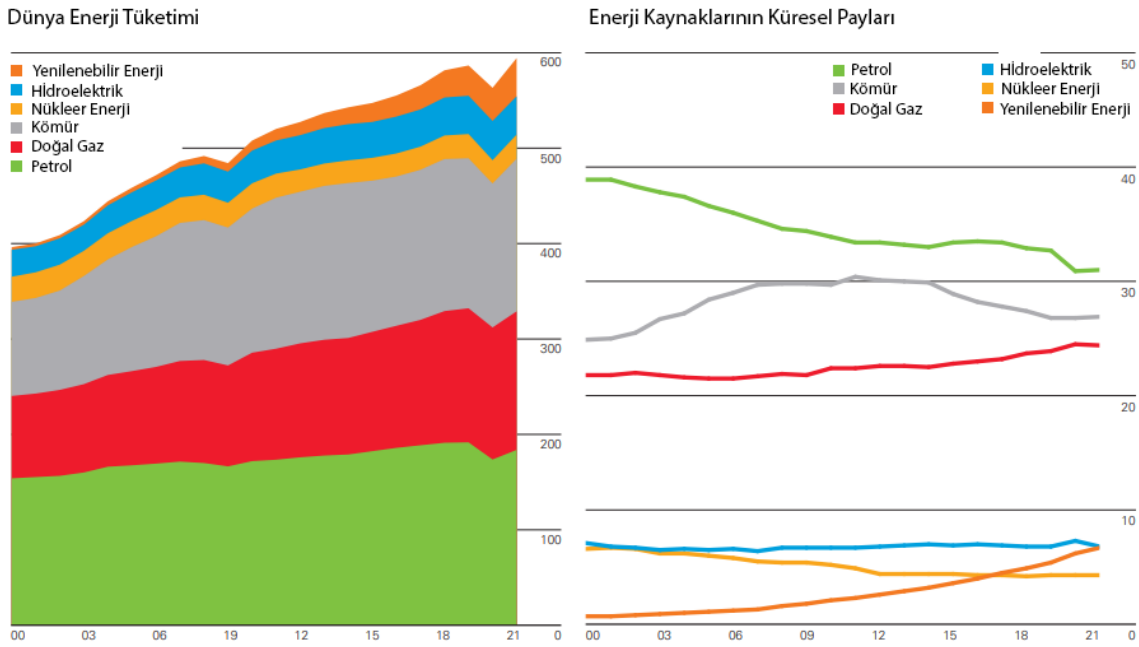
Yenilenebilir enerji kaynakları doğada hazırda bulunan ve yaşam süresince tükenmeyecek kaynaklar olarak tanımlanır; yenilenemeye enerji kaynakları ise coğrafi açıdan belirli bölgelerde bulunan ve oluşumu uzun yıllar sürmesi sebebiyle ve yakın gelecekte tükenme tehlikesine karşı gelen enerji kaynaklarıdır. Bununla birlikte yenilemez enerji kaynaklarının diğer bir önemli sorunu kullanımlarından doğan çevresel etkileridir (Selam, Özel, & Arıoğlu Akan, 2013).

Yenilenebilir enerji kaynakları kendilerini yenileneme özelliğinden dolayı; bitme, tükenme ve yaşam dengesini bozma gibi etkileri yok denecek azdır. Fosil yakıtlardan elde edilen enerji; tükenebilir olması, çevreye zarar vermesi ve özellikle Türkiye'de coğrafyasında bulunmadıkları için ithal olarak elde edildiği için ilk olarak doğaya, ülke ekonomisine ve canlıların için zararlı olmaktadırlar. Bu nedenle yenilenebilir enerji kaynakların kullanılmasında sorunların giderilmesi ve küresel ölçekte daha çok tercih edilmelerinden dolayı; doğaya, yaşayan canlılara yarar sağlayacağı kesin olduğu görülmektedir (Eskin, 2018).

Yenilenebilir enerji bitmeksizin, sürekli ve yeniden doğal olaylardan ortaya çıkmaktadır. Dolaylı ve doğrudan olarak güneşten veya dünyamızın içinde meydana gelen ısılarda oluşabilmektedirler. Güneş, rüzgâr, jeotermal, biyoyakıt, hidrolik ve okyanuslarda kaynaklanan enerjiler ve yenilenebilir enerjiden elde edilen hidrojen enerjisi yenilenebilir enerji olarak tanımlanmaktadır (Selam vd., 2013).

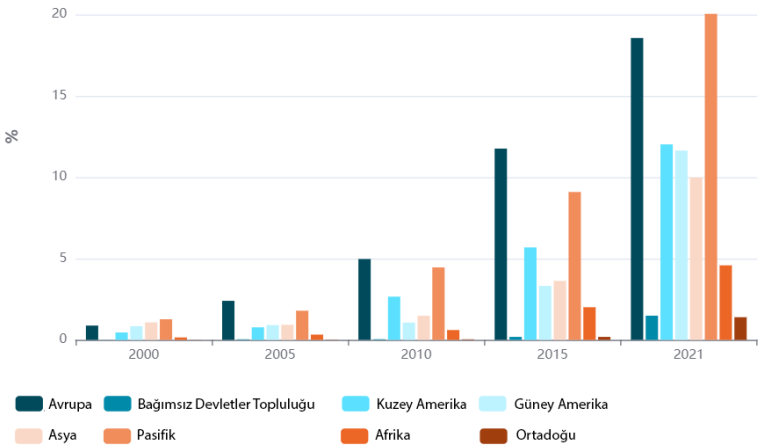
Yenilenebilir enerjinin sahip olduğu birçok özellikleri nedeniyle pek çok avantajları bulunmaktadır. Doğaya zarar vermemesi, ülkelerin enerji giderlerini düşürmesi ve enerji üretimindeki kaynakların sayısının artması bakımında bir konumdadır. Dünyada kullanılan enerjisinin %20'lık kısmını oluşturmaktadır ve bu oran gün geçtikçe artış göstermektedir. Dünya genelinde fosil yakıtlar %78'luk bir paya sahiptir, %20'lik bir paya sahip olan yenilenebilir enerji ise kendi içindeki %9'lık bir kısmını ise geleneksel yöntemle üretilen yenilenebilir enerji kaynakları iken geri kalanı ise modern yollara üretilen yenilenebilir enerji kaynaklarından oluşturmaktadır. Geri kalan %2'lik kısmı ise nükleer enerji kaynakları oluşturmaktadır (Karagöl & Kavaz, 2017).

Enerji ihtiyacının karşılanmasında çoğunlukla birincil enerji kaynaklarından petrol, kömür, doğalgaz gibi fosil yakıtlardan karşılanmaktadır (Şekil 1.11). Yenilenebilir enerji daha çok yapılarda ısıtma, soğutma gereksinimleri, ulaşım ve yakıt üretimi gibi birçok alanda kullanılmaktadır ve bununla birlikte kullanımının arttırılması için gerekli çalışmalar yapılmaktadır.



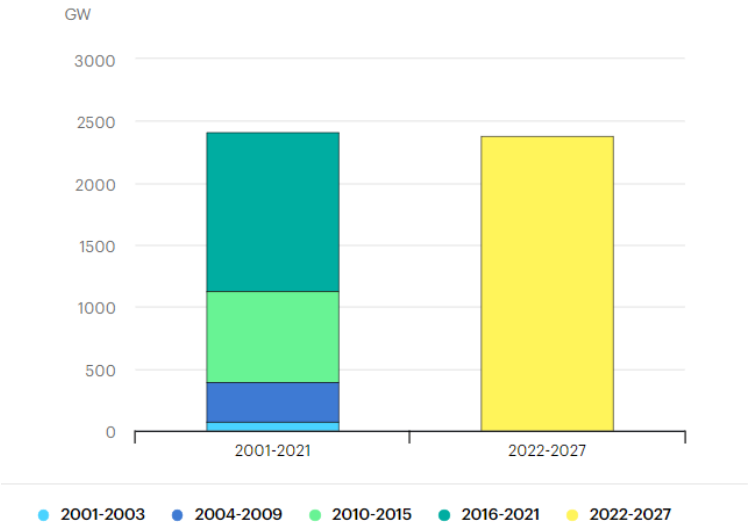
Şekil 1.11. Dünyada enerji tüketimi ve enerji kaynaklarının küresel payları (Review of World Energy, 2022)

2021'de, küresel yenilenebilir kurulumlar dinamik kalırken yenilenebilir enerji üretimi istikrarlı bir hızla artmaya devam etmektedir. Açık deniz rüzgâr kapasiteleri, Çin'in teşvikiyle 2021'de üç kattan fazla artış göstermiştir. Küresel ekonomik toparlanma ve canlanan elektrik talebi bağlamında termik - özellikle kömür yakıtlı - elektrik üretimindeki artışa rağmen, rüzgâr ve güneşin küresel enerji karışımındaki payı 2021'de yeniden %10,7'ye yükselmiştir. Önceki yıllarda olduğu gibi Çin, yenilenebilir kapasite ilavelerinin çoğunu rüzgâr ve güneş enerjisi üretimindeki büyümenin çoğunluğu oluşturmaktadır (Şekil: 1.12).



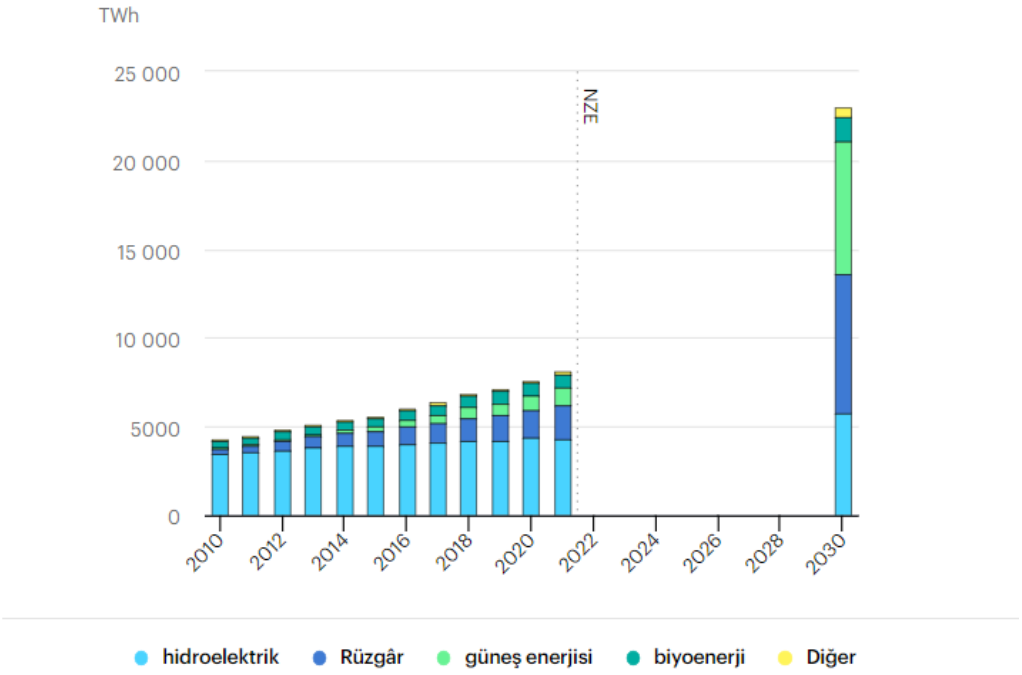
Şekil 1.12. Dünyada 2000 ile 2021 yılları arasındaki rüzgâr ve güneş enerjisinden elektrik üretimdeki artış (Energy, 2022)

Önümüzdeki beş yılda yenilenebilir kapasite artışı, son bir yıl önce beklenenden çok daha fazla olması beklenmektedir. 2022-2027'de, tahminlere göre yenilenebilir enerji kaynaklarının yaklaşık 2.400 GW büyüdüğü görülüyor, bu da bugün Çin'in kurulu güç kapasitesinin tamamına eşittir. Bu önceki beş yıla göre %85'lik bir hızlanma ve geçen yılın raporunda tahmin edilenden neredeyse %30 daha yüksektir. Yenilenebilir enerji kaynakları, tahmin dönemi boyunca küresel elektrik kapasitesi artışının %90'ından fazlasını oluşturması beklenmektedir (Şekil: 1.13) (Kaynak: www.iea.org E.T.: 22/03/2023).



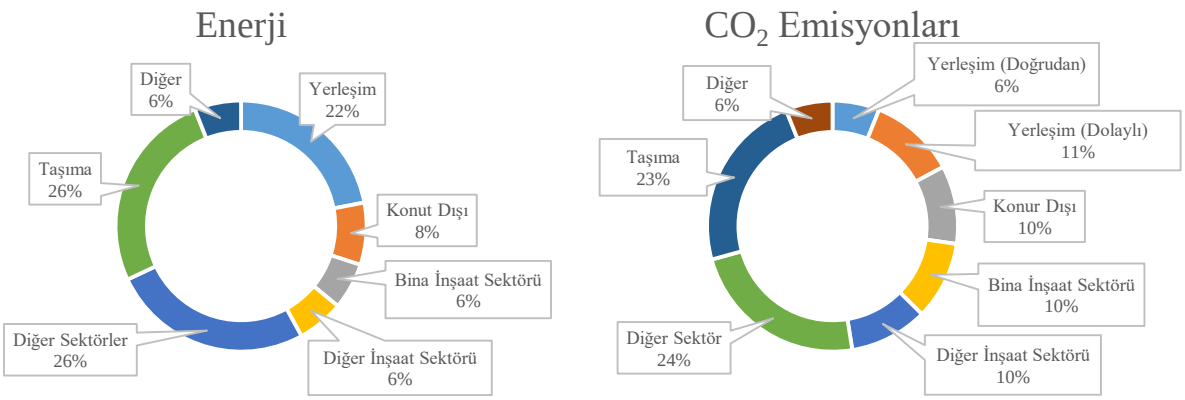
Şekil 1.13. Yenilenebilir enerjiden elektrik üretimdeki artış (Kaynak: www.iea.org E.T.: 22/03/2023)

Net sıfır enerji senaryolarına göre yenilenebilir enerji üretimde solar fotovoltaik paneller, son yıllarda kapasite ilaveleri ile en hızlı büyüyen üretim şekli olmaktadır. Ancak, 2021'de eklenen 150 GW kapasite, Net Sıfır Senaryosu politikalarının 2022-2030 dönemindeki ortalama yıllık eklemelerin yalnızca üçte birini oluşturabilmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarında elektrik üretimi toplamda 2021 yılında 7 500 tWh olduğu görülmektedir. Net sıfır senaryosu politikalarına göre 2030 yılında yenilenebilir enerji kanyaklarından elektrik enerjisi üretimi 23 000 tWh olması planlanmaktadır (Şekil: 1.14) (Kaynak: www.iea.org E.T.: 22/03/2023).



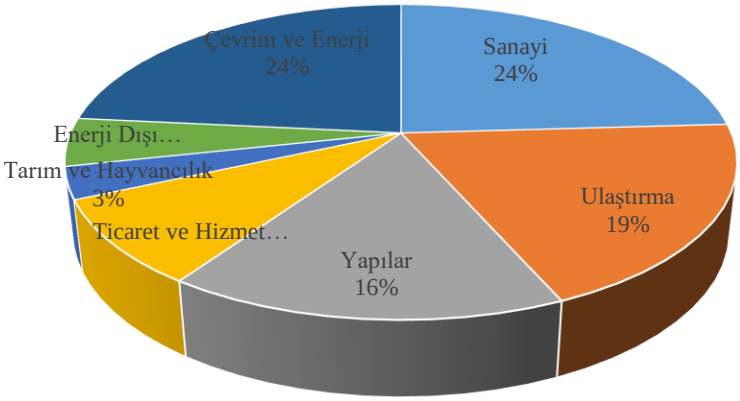
Şekil 1.14. 2010-2023 Net sıfır senaryosuna göre yenilebilir enerji üretimi ve hedefleri (Kaynak: www.iea.org E.T.: 22/03/2023)

Küresel bina sektörünün toplam nihai enerji tüketimi 2021 yılında bir önceki yıla göre aynı seviyede kalırken, binaların işletilmesinden kaynaklanan CO_2 emisyonları, yaklaşık 10 Gt ile %36 oranında en yüksek seviyelerine ulaşmıştır. Yapı ve yapı inşaatından kaynaklanan emisyonların da dâhil edilmesiyle CO_2 emisyonları %37'e yükselmiştir (Şekil 1.15) (Global, 2021).



Şekil 1.15. Enerji ve CO_2 emisyonlarının sektörel dağılımı. (Global, 2021)

Dikkat çeken bir nokta ise birincil enerji tüketiminde yapı sektörünün yeridir. Sanayi, çevrim ve enerji sektörü %24 paya sahipken, ulaştırma sektörü karayolu ağırlıklı olması sebebiyle %19 ile hemen üçüncü sırada gelmektedir. Dördüncü sırada ise %16 ile yapılar gelmektedir (Şekil 1.16).



Şekil 1.16. Türkiye Birincil Enerji Tüketiminin Sektörel Dağılımı (Yılmaz S. , 2019)

İklim değişikliğinin etkileri tüm dünyada kendini gösterirken pek çok ülkede enerji; temiz enerji kaynaklarından sağlanmasıyla birlikte özellikle küresel sıcaklıklardaki artışını 2°C'nin (yaklaşık 1,5°C) altında tutarak Paris Anlaşması hedeflerini sağlamayı amaçlanmaktadır.

Ülkeler veya topluluklar tarafında; iklim ve enerji açısından belirlenen hedefler doğrultusunda çalışmalar yapılmaktadır. Örneğin; 2030 yılı için Avrupa Birliği üyeleri 1990'lara göre küresel sera gazları emisyonlarını %40 azaltmayı, yenilenebilir enerji

kullanımını %32 arttırmayı ve enerji verimliliğinde %32,5 iyileşme hedeflemektedir (Climate, 2021).

2050 yılına kadar düşük enerjili ve sıfır emisyonlu bir yapı stoku oluşturulması ve sera gazı emisyonlarının 1990'lı yıllarındaki seviyesine göre %80-95 azaltmayı hedeflenmektedir. 2030 ve 2040 yılları için yapıların karbondan arındırılmasını sağlamayı hedeflemektedirler. Artan yapı stokuna karşı enerji kayıplarının ve olumsuz çevresel etkilerinin azaltılmasında bina enerji verimliliği ön plana çıkmaktadır. AB'ye üye bütün ülkeler, AB Bina Direktifi Enerji Performansını (EPBD) kabul ederek uygulamaktadır. 1 Ocak 2021 tarihinden itibaren yeni binalar yaklaşık sıfır enerjili bina (nNEB/nearZero Energy Buildings) olarak yapılacaktır.

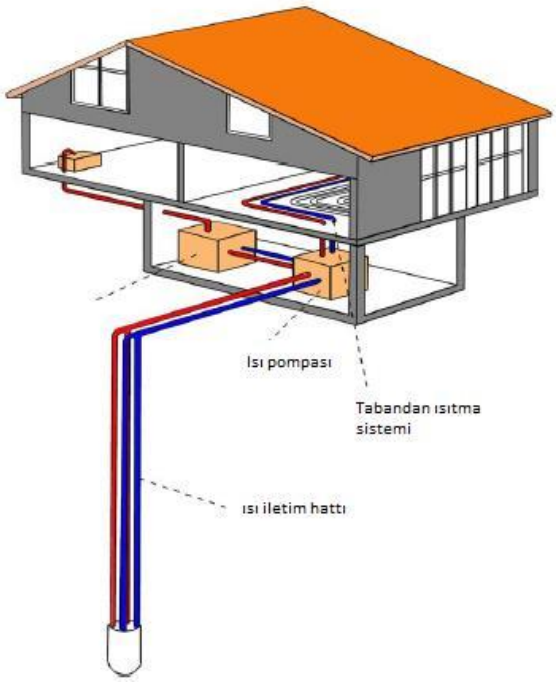
Yapı sektöründe de enerji tüketimi yüksek bir paya sahiptir. Yapılarda tüketilen enerjinin önemli bir payı da ısıtma için harcanmaktadır. Bu bağlamda ısı pompası sistemlerinin binalardaki enerji tüketiminde önemli bir alternatif olabileceği düşünülmektedir.

BÖLÜM 2

ISI POMPASI VE GELİŞİM SÜRECİ

Enerji vardan yok edilmemektedir fakat taşınabilir ve farklı boyutlara dönüştürülebilmektedir. Isı pompası sistemleri de diğer enerji taşıyan ve dönüştüren sistemler gibi var olan enerjiyi taşıyarak amaçlar doğrultusunda kullanmayı hedeflemektedir. Var olan ısı enerjisi bir ortamdan diğer bir ortama taşıyarak ısı tranferi yaparak ortamı ısıtılması sağlamaktadır. Bu işlem sırasında bir miktar elektrik enerji harcanır. Fakat toplamda ortamı ısıtmak için gereken enerjiden çok daha az elektrik enerji harcanır. Böylece ısıyı taşıyarak tasarruf edilebilmektedir (Öztürk, 2015).

Isı pompası sistemlerinde ısı, ısıtılması amaçlanan ortama ısısı daha yüksek olan bir diğer ortamdan alınmaktadır. Bu prensiple bir ortam ısıtılırken diğer ortam soğutulmaktadır (Marszal & Heiselberg, 2011). Kışları iç ortamı ısıtılması için doğal ısı kaynaklarında ısı enerji taşınması ile gerçekleşirken yazları ise iç ortamdaki ısıyı dış ortama taşıyarak soğutma işlemi gerçekleşmektedir. Isı alınacak kaynağın seçimi ısı pompasının kullanılacak yerin, iklim, coğrafi koşulları ve maliyetleri göz önünde bulunarak seçimi yapılmaktadır. Kısacası ısı pompası sistemleri ısıyı üreten sistemler değildir ve çalışabilmeleri için ısıyı alabilecekleri bir doğal kaynağa ihtiyaçlar vardır (Şekil 2.1) (Ahmadi, ve diğerleri, 2018).



Şekil 2.1. Isı pompası sistemi (Ahmadi, ve diğerleri, 2018)

2.1. Isı Pompası Gelişimi ve Çalışma Prensibi

Isı pompası enerji aldığı kaynağı ısıtma konumunda çalışırken soğutan, serinletirken de ısıtan bir sistemdir. Buradaki işlem gazın faz değişimi ile enerjinin alınıp taşınmasında oluşmaktadır. Bu noktada ısı pompaları aynı zamanda birer soğutma makinesi olmaktadır. Fakat soğutma amacının hangi yönde kullanıldığı önem göstermektedir. Isının çekilerek taşınması ile ısının fazla olduğu ortam soğutulur. Yaz aylarında bu prensibe dayanarak mekânların soğutulur ve kış aylarında ise ısıtılması için gerçekleşmektedir (Sarbu & Sebarchievici, 2014). Şekil 2.2'de görülebileceği gibi bir ısı pompası sistemin çalışma şeması ve termodinamiği soğutma makineleriyle aynıdır. Isı pompası sistemlerin farkı çalışma amaçlarında değişkenlik olmasıdır. Isı pompası sistemleri bu nedenle kontrol etme bileşenleri büyük önem taşır (Süzer, 2001)

Soğutma makineleriyle aynı termodinamikte çalışan ısı pompası sistemler ilk olarak 1824'te Carnot tarafından tanıtılmıştır. Uygulamaya geçirilmesi Lord Kelvin tarafından 1850 yılında soğutma makinelerin ısıtma amacıyla da kullanılması önermesiyle olmuştur. Sonrasında birçok bilim insanı ve mühendisler 80 yıl gibi bir sürede çaptıkları çalımalar ve araştırmalar sonucunda ısı pompasını konfor ısıtmasında uygulanabilir hale getirmişlerdir (Couvillion, 1985).

1824 yılında Carnot tarafında ortaya atılan bir teori ısı pompasının temel presibi haline gelmiştir (Ünlü, 2005). Buhar makinesinde üretilmiş olan güç dışarıdan verildiğinde sıcak ve soğuk çevrim sağlamaktadır. Bu durumda sistem bir buhar makinesi olmaktan çıkmaktadır ve sıcak olan ortamdan soğuk olan ortama ısı enerjisi aktaran makineye dönüşmektedir. Bu çevrim Carnot döngüsü olarak bilinmektedir ve ısı pompası ile termodinamiğin temel presipi olmuştur (Eskilson, 1987).

Isıtma yaptığı sürece soğutan bir yapıya sahip olan ısı pompası; sistemin çalışabilmesi için ısıtılacak ve soğutulacak ortamlara ihtiyacı vardır. Isıtılacak ortam genellikle evin iç mekânları iken soğutulacak olan ortamlar ise hava, toprak veya su kaynaklarından birisidir. Lord Kelvin 1850 yıllarında soğutma amaçlı kullanılan cihazların ısıtma amacıyla da kullanılabileceğini ileri sürmesiyle ısı pompası sistemleri uygulamaya girmiştir. 2'çi Dünya savaşında önce ısı pompası sistemleri için mühendisler ve bilim insanları bu alanda çalışmalar ve araştırmalar yapmıştır. Savaş yılları sırasında endüstri olanakları daha öncelikle problemler çıkardığı için çalışmalara ve araştırmalara ara verilmiş fakat savaşın bitmesiyle tekrar hız kazanmıştır (Couvillion, 1985).

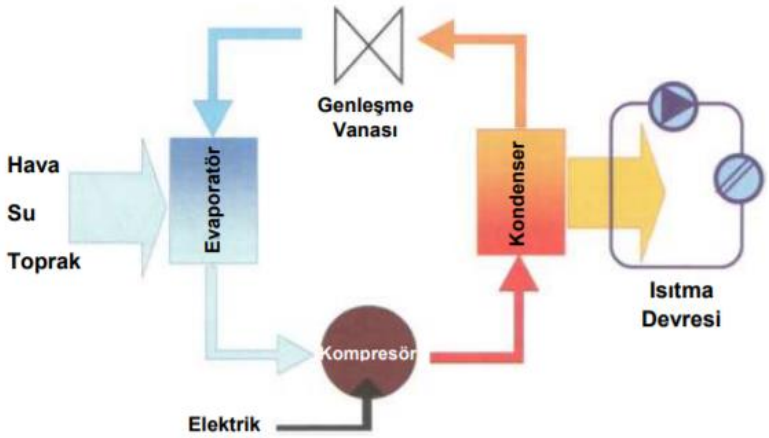
Avrupa ve Amerika'da 1990'lı yıllarda kullanımı yaygınlaşmaya başlayan ısı pompasının kullanımı her geçen gün artış göstermektedir. Ancak Türkiye'de ısı pompası sistemlerin sunduğu bütün avantajlar uygun olmasına rağmen halâ ciddi bir kullanıcıya ulaşılamamıştır. Türkiye'de ısı pompası sistemleri 1990'lı yılların ortalarında uygulanmaya başlamıştır. Türkiye'deki ısı pompası sistemleri kullanıcıları genellikle yurt dışında bu sistemi görmüş, avantajlarını keşfetmiş ve yaşamış olan kişilerdir. Türkiye'ye döndüklerinde bu sistemi kendi evlerinde talep ederek kullanmaya başlamışlarıdır. (Ünlü, 2005)

Isı pompası iç ortamı ısıtma işlemi yaparken enerjiyi aldığı kaynağı soğutur ve serinletme yaparken ise enerji aldığı kaynağı ısıtmaktadır. Buradaki yapılan işlem, gazın faz değişimi ile enerji alma ve bu enerjiyi taşımaktır. Bu işlem sırasında bir miktar enerji harcanmaktadır. Burada harcanan enerji elektrik enerjisidir. 1 kw alınan toplam ısı enerjisini ne kadarlık bir ısı enerjisine dönüştürüyor ise o değer cihazın COP değerini vermektedir (Sarbu & Sebarchievici, 2014). Isı pompası sistemlerinde ihtiyaç duyduğumuz enerjini 4'te 3'ünü doğadan (hava, toprak, su), geri kalan 4'te 1'ini elektrik enerjisinde karşılanmaktadır. Isı pompası sistemleri çoğunlukla kış aylarında ısıtma

amacıyla kullanılırken ı yaz aylarında serinletme amacıyla da kullanılabilmektedir (Ünlü, 2005).

Isı pompası sistemlerinde hava, toprak (yatay veya dikey) ve su olmak üzere 3 ana ısı kaynağı olarak kullanılmaktadır. Yapının bulundu iklim, coğrafi koşulları ve amaca göre kaynak seçimi yapılmaktadır. Önemli olan ısı kaynağının olabildiğince sabit olmasıdır. Buradaki en stabil kaynak topraktır. Ancak ilk yatırım maliyeti diğer kaynaklara göre oldukça yüksektir. Yaklaşık olarak toprağın 1 metre altı; ocak aylarında Ankara'da 12°C, İstanbul'da 8°C, İzmir'de ise yaklaşık 14°C civarlarındadır. Hava sıcaklıklar sürekli ve çok fazla değişiklik göstermektedir (Erdoğan ve diğerleri, 2006).

Isı pompası kapalı devrelerinde Freon gibi soğutucu akışkan gazlar kullanmaktadır. Buharlaştırıcının içinde geçen akışkan etrafındaki ortamdan gereken ısıyı alarak buharlaşır ve buharlaşan bu akışkan kompresör yardımıyla Yoğuşturucu aktarılır. Yoğuşturucu da yüksek sıcaklıktaki buhar halinde bulunan akışkan etrafındaki ortama ısı vererek, yoğunlaşır ve doymuş sıvı haline gelir. Buradan çıkan akışkan genleşme vanasından geçerek basınç ve sıcaklığı düşürülerek ısı pompası çevrimini tamamlamaktadır (Şekil 2.2) (Sarbu & Sebarchievici, 2014).



Şekil 2.2. Isı pompasının çalışma prensibi (Sarbu & Sebarchievici, 2014)

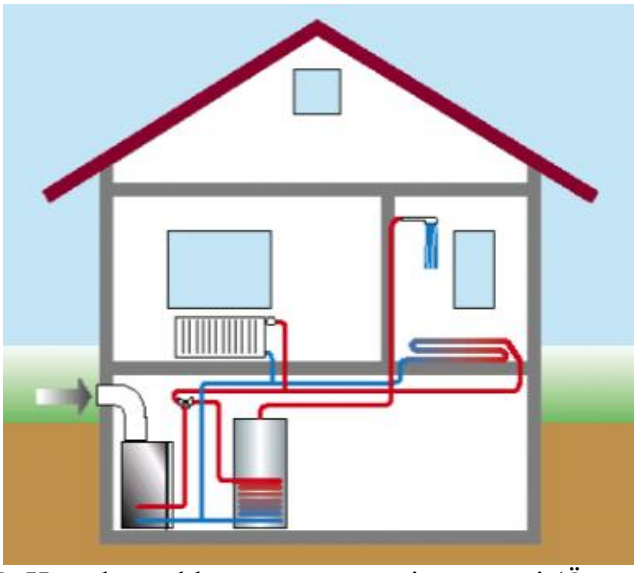
2.2. Kaynaklarına Göre Isı Pompası

Isı pompası sistemlerinin ısıyı aldığı kaynağa göre çeşitleri vardır. Hava, toprak ve su olmak üzere 3 tip ısı kaynağı bulunmaktadır Her türün kendine özgü özellikleri bulunmaktadır. En yaygın olarak kullanılan ısı pompası ısı kaynağı havadır. Son yıllarda

toprak ve su kaynaklı ısı pompası sistemlerinin de yapılarda kullanımı (Sarbu & Sebarchievici, 2014).

2.2.1. Hava Kaynaklı Isı Pompası

Hava kaynaklı ısı pompası sistemleri, toprak ve yeraltındaki sulardan ısı almanın mümkün olmadığı yerlerde tercih edilmektedir. Genellikle bir ısırma sistemine ek bir sistem olarak yapılmaktadır. İçinde donma engelleyici malzemeler olduğunda çok soğuk havalarda bile sorun çıkarmadan çalışmaktadır. Fakat sorun çıkarmadan çalışması için ısı pompasının yapının içinde, buharlaştırıcının (dış ünite) ise dış ortamda olmasına dikkat edilmelidir (Şekil 2.3) (Öztürk, 2015).



Şekil 2.3. Hava kaynaklı ısı pompası tesisat örneği (Öztürk, 2015)

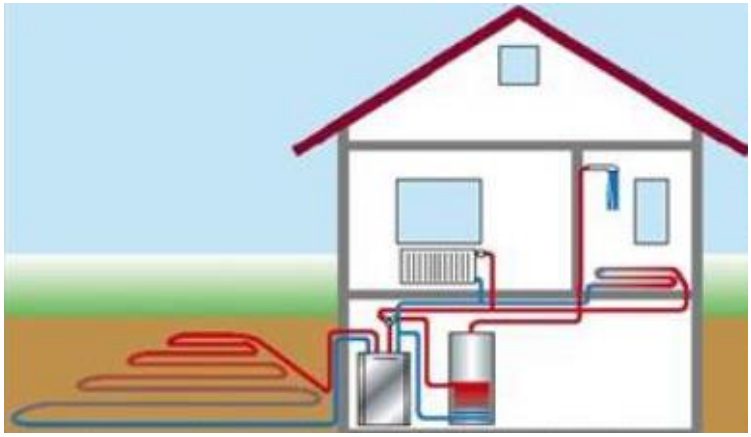
2.2.2. Toprak Kaynaklı Isı Pompası

Toprak altı, hemen hemen yılın her döneminde aynı sıcaklıktadır. Bu sebeple topraktaki ısı düzeyinden faydalanılarak ısıtma ve soğutma yapılabilmektedir. Kış aylarında ısı toprak altından iç mekânlara, yaz aylarında iç mekânların ısısı toprak altına taşınılabilmektedir (Ünlü, 2005)

Toprak kaynaklı ısı pompaları yatay ve dikey tip olmak üzere 2 çeşit olarak yapılabilmektedir.

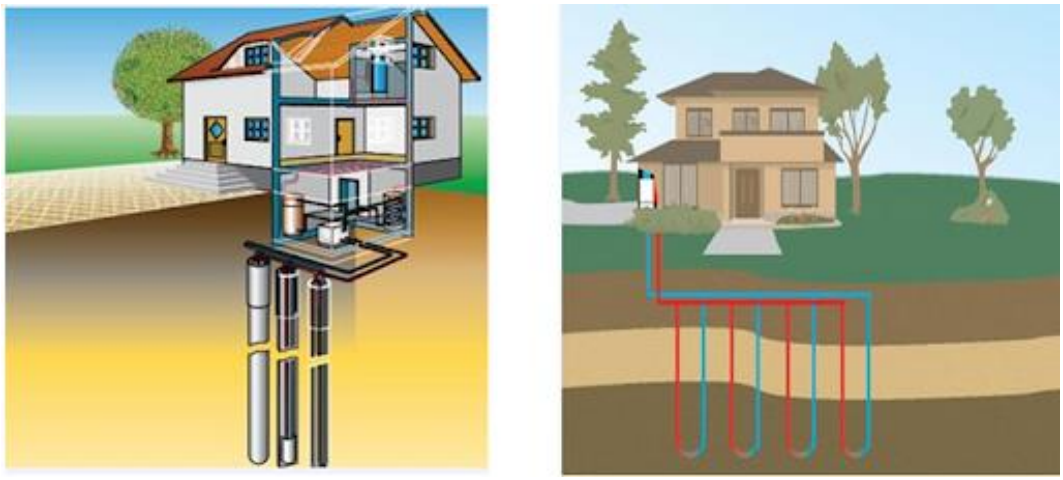
Yatay tip ısı pompası genellikle geniş arazilerde ve yeteri kadar kazı alanın olduğu yerlerde tercih edilmektedir. Isının elde edileceği ısı değiştirici boruları toprağın yaklaşık 1,5 ile 2 metre derinliğinde toprağın içine döşenmektedir (Evirgen, 2009).

Borular arasındaki mesafeler projenin büyüklüğüne ve elde edilmek istenen sıcaklığa ve verime göre değişiklik göstermektedir. Boru döşeme işlemlerinde borular yüzeye yakın olduğunda toprağın altına gömülen boruların etrafındaki toprağın iyice sıkıştırılması gerekir; aksi halde iyi bir verim elde edilememektedir. Yatay tip toprak kaynaklı ısı pompası sisteminin en büyük dezavantajı kazılacak olan alanın oldukça geniş alana ihtiyaç olmasıdır ve kazılacak alanın genişliğinin ve derinliğin artması ile yatırım maliyeti de artış göstermektedir (Şekil 2.4) (Kural, 2012).



Şekil 2.4. Yatay tip toprak kaynaklı ısı pompası (Kural, 2012)

Dikey tip ısı pompası sistemi ise arazi de yeterince kazı alanının olmadığı ve zeminin geniş bir şekilde kazılamayacağı araziler için tercih edilen bir sistemdir. Yüzeyin oldukça derin biçimde kazıldığı sistemlerdir. Kazılan alana farklı şekillerde boru döşenebileceği için borula arasındaki mesafenin verime etkisi oldukça yüksektir. Sistemin bir güzel özelliği de daha az boruya ihtiyaç duyulmasıdır (Şekil 2.5) (Kural, 2012).

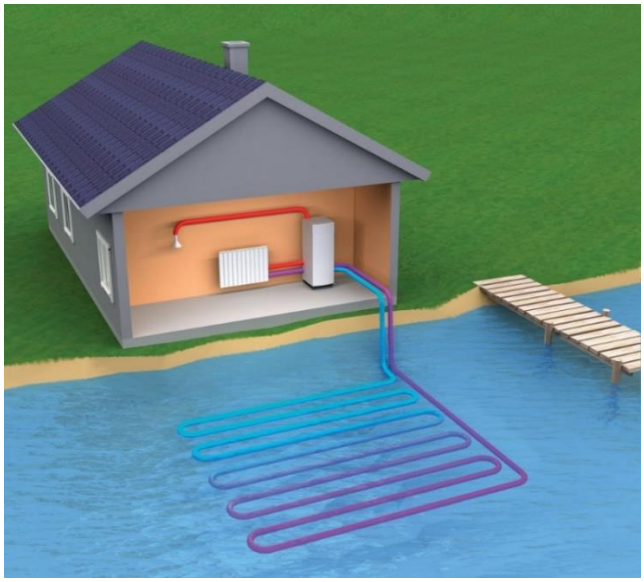


Şekil 2.5. Dikey tip toprak kaynaklı ısı pompası (Kural, 2012)

2.2.3. Su Kaynaklı Isı Pompası

Yer altı sularının sıcaklığı yıl boyunca az değişiklik gösterdiği için bir ısı kaynağı olarak kullanmak mümkün olmaktadır. Yeraltı su kaynağı, göl, nehir, kuyu suyu veya şehir şebeke suyu kaynak olarak kullanılabilen ısı pompası çeşidin su kaynaklı ısı pompasıdır. Su sıcaklığı 8°C ile 12°C arasındaki suyun varlığı sistemin çalışabilmesi için yeterli olan ısıyı karşılamaktadır. Yer altı veya kuyu suyu kaynaklı ısı pompası sistemlerinde su alınıp sistemde kullanıldıktan sonra en az 15 metre uzaklıkta açılan bir diğer kuyuda tekrar yer altına verilmelidir. Ayrıca durgun su içerisine boruların uygun bir şekilde yerleştirilerek nehirler ve göller de su kaynaklı ısı pompasına ısı kaynağı olabilmektedir. Bunun sebebi su sıcaklığının yılın her döneminde çok fazla değişiklik göstermemesindendir (Öztürk, 2015).

Yüzey suları ısı pompası sistemlerinde açık veya kapalı devre olarak iki farklı şekilde ısı kaynağı olarak kullanılabilmektedir. Açık devre sistemleri, göl, deniz veya akarsu olarak nehirlerden alınan su, genellikle eşanjörü yardımıyla ısı pompalarında kullanılmaktadır. Isı alınan ve verilen yüzey sularındaki kimyasallara önlem alınmalıdır. Alınan yüzey suyu doğrudan ısı pompasına se devresinden verilmemelidir (Şekil 2.6) (Doğan, 2003).



Şekil 2.6. Yüzey Suyu Uygulaması (Schibuola & Scarpa, 2016)

Yüzey suyu kaynaklı ısı pompası sistemlerinde deniz, göl, gölet, nehir gibi büyük su kütleleri ısı kaynağı olarak kullanmak mümkündür. Deniz ve göl suları sıcaklıkları yaz ve kış aylarında değişiklik göstermesine rağmen havaya oranla çok daha az bir değişim göstermektedir. Nehir ve göl suyu kaynaklı ısı pompası sistemlerinde ısı alınacak olan suyun derinliği en az 2 metre olması ve yüzey alanın ısı pompası kapasitesi için her bir kW'ına 80m^2 olması gerekmektedir (Schibuola & Scarpa, 2016)

Nehir ve göl suyu kaynaklı ısı pompası sistemleri de yeraltı suyu kaynaklı sistemler gibi açık ve kapalı devre sistemler olarak uygulanabilmektedir. Açık devre sistemlerde sistem elemanlarının donma ve kirlenme riski oldukça yüksektir. Kapalı devre sistemlerde böyle bir risk bulunmaz çünkü sistem kendi içinde çalışacağından dolayı buna önlem alınabilmektedir (Doğan, 2003)

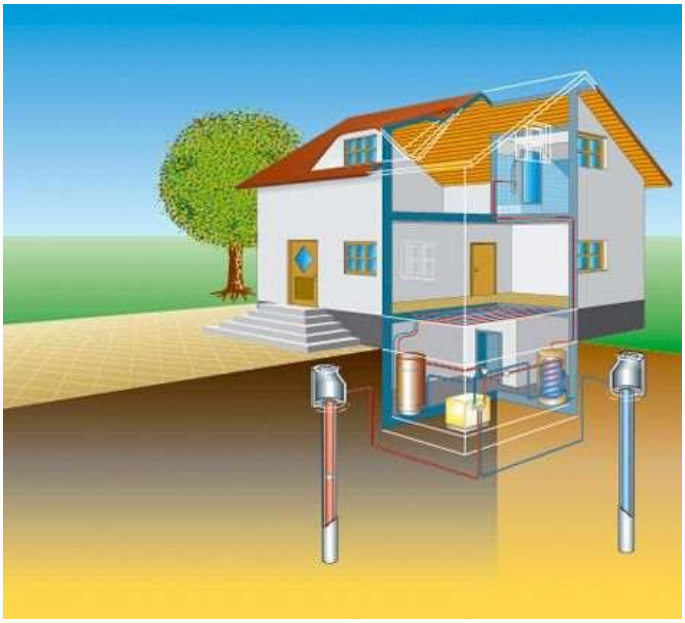
Yüzey suyu (nehir, göl) kaynaklı sistemlerin yatırım maliyeti toprak kaynaklı sistemlere göre daha uygundur. Fakat bu sistemlerin kullanımı yerel yönetimlerin (belediyelerin) düzenlemeleri, çeşitli kısıtlamalara ve bazı yasaklar ile karşılaşılabilmektedir. Nehir ve göl sularının kullanılmasında genellikle ısıtma ihtiyacını karşılayabilmek için ek bir ısıtıcıya da gerek duyulabilmektedir (Schibuola & Scarpa, 2016).

Yeraltı suyunun bir kuyu yardımıyla alınarak ve en az 15 metre ilerinden tekrar başka bir kuyu yardımıyla yeraltına geri basılarak ısının çekilmesi enerjinin etkin

kullanılması sağlamaktadır. Yılın her döneminde hemen hemen sabit olan yeraltı su sıcaklığı sebebiyle yüksek performans elde etmek mümkündür. Yeraltı suyunun ısı kaynağı olarak kullanılabilmesi için su miktarı, suyun kalitesi gibi etkenler önem taşımaktadır. Bölgede maksimum 20 metre derinliğinde yeraltı suyu ve yeterli miktarda olup olmadığı tespit edilmelidir (Doğan, 2003).

Yeraltı suyunun yeterli miktarda, kalitede ve uygun derinlikte olması halinde ısı kaynağı olarak kullanmak mümkündür. Yeraltı sularını ısı kaynağı olarak kullanılması suyun 10 metre ve daha fazla derinlikte su sıcaklığının yüksek ve sabit olmasıdır. Yeraltı suları bulundukları pek çok bölgede 4°C ile 10°C arasında sabit bir sıcaklıkta olmasıdır. Yeraltı suyunun sıcaklığı, çıkarıldığı derinliğe, iklime ve bölgenin jeolojik yapısına göre değişiklik gösterebilmektedir. Yeraltı suyu sıcaklığı mevsimden mevsime çok az değişiklik gösterdiğinden özellikle hava sıcaklığı yaz ile kış ayları arasında büyük değişiklik gösterin karasal iklimler için daha uygun ve karalı bir ısı kaynağıdır. Yıl boyunca bir bölgedeki yeraltı su sıcaklığı yaklaşık olarak o bölgenin yıllık hava sıcaklığının ortalamasına eşittir (Zhang, ve diğerleri, 2020).

Yeraltı suyunun dezavantajlarından bazıları ise suyun her bölgede rahatlıkla bulunamaması, kalitesi düşük suların yol açtığı bazı sorunları olması, yerel yönetim ve yönetmeliklerden kaynaklanan kısıtlamalar ve çevre kirliliği oluşturma ihtimalinin bulunmasıdır (Şekil 2.7) (Doğan, 2003).



Şekil 2.7. Yeraltı Suyu Uygulaması (Zhang, vd. 2020)

2.3. Bina İçi Isıtma Sistemlerine Göre Isı Pompaları

Isı pompasının kaynak seçiminin yanında yapı içerisindeki ısıtma veya soğutma için tercih edilecek olan sistemlerinde ısı pompasının verimine ve tasarrufuna etkisi vardır (Geyer ve diğerleri, 2019). Bunlar kısaca aşağıda belirtilmektedir:

Isı pompasını panel radyatör ile birlikte kullanıldığında enerji giderlerinin yüksek olduğu bir sistemdir. Isı pompası sisteminin çıkış sıcaklığı maksimum 55°C'dir. Ayrıca güneş enerjisi ya da alternatif enerji kaynaklarının kullanılmasını zorlaştırabilmektedir. Alüminyum radyatör ile birlikte kullanıldığında ise yine yüksek enerji giderlerinin olduğu bir sisteme dönüşmesi mümkündür. Alüminyum radyatörler düşük sıcaklıkta ve hızlı tepki vermesi nedeniyle ısı pompalarında tercih edilebilir fakat hesaplamaları bu sıcaklık değerlerine göre yapılmalıdır. Isı pompasıyla fancoil ile kullanılmasında hem ısıtma hem de soğutma yapılabilmektedir. Isıtma için fancoil sistemleri uygun bir sistem olmasa bile yazlık evlerde, otellerde ve ofislerde kullanılabilir. Duvardan ısıtma ile birlikte kullanıldığında hem ısıtma hem de serinletme için tercih edilen bir sistemdir. Yüksek COP değerlerin nedeniyle ısı pompası sistemlerinde kullanımı için uygun bir sistemdir. Duvardan ısıtma ve serinletme sistemlerinde projelendirmede ve uygulamada bazı zorluklarla karşılaşıla bilinmektedir. Yerden ısıtma ile birlikte sadece ısıtma işlemi için kullanılmaktadır. Sistemin çalışma sıcaklığı 40°C veya 45°C'ye göre tasarlanma ve hesaplanmadığı ısı pompası ile kullanılan en ekonomik sistemdir. Isı Pompasının hem ısıtma hem soğutma için kullanılan ekonomik sistem ise ısıtma için yerden ısıtma ve soğutma için ise fancoil kullanılmasıdır. Konfor şartlarının en uygun olduğu çözümdür. Kış aylarında yerden ısıtma ile ısıtma işlemi, yaz aylarında ise fancoil ile soğutma işlemi yapılmaktadır. Dolayısıyla hem soğutmada hem de ısıtmada enerji giderlerinin düşük olduğu bir ısı pompası sistemi kombinasyonudur (Geyer, vd., 2019).

2.4. Isı Pompası Kullanım Alanları

Kullanıcıların ısıtma, soğutma ve sıcak su ihtiyacını karşılayabilen ısı pompası sistemi farklı yapı türlerinde tercih edilebilmektedir. Büyük AVM, iş merkezi, stadyum gibi ticari işletmelerde su veya toprak kaynaklı ısı pompası sistemlerinin yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir. Bu yapı türlerinin dışında bireysel konutlar, daha küçük çaplı uygulamalarda ise ilk yatırım maliyeti diğerlerine göre daha düşük olan hava kaynaklı ısı

pompası sistemler uygulandığı görülmektedir (Kurevija, 2016). Bunlar kısaca aşağıda belirtilmektedir:

- Konutlarda özellikle Türkiye'de ki gibi ılıman bölgelerde hava kaynaklı ısı pompası sistemleri konutlarda tercih edilmektedir. Isı pompasının uygulanacağı alan yakınlarına kuyu suyu, dere suyu, deniz suyu vs. sularının kış aylarında donmaya su kaynağı bulunması durumunda su kaynaklı ısı pompası tercih edilebilmektedir. Konutun bulunduğu arazinin yeterli alanı bulunması durumundan toprak kaynaklı ısı pompası sistemleri de kullanılmaktadır.
- İşyeri, ofislerde aktif olarak hem ısıtma hem de soğutma ihtiyacı olduğu için yaygın sistem olan yüksek kapasiteli hava kaynaklı ısı pompası sistemleridir.
- Havuzlarda ısı pompası ile birlikte dört mevsim kullanmak mümkündür. Bu alanda genellikle hava kaynaklı ısı pompası sistemleri kullanılmaktadır.
- Fabrikalarda genellikle toprak kaynaklı ısı pompası sistemi kullanılmaktadır.
- Hastane, ısıtması ve soğutmasında genellikle yüksek kapasiteli hava kaynaklı veya toprak kaynaklı ısı pompası sistemleri kullanılmaktadır.
- Seralar ve çiftlikler genellikle ısıtma sistemleri kullanılmaktadır. Bu sebeple sera ve çiftlik ısıtmasında genellikle içeriye sıcak hava üfleyen hava kaynaklı ısı pompası sistemleri tercih edilmektedir (Kurevija, 2016).

2.5. Isı Pompası Kullanımının Avantajları ve Dezavantajları

Isı pompası sistemlerinin bir proje kullanılıp kullanılmamasına karar vermek için, sistemin sağlayacağı avantaj ve dezavantajlar araştırılmalıdır. Isı pompası sistemlerinin kullanım amacı ısıtma ve soğutma yapılmasıdır. Bu nedenle etkinliğinin ve performansının yüksek olması gerekmektedir. Isı pompası sistemlerinin doğru bir şekilde tasarlanması ve uygulanması halinden performans ve verimliliği yüksek olacaktır (Valizade, 2013).

Isı pompasının diğer ısıtma sistemlere göre daha ekonomik olması sistemi avantajlı hale dönüştürebilmektedir. Ayrıca yanmalı ısıtma sistemlerinden daha güvenli olması, sıcak dönemlerde, işlemi tersine çevirebilmesi ve bir klima ünitesi gibi çalışabilmesi ısı pompalarının diğer avantajlı yönleri olarak kabul edilebilir. Hava kaynaklı ısı pompaları, yaz aylarında rahatlıkla soğutma işlemine gerçekleştirmektedir.

Isı pompaları diğer ısıtma sistemlerine göre daha az bakım gerektirmektedir. Düzenli olarak, yılda bir kez sistemin bakım yapılması gerekmektedir. Isı pompası sistemi karbon emisyonlarınızı azaltır ve verimli bir enerjiyi ısıya dönüştürme oranına sahiptir. Uzun ömürlü sistemlerdir, yaklaşık 50 yıl kadar kullanılabilmektedir, ancak ortalama kullanım ömrü 14 ila 15 yıl arasındadır (Kurevija, 2016).

Isı pompaları sistemleri doğru bir tasarımla, çevreye katkı sağlamak, karbon salınımını azaltmak gibi önemli özelliklerle sorunsuz uygulanabilmekte ve kullanılabilmektedir. Isı pompalarının ilk yatırım maliyeti diğer sistemlere göre yüksek olup işletme maliyetleri, enerji maliyetlerinde uzun vadede tasarruf sağlamakta ve daha az karbon emisyonuna salınımı gerçekleştirmektedir. Isı transferi için kullanılan bazı sıvıların sürdürülebilirliği açısından sorgulanmakta ve bu nedenle çevresel kaygılara neden olmaktadır, bu nedenle doğada biyolojik olarak parçalanabilir sıvıların kullanılması önerilmektedir. Özellikle toprak kaynaklı ısı pompaları için ısının hareketini, yerel jeolojiyi ve eviniz için ısıtma ve soğutma gereksinimlerini karşılamak için araştırma yapılması gerektiği düşünüldüğünde ısı pompalarının kurulumunda zorluklar yaşanabilmektedir. Bazı ısı pompası uygulamalarında soğuk bölgelerde sorun yaşanabildiği, toprak ve su kaynaklı ısı pompalarının da kurulumunda ise güçlüklerle karşılaşıldığı bilinmektedir. Ayrıca ısı pompalarının çalışmak için elektriğe ihtiyaç duyması, hiçbir zaman tamamen karbon emisyonu açısından nötr olmayacağı anlamına gelmektedir. Ancak ısı pompaları elektrikli olduğu için güneş panelleriyle birlikte uyumlu bir şekilde çalışmaktadır. Buda ısı pompasının tamamen karbonsuz bir modeli oluşturmaktadır (Kurevija, 2016).

2.6. Isı Pompasının Verimliliği

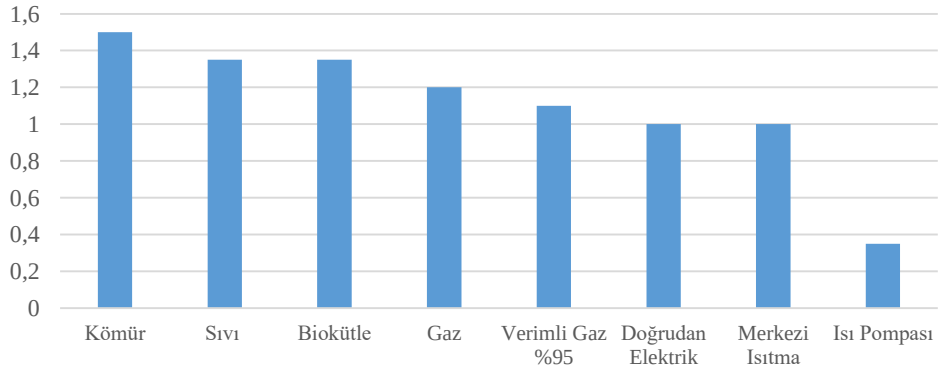
Isı pompası sistemleri yerden ısıtma, duvardan ısıtma, radyatör, tavandan ısıtma-soğutma, fancoil, yer tipi fancoil gibi cihazlarda tek başına nadiren de olsa ek bir ısıtma sistemi olarak kullanılmaktadır. Isı pompası sistemleri kışın dışarıdaki havanın ısısını çekerek yapı içerisine aktararak odayı ısıtabileceği gibi, yaz boyunca da odanın içerisindeki ısıyı çekerek dışarı atarak odayı serinletmek için kullanılabilir. Bu nedenle binanın bulunduğu bölge ye ısı pompasının kaynak tipinin seçimi ve buna bağlı olarak bina içerisinde aktarılan ısının içeride kullanılan ısıtma sistemleri de ısı pompası ile uyumlu olan sistemler tercih edilmelidir. Bu işlemler için bina içinde yüksek performans

ve düşük enerjili uygulamalar yerden ısıtma, duvardan ısıtma ve fancoil sistemleri tercih edilmelidir. Böylece ısı pompasından en yüksek verimi almak mümkündür (Erdoğan, vd., 2006).

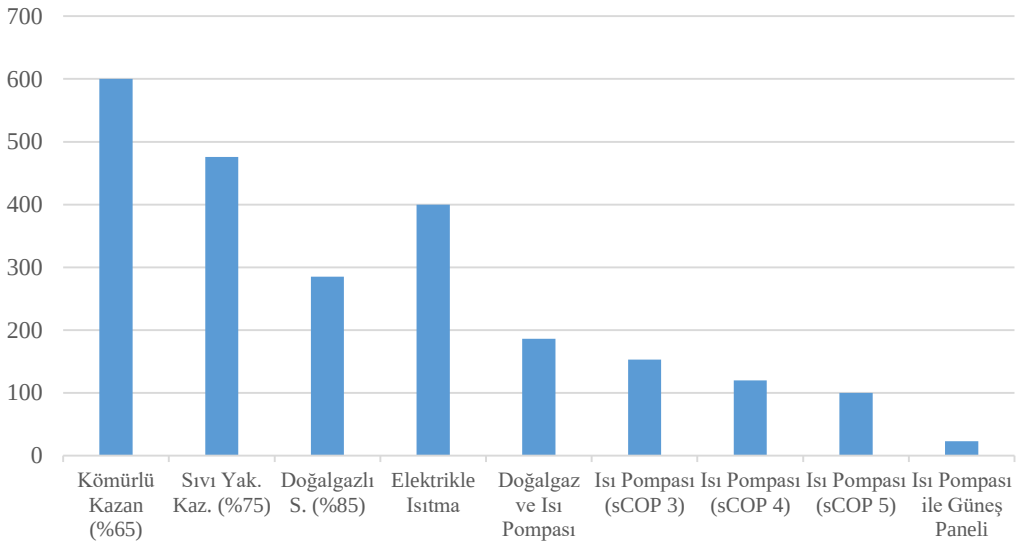
Isı pompasında kaynak, enerjinin alındığı ortamdır. Türkiye'de en çok kullanılan kaynak türü havadır. Hava kaynaklı ısı pompası sistemlerinde havan suya veya havadan havaya şeklinde tasarlanmaktadır. Isıtma amacıyla tasarlanan ısıtma sistemlerinde havadn suya olarak kullanılmaktadır. Hava kaynaklı ısı pompası sistemlerinde dış ortam havasının sabit olmaması sebebiyle sürekli değişen COP değerlerinde çalışmaktadır. Bunun sonucunda kaynak (hava) sıcaklığının değişmesiyle elektrik giderleri de azalır veya artırmaktadır (Kaçhalouski & Tomas, 2020).

Isı pompasında elde edilen enerji sisteme aktarıldıktan sonra yapı içerisindeki sisteme verilir ve bir devir daim halinde çalışmaktadır. Yapının içerisinde kullanılan ısıtma veya soğutma sisteminin verimi de ısı pompası sisteminin verimini doğrudan etkilemektedir. Isı pompalarında düşük sıcaklıkla çalışan yerden ısıtma veya duvar ısıtma sistemlerle yüksek verim alınmaktadır. Yerden ısıtma sistemi hesaplamaları 35-40°C'ye göre yapılmalıdır (Kaçhalouski & Tomas, 2020).

Isı pompasının verimliliği, enerji kaynağı ile enerji alıcısı arasındaki sıcaklık farkına bağlıdır. Isıtma için gereken sıcaklık ne kadar küçük ve ısı kaynağının sıcaklığı ne kadar yüksek olursa, kompresör tarafından o kadar az iş yapılması gerekir ve bu nedenle ısı pompası ünitesi daha verimli bir çalışma göstermektedir (Şekil 2.8, 2.9) (Autumn, 2018).



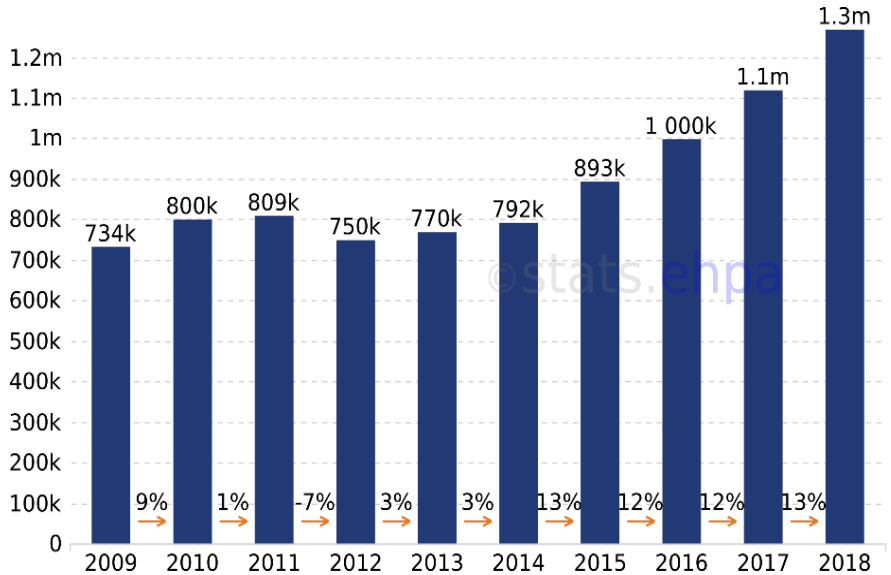
Şekil 2.8. 1 Birim faydalı nihai enerji talebini sağlamak için farklı sistemlerin karşılaştırılması (Autumn, 2018)



Şekil 2.9. Farklı ısıtma sistemlerinin CO_2 emisyonlarının karşılaştırılması (KWH BAŞINA) (Autumn, 2018)

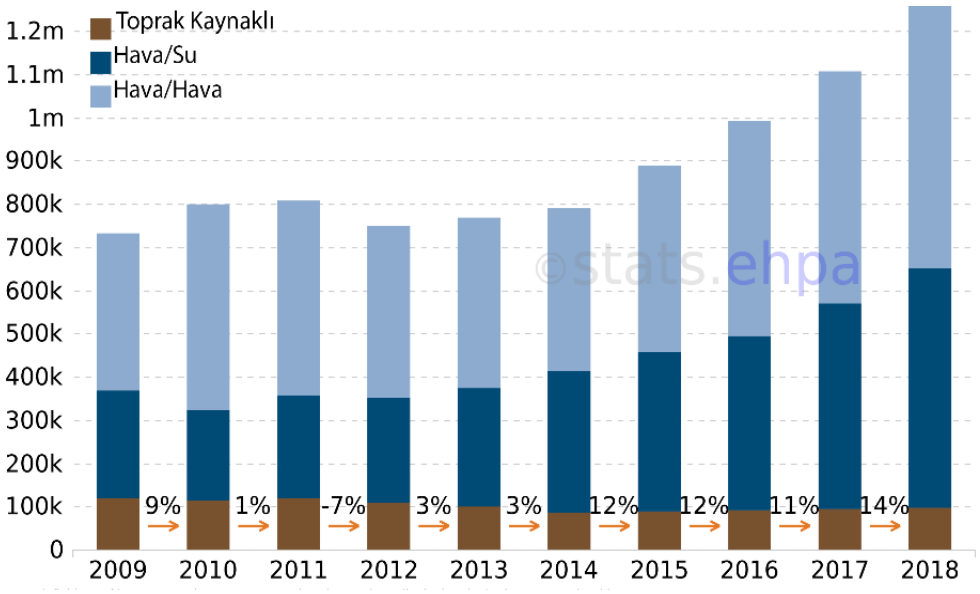
2.7. Avrupa'da ve Türkiye'de Isı Pompası Kullanım Oranları

Son yıllarda kullanımı artan ısı pompasının 2018 yılı itibariyle Avrupa Isı Pompası Birliği verilerine göre 1.3 milyon âdete ulaşmıştır. Yıllar içerisindeki artış miktarı Şekil 2.10'teki grafikte bulunmaktadır:



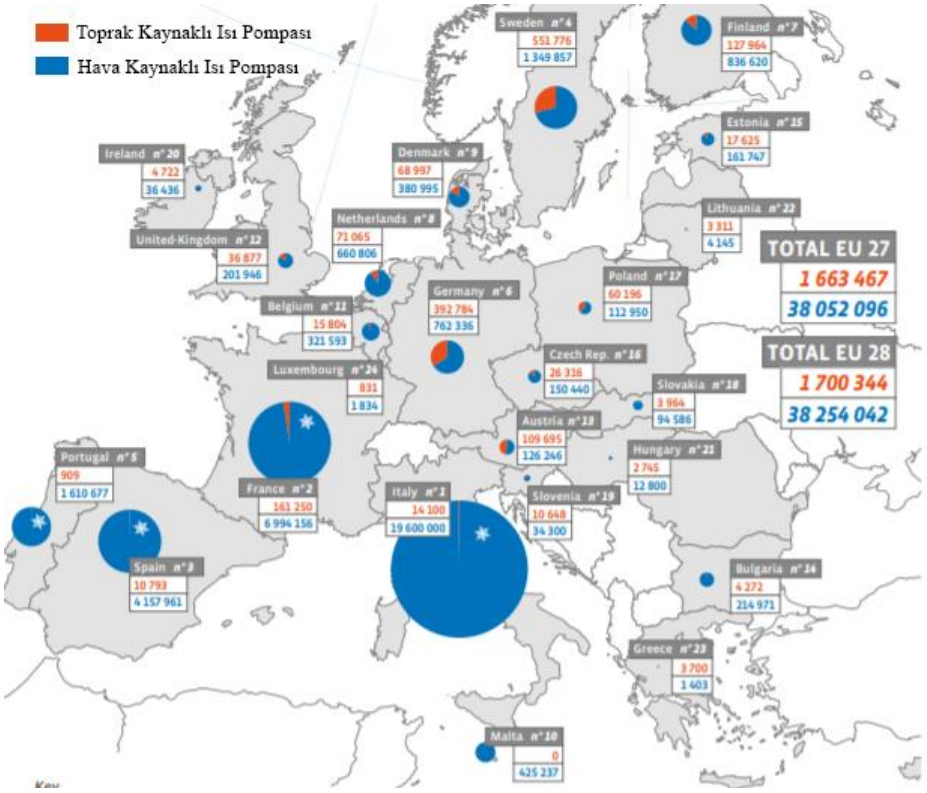
Şekil 2.10. Isı pompasının kullanım durumu (Kaynak: www.stats.ehpa.org E.T.: 18/12/2021)

Avrupa ısı pompası birliğine göre yıllar içerisinde faaliyete geçen ısı pompalarında son yıllarda hava kaynaklı ısı pompasının daha fazla tercih edildiği görülmektedir. Toprak kaynaklı ısı pompasının tercih edilme oranında ise bir değişiklik olmadığı gözlenmektedir (Şekil 2.11).



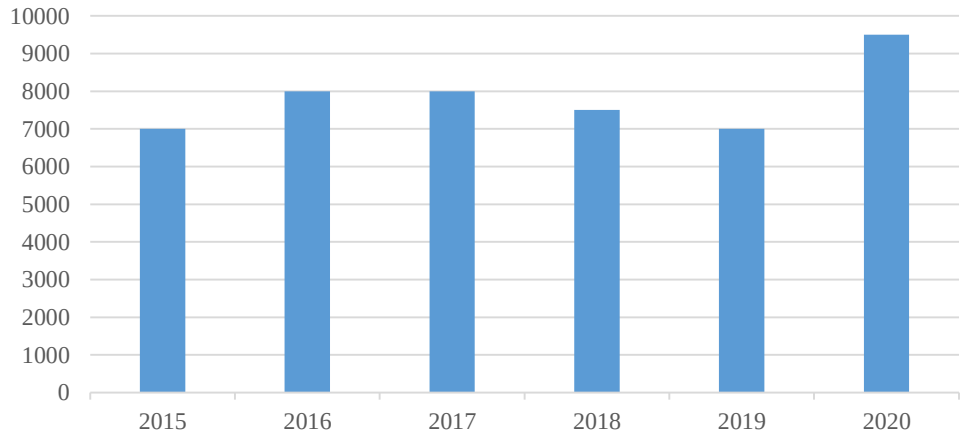
Şekil 2.11. Avrupa'daki ısı pompası kaynaklarına göre satış gelişim oranları (Kaynak: www.stats.ehpa.org E.T.: 18/12/2021)

2019 yılı itibariyle Avrupa ülkelerine göre faaliyete geçen toplam hava ve toprak kaynaklı ısı pompasının kullanım durumları Şekil 2.12'te görülmektedir. Buna göre, hava kaynaklı ısı pompasının büyük oranda tercih edildiği ancak toprak kaynaklı ısı pompasının Avrupa'nın kuzey ülkelerinde daha çok ve hava kaynaklı ısı pompasının ise Güney'de kalan ülkelerde tercih edildiği görülmektedir.



Şekil 2.12. 2019'da Avrupa Birliği'nde faaliyete geçen hava ve toprak kaynaklı ısı pompası kullanımı **(Gshpa, 2020)**

Türkiye'de ise ısı pompasının yıllar içerisindeki değişim grafiği görülmektedir (Şekil 2.13). 2015 yılı verilerine göre Türkiye'de faaliyete geçen 7000 adet hava kaynaklı ısı pompasının 2016 ve 2017 yılında 500 adet arttığını, 2019 yılında ise bu oranın azaldığı ve tekrar 2020 yılında ise arttığı görülmektedir.



Şekil 2.13. Türkiye'deki hava kaynaklı ısı pompasının yıllara göre satış oranları **(Yakut, 2022)**

2.8. Avrupa'da Uygulanmış Isı Pompası Örnekleri

Avrupa'da uygulanmış olan ısı pompaları uygulanmış dört örnek incelenmiştir (Çizelge 2.1, 2.2, 2.3, 2.4).

Çizelge 2.1. Viyana'da ofis binası "Strabag Evi"

Proje Yeri:	Viyana, Avusturya	
Bina Tipi:	Ofis binası	
Yapım Yılı:	2003	
Isıtma/soğutma bina alanı:	2.151 m²	
Isı pompası tipi:	Toprak kaynaklı ısı pompası	
Amaç:	Isıtma ve soğutma	
Isı kaynağı sistemi:	Temel kazıkları	

STRABAG EVİ çok işlevli bir ofis binası olarak inşa edilmiştir. 50 metre yüksekliğindeki binanın 21.000 m^2'lik alanının yaklaşık 18.000 m^2 ofis alanı ve 3.000 m^2de mağaza ve ticaret alanı ile 13 katta oluşmaktadır.

Bina zemin konvektörleri ile ısıtılmakta olup soğutma için tavanda bulunan fancoilleri kullanmaktadır. Isı pompası sistemi, ofis ve perakende alanı, enerji besleme sisteminin çalışması için gereken elektrik gücü dışında ek bir güç kaynağına ihtiyaç duymayacak şekilde tasarlanmıştır.

Isıtma ve soğutma için ihtiyaç duyulan enerji temini, kurulu soğutma kapasitesi 3 x 693 kW olan toprak kaynaklı ısı pompası sistemiyle sağlanmaktadır. Üç ısı pompası bulunmaktadır, temele entegre edilmiş yerinde dökme tahrikli kazıklardan oluşan kapalı devre bir ısı eşanjörüne bağlıdır. Kısmen binanın temeline, kısmen de her biri 17 metre uzunluğundaki 250 adet yerinde dökme kazık olarak toplam 68.000 metre boru döşenmiştir (Stragbag, 2009).

Çizelge 2.2. Aachen'deki ofis binası

Proje Yeri:	Aachen, Almanya	
Bina Tipi:	Ofis binası	
Yapım Yılı:	2002	
Bina enerji kategorisi/etiketi:	Pasif Ev	
Isıtmalı/soğutmalı bina alanı:	2.151 m²	
Isı pompası tipi:	Toprak kaynaklı ısı pompası	
Amaç:	Isıtma ve soğutma	
Isı kaynağı sistemi:	Sondaj ısı eşanjörü (dikey)	

Ofis binası, Almanya'nın Aachen kasabasında bir "güneş enerjisi toplu konut sitesi"nin kenarında yer almakta ve sitenin konut binaları için enerji şartnamelerine uymaktadır. Bodrumsuz dört katlı ofis binası olarak tasarlanmıştır. Taşıyıcı iç duvarları olmayan geniş yüzeyli kat planı, esnek bir alt bölüme izin vermektedir. Toplam 100 işyeri bulunmaktadır.

Toprak kaynaklı ısı pompası, ısıtma ve soğutma amaçlı kullanılmaktadır. 28 adet sondaj kuyusu bulunmakta ve her biri 42 metre derinliğindedir. Isı pompası, betonun çekirdek sıcaklık kontrolünü maksimum 28°C besleme sıcaklığıyla besleyen bir tampon depolama tankı (900 litre) ile sağlamaktadır (Aachen, 2009).

Çizelge 2.3. Dressen'de tek ailelik ev

Proje Yeri:	Dresden, Almanya	
Bina Tipi:	Bir/iki aile evi	
Yapım Yılı:	2003	
Isıtmalı/soğutmalı bina alanı:	150 m²	
Isı pompası tipi:	Toprak kaynaklı ısı pompası	
Amaç:	Isıtma ve sıcak su	
Isı kaynağı sistemi:	Sondaj ısı eşanjörü (dikey)	

150 m2 yerden ısıtmalı yeni bina, DIN 4701 standardına göre 5,2 kW tasarım ısı yüküne sahiptir. Teslim edilen ısı, bir yerden ısıtma sistemine (besleme sıcaklığı 35°C) ve 400 litrelik bir kullanım sıcak suyu depolama tankına dağıtılmaktadır.

Depolama tankı içerisinde biri üstte diğeri altta olmak üzere iki adet ısı eşanjörü bulunmaktadır. Toprak kaynaklı ısı pompası sisteminin ısı kaynağı, her biri 60 metre derinliğe sahip iki dikey sondaj deliğinden oluşmaktadır.

Isıtma ve kullanım sıcak suyu temini için açıklanan iki devreli ısı pompasının geliştirilmesi, Dresden Teknik Üniversitesi'ndeki bir araştırma projesi sırasında ortaya çıkmıştır ve bu yapıda kullanılmaktadır (Dresden, 2009).

Çizelge 2.4. Nea Tirintha'daki '' AMALİA'' Oteli

Proje Yeri:	Nea Tirintha, Yunanistan	
Bina Tipi:	Otel	
Kurulum Yılı:	2008	
Isıtmalı/soğutmalı bina alanı:	8.980 m²	
Isı pompası tipi:	Su kaynaklı ısı pompası	
Amaç:	Isıtma, soğutma ve sıcak su	
Isı kaynağı sistemi:	Akifer/kuyular	

Toplam alanı 8 980 m2 olan Hotel "Amalia", Yunanistan'ın Peloponese kentinde Nauplio yakınlarındaki "Kaminia", Nea Tirintha'da yer almaktadır. Bina 2007-2008 yıllarında tamamen yenilenmiştir ve açık devre ısı pompası sistemi ile ısıtılmakta ve soğutulmaktadır.

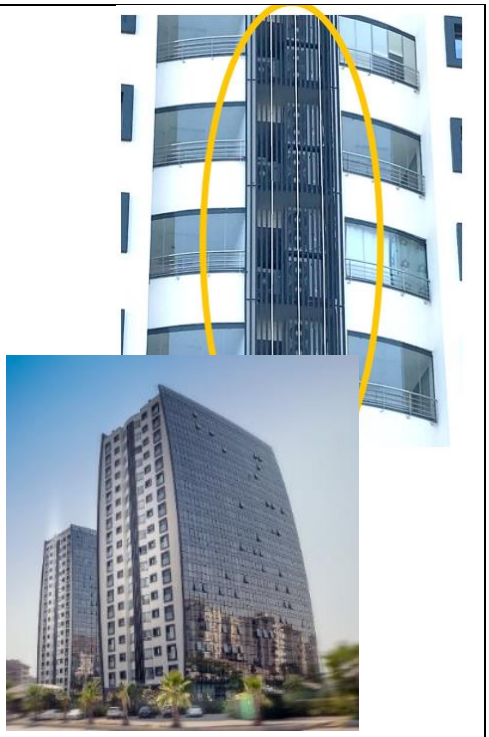
Binaya ısıtma/soğutma dağıtım sistemi fancoil ünitelerinden ve yer tipiden oluşmaktadır. Su kaynaklı ısı pompası sistemi, iki deniz altı yeraltı suyu besleme kuyusu (her biri 60 metre derinlik) ve iki reenjeksiyon kuyusu (her biri 60 metre derinlik), iki adet titanyum ısı eşanjörü, kademeli olarak yerleştirilmiş iki adet elektrikli su kaynaklı ısı pompası olarak tasarlanmıştır. İki adet ısı pompası ünitesinin her ikisi de 352 kW'lık kapasiteye sahiptir (Amalia, 2009).

2.9. Türkiye'de Uygulanmış Isı Pompası Örnekleri

Türkiye'de ısı pompası uygulanmış üç örnek yapı incelenmiştir (Çizelge 2.5, 2.6, 2.7).

Çizelge 2.5. Aypark Residence

Proje Yeri:	Karşıyaka, İzmir
Bina Tipi:	Apartman Dairesi
Yapım Yılı	2017
Arsa alanı:	9 000 m^2
Toplam İnş. A.:	40.000 m^2
Isı pompası tipi:	Toprak kaynaklı ısı pompası
Amaç:	Isıtma, soğutma ve sıcak su
Isı kaynağı s.:	Hava kaynaklı ısı pompası



Aypark Residans 19 ve 17 kattan oluşan 2 adet bloktan oluşmaktadır. Toplamda 217 dairenin yer aldığı bu projede her daire için bir adet toplamda 217 adet hava kaynaklı ısı pompası kullanılmaktadır. Bu sayede birbirlerinden bağımsız olarak ısıtma ve soğutma ihtiyaçlarını karşılayabilmektedir (Aypark, 2022).

Isı pompasının yanında projede 217 adet her daire için sıcak su boyleri ve 1 328 adet gizli tavan tipi fancoil kullanılmıştır. Bunlarla birlikte ısı pompası ile yaşam alanları ısıtılırken fancoiller yardımıyla da soğutma ve boylerler de sıcak su ihtiyacı karşılanmaktadır. Aynı zamanda akıllı ev sistemiyle de donatılan bu projede ısı pompası tam entegre bir şekilde çalışmaktadır ve kullanıcılarına evde olmasalar bile uzaktan kontrol etmelerine olanak sağlamaktadır (Gürel, 2021).

Çizelge 2.6. M1 Meydan Alışveriş Merkezi

Proje Yeri:	Ümraniye, İstanbul
Bina Tipi:	Alışveriş Merkezi
Yapım Yılı	2008
Toplam İnşaat Alanı:	80.000 m²
Isı pompası tipi:	Toprak kaynaklı ısı pompası
Amaç:	Isıtma, soğut ve sıcak su
Isı kaynağı sistemi:	Sondaj ısı eşanjörü (dikey)





Metro Group Asset Management tarafından 2007 yılında inşa edilen alışveriş merkezi olan M1 meydan, İstanbul "şehir meydana" konsepti ile yapılan ilk alışveriş merkezi özelliğini taşımaktadır (Arkiv, 2010)

Toprak kaynaklı ısı pompası sistemi, M1 Meydan'ın Avrupa'nın önde gelen örneklerin den birisidir. Bu sistem 70 000 m^2 büyüklüğündeki alışveriş merkezinin ısıtılması ve serinletilmesi için doğal ısı kaynaklarından olan toprak ısısını kullanmaktadır. Toprak ısının kullanmak için, toprak zeminde 228 adet sondaj yapılarak bu sondajlar 70 metre ile 150 metre kadar ulaşan sondajlara ısı değiştiricileri U tipi borular yerleştirilmiştir. Bu boruların 19 kilometre uzunluğunda olup ısı ilertimi için kullanılmaktadır. Diğer borular ise yer ısısını tüketicilere ulaştırmak için kombine edilmiş ısı pompasına ve soğutuculara taşımaktadır (Arkiv, 2010).

Çizelge 2.7. Oylat Termal otel

Proje Yeri:	İnegöl, Bursa	
Bina Tipi:	Otel	
Kurulum Yılı:	2016	
Arsa alanı:	9 000 m^2	
Toplam inşaat alanı:	40 000m^2	
Isı pompası tipi:	Termal suyundan ısı kazanımı	
Amaç:	Isıtma, soğutma ve sıcak su	
Dağıtım sistemi:	Yerden ısıtma ve tavanda soğutma	

Projede başta mevcut kömürlü ısıtma sistemlerinden kaynaklanan çevre kirliliğini ve görsel kirliliğin engellemek amacıyla yapılmıştır. Çalışmalara sırasında Oylat termal otelinin doğal termal atık sularının olduğu ve elektrik üretme kapasitesi yüksek olduğu görülmüştür (Oylat, 2016).

Otelde ve hamamlarda kullanıldıktan sonra deşarj edilen atık termal sular başka bir yerdeki havuzda depolanarak; ısı pompası sistemiyle ısıtma sisteminde kullanılan suyun ısıtılmasında kullanılmaktadır. Isı pompası sisteminin kullanılmasıyla yılın %90 ila %95'lik bölümünün ısıtma ihtiyacı karşılanabilmektedir. Sistem kabiliyeti ve teorisi nedeniyle yılın soğuk dönemlerinde ikinci bir ısıtıcıya ihtiyaç duyabilmektedir. Bu ikinci ısıtıcısı ise sıvılaştırılmış doğalgaz yakıtı ile çalışan ve sisteme entegre edilmiş bir doğalgaz kazanıdır. Bu çoklu enerji kullanması nedeniyle sistem bir hibrit ısıtma sistem olma özelliği kazanmaktadır (İnegöl, 2016).

Otelde yapılan bu uygulama ile termal suyun en faydalı şekilde kullanılması anlamında Türkiye'de tek olan yapıdır. Termal su kaynaktan çıktıktan sonra ilk olarak otelde kullanılmaktadır burada çıkan su da daha sonra ısı pompası uygulamasıyla ısıtma ihtiyacını karşılamaktadır ve son olarak ise elektrik üretimine gönderilerek 3 farklı amaçta kullanılabilmektedir. Yaklaşık 1 milyon liraya mal olacak projenin öncesinde yılda 650 ton olan kömür kullanımı da sıfıra inerek sistemin kendisini 2,5 yıl içinde amorti edeceği hesaplanmaktadır (Oylat, 2016).

BÖLÜM 3

ALAN ÇALIŞMASI

Isı pompasının yapılarda uygulanabilirliğini performansını ortaya koymak ve yaygınlaşması açısından hava kaynaklı uygulanmış ısı pompasının bir bina üzerinde sonuçları araştırılmıştır. Binaya ait yapısal özellikler ve ısı pompası türü sabit kalmak üzere Türkiye'de 4 farklı derece gün bölgesinde uygulaması durumu değerlendirilmiştir karşılaştırılması yapılarak incelenmiştir. Bu bölgeler 1'çi derece gün bölgesi için İzmir, 2'.çi derece gün bölgesi için Edirne, 3'çü derece gün bölgesi için Eskişehir ve son olarak 4'çü derece gün bölgesi için Van illeri örnek olarak seçilmiştir.

3.1. Metod

Bu çalışmada yöntem olarak uygulanmış bir yapının ısı pompası uygulanması halindeki verilerini incelemek ve diğer ısıtma türlerine doğal gaz ve kömürlü ısı pompasının verimliliğini ortaya koymak hedeflenmiştir. Bu amaçla Edirne'de uygulanmış olan bir proje örnek saha çalışması olarak ele alınmıştır. İlk olarak bu projenin gerekli ısı kaybı hesapları İzoder TS 825 programıyla standartlara göre yapılarak yalıtım kalınlıkları belirlenmiş daha sonrasında ise projeye uygun ısı pompası seçimi yapabilmek için ''Stand By Me Heating Solutions Navigator'' simülasyonunu kullanılmıştır. Simülasyonun verdiği raporlar doğrultusunda ısı pompasının verimliliği dört farklı derece-gün bölgesinde değerlendirilmiştir. Isı pompasının çalışmasından dolayı bulunduğu ortama bir miktar gürültü yaymaktadır. Bunu engellemek amacıyla ısı pompasının ortama yaymış olduğu gürültüsü de konfor şartlarına uygunluğu hesaplanmıştır. Son olarak kazanca yönelik ısı pompası aracılığıyla güneş panelleri uygulaması yapılarak en yüksek tasarruf ve enerji verimi elde edilmektedir.

3.2. Bölgelere Göre İklim Bilgileri

Her türlü sistemin çalışmasında yapının bulunduğu bölgenin iklim verileri etkilidir. Çünkü her iklim bölgesi sıcaklık, nem, güneş ışınımı, rüzgâr ve benzeri değişkenlere bağlı farklılık gösterir. Bu çalışmada İzmir, Edirne, Eskişehir ve Van illerinin iklim bilgileri aşağıda verilmektedir.

3.2.1. İzmir İklim Verileri (1. Derece Gün Bölgesi)

İzmir ili bölgesinde yaz ayları sıcak, kurak ve kış ayları uzun, soğuk, yağışlı, rüzgârlı ve parçalı bulutlu bir bölgeye sahiptir. Yıl içerisinde sıcaklık normalleri 5°C ile 34°C arasında değişiklik göstermektedir. Nadiren de olsa -2°C'nin altına ve 38°C'nin üzerine çıkmaktadır. İzmir ili bölgesindeki en sıcak ay Temmuz ayıdır ve bu ayda sıcaklıklar 34°C'dir. Serin mevsim 4 ay uzunluğundadır ve günlük olarak ortalama 8°C'nin altındadır. İzmir ili bölgesinin en soğuk ayı ise Ocak ayıdır; bu ayda ortalama en düşük sıcaklık 6°C iken en yüksek sıcaklık ise 12°C'dir (Şekil 3.1) (İzmir C. , 2023)

İzmir ilinin yıllık ortalama yağış miktarı 713mm olup, en düşük yağış aldığı Temmuz ayında 4mm ve en yüksek yağış aldığı Aralık ayında ise yağış miktarı 147mm olduğu görülmektedir (İzmir M. , 2023).

IZMIR	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
	Ölçüm Periyodu (1938 - 2022)												
Ortalama Sıcaklık (°C)	8.8	9.6	11.6	15.9	20.8	25.4	27.9	27.7	23.8	18.9	14.3	10.6	17.9
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	12.4	13.6	16.3	20.9	26.1	30.7	33.2	33.0	29.2	24.0	18.6	14.1	22.7
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	5.8	6.2	7.7	11.2	15.5	19.9	22.5	22.4	18.7	14.6	10.8	7.6	13.6
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	4.3	5.2	6.4	8.0	9.9	11.6	12.3	11.9	10.1	7.6	5.6	4.2	8.1
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	12.66	10.69	9.27	7.88	5.31	2.33	0.45	0.54	1.93	5.36	8.75	12.74	77.9
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	134.8	103.4	75.1	45.7	31.3	12.4	4.1	5.9	15.1	44.1	91.8	146.2	709.9

Şekil 3.1. İzmir ili yıllık ortalama sıcaklık ve yağış miktarları (İzmir M. , 2023).

3.2.2. Edirne İklim Verileri (2. Derece Gün Bölgesi)

Edirne ili bölgesinde yaz ayları sıcak, kurak, az bulutlu ve kış ayları çok soğuk ve parçalı bulutlu bir bölgeye sahiptir. Yıl içerisinde sıcaklık normalleri -1°C ila 32°C arasında değişiklik göstermektedir. Nadiren de olsa -7°C'nin altına ve 36°C'nin üzerine çıkmaktadır. Edirne ili bölgesindeki en sıcak ayı Temmuz ve Ağustos ayıdır ve bu ayda sıcaklıklar 32°C'dir. Soğuk mevsim 4 ay uzunluğundadır ve günlük olarak ortalama 4°C civarlarındadır. Edirne ili bölgesinin en soğuk ayı ise Ocak ayıdır; bu ayda ortalama en düşük sıcaklık -1°C iken en yüksek sıcaklık ise 7°C'dir (Şekil 3.2) (Edirne C. , 2023).

Edirne ilinin yıllık ortalama yağış miktarı 604mm olup, en düşük yağış aldığı Ağustos ayında 22mm ve en yüksek yağış aldığı Aralık ayında ise yağış miktarı 71mm olduğu görülmektedir (Edirne M. , 2023).

EDIRNE	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
	Ölçüm Periyodu (1930 - 2022)												
Ortalama Sıcaklık (°C)	2.6	4.4	7.6	12.8	18.0	22.2	24.7	24.5	20.1	14.4	9.2	4.6	13.8
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	6.7	9.4	13.3	19.3	24.8	29.2	31.9	31.9	27.4	20.7	14.2	8.5	19.8
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-0.6	0.4	2.8	7.1	11.7	15.5	17.4	17.3	13.5	9.2	5.2	1.4	8.4
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	2.4	3.6	4.5	6.2	8.0	9.2	10.3	9.8	7.5	5.2	3.2	2.2	6.0
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	12.27	9.61	9.74	10.05	10.26	8.65	5.36	3.91	4.78	7.66	10.34	13.06	105.7
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	65.2	52.8	50.1	47.9	52.3	47.3	32.0	23.3	36.2	57.4	66.8	70.6	601.9

Şekil 3.2. Edirne ili yıllık ortalama sıcaklık ve yağış miktarları (Edirne M. , 2023).

3.2.3. Eskişehir İklim Verileri (3. Derece Gün Bölgesi)

Eskişehir ili bölgesinde yaz ayları ılık, kurak, az bulutlu ve kış ayları çok soğuk, karlı ve parçalı bulutlu bir bölgeye sahiptir. Yıl içerisinde sıcaklık normalleri -4°C ila 30°C arasında değişiklik göstermektedir. Nadiren de olsa -10°C'nin altına ve 34°C'nin üzerine çıkmaktadır. Eskişehir ili bölgesindeki en sıcak ayı Temmuz ayıdır ve bu ayda sıcaklıklar 30°C'dir. Soğuk mevsim 3 ay uzunluğundadır ve günlük olarak ortalama 0°C civarlarındadır. Eskişehir ili bölgesinin en soğuk ayı ise Ocak ayıdır; bu ayda ortalama en düşük sıcaklık -4°C iken en yüksek sıcaklık ise 4°C'dir (Şekil 3.2) (Eskişehir C. , 2023)

Eskişehir ilinin yıllık ortalama yağış miktarı 365mm olup, en düşük yağış aldığı Eylül ayında 14mm ve en yüksek yağış aldığı Mart ayında ise 54mm olduğu görülmektedir (Eskişehir M. , 2023)

ESKISEHIR	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
	Ölçüm Periyodu (1991 - 2022)												
Ortalama Sıcaklık (°C)	-0.1	1.6	5.2	9.9	14.9	18.9	21.9	21.9	17.5	12.1	5.9	1.9	11.0
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	4.0	7.0	11.8	17.1	22.4	26.5	29.8	30.0	26.1	20.1	12.8	6.3	17.8
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-4.0	-3.3	-0.9	3.0	7.3	11.1	13.6	13.7	9.2	5.0	0.1	-1.8	4.4
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	2.6	3.9	5.0	6.4	8.3	9.7	11.3	10.3	8.6	5.9	4.4	2.4	6.6
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	8.44	8.06	8.25	7.81	6.84	4.53	2.31	2.00	3.09	6.00	6.34	8.91	72.6
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	33.0	28.2	29.9	44.1	42.3	24.2	15.0	11.2	17.2	35.0	33.4	42.4	355.9

Şekil 3.3. Eskişehir ili yıllık ortalama sıcaklık ve yağış miktarları (Eskişehir M. , 2023).

3.2.4. Van İklim Verileri (4. Derece Gün Bölgesi)

Van ili bölgesinde yaz ayları ılık, kurak ve kış ayları dondurucu soğuk, karlı ve parçalı bulutlu bir bölgeye sahiptir. Yıl içerisinde sıcaklık normalleri -8°C ila 27°C arasında değişiklik göstermektedir. Nadiren de olsa -14°C'nin altına ve 30°C'nin üzerine çıkmaktadır. Van ili bölgesindeki en sıcak ayı Temmuz ayıdır ve bu ayda sıcaklıklar 26°C'dir. Soğuk mevsim 4 ay uzunluğundadır ve günlük olarak ortalama -4°C civarlarındadır. Van ili bölgesinin en soğuk ayı ise Ocak ayıdır; bu ayda ortalama en düşük sıcaklık -8°C iken en yüksek sıcaklık ise 1°C'dir (Şekil 3.4) (Van C. , 2023).

Van ilinin yıllık ortalama yağış miktarı 393mm olup, en düşük yağış aldığı Ağustos ayında 6mm ve en yüksek yağış aldığı Nisan ayında ise yağış miktarı 55mm olduğu görülmektedir (Van M. , 2023).

VAN	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
	Ölçüm Periyodu (1939 - 2022)												
Ortalama Sıcaklık (°C)	-3.1	-2.5	1.6	7.8	13.2	18.3	22.3	22.2	17.9	11.3	4.9	-0.4	9.5
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	2.0	2.7	6.6	12.9	18.6	24.0	28.3	28.5	24.4	17.4	10.3	4.5	15.0
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-7.5	-7.0	-2.8	2.7	7.1	10.9	14.7	14.7	10.8	5.7	0.4	-4.5	3.8
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	4.6	5.4	5.9	7.3	9.3	11.7	12.1	11.3	9.8	7.0	5.5	4.3	7.9
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	10.17	9.93	12.31	12.19	11.05	5.13	1.99	1.31	2.31	8.26	8.94	9.86	93.5
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	36.1	32.6	46.7	54.6	45.6	18.4	6.3	5.8	15.3	46.5	47.1	37.7	392.7

Şekil 3.4. Van ili yıllık ortalama sıcaklık ve yağış miktarları (Van M. , 2023)

3.3. Yapıya ait Bilgileri

Yapı Edirne'nin İskender mahallesinde bulunmaktadır. Yapı bodrum, zemin ve 1 normal kat olmak üzere toplamda 3 kattan oluşan müstakil bir konuttur. Toplam yapı alanı 229,81 m^2'dir. Proje bilgileri alan hacimleri ve yapı bileşenleri ile bilgiler aşağıda

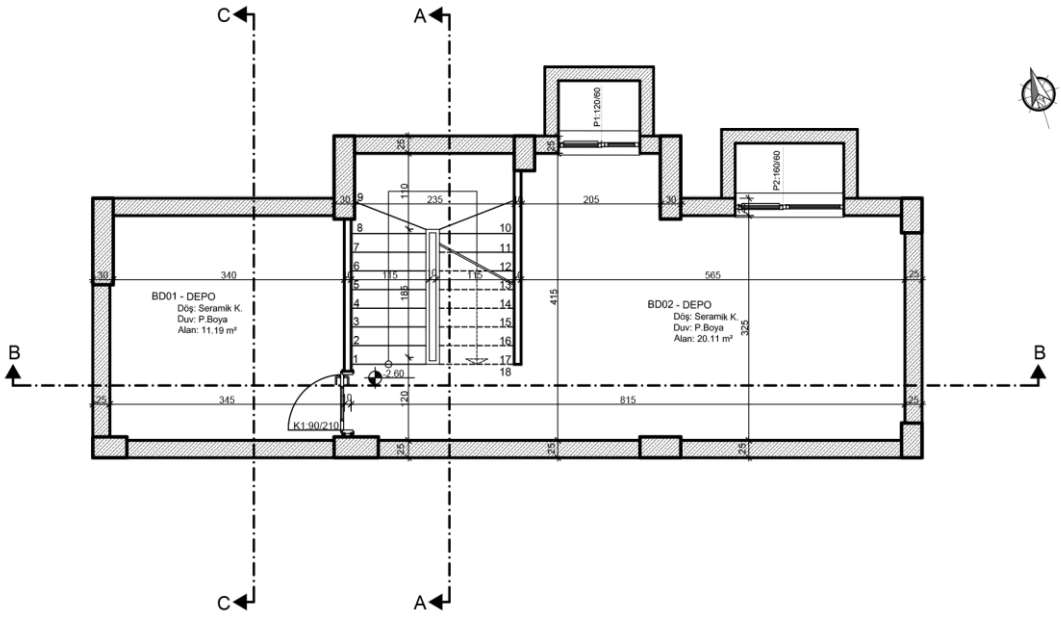
verilmektedir (Çizelge 3.1, 3.2) (Şekil 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 3.9, 3.10, 3.11, 3.12, 3.13 ve 3.14).

Çizelge 3.1. Alan Hacim Büyüklükleri

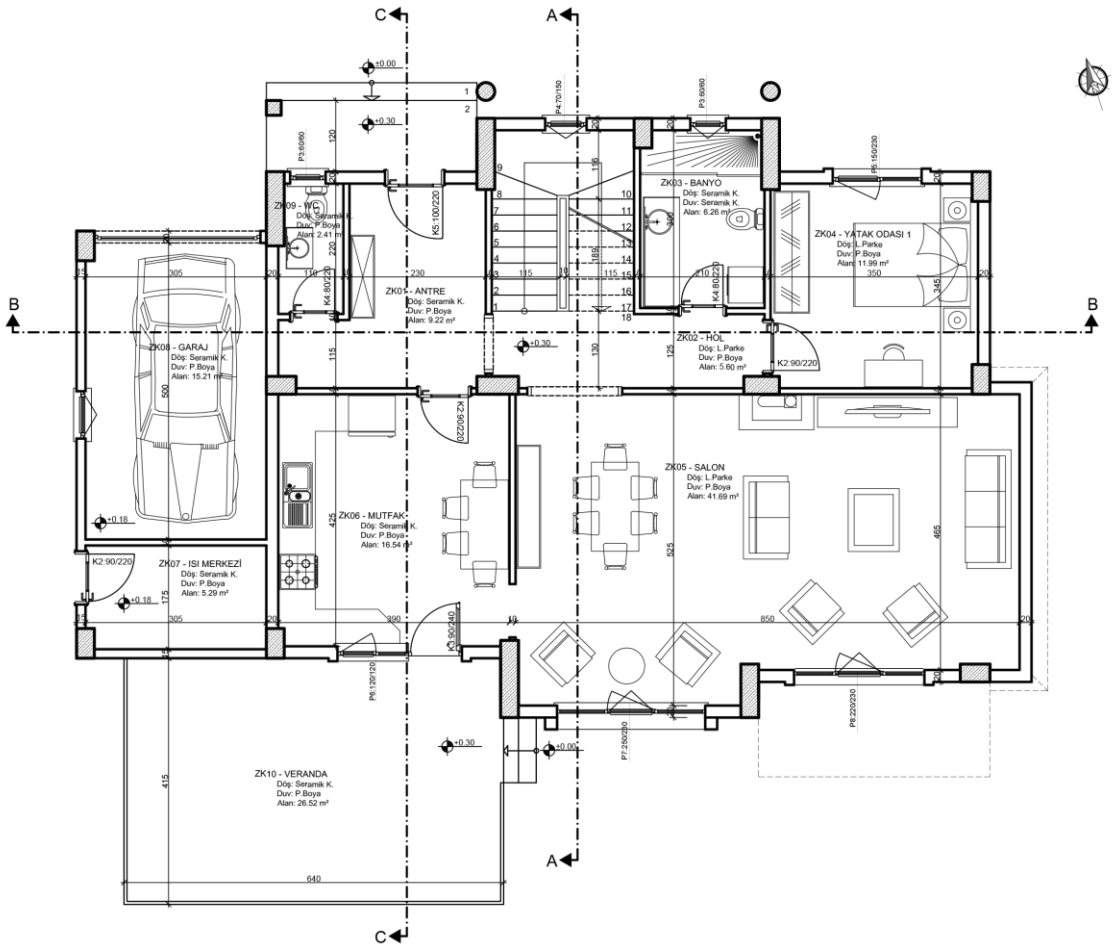
Taban Alanı (m^2)	114,11
Alan (m^2)	229,81
Hacim (m^3)	597,43
Duvar Alanı (m^2)	244,23
Pencere ve Kapılar (m^2)	50,16

Çizelge 3.2. Yapı bileşenlerinin kalınlık ve ısıl iletkenlik değerleri

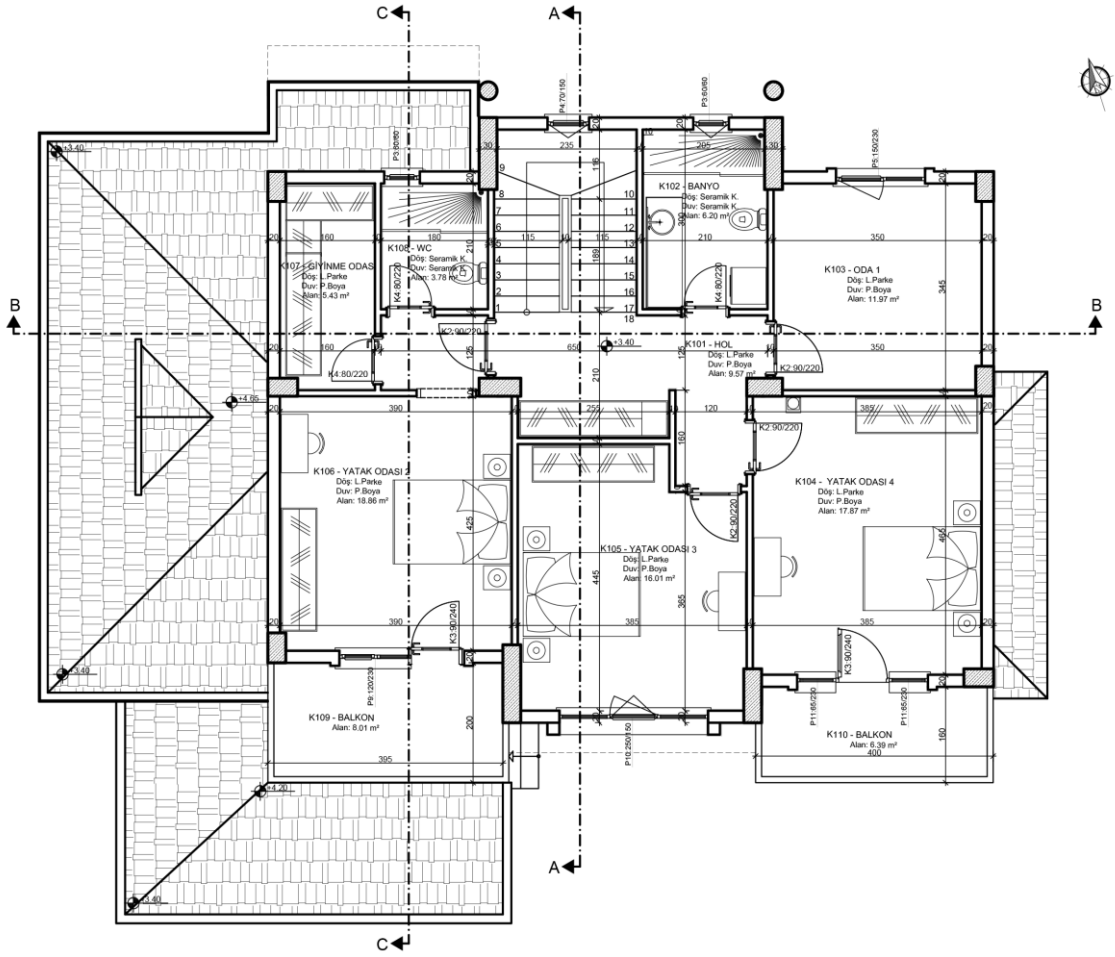
Yapı Bileşenler	**Kalınlık (m)**	**Isıl İletkenlik Degeri: k(W/mK)**
Gazbeton	0,20	0,45
Betonarme Elemanlar (kolon-kiriş)	0,30 / 0,50 / 0,90 / 1,20	2,1
Yapı Elemanı		**U-Değeri (W/m^2K)**
Pencereler(Alüminyum çift cam)	-	2,35
Kapı	-	4



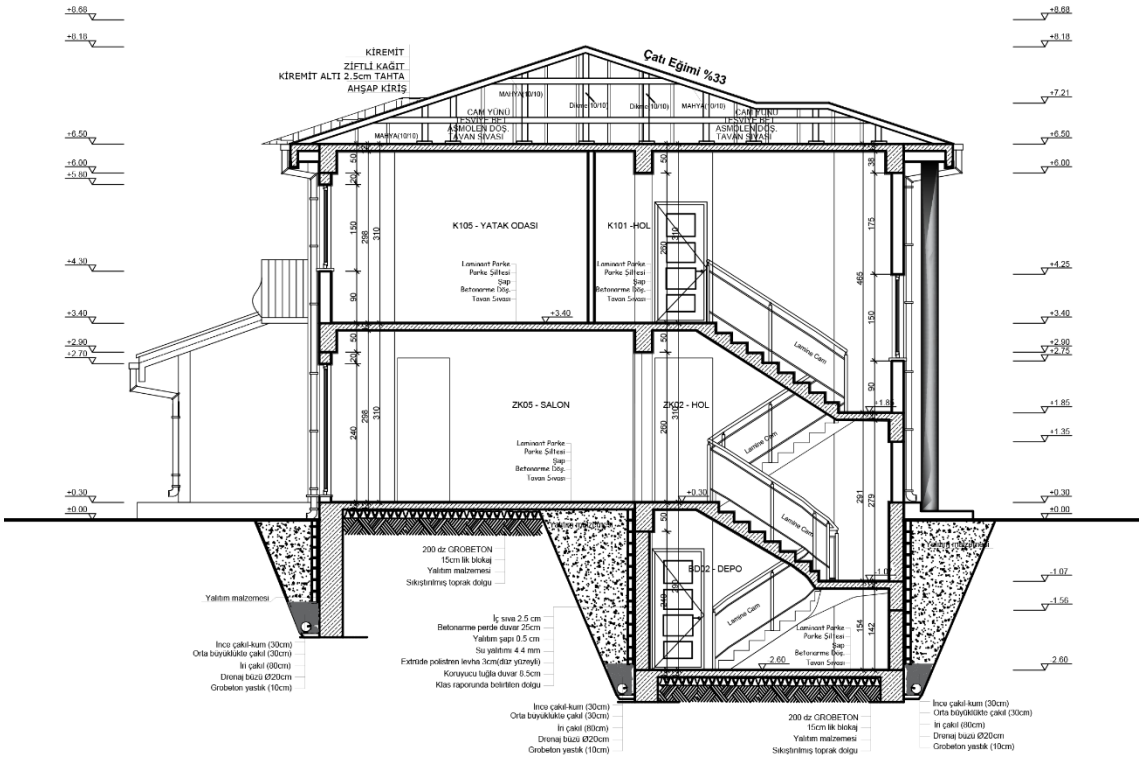
Şekil 3.5. Bodrum Kat Planı



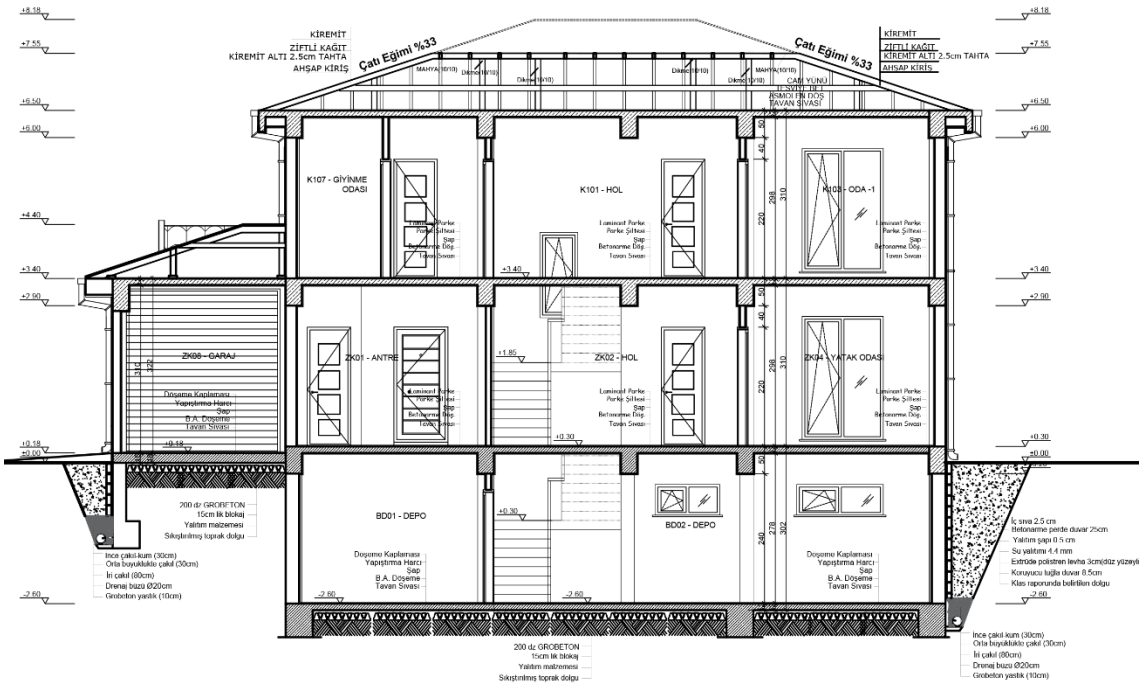
Şekil 3.6. Zemin Kat Planı



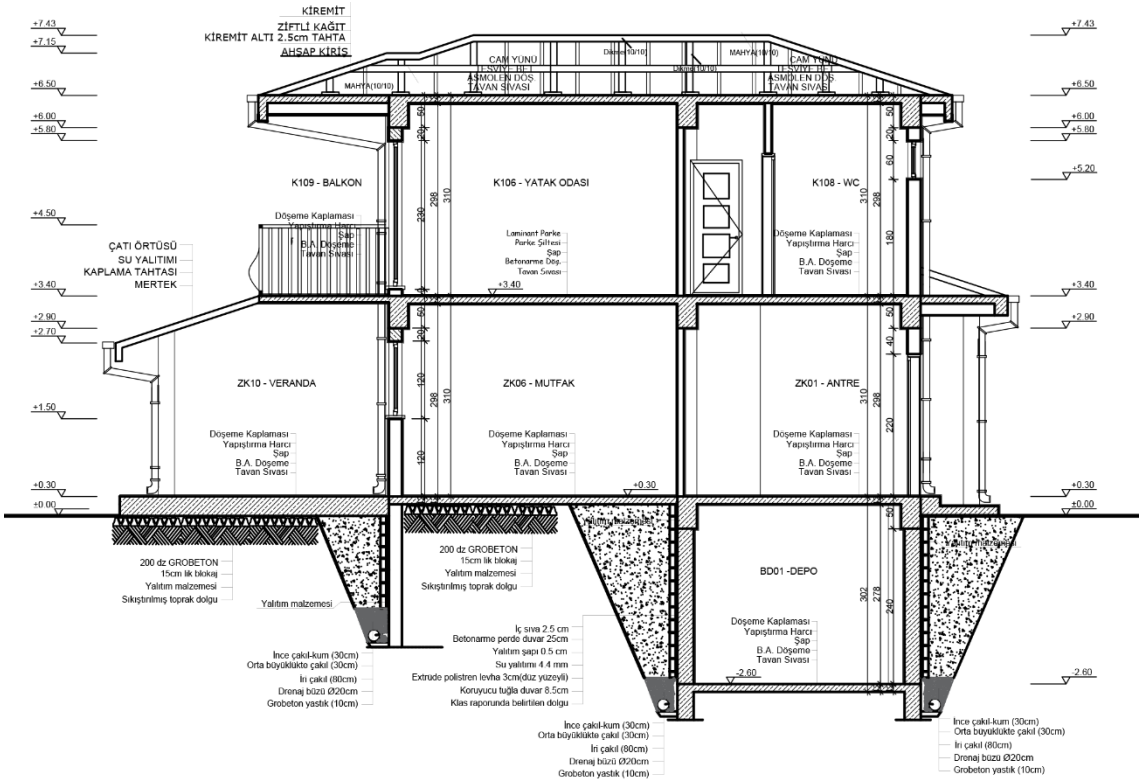
Şekil 3.7. 1. Normal Kat Planı



Şekil 3.8. A-A Kesiti



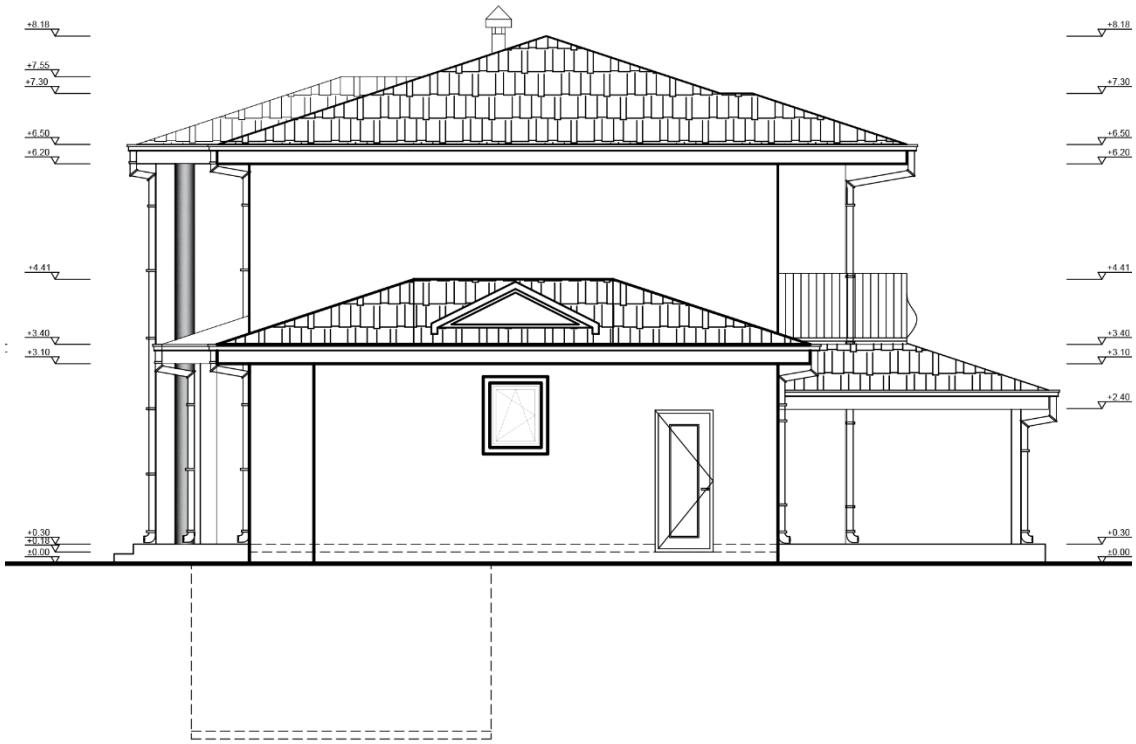
Şekil 3.9. B-B Kesiti



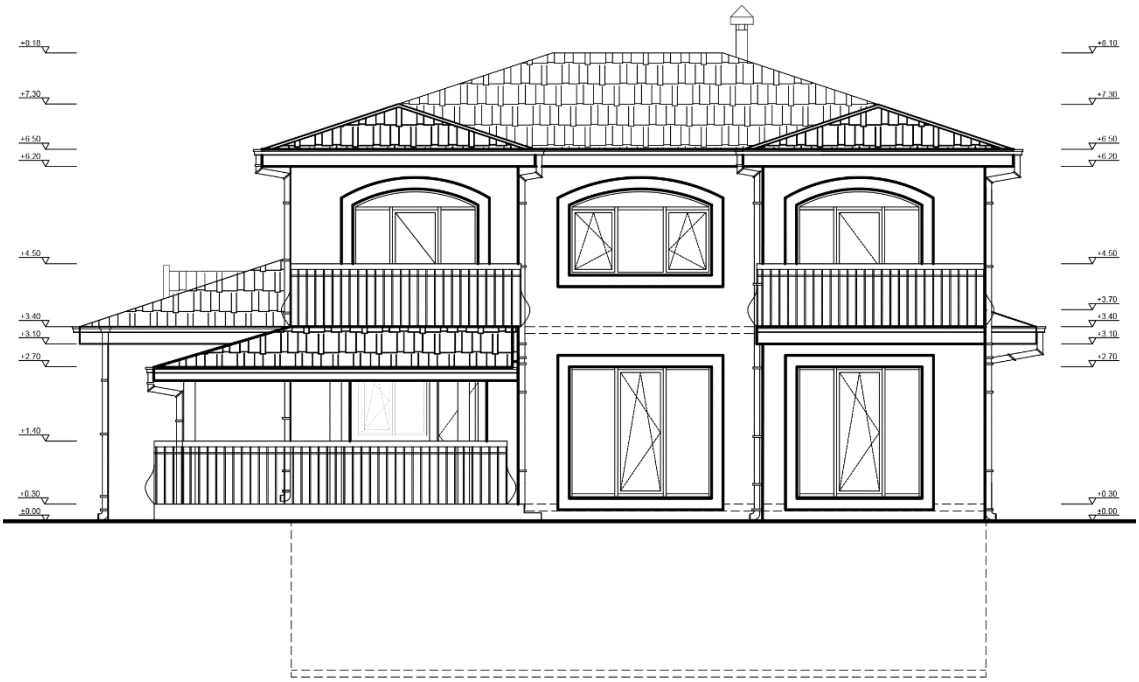
Şekil 3.10. C-C Kesiti



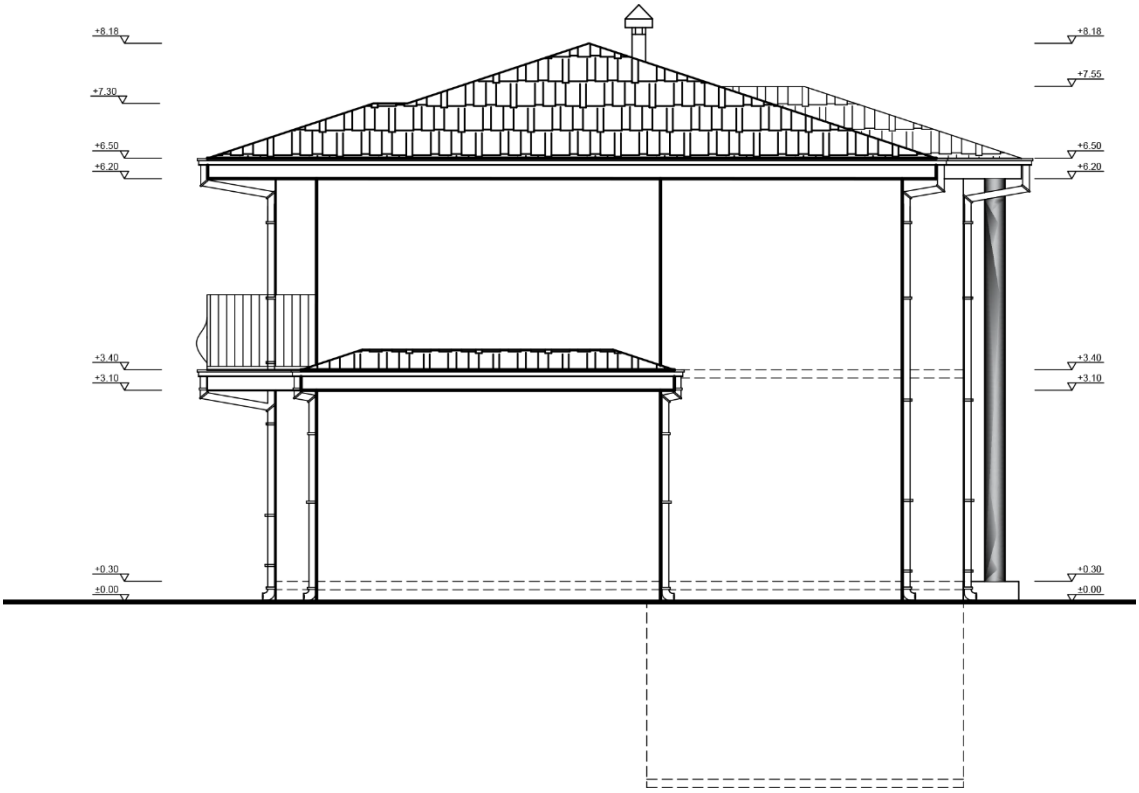
Şekil 3.11. Kuzeydoğu Görünüşü



Şekil 3.12. Kuzeybatı Görünüşü



Şekil 3.13. Güneydoğu Görünüşü



Şekil 3.14. Güneybatı Görünüşü

3.4. Yapının Isı Kaybı Hesabı

Türk standartı TS 825'te belirtilen hesaplama metoduna göre; iletim ve havalandırma yollarıyla gerçekleşen ısı kayıpları, yapı içi ısı kazancı ve güneş enerjisinde elde edilen kazançlar dikkate alınmaktadır. Hesaplanan değerlerin TS 825 standartında verilen enerji sınır değerlerinin altında kalacak şekilde malzeme seçimi, elamanların boyutlandırması ve yeterli kalınlıkta yalıtım yapılmalıdır.

İZODER TS 825'deki hesaplama metoduna göre, ısıtma sisteminin yapının ısıtılması için gerekli ısı enerji belirlenmekte ve yıllık ısıtma enerji ihtiyaçları belirlenebilmektedir. Bu enerji ihtiyacı, toplam kayıplardan güneş enerjisi kazançları ve yapı iç ortam kazançlar çıkarılarak hesaplanmaktadır.

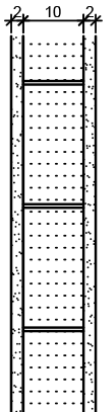
Yapının gerekli olan ısı kaybı hesabının yapılabilmesi için İZODER TS 825 ısı kaybı hesaplama programı kullanılarak ısı kaybı, yıllık ısıtma enerjisi ve yapının özgül ısı kayıpları hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalar detaylı olarak EK 1'de bulunmaktadır. Bu hesaplamalar doğrultusunda yapının özgül ısı kaybı yıllık toplamda 490,9 W/k olarak hesaplanmıştır.

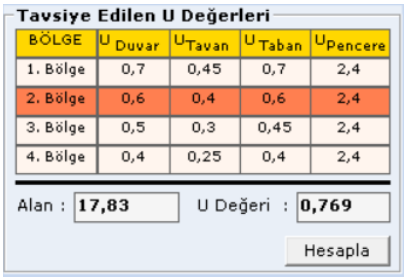
Konutun duvar (iç, dış, toprağa temas eden) ve döşeme (taban, tavan, kat arasındaki döşeme) için bilgiler aşağıda verilmiştir (Çizelge 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, 3.8 ve 3.9).

3.4.1. Duvarlar

Yapıda bulunan duvarlar ve kolon kirişlerdeki malzemeleri, kalınlıkları yalıtım malzemesi ve U değerleri çizelge 3.3,3.3,3.5,3.6'da verilmiştir. Isı yalıtım malzemesi olarak duvarlarda taşyünü 5cm 150 dansite ve çatıda Knauf cam yünü serme yalıtım kullanılmıştır:

Çizelge 3.3. Gaz beton iç duvar 10cm

Kireç harcı sıva 2cm Gaz beton 10cm Kireç harcı sıva 2cm	



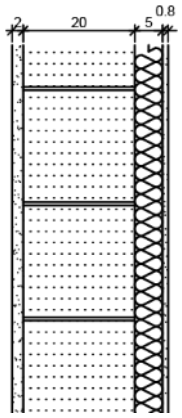
Tavsiye Edilen U Değerleri

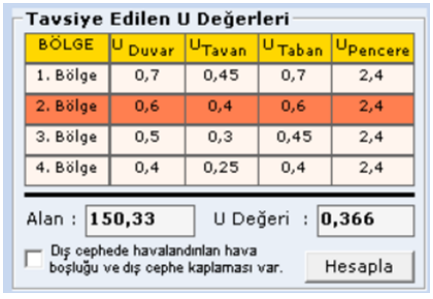
BÖLGE	U Duvar	U Tavan	U Taban	U Pencere
1. Bölge	0,7	0,45	0,7	2,4
2. Bölge	0,6	0,4	0,6	2,4
3. Bölge	0,5	0,3	0,45	2,4
4. Bölge	0,4	0,25	0,4	2,4

Alan : 17,83 U Değeri : 0,769

Hesapla

Çizelge 3.4. Gaz beton dış duvar 20cm

Kireç harcı sıva 2cm Gaz beton 20cm Isı yalıtımı 5 cm Isı yalıtım sıvası 0.8 cm	



Tavsiye Edilen U Değerleri

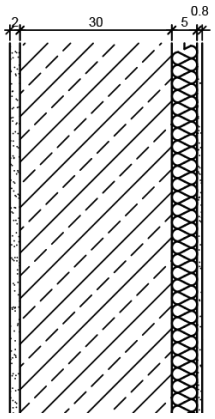
BÖLGE	U Duvar	U Tavan	U Taban	U Pencere
1. Bölge	0,7	0,45	0,7	2,4
2. Bölge	0,6	0,4	0,6	2,4
3. Bölge	0,5	0,3	0,45	2,4
4. Bölge	0,4	0,25	0,4	2,4

Alan : 150,33 U Değeri : 0,366

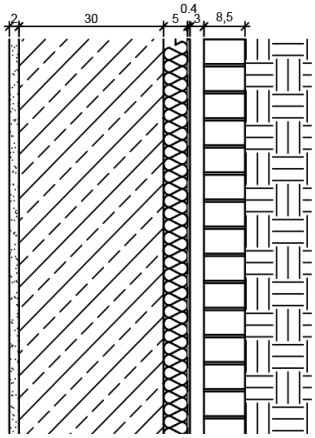
Dış cephede havalandırılan hava boşluğu ve dış cephe kaplaması var.

Hesapla

Çizelge 3.5. Betonarme dış duvar (kolon – kiriş)

Kireç harcı sıva 2cm	
Betonarme 30cm	
Isı yalıtımı 5 cm	
Isı yalıtım sıvası 0.8 cm	
Tavsiye Edilen U Değerleri BÖLGE | U Duvar | U Tavan | U Taban | U Pencere 1. Bölge | 0,7 | 0,45 | 0,7 | 2,4 2. Bölge | 0,6 | 0,4 | 0,6 | 2,4 3. Bölge | 0,5 | 0,3 | 0,45 | 2,4 4. Bölge | 0,4 | 0,25 | 0,4 | 2,4 Alan : 93,9 U Değeri : 0,54 Dış cephede havalandırılan hava boşluğu ve dış cephe kaplaması var. Hesapla	

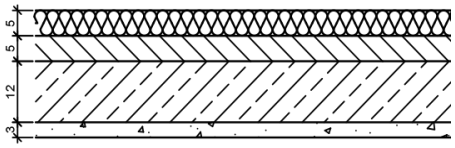
Çizelge 3.6. Toprağa temas eden betonarme dış duvar

Kireç harcı sıva 2cm	
Betonarme perde duvar 30cm	
Isı yalıtımı 5 cm	
Su yalıtım 4mm	
Extrüde polistren levha 3cm(düz yüzeyli)	
Koruyucu tuğla duvar 8.5 cm	
Tavsiye Edilen U Değerleri BÖLGE | U Duvar | U Tavan | U Taban | U Pencere 1. Bölge | 0,7 | 0,45 | 0,7 | 2,4 2. Bölge | 0,6 | 0,4 | 0,6 | 2,4 3. Bölge | 0,5 | 0,3 | 0,45 | 2,4 4. Bölge | 0,4 | 0,25 | 0,4 | 2,4 Alan : 97,73 U Değeri : 0,436 Hesapla	

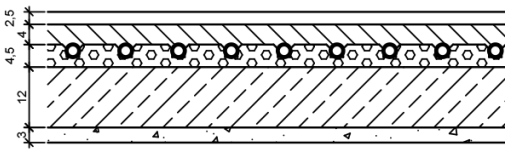
3.4.2. Döşemeler ve Tavan:

Yapıda bulunan döşemelerdeki ve çatıdaki malzeme ve U değerlerini aşağıda bulunmaktadır (Çizelge 3.7, 3.8, 3.9):

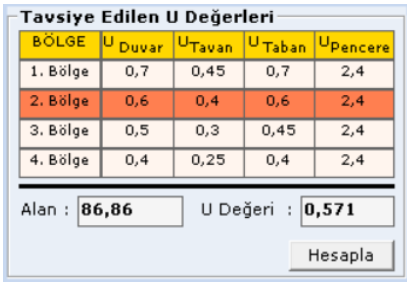
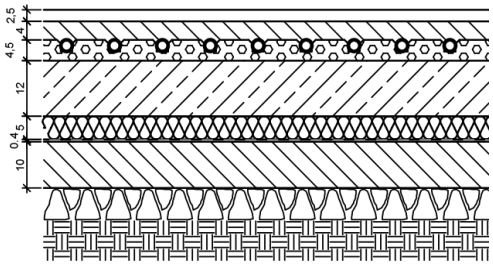
Çizelge 3.7. Kullanılmayan çatı arası (Tavan)

Kireç harcı sıva 2cm	Tavsiye Edilen U Değerleri BÖLGE | U Duvar | UTavan | U Taban | UPencere 1. Bölge | 0,7 | 0,45 | 0,7 | 2,4 2. Bölge | 0,6 | 0,4 | 0,6 | 2,4 3. Bölge | 0,5 | 0,3 | 0,45 | 2,4 4. Bölge | 0,4 | 0,25 | 0,4 | 2,4 Alan : 193,1 U Değeri : 0,398 Çatıda havalandırılan hava boşluğu ve çatı kaplaması var. Hesapla
Betonarme duvar 30cm	
Isı yalıtımı 5 cm	
Su yalıtımı 4mm	
Extrüde polistren levha 3cm(düz yüzeyli)	
Koruyucu tuğla duvar 8.5 cm	
	

Çizelge 3.8. Kat arası döşeme

Laminant parke + Şiltesi	Tavsiye Edilen U Değerleri BÖLGE | U Duvar | UTavan | U Taban | UPencere 1. Bölge | 0,7 | 0,45 | 0,7 | 2,4 2. Bölge | 0,6 | 0,4 | 0,6 | 2,4 3. Bölge | 0,5 | 0,3 | 0,45 | 2,4 4. Bölge | 0,4 | 0,25 | 0,4 | 2,4 Alan : 50,16 U Değeri : 1,287 Hesapla
Düzeltme şapı 4 cm	
Yerden ısıtma sistemi 4.5cm	
Betonarme döşeme 12cm	
Tavan sıvası 3 cm	
	

Çizelge 3.9. Temel döşemesi

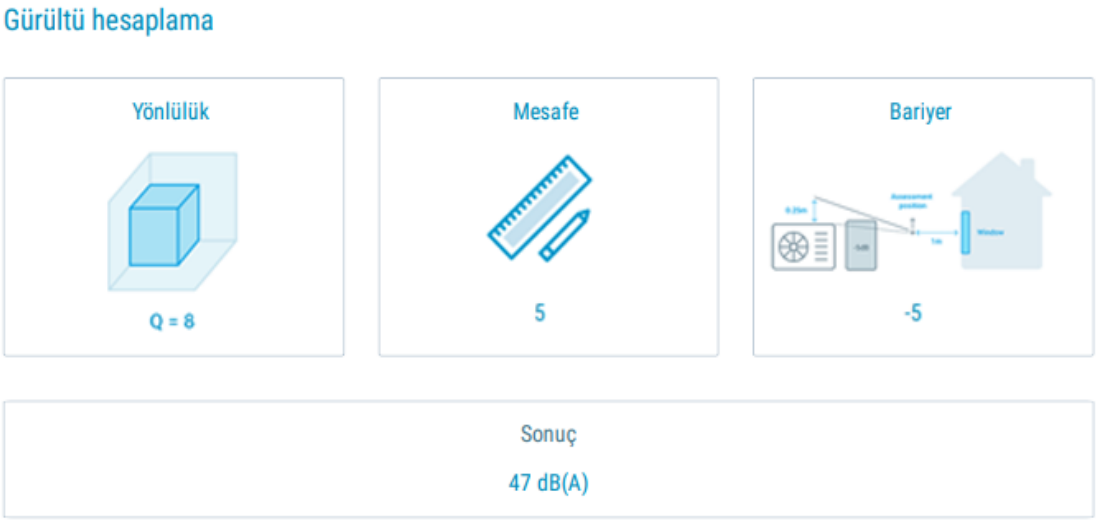
<table>
<tr><td>Laminant parke + Şiltesi</td><td rowspan="8">
</td></tr>
<tr><td>Düzeltme şapı 4 cm</td></tr>
<tr><td>Yerden ısıtma sistemi 4.5cm</td></tr>
<tr><td>Betonarme döşeme 12cm</td></tr>
<tr><td>Isı yalıtımı 5 cm</td></tr>
<tr><td>Su yalıtımı 4 mm</td></tr>
<tr><td>200 dz grobeton</td></tr>
<tr><td>15 cm blokaj</td></tr>
<tr><td colspan="2">
</td></tr>
</table>

3.5. Isı Pompası Uygulaması

Yapıda ile zemin, 1. normal katta bulunan tüm odalar ve bodurum katta bulunan iki adet depo yerden ısıtma ile ısıtılmaktadır. Isı pompası tasarımı daikin ısıtma sistemleri firmasının kullanmış olduğu ısı pompası tasarım programı‘‘Stand By Me Heating Solutions Navigator’’ simülasyonu ile hazırlanmıştır. Isı pompası ile yerden ısıtmanın yanında aynı zamanda kullanım sıcak suyu da elde edilmektedir. Yapıda ısı pompası kaynak seçimi yapılırken yapının bulunduğu konum, iklim, yatırım maliyeti gibi etkenler göz önünde bulundurulduğu ısı kaynağı olarak hava kaynaklı ısı pompası kullanılmasına karar verilmiştir.

“Stand By Me Heating Solutions Navigator” ile tasarımı yapılan ısı pompası sisteminin ısıtma sisteminde kullanılan soğutucu akışkan R32, düşük küresel ısınma potansiyeli ve yüksek verime sahiptir. Sistem dış hava sıcaklığı minimum -28°C de ısıtma ve +46°C’de de soğutma amaçlı çalışabilmektir. Kullanım sıcak suyu ve diğer tüm detaylı hesaplamalar EK 2’de verilmiştir.

Isı pompası çalışma sırasında bulunduğu ortama bir miktar gürültü yaymaktadır. Bu gürültü yayılması ısı pompasının bulunduğu konum, uzaklık ve önünde herhangi bir engel olup olmasına göre ters orantılı olup ortama yaydığı gürültü azaltmaktadır. Bu yapıda ise ısı pompasının ortama yayması beklenen gürültü ilk olarak bulunduğu yön ile zemin ve iki yan duvara temas ettiği bir konumda bulunmaktadır. İkincisinde bulunduğu konum ile yapılar arasındaki mesafeyi göstermektedir. Son olarak önünde bulunan amacı gürültüyü engellemek olan bariyer göz önüne alındığında ortama yaymakta olduğu gürültü 47 dB(A) olarak hesaplanmaktadır (Şekil 3.15). Hesaplamanın sonucuna göre gürültü standartlarına göre 47 dB(A) sessiz olarak adlandırılmaktadır.



Şekil 3.15. Isı pompasının gürültü hesapları (db)

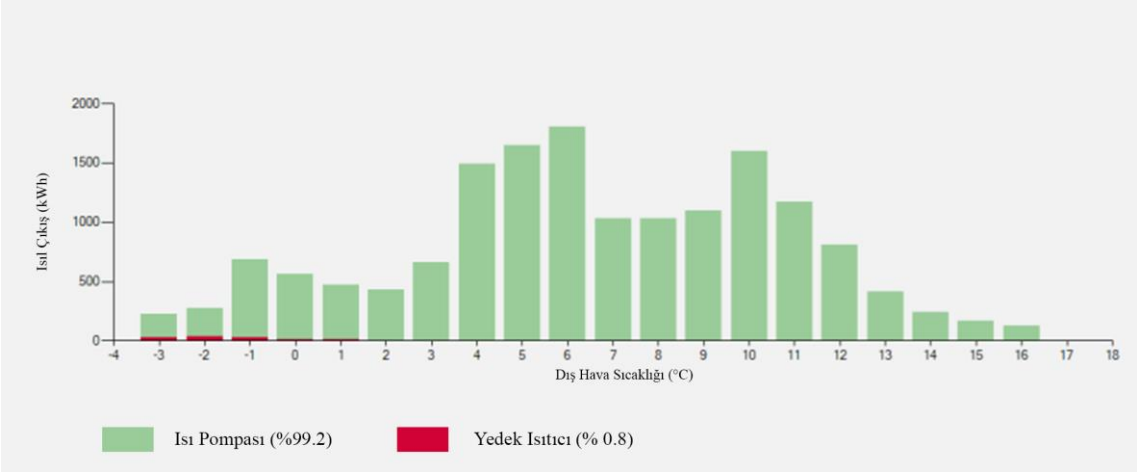
3.6. Farklı Bölgelerde Isı Pompası Karşılaştırılması

Farklı derece-gün bölgelerinde karşılaştırılma yapılırken ısı pompası ile yaygın olarak kullanılan doğal gazlı ve kömürlü 2 farklı ısıtma sistemlerine göre yıllık ısıtma verimi karşılaştırılmıştır. Bununla birlikte ısı pompasının diğer iki sisteme göre CO_2 emisyon salınımındaki verimliliği değerlendirilmiştir. Karşılaştırılmalar 2023 yılının Nisan ayı enerji maliyetleri göz önünde bulundurularak yapılmıştır.

3.6.1. İzmir İli İçin Isı Pompası Kullanımı

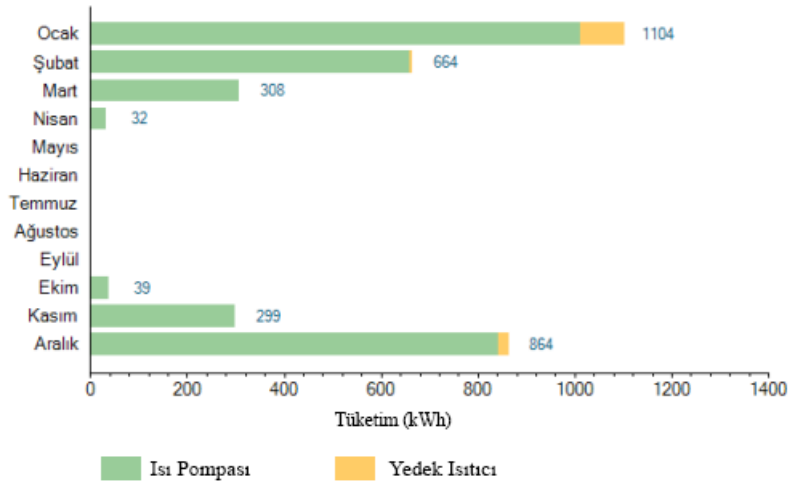
Isı pompasının yüksek ısıtma ve enerji maliyetlerinin olduğu dış ortam sıcaklıkları 11 derece ile 4 derece arasındaki sıcaklıklardır. Bu aralıkta ısı pompası tam kapasitede ve

yüksek verimlilikte çalışmaktadır. 1 derece ve altındaki sıcaklıklarda yedek ısıtıcı da devreye girmektedir. Böylece ısı pompasının düşük sıcaklıklarda çok fazla enerji harcamadan ısıtma yapabilmesine olanak sağlamaktadır (Şekil 3.16).



Şekil 3.16. İzmir İli kaynak başına ısıtma termal çıkışı

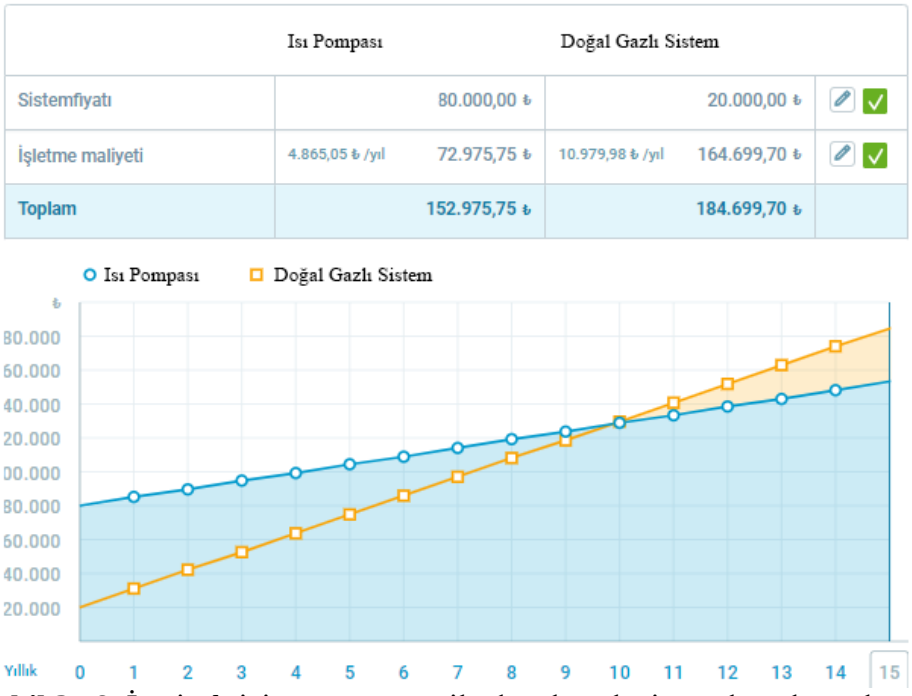
Isı pompasının ısıtma için aylık olarak ne kadarlık bir enerjiye ihtiyaç duyacağı grafikte görülmektedir. Isı pompasının en çok kış aylarında ocak ve aralık ayın en çok enerji harcayacağı aylardır. En çok ocak ayında ortalama 1104 kWh'lık bir enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır (Şekil 3.17).



Şekil 3.17. İzmir ili aylık enerji tüketimi

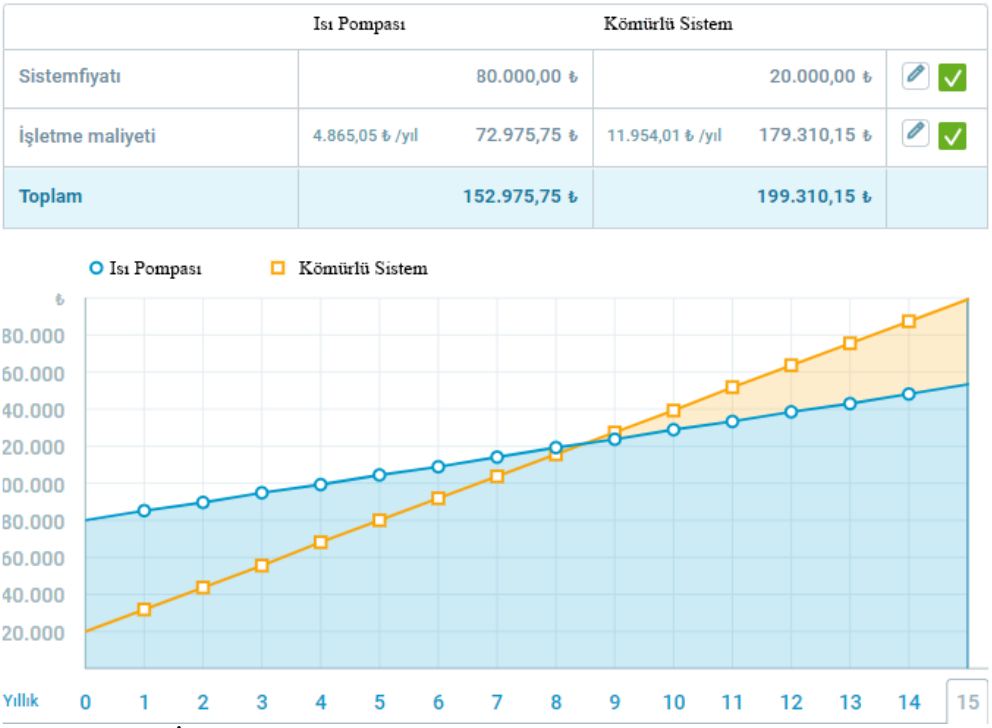
İzmir'de ısı pompası yaklaşık olarak yıllık 4 865,05 ₺ bir ısıtma maliyeti bulunurken aynı yapıyı doğal gazlı bir sistemler ısıtıldığında 10 979,98 ₺'lik bir maliyet

ortaya çıkmaktadır. Isı pompasıyla doğal gazlı bir sistemi karşılaştırıldığında yaklaşık olarak ısı pompası %56'lık bir tasarruf sağladığı görülmektedir. Isı pompası kurulum ve tüm maliyetleri dâhil olmak üzere doğal gazlı bir sisteme göre yaklaşık 10 yıllık bir geri ödeme süresi bulunmaktadır (Şekil 3.18).



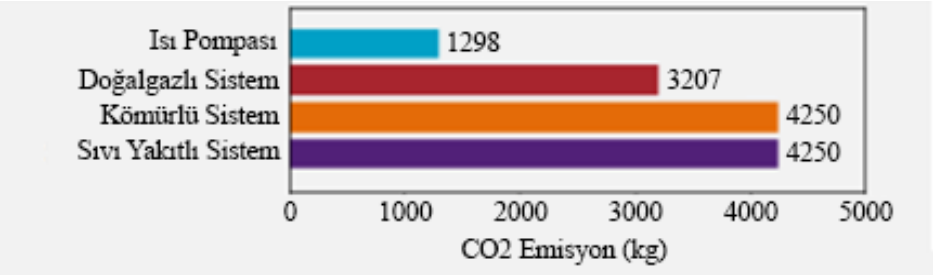
Şekil 3.18. İzmir ili için ısı pompası ile doğal gazlı sistem karşılaştırılması

Bu sistemi aynı şekilde doğal gazın yanı sıra bir diğer yaygın olarak kullanılan ısıtma sistemi olan kömürlü bir sistem ile karşılaştırıldığında ise yıllık yaklaşık olarak 11 954,01₺'lik bir maliyet ortaya çıkmaktadır. Isı pompası, kömürlü sisteme göre yaklaşık yılda %60'lık bir tasarruf sağlarken 8,5 yıllık geri ödeme süresi bulunmaktadır (Şekil 3.19).



Şekil 3.19. İzmir ili için ısı pompası ile kömürlü sistemin karşılaştırılması

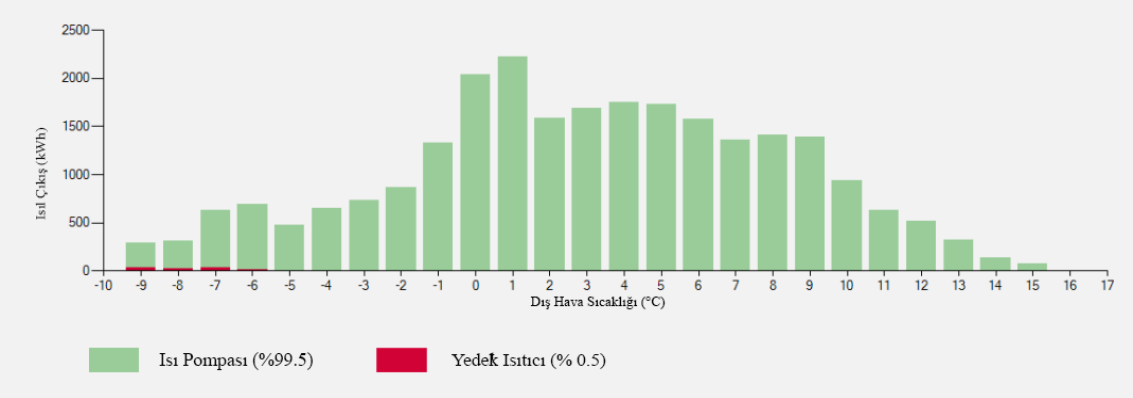
İzmir' de bulunan bu sistemin CO_2 emisyon değeri ise yıllık 1298 kg olarak hesaplanmıştır. Isı pompası doğalgazlı sisteme göre %60 ve kömürlü sisteme göre %70 daha az CO_2 emisyon salınım değerlerine sahiptir. Karşılaştırması Şekil 3.20'de görülmektedir.



Şekil 3.20. İzmir ili için CO_2 emisyonlarının karşılaştırılması

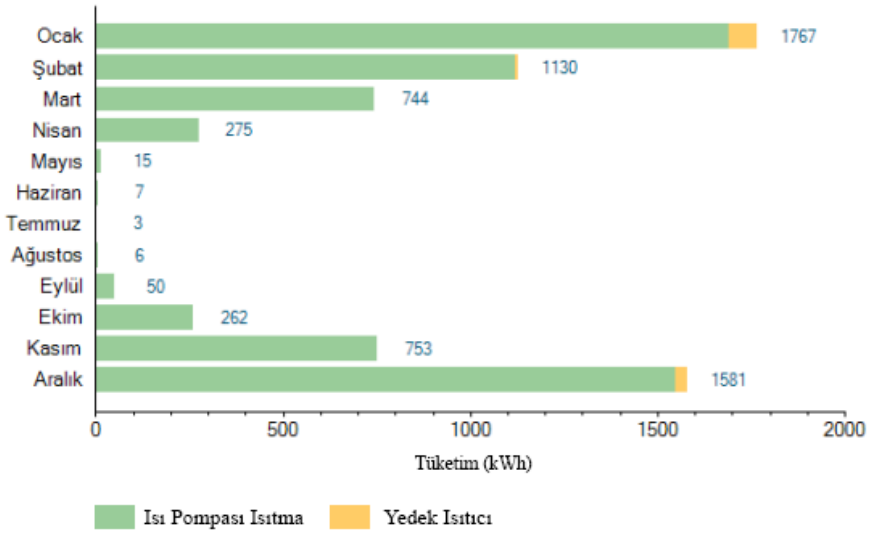
3.6.2. Edirne İli İçin Isı Pompası Kullanımı

Isı pompasının yüksek ısıtma ve enerji maliyetlerinin olduğu dış ortam sıcaklıkları 9 derece ile -5 derece arasındaki sıcaklıklardır. Bu aralıkta ısı pompası tam kapasitede ve yüksek verimlilikte çalışmaktadır. -6 derece ve altındaki sıcaklıklarda yedek ısıtıcı da devreye girmektedir. Böylece ısı pompasının düşük sıcaklıklarda çok fazla enerji harcamadan ısıtma yapabilmesine olanak sağlamaktadır (Şekil 3.21).



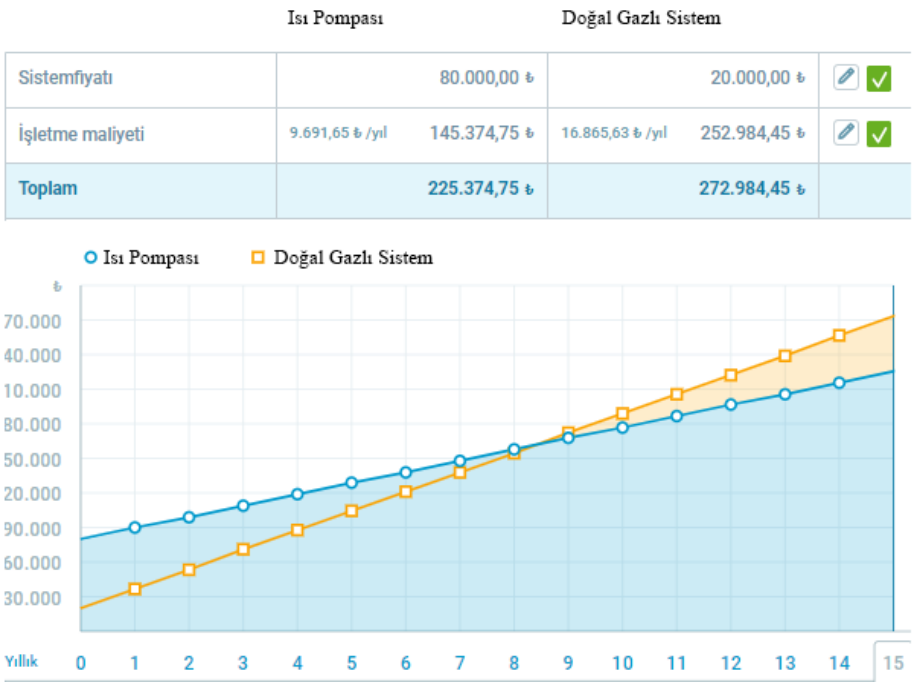
Şekil 3.21. Edirne ili kaynak başına ısıtma termal çıkışı

Isı pompasının ısıtma için aylık olarak ne kadarlık bir enerjiye ihtiyaç duyacağı grafikte görülmektedir. Isı pompasının en çok kış aylarında ocak ve aralık ayın en çok enerji harcayacağı aylardır. En çok ocak ayında ortalama 1767 kWh'lık bir enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır (Şekil 3.22).



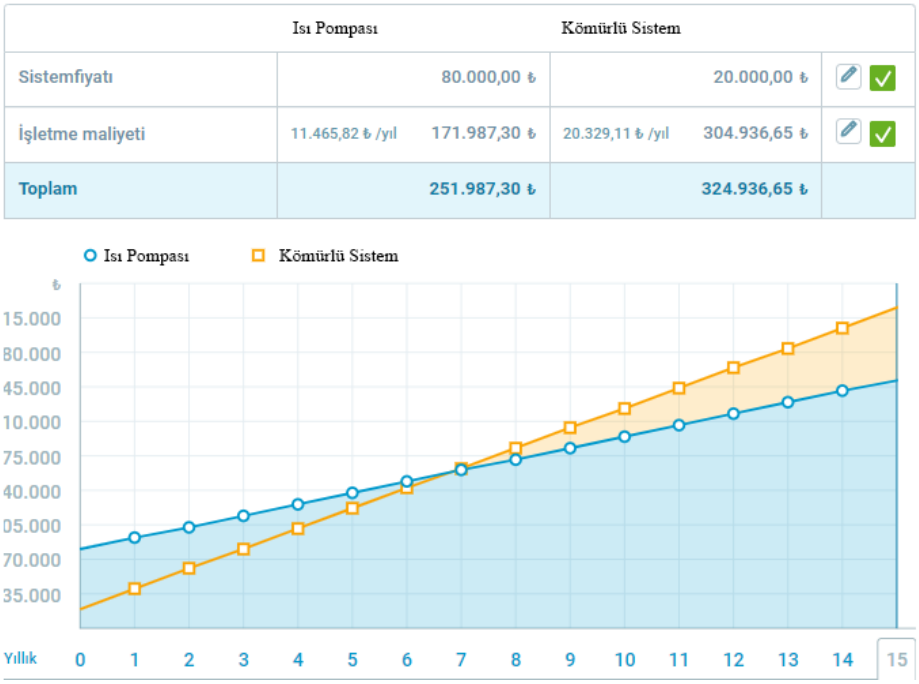
Şekil 3.22. Edirne ili aylık enerji tüketimi

Edirne'de ısı pompası yaklaşık olarak yıllık 9 691,65 ₺ bir ısıtma maliyeti bulunurken aynı yapıyı doğal gazlı bir sistemler ısıtıldığında 16 865,63₺'lik bir maliyet ortaya çıkmaktadır. Isı pompasıyla doğal gazlı bir sistemi karşılaştırdığımız yaklaşık olarak ısı pompası %43'lük bir tasarruf sağlamaktadır. Isı pompası kurulum ve tüm maliyetleri dâhil olmak üzere doğal gazlı bir sisteme göre yaklaşık 8,5 yıllık geri ödeme süresi bulunmaktadır (Şekil 3.23).



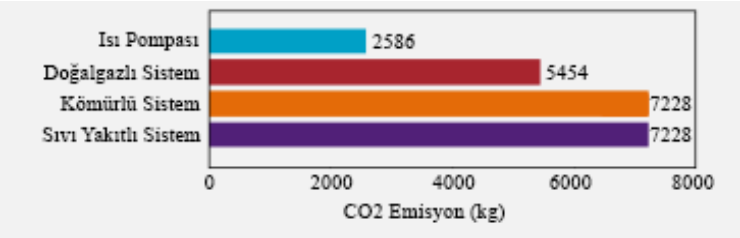
Şekil 3.23. Edirne ili için ısı pompası ile doğal gazlı sistemin karşılaştırılması

Bu sistemi aynı şekilde doğal gazın yanı sıra bir diğer yaygın olarak kullanılan ısıtma sistemi olan kömürlü bir sistem ile karşılaştırdığımızda ise yıllık yaklaşık olarak 20329,11₺'lik bir maliyet ortaya çıkmaktadır. Isı pompası, kömürlü sisteme göre yaklaşık yılda %53'lük bir tasarruf sağlarken 7 yıllık geri ödeme süresi bulunmaktadır (Şekil 3.24).



Şekil 3.24. Edirne ili için ısı pompası ile kömürlü sistemin karşılaştırılması

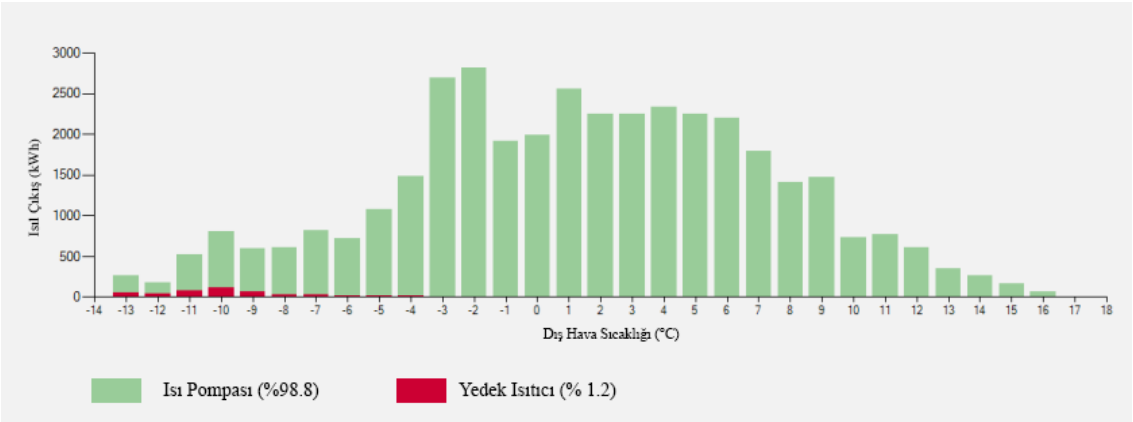
Edirne' de bulunan bu sistemin CO_2 emisyon değeri ise yıllık 2586 kg olarak hesaplanmıştır. Isı pompası doğalgazlı sisteme göre %53 ve kömürlü sisteme göre %65 daha az CO_2 emisyon salınım değerlerine sahiptir. Karşılaştırması Şekil 3.25'de görülmektedir.



Şekil 3.25. Edirne ili için CO_2 emisyonlarının karşılaştırılması

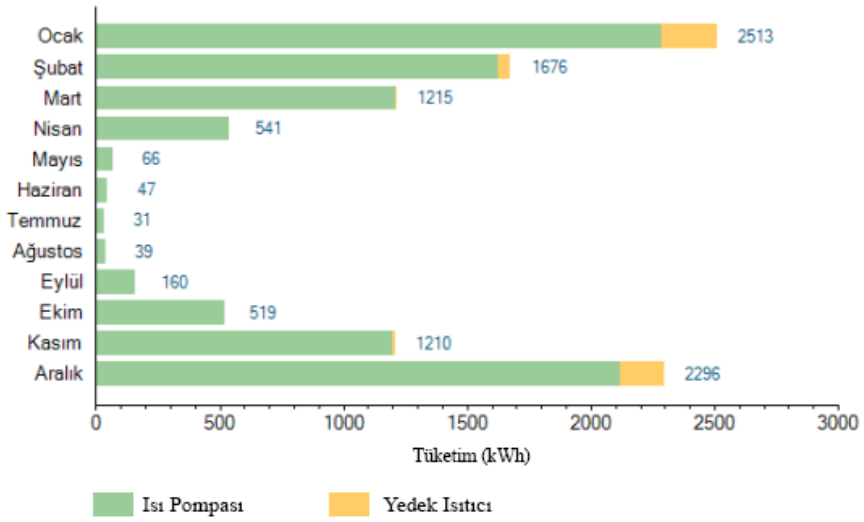
3.6.3. Eskişehir İli İçin Isı Pompası Kullanımı

Isı pompasının yüksek ısıtma ve enerji maliyetlerinin olduğu dış ortam sıcaklıkları 9 derece ile -3 derece arasındaki sıcaklıklardır. Bu aralıkta ısı pompası tam kapasitede ve yüksek verimlilikte çalışmaktadır. -4 derece ve altındaki sıcaklıklarda yedek ısıtıcı da devreye girmektedir. Böylece ısı pompasının düşük sıcaklıklarda çok fazla enerji harcamadan ısıtma yapabilmesine olanak sağlamaktadır (Şekil 3.26).



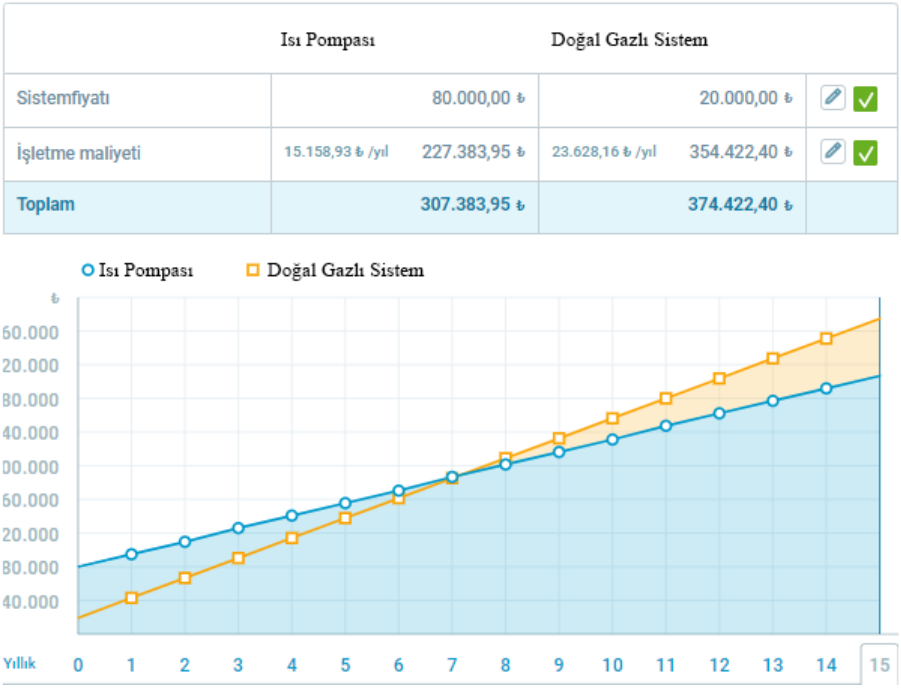
Şekil 3.26. Eskişehir ili kaynak başına ısıtma termal çıkışı

Isı pompasının ısıtma için aylık olarak ne kadarlık bir enerjiye ihtiyaç duyacağı grafikte görülmektedir. Isı pompasının kış aylarında ocak ve aralık ayında yüksek enerji giderlerinin olduğu aylardır. Bu giderler ocak ayında ortalama 2513 kWh'lık bir enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır (Şekil 3.27).



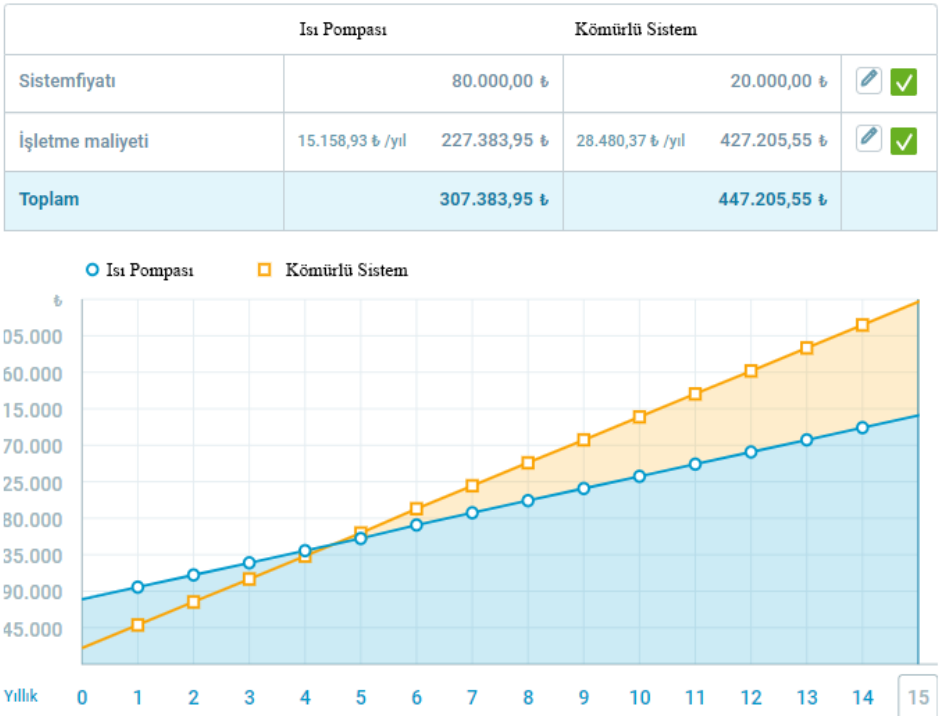
Şekil 3.27. Eskişehir ili aylık enerji tüketimi

Eskişehir'de ısı pompası yaklaşık olarak yıllık 15 158,93 ₺ bir ısıtma maliyeti bulunurken aynı yapıyı doğal gazlı bir sistemler ısıtıldığında 23 628,16₺'lik bir maliyet ortaya çıkmaktadır. Isı pompasıyla doğal gazlı bir sistemi karşılaştırdığımız yaklaşık olarak ısı pompası %36'lık bir tasarruf sağlamaktadır. Isı pompası kurulum ve tüm maliyetleri dâhil olmak üzere doğal gazlı bir sisteme göre yaklaşık 7 yıllık geri ödeme süresi bulunmaktadır (Şekil 3.28).



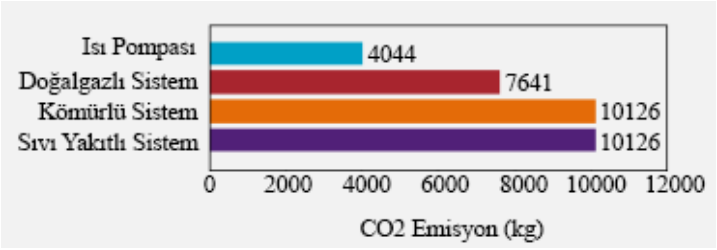
Şekil 3.28. Eskişehir ili için ısı pompası ile doğal gazlı sistem karşılaştırılması

Bu sistemi aynı şekilde doğal gazın yanı sıra bir diğer yaygın olarak kullanılan ısıtma sistemi olan kömürlü bir sistem ile karşılaştırdığımızda ise yıllık yaklaşık olarak 28 480,37₺'lik bir maliyet ortaya çıkmaktadır. Isı pompası, kömürlü sisteme göre yaklaşık yılda %47'lik bir tasarruf sağlarken 4,5 yıllık geri ödeme süresi bulunmaktadır (Şekil 3.29).



Şekil 3.29. Eskişehir ili için ısı pompası ile kömürlü sistem karşılaştırılması

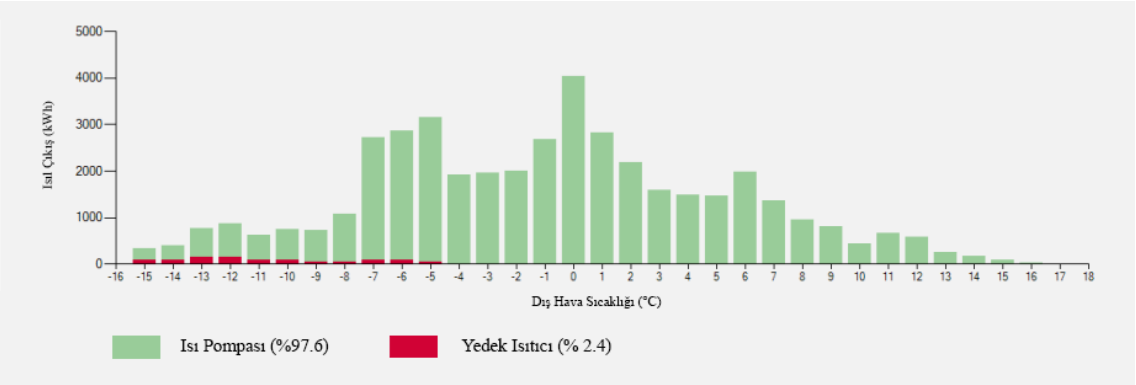
Eskişehir' de bulunan bu sistemin CO_2 emisyon değeri ise yıllık 4044 kg olarak hesaplanmıştır. Isı pompası doğalgazlı sisteme göre %48 ve kömürlü sisteme göre %61 daha az CO_2 emisyon salınım değerlerine sahiptir. Karşılaştırması Şekil 3.30'da görülmektedir.



Şekil 3.30. Eskişehir ili için CO_2 emisyonların karşılaştırılması

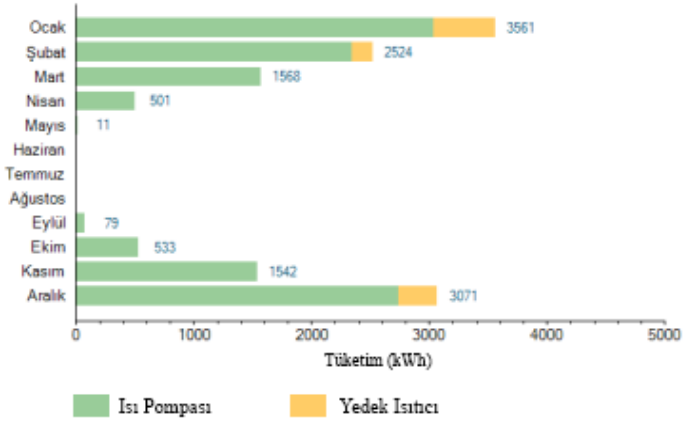
3.6.4. Van İli İçin Isı Pompası Kullanımı

Isı pompasının yüksek ısıtma ve enerji maliyetlerinin olduğu dış ortam sıcaklıkları 6 derece ile -7 derece arasındaki sıcaklıklardır. Bu aralıkta ısı pompası tam kapasitede ve yüksek verimlilikte çalışmaktadır. -7 derece ve altındaki sıcaklıklarda yedek ısıtıcı da devreye girmektedir. Böylece ısı pompasının düşük sıcaklıklarda çok fazla enerji harcamadan ısıtma yapabilmesine olanak sağlamaktadır (Şekil 3.31).



Şekil 3.31. Van ili kaynak başına ısıtma termal çıkışı

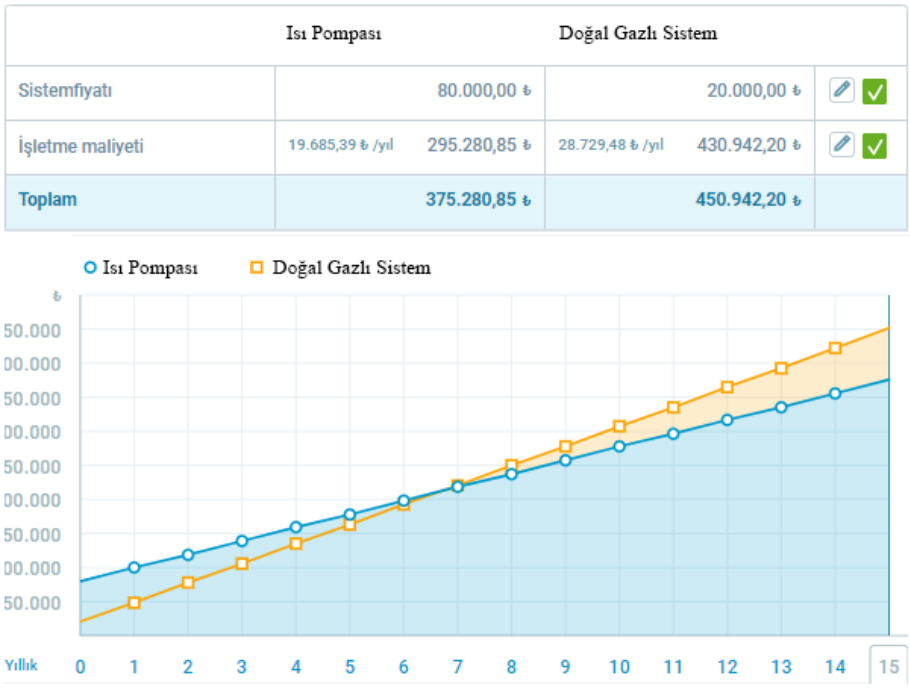
Isı pompasının ısıtma için aylık olarak ne kadarlık bir enerjiye ihtiyaç duyacağı grafikte görülmektedir. Isı pompasının kış aylarında ocak ve aralık ayında yüksek enerji giderlerinin olduğu aylardır. Bu giderler ocak ayında ortalama 3561 kWh'lık bir enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır (Şekil 3.32).



Şekil 3.32. Van ili aylık enerji tüketimi

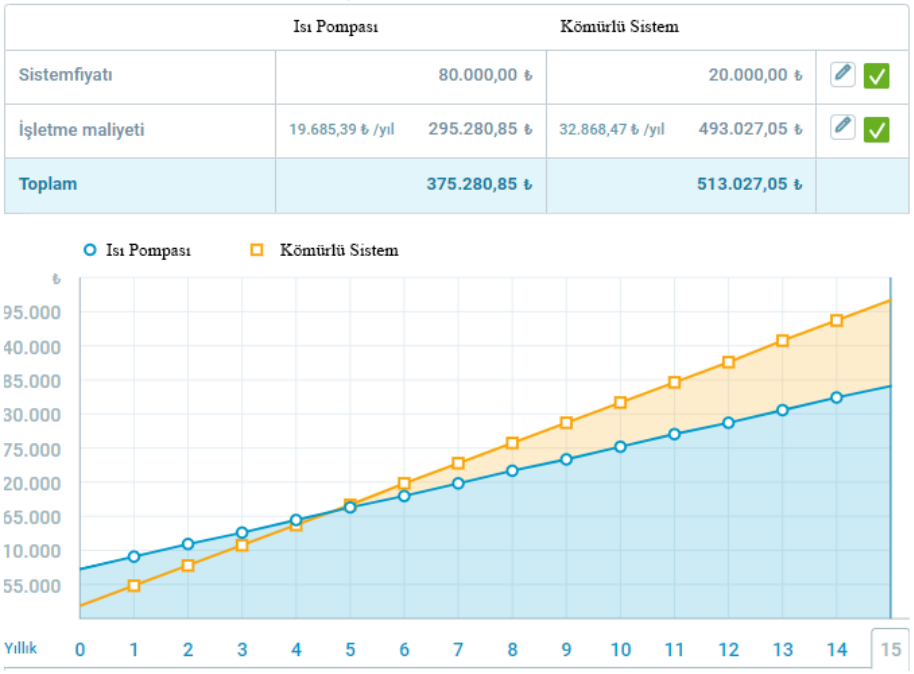
Van'da ısı pompası yaklaşık olarak yıllık 19 685,39 ₺ bir ısıtma maliyeti bulunurken aynı yapıyı doğal gazlı bir sistemler ısıtıldığında 28 729,48₺'lik bir maliyet ortaya çıkmaktadır. Isı pompasıyla doğal gazlı bir sistemi karşılaştırdığımız yaklaşık

olarak ısı pompası %32'lik bir tasarruf sağlamaktadır. Isı pompası kurulum ve tüm maliyetleri dâhil olmak üzere doğal gazlı bir sisteme göre yaklaşık 7 yıllık geri ödeme süresi bulunmaktadır (Şekil 3.33).



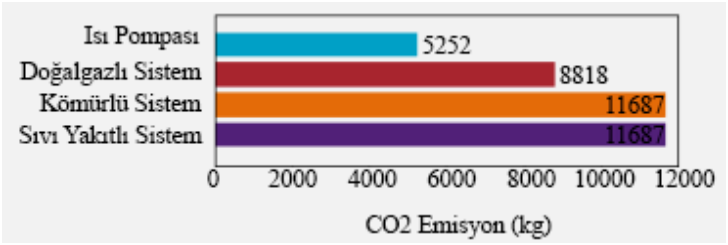
Şekil 3.33. Van ili için ısı pompası ile doğal gazlı sistem karşılaştırılması

Bu sistemi aynı şekilde doğal gazın yanı sıra bir diğer yaygın olarak kullanılan ısıtma sistemi olan kömürlü bir sistem ile karşılaştırdığımızda ise yıllık yaklaşık olarak 32 868,47₺'lik bir maliyet ortaya çıkmaktadır. Isı pompası, kömürlü sisteme göre yaklaşık yılda %41'lik bir tasarruf sağlarken 4,5 yıllık geri ödeme süresi bulunmaktadır (Şekil 3.34).



Şekil 3.34. Van ili için ısı pompası ile kömürlü sistem karşılaştırılması

Van' da bulunan bu sistemin CO_2 emisyon değeri ise yıllık 5252 kg olarak hesaplanmıştır. Isı pompası doğalgazlı sisteme göre %41 ve kömürlü sisteme göre %55 daha az CO_2 emisyon salınım değerlerine sahiptir. Karşılaştırması Şekil 3.35'te görülmektedir.



Şekil 3.35. Van ili için CO_2 emisyonlarının karşılaştırılması

3.7. Güneş Panelleri Uygulanması

Güneş panellerinin verimi ve kullanılabilirliği, panelin dikeyde yaptığı açıya, yerleştirildiği çatının kuzeyle olan açısına, güneşlenme süresine, gölgelenmesine, panelin watt (W) gücü gibi etkileyen faktörler bulunmaktadır. Güneş panellerinin kullanılmasına karar verildikten sonra uygulanacak projeye göre yeterliliğini için bazı hesaplamaların yapılması gerekmektedir (Çizelge 3.10). Güneş panelleri üretim kapasitesini hesaplamak

için panelinin gücü (watt), verimi, güneşlenme süresi, panelin bulunduğu yerde bir gün içerisinde üreteceği enerji miktarına eşittir (Kaçan & Ülgen, 2012).

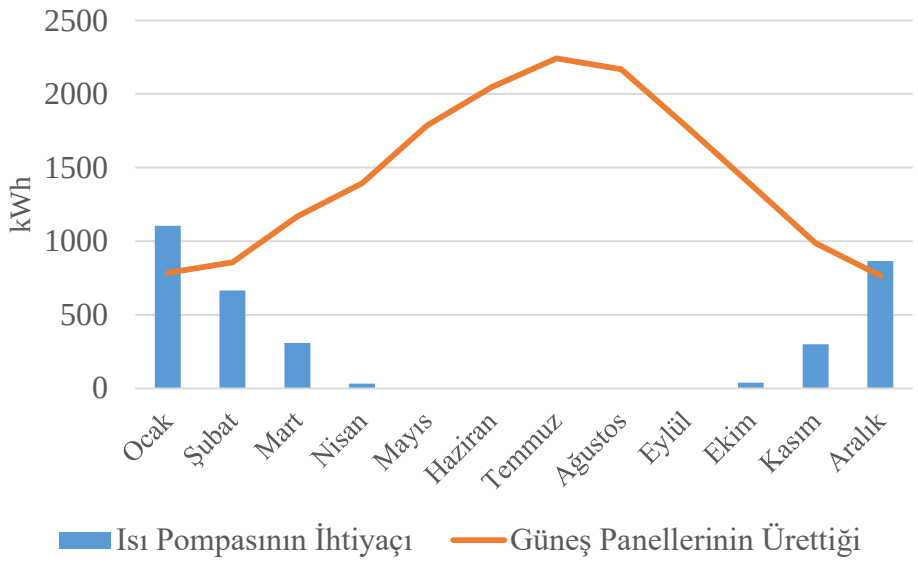
Günlük Enerji Ü. (W)= Panelin G. (W) x Verimliliği x Panel S. x Güneşlenme S. (1)

Çizelge 3.10. Güneş Panellerin özellikleri

Panel Gücü (W)	350
Kullanılacak olan panel sayısı	21
Panel Verimliliği	80%

3.7.1. İzmir İli İçin Güneş Paneli Kullanımı

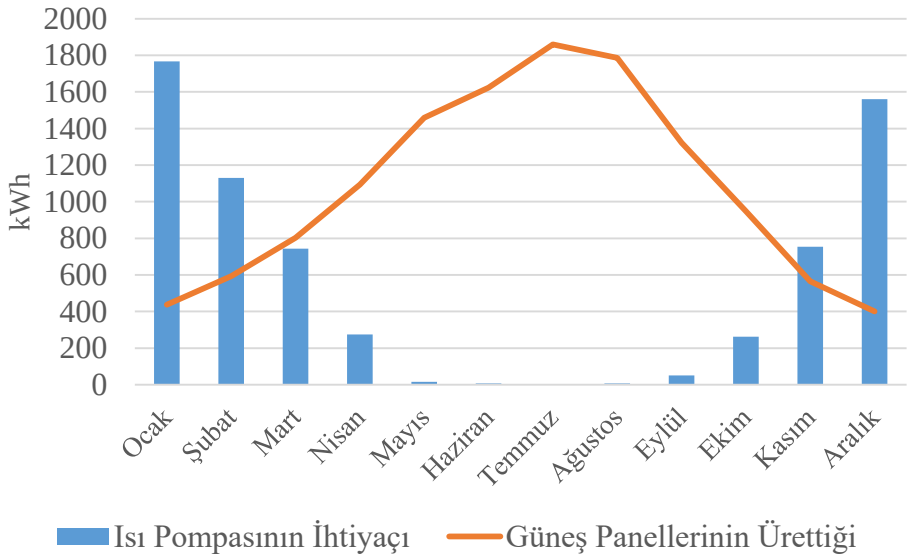
İzmir ilinde bulunan ısı pompası için yılın ısıtma dönemi boyunca gerekli olan elektrik enerjisinin %87'si güneş panellerinden karşılanabilmektedir. Güneş panelleriyle ısıtma dönemi boyunca ocak ve aralık aylarında güneş panelleri ihtiyaç olan enerjinin tamamını karşılayamamaktadır. Isıtma dönemi boyunca aralık ve ocak ayları dışındaki aylarda ısı pompasının ihtiyacı olandan daha fazla elektrik üretilebilmektedir. Isıtma dönemi dışındaki yaz aylarında güneş panellerinden elde edilen 10025,4 kWh'lık enerjide şebekeye satılarak ek gelir sağlamaktadır (Şekil 3.36).



Şekil 3.36. İzmir ili için güneş panellerinin üretimi.

3.7.2. Edirne İli İçin Güneş Paneli Kullanımı

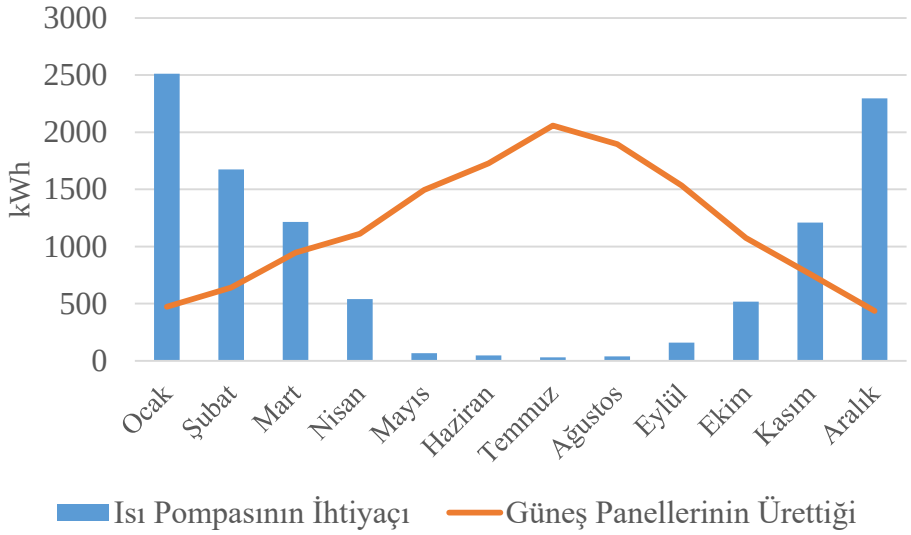
Edirne ilinde bulunan ısı pompası için yılın ısıtma dönemi boyunca gerekli olan elektrik enerjisinin %51'i güneş panellerinden karşılanabilmektedir. Güneş panelleriyle ısıtma dönemi boyunca ocak, şubat, kasım ve aralık aylarında güneş panelleri ihtiyaç olan enerjinin tamamını karşılayamamaktadır. Isıtma dönemi boyunca bu ayların dışındaki aylarda ısı pompasının ihtiyacı olandan daha fazla elektrik üretilebilmektedir. Isıtma dönemi dışındaki yaz aylarında güneş panellerinden elde edilen 8046,72 kWh'lık enerjide şebekeye satılarak ek gelir sağlamaktadır (Şekil 3.37).



Şekil 3.37. Edirne ili için güneş panellerinin üretimi.

3.7.3. Eskişehir İli İçin Güneş Paneli Kullanımı

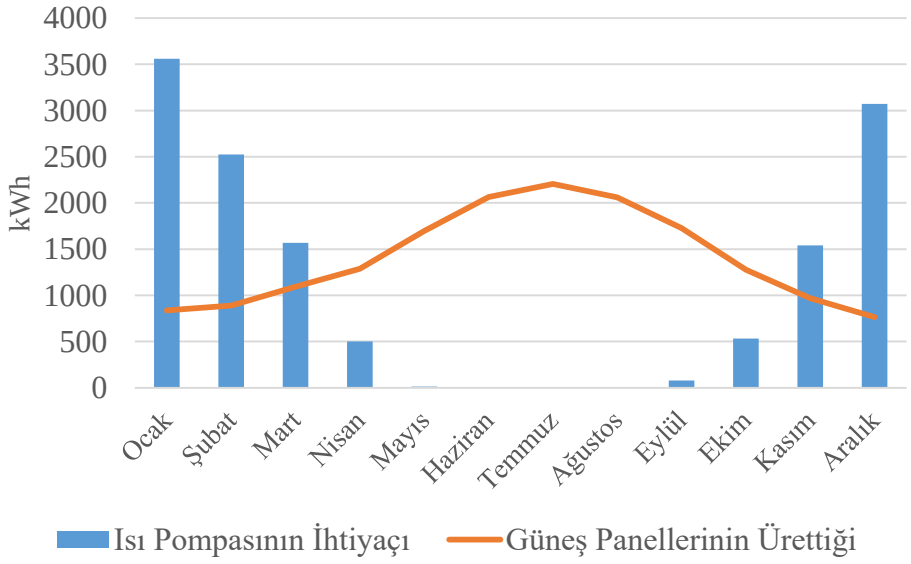
Eskişehir ilinde bulunan ısı pompası için yılın ısıtma dönemi boyunca gerekli olan elektrik enerjisinin %45'i güneş panellerinden karşılanabilmektedir. Güneş panelleriyle ısıtma dönemi boyunca ocak, şubat, mart, kasım ve aralık aylarında güneş panelleri ihtiyaç olan enerjinin tamamını karşılayamamaktadır. Isıtma dönemi boyunca bu ayların dışındaki aylarda ısı pompasının ihtiyacı olandan daha fazla elektrik üretilebilmektedir. Isıtma dönemi dışındaki yaz aylarında güneş panellerinden elde edilen 8713,57 kWh'lık enerjide şebekeye satılarak ek gelir sağlamaktadır (Şekil 3.38).



Şekil 3.38. Eskişehir ili için güneş panellerinin üretimi.

3.7.4. Van İli İçin Güneş Paneli Kullanımı

İzmir ilinde bulunan ısı pompası için yılın ısıtma dönemi boyunca gerekli olan elektrik enerjisinin %42'si güneş panellerinden karşılanabilmektedir. Güneş panelleriyle ısıtma dönemi boyunca ocak, şubat, mart, kasım ve aralık aylarında güneş panelleri ihtiyaç olan enerjinin tamamını karşılayamamaktadır. Isıtma dönemi boyunca bu ayların dışındaki aylarda ısı pompasının ihtiyacı olandan daha fazla elektrik üretilebilmektedir. Isıtma dönemi dışındaki yaz aylarında güneş panellerinden elde edilen 9753,815 kWh'lık enerjide şebekeye satılarak ek gelir sağlamaktadır (Şekil 3.39).



Şekil 3.39. Van ili için güneş panellerinin üretimi.

BÖLÜM 4

DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Nüfus artışı ile birlikte teknolojinin gelişmesi ve buna bağlı olarak gelişen üretim sistemleri, her geçen gün daha fazla enerji ihtiyacını doğurmaktadır. Fosil yakıtların çevresel etkileri ve bir gün tükenecek olması tehlikesi, kullanıcıyı yeni enerji üretim sistemleri üzerinde araştırmalar yapmaya yöneltmiştir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı sayesinde fosil kaynakların kullanımını ve CO_2 emisyonunu azaltmak mümkündür. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı artırmak için ısı pompası sistemleri önemli ölçüde faydalı olmaktadır.

Enerji ve CO_2 emisyonlarının sektörel dağılımda yapı sektörü enerji arzının %36'sını ve CO_2 salınımın %37'sini oluşturmaktadır. Yapı sektörünün enerji ve CO_2 salınımın azaltılmasında yapılarda ısı pompası kullanımı, ihtiyaç duyulan enerjinin yenilenebilir enerjiden karşılanmasına ve böylece CO_2 emisyonlarının azaltılmasına olanak sağlamaktadır.

Avrupa ülkeleri, 2030 ve sonrasında 2050 için karbon emisyonunu düşürerek karbon nötr yönünde yaptığı çalışmalarla, yapılarda yenilenebilir enerji kullanımı yönünde uygulamalara hız kazandırmıştır. Bu bağlamda ısı pompası kullanımını yaygınlaştırarak enerji etkin yapılara yönelik uygulamaların da giderek artış kazandığı görülmektedir.

Türkiye'nin de coğrafi konumu ve iklim koşulları açısından Avrupa'daki çoğu ülkelere göre daha avantajlı olmasının fırsata dönüştürülebilmesi mümkündür. Doğal

kaynaklardan yararlanan bu tür ısı pompası gibi çözümlerin yapılarda kullanılarak yaygınlaşmasına yönelik bir yaklaşım oluşturulmasının önemli olacağı düşünülmektedir.

Enerjinin biçim değiştirerek veya bir yerden başka bir yere aktarılarak yararlanılması düşüncesi ile enerjinin bir yerden başka bir yere taşınmasını veya pompalanmasını sağlayan ısı pompası gibi sistemlere yönelimin artması gerekmektedir. Bu bağlamda, hava, toprak ve su kaynaklı olmak üzere ısıyı aldığı kaynağa göre değişen üç farklı tipin olduğu ısı pompalarının kendilerine özgü özelliklerinin bilinmesi ve buna bağlı tasarımlarda yer edinmesi önemlidir.

Isı pompası kullanılmasıyla bir ortam ısıtılırken diğer bir ortam soğutulmaktadır. Yapılan işlem gazın faz değişimi ile bir yerden enerji alma ve bu enerjiyi taşımaktan oluşmaktadır. Bu taşıma ve faz değişimi esnasında bir miktar enerji harcanmaktadır. Isı pompaları kaynaktan ısıtılan ya da soğutulan ortama enerji taşımaları sırasında bir miktar enerjiye ihtiyaç duyarlar, ihtiyaç duyular enerji elektriktir. 1 kw alınan toplam ısı enerjisini ne kadarlık bir ısı enerjisine dönüştürüyor ise o değer cihazın COP değerini vermektedir. Sonuç olarak ısı pompalı sistemlerde ihtiyacınız olan ısı enerjisinin 3/4 ünü doğadan (toprak, su, hava), 1/4 ‘ünü ise elektrik enerjisinden almaktadır. Kullanıcının ısıtma, soğutma ve sıcak su ihtiyacını karşılayabilen ısı pompası sistemi bu özelliği sayesinde farklı yapı türlerinde tercih edilmektedir. Konutlarda ve küçük ölçekli yapılarda ilk yatırım maliyeti daha uygun olan hava kaynaklı ısı pompası sistemleri kullanılmaktadır. Ofis, işyeri gibi yapılarda ısıtma ve soğutma ihtiyaçları karşılamak için yüksek kapasiteli hava kaynaklı ısı pompaları kullanılmaktadır. Fabrika, alış veriş merkezi, hastane, stadyum gibi büyük ölçekli yapılarda toprak kaynaklı ısı pompası sistemleri kullanılmaktadır. Sera, çiftlik gibi yerlerde genellikle içeriye sıcak hava üfleyen hava kaynaklı ısı pompası sistemleri tercih edilmektedir.

Isı pompası kullanılmadan önce kaynak seçiminde dikkat edilmesi gerekenler yapının bulunduğu konum, iklim, çevre hava sıcaklığındaki değişiklikler, toprak özellikleri, yeraltı veya yerüstü sularının bulunabilirliği, yapı arazinin yapısı, ilk yatırım ve işletme maliyetleri, çevresel etkileri, uygulamadaki yasal kanunlar dikkate alınarak kaynak seçilmelidir. Burada doğru bir seçim yapılarak yüksek verimlilik elde etmek tasarımcıya ve bu konuda uzman olan kişileri bırakılmalıdır.

Isı pompasının kaynağının seçiminin yanında sistemden en yüksek performans ve en düşük enerji harcayarak verimli bir şekilde uygulanması yapı içerisine ısının hangi yollarla transfer edileceğiyle de doğru orantılıdır. Yapının içinde kullanılan sisteme göre ısı pompası ile ısıtma için kullanılan uygun sistem yerden ısıtma ve soğutma için ise fancoil kullanımıdır. Kullanımı yaygın diğer ısıtma sistemleri olan panel radyatör ve alüminyum radyatör ile ısı pompası kullanılması durumunda ısı pompasının veriminde düşüş ve yüksek elektrik giderleri ile karşılaşılabilir. Bu nedeni ise ısı pompasının çıkış suyu sıcaklığının 35℃ olmasıdır. Bu değer göz önünde bulundurularak hesap yapılmalıdır.

Her sistemde olduğu gibi ısı pompası sistemlerinde de avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Sistemin dezavantajları genellikle tasarım şekli ve sistem seçimleri ile ilgilidir. Dezavantajları iyi bir tasarımla ortadan kaldırmak mümkündür. Tasarım şeklinin yapının hangi amaçla kullanıldığı bulunduğu iklim ve çevre özellikleri, sistemin kullanım amacı (ısıtma, soğutma veya kullanım sıcak suyu) doğrudan etkilemektedir.

Avrupa'nın güney bölgelerinde ve Türkiye'de hava kaynaklı ısı pompası sistemleri kullanımını daha fazla iken toprak kaynaklı ısı pompası sistemlerine olan ilgi çok azdır. Bunun nedeni Avrupa'nın güneyi ve Türkiye'nin bulunduğu iklim kuşağıdır. Avrupa'nın kuzey bölgelerinde hava koşulları daha sert olmasına rağmen toprak kaynaklı ısı pompasına yönelim daha fazla olsa dahi hava kaynaklı ısı pompasının önüne geçememektedir. Bunun sebebi ise hava kaynaklı ısı pompalarının ilk yatırım maliyetleri daha düşük ve uygulanmasındaki kolaylıklardandır. Özellikle de var olan yapılara uygulanabilirliği toprak kaynaklı ısı pompası sistemlerine göre daha kolay ve işçiliğin daha az olmasıdır.

Çalışmada incelenen proje üzerinden yapılan hesaplamalarda ısı pompasının verimliliği ortaya konmaktadır. Bu proje Edirne'de olup dört farklı derece-gün bölgelerinde uygulanması hali karşılaştırılarak ısı pompasının farklı bölgelerdeki verimi karşılaştırıldığında; doğal gazlı bir sisteme göre İzmir'de %56'lık, Edirne'de %43, Eskişehir'de%36 ve Van'da %32'lik bir tasarruf sağlamaktadır. Isı pompasının kömürlü bir ısıtma sistemine göre karşılaştırdığımızda ise İzmir'de %60, Edirne'de %53, Eskişehir'de %47 ve Van'da %41'lık bir tasarruf sağlamaktadır. Sonuç olarak ısı

pompasının diğer ısıtma sistemlerine göre Türkiye'nin her bölgesinde tasarruf sağlayabildiği görülmektedir(Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Isı pompasının doğal gazlı ve kömürlü bir sisteme göre tasarruf % miktarlarının karşılaştırılması

	İzmir	Edirne	Eskişehir	Van
Doğal gazlı sistem	%56	%43	%36	%32
Geri Ödeme Süresi (yıl)	10	8,5	7	7
Kömürlü sistem	%60	%53	%47	%41
Geri Ödeme Süresi (yıl)	8,5	7	4,5	4,5

Isı pompasının ve diğer (doğalgaz ve kömür) ısıtma sistemlerinin ısıtma yaptığı sırada bir miktar CO_2 emisyonu gerçekleşmektedir. Isı pompasının diğer sistemlere göre sadece elektrik ihtiyacı olduğu için CO_2 emisyonu bakımından elektriğin üretimden kaynaklanan bir CO_2 salınımı bulunmaktadır. Bu çalışmada yapılmış olan projeye göre CO_2 emisyon karşılaştırılması Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Isı pompasının doğal gazlı ve kömürlü bir sisteme göre CO_2 emisyon salınımında tasarruf miktarı %

	İzmir	Edirne	Eskişehir	Van
Doğal gazlı sistem	%60	%53	%48	%41
Kömürlü sistem	%70	%65	%61	%66

Isı pompasının bir diğer önemli özelliği olan güneş panelleriyle uyumlu bir şekilde çalışmasına yönelik ise incelenen dört il için güneş paneli uygulaması yapılmıştır. Burada dikkat edilmesi gereken nokta çatı alanı ve yapının kuzeyle yapmış olduğu açı güneş panellerinin verimini doğrudan etkilemektedir. Bunlar göz önünde bulundurularak güneş paneli kullanılmasına karar verilmelidir. Çalışmada hesaplanan güneş panellerinde dört farklı derece-gün bölgesinde çatı yüzeyi alanının tamamı kullanılmıştır. (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. Güneş panellerinden karşılanan elektrik enerjisi (%)

İzmir	Edirne	Eskişehir	Van
%87	%51	%45	%42

Bu çalışmadan yola çıkılarak dört farklı derece-gün bölgesinde yapılan çalışmalarda ısı pompası ve güneş panellerinden en yüksek verim ve tasarruf 1. derece gün bölgesinde bulunan İzmir'de elde edilmektedir fakat geri ödeme süresi olarak ise en uzun süreye sahiptir. 4. derece gün bölgesinde bulunan Van ilinde en düşük tasarruf bulunurken en kısa sürede sistem geri ödemesini sağlamaktadır. Bunun nedeni ise İzmir ilinde yıllık ihtiyaç ve giderlerin diğer derece-gün bölgelere göre daha az olmasıdır. Bundan dolayı iki sistem arasındaki fark diğerlerine göre daha düşüktür ve dolayısıyla geri ödeme süresini uzatmaktadır. 4 derece gün bölgesi olan Van ilinde ise enerji ihtiyacı yüksek olduğu için ısı pompası ile doğal gazlı sistemler arasındaki yıllık tasarruf İzmir iline göre düşüktür fakat geri ödeme süresi daha kısadır bunun sebebi ise iki sistem arasındaki yıllık enerji giderlerinin farkının daha yüksek olmasıdır.

Isı pompası sistemi kullanılmasıyla Türkiye'nin her bölgesinde farklı ısıtma sistemlerine göre tasarruf ve verim elde etmek mümkündür. Bu verimi güneş panellerinin kullanılmasıyla birlikte her bölgede arttırmak yine mümkün olmaktadır.

Isı pompası kullanılmasında kaynak seçiminin yanı sıra ısının yapının içine hangi yollarla transfer edileceği önem arz etmektedir. Yapının bulunduğu konuma, araziye, görsel ve çevre kirliliği yol açmadan tasarımı yapılmalıdır. Ayrıca ısı pompasının çalışmasında elektrik enerjisine ihtiyaç duymaktadır dolayısıyla elektriğin üretimden kaynaklı az da olsa bir CO_2 emisyonu salınımına neden olmaktadır. Fakat bu salınımı tamamen sıfırlamak güneş panelleriyle mümkün olmaktadır. Güneş panellerinde yüksek verim elde etmek yapının yönü ile doğrudan ilgilidir. Güneş panellerinde tam verim alabilmek için yapının çatı alanı güney yönüne doğru tasarlanmalıdır. Burada tasarımcıların kararı büyük önem arz etmektedir.

KAYNAKLAR

Aachen. (2009). Demonsration of Ground Source Heat Pumps in Mediterranean Climate. Erişim tarihi 30 Aralık 2022: http://groundmed.eu/hp_best_practice_database/database/472/ adresinden alındı

Ahmadi, M. H., Ahmadi, M. A., Sadaghiani, M. S., Ghazvini, M., Shahriar, S., & Nazari Alhuyi, M. (2018). Groud Source Heat Pump Carbon Emissions and Ground-Source Heat Pump Systems for Heating and Cooling of Buildings: A Review. *Environmental Progress and Sustainable Energy*, Cilt: 37, Sayı: 4, Sayfa: 1241-1265.

Amalia. (2009). Demonsration of Ground Source Heat Pumps in Mediterranean Climate. Erişim tarihi 30 Aralık 2022: http://groundmed.eu/hp_best_practice_database/database/765/ adresinden alındı

Arkiv. (2010). Arkiv Meydan AVM. Erişim tarihi 30 Aralık 2022: https://www.arkiv.com.tr/proje/m1-meydan-alisveris-merkezi/2010 adresinden alındı

Ataman, H. (1991). *Toprak Kaynaklı Bir Isı Pompası Tesisinin Tasarımı ve Optimizayonu.* İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Autumn. (2018). Heat Pumps İntegrating Technologies to Decarbine Heating and Cooling.

Aypark. (2022). Aypark Residance. Erişim tarihi 30 Aralık 2022: https://katalinsaat.com/projelerimiz/aypark-residence/ adresinden alındı

Bernier, M. (2001). Ground-Coupled Heat Pump System Simulation. *ASHRAE Transactions,* Cilt:107, Sayfa: 605-616.

Bi, Y., Guo, T., Zhang, L., & Chen, L. (2004). Solar and Ground Source Heat Pump System. *Applied Energy,* Cilt: 78, Sayfa: 231-245.

Boıssavy, C. (1997). Ground Source Heat Pump Systems, Ch. 14, Geothermal District Schemes,. *International Summer School on Direct Application Geothermal Energy*.

Catan, M., & Baxter, V. (1985). An Optimized Ground Couple Heat Pump System Design for Northem Climate Applications. *ASHRAE Transactions,* Cilt: 91, Sayfa: 1185-1203.

Climate. (2021). Climate Policies Europe. Erişim tarihi 29 Aralık 2021: https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030_en adresinden alındı

Couvillion, R. (1985). Field and Laboratory Simulatıın of Earth - Coupled Heat Pump. *ASHRAE Transaction*, Cilt: 91, Sayı:2, Sayfa: 1326-1334.

Dikici, A., & Akbulut. (2005). Güneş ve Toprak Enerjisi Kaynaklı Isı Pompasının Enerji, Ekserji ve Ekonomi Analizi. *15. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi,* 7-9 Eylül, Trabzon.

Doğan, V. (2003). Su-Toprak Kaynaklı Isı Pompaları. *Tesisat Mühendisliği*, Eylül-Ekim 2003.

Dresden. (2009). Demonsration of Ground Source Heat Pumps in Mediterranean Climate. Erişim tarihi 30 Aralık 2022: http://groundmed.eu/hp_best_practice_database/database/513/ adresinden alındı

Edirne, C. (2023). Climate Database. Erişim tarihi 17 Mart 2023: https://tr.climate-data.org/search/?q=edirne adresinden alındı

Edirne, M. (2023). Meteoroloji Genel Müdürlüğü. Erişim tarihi 17 Mart 2023: https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/ilveilceleristatistik.aspx?k=undefined&m=EDIRNE adresinden alındı

Energy, W. (2022). World Energy. Erişim tarihi 20 Subat 2023: https://yearbook.enerdata.net/renewables/wind-solar-share-electricity-production.html adresinden alındı

Energy, W. (2022). World Energy & Climate Statistics. Erişim tarihi 20 Şubat 2023: https://yearbook.enerdata.net/total-energy/world-consumption-statistics.html adresinden alındı

Erdil, A., & Erbıyık, H. (2015). Renewable Energy Sources Of Turkey And Assessment Of Sustainability. *Procedia - Social and Behavioral Sciences,* Cilt: 207, Safya 669 - 679.

Erdoğan, C. D., & Seçgin, B. (2008). Yenilenebilir Enerjiler. *Alan Eğitiminde Araştırma Projesi*.

Erdoğan, S., Yılmaz, M., Şahin, B., & Özyurt, Ö. (2006). Isı Pompası Sistemlerinin Seçimi. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, Sayı: 92, Safya: 40-49.

Errera, M., Lorente, S., Anderson, R., & Bejan, A. (2013). One underground heat exchanger for multiple heat pumps. *International Journal of Heat and Mass Transfer,* Cilt: 665, Sayfa: 727-738.

Ersöz, İ. (2000). *Toprak Kaynaklı Isı Pompası ile Bir Hacmin Soğutulması.* İzmir: Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı.

Esen, H. I., Esen, M., & Pihtili, K. (2007b). Energy and Exergy Analysis Of a Ground Coupled And Ait-Couple Heat Pump System For Space Cooling. *Building and Environment*, Cilt: 42, Sayfa: 1955-1965.

Esen, H., Inalli, M., Esen, M., & Pihtili, K. (2007c). Energy and Exergy Analysis Of a Ground-Coupled Heat Pump System With Two Horizontal Ground Heat Exchangers. *Building and Environment*, CİIt: 42, Sayfa: 3606-3615.

Eskilson, P. (1987). *Thermal analysis of heat extraction borehole.* İsveç: Technical Report.

Eskin, M. (2018). Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Çevreye ve Ekonomiye Etkisi. *Mli Hizmetler Uzmanlığı, Uzmanlık Tezi*, ANKARA: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Stateji GEliştirme Başkanlığı.

Eskişehir, C. (2023). Climate Database. Erişim tarihi 17 Mart 2023: https://tr.climate-data.org/asya/tuerkiye/eskisehir/eskisehir-188/ adresinden alındı

Eskişehir, M. (2023). Meteoroloji Genel Müdürlüğü. Erişim tarihi 17 Mart 2023: https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=ESKISEHIR adresinden alındı

Evirgen, Y. F. (2009). Karayollarında Buzlanmayı Engelleyici Toprak Kaynaklı Isı Pompası Sisteminin Analizi ve PLC-SCADA ile Denetimi.

Florides, G., & Kalogirou, S. (2008). First in Situ Determination of The Thermal Performance of a U- Pipr Borehole Heat Exchanger in Cypros. *Applied Thermal Engineering*, Cilt: 28, Sayfa: 157-163.

G. S. (2021). Global Statu Report For Building and Construction. *Global Alliance for Buildings And Construction Raporu*, Sayfa: 15.

Geyer, R., Hangartner, D., Lindahl, M., & Pedersen, S. (2019). Heat Pumps in District Heating and Cooling Systems. *Heat Pump Center Annex 47*, (s. Ekim 2019).

Gshpa. (2020). Ground Source Heat Pump Europe. Erişim tarihi 29 Aralık 2022: https://gshp.org.uk/case-studies/?c=wshp adresinden alındı

Gürel, A. (2021). Enerji Verimli İklimlendirme Sistemleri. *İstanbul Teknik Üniversitesi.* İstanbul: İTÜ 11-11-2011 Sunumu.

Hancıoğlu, E. (2000). *Güneş Enerjisi Destekli Toprak Kaynaklı Isı Pompası İle Bİr Hacmin Isıtılması.* İzmir: Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Güneş Enerjisi Ana Bilim Dalı.

Hatten, M. (1992). Groundwater Heat Pumping, Lessıns Learned in 43 Years at the Building. *ASHRAE Transactions*, Cilt: 98, Sayfa: 1031-1037.

Hepbaşlı, D. (1985). *Isı Pompası Sistemleri ve Konutların Isıtılması.* İstanbul.

Hongwei, W., Xing, L., Guohui, F., Zhiqiag, K., Ying, L., Bing, B., & Lan, C. (2015). Simulation and Analysis of Air-Ground Dual source Heat Pump Operating Efficiency. *Procedia Engineering*, Cilt: 121, Sayfa: 1412-1419.

Hughes, P., Looms, L., Oneil, R., & Rızzuto, J. (1985). Results of the Residential Earth Couple Heat Pump Demonsration in Upstate New York. *ASHRAE Transaction*, Cilt: 91, Sayfa: 13307-1325.

İlaria, G., Matteo, D., Agostino, P., & Gian Luca, M. (2018). Dynamic modelling and energy performance analysis of an innovative dual-source heat pump system. *Applied Thermal Engineering*, Cilt: 142, Sayfa: 745-759.

İnegöl. (2016). İnegöl Online. Erişim tarihi 2 Şubat 2022: https://www.inegolonline.com/inegol/haber/oylat-suyla-isinacak-319000/ adresinden alındı

İzmir, C. (2023). Climate Database. Erişim tarihi 17 Mart 2023: https://tr.climate-data.org/asya/tuerkiye/izmir/izmir-4547/ adresinden alındı

İzmir, M. (2023). Meteoroloji Genel Mürülüğü, Erişim tarihi 17 Mart 2023: https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=IZMIR adresinden alındı

Jie, J., Gang, P., Tin-tai, C., Keliang, L., Hanfeng, H., Jianping, L., & Chogwei, H. (2008). Experimental study of photovoltaic solar assisted heat pump system. *Solar Energy*, Cilt: 82, Sayfa; 43-52.

Kaçan, E., & Ülgen, K. (2012). Güneş Enerjisi Toplayıcılarında Eğim ve Yönlendirmenin Yararlanabirliğe Etkisi. *Journal of the Faculty of Engineering and Architectur of Gazi University*, Cilt:27, No:4, Sayfa: 837-846.

Kaçhalouski, Y., & Tomas, M. (2020). Performance of Heat Pump System for Water Heating in Europe Climate. *Energy and Energy Storage Technology*, Cilt: 182.

Karagöl, E. T., & Kavaz, I. (2017). Dünyada ve Türkiye'de Yenilenebilir Enerji. *Seta Siyaset Ekonomi ve Toplum Araştırmaları Vakfı*, Cilt: 197, Sayı: 197, Sayfa 1-32.

Kavanaugh, S. (1990). Lakewater Applications of Water to Air Heat Pump. *ASHRAE Transactions*, Cilt:96, Sayfa: 813-820.

Kavanaugh, S. (1992). Field TEst of a Vertical Ground Coupled Heat Pumps in the Alabama. *ASHRAE Transactions*, Cilt: 98, Sayfa: 607-616.

Kavanaught, S., & Mclnerny, S. (2001). Energy Use of Pumping Options For Ground-Source Heat Pumps. *ASHRAE Transactions*, Cilt: 107, Sayfa: 589-899.

Kıncay, O., & Demir, G. (2004). Experimental Thermal Performance Evaluation of a Horizontal Ground-Source Heat Pump System. *Applied Thermal Engineering*, Cilt: 24, Sayfa: 2219-2232.

Koç, E., & Şenel, M. C. (2013). Dünyada ve Türkiye'de Enerji Durumu - Genel Değerlendirme. *Mühendis ve Makine*, Cilt 54, Sayfa: 32 - 44.

Kural, A. K. (2012). Malatya İlinde bir Binada Toprak Kaynaklı Isı Pompası Uygulamasunun Merkezi Klima ve Doğalgazlı Sistemlerle Karşılaştırılması.

Kurevija, T. (2016). Energy and Enviromental Advantages of Gas Heat Pumps Comparing To Conventional Heating and Cooling Systems. *Int. Congr. Energy Environments*, Ekim 2016.

Kyungmin, K., & Cheolho, B. (2010). A study on the performance enhancement of heat pump using electric heater under the frosting condition: Heat pump under frosting condition. *Applied Thermal Engineering*, Cilt: 30, Sayfa: 2,539-543.

Lam, J., & Chan, W. (2003). Energy Performance of Air to Water And Water to Water Heat Pumps İn Hotel Applications. *Energy Conversion and Management*, Cilt: 44, Sayfa: 1625-1631.

Long, N., Haorong, Y., Yiqiang, J., Yang, Y., & Zuiliang, M. (2011). for single-well ground source heat pump systems. *Applied Thermal Engineering*, Cilt: 31, Sayfa: 2622-2630.

Luthfi, L., Kanoğlu, M., Dincer, İ., & Rosen, M. (2011). Thermodynamic analysis of a hybrid geothermal heat pump system. *Geothermics*, Cilt; 40, Sayfa: 233-238.

Malgorzata, S., & Natalia, F. (2017). Performance analysis of a brine-to-water heat pump and of its boreholes' temperature change during three years of operation. *Applied Thermal Engineering*, Cilt: 127, Sayfa: 233-244.

Marszal, A. J., & Heiselberg, P. (2011). Life Cycle Cost Analysis of a Multi-Story Residental Net Zero Energy Builgin in Denmark. *Energy*, Cilt: 36, Sayı: 9, Sayfa: 5600-5609.

Martin, S. (1990). A Design and Economic Sensitivity Study of Single-Pipe Horizontal Ground-Couple Heat Pump Systems. *ASHRAE Transactions*, Cilt: 96, Sayfa: 634-642.

Meloy, B. (1992). Free Cooling Works for Cowlitz Country Hall of Justice. *ASHRAE Transactions*, Cilt: 98, Sayfa: 1023-1030.

Michopoulos, A., Bozis, D., Kikidis, P., Papakostas, K., & Kyriakis, N. (2007). Three Years Operation Experience Of A Ground Source Heat Pump System İn Northem Greece. *Energy and Buildings*, Cilt: 39, Sayfa: 328-334.

Mihalakakou, G. (2002). On Estimating Soil Surface Temperature Profiles. *Energy and Buildings*, Cilt: 34, SayfaÇ 251-259.

Nagano, K., Katsura, T., & Takeda, S. (2006). Development of a Desing and Performance Prediction tools for The Ground Source Heat Pump System. *Applied Thermal Engineering*, Cilt: 26, Sayfa 1578-1592.

Orkustofnun, I. F. (1998). Geothermal Direct Use Arround the Worl. *Goethermal Resources Council (GRC) Bulletin* , Cilt: 27, Sayfa: 235-239.

Oylat. (2016). Oylat Termal Otel Kaplıcaları, Erişim tarihi 2 Şubat 2022: https://oylat.com/wp-content/themes/oylat/images/katalog.pdf adresinden alındı

Özgener, O., Hepbaşlı, A., & Özgener, L. (2007). A Parametric Study On The Exergoeconomic Assessment of a Vertical Ground-Coupled (Geothermal) Heat Pump System. *Building and Environment*, Cilt: 42, Sayfa: 1503-1509.

Öztürk, M. (2015). Toprak Kaynaklı Isı Pompalarında Toprak Neminin Isı Pompasının Enerji Tüketimine Etkisi. *Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Yezi*, Karabük, Türkiye.

Özyurt, O., Bakırcı, K., Ekinci, D., & Çomaklı, K. (2007). Erzurum'da Toprak Kaynaklı Isı Pompasının Deneysel İncelenmesi. *16. Ulusal Isı Bilimi Tekniği Kongresi*, 30 Mayıs - 2 Haziran, Kayseri.

Parent, M. (2001). A Simplified Tools For Assessing the Feasibility of Ground-Source Heat Pump Projects. *ASHRAE Transactions*, Cilt: 107, Sayfa: 120-129.

Phetteplace, G., & Sullivan, W. (1998). Performance of a Hybrid Ground-Coupled Heat Pump System. *ASHRAE Transactions*, Cilt: 104, Sayfa: 763-770.

Phetteplave, G. (2007). Geothermal Heat Pumps. *Jounal of Energy Engineering*, Cilt: 133, Sayfa: 32-38.

Piechoeski, M. (1999). Heat and Mass Transger Model of a Ground Heat Exchanger: Theoretical Development. *Internatioanl Journal of Energy Research*, Cilt: 23, Sayfa: 571-858.

Rafferty, K. (1992). Large Tonnage Groundwater Heat Pump-Experiences With Two Systems. *ASHRAE Transactions*, Cilt:98, Sayfa: 587-592.

Review of World Energy. (2022). 69th Edition: BP Statistical.

Sanner, B., Karytsas, C., Mendrinos, D., & Rybach, L. (2003). Current Status of Ground Source Heat Pumps And Undergrounf Thermal Energy Storage in Europe. *Geothermics*, Cilt: 32, Sayfa; 579-588.

Sarbu, I., & Sebarchievici, C. (2014). General Review of Ground-Source Heat Pump Systems for Heating and Cooling of Buildings. *Energy Buildings*, Cilt: 70, Sayfa: 441-454.

Savaş, A. (1996). *Toprak Kaynaklı Isı Pompası ile Konut Isıtılması.* Kütahya: Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.

Schibuola, L., & Scarpa, M. (2016). Experimental Analysis of The Performances of a Surface Water Source Heat Pump. *Energy and Buildings*, Cilt: 113, Sayı: 1, Sayfa: 182-188.

Selam, A. A., Özel, S., & Arıoğlu Akan, Ö. (2013). Yenilenebilir Enerki Kullanımı Açısından Türkiye'nin OECD Ülkeleri Arasındaki Yeri. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, EY İ 2013 Özel Sayısı.

Stragbag. (2009). Demonsration of Ground Source Heat Pumps in Mediterranean Climate: http://groundmed.eu/hp_best_practice_database/database/653/ adresinden alındı

Sulastısky, M., & Vander Kamp, G. (1991). Ground-Source Heat Pumps in the Canadian Prairies. *ASHRAE Transaction*, Cilt:97, Sayfa: 374-385.

Trillat-Berdal, V., Souyri, B., & Fraisse, G. (2006). Experimental Study of a Ground Couple Heat Pump Combined With Thermaş Solar Collectors. *Energy and Buildings*, Cilt: 38, Sayfa: 1477-1484.

Urchueguıa, J., Zacares, M., Corberan, J., Montero, A., Martos, J., & Witte, H. (2008). Comparison between the energy performance of a ground coupled water to water heat pump system and an air to water heat pump system for heating and cooling in typical conditions of the European Mediterranean coast. *Energy Conversion and Management*, Cilt: 49, Sayfa: 2917-2923.

Ünlü, K. (2005). Hava ve toprak kaynaklı ısı pompalarına etki eden parametrelerin incelenmesi. *Uludağ Üniversites, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi*, Bursa, Türkiye.

Ünlü, K., Coşkun, S., & Yamankaradeniz, N. (2007). Bursa İli Şartlarında Toprak Kaynaklı Isı Poması İle Isıtma Uygulamasu. *16. Ulusal Isı BİIimleri ve Tekniği Kongresi*, 30 Mayıs-2 Haziran, Kayseri.

Valizade, L. (2013). Ground Source Heat Pumps. *J.Cleand Energy Technol*, Cilt: 1, Sayı: 3.

Van, C. (2023). Climate Database. Erişim tarihi 17 Mart 2023: https://tr.climate-data.org/asya/tuerkiye/van/van-241/ adresinden alındı

Van, M. (2023). Meteoroloji Genel Müdürlüğü. Erişim tarihi 17 Mart 2023: https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=undefined&m=VAN adresinden alındı

Yakut, A. (2022). Isı Pompaları Nedir, Faydaları, Avrupa ve Türkiye Isı Pompası Pazarı. *Isı Pompası, Uygulama, Örnekleri, Türkiye ve Avrupadaki Güncel İşlemler*, 26 Mayıs, ISKİD DERNEĞİ WEBİNAR.

Yavuztürk, C. (2001). Field Validation of a Short Time Step Model For Vertical Groundloop Heat Exchangers. *ASHRAE Transactions*, Cilt: 107, Sayfa: 617-625.

Yılmaz, M. (2012). Türkiye'nin Enerji Potansiyeli ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Açısından Önemi. *Ankara Üniversitesi Çevrebilimleri Dergisi*, Cilt:4, Sayı: 2, Sayfa 33-54.

Yılmaz, S. (2019). *Dünyada ve Türkiye'de Birincil Enerji Arzı.* Makine Mühendisleri Odası: Türkiye'nin Enerji Görünümü.

Yujin, H., Jae-Keun, L., Young, J., Kyung, K., Dong, L., Kyu, K., . . . Soo, K. (2009). Cooling performance of a vertical ground-coupled heat pump system installed in a school building. *Renewable Energy*, Cilt: 34, Sayfa: 578-582.

Zhang, Y., Akkurt, N., Yuan, J., Xiao, Z., Wang, Q., & Gang, W. (2020). Study on Model Uncertainaty of Water Source Heat Pump And İmpact on Decision Making. *Energy and Buildings*, Cilt: 216, Sayı: 1.

EKLER

Ek 1. İZODER TS825 Hesap Programı Raporu

İZODER

Binanın Özgül Isı Kaybı Hesaplama Çizelgesi

Binadaki Yapı Elemanları		Yapı Elemanı Kalınlığı d(m)	Isıl İletkenlik Hesap Değeri λ (W/mK)	Isıl İletkenlik Direnci R (m²K/W)	Isı Geçirgenlik Katsayısı U (W/m²K)	Isı Kaybedilen Yüzey A (m²)	Isı Kaybı AxU (W/K)
DUVAR:Dış Havaya Açık Gazbeton	$1/\alpha_i$ Yüzeysel ısıl iletim Katsayısı (İç)			0,1300			
	4.1 Kireç harcı,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,0200			
	6.1.1.1 Normal derz kalınlığında ve normal harçla	0,2	0,2	1,0000			
	10.5.1 Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malzemele	0,05	0,035	1,4286			
	4.10.1 Isı iletkenlik grubu 070 olan sıvalar	0,008	0,07	0,1143			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısıl iletim katsayısı (dış)			0,0400			
TOPLAM				2,733	0,366	150,33	55,02
DUVAR:Dış Havaya Açık Betonarme	$1/\alpha_i$ Yüzeysel ısıl iletim Katsayısı (İç)			0,1300			
	4.1 Kireç harcı,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,0200			
	5.1.1 Donatılı	0,3	2,5	0,1200			
	10.5.1 Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malzemele	0,05	0,035	1,4286			
	4.10.1 Isı iletkenlik grubu 070 olan sıvalar	0,008	0,07	0,1143			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısıl iletim katsayısı (dış)			0,0400			
TOPLAM				1,853	0,540	93,90	50,71
DUVAR:Isıtılmayan İç Ortama Gaz beton	$1/\alpha_i$ Yüzeysel ısıl iletim Katsayısı (İç)			0,1300			
	4.1 Kireç harcı,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,0200			
	6.1.1.1 Normal derz kalınlığında ve normal harçla	0,2	0,2	1,0000			
	4.1 Kireç harcı,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,0200			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısıl iletim katsayısı (dış)			0,1300			
TOPLAM			0,5 x A x U	1,300	0,769	17,83	6,86
DUVAR:Isıtılmayan İç Ortama Betonarme	$1/\alpha_i$ Yüzeysel ısıl iletim Katsayısı (İç)			0,1300			
	4.1 Kireç harcı,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,0200			
	5.1.1 Donatılı	0,3	2,5	0,1200			
	4.1 Kireç harcı,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,0200			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısıl iletim katsayısı (dış)			0,1300			
TOPLAM			0,5 x A x U	0,420	2,381	4,38	5,21
DUVAR:Toprağa Temas Eden Duvar1.1	$1/\alpha_i$ Yüzeysel ısıl iletim Katsayısı (İç)			0,1300			
	4.1 Kireç harcı,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,0200			
	5.1.1 Donatılı	0,3	2,5	0,1200			
	4.5 Alçı harçlı şap	0,005	1,2	0,0042			
	9.2.2.1.1 Bitümlü karton	0,004	0,19	0,0211			
	10.3.2.2.1 Ekstrüde Polistiren Köpüğü - TS 11985	0,05	0,03	1,6667			
	7.1.5.5 Yatay delikli tuğlalarla yapılan duvarlar (TS	0,15	0,45	0,3333			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısıl iletim katsayısı (dış)			0,0000			
TOPLAM			0,5 x A x U	2,295	0,436	97,73	21,31
TAVAN:Çatılı Kullanılmayan Tavan1.1	$1/\alpha_i$ Yüzeysel ısıl iletim Katsayısı (İç)			0,1300			
	4.1 Kireç harcı,kireç-çimento harcı	0,02	1	0,0200			
	5.1.1 Donatılı	0,12	2,5	0,0480			
	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,0357			
	10.5.4 Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malzemele	0,11	0,05	2,2000			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısıl iletim katsayısı (dış)			0,0800			
TOPLAM			0,8 x A x U	2,514	0,398	154,30	49,13
TABAN:Toprak Temaslı Taban1.1	$1/\alpha_i$ Yüzeysel ısıl iletim Katsayısı (İç)			0,1700			
	9.1.4 Halı vb. Kaplamalar	0,02	0,06	0,3333			
	4.6 Çimento harçlı şap	0,05	1,4	0,0357			
	5.1.1 Donatılı	0,25	2,5	0,1000			
	5.1.2 Donatısız	0,15	1,65	0,0909			
	10.5.4 Mineral ve bitkisel lifli ısı yalıtım malzemele	0,05	0,05	1,0000			
	9.2.2.1.1 Bitümlü karton	0,004	0,19	0,0211			
	$1/\alpha_d$ Yüzeysel ısıl iletim katsayısı (dış)			0,0000			
TOPLAM			0,5 x A x U	1,751	0,571	135,80	38,77
Dış Pencere1					2,35	38,24	89,864
Dış Kapı1					4	2,4	9,6
Dış Kapı2					5,5	2,16	11,88
Dış Kapı3					3,5	7,56	26,46
Yapı elemanlarından iletim yolu ile gerçekleşen ısı kaybı toplamı =							364,81

Σ AU = UdAd + Up.Ap + Uk.Ak + 0.8 UT.AT + 0.5 UtAt + UdAd +....

Σ AU = **364,81**

Özgül ısı kaybı ; H = HT + Hv

İletim yoluyla gerçekleşen ısı kaybı ;
HT = Σ AU + l Ul

Havalandırma yoluyla gerçekleşen ısı kaybı
Hv = 0,33 . nh . Vh = **126,09** W/K

H = Hl + Hh = ...**490,9**..... W/K

İzmir İçin Isı kaybı Hesaplanması:

İZODER

Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Hesaplama Çizelgesi

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			
	$H = H_T + H_v$ (W/K)	$\theta_i - \theta_e$ (K,°C)	$H(\theta_i - \theta_e)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_s (W)	$\phi_T = \phi_i + \phi_s$ (W)	γ (-)	η_{ay} (-)	Q_{ay} (kJ)
OCAK	572,94	10,6	6.073	955	1.439	2.394	0,39	0,92	10.032.243
ŞUBAT		10,0	5.729		1.686	2.641	0,46	0,89	8.757.590
MART		7,4	4.240		1.761	2.716	0,64	0,79	5.427.534
NİSAN		3,2	1.833		1.835	2.790	1,52	0,48	1.280.728
MAYIS		0,0	0		1.888	2.843	0,00	0,00	0
HAZİRAN		0,0	0		1.952	2.907	0,00	0,00	0
TEMMUZ		0,0	0		1.910	2.865	0,00	0,00	0
AĞUSTOS		0,0	0		1.901	2.856	0,00	0,00	0
EYLÜL		0,0	0		1.806	2.761	0,00	0,00	0
EKİM		0,5	286		1.650	2.605	9,09	0,00	0
KASIM		6,0	3.438		1.342	2.297	0,67	0,78	4.266.017
ARALIK		9,7	5.558		1.278	2.233	0,40	0,92	9.079.823

$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})].t(J)]$ 1 kJ=0,278.10 KWh^{-3} $Q_{yıl} = \Sigma Q_{ay} =$ 38.844.523

Toplam ısı kaybı Qyıl = 0,278x10 $^{-3}$ x 38.844.523 (kj) = 10.799 kWh

İç ısı Kazancı $\phi_{i,ay} <= 5. A_n$ (W)

Güneş enerjisi kazancı $\phi_{g,ay} = \Sigma n_{,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i$

Kazanç kayıp oranı $KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay})$

Kazanç kullanım faktörü $\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKO_{ay})}$

A_{toplam} = 690,16 m^2

$V_{brüt}$ = 597 m^3

Hesaplama yapılan binadaki birim *hacme düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiya*

$Q = Q_{yıl} / V_{brut}$ 18,09 *kWh/m* ^{3} $A_n = 0,32 \times V_{brüt}$ = 191,04 m^2

$A_{top}/V_{brüt}$ = 1,16 oranı *1.* bölge için EK A.2'den Q' = *A/V>1.05 ->= 18,2* formülünde yerine konulduğunda bina için olması gereken en büyük ısı kaybı Q' = 18,20 kWh/m^3 bulunur.

Q < Q' (18,09<18,20) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değerin altındadır. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygundur.

Edirne İçin Isı kaybı Hesaplanması:

İZODER

Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Hesaplama Çizelgesi

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			
	$H = H_T + H_v$ (W/K)	$\theta_i - \theta_e$ (K,°C)	$H(\theta_i - \theta_e)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_s (W)	$\phi_T = \phi_i + \phi_s$ (W)	γ (-)	η_{ay} (-)	Q_{ay} (kJ)
OCAK	490,90	16,1	7.903	955	1.243	2.198	0,28	0,97	14.958.924
ŞUBAT		14,6	7.167		1.487	2.442	0,34	0,95	12.563.528
MART		11,7	5.744		1.616	2.571	0,45	0,89	8.955.697
NİSAN		6,2	3.044		1.740	2.695	0,89	0,67	3.208.326
MAYIS		1,0	491		1.842	2.797	5,70	0,00	0
HAZİRAN		0,0	0		1.910	2.865	0,00	0,00	0
TEMMUZ		0,0	0		1.869	2.824	0,00	0,00	0
AĞUSTOS		0,0	0		1.824	2.779	0,00	0,00	0
EYLÜL		0,0	0		1.674	2.629	0,00	0,00	0
EKİM		4,9	2.405		1.473	2.428	1,01	0,63	2.269.581
KASIM		10,5	5.154		1.172	2.127	0,41	0,91	8.342.741
ARALIK		15,2	7.462		1.099	2.054	0,28	0,97	14.175.855

$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})].t(J)]$ 1 kJ=0,278.10 KWh^{-3} $Q_{yıl} = \Sigma Q_{ay} =$ 64.475.142

Toplam ısı kaybı $Q_{yıl} = 0,278 \times 10^{-3} \times 64.475.142$ (kj) = 17.924 kWh

İç ısı Kazancı $\phi_{i,ay} <= 5. A_n$ (W)

Güneş enerjisi kazancı $\phi_{g,ay} = \Sigma n_{,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i$

Kazanç kayıp oranı $KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay})$

Kazanç kullanım faktörü $\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKO_{ay})}$

A_{toplam} = 704,63 m^2

$V_{brüt}$ = 597 m^3

Hesaplama yapılan binadaki birim alanına düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiya

$Q = Q_{yıl} / A_n$ 93,82 *kWh/m* ^{2} $A_n = 0,32 \times V_{brüt}$ = 191,04 m^2

$A_{top} / V_{brüt}$ = 1,18 oranı 2. bölge için EK A.2'den Q' = *A/V>1.05 ->= 97,9* formülünde yerine konulduğunda bina için olması gereken en büyük ısı kaybı Q' = 97,90 kWh/m^2 bulunur.

Q < Q' (93,82<97,90) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değerin altındadır. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygundur.

Eskişehir İçin Isı kaybı Hesaplanması:

İZODER

Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Hesaplama Çizelgesi

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			
	$H = H_T + H_v$ (W/K)	$\theta_i - \theta_e$ (K,°C)	$H(\theta_i - \theta_e)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_s (W)	$\phi_T = \phi_i + \phi_s$ (W)	γ (-)	η_{ay} (-)	Q_{ay} (kJ)
OCAK		19,3	9.474		1.243	2.198	0,23	0,99	18.916.857
ŞUBAT		18,9	9.278		1.487	2.442	0,26	0,98	17.844.909
MART		14,9	7.314		1.616	2.571	0,35	0,94	12.694.346
NİSAN		8,9	4.369		1.740	2.695	0,62	0,80	5.735.604
MAYIS		4,6	2.258		1.842	2.797	1,24	0,55	1.865.307
HAZİRAN	490,90	0,5	245	955	1.910	2.865	11,67	0,00	0
TEMMUZ		0,0	0		1.869	2.824	0,00	0,00	0
AĞUSTOS		0,0	0		1.824	2.779	0,00	0,00	0
EYLÜL		1,8	884		1.674	2.629	2,98	0,00	0
EKİM		7,4	3.633		1.473	2.428	0,67	0,78	4.506.607
KASIM		13,4	6.578		1.172	2.127	0,32	0,96	11.757.208
ARALIK		17,7	8.689		1.099	2.054	0,24	0,98	17.303.751

$Q_{ay} = [H(\theta_i - \theta_e) - \eta(\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay})].t(J)]$ 1 kJ=0,278.10 KWh^{-3} $Q_{yıl} = \Sigma Q_{ay} =$ 90.624.980

Toplam ısı kaybı $Q_{yıl} = 0,278x10^{-3} \times 90.624.980$ (kj) = 25.194 kWh

İç ısı Kazancı $\phi_{i,ay} <= 5. A_n$ (W)

Güneş enerjisi kazancı $\phi_{g,ay} = \Sigma n_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i$

Kazanç kayıp oranı $KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay})$

Kazanç kullanım faktörü $\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKO_{ay})}$

A_{toplam} = 704,63 m^2

$V_{brüt}$ = 597 m^3

Hesaplama yapılan binadaki birim alana düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiya

$Q = Q_{yıl} / A_n$ 131,88 *kWh/m* ^{2} $A_n = 0,32 \times V_{brüt}$ = 191,04 m^2

$A_{top} / V_{brüt}$ = 1,18 oranı 3. bölge için EK A.2'den Q' = *A/V>1.05 ->= 116,5* formülünde yerine konulduğunda bina için olması gereken en büyük ısı kaybı Q' = 116,50 kWh/m^2 bulunur.

Q > Q' (131,88>116,50) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değerin ustundedir. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygun değildir.

Van İçin Isı kaybı Hesaplanması:

İZODER

Yıllık Isıtma Enerjisi İhtiyacı Hesaplama Çizelgesi

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			
	$H = H_T + H_v$ (W/K)	$\theta_i - \theta_e$ (K,°C)	$H(\theta_i - \theta_e)$ (W)	ϕ_i (W)	ϕ_s (W)	$\phi_T - \phi_i + \phi_s$ (W)	γ (-)	η_{ay} (-)	Q_{ay} (kJ)
OCAK		24,4	11.446		1.439	2.394	0,21	0,99	23.524.318
ŞUBAT		23,7	11.118		1.686	2.641	0,24	0,98	22.107.868
MART		18,7	8.772		1.761	2.716	0,31	0,96	15.978.565
NİSAN		11,1	5.207		1.835	2.790	0,54	0,84	7.421.440
MAYIS		6,2	2.908		1.888	2.843	0,98	0,64	2.822.221
HAZİRAN	469,10	1,7	797	955	1.952	2.907	3,65	0,00	0
TEMMUZ		0,0	0		1.910	2.865	0,00	0,00	0
AĞUSTOS		0,0	0		1.901	2.856	0,00	0,00	0
EYLÜL		2,5	1.173		1.806	2.761	2,35	0,35	534.859
EKİM		8,7	4.081		1.650	2.605	0,64	0,79	5.243.797
KASIM		15,9	7.459		1.342	2.297	0,31	0,96	13.616.787
ARALIK		21,8	10.226		1.278	2.233	0,22	0,99	20.776.124

$Q_{ay} = [H(\theta i - \theta e) - \eta(\phi i,ay + \phi s,ay)].t(J)]$ 1 kJ=0,278.10 KWh^{-3} $Q_{yıl} = \Sigma Q_{ay} =$ 112.026.275

Toplam ısı kaybı $Q_{yıl} = 0,278x10^{-3} \times 112.026.275$ (kj) = 31.143 kWh

İç ısı Kazancı $\phi_{i,ay} <= 5. A_n$ (W)

Güneş enerjisi kazancı $\phi_{g,ay} = \Sigma r_{i,ay} \times g_{i,ay} \times I_{i,ay} \times A_i$

Kazanç kayıp oranı $KKO_{ay} = (\phi_{i,ay} + \phi_{s,ay}) / H(\theta_{i,ay} - \theta_{e,ay})$

Kazanç kullanım faktörü $\eta_{ay} = 1 - e^{(-1/KKO_{ay})}$

A_{toplam} = 690,16 m^2

$V_{brüt}$ = 597 m^3

Hesaplama yapılan binadaki birim *hacmine düşen yıllık ısıtma enerjisi ihtiya*

$Q = Q_{yıl} / V_{brut}$ 52,17 *kWh/m* ^{3} $A_n = 0,32 \times V_{brüt}$ = 191,04 m^2

$A_{top} / V_{brüt}$ = 1,16 oranı *4.* bölge için EK A.2'den Q' = *A/V>1.05 ->= 44,1* formülünde yerine konulduğunda bina için olması gereken en büyük ısı kaybı Q' = 44,10 kWh/m^3 bulunur.

Q > Q' (52,17>44,10) olduğundan bu bina için hesaplanan yıllık ısıtma enerjisi ihtiyacı olması gereken en büyük değerin ustundedir. Bu proje, bu standartlarda verilen hesap metoduna göre standartlara uygun değildir.

Ek 2. Stand By Me ‘‘Stand By Me Heating Solutions Navigator’’ Raporu

STAND BY ME HEATING SOLUTIONS NAVIGATOR

1. Öne çıkanlar

- **Tip** - Havadan Suya Soğuk İklim Split Isı Pompası
- **Yüksek performans** - 3. Nesil Daikin Altherma size A+++ sezonsal verimliliği ile size hayal ötesine götürür ve -28°C dış hava sıcaklığına kadar çalışma sahası sunar
- **Kurulumu kolay** - Yer tipi ünite yalnızca 0,36 m2 bir alan kaplar ve beyaz ve gümüş-gri renklerden birini seçebilirsiniz
- **Kolay kontrol** - Tamamen dijital olan Daikin Altherma 3, mobil telefon ile her yerden kontrol edilebilir.
- **Hidro bağlantı**: Plakalı eşanjör dış ünitede, iç – dış ünite arasında soğutucu akışkan borulamasına ihtiyaç göstermez.
- **5 yıl kompresör, 3 yıl cihaz garantisi**
- **Sertifika:** Keymark, CE

2. Açıklama

Dış Ünite:

Soğutucu Akışkan : R32 - Düşük Küresel Isınma Potansiyeli ve yüksek verim

Maksimum Su Sıcaklığı : -10°C dış ortam şartlarında 60 °C de su çıkış sıcaklığı

Kompresör : Gaz injeksiyonlu inverter kompresör ile çok düşük sıcaklıklarda bile yüksek kapasite ve verim

Isıtma Minimum Dış Hava Sıcaklığı : -28 °C

Soğutma Maksimum Dış Hava Sıcaklığı : + 46 °C

Diğer Özellikler :

- Daha yüksek performans için artırılmış eşanjör ısı transfer yüzey alanı
- Eşanjör koruma ızgaralı



Uygulama şeması

İç Ünite:

Dahili Paslanmaz Çelik Boyler Tankı

Tüm hidrolik parçalar dahil.

- Yüksek kapasiteli, frekans kontrollü sirkülasyon pompası
- 10 L Genleşme tankı
- 3 bar emniyet ventili
- Manyetik tesisat filtresi
- otomatik hava alma purjörü
- Kesme vanası
- Elektrikli destek ısıtıcısı
- Akış sensörü

İzmir İçin Isı Pompası Hesap Raporu:

STAND BY ME HEATING SOLUTIONS NAVIGATOR

3. Çözüme genel bakış

Isıtma

Gerekli ısıtma kapasitesi	Min. Ambient (-3 °C): 15.00 kW (15000 W)
Çıkış suyu sıcaklık aralığı ısıtma	25 °C - 35 °C
Isı pompasıyla kapsanan %	99.2 %
Yedek ısıtıcı tarafından kapsanan %	0.8 % 4060 W
Isı pompasının ısıtma kapasitesi	Min. Ambient (-3 °C): 10.94 kW (10940 W)
Yardımcı ısıtıcı kapasitesi	6 kW
Yedek ısıtıcı dahil, ısıtmada yedek kapasite	1.94 kW
Enerji tüketimi ısıtma	3309.6 kWh
Yıllık mahal ısıtma termal enerjisi	15938.7 kWh
Tank boyutu	180 L
Yıllık kullanım sıcak suyu termal enerjisi	
Isı pompasının sezonluk verimi	4.82
Yıllık hacim ısıtma enerji maliyeti	6.552,92 ₺ (Elektrik 1,980 ₺/kWh)
Isıtma CO2 emisyonu	1298.0 Kg

Enerji etiketi

Mahal ısıtma	A++
Kullanım sıcak suyu	A

Edirne İçin Isı Pompası Hesap Raporu:

STAND BY ME HEATING SOLUTIONS NAVIGATOR

3. Çözüme genel bakış

Isıtma

Gerekli ısıtma kapasitesi	Min. Ambient (-9.2 °C): 18.00 kW (18000 W)
Çıkış suyu sıcaklık aralığı ısıtma	25 °C - 35 °C
Isı pompasıyla kapsanan %	99.6 %
Yedek ısıtıcı tarafından kapsanan %	0.4 % 4050 W
Isı pompasının ısıtma kapasitesi	Min. Ambient (-9.2 °C): 13.95 kW (13950 W)
Yardımcı ısıtıcı kapasitesi	6 kW
Yedek ısıtıcı dahil, ısıtmada yedek kapasite	1.95 kW
Enerji tüketimi ısıtma	6593.0 kWh
Yıllık mahal ısıtma termal enerjisi	27105.5 kWh
Tank boyutu	180 L
Yıllık kullanım sıcak suyu termal enerjisi	
Isı pompasının sezonluk verimi	4.11
Yıllık hacim ısıtma enerji maliyeti	13.054,06 ₺ (Elektrik 1,980 ₺/kWh)
Isıtma CO2 emisyonu	2585.8 Kg

Enerji etiketi

Mahal ısıtma	A++
Kullanım sıcak suyu	A

Eskişehir İçin Isı Pompası Hesap Raporu:

STAND BY ME HEATING SOLUTIONS NAVIGATOR

3. Çözüme genel bakış

Isıtma

Gerekli ısıtma kapasitesi	Min. Ambient (-12.8 °C): 20.00 kW (20000 W)
Çıkış suyu sıcaklık aralığı ısıtma	25 °C - 35 °C
Isı pompasıyla kapsanan %	98.8 %
Yedek ısıtıcı tarafından kapsanan %	1.2 % 5840 W
Isı pompasının ısıtma kapasitesi	Min. Ambient (-12.8 °C): 14.16 kW (14160 W)
Yardımcı ısıtıcı kapasitesi	6 kW
Yedek ısıtıcı dahil, ısıtmada yedek kapasite	0.16 kW
Enerji tüketimi ısıtma	10312.2 kWh
Yıllık mahal ısıtma termal enerjisi	37973.8 kWh
Tank boyutu	180 L
Yıllık kullanım sıcak suyu termal enerjisi	
Isı pompasının sezonluk verimi	3.68
Yıllık hacim ısıtma enerji maliyeti	20.418,15 ₺ (Elektrik 1,980 ₺/kWh)
Isıtma CO2 emisyonu	4044.4 Kg

Enerji etiketi

Mahal ısıtma	A++
Kullanım sıcak suyu	A

Van İçin Isı Pompası Hesap Raporu:

STAND BY ME HEATING SOLUTIONS NAVIGATOR

3. Çözüme genel bakış

Isıtma

Gerekli ısıtma kapasitesi	Min. Ambient (-15.1 °C): 21.00 kW (21000 W)
Çıkış suyu sıcaklık aralığı ısıtma	25 °C - 35 °C
Isı pompasıyla kapsanan %	97.6 %
Yedek ısıtıcı tarafından kapsanan %	2.4 % 6710 W
Isı pompasının ısıtma kapasitesi	Min. Ambient (-15.1 °C): 14.29 kW (14290 W)
Yardımcı ısıtıcı kapasitesi	9 kW
Yedek ısıtıcı dahil, ısıtmada yedek kapasite	2.29 kW
Enerji tüketimi ısıtma	13391.4 kWh
Yıllık mahal ısıtma termal enerjisi	43824.6 kWh
Tank boyutu	180 L
Yıllık kullanım sıcak suyu termal enerjisi	
Isı pompasının sezonluk verimi	3.27
Yıllık hacim ısıtma enerji maliyeti	26.515,02 ₺ (Elektrik 1,980 ₺/kWh)
Isıtma CO2 emisyonu	5252.1 Kg

Enerji etiketi

Mahal ısıtma	A++
Kullanım sıcak suyu	A

Isı Pompasının Gürültüsünün Hesaplanması

STAND BY ME HEATING SOLUTIONS NAVIGATOR

Gürültü hesaplama

Yönlülük	Mesafe	Bariyer
8	8	0

Sonuç

47 dB(A)

Isı Pompası İle Kullanılan Sıcak Su Hesaplanması:

STAND BY ME HEATING SOLUTIONS NAVIGATOR

Kullanım sıcak suyu Hesaplaması

	Haftalık dezenfeksiyon yükü [kWh]	Günlük kullanım sıcak suyu yükü [kWh]	Yıllık kullanım sıcak suyu yükü [kWh]	Yıllık CO2 emisyonu
Isı pompası	0	6	2038	311
Daldırma ısıtıcı	0	0	0	0
Toplam	0	6	2038	311

Ek 3. Güneş Panellerinin Hesapları

İzmir ili için güneş panellerinin aylık enerji üretimi

	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara
Isı Pompası aylık (kWh)	1105	664	308	32	0	0	0	0	0	39	299	864
Ort. güneşlenme süresi	4,3	5,2	6,4	7,9	9,8	11,6	12,3	11,9	10,1	7,6	5,6	4,2
Aylık güneş paneli üretim kWh	783,80	856,12	1166,59	1393,56	1786,34	2046,24	2242,04	2169,13	1781,64	1385,32	987,8	765,57
Isıtma Dönemi Üretim				7338,82		**Isıtma Dönemi Dışındaki Üretim**					100025,4	

Edirne ili için güneş panellerinin aylık enerji üretimi

	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara
Isı Pompası aylık (kWh)	1767	1130	744	275	15	7	3	6	50	262	753	1561
Ort. güneşlenme süresi	2,4	3,6	4,4	6,2	8	9,2	10,2	9,8	7,5	5,2	3,2	2,2
Aylık güneş paneli üretim kWh	437,47	592,70	802,03	1093,6	1458,24	1622,88	1859,25	1786,34	1322	947,85	564,4	401,01
Isıtma Dönemi Üretim				4839,24		**Isıtma Dönemi Dışındaki Üretim**					8049,72	

Eskişehir ili için güneş panellerinin aylık enerji üretimi

	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara
Isı Pompası aylık (kWh)	2513	1676	1215	541	66	47	31	39	160	519	1210	2296
Ort. güneşlenme süresi	2,6	3,9	5,2	6,3	8,2	9,8	11,3	10,4	8,7	5,9	4,3	2,4
Aylık güneş paneli üretim kWh	473,92	642,09	947,85	1111,32	1494,69	1728,72	2059,76	1895,71	1534,68	1075,45	758,52	437,47
Isıtma Dönemi Üretim				5446,64		**Isıtma Dönemi Dışındaki Üretim**					8712,57	

Van ili için güneş panellerinin aylık enerji üretimi

	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara
Isı Pompası aylık (kWh)	3561	2524	1568	501	11	0	0	0	79	533	1542	3071
Ort. güneşlenme süresi	4,6	5,4	6	7,3	9,3	11,7	12,1	11,3	9,8	7	5,5	4,2
Aylik Aylık güneş paneli üretim kWh	838,48	889,05	1093,68	1287,72	1695,20	2063,88	2205,58	2059,76	1728,72	1275,96	970,20	765,57
Isıtma Dönemi Üretim				7120,68		**Isıtma Dönemi Dışındaki Üretim**					9758,15	

ÖZGEÇMİŞ

ALİ MECHMET – Gümülcine (1996)

Adres : H. Passos, Gümülcine, PK 69300, Yunanistan

Gsm : (+90) 699 831 48 12

Gsm2 : 546 485 67 15

E-mail : alimechmet@hotmail.com

Eğitim:

Lisans: Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Mimarlık Bölümü 2016-2020 Lisans Derecesi: (3,08/4)

Lise: Gümülcine Azınlık Celal Bayar Ortaokul ve Lisesi 2013-2016

Ortaokul: Gümülcine Azınlık Celal Bayar Ortaokul ve Lisesi 2008-2013

İş/Staj Deneyimlerim:

1- Mimarlık–Mühendislik Ofisi – 2017
Nizam MEHMET

Staj: Şantiye Stajı

2- Kent Mimarlık-Dekorasyon-Tasarım – 2018
Sabri Tolga GÜRER

Staj: Ofis Stajı

3- Kent Mimarlık-Dekorasyon-Tasarım – 2019
Sabri Tolga GÜRER

Staj: Ofis Stajı