

**T.C.
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ENERJİ BİLİM DALI**

**MANİSA'DA BİR LABORATUVAR BÖLGESİNİN DİKEY TİP
TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPASI İLE İKLİMLENDİRİLMESİ VE
MALİYET ANALİZİ**

Halil BÜYÜKŞEN

**Danışman
Doç. Dr. Leyla ÖZGENER**



MANİSA-2020

**Halil
BÜYÜKŞEN**

**MANİSA' DA BİR LABORATUVAR BÖLGESİNİN DİKEY TIP TOPRAK KAYNAKLI
ISI POMPASI İLE İKLİMLENDİRİLMESİ VE MALİYET ANALİZİ
2020**

Tez Sırtı Örneği

TEZ ONAYI

Halil BÜYÜKŞEN tarafından hazırlanan " **MANİSA'DA BİR LABORATUVAR BÖLGESİNİN DİKEY TİP TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPASI İLE İKLİMLENDİRİLMESİ VE MALİYET ANALİZİ** "adlı tez çalışması 23/06/2020 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri önünde Manisa Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Makine Mühendisliği Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman

Doç. Dr. Leyla ÖZGENER
Manisa Celal Bayar Üniversitesi

Jüri Üyesi

Doç. Dr. Koray ÜLGEN
Ege Üniversitesi

Jüri Üyesi

Dr. Öğr. üyesi Can ÇİVİ
Manisa Celal Bayar Üniversitesi

TAAHHÜTNAME

Bu tezin Manisa Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü'nde, akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Halil BÜYÜKŞEN



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	I
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	II
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IV
TABLO DİZİNİ	V
TEŞEKKÜR.....	VII
ÖZET.....	VIII
ABSTRACT.....	IX
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR TARAMASI VE ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	3
3. ISI POMPASI	22
3.1. Dikey Eksenli Toprak Kaynaklı Isı Pompası	24
3.2. Yatay Eksenli Toprak Kaynaklı Isı Pompası	25
4. MANİSA İLİNDE SEÇİLEN LABORATUVAR BÖLGESİ PROJESİ.....	27
4.1 Laboratuvar Yapısı ve Sisteminin Belirlenmesi.....	27
4.2 Binadaki Enerji İhtiyacının Belirlenmesi.....	27
4.3 Isı Pompası Teknik Bilgileri.....	27
4.4 Yer Sıcaklık Bilgileri.....	28
4.5 Toprak Bilgileri.....	29
4.6 Toprak Altı Boru Bilgileri	29
4.7 Boru Boyunun Hesaplanması.....	29
4.8 Enerji Sarfiyatları Maliyetleri.....	33
5. TARTIŞMA.....	50
6. SONUÇLAR.....	51
KAYNAKLAR	53
ÖZGEÇMİŞ	62

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

BTES	Sondaj termal enerji depolama sistemleri
COP	Isı pompasının performans katsayısı (boyutsuz)
COPS	Tüm sistemin performans katsayısı (boyutsuz)
C_p	Özgül ısı (kJ/kg.K)
GCHP	Toprağa yerleştirilmiş ısı pompası
GHX	Toprak ısı eşanjörü
GSHP	Toprak kaynaklı ısı pompası
h	Isı taşınım katsayısı (W/m ² K)
IP	Isı pompası
k	Isı iletim katsayısı (W/mK)
Kom	Kompresör
kon	Yoğusturucu
NASA	Ulusal havacılık ve uzay dairesi
NGWA	Ulusal yeraltı suları birliği
NOAA	Amerika birleşik devletleri okyanuslar ve atmosfer departmanı
P	Basınç (Pa)
p	Sirkülasyon pompası
PCM	Faz değişim malzemeleri
Q_e	Evaporatörün çektiği ısı miktarı (kW)
Q_{kon}	Kondenserden atılan ısı miktarı (kW)
SGSHP	Güneş destekli toprak kaynaklı ısı pompası
T	Sıcaklık (°C veya K) TID Toprak ısı değiştiricisi
THID	Toprak Hava Isı Değiştiricisi
TKIP	Toprak Kaynaklı Isı Pompası
T_d	Aylık ortalama dış sıcaklık (°C)
T_h	Maksimum toprak sıcaklığı (°C)
T_i	Aylık ortalama iç sıcaklık (°C)

Tl	Minimum toprak sıcaklığı (°C)
Tm	Ortalama toprak sıcaklığı (°C)
VGLHE	Dikey toprak döngü ısı eşanjörü
Wkom	Kompresörün sıkıştırma işi (kW)
YKIP	Yer Kaynaklı Isı Pompası
YSA	Yapay sinir ağı
ρ	Akışkanın yoğunluğu (kg/m ³)



ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3.1. Örnek ısı pompası elemanları.....	23
Şekil 3.2. Dikey sondaj uygulaması.....	24
Şekil 4.1. Isı pompası sisteminin log P-h diyagramı.....	37



TABLO DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 3.1. Yatay tip toprak kaynaklı ısı pompası ile dikey eksenli toprak kaynaklı ısı pompası karşılaştırma tablosu.....	26
Tablo 4.1. Isı pompası kataloğu.....	28
Tablo 4.2. Toprak direnci	29
Tablo 4.3. Isı akımları.....	30
Tablo 4.4. Boru boyu hesaplama tablosu.....	32
Tablo 4.5. TKIP uygulaması dikey eksenli toprak kaynaklı ısı pompası ilk yatırım maliyetleri	32
Tablo 4.6. TKIP uygulaması yıllık enerji sarfiyatı.....	33
Tablo 4.7. Tablo boru direnç değerleri.....	33
Tablo 4.8. Boru boyu hesaplama ve karşılaştırma tablosu.....	35
Tablo 4.9. Manisa ili yıllık sıcaklık tablosu.....	35
Tablo 4.10. Manisa ili için aylara göre toprak ve hava sıcaklıkları.....	36
Tablo 4.11. Manisa ili için aylara göre toprak ve hava sıcaklıkları	37
Tablo 4.12. R410A entalpi sıcaklık basınç diyagramı.....	38
Tablo 4.13. R22 entalpi sıcaklık basınç diyagramı.....	38
Tablo 4.14. R134a entalpi sıcaklık basınç diyagramı.....	39
Tablo 4.15. R404A entalpi sıcaklık basınç diyagramı.....	39
Tablo 4.16. R717 entalpi sıcaklık basınç diyagramı	40
Tablo 4.17. R12 entalpi sıcaklık basınç diyagramı.....	41
Tablo 4.18. Aylık ortalama toprak sıcaklıkları ve ısı pompası değerleri değişimi R410 için.....	42
Tablo 4.19. Aylık ortalama toprak sıcaklıkları ısı pompası değerleri değişimi R134A.....	42
Tablo 4.20. Aylık ortalama toprak sıcaklıkları ve ısı pompası değerleri değişimi R22.....	43

TABLO DİZİNİ DEVAMI

	Sayfa
Tablo 4.21. Aylık ortalama toprak sıcaklıkları ve ısı pompası değerleri R717 için.....	43
Tablo 4.22. Aylık ortalama toprak sıcaklıkları ve ısı pompası değerleri Değişimi R12 için.....	44
Tablo 4.23. Aylık ortalama toprak sıcaklıkları ve ısı pompası değerleri değişimi R404A için.....	44
Tablo 4.24. Manisa ili toprak sıcaklığı ve hava sıcaklığı tablosu.....	45
Tablo 4.25. R410 , R134A , R22 ,R404A ,R717 ,R12 Akışkanları için ısı pompası COP tablosu.....	45
Tablo 4.26. R410, R134A R22 ,R404A ,R717 ,R12 Akışkanları için soğutma Makinası COP tablosu.....	46
Tablo 4.27. R410 ,R134A , R22 ,R404A ,R717 ,R12 Akışkanları için debi tablosu.....	46
Tablo 4.28. R410 , R134A R22 ,R404A ,R717 ,R12 Akışkanları için kompresör gücü tablosu.....	47
Tablo 4.29. R410 , R134A, R22 ,R404A ,R717 ,R12 Akışkanları için Qkondenser (Kw) tablosu.....	48
Tablo 4.30. R410 , R134A, R22 ,R404A ,R717 ,R12 Akışkanları için değerleri farklı tip akışkanlar için 13 °C toprak sıcaklığında COP tablosu.....	48
Tablo 4.31. R410 , R134A, R22 ,R404A ,R717 ,R12 Akışkanları için cop tablosu dikey eksenli TKIP için COP tablosu.....	49
Tablo 4.32. R410 , R134A, R22 ,R404A ,R717 ,R12 Akışkanları için COP Tablosu yatay eksenli TKIP için COP Tablosu.....	49

TEŞEKKÜR

Bu yüksek lisans çalıŐması sűresince, Erasmus+ programında Polonya'da Krakow'da olmama raėmen yardımlarını ve desteėini esirgemeyen, bilgi ve tecrűbelerini benimle paylaŐan danıŐman hocam Doç.Dr. Leyla ŐZGENER'e teŐekkűrlerimi sunarım. Tűm hayatım boyunca desteklerini bir an olsun eksik etmeyen, sevgili aileme ve anneme de ayrıca teŐekkűr ederim.

Halil BŪYŪKŐEN

Manisa, 2020

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

MANİSA'DA BİR LABORATUVAR BÖLGESİNİN DİKEY TİP TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPASI İLE İKLİMLENDİRİLMESİ VE MALİYET ANALİZİ

Halil BÜYÜKŞEN

Manisa Celal Bayar Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Leyla ÖZGENER

Bu çalışmada, yıl boyunca farklı ortalama sıcaklıklara göre, bu iki sistemin dikey eksenli toprak kaynaklı ısı pompasının ve yatay eksenli toprak kaynaklı ısı pompasının COP değerleri ayrıntılı olarak ve R410, R134A, R22, R404A, R717 ve R12 ile tablolarda hesaplanmıştır. Farklı akışkanlar ve farklı sıcaklıklarda dikey eksenli toprak kaynaklı ısı pompası ve yatay eksenli toprak kaynaklı ısı pompası değerleri karşılaştırılmıştır. Yatay ve dikey ısı eşanjörleri arasındaki fark burada vurgulanmaktadır.

Yapılan çalışma sonucu dikey eksenli toprak kaynaklı ısı pompasında yıl boyu sabit sıcaklıktaki topraktan ısı kazanımı daha fazla elde edildiği ve sonuç olarak yatay eksenli toprak kaynaklı ısı pompasından daha verimli olduğu sonucuna varılmıştır. Yatay eksenli toprak kaynaklı ısı pompasındaysa yıl boyu sıcaklıkların değiştiği ve buna bağlı olarak farklı COP değerlerinin ortaya çıktığı sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Isı Pompaları, Soğutucu Akışkanlar, Dikey ve yatay eksenli ısı değiştiricisi

2020, 64 Sayfa

SUMMARY

M.Sc. Thesis

VERTICAL TYPE SOIL SOURCE HEAT PUMP OF A LABORATORY REGION IN MANİSA WITH AIR CONDITIONING AND COST ANALYSIS

Halil BÜYÜKŞEN

Manisa Celal Bayar University

Graduate School of Applied and Natural Sciences

Department of Mechanical Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Leyla ÖZGENER

In this study, according to different average temperatures throughout the year, the COP values of the vertical axis ground source heat pump and horizontal axis ground source heat pump of these two systems were calculated in detail and in tables with R410, R134A, R22, R404A, R717 and R12. Vertical fluid ground source heat pump and horizontal axis ground source heat pump values were compared at different fluids and different temperatures. The difference between horizontal and vertical heat exchangers is highlighted here.

As a result of the study carried out, it was concluded that the vertical axis ground source heat pump has more heat recovery from the soil at constant temperature throughout the year and as a result it is more efficient than the horizontal axis ground source heat pump. As for the horizontal axis ground source heat pump, it is concluded that the temperatures change throughout the year and different COP values occur accordingly.

Key Words: Heat Pumps, Refrigerants, Vertical and horizontal axis heat exchangers

2020, 75 Pages

1. GİRİŞ

Nüfus artışı nedeniyle küresel enerji talebinin arttığı görülür. Sınırlı fosil yakıt kaynaklarının kurduğu bilinen bir gerçektir, bu nedenle yenilenebilir enerji çok önemli olduğu bilinmektedir. Başka konulara baktığımızda, küresel ısınmanın ve yenilenebilir enerjinin öneminin ortaya çıktığı görülmektedir. Bu konuyu incelediğimizde NASA, Amerika Birleşik Devletleri Okyanuslar ve Atmosfer Departmanı (NOAA) ve Birleşik Krallık Meteoroloji Departmanına ihtiyacımız olduğu görülür ve onlara ait veriler gözden geçirildiğinde 2019'un 1850'den bu yana en sıcak ikinci yıl olduğu belirlenmiştir. Son 180 yılın beş yıllık serisine baktığımızda, arkamızdaki beş yılın en sıcak seri olduğu fark edilmektedir ve 2019'un sanayi öncesi döneme göre 1.1 derece daha yüksek olduğu dikkati çekmektedir [1].

Dünya Meteoroloji Örgütü tarafından, 2020 yılına kadar Avustralya'daki yangınlar gibi aşırı hava olaylarının daha sık olacağını bildirilmektedir [2]. Dünya Meteoroloji Örgütü'nün önemli pozisyonlarından biri olan Petteri Taalas, Avustralya'nın en sıcak ve en kurak mevsimi yaşadığını ifade ederek, yaygın yangınların dünyayı tehlikeye atabileceğini söylemiştir. Tarihin en sıcak yılının El Nino'nun en belirgin olduğu 2016 olduğu görülebilir [2]. Enerji ihtiyaçlarını karşılamak için alternatif enerji kaynakları ve sistemleri geliştirilmiştir. Toprak kaynaklı ısı pompasının yüksek performans katsayısının sistemin işletme maliyetini azalttığı görülebilir[3].

Elde edilen enerjiden tasarruf edilen enerji, tüketilen enerjiden daha yüksektir, bu da hem kullanıcılara hem de ülke ekonomisine önemli faydalar sağladığı görülür. Bununla birlikte, toprağın bir ısı kaynağı olarak kullanılması durumunda, ilk yatırım maliyetlerini artıran bir zemin ısı eşanjörü olduğu bilinmektedir. Bu nedenle, hava kaynaklı ısı pompasına kıyasla, ilk yatırım maliyeti daha yüksek olduğu göze çarpar. Bu maliyeti azaltmak için toprağa ait jeolojik birimler sıcaklık ve ısı depolama yükü, toprak yapısı, termal özellikler, nem ve yeraltı suyu seviyesi ve iklim koşullarına göre kontrol edilmelidir. Elde edilen sonuçlar ısı pompasının optimum çalışma koşullarını belirlemek için kullanılmalıdır[3].

Bu çalışmada yatay ve dikey eksenli toprak kaynaklı ısı pompasının Manisa'da bir alanın iklimlendirmesinde kullanımı ve karşılaştırılması üzerinde çalışılmıştır.

2. LİTERATÜR TARAMASI VE ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Literatürde ısı pompalarının potansiyelini inceleyen ve kullanımlarını kontrol eden çalışmalar bulunmaktadır. Toprak kaynaklı ısı pompası araştırma ve incelemelerini içeren makale ve araştırmalar aşağıdaki gibidir:

H Yang, P Cui, Z Fang [4] dikey delikli zemin ısı pompaları: modellerin ve sistemlerin gözden geçirilmesi başlıklı makalede, yüksek verimlilik ve çevre dostu olmanın cazip avantajları nedeniyle dünya genelinde konut ve ticari binalarda çok sayıda toprak ısı pompası (GCHP) sistemlerinin kullanımını incelemiştir.

A Hepbaşlı, Ö Akdemir, E Hancıoğlu [5] kapalı çevrim dikey toprak kaynaklı ısı pompası sistemi üzerine deneysel araştırma makalesi üzerinde çalışılmıştır; toprak kaynaklı ısı pompasında jeotermal (GSHP) adı verilen ısı pompası son üç yılda Türkiye pazarında incelenmiştir. Yeni teknolojinin kullanımı araştırılmıştır.

C Yavuzturk [6] Toprak kaynaklı ısı pompası sistemlerinde kullanılan dikey toprak ısı eşanjörlerinin modellenmesini incelemiştir ve toprak kaynaklı ısı pompası sistemlerinin tasarımı ve enerji analizi için büyük önem taşıyan toprak döngüsü ısı eşanjörlerinin uzun vadeli ve kısa vadeli davranışlarını tahmin etmiştir.

SP Kavanaugh [7] Dikey olarak topraklanmış ısı pompası sistemlerinin simülasyonu ve deneysel doğrulaması ve kullanımını incelenmiştir. Bu çalışmada, sudan havaya geçişi olan bir ısı pompası için yıkama ve yıkama tankı olarak kullanılan dikey bir toprak bağlantısının performans özellikleri araştırılmıştır.

C Yavuzturk, JD Spitler [8] Dikey yer ısı eşanjörünün kısa süreli adımları, tepki faktörü modelini ve kullanımını incelenmiştir. Bu makalede, topraklı çift ısı pompası sistemlerinde kullanılan dikey toprak döngülü ısı eşanjörleri için kısa vadeli sıcaklık tepki faktörlerinin geliştirilmesi açıklanmaktadır.

S Sanaye, B Niroomand [9] Dikey zemin ısı pompalarının termal ekonomik modellenmesinde ve optimizasyonunda, toprak kaynaklı ısı pompalarının en iyi tasarım süreci, sistemin termal modellenmesini ve sistem performansını, başlatma ve işletme maliyetlerini etkileyen en iyi tasarım parametrelerinin seçimini içerir. Bu makalede modelleme ve en iyileştirme işlemi açıklanmaktadır.

K Bakırcı, Ö Özyurt, K Komşu, O Komşu [10] Isıtma uygulamaları için bir dikey kapalı çevrim güneş toprak kaynaklı ısı pompası sisteminin enerji analizi incelenmiştir. Isı pompası sistemi mevcut akaryakıt veya doğal gaz ısıtma sisteminin ısı kaynağını genişletmek için ideal bir yöntem olup enerji tüketimini azaltırken fosil yakıtlara olan bağımlılığı azalttığı ve çevrede serbest enerji kullanımını azalttığı görülür.

NK Muraya, DL O'Neal [11] Zemine bağlı ısı pompaları için dikey bir U borulu ısı eşanjöründeki bitişik bacaklar arasındaki termal etkileşim, dahili çift ısı pompasının geçici sonlu eleman modeli ile U borusunun bitişik bacakları arasındaki termal etkileşimi incelemek için geliştirilmiştir. Tanımlanmış parametrelerle çalışmaları kontrol edilmiştir.

P Blum, G Campillo, T Kölbl [12] Almanya'da dikey toprak kaynaklı ısı pompası sistemlerinin teknik ve mekansal analizi yapılmıştır. Bu çalışmanın amacı, dikey toprak kaynaklı ısı pompası sistemlerinin tasarımını ve performansını etkileyen teknik ve ekonomik faktörleri değerlendirmek ve bu faktörlerin coğrafi bileşenlerle mekansal korelasyonunu değerlendirilmiştir.

Y Hwang, JK Lee, YM Jeong, KM Koo, DH Lee, IK Kim [13] Bir okul binasına monte edilen dikey topraklı bir ısı pompası sisteminin soğutma performansı incelenmiştir. Bu makalede, Güney Kore'de bir okul binasına kurulan su soğutmalı toprak ısı kaynaklı ısı pompası sisteminin soğutma performansını tanıtmakta ve soğutucu zemin ısı kaynaklı ısı pompası sisteminin pratik çalışmasında soğutma performansı değerlendirilmiştir.

A Hepbaslı [14] İzmir, Türkiye'de yer kaynaklı toprak kaynaklı ısı pompası sisteminin performans değerlendirmesi çalışması yapılmıştır. Bu çalışma, İzmir Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Araştırma Enstitüsü'nde 65 metrekarelik bir odaya monte edilen zemine monte edilen bir ısı pompası sisteminin soğutma performansını özetlediği tespit edilir.

H Esen, M İnalli, Y Esen [15] Sıcaklık dağılımı, dikey olarak topraklanmış ısı pompası sisteminin sondaj deliğinde kontrol edilmiştir. Bu çalışmanın amacı, yer tabanlı ısı pompası sisteminin (GCHP) sondaj deliğinde zaman içindeki sıcaklık dağılımını göstermektir. Çalışma aralığı 48 saat olarak anılmıştır. R-22 dikey soğutucu olarak kullanılmaktadır.

H Sayyaadi, EH Amlashi, M Amidpour [16] Evrimsel algoritma, dikey toprak kaynaklı ısı pompasının çok fonksiyonlu optimizasyonunu incelemek için

kullanılmıştır. Dikey toprak kaynaklı ısı pompası sisteminin termodinamik ve termal ekonomik optimizasyonunun incelendiği görülür. Burada enerji ve ekserji analizine dayanan bir model tanıtılmaktadır. Toplam gelire dayanarak, sistemin ekonomik bir modeli geliştirilmiştir.

J Thornton, T McDowell, J Shonder [17] Konut dikey jeotermal ısı pompası sistemi modeli geliştirilmesini sağlamışlardır. Verilerin kalibrasyonu Jeotermal ısı pompası sistemine dayanan ayrıntılı bileşen tabanlı simülasyon modeli, Louisiana Fort Polk'de bulunan aile konutları için verileri izlemek üzere kalibre edilmiştir.

Ö Özgener, Hepbaşlı, L Özgener [18] Dikey toprak kaynaklı ısı pompası konut ısıtma sisteminin ekonomik modelinin parametrik çalışması ile dikey toprak kaynaklı (jeotermal) ısı pompası sisteminin ekonomik değerlendirmesi yapılmıştır. Ekserji ve maliyet-enerji kalitesi yöntemlerini kullandığı görülür. Çalışmada toprak kaynaklı ısı pompası (GSHP) konut ısıtma sisteminden elde edilen veriler kullanılmıştır.

Ö Özgener, Hepbaşlı [19] Serayı ısıtmak için kullanılan güneş enerjili dikey toprak kaynaklı ısı pompası sisteminin enerji ve enerji verimliliği değerlendirmesi üzerine bir parametre çalışması gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, güneş dikey yer kaynaklı ısı pompası (GSHP) sera ısıtma sisteminin sistem analizi ve performans değerlendirmesi yapılmıştır.

Y Gu, DL O'Neal [20] Topraklı ısı pompaları için dikey U-boruları için eşdeğer çaplı ifadelerin geliştirilmesi Topraklı ısı pompası uygulamalarında dikey U-boru ısı eşanjörlerinin ısı transferinde kullanım için eşdeğer çaplı ifadeler geliştirilmiştir. Bu ifade, kararlı ısı transferi ve bacaların birbirine eşmerkezliliği varsayımına dayanmaktadır.

A Balbay, M Esen [21] Dikey toprak kaynaklı bir ısı pompası sistemi ile ısıtılan kaldırımların ve köprü güvertelerinin sıcaklık dağılımı incelenmiştir. U borulu toprak ısı değiştiricili (GHE) dikey bir toprak kaynaklı ısı pompası (GSHP) sistemi kullanılarak, kaldırımlarda ve köprü plakalarında buz çözme ve kar eritme için sıcaklık dağılımı soğuk dönemlerde belirlenebilir.

A Michopoulos, T Zachariadis, N Kyriakis [22] Dikey toprak ısı eşanjörlü toprak kaynaklı ısı pompası sisteminin çalışma karakteristikleri ve deneyimleri incelenmiştir. Bu makale, sekiz yıllık bir çalışma süresi boyunca kuzey Yunanistan'daki yeni belediye binasına kurulan toprak kaynaklı ısı pompası sisteminin performansını bildirmekte olduğu bilinmektedir.

H Esen, M İnalli [23] Yapay sinir ağları kullanarak dikey toprak bağlantılı ısı pompası sisteminin modellenmesi incelemiştir. Bu makalede, yapay sinir ağlarının (YSA), deneysel olarak soğutma ve ısıtma amaçlı kullanılan bir dikey toprak bağlantılı ısı pompası sisteminin performansını tahmin etmedeki uygulanabilirliği açıklanmaktadır. Sistemde üç farklı ısı eşanjörünün içerdiği görülmektedir.

L Pu, D Qi, K Li, H Tan, Y Li [24] Yapay sinir ağı, dikey topraklama ısı pompası sisteminin modellenmesini incelemek için kullanıldı. Bu makalede, yapay sinir ağlarının (YSA) soğutma ve ısıtma için deneysel olarak topraklanmış ısı pompası sistemlerinin performansını değerlendirmede uygulanabilirliği açıklanmaktadır. Sistemin üç farklı ısı eşanjörü içerdiği görülebilir.

H Benli [25] Ilıman iklimlerde sera ısıtması için yatay ve dikey kaynaklı ısı pompası sistemleri arasındaki performans karşılaştırması incelenmiştir. Bu makalede sunulan araştırma, ılıman iklim uygulamalarında seraları ısıtmak için toprak kaynaklı ısı pompası sistemlerinin kullanılmasının teknik ve tasarım fizibilitesini kanıtlamayı amaçlamaktadır.

C Han, XB Yu [26] Dikey jeotermal ısı pompası sisteminin duyarlılık analizi yapılmıştır. Bu makale, dikey bir jeotermal ısı pompası sisteminin performansını etkileyen faktörlerin duyarlılık analiziyle sistem performansını iyileştirmeyi amaçlayan bir tasarım ve işletme stratejisi geliştirmeyi amaçlamaktadır. İlk olarak, 3B bağlantılar için sonlu elemanların gelişimi açıklanmaktadır.

SE Dehkordi, RA Schincariol [27] Termal akışkan jeolojisi ve kuyu içi ısı değiştirici performansının dikey kapalı çevrim jeotermal ısı pompası sistemi üzerindeki performansı ve etkisi araştırılmıştır. Toprak bazlı jeotermal sistemler verimlilikleri, sürdürülebilirlikleri ve küresel uygulanabilirlikleri nedeniyle dikkat çektiği görülür. Sonuç olarak, bu konuda tasarım yazılımı ile kanun ve yönetmelikler geliştirilmiştir.

EH Spilker [28] Termal iletkenlik testi ve farklı dolgu malzemelerinin dikey delik uzunluğu üzerindeki etkisine dayanarak, zemin pompası ısı pompası devresinin tasarımı tasarlandığı bilinmektedir.

NR Diao, HY Zeng, ZH Fang [29] Dikey toprak ısı eşanjöründeki ısı transfer modelini geliştirdiği görülür. Toprak kaynaklı ısı pompası sistemlerinde kullanılan dikey toprak ısı eşanjörleri için bir ısı transfer modeli geliştirdiği bilinmektedir.

H Esen, M İnalli [30] YSA ve ANFIS modelleri, dikey toprak kaynaklı ısı pompası sistemlerinin performansını değerlendirmek için kullanılır. Bu çalışmanın amacı, bir dikey toprak kaynaklı ısı pompası sisteminin performansını tahmin etmek için bir yapay sinir ağına sahip bir uyarlanabilir nöral bulanık ekstraksiyon sisteminin dizi karşılaştırmasını ve analizini göstermektir.

C Yavuzturk, JD Spitler, SJ Rees [31] Dikey U borulu toprak ısı eşanjörleri için geçici iki boyutlu sonlu hacimli bir model çalışırken, dikey yer ısı tankları için yoğun bir ambalaj simülasyon modeli geliştirdi.

M Bernier [32] Dikey toprak bağlantılı ısı pompası sistemini tasarlamak ve analiz etmek için silindirik ısı kaynağı yöntemi incelenmiştir. Zemin ısı pompası (GCHP) sistemi başarıyla tasarlanmış ve analiz edilmiştir. Bu çalışmada, yeraltı suyu ısı transferi için silindirik ısı kaynağı yönteminin ayrıntılı bir incelemesinin önerildiği gözlenmiştir.

Y Shang, M Dong, S Li [33] Dikey toprak kaynaklı ısı pompası sisteminin aralıklı test araştırması incelenmiştir. Bu yazıda, dikey bir toprak kaynaklı ısı pompası sisteminin aralıklı bir testi ve ilgili coğrafi sıcaklık değişiklikleri incelenmiştir. Aralıklı çalışma kapsamında GSHP sisteminin performansı ve karşılaştırması da çalışmaya dahil edilmiştir.

W Retkowski, J Thöming [34] Doğrusal olmayan tamsayı programlama ile, dikey toprak kaynaklı ısı pompası sisteminin termal ekonomik optimizasyonu incelendiği görülür, dikey toprak kaynaklı ısı pompası sistemi konut ve ticari binalar için alan ısı kaynağı olarak nispeten sabit bir zemin sıcaklığı kullanır. GSHPS'nin tasarım odağı en iyi delme derinliğini ve miktarı üzerinde çalışılmıştır.

RA Beier, MD Smith, JD Spitler [35] Referans veri seti, dikey kuyu toprak ısı değiştirici modelini ve termal cevabı analiz etmek ve analiz etmek için kullanılmıştır. Toprak kaynaklı ısı pompası (GSHP) sistemi genellikle kapalı bir devre aracılığıyla yere monte edilir ve sistemde dolaşan sıvı ısı pompası ile toprak arasında ısı alışverişi yaptığı görülür. Birçok uygulamada, dikey sondaj deliğindeki U şeklindeki tüp jeotermal için seçilen geometri olduğu bilinmektedir.

H Zeng, N Diao, Z Fang [36] Dikey toprak ısı eşanjörlerinde sondajın ısı transfer analizi incelenmiştir. Dikey delmede U şekilli borular kullanılır. Dikey GHE'lerin avantajları, az yer kaplaması ve toprak kaynaklı ısı pompası sistemlerinin en etkili performansını sağlayabilmeleridir.

YA Kara [37] Isıtma modunda, kapalı devre dikey toprak kaynaklı ısı pompasının deneysel performans değerlendirmesini kontrol etmek için enerji analiz yöntemi kullanılmıştır. Erzurum il jeotermal modunda yer kaynaklı ısı pompası sisteminin performansını belirlemek için deneysel bir çalışma yapılmıştır. Soğutma sıvısı olarak R-134a kullanan GSHP sisteminde tek bir U borulu toprak ısı eşanjörü bulunmuştur.

Q Lu, GA Narsilio, GR Aditya, IW Johnston [38] Melbourne dikey toprak kaynaklı ısı pompası sisteminin ekonomik analizi incelenmiştir. Bu çalışma, Melbourne, Avustralya'daki Melbourne dikey toprak kaynaklı ısı pompasının bazı ekonomik göstergeleri değerlendirilmiştir. Bu sistemlerle ilişkili performans ve maliyetler hakkında çok az kamu verisi olduğu bilinmektedir. Bu problemi çözmenin ayrıntılı maliyeti araştırılmıştır.

J Chen, L Xia, B Li, D Mmerekı [39] Zemin ısı pompası sisteminde dikey U-şekilli boru hattı toprak ısı eşanjörünün optimum gömme derinliğinin simülasyonu ve deneysel analizini inceledi. Bu makale, dikey U borulu toprak ısı eşanjörleri (GHE) için sayısal bir ısı transfer modeli sunmaktadır. Model farklı başlangıç toprak sıcaklıklarını ve farklı derinliklerde fiziksel özellikleri benzersiz bir şekilde değerlendirebilir. Model doğrulanmıştır.

M De Carli, M Tonon, A Zarrella, R Zecchin [40] Dikey topraklanmış ısı eşanjörünün hesaplamalı direnç modeli incelenmiştir. Hacim ısıtma ve soğutma için kullanılan ısı pompası ilginç bir örnektir. Bu yöntemleri kullanarak, Kavanaugh ve Rafferty dikey zemin ısısı tasarlamak için bir yöntem önerdiler. Ayrıca kullanıcının ısı yüküne girmesini sağlayan bir ısı pompası modeli de içerdiği bilinmektedir.

M Song, S Deng, D Pan, N Mao [41] Hava kaynaklı ısı pompasında erimiş donun aşağıya doğru akışının dikey çok devreli dış bobin yoluyla buz çözme performansı üzerindeki etkisi üzerine deneysel bir çalışma yaptılar. Önceki ilgili çalışmalar, çok devreli bir dış hava bobini dikey olarak monte edilmiş bir hava kaynaklı ısı pompası (ASHP) ünitesi için, ters çevrimli buz çözme sırasında erimiş donun dış bobinin yüzeyine akışının buz çözme performansını etkileyebileceğini gösterdiği tespit edilmiştir.

P Eslami Nejad, M Ouzzane, Z Aidoun [42] Jeotermal ısı pompası uygulamaları için iki fazlı karbondioksit dolgulu dikey kuyu modeli üzerinde araştırılmıştır. Katı malzemede (harç) gömülü uzun bakır U tüplerinden oluşan karbondioksit dolgulu dikey jeotermal sondaj kuyularının karmaşık termal davranışlarını incelemek için sayısal bir model geliştirilmiştir. Model, tek fazlı ve iki fazlı sıvıların kombinasyonunu açıkladığı görülür.

KB McCray [43] Kılavuz, kapalı devre ısı pompası sistemleri için dikey delme inşaatı üzerinde çalışmaktadır. Çeşitli jeolojik ve hidrolojik koşullar altında uygun dikey düşük sıcaklıklı jeotermal sondaj tesisatı uygulamaları için Ulusal Yeraltı Suları Birliği (NGWA) kılavuzları, kullanımla ilgili önemli konuları tanımladığı bilinmektedir.

S Sanaye, B Niroomand [44] Dikey toprak bağlantılı buhar ejektörlü ısı pompası, termal ekonomik modelleme ve optimizasyon çalışmaları yapılmıştır. Dikey yerde duran buhar ejektörü, ısı pompasına bağlı bir zemindir; burada ısı pompası, bir buhar sıkıştırma soğutma çevrimi ejektörü değil, kapalı dikey bir zemin ısı eşanjörü olduğu bilinir.

J Wallin, J Claesson [45] Bir ısı pompası tarafından çalıştırılan bir sistemdeki dikey egzoz ısı geri kazanımlı ısı değiştiricinin etkinliği incelenmiştir. Bu çalışmada, dikey egzoz ısı geri kazanımlı ısı eşanjörünün performansı incelenmiştir. Sistem ısıyı geri kazanmak için ısı pompaları kullanır. Özel dikkat çekmek için kalite ölçüm verileri analiz edilmiştir.

H Esen, M İnalli [46] Türkiye'de bir toprak kaynaklı ısı pompası sistemi üzerinde bir Elazığ termal müdahale testi yapılmıştır. Zemin neredeyse sınırsız bir ısı kaynağı, her zaman mevcut olan bir ısı kaynağı ve emme ısı pompası (HPS) saha cihazı, bir mobil römork ve 1 kW'lık bir sirkülasyon pompası ve bir ısı taşıyıcı sıvıdan oluşur.

H Narei, R Ghasempour, Y Noorollahi [47] Dikey toprak kaynaklı ısı pompası deliklerinin uzunluğunu azaltmak için nanofluidlerin kullanılmasının etkisi araştırılmıştır. Günümüzde toprak kaynaklı ısı pompalarına enerji tasarruflu iklimlendirme sistemleri adı verilmektedir. Bununla birlikte, yüksek başlangıç maliyeti, bu tür sistemlerin yaygın kullanımının önündeki ana engel olduğu görülür.

E Kim, J Lee, Y Jeong, Y Hwang, S Lee, N Park [48] Okul Binalarında Dikey Zemin Kaynaklı Isı Pompası Sistemlerinin Gerçek Çalışma Koşulları-Enerji ve Binalar Altında Performans Değerlendirmesi yapılmıştır. Bu çalışma, Kore'deki Busan Üniversitesi'nde kurulan toprak kaynaklı ısı pompası (GSHP) sisteminin performansını değerlendirmeyi amaçlamakta olduğu bilinmektedir.

MR Ally, JD Munk, VD Baxter, AC Gehl [49] Isı pompaları kullanılarak iki aşamalı toprak kaynaklı ekserji analizi, konut evlerinin konut delikleri üzerinde simüle edilmiş dikey saha çalışması, sudan havaya ısı 253 metrekare karışık nemli evlerde ev

düzenleme yükünü karşılamak için farklı kapasiteli ısı pompalarının performansı analiz edilmiştir.

J Hua, G Li, X Zhao, W Wu, D Li, Q Li [50] Sığ jeotermal enerji ve yenilenebilir ve temiz bir enerji olarak buna karşılık gelen gömülü boru hattı ısı pompası teknolojisi, yurtiçi ve yurtdışı endüstri araştırmaları ve akademisyenler için önemli bir konu haline gelmiştir. Toprağı çevreleyen ısı yığılı problemi ciddi bir problem olsa da, gömülü borulu ısı pompası sisteminin termal performansı ve gerçek çalışması incelenmiştir.

J Wallin, J Claesson [51] Isı pompası yardımcı drenaj ısı geri kazanım sisteminin dikey ısı eşanjörleri kullanılarak verimliliği analiz edilir. Bu çalışmanın amacı, farklı deşarj sıcaklıklarına sahip farklı deşarj akışlarında geri kazanım sisteminin nasıl çalıştığı hakkında bilgi toplamak için dikey sıralı ısı eşanjörleri ve ısı pompaları kullanılmaktadır.

Y Deng, CB Fedler [52] Birden fazla toprak tabakasının dikey topraklanmış bir ısı pompasının tasarımı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Çok katmanlı toprakta dikey toprağa bağlı ısı pompasının ısı transferi üzerine deneysel ve sayısal çalışmalar. Bakır borudaki sıcak sudan üç katmanlı toprak sistemine ısı transferini simüle etmek için deneyler yapılmıştır.

Luxwyhu Ming_ming, WEI Tang_di [53] Toprak kaynaklı ısı pompası için kullanılan toprak ısı eşanjörü tipi gömülü yükseltici üzerinde deneysel bir çalışma gerçekleştirdi. Bu makalede, bir toprak kaynaklı ısı pompası geliştirmenin önemi gösterilmekte ve pompanın beklentileri açıklanmaktadır. Yurt dışında kullanılan yöntem, toprağın gömülü borularla yeraltı ısı eşanjörü etrafındaki sıcaklık dağılımını elde etmek için incelenmiştir.

YT Kang, RN Christensen [54] Dikey oluk GAX emicisinin karşı akım modelinin geliştirilmesi incelenmiştir. Özet Jeneratör emici ısı eşanjörü (GAX) çevrimi genel bir döngüdür ve emme sıvısı olarak amonyak kullanılabilir. Bu döngü yıllarca sürdü. Bu makalede, analitik bir modelleme yöntemi için bir teklif sunulmuştur ve ısı ve kütle transferi olarak test edilmiştir.

M Song, L Xia, S Deng [55] Ters çevrimli buz çözme işleminde, hava kaynaklı ısı pompası ünitesindeki dikey üç devrenin dış bobininin düzensiz buz çözülmesini azaltmak için bir model çalışması yapılmıştır. Ters çevrim defrost, hava kaynaklı ısı pompası üniteleri için en yaygın kullanılan standart defrost yöntemidir.

S Awani, R Chargui, S Kooli, A Farhat [56] Düz plaka toplayıcı ve dikey ısı eşanjörü ile ilişkili ısı pompası sisteminin iki tip seraya ısıtma performansı incelenmiştir. Yenilenebilir enerji, enerji talebini artırmak için en etkili çözüm gibi görünmektedir. Enerji tüketimi, özellikle Tunus'taki seralarda artış eğilimindedir.

L Lamarche, B Beauchamp [57] Kısa süreli jeotermal dikey sondaj için yeni çözümler araştırılmıştır. Zemine monte edilen ısı pompası sistemlerinde kullanılan dikey ısı eşanjörlerinin termal tepkilerini analiz etmek için sayısal veya analitik olsun birçok model önerilmiştir. Bu modeller üzerinde çalışılmıştır.

R Ghezelbash, M Farzaneh Gord, H Behi, M Sadi [58] Dikey toprak bağlantılı ısı pompası ile entegre doğal gaz üretim ekipmanının performans değerlendirmesi doğrulandı. Mevcut makalede, doğal gaz genişleme tesislerinde enerji tasarrufu için dikey bir zemin tipi ısı pompası sistemi önerilmektedir. Tesis, modern bir geleneksel doğal gaz basınç düşüş istasyonudur.

MA Bernier [59] Topraklı ısı pompası sisteminin simülasyonu incelenmiştir. Bir ısı eşanjörü için, devredeki ısı pompası tarafından serbest bırakılan / emilen enerjiye göre değiştiği bulunmuştur. Bu makalede, her yıl dikey U ile donatılmış bir toprak-çift ısı pompası sistemi ile saat simülasyonu yapan nispeten basit bir prosedür önerilmektedir.

JD Spitler, M Bernier [60] Dikey matkap taban ısı değiştiricisinin tasarım yöntemi incelenmiştir. Herhangi bir toprak kaynaklı ısı pompası sisteminin temel bileşeni toprak ısı eşanjörüdür (GHE). Birçok konut sistemi ve neredeyse tüm ticari ve kamu kurum sistemleri için GHE, yerleştirme tüpleri olan bir veya daha fazla dikey sondajdan oluşacaktır.

SE Dehkordi, RA Schincariol [61] Dikey jeotermal ısı pompası sisteminin yönergeleri ve tasarım yöntemleri incelenmiştir. Jeotermal ısı pompaları, enerji verimliliği, artan enerji fiyatları ve yenilenebilir veya sürdürülebilir enerji biçimleri nedeniyle giderek daha popüler hale gelmiştir. Bununla birlikte, tasarım konuları ve yasal çerçevenin gelişme hızı tutarlı değildir.

W Retkowski, G Ziefle, J Thöming [62] Sığ dikey toprak kaynaklı ısı pompası sistemleri için farklı ısı reddetme stratejilerinin değerlendirilmesi. Sığ dikey toprak kaynaklı ısı pompası sistemi (GSHPS) geleneksel ısıtma sistemlerine popüler bir alternatif haline gelmiştir. Genellikle, ısı talebi arttıkça, birden fazla dikey toprak ısı eşanjörü (GHE) gereklidir.

Y Leyuan, Z Jun, L Xingguo, Z Qiang [63] Isı transfer modelleri ve dikey spiral jeotermal ısı pompaları üzerinde deneyler yaptılar. Bu nedenle dikey spiral jeotermal ısı pompası sistemi incelendi.

M Hanuszkiewicz Drapała [64] Buhar kompresörlü ısı pompası ve dikey U tüplü toprak ısı eşanjörü ile ısıtma sistemini kontrol edin. Bu yazıda, küçük evler ve dikey U borulu toprak ısı eşanjörlü ısıtma sistemleri için buhar kompresörü ısı pompalarını ele alıyoruz. Sistemin matematiksel modeli: ısıtılmış nesne - buhar kompresörü ısı pompası - toprak ısı eşanjörü olarak incelenir.

RL Sriver, M Huber [65] Tropikal siklonların neden olduğu okyanus ısı pompalarını bulmak için gözlemsel kanıt arayın. Siklonlar genellikle tropikal okyanusların karışık katmanlı havasında güçlü bir soğutma ve iklimlendirme etkisi bulur, dikey karıştırma oluşturur ve karışık tabaka tarafından yayılan ısıyı azaltır.

P Fleuchaus, P Blum [66] Alman dikey toprak kaynaklı ısı pompası sistemindeki hasar olaylarının analizi Son yıllarda, Alman dikey toprak kaynaklı ısı pompası (GSHP) sisteminde bazı şaşırtıcı hasar vakaları meydana gelmiştir. Medyadaki geniş kapsama kamuoyunun dikkatini çekti ve toprakların çökmesine ve zemin seviyesine ciddi hasar veren raporlara yönelik araştırmalar yapılmıştır.

M Kim, G Lee, YJ Baik, HS Ra [67] Doğrudan genişlemeli dikey yer ısı eşanjörü jeotermal ısı pompasının performans değerlendirilmesi çalışılmıştır. Dikey kapalı çevrim toprak kaynaklı ısı pompası sistemi nispeten küçük bir alanda bulunur; Orta jeotermal ısı üretebildiği için Güney Kore'de yaygın olarak kurulmuştur. Toprak ısı eşanjörü için sistemde tuzlu su sirkülasyonlu dikey kapalı devre tipi de incelenmiştir.

F Piscaglia, A Blasi, S Del Moro, F Polonara, A Arteconi [68] Dikey sondaj ve zemine bağlı ısı pompası sisteminin izlenmesi: mermer-kireçtaşı ısı depolama örnek olarak incelenmiştir. (Urbino, Orta İtalya) Bu makale, Urbino'da (Orta İtalya) faaliyet gösteren dikey bir kuyu altı yüzey ısı pompası sistemi ile ilgili bir vaka çalışmasını tanıtmakta ve mevsimsel performansını ve tortul ısı rezervuarı üzerindeki etkisini değerlendirmektedir.

BL Xianying, D Yong, H Mingming [69] Soğutma deneyleri için sığ gömülü dikey borulu ısı değiştiricili bir toprak kaynaklı ısı pompası kullanılmıştır. Kış ısıtma modundaki ölçüm sonuçlarına göre, sabit su hacmi altında sistem çalışmasının ölçüm etkisi ve parametre çalışması dahil olmak üzere deneysel prosedürler ve cihaz iyileştirmeleri açıklanmaktadır.

M Farzaneh Gord, R Ghezelbash, M Sadi [70] Dikey olarak toprak bağlantılı ısı pompalarının geleneksel doğal gaz basınç düşürme istasyonlarına entegre edilmesi: Enerji, ekonomik ve karbondioksit emisyon değerlendirmeleri yapıldı Şehir kapısı, yüksek basınçlı doğal gaz alır ve bir gaz kelebeği valfinden basıncı azaltır. Doğal gazın basıncı azaldıkça sıcaklık düşer, böylece sıvı ve katı parçacıkların sıvı boru hattını bloke etmesini önler.

AS Kord, SA Jazayeri [71] Dikey topraklanmış ısı pompalarının optimizasyonu ve analizi incelenmiştir. Bu çalışmada, ısıtma uygulamaları için tek bir U şeklinde bükülmüş toprak ısı eşanjörüne sahip toprak bağlantılı bir ısı pompası (GCHP) sistemi kullanılmıştır. Kütle, enerji, entropi ve ekserji arasındaki denge ilişkisi türetilir ve GSHP sistemine uygulanır. Performans özellikleri araştırılmıştır.

S Oh, Y Cho, R Yun [72] Dikey su arıtma binasının orijinal su kaynaklı ısı pompası incelenmiştir. TRNSYS, dikey su arıtma binasındaki su depolama tankının orijinal su kaynaklı ısı pompasını dinamik olarak simüle edilmiştir. Bir veya iki ısı pompalı iki farklı ısı pompası sistemi konfigürasyonu incelenmiştir.

I Sarbu, C Sebarchievici [73] Bina ısıtma ve soğutma için toprak kaynaklı ısı pompası sistemlerinin genel tekrarı incelenmiştir. İlk olarak, ısı pompasının çalışma prensibi ve enerji verimliliği tanımlanmıştır. Yüzey suyu, yeraltı suyu ve yer beyni ısı pompaları üretilmektedir ve zemin termal tepki test modelleri için dikey zemin ısısına bakılmıştır.

W Ruan, WT Horton [74] Literatür taraması, jeotermal ısı pompası sistemleri için dikey yerden ısı değiştiricilerinin hesaplanmasını gözden geçirmiştir. Yer ısı eşanjörünün (GHE) performansının hesaplanması, jeotermal ısı pompası sisteminin performansını tahmin etmek ve başlangıç maliyetini tahmin etmek için çok önemlidir. Kuzey Amerika'daki ortalama GHE'nin yaklaşık 10 büyük olduğu tahmin edilmektedir.

H Esen, E Turgut [75] Yerden ısı pompası sisteminin çalışma parametrelerinin Taguchi yöntemi kullanılarak optimize edilmesi yöntemi incelenmiştir. Aynı zamanda toprağa bağlı ısı pompalarının (GCHP) günlük artan kullanımını da çözmektedir. Dikey GCHP sistemine genel bakış kontrol edildi. Odadaki ısı pompası ünitesine tek bir U delikli GHE bağlanmıştır.

Z Kaili, W Ruzhu, Y Liqiang [76] Dikey gömülü toprak kaynaklı ısı pompası üzerine teorik araştırmalar yapılmıştır. U-şekilli boru çevresindeki zemin sıcaklığının

değişimini ve toprak kaynaklı ısı pompasının (GSHP) ısıtma ve soğutma performansı ile zemin sıcaklık alanı arasındaki ilişkiyi açıklar. Sayısal hesaplama için sonlu elemanlar yöntemi kullanılmıştır.

J Desmedt, JV Bael Strojarsstvo [77] Dikey toprak kaynaklı ısı pompasının verimlilik araştırması ve enerji tasarrufu incelenmiştir. AB'deki nihai enerji tüketiminin% 40'ı inşaat sektörü ile ilgilidir. Toprak kaynaklı ısı pompası (GSHP) ile birlikte, dikey sondaj ısı eşanjörleri (BHE) çeşitli Avrupa ülkelerinde / bölgelerinde çevresel seçeneklerdir ve bu çalışmada ayrıntılı çalışmalar yapılmıştır.

A Li, X Xu, Y Sun [78] Boru hattı yapısının farklı iklim bölgelerinde, binanın enerji verimliliğini artırmak ve toprak kaynaklı ısı pompaları için dikey toprak ısı eşanjörlerinin akışını artırmak için entegre toprak kaynaklı çift ısı eşanjörlü bir boru hattı gömülü duvar incelenmiştir.

W Yang, X Liang, M Shi, Z Chen [79] Zemin ısı pompaları için kullanılan dikey U-şekilli toprak ısı eşanjörünün sayısal modeli üzerinde çalışılmaktadır Zemin ısı pompası (GHE) ile çevre toprak arasındaki ısı transferi, GSHP'nin tasarımının ve simülasyonunun optimize edilmesinde yaygın bir sorundur. Bu yazıda, yarı üç boyutlu sayısal model dikey U-şekilli dirsek GHE'dir.

M Li, ACK Lai [80] Dikey yer ısı eşanjörünün (GHE) ısı transfer analiz modelini gözden geçirin: zaman ve mekan ölçeği perspektifi olarak çalışıldı. Temel olarak dikey bir delme veya ısıtma kanalında bulunur ve küçük sıcaklık dalgalanmalarına (U şeklinde, W şeklinde veya spiral şeklinde) sahiptir, böylece ısı pompası için daha yüksek bir verimlilik sağlar.

F Chen, J Mao, S Chen, C Li, P Hou, L Liao [81] Faz değişim malzemelerinin verimliliği, bir toprak kaynaklı ısı pompası sistemine bağlı dikey U borulu ısı değiştirici kullanılarak incelenmiştir. Faz değiştirme malzemesinin (PCM) harç olarak kullanılmasının toprak kaynaklı ısı pompası (GSHP) sisteminin verimliliği üzerindeki etkisini incelemek için bu çalışma bir alan modeli ve dinamik olarak değişen bir dijital GSHP sistem modeli yaratılmıştır.

H Wang, J Tian, Y Ma, W Dong [82] Jeotermal ısı pompasının dikey U-tüp temelinin ısı transfer özellikleri incelenmiş, Tan Han bölgesinin meteorolojik verisi ve toprak özelliklerine dayanarak, jeotermal ısı pompasının dikey U-tüp temelinin kararsız sıcaklık alanının matematik modeli oluşturulmuş ve sistem performansı kullanılmıştır. Farklı çalışmaların sonuçları çalışmaya dahil edilmiştir.

JP Meyer, PJA Raubenheimer [83] Isı pompası su ısıtıcısına bağlı dikey sıcak su depolama tankındaki geri akış sirkülasyon akışının tabakalaşma üzerindeki etkisi incelenmiştir. Dikey kullanım sıcak suyu depolama tanklarında ısıtarak sıcaklık kontrollü sıcak su ısı pompaları simüle edilmiştir. Geri akış sirkülasyon akış hızının tabakalaşma üzerindeki etkisi deneysel olarak incelenmiştir. Geri dönüş suyu boru hattının, uzun bir boru hattı sağlayan bir su boru hattı olduğu görülebilir.

EJ Kim, JJ Roux, G Rusaouen, F Kuznik [84] Durum modeli boyut küçültme tekniği kullanılarak, kısa süreli analiz için jeotermal dikey ısı değiştiricinin sayısal bir modelleme çalışması yapılmıştır. Yere bağlı ısı pompası sistemlerinde dinamik çalışma modlarının kullanımına göre, modern jeotermal sistemlerin simülasyonunda, sondaj ısı eşanjörünün içinde ve çevresinde kısa vadeli bir analiz gereklidir. Sayısal modelleme bu zorluğa uygun bir cevap olabilir.

DL O'Neal, JA Gonzalez, W Aldred [85] Teksas'ta konut kullanımı için dikey olarak topraklanmış bir ısı pompası ısı eşanjörünün boyutu için basitleştirilmiş prosedür incelenmiştir. Modülasyon geçici simülasyon modelleri ve hava ve toprak verileri kullanılarak geliştirilen Teksas tabanlı bir termal simülasyon modeli için zemin tabanlı ısı pompası (GCHP) boyutu için Teksas dikey ısıya dayalı basitleştirilmiş bir teknik kullanıldığı görülür. Simülasyon modeli oluşturulmuştur.

MJ Kim, BM Seo, JM Lee, JM Choi, KH Lee [86] Depolama tanklı bir dikey kapalı çevrim toprak kaynaklı ısı pompası sisteminin çalışma performansı ve enerji tasarrufu potansiyeli araştırılmıştır. Toprak kaynaklı ısı pompası (GSHP) sistemleri, binaları ısıtmak ve soğutmak için enerji tasarrufu sağlamak için nispeten sabit yeraltı sıcaklıklarını kullanılmıştır.

F Ünal, G Temir, H Köten [87] Güneş destekli dikey toprak kaynaklı ısı pompası sistemi ısıtma sezonu enerjisi, bu çalışmanın amacı Exergy ve eksgoekonomik analizini kullanmaktır, Türkiye Güneydoğu Anadolu'da bulunmaktadır, Mardin güneş destekli dikey toprak kaynaklı ısı pompası sistemi (VGSHP) kış iklimi Koşul deneysel performansı değerlendirilmektedir.

M Bernier, D Randriamiarinjatovo [88] Dikey zemin ısı eşanjörü ısı pompası sistemlerinin yıllık simülasyonu, toprağa bağlı ısı pompası (GCHP) sistemlerindeki son popülerliklerinden kaynaklanmaktadır ve enerji tasarrufu potansiyeli vardır. Ancak, GCHP'nin etkin bir şekilde çalışması için boyutlarının ayarlanması gerekir. Bu makale, yıllık GCHP simülasyonlarını gerçekleştirmek için bir yöntem sağlamaktadır.

MT Lee, YI Kim, BH Kang [89] GHX (Jeotermal Isı Eşanjörü) tasarımı, dikey U tüplü toprak ısı eşanjörüne sahip bir toprak kaynaklı ısı pompasının dinamik

simülasyon performansını belirler ve başlangıç maliyeti araştırılmıştır. Bu, zemin kaynaklı ısı pompası sisteminde en önemli faktördür. GHX'in performansı büyük ölçüde toprağın, çimento bulamacının ve boruların termal direncine bağlıdır.

Y Zhang, L Zhou, Z Hu, Z Yu, S Hao, Z Lei, Y Xie [90] Toprak kaynaklı ısı pompası sistemini daha iyi tasarlamak için, katmanlı termal iletkenlik yapay sinir ağı kullanılarak tahmin edilmiştir. Toprak kaynaklı ısı pompaları (GSHP), yüksek verimlilikleri ve çevre korumaları nedeniyle son yıllarda dünya çapında kullanılmaktadır. Kaya ve toprak katmanlarının termal iletkenliği, GSHP sisteminin tasarımında doğru tahmin için çok önemlidir.

Y Zou, H Tuo, PS Hrnjak [91] Dikey iki fazlı soğutucunun bozulması ve ısı pompası modunda bir ısı evaporatörü olarak ısı değiştiricinin performansı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Dikey kapak bariz bir ortak özelliktir ve konut ısı eşanjörleri için bir iklimlendirme sisteminin tipik bir çok kanallı mikro kanallı ısı değiştiricisinin etkisi araştırılmıştır. Isı pompası modunda çalışırken, evaporatör görevi görülmektedir.

Funabiki, M Oguma, T Yabuki [92] Yeraltı suyu akışının dikey kuyu kaynaklı ısı pompası sistemine etkisi incelenmiştir. Yeraltı suyu akışı ve termal konveksiyonun yeraltı ısı değiştiricilerinin (GHE) performansını arttırdığı bilinmektedir, ancak yeraltı suyu konveksiyonunun performans üzerindeki etkisi tam olarak anlaşılammıştır. Bu çalışmada yeraltı suyu akışı ile ilgili parametreler incelenmiştir.

BL Peng, Q Zhongzhu, Y Liqiang [93] Yer altı ısı pompasının U-şekilli dikey döngüsünün zemin sıcaklığı alanının teorik çalışması sonlu elemanlar yöntemi ile incelenmiştir. Bu yöntem, U şekilli dikey halkanın zemin sıcaklığı bölgesinin sayısal simülasyonunda kullanıldığı görülür. Sonuçlar ölçülen verilerle tamamen tutarlı olduğu tespit edilir. Isı yayılımı ile boru hattının gömülü derinliği arasındaki ilişki incelenmiştir.

Y Bi, L Chen, C Wu [94] Dikey çift spiral bobinli toprak ısı değiştiricili güneş toprak kaynaklı ısı pompası sistemi incelenmiştir. Deneysel çalışma, dikey çift spiral bobinli (VDSC) toprak ısı eşanjörü (GHX) olan bir güneş toprak kaynaklı ısı pompası (SGSHP) sistemi üzerinde gerçekleştirilmiştir. SGSHP sisteminin ısıtma modu güneş enerjisi ısı pompaları (SSHP) arasında farklılıkları gösterdiği görülür.

N Diao, Q Li, Z Fang [95] Yeraltı suyu ısı eşanjörlerinin adveksiyon altında ısı transfer problemi incelenmiştir. Yeraltına gömülmüş ve bir ısı pompasına bağlı kapalı bir sistem incelenmiştir. Dikey toprak ısı eşanjörü (GHE), her biri bir GSHP sistemi içeren bir dizi sondajdan oluştuğu bilinmektedir.

A Balbay, M Esen [96] Kaldırımında ve köprü güvertesinde karı eritmek için toprak kaynaklı ısı pompası sistemini kullanarak deneysel bir çalışma üzerinde çalışıldığı bilinmektedir.

KJ Shin, AV Angani [97] Enerji santralleri tarafından işlenen atık sıcak suyu kullanarak dikey dikey akvaryumlar için özel bir ısı pompası tasarlandığı bilinmektedir. Bu makale, dünyaya yeni tanıtılan dikey bir akvaryum enerji yönetim sisteminin tasarımı hakkında olduğu bilinmektedir. Günümüzün termik santralleri atık suyu doğrudan okyanusa deşarj edilmektedir.

M Esen, O Özsolak [98] Güneş toprak kaynaklı ısı pompası sistemini modellediler ve deneysel performans analizi yapılmıştır. Güneş toprak kaynaklı ısı pompası sisteminin genel görünümünü gösterdiği bilinir. Bu çalışmada, yatay ve dikey zemin döngülerinde sirkülasyon pompaları kullanılmıştır.

K Bakırcı [99] Zemin kaynağı performansının değerlendirilmesi GHE pompa serisi GHE'nin (toprak sistemi ısısı, soğuk iklim bölgesinde ısı eşanjörü) incelenmesi yapılmıştır. Bu çalışmanın amacı, dikey toprak kaynaklı ısı-bir dizi GHE pompalama sisteminin (toprak tarafından oluşturulan iklimler)test ekipmanı için ısı eşanjörleri), sıvı-sıvı buhar sıkıştırma ısı pompaları, su sirkülasyon pompalarının performansı değerlendirilmektedir.

H Esen, M Inalli, M Esen [100] Yatay topraklı ısı pompası sisteminin sayısal ve deneysel analizi yapılır. Ortam, düşük seviyeli bir enerji ısı pompasının faydalı ısısı ile yükseltilebilir. Topraklanmış ısı pompası (GCHP), topraktan ısıyı emmek için yeraltına 1–1,5 m yatay olarak döşenmiş borularla Toprak Isı Değiştirici'yi (GHE) kullanılabilir.

S Kurpaska, H Latala [101] Kompresör ısı pompası ile çalışan yer ısı eşanjörünün enerji verimliliği kontrol edilmiştir. Isı pompaları kullanarak sistemin etkinliğinin analiziyle ilgili sorunlar birçok bilimsel merkezde araştırma konusu olmuştur. Isı pompasının çalışma verimliliğini analiz etmek için zeminin dikey sıcaklığına bakılmıştır.

DLCJP Menglong [102] Toprak faktörlü ısı pompasının yeraltı faktörlü ısı değiştiricisinin etkileyen faktörleri toprak kaynaklı ısı pompasının dikey tek tüplü değişimi, etkileyen faktörleri analiz edilmiştir ve tüpün fiziksel parametreleri ile ısı değişim performansı arasındaki kalıtsal ilişki incelenmiştir. Daha sık olarak, sayısal hesaplama yöntemleri kullanılmıştır.

T Magraner, Montero, S Quilis, JF Urchueguía [103] Soğutma ve ısıtma işletiminde toprak ısı pompası sisteminin tasarımı ve gerçek enerji performansı ile karşılaştırıldığında, bu çalışma ısı pompasını incelenmiştir ve bu alandaki Çin'deki son araştırmalar birleştirilerek incelenmiştir.

A Hepbasli, O Akdemir [104] Toprak kaynaklı (jeotermal) ısı pompası sistemi-enerji dönüşümü ve yönetiminin enerji ve ekserji analizi 2004-Elsevier ekserji analizi birçok araştırmacı tarafından çeşitli ısı pompalarına uygulanmıştır. Teori ve deneyde, dikey GSHP sisteminin enerji ve ekserji analizi yapılmıştır.

Ramadan AS [105] Toprak kaynaklı ısı pompası sistemlerinde kullanılan dikey toprak ısı eşanjörlerinin parametrik çalışması Sayısal bir çalışmada, dikey toprak döngü ısı eşanjörü (VGLHE) gibi çeşitli parametrelerin etkilerini incelemek için sayısal bir çalışmada rapor edilmiştir. Dahili ısı değişim (GSHP) sistemi. Üç boru hattı simüle edilmiştir.

Ö Özgener, A Hepbaslı [106] Sera ısıtması için bir güneş toprak kaynaklı ısı pompası sisteminin performans analizi: deneysel bir çalışma yaptılar. Isı pompası kompresörünün, pompanın ve tüm Elsevier Earth bağlantı devrelerinin anlık güç tüketiminin ölçümü ve izlenmesi LCD ekranda gerçekleştirilmiştir.

H Esen, M İnalli [107] Türkiye'deki dikey toprak kaynaklı ısı pompası sisteminde, dünyanın farklı derinliklerde termal tepkisi incelenmiştir. Bu çalışmanın amacı, bir ısı kaynağı ve radyatör olarak toprak kullanan ısı pompası sistemlerinin performansını değerlendirmektir. Toprak kaynaklı ısı pompası sistemlerine sahip üç U şekilli boru, toprak ısı eşanjörü 40 ve polietilen borulardan yapılmıştır.

Ö Özyurt, Ö Çomak, B Yüksel [108] Soğuk bölgelerde güneş toprak kaynaklı ısı pompası (GTKIP) sisteminin performansını kontrol etmek için Erzurum Atatürk Üniversitesi Enerji Laboratuvarı'nda deneysel bir sistem kurulmuştur. Deney sistemi 8 düzlemsel güneş kolektörü, 53 m derinliğinde U borulu toprak ısı eşanjörü, sıvı-sıvı prensibi ile çalışan bir buhar sıkıştırma ısı pompası, bir radyatör ünitesi, bir sirkülasyon pompası ve ölçüm ve kontrol elemanlarından oluşmaktadır.

T Yuan, Y Ding, Q Zhang, N Zhu, K Yang, Q He [109] Kuyu deliği soğutması ile birlikte toprak kaynaklı ısı pompası sisteminin termodinamik ve ekonomik analizi de yapılmıştır.

A Michopoulos, N Kyriakis [110] Toprak kaynaklı ısı pompası sisteminde yeni bir enerji analizi yapılmıştır. Bu çalışmanın amacı, dikey GSHP sistemleri için yeni bir enerji analiz aracı sağlamaktır. Sıcaklığın toprak özellikleri ve verimliliği üzerindeki etkisi ısı pompaları ile karşılaştırılır, büyük ölçekli topraklara dayanan gerçek deneysel veriler ısı pompalarının uygulanmasına odaklanılmaktadır.

JWJ Bouma, AD Koppenol [111] Bu makalenin amacı, tek bir aile evinde, dikey yeraltı ısı eşanjörlerinin gerçekleştirilmesine odaklanan tam bir jeotermal su pompası sistemini incelemektir. Önceki tekniğin belirlenmesi için, ısı pompaları için dikey yeraltı ısı eşanjörleri incelenmiştir. Tasarım ile ilgili olarak, çeşitli kurulumlar mümkündür. En yaygın ısı eşanjörü tipi eşmerkezli borulardan oluşmaktadır.

X Yu, Y Zhang, N Deng, H Ma, S Dong [112] Sabit sıcaklık ve ısı akışı yöntemine dayanarak, toprak kaynaklı ısı pompası termal tepki için test edilmiştir. Sistem esas olarak geleneksel bir ısı pompası kutusu, frekans dönüşüm hava kaynağı soğutma ünitesi, sirkülasyon pompası, sıcaklık sensörü ve sabit sıcaklık ve sabit ısı akışı yöntemine dayanan iki deliğe sahiptir.

DE Fisher, SJ Rees, SK Padhmanabhan [113] Entegre bina ve sistem simülasyon ortamında toprak kaynaklı ısı pompası sistem modelinin uygulanması ve onaylanması araştırılmıştır. Havadan havaya sistemi. Toprak kaynaklı ısı pompası (GSHP) sistemleri genellikle kapalı devre dikey delme ısı eşanjörüne bağlı bir sudan suya veya sudan havaya ısı pompasından oluşmaktadır.

PJ Petit, JP Meyer [114] Güney Afrika'daki iklimlendirme sistemi ile karşılaştırıldığında, dikey yer kaynaklı ısı pompaları-enerjisinin ekonomik potansiyeli, 1998-Elsevier bu çalışmayı RSA dikey yer kaynaklı ısı pompalarının ve hava kaynaklı sistemlerin Johannesburg'daki ekonomik fizibilitesini karşılaştırmak için gerçekleştirmiştir. Yüzey sisteminin sermaye maliyeti ve optimum sondaj deliği uzunluğu belirlenmiştir.

C Ping, Y Hongxing, F Zhaohong [115] Toprak kaynaklı ısı pompası sisteminin simülasyon modellemesi ve tasarım optimizasyonu incelenmiştir. Jeotermal toprak kaynaklı ısı pompası toprak kaynaklı ısı pompası sistemi araştırması tamamlandığı tespit edilebilir.

Ö Özgener, A Hepbaşlı [116] Sera ısıtması için güneş enerjili toprak kaynaklı ısı pompası sistemlerinin performansı üzerine deneysel çalışmalar, ısı pompaları kullanan birçok termal işlemde önemli ölçüde enerji tasarrufu olduğunu gösterdiği

söylenbilir. Güneş enerjili toprak kaynaklı ısı pompası sistemi üzerinde dikey çift spiral sarmal borulu toprak ısı eşanjörünün araştırılması incelenmiştir.

AD Chiasson, SJ Rees, JD Spitler [117] Yeraltı suyu akışının kapalı çevrim toprak kaynaklı ısı pompası sistemi üzerindeki etkisi ön değerlendirilmiştir. Yeraltı suyunun kapalı devre toprak kaynaklı ısı pompası sistemleri üzerindeki etkisinin ön değerlendirmesi araştırılmıştır. Yeraltı suyu akışının dikey kapalı çevrim ısı eşanjörlerinin ısı transfer karakteristikleri üzerindeki etkisi ön çalışılmıştır.

S Zhou, W Cui, J Tao, Q Peng [118] Toprak kaynaklı ısı pompasının çalışması sırasında, çok katmanlı zeminin sıcaklık tepkisi tamamlanmıştır. Yer tabanlı ısı pompası (GSHP) sistemlerinin egemen olduğu alanlarda, soğutma ve zemin jeolojik koşulları altında ısı birikmesine neden olur, ancak GSHP sisteminin çalışmasından kaynaklanan sıcaklık değişiklikleri dikey yönde çok farklıdır. Araştırmada bu konu incelenmiştir.

F Chen, J Mao, C Li, P Hou, Y Li, Z Xing [119] Farklı çalışma modlarında faz değişim derzlerine sahip dikey U-tüp toprak kaynaklı ısı pompası sisteminin geri kazanım performansı ve çalışma performansı incelenmiştir. Bu çalışmada, farklı çalışma modlarının faz değişim malzemeleri (PCM) ile doldurulmuş bir toprak kaynaklı ısı pompası sisteminin geri kazanımı ve çalışma performansı üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

L Rybach, B Sanner [120] Avrupa'da toprak kaynaklı pompa sistemleri incelenmiştir. Toprak kaynaklı ısı pompaları, Orta ve Kuzey Avrupa'da jeotermal enerjinin geliştirilmesinde önemli bir rol oynamakta olduğu görülebilir. Çoğu sistemde, yer kaynaklı ısı pompasının belirli ekonomik sınırlamalara sahip olmasını sağlayan alan soğutması dahil değildir.

Y Noorollahi, R Saeidi, M Mohammadi, A Amiri [121] Çalışmanın odak noktası, GSHP teknolojisinin, özellikle yer tabanlı ısı pompası sistemleri üzerine genel bir incelemesidir. Dikey kuyu çalışması ve geliştirilmesi hakkında ayrıntılı bir inceleme yapılmıştır.

JY Lee [122] Güney Kore'deki toprak kaynaklı ısı pompalarının mevcut durumu araştırılmıştır. Yarı açık döngü olarak belirlenen yeraltı suyu ısı pompası sistemi yaygın olarak kullanılmaktadır ve dikey shaft kuyusu sistemi olarak adlandırılmakta olduğu görülebilir.

Abdullah Kapıcıoğlu [123] Nanofluidler tarafından desteklenen yer sıvısı ısı pompası sisteminin performans parametrelerini incelenmiştir. Bu çalışmada literatürde başarılı bir şekilde uygulanan nanofluidlerin farklı konsantrasyon değerlerine (% 0, 1 ve% 0.2) yer altı ısı aktarım hızı incelenmiş ve alümina bazlı nanoparçacıklara uygulandığı görülebilir.

MB Özdemir [124] Dikey toprak kaynaklı ısı pompasının performansı, R407C soğutucu akışkan kullanılarak deneysel olarak incelenmiştir.

Literatürde ısı pompalarının potansiyelini inceleyen ve kullanımlarını kontrol eden çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalarda mekan ve uygulamaların incelenmesi aşağıdaki gibidir:

Alparslan Seyrek [125] Hacim ısıtmada toprak kaynaklı ısı pompası sistemlerinin kullanımı incelenmiştir. TKIP sisteminin tipi uygulama alanları ve sistem elemanları hakkında detaylı bilgi ile Ankara ilindeki evlerin ısıtılması için bir proje tasarlanmıştır. Enerji ve ekserji analizi ile kurulacak sistemin diğer ısıtma sistemlerine göre avantajları belirlenmiş ve maliyet analizi yapılmıştır.

Erhan Tunçel [126] Bolu ve çevresindeki toprak kaynaklı ısı pompaları üzerinde sayısal çalışmalar yapılmıştır. R134a, R404a, R410a, R12, R22 ve R502 soğutucu akışkanına dayalı geliştirilen MATLAB programını kullanarak sistem bileşenlerinin kapasitesi ve soğutucu akışkan debisi, toprak ısı eşanjörü uzunluğu Toprak alanı, sirkülasyon pompasının basınç yükü COP gibi sistem parametreleri elde edilmiştir.

Mete Bayraktar [127] Karabük ilinde yer kaynaklı ısı pompaları ile desteklenen pasif bir ev tasarımında uygulanmıştır. Bu çalışmada Karabük ilinin yeraltı sıcaklık değeri ölçülmüş ve örnek olarak villa tipi bir ev kullanılmıştır.

Mohammed Mahdı Hussain Al-Khalidi [128] Isparta koşullarında ısıtma uygulamaları yapmak için toprak kaynaklı bir ısı pompası kullanılmıştır. Bu çalışmada, farklı karıştırma oranlarına ve farklı akışlara sahip bir zemin kaynaklı ısı pompasının (TKIP) ısıtma performansı teorik ve deneysel olarak incelenmiştir.

Hazel Sağlam [129] Fan alanında güneş enerjili toprak kaynaklı ısı pompasının yenilikçi bir modellemesini ve simülasyonunu gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada soğuk iklim şartlarında TKIP ve BTES sistemlerinin modellenmesi, uygulaması ve MATLAB programları kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır.

Yasemin Göksel [130] Sivas'ın yatay toprak kaynaklı ısı pompası sisteminin soğutma performansını analiz edilmiştir. Bu çalışmada, yaz aylarında Sivas ilinin soğutma performansını incelemek için toprak kaynaklı ısı pompası kullanılmıştır.

Literatürde ısı pompalarının potansiyelini inceleyen ve kullanımlarını kontrol eden çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalarda ısı pompası ve termodinamik enerji değerleri üzerine çalışmalar aşağıdaki gibidir:

Semra Polat [131] Toprak kaynaklı ısı pompasının ekserji analizini yaptı. Erzurum İli'nin soğuk iklim bölgesinde yer kaynaklı ısı pompası sisteminin bileşenlerinin ekserji kaybı hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçları literatürdekilerle karşılaştırılmıştır.

Sonuç olarak yapılan tez çalışmaları ve konu hakkında yazılan makaleler detaylıca incelendiğinde, toprak kaynaklı ısı pompaları ile ilgili olarak dikey ve yatay olmak üzere farklı tip toprak kaynaklı ısı pompaları için konuyu ele alırsak ; Manisa ilinde toprak kaynaklı ısı pompalarının farklı tip olmaları üzerine inceleme ve araştırma yapılmadığı tespit edilmiştir. Bu tez çalışmasında Manisa ilinde farklı tip toprak kaynaklı ısı pompaları teorik olarak kullanılması irdelenmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar tablo ve çizelgelerle detaylandırılmıştır. Farklı akışkan olan R134A, R404A, R410A, R12, R22 ve R502 ün ısı pompasında ve soğutma makinalarında kullanımı mevsimsel analizleriyle irdelenmiştir. Toprak neminin sisteme etkisi analiz yapılmıştır.

Bu çalışmada farklı akışkanlar için sistemin dikey tip toprak kaynaklı ve yatay tip toprak kaynaklı ısı pompaları incelenecek ve çalışmalarda bu iki farklı tip için karşılaştırmalar yapılarak sonuçlar vurgulanacak ve yıl boyu sıcaklığı ve COP değeri sabit kalan dikey tip toprak kaynaklı ısı pompası için karşılaştırmalar yapılmıştır. COP değerinin yüksek olduğu fakat; yatırım maliyetinin de yüksek olduğu görülmüştür.

3. ISI POMPASI

Isı pompası, bir ısı motorunun tersine bir döngüde çalışan ve iş yaparak soğuk bir kaynaktan ısı kaynağına ısı aktaran bir makine olduğu bilinmektedir. Isı pompası

ve soğutucu aynı termodinamik döngüye göre çalıştığı bilinir. Amaç, odanın bir soğutucu ile soğutulması ve odanın bir ısı pompası ile ısıtılmasıdır. Isı pompalarının sınıflandırılması ve kullanım alanlarına göre, ısı pompaları ev tipi ve endüstriyel ısı pompalarına ayrılabilir. Eysel ısı pompaları için kullanılır; odaları ısıtırken, endüstride mevcut atık ısıyı kullanarak sürecin gerçekleşmesini sağlamak için endüstriyel ısı pompaları kullanılır[132,133]. Isı pompası, ısı kaynağından aktarılan ısıyı aktaran bir cihazdır . Isı pompasının enerjisi ortama aktaran ısı kaynağına denir. Isı pompaları ısıyı aktardıkları kaynağa göre adlandırılır [134].

1. Hava
2. Su (okyanus, göller, nehirler, akarsular, yeraltı suyu jeotermal enerjisi)
3. Toprak
4. Güneş enerjisi
5. Atık ısı ve diğer ısı kaynakları (artık sıvılar, gazlar)

Toprak kaynaklı ısı pompası, evaporatördeki topraktan ısı pompası ısı kullanır. Toprak ile ısı değişimi, toprağa yatay veya dikey olarak gömülü bir toprak ısı değiştiricisi tarafından gerçekleştirilir. Soğutucu akışkanlar veya daha ucuz olması açısından, yeraltına gömülü boru hatlarında genellikle kullanıldığı bilinmektedir [135]. Toprak kaynaklı ısı pompasının hava kaynaklı ısı pompasına göre birçok avantajı vardır:

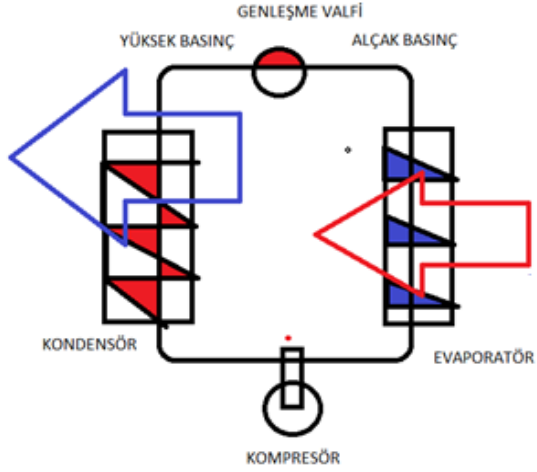
Daha az enerji tüketirler.

Enerji havadan daha kararlı.

Aşırı düşük dış ortam sıcaklıklarında, ek bir ısı kaynağı gerektirmezler.

Daha az soğutucu akışkan kullanırlar (toprak ısı eşanjöründe salamura dolanması gerekir).

Tasarımları daha basittir ve bu nedenle daha az bakım gerektirir [136].



Şekil 3.1. Örnek Isı Pompası Elemanları.

Topraktan ısıyı emmek için temel olarak iki yöntem vardır.

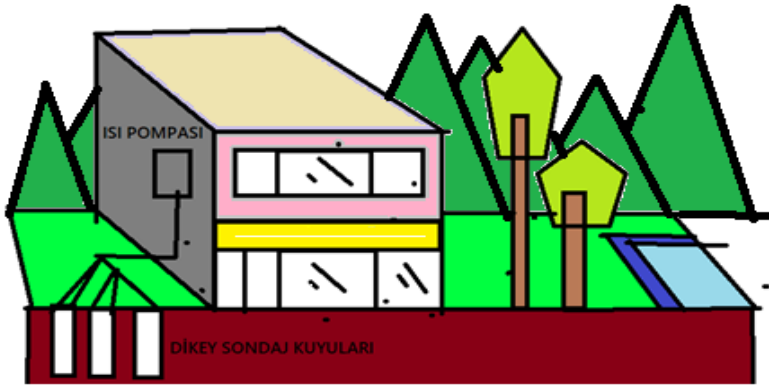
- Yatay ısı esanjörlü toprak kaynaklı ısı pompası
- Dikey ısı esanjörlü toprak kaynaklı ısı pompası

Isıtma mevsiminde, sıcaklık dış havadan daha yüksek bir sıcaklıkta tutulur ve soğutma mevsiminde daha düşük bir sıcaklıkta tutulur ve yıl boyunca yaklaşık sabit bir sıcaklıkta tutulur, bu nedenle daha kararlı bir enerji kaynağıdır [137].

3.1. Dikey Eksenli Toprak Kaynaklı Isı Pompası

İlk olarak, boru hattı bir sondaj kulesi ile dikey olarak delinir ve sonra delinir. Normalde, binanın dışındaki arazide ve bahçede yer yoksa kullanılır. Isı pompası uygulaması, Çin'deki önemli uygulamalarda yerini buldu. Genellikle uygulamada ortalama delme çapı 10 ile 15 cm ve derinlik 50 ile 100 m'dir. Toprak kaynaklı ısı pompası, toprağa gömülmüş bir ısı eşanjöründen ve ona bağlı bir buhar sıkıştırma çevriminden oluşur. Su veya antifriz karışımları toprak devrelerinde akışkan olarak yaygın olarak kullanılır[138]. Sıvı, sıvı soğutucu ısı eşanjöründe zemine gömülü termal plastik borudan dolaşır ve emilen ısı enerjisini evaporatördeki ısı pompasındaki soğutucu akışkana aktarır. Toprak kaynaklı ısı pompalarının tasarımında ve toprak döngülerinin boyut tasarımında toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri önemli kriterlerdir[139].

Bununla birlikte, toprak özellikleri zamanla değiştiğinde, hesaplamaya dikkat edilecektir. Aksi takdirde yanlış sonuçlara yol açabilir. Gömülü boruların etrafındaki toprağın sıcaklığını düşürür. Bu nedenle, nem ve nemdeki şarj edilebilir özellikler de değişmeye başlar[139]. Ek olarak, zamanla toprak sıcaklığındaki azalma, sıvının topraktan buharlaştırıcıya giriş sıcaklığını da düşürür, bu da ısı pompasının verimliliğini değiştirir. Toprağa tekrar ısı aktarılmazsa, toprakta donma tehlikesi ortaya çıkmaya başlar. Toprak ısıtma ısı pompasına bakarsak, genellikle topraklama devresinin düzenine göre kullanılır[140]. Bunlara yatay ve dikey topraklar denir. Başka bir sorun, toprağa emilen ısıyı kapatmak için toprağa aktarılan yeterli ısı yoksa, toprakta donma riskinin ortaya çıkmaya başlamasıdır[141]. Toprak kaynaklı ısı pompasına bakarsak, toprak devresinin genellikle yerleşim tipine göre adlandırıldığını görebiliriz. Bunlara yatay ve dikey ısı değiştiricilerinin kullanıldığı toprak kaynakları denir. Şekil 1'de gösterilen dikey ısı pompasına bakarsak, iki küçük çaplı yüksek yoğunluklu polietilen boruyu zemine dik bir kuyuya yerleştirmektedir[142]. Bu tüpler kuyu dibinde birleşir. Dikey borunun çapı 3/4" ile 1 1/2" arasında değişir. Kuyu derinliği, sondaj koşullarına ve hesaplamadan sonra elde edilen basınç düşüşü ve ısı transfer değerlerine bağlı olarak 15 ile 200 m arasında değişir [143].



Şekil 3.2. Dikey sondaj uygulaması.

Isı pompası sistemlerinde, ısı eşanjörü borularının uzunluğu aşağıdaki faktörlere bağlıdır:

1. Sistemin ısıtma ve soğutma kapasitesi
2. Toprak ısı direnç bilgisi
3. Sistemdeki COP değeri bilgileri
4. Boru hattı ısı direnci bilgileri
5. Yıllık ortalama toprak sıcaklığı bilgisi
6. Isı değiştiricilerinin çeşitleri ve bilgisi
7. Isıtma ve soğutma için sisteme giren su sıcaklığı değeri
8. Çalışma faktörleri

3.2. Yatay Eksenli Toprak Kaynaklı Isı Pompası

En yaygın ısı eşanjör sisteminden, yatay bir toprak kaynaklı ısı pompası olduğunu görebiliriz. Sistematik analizde, bir veya daha fazla tüp toprağa yatay olarak sokulur ve toprakla kaplanır. Genellikle büyük olmayan binalarda ve ticari şirketlerde kullanılırlar[144]. Yatay su değiştiricilerinde borular genellikle 0,9-1,8 m derinliğe yerleştirilir. Boru hattı ortalama; 0,9-1,8 m aralıkla yerden 0,9-1,8 m derinliğe yerleştirilmelidir[145]. Toprak türünden bağımsız olarak, yerden 2 m derinlikte yer altı bina termal sisteminin dış koşulların sistem performansı üzerinde hiçbir etkisi olmadığı bulunmuştur[146]. Ancak, hendek derinliği arttıkça, kazı maliyeti de artmaktadır. Bu nedenle, termal sistemin ilk yatırım maliyetindeki artış göz ardı edilemez [147].

Tablo 3.1. Yatay eksenli toprak kaynaklı ısı pompası ile dikey eksenli toprak kaynaklı ısı pompası karşılaştırma tablosu

TOPRAK KAYNAKLI ISI POMPASI	
Dikey Eksenli Toprak Kaynaklı Isı Pompası	Yatay Eksenli Toprak Kaynaklı Isı Pompası
az yer kaplar	çok yer kaplar
toprağa 80-150 m arasında sondaj ile kuyu açılır.	2-3m derinliğinde hafriyat alınarak borular yatay olarak serilir ve üzeri toprakla kapatılır
Pahalı	daha az pahalı
Bakım maliyeti düşük	Bakım maliyeti düşük
Sondaj ve borulama maliyeti çok yüksek	Hafriyat ve borulama maliyeti yüksek
Verim yüksek	Verim yüksek

4. MANİSA İLİNDE SEÇİLEN LABORATUVAR BÖLGESİ PROJESİ

Türk Standartları Enstitüsü'ne bakarak, çalışmada gerekli sistemin ısı kaybı hesaplaması için gereken iç ve dış sıcaklıklar gibi tasarım sıcaklığı ve gerekli veriler kontrol edilmiştir. Manisa ilinde yer seçimi yapılan proje tarafından kabul edilen ve analiz edilen laboratuvarın büyüklüğü 15m * 10m * 3m'dir.

4.1. Laboratuvar Yapısı ve Sisteminin Belirlenmesi

Çalışmada kullanılan laboratuvar binasında, biri doğuya diğeri güneye bakan iki adet çift camlı pencere bulunmaktadır ve bu parçaların toplam ısı transfer katsayısı (Upencer) 2,2 W / m²K'dir. Laboratuvar binasının toplam ısı transfer katmanı (Ukapı) 3,5 W / m²K olan ahşap bir kapısı vardır. Laboratuvar binası toplam 150 metrekare inşaat alanına ve 450 metreküp hacme sahiptir. Dış duvardaki iki pres bloğu, yalıtım malzemesinden (cam yünü) yapılmıştır. Hem iç hem de dış duvarların bir sıva tabakası ile kaplandığı ve bu duvarın toplam ısı transfer katsayısının (Uduvar) 0.816 W / m²K olduğu görülebilir. Bu çalışmadaki tüm hesaplamalar (örneğin, duvar ve tavanlardan ısı kaybı ve ısı kazanımı) Türk bina standartlarından alınmıştır [TS EN ISO 13789, 2000; TS825, 1998].

4.2. Binadaki Enerji İhtiyacının Belirlenmesi

Tüm analizlerdeki en önemli adım gerçek bir binanın enerji ihtiyacının belirlenmesidir. Analizde ofisin iç hacmi (V) ve net zemin alanı (AN) gibi genel proje verileri sırasıyla 450 m³ ve 150 m² olarak ele alınmıştır. İç oda sıcaklığı (Ti) ve dış ortam sıcaklığı (Ta) tasarım sıcaklıkları olup Ti, 20°C olarak sistem içerisinde alınmıştır.

Sistemin; Manisa ilinde seçilen laboratuvar bölgesinin ısı yükü 23,55 kW olarak kabul edilmiştir.

4.3. Isı Pompası Teknik Bilgileri

ECO B / W 26, laboratuvar örneklerini ısıtmak ve soğutmak için bir model ısı pompası seçilir. Tüm bilgiler şirket yetkililerinden ve dizinlerden gelmektedir. Kaynaklar kısmında şirket bilgisi kaynakçada paylaşılmıştır.

Tablo 4.1. Isı Pompası Kataloğu[140]

Model		Birim	ECO B/W 17	ECO B/W 26	ECO B/W 35
Model		Birim	ECO B/W 17	ECO B/W 26	ECO B/W 35
10°C / 35°C	Isıtma Kapasitesi	kW	17,20	26,59	35,46
	Elektrik Tüketimi	kW	3,45	5,37	7,20
	Performans Katsayısı (COP)		4,98	4,95	4,92
	Amper	A	6,50	10,10	13,00
30°C / 7°C	Soğutma Kapasitesi	kW	14,96	22,24	29,77
	Elektrik Tüketimi	kW	2,84	4,39	5,98
	EER		5,27	5,07	4,98
	Amper	A	5,60	8,50	11,10
Max. Çıkış Sıcaklığı		°C	60,00	60,00	60,00
Su Debisi		m ³ /h	3,09	4,78	6,38
Su Bağlantısı		inc	2 3/4	2 3/4	2 3/4
Soğutucu Akışkan			R410a	R410a	R410a
Elektrik Gücü		V/P/Hz	380/3/50	380/3/50	380/3/50
Kompresör Adeti			1,00	1,00	1,00

En yüksek su çıkış sıcaklığı : 60°C

Cihaz ısıtma kapasitesi : 26,59 kW

Debi : 4,78 m³/h

COPIP : 4,95 (Teorik olarak)

COPSM : 5,07 (Teorik olarak)

4.4. Yer Sıcaklık Bilgileri

Manisa ilinin yıllık ortalama sıcaklığı $T = 16,8$ °C 'dır. Tarım ve Orman Bakanlığı ve Genel Meteoroloji İdaresi, verileri resmi internet sitesinden alınmış, değeri 1930-2019 arasında ölçülmüştür .

$T_m : 16,8 + 1,1 = 17,9$ °C

$T_d : 17,9 - 5 = 12,5$ °C

$T_y : 17,9 + 5 = 22,9$ °C

4.5. Toprak Bilgileri

Toprak nemli kabul edilir.

Tablo 4.5 toprak direncinin değerini bulmak için kullanılmaktadır.

Tablo 4.2. Toprak direnci [147,148]

		R _t (AĞIR TOPRAK-NEMLİ)										R _t (KAYA)
		R _t (AĞIR TOPRAK-KURU VEYA HAFİF TOPRAK-NEMLİ)										R _t (AT-NEMLİ)
		R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	
BORU ÖLÇÜSÜ	3/4"	1.02	1.06	1.09	1.11	1.31	1.37	2.05	2.15	2.11	1.88	0.6
		1.38	1.44	1.47	1.49	1.77	1.84	2.75	2.86	2.85	2.53	1.06
	1"	0.97	1.02	1.04	1.06	1.26	1.32	2	2.1	2.07	1.84	0.57
		1.32	1.37	1.4	1.42	1.7	1.77	2.88	2.79	2.78	2.47	1.01
	1_1/4"	0.92	0.97	0.99	1.01	1.22	1.27	1.96	2.05	2.02	1.79	0.54
		1.25	1.31	1.34	1.36	1.63	1.7	2.61	2.72	2.71	2.4	0.96
	1_1/2"	0.89	0.94	0.97	0.98	1.19	1.25	1.92	2.02	1.99	1.76	0.53
		1.21	1.27	1.3	1.32	1.59	1.66	2.57	2.68	2.67	2.36	0.94
	2"	0.85	0.89	0.92	0.94	1.14	1.2	1.88	1.98	1.94	1.71	0.5
		1.15	1.2	1.24	1.26	1.53	1.6	2.51	2.62	2.61	2.29	0.89

4.6. Toprak Altı Boru Bilgileri

Yeraltında kullanılan sistemler borular, ısı transfer sıvıları ve sirkülasyon pompalarıdır. Yeraltında kullanılan sistem korozyona dayanıklı, uzun ömürlü plastikten yapılmaktadır.

4.7. Boru Boyunun Hesaplanması

Yeraltında bulunan ısı eşanjörleri birimi başına enerji uzunluğu (4.1) ve toplam uzunluğu (4.2) formülleri ile hesaplanmaktadır [148].

$$L_1 = \frac{572[(COP_{IP} - 1) / COP_{IP}](Rb + Rt.Ft)}{(T_y - T_{min})} (m / kW) \quad (4.1)$$

$$L_{TOP} = Q_1.L_L (m) \quad (4.2)$$

Yukarıdaki formüller ısıtma mevsimi için boru boyu uzunluğunu verir[148].

Burada; COPIP = 4,95

Ty = 22.9°C

Tmin = 12.5°C

Rb = 0.098 (Çizelge 4.5 kullanılır)

Rt = 0.903 (Çizelge 4.5 kullanılır)

Ortalama Isı Kaybı =0,54 kW

25 kW cihazın ısıtma kapasitesi

Fi:0,54/25

Fi=0,0216

=572. [(3,95)/(4,95)].(0,098+0,903.0,0216)/(22.9-12.5)

=(572.0,79.0,117)/10.4

=5,084 (m/kW)

L1 = 5,084 m/kW kW başına düşen metre değeri bulunur.

L1top =25 x 5,084= 127,09 m toplam boru uzunluğu bulunur.

Tablo 4.3. Isı Akımları

Sondajlar İçin Spesifik Isı Akımları (Çift U Borulu Sondajlar İçin).	
Zemin (Toprak) Kalitesi	Spesifik Isı Çekme Kapasitesi
Kuru,kumlu zemin	20-40 W/m
Nemli,kaya zemin	50-60 W/m

Nemli, kaya zemin spesifik ısı çekme kapasitesi: 60W/m

Kuru,kumlu zemin : 20-40 W/m

Kuyu derinliği: (25.000 W) / (60W/m) = 416 metre (83 metre,6 kuyu açıldığı kabul edilmiştir.)

Sistemde 6 li kuyu kullanılarak 69,44 metre olmak üzere derinliğe inilir.

Kuyu derinliği: (25.000 W) / (40W/m) = 625 metre (104,17 metre,6 kuyu açıldığı kabul edilmiştir.)

Sistemde 6 li kuyu kullanılarak 104,17 metre olmak üzere derinliğe inilir.

Bu boru uzunluğunu 18,14 m lik çevrimlerle ayırırsak 7 gidiş-dönüşlü bir kolektör kullanmak gerekiyor. 18,14 m uzunluk için 7 gidiş ve her boru arası 60 cm olarak belirlenirse toplamda yaklaşık 65 metrekarelik alan kullanılmış olur. Bu alan üzerinde bahçe kurulması yapılamaz, sadece beton dökülebilir ve iyi bir şekilde muhafaza edilmesi gerekmektedir.

$$F_t = \frac{\text{Ortalama ısı kaybı}}{\text{Cihazın ısıtma kapasitesi}} \quad (4.3)$$

$$\text{Ortalama ısı kaybı} = \frac{\text{Toplam ısı kaybı}}{\text{Isıtma mevsimi için saat}} \quad (4.4)$$

Yukarıdaki formüller (4.3) ve (4.4) kullanılarak işlemler yapılmış ve ısıtma mevsimi için saat hesabı ile ortalama ısı kaybı bilgileri formüllerde yerine konarak hesaplamalar gerçekleştirilmiştir [148].

Tablo 4.4. Boru boyu hesaplama tablosu

Boru Boyu Hesaplama Tablosu			
Açıklama	Birim	Değer	Hesaplama
Boru Malzemesi	-	-	PESCH40 Seçilir
Boru Çapı	"	2	2
Boru Direnci	m°C/W	0,98	Çizelge 3.3
Toprak Cinsi	-	Nemli	Kabul Edilir
Toprak Direnci	m°C/W	0,903	Hesaplanır
Ortalama Yıllık Toprak Sıcaklığı	°C		Kabul Edilir
Değişim Derecesi	°C	5	Kabul Edilir
Yüksek Toprak Sıcaklığı Ty	°C	22,9	Hesaplanır
Düşük Toprak Sıcaklığı Td	°C	12,5	Hesaplanır
Üniteye Giren En Düşük Su Sıcaklığı	°C	10	Katalog
Üniteye Giren En Yüksek Su Sıcaklığı	°C	60	Katalog
Isıtma Çalışma Faktörü Fi	-	0,0216	Hesaplanır
COPIP	-	4,95	Katalog
COPSM	-	5,07	Hesaplanır
Ünitenin Isıtma Kapasitesi	kW	165	Hesaplanır
Toprak Altı Boru Uzunluğu	m	127,09	Hesaplanır
Boru Kullanım şekli	-	Dikey	Kabul Edilir

Tablo 4.5. TKIP uygulaması dikey eksenli toprak kaynaklı ısı pompası ilk yatırım maliyetleri

İMALAT	İLK YATIRIM MALİYETİ (TL)
ISI POMPASI	42000
SİRKÜLASYON POMPASI	15000
TOPRAK ALTI BORULAMA	20000
İŞÇİLİK VE MALZEME	10000
ELEKTRİK İŞLERİ	10000
TOPLAM	97000

Yatırım maliyetleri kaynakçada belirtilen firmadan ve firma yetkililerinden alınmıştır. Bu maliyetler dikey eksenli toprak kaynaklı ısı pompası için hesaplanmıştır

4.8. Enerji Sarfiyatları Maliyetleri

Kurulacak bu sistem, binanın bulunduğu yerin iklim koşullardan dolayı 3 750 saat/yıl ısıtma için ve 3000 saat/yıl soğutma için elektrik enerjisine ihtiyaç duyacaktır. Bu zaman değerleri Manisa ilinin mevsim normalleri temel alınarak hesaplanmıştır. COPIP değeri 4.95 olan sistem ısıtmada $25 / 4.95 = 5,05$ kW elektriğe, COPSM değeri 5,07 olduğundan $16 / 5.07=3,15$ kW elektriğe ihtiyaç duyacaktır. Sirkülasyon pompaları ise yılda 6750 saat çalışacaklardır ve toplam güçleri 20 kW"dır. Bu değerlere göre binanın ısı pompası kullanımındaki enerji sarfiyat tutarı;

$$5,05 \text{ kW} \times 3750 \text{ saat/yıl} \times 0.3 \text{ TL/kWh} = 5681,25 \text{ TL ısıtma}$$

$$3,15 \text{ kW} \times 3000 \text{ saat/yıl} \times 0.3 \text{ TL/kWh} = 2835 \text{ TL soğutma}$$

$$20 \text{ kW} \times 6750 \text{ saat/yıl} \times 0.3 \text{ TL/kWh} = 40500 \text{ TL sirkülasyon pompaları}$$

Tablo 4.6. TKIP uygulaması yıllık enerji sarfiyatı

CİHAZ	YILLIK ENERJİ SARFIYATI (TL)
ISI POMPASI (ISITMA)	5.681,25
ISI POMPASI (SOĞUTMA)	2.835
SİRKÜLASYON POMPASI	40.500
TOPLAM	49.016,25

Olarak hesaplanır.

Tablo 4.7. Boru direnç değerleri [2]

$R_b(\text{yatay}) / R_b(\text{dusey})$				
Boru çapı	PE SCH-40	PE SDR-11	PE SDR-17	PE SDR-13.5
3/4"	0.17/0.116	0.144/0.096	0.16/0.11	0.20/0.14
1"	0.159/0.109	0.144/0.096	0.16/0.11	0.20/0.14
1-1/4"	0.130/0.089	0.144/0.096	0.16/0.11	0.20/0.14
1-1/2"	0.117/0.080	0.144/0.096	0.16/0.11	0.20/0.14
2"	0.098/0.068	0.144/0.096	0.16/0.11	0.20/0.14

Eğer sistemde nemli toprak olarak değil de kuru toprak üzerine inşa edilmiş olsaydı ve sistemde ısı pompasına etkileri hesaplanacak olursa çizelgeden faydalanılarak R_t değerinin yeni değeri ile hesaplamalar baştan yapılır.

R_t kuru toprak için :0,54 olarak alınır.

Ortalama Isı Kaybı: 25/16

Ortalama Isı Kaybı =0,54 kW

25 kW cihazın ısıtma kapasitesi

F_i :0,54/25

F_i =0,0216

$$L_1 = \frac{572[(COP_{IP} - 1) / COP_{IP}](R_b + R_t.F_t)}{(T_y - T_{min})} \text{ (m / kW)}$$

(4.5)

Yukarıdaki formül (4.5) kullanılarak işlemler yapılmış ve formüllerde R_b ve R_t değerleri yerlerine konarak hesaplamalar gerçekleştirilmiştir ve L_1 ve L_{top} toplam değerleri bulunmuştur [147,148].

$$=572. [(3,95)/(4,95)].(0,098+0,054.0,0216)]/(22,9-12,5)$$

$$=(572.0,79.0,099)/10,4$$

$$=4,259 \text{ (m/kW)}$$

$L_1 = 4,259 \text{ m/kW}$ kW başına düşen metre değeri bulunur.

$L_{top} = 25 \times 4,259 = 106,475 \text{ m}$ toplam boru uzunluğu bulunur.

Tablo 4.8. Boru boyu hesaplama ve karşılaştırma tablosu

Boru Boyu Hesaplama ve Karşılaştırma Tablosu				
			Nemli Toprak	Kaya Tipi Toprak
Açıklama	Birim	Değer	Hesaplama	
Boru Malzemesi	-	-	PESCH40 Seçilir	
Boru Çapı	"	2	2	
Boru Direnci	m°C/W	0,98	Çizelge 1	
Toprak Cinsi	-	-	Nemli	Kaya
Toprak Direnci	m°C/W		0,903	0,54
COPIP	-	4,95	Katalog	
COPSM	-	5,07	Katalog	
Ünitenin Isıtma Kapasitesi	kW	165	Hesaplanır	
Toprak Altı Boru Uzunluğu	m	-	127,09	106,475
Boru Kullanım şekli	-	Dikey	Kabul Edilir	

$$COP_{IP} = \frac{\text{Elde edilmek istenen değer}}{\text{Harcanması gereken değer}} = \frac{Q_H}{W_{net,giren}} \quad (4.6)$$

$$COP_{IP} = \frac{Q_H}{Q_H - Q_L} = \frac{1}{1 - Q_L/Q_H} \quad (4.7)$$

$$COP_{IP} = COP_{SM} + 1 \quad (4.8)$$

Yukarıdaki formüller (4.6), (4.7) ve (4.8) kullanılarak işlemler yapılmış , COP değerlerine ısıtma ve soğutma için; formüllerde yerine konarak hesaplamalar gerçekleştirilmiştir [149,150].

Tablo 4.9. Manisa ili yıllık sıcaklık tablosu

MANISA	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran
	Ölçüm Periyodu (1930 - 2019) °C					
Ortalama Sıcaklık (°C)	6,50	7,80	10,40	15,0	20,20	25,10
	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
	27,90	27,60	23,20	17,70	12,10	8,00
					Yıllık	
						16,80

Manisa için 55 yıllık veriler ışığında 5- 3000 cm derinlikleri arası inceleme sonucunda elde edilen bağıntı formül (4.10)'teki gibidir.

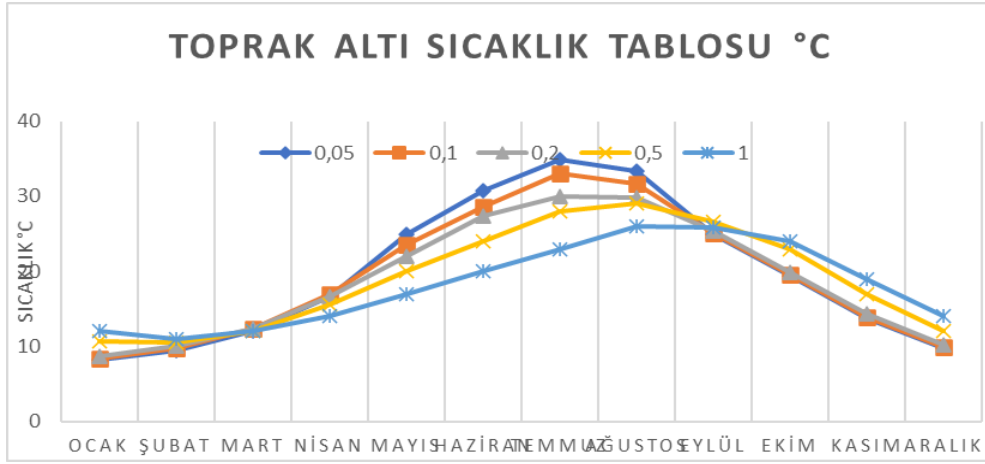
$$T(z,t) = 17 + 1.58 \exp(-0.0189z) \sin \left[\frac{2\pi}{8760} (t - t_0) - \left(0.0189z - \frac{\pi}{2} \right) \right] \quad (4.9)$$

$$\frac{A_z}{A_0} = 8.655e^{-0.89z} \quad (R^2=0.99) \quad (4.10)$$

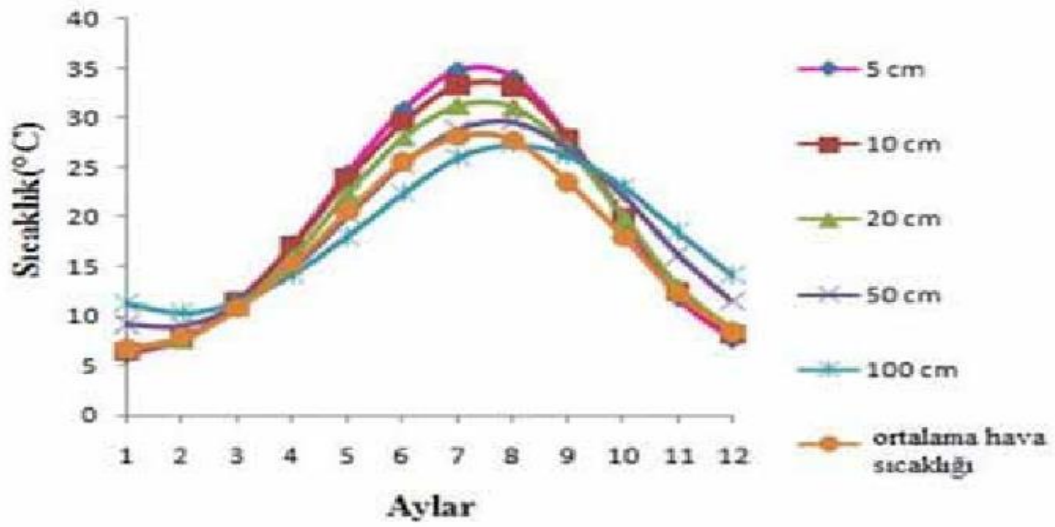
4.9 ve 4.10 numaralı formüller kullanılarak Manisa ili için toprak altı zemin derinlik toprak sıcaklıkları hesaplanır. Tablo 4.10 bu formüller kullanılarak çizilmiştir [151].

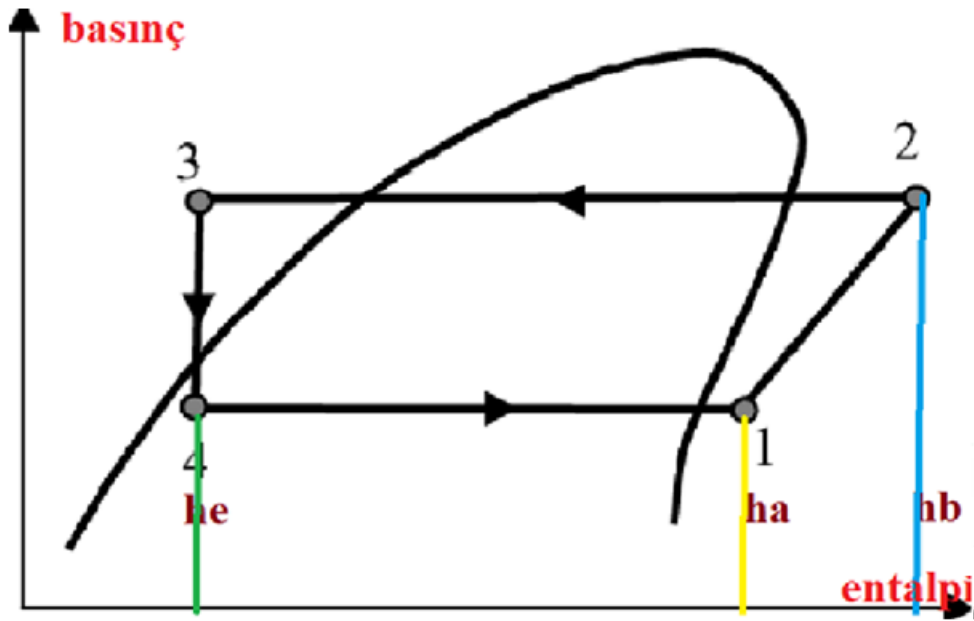
Yapılan çalışmalarda incelendiğinde Manisa ili için, 5cm'den 3000cm'e kadar toprak sıcaklık tahminleri yapıldı. Ve sığ derinliklerde en yüksek yüzde hata oranları saptandı. Bunun sebebi, kısa süreli rüzgar, yağmur gibi değişikliklerin ve mevsimsel iklim farklarının yüzeye yakın derinliklere daha çok etki edebilmesidir. Dolayısıyla, toprak derinliği arttıkça hata yüzdesi de azalmaktadır.

Tablo 4.10 Manisa ili için aylara göre toprak ve hava sıcaklıkları[151]



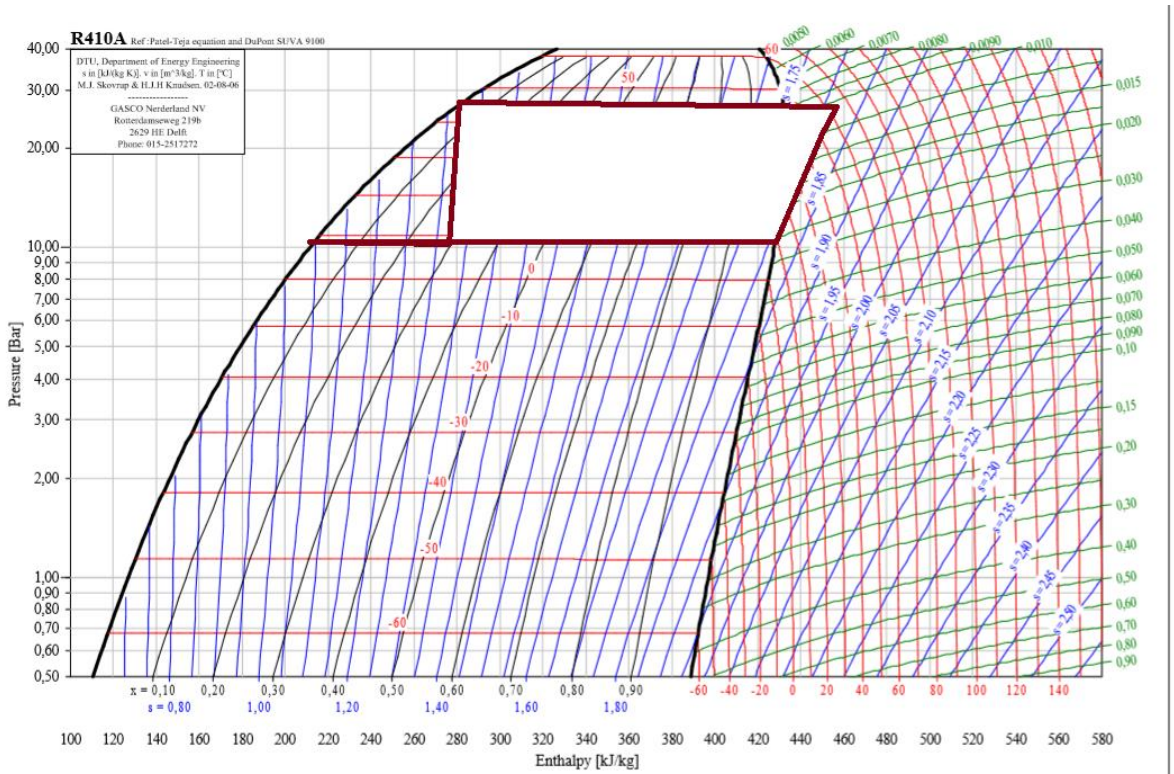
Tablo 4.11. Manisa ili için aylara göre toprak ve hava sıcaklıkları [134].



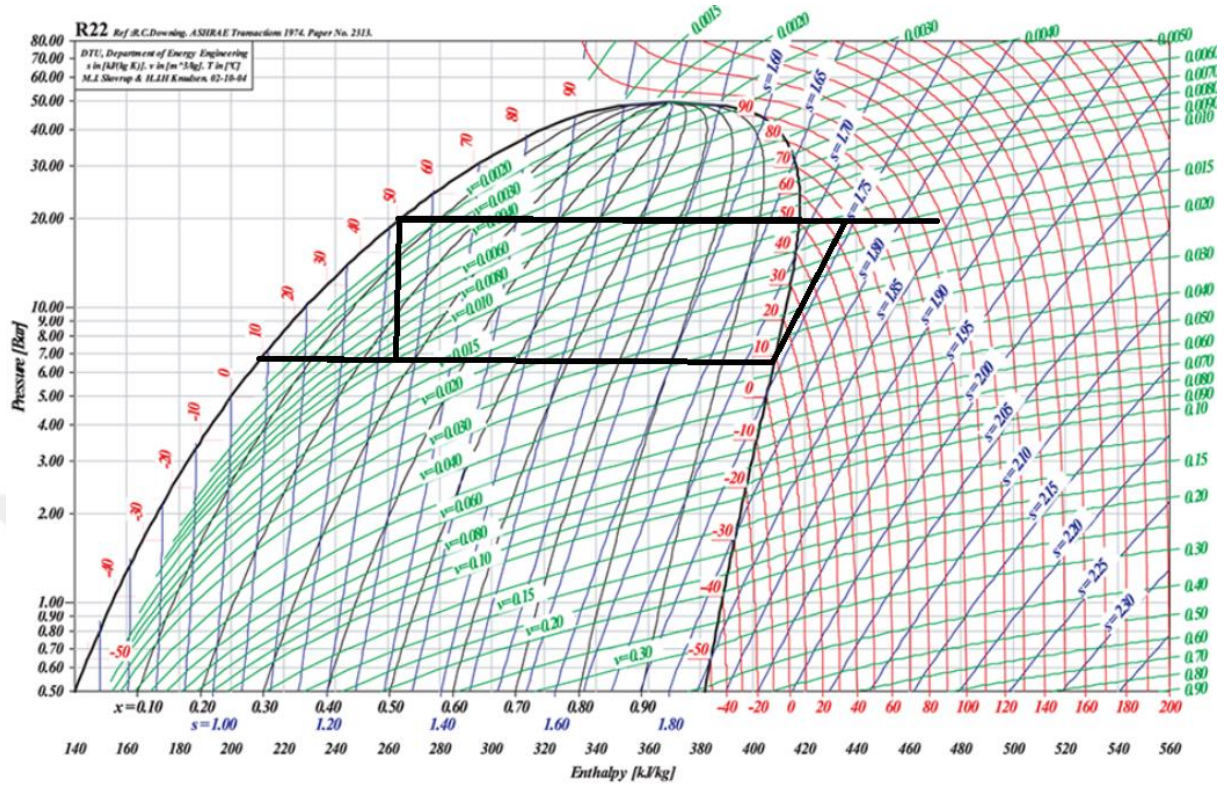


Şekil 4.1. Isı pompası sisteminin log P-h diyagramı

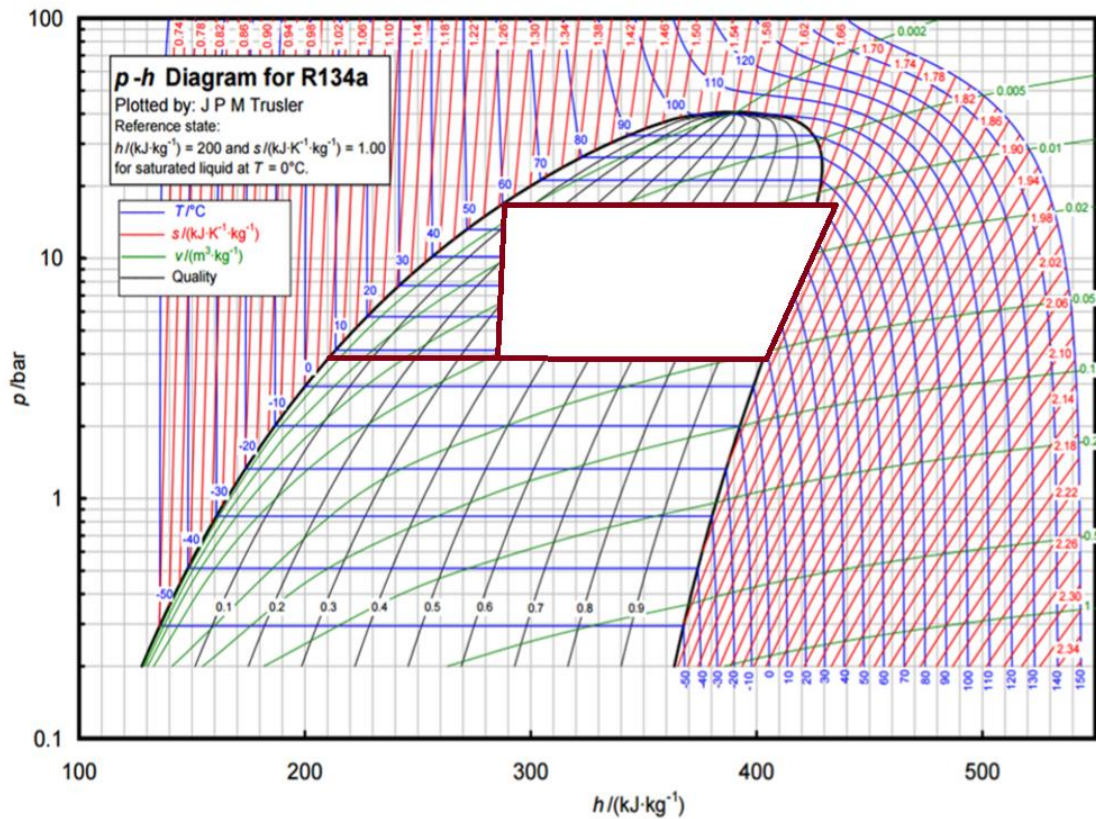
Tablo 4.12. R410A entalpi sıcaklık basınç diyagramı



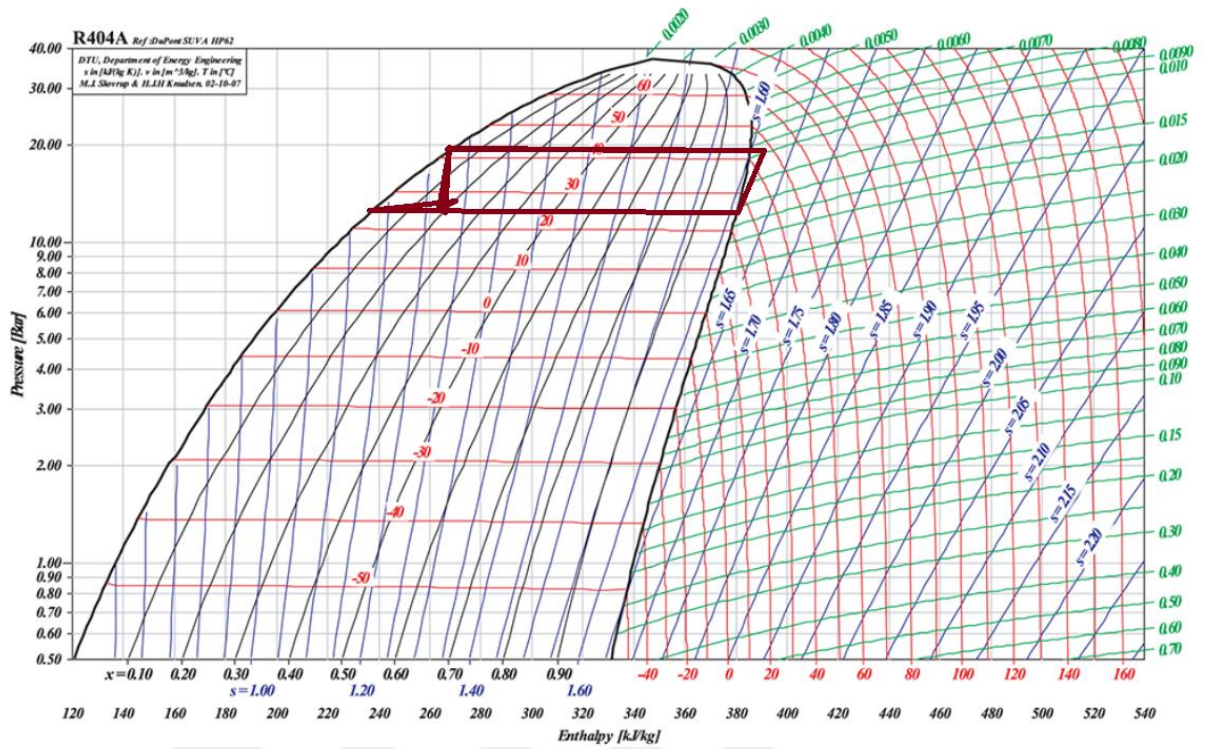
Tablo 4.13. R22 Entalpi sıcaklık basınç diyagramı



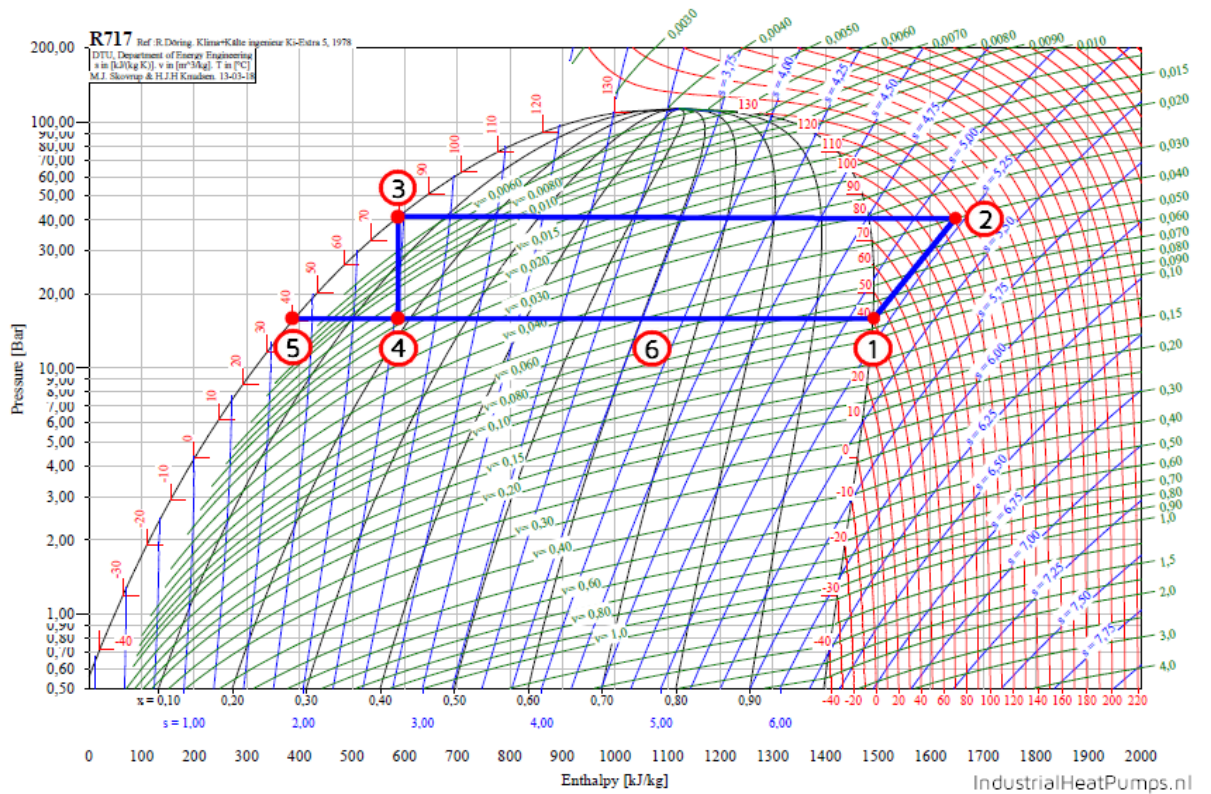
Tablo 4.14. R134a entalpi sıcaklık basınç diyagramı



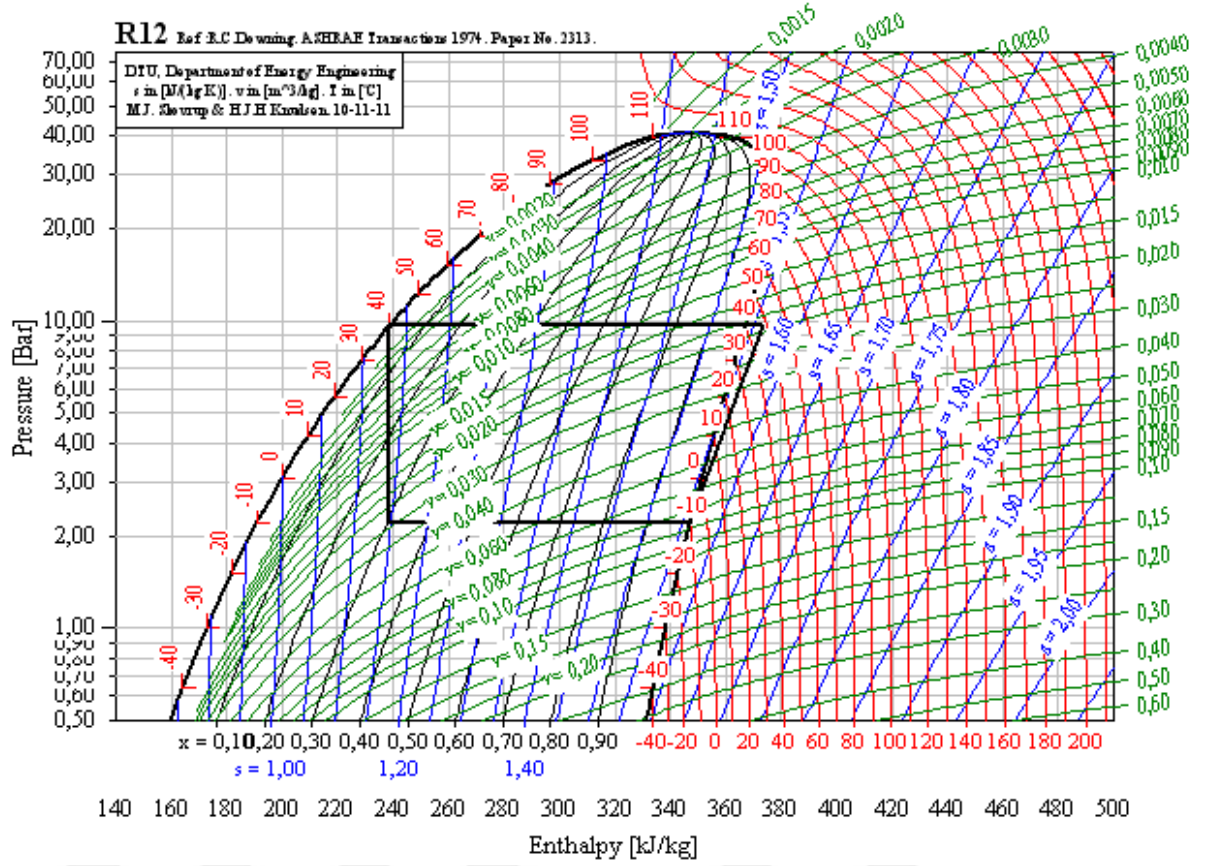
Tablo 4.15. R404A entalpi sıcaklık basınç diyagramı



Tablo 4.16. R717 entalpi sıcaklık basınç diyagramı



Tablo 4.17. R12 entalpi sıcaklık basınç diyagramı



Tablo 4.18. Aylık ortalama toprak sıcaklıkları ve ısı pompası değerleri değişimi R410 için

Aylık Ortalama Toprak Sıcaklıkları ve Isı Pompası Değerleri Değişimi R410 için										
Ay	Aylık ort hava sic. (°C)	Aylık ort toprak sic. (°C)	COP	Kompresör Gücü (kW)	he kJ/kg	Ha kJ/kg	Hb kJ/kg	ha-he kJ/kg	Debi m kg/h	Qkondenser (Kw)
Aralık	8,00	9,59	4,65	5,17	276,00	420,00	451,00	144,00	600,00	29,17
Ocak	6,50	8,08	5,14	4,67	278,00	422,00	450,00	144,00	600,00	28,67
Şubat	7,80	9,38	4,86	4,94	279,00	420,00	449,00	141,00	612,77	28,94
Mart	10,40	11,98	4,61	5,20	277,00	420,00	451,00	143,00	604,20	29,20
Nisan	15,00	16,58	5,07	4,73	278,00	420,00	448,00	142,00	608,45	28,73
Mayıs	20,20	21,78		0,00						
Haziran	25,10	26,68	0,96	0,93	280,00	435,00	441,00	155,00	557,42	24,93
Temmuz	27,90	29,48	0,89	2,68	278,00	430,00	447,00	152,00	568,42	26,68
Ağustos	27,60	29,18	0,93	1,62	282,00	430,00	440,00	148,00	583,78	25,62
Eylül	23,20	24,78	0,89	2,67	280,00	424,00	440,00	144,00	600,00	26,67
Ekim	17,70	19,28	5,58	4,30	279,00	424,00	450,00	145,00	595,86	28,30
Kasım	12,10	13,68	4,71	5,10	277,00	423,00	454,00	146,00	591,78	29,10

Tablo 4.19. Aylık ortalama toprak sıcaklıkları ısı pompası değerleri değişimi R134a

Aylık Ortalama Toprak Sıcaklıkları ve Isı Pompası Değerleri Değişimi R134a için										
Ay	Aylık ort hava sic. (°C)	Aylık ort toprak sic. (°C)	COP	Kompresör Gücü (kW)	He kJ/kg	Ha kJ/kg	Hb kJ/kg	ha-he kJ/kg	Debi m kg/h	Qkondenser (Kw)
Aralık	8,00	9,59	4,10	5,17	280,00	400,00	430,00	149,00	579,87	28,83
Ocak	6,50	8,08	3,97	6,05	285,00	400,00	429,00	115,00	751,30	30,05
Şubat	7,80	9,38	4,04	5,95	287,00	400,00	428,00	113,00	764,60	29,95
Mart	10,40	11,98	3,93	6,11	288,00	402,00	431,00	114,00	757,89	30,11
Nisan	15,00	16,58	4,14	5,80	280,00	400,00	429,00	120,00	720,00	29,80
Mayıs	20,20	21,78		0,00				0,00		
Haziran	25,10	26,68	0,78	5,24	282,00	401,00	427,00	119,00	726,05	29,24
Temmuz	27,90	29,48	0,78	5,24	283,00	402,00	428,00	119,00	726,05	29,24
Ağustos	27,60	29,18	0,78	5,20	282,00	402,00	428,00	120,00	720,00	29,20
Eylül	23,20	24,78	0,77	5,60	281,00	401,00	429,00	120,00	720,00	29,60
Ekim	17,70	19,28	4,44	5,40	280,00	400,00	427,00	120,00	720,00	29,40
Kasım	12,10	13,68	3,97	6,05	279,00	398,00	428,00	119,00	726,05	30,05

Tablo 4.20. Aylık ortalama toprak sıcaklıkları ve ısı pompası değerleri değişimi R22

Aylık Ortalama Toprak Sıcaklıkları ve Isı Pompası Değerleri Değişimi R22 için										
Ay	Aylık ort hava sic. (°C)	Aylık ort toprak sic. (°C)	COP	Kompresör Gücü (kW)	he	ha	hb	ha-he	Debi m kg/h	Qkondenser (Kw)
Aralık	8,00	9,59	4,83	4,97	260,00	405,00	435,00	145,00	595,86	28,97
Ocak	6,50	8,08	4,83	4,97	262,00	407,00	437,00	145,00	595,86	28,97
Şubat	7,80	9,38	4,80	5,00	260,00	404,00	434,00	144,00	600,00	29,00
Mart	10,40	11,98	5,11	4,70	262,00	405,00	433,00	143,00	604,20	28,70
Nisan	15,00	16,58	5,54	4,33	261,00	405,00	431,00	144,00	600,00	28,33
Ekim	17,70	19,28	6,26	3,83	262,00	406,00	429,00	144,00	600,00	27,83
Kasım	12,10	13,68	4,83	4,97	261,00	401,00	430,00	140,00	617,14	28,97
Mayıs	20,20	21,78		0,00				0,00		
Haziran	25,10	26,68	0,88	2,90	261,00	410,00	428,00	149,00	579,87	26,90
Temmuz	27,90	29,48	0,93	1,80	261,00	408,00	419,00	147,00	587,76	25,80
Ağustos	27,60	29,18	0,93	1,78	261,00	409,00	420,00	148,00	583,78	25,78
Eylül	23,20	24,78	0,87	3,06	260,00	409,00	428,00	149,00	579,87	27,06

Tablo 4.21. Aylık ortalama toprak sıcaklıkları ve ısı pompası değerleri R717 için

Aylık Ortalama Toprak Sıcaklıkları ve Isı Pompası Değerleri Değişimi R717 için										
Ay	Aylık ort hava sic. (°C)	Aylık ort toprak sic. (°C)	COP	Kompresör Gücü (kW)	he	ha	hb	ha-he	Debi m kg/h	Qkondenser (Kw)
Aralık	8,00	9,59	2,90	8,28	580,00	1450,00	1750,00	870,00	99,31	32,28
Ocak	6,50	8,08	2,61	9,20	570,00	1452,00	1790,00	882,00	97,96	33,20
Şubat	7,80	9,38	2,87	8,36	580,00	1450,00	1753,00	870,00	99,31	32,36
Mart	10,40	11,98	3,03	7,91	580,00	1460,00	1750,00	880,00	98,18	31,91
Nisan	15,00	16,58	4,24	5,67	590,00	1488,00	1700,00	898,00	96,21	29,67
Ekim	17,70	19,28	3,24	7,41	595,00	1470,00	1740,00	875,00	98,74	31,41
Kasım	12,10	13,68	3,40	7,07	597,00	1480,00	1740,00	883,00	97,85	31,07
Mayıs	20,20	21,78		0,00				0,00		
Haziran	25,10	26,68	0,78	5,33	580,00	1480,00	1680,00	900,00	96,00	29,33
Temmuz	27,90	29,48	0,75	6,09	578,00	1465,00	1690,00	887,00	97,41	30,09
Ağustos	27,60	29,18	0,74	6,24	578,00	1463,00	1693,00	885,00	97,63	30,24
Eylül	23,20	24,78	0,76	5,65	588,00	1480,00	1690,00	892,00	96,86	29,65

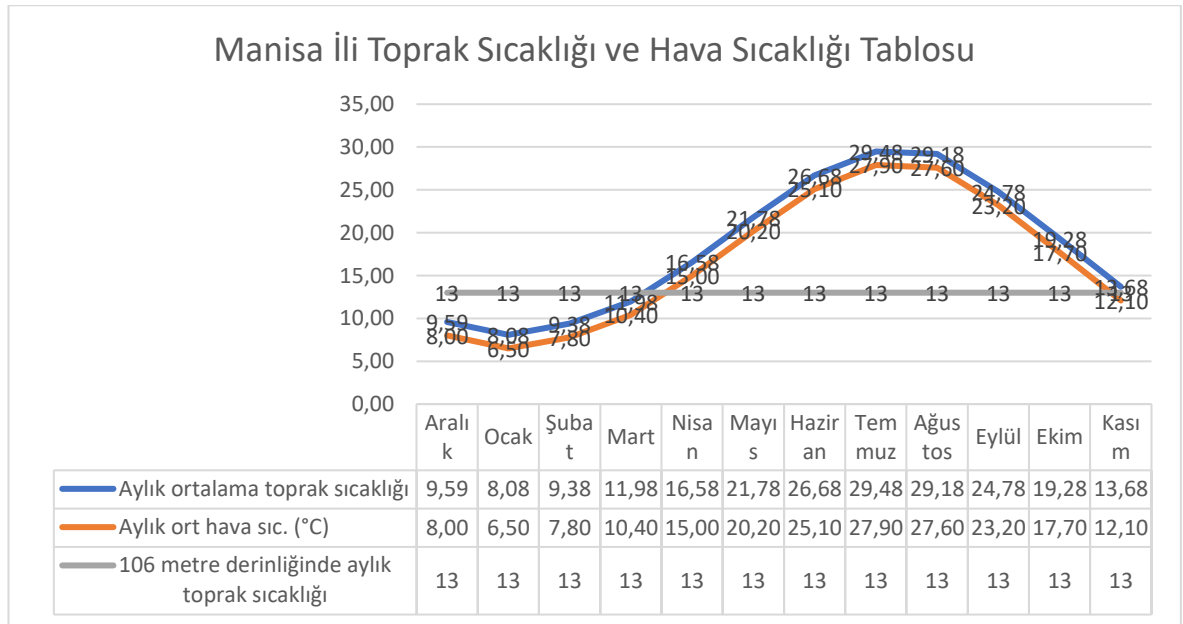
Tablo 4.22. Aylık ortalama toprak sıcaklıkları ve ısı pompası değerleri değişimi R12

Aylık Ortalama Toprak Sıcaklıkları ve Isı Pompası Değerleri Değişimi R12 için										
Ay	Aylık ort hava sic. (°C)	Aylık ort toprak sic. (°C)	COP	Kompresör Gücü (kW)	he	ha	hb	ha-he	Debi m kg/h	Qkondenser (Kw)
Aralık	8,00	9,59	4,96	4,84	240,00	354,00	377,00	114,00	757,89	28,84
Ocak	6,50	8,08	4,38	5,47	236,00	350,00	376,00	114,00	757,89	29,47
Şubat	7,80	9,38	5,52	4,34	240,00	356,00	377,00	116,00	744,83	28,34
Mart	10,40	11,98	5,84	4,11	242,00	353,00	372,00	111,00	778,38	28,11
Nisan	15,00	16,58	5,85	4,10	240,00	357,00	377,00	117,00	738,46	28,10
Ekim	17,70	19,28	6,61	3,63	240,00	359,00	377,00	119,00	726,05	27,63
Kasım	12,10	13,68	5,52	4,34	239,00	355,00	376,00	116,00	744,83	28,34
Mayıs	20,20	21,78		0,00				0,00		
Haziran	25,10	26,68	0,87	3,17	239,00	360,00	376,00	121,00	714,05	27,17
Temmuz	27,90	29,48	0,90	2,34	240,00	363,00	375,00	123,00	702,44	26,34
Ağustos	27,60	29,18	0,89	2,56	240,00	362,00	375,00	122,00	708,20	26,56
Eylül	23,20	24,78	0,88	2,82	241,00	360,00	374,00	119,00	726,05	26,82

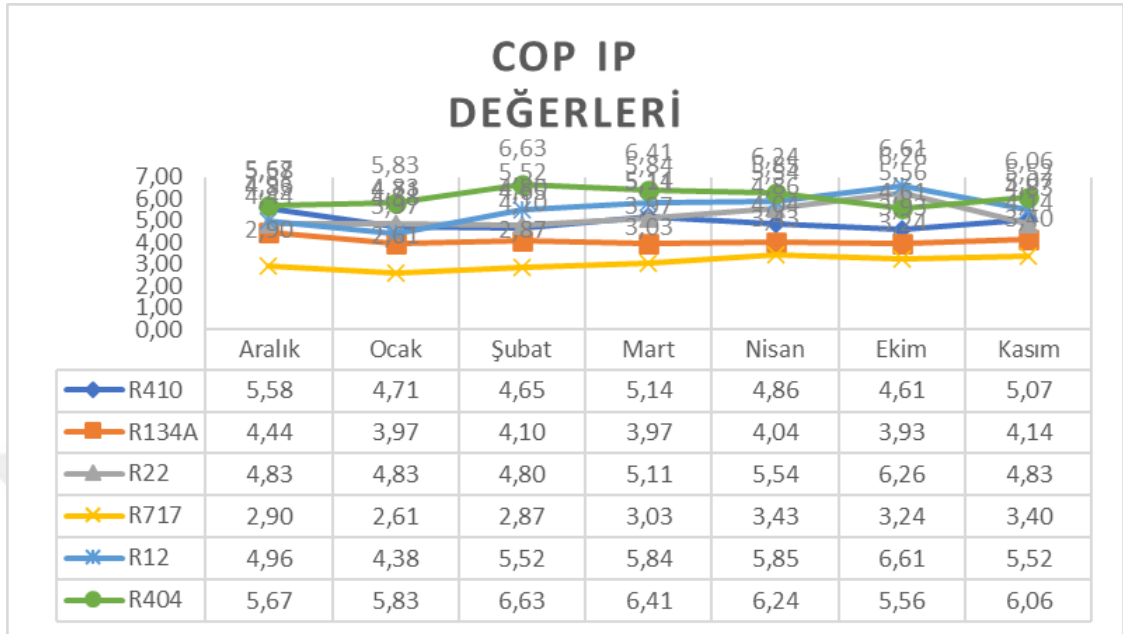
Çizelge 4.23 Aylık ortalama toprak sıcaklıkları ve ısı pompası değerleri değişimi R404A için

Aylık Ortalama Toprak Sıcaklıkları ve Isı Pompası Değerleri Değişimi R404A için										
Ay	Aylık ort hava sic. (°C)	Aylık ort toprak sic. (°C)	COP	Kompresör Gücü (kW)	he	ha	hb	ha-he	Debi m kg/h	Qkondenser (Kw)
Aralık	8,00	9,59	5,67	4,24	268,00	370,00	388,00	102,00	847,06	28,24
Ocak	6,50	8,08	5,83	4,11	265,00	370,00	388,00	105,00	822,86	28,11
Şubat	7,80	9,38	6,63	3,62	264,00	370,00	386,00	106,00	815,09	27,62
Mart	10,40	11,98	6,41	3,74	261,00	370,00	387,00	109,00	792,66	27,74
Nisan	15,00	16,58	6,24	3,85	264,00	370,00	387,00	106,00	815,09	27,85
Ekim	17,70	19,28	5,56	4,32	270,00	370,00	388,00	100,00	864,00	28,32
Kasım	12,10	13,68	6,06	3,96	268,00	371,00	388,00	103,00	838,83	27,96
Haziran	25,10	26,68	0,83	3,96	268,00	371,00	388,00	103,00	838,83	27,96
Temmuz	27,90	29,48	0,86	3,24	262,00	373,00	388,00	111,00	778,38	27,24
Ağustos	27,60	29,18	0,87	3,17	268,00	374,00	388,00	106,00	815,09	27,17
Eylül	23,20	24,78	0,86	3,43	268,00	373,00	388,00	105,00	822,86	27,43

Tablo 4.24. Manisa ili toprak sıcaklığı ve hava sıcaklığı tablosu[151]



Tablo 4.25. R410, R134A, R22, R404A, R717, R12 akışkanları için ısı pompası COP tablosu



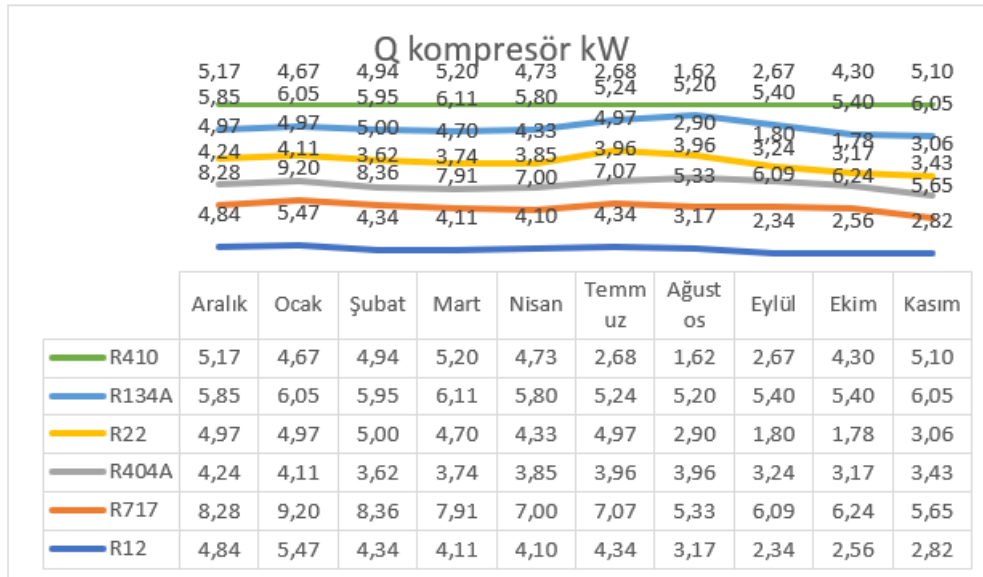
Tablo 4.26. R410, R134A, R22, R404A, R717, R12 akışkanları için soğutma makinası COP tablosu



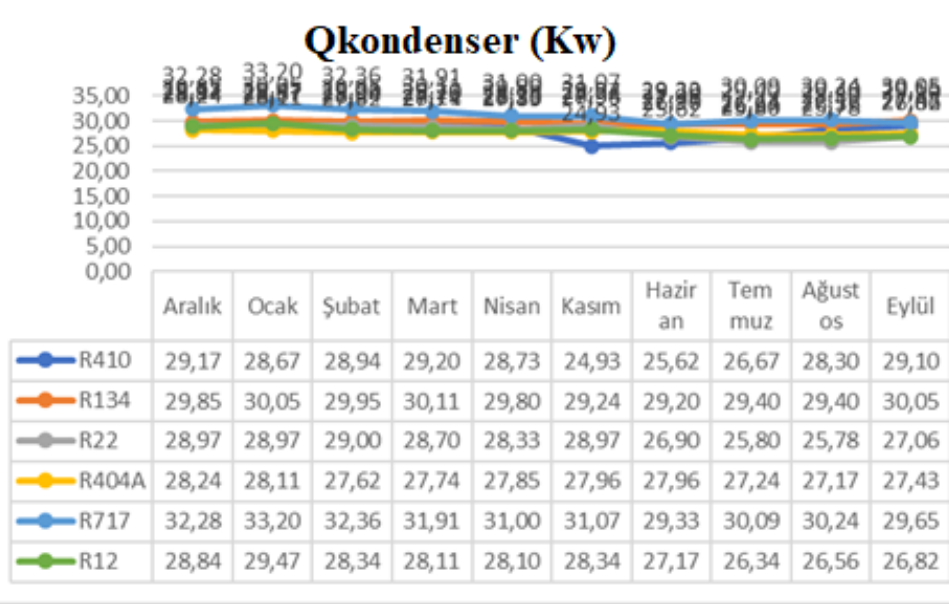
Tablo 4.27. R410, R134A, R22, R404A, R717, R12 akışkanları için debi tablosu



Tablo 4.28. R410, R134A, R22, R404A, R717, R12 akışkanları için kompresör gücü tablosu



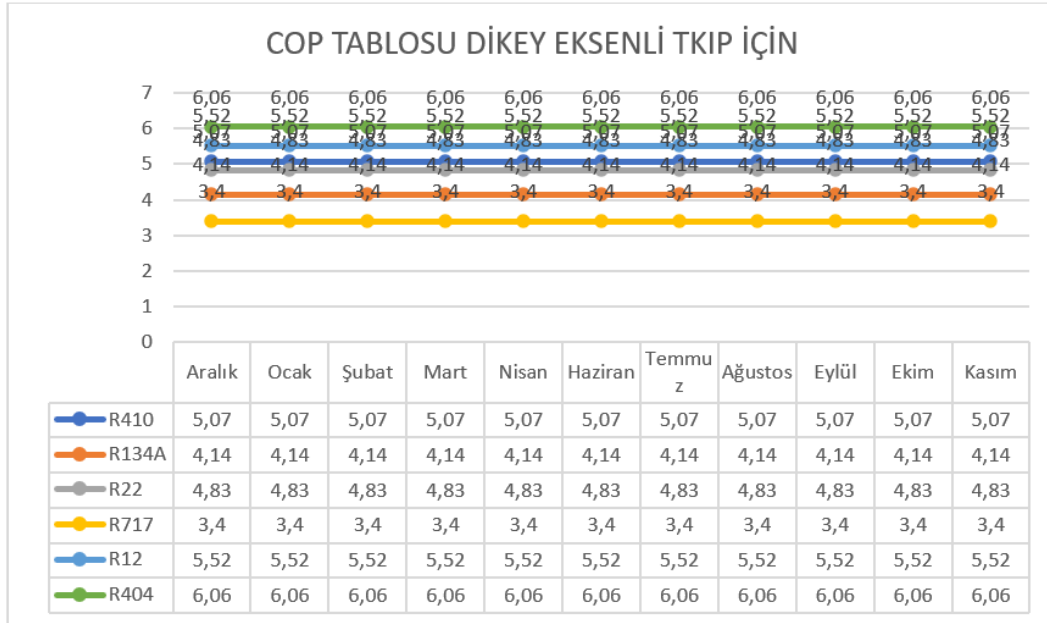
Tablo 4.29. R410, R134A, R22, R404A, R717, R12 Akışkanları için Qkondenser (Kw) tablosu



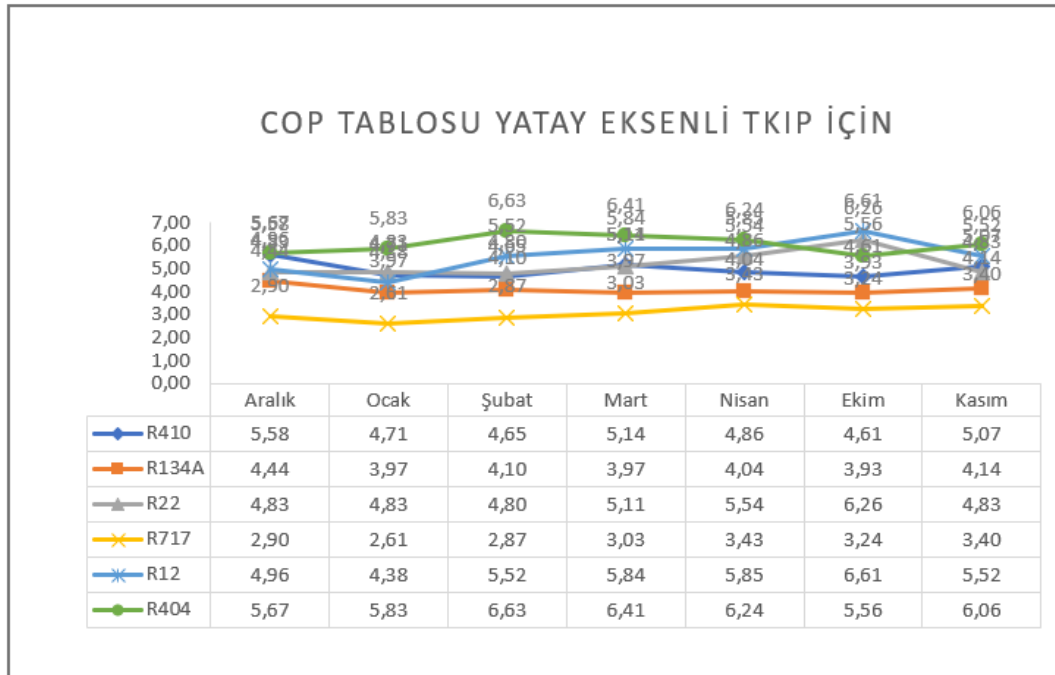
Tablo 4.30. R410, R134A, R22, R404A, R717, R12 Akışkanları için değerleri farklı tip akışkanlar için 13 °C toprak sıcaklığında COP tablosu

COP DEĞERLERİ FARKLI TİP AKIŞKANLAR İÇİN 13 °C TOPRAK SICAKLIĞINDA						
AKIŞKAN CİNSİ	R410	R134A	R22	R717	R12	R404
Aralık	5,07	4,14	4,83	3,4	5,52	6,06
Ocak	5,07	4,14	4,83	3,4	5,52	6,06
Şubat	5,07	4,14	4,83	3,4	5,52	6,06
Mart	5,07	4,14	4,83	3,4	5,52	6,06
Nisan	5,07	4,14	4,83	3,4	5,52	6,06
Haziran	5,07	4,14	4,83	3,4	5,52	6,06
Temmuz	5,07	4,14	4,83	3,4	5,52	6,06
Ağustos	5,07	4,14	4,83	3,4	5,52	6,06
Eylül	5,07	4,14	4,83	3,4	5,52	6,06
Ekim	5,07	4,14	4,83	3,4	5,52	6,06
Kasım	5,07	4,14	4,83	3,4	5,52	6,06

Tablo 4.31. R410, R134A, R22, R404A, R717, R12 Akışkanları için COP tablosu dikey eksenli TKIP için COP tablosu



Tablo 4.32. R410, R134A, R22, R404A, R717, R12 Akışkanları için COP tablosu yatay eksenli TKIP için COP tablosu



5. TARTIŞMA

PESCH-40 boru ve aynı boru çapına göre, sırasıyla iki farklı toprak tipi kullanılarak hesaplanan boru uzunluklarının, ağır toprak nemli toprak (AT-Nemli) tipinin kaya toprak tipinden daha fazla boru hattı gereksinimine sahip olduğu gözlenmiştir. Sebebi şöyledir; (AT-nemli) toprak tipi toprak direnci $0,903 \text{ m}^\circ \text{C} / \text{W}$, kaya toprak tipi toprak direnci $0,54 \text{ m}^\circ \text{C} / \text{W}$ 'dir. Topraklama direnci değerinin artmasıyla birlikte TID tüpünün uzunluk değeri de artar.

Yapılan araştırmalardan ikincisi dikey eksenli ve yatay eksenli toprak kaynaklı ısı pompası kullanımları sistemde araştırılmış ve bu araştırmalar sonucu farklı boru boyu uzunlukları tespit edilmiştir. Sistemde 6 li kuyu kullanılarak 104,17 metre olmak üzere derinliğe inilir. Bu boru uzunluğunu 18,14 m lik çevrimlerle ayırırsak 7 gidiş-dönüşlü bir kolektör kullanmak gerekiyor. 18,14 m uzunluk için 7 gidiş ve her boru arası 60 cm olarak belirlenirse toplamda yaklaşık 65 metrekarelik alan kullanılmış olur. Bu alan üzerinde bahçe kurulması yapılamaz, sadece beton dökülebilir ve iyi bir şekilde muhafaza edilmesi gerekmektedir. Dikey eksenli kullanımda ise bu alanın bahçe kurulmasına müsaade ettiği ve laboratuvar bahçesinde bu denli büyüklükte bir alanın kullanım dışı kalmasını engellemektedir.

Dikey eksenli toprak kaynaklı ısı pompasının hafriyatı ve kuyuların açılması için işçilik ve hafriyat parası ve kurulum maliyetini arttırdığı açıkça görülmektedir.

Seçilecek ısı pompasının sistemde R410 ile çalıştığı bilinmektedir. Oysaki sistemde R134, R22, R404A, R717, R12 kullanılmış olsaydı ortaya çıkacak olan değişim ve COP değerleriyle, debi değişimi, sistemin verimliliği ve kompresör güçleri detaylı bir şekilde oluşturulan grafiklerle ve verilerle detaylıca incelenmiştir. Bu incelemeler Manisa ili için detaylı bir şekilde hesaplanmış ve grafiklere dökülmüştür. Manisa ilinin aylık ve yıllık sıcaklık değerleri ile gerekli hesaplamalar yapılmıştır. Bu kıyaslama sonrasında R410 ile çalışan sistemin COP değerlerinin daha yüksek çıktığı ve daha verimli olduğu gerçeğine ulaşılmıştır. Manisa ilinde Mayıs ayı sıcaklığının 20 derece olmasından ötürü mayıs ayı için sistemde hesaplamalara katılmamıştır. İklimlendirme için yazın soğutma makinasından faydalanılırken kış ayları ve sonbahardaysa ısı pompasından faydalanılmıştır.

Toprak kaynaklı ısı pompalarının hava ve suyla çalışan sistemlerden verimli oldukları ve tamirat ve bakım maliyetlerinin düşük olması toprak kaynaklı ısı pompasının incelenmesini ve kullanımının araştırılmasını elzem hale getirmektedir. Bu çalışmada da geleceğin ve günümüzün teknolojisi olan toprak kaynaklı ısı pompaları araştırılmıştır.

Sistemdeki farklı sıcaklıklarda ısı pompalarının kullanımını kontrol etti ve sistemin COP değerini hesaplanmıştır. Manisa ilinde sıcaklık değişimleri ile ilgili mevsimsel veriler kullanılmış ve sistem ile ısı pompaları ve soğutuculardaki verimliliği ve COP değerini sorgulanmıştır.

Toprak yaz aylarında güneşlenerek elde edilen ısı enerjisini depoladığı bilinmektedir. Kışın depolanan ısı önemli ölçüde azalır, ancak yaz geldiğinde tüm toprak sıcaklığını sağlayamaz. Yaz aylarında toprak ısınır . Kışın iç ortam sıcaklığı dış ortam sıcaklığından daha yüksek olacaktır ve yaz aylarında dış hava sıcaklığı dış mekandan daha soğuk olur.

Bu iki sistem düşey eksenli toprak kaynaklı ısı pompası ile yatay eksenli toprak kaynaklı ısı pompası için COP değerleri yıl içinde değişen farklı sıcaklık ortalamaları da baz alınarak detaylıca hesaplanmıştır ve tablolarda farklı akışkanlar için grafikleştirilmiştir.

Her ne kadar sistemin kurulma maliyeti ve hafriyat ve sondaj kuyuları maliyeti düşey eksenli toprak kaynaklı ısı pompasında maliyetli olsa da topraktan yıl boyunca yaz ve kış farketmeksizin ısı kazanımı elde edilebileceği oldukça nettir.

6. SONUÇLAR

Bir ısı pompası uygulamasına başlarken, ilk olarak kesinlikle ısı kaynağı ayrıntılı olarak kontrol edilmelidir. Isı pompasının uygulanacağı coğrafi bölgenin iklim koşulları dikkate alınmalıdır. Bu çalışmada, ısı pompasını uygulayan laboratuvar Manisa ilinde bulunduğundan, ısı kaynağı Manisa ilinin coğrafi konumu ve iklim koşulları göz önünde bulundurularak belirlenmiştir, bu uygulamada ısı kaynağı olarak "toprak" kullanılmaktadır. Dünyanın her yerinde, hatta ülkemizin farklı coğrafyalarında bile ısı kaynağı olarak farklı kaynaklar da kullanılabileceği için ısı kaynağı uygulamadan önce mutlaka belirlenmelidir.

TKIP uygulamasında Manisa ilinde iklimlendirilecek alan dikey ve yatay toprak kaynaklı ısı pompaları için boru boyu uzunlukları hesaplanarak karşılaştırma yapılmıştır. Dikey eksenli TKIP'nın avantaj ve dezavantajlarını detaylıca görmek için TKIP, yatay eksenli toprak kaynaklı ısı pompası ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca sistemin maliyet analizi de yapılmıştır. Avantaj ve dezavantajlar, bu uygulamaların ilk yatırım maliyetleri ve yıllık enerji sarfiyatları daha çok göz önünde bulundurularak vurgulanmıştır. Genel bir ifadeyle, TKIP ilk yatırım maliyeti fazladır ancak para geri ödeme süresi yıllık enerji sarfiyatı göz önüne alındığında çok düşük olduğu görülmektedir. Bu sebeple para geri ödeme süresi de çok uzun sürmemektedir. Yerden ısıtma ve soğutma yerine gizli tip veya yer tipi fan coil cihazlarının da kullanılabilmesi mümkündür. Bu sistemde fancoillerle iklimlendirme tercih edilmiştir. 150 m² lik bir alanın iklimlendirildiği varsayılarak sonuçlar elde edilmiştir.

Ülkemizde de TKIP uygulamaları her geçen gün yaygınlaşmaktadır. Ancak daha ucuz ilk yatırım maliyetleri için bu alandaki yatırımlar, araştırma ve geliştirmeler arttırılmalıdır. Devlet tarafından mutlaka teşvik sağlanmalıdır. Ülkemiz dışa bağımlı kalmamalı sadece ithal ısı pompaları kullanılmamalıdır. Ülkemizde de yapılacak üretimler mutlak suretle yüksek standartlarda, yüksek COP değerlerinde olmalıdır. Isı pompalarına olan talebi arttırarak hem diğer sistemlere göre daha az enerji tüketimi yapan hem elektrik gibi ucuz, dışa bağımlı olmadığımız ve temiz bir enerjiyle hem de emisyonu düşük seviyelerde olan bir sistem ile ısınma sağladığı görülür. Isı pompasının kullanım alanlarının artmasıyla, diğer ısıtma sistemlerin (fuel-oil, motorin, katı yakıtlı) daha az kullanılması ve böylece çevreye olan zararlı emisyonların azaltılması söz konusu olabilir.

KAYNAKLAR

1. <http://www.toprakisi.com.tr/icerik.php?id=133>
2. <http://portal.canovateenerji.com/tr-TR/toprak-kaynali-isi-pompasi>
3. L. Miles, "Heat Pumps Theory and Service", Delmar Publishers Inc., NY. 1994.
4. Yang, H., P. Cui, and Z. Fang, Vertical-borehole ground-coupled heat pumps: A review of models and systems. *Applied energy*, 2010. **87**(1): p. 16-27.
5. Hepbasli, A., O. Akdemir, and E. Hancioglu, Experimental study of a closed loop vertical ground source heat pump system. *Energy Conversion and Management*, 2003. **44**(4): p. 527-548.
6. Yavuzturk, C., Modeling of vertical ground loop heat exchangers for ground source heat pump systems. 1999, Oklahoma State University Oklahoma, OK.
7. Kavanaugh, S.P., Simulation and experimental verification of vertical ground-coupled heat pump systems. 1985, Oklahoma State University.
8. Yavuzturk, C. and J.D. Spitler, A short time step response factor model for vertical ground loop heat exchangers. *ASHRAE transactions*, 1999. **105**(2): p. 475-485.
9. Sanaye, S. and B. Niroomand, Thermal-economic modeling and optimization of vertical ground-coupled heat pump. *Energy Conversion and Management*, 2009. **50**(4): p. 1136-1147.
10. Bakirci, K., et al., Energy analysis of a solar-ground source heat pump system with vertical closed-loop for heating applications. *Energy*, 2011. **36**(5): p. 3224-3232.
11. Muraya, N.K., D.L. O'Neal, and W.M. Heffington, Thermal interference of adjacent legs in a vertical U-tube heat exchanger for a ground-coupled heat pump. *ASHRAE Transactions-American Society of Heating Refrigerating Airconditioning Engin*, 1996. **102**(2): p. 12-21.
12. Blum, P., G. Campillo, and T. Kölbl, Techno-economic and spatial analysis of vertical ground source heat pump systems in Germany. *Energy*, 2011. **36**(5): p. 3002-3011.
13. Hwang, Y., et al., Cooling performance of a vertical ground-coupled heat pump system installed in a school building. *Renewable Energy*, 2009. **34**(3): p. 578-582.
14. Hepbasli, A., Performance evaluation of a vertical ground-source heat pump system in Izmir, Turkey. *International Journal of Energy Research*, 2002. **26**(13): p. 1121-1139.
15. Esen, H., M. Inalli, and Y. Esen, Temperature distributions in boreholes of a vertical ground-coupled heat pump system. *Renewable Energy*, 2009. **34**(12): p. 2672-2679.
16. Sayyaadi, H., E.H. Amlashi, and M. Amidpour, Multi-objective optimization of a vertical ground source heat pump using evolutionary algorithm. *Energy Conversion and Management*, 2009. **50**(8): p. 2035-2046.
17. Thornton, J., et al., Residential vertical geothermal heat pump system models: calibration to data. *Ashrae Transaction*, 1997. **103**(2): p. 660-674.

18. Ozgener, O., A. Hepbasli, and L. Ozgener, A parametric study on the exergoeconomic assessment of a vertical ground-coupled (geothermal) heat pump system. *Building and Environment*, 2007. **42**(3): p. 1503-1509.
19. Ozgener, O. and A. Hepbasli, A parametrical study on the energetic and exergetic assessment of a solar-assisted vertical ground-source heat pump system used for heating a greenhouse. *Building and Environment*, 2007. **42**(1): p. 11-24.
20. Gu, Y. and D.L. O'Neal, Development of an equivalent diameter expression for vertical U-tubes used in ground-coupled heat pumps. *transactions-american society of heating refrigerating and air conditioning engineers*, 1998. **104**: p. 347-355.
21. BALBAY, A. and M. ESEN, toprak kaynakli isi pompasi sisteminin köprülerdeki karin/buzun eritilmesine etkisi. *Fırat Üniversitesi Doğu Araştırmaları Dergisi*. **6**(1): p. 119-122.
22. Michopoulos, A., T. Zachariadis, and N. Kyriakis, Operation characteristics and experience of a ground source heat pump system with a vertical ground heat exchanger. *Energy*, 2013. **51**: p. 349-357.
23. Esen, H. and M. Inalli, Modelling of a vertical ground coupled heat pump system by using artificial neural networks. *Expert Systems with Applications*, 2009. **36**(7): p. 10229-10238.
24. Pu, L., et al., Simulation study on the thermal performance of vertical U-tube heat exchangers for ground source heat pump system. *Applied Thermal Engineering*, 2015. **79**: p. 202-213.
25. Benli, H., Energetic performance analysis of a ground-source heat pump system with latent heat storage for a greenhouse heating. *Energy conversion and management*, 2011. **52**(1): p. 581-589.
26. Han, C. and X.B. Yu, Sensitivity analysis of a vertical geothermal heat pump system. *Applied Energy*, 2016. **170**: p. 148-160.
27. Dehkordi, S.E. and R.A. Schincariol, Effect of thermal-hydrogeological and borehole heat exchanger properties on performance and impact of vertical closed-loop geothermal heat pump systems. *Hydrogeology Journal*, 2014. **22**(1): p. 189-203.
28. Spilker, E.H., Ground-coupled heat pump loop design using thermal conductivity testing and the effect of different backfill materials on vertical bore length. *Ashrae Transactions*, 1998. **104**: p. 775.
29. Diao, N.R., H.Y. Zeng, and Z.H. Fang, Improvement in modeling of heat transfer in vertical ground heat exchangers. *HVAC&R Research*, 2004. **10**(4): p. 459-470.
30. Esen, H. and M. Inalli, ANN and ANFIS models for performance evaluation of a vertical ground source heat pump system. *Expert Systems with Applications*, 2010. **37**(12): p. 8134-8147.
31. Yavuzturk, C., J.D. Spitler, and S.J. Rees, A transient two-dimensional finite volume model for the simulation of vertical U-tube ground heat exchangers. *ASHRAE transactions*, 1999. **105**(2): p. 465-474.
32. Bernier, M. A review of the cylindrical heat source method for the design and analysis of vertical ground-coupled heat pump systems. in *4th International Conference on Heat Pumps in Cold Climates*. 2000.
33. Shang, Y., M. Dong, and S. Li, Intermittent experimental study of a vertical ground source heat pump system. *Applied energy*, 2014. **136**: p. 628-635.

34. Retkowski, W. and J. Thöming, Thermoeconomic optimization of vertical ground-source heat pump systems through nonlinear integer programming. *Applied energy*, 2014. **114**: p. 492-503.
35. Beier, R.A., M.D. Smith, and J.D. Spitler, Reference data sets for vertical borehole ground heat exchanger models and thermal response test analysis. *Geothermics*, 2011. **40**(1): p. 79-85.
36. Diao, N., Q. Li, and Z. Fang, Heat transfer in ground heat exchangers with groundwater advection. *International Journal of Thermal Sciences*, 2004. **43**(12): p. 1203-1211.
37. Kara, Y.A., Experimental performance evaluation of a closed-loop vertical ground source heat pump in the heating mode using energy analysis method. *International Journal of Energy Research*, 2007. **31**(15): p. 1504-1516.
38. Lu, Q., et al., Cost and performance data for residential buildings fitted with GSHP systems in Melbourne Australia. *Data in brief*, 2017. **12**: p. 9.
39. Chen, J., et al., Simulation and experimental analysis of optimal buried depth of the vertical U-tube ground heat exchanger for a ground-coupled heat pump system. *Renewable energy*, 2015. **73**: p. 46-54.
40. De Carli, M., et al., A computational capacity resistance model (CaRM) for vertical ground-coupled heat exchangers. *Renewable energy*, 2010. **35**(7): p. 1537-1550.
41. Song, M., et al., An experimental study on the effects of downwards flowing of melted frost over a vertical multi-circuit outdoor coil in an air source heat pump on defrosting performance during reverse cycle defrosting. *Applied thermal engineering*, 2014. **67**(1-2): p. 258-265.
42. Eslami-Nejad, P., M. Ouzzane, and Z. Aidoun, Modeling of a two-phase CO₂-filled vertical borehole for geothermal heat pump applications. *Applied Energy*, 2014. **114**: p. 611-620.
43. McCray, K.B., Guidelines for the construction of vertical boreholes for closed loop heat pump systems. 1997: National Ground Water Association Westerville, OH.
44. Sanaye, S. and B. Niroomand, Simulation of heat exchanger network (HEN) and planning the optimum cleaning schedule. *Energy Conversion and Management*, 2007. **48**(5): p. 1450-1461.
45. Wallin, J. and J. Claesson, Investigating the efficiency of a vertical inline drain water heat recovery heat exchanger in a system boosted with a heat pump. *Energy and Buildings*, 2014. **80**: p. 7-16.
46. Esen, H. and M. Inalli, In-situ thermal response test for ground source heat pump system in Elazığ, Turkey. *Energy and Buildings*, 2009. **41**(4): p. 395-401.
47. Narei, H., R. Ghasempour, and Y. Noorollahi, The effect of employing nanofluid on reducing the bore length of a vertical ground-source heat pump. *Energy Conversion and Management*, 2016. **123**: p. 581-591.
48. Kim, E., et al., Performance evaluation under the actual operating condition of a vertical ground source heat pump system in a school building. *Energy and Buildings*, 2012. **50**: p. 1-6.
49. Ally, M.R., et al., Exergy analysis of a two-stage ground source heat pump with a vertical bore for residential space conditioning under simulated occupancy. *Applied energy*, 2015. **155**: p. 502-514.

50. Hua, J., et al., The hot stack performance of the shallow geothermal heat pump system with/without intensification state of groundwater seepage in Nanjing (China). *Energy and Buildings*, 2017. **150**: p. 558-566.
51. Wallin, J. and J. Claesson, Analyzing the efficiency of a heat pump assisted drain water heat recovery system that uses a vertical inline heat exchanger. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 2014. **8**: p. 109-119.
52. Deng, Y. and C. Fedler, Multi-layered soil effects on vertical ground-coupled heat pump design. *Transactions of the ASAE*, 1992. **35**(2): p. 687-694.
53. Ming_ming, L.X.y.W.Y.H. and W. Tang_di, Experimental Research on Vertical Buried Tube Type of Underground Exchanger for Ground-Source Heat Pump [J]. *JOURNAL OF CHONGQING JIANZHU UNIVERSITY*, 1999. **5**.
54. Kang, Y.T. and R.N. Christensen. Development of a counter-current model for a vertical fluted tube GAX absorber. in *Proceedings of the International Absorption Heat Pump Conference*. 1994. Publ by ASME.
55. Song, M., et al., An experimental study on even frosting performance of an air source heat pump unit with a multi-circuit outdoor coil. *Applied energy*, 2016. **164**: p. 36-44.
56. Awani, S., et al., Performance of the coupling of the flat plate collector and a heat pump system associated with a vertical heat exchanger for heating of the two types of greenhouses system. *Energy conversion and management*, 2015. **103**: p. 266-275.
57. Lamarche, L. and B. Beauchamp, A new contribution to the finite line-source model for geothermal boreholes. *Energy and Buildings*, 2007. **39**(2): p. 188-198.
58. Ghezelbash, R., et al., Performance assessment of a natural gas expansion plant integrated with a vertical ground-coupled heat pump. *Energy*, 2015. **93**: p. 2503-2517.
59. Bernier, M.A., Ground-coupled heat pump system simulation/Discussion. *ASHRAE transactions*, 2001. **107**: p. 605.
60. Spitler, J. and M. Bernier, Vertical borehole ground heat exchanger design methods, in *Advances in ground-source heat pump systems*. 2016, Elsevier. p. 29-61.
61. Dehkordi, S. and R. Schincariol, Guidelines and the design approach for vertical geothermal heat pump systems: current status and perspective. *Canadian geotechnical journal*, 2014. **51**(6): p. 647-662.
62. Retkowski, W., G. Ziefle, and J. Thöming, Evaluation of different heat extraction strategies for shallow vertical ground-source heat pump systems. *Applied Energy*, 2015. **149**: p. 259-271.
63. Leyuan, Y., et al., A heat transfer model and the experiments for vertical spiral geothermal heat pump. *Acta Energiæ Solaris Sinica*, 2004. **25**: p. 690-694.
64. Skladzien, J., M. Hanuszkiewicz-Drapala, and A. Fic. Thermal analysis of vertical ground exchangers of heat pumps. in *CHT-04-Advances in Computational Heat Transfer III. Proceedings of the Third International Symposium*. 2004. Begel House Inc.
65. Sriviver, R.L. and M. Huber, Observational evidence for an ocean heat pump induced by tropical cyclones. *Nature*, 2007. 447(7144): p. 577-580.
66. Fleuchaus, P. and P. Blum, Damage event analysis of vertical ground source heat pump systems in Germany. *Geothermal Energy*, 2017. **5**(1): p. 10.

67. Kim, M., et al., Performance evaluation of geothermal heat pump with direct expansion type vertical ground heat exchanger. *Heat Transfer Engineering*, 2015. 36(12): p. 1046-1052.
68. Piscaglia, F., et al., Monitoring of a vertical borehole ground-coupled heat pump system: a case study from a marly-limestone heat reservoir (Urbino, Central Italy). *Geothermics*, 2016. 62: p. 61-69.
69. Xianying, B.L., et al., Experimental Research of Ground-Source Heat Pump for Heating and Cooling Through Supplies In Winter and Summer [J]. *construction machinery for hydraulic engineering & power station*, 2000. 1.
70. Dehghan, B., Performance assessment of ground source heat pump system integrated with micro gas turbine: Waste heat recovery. *Energy Conversion and Management*, 2017. 152: p. 328-341.
71. Kord, A.S. and S.A. Jazayeri, Optimization and analysis of a vertical ground-coupled heat pump. *International Journal of Renewable Energy Research (IJRER)*, 2012. 2(1): p. 33-37.
72. Oh, S., Y. Cho, and R. Yun, Raw-water source heat pump for a vertical water treatment building. *Energy and buildings*, 2014. 68: p. 321-328.
73. Sarbu, I. and C. Sebarchievici, General review of ground-source heat pump systems for heating and cooling of buildings. *Energy and buildings*, 2014. 70: p. 441-454.
74. Ruan, W., M. Qu, and W.T. Horton, Modeling analysis of an enthalpy recovery wheel with purge air. *International journal of heat and mass transfer*, 2012. 55(17-18): p. 4665-4672.
75. Esen, H. and E. Turgut, Optimization of operating parameters of a ground coupled heat pump system by Taguchi method. *Energy and Buildings*, 2015. 107: p. 329-334.
76. Kaili, Z., W. Ruzhu, and Y. Liqiang, Theoretical research of vertical buried ground source heat pump. *Fluid machinery*, 2001. 29(9): p. 57-60.
77. Desmedt, J. and J.V. Bael, Efficiency investigation and energy saving of vertical ground source heat pump. *Strojarstvo*, 2010. 52(4): p. 405-409.
78. Li, A., X. Xu, and Y. Sun, A study on pipe-embedded wall integrated with ground source-coupled heat exchanger for enhanced building energy efficiency in diverse climate regions. *Energy and Buildings*, 2016. 121: p. 139-151.
79. Yang, W., et al., A two-region simulation model of vertical U-tube ground heat exchanger and its experimental verification. *Applied Energy*, 2009. 86(10): p. 2005-2012.
80. Li, M. and A.C. Lai, Review of analytical models for heat transfer by vertical ground heat exchangers (GHEs): A perspective of time and space scales. *Applied Energy*, 2015. 151: p. 178-191.
81. Chen, F., et al., Efficiency analysis of utilizing phase change materials as grout for a vertical U-tube heat exchanger coupled ground source heat pump system. *Applied Thermal Engineering*, 2018. 130: p. 698-709.
82. WANG, H.-l., et al., Study on Heat-transfer Character of Geothermal Heat Pump Vertical U-tube Ground [J]. *Fluid Machinery*, 2010. 8.
83. Meyer, J., P. Raubenheimer, and E. Kruger, The influence of return loop flow rate on stratification in a vertical hot water storage tank connected to a heat pump water heater. *Heat transfer engineering*, 2000. 21(2): p. 67-73.
84. Kim, E.-J., et al., Numerical modelling of geothermal vertical heat exchangers for the short time analysis using the state model size reduction technique. *Applied Thermal Engineering*, 2010. 30(6-7): p. 706-714.

85. O'Neal, D., J. Gonzalez, and W. Aldred, A simplified procedure for sizing vertical ground coupled heat pump heat exchangers for residences in texas. 1994.
86. Kim, M.J., et al., Operational behavior characteristics and energy saving potential of vertical closed loop ground source heat pump system combined with storage tank in an office building. *Energy and Buildings*, 2018. **179**: p. 239-252.
87. Ünal, F., G. Temir, and H. Köten, Energy, exergy and exergoeconomic analysis of solar-assisted vertical ground source heat pump system for heating season. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 2018. **32**(8): p. 3929-3942.
88. Bernier, M. and D. Randriamiarinjatovo. Annual simulations of heat pump systems with vertical ground heat exchangers. in *Proceedings of the Conference on Building Energy Simulation*, Ottawa, ON, Canada. 2001.
89. Lee, M.-T., Y.-I. Kim, and B.-H. Kang, Dynamic simulation of ground source heat pump with a vertical U-tube ground heat exchanger. *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, 2007. **19**(5): p. 372-378.
90. Zhang, Y., et al., Prediction of layered thermal conductivity using artificial neural network in order to have better design of ground source heat pump system. *Energies*, 2018. **11**(7): p. 1896.
91. Zou, Y., H. Tuo, and P.S. Hrnjak, Modeling refrigerant maldistribution in microchannel heat exchangers with vertical headers based on experimentally developed distribution results. *Applied thermal engineering*, 2014. **64**(1-2): p. 172-181.
92. Funabiki, A., et al. The effects of groundwater flow on vertical-borehole ground source heat pump systems. in *ASME 2014 12th Biennial Conference on Engineering Systems Design and Analysis*. 2014. American Society of Mechanical Engineers Digital Collection.
93. Peng, B.L., Q. Zhongzhu, and Y. Liqiang, The theories study of the ground temperature field of the U-Shaped vertical loop of pipe of the Ground Heat Pump [J]. *Building Energy & Environment*, 2000. **4**: p. 1-4.
94. Bi, Y., L. Chen, and C. Wu, Ground heat exchanger temperature distribution analysis and experimental verification. *Applied thermal engineering*, 2002. **22**(2): p. 183-189.
95. Diao, N.-r., Q.-y. Li, and Z.-h. Fang, An analytical solution of the temperature response in geothermal heat exchangers with groundwater advection. *Journal of Shandong Institute of Architecture and Engineering*, 2003. **3**(000).
96. Balbay, A. and M. Esen, Experimental investigation of using ground source heat pump system for snow melting on pavements and bridge decks. *Scientific Research and Essays*, 2010. **5**(24): p. 3955-3966.
97. Shin, K.J. and A.V. Angani. Design of 40URT heat pump for vertical aquarium using processed waste hot water from power plants. in *2016 Future Technologies Conference (FTC)*. 2016. IEEE.
98. Özsolak, O. and M. Esen, Performance investigation of slinky heat exchanger for solar assisted ground source heat pump. *E-Journal of New World Sciences Academy*, 2014. **84**.
99. Bakirci, K., Evaluation of the performance of a ground-source heat-pump system with series GHE (ground heat exchanger) in the cold climate region. *Energy*, 2010. **35**(7): p. 3088-3096.

100. Esen, H., et al., Energy and exergy analysis of a ground-coupled heat pump system with two horizontal ground heat exchangers. *Building and environment*, 2007. 42(10): p. 3606-3615.
101. Kurpaska, S. and H. Latala, Energy analysis of heat surplus storage systems in plastic tunnels. *Renewable Energy*, 2010. 35(12): p. 2656-2665.
102. Menglong, D.L.C.J.P., Underground Vertical Single Tube Heat Exchange Effect Factors by Soil Source Heat Pump [J]. *Fluid Machinery*, 2002. 3.
103. Magraner, T., et al., Comparison between design and actual energy performance of a HVAC-ground coupled heat pump system in cooling and heating operation. *Energy and buildings*, 2010. 42(9): p. 1394-1401.
104. Hepbasli, A. and O. Akdemir, Energy and exergy analysis of a ground source (geothermal) heat pump system. *Energy conversion and management*, 2004. 45(5): p. 737-753.
105. Ramadan, A.S., Parametric study of vertical ground loop heat exchangers for ground source heat pump systems. 2016.
106. Ozgener, O. and A. Hepbasli, Performance analysis of a solar-assisted ground-source heat pump system for greenhouse heating: an experimental study. *Building and Environment*, 2005. 40(8): p. 1040-1050.
107. Esen, H. and M. İnallı, Elazığ İklim Şartlarında Yatay Borulu Toprak Kaynaklı Isı Pompasının Performansı. *FÜ Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 2003. 15(2): p. 109-117.
108. Özyurt, Ö., Ö. Çomak, and B. Yüksel, Güneş-Toprak Kaynaklı Isı Pompasının Deneysel incelenmesi.
109. Yuan, T., et al., Thermodynamic and economic analysis for ground-source heat pump system coupled with borehole free cooling. *Energy and Buildings*, 2017. 155: p. 185-197.
110. Michopoulos, A., et al., Three-years operation experience of a ground source heat pump system in Northern Greece. *Energy and Buildings*, 2007. 39(3): p. 328-334.
111. Bouma, J. and A. Koppenol, Investigation into a complete earth-to-water heat pump system in a single-family dwelling focussing on the application of a vertical subsoil heat exchanger, in *Energy Saving in Buildings*. 1984, Springer. p. 122-132.
112. Yu, X., et al., Thermal response test for ground source heat pump based on constant temperature and heat-flux methods. *Applied Thermal Engineering*, 2016. 93: p. 678-682.
113. Fisher, D.E., et al., Implementation and validation of ground-source heat pump system models in an integrated building and system simulation environment. *HVAC&R Research*, 2006. 12(S1): p. 693-710.
114. Petit, P. and J. Meyer, Economic potential of vertical ground-source heat pumps compared to air-source air conditioners in South Africa. *Energy*, 1998. 23(2): p. 137-143.
115. Ping, C., Y. Hongxing, and F. Zhaohong, Simulation modelling and design optimisation of ground source heat pump systems. *HKIE transactions*, 2007. 14(1): p. 1-6.
116. Ozgener, O. and A. Hepbasli, Experimental performance analysis of a solar assisted ground-source heat pump greenhouse heating system. *Energy and buildings*, 2005. 37(1): p. 101-110.

117. Chiasson, A.D., S.J. Rees, and J.D. Spitler, A preliminary assessment of the effects of groundwater flow on closed-loop ground source heat pump systems. 2000, Oklahoma State Univ., Stillwater, OK (US).
118. Zhou, S., et al., Study on ground temperature response of multilayer stratum under operation of ground-source heat pump. *Applied Thermal Engineering*, 2016. 101: p. 173-182.
119. Chen, F., et al., Restoration performance and operation characteristics of a vertical U-tube ground source heat pump system with phase change grouts under different running modes. *Applied Thermal Engineering*, 2018. 141: p. 467-482.
120. Rybach, L. and B. Sanner, Ground source heat pump systems, the European experience. *GHC Bull*, 2000. 21(1): p. 16-26.
121. Noorollahi, Y., et al., The effects of ground heat exchanger parameters changes on geothermal heat pump performance—A review. *Applied Thermal Engineering*, 2018. 129: p. 1645-1658.
122. Lee, J.-Y., Current status of ground source heat pumps in Korea. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2009. 13(6-7): p. 1560-1568.
123. Kapıcıoğlu, A. and H. Esen, Experimental investigation on using Al₂O₃/ethylene glycol-water nano-fluid in different types of horizontal ground heat exchangers. *Applied Thermal Engineering*, 2020. 165: p. 114559.
124. Özdemir, M.B., Optimization of Process Parameters of Ground Source Heat Pumps for Space Heating Applications with Taguchi Method. *Politeknik Dergisi*, 2018. 21(4): p. 991-998.
125. Seyrek, A., Using of ground source heat pump for residential heating, in master. 2010, Dumlupınar Üniversitesi
126. Çamdali, Ü. and E. Tunçel, Bolu ve çevresi için toprak kaynaklı ısı pompası (tkip) sistem analizi: ekonomik yaklaşımlar. *Engineer & the Machinery Magazine*, 2010(604).
127. Bayraktar, M., house design that ground source heat pump to the Karabük, in master. 2015, Karabük Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Makine Mühendisliği Anabilim Dalı.
128. Al-Khalidi, M.M.H., Heating system application with ground source heat pump for Isparta climate conditions, in master. 2018, Süleyman Demirel Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Makine Mühendisliği Anabilim Dalı.
129. Sağlam, H., Solar soil sourced heat pump modeling for Van region, in energy. 2019, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı.
130. Göksel, Y., Cooling analysis of horizontal soil source heat pump in Sivas, in energy. 2019, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Makine Mühendisliği Anabilim Dalı
131. Polat, S., Exergy analysis of ground source heat pump, in energy. 2019, Atatürk Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Makine Mühendisliği Anabilim Dalı / Enerji Bilim Dalı.
132. Ozgener O, Ozgener L, Tester, J.W. 2013. Three heating seasons monitoring of usage of low enthalpy geothermal resources: exergetic performance analysis of an EAHE assisted agricultural building. 38. Stanford Geothermal Workshop, February 11-13,2013, Stanford University, San Francisco CA, USA.
133. Hillel, D. 1982. *Fundamentals of Soil Physics*. Academic Press
134. Ozgener O, Ozgener L, Tester, J.W. 2013. A practical approach to predict soil temperature variations for geothermal (ground) heat exchangers applications. *International Journal of Heat and Mass Transfer* 62, 473-480

135. Yener D, Ozgener O, Ozgener L. 2017. Prediction of soil temperatures for shallow geothermal applications in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 70, 71-77.
136. Deniz Yener D 2017. Ege Bölgesi'ndeki Düşük Entalpili Jeotermal Kaynakların Değerlendirilmesi İçin Toprak Sıcaklıklarının Tahminlenmesi, Güneş Enerji Enstitüsü, Ege Üniversitesi
137. Yener D, Ozgener O, Ozgener L. 2016. Prediction of Soil Temperatures for underground Heat Exchanger Applications in Izmir Turkey. XII. International HVAC+R Technology Symposium March 31- April 2,2016, Istanbul, Turkey
138. Yener D, Ozgener O, Ozgener L. 2016. Prediction of soil temperatures for underground heat exchanger applications in Manisa Turkey. *Karalmas Science and Engineering Journal*,6(1) 56-58.
139. Süzer, B.: 2001, "Toprak Kaynaklı Isı Pompası ile Hava Kaynaklı Isı Pompasının Tekno-ekonomik Açından Karşılaştırılması", Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye
140. Hepbaşlı A.,1999, Geleceğin Teknolojisi: Yer Kaynaklı Isı Pompaları, IV. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, Türkiye
141. Çanakçı, C., Özgener, Ö., Hepbaşlı,A. 2001.Jeotermal Isı Pompaları ve Uygulamaları. *Termoklima Dergisi*, Sayı 108
142. Yamankaradeniz, R., Horuz, I., Kaynaklı, Ö., Coşkun, S. ve Yamankaradeniz, N., "Soğutma Tekniği ve Isı Pompası Uygulamaları", Dora Yayıncılık, Yayın No: 13, 3. Baskı, Bursa, 2013.
143. https://tr.wikipedia.org/wiki/Is%C4%B1_pompas%C4%B1
144. <http://www.ecodense.com/urun/toprak-kaynakli-isi-pompasi>
145. https://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/a27d33160673a96_ek.pdf
146. Ozgener O, Ozgener L. 2015. Modeling of driveway as a solar collector for improving efficiency of solar assisted geothermal heat pump system: A case study.*Renewable and Sustainable Energy Reviews* 46:210-217.
147. HEPBAŞLI, A., HVAC Sistemlerinde Etkinlik ve Verim Tanımları, Bölüm I, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Tesisat Mühendisliği Dergisi, Sayı: 50, Sayfa: 33-53, İstanbul,1999.
148. HEPBAŞLI, A., HVAC Sistemlerinde Etkinlik ve Verim Tanımları, Bölüm II, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Tesisat Mühendisliği Dergisi, Sayı: 51, Sayfa: 24-42, İstanbul, 1999
149. Çengel, Y.A. ve Boles, A.M., *Thermodynamics an engineering approach*, McGraw-Hill, (1989)
150. Hillel, D. 1982. *Fundamentals of Soil Physics*. Academic Press, San Diego, CA, 167-170 pp.
151. Yener, D., Ozgener, O., Ozgener, L. 2016. Prediction of Soil Temperatures for Underground Heat Exchanger Applications in Izmir Turkey. 12. Uluslararası Yapıda Tesisat Teknolojisi Sempozyumu, İstanbul.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Halil BÜYÜKŞEN

Doğum Yeri ve Yılı : İzmir, 1993

Medeni Hali : Bekar

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta : halil.buyuksen@gmail.com

Eğitim Durumu

Lise : Bornova Anadolu Lisesi, 2011

Lisans : Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü,
2015 (Mezuniyet derecesi:3.14)

Yüksek Lisans : Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü,
2019-

Mesleki Deneyim

Ege Endüstri 2017-2018

İnoksan Endüstriyel Mutfak Ekipmanları 2018-2019