

T.C.
MUĞLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

BORU YALITIMINDA FARKLI BORU ÇAPLARI İÇİN
HAVA BOŞLUĞUNUN YALITIM KALINLIĞI VE
KULLANIM ÖMRÜ MALİYETLERİ ÜZERİNE
ETKİLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ALİ DAŞDEMİR

HAZİRAN 2019
MUĞLA

T.C.
MUĞLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

BORU YALITIMINDA FARKLI BORU ÇAPLARI İÇİN
HAVA BOŞLUĞUNUN YALITIM KALINLIĞI VE
KULLANIM ÖMRÜ MALİYETLERİ ÜZERİNE
ETKİLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ALİ DAŞDEMİR

HAZİRAN 2019

MUĞLA

MUGLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü

TEZ ONAYI

ALİ DAŞDEMİR tarafından hazırlanan **BORU YALITIMINDA FARKLI BORU ÇAPLARI İÇİN HAVA BOŞLUĞUNUN YALITIM KALINLIĞI VE KULLANIM ÖMRÜ MALİYETLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ** başlıklı tezinin, 28.06.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans derecesi için gerekli şartları sağladığı oybirliği ile kabul edilmiştir.

TEZ SINAV JURİSİ

Doç. Dr. Mustafa ERTÜRK (Jüri Başkanı)

Elektrik ve Enerji Anabilim Dalı,
Balıkesir Üniversitesi, Balıkesir

Doç. Dr. Ali KEÇEBAS (Danışman)

Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı,
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

Dr. Öğr. Üyesi Tolga URAL (Üye)

Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı,
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla



ANA BİLİM DALI BAŞKANLIĞI ONAYI

Prof. Dr. Tayfun BÜKE

Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı Başkanı,
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

Doç. Dr. Ali KEÇEBAS

Danışman, Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı,
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla



Savunma Tarihi: 28.06.2019

Tez çalışmalarım sırasında elde ettiğim ve sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgelerin tarafımdan bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde edildiğini; akademik ve bilimsel etik kurallarına uygun olduğunu beyan ederim. Ayrıca, akademik ve bilimsel etik kuralları gereği bu tez çalışması sırasında elde edilmemiş başkalarına ait tüm orijinal bilgi ve sonuçlara atıf yapıldığını da beyan ederim.


Ali DAŞDEMİR
28.06.2019

ÖZET

BORU YALITIMINDA FARKLI BORU ÇAPLARI İÇİN HAVA BOŞLUĞUNUN YALITIM KALINLIĞI VE KULLANIM ÖMRÜ MALİYETLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Ali DAŞDEMİR

Yüksek Lisans Tezi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Ali KEÇEBAŞ

Haziran 2019, 66 sayfa

Enerji, tüm dünyada ekonomik kalkınma için en temel gereksinimdir. Ülkeler ekonomi politikalarını genellikle enerji üzerine kurar ve enerjiyi elde etmek için çalışırlar. Günümüzde kullanılan enerjinin büyük çoğunluğunu fosil kaynaklı tüketilebilir enerji kaynakları oluşturmaktadır. Fosil kaynaklı yakıtlar tüketilebilirliğin yanında saldığı sera gazının etkisi ile insan sağlığını tehdit etmekte ve çevreye büyük zararlar vermektedir. Enerjiyi elde etmek kadar elde edilen enerjiyi doğru ve etkin kullanmak da büyük önem taşımaktadır. Elde edilen enerjinin büyük bölümü ısı transferi için kullanılmaktadır. Bundan dolayı taşıma esnasında veya kullanım esnasında ısı kaybını en aza indirmek, ekonomik açıdan etkisini arttıracak gibi çevresel açıdan da sera gazı salınımını azaltacaktır. Isı kaybının önüne geçmek için yapılması gereken işlem ısı yalıtımıdır. Isı yalıtımı sayesinde ısı kaybı azalacağından, hem enerji maliyeti düşecek hem de sera gazı salınımı azalacaktır. Ancak ısı yalıtımını da yaparken yalıtım kalınlığı büyük önem taşımaktadır. Borular için yapılan yalıtım da eğer yeteri kadar yalıtım yapılamamışsa yalıtımın bir önemi olmayacağı gibi çok fazla yalıtım yapılırsa bu kez de yatırım maliyetini arttıracığından enerji tasarruf maliyetinde düşüş, geri ödeme sürelerinde artışlar gözlenecektir. Bu sorunların önüne geçmek için yapılması gereken yalıtım kalınlığını belirlerken optimum yalıtım kalınlığının bulunması ve yalıtım maliyetinin en aza, enerji tasarrufunu en fazla seviyeye çıkartacaktır.

Borulama sistemlerinde etkin yalıtım yöntemleri kullanarak ısı kayıplarını ve onun ekonomik ve çevresel etkilerini en aza indirmek dünya çapında önemli bir konudur. Bu çalışma, çelik boruların farklı çapları için yalıtım kalınlığı ve yaşam döngüsü maliyetleri üzerine hava boşluğunun etkileri incelenmiştir. Hesaplama yöntemi olarak ısıtma derece günlere dayanan yaşam döngüsü maliyet analizi kullanılmıştır. Böylece yalıtım kalınlığı, hava boşluğu, boru çapı ve ısıtma derece gün değerlerine göre amaç fonksiyonları olan optimum yalıtım kalınlığı, enerji maliyet tasarrufu ve geri dönüş süresi karşılaştırmalı değerlendirildi. Çalışma için Afyonkarahisar şehri seçildi, hesaplamalar için yalıtım malzemeleri XPS, Taş Yünü ve EPS, yakıt türü olarak da kömür, fueloil ve doğalgaz kullanılmıştır. Yapılan çalışmada boru çaplarını kıyaslamak için 50 mm, 100 mm, 200 mm, 400 mm, 600 mm, 800 mm ve 1000

mm'lik paslanmaz elik boru çapları kullanılmıştır. Boru yüzeyinde hava boşluğunun olmadığı 0 cm ve 1 cm'lik aralık ile 1 cm'den 5 cm'ye kadar hava boşluğu kalınlıkları düşünülmüştür. Sonuçlar gösterdi ki hava boşluğu kullanılmasıyla küçük ve büyük çaplı borularda optimum yalıtım kalınlık değerlerinde sırasıyla 89% ve 57%'lik bir düşüş sağlanmıştır. Ilık iklimlerde hava boşluğunun ve soğuk iklimlerde ise yalıtımın kullanılması tavsiye edilir. Ayrıca amaç fonksiyonları için faiz oranı, iskonto oranı, ömür, yakıtın birim maliyeti, yalıtımın birim hacim maliyeti, ısıtma derece gün ve hava boşluk değeri parametrelerinin duyarlılık analizi yapılmıştır. Çalışma metodolojisine dayanılarak ömür, hava boşluğu ve yakıtın birim maliyeti parametrelerin amaç fonksiyonları üzerinde belirgin bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Hava boşluklu yalıtım uygulandığında optimum yalıtım kalınlığını düşürmekle birlikte büyük çaplı borularda enerji maliyet tasarrufu artarken küçük çaplı borularda geri dönüş süresi düşmektedir.

Anahtar Kelimeler: Isı Yalıtımı, Hava Boşluğu, Boru Sistemi, Optimum Yalıtım Kalınlığı, Yaşam Döngüsü Maliyeti, Isıtma Derece Gün

ABSTRACT

THE EFFECTS OF AIR POCKET FOR DIFFERENT PIPE DIAMETERS ON INSULATION THICKNESS AND LIFETIME COSTS IN PIPE INSULATION

Ali DAŞDEMİR

Master of Science (M.Sc.)

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Energy Systems Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ali KEÇEBAŞ

June 2019, 66 pages

Energy is the most fundamental requirement for economic development all over the world. Countries generally base their economic policies on energy and work to obtain energy. The majority of the energy used today consists of fossil-based consumable energy sources. Fossil fuels threaten human health with the impact of greenhouse gas that it releases besides its consumability. It is important to use the obtained energy correctly and effectively as well as to obtain the energy. Most of the energy obtained is used for heat transfer. Therefore, minimizing heat loss during transportation or use will increase the economic effect and reduce greenhouse gas emissions in environmental terms. The process to prevent heat loss is thermal insulation. As the heat loss will be reduced by means of thermal insulation, both the energy cost will be reduced and the greenhouse gas emission will be reduced. However, the insulation thickness is of great importance when making thermal insulation. Insulation for pipes will not be important if insulating is not enough and if too much insulation is done, this time will increase the investment cost and decrease in energy saving cost and payback periods will be observed. In order to determine the insulation thickness that should be done to prevent these problems, finding the optimum insulation thickness and minimizing the cost of insulation and energy saving will be maximized.

Minimizing heat losses and its economic and environmental impacts by using effective insulation methods in piping systems is an important issue worldwide. In this study, effects of air gap on insulation thickness and life cycle costs for different diameters of steel pipes were investigated. Life cycle cost analysis based on heating degree days was used as calculation method. Thus, the insulation thickness, air gap, pipe diameter and heating degree day values according to the purpose of the optimum insulation thickness, energy cost savings and return time was evaluated comparatively. The city of Afyonkarahisar was selected for the study, insulation materials XPS, Rock Wool and EPS were used for calculations and coal, fueloil and natural gas were used as fuel type. Stainless steel pipe diameters of 50 mm, 100 mm, 200 mm, 400 mm, 600 mm, 800 mm and 1000 mm were used to compare the pipe diameters. Air gap thicknesses of 1 cm to 5 cm with an interval of 0 cm and 1 cm without air gap on the pipe surface were considered. The results showed that by

using an air gap, optimum insulation thickness values of small and large diameter pipes were reduced by 89% and 57%, respectively. It is recommended to use the air gap in warm climates and insulation in cold climates. For the purpose functions, interest rate, discount rate, life, unit cost of fuel, unit volume cost of insulation, heating degree day and air gap value parameters were analyzed. Based on the study methodology, life, air gap and unit cost of fuel have a significant effect on the objective functions of the parameters. When air gap insulation is applied, it decreases the optimum insulation thickness, while the energy cost saving increases in large diameter pipes and the return time decreases in small diameter pipes.

Keywords: Thermal Insulation, Air Gap, Pipe System, Optimum Insulation Thickness, Life Cycle Cost, Heating Degree Day



Sevgili Eşim ve Çocuklarıma,



ÖNSÖZ

Bu Yüksek Lisans tez çalışması aşamasında göstermiş olduğu kolaylıklar ve bilimsel çalışma yapma konusunda yardımcı olan, Lisans eğitimim dahil her aşamada yanımda olan bildiklerini esirgemeyen ve bu süreçte bana katlanan kıymetli bilim adamı, Danışmanım Doç. Dr. Ali KEÇEBAŞ'a,

Akademik anlamda çalışmalarım beni teşvik eden akademik çalışmalar konusunda yanımda olan değerli bilim adamı, Doç.Dr. Mustafa ERTÜRK'e,

Tez çalışmalarım ve bilimsel makalelerim sürecinde vaktinden çaldığım oğluma,

Tez çalışmalarım süresince yanımda olan sevgili eşime

Tüm eğitimim sürecinde maddi manevi desteklerini benden hiçbir zaman esirgemeyen sevgili aileme

TEŞEKKÜRLER



İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	ix
İÇİNDEKİLER	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR TARAMASI	7
2.1. Boru Sistemi Yalıtımı Hakkında Yapılan Çalışmalar	7
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	12
3.1. Borulama Sistemi ve Analizi.....	12
3.2. Isı Transferi	14
3.3 Yaşam döngüsü maliyet analizi.....	15
3.4. Optimum Yalıtım Kalınlığının Belirlenmesi.....	18
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	20
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	48
6. KAYNAKLAR.....	52
ÖZGEÇMİŞ.....	60

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3. 1. Çalışmada kullanılan parametreler ve değerleri	18
Çizelge 3. 2. Çalışmada kullanılan paslanmaz çelik boruya ait özellikler.....	19
Çizelge 4. 1. EPS yalıtım malzemesinde çeşitli yakıtlar için hava boşluklarına göre boru çaplarının optimum yalıtım kalınlıklarının hesaplanan sonuçları.	37
Çizelge 4. 2. XPS yalıtım malzemesinde çeşitli yakıtlar için hava boşluklarına göre boru çaplarının optimum yalıtım kalınlıklarının hesaplanan sonuçları.	38
Çizelge 4. 3. Taş yünü yalıtım malzemesinde çeşitli yakıtlar için hava boşluklarına göre boru çaplarının optimum yalıtım kalınlıklarının hesaplanan sonuçları.....	39



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3. 1. Tasarlanan boru sistemi	13
Şekil 4. 1. 50, 200, 600 ve 1000 mm boru çapları için (EPS ve fuel-oil) 0 ila 5 cm'lik hava boşluğu aralığında yalıtım kalınlığı ile yalıtım maliyeti değişimi.	20
Şekil 4. 2. (A) 50 mm, (b) 200 mm, (c) 600 mm ve (d) 1000 mm boru çapları için yalıtım kalınlığı ile yıllık toplam maliyet ve enerji tasarrufu değişiklikleri 0 ila 5 cm hava aralığı aralığında	23
Şekil 4. 3. (a) 0 cm, (b) 1 cm, (c) 3 cm ve (d) 5 cm (EPS ve fuel-oil) hava boşlukları için farklı boru çaplarında yalıtım kalınlığı ile enerji maliyet tasarrufu değişiklikleri.	26
Şekil 4. 4. (a) 50 mm, (b) 400 mm ve (c) 1000 mm (EPS) boru çaplarına göre 0, 1, 3 ve 5 cm hava aralığında farklı yakıt tipleri için yalıtım kalınlığı ile enerji maliyet tasarrufu değişiklikleri.	28
Şekil 4. 5. (a) 50 mm, (b) 400 mm ve (c) 1000 mm (Fuel-oil) Boru çapı değerine göre 0, 1, 3 ve 5 cm hava boşluğunda, farklı yalıtım malzemeleri için yalıtım kalınlığı ile enerji maliyet tasarrufu değişiklikleri.	30
Şekil 4.6. 50, 200 ve 1000 mm NPS'ler için yalıtım kalınlığı ile 0 ila 5 cm'lik hava boşluğu aralığında geri ödeme süresi değişikliği (EPS, Fuel-oil)	31
Şekil 4. 7. (a) 0 cm, (b) 1 cm, (c) 3 cm ve (d) 5 cm hava boşlukları için farklı boru çapları için yalıtım kalınlığında geri ödeme süresi değişiklikleri (EPS ve Fuel-oil)	33
Şekil 4. 8. (a) 50 mm, (b) 400 mm ve (c) 1000 mm boru çaplarına göre 0, 1, 3 ve 5 cm hava boşluğunda farklı yakıt tipleri için yalıtım kalınlığında geri ödeme süresi değişiklikleri . (EPS)	35
Şekil 4. 9. (a) 50 mm, (b) 400 mm ve (c) 1000 mm (EPS) NPS'ye göre 0, 1, 3 ve 5 cm hava boşluğunda farklı yalıtım malzemeleri için yalıtım kalınlığında geri ödeme süresi değişiklikleri.	37
Şekil 4. 10. Farklı yakıt türlerine göre göre Derece gün- optimum yalıtım kalınlığı değişimi (150mm-EPS)	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
Şekil 4. 11. Farklı çaplardaki borular için (a) Jeotermal, (b) Fuel-Oil, (c) Kömür (d) Doğalgaz için Derece-gün Optimum yalıtım kalınlığı değişimi (EPS).....	42
Şekil 4. 12. Farklı yakıt türleri için derece gün- enerji tasarrufu ilişkisi (150 mm boru çapı EPS yalıtım malzemesi).....	43
Şekil 4. 13. Farklı çaplardaki borular için (a) Jeotermal, (b) Fuel-Oil, (c) Kömür (d) Doğalgaz için Derece-gün Enerji tasarrufu ilişkisi (EPS).....	45
Şekil 4. 14. Farklı çaplardaki borular için (a) Jeotermal, (b) Fuel-Oil, (c) Kömür (d) Doğalgaz, derece-gün geri ödeme süresi ilişkisi (EPS)	46
Şekil 4. 15. Farklı çaplardaki borular için derece-gün geri ödeme süresi ilişkisi (EPS-Kömür)	47

SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

A	Borunun toplam yüzey alanı (m^2)
A_i	Borunun iç yüzey alanı (m^2)
A_o	Borunun dış yüzey alanı (m^2)
A'_o	Boru sisteminin yalıtımdan sonraki son tabakasının dış yüzey alanı (m^2)
C_f	Yıllık enerji / yakıt maliyeti (TL)
C_F	Yakıt maliyeti (TL / kg, TL / m^3 , TL / kW s)
C'_f	Hava boşluklu yalıtım maliyeti (TL)
C_I	Birim hacim başına izolasyon malzemesi maliyeti (TL)
C_{ins}	Toplam yalıtım maliyeti (TL)
C_t	Toplam maliyet (TL)
d	Enflasyon oranı (%)
IDG	Isıtma Derece Gün ($^{\circ}C$ -Gün)
h_i	Boru sisteminin iç yüzeyi için ısı taşınım katsayısı (W/ m^2 K)
h_o	Boru sisteminin dış yüzeyi için ısı taşınım katsayısı (W/ m^2 K)
i	Faiz oranı (%)
k_{ag}	Hava boşluğu ısı transfer katsayısı (W/m K)
k_i	Boru içersindeki sıcak suyun ısı transfer katsayısı (W/m K)
k_{ins}	Yalıtım malzemesinin ısı transfer katsayısı (W/m K)
k_p	Boru malzemesinin ısı iletkenliği (W / m K)
L	Boru sisteminin uzunluğu (m)
m_f	Yıllık yakıt tüketimi (kg, m^3 , kW h)
m_s	İlk maliyet (TL)
N	Ömür (TL)

N_p	Geri ödeme süresi (Yıl)
Pr	Prandtl sayısı
P_1	Yaşam döngüsü enerji oranı
P_2	Yaşam döngüsü giderleri
P_{VT}	Fotovoltaik Termal
Q_A	Bölgesel ısıtma için boru sisteminin yıllık ısı kaybı (W)
Q_p	Boru sisteminden meydana gelen ısı kayıpları (W)
Re	Reynold sayısı
R_p	Boru sisteminin toplam iç direnci (K/W)
$R_{p,ins}$	Yalıtımlı boru sistemi tabakalarının toplam ısı direnci (K/W)
$R_{p,un-ins}$	Yalıtımsız boru sistemi tabakalarının toplam ısı direnci (K/W)
R_v	Satış değerinin oranı
$r_0, r_1, r_2 \dots r_n$	Yarıçap (m)
S	Enerji tasarrufu (TL)
T_{ad}	Boru içersindeki sıcak suyun ortalama tasarım sıcaklığı (K)
T_b	Denge sıcaklığı (K)
T_{ms}	Boru sisteminin ortalama dış yüzey sıcaklığı (K)
T_{sa}	Günlük ortalama güneş hava sıcaklık (K)
T_o	Dış ortam sıcaklığı (K)
U	Boru sistemi için toplam ısı transfer katsayısı ($W/m^2 K$)
U_{ins}	Yalıtımlı borunun genel ısı transfer katsayısı ($W / m^2 K$)
U_{un-ins}	Yalıtımsız borunun genel ısı transfer katsayısı ($W / m^2 K$)
V	Yalıtım malzemesinin hacmi (m^3)
V_{air}	Air velocity in the pipe outside (m/s)

Yunanca Simgeler

δ	Yalıtım kalınlığı (m)
δ_{ins}	Optimum yalıtım kalınlığı (m)
η_s	Isıtma sisteminin verimi (%)

Kısaltmalar

EPS	Genişletilmiş Polistiren(Yalıtım Malzemesi)
IDG	Derece Gün
HVAC	Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme
YDM	Yaşam Döngüsü Maliyeti
NPS	Nominal Boru Boyutu
XPS	Ekstrüde Polistiren
VRF	Değişken Soğutucu Akışkan Akışı

1. GİRİŞ

Enerji; tüm dünyada ekonomik kalkınmada önemli bir rol oynayan anahtar bir konudur. Günümüzde enerjiye ulaşmak en doğal insani gereksinimlerden biridir. Ekonomik, sosyal kalkınma ve insanca yaşam için güvenilir, ucuz ve temiz enerji arzı günümüzün en önemli sorunlarıdır. Ayrıca ekonomik kalkınma ile birlikte artan enerji tüketimi ve çevresel etki dünyadaki endişeler haline gelmiştir. Teknolojik gelişmelerin yaşamın bütün alanlarında baş döndürücü hızla ilerlemesi enerjiye duyulan talebi de aynı hızla artırmıştır. Bu durum uluslararası ve ulusal düzeyde bir takım tedbirlerin alınmasını zorunlu hale getirmiştir. Enerjinin verimli olarak kullanılması için geliştirilen politikalar, üretici ve tüketicileri minimum enerji ile maksimum verim elde etmeye teşvik etmektedir.

Son araştırmalar açıklamıştır ki inşaat sektörü, toplam enerji kullanımında özellikle sera gazı emisyonlarında önemli bir rol oynadığını ortaya koymaktadır. İnşaatların işletimsel süreçleri dünyanın enerjisinin yaklaşık 50%'sini tüketmektedir (Fang Z vd. 2014). İnşaat ile ilgili karbon emisyonları birçok gelişmiş ülkede toplam emisyonların 30%'dan fazlasını oluşturmaktadır (Baetens R, 2011). Birçok ülkede, binalar için gerekli enerjinin, konut sektöründe ve boru ağları ile bu enerjinin taşınımında tüketilen toplam enerjinin yaklaşık 40%'lık yüksek payı vardır (Kayfeci M, 2014). Amerika Birleşik Devletleri'nde ise binalar için kullanılan enerji tüketimi, toplam enerji kullanımının 48%'ini oluşturmaktadır (Pasztory Z, 2011). Özellikle, ısıtma ve soğutma talepleri bina enerji ihtiyacının yaklaşık 70%'i olarak finanse edilmektedir (Gori P vd 2016). Ek olarak, mekân ısıtmasının enerji tüketimi, diğer tüketim kaynaklarından (örneğin su ısıtma, pişirme, gıda soğutma ve dondurma gibi) yaklaşık iki kat daha fazladır (Kaynakli O, 2008). Örneğin Türkiye'de enerjinin 31%'i binalar tarafından tüketilirken bunun ise sadece 85%'i ısıtmadır (Özkan DB ve Onan C, 2011). Çizilen bu senaryo, mevcut yapı elemanlarının özellikle bina duvarı ve boru sistemlerinin yetersiz ısı yalıtım performans özellikleri ile

açıklanabilir. Dolayısıyla binalarda enerji tüketimi ve böylece sera gazı emisyonu daha da artmaktadır.

Ülkelerin ekonomik kalkınmasında karşılaşılan kısıtlamalara rağmen insanoğlu yeni enerji kaynakları arayışına veya mevcut kaynakları daha verimli kullanma baskısı altına girmiştir. Özellikle mekanik tesisatta ve endüstri sistemlerinde enerji tüketimini azaltmanın dolayısıyla çevreyi korumanın en iyi yolu ısı yalıtım uygulamasıdır. Bu nedenle yapılarda, mekanik tesisatta ve endüstride borular/kanalların yalıtımı daha büyük ısı kazancı sağlamaktadır. Bu bakış açısından bakıldığında ısı kayıplarını azaltmanın en anlamlı yöntem ise doğru bir yalıtım malzemesi seçmek ve sonra uygun yalıtım kalınlığına karar vermektir. Borularda yalıtım malzemesi seçimi ve optimum yalıtım kalınlığını belirlemek için şu ana kadar birçok çalışmalar yapılmıştır. Zaki ve Al-Turki (2000) farklı yalıtım malzemeleri (taşyünü ve kalsiyum silikat) ile çift katmanlı yalıtılmış petrol boru hatlarında termal yalıtım için ekonomik analiz gerçekleştirdi. Bunun için yıllık enerji kayıplarını ve yalıtım başlangıç maliyetlerini içeren açık doğrusal olmayan bir maliyet fonksiyonu kullanılmıştır. Analizde, kızgın buhar, furfural, ham petrol akışkanların aktığı boru hatları (nominal boyutları 100–273 mm) istihdam edilmiştir. (Şahin 2004, Şahin ve Kalyon, 2005) uzaydışı uygulamalardaki radyasyon ve konveksiyon şartları altında boruların dış yüzey sıcaklığını maksimum etmek için yalıtım kalınlığının değişimini sırasıyla sayısal ve analitik olarak modellemişlerdir. Böylece boru üzerindeki yalıtım kalınlığının değişimini bildirmişlerdir. Li ve Chow(2005) ısı yalıtım malzemesi ve ısıtma kablosu ile donmaya karşı soğuk bölgelerde su borularını koruma yöntemlerini analiz etmişlerdir. 20 mm ile 200 mm arasında değişen farklı çaplardaki borular için optimum yalıtım kalınlığını tahmin etmek için türetilmiş basit bir cebirsel formülü ile bir termoeconomik optimizasyon analizi uygulanmıştır. En iyi yalıtım kalınlığının yalıtkan malzemenin termal iletkenliği ve maliyet ile ters orantılı olduğu göstermişlerdir. Öztürk vd. (2006) sıcak su borulama sistemlerinin optimum tasarımı için boru çapı ve yalıtım kalınlığını optimize eden dört farklı termoeconomik metot geliştirmişlerdir. Birincisi ısı kayıplarını dikkate almadan toplam maliyetinin en aza indirilmesine dayalı boru çapının sıralı bir optimizasyonudur. İkincisi Termodinamiğin birinci kanununa ve maliyete dayanarak boru çapı ve yalıtım

kalınlığının eş zamanlı optimizasyonudur. Üçüncüsü maliyeti dikkate alınmadan ekserji verimliliği maksimize dayalı boru çapı ve yalıtım kalınlığının eş zamanlı belirlenmesidir. Dördüncüsü ise ekserji verimliliğinin maksimizasyonuna ve maliyetin minimizasyonuna dayanan temelinde boru çapı ve yalıtım kalınlığının eş zamanlı belirlenmedir. Bu dört farklı metodu birbirleriyle karşılaştırmış, en iyi sonucu veren metodun ekserji ve maliyet parametrelerinden oluşan dördüncü metod olduğunu bildirmişlerdir. Karabay (2007) eksergoekonomik analiz kullanarak 100 mm ile 1000 mm'lik sıcak su dağıtım borularının optimum yalıtım kalınlığını belirlemişlerdir. Ayrıca optimum boru çapı ve yalıtım kalınlığı üzerine kütesel debi, yıllık işletme zamanı, amortisman periyodu ve su sıcaklığının etkilerini araştırmıştır. Soponpongpipat vd.(2010) klima kanalının (yuvarlak galvanizli çelik kanal 500 mm) kauçuk ve camyünü yalıtım malzemelerinden oluşan çift katmanlı yalıtımı için termoeekonomik metod kullanılarak optimum yalıtım kalınlığının belirlenmesi üzerine çalışmışlardır. İklimlendirme sistemin yıllık eşdeğer tam yük soğutma saati işletilmesine dayanarak hesaplamalar yapılmıştır. Optimum yalıtım kalınlığı üzerine kanalın içerisindeki ve dışarısındaki ısı transfer katsayısına etkiside araştırmışlar ve herhangi bir etkisinin olmadığını bildirmişleridir. Kecebaş vd.(2011) Afyonkarahisar kentinde bölgesel ısıtma boru hattı ağlarındaki farklı boru çapları (50-200 mm nominal boru çapları) ve dört farklı yakıt türleri için optimum yalıtım kalınlığı belirlenmesi için yaşam döngüsü maliyet analizini modifiye etmişlerdir. Boru içerisindeki akışkan yoluyla taşınan ısı miktarını derece-gün metodu ile hesaplamışlardır. Sonra bu taşınan ısı boru yüzeyinden meydana gelen ısı kaybını düşünerek yaşam döngüsü maliyet analizi gerçekleştirmişlerdir. Hesaplamalar için yalıtım malzemesi olarak taşıyünü ve yakıt olarak kömür, doğalgaz, fuel-oil ve jeotermal enerji kullanılmıştır. Optimum yalıtım kalınlıklarının 8.5 ile 22.8 cm arasında değiştiğini raporlamışlardır. Enerji maliyet tasarrufu 10 \$/m ve \$/m arasında ve geri ödeme dönemlerini 0.442 ile 0.808 yıl arasında değiştiğini elde etmişlerdir. Başoğlu ve Kecebaş (2011) yaşam döngüsü maliyet analizini kullanarak bölgesel ısıtma boru hatlarındaki boruların yalıtılmasının ekonomik ve çevresel değerlendirmelerini incelemişlerdir. Yaşam döngüsü maliyet analizi boru hattında taşınan ısıtma yükü ihtiyacı için yakıtın maliyeti ve yalıtım türüne bağlı olarak hem

yakıtları hem de yalıtım malzemelerini etkileyen enflasyondaki değişime göre optimum kalınlığı belirlemek için kullanmışlardır. Optimum yalıtım kalınlığı, yakıt tasarrufu ve emisyonların en büyük değerleri 200 mm'lik boru için elde edildiğini bildirmişlerdir. Kayfeci (2014) EPS, camyünü, strafor, taşıyünü ve XPS gibi farklı yalıtım malzemeleri için Kecebaş vd. (2011) tarafından önerilen metot kullanılarak ısıtma boru hatlarındaki çeşitli boru çaplarının optimum yalıtım kalınlığını tahmin etmiştir. Küçük çaplı borularda en yüksek enerji tasarrufuna sahip yalıtım malzemesi camyünü iken büyük çaplı borularda EPS'nin olduğunu bulmuştur. Yıldız ve Ersöz (2014) soğutucu akışkan olarak R-410A kullanılan VRF iklimlendirme sisteminin ısıtma ve soğutma modları için boru hattının optimum yalıtım kalınlığını belirlemişlerdir. Isıtma modunda yüksek basınç gaz ve düşük basınç sıvı boru hatları için optimum yalıtım kalınlıklarını sırasıyla 1.6-2.0 cm ve 1.1-1.3 cm aralıklarında hesaplamışlardır. Soğutma modunda ise bu değerler sadece 0.7-0.8 cm aralıklarında değişmiştir. Aynı yazarların diğer bir çalışmasında (2015), HVAC kanalları içerisindeki rüzgar hızının etkisi ile optimum yalıtım kalınlığını değişimini araştırmışlardır. Kömür, fuel-oil, LPG ve doğalgaz yakıtları ve camyünü ve taşıyünü yalıtım malzemeleri için yaşam döngüsü maliyeti optimize edilmiştir ve yüksek rüzgar hızlarında yalıtım uygulanması gerektiğini bildirmişlerdir.

Bu konu üzerine literatür tarandığında yapılmış çalışmalar; yakıt tipleri, yalıtım malzemeleri, boru çapları, derece günler, çalışma akışkanı, yanma ve ekonomik parametreler gibi farklı parametrelerin optimum yalıtım kalınlığı üzerine etkilerini araştırmıştır. Buna ek olarak literatürde yalıtım uygulamasında hava boşluğunun kullanılması üzerine sadece dört çalışma bulunmaktadır. Bunlar; Mahlia ve Iqbal (2010) bina duvarlarında optimum kalınlıkta farklı yalıtım malzemeleri kullanarak elde edilen potansiyel maliyet tasarrufları ve emisyon azaltımlarını incelemişlerdir. Ayrıca bina duvarında hava boşluklarının kullanımının etkilerini araştırmışlardır. Çalışma sonuçları farklı yalıtım malzemelerinin uygun yalıtım kalınlığına sokulmasıyla ve 2 cm, 4 cm ve 6 cm arasında hava boşlukları alınan duvar ile hava boşlukları olmayan bir duvara göre enerji tüketimi ve emisyonlarda 65-77% azaltılabileceğini bildirmişlerdir. Kurt (2011) kompozit duvar yapımında optimum yalıtım kalınlığı, yalıtım ve toplam maliyetlerin, enerji maliyet tasarrufu, geri ödeme

süresi, yakıt tüketimi ve CO₂ ve SO₂ emisyonları üzerine hava boşluğunun etkileri Karabük şehrindeki prototip bir bina için incelemiştir. Bu nedenle, biri hava boşluğunun olmadığı ve diğeri ise hava boşluğu kalınlığının 0 ila 6 cm alındığı iki duvar tipi kullanmıştır. YDM analizine dayanarak optimum yalıtım kalınlığı farklı hava boşluğu kalınlıkları için belirlenmiştir. Sonuçlar göstermiştir ki 2 cm, 4 cm ve 6 cm hava boşluğu kalınlıkları kullanıldığında toplam maliyet, yakıt tüketimi ve CO₂ ve SO₂ emisyonları sırasıyla 28%, 45%, ve 54% azalmışken optimum yalıtım kalınlığı, yalıtım maliyeti ve geri ödeme süresi 10%, 20% ve 30% oranında azalmıştır. Mavromatidis vd. (2012) İki hava boşlukları ile birlikte yerleştirilen bina uygulamalarında çok katmanlı ısı yalıtımının faydalarını araştırmışlardır. Bir birleşik duvarının toplam ısı direnci üzerine hava boşluğu kalınlığının etkisini belirlemek için sayısal bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Çoklu yansıtma folyolar ile ayrılmış yalıtım malzemeleri oluşan tipik katmanlı yalıtım komplekslerinde sıcaklık dağılımı ve ısı transferinin tahmininde bir kombine radyasyon/iletim ısı transferi sayısal modelini kullanmışlardır. Mahlia vd. (2012) Malezya'daki tropikal iklim koşullarına göre soğutma için klimanın enerji tüketimi üzerine ısı yalıtım malzemeleri oluşturmak için duvar konstrüksiyonundaki hava boşluğunun enerji tasarrufunu araştırmışlardır. Seçilen yalıtım malzemesinde optimum kalınlıkta 6 cm'lik bir hava boşluğu uygulanarak % 0,64 / m² ek toplam maliyet tasarrufunun sağlanabileceğini bulmuşlardır. Ancak tüm bu çalışmalar sadece bina duvarları için düşünülmüştür.

Petrol boru hatları, bölgesel ısıtma/soğutma boru hatları, buhar iletim boru hatları, yangın koruma boru hatları, endüstriyel ve kimyasal boru hatlarının uzunlukları geniş ve milyonlarca dolar değerdedir. Bu hatlar genellikle göreceli bir iç basınç ve büyük boru çaplarına sahiptir. Boru hatları normalde kalsiyum silikat, camyünü veya taşıyünü yalıtım malzemesi ile izole edilir ve ince bir alüminyum levha ile kaplanmaktadır. Termal yalıtım malzemelerinin yüksek maliyetleri ile birlikte uzun boru hatlarında beklenen maliyet, basitlik ve iyi huylu inşaat malzemeleri nedeniyle bir yalıtım malzemesi olarak hava kullanımı veya yalıtım malzemesine ek olarak hava boşluğu kullanımı araştırılmasına yol açmaktadır. Yazarların bilgisi dahilinde yalıtımlı bir boruda hava boşluğu uygulanmasına ilişkin bir çalışma olmadığı

literatürden anlaşılmaktadır. Böylece bu çalışma orijinal olarak düşünülen aşağıdaki konulara odaklanmıştır: (i) boru yalıtımında hava boşluğunun kullanılması durumundaki optimum yalıtım kalınlığı belirlenmiştir, (ii) boru çapları ve hava boşluğu değerinin değişimleri için yalıtım kalınlığına göre yıllık toplam maliyet, enerji maliyet tasarrufu ve geri dönüş süresinin değişimi incelenmiştir, ve (iii) farklı yalıtım malzemeleri ve çeşitli yakıtlar için boru çapı ve hava boşluğunun yalıtım kalınlığı, enerji maliyet tasarrufu ve geri dönüş süresinin değişimleri değerlendirilmiştir. Böylece bu çalışma optimize şartları altında boru çaplarında ve hava boşluk değerlerindeki termal yalıtım kalınlığının ve sonuçlanan ekonomik parametrelerin değerlendirilmesinde en önemli katkıyı sağlayacağına inanılmaktadır.



2. LİTERATÜR TARAMASI

2.1. Boru Sistemi Yalıtımı Hakkında Yapılan Çalışmalar

Borulama sistemi, bir veya birçok enerji kaynağında üretilen ısıнын ısı kullanıcılarına (güç santralleri, endüstri tesisleri, toplu konut uygulamaları, mahalle ve şehir vb.) taşınarak elektrik, ısınma ve sıcak su ihtiyaçlarının karşılandığı büyük ölçekli sistemlerdir. Borulama sistemlerinde önemli bir maliyet bileşeni ise iletim ve dağıtım boru hatlarıdır. Bu hatların maliyeti genellikle projenin toplam sermaye maliyetinin 40-60%'dır (Ristimaki vd., 2013). Bu maliyetin çoğu boru sisteminin kurulumu ile ilişkilidir. Üstelik boru sisteminde yalıtımsız boru kullanımı, boru malzeme maliyetlerini 50%'den daha fazla azalma olacağını gösterir. Ancak ısı kayıpları artacaktır. Bu durum; hem sistem kapasitelerini (kazan, boru, pompa) arttırarak ilk yatırım maliyetini arttıracak, hem de işletme giderlerini arttıracaktır. Ayrıca böyle bir sisteminin enerji verimliliğini artırmanın ve maliyetleri düşürmenin yollarından biri, daha uygun ve verimli tasarımlarına yol açacak olan iletimdeki (dağıtım) ısı kayıplarını azaltmaktır (Bahadori ve Vuthaluru, 2010). Isı kayıplarını azaltmanın en anlamlı yöntemi ise yalıtım malzemesi seçimi yapmak ve yalıtım kalınlığına karar vermektir. Böylece yapılarda, mekanik tesisatta, endüstride, bölgesel ısıtma/soğutmada boruların yalıtımı daha küçük ısı kaybı ve daha büyük parasal kazanç sağlayacaktır. Yalıtım kalınlığı arttıkça tasarruf artmakta, ancak yatırım maliyeti de yükselmektedir. Bu durumda ısı yalıtım malzemesinin cins ve kalınlığı belirlenirken optimum yalıtım kalınlığı hesabı yapılması gerekmektedir. Borularda optimum yalıtım kalınlığını belirlemek için şu ana kadar sayısız çalışmalar yapılmıştır. Bilimsel çalışmalar öncelikle radyasyon şartları altında boru hatlarındaki çok katmanlı yalıtım için analitik (Zaki ve Al-Turki, 2000) ve sayısal (Şahin, 2004) çözümlere; sıcak su borulama sistemlerinde ısı kayıpları, yalıtım maliyeti, toplam

maliyet ve ekserji verimine dayanarak boru çapı ve yalıtım kalınlığını optimize eden dört farklı termoeconomik metotlara (Karabay, 2007); çelik boru ve ekipmanları için optimum yalıtım kalınlığının basit korelasyonlar ile tahminine (Lam ve Hui, 1996; Tavares ve Martins, 2007); optimum yalıtım kalınlığını değerlendirmek için derece günler ile ilişkili yaşam döngüsü maliyet analizine (Heiselberg vd., 2009; Breesch, 2010; Wang, 2011); boru yalıtımının çevresel etkilerine (Yu vd., 2013); ve borularda optimum yalıtım kalınlığının yapay sinir ağları ile tahminine (Tian, 2013) odaklanmıştır.

Yaşam döngüsü maliyet (YDM) analizi genellikle enerji teknolojileri ve bina/mekanik tesisat projelerinde etkili bir biçimde uygulanmaktadır. Özellikle de yalıtım uygulamalarında daha çok kullanılır. YDM analizi, ısıtma gereksinimi için ısının taşındığı boru sisteminin yalıtımı üzerine daha başlangıçtaki harcamalar ile boru sisteminin ömrü boyunca net tasarruf üretebileceğini gösterir (Kecebas vd., 2011). Yalıtım uygulamalarında YDM analizi için borulama sistemlerinde taşınacak olan yıllık enerji tüketiminin belirlenmesi çok önemli bir durumdur. Bir binanın yıllık enerji tüketimini tahmin etmenin en basit ve etkili yolu saatlik verileri kullanarak yıllık ısıtma derece günlerin sayısını belirlemektir. Isıtma gün dereceleri toplamının bilinmesi, binaların ısıtılması için gerekli olan enerji gereksiniminin hesaplanması açısından önemlidir. Diğer taraftan, binaların ısı yükü ihtiyacı termal sistemlerde borular yardımı ile taşınmaktadır. Bu ısı taşıma esnasında borulama sisteminden kaynaklanan ısı yükü ihtiyacı kadar olan kayıplar neticesinde borularda optimum yalıtım kalınlığı hesaplanabilmektedir. Tabiki bunu yaparken birçok parametrenin tanımlanması ve etkilerinin bilinmesi gerekmektedir.

Bazı araştırmacılar binaların enerji ve termal performansı (Ucar, 2010; Chirarattananon, 2012; Aissani, 2014; Axaopoulos vd., 2014; Ashouri vd., 2015; Balo, 2015; Sun, 2015; Daouas, 2016; Al-Sanea vd., 2016 Bre vd., 2016;), ve dış duvarlarda (Mohsen ve Akash 2001; Dasedemir A, 2011; Ridouane ve Bianci, 2011; Sadrzadehrafiei vd., 2011; Kecebas A, 2012; Cai ve Cremaschi, 2014; Basogul vd., 2016; Erturk, 2016) ve borularda (Faris vd., 2014; Erturk M, 2014;) yalıtım kalınlığı optimizasyonları için duyarlılık analizlerini incelemişlerdir.

Isı kayıplarını azaltmanın diğer bir yöntemi ise bina dış duvarları veya boru dış

yüzeylerinde hava boşluğu kullanmaktır. Ancak neticede yine duvar/boru yalıtım kalınlığına karar vermektir. Dış duvarlarda hava boşluğunun kullanımı üzerine yapılmış araştırmalar şöyledir: Mohsen ve Akash (2001) yalıtım malzemesi olarak polistiren, taş yünü ve hava boşluğu kullanarak yaptıkları çalışmada enerji tasarruflarını araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre, polistiren ile 36%, taş yünü ile 34% ve hava boşluğu ile de 5.4%'lük enerji tasarrufu elde edilebileceğini göstermişlerdir. Suman ve Srivastava (2008). Birleştirilen malzemelerin hava boşluklu ve boşluksuz genel termal geçirgenlik katsayısını belirleme yöntemini araştırmışlardır. Çalışmalarının sonuçları, birleştirilmiş duvar bölümünün iki katmanı arasında 3,8 cm'lik bir hava boşluğu sağlayarak U değerinin yaklaşık% 80'inin azaldığını göstermiştir. Mahlia ve Iqbal (2010) bina duvarlarında optimum kalınlıkta farklı yalıtım malzemeleri ve hava boşlukları kullanılarak başarılan maliyet tasarrufu ve emisyon azaltımını incelemişlerdir. 2 cm, 4 cm ve 6 cm arasında hava boşlukları olarak farklı yalıtım malzemelerinin optimum kalınlığının belirlenmesi durumunda enerji tüketimi ve emisyonu hava boşlukları olmayan bir duvara göre 65-77% azaltılabileceğini rapor etmişlerdir. Kurt (2011) Karabük ili için LCC analiz yöntemi kullanarak, kompozit dış duvarlarda hava boşluğunun, optimum yalıtım kalınlığı, enerji tasarrufu, toplam maliyet, CO₂ ve SO₂ emisyon salınımları üzerindeki etkisini araştırmıştır. Hava boşluğunun sırasıyla 2 cm, 4 cm ve 6 cm bırakılması durumunda hava boşluksuz duvara oranla toplam maliyet üzerinden 30% oranlarında tasarruf sağlanmıştır. Ve hava boşluğu sayesinde CO₂ ve SO₂ salınımlarında da 54%'ya kadar bir azalma olmuştur rapor etmiştir. Daşdemir (2011) kompozit duvar yapımında hava boşluklarının optimum yalıtım kalınlığı, enerji tasarrufu ve CO₂ ve SO₂ emisyonları üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Sonuçlar, 4 cm hava boşluğu kullanıldığında, enerji tasarrufu ile CO₂ ve SO₂ emisyonlarının sırasıyla% 81 ve% 80 oranında azaldığını göstermektedir. Sadrzadehrafiei vd. (2011) Bina duvarlarında farklı yalıtım malzemeleri için optimum kalınlık ve hava boşluklarında maliyet tasarrufu ve emisyon azaltımının kapsamlı bir analizini araştırmıştır. 3 cm ile 5 cm arasında optimum kalınlıkta yalıtım uygulanarak ve 2 cm'lik hava boşluğu eklenerek, enerji tüketim maliyetinin, yalıtımlı ve hava boşluğu olmayan bir duvara kıyasla% 24 ve % 26'ya düşürüldüğünü elde etmişlerdir. Ridouane ve Bianchi (2011) İletim,

taşınım ve radyasyon için yalıtılmamış veya bir kısmı doldurulmuş duvar boşluklarının termal performansını değerlendirmek için hesaplamalı akışkanlar dinamiği modelini elde etmişlerdir. Bir kısmı doldurulmuş bir boşluk için küçük bir hava boşluğunun dirençte önemli bir azalmaya yol açabileceğini çalışmalarının sonucunda elde etmişlerdir. Mavromatidis vd. (2012) iki hava boşlukları ile birlikte yerleştirilen bina uygulamalarında çok katmanlı ısı yalıtımının faydalarını araştırmışlardır. Bir birleşik duvarının toplam ısı direnci üzerine hava boşluğu kalınlığının etkisini belirlemek için sayısal bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Çoklu yansıtma folyolar ile ayrılmış yalıtım malzemeleri oluşan tipik katmanlı yalıtım komplekslerinde sıcaklık dağılımı ve ısı transferinin tahmininde bir kombine radyasyon/iletim ısı transferi sayısal modelini kullanmışlardır. Mahlia vd. (2012) Malezya'daki tropikal iklim koşullarına göre soğutma için klimanın enerji tüketimi üzerine ısı yalıtım malzemeleri oluşturmak için duvar konstrüksiyonundaki hava boşluğunun enerji tasarrufunu araştırmışlardır. Seçilen yalıtım malzemesinde optimum kalınlıkta 6 cm'lik bir hava boşluğu uygulanarak % 0,64 / m² ek toplam maliyet tasarrufunun sağlanabileceğini bulmuşlardır.. Cai ve Cremaschi (2014) Hem kuru hem de ıslak koşullarda çalışan kapalı hücreli boru yalıtım sistemlerinin ısı iletkenliğini tahmin etmek için yeni bir model geliştirmiştir. Model, derz dolgu malzemelerinin etkilerini ve yalıtım ile boru çeperi arasındaki hava boşluğunun boru yalıtım sisteminin alt kısmına olan etkisini içermiştir.. Faris vd. (2014) Bağdat'taki kış şartlarında cam ve duvar arasındaki hava boşluğu kalınlığının Trombe duvarının ısı parametreleri üzerindeki etkileri sayısal olarak değerlendirmişlerdir. Odanın içinde kayda değer bir sıcaklık artışı olduğunu yapılan çalışma ile elde etmişlerdir. Ertürk (2016) Ankara'da bulunan binalar için yalıtım malzemesiyle birlikte hava boşluğu kullanılarak optimum yalıtım kalınlığı, toplam maliyet, enerji tasarrufu, geri ödeme süresi hesaplanmıştır. Baca gazı salınım hesaplamaları için ilde bulunan binaların, toplam dış duvar yüzey alanı ve nüfus sayısı dikkate alınarak yıllık kişi başı yakıt tüketimi emisyonu yaklaşımı geliştirmiştir. Hava boşluğu kullanıldığında toplam maliyet ve geri ödeme süresinde sırasıyla 28% ve 9% azalmakta, yıllık kazançta ise 96% artmakta olduğunu elde etmiştir. Yalıtımsız binaya göre, 4 cm XPS ve 4 cm hava boşluğu eklenmesi halinde CO₂ salınımının 82% azalacağını

belirtmiştir. Dikkatlice inceleme yapılırsa, bahsedilen çalışmaların tümü bina duvarlarında hava boşluğu kullanımı üzerine yapılmıştır.

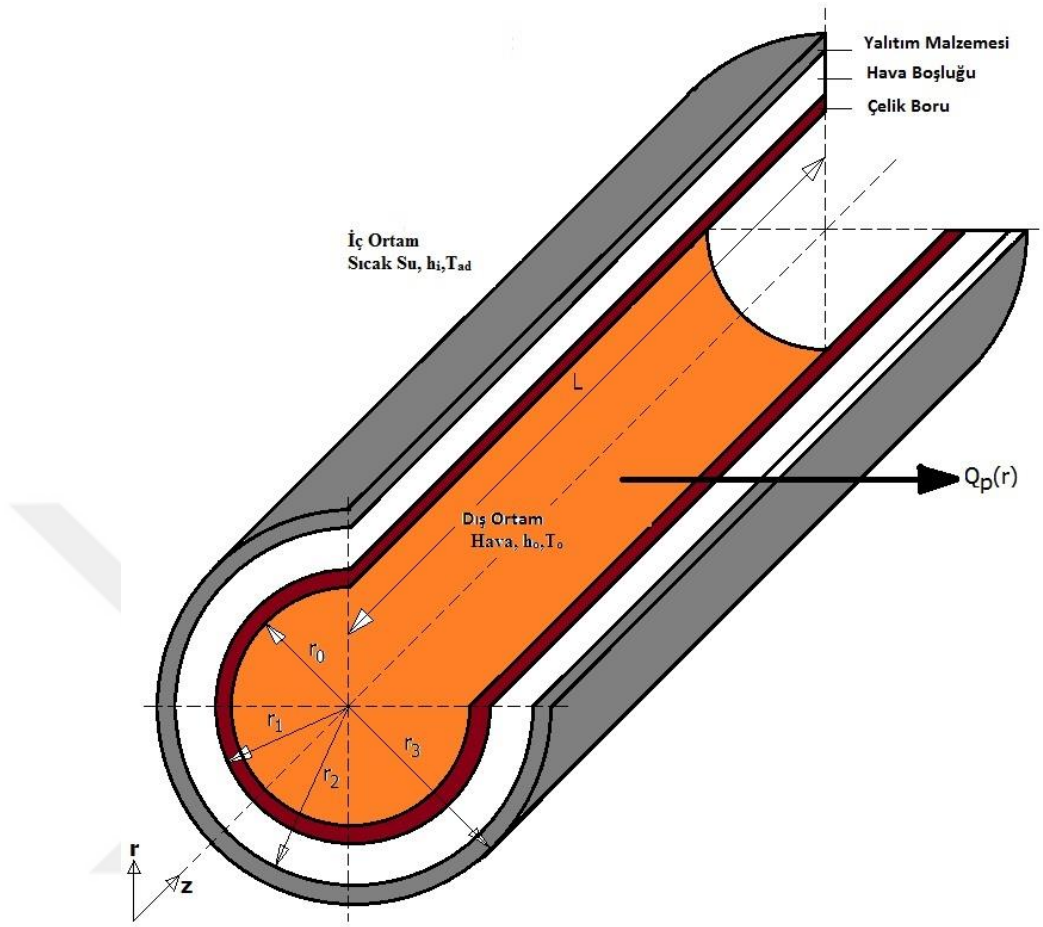
Çok dikkatli bir literatür taraması yapılmış olmasına rağmen, (i) borulama sisteminde ısı kayıplarını azaltmak için boru üzerine yalıtım ve hava boşluğu kullanımı, (ii) şiddetli ve ılıman iklimlerde yalıtılmış borularda hava boşluğunun etkileri ve (iii) hesaplamalar sunucunda elde edilen amaç fonksiyonlarını (optimum yalıtım kalınlığı, enerji maliyet tasarrufu ve geri dönüş süresi) etkileyen parametrelerin duyarlılık analizi üzerine bir araştırmanın henüz mevcut olmadığı görülmüştür. Bu nedenle, literatürdeki bu boşluğu doldurmak için boru yalıtımında hava boşluğu kullanımının önemi, ve yalıtım kalınlığı, büyük ve küçük boru çapları ve ısıtma derece günler göz önünde bulundurarak bir boruda meydana gelebilecek ısı kayıplarını azaltılması amacıyla yalıtım ve hava boşluğu kullanımı ile optimum yalıtım kalınlığı, enerji maliyet tasarrufu ve geri dönüş süresi üzerindeki faiz oranı, iskonto oranı, ömür, yakıtın birim maliyeti, yalıtımın birim hacim maliyeti, ısıtma derece gün ve hava boşluk değeri gibi etkili parametrelerin bir duyarlılık analizi sunulmuştur. Bu yenilikçi araştırmanın ek amacı, borularda ısı kaybının azaltılması yolunda en ekonomik yalıtım kalınlığı ve hava boşluğu değerlerini belirlemek için en uygun koşulların sağlanması ve boru yalıtımı ile ilgili alanların araştırmacıları için yararlı bir kılavuz sağlayabileceği yönündedir.

3. MATERİYAL ve YÖNTEM

3.1. Borulama Sistemi ve Analizi

Borular; petrol boru hatları, bölgesel ısıtma/soğutma boru hatları, buhar iletim boru hatları, yangın koruma boru hatları, endüstriyel ve kimyasal boru hatlarında önemli bir bileşendir. Dolayısıyla borulardaki sıcaklık değişimleri ve ısı kayıpları gibi bazı problemler (i) yalıtım, (ii) çevre ve (iii) borunun yapısı gibi bazı nedenlerden dolayı önemli derecede etkilenmektedir. Bu problemler ise iletim, taşınım ve ışıının bir kombinasyonu ile sıcak akışkan, katı madde ve soğuk akışkan alanı boyunca oluşmaktadır. Onların etkisini yok etmek veya azaltmak amacıyla ısı yalıtım uygulaması yapılması gerekmektedir. Isı taşıyan boru hatlarından çevreye olan ısı kayıplarını azaltmada kullanılan malzemeye yalıtım denilirken yalıtımın çeşidini ve kalınlığının tespiti işlemine yalıtım uygulaması olarak adlandırılmaktadır. Ve ısı iletim katsayısı 0.065 W/mK değerinden daha düşük olan malzemeye de yalıtım malzemesi olarak kabul edilmektedir (Dağsöz, 1999). Yani yalıtım malzemesinin ısı iletim katsayısı ne kadar düşük ise o kadar yalıtım özelliği kazanmaktadır. Dolayısıyla borulama sistemlerinde yalıtım malzemesi kullanılarak toplam ısı transfer katsayısı düşürülmüş ve neticesinde ısı kayıpları azaltılmış olmaktadır. Bu çalışmanın amacı da olan boru yalıtım uygulamasındaki bu toplam ısı transfer katsayısını (U) daha da düşürecek bir yöntem araştırmaktır. Bu yöntem ise boru ile yalıtım malzemesi arasında boş bir katmanın var olduğu varsaymaktır. Bu boru üzerindeki bu boş katmanda doğal taşınımın ihmal edildiği bir hava boşluğu bırakılacaktır. Dolayısıyla hava boşluğunda doğal taşınım ihmal edildiğinde hava boşluğunun matematiksel hesabı yalıtımına benzer olacaktır. Yani yalıtım durumunda olduğu gibi hava boşluğunun kalınlığı, ısı transfer katsayısını kontrol ederek ısı kaybını düzenleyen önemli bir tasarım parametresi olmuştur. Bu çalışmada

mekanik tesisattaki borularda hava boşluğu ve yalıtım uygulaması için aşağıda verilen sistem tasarlanmıştır (Şekil 3.1.).



Şekil 3. 1. Tasarlanan boru sistemi

Bu boru sistemi, dış ortam veya kanal içerisinde geçirilen birim uzunlukta düz bir çelik boru ve onun üzerinde hava boşluğu ve yalıtımdan oluşmaktadır. Hava boşluğunun kullanılmadığını ifade eden 0 cm ve 1 cm'den 5 cm'ye 1'er cm aralıklar ile hava boşlukları olarak düşünülmüştür. Şekil. 3.1'de görüldüğü gibi boru ve yalıtım malzemesi arasındaki hava boşlukları, adaptör yardımıyla yaratılmıştır. Ayrıca çalışmanın amaç fonksiyonu olan optimum yalıtım kalınlığı, enerji maliyet tasarrufu ve geri dönüş süresinin hesaplamalarında aşağıdaki kabuller yapılmıştır.

- 30 yıllık ömür için 13%'lük enflasyon ve 6.5% faiz oranı kabul edilmiş,
- Örnek bir şehir olarak Afyon/Türkiye, yalıtım malzemesi olarak EPS, XPS ve taş yünü, yakıt olarak doğalgaz, kömür ve fuel-oil seçilmiş,

- Karşılaştırma yapabilmek için 50 mm, 100 mm, 200 mm, 400 mm, 600 mm, 800 mm ve 1000 mm'lik paslanmaz çelik boru çapları kullanılmış,
- Boru yüzeyinde hava boşluğunun olmadığı 0 cm ve 1 cm'lik aralık ile 1 cm'den 5 cm'ye kadar hava boşluğu kalınlıkları düşünülmüş,
- Boru sistemi boyunca suyun sabit 80 °C sıcaklıkta kararlı durum kararlı akış kontrol hacmi koşullarında 0.8 m/s'lik sabit bir hız ile aktığı,
- Boru sistemi dış ortam veya kanal içerisindeki hava hızının 0.2 m/s'de sabit ve çevre sıcaklığının 10 °C'de sabit olduğu,
- Boru boyunca sıcaklık ve basınç düşüşlerinin olmadığı,
- Boru çevresinde hava boşluğu kalınlığı oluşturmak için kullanılan adaptörlerin termal etkileri ve katmanlar arasındaki temas direnci ihmal edilmiş,
- Boru yüzeyinden çevreye olan ısı kayıpları miktarı ısıtma derece günler ile belirlenmiş,
- Faiz oranı, iskonto oranı, ömür, yakıtın birim maliyeti, yalıtımın birim hacim maliyeti, ısıtma derece gün ve hava boşluk değeri gibi değişken parametreler için duyarlılık analizi düşünülmüştür.

3.2. Isı Transferi

Boru boyunca boru içerisinden dış ortama oluşan ısı transferi (ısı kaybı) aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$Q_p = UA(T_{ad} - T_o) \quad (1)$$

Burada; A borunun toplam yüzey alanı, T_{ad} boru içerisindeki akışkanın ortalamalama tasarım sıcaklığını, T_o dış hava tasarım sıcaklığını ifade etmektedir. U toplam ısı transfer katsayısıdır ve U hava boşluksuz yalıtımsız ve hava boşluklu yalıtımlı boru katmanları için sırasıyla aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$U_{un-ins} = \frac{1}{R_{p,un-ins}} \quad (2a)$$

$$U_{ins} = \frac{1}{R_{p,ins}} \quad (2b)$$

Hava boşluksuz ve yalıtımsız boru katmanları (iç akışkan+boru+dış akışkan) boyunca oluşan toplam iç direnç aşağıdaki gibi verilir

$$R_{p,un-ins} = \frac{1}{h_i A_i} + \frac{\ln\left(\frac{r_1}{r_0}\right)}{2\pi L k_p} + \frac{1}{h_o A_o} \quad (3)$$

with $A_i = 2\pi L r_0$ ve $A_o = 2\pi L r_1$. Bu çalışmanın konusu olan hava boşluklu ve yalıtımlı boru katmanları (iç akışkan+boru+hava boşluğu+yalıtım malzemesi+dış akışkan) için toplam iç direnç ise

$$R_{p,ins} = \frac{1}{h_i A_i} + \frac{\ln\left(\frac{r_1}{r_0}\right)}{2\pi L k_p} + \frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{2\pi L k_{ag}} + \frac{\ln\left(\frac{r_3}{r_2}\right)}{2\pi L k_{ins}} + \frac{1}{h_o A'_o} \quad (4)$$

$$A'_o = 2\pi L r_3.$$

Boru tabakası içerisindeki ve dışarısındaki ortamların ısı taşınım katsayıları sırasıyla aşağıdaki gibi hesaplanabilir (Büyükalaca vd., 2001):

$$h_i = 0.023 Re^{0.8} Pr^{0.4} \frac{k_i}{2r_n} \quad (5)$$

ve

$$h_o = 11.58(1/d)^{0.2} [2/((T_{ms} - T_o) - 546.3)]^{0.181} (T_{ms} - T_o)^{0.266} (1 + 2.86 V_{air})^{0.5} \quad (6)$$

for $d=2(r_n+\delta)$ (Başoğlu ve Keçebaş, 2011). Burada T_{ms} , boru sisteminin ortalama dış yüzey sıcaklığıdır ve V_{air} , borunun dışındaki hava hızıdır.

3.3 Yaşam döngüsü maliyet analizi

Silindirik borular içinde akışkan tarafından aktarılan veya depolanan ısı miktarını bilmek, bölgesel ısıtma / soğutma, endüstriyel ve kimyasal işleme tesisleri gibi termal sistemler için hayati öneme sahiptir. Bu termal sistemler için aktarılan yıllık ısı miktarı ısıtma derecesi-günleri (IDG) kullanılarak belirlenebilir. (Keçebaş

vd.,2011; Wang vd., 2011). IDG'nin değeri saatlik veriler kullanılarak aşağıdaki eşitlik ile hesaplanabilir:

$$IDG = (1 \text{ year}) \sum_{1}^{365} (T_b - T_{sa}) \quad (8)$$

sıcaklık farkında sadece pozitif değerler dikkate alınır ve $T_b < T_{sa}$ ise sıcaklık farkı sıfır olarak alınır. Bu çalışmada Afyonkarahisar ilinin 18 °C'lık temel sıcaklığı için ısıtma derece gün değeri Çizelge 3.1'de verildiği gibi Buyukalaca vd. (2001.)'den alınmıştır. Bu durumda boru boyunca taşınan ısıdan meydana gelen yıllık ısı kayıpları aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanabilmektedir.

$$Q_A = 86,400 IDGU \quad (7)$$

Boruda taşınması gereken ısı transfer miktarını korumak için kullanılan yıllık yakıt tüketimi miktarı aşağıdaki eşitlik ile bulunabilir.

$$m_f = \frac{86,400 IDGU}{H_u \eta_s} \quad (9)$$

Yıllık yakıt tüketimi ile yakıt başına birim maliyetinin çarpımıyla bulunan yıllık enerji/yakıt maliyeti (C_f) aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$C_f = m_f C_F \quad (10)$$

Burada C_F kullanılan yakıtın birim maliyetini göstermektedir, birimi TL/kg, TL/m³, TL/kW h olabilir.

Birim hacim başına yalıtım malzemesi maliyetinin boru yalıtımında kullanılan yalıtım malzemesi hacmi ile çarpımıyla elde edilen yalıtım malzemesinin toplam maliyeti (C_{ins}), aşağıda ifade edildiği gibi, belirlenmektedir.

$$C_{ins} = C_I V \quad (11)$$

Burada ; $V = \pi(r_3^2 - r_2^2)L$. C_I yalıtımda kullanılan malzemenin hacmini ifade etmektedir (TL/m³).

Bu çalışmada yalıtım teknolojileri ve projelerinde yalıtımın ekonomisini değerlendirmek için yaşam döngüsü maliyet analizini temel alan bir metot kullanılmıştır. Bu metot, belli bir süre üzerinden faiz oranı (i) ve enfloşyon oranı (d) 'nın etkileri muhasebe edilerek bir hava boşluklu ve yalıtılmış boru sisteminin beklenen ömrü (aşınma payı süresi) (N) boyunca oluşan enerji tüketim maliyetlerini

hesaplayabilmektedir. Düşünülen boru sisteminin ömrü boyunca enerji tüketim maliyetinin gerçek değeri P_1 - P_2 yöntemi ile belirlenebilmektedir. P_1 yaşam döngüsü enerji oranını yani ilk yıl için yakıt fiyatının ömür yakıt fiyatına oranından elde edilir ve P_2 ise yaşam döngüsü harcama oranı, yani yatırım miktarına yatırımın sonucu olarak giren sistem ömür masraflarının oranı olarak tanımlanmaktadır. P_2 'nin en yüksek değerini elde etmek için yatırım maliyetinin en düşük olduğu noktayı bulmak gerekmektedir. Buna göre P_1 ve P_2 aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

$$P_1 = \frac{N}{1+i} \text{ if } i=d \quad (12b)$$

$$P_1 = \frac{1}{(d-i)} \left[1 - \left(\frac{1+i}{1+d} \right)^N \right] \text{ if } i \neq d \quad (12a)$$

ve

$$P_2 = 1 + P_1 M_s - \frac{R_v}{(1+d)^N} \quad (13)$$

Burada M_s başlangıçtaki ilk maliyete yıllık bakım ve işletme maliyetlerine oranını ifade etmektedir ve R_v ilk maliyete parakende satış fiyatının oranını ifade eder.. Yalıtım uygulamalarında bakım ve işletme harcamalarının olması dikkati çekici bir durumdur. Bu çalışma için bakım ve işletme maliyetlerinin olmadığı varsayılmıştır ve dolayısıyla $P_2=1$ kabul edilmektedir.

Hava boşluklu ve yalıtılmış boruda meydana gelen ısı transferi işlemin yaşam döngüsü maliyetleri için P_1 ve P_2 oranlarını içeren yıllık toplam maliyet (C_t) ve enerji maliyet tasarrufu (S) sırasıyla aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$C_t = P_1 C_f + P_2 C_{ins} \quad (14)$$

ve

$$S = P_1 C'_f - P_2 C_{ins}. \quad (15)$$

burada C'_f yalıtımlı ve yalıtımlı boruların hava boşluklu enerji maliyetleri arasındaki farktır.

Geri dönüş süresini belirlemek için öncelikle yalıtım uygulamasında bakım ve işletme harcamaları olmamasından dolayı P_2 değeri 1 olarak kabul edilir. Sonrasında Çizelge 3.1'de verilen faiz oranı (i) ve enflozyon oranı (d) birbirine eşit olmaması

sebebiyle eşitlik (12b) durumu olarak P_1 seçilir. P_1 eşitliği, formül (15) içerisine yerleştirilir ve sonra o sığra eşitlenir. Elde edilen eşitlik içerisinde N 'nin değeri aranır. Bu işlemlerin sonucu olarak bulunan N 'ye, geri dönüş süresi (N_p) olarak adlandırılmaktadır.

Çizelge 3. 1. Çalışmada kullanılan parametreler ve değerleri

Parametreler	Değerler
IDG Afyonkarahisar	2328 °C gün
Yakıt Tipi [33]	
Kömür	
Fiyat	0.3129 (TL/kg)
Alt Isıl Değer	29.260 x 10 ⁶ (J/kg)
Verim	65%
Doğalgaz	
Fiyat	0.4453 (TL/m ³)
Alt Isıl Değer	34.485 x 10 ⁶ (J/m ³)
Verim	95%
Fuel-oil	
Fiyat	0.7935 (TL/kg)
Alt Isıl Değer	41.278 x 10 ⁶ (J/kg)
Verim	80%
Yalıtım Malzemesi	
Taş Yünü (TS EN 13162)	
Yoğunluk	100 kg/m ³
Isı Taşınım Katsayısı	0.040 W/m-K
Birim Fiyatı	44 TL/m ³
EPS (TS EN 13163)	
Yoğunluk	16 kg/m ³
Isı Taşınım Katsayısı	0.036 W/m-K
Birim Fiyatı	32 TL/m ³
XPS (TS EN 13164)	
Yoğunluk	28-30 kg/m ³
Isı Taşınım Katsayısı	0.031 W/m-K
Birim Fiyatı	62 TL/m ³
Boru Tipi	
Çelik Boru	Çizelge 2'ye bakınız
Ekonomik Parametreler	
Enflosyon oranı (I)	13 %
Faiz oranı (d)	6.5 %
Ömür süresi (N)	30 yıl

3.4. Optimum Yalıtım Kalınlığının Belirlenmesi

Hava boşluklu ve yalıtılmış boru tabakasının en dış çapı Eşitlik (14) minimize edilerek elde edilir. Minimize etmenin yolu ise yıllık toplam maliyetin (C_t)'nin dış çap (r_3) için diferensiyeli alınır ve sonra o sığra eşitlenir. Böylece r_3 hesaplanıms

olur. Buradan hava boşluklu ve yalıtılmış boru için optimum yalıtım kalınlığı ise aşağıdaki eşitlik ile belirlenebilir.

$$\delta_{ins} = r_3 - r_2 \quad (16)$$

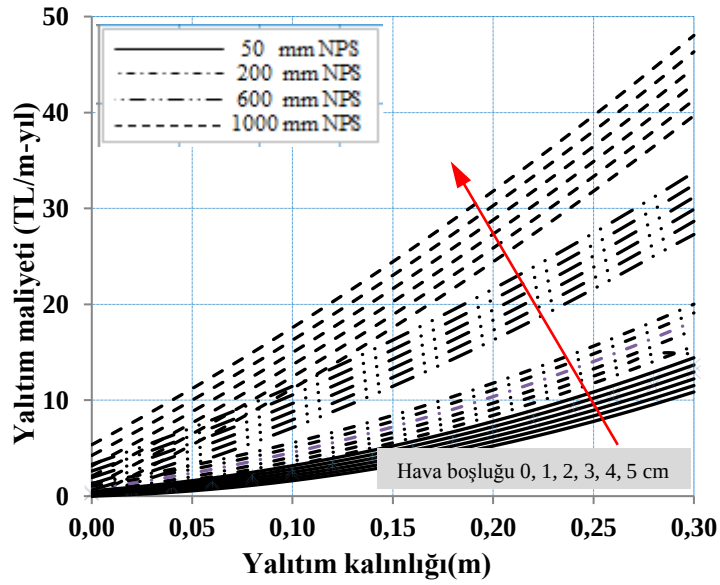
Çalışmanın amacı ile ilgili tüm hesaplamalar; methodoloji bölümündeki eşitlikler ve Çizelge 3.1’de gösterilen parametreler kullanılarak MATLAB Optimization Toolbox ta yapılmıştır.

Çizelge 3. 2. Çalışmada kullanılan paslanmaz çelik boruya ait özellikler

Nominal boru ebadı		Dış Çap, Ri	Et Kalınlığı, t	Ağırlık Sınıfı	Sch No	Birim ağırlık
(mm)	(inch)	(mm)	(mm)			(kg/m)
50	2	60.3	3.91	STD	40	5.44
100	4	114.3	6.02	STD	40	16.07
200	8	219.1	8.18	STD	40	42.55
400	16	406.4	9.53	STD	30	93.27
600	24	610.0	9.53	STD	20	141.12
800	32	813.0	9.53	STD	10	188.82
1000	40	1016.0	9.53	STD	-	236.53
Not: Paslanmaz çelik boru (ANSI B 36.10), için yoğunluk, erime noktası ve iletkenlik katsayısı 7.99 g/cm ³ , 1371-1399 °C ve 16.2 W/m-K’dir						

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Şekil 4.1’de farklı boru çapları ve hava boşluğu değerleri için yalıtım kalınlığı ile yalıtım maliyetinin değişim grafiği çizilmiştir. Şekilde yalıtım kalınlığı arttıkça yalıtım maliyetlerin arttığı açıkça görülmektedir. Grafik; boru çapları ve hava boşluk değerleri olarak iki yönden incelenebilir. İlk yön olarak yalıtım kalınlığının artması durumu için büyük çaplı borularda yalıtım maliyeti en büyük değerlere ulaşmaktadır.



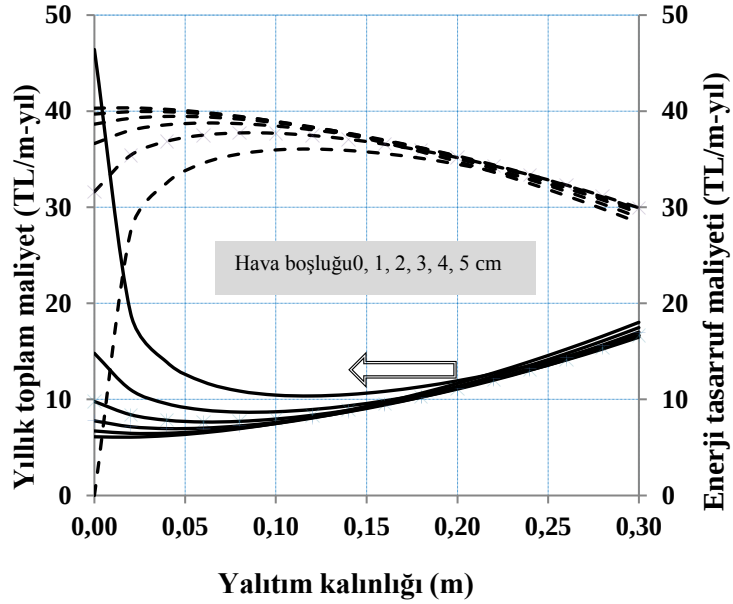
Şekil 4. 1. 50, 200, 600 ve 1000 mm boru çapları için (EPS ve fuel-oil) 0 ila 5 cm'lik hava boşluğu aralığında yalıtım kalınlığı ile yalıtım maliyeti değişimi.

Örneğin; yalıtım kalınlığının 0.2 m değerinde 50 mm’lik boru üzerindeki tüm hava boşluk değerleri için yalıtım maliyeti 5.2-7.3 TL/m-yıl arasında değişmektedir. Ancak benzer şartlarda 1000 mm’lik boru için onların yalıtım maliyet değişimi 24.4-31.8 TL/m-yıl arasındadır. Bu durumda küçük çaplı boruya göre büyük çaplı borularda yaklaşık 4.5 kat daha fazla yalıtım maliyetinin olduğu görülmektedir.

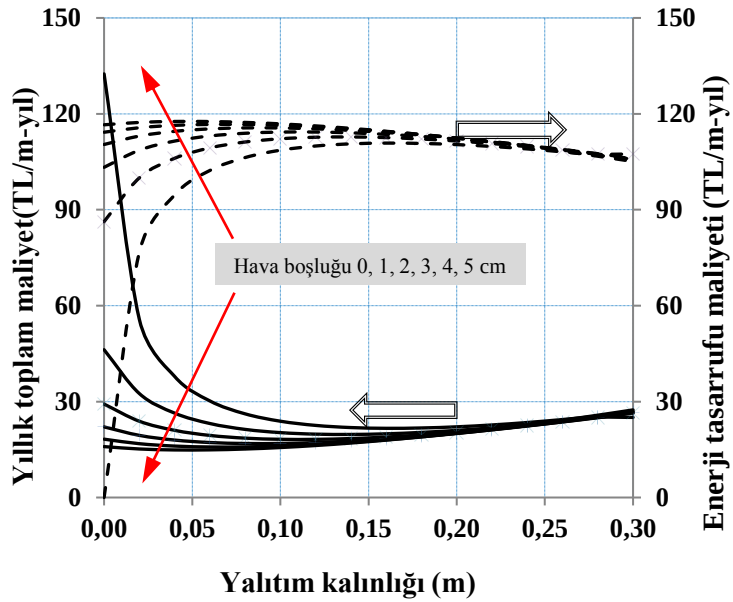
Şekil. 4.1'den ikinci yön olarak yalıtım kalınlığının artması durumu için büyük hava boşluğu (5 cm) değerinde yalıtım maliyeti en büyük değerlere ulaşmaktadır. Ancak küçük çaplı borularda hava boşluk değerlerinin artışı yalıtım maliyetinde 2.1 TL/m-yıl (5.2 TL/m-yıl ile 7.3 TL/m-yıl) gibi küçük bir değişim göstermemektedir. Büyük çaplı borularda ise bu durumun aksine yalıtım maliyetinde 7.4 TL/m-yıl (=31.8-24.4) gibi bir artış olmaktadır. Yine de boru çaplarının artmasıyla oluşan yalıtım maliyetinin değerinin (24.5 TL/m-yıl ile 31.8-7.3)) yanında onların değerleri oldukça küçük kalmaktadır.

Şekil. 4.2'de görüldüğü gibi yıllık toplam maliyet, yalıtım kullanılmaya başlamasından itibaren düşmeye başlamıştır. Bu durumun zıttı olarak enerji maliyet tasarrufu artmaktadır. Bir taraftan yıllık toplam maliyet düşme eğilimindeyken minimum bir noktadan itibaren artmaya başlamaktadır. Diğer taraftan enerji maliyet tasarrufu artma eğilimindeyken maksimum bir noktadan itibaren düşmeye başlamaktadır. Böylece yıllık toplam maliyetin minimum ve enerji maliyet tasarrufunun maksimum olduğu aynı noktadaki yalıtım kalınlığına optimum yalıtım kalınlığı olarak adlandırılmaktadır. Hava boşluğunun etkilerini gözlemleyebilmek için yalıtım kalınlığına karşılık yıllık toplam maliyet ve enerji maliyet tasarrufu grafikleri 50 mm, 200 mm, 600 mm ve 1000 mm'lik borular için sırasıyla Şekil. 4.2. (a), 4.2 (b), 4.2 (c) ve 4.2 (d)'de verilmiştir. Şekil. 4.2 'nin tüm grafiklerinden hava boşluk değeri arttıkça bir taraftan yıllık toplam maliyetlerin azaldığı ve diğer taraftan enerji maliyet tasarruflarının arttığı görülmektedir. Örneğin; Şekil. 4.2 (a)'da optimum yalıtım kalınlığı şartlarında 0 cm (hava boşluğunun kullanılmadığı durum), 3 cm ve 5 cm hava boşluk değerleri için sırasıyla yıllık toplam maliyet değerleri 10.4 TL/m-yıl, 7.0 TL/m-yıl ve 6.1 TL/m-yıl iken enerji maliyet tasarruf değerleri 36.1 TL/m-yıl, 39.31 TL/m-yıl ve 40.3 TL/m-yıl olarak hesaplanmıştır. Şekil. 4.2 (a) için hava boşluğunun kullanılmadığı durum ile 5 cm hava boşluğu kullanıldığı durum karşılaştırıldığında yıllık toplam maliyette 40% azalma meydana gelirken enerji maliyet tasarrufunda 8%'lik bir artış olmuştur. Şekil. 4.2 (d)'ye bakıldığında yıllık toplam maliyet ve enerji maliyet tasarruf değerlerindeki değişimde ise sırasıyla 30%'luk azalma ve 3%'lük artış hesaplanmıştır. Böylece büyük çaplı borulardaki hava boşluğunun kullanımı ile karşılaştırıldığında küçük çaplı borularda hava

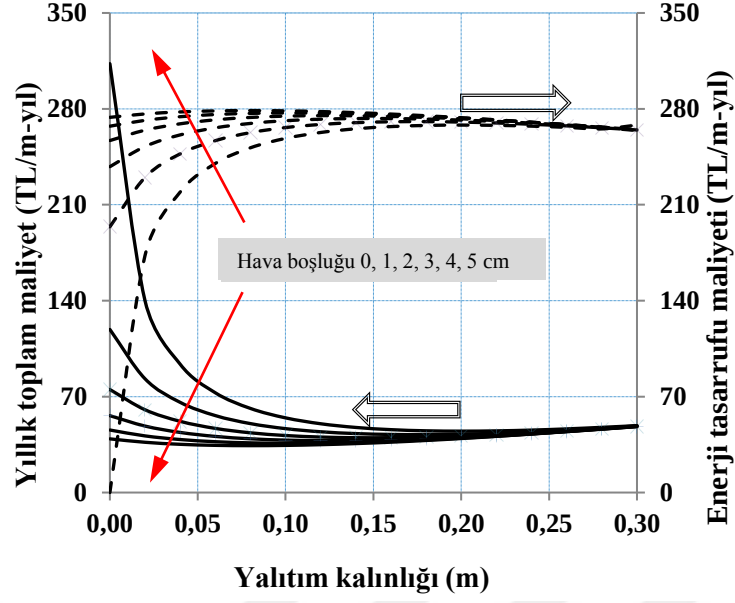
boşluğu kullanımı daha avantajlı olduğu söylenebilir. Bu durumda büyük çaplı borularda hava boşluğu kullanmak yerine yalıtım işlemi yapmak daha uygun olduğu sonucuna ulaşılabilir. Ek olarak borularda yalıtım malzemesi ve/veya hava boşluğu kullanımı durumlarında boru çapları arttıkça çok daha fazla yıllık toplam maliyet oluşmasına rağmen yapılabilecek enerji maliyet tasarrufunda o kadar fazla olmaktadır.



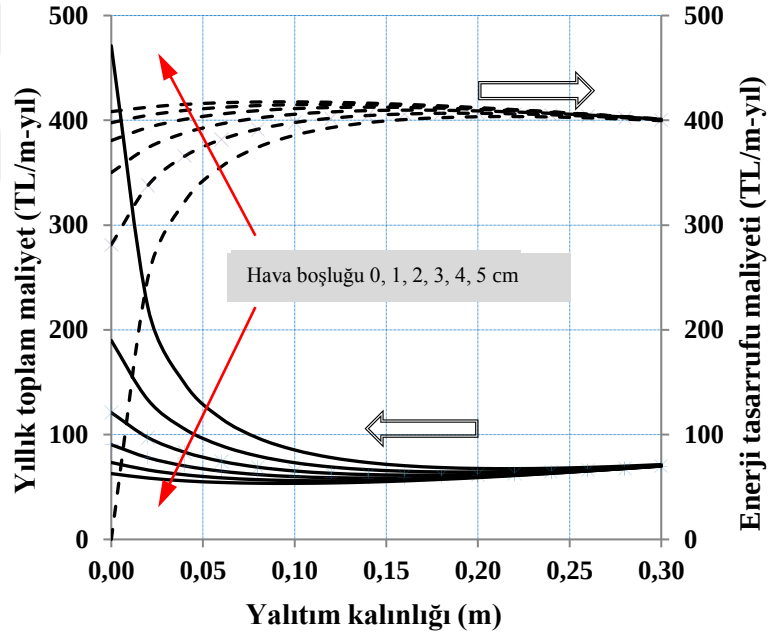
(a)



(b)



(c)

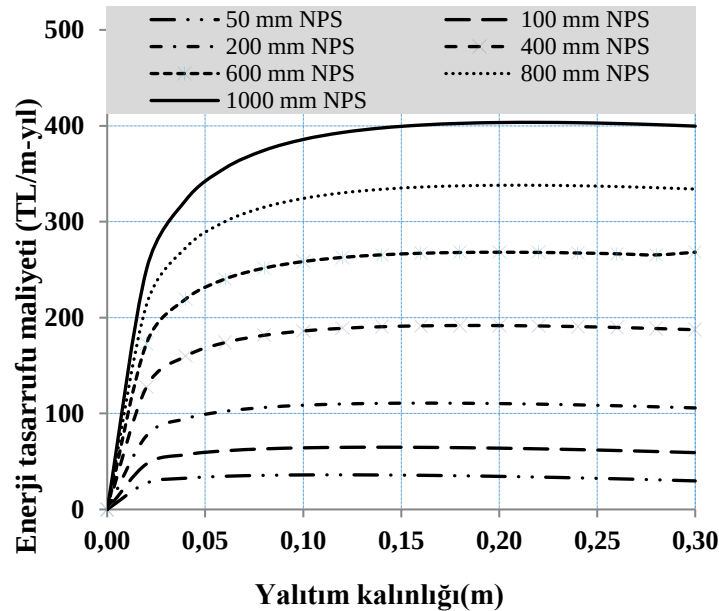


(d)

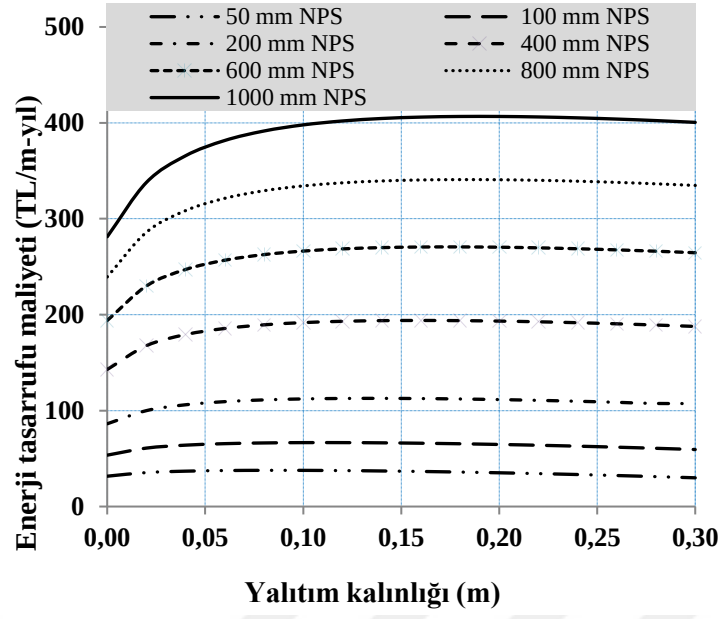
Şekil 4. 2. (A) 50 mm, (b) 200 mm, (c) 600 mm ve (d) 1000 mm boru çapları için yalıtım kalınlığı ile yıllık toplam maliyet ve enerji tasarrufu değişiklikleri 0 ila 5 cm hava aralığı aralığında

Farklı boru çaplarındaki yalıtım kalınlığının enerji maliyet tasarrufu ile değişimi Şekil. 4.3'te verilmiştir. Hava boşluğunun etkilerini görmek maksadıyla 0 cm, 1 cm,

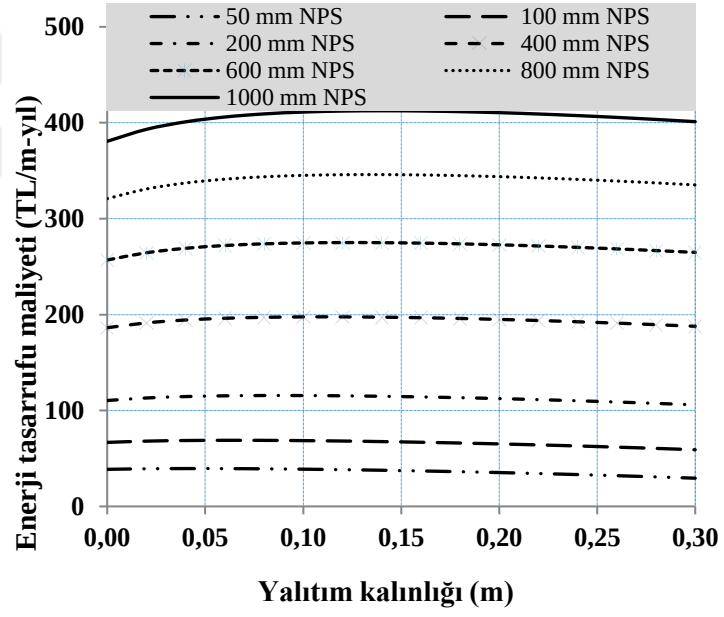
3 cm ve 5 cm'lik hava boşluk değerleri olarak sırasıyla Şekiller 4.3 (a)-(d) çizdirilmiştir. Hava boşluğunun kullanılmadığı (0 cm) durumlar olarak Şekil. 4.3 (a)'da görüldüğü gibi boru çapları arttıkça enerji maliyet tasarrufları da katlanarak artmaktadır. Örneğin; optimum yalıtım kalınlığı şartlarında 50 mm, 100 mm, 800 mm ve 1000 mm'lik boru çapları için enerji maliyet tasarrufu değerleri sırasıyla 36.1 TL/m-yıl, 64.9 TL/m-yıl, 337.95 TL/m-yıl ve 403.4 TL/m-yıl bulunmuştur. Enerji maliyet tasarrufunun 50 mm ile 100 mm ve 800 mm ile 1000 mm'lik boru çapları için bulunan değerleri arasındaki farklar sırasıyla 28.8 TL/m-yıl ve 65.45 TL/m-yıl'dır. 5 cm'lik hava boşluğu (bkz. Şekil. 4.3 (d)) için bu fark değerleri sırasıyla 39.8 TL/m-yıl ve 67.2 TL/m-yıl olarak hesaplanmıştır. Görüldüğü gibi büyük çaplı borularda hava boşluğunun kullanılıp kullanılmaması enerji maliyet tasarrufunu değiştirmemektedir. Tam aksine küçük çaplı borularda hava boşluğu büyük çaplı borulara göre daha etkilidir. Bir başka bakışla büyük çaplı boruların enerji maliyet tasarruflarının hava boşluğu kalınlığına göre yalıtım kalınlığı ile birlikte çok fazla değişim göstermektedir. Şekil. 4.3 (c) ve (d)'de açıkça görüldüğü gibi hava boşluğu kullanılan 50 mm boru çapı için enerji maliyet tasarruf eğrisinin daha yalıtımın uygulamasının başında maksimum değerde olduğu ve yalıtım kalınlığı arttıkça enerji maliyet tasarrufu azalmaktadır.



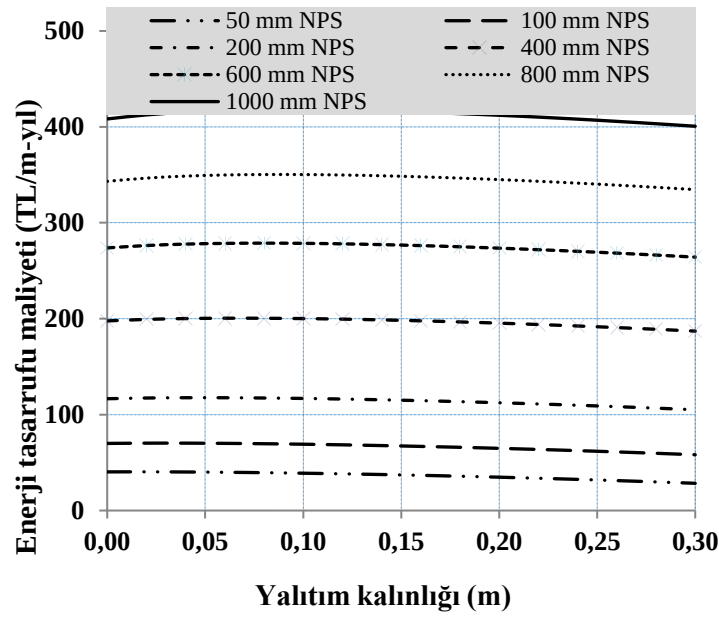
(a)



(b)



(c)

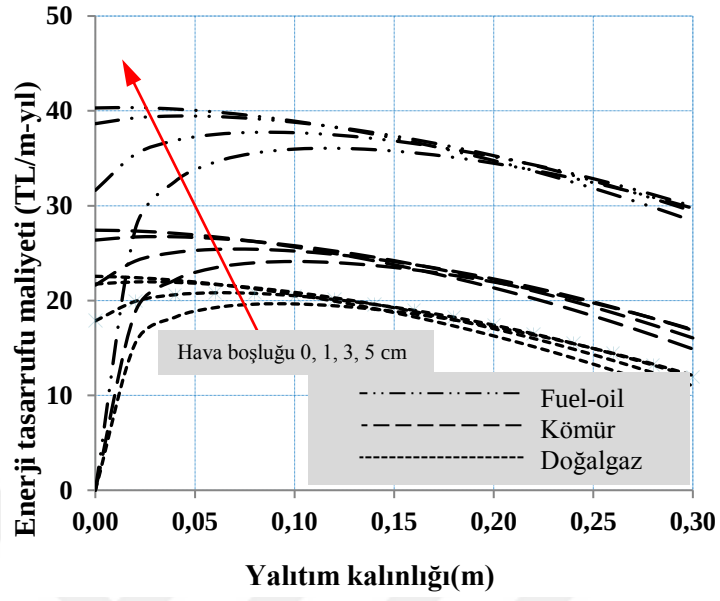


(d)

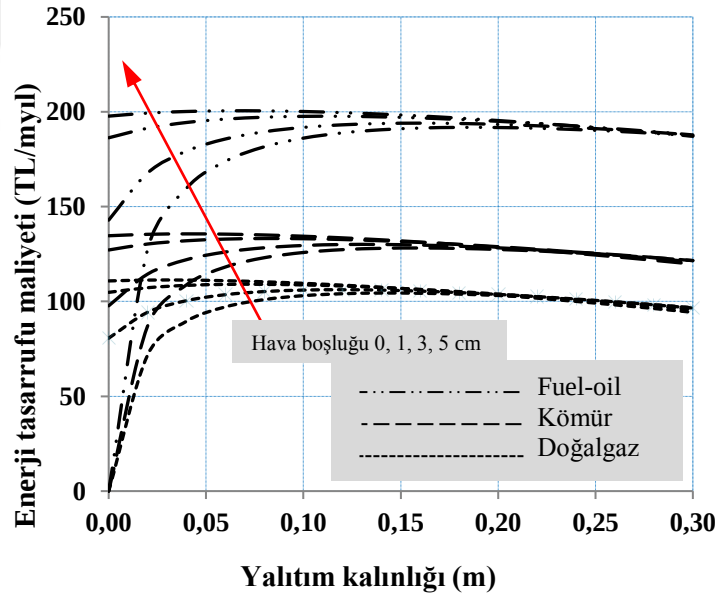
Şekil 4. 3. (a) 0 cm, (b) 1 cm, (c) 3 cm ve (d) 5 cm (EPS ve fuel-oil) hava boşlukları için farklı boru çaplarında yalıtım kalınlığı ile enerji maliyet tasarrufu değişiklikleri.

İnşaat ve alt yapı projelerinde yakıt tipinin seçimi önemli bir kriterdir. Dolayısıyla borularda yalıtım ve hava boşluğu kullanımı durumunda yakıt tiplerinin (fuel-oil, kömür ve doğal gaz) enerji maliyet tasarrufuna etkileri merak konusudur. Bu sebepten dolayı, çeşitli boru çapları için çizilmiş bazı grafikler, Şekil. 4.4'te sunulmuştur. Şekil. 4.4'teki tüm grafiklerden en fazla enerji maliyet tasarrufuna sahip yakıtın fuel-oilin olduğu anlaşılmaktadır. Sonra onu kömür ve doğal gaz takip etmektedir. Optimum yalıtım kalınlığı şartlarında Şekil. 4. 4 (a)'daki 50 mm'lik küçük çaplı boru için fuel-oil kullanılması durumunda 0 cm ve 5 cm hava boşluğunun enerji maliyet tasarruf değerleri sırasıyla 36.3 TL/m-yıl ve 40.3 TL/m-yıl'dır. Bu değerlerin farkı ise 4 TL/m-yıl'dır Doğal gaz kullanılması durumunda 0 cm ve 5 cm hava boşluğunun enerji maliyet tasarruf değerleri ise sırasıyla 19.6 TL/m-yıl ve 22.6 TLm-yıl olarak belirlenmiştir. Buradaki fark ise 3 TL/m-yıl kadardır. Tamamen aynı şartlarda Şekil 4.4 (c)'deki büyük çaplı borudaki fuel-oil ve doğalgaz için bu farklar sırasıyla 14.1 TL/m-yıl ve 12.6 TL/m-yıl'dır. Küçük çaplı borulardaki yalıtımda hava boşluğu etkili iken büyük çaplı borularda yalıtımın etkili olduğu gözlenmektedir. Ayrıca Şekiller. 4.4 (a), (b) ve (c) dikkatlice bakıldığında

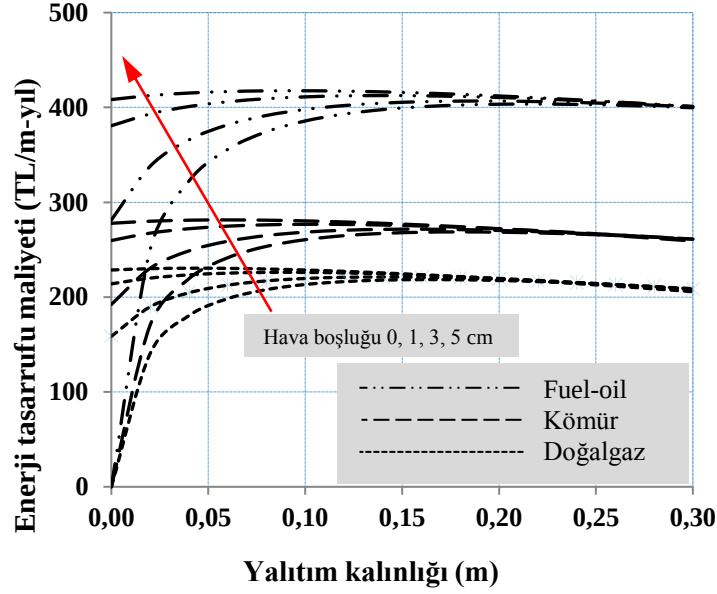
hava boşluğu üzerinden enerji maliyet tasarrufları açısından yakıt tiplerinin çeşitliliği önemli değildir.



(a)



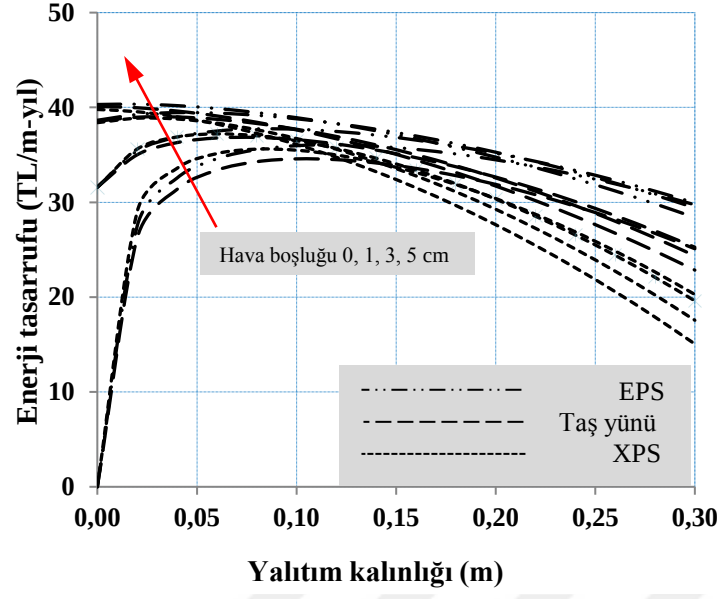
(b)



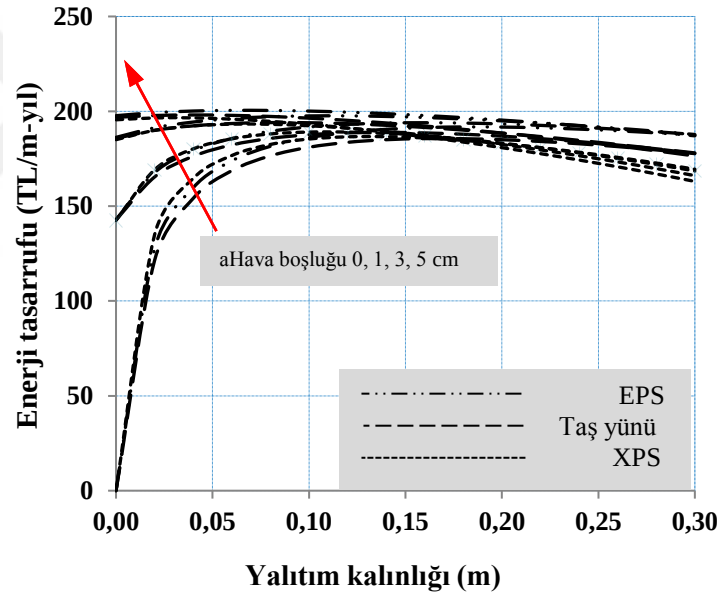
(c)

Şekil 4. 4. (a) 50 mm, (b) 400 mm ve (c) 1000 mm (EPS) boru çaplarına göre 0, 1, 3 ve 5 cm hava aralığında farklı yakıt tipleri için yalıtım kalınlığı ile enerji maliyet tasarrufu değişiklikleri.

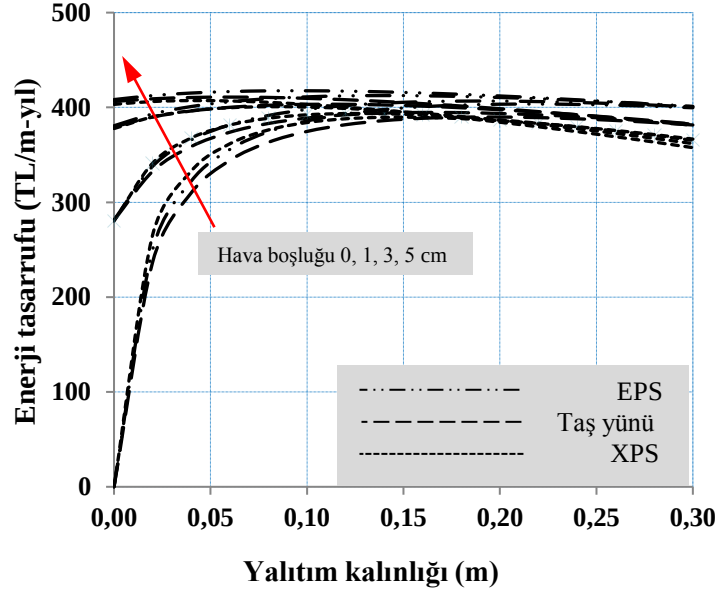
Farklı yalıtım malzemeleri arasında bir karşılaştırma yapmak amacıyla Şekil. (4.4)'e benzer grafikler Şekil 4.5'te verilmiştir. Buradaki Şekiller 4.5 (a), (b) ve (c); 50 mm, 400 mm ve 1000 mm'lik boru çapları ile ilgilidir. Tüm grafiklerde görülebildiği gibi en fazla enerji maliyet tasarrufuna sahip yalıtım malzemesi EPS'dir. Sonra rockwool ve XPS yalıtım malzemeleri gelmektedir. Bu durum yalıtım malzemelerin birim hacim maliyetlerinin etkili olduğu göstermektedir. Diğer taraftan boru çapları ile ilgili tüm grafikler birbirine benzemektedir. Onların farklılıkları ise sadece enerji maliyet tasarruf değerleridir. Farklı yalıtım malzemesi seçimi küçük ve büyük çaplı borularda hava boşluğu kullanımının enerji maliyet tasarrufu üzerine etkili olmadığı sonucuna varılabilir.



(a)



(b)

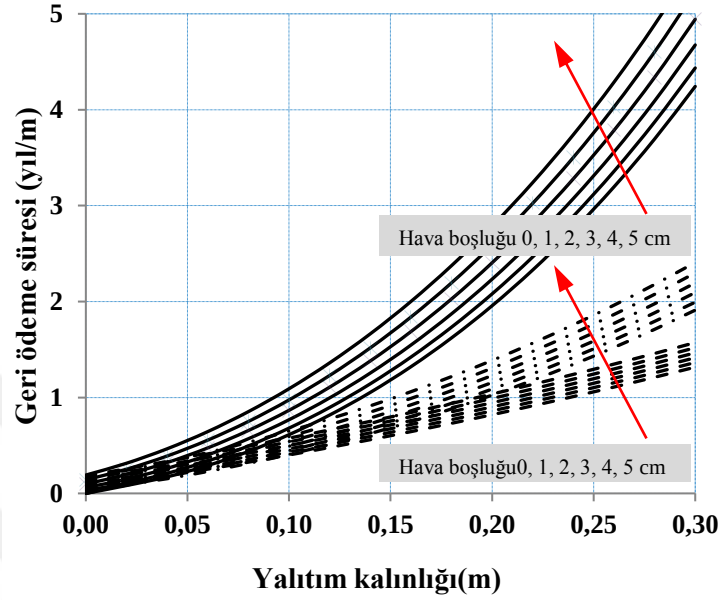


(c)

Şekil 4. 5. (a) 50 mm, (b) 400 mm ve (c) 1000 mm (Fuel-oil) Boru çapı değerine göre 0, 1, 3 ve 5 cm hava boşluğunda, farklı yalıtım malzemeleri için yalıtım kalınlığı ile enerji maliyet tasarrufu değişiklikleri.

İnşaat ve alt yapı projelerinde harcanan maliyetlerin geri dönüş süresi birçok yatırımcı için önemli projeksiyonlardan biridir. Çeşitli boru çapları ve farklı hava boşluk değerleri için yalıtım kalınlığı ile geri dönüş süresi arasındaki değişim Şekil. 4.6'da gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi yalıtım kalınlığı arttırıldığında ve ayrıca boru çapları genişlediğinde geri dönüş süreleri uzamaktadır. Yani hava boşluklu ve yalıtımlı borularda optimum yalıtım kalınlığını (bu değerde maksimum enerji maliyet tasarrufu oluşmaktadır) aşıldığında yalıtım kalınlıklarında geri dönüş süresi oldukça hızla artmaktadır. Bu artış hızı küçük çaplı borularda daha fazladır. Şekil. 4.d'da 50 mm boru ile 1000 mm'lik boru karşılaştırıldığında bu açıkça görülebilir. Örneğin; 0.20 m yalıtım kalınlığı için 50 mm'lik boruda 0 cm ve 5 cm'lik hava boşluklarında geri dönüş süreleri sırasıyla 2 yıl ve 2.8 yıl olarak bulunmuştur. Yani 0.20 m yalıtım kalınlığında 0 cm ile 5 cm aralığındaki hava boşluğu için küçük çaplı borularda geri dönüş eğrileri daha geniş bir yelpaze oluşturmuştur. Ancak 1000 mm'lik boru için bu değerler sırasıyla 0.8 yıl ve 1 yıl'dır ve burada daha dar yelpaze oluşmaktadır. Büyük çaplı borular ile karşılaştırıldığında küçük çaplı borularda geri dönüş üzerine hava boşluğunun daha etkili olduğu görülmektedir. Şekil. 4.6'da görülebildiği gibi daha

başlangıçtaki yalıtım kalınlıklarında geri dönüş süreleri hem düşük değerlerde hem de birbirlerine yakın değerlerdedir. Ek olarak bu şekilden büyük çaplı borularda geri dönüş süreleri birbirlerine yakın ve hava boşluğu değerlerine göre değişmediği görülmektedir.



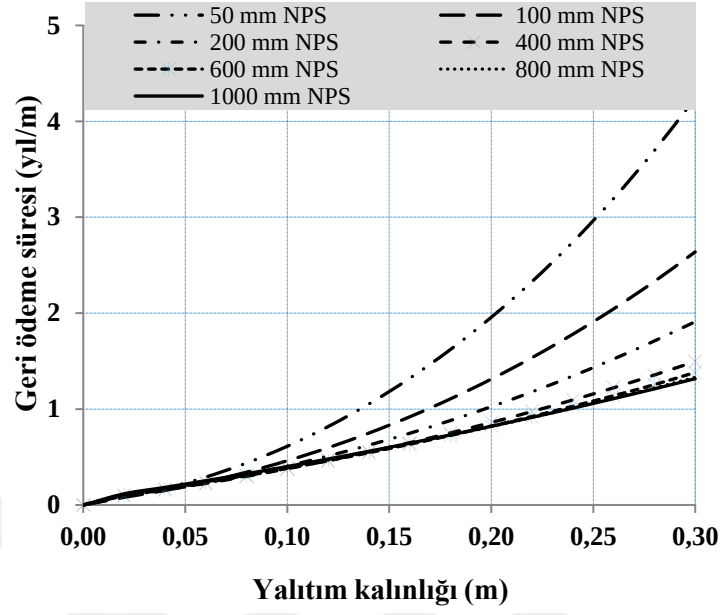
Şekil 4.6.

Şekil 4.6. 50, 200 ve 1000 mm NPS'ler için yalıtım kalınlığı ile 0 ila 5 cm'lik hava boşluğu aralığında geri ödeme süresi değişikliği (EPS, Fuel-oil)

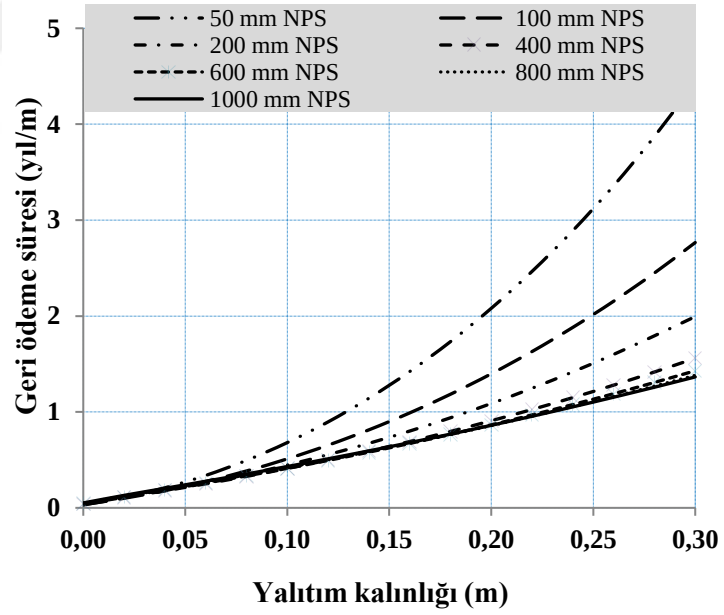
Farklı boru çaplarına göre yalıtım kalınlığı ile geri dönüş süresinin değişimi Şekil. 4.7'de sunulmuştur. Burada hava boşluğunun 0 cm, 1 cm, 3 cm ve 5 cm'lik değerlerinin grafikleri de sırasıyla Şekil. 4.7 (a), (b), (c) ve (d) olarak çizdirilmiştir. Bu şekillerdeki tüm grafiklerin birbirine benzediği görülmektedir. Çok dikkatli bakıldığında sadece küçük çaplı borularda geri dönüş süresi eğrilerinin değiştiği farkedilebilmektedir. Büyük çaplı borularda herhangi bir değişim olmamıştır. Dolayısıyla büyük çaplı borularda hava boşluğunun etkisi yoktur. Grafikler arasında Şekil. 4.7 (d) incelendiğinde büyük çaplı borularda geri dönüş süresi eğrileri hemen hemen doğrusal iken küçük çaplı borularda eğriler doğrusal olmadığı görülmektedir.

Örneğin; optimum yalıtım kalınlıklarında 50 mm ve 1000 mm'lik borular için geri dönüş süreleri sırasıyla 0.2 yıl ve 0.5 yıl olarak belirlenmiştir. Optimum yalıtım

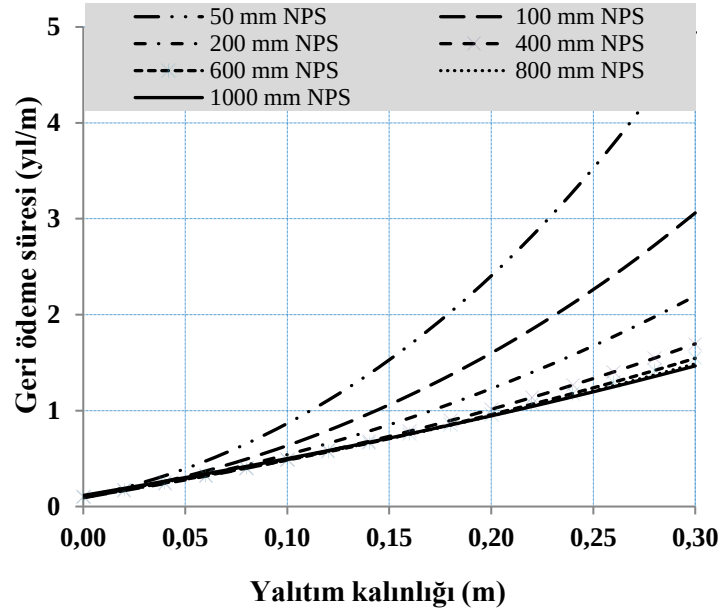
kalınlığı değerine eklenen her bir yalıtlım kalınlığı küçük çaplı borularda enerji maliyet tasarruflarını azaltması sebebiyle geri dönüş süreleri uzamaktadır.



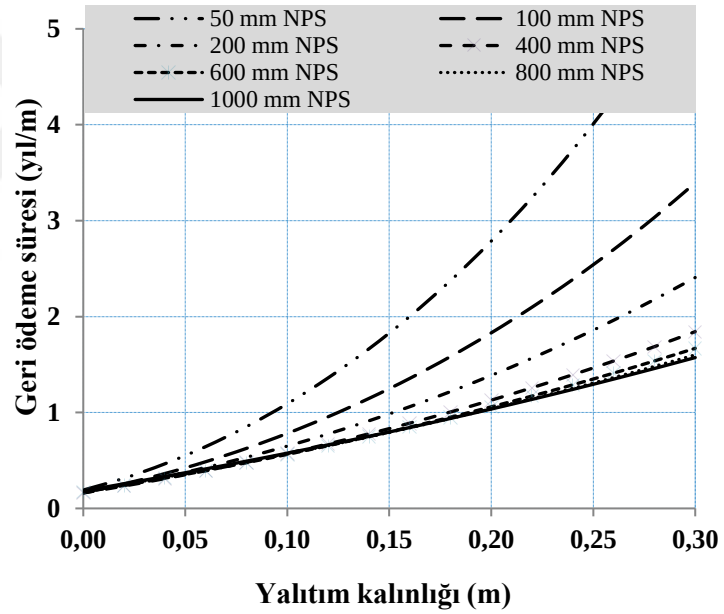
(a)



(b)



(c)

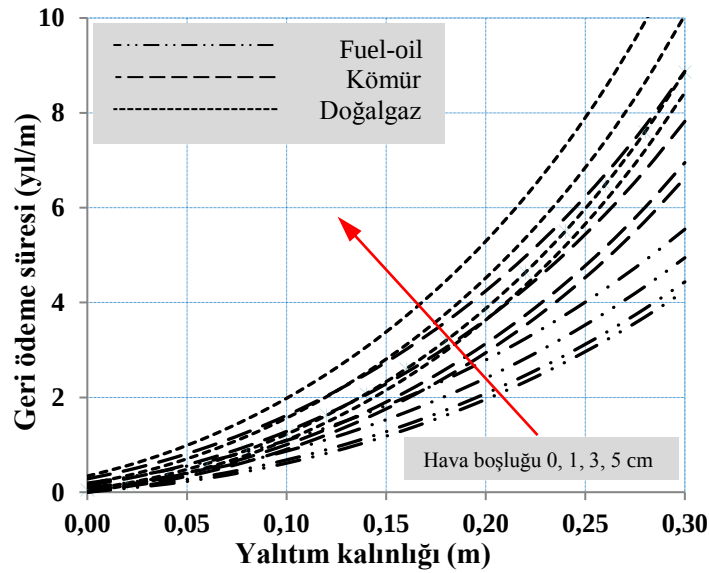


(d)

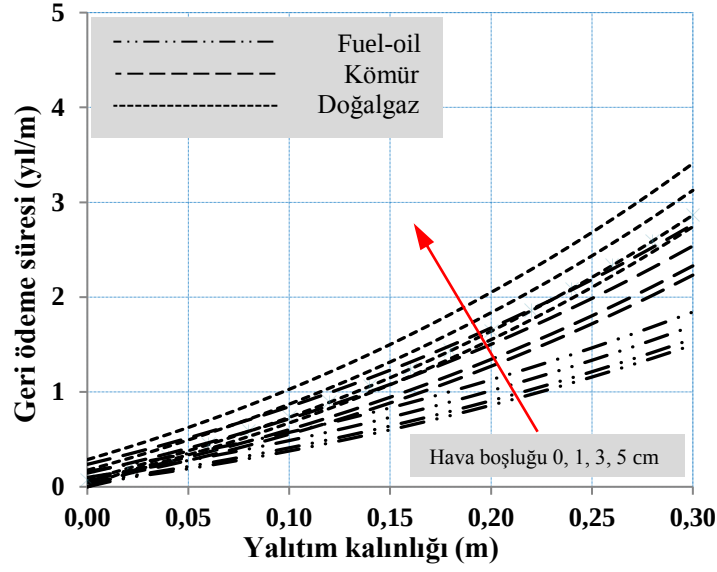
Şekil 4. 7. (a) 0 cm, (b) 1 cm, (c) 3 cm ve (d) 5 cm hava boşlukları için farklı boru çapları için yalıtım kalınlığında geri ödeme süresi değişiklikleri (EPS ve Fuel-oil)

Şekil. 4.8’de çeşitli yakıt tipleri için yalıtım kalınlığına karşı geri dönüş süresinin değişimi verilmiştir. Şekil. 4.8’den yalıtım kalınlığı artması sonucu geri dönüş sürelerinin arttığı gözlenmektedir. Ayrıca 50 mm, 400 mm ve 1000 mm gibi farklı

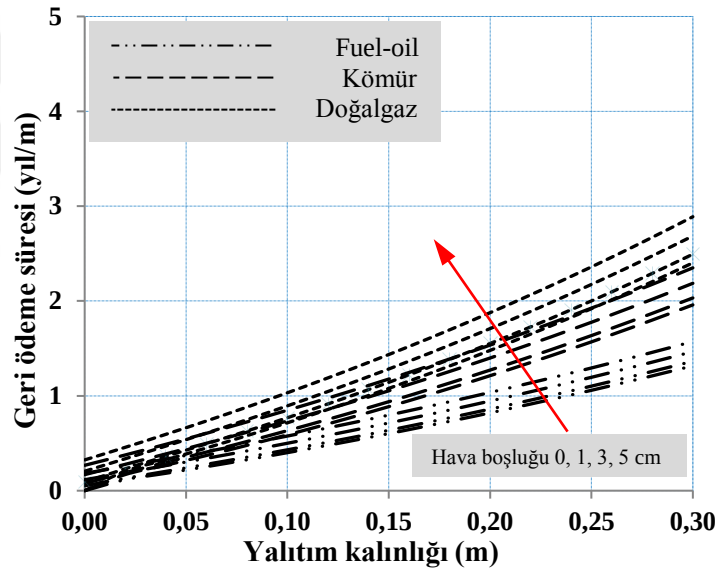
boru çaplarının etkilerini göstermek için sırasıyla ekil 4.8(a), (b) ve (c) izdirilmiştir. Şekil. 4.8(a)'daki küçük çaplı borularda yakıt geri dönüş eğrileri doğrusal olmayan bir artış izlenirken bk çaplı borularda (ekil. 4.8(c)) bu eğriler doğrusal bir artış olmaktadır. Ayrıca yalıtım kalınlığının artışına göre boru çapları küçüldükçe geri dönüş süreleri artmaktadır. Bk çaplı boruların tümünde geri dönüş süresi hemen hemen aynı olduğu gözlenmektedir. Yakıtların geri dönüş süreleri karşılaştırıldığında en kısa geri gnş süresi fuel-oil yakıtı içindir. Sonrasında kömür ve doğalgaz yakıtları takip etmektedir. Şekil 4.8(a), (b) ve (c) dikkatle bakıldığında ekil. 4.8(a)'daki 50 mm'lik boruda fuel-oil yakıtı için geri dönüş süresi 0.2 yıl iken doğal-gaz yakıtı için 0.4 yıl'dır. Aynı durumda ekil. 4.8(c)'de fuel-oil ve doğalgaz yakıtları için o sırasıyla 0.5 ve 0.7 yıl'dır.



(a)



(b)

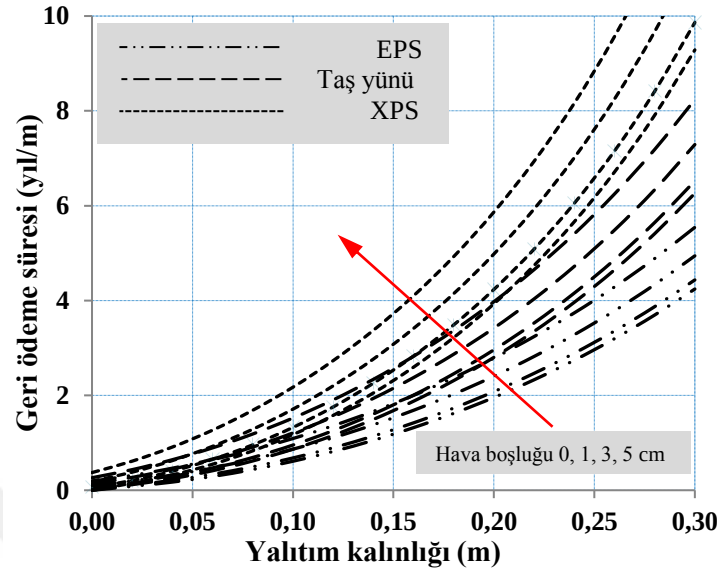


(c)

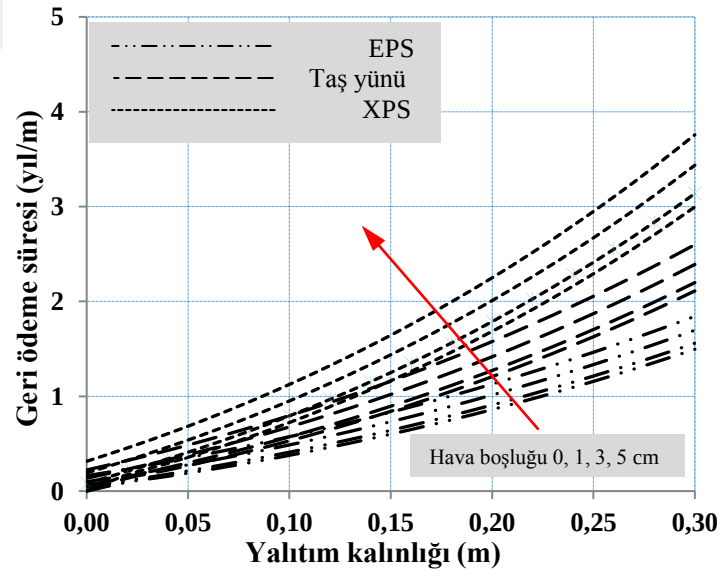
Şekil 4. 8. (a) 50 mm, (b) 400 mm ve (c) 1000 mm boru çaplarına göre 0, 1, 3 ve 5 cm hava boşluğunda farklı yakıt tipleri için yalıtım kalınlığında geri ödeme süresi değişiklikleri . (EPS)

Farklı yalıtım malzemeleri için yalıtım kalınlığının değişimine karşı geri dönüş sürelerinin değişim de Şekil. 4.9’da verilmiştir. Şekil. 4.8’deki benzer sonuçlar; Şekil. 4.9 için de elde edilmiştir. Yalıtım malzemelerin geri dönüş sürelerinin en

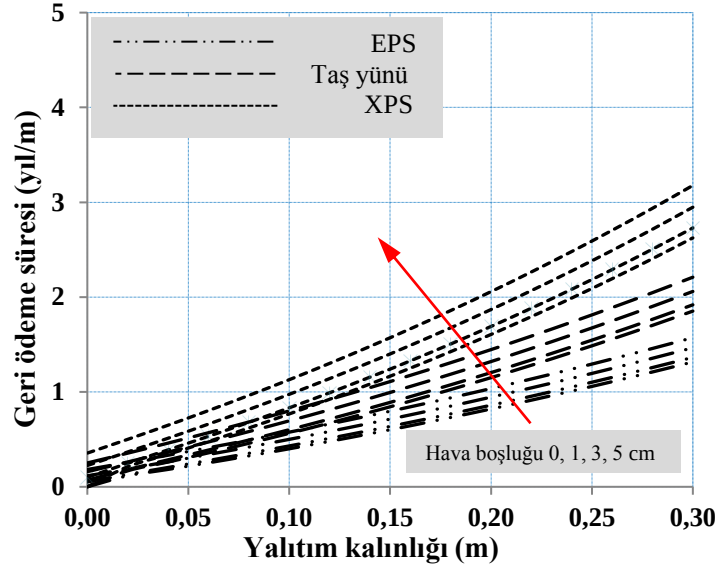
büyük değeri XPS yalıtım malzemesine aittir. Onun en düşük değeri ise EPS yalıtım malzemesidir.



(a)



(b)



(c)

Şekil 4. 9. (a) 50 mm, (b) 400 mm ve (c) 1000 mm (EPS) NPS'ye göre 0, 1, 3 ve 5 cm hava boşluğunda farklı yalıtım malzemeleri için yalıtım kalınlığında geri ödeme süresi değişiklikleri.

Çizelge 4. 1. EPS yalıtım malzemesinde çeşitli yakıtlar için hava boşluklarına göre boru çaplarının optimum yalıtım kalınlıklarının hesaplanan sonuçları.

Yalıtım Malzemesi	Yakıt Türü	Hava Boşluğu (cm)	Boru Çapı (mm)						
			50	100	200	400	600	800	1000
EPS	Kömür	0	9.9	11.9	13.8	15.7	16.8	17.5	18.0
		1	7.1	9.1	11.2	13.1	14.2	14.9	15.4
		2	4.9	6.8	8.8	10.7	14.2	12.5	12.9
		3	3.1	4.8	6.6	8.4	9.4	10.1	10.5
		4	1.5	2.9	4.6	6.2	7.1	7.8	8.2
		5	-	1.3	2.7	4.1	5.0	5.5	5.9
	Fuel-oil	0	11.6	13.9	16.3	18.6	20.0	20.9	21.5
		1	8.6	11.0	13.5	15.9	17.4	18.3	19.0
		2	6.3	8.6	11.0	13.4	14.9	15.8	16.5
		3	4.5	6.5	8.8	11.1	12.5	13.4	14.0
		4	2.8	4.6	6.7	8.9	10.2	11.0	11.6
		5	1.3	2.9	4.8	6.7	8.0	8.8	9.3
	Doğal gaz	0	9.2	10.9	12.7	14.4	15.4	16.0	16.4
		1	6.4	8.2	10.1	11.8	12.8	13.4	13.8
		2	4.3	5.9	7.7	9.4	10.4	11.0	11.4
		3	2.5	4.0	5.6	7.1	8.0	8.6	9.0
		4	0.9	2.2	3.6	5.0	5.8	6.3	6.6
		5	-	0.5	1.7	2.9	3.6	4.0	4.3

EPS, XPS ve taşıyıcı yalıtım malzemeleri için kullanılan yakıt tipleri, hava boşluğu boyutları ve boru çaplarına ait optimum yalıtım kalınlığı değerleri sırasıyla Çizelge 4.1, 4.2 ve 4.3’de detaylıca verilmiştir. Çizelge 4.2’de en fazla enerji maliyet tasarrufuna sahip fuel-oil yakıtı için 0 cm’lik hava boşluğunda küçük çaptan büyük çapa doğru gidildiğinde optimum yalıtım kalınlığı % 46 artarken 5 cm’lik hava boşluğunda o 86% artmıştır.

Çizelge 4. 2. XPS yalıtım malzemesinde çeşitli yakıtlar için hava boşluklarına göre boru çaplarının optimum yalıtım kalınlıklarının hesaplanan sonuçları.

Yalıtım Malzemesi	Yakıt Türü	Hava Boşluğu (cm)	Boru Çapı (mm)						
			50	100	200	400	600	800	1000
XPS	Kömür	0	7.2	8.5	9.9	11.0	11.6	12.0	12.2
		1	4.9	6.2	7.6	8.8	9.4	9.8	10.1
		2	3.1	4.3	5.6	6.7	7.3	7.7	7.9
		3	1.5	2.5	3.7	4.7	5.3	5.6	5.8
		4	-	0.9	2.0	2.8	3.3	3.6	3.8
		5	-	-	0.3	1.0	1.4	1.6	1.8
	Fuel-oil	0	8.5	10.0	11.7	13.1	13.9	14.4	14.8
		1	6.1	7.7	9.4	10.9	11.7	12.2	12.6
		2	4.2	5.6	7.3	8.8	9.6	10.1	10.4
		3	2.6	3.9	5.4	6.8	7.5	8.0	8.3
		4	1.1	2.2	3.6	4.8	5.6	6.0	6.3
		5	-	0.7	1.9	3.0	3.6	4.0	4.3
	Doğal gaz	0	6.6	7.8	9.8	10.0	10.6	10.9	11.1
		1	4.4	5.6	6.9	7.9	8.4	8.7	8.9
		2	2.6	3.7	4.5	5.8	6.3	6.6	6.8
		3	1.0	2.0	2.5	3.8	4.3	4.5	4.7
		4	-	0.4	0.7	1.9	2.3	2.5	2.6
		5	-	-	-	-	0.4	0.5	0.6

Aynı şartlarda hava boşluğunun büyüklüğü 0 cm’den 5 cm’ye gidildiğinde küçük ve büyük çaplı borular için sırasıyla 89% ve 57% azalmıştır. Benzer sonuçlar kömür ve doğalgaz yakıtları içinde elde edilmiştir. Dolayısıyla yalıtım kalınlığı ve yaşam döngüsü maliyetler üzerine hava boşluğunun etkileri için küçük çaplı borularda hava boşluğunun ve büyük çaplı borularda yalıtım kalınlığının önemli bir kriter olduğu sonucuna varılmıştır.

Çizelge 4.1-4.3’te açıkça görülebildiği gibi tüm şartlarda en düşük optimum yalıtım kalınlığı doğalgaz yakıtında sağlanmıştır. Ayrıca yalıtım malzemeleri için Çizelge 4.1-4.3 karşılaştırıldığında en düşük optimum yalıtım kalınlığı değerleri XPS yalıtım

malzemesi kullanıldığında elde edilmiştir. Sonrasında taşıyıcı ve EPS yalıtım malzemeleri gelmektedir.

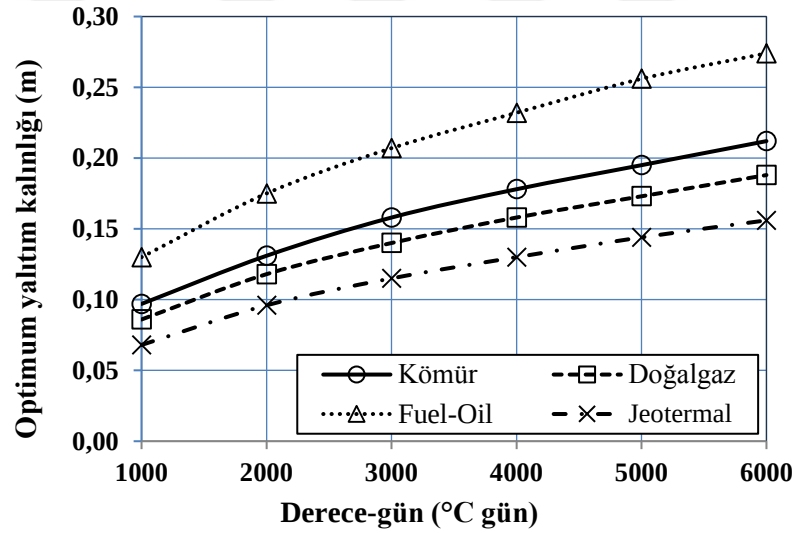
Çizelge 4. 3. Taş yünü yalıtım malzemesinde çeşitli yakıtlar için hava boşluklarına göre boru çaplarının optimum yalıtım kalınlıklarının hesaplanan sonuçları.

Yalıtım Malzemesi	Yakıt Türü	Hava Boşluğu (cm)	Boru Çapı (mm)						
			50	100	200	400	600	800	1000
Taşyünü	Kömür	0	8.9	10.7	12.5	14.1	15.0	15.6	25.0
		1	5.9	7.7	9.6	11.2	12.2	12.8	22.1
		2	3.7	5.3	7.0	8.6	9.5	10.1	19.3
		3	1.9	3.2	4.7	6.1	7.0	7.5	16.6
		4	0.3	1.4	2.6	3.8	4.6	5.0	14.0
	Fuel-oil	5	-	-	0.7	1.7	2.2	2.6	11.5
		0	10.5	12.5	14.7	16.7	18.0	18.7	19.3
		1	7.3	9.4	11.7	13.8	15.1	15.9	16.4
		2	5.0	6.9	9.1	11.2	12.4	13.2	13.7
		3	3.1	4.8	6.7	8.6	9.8	10.5	11.0
	Doğal gaz	4	1.4	2.9	4.6	6.3	7.3	8.0	8.5
		5	-	1.1	2.6	4.1	5.0	5.6	6.0
		0	8.9	9.8	11.5	12.9	13.7	14.2	14.6
		1	5.9	6.9	8.6	10.1	10.9	11.4	11.8
		2	3.7	4.5	6.1	7.5	8.3	8.7	9.0
		3	1.9	2.5	3.8	5.0	5.7	6.1	6.4
		4	0.3	0.7	1.8	2.7	3.3	3.6	3.9
		5	-	-	-	0.6	1.0	1.2	1.4

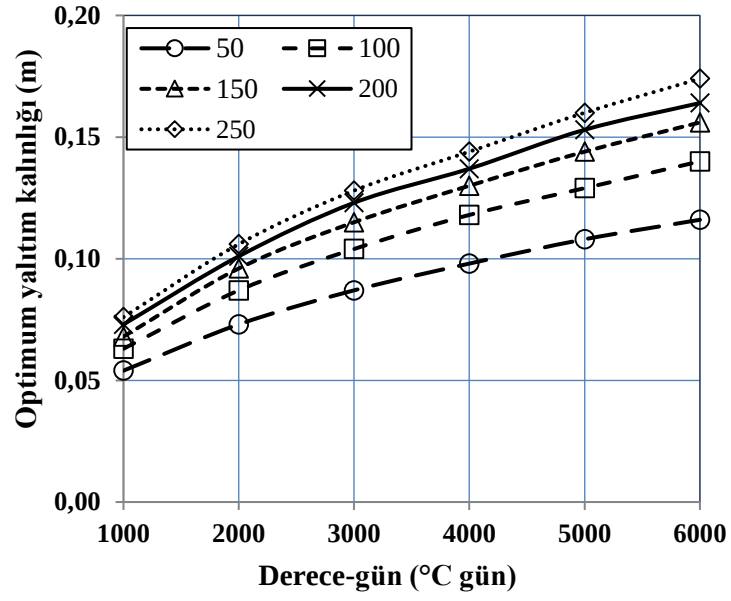
Dikkat edilmelidir ki matematiksel işlemlerdeki anlaşılmayan sebepler yüzünden Çizelge 4.-3'deki bazı durumlar için optimum yalıtım kalınlığı belirlenememiştir. Buna sayıların uyumsuzluğu da denilebilir.

Bu çalışmada, Yaşam döngüsü maliyet analizi Türkiye'nin en soğuk şehirlerinden biri olan Afyon için düşünülmüştür. Uygulamada, dünyadaki benzer iklim bölgelerinde optimum yalıtım kalınlığı, enerji tasarrufu ve geri ödeme süresinin seçilebilecektir. Türkiye ve Dünya'daki derece günlerin maksimum ve minimum değerleri arasında önemli bir değişiklik olması nedeniyle, bahsedilen parametreler bir

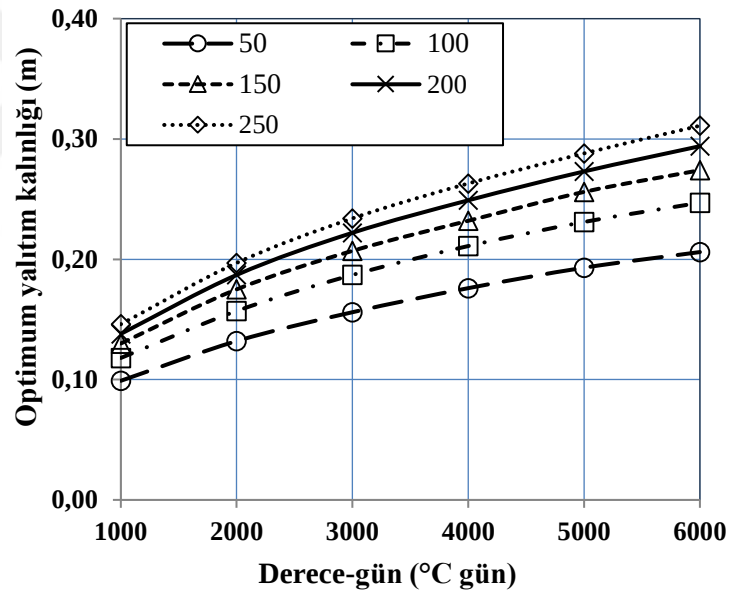
bölgeden diğerine önemli ölçüde farklılık gösterir. Dolayısıyla bu çalışmadaki boru yalıtım uygulaması farklı iklim bölgelerine sahip diğer şehirler veya ülkelerde kullanılabilir. Dolayısıyla çalışma daha ileri genişletilmiştir. Farklı boru çapları ve farklı yakıt türlerine bağlı olarak derece gün değerlerine göre optimum yalıtım kalınlığının değişimleri Şekil 4.11 ve Şekil 4.12’de gösterilmiştir. Tüm grafiklerden derece günlerin artmasıyla optimum yalıtım kalınlığının arttığı açıkça görülmektedir. Farklı yakıt türlerinin 150 mm boru çapları ve EPS yalıtım malzemesi için karşılaştırılmasının yapıldığı Şekil 4.11’de, ve farklı boru çaplarına göre kıyaslama yapılan Şekil 4.12 (a-d)’de daha ılıman iklimden daha şiddetli iklim şartlarına gidildikçe tüm yakıt türleri için optimum yalıtım kalınlık eğrileri aşağıya doğru pozitif artan iç bükey bir grafik elde edilmektedir. Şekil 4.11’e göre Jeotermal yakıt kullanımında eğrilerin daha az eğilim gösterdiği görülmektedir. .



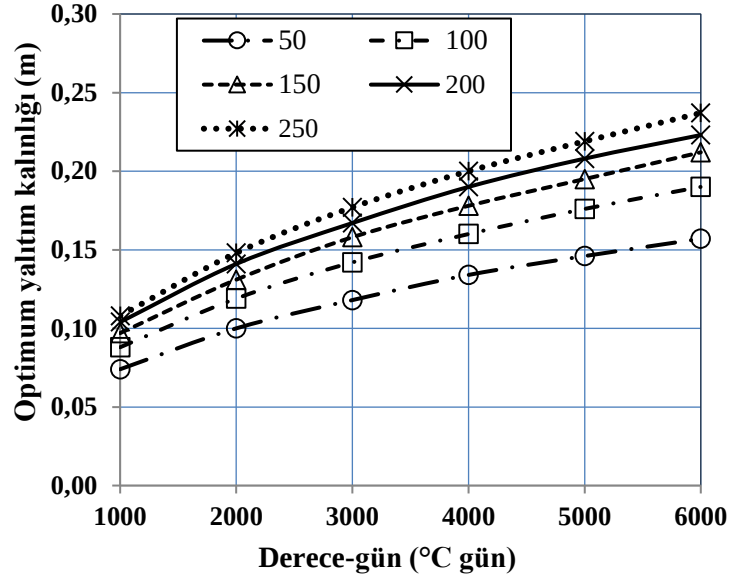
Şekil 4. 10. Farklı yakıt türlerine göre Derece gün- optimum yalıtım kalınlığı değişimi (150mm-EPS)



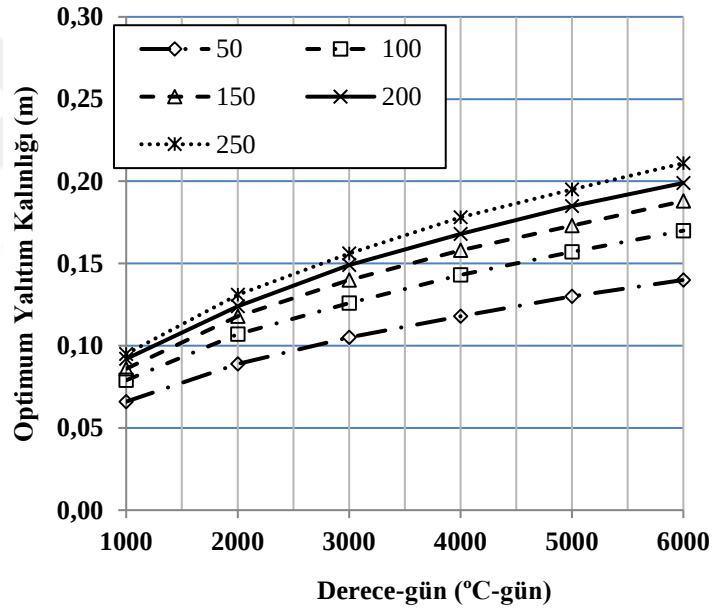
(a)



(b)



(c)

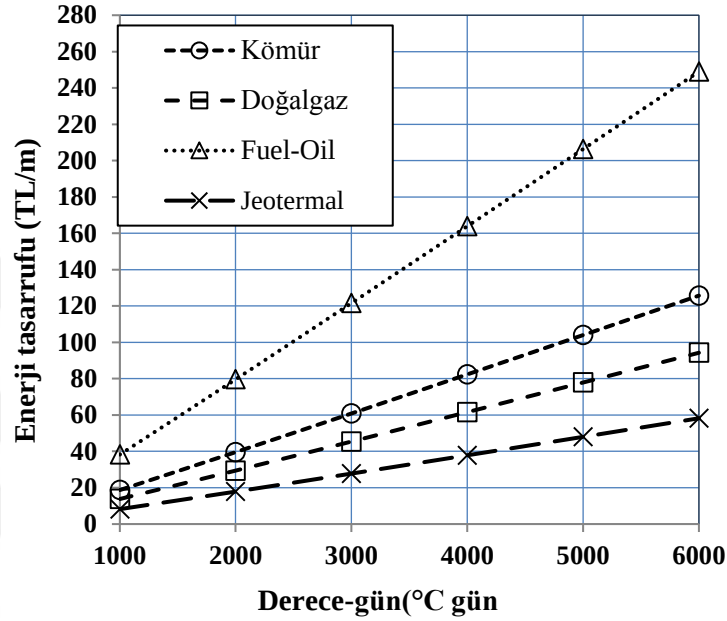


(d)

Şekil 4. 11. Farklı çaplardaki borular için (a) Jeotermal, (b) Fuel-Oil, (c) Kömür (d) Doğalgaz için Derece-gün Optimum yalıtım kalınlığı değişimi (EPS)

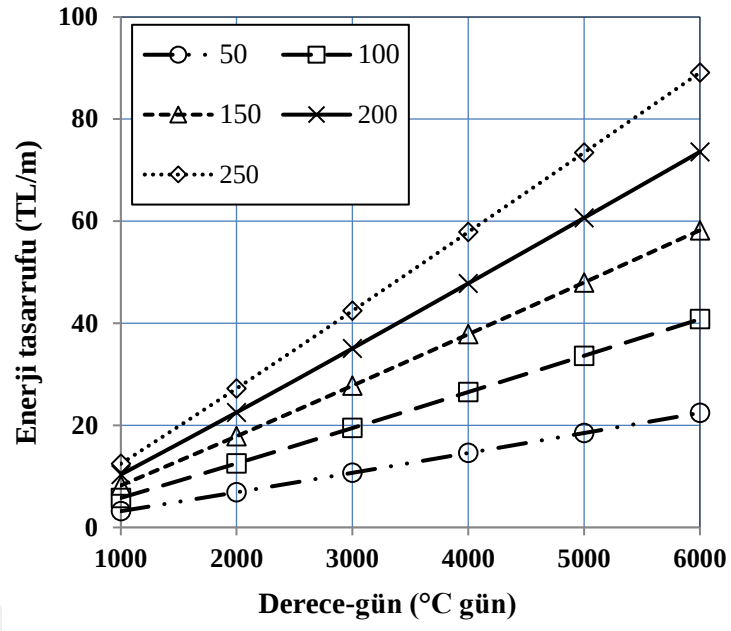
Çeşitli yakıt türleri için ısıtma derece gün değerlerine karşılık enerji maliyet tasarrufunun değişimi Şekil. 4.12’de verilmiştir. Burada farklı yakıt türlerinin ısıtma derece gün sayısı ile değişimini karşılaştırmak için 150mm boru çapı ve EPS yalıtım

malzemesi için enerji tasarrufunun sırasıyla fule-oil, kömür, doğalgaz ve jeotermal olduğu görülmektedir. Örneğin 1000 derece gün değeri olan bir bölgede fuel-oil boru hatlarında yıllık enerji tasarrufu 40 TL/m iken derece saat değeri 6000 olan bir bölgede 250 TL/m olmaktadır. Derece gün değerinin yakıtlara göre farklılık göstermesinin birçok etkeni olabilir. Yakıt maliyeti, yakıt verimi, yakıtın alt ısı değerleri bunlardan bazılarıdır.

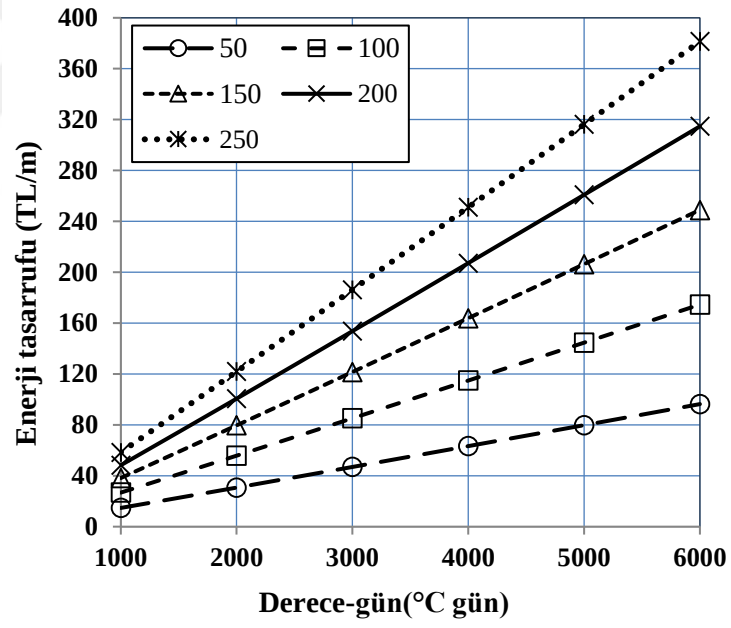


Şekil 4. 12. Farklı yakıt türleri için derece gün- enerji tasarrufu ilişkisi (150 mm boru çapı EPS yalıtım malzemesi)

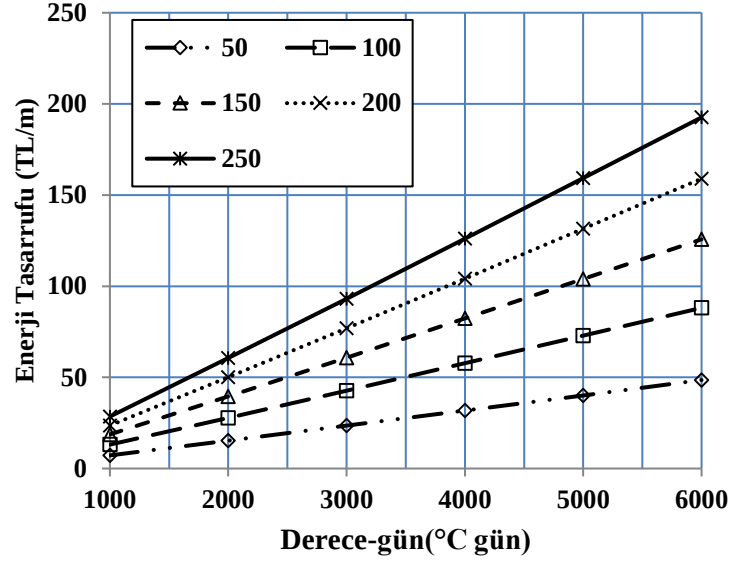
Şekil 4.13 (a-c), farklı çaplardaki boruların farklı yakıt türlerine göre derece gün ile enerji maliyet tasarrufu değişimleri görülmektedir. Şekillerden görüldüğü gibi boru çapları büyüdükçe derece gün sayısı büyük olan bölgelerde enerji maliyet tasarruf eğrilerindeki açıklık artmaktadır. Büyük çaplı borularda ve soğuk bölgelerde hava boşluğunun enerji tasarruf üzerine etkili olduğu söylenebilir.



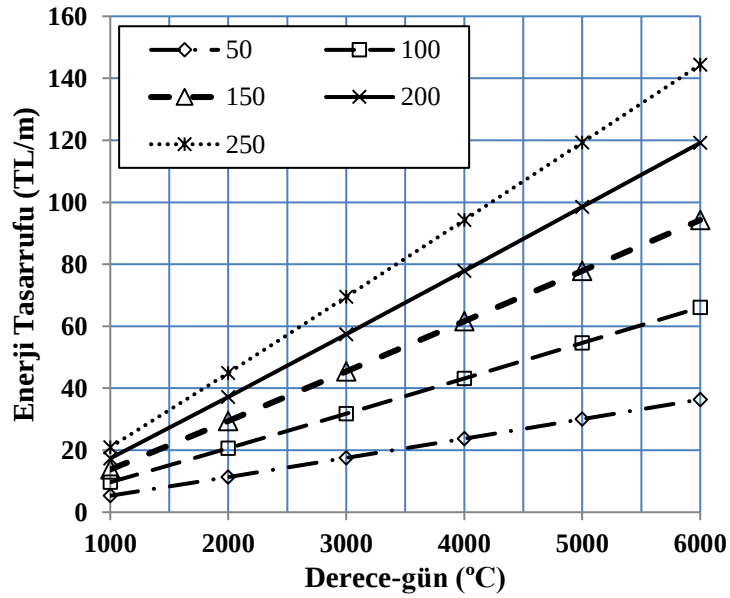
(a)



(b)



(c)

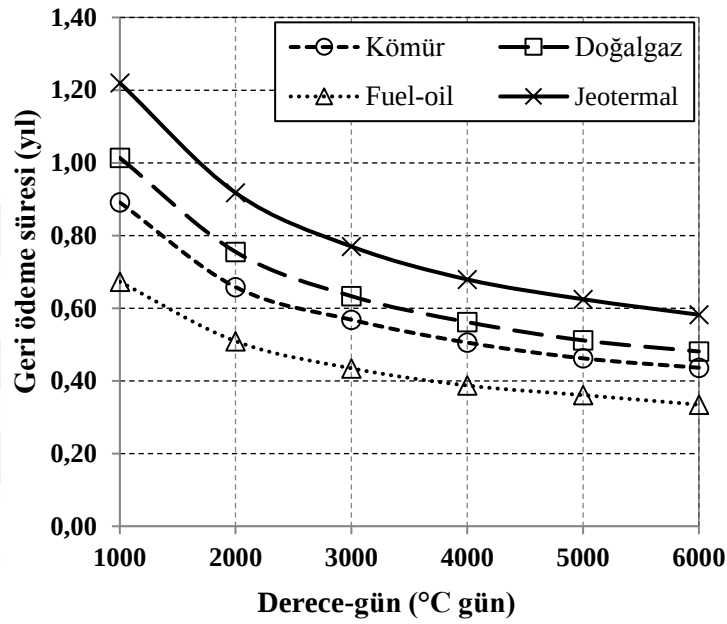


(d)

Şekil 4. 13. Farklı çaplardaki borular için (a) Jeotermal, (b) Fuel-Oil, (c) Kömür (d) Doğalgaz için Derece-gün Enerji tasarrufu ilişkisi (EPS)

Çeşitli boru çapları ve farklı hava boşluk değeri için derece günlerin geri dönüş süreleri üzerine değişimleri sırasıyla Şekil 4.13 ve 4.14'te gösterilmiştir. Burada farklı yakıt türleri ve çeşitli boru çapların hava boşluksuz durumları için geri dönüş sürelerinin değişimleri verilmiştir. Grafiklerden ısıtma derece gün değerleri arttıkça

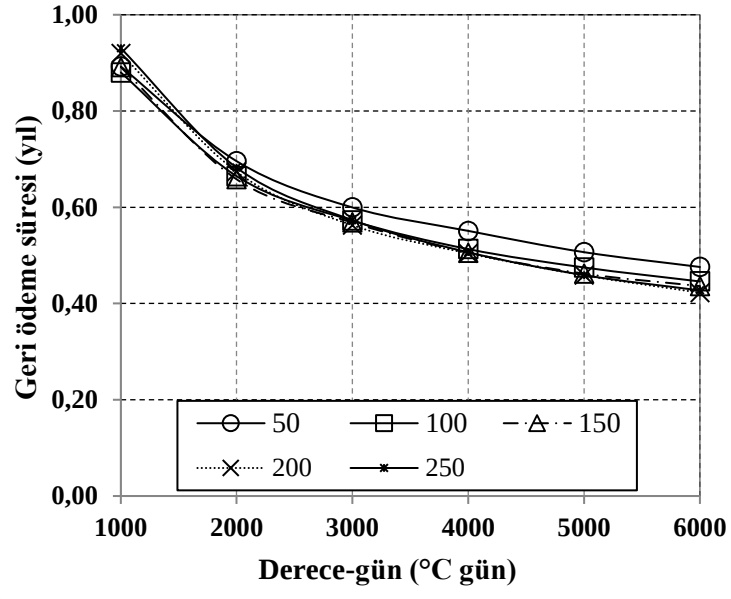
ve aksine boru çapları küçüldükçe geri dönüş sürelerinin azaldığı görülmektedir. 500 °C-gün’de geri dönüş süreleri büyük iken 6000 °C-gün’lere doğru geri dönüş süresi azalmaktadır. Isıtma derece günler arttıkça 50 mm ve 250 mm’lik boru çaplarında geri dönüş süresindeki azalmalar 75% ve 60% ‘dir. Bu, soğuk iklimlerde yalıtım uygulamasının daha avantajlı olduğunu göstermektedir. Geri dönüş sürelerinin, ısıtma derece günlere ve hava boşluk değerlerine bağlı olduğu görülmektedir. Geri dönüş süreleri, ısıtma derece-günler arttıkça azalır.



Şekil 4.14

Şekil 4. 14. Farklı çaplardaki borular için (a) Jeotermal, (b) Fuel-Oil, (c) Kömür (d) Doğalgaz, derece-gün geri ödeme süresi ilişkisi (EPS)

Bu durumda ılık bölgelerde hava boşluğunun kullanılması yalıtım maliyetini azaltması nedeniyle geri ödeme süresinin daha da kısaldığı görülmektedir. Bu nedenle, ılık iklimlerde hava boşluğunun kullanılması gerekliliği ve soğuk iklimlerde ise hava boşluğunun kullanımının önemli bir etkisi olmadığı anlaşılmaktadır.



Şekil 4. 15. Farklı çaplardaki borular için derece-gün geri ödeme süresi ilişkisi (EPS-Kömür)

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışmada farklı çaptaki borular için yalıtım kalınlığı ve ekonomik maliyetler üzerine hava boşlukluğunun etkileri araştırılmıştır. Hesaplama işlemlerinde şehir olarak, TSE 825'e göre 4. Isı bölgesinde yer alan Afyonkarahisar, yalıtım malzemesi olarak EPS, XPS ve taşıyünü, yakıt olarak kömür, doğalgaz ve fuel-oil, 1 cm adımla 0 cm'den 5 cm'ye hava boşluğu ve 50 mm-1000 mm arasındaki çelik boru çapları düşünülmüştür.

Borularda hava boşluğu ve yalıtım kalınlığı kullanımından sonuçlanan yıllık maliyetler, enerji maliyet tasarrufları, geri dönüş süreleri ve optimum yalıtım kalınlıkları değerlendirilir. Çalışmanın sonuçlarına göre optimum yalıtım kalınlıklarının, enerji maliyet tasarruflarının ve geri dönüş sürelerinin sırasıyla 0.3 cm ile 25 cm aralığında, 20 TL/m-yıl ile 423 TL/m-yıl aralığında ve 0.8 yıl ile 2.2 yıl aralığında değişmektedir. Küçük çaplı borularda, hava boşluğu kullanımı enerji maliyet tasarrufunu arttırdığı görülmüştür. Ancak büyük çaplı borularda hava boşluğunun kullanılıp kullanılmaması enerji maliyet tasarrufunu değiştirmemektedir.

Bu durumda büyük çaplı borularda hava boşluğu kullanmak yerine yalıtım işlemi yapılabilir. Bilindiği üzere hava en iyi yalıtım malzemelerinin başında gelmektedir. Hem iyi yalıtım sağlamakta hem de ücret gerektirmediği için bütün çaplardaki borularda hava boşluğu kullanımı ile oluşan enerji maliyet tasarrufları yakıt tiplerinin ve yalıtım tiplerinin çeşitliliği ile değişmemektedir. En fazla enerji maliyet tasarrufuna ve en düşük geri dönüş süresine sahip yalıtım malzemesi ve yakıt olarak sırasıyla EPS ve fuel-oil bulunmuştur.

Küçük çaplı borularda geri dönüş üzerine hava boşluğunun daha etkili olduğu görülmektedir. Büyük çaplı borularda ise tam tersi olarak etkisizdir. Tüm şartlarda en

düşük optimum yalıtım kalınlığı doğalgaz yakıtında ve XPS yalıtım malzemesinde sağlanmıştır.

Sonuç olarak yalıtım kalınlığı ve yaşam döngüsü maliyetler üzerine hava boşluğunun etkileri için küçük çaplı borularda hava boşluğunun ve büyük çaplı borularda yalıtım kalınlığının etkili olduğu belirlenmiştir. Bu çalışma daha iyi tasarım, analiz ve işletilme için boru yalıtım uygulamalarında ilgili ve çalışan insanlara etkili bir yol gösterici olması beklenmektedir. Böylece boru yalıtım uygulamalarında hava boşluğu ve yalıtım malzemesi kullanımıyla borulardan ısı iletimin kayıplarını azaltabilmek ve bu sayede ekonomik ve çevresel avantajlar sağlamaktadır. Bu sadece en uygun ve basit materyal ve yöntemler kullanılarak elde edilebilir. Çalışma boyunca elde edilen bazı önemli sonuçlar ve rehber tavsiyeler aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- a) Büyük çaplı borularda yalıtım ve hava boşluğu kullanılmasıyla toplam yıllık maliyetler sırasıyla 86% ve 29% düşürülürken küçük çaplı borularda sırasıyla 72% ve 47% azaltılabilir. Büyük çaplı borularda yalıtımın ve küçük çaplı borularda hava boşluğunun kullanılması toplam yıllık maliyette önemli derecede düşüşler sağlamaktadır.
- b) Yalıtım kullanılması durumunda boru çapları büyüdükçe enerji maliyet tasarruf değerleri katlanarak arttığı gözlenmiştir. Ancak küçük ve büyük çaplı borularda hava boşluğu kullanılması durumunda ise enerji maliyet tasarruf değerlerini önemli derecede etkilenmemiştir. Hava boşluğu değeri arttıkça küçük çaplı borulara göre büyük çaplı borularda enerji tasarruf miktarı daha fazla olmaktadır.
- c) Yalıtım kalınlığının arttırılması sonucunda büyük çaplı borulara göre küçük çaplı borularda geri dönüş süreleri artmaktadır. Küçük çaplı borularda geri dönüş süresini kısaltmak istenirse hava boşluğu kullanımı yerine optimum yalıtım kalınlığı kullanılması yeterlidir.
- d) Küçük ve büyük çaplı borularda hava boşluğu kullanılmasıyla optimum yalıtım kalınlık değerlerinde sırasıyla 89% ve 57%'lik bir düşüş olmuştur. Küçük çaplı borularda hava boşluğu kullanımı daha etkin bir yöntemdir. Sonuçta büyük çaplı boruların tümünde (hava boşluğu önemsiz) tek bir

optimum yalıtım kalınlığı kullanılabilir. Büyük çaplı borularda enerji tasarrufu yapmak için hava boşluğu kullanılabileceği anlamına gelmektedir. Geri dönüş süresi bakış açısından küçük çaplı borularda hava boşluğu kullanımı büyük çaplı borulardakine kıyasla daha avantajlıdır. Boru yalıtım uygulamalarında geri dönüş süresinin azaltılması isteniyorsa yalıtımlı hava boşluğu arttırılmalıdır.

- e) Isıtma derece günler bir bölgeden diğerine önemli ölçüde farklılık gösterir. Isıtma derece günlerin artmasıyla optimum yalıtım kalınlığıda artmaktadır. Şiddetli iklimlerde büyük çaplı borular için yalıtıma ek olarak hava boşluğu kullanılması daha avantajlıdır. Isıtma derece gün ile enerji maliyet tasarrufu değişiminde hava boşluğu etkisinin olmadığı anlaşılmıştır. Hava boşluğu değerleri ve ısıtma derece gün değerleri arttıkça ve aksine boru çapları küçüldükçe geri dönüş sürelerinin azaldığı görülmektedir. Ilık iklimlerde hava boşluğunun kullanılması gerekliliği ve soğuk iklimlerde ise hava boşluğunun kullanımasının önemli bir etkisi olmadığı anlaşılmaktadır. Soğuk iklimlerde yalıtım uygulamasının daha avantajlı olduğunu göstermektedir.
- f) 50 mm ve 1000 mm'lik boru çapları için sırasıyla ömür, hava boşluğu ve yakıtın birim maliyeti optimum yalıtım kalınlığı için en duyarlı parametrelerdir. Hava boşluğu ve yalıtım malzemesinin birim hacim maliyetinin artması optimum yalıtım kalınlığını düşürmektedir. Küçük çaplı borulara göre büyük çaplı borularda hava boşluğu yüzdesindeki bir artış için daha hassas olduğu tespit edilebilir.
- g) Borularda hava boşluklu yalıtım uygulanırsa büyük çaplı borularda enerji maliyet tasarrufu ileri düzeyde arttırılırken küçük çaplı borularda geri dönüş süresi daha ileri düzeyde azaltılabilir.
- h) Benzin boru hatları, bölgesel ısıtma / soğutma boru hatları, buhar iletim hatları, yangın boru hatları, endüstriyel ve kimyasal boru hatları mühendislik ve ekonomi bakış açılarından çok önemli teknolojilerdir. Böyle teknolojilerde çok az miktarda ısı kayıplarının azaltılması büyük enerji tasarrufları sağlayabilmektedir. Bu bakış açısından bu çalışmanın bir rehber olması beklenmektedir.

- i) Çalışmanın sonuçları göstermiştir ki borulama sistemlerinde hava boşluğu kullanılmalıdır. Daha ilerki çalışmada soğutma ve iklimlendirme sistemlerindeki borulama sistemlerinde hava boşluğu kullanımı araştırılacaktır. Ayrıca HVAC sistemlerinde hava boşluğu kullanımının çevresel etkileri de bir merak konusudur.



6. KAYNAKLAR

- Aissani A, Chateauneuf A, Fontaine JP, Audebert P. Cost model for optimum thicknesses of insulated walls considering indirect impacts and uncertainties. *Energy and Buildings* 84 (2014) 21–32.
- Al-Sanea SA, Zedan MF, Al-Mujahid AM, Al-Suhaibani ZA. Optimum R-values of building walls under different climatic conditions in the Kingdom of Saudi Arabia. *Applied Thermal Engineering* 96 (2016) 92–106.
- Ashouri M, Astaraei FR, Ghasempour R, Ahmadi MH, Feidt M. Optimum insulation thickness determination of a building wall using exergetic life cycle assessment. *Applied Thermal Engineering* 106 (2016) 307–15.
- Ashrae Handbook-Fundamentals. Heat transfer. Atlanta: ASHRAE; 1989. p. 22.1–22.21 [Chapter 22].
- Axaopoulos I, Axaopoulos P, Gelegenis J. Optimum insulation thickness for external walls on different orientations considering the speed and direction of the wind. *Applied Energy* 117 (2014) 167–75.
- Baetens R, Jelle BP, Gustavsen A. Aerogel insulation for building applications: a state-of-the-art review. *Energy and Buildings* 2011;43:761–9.
- Bahadori A, Vuthaluru HB. A simple correlation for estimation of economic thickness of thermal insulation for process piping and equipment. *Applied Thermal Engineering* 30 (2010) 254–9.
- Bahadori A, Vuthaluru HB. A simple method for the estimation of thermal insulation thickness. *Applied Energy* 87 (2010) 613–9.

- Balo F. Feasibility study of “green” insulation materials including tall oil:Environmental, economical and thermal properties. *Energy and Buildings* 86 (2015) 161–75.
- Basogul Y, Demircan C, Keçebaş A. Determination of optimum insulation thickness for environmental impact reduction of pipe insulation. *Applied Thermal Engineering* 101 (2016) 121–30.
- Başoğul Y, Keçebas A. Economic and environmental impacts of insulation in district heating pipelines. *Energy* 36 (2011) 6156–64.
- Başoğul Y, Keçebaş A. Economic and environmental impacts of insulation in district heating pipelines. *Energy* 2011;36:6156–64
- Bre F, Silva AS, Ghisi E, Fachinotti VD. Residential building design optimisation using sensitivity analysis and genetic algorithm. *Energy and Buildings* 133 (2016) 853–66.
- Breesch H, Janssens A. Performance evaluation of passive cooling in office buildings based on uncertainty and sensitivity analysis. *Solar Energy* 84 (2010) 1453–67.
- Büyükalaca O, Bulut H, Yılmaz T. Analysis of variable-base heating and cooling degree-days for Turkey. *Applied Energy* 2001;69:269–83
- Cai S, Cremaschi L. An experimentally validated model to predict the thermal conductivity of closed-cell pipe insulation systems with moisture. ASHRAE Conference Paper No. NY-14-C090, ASHRAE Winter Conference, New York, Jan 22-27, 2014.
- Chirarattananon S, Hien VD, Tumm P. Thermal performance and cost effectiveness of wall insulation under Thai climate. *Energy and Buildings* 45 (2012) 82–90.
- Çay Y. (2011). Farklı yapı malzemeleri kullanımında ısı yalıtım kalınlığının enerji tasarrufuna etkileri. *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 8 (1): 47-56.
- Dağsöz, A.K. (1976). Isı İzolasyonu. İTÜ yayınları, İstanbul, 125-128.

- Dağsöz, A.K., Yüksel, H.M., Borulardaki ısı kayıpları ve yalıtım örnekleri, 4. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Sergisi İzmir, 681-691, 4-7 Kasım 199
- Daouas N. Impact of external longwave radiation on optimum insulation thickness in Tunisian building roofs based on a dynamic analytical model. *Applied Energy* 177 (2016) 136–48.
- Daşdemir A, “Duvar Bileşenleri Arasına Hava Boşluğu Uygulamasının Ekonomik Ve Çevresel Analiz” *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 8(3), 49-61 2011
- Daşdemir, A. (2011). Isıtma ve Soğutma Uygulamalarında Optimum Yalıtım Alınlığının Enerji Tasarrufu ve Baca Gazı Emisyonlarına Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük.
- Daşdemir, A., Ural, T., Ertürk, M., Keçebaş A., “Optimal economic thickness of pipe insulation considering different pipe materials for HVAC pipe applications” *Applied Thermal Engineering* 121, 242-254
- Daşdemir, A., Ertürk, M., Keçebaş, A., Demircan C., “Effects of air gap on insulation thickness and life cycle costs for different pipe diameters in pipeline” *Energy* 122, 492-504
- De Soto, W. Klein, S.A. Beckman, W.A. (2006) Improvement and validation of a model for photovoltaic array performance, *Solar Energy*, 80, 78-88.
- Deniz, E., Gürel, A.E., Daşdemir, A. and Çamur, D. (2009). Fuel consumption and influences of external wall optimum insulation thickness to owning cost of energy. *Karabuk Univ, Technology*, 12 (4): 283-290.
- Ersöz MA, Yıldız A. Effect of refrigerants on the economical optimum insulation thickness for indoor pipelines of split air conditioning systems. *International Journal of Refrigeration* 2016;64:51–60
- Erturk M. A new approach to calculate the energy saving per unit area and emission per person in exterior wall of building using different insulation materials and air gap. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University* 31 (2016) 395–406.

- Ertürk M. Optimum insulation thicknesses of pipes with respect to different insulation materials, fuels and climate zones in Turkey. *Energy* 113 (2016) 991–1003.
- Ertürk M., Coşkun C., Oktay Z., Kılıç A.G., Daşdemir A., "A new approach to calculation of energy demand and amount of emission according to different indoor temperature" *Int. J. Global Warming* Vol.7 , No. 3 , 2015
- Fang Z, Li N, Li B, Luo G, Huang Y. The effect of building envelope insulation on cooling energy consumption in summer. *Energy and Buildings* 2014;77:197–205.
- Faris SS, Chaichan MT, Sachit MF, Jaleel JM. Simulation and numerical investigation of the effect of air gap thickness on trombe wall system. *International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management* 3 (2014) 159-68.
- Gori P, Guattari C, Evangelisti L, Asdrubali F. Design criteria for improving insulation effectiveness of multilayer walls. *International Journal of Heat and Mass Transfer* 2016;103:349–359.
- Heiselberg P, Brohus H, Hesselholt A, Rasmussen H, Seinre E, Thomas S. Application of sensitivity analysis in design of sustainable buildings, *Renewable Energy* 34 (2009) 2030–6.
- Holman JP. Heat transfer, 7th ed. New York: McGraw-Hill Book Co.; 1992
- Karabay H. The thermo-economic optimization of hot-water piping systems: a parametric study of the effect of the system conditions, *Strojniski Vestnik – Journal of Mechanical Engineering* 2007;53:548–55.
- Kayfeci M, Yabanova I, Keçebaş A. The use of artificial neural network to evaluate insulation thickness and life cycle costs: pipe insulation application. *Applied Thermal Engineering* 63 (2014) 370–8.
- Kayfeci M. Determination of energy saving and optimum insulation thicknesses of the heating piping systems for different insulation materials. *Energy and Buildings* 2014;69:278–84.

- Kaynaklı Ö. A study on residential heating energy requirement and optimum insulation thickness. *Renewable Energy* 2008;33:1164–72.
- Kaynaklı Ö. Economic thermal insulation thickness for pipes and ducts: a review study. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 30 (2014) 184–94.
- Keçebaş A. Determination of optimum insulation thickness in pipe for exergetic life cycle assessment. *Energy Conversion and Management* 105 (2015) 826–35.
- Keçebaş A, Alkan MA, Bayhan M. Thermo-economic analysis of pipe insulation for district heating piping systems. *Applied Thermal Engineering* 2011;31:3929–37
- Keçebaş A. Determination of insulation thickness by means of exergy analysis in pipe insulation. *Energy Conversion and Management* 58 (2012) 76–83.
- Keçebaş A. Exergoenvironmental analysis for a geothermal district heating system: An application. *Energy* 2016;94:391–400
- Kurt H. The usage of airgap in the composite wall for energy saving and air pollution. *Environmental Progress & Sustainable Energy* 2011;30:450–458
- Lam JC, Hui SCM. Sensitivity analysis of energy performance of office buildings. *Building and Environment* 31 (1996) 27–39.
- Li YF, Chow WK. Optimum insulation thickness for thermal and freezing protection. *Applied Energy* 2005;80:23–33.
- Mahlia TMI, Iqbal A. Cost benefits analysis and emission reductions of optimum thickness and air gaps for selected insulation materials for building walls in Maldives. *Energy* 2010;35:2242–2250
- Mahlia TMI, Ng HM, Olofsson T, Andriyana A. Energy and cost savings of optimal thickness for selected insulation materials and air gaps for building walls in tropical climate. *Energy Education Science and Technology Part A: Energy Science and Research* 2012;29:597–610

- Mavromatidis LE, Bykalyuk A, Mankibi ME, Michel P, Santamouris M. Numerical estimation of air gaps' influence on the insulating performance of multilayer thermal insulation. *Building and Environment* 2012;49:227–37
- Mohsen MS, Akash BA. Some prospects of energy saving in buildings. *Energy Conversion and Management* 42 (2001) 1307–15.
- Özkan DB, Onan C. Optimization of insulation thickness for different glazing areas in buildings for various climatic regions in Turkey. *Applied Energy* 2011;88:1331–42.
- Öztürk IT, Karabay H, Bilgen E. Thermo-economic optimization of hot water piping systems: a comparison study. *Energy* 2006;31:2094–107.
- Pasztory Z, Peralta PN, Ilona Peszlen I. Multi-layer heat insulation system for frame construction buildings. *Energy and Buildings* 2011;43:713–17
- Ridouane EH, Bianchi MVA. Thermal performance of uninsulated and partially filled wall cavities. *ASHRAE Annual Conference Montreal, Quebec, June 25–29, 2011.*
- Ristimäki M, Saynajakari A, Heinonen J, Junnila S. Combining life cycle costing and life cycle assessment for an analysis of a new residential district energy system design. *Energy* 63 (2013) 168–79.
- Sadrzadehrafiei S, Sopian K, Mat S, Lim CH. Determining the cost saving and emission reduction of optimum insulation thickness and air gap for building walls. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* 5 (2011) 2287–94.
- Soponpongpiat N, Jaruyanon P, Nanetoe S. The thermo-economic analysis of the optimum thickness of double-layer insulation for air conditioning duct. *Energy Research Journal* 2010;1:146–51.
- Suman BM, Srivastava RK. Effect of air gap on thermal performance of composite wall section. *Indian Journal of Science and Technology* 1 (2008) 1–4.
- Sun Y. Sensitivity analysis of macro-parameters in the system design of netzero energy building. *Energy and Buildings* 86 (2015) 464–77.

- Şen, O. A. (2006). Binalarda Uygulanan Yalıtım Sistemleri Dünyada ve Türkiye’de Yalıtım. Yüksek lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Şahin AZ, Kalyon M. Maintaining uniform surface temperature along pipes by insulation. *Energy* 2005;30:637–47.
- Şahin AZ. Optimal insulation of ducts in extraterrestrial applications. *International Journal of Energy Research* 2004;28:195–203.
- Tavares PFAF, Martins AMOG. Energy efficient building design using sensitivity analysis-a case study. *Energy and Buildings* 39 (2007) 23–31.
- Tian W. A review of sensitivity analysis methods in building energy analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 20 (2013) 411–9.
- Türk Standartları Endüstrisi (TSI), “TS825: binalarda ısı yalıtım kuralları standardı” <https://intweb.tse.org.tr/Standard/Standard/StandardAra.aspx?Durum=EN> (2013) [Türkiye], Erişim Tarihi: 15-01-2016.
- Uçar A. Thermoeconomic analysis method for optimization of insulation thickness for the four different climatic regions of Turkey. *Energy* 35 (2010) 1854–64.
- Uygunoğlu T, Keçebas A. LCC analysis for energy-saving in residential buildings with different types of construction masonry blocks. *Energy and Buildings* 43 (2011) 2077–85.
- Wang JJ, Zhai AQ, Jing YY, Zhang XT, Zhang CF, Sensitivity analysis of optimal model on building cooling heating and power system, *Applied Energy* 88 (2011) 5143–52.
- Yıldız A, Ersoz MA. Determination of the economical optimum insulation thickness for VRF (variable refrigerant flow) systems. *Energy* 2015;89:835–44
- Yıldız A, Ersöz MA. The effect of wind speed on the economical optimum insulation thickness for HVAC duct applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2016;55:1289–300

Yu J, Tian L, Yang C, Xu X, Wang J. Sensitivity analysis of energy performance for high-rise residential envelope in hot summer and cold winter zone of China. *Energy and Buildings* 64 (2013) 264–74.

Zaki GM, Al-Turki AM. Optimization of multilayer thermal insulation for pipelines. *Heat Transfer Engineering* 2000;21:63–70.



ÖZGEÇMİŞ

1. KİŞİSEL BİLGİLER

Ad Soyad : Ali DAŞDEMİR
Uyruk : Türkiye Cumhuriyeti
Doğum Yeri ve Tarihi: Köyceğiz, 22.08.1982
Medeni Hali : Evli
Telefon : 05452621982
E-posta : dasdemirali@gmail.com

2. EĞİTİM

Öğrenim Dönemi	Derece (*)	Üniversite	Öğrenim Alanı
2004-2008	Lisans	Zonguldak Karaelmas Üniversitesi	Tesisat Öğretmenliği
2009-2011	Yüksek Lisans	Karabük Üniversitesi	Makine Ana Bilim Dalı/ Makine Eğitimi

(*) Diploma Türü (Lisans, Y.Lisans, vs.)

3. İŞ DENEYİMİ

Görev Dönemi	Yer	Görev
2011-	Köyceğiz MTAL	Öğretmen

4. YAPTIĞI ÇALIŞMALAR

A. Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler:

Ertürk M., Coşkun C., Oktay Z., Kılıç A.G., Daşdemir A., "A new approach to calculation of energy demand and amount of emission according to different indoor temperature" Int. J. Global Warming Vol.7 , No. 3 , 2015

A Daşdemir, T Ural, M Ertürk, A Keçebaş "Optimal economic thickness of pipe insulation considering different pipe materials for HVAC pipe applications" Applied Thermal Engineering 121, 242-254

A Daşdemir, M Ertürk, A Keçebaş, C Demircan "Effects of air gap on insulation thickness and life cycle costs for different pipe diameters in pipeline" Energy 122, 492-504

T Ural, A Daşdemir, A Keçebaş "Sensitivity Analysis of Optimum Insulation Thickness for Pipe Diameters in Pipe Insulation with Air Gap for City Pipelines" Environmental Progress & Sustainable Energy

Ertürk, Mustafa , Oktay, Zuhale , Coşkun, Can , Keçebaş, Ali , Çay, Yusuf , Daşdemir, Ali . "Konut Isıtma Enerji Ve Emisyon Değişiminin Küresel Isınma Bağlamında Düzce İli Özelinde İncelenmesi". Politeknik Dergisi / (Mart 2019): 197-202.

A1. SCI veya SCI Expanded, SSCI, AHCI dışındaki uluslararası indexler tarafından taranan dergilerde yayımlanan tam makale:

Deniz E., Gürel A. E., Daşdemir A., Çamur D., "Fuel consumption and influences of external wall optimum insulation thickness to owning cost of energy" Technology, 12 (4), 283-290, 2009.

Gürel A.E., Daşdemir A., "Economical and Environmental Effects of Thermal Insulation Thickness in Four Different Climatic Regions of Turkey" International Journal of Renewable Energy Research, IJRER, Vol.1 , No.1, pp.1-12, 2011

B. Ulusal hakemli dergilerde yayımlanan makaleler:

Daşdemir A., Keçebaş A., "Klimalarda Sezonsal Verimlilik Ve Doğru Klima Kullanımı" Tesisat Mühendisliği Dergisi, 150,13-18 (2015)

Pul H., Ertürk M., Keçebaş A., Uygunoğlu T., Daşdemir A., “İl Bazında Çift ve Üç Camlı Pencere İçin Optimum Hava Tabakası Kalınlığı Analizi” Tesisat Mühendisliği Dergisi, 151, 5-13 (2016)

Daşdemir A., “Panel Tip Radyatör Montajında Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar” Tesisat Mühendisliği Dergisi, 146, 5-12 (2015)

Daşdemir A., " Klima Tesisatında Lejyonella Hastalığını Önlemek İçin Alınması Gereken Tedbirler" Tesisat Mühendisliği Dergisi, 142, 10-15 (2014)

Daşdemir A., " Duvar Tipi Split Klimaların Bakımında Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar" Tesisat Mühendisliği Dergisi, 141, 16-22 (2014)

Daşdemir A., " Farklı Yalıtım Malzemesi ve Yakıt Türüne Bağlı Olarak Optimum Yalıtım Kalınlığının ve Enerji Tasarrufunun Tespiti" Tesisat Mühendisliği Dergisi, 139, 5-13 (2014)

Gürel A.E, Çay Y., Daşdemir A., Küçükkülahlı E., "Karabük İçin Dış Duvar Optimum Yalıtım Kalınlığının Enerji Tasarrufu Ve Hava Kirliliğine Etkileri" Tarih Kültür ve Sanat Araştırmaları Dergisi (ISSN: 2147-0626) Vol. 1, No. 4, December 2012

Gürel A.E, Daşdemir A ., "Türkiye’nin Dört Farklı İklim Bölgesinde Isıtma Ve Soğutma Yükleri İçin Optimum Yalıtım Kalınlıklarının Belirlenmesi" Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 27(4): 346-352 (2011)

Mustafa Ertürk, Hakan Pul, Ali Daşdemir, Can Coşkun, Zuhal Oktay, Ali Keçebaş, Burak Hozatlı “Ege Bölgesindeki İllerde Pencere İçin Optimum Hava Tabakası Kalınlığının Araştırılması” Mugla Journal of Science and Technology, Vol 2, No 1, 2016, Pages 60-64

Mustafa ERTÜRK, Hakan PUL, Ali DAŞDEMİR, Can COŞKUN, Zuhal OKTAY. “Pencereelerde Birbirine Paralel Farklı Tabaka Halinde Hava Boşluğunun Enerji Tüketimine Etkisinin Araştırılması”. Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 4 (2016) 646-654

Ulusal Hakemli Dergilerde Yayımlanan Teknik Not, Editöre Mektup, Tartışma, Vaka Takdimi Ve Özet Türünden Yayınların Sayısı:

Daşdemir A, “Duvar Bileşenleri Arasına Hava Boşluğu Uygulamasının Ekonomik Ve Çevresel Analiz” Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, 8(3), 49-61 2011

C. Uluslararası kongre, sempozyum, panel, çalıştay gibi bilimsel, sanatsal toplantılarda sözlü olarak sunulan veya tam metin olarak yayımlanan bildiri

Daşdemir A., Kurt H., “Hava Boşluklu Dış Duvar Konstrüksiyonunun Çevre Kirliliği Üzerine Etkisi” 2nd International Symposium On Environment And Morality ISEM’14, 2014, ADIYAMAN

Ertürk.,M., Keçebaş.,A., Daşdemir.,A., Kurt.,H., “Isıtma ve soğutma uygulamalarında optimum yalıtım kalınlığı ve enerji tasarrufu analizi.” 10. Uluslararası Temiz Enerji Sempozyumu(UTES’16),24-26 Ekim,2016 İSTANBUL

Ertürk, Mustafa , Oktay, Zuhale , Coşkun, Can , Keçebaş, Ali , Çay, Yusuf , Daşdemir, Ali “Farklı İç Ortam Sıcaklığına Göre Isıtma Amaçlı Enerji Değişimi Ve Küresel Isınmanın Düzce İli İçin Araştırılması” International Engineering Research Symposium, 11-13 Sept. 2017 Düzce, TURKEY

Ertürk, Mustafa , Oktay, Zuhale , Coşkun, Can , Keçebaş, Ali , Çay, Yusuf , Daşdemir, Ali “Soğutma Amaçlı İç Ortam Sıcaklığına Bağlı Enerji Değişiminin Düzce İli İçin Araştırılması” International Engineering Research Symposium, 11-13 Sept. 2017 Düzce, TURKEY

Ertürk.,M., Daşdemir.,A., Gökgedik.,H., Özgür.,E., Keçebaş.,A., 2016. Benchmark on air pollution reduction of pipe insulation using exergy analysis. 10. Uluslararası Temiz Enerji Sempozyumu(UTES’16),24-26 Ekim,2016 İSTANBUL

Mustafa Ertürk, Yusuf Çay, Can Coskun, Zuhale Oktay, Ali Keçebaş, Ali Daşdemir. “Design, Manufacturing and Performance Analysis of Solar Energy Assisted Heat Pump of Mint Leaves Dryer” 5th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science 29-30 September 2017 (ISITES2017 Baku - Azerbaijan)

Onur Vahip Güler, Ali Daşdemir, Mustafa Ertürk, Ali Keçebaş. “Investigation of the effect of optimum insulation thickness on energy consumption and emissions: A case study for Ankara” 1st International Conference on Energy Systems Engineering, November 2-4, 2017 KBU—Karabük, Turkey

Mustafa Ertürk, Ali Keçebaş, Yusuf Çay, Ali Daşdemir, Can Coşkun, Erdem Işık “The change in optimum insulation thickness and flue gas emissions due to global warming in Mersin” INCOS2018 “14th International Combustion Symposium 25-27 Nisan 2018, Karabük, Turkey

Mustafa Ertürk, Ali Keçebaş, Yusuf Çay, Ali Daşdemir, Can Coşkun, Erdem Işık “The effect on energy saving and greenhouse gas emissions per person of optimum

insulation thickness in buildings: a case study in Izmir/Turkey” INCOS2018 “14th International Combustion Sysmposium 25-27 Nisan 2018, Karabük, Turkey

C1. Ulusal kongre, sempozyum, panel, çalıştay gibi bilimsel, sanatsal toplantılarda sözlü olarak sunulan veya tam metin olarak yayımlanan bildiri

Daşdemir, A., Kayfeci, M., Gedik, E. ve Kurt, H., “Dış Duvar Bileşenlerinde Hava Boşluğu Kullanılmasının Optimum Yalıtım Kalınlığı ve Toplam Maliyete Etkisi”, 18.Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi (ULIBTK’11) Bildiriler Kitabı, 7-10 Eylül 2011, Zonguldak, Türkiye, Sayfa:859-865.

Daşdemir A., " Konya İçin Optimum Yalıtım Kalınlığının Enerji Tasarrufuna Etkisi" 1.Ulusal İklimlendirme ve Soğutma Sempozyumu İKSES'12, 2012, Balıkesir

Daşdemir A., Ertürk M., "Samsun İli İçin Isıtma Uygulamalarında Optimum Yalıtım Kalınlığının Çevresel Ve Ekonomik Analizi" 19. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi ULIBTK’13 9-12 Eylül 2013, Samsun

Daşdemir A., Ertürk M., Coşkun C., Keçebaş A., Oktay Z., Koçyigit G.A., "Farklı Yalıtım Malzemesi ve Yakıt Türüne Bağlı Olarak Optimum Yalıtım Kalınlığının Ve Baca Gazı Emisyonlarının Araştırılması" IX. Clean Energy Symposium, UTES’13, 25-28 December 2013, Konya

Daşdemir A., Ercan M., “Mekanik Tesisat Kaynaklı Lejyoner Hastalığını Önlemek İçin Alınması Gereken Önlemler” 2. İklimlendirme ve Soğutma Sempozyumu İKSES'14, 2014, Balıkesir

Pul H., Ertürk M., Keçebaş A., Uygunoğlu T., Daşdemir A., “İl Bazında Çift ve Üç Camlı Pencere İçin Optimum Hava Tabakası Kalınlığı Analizi” 12. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi TESKON’15 8-11 Nisan 2015, İzmir

Gürel A.E., Daşdemir A., “Hibrid Fotovoltaik ve Termal Sistemlerin (PV/T) Analizi - Bir İnceleme” 3. Ulusal Çevre Kongresi 24-28 Eylül 2016, Muğla

D. Yayınlarına Yapılan SCI Atıflar

Daşdemir A., Gürel A.E., "Economical and Environmental Effects of Thermal Insulation Thickness in Four Different Climatic Regions of Turkey" International Journal of Renewable Energy Research, IJRER, Vol.1 , No.1, pp.1-12, 2011 (6 SCI) (1SCI dışı Uluslararası)

Deniz E., Gürel A. E., Daşdemir A., Çamur D., “Fuel consumption and influences of external wall optimum insulation thickness to owning cost of energy” Technology, 12 (4), 283-290, 2009. (3SCI) (2 SCI dışı U.A)

Ertürk M., Coşkun C., Oktay Z., Kılıç A.G., Daşdemir A., "A new approach to calculation of energy demand and amount of emission according to different indoor temperature" Int. J. Global Warming Vol.7 , No. 3 , 2015 (2 SCI)

A Daşdemir, T Ural, M Ertürk, A Keçebaş “Optimal economic thickness of pipe insulation considering different pipe materials for HVAC pipe applications” Applied Thermal Engineering 121, 242-254 (9 SCI)

A Daşdemir, M Ertürk, A Keçebaş, C Demircan “Effects of air gap on insulation thickness and life cycle costs for different pipe diameters in pipeline” Energy 122, 492-504 (2SCI)

Gürel A.E, Çay Y., Daşdemir A., Küçükkülahlı E., "Karabük İçin Dış Duvar Optimum Yalıtım Kalınlığının Enerji Tasarrufu Ve Hava Kirliliğine Etkileri" Tarih Kültür ve Sanat Araştırmaları Dergisi (ISSN: 2147-0626) Vol. 1, No. 4, December 2012 (2 SCI dışı U.A)

Gürel A.E, Daşdemir A ., "Türkiye'nin Dört Farklı İklim Bölgesinde Isıtma Ve Soğutma Yükleri İçin Optimum Yalıtım Kalınlıklarının Belirlenmesi" Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 27(4): 346-352 (2011) (7 SCI dışı)

E. SCI veya SCI-Genişletilmiş, Ulusal Dergiler ve Sempozyumlarda Hakemlik

Ulusal Mühendislik Araştırmaları Sempozyumu- UMAS-2015

Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences

Journal of Building Engineering

F. Alanında Tanınmış Uluslararası Yayınevlerince Yayımlanan Kitaplarda Bölüm Yazarlığı Sayısı

Mustafa Ertürk, Zuhale Oktay, Can Coşkun, Ali Keçebaş, Ali Daşdemir, Yusuf Çay, Ali Etem Gürel, Onur Vahip Güler . “Afyonkarahisar İli İçin Farklı İç Ortam Sıcaklığına Göre Isıtma Amaçlı Enerji Değişiminin Araştırılması” Uluslararası Bolvadin Araştırmaları I, 1. Baskı, Konya, Türkiye, Eğitim Yayınevi, 2018 , ss. 987-1005

F. Alanında Tanınmış Ulusal Yayınevinde Yayımlanan Kitaplarda Bölüm Yazarlığı Sayısı

Daşdemir A. "Bilgisayar Destekli Meslek Resmi" Megep, Ankara, 2015

Daşdemir A. "Tesisat Elektriği" Megep, Ankara, 2017

Daşdemir A. "İletkenleri Birleştirme Teknikleri" Megep, Ankara, 2017

