



**T.C.
AMASYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BOYLER KAZANLARININ ÜRETİM PARAMETRELERİ
DEĞİŞİMİNE BAĞLI OLARAK ISIL PERFORMANSININ
İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YİĞİT ALP DÖĞÜCÜ

AĞUSTOS

YİĞİT ALP DÖĞÜCÜ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

AĞUSTOS 2021

**BOYLER KAZANLARININ ÜRETİM PARAMETRELERİ DEĞİŞİMİNE
BAĞLI OLARAK ISIL PERFORMANSININ İNCELENMESİ**

Yiğit Alp DÖĞÜCÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman

Doç. Dr. M. Burak BİLGİN

**AMASYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

AĞUSTOS 2021

ETİK BEYAN

Amasya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

İmza

Yiğit Alp DÖĞÜCÜ

20.08.2021

BOYLER KAZANLARININ ÜRETİM PARAMETRELERİ DEĞİŞİMİNE BAĞLI OLARAK ISIL PERFORMANSININ İNCELENMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Yiğit Alp Döğücü

AMASYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ağustos 2021

ÖZET

Atık ısı ya da yenilenebilir enerji kaynağı olan güneş enerjisinden elde edilen ısı kaynağının verimli olarak kullanılabilmesi için depolanması gerekir. Bu depolama için genellikle boyler kazanları tercih edilirken depolama kütlesi olarak su, ısı kapasitesi yüksek olduğundan yaygın olarak kullanılmaktadır. Suyun sıcaklığa bağlı olarak yoğunluğunun değişmesi, suyun boyler deposu içerisinde birtakım akımlara maruz kalmasına sebep olmakta ve ısı transferini artırarak hızlandırmaktadır. Boyler içerisinde depolanan sıcak suyun çevre ve serpantinden geçen soğuk su ile olan ısı transferini minimum seviyeye indirmek ve ısı geçiş hızının azaltılmasını sağlamak amacıyla, farklı türdeki yalıtım malzemeleri olan cam elyaf, sünger, poliüretan, elastomerik kauçuk yalıtım malzemelerinin performanslarını gözlemlemek üzere uygulamalı deneyler yapılmış ve elde edilen veriler incelenerek yorumlanmıştır. Bu yorumlamalar sonucunda poliüretan yalıtımlı boyler kazanında ısı geçişlerinin en az olduğu ve verim-maliyet hesaplamalarında en üstün sonucu verdiği tespit edilmiştir.

Sayfa Adedi : 101
Anahtar Kelimeler : Boyler, Yalıtım Malzemesi, Isı Transferi, Enerji Tasarrufu
Danışman : Doç. Dr. M. Burak BİLGİN

INVESTIGATION OF THE THERMAL PERFORMANCE OF THE BOILER
DEPENDING ON THE CHANGE OF PRODUCTION PARAMETERS

(M. Sc. Thesis)

Yiğit Alp DÖĞÜCÜ

AMASYA UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

August 2021

ABSTRACT

The heat source obtained from waste heat or solar energy, which is a renewable energy source, must be stored in order to be used efficiently. While boilers are generally preferred for this storage, water as a storage mass is widely used because of its high thermal capacity. The change in the density of the water depending on the temperature causes the water to be exposed to some currents in the boiler tank and accelerates the heat transfer by increasing it. In order to minimize the heat transfer of the hot water stored in the boiler with the cold water passing through the environment and the coil, and to reduce the heat transfer rate, applied experiments were carried out to observe the performances of different types of insulation materials such as glass fiber, sponge, polyurethane, elastomeric rubber insulation materials. The obtained data were analyzed and interpreted. As a result of these interpretations, it has been determined that the heat transfers are the least in the polyurethane insulated boiler and it gives the best result in efficiency-cost calculations.

Page Number : 101
Keywords : Boiler, Insulation Material, Heat Transfer, Energy Saving
Supervisor : Doç. Dr. M. Burak BİLGİN

ÖN SÖZ ve TEŞEKKÜR

Tüm tez çalışmam boyunca bilgisini bana aktaran, çalışmalarına destek veren değerli danışmam hocam Doç. Dr. M. Burak BİLGİN ve bilgi akışı sağlayan sayın Arş. Gör. Dr. Korhan ÖKTEN hocama teşekkürü borç bilirim.

Deney düzeneğini kurmamda bana yardımlarından dolayı APAYDIN ISITMA ve ENERJİ SİSTEMLERİ SAN. TİC.LTD. ŞTİ. işletme müdürü sayın Fatih ONAT ve tüm üretim ekibine katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Son olarak ise tüm süreç boyunca, her aşamada beni maddi ve manevi olarak destekleyen çok sevdiğim aileme ve tezime desteğini esirgemeyen Tuğçe ÖZCAN' a minnettarlığımı belirtirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
ÖN SÖZ ve TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xvi
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Türkiye’de Enerji Kullanımı.....	1
2. ENERJİ DEPOLAMA VE ENERJİ DEPOLAMA TÜRLERİ.....	4
2.1 Enerji Depolama Tipleri.....	4
2.1.1 Isıl enerji depolama.....	5
3. LİTERATÜR TARAMASI.....	8
3.1. Araştırmanın Amacı.....	10
4. BOYLER VE YALITIM MALZEMELERİ.....	11
4.1. Boyler Nedir?.....	11
4.1.1. Boyler kullanım alanları.....	11
4.2. Boyler Çeşitleri.....	11
4.2.1. Tek serpantinli boyler.....	11
4.2.2. Çift serpantinli boyler.....	12
4.2.3. Plakalı boyler.....	12
4.2.4. Klasik tip cidarlı boyler.....	13
4.3. Isı Yalıtımı ve Yalıtım Malzemeleri.....	14

	Sayfa
4.3.1. Cam yünü.....	14
4.3.2. Poliüretan köpük.....	16
4.3.3. Elastomerik kauçuk köpüğü.....	17
4.3.4. Sünger.....	18
5. DENEY YAPILIŞI VE VERİLERİN İNCELENMESİ.....	20
5.1. Deneyin Amacı.....	20
5.2. Deney Düzenekinin Oluşturulması.....	20
5.2.1. Boyler kazanının seçimi.....	21
5.2.2. Serpantin borusunun seçimi ve yapılışı.....	23
5.2.3. Sıcaklık ölçüm düzeneği.....	25
5.2.4. Sıcaklık ölçme sensörü seçimi.....	26
5.2.5. Veri kayıt cihazı (Datalogger).....	27
5.2.6. Isıtıcı rezistans seçimi.....	28
5.3. Deneylerin Yapılışı.....	29
5.3.1. Yalıtım performansı deneyleri.....	30
5.3.2. Serpantin kullanıldığı yalıtım performansı deneyleri.....	41
6. MATEMATİKSEL HESAPLAMALAR.....	55
6.1. Yalıtım Performansı Deneyleri Hesaplamaları.....	55
6.1.1. Yalıtımın kullanılmadığı boyler deneyi hesaplamaları.....	55
6.1.2. Poliüretan yalıtımlı boyler deneyi hesaplamaları.....	57
6.1.3. Cam yünü yalıtımlı boyler deneyi hesaplamaları.....	59
6.1.4. Elastomerik kauçuk yalıtımlı boyler deneyi hesaplamaları.....	61
6.1.5. Sünger yalıtımlı boyler deneyi hesaplaması.....	63
6.2. Serpantin Kullanıldığı Yalıtım Deneylerinde Kütlesel Debinin Hesaplanması...	66

	Sayfa
6.3. Serpantinin Kullanıldığı Yalıtım Performansı Deneyleri Hesaplamaları.....	66
6.3.1. Serpantinin kullanıldığı yalıtımsız boyler deneyi hesaplaması.....	67
6.3.2. Serpantinin kullanıldığı poliüretan yalıtımlı boyler deneyi hesaplaması.....	69
6.3.3. Serpantinin kullanıldığı cam yünü yalıtımlı boyler deneyi hesaplaması.....	71
6.3.4. Serpantinin kullanıldığı elastomerik kauçuk köpüğü yalıtımlı boyler hesaplaması.....	73
6.3.5. Serpantinin kullanıldığı sünger yalıtımlı boyler deneyi hesaplaması.....	75
6.4. Belirsizlik Analizi.....	78
7. MALİYET HESABI VE VERİM ANALİZİ.....	80
7.1. Maliyet Hesabı.....	80
7.2. Verim Analizi.....	81
7.2.1. Serpantin kullanılan poliüretan yalıtımlı boyler deneyinde verim hesabı.....	82
7.2.2. Serpantinli cam yünü yalıtımlı boyler deneyinde verim hesabı.....	85
7.2.3. Serpantinli kauçuk köpüğü yalıtımlı boyler deneyinde verim hesabı.....	88
7.2.4. Serpantinli sünger yalıtımlı boyler deneyinde verim hesabı.....	91
8. SONUÇ VE TARTIŞMA.....	97
9. KAYNAKLAR.....	98
10. ÖZGEÇMİŞ.....	101

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynakları.....	3
Şekil 1.2. Türkiye enerji tasarruf potansiyeli.....	3
Şekil 2.1. Duyulur ısı depolama örnek.....	6
Şekil 4.1. Tek serpantinli boyler.....	12
Şekil 4.2. Çift serpantinli boyler.....	12
Şekil 4.3. Plakalı boyler.....	13
Şekil 4.4. Klasik tip cidarlı boyler.....	14
Şekil 4.5. Cam yünü.....	16
Şekil 4.6. Poliüretan köpük.....	17
Şekil 4.7. Elastomerik kauçuk köpüğü.....	18
Şekil 4.8. Sünger.....	19
Şekil 5.1. Deney düzeneği.....	21
Şekil 5.2. Deney düzeneği şematik gösterimi.....	21
Şekil 5.3. Çıplak boyler kazanı.....	22
Şekil 5.4. Yalıtımlı ve dış kılıflı boyler kazanı.....	23
Şekil 5.5. Sertantin yapıışı.....	24
Şekil 5.6. Sertantin.....	24
Şekil 5.7. Boylere sertantin montajı.....	25
Şekil 5.8. Sensörler.....	26
Şekil 5.9. Termokupllar.....	27
Şekil 5.10. Datalogger (veri kayıt cihazı).....	28
Şekil 5.11. 3kW ısıtıcı rezistans.....	29
Şekil 5.12. Boyler teknik resim.....	30

Şekil	Sayfa
Şekil 5.13. Yalıtımın kullanılmadığı performans deneyler.....	31
Şekil 5.14. Yalıtımsız boyler sıcaklık değerleri.....	32
Şekil 5.15. Poliüretan yalıtımlı performans deneyler.....	33
Şekil 5.16. Poliüretan yalıtımlı boyler sıcaklık değerleri.....	34
Şekil 5.17. Cam yünü yalıtımlı performans deneyler.....	35
Şekil 5.18. Cam yünü yalıtımlı boyler sıcaklık değerleri.....	36
Şekil 5.19. Elastomerik kauçuk köpüğü yalıtımlı performans deneyler.....	37
Şekil 5.20. Elastomerik kauçuk köpüğü yalıtımlı boyler sıcaklık değerleri.....	38
Şekil 5.21. Sünger yalıtımlı performans deneyler.....	39
Şekil 5.22. Sünger yalıtımlı boyler sıcaklık değerleri.....	40
Şekil 5.23. Serpantin kullanılan boyler teknik resim.....	41
Şekil 5.24. Serpantin kullanılan yalıtımsız performans deneyler.....	43
Şekil 5.25. Serpantin kullanılan yalıtımsız boyler sıcaklık değerleri.....	44
Şekil 5.26. Serpantin kullanılan poliüretan yalıtımlı performans deneyler.....	46
Şekil 5.27. Serpantin kullanılan poliüretan yalıtımlı boyler sıcaklık değerleri.....	46
Şekil 5.28. Serpantin kullanılan cam yünü yalıtımlı performans deneyler.....	48
Şekil 5.29. Serpantin kullanılan cam yünü yalıtımlı boyler sıcaklık değerleri.....	48
Şekil 5.30. Serpantin kullanılan elastomerik kauçuk köpüğü yalıtımlı performans deneyler.....	50
Şekil 5.31. Serpantin kullanılan elastomerik kauçuk köpüğü yalıtımlı boyler sıcaklık değerleri.....	51
Şekil 5.32. Serpantin kullanılan sünger yalıtımlı performans deneyler.....	53
Şekil 5.33. Serpantin kullanılan sünger yalıtımlı boyler sıcaklık değerleri.....	53
Şekil 6.1. Yalıtım performansı deneyinde yalıtımsız boylerde Q_Kay grafiği.....	57
Şekil 6.2. Yalıtım performansı deneyinde poliüretan yalıtımlı boylerde Q_Kay grafiği.....	59

Şekil	Sayfa
Şekil 6.3. Yalıtım performansı deneyinde cam yünü yalıtımlı boylerde Q_Kay grafiği.....	61
Şekil 6.4. Yalıtım performansı deneyinde kauçuk köpüğü yalıtımlı boylerde Q_Kay grafiği.....	63
Şekil 6.5. Yalıtım performansı deneyinde sünger yalıtımlı boylerde Q_Kay grafiği.....	65
Şekil 6.6. Yalıtım performans deneylerinde yalıtım malzemeleri toplu Q_Kay grafiği.....	65
Şekil 6.7. Serpantin kullanılan yalıtım performansı deneyinde yalıtımsız boylerde Q_Ser grafiği.....	69
Şekil 6.8. Serpantin kullanılan yalıtım performansı deneyinde poliüretan yalıtımlı boylerde Q_Ser grafiği.....	71
Şekil 6.9. Serpantin kullanılan yalıtım performansı deneyinde cam yünü yalıtımlı boylerde Q_Ser grafiği.....	73
Şekil 6.10. Serpantin kullanılan yalıtım performansı deneyinde kauçuk köpüğü yalıtımlı boylerde Q_Ser grafiği.....	75
Şekil 6.11. Serpantin kullanılan yalıtım performansı deneyinde sünger yalıtımlı boylerde Q_Ser grafiği.....	77
Şekil 6.12. Serpantin kullanılan yalıtım performansı deneyinde toplu serpantinden Q_Ser grafiği.....	77
Şekil 7.1. Serpantin kullanılan yalıtım performansı deneyinde toplu boylerden Q_Kay grafiği.....	81
Şekil 7.2. Kauçuk köpüğü ve dünger yalıtımı verim hesaplamaları.....	96

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 1.1. Dünya birincil enerji tüketimi.....	2
Çizelge 5.1. Bazı maddelerin k değerleri.....	25
Çizelge 5.2. Yalıtımsız boylerde sensörlerin sıcaklık farkları.....	32
Çizelge 5.3. Poliüretan yalıtımlı boylerde sensörlerin sıcaklık farkları.....	34
Çizelge 5.4. Cam yünü yalıtımlı boylerde sensörlerin sıcaklık farkları.....	36
Çizelge 5.5. Elastomerik kauçuk köpüğü yalıtımlı boylerde sensörlerin sıcaklık farkları.....	38
Çizelge 5.6. Sünger yalıtımlı boylerde sensörlerin sıcaklık farkları.....	40
Çizelge 5.7. Serpantin kullanılan yalıtımsız boylerde sensörlerin sıcaklık farkları.....	45
Çizelge 5.8. Yalıtımsız boylerde serpantin sıcaklık farkları.....	45
Çizelge 5.9. Serpantin kullanılan poliüretan yalıtımlı boylerde sensörlerin sıcaklık farkları.....	47
Çizelge 5.10. Poliüretan yalıtımlı boylerde serpantin sıcaklık farkları.....	47
Çizelge 5.11. Serpantin kullanılan cam yünü yalıtımlı boylerde sensörlerin sıcaklık farkları.....	49
Çizelge 5.12. Cam yünü yalıtımlı boylerde serpantin sıcaklık farkları.....	49
Çizelge 5.13. Serpantin kullanılan elastomerik kauçuk köpüğü yalıtımlı boylerde sensörlerin sıcaklık farkları.....	52
Çizelge 5.14. Elastomerik kauçuk köpüğü yalıtımlı boylerde serpantin sıcaklık farkları.....	52
Çizelge 5.15. Serpantin kullanılan sünger yalıtımlı boylerde sensörlerin sıcaklık farkları.....	54
Çizelge 5.16. Sünger yalıtımlı boylerde serpantin sıcaklık farkları.....	54
Çizelge 6.1. Yalıtım performansı deneyinde yalıtımsız boylerde Q_Kay çizelgesi.....	56
Çizelge 6.2. Yalıtım performansı deneyinde poliüretan yalıtımlı boylerde Q_Kay çizelgesi.....	58

Çizelge	Sayfa
Çizelge 6.3. Yalıtım performansı deneyinde cam yünü yalıtımlı boylerde Q_Kay çizelgesi.....	60
Çizelge 6.4. Yalıtım performansı deneyinde kauçuk köpüğü yalıtımlı boylerde Q_Kay çizelgesi.....	62
Çizelge 6.5. Yalıtım performansı deneyinde sünger yalıtımlı boylerde Q_Kay çizelgesi.....	64
Çizelge 6.6. Serpantin kullanılan yalıtım performans deneylerinde ortalama debi çizelgesi.....	66
Çizelge 6.7. Serpantin kullanılan yalıtım performansı deneyinde yalıtımsız boylerde Q_Ser çizelgesi.....	68
Çizelge 6.8. Serpantin kullanılan yalıtım performansı deneyinde poliüretan yalıtımlı boylerde Q_Ser çizelgesi.....	70
Çizelge 6.9. Serpantin kullanılan yalıtım performansı deneyinde cam yünü yalıtımlı boylerde Q_Ser çizelgesi.....	72
Çizelge 6.10. Serpantin kullanılan yalıtım performansı deneyinde kauçuk köpüğü yalıtımlı boylerde Q_Ser çizelgesi.....	74
Çizelge 6.11. Serpantin kullanılan yalıtım performansı deneyinde sünger yalıtımlı boylerde Q_Ser çizelgesi.....	76
Çizelge 6.12. Ölçüm cihazlarının hassasiyetleri ve toplam belirsizlikler.....	79
Çizelge 7.1. Yalıtım malzemelerinin kullanım miktarı.....	80
Çizelge 7.2. Yalıtım malzemelerinin maliyetleri.....	80
Çizelge 7.3. Serpantin kullanılan poliüretan yalıtım deneyinde boylerin soğuma miktarı Q_Kay çizelgesi.....	83
Çizelge 7.4. Serpantin kullanılan poliüretan yalıtım deneyinde serpantinden geçen ısı olan Q_Ser çizelgesi	84
Çizelge 7.5. Serpantin kullanılan cam yünü yalıtım deneyinde boylerin soğuma miktarı Q_Kay çizelgesi	86
Çizelge 7.6. Serpantin kullanılan cam yünü yalıtım deneyinde serpantinden geçen ısı olan Q_Ser çizelgesi	87
Çizelge 7.7. Serpantin kullanılan kauçuk köpüğü yalıtım deneyinde boylerin soğuma miktarı Q_Kay çizelgesi	89

Çizelge	Sayfa
Çizelge 7.8. Serpantin kullanılan kauçuk köpüğü yalıtım deneyinde serpantinden Q_Ser çizelgesi.....	90
Çizelge 7.9. Serpantin kullanılan sünger yalıtım deneyinde boylerin soğuma miktarı Q_Kay çizelgesi.....	92
Çizelge 7.10. Serpantin kullanılan sünger yalıtım deneyinde serpantinden geçen ısı olan Q_Ser çizelgesi.....	93
Çizelge 7.11. Poliüretan ve cam yünü yalıtımı verim hesaplamaları.....	94
Çizelge 7.12. Kauçuk köpüğü ve sünger yalıtımı verim hesaplamaları.....	95



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Tez çalışmasında kullanmış olduğumuz simgeler, yanda açıklamaları verilmek üzere aşağıda listelenmiştir.

Simgeler	Açıklama
A	Alan(m ²)
C	Özgül ısı(kj/kg.K)
Cr	Krom
Cv	Özgül ısı(kj/kg.K)
Cp	Özgül ısı(kj/kg.K)
EES	Engineering Equation Solver
K	Birleşik ısı transfer katsayısı (W/m ² .0C)
kW	Kilowatt (kJ/sn)
l	Uzunluk (mm)
r	Yarı çap (mm)
M	Depo kütlesi (kg)
<i>m</i>	Kütlesel debi (kg/sn)
P	Basınç (kPa)
Q_{serpantin}	Serpantinindeki kayıp enerji (kj)
Q_{kayıp}	Kayıp enerji (kj)
t	Zaman (sn)
t_{ortt0-1}	Depolanan malzemenin ilk ve ikinci sıcaklığı (C°)
t_{giris-cikis}	Serpantinden geçen suyun giriş ve çıkış sıcaklığı (C°)
T_{s-i}	Depolama malzemesinin ilk ve son sıcaklığı (K)
V	Hacim(m ³)
q	Yoğunluk(kg/m ³)

Simgeler	Açıklama
Q	Depolanan ısı miktarı (kJ)
ΔT	Sıcaklık farkı (C°)



1. GİRİŞ

Enerji, yapılan üretimden fazla miktarda verim alınabilmesi ve böylece toplumların gelir ve refah düzeyinin yükseltilebilmesi için çok önemli bir unsurdur [1].

Nüfusun ve sanayileşmenin artmasıyla ortaya çıkan enerji ihtiyacı, ülkemizin sınırlı kaynaklarıyla karşılanamamakta enerji tüketimi ve üretimi arasındaki fark büyümektedir. Aslında enerji tüketimi toplumun refah seviyesini gösteren olgulardan biridir. Ancak enerji verimliliği ve enerji tasarrufunun öneminin yeterince dikkate alınmaması bazı sorunları da beraberinde getirmektedir. Bu durum, halihazırda olan enerji kaynaklarımızdan daha çok faydalanmamız gerektiğini göstermektedir. Enerji ihtiyacındaki bu hızlı artışın karşılanması amacıyla, yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerjinin verimli bir şekilde depolanması ve ihtiyaçları karşılayacak dönüşümlerin geliştirilmesi faydalı olacaktır [2,3].

Enerji sektörü, ayrıca ülkelerin gelişebilmesi, ekonomik ve sosyal yönden kalkınmanın sağlanabilmesi açısından çok önemlidir. Dünya’da birçok ülkede olduğu gibi ülkemizde de fosil kaynaklı yakıtlar çok fazla kullanılmaktadır. Fosil yakıtların kullanılması sonucunda oluşan olumsuz sonuçlar gittikçe artmaktadır ve bu fosil yakıtların yanmasının sonucunda ortaya çıkan zehirli gazlar çevreye ve insan sağlığına ciddi zararlar vermektedir. Nüfus artışı ve ekonomi gelişimi sonucu ile ülkemizdeki enerji ihtiyacı gittikçe artmaktadır. Ancak doğal enerji kaynakları etkili bir şekilde kullanılamadığı görülmektedir. Enerji sektöründe geleceğe yönelik yapılacak planlamalar bu duruma bağlı olarak önem kazanmaktadır [4].

Ülkemizde enerji ihtiyacının yeterli bir şekilde karşılanabilmesi için oldukça doğal kaynaklarımız oldukça sınırlıdır. Bu yüzden doğal kaynaklarımızı, gelişen teknolojiyle birlikte çeşitlendirmeye, doğru bir şekilde kullanmaya, halihazırda olan teknolojik imkanlarla enerji verimliliğini arttırmaya yönelik çalışmalara çok büyük bir önem verilmektedir [5].

1.1. Türkiye’de Enerji Kullanımı

Türkiye ve diğer ülkeler birincil enerji tüketim konusunda kıyaslandığında, Türkiye dünya genelinde 19. sırada gelmektedir. Bazı ülkelerin 2013, 2014 ve 2015 yıllarına ait birincil enerji tüketim miktarları Çizelge 1.1.’de gösterilmiştir [6].

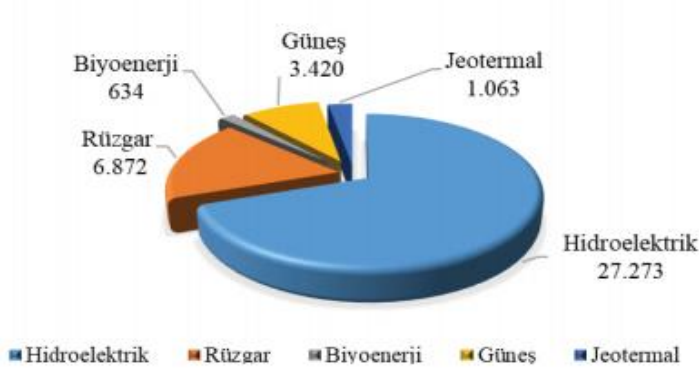
Çizelge 1.1. Dünya birincil enerji tüketimi [6].

ÜLKE	2013	2014	2015	Dünya Toplamındaki Payı (%)	Sıra
Çin	2.903,9	2.970,3	3.014,0	22,9%	1
ABD	2.271,7	2.300,5	2.280,6	17,3%	2
Hindistan	626,0	666,2	700,5	5,3%	3
Rusya	688,0	689,8	666,8	5,1%	4
Japonya	465,8	453,9	448,5	3,4%	5
Kanada	335,0	335,5	329,9	2,5%	6
Almanya	325,8	311,9	320,6	2,4%	7
Brezilya	290,0	297,6	292,8	2,2%	8
Güney Kore	270,9	273,1	276,9	2,1%	9
İran	247,6	260,8	267,2	2,0%	10
Suudi Arabistan	237,4	252,4	264,0	2,0%	11
Fransa	247,4	237,5	239,0	1,8%	12
Endonezya	175,0	188,3	195,6	1,5%	13
Birleşik Krallık	201,4	188,9	191,2	1,5%	14
Meksika	188,9	190,0	185,0	1,4%	15
İtalya	155,7	146,8	151,7	1,2%	16
İspanya	134,2	132,1	134,4	1,0%	17
Avustralya	130,7	129,9	131,4	1,0%	18
Türkiye	120,3	123,9	126,9	1,0%	19
Tayland	120,3	123,4	124,9	0,9%	20
Güney Afrika	124,6	128,0	124,2	0,9%	21
Tayvan	109,9	111,4	110,7	0,8%	22
BAE	97,2	99,0	103,9	0,8%	23
Polonya	96,0	92,4	95,0	0,7%	24
Ukrayna	114,7	101,0	85,1	0,6%	25
TOPLAM	12.873,1	13.020,6	13.147,3	100,0%	

*(1 Ocak 2017 itibarıyla en güncel verilerdir.)

Türkiye’de enerji tüketimini yerli enerji kaynakları ile karşılama oranına baktığımızda enerji konusunda dışa bağımlılık sorunu ortaya çıkmaktadır. Artan nüfus ve gelişen teknoloji beraberinde daha fazla enerji ihtiyacını ortaya çıkarmaktadır. Enerjide başka ülkelere bağımlı olmak, yüksek rakamlı faturalara ve enerji kullanımında aksama gibi sorunlara sebep olmaktadır. Ayrıca ülkenin ekonomik gelişimi ve ülke refahı açısından engel teşkil etmektedir. Bu nedenle, enerji tasarrufunu daha aktif hale getiren ve enerji verimliliğini ön plana çıkaran yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı enerji politikaları gelecek için de önemlidir [6].

Türkiye'nin Kurulu Yenilenebilir Enerji Kapasitesi (MW)

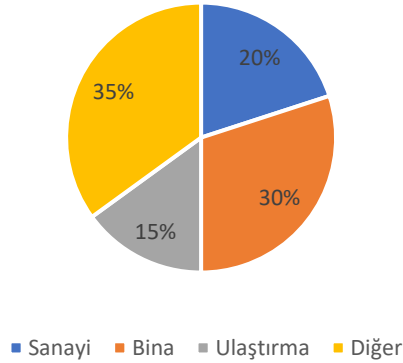


Şekil 1.1. Yenilenebilir enerji kaynakları (2017)

Türkiye'nin 2017 yılı yenilenebilir enerji kurulu gücü Şekil 1.1.'de görülmektedir [7].

Enerji Bakanlığı tarafından enerji tasarrufu ilgili yapılan açıklamada, Türkiye'de ulaştırma sektöründe %15 sanayide %20, bina sektöründe %30 ve diğer alanlarda %35 civarında enerji tasarruf potansiyeli olduğu belirtilmektedir (Şekil 1.2.) [6].

Enerji Tasarruf Potansiyeli (2018)



Şekil 1.2. Enerji tasarruf potansiyeli

Şekil 1.2.'de görülen bu oranlar enerji tasarrufuna yönelik çalışmalar yapılması gerektiğini göstermektedir.

2. ENERJİ DEPOLAMA VE ENERJİ DEPOLAMA TÜRLERİ

Enerji depolama ile, hem enerjinin kullanılması sonucu oluşan atık enerjiyi depolama, hem de sadece belirli zamanlarda enerji verebilen yenilenebilir enerji kaynaklarının enerjisini depolayarak, enerji temin zamanı ile ihtiyacı arasında doğabilecek farkın giderilmesi amaçlanmaktadır. Ülkemizde ve dünyada enerji kaynaklarının sınırlı olması ve giderek azalmasıyla yenilenebilir enerji kaynakları ve üretilen enerjinin depolanması çok büyük öneme sahiptir. Hem enerjinin kullanıldığı sanayi ve endüstri gibi alanlarda biriken atık enerjiyi depolama hem de sadece belirli zamanlarda enerji sağlayabilen yenilenebilir enerji kaynaklarının enerjisini depolayarak, enerjinin temin zamanı ile ihtiyaç zamanı arasında oluşabilecek farkı gidermeye amaçlamaktadır. Böylece enerji sistemlerinde enerji tasarrufunun sağlanmasının yanı sıra enerji verimi de artırılmış olur [3].

Başta gelişmiş ülkeler olmak üzere yenilenebilir enerji kaynakları kullanılarak (örneğin; güneş, hidrolik, jeotermal gibi) üretilen enerji sistemlerinin kullanımı yükselmektedir. Ülkeler daha çok kendi kaynak ve imkanlarına göre yönelmişlerdir. Ülkelerin kullandığı bu kaynaklara bakıldığında; Çin hidrolik ve rüzgar enerjisi ile dünyada elektrik üretimi konusunda ön sırada gelmektedir. Amerika ise dünyada biyo yakıtlardan en çok yararlanan ülkedir. Almanya fotovoltik paneller yardımı ile elektrik üretimi konusunda baştedir. Bunların yanında Hollanda, Kanada, Japonya, yenilenebilir enerji kaynaklarından büyük oranda faydalanan diğer ülkeler arasındadır. Türkiye’de ise güneş enerjisi, hidrolik ve jeotermal enerji sistemleri kullanılmaktadır [9].

Depolama, enerjinin her an kullanılabilmesi için saklamaktır. Depolama farklı şekillerde olabilmektedir. Bir depoda olması gerekenler; yüksek oranda depolama kapasitesi, ortalama üstünde şarj/deşarj verimi, kapasite kayıplarının az olması, uzun süre kullanılabilir olması, ucuzluk, enerji yoğunluğunu olması, kısaca enerjiyi olabilecek minimum ağırlık ve hacimde depolayabilme özelliğine sahip olmalıdır [3].

2.1. Enerji Depolama Tipleri

Enerji depolama tipleri şu şekilde sıralanabilir:

Mekaniksel Enerji Depolama

1. Hazneli Pompalı Sistemler:
2. Sıkıştırılmış Hava ile Enerji Depolama
3. Volanlar

Kimyasal Enerji Depolama

1. Elektrokimyasal (Bataryalar ve yakıt hücreleri)
2. Termokimyasal
3. Sentetik yakıtlar
4. Fotokimyasal

Potansiyel Enerji Depolama

1. Hidro elektrik

Isıl Enerji Depolama

1. Duyulur ısı depolama
2. Gizli Isı Depolama

2.1.1. Isıl enerji depolama

Enerji ihtiyacının gün geçtikçe hızlı bir şekilde artması ve birincil enerji kaynaklarının tükenmeye başlaması nedeniyle yenilebilir enerji kaynaklarının kullanımına dayalı çalışmalar artmaktadır. Ayrıca yenilenebilir enerjilerin depolama teknolojilerine yönelik çalışmalar hız kazanmaktadır. Isıl enerjinde arz ve talep arasında olan boşluk ısııl enerji depolama sistemlerinin kullanılmasıyla kapatılacaktır. Bu nedenle ısııl enerji depolama sistemleri enerji ihtiyaçlarının karşılanması bakımından çok büyük önem arz etmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarını verimli kullanmak, tüketilen enerjiyi azaltmak ve atık ısııl kaynaklarının kullanımı için ısııl enerji depolama sistemlerinden çok büyük ölçüde faydalanılmaktadır. Isının yüksek olduğu zamanlarda, ısııl enerji depolama sistemleri sayesinde ısııl depolanır ve talep olması durumunda bu enerji yeniden kullanılabilir hale getirilir. Isıl enerjinin düşük ve yüksek sıcaklıkta geçici olarak depolanabildiği sistemler, ısııl enerji depolama sistemleri olarak tanımlanmaktadır [10].

Duyulur ısı depolama

Duyulur ısı depolama, bir maddenin özgül ısısından faydalanılarak sıcaklığın yükseltilmesiyle ısı enerjisi depolanmasıdır [11]. Duyulur ısı depolama sisteminde ısıya tekrar kullanılması ve depolanması süreçlerinde malzemenin sıcaklığı değişmektedir. Suyun ısı depolama kapasitesi oranının yüksek olması ve fiyat bakımından ucuz olması sebebiyle en önemli duyulur ısı depolama sistemi bileşenidir. Duyulur ısı depolama sisteminde depolanan ısı miktarı aşağıdaki denkleme göre hesaplanabilmektedir [10].

$$Q = \int m C_p dT \quad T_s \quad T_i = m C_p (T_s - T_i) = \rho p C_p \Delta T \quad (1)$$

Burada;

Q : Depolanan ısı miktarı (J),

M : Depolama malzemesinin kütlesi (kg),

C_p : Sabit basınçtaki özgül ısı (J/kg.K)

P : Depolama malzemesinin yoğunluğu (g/ml)

T_{s-i} : Depolama malzemesinin ilk ve son sıcaklığı (K)



Şekil 2.1. Duyulur ısı depolama [3].

Gizli ısı depolama

Gizli ısı depolama malzemeleri, fiziksel durumlarındaki bir değişiklik ile enerjiyi depolama ve salma özellikleri nedeniyle faz değişim malzemesi olarak bilinirler. Gizli ısı depolamanın duyulur ısı depolamaya göre en temel avantajı neredeyse benzer bir sıcaklık aralığında ısı saklama kapasiteleridir. Başlangıçta, bu malzemeler sıcaklığın sistem entalpisi ile doğrusal olarak yükseldiğı için duyulur ısı depolama malzemeleri gibi davranır.

Ancak daha sonra ısı, maddenin fiziksel durumdaki bir değişiklik ile çok küçük bir sıcaklık aralığında emilir veya serbest bırakılır [10].

Gizli ısı enerji depolama; birim hacimdeki yüksek ısı depolama kapasitesi ve küçük sıcaklık aralığında ısı depolama ve salma özellikleriyle ısı enerji depolama yöntemleri arasında uygulanabilir en cazip olan metottur [10].

3. LİTERATÜR TARAMASI

Karaoğlu (2019), araştırmasında Türkiye'deki bölgesel güneş enerjili ısıtma üzerine sistem tasarlayarak verimliliği üzerine çalışmalarını yorumlamıştır. İstanbul teknik Üniversitesi Ayazağa kampüsünde birden fazla sayıda binanın sıcak su ihtiyacını karşılamak üzere tasarlanacak sistemde günlük sıcak suyun depolanması için boyler destekli sistemleri kullanmıştır [11].

Çomaklı, Bakırcı, Erdoğan ve Şahin (2005), çalışmalarında enerjinin üretimiyle beraber tüketimindeki artışıyla birlikte ekonomik ve çevresel problemleri en aza indirmek için enerjinin verimliliği ve tasarrufunun sağlanması gerektiğini belirtmişlerdir. Boylerde de ortak olarak kullanılan yalıtım malzemelerinin enerji tasarrufunu ve çevre ile sağlık açısından değerlendirmesini yaparak etkilerini incelemiştirler [2].

Şanslı (2015), araştırmasında kullanım sıcak suyu yüksek oranda maliyetler ödenmesinden ve büyük enerji sarfiyatları olduğunu belirtmiş, kurduğu yalıtımlı boyler destekli düzenekte ticari tipteki split klimadan açığa çıkan atık ısıyı değerlendirmiştir. Böylelikle kullanım sıcak suyu oluşturan maliyetlerin en aza indirgenmesini sağlayarak, aynı zamanda ticari tipteki split klimanın COP'sinin normaldekine oranla, boyler ile destekli olanının daha da yüksek olduğunu tespit ederek verim artışı gözlemlemiştir [12].

Yıldızhan (2013), çalışmasında boyler ile desteklenmiş olan vakum tüplü tipteki güneş kolektöründen farklı debilerdeki farklı akışkanlar geçirerek enerji ve ekserji analizi yapmıştır. Sistemin ekserji veriminde çevrenin sıcaklığının etkisinin yüksek olduğunu belirtilmiştir. Sonuç olarak boyler ile destekli sistemde farklı debilerdeki farklı akışkanlardan %40 antifiriz-su karışımının enerji veriminin yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ekserji kaybının azaltılmasına yönelik çalışmalarda boylerin hacminin ve içindeki spiral serpantin borusunun yüzey alanının artırılmasını tavsiye etmiştir [13].

Sarimeşe (2018), hazırladığı araştırmasında split klimadaki harcanan yüksek enerji sarfiyatını indirmek için enerji tasarrufu açısından atık ısıdan boyler ile desteklenen bir sistemde sürekli sıcak su elde edilmesini sağlamıştır. Kondenser ünitesinden önce sisteme dahil edilen boyler ile hem kondenserin yükünün azaltılmasıyla enerji tüketimi düşürülmüş

hem de split klamanın soğutma yaparken ki ekserji veriminin arttığı gözlemlenerek cihazın enerji tüketiminin düştüğünü gözlemlemiştir. Kullanılan boylerin yalıtımlı olmasına ve ısı kaybının önlenmesine dikkat edilmiştir [14].

Daşdemir (2019), yaptığı çalışmasında enerjinin elde edilebildiği kadar doğru bir biçimde etkin kullanmanın da büyük önem taşıdığını belirtmiş ortaya çıkan enerjinin de büyük bir kısmının ısının transferi için kullanıldığını tespit etmiştir. Bu yüzden kullanımı esnasında ısı kaybını en aza indirmek ve ekonomikliği artırmak amaçlanmıştır. Bu ısı kaybının önüne geçebilmenin ısı yalıtımı ile sağlanacağını belirterek enerji maliyetlerinin önemini vurgulamıştır [15].

Çallı (2016), hazırladığı araştırmasında sınırlı olan enerji kaynaklarından, enerjinin hızlı tüketiminden ve fosil tabanlı yakıtlardan açığa çıkan çevresel etkenleri en aza indirmek için termal yalıtımın önemini vurgulamıştır. Birçok farklı alanlarda kullanılan yalıtımın enerji tüketimini azaltmada aktif rol aldığını belirtmiştir. Farklı boru malzeme tipleri için farklı yalıtımlar ile yalıtımın kalınlığı üzerine çalışmasını yaparak optimum kalınlığı bulmayı amaçlamıştır [16].

Feng, Chen, Tang, Xie ve Shi (2021), çalışmalarında boylerin yapıları ve parametrik tasarımlarının, boylerin kapsamlı olarak performansına etkisi incelemişlerdir. Boyler ekonomizerinin tasarımı yapılmıştır. Serpantin boruların dış çapı, grup numarası ve sıra numarası alınarak karmaşık fonksiyonlarla boyler ekonomizerinden optimum performans elde etmişlerdir. Sonrasında karmaşık fonksiyonlar sırasıyla azaltılmış ve yeni sonuçlara ulaşılmışlardır [17].

Tharakie ve Sithari (2020), çalışmalarında endüstriyel kazanlardaki alternatif yakıt kullanımını, su arıtma iyileştirmelerini, enerji yönetimini ve enerji verimliliği artırmaya yönelik teknikler açıklanmıştır. Kazan verimini arttırmaya, kazanlarda sıklıkla görülen kireç ve korozyon oluşumu gibi problemleri minimuma indirmeye dikkat çekilmiştir. Buhar üretimi için istenen ısı düzeyini sağlamak amacıyla kazanlarda değişik türde yakıtların kullanıldığı bulunmuştur [18].

3.1. Araştırmanın Amacı

Literatür taramasında boyler ve yalıtım konulu çalışmalar incelendiğinde, her iki konunun da ortak olarak işlendiği alanda eksikler olduğu tespit edilmiştir. Tüm bunlar neticesinde bu araştırmada iki konunun birleştirildiği ortak bir çalışma yapılması amaçlanmıştır. Birden fazla yalıtım malzemesinin kullanılıp performanslarının incelendiği boyler deneyinde, ısı iletiminin en aza indirilmesi amaçlanarak verimi yüksek, ekonomik boyler kazanlarının üretilmesi hedeflenmiştir.



4. BOYLER VE YALITIM MALZEMELERİ

4.1. Boyler Nedir?

Boyerler, kullanım sıcak suyu üretiminde ülkemizde en çok kullanılan sistemlerden birisidir [19]. Günümüze bakıldığında da en yaygın olan yöntem olarak boylerlerin günlük ısı enerjisinin depolaması gösterilmektedir. Çeşitli sistemlerin sıcak kullanım suyu deposu olarak kullanılan boylerler, depolarının sıcak su ihtiyacı ve büyüklüğüne bakılarak doğru orantılı olacak biçimde seçilmektedir. Boylerler aynı zamanda bünyesinde ısı değiştiricisini de bulundurmaktadır [20].

4.1.1. Boyler kullanım alanları

Boyerler çoğunlukla insanların toplu şekilde bir arada oldukları alanlarda, bireysel sıcak su üretimi yerine daha fazla ekonomik yarar sağlamak amacıyla merkezi olan sıcak su hazırlama sistemleri gibi kullanılmaktadır. Oteller, yurtlar, fabrikalar, apartmanlar, hastaneler vb. gibi sıcak su ihtiyacının toplu biçimde olduğu alanlarda kullanılmaktadır.

4.2. Boyler Çeşitleri

4.2.1. Tek serpantinli boyler

Boyerlerin tek serpantin olan tiplerinde, tek cidara sahip olan ve yalıtımlı bir depo bulunurken, deponun içinde serpantin denilen spiral şeklinde ısıyı değiştiren boru bulunmaktadır. Tek serpantinli boylerler hem verim bakımından hem de hızlı bir biçimde ısı değişimi sağlaması amacıyla günümüzde fazla miktarda kullanılmaktadır. Böylece ısı kayıpları azaltılmış olur [20].



Şekil 4.1. Tek serpantinli boyler

4.2.2. Çift serpantinli boyler

Çift serpantinli boylerler, güneş enerjisinin yeterli olmadığı durumlarda, su ısıtmaya yardım etmek için boylerlerin içine elektrikli ısıtıcı ya da bir başka ısı kaynağından gelen ısıtıcı akışkanın ısı aktarımı yapabilmesi amacıyla ek olarak spiral tip bir ısı değiştirici bulunabilmektedir. Anlık olan ısıtmanın daha güçlü olması için boyler içerisinde bulunan çift serpantin sayesinde ısıtma işlemi daha az zamanda yapılabilir [20].



Şekil 4.2. Çift serpantinli boyler

4.2.3. Plakalı boyler

Plakalı boylerler genel olarak kullanım sıcak suyunun merkezi olan bir plakalı ısı değiştiriciden geçirilerek ısıtıldığı ani ısıtmalı sistemler olarak adlandırılmaktadır. Böyle

uygulamalarda, bir pompa yardımıyla sistemin uç kısmından dolaşım yaptırılır. Bu sayede borularda olan suyun soğumasının sonucunda enerji ve su kayıpları önlenmiş olur. Plakalı olan ısı değiştiricinin birinci devresinde kızgın su, sıcak su, ya da su buharı kullanılabilir. Plakalı ısı değiştiricinin özel olan tasarımı nedeniyle o an için ihtiyaç olan kadar su, geçiş sırasında istenilen sıcaklığa ısıtılmaktadır. Kullanım sıcak suyunu, depolama olmadan, anlık ısıtmalı merkezi plakalı ısı değiştiricilerle tedarik etmek, binalardaki ani gerçekleşen talebin yalnızca günün belli vakitlerinde öngörülen tepe değerde oluşup çoğu zaman günlük ortalamanın da altında olması ve işletim sırasında her dakika olabilecek anlık ihtiyaç dalgalanmalarının oluşabilmesi sebebiyle, farklı taraflardan sakınca yaratabilmektedir [19].



Şekil 4.3. Plakalı boyler

4.2.4. Klasik tip cidarlı boyler

Çift cidarlı sistemler, genel olarak iki farklı su deposunun birbiri içine geçtiği ve içindeki depo yüzeyinin ek olarak ısı değiştirici olarak kullanıldığı sistemlere denilmektedir [20]. Merkezi kullanım olan sıcak su sistemlerinde son 10 yıldır kullanımı en rahat ve yaygın olan cihazlardır. Genel olarak galvanizlenmiş ve yatay silindirik olan bir tankta depolanan kullanım suyu, tank dışındaki bir gömlek ya da içindeki bir serpantin yardımıyla birinci devre akışkanı ile ısıtılır.

En çok kullanılanı gömlekli olanlardır fakat gömleklielerde ısı transfer verimi az olduğu için ısınma süresi daha uzun sürmektedir. Gömlekli boylerler aslında 100°C'nin altında ve

basıncı az olan sıcak sulu sistemlerde kullanılmaktadır. Daha yüksek basınca sahip sistemlerdeyse serpantinli yani içinden boru ısıtıcı tipler kullanıldığı görülmektedir. Tankın yatay olmasından kaynaklı bu tür aletlerde depolanan suyun katman katman olması iyi oluşturulamadığından, ısıtılmış suyun büyük bir kısmı etkili bir şekilde kullanılamaz. Üstelik boylerin yüzeyi sıcak daldırma galvaniz kaplı veya boyalı olduğundan dolayı temizlik açısından pek de uygun şartları sağlamadığı görülmektedir [19].



Şekil 4.4. Klasik tip cidarlı boyler

4.3. Isı Yalıtımı ve Yalıtım Malzemeleri

Çeşitli yapılarda olan ısı yalıtımı, hava kirliliğini azaltılması, enerji tasarrufunun sağlanması, konforlu ve rahat bir yaşam ortamının oluşturulması ve ısı kayıplarından kaynaklanan olumsuz sorunların yaşamı aksatmaması için yapılması gereken bir uygulamadır.

Isı yalıtımı için malzemelerinin seçiminde ve malzemedede aranacak özelliklerin belirlenmesi çok önemlidir. Doğru bir tercih yapabilmek için en önemli şart, kullanılacak malzemeyi tam anlamıyla tanımak ve bu malzemenin özelliklerini iyi bilmektir [21].

Aşağıda bazı ısı yalıtım malzemeleri ve özellikleri açıklanmıştır:

4.3.1. Cam yünü

İnorganik hammadde olan silis kumunun 1400 °C'de ergitilerek çapları 3-5 mikron boyutunda olan ince elyaf haline getirilmesi sonucu elde edilmektedir [22].

Cam yünü ortalama 40-50 yıl kullanılabilir. Düşük yoğunlukta olan cam yünleri rulo, yüksek yoğunluklu olan cam yünleri ise levha şeklinde kullanılır. Başka yalıtım malzemelerine göre çok fazla kullanım sahası bulunmakta olan cam yünlerinin özellikleri aşağıda sıralanmıştır.

- Higroskopik değildir.
- Girintisi fazla olan parçaların yalıtımlarına uygundur.
- Yanıcı değildir.
- Küf tutmaz
- Dış kuvvetler etkisi ile kolayca deformasyona uğrayabilir
- Kimyasal bakımdan nötrdür.
- Atmosferik şartlara karşı dayanıklıdır.
- Hidroflorik asit hariç asitlere dayanıklıdır.
- Haşereler yuva yapamaz.
- Bıçakla kolay bir şekilde istenildiği gibi kesilebilir.
- İşçiliği kolaydır.
- Deri ile temas edilmemelidir kaşıntıdır, bu nedenle eldiven giyilerek kullanılması tavsiye edilir.
- Ufalanma olmaz, sarsıntıya karşı dayanıklıdır.

Genel olarak ekonomik olan ısı yalıtım malzemeleri içinde yer alan cam yünü, yüksek ısı yalıtım özelliği ile de dikkat çeker. Cam yünü malzemesinin yoğunluğu ile fiyatı arasında doğru orantı olduğu için yoğunluğu az olan rulo malzemeler ekonomik sayılabilirken, yoğunluğu yüksek olan malzemelerin fiyatının da yükseldiği görülmektedir. Bu sebeple yoğunluğu yüksek olan levha tipi cam yünlerindeki ekonomiklik ayrıca tartışılmalıdır.

Cam yünleri binalarda, dış cephelerde, giydirme cephe uygulamalarında yalıtım malzemesi olarak kullanılabilir. Yalıtım içerden yapılacağı zaman cam yününün sıcak yüzü buhar kesiciyle örtülmelidir. Ayrıca cam yünü, su itici silikon içerdiği durumda iki duvar arasında da kullanılabilir. Basınç dayanımı düşük olduğu için insanların yürüdüğü çatı ya da teraslarda kullanıma uygun değildir [21].



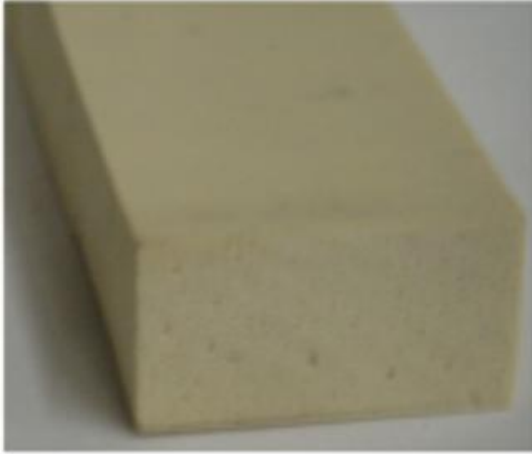
Şekil 4.5. Cam yünü [21]

4.3.2. Poliüretan köpük

Sarı renkte olan poliüretanın %95'inin gözenekleri kapalıdır. Poliüretan köpükler sert ya da yumuşak, az hacim ağırlıklı ve açık gözenekli olarak üretilebilirler. Kullanılan yoğunluk genellikle $30\text{-}200\text{ kg / m}^3$ 'tür. Levhaların bir tarafının ısınması şeklinin bozulmasına yol açar. Her iki yüzeyinin de başka malzemelerle kaplanması bu sorunu ortadan kaldıracaktır. Isıl iletkenliği çok düşük olan poliüretan köpüğünün yoğunluğu $30\text{-}200\text{ kg/m}^3$ arasında ayarlanabilmektedir. Yalıtım amacıyla kullanılan levhaların 32 kg/m^3 'den az olmaması gerekmektedir. 32 kg/m^3 'ten fazla olduğu durumlarda şekil değişiklikleri görülebilir. Yapılarda kullanılan yoğunluklar genelde $30\text{-}40$ olduğu gibi 50 kg/m^3 'ü de bulabilmektedir. Yoğunluğu 30 kg/m^3 altında olan poliüretan köpüklerinin çevre etkilerinden korumasız olarak kullanımında çeşitli sorunlarla karşılaşılabilir. Böyle durumlarda plakalar, düşük sıcaklıkların etkisiyle büzülür. Poliüretan plakanın gözenekleri, sıcaklık etkisiyle genişlemesi sonucunda şekli ve uzunluğu değişmektedir. Yalıtım malzemesinin. 32 kg/m^3 'ün üzerinde kullanılmasıyla ve zor olmayan bir kaplamayla bu sorun ortadan kalkar.

Poliüretan köpük özellikleri aşağıdaki açıklanmıştır:

Benzine, mazota, ağır olmayan asitlere, deniz suyuna, alkalilere, eskime ve çürümeye karşı dayanıklılığı oldukça fazladır. Poliüretan köpüğün özgül ağırlığı ile şekil ve hacim dayanıklılığı arasında yakın bir ilişki bulunmaktadır. 32 kg/m^3 'ün altındaki kaplanmamış plakalarda soğuk etkisi ile bariz büzülme görülmektedir. Mor ötesi ışınlarla karşı dayanıksızdır. Yüzeyinde bozulma, dökülme olmakta ve rengi sarıdan kırmızı kahveye dönüşmektedir [21].

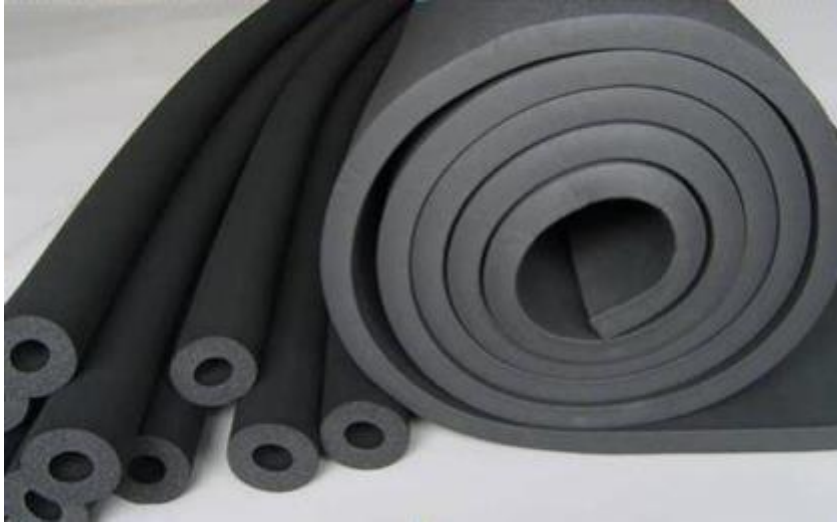


Şekil 4.6. Poliüretan köpük [23].

4.3.3. Elastomerik kauçuk köpüğü

Yaklaşık 10 yıl önce Türkiye'ye gelen ve her geçen gün kullanımı yaygınlaşan elastomerik kauçuk köpüğü, oldukça esnek, kapalı hücrelere sahip, genleştirilen sentetik siyah boru ve levhalardan oluşmaktadır. Bünyesinde bulunan fazla miktardaki sentetik kauçuk sayesinde değişik uygulama alanlarında kullanılma esnekliğini sağlamaktadır. Soğuk borularda kullanımında ısı kazancını, sıcak borularda kullanımında ise ısı kaybını, önemli oranda azaltmaktadır [24].

Elastomerik kauçuk köpüğü yalıtım malzemeleri arasında; buhar geçirimsizliği en yüksek malzemelerdendir. Su buharı geçirgenliği $0,21-0,07 \mu\text{gm/Nh'}$ dır. Su buharı direnç katsayısı ise μ 'nün değeri 3.000-10.000 arasında bir değerdir. Kullanılan bu değerler, kauçuk köpüğünün cinsine göre değişim göstermektedir [21].



Şekil 4.7. Elastomerik kauçuk köpüğü [24].

4.3.4. Sünger

Sünger üretimi, farklı kimyasalların bir araya getirilerek ve güçlü bir karıştırıcıda karıştırılarak bir reaksiyon oluşturulur ve kalıplara dökülür. 48 saat içinde kalıplarda bekletilerek sünger üretimi sağlanır. Farklı sektörlerde kullanılmak için yapılır ve bunu sağlamak için farklı yöntemler de mevcuttur [25].

Süngerler performans ve kullanım ömrü açısından incelediğinde; kullanıldığı alanda maruz kalacağı yük miktarı ve zamanı, yoğunluk değeri veya yükün tekrar miktarına bağlı olarak değiştiği görülmektedir. Süngerin yoğunluğu da kullanım süresini belirleyen niteliklerdendir, Belirlenen bu değer ne kadar fazla ise kullanım süresi de o oranda artacaktır. Yoğunluğu fazla olan süngerlerin diğer süngerlere göre daha çok direnç gösterdiği görülmektedir. Yüksek ve düşük basınçlı olan üretim teknikleri kullanılarak süngere istenilen şekli vermenin mümkün olduğu görülmektedir. Süngerlerin performanslarını yükseltmek amacıyla akustik uygulamalar aracılığıyla yüzey formları değiştirilebilmektedir. Çok değişik yoğunluk, renk, çeşitli büyüklüklerde gözenekler ile üretilebilmeleri kullanım alanları açısından çok kapsamlı olmasını sağlayan en önemli etkidir [26].



Şekil 4.8. Sünger



5. DENEY YAPILIŞI VE VERİLERİN İNCELENMESİ

Bilindiği gibi enerji yok olmayarak niteliği değişmektedir. Atık ısı kaynakları ve doğal enerji kaynakların kullanılabilir hale getirilmesi enerji tasarrufu konusundan büyük önem arz etmektedir. Atık enerji kaynaklarının sürekli oluşmaması durumunda veya güneş enerjisi gibi doğal enerji kaynaklarının sürekliliğinin sağlanmaması, ısı enerjinin depolanması olgusunu ortaya çıkarmaktadır. Bu sebeple literatür taramasında, ısı enerjinin depolanması yöntemlerinin geniş olması kaçınılmaz bir gerçektir.

Boyer kazanlarında ısı enerjinin depolanması; ısı enerjinin suya aktarılması ile mümkündür. Suyun özgül ısısının yüksek oluşu ve kolay bulunur bir madde olması, mümkün olduğunca yüksek sıcaklıkta depolanmasını ve mümkün olduğu kadar büyük miktarda ısı depolanmasını sağlar.

5.1. Deneyin Amacı

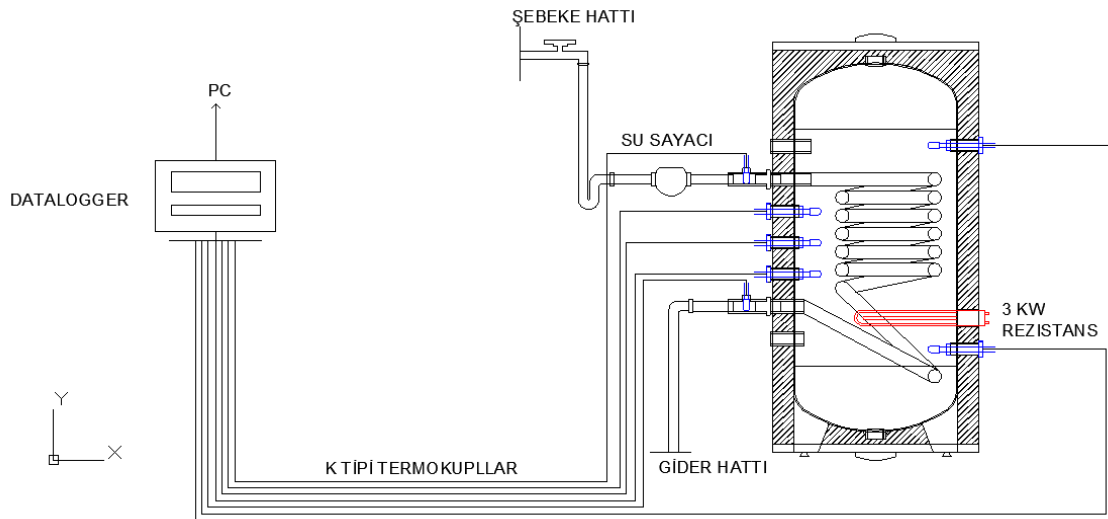
Bu araştırma tezinde, deneyler iki aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamadaki deneylerde boyler kazanı; içerisinde bulunan ısı alışverişini sağlayan spiral şeklindeki serpantin borusu dahil edilmemiş, yalıtım malzemelerinin silindirik bir tank yüzeyinde performansını incelemek üzere sıcak su tankı biçiminde kullanımı sağlanmıştır. İkinci aşamadaki deneylerde ise bu spiral şeklindeki serpantin borusu da deneylere dahil edilerek, boyler çalışma şartlarında yalıtım malzemelerinin performansının incelenmesi amaçlanmıştır. Elde edilen bulgular kıyaslanarak performans ve maliyet açısından en uygun yalıtım malzemesinin belirlenmesi bu deneylerin ana amacını oluşturmuştur.

5.2. Deney Düzenekinin Oluşturulması

Deney düzeneği kurulurken, boyler kazanına, içerisinde spiral şeklinde bulunan serpantin borusuna, serpantin borusundan geçen akışkanın kütleli debisini hesaplayabilmek için mekanik su sayacına, yalıtım malzemelerine, sıcaklık değişimlerinin ölçülebilmesi için termokupllara ve bu değişimleri hem okuyabilip hem de kayıt altına alabildiğimiz veri kayıt cihazına (datalogger) ayrıca bu bulguları dijital ortama aktararak grafik haline getirmek için bir bilgisayara ihtiyaç olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 5.1. Deney düzeneği



Şekil 5.2. Deney düzeneği şematik gösterimi

5.2.1. Boyler kazanının seçimi

Boyer kazanı olarak 100 litrelik bir kazan seçilmiştir. Kazan iki adet bombe ve bir adet gövde sacının silindirik hale getirilip kaynaklanmasından oluşmaktadır. Sızdırmazlığı ve mukavemeti yüksektir. Serpantin giriş ve çıkışı için, sıcak soğuk su girişi ve çıkışı için ve termometre takmak için kazan üzerinde manşonlar bulunmaktadır. İçerisinde serpantin borusu bulunan kazan, full emaye kaplama olduğundan hijyeniktir, ayrıca bakterilerin oluşması engellenir. Temizlemesi kolay ve uzun hizmet ömürlüdür. 1,5-1,5 toplamda çapa

göre hesaplandığında 3 cm kalınlığında yalıtım malzemesi kullanılmıştır. Isı transferinin minimuma düşürülmesi için yalıtım malzemesinden sonra dış kılıf sacı konularak dış ortamdan etkilenmesinin önüne geçilmiştir.



Şekil 5.3. Çıplak boyler kazanı



Şekil 5.4. Yalıtımlı ve dış kılıflı boyler kazanı

5.2.2. Serpantin borusunun seçimi ve yapılışı

Serpantin borusu, deponun boyutlarına göre tasarımı yapılarak montajı gerçekleştirilmiştir. Serpantin borusu 1” çapında ve Ø280 aralığında, 6 sarım olarak demirden imal edilmiştir.



Şekil 5.5. Serpantin yapılışı



Şekil 5.6. Serpantin

Çizelge 5.1. Bazı maddelerin k değerleri

MADDE	k (W/mK)
BAKIR	385
DEMİR	80
ALÜMİNYUM	205
PASLANMAZ ÇELİK	15

Yukarıdaki çizelgede bazı maddeler için ısı iletkenliğin göstergesi olan k değerleri verilmiştir. Her ne kadar bakır ve alüminyumun k değerleri yüksek olsa da demir borunun ekonomik ve kolay elde edilebilir oluşu kullanımını arttırmaktadır.



Şekil 5.7. Boylere serpantin montajı

5.2.3. Sıcaklık ölçüm düzeneği

Boylerin beş farklı noktasına yerleştirilen manşon yuvalarına montaj edilen termokupllar, ölçümünü yaptığı verileri kablo vasıtasıyla datalogger cihazına ileterek, depo içi anlık

sıcaklık ölçümleri alınmış ve cihazda kayıt altına alınmıştır. Elde edilen bulgular grafik haline getirilerek yorumlanmıştır. Sıcaklık ölçümü için kullanılan malzemeler;

1. Beş adet ısı sensörü (K tipi termokupl)
2. Veri kayıt cihazı (Datalogger)

5.2.4. Sıcaklık ölçme sensörü seçimi

Deney düzeneğinde sıcaklık ile birlikte termoelektriksel özellikleri nedeniyle elektron akımı oluşan K tipi termokupllar tercih edilmiştir. Bu termokupl oksitleyici ortamlarda tercih edilir. Termokupl, iki farklı metal alaşımın uçlarının kaynaklanması ile elde edilen bir sıcaklık ölçü elemanıdır. İki farklı metal veya ametalin sıcak ve soğuk uçları arasında sıcaklık farkına orantılı olarak mV değerlerinde gerilim çıkışı sapmaları verirler. Bu sapmalar dolayısıyla bir elektron akımı oluşur ve soğuk uça potansiyel fark meydana gelir.



Şekil 5.8. Sensörler

Deneylerde kullanılan sensörlerin özellikleri;

Tür: K Tipi

Renk: Gümüş Ton

Sensör Boyutları: 4 x 25mm

Pin Aralığı: 4mm

Kablo Uzunluğu: 50cm

Ölçüm Aralığı: 0 ° C-400 ° C

Termokupllar yapısal olarak incelendiğinde;
 Dış koruyucu kılıf,
 Bağlantı parçaları,
 Eleman telleri,
 İzolatörler,
 Klemens ve çeşitli aksesuarları ile bir bütündür.

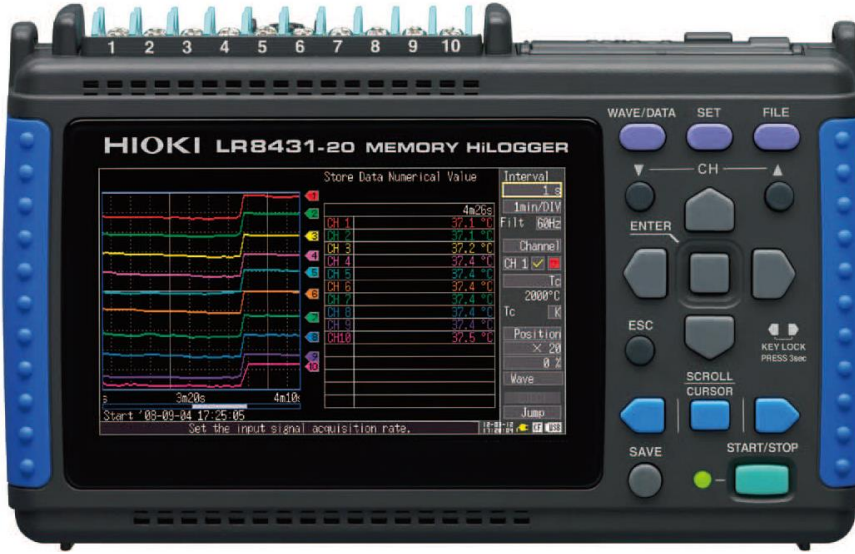


Şekil 5.9. Termokupllar

5.2.5. Veri kayıt cihazı (Datalogger)

Voltaj kayıt cihazı olarak HİOKİ DATALOGGER LR8431-20 serisi kullanılmıştır. Küçük ve kullanışlı yapısıyla kolaylıkla her ortamda kullanılabilir. 10 adet analog kanala sahip olmakla birlikte kanallar birbirinden izoledir. Her kanaldan gerilim ve sıcaklık ölçümü alabilir ve bu verileri aynı anda kayıt altına alabilir. Örnekleme 10 ms olması bakımından oldukça hızlı bir cihazdır. K tipi termokupl ile sıcaklık ölçerken LR8431-20, $\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ 'lik iyileştirilmiş doğruluk sağlamaktadır. Voltaj veya sıcaklık ölçüm ayarları her kanal için bağımsız olarak kurulabilir.

Anlık veri kaydı için programlandığında her dört kanalın frekansını sayabilmek ve ölçebilmek için kullanılır. Kayıt cihazı 12 aralıkta 20 mV ile 100 V arasındaki doğrudan bağlı olan voltajı ölçmek ve sıcaklığın ölçülmesi için termokupl için ayarlanabilir. K, J, E, T, N, R, S, B tipi termokupl tipleri için uygundur. $\pm 0.1\%$ hata payı 20 mV ile 100 V arasındaki voltaj değerlerini kayıt altına alabilir.



Şekil 5.10. Datalogger (Veri Kayıt Cihazı)

5.2.6. Isıtıcı rezistans seçimi

Rezistans seçiminde boylerin ortalama çalışma sıcaklıkları dikkate alınır. Boyler kazanımız 80 C° sıcaklıkta testlere tabii tutulacaktır. Boyler kazanı içerisindeki su ortalama 20 C° de bulunmaktadır. Deneylerde 3kW 220 voltluk monofaze bir rezistans seçimi yapılmıştır. Bu rezistans 20 C° de ki 100 litre suyu aşağıdaki formüle göre hesapladığımızda;

$$Q=m*c*\Delta T \quad (2)$$

m = 100 litre; 100/(60*X)

X = Rezistansın kazanı ısıtma süresi

c = 4,18 kJ/kg C° suyun öz ısısı

ΔT = Kazan içi su sıcaklığı ortalama 20 C°, Test su sıcaklığı 80 C° kabul edileceğinden; 60 C° dir.

$Q=m*c*\Delta T$ formülünde yerine konulduğunda; $3=100/(60*X)*4,18*60$

X burada yaklaşık; X = 135 Dk'dır.

Seçilen rezistans 1 ¼ inc boyutunda ve rekorlu olarak 304 Cr'dan imal edilmiştir. Toplam boyu 30 cm'dir.



Şekil 5.11. 3kW ısıtıcı rezistans

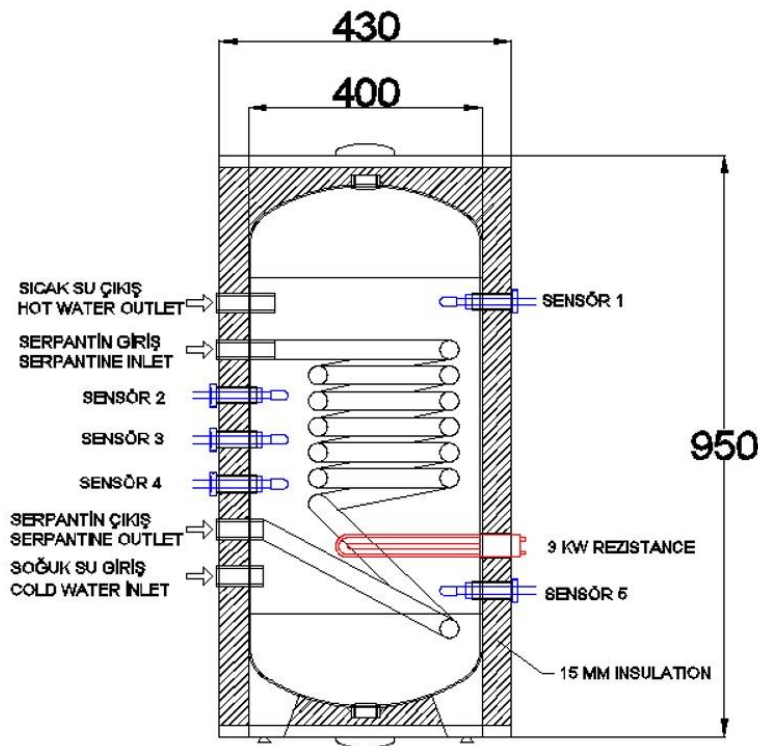
5.3. Deneylerin Yapılışı

Deneyler iki aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada serpantin kullanılmamış, yalıtım malzemelerinin davranışları gözlemlenmek üzere boyler kazanı rezistans vasıtasıyla 80 °C çalışma sıcaklığına getirilmiş ve soğumaya bırakılmıştır. Daha önceden kazan iç yüzeyine yerleştirilmiş termokupllar vasıtasıyla anlık sıcaklık ölçümleri alınmış ve değerler datalogger cihazında kayıt altına alınmıştır. Deney süresi 15 saat ile sınırlandırılmış olup elde edilen veriler ile grafik haline getirilmiştir.

İkinci aşamadaki deneylerde, serpantin borusu da dahil edilerek boyler şartlarında yalıtım malzemeleri test edilmiştir. İlk aşamadaki deneylerdeki gibi boyler, rezistans vasıtası ile 80 °C çalışma sıcaklığına getirilmiş ve serpantin şebeke hattına bağlanarak ortalama 0,095 kg/sn debi ile su akışı sağlanmıştır. Kazan içerisindeki sıcak suyun serpantinden geçen şebeke suyunu ısıtarak, ısı akışı sağladığı gözlemlenmiştir. Değerler datalogger cihazıyla kayıt altına alınmıştır. Deney süresi 50 dk ile sınırlı tutulmuş olup elde edilen bulgular grafik haline getirilmiştir.

5.3.1. Yalıtım performansı deneyleri

Bu deneylerin temel amacı, boylerlerde; sıcak suyun soğuma hızını yavaşlatıp azaltacak düzeyde, önceden belirlenmiş malzemelerden optimum olan yalıtım malzemesinin seçilmesidir. Seçilen bu malzemeye göre, ısı transferinin minimum, verimin yüksek olduğu ekonomik kazanların üretilmesi amaçlanmıştır.



Şekil 5.12. Boyler teknik resim

Deneylerde, yalıtım malzemelerinin, silindirik boyler kazanı yüzeyindeki performansları değerlendirilerek elde edilen veriler işlenerek grafik haline getirilmiştir. Yalıtım malzemelerinin kalınlığı 1,5 cm, toplamda 3 cm olarak belirlenmiş ve boyler kazanının dışı sırasıyla bu yalıtım malzemeleriyle kaplanmıştır. Isı transferinin minimuma indirmek, yalıtım malzemesinin dış etkenlerden koruyarak ömrünü uzatmak ve görsellik sağlaması açısından, malzemedan sonra toz boya yapılmış 0,60 mm'lik dış kılıf sacı bulunmaktadır. Belirlenen yalıtım malzemelerinin yanı sıra, boyler kazanı yalıtımsız olarak da teste tabii tutularak, yalıtımlı-yalıtımsız olarak sıcaklık farklarının kıyaslanması da amaçlanmıştır. Tüm testlerde deney ve ortam şartları aynı standartlarda tutulmuştur.

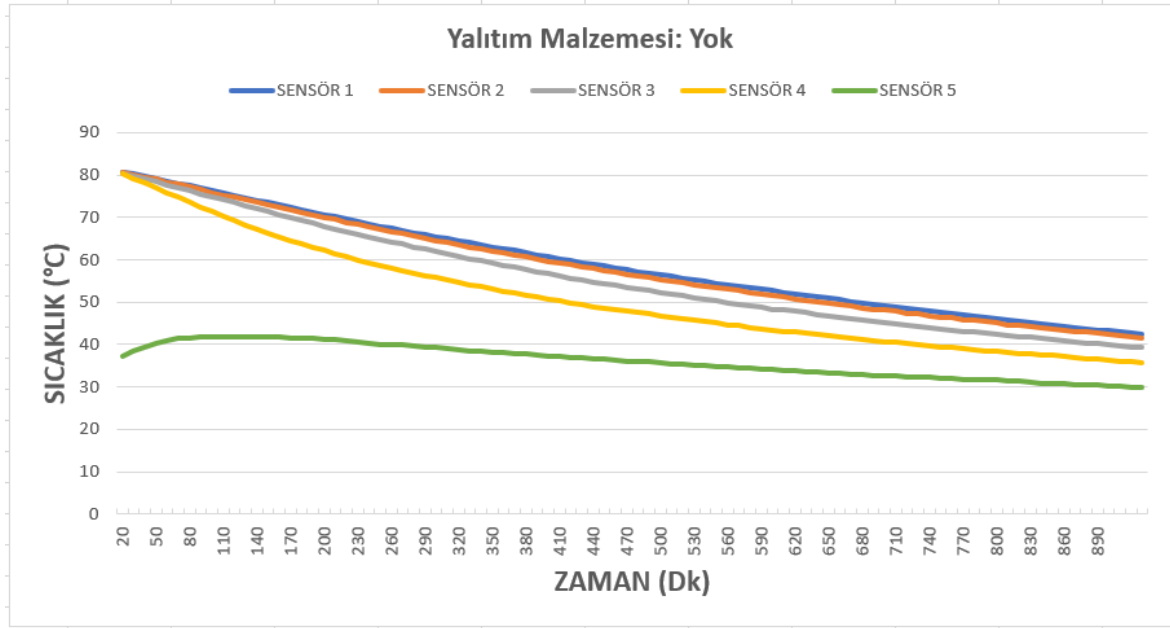
Yalıtımın kullanılmadığı deney

Boylar kazanının üretiminin ardından, yalıtım malzemesinin önemini vurgulamak ve yalıtılmamış haldeyken ki dışarıya olan ısı iletiminin gösterilerek kıyaslanabilmesi için ilk olarak hiçbir yalıtım malzemesi kullanılmadan, diğer deneylerle aynı koşulları taşıması açısından yalnızca etrafına dış kılıf sacı geçirilerek teste tabii tutulmuştur.



Şekil 5.13. Yalıtımın kullanılmadığı performans deneyler

K tipi termokupllar ile donatılan boyler kazanı, 3 kW rezistans ile, sensörlerden data logger ekranına aktarılan veriye göre, 80 C° sıcaklığa gelene kadar ısıtılmıştır. Şebekeden doldurularak ısıtmaya başlanan boyler kazanı yaklaşık 2 saat 15 dakika kadar bir sürede ısınmıştır. İstenilen su sıcaklığına gelen boyler kazanının ısıtma işlemi durdurularak, veri kayıt cihazının kayıt tuşuna basılmış, kazan soğumaya bırakılmıştır. 15 saat süren testte datalogger cihazı 10 dakikalık aralıklarla 90 adet ölçüm yapmıştır. Veriler kayıt cihazından flash bellek yardımıyla alınarak bilgisayar ortamında işlenmiş ve excel formatında sıcaklık ölçümleri gözlemlenmiştir. Bulgular yorumlanarak grafik haline getirilmiştir. Deney süresi boyunca çevre şartları sabit tutulmaya çalışılarak oda sıcaklığı 16,5 C° ölçülmüştür.



Şekil 5.14. Yalıtımsız boyler sıcaklık değerleri

Grafikteki bulgulara göre; 15 saat boyunca soğumaya bırakılan kazan zamanla soğuyarak 80 C°'den 30-40 C° dolaylarına düşmüştür. 5. sensör rezistansın altında olduğu için soğuk bölgede kalmıştır ve sıcaklık artışı fazla olmamıştır. Kazan içerisinde termal katmanlaşma görülmüştür. Deney sonucunda sensörlerden ölçülen sıcaklıklar yukarıdan aşağıya sırasıyla çizelgede gösterilmiştir. Ortalama sıcaklık değişiminin 42 C° olduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 5.2. Yalıtımsız boylerde sensörlerin sıcaklık farkları

SENSÖR	S1	S2	S3	S4	S5
BAŞLANGIÇ SICAKLIKLARI	80 C°				
SOĞUMA SICAKLIKLARI	42,8	41,8	39,5	35,9	30
ORTALAMA ΔT	42 C°				
DENEY SÜRESİ	15 SAAT				

Poliüretan yalıtımlı boyler deneyi

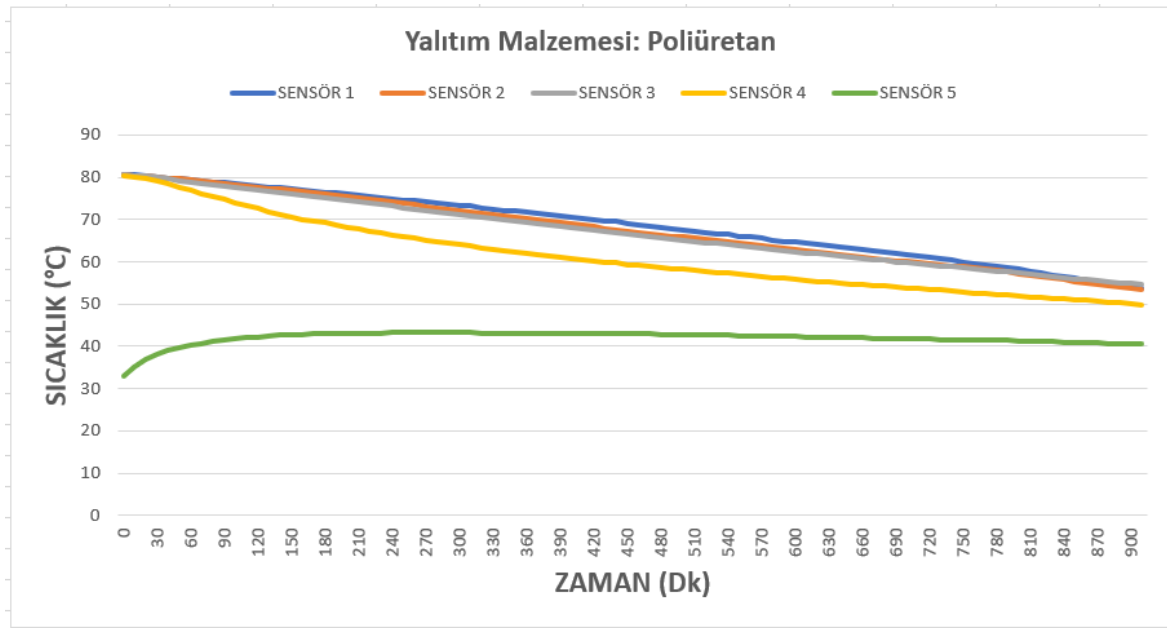


Şekil 5.15. Poliüretan yalıtımlı performans deneyler

Boyer kazanı imal edildikten sonra, reaksiyona girerek katı hale gelene kadar sıvı halde bulunan ve yüksek basınçlı makine yardımıyla enjekte edilecek olan poliüretanın, sızdırmazlığını sağlamak amacıyla manşon bölgelerine maskeleme yapılmıştır. Maskeleme işleminin ardından dış kılıf sacı geçirilen boyler kazanına üst kapak bölgesinden poliüretan enjekte edilerek, 1,5 cm kalınlığında yalıtım işlemi sağlanmıştır. Kullanıma hazır hale gelen boyler kazanı fabrika ve üniversite laboratuvar ortamında, sıcaklık ölçümü yapan K tipi termokupl düzeneği dahil edilerek deneye başlanmıştır. Termokuplların anlık sıcaklık ölçümü yapılabildiği düzenekte, bağlı oldukları datalogger cihazının ekranında, ısınan suyun yükselmesi mantığıyla, kazanın en üst bölmesindeki sensörde 80 C° görülmesiyle ısıtma işlemi durdurulmuştur. Şebeke suyu ile doldurulan boyler kazanı, 3 kW rezistans ile yaklaşık 2 saat 4 dakika kadar ısıtılarak 80 C°ye getirilmiştir.

Isıtma işleminin bitmesinin ardından datalogger cihazından kayıt tuşuna basılarak 10 dakikada 1 ölçüm yapacak şekilde cihaz ayarlanmıştır. Toplamda 15 saat ile sınırlandırılan deney, bu süre zarfında 90 adet ölçümü kayıt altına almıştır. Bu kayıtlar, datalogger cihazından excel formatında aktarılarak değişimler gözlemlenmiştir. Sonuçlar grafik haline getirilerek yorumlaması yapılmıştır.

Deney süresi boyunca çevre şartları sabit tutulmaya çalışılarak oda sıcaklığı 16,2 C° ölçülmüştür.



Şekil 5.16. Poliüretan yalıtımlı boyler sıcaklık değerleri

Grafikteki bulgulara göre; 15 saat boyunca soğumaya bırakılan boyler kazanı, zamanla soğuyarak 80 C°'den 40-55 C° dolaylarına düşmüştür. 5. sensör rezistansın altında olduğu için soğuk bölgede kalmıştır ve sıcaklık artışı fazla olmamıştır. Kazan içerisinde yine termal katmanlaşma görülmüştür. Deney sonucunda sensörlerden ölçülen sıcaklıklar yukarıdan aşağıya sırasıyla çizelge de gösterilmiştir. Ortalama sıcaklık değişiminin 29 C° olduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 5.3. Poliüretan yalıtımlı boylerde sensörlerin sıcaklık farkları

SENSÖR	S1	S2	S3	S4	S5
BAŞLANGIÇ SICAKLIKLARI	80 C°				
SOĞUMA SICAKLIKLARI	54,2	53,7	54,9	50,1	40,6
ORTALAMA ΔT	29 C°				
DENEY SÜRESİ	15 SAAT				

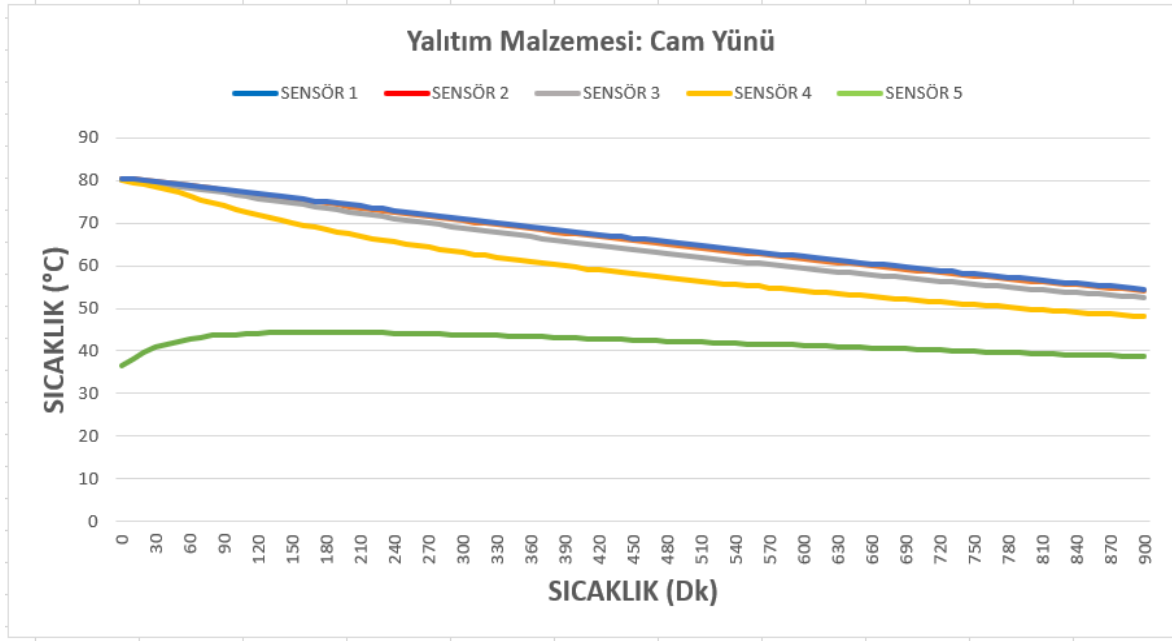
Cam yünü yalıtımlı boyler deneyi



Şekil 5.17. Cam yünü yalıtımlı performans deneyler

Deney şartlarının, tüm deneylerde aynı olması için 1,5 cm kalınlığında cam yünü temin edilerek, şebeke suyu ile dolu halde olan boyler kazanın etrafına sarılmış ve yalıtım malzemesinden sonra, kazana dış kılıf sacı geçirilerek ısı iletiminin azaltılması amaçlanmıştır.

3 kW rezistans ile yaklaşık 2 saat 10 dakikada 80 C°'ye getirilen boyler kazanı, diğer deneyler de olduğu gibi, datalogger cihazının kayıt tuşuna basılarak 15 saat kadar soğumaya bırakılmıştır. Bu süre sınırlarında k tipi termokupllar yardımıyla 10 dakikada bir adet ölçüm alarak yine toplamda 90 adet ölçüm kayıt altına alınmıştır. Alınan sonuçlar bilgisayar ortamında incelenerek sonuçlar üzerinde yorumlar yapılmıştır.



Şekil 5.18. Cam yünü yalıtımlı boyler sıcaklık değerleri

Yukarıdaki grafiğe göre; 80 C°'ye kadar ısıtıldıktan sonra, soğumaya bırakılan kazan, zamana bağlı olarak 15 saat süre sonunda, dışarıyla olan ısı transferi ile 40 ile 60 C° sıcaklıkları arasına düşmüştür. Isınan su yer değiştirerek, kazanın üst kısmına çıkmıştır. 5. Sensör ise rezistansın altında olduğundan dolayı sıcaklık artışında değişim çok az olmuştur. Diğer deneylerde olduğu gibi bu deneyde de boyler kazanında, termal katmanlaşma gözlemlenmiştir. Sensörlerin son sıcaklıkları aşağıdaki çizelge de sırası ile yukarıdan aşağıya doğru gösterilmiştir. Boyler ortalama sıcaklık değişiminin 31 C° olduğu tespit edilmiştir. Deney süresi boyunca çevre şartları sabit tutulmaya çalışılarak oda sıcaklığı 16,4 C° ölçülmüştür

Çizelge 5.4. Cam yünü yalıtımlı boylerde sensörlerin sıcaklık farkları

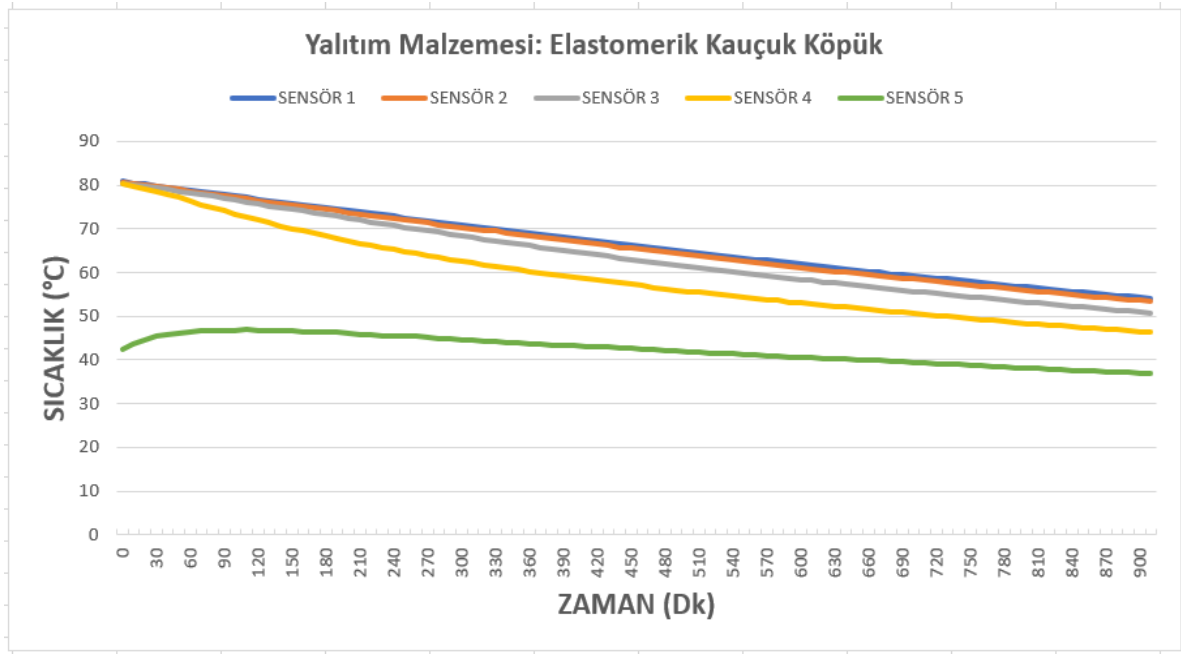
SENSÖR	S1	S2	S3	S4	S5
BAŞLANGIÇ SICAKLIKLARI	80 C°				
SOĞUMA SICAKLIKLARI	54,5	54,2	52,4	48	38,6
ORTALAMA ΔT	30,5 C°				
DENEY SÜRESİ	15 SAAT				

Elastomerik kauçuk köpüğü yalıtımlı boyler deneyi

1,5 cm kalınlığında elastomerik kauçuk köpüğü temin edildikten sonra, boyler kazanının çevresini dolanacak şekilde kesimi yapıp, kazanın etrafına donatılmıştır. Yalıtım malzemesinin yumuşak olması ve elastikiyetinin yüksek oluşu, kazanın donatılmasını kolaylaştırmıştır. Diğer yalıtım malzemelerinde olduğu gibi kauçuk köpüğünde de 100 litre su, 3 kW rezistans ile ısıtılarak yaklaşık 2 saat 12 dakikada 80 C° ye getirilmiş ve ısıtma işlemine son verilmiştir. Çıktılar flash bellek ile bilgisayar ortamına alınarak incelenmiş ve yorumlanarak grafik haline getirilmiştir.



Şekil 5.19. Elastomerik kauçuk köpüğü yalıtımlı performans deneyler



Şekil 5.20. Elastomerik kauçuk köpüğü yalıtımlı boyler sıcaklık değerleri

Grafik incelendiğinde, 15 saat süre boyunca soğumaya bırakılan boyler kazanı, zamana bağlı olarak soğuyarak 80 C°'den 40-60 C° dolaylarına düşmüştür. Yine 5. sensör rezistansın altında olduğundan dolayı soğuk bölgede kalmıştır ve sıcaklık değişiminde fazla bir fark olmamıştır.ve sıcaklık artışı fazla olmamıştır. Boyler içerisinde termal katmanlaşma olduğu tespit edilerek sonuçlar yorumlanmıştır. Deney sonucunda sensörlerden ölçülen sıcaklıklar yukarıdan aşağıya sırasıyla çizelgede gösterilmiştir. Ortalama sıcaklık değişiminin 31,5 C° olduğu gözlemlenmiştir. Deney süresi boyunca çevre şartları sabit tutulmaya çalışılarak oda sıcaklığı 16,8 C° ölçülmüştür.

Çizelge 5.5. Elastomerik kauçuk köpüğü yalıtımlı boylerde sensörlerin sıcaklık farkları

SENSÖR	S1	S2	S3	S4	S5
BAŞLANGIÇ SICAKLIKLARI	80 C°				
SOĞUMA SICAKLIKLARI	54,4	53,6	51,1	46,5	37
ORTALAMA ΔT	31,5 C°				
DENEY SÜRESİ	15 SAAT				

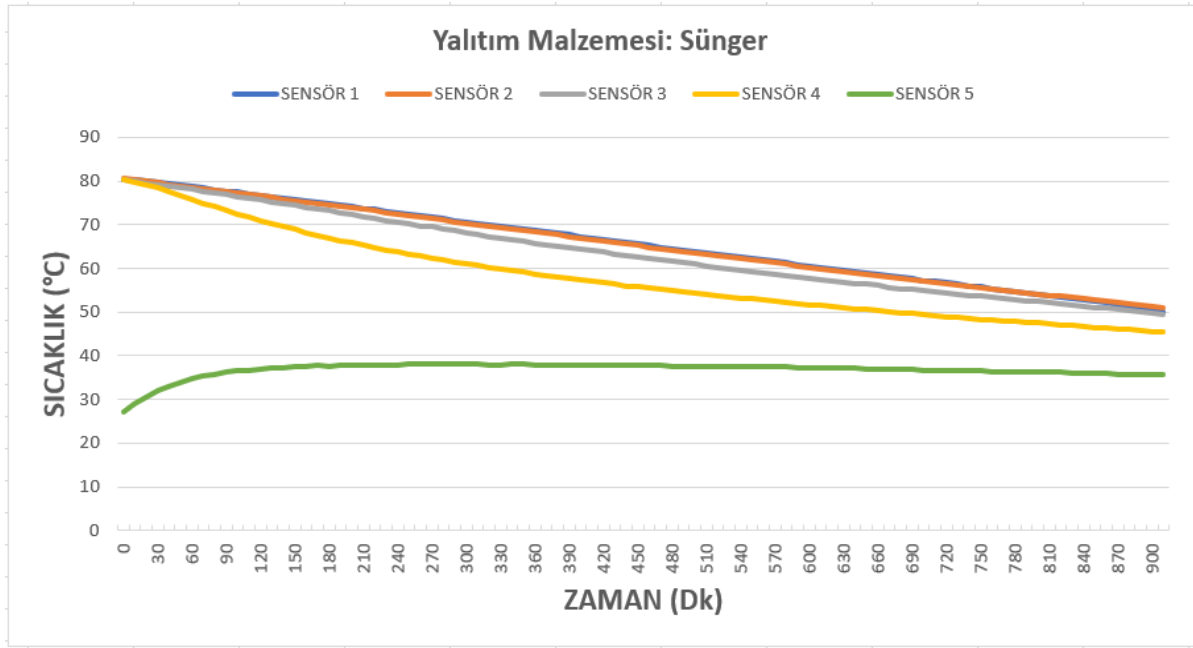
Sünger yalıtımlı boyler deneyi

Sünger yalıtımlı boyler deneyinde, yoğunluğu 15 dansite olan 1,5 cm kalınlığında sünger tercih edilmiştir. Boyler kazanı sünger ile kolayca yalıtılarak, dış kılıf sacı üzerine geçirilmiştir. 3 kW rezistans ile 80 C° ye kadar ısıtılan boyler kazanı, datalogger ekranında istenilen sıcaklık değerinin görülmesiyle ısıtma işlemine son verilmiştir.



Şekil 5.21. Sünger yalıtımlı performans deneyler

100 litrelik boyler kazanı sünger yalıtımıyla birlikte 2 saat 14 dakikalık bir sürede 80 C°ye ulaşmıştır. Deney süresi 15 saat ile sınırlandırılmış olup datalogger cihazı 10 dakikadır bir ölçüm aralığına göre toplamda 90 adet ölçümü kayıt altına almıştır. Sonuçlar bilgisayar ortamında incelenerek yorumlanmış ve grafik haline getirilmiştir.



Şekil 5.22. Sünger yalıtımlı boyler sıcaklık değerleri

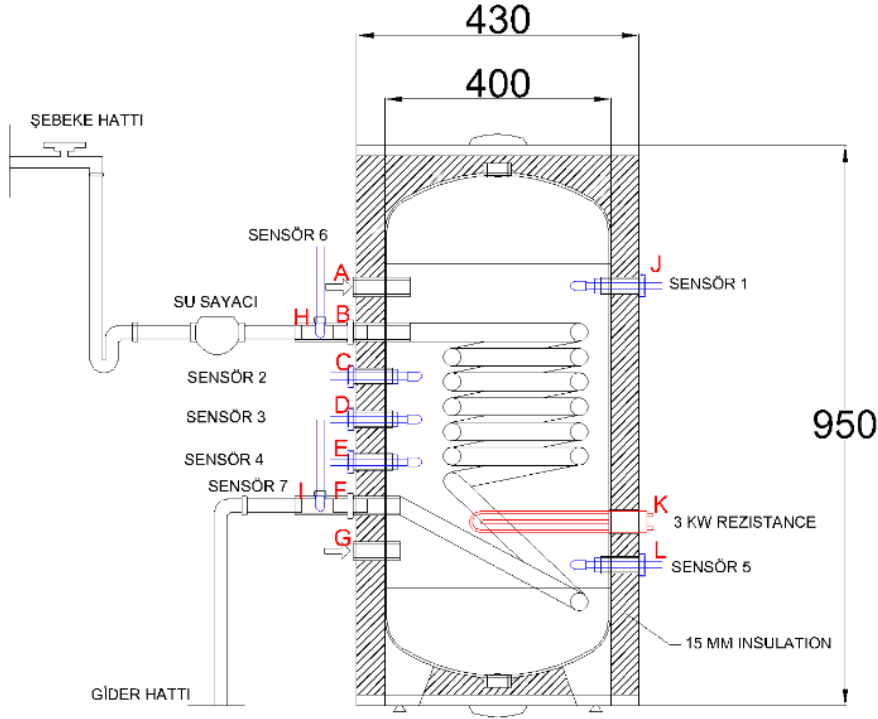
Elde edilen sonuçlara göre grafik yorumlandığında; 15 saat süre sonunda boylerin 80 C° dolaylarından 35 ile 50 C° dolaylarında düştüğü gözlemlenmiştir. 5. Sensör ısıtıcı rezistansın alt bölümünde olduğundan sıcaklık artışında fazla bir değişim olmamıştır. Isıtılan suyun hareketiyle kazanın üst bölümüne çıktığından ve soğuma esnasında yukarıdan aşağıya doğru soğuma gözlemlendiğinden termal katmanlaşmanın olduğu teyit edilmiştir. Deney sonunda sensörlerden ölçülen sıcaklıklar yukarıdan aşağıya sırasıyla aşağıdaki çizelge de gösterilmiştir. Ortalama sıcaklık değişiminin 42 C° olduğu gözlemlenmiştir. Deney süresi boyunca çevre şartları sabit tutulmaya çalışılarak oda sıcaklığı 16,6 C° ölçülmüştür.

Çizelge 5.6. Sünger yalıtımlı boylerde sensörlerin sıcaklık farkları

SENSÖR	S1	S2	S3	S4	S5
BAŞLANGIÇ SICAKLIKLARI	80 C°				
SOĞUMA SICAKLIKLARI	50,3	51,3	49,8	45,5	35,7
ORTALAMA ΔT	33,5 C°				
DENEY SÜRESİ	15 SAAT				

5.3.2. Serpantin kullanıldığı yalıtım performansı deneyleri

Bu deneylerin temel amacı ise, boyler şartlarında yalıtım malzemelerinin performansını incelemektir. Birinci aşamadaki deneylerde boyler kazanı sıcak su tankı biçiminde kullanılmış olup, bu deneylere spiral şeklindeki serpantin borusu da dahil edilmiş ve boyler kazanı deşarj durumunda kullanılarak teste tabii tutulmuştur.



A	SICAK SU ÇIKIŞ HOT WATER OUTLET	G	SOĞUK SU GİRİŞ COLD WATER INLET
B	SERPANTİN GİRİŞ SERPANTINE INLET	H	SENSÖR 6
C	SENSÖR 2	I	SENSÖR 7
D	SENSÖR 3	J	SENSÖR 1
E	SENSÖR 4	K	3 KW REZISTANCE
F	SERPANTİN ÇIKIŞ SERPANTINE OUTLET	L	SENSÖR 5

Şekil 5.23. Serpantin kullanılan boyler teknik resim

Şebeke hattı, suyun hızının ölçülebilmesi için araya su sayacı ilave edilerek serpantin girişine bağlanmıştır. Serpantin çıkışı ise gider hattına bağlanmıştır. Su sayacından belirlenen sürede ne kadar litre suyun geçtiği gözlemlenerek suyun kütleli debisi hesap edilmiş, deneylerden elde edilen sonuçlar neticesinde ortalama 0,095 kg/sn kütleli debi baz alınmıştır.

İlk aşamadaki deneylerdeki gibi boyler, rezistans vasıtası ile 80 °C çalışma sıcaklığına getirilmiş ve serpantin şebeke hattına bağlanarak ortalama 0,095 kg/sn kütleli debi ile içerisinde su akışı sağlanmıştır. Kazan içerisindeki sıcak suyun serpantinden geçen şebeke suyunu ısıtarak, ısı transferi sağladığı gözlemlenmiştir.

Bu deneylerde serpantin borusu içerisindeki akışkan ile kazan içerisindeki akışkan arasında hızlı ısı transferi gerçekleşmiştir ve ısınan sıcak suyun yukarıya çıkması mantığına göre, serpantin nüfuz etmediği tankın üst bombe kısmında sıcaklık düşümü çok az olmuştur.

K tipi termokupllar ile donatılan boyler kazanında ilk deneylerdeki sensörlere ilave olarak, serpantin girişi ve çıkışına da termokupl koyularak, sıcaklık değişimleri gözlemlenmiştir.

Yalıtım malzemelerinin kalınlığı 1,5 cm, toplamda 3 cm olarak belirlenmiş ve boyler kazanının dışı sırasıyla bu yalıtım malzemeleriyle kaplanmıştır. Isı transferinin minimuma indirmek, yalıtım malzemesinin dış etkenlerden koruyarak ömrünü uzatmak ve görsellik sağlaması açısından, malzemedan sonra toz boya yapılmış 0,60 mm'lik dış kılıf sacı bulunmaktadır.

Değerler datalogger cihazıyla kayıt altına alınmıştır. Deney süresi 50 dk ile sınırlı tutulmuş olup elde edilen bulgular grafik haline getirilmiştir. Tüm testlerde deney ve ortam şartları aynı standartlarda tutulmuştur.

Yalıtımın kullanılmadığı serpantinli deney

Üretimi yapılan boyler kazanı, yalıtımsız bir biçimde, üzerine 0.60 mm'lik dış kılıf sacı geçirilerek deneye hazır hale getirilmiştir. K tipi termokupllar ile donatılan boyler kazanı gerçek boyler şartlarında test edilebilmek için serpantin borusu da kullanılmıştır. Bu deneyin amacı, yalıtımsız haldeki boyler şartlarında çalışan kazan ile yalıtımlı boyler kazanlarının kıyaslamasını yapmaktır. Şebeke hattı ile serpantin girişi arasına konulan mekanik su sayacı ile deney süreci boyunca serpantinden geçen su miktarı kayıt altına alınarak kütleli akış hızının hesaplanması sağlanmıştır.

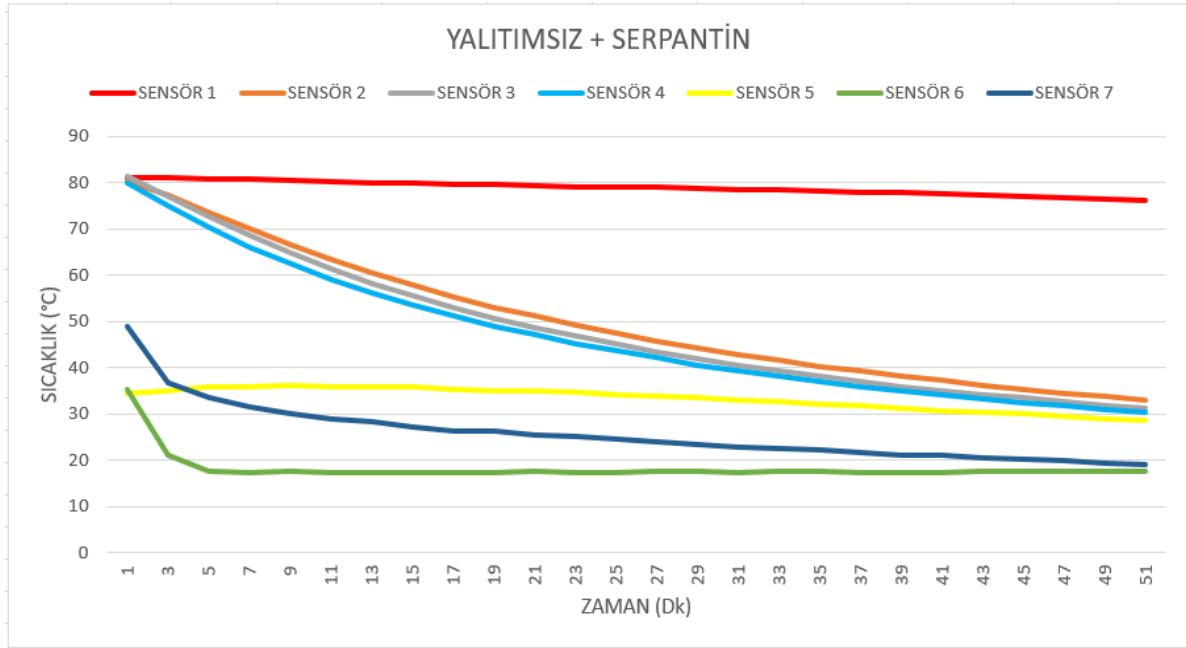
İlk aşamadaki deneylere ek olarak serpantin kullanıldığı deneylerde, serpantin giriş ve çıkış kısmına da K tipi termokupllar ilave edilerek test sürdürülmüştür. Böylelikle kazan içindeki su ile serpantinden geçen su arasındaki sıcaklık değişimleri, dolayısıyla ısı iletimini görmek amaçlanmıştır.

3 kW rezistans ile ısıtılmaya başlanan 100 litrelik boyler kazanı, datalogger cihazı ekranından sensörlerin 80 C° göstermesiyle ısıtma işlemi bitirilmiştir. Isıtma işleminin bitirilmesinin ardından datalogger cihazının kayıt tuşuna basılarak şebeke hattı açılmıştır. Şebeke hattından ortalama bir debiyle geçen soğuk akışkan ile boyler kazanı içerisindeki sıcak su arasındaki ısı transferi gözlemlenmiştir.



Şekil 5.24. Serpantin kullanılan yalıtımsız performans deneyler

Datalogger cihazı her bir dakikada bir ölçüm alma aralığına ayarlanarak veriler anlık olarak incelenmiştir. Deney süresi 50 dakika ile sınırlı tutulmuş ve kaydedilen veriler dijital ortama alınarak yorumlanmış, grafik haline getirilmiştir.



Şekil 5.25. Serpantin kullanılan yalıtımsız boiler sıcaklık değerleri

Serpantin kullanıldığı yalıtım deneylerinde, yalıtımlı deneyler ile kıyas edebilmek ve yalıtımın önemini görmek için ilk önce yalıtım malzemesi kullanılmadan yapılan deney sonuçlarına göre oluşturulan grafik yorumlandığında 50 dakika süre sonucunda; sıcaklığın boiler kazanının en üst bölgesinde değişim olmadığı, serpantin borusunun nüfuz ettiği diğer sensörlerin bölgelerinde hızlı bir sıcaklık düşümünün olduğu gözlemlenmiştir. 5. sensör ısıtıcı rezistansın alt bölgesinde kaldığından ve kazanın en alt kısmında olduğundan, o bölgede sıcaklık değişimi fazla olmamıştır. 6. Sensör şebeke hattına bağlı olduğundan sıcaklık 4. Dakikadan itibaren sabit dörnerek sabit bir sıcaklıkta akış olmuştur. Serpantin çıkış sıcaklığı olan 7. Sensör de ise, kazanın içerisinde ki 80 C°'ye ulaşmış su ile aralarında ısı transferi gerçekleşmesi sonucunda zamanla kazan içerisinde ki suyla birlikte, çıkış suyu sıcaklığında soğudu gözlemlenmiştir. Deney sonunda sensörlerden ölçülen sıcaklıklar yukarıdan aşağıya sırasıyla aşağıdaki çizelge de gösterilmiştir. Ortalama sıcaklık değişiminin 40 C° olduğu gözlemlenmiştir. Serpantin ortalama sıcaklık değişiminin ise 16,3 C° olduğu görülmüştür. Deney süresi boyunca çevre şartları sabit tutulmaya çalışılarak oda sıcaklığı 24 C° ölçülmüştür.

Çizelge 5.7. Serpantin kullanılan yalıtımsız boylerde sensörlerin sıcaklık farkları

SENSÖR	S1	S2	S3	S4	S5
BAŞLANGIÇ SICAKLIKLARI	80 C°				
SOĞUMA SICAKLIKLARI	76,3	33	31,2	30,4	28,6
ORTALAMA ΔT	40,1 C°				
DENEY SÜRESİ	50 DAKİKA				

Çizelge 5.8. Yalıtımsız boylerde serpantin sıcaklık farkları

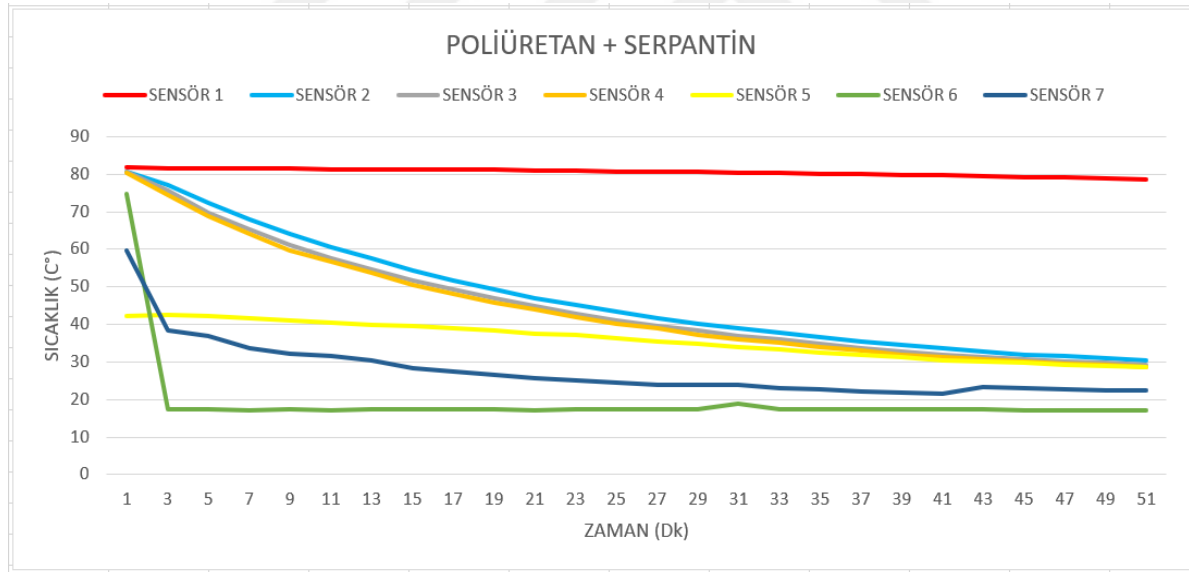
SENSÖR	S6 SERP. GİRİŞ	S7 SERP. ÇIKIŞ
BAŞLANGIÇ SICAKLIKLARI	20,2	40
SOĞUMA SICAKLIKLARI	17,5	19
ORTALAMA ΔT	10,6 C°	
DENEY SÜRESİ	50 DAKİKA	

Poliüretan yalıtımlı serpantinli deney

1,5 cm kalınlığında poliüretan köpük ile yalıtımı sağlanan boyler kazanına ilave sensörler eklenerek deney aşamasına geçilmiştir. Kazanın içerisindeki su sıcaklığı 80 C°ye getirilinceye kadar rezistans çalışmış ve bu süre zarfı yaklaşık 2 saat sürmüştür. Rezistansın kapatılmasının ardından datalogger kayıt tuşuna basılarak her bir dakikada bir ölçüm alacak şekilde cihaz ayarlanmıştır. Ardından şebeke hattı açılarak serpantinden soğuk akışkan geçirilmiştir. 50 dakika sonunda deney sonlandırılarak veriler flash bellek ile bilgisayar ortamında incelenmiş ve bulgular grafik haline getirilmiştir.



Şekil 5.26. Serpantin kullanılan poliüretan yalıtımlı performans deneyler



Şekil 5.27. Serpantin kullanılan poliüretan yalıtımlı boyler sıcaklık değerleri

Serpantinli yalıtım deneylerinde, deney sonuçlarına göre oluşturulan grafik çıktısından bilgiler doğrultusunda; 50 dakika süren deneyde, sıcaklığın serpantin nüz ettiğı bölgelerde azaldığı ve serpantin ile boyler kazanı içerisindeki 80 C°'lık sıcak su arasında ısı transferi olduğu gözlemlenmiştir. Boylerin en üst bölgesinde sıcaklık düşümünün çok az seviyede olduğu tespit edilmiştir. 5 numaralı sensör, ısıtıcı rezistansın altında soğuk bölgede kaldığından burada da sıcaklık değişiminin fazla olmadığı görülmüştür. 6 numaralı sensör,

serpantin giriş hattı olduğundan ve şebek hattına bağlı olduğundan başlardan itibaren stabil bir sıcaklıkta ilerlemiştir. 7 numaralı sensör ise serpantin çıkış suyu sıcaklığıdır ve boyler kazanının içerisindeki suyunda zamana bağlı olarak soğuması ve serpantinden geçen suyu ısıtamamasıyla soğuyarak sıcaklığı düşmüştür. Deney sonunda sensörlerden ölçülen sıcaklıklar yukarıdan aşağıya sırasıyla aşağıdaki çizelge de gösterilmiştir. Ortalama sıcaklık değişiminin 40 C° olduğu gözlemlenmiştir. Serpantin ortalama sıcaklık değişiminin ise $16,6\text{ C}^\circ$ olduğu görülmüştür. Deney süresi boyunca çevre şartları sabit tutulmaya çalışılarak oda sıcaklığı 24 C° ölçülmüştür.

Çizelge 5.9. Serpantin kullanılan poliüretan yalıtımlı boylerde sensörlerin sıcaklık farkları

SENSÖR	S1	S2	S3	S4	S5
BAŞLANGIÇ SICAKLIKLARI	80 C°				
SOĞUMA SICAKLIKLARI	78,7	30,4	29,2	28,7	28,5
ORTALAMA ΔT	40,9 C°				
DENEY SÜRESİ	50 DAKİKA				

Çizelge 5.10. Poliüretan yalıtımlı boylerde serpantin sıcaklık farkları

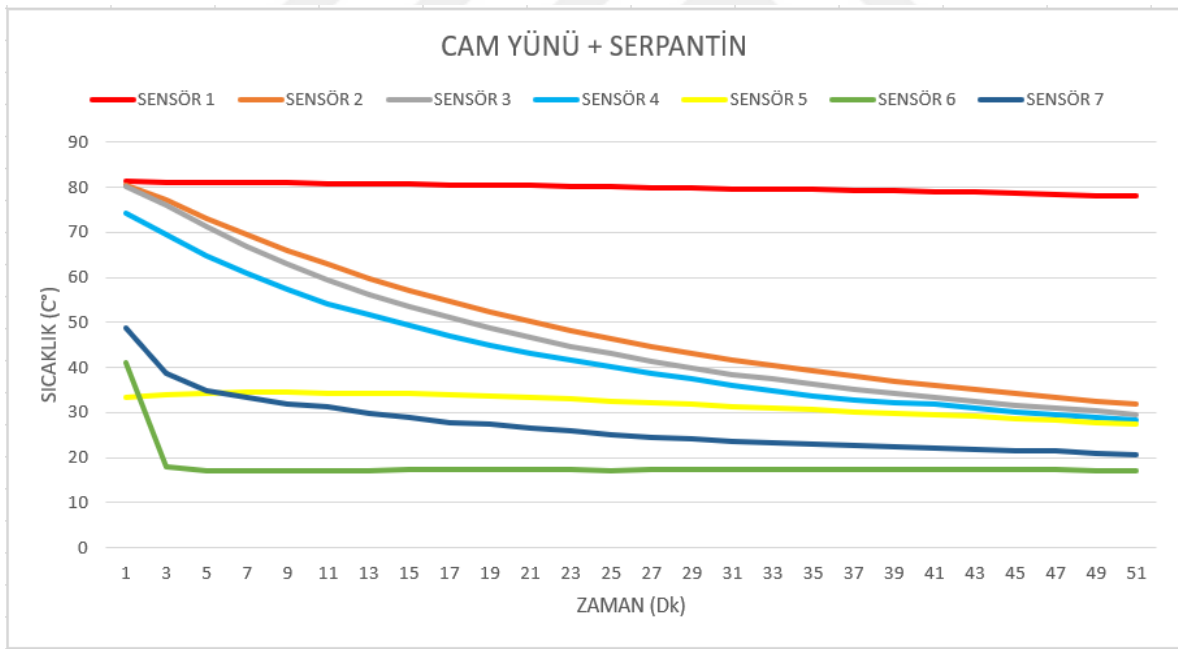
SENSÖR	S6 SERP. GİRİŞ	S7 SERP. ÇIKIŞ
BAŞLANGIÇ SICAKLIKLARI	17	42,5
SOĞUMA SICAKLIKLARI	17,2	22,3
ORTALAMA ΔT	15,3 C°	
DENEY SÜRESİ	50 DAKİKA	

Cam yünü yalıtımlı serpantinli deney

Diğer deneylerde olduğu gibi bu deneyde de sabit şartlar baz alınarak 1,5 cm kalınlığında cam yünü malzemesi, boyler kazanı etrafına sarılarak yalıtım elde edilmiştir. Yalıtımdan sonra dış kılıf sacı da eklenerek kazanın çevre şartlarından etkilenmesi önlenmiştir. K tipi sıcaklık ölçüm mekanizmasıyla donatılan boyler, 3 kW'lık rezistans ile 2 saat 5 dakika kadar bir sürede 80 C° 'ye kadar ısıtıldıktan sonra, şebeke hattından gelen soğuk su serpantinden geçirilmiştir. Kazan içerisindeki su sıcaklıklarındaki ve serpantin çıkış su sıcaklığındaki değişimler sensörler yardımıyla datalogger cihazında kayıt edilmiş, 50. dakikanın sonunda deney sonlandırılmıştır. Bulgular dijital ortamda incelenerek yorumlaması yapılmıştır.



Şekil 5.28. Serpantin kullanılan cam yünü yalıtımlı performans deneyler



Şekil 5.29. Serpantin kullanılan cam yünü yalıtımlı boyler sıcaklık değerleri

Cam yünü yalıtım malzemesinin kullanıldığı serpantinli deneyde, elde edilen bulgular doğrultusunda grafik yorumlandığında; 50. Dakikanın sonunda, serpantin nüzuf ettiği bölgedeki sensörlerin ölçtüğü sıcaklıklar düşerek, ısı transferinin gerçekleştiğini göstermiştir. 80 C° sıcak su, şebeke hattından beslenen serpantinden geçişin sağlanmasıyla zamana bağlı olarak soğuma göstererek, şebeke su sıcaklığına yaklaşmıştır.

Isınan suyun hareketiyle boylerin en üst kısmı sıcak kalarak, soğumanın çok az olduğu gözlemlenmiştir. 5 numaralı sensör, ısıtıcı rezistansın altında kaldığından burada ısınma ve soğumanın çok az derecede olduğu tespit edilmiştir. Şebeke hattından gelen suyun sıcaklığı 4. Dakikadan itibaren stabilleşerek bu doğrultuda seyretmiştir. 7 numaralı sensör, serpantin çıkış suyu sıcaklığıdır ve zamana bağlı olarak, kazan içerisindeki suyun soğumasıyla birlikte o da soğumuştur. Deney sonunda sensörlerden ölçülen sıcaklıklar yukarıdan aşağıya sırasıyla aşağıdaki çizelgede gösterilmiştir. Ortalama sıcaklık değişiminin $41\text{ }^{\circ}\text{C}$ olduğu gözlemlenmiştir. Serpantin ortalama sıcaklık değişiminin ise $15,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ olduğu görülmüştür. Deney süresi boyunca çevre şartları sabit tutulmaya çalışılarak oda sıcaklığı $24\text{ }^{\circ}\text{C}$ ölçülmüştür.

Çizelge 5.11. Serpantin kullanılan cam yünü yalıtımlı boylerde sensörlerin sıcaklık farkları

SENSÖR	S1	S2	S3	S4	S5
BAŞLANGIÇ SICAKLIKLARI	80 $^{\circ}\text{C}$				
SOĞUMA SICAKLIKLARI	78	31,9	29,6	28,3	27,3
ORTALAMA ΔT	41 $^{\circ}\text{C}$				
DENEY SÜRESİ	50 DAKİKA				

Çizelge 5.12. Cam yünü yalıtımlı boylerde serpantin sıcaklık farkları

SENSÖR	S6 SERP. GİRİŞ	S7 SERP. ÇIKIŞ
BAŞLANGIÇ SICAKLIKLARI	20,4	40,2
SOĞUMA SICAKLIKLARI	17,1	20,5
ORTALAMA ΔT	11,6 $^{\circ}\text{C}$	
DENEY SÜRESİ	50 DAKİKA	

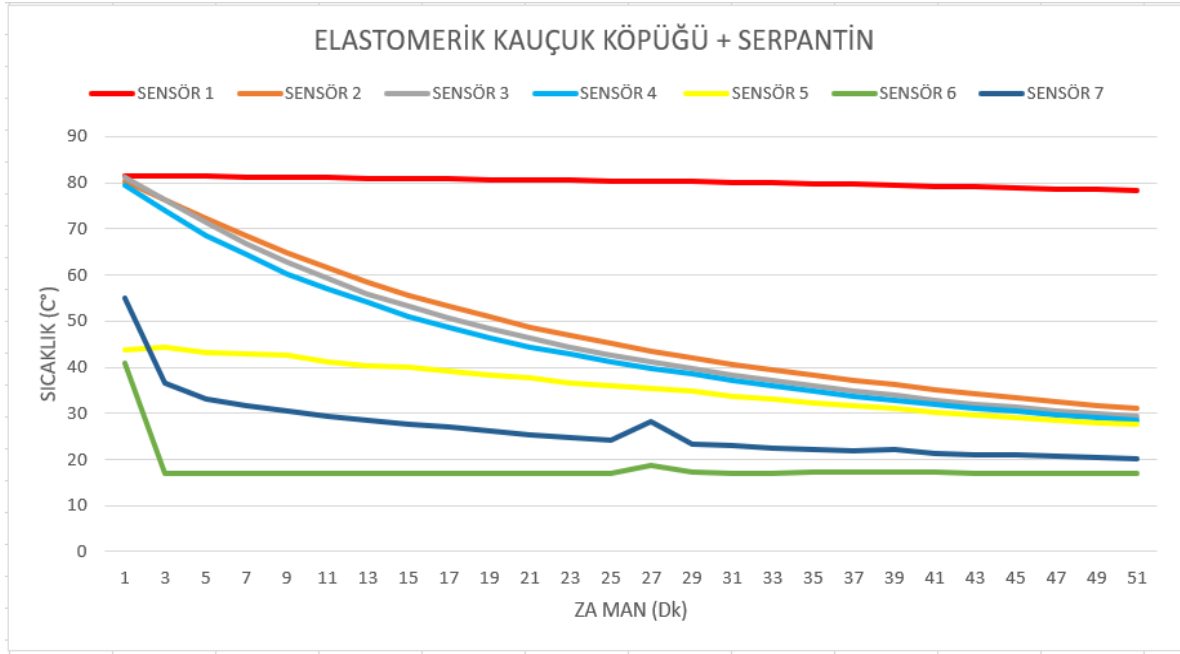
Elastomerik kauçuk yalıtımlı deney

Elastomerik kauçuk köpüğü, yumuşak dokusu ve kolay şekil alabilirliği ile kolayca boyler kazanı çevresine, açık yer kalmayacak şekilde kaplanmış ve yalıtım sağlanmıştır. Aynı deney şartlarının sağlanması açısından en son dış kılıf sacı ile muhafaza edilen boyler, rezistansın çalıştırılmasıyla 2 saat 9 dakika kadarlık bir zamanda $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ deney sıcaklığına getirildikten sonra ısıtma işlemine son verilmiştir.

Veri kayıt cihazının çalıştırılmasının ardından şebeke hattına bağlı olan boyler, serpantininden su geçirilerek deneye başlanmıştır. Her dakika başında termokupllar vasıtasıyla ölçüm alan data logger, verileri kaydederek işlenmesini sağlamıştır. 50. dakikada sonlandırılan deneyde serpantinden çıkan su gider hattına bağlanmış, sıcaklık değişimleri gözlemlenmiştir. Bulgular grafik haline getirilmiş ve diğer deney sonuçlarıyla kıyaslaması yapılmıştır.



Şekil 5.30. Sertantin kullanılan elastomerik kauçuk köpüğü yalıtımlı performans deneyler



Şekil 5.31. Serpantin kullanılan elastomerik kauçuk köpüğü yalıtımlı boyler sıcaklık değerleri

Elastomerik kauçuk köpüğünün ve serpantin kullanıldığı deneyde, datalogger cihazından elde edilen bulgular doğrultusunda hazırlanan grafik yorumlandığında; diğer deneylere olduğu gibi bu deneyde de serpantin nüfuz ettiği bölgelerde sıcaklık değişimleri hız bir şekilde olurken, boylerin üst bombe kısmında, sıcaklık düşümünün çok az seviyede olduğu gözlemlenmiştir. 5 numaralı sensör diğer deneylerde olduğu gibi bunda da ısıtıcı rezistansın altındaki bölgede olduğundan, sıcaklık artışında ve azalışında değişim çok büyük olmamıştır. 6 numaralı sensör şebeke hattının serpantin giriş hattına bağlı olduğu yerdedir ve şebeke suyu sıcaklığı 4. Dakikadan itibaren sabitlenerek deney süresi boyunca aynı çizgide ilerlemiştir. 7 numaralı sensör ise serpantin çıkış hattına bağlıdır ve burada ki sıcaklık değişimi, kazan içerisinde ki 80 C° su ile ısı alışverişi sonucu zamana bağlı olarak soğuyarak, şebeke hattı su sıcaklığına yaklaşmıştır. Deney sonunda sensörlerden ölçülen sıcaklıklar yukarıdan aşağıya sırasıyla aşağıdaki çizelgede gösterilmiştir. Ortalama sıcaklık değişiminin 41,5 C° olduğu gözlemlenmiştir. Serpantin ortalama sıcaklık değişiminin ise 17,5 C° olduğu görülmüştür. Deney süresi boyunca çevre şartları sabit tutulmaya çalışılarak oda sıcaklığı 24 C° ölçülmüştür.

Çizelge 5.13. Serpantin kullanılan elastomerik kauçuk köpüğü yalıtımlı boylerde sensörlerin sıcaklık farkları

SENSÖR	S1	S2	S3	S4	S5
BAŞLANGIÇ SICAKLIKLARI	80 C°				
SOĞUMA SICAKLIKLARI	78,3	31,1	29,3	28,5	27,6
ORTALAMA ΔT	41,05 C°				
DENEY SÜRESİ	50 DAKİKA				

Çizelge 5.14. Elastomerik kauçuk köpüğü yalıtımlı boylerde serpantin sıcaklık farkları

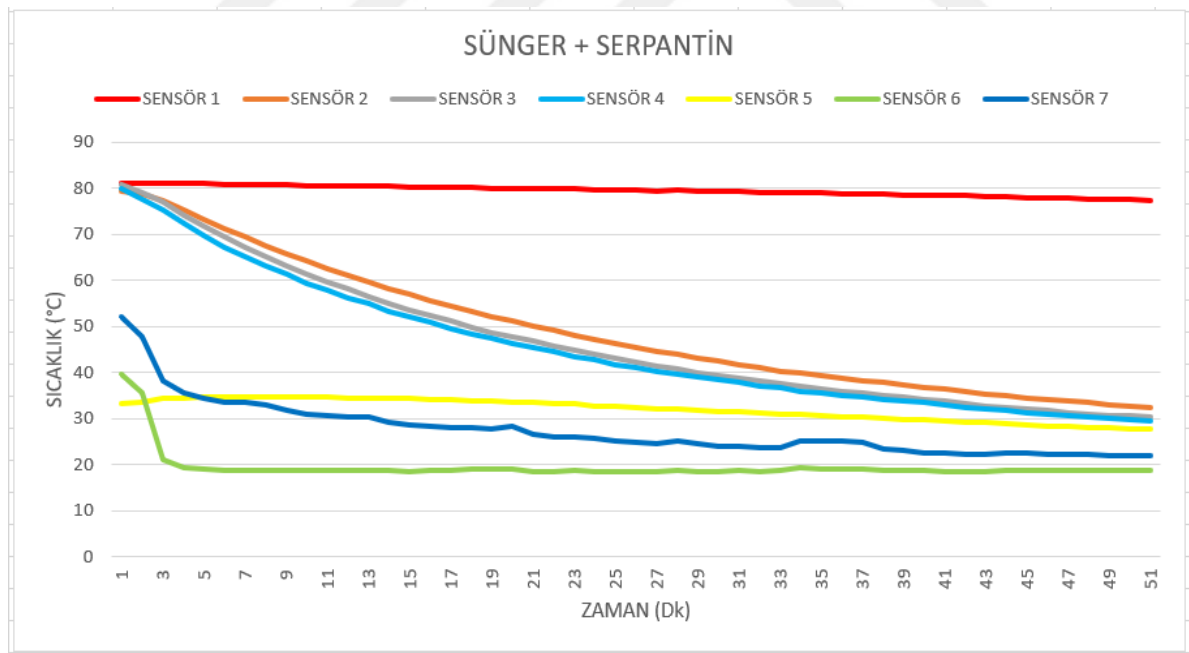
SENSÖR	S6 SERP. GİRİŞ	S7 SERP. ÇIKIŞ
BAŞLANGIÇ SICAKLIKLARI	17,3	41
SOĞUMA SICAKLIKLARI	17,1	20,2
ORTALAMA ΔT	13,4 C°	
DENEY SÜRESİ	50 DAKİKA	

Sünger yalıtımlı serpantinli deney

Kolay bulunabilirliği ve ekonomik oluşu aynı zamanda ısı yalıtımında da tercih edilebilir düzeyde olan sünger malzemesi, boyler kazanın çevresini kaplayacak ebatlarda kesilerek boyler kazanına donatılması sağlanmıştır. Yoğunluğu 15 dansite olan 1,5 cm kalınlığındaki sünger ile kaplanan boyler, rezistans vasıtasıyla 2 saat 15 dakikalık bir sürede 80 C°'ye getirilmiş ardından rezistans kapatılmıştır. Dataloggerın kayıt tuşuna basılmasının ardından şebeke hattının açılmasıyla serpantinden soğuk su geçirilmiştir. Boyler içerisindeki ve serpantin çıkışındaki suyun sıcaklıklarındaki değişim gözlemlenerek kayıt altına alınmıştır. Geçen 50 dakikanın ardından deney sonlandırılarak sonuçlar değerlendirilmeye alınmıştır. Veriler grafik haline getirilerek yorumlanmış ve diğer yalıtım malzemelerindeki sıcaklık değişimleriyle kıyaslanmıştır.



Şekil 5.32. Serpantin kullanılan sünger yalıtımlı performans deneyler



Şekil 5.33. Serpantin kullanılan sünger yalıtımlı boyler sıcaklık değerleri

Serpantin kullanıldığı sünger yalıtımlı boyler deneyinden çıkan sonuçlar doğrultusunda oluşturulan grafik yorumlandığında; 1 numaralı sensörün olduğu bölgeye serpantin etkisi çok az olduğundan sıcaklık düşümü çok az olmuştur. 50 dakika süren deneyde 2, 3 ve 4 nolu sensörlerin olduğu bölgeye serpantin borusu direkt nüfuz ederek bu bölgedeki sıcak suyla

aralarında ısı alışverişinin olduğu gözlemlenmiştir. Bu ısı alışverişinin sonucuna 6 numaralı sensörden giren şebeke hattı su sıcaklığının 7 numaralı sensörden ısınmış bir şekilde çıktığını görerek varabiliriz. 6 numaralı sensörden giren suyun sıcaklığı 4. Dakikadan itibaren stabil bir sıcaklığa ulaşarak akış gösterdiği görülmüştür. 5 numaralı sensör ise ısıtıcı rezistans altında kaldığından ve ısınan suyun hareket ederek yükselmesinden dolayı bu bölgede sıcaklık değişimi az seviyede olmuştur. Deney sonunda sensörlerden ölçülen sıcaklıklar yukarıdan aşağıya sırasıyla aşağıdaki çizelgede gösterilmiştir. Ortalama sıcaklık değişiminin $40,5\text{ C}^\circ$ olduğu gözlemlenmiştir. Serpantin ortalama sıcaklık değişiminin ise $17,5\text{ C}^\circ$ olduğu görülmüştür. Deney süresi boyunca çevre şartları sabit tutulmaya çalışılarak oda sıcaklığı 24 C° ölçülmüştür.

Çizelge 5.15. Serpantin kullanılan sünger yalıtımlı boylerde sensörlerin sıcaklık farkları

SENSÖR	S1	S2	S3	S4	S5
BAŞLANGIÇ SICAKLIKLARI	80 C°				
SOĞUMA SICAKLIKLARI	77,5	32,4	30,2	29,5	27,6
ORTALAMA ΔT	40,5 C°				
DENEY SÜRESİ	50 DAKİKA				

Çizelge 5.16. Sünger yalıtımlı boylerde serpantin sıcaklık farkları

SENSÖR	S6 SERP. GİRİŞ	S7 SERP. ÇIKIŞ
BAŞLANGIÇ SICAKLIKLARI	23,3	38,3
SOĞUMA SICAKLIKLARI	18,8	21,9
ORTALAMA ΔT	9,05 C°	
DENEY SÜRESİ	50 DAKİKA	

6. MATEMATİKSEL HESAPLAMALAR

İki deney grubu şeklinde yapılan deneylerde, ilk grupta yalıtım malzemelerinin performanslarını incelemek üzere boyler kazanı sıcak su tankı şeklinde kullanılmış ve 80 C° sıcaklığa kadar ısıtılan 100 lt su, 15 saat süre boyunca soğutulmaya bırakılmış ve sensörler vasıtasıyla sıcaklık değişimlerinin ölçümleri yapılarak kayıt altına alınmıştır. İlk deney grubundan elde edilen veriler doğrultusunda boylerden dışarıya ne kadar ısı geçiş miktarı olduğunu hesaplamak için EES (Engineering Equation Solver) programı kullanılmıştır. Her deney için ayrı ayrı olarak kullanılan EES çıktıları, programa girilen verilerin matematiksel kodlamaları sonucu ortaya çıkmıştır.

İkinci deney grubunda serpantin borusunun da dahil edilerek boyler şartlarında yalıtım performansı testleri yapılan deneylerde, serpantin giriş ve çıkışına ilave iki adet sıcaklık ölçüm sensörünün eklenmesiyle elde edilen veriler sonucu, matematiksel kodlamaların EES programına girilmesiyle serpantinden olan ısı geçişinin hesaplanması amaçlanmıştır. 50 dakika süren ikinci grup deneylerinde her yalıtım malzemesi için ayrı ayrı olarak EES programı kullanılarak hesaplama işlemi yapılmıştır.

6.1. Yalıtım Performansı Deneyleri Hesaplamaları

$Q=m \cdot c \cdot \Delta T$ formülünün kullanılarak boyler kazanının soğuma miktarı olan ısıların hesaplaması yapılmıştır. C'yi sıcaklığa bağlı olarak bulmamız gerekmektedir. 100 lt'lik boyler kazanı kullanıldığından burada $m=100 \text{ kg}$ 'dır. Tankın iç basıncı ortam basıncına yakın olarak $P=100 \text{ kPa}$ kabul edilmiştir. T sıcaklığı ise kazan içerisindeki sensörlerin ortalama sıcaklık değeridir. Q_{Kay} bulunurken birimi kW olduğundan saniyeye bölmemiz gerekmektedir.

6.1.1. Yalıtımın kullanılmadığı boyler deneyi hesaplamaları

Diğer yalıtım malzemelerinin kullanıldığı deneyler ile kıyas yapmak ve yalıtım performanslarını daha iyi görebilmek için yapılan yalıtımsız deneyde, 15 saat (900 dakika) süre boyunca her 10 dakikada bir alınan verilerin hesaplamasını kolaylaştırmak ve hesaplama adedini azaltmak için 10 dakikalık aralık azaltılarak her 30 dakikada bir alınan verilerin hesaplaması yapılmıştır. Toplamda 30 adet hesaplama sütunu oluşturulmuş ve

hesaplama denklemlerinde boyler içerisinde 5 adet K tipi sıcaklık ölçümü alan sensörlerin ortalama sıcaklık değerleri alınarak kullanılmıştır.

$$\{T_{ortt0}=71,92$$

$$T_{ortt1}=70,78\}$$

$$P1=100 \text{ kPa}$$

$$T1=(T_{ortt0}+T_{ortt1})/2$$

$$C=CV(\text{Water}; T=T1; P=P1)$$

$$m=100 \text{ kg}$$

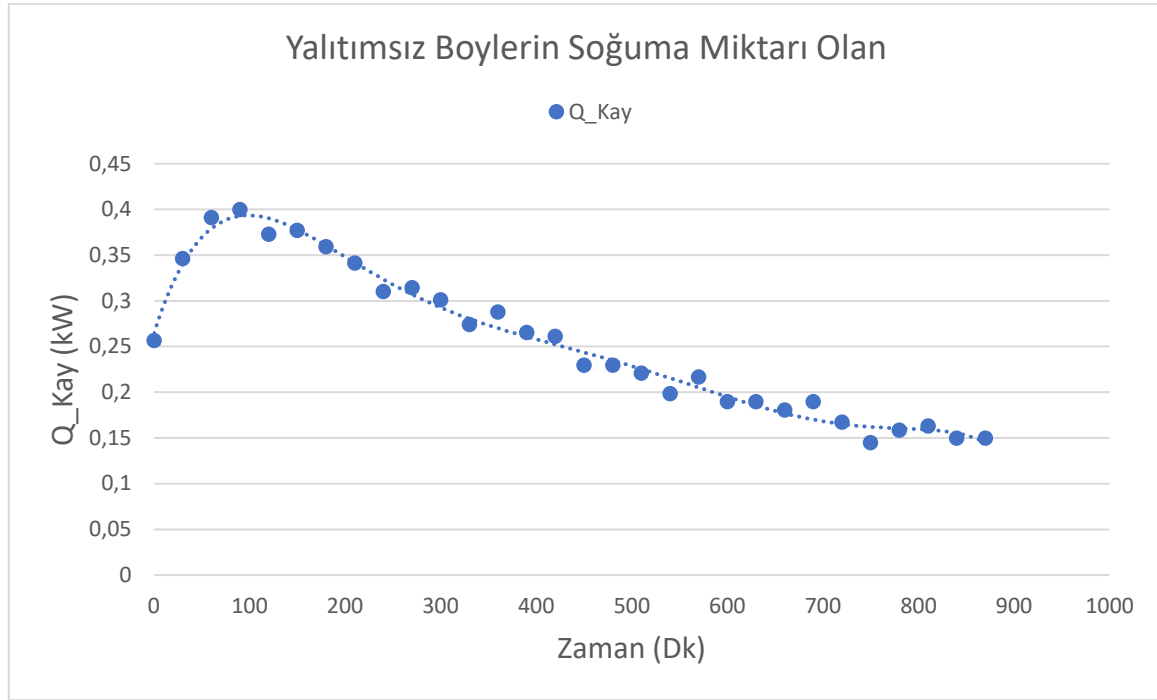
$$Q_{\text{kay}}=m \cdot c \cdot (T_{ortt0}-T_{ortt1})/(30 \cdot 60)$$

Yazılan denklem doğrultusunda hesaplaması yaptırılan 30 adet sütun aşağıdaki gibidir;

Çizelge 6.1. Yalıtım performansı deneyinde yalıtımsız boylerde Q_Kay çizelgesi

1..30	1 Q _{kay}	2 T _{ortt0}	3 T _{ortt1}
Run 1	0,2564	71,92	70,78
Run 2	0,3461	70,78	69,24
Run 3	0,3909	69,24	67,5
Run 4	0,3997	67,5	65,72
Run 5	0,3727	65,72	64,06
Run 6	0,3771	64,06	62,38
Run 7	0,3592	62,38	60,78
Run 8	0,3412	60,78	59,26
Run 9	0,3099	59,26	57,88
Run 10	0,3144	57,88	56,48
Run 11	0,301	56,48	55,14
Run 12	0,2741	55,14	53,92
Run 13	0,2877	53,92	52,64
Run 14	0,2653	52,64	51,46
Run 15	0,2609	51,46	50,3
Run 16	0,2295	50,3	49,28
Run 17	0,2296	49,28	48,26
Run 18	0,2207	48,26	47,28
Run 19	0,1983	47,28	46,4
Run 20	0,2164	46,4	45,44
Run 21	0,1894	45,44	44,6
Run 22	0,1895	44,6	43,76
Run 23	0,1806	43,76	42,96
Run 24	0,1897	42,96	42,12
Run 25	0,1672	42,12	41,38
Run 26	0,1448	41,38	40,74
Run 27	0,1585	40,74	40,04
Run 28	0,1631	40,04	39,32
Run 29	0,1496	39,32	38,66
Run 30	0,1498	38,66	38

Yukarıdaki çizelgede, her 30 dakikada bir termokupllardan alınan sıcaklık verilerinin ortalamaları doğrultusunda hesaplaması yapılan yalıtımsız deneyde, boylerin soğuma miktarı olan Q_{Kay} 'lar belirtilmiştir.



Şekil 6.1. Yalıtım performansı deneyinde yalıtımsız boylerde Q_{Kay} grafiği

Yalıtımsız boyler deneyi için, Q_{Kay} grafik haline getirilerek gösterimi yapılmıştır.

6.1.2. Poliüretan yalıtımlı boyler deneyi hesaplamaları

Poliüretan ile yalıtılan boyler kazanı deneyinde, hesaplamaların aynı doğrultuda yapılması için, yalıtımsız deneyde olduğu gibi her 10 dakikada bir alınan ölçümler seyreltilerek 30 dakikada bir alınan verilerin hesaplaması yapılmıştır. Toplamda 30 adet hesaplama sütunu oluşturulan EES programında 5 adet termokupldan alınana sıcaklık ölçümlerinin ortalaması alınarak denklemler oluşturulmuştur. Oluşturulan denklem aşağıdaki gibidir;

$$\{T_{ortt0}=71,42$$

$$T_{ortt1}=71,06\}$$

$$P1=100 \text{ kPa}$$

$$T1=(T_{ortt0}+T_{ortt1})/2$$

$$C=CV(\text{Water};T=T1;P=P1)$$

$m=100 \text{ kg}$

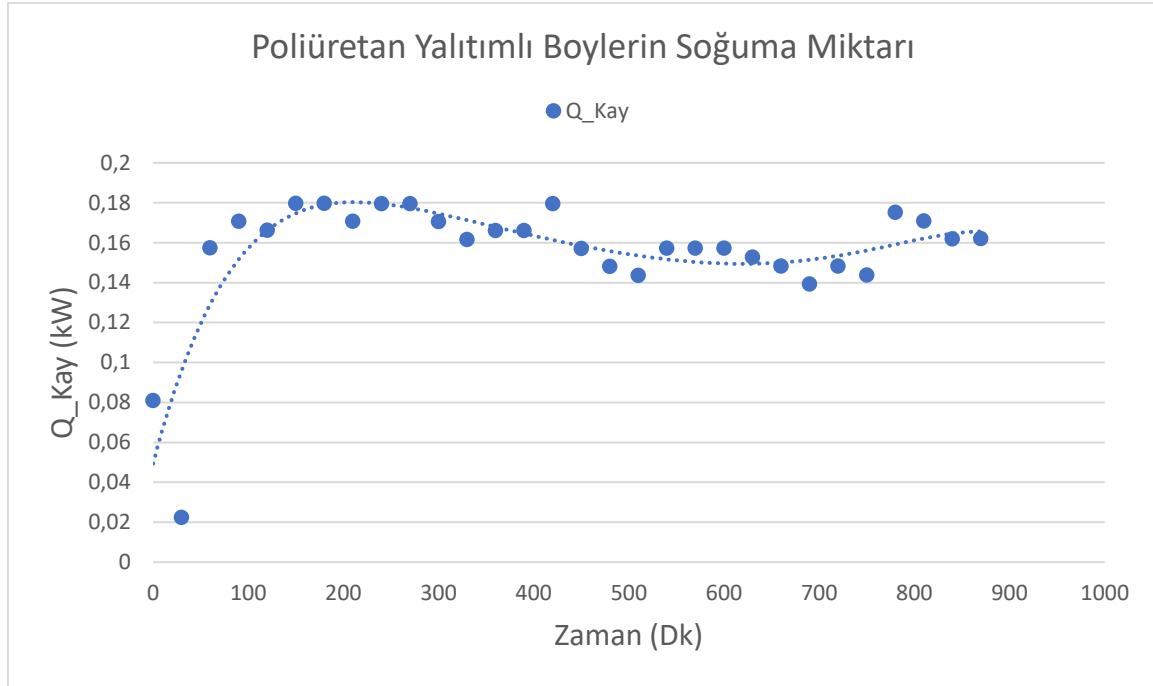
$$Q_{\text{kay}}=m \cdot c \cdot (T_{\text{ortt0}}-T_{\text{ortt1}})/(30 \cdot 60)$$

Yazılan denklem doğrultusunda hesaplaması yaptırılan toplam 30 adet sütun sonuçları aşağıdaki gibidir;

Çizelge 6.2. Yalıtım performansı deneyinde poliüretan yalıtımlı boylerde Q_Kay çizelgesi

1..30	1 Q _{kay}	2 T _{ortt0}	3 T _{ortt1}
Run 1	0,08095	71,42	71,06
Run 2	0,02248	71,06	70,96
Run 3	0,1574	70,96	70,26
Run 4	0,1708	70,26	69,5
Run 5	0,1663	69,5	68,76
Run 6	0,1797	68,76	67,96
Run 7	0,1797	67,96	67,16
Run 8	0,1707	67,16	66,4
Run 9	0,1796	66,4	65,6
Run 10	0,1796	65,6	64,8
Run 11	0,1706	64,8	64,04
Run 12	0,1616	64,04	63,32
Run 13	0,1661	63,32	62,58
Run 14	0,1661	62,58	61,84
Run 15	0,1796	61,84	61,04
Run 16	0,1571	61,04	60,34
Run 17	0,1482	60,34	59,68
Run 18	0,1437	59,68	59,04
Run 19	0,1572	59,04	58,34
Run 20	0,1572	58,34	57,64
Run 21	0,1572	57,64	56,94
Run 22	0,1527	56,94	56,26
Run 23	0,1483	56,26	55,6
Run 24	0,1393	55,6	54,98
Run 25	0,1483	54,98	54,32
Run 26	0,1438	54,32	53,68
Run 27	0,1753	53,68	52,9
Run 28	0,1709	52,9	52,14
Run 29	0,1619	52,14	51,42
Run 30	0,162	51,42	50,7

Yukarıdaki çizelgede, her 30 dakikada bir termokupllardan alınan sıcaklık verilerinin ortalamaları doğrultusunda hesaplaması yapılan poliüretan yalıtımlı deneyde, boylerin soğuma miktarı olan Q_Kay'lar belirtilmiştir.



Şekil 6.2. Yalıtım performansı deneyinde poliüretan yalıtımlı boylerde Q_Kay grafiği

Poliüretan yalıtımlı boyler deneyi için, Q_Kay grafik haline getirilerek gösterimi yapılmıştır.

6.1.3. Cam yünü yalıtımlı boyler deneyi hesaplamaları

Cam yünü ile yalıtılan boyler kazanı deneyinde, hesaplamaların aynı doğrultuda yapılması için, diğer deneylerde olduğu gibi her 10 dakikada bir alınan ölçümler seyreltilerek 30 dakikada bir alınan verilerin hesaplaması yapılmıştır. Toplamda 30 adet hesaplama sütunu oluşturulan EES programında 5 adet termokupldan alınana sıcaklık ölçümlerinin ortalaması alınarak denklemler oluşturulmuştur. Oluşturulan denklem aşağıdaki gibidir;

$$\{T_{ortt0}=71,62$$

$$T_{ortt1}=71,56\}$$

$$P1=100 \text{ kPa}$$

$$T1=(T_{ortt0}+T_{ortt1})/2$$

$$C=CV(\text{Water};T=T1;P=P1)$$

$$m=100 \text{ kg}$$

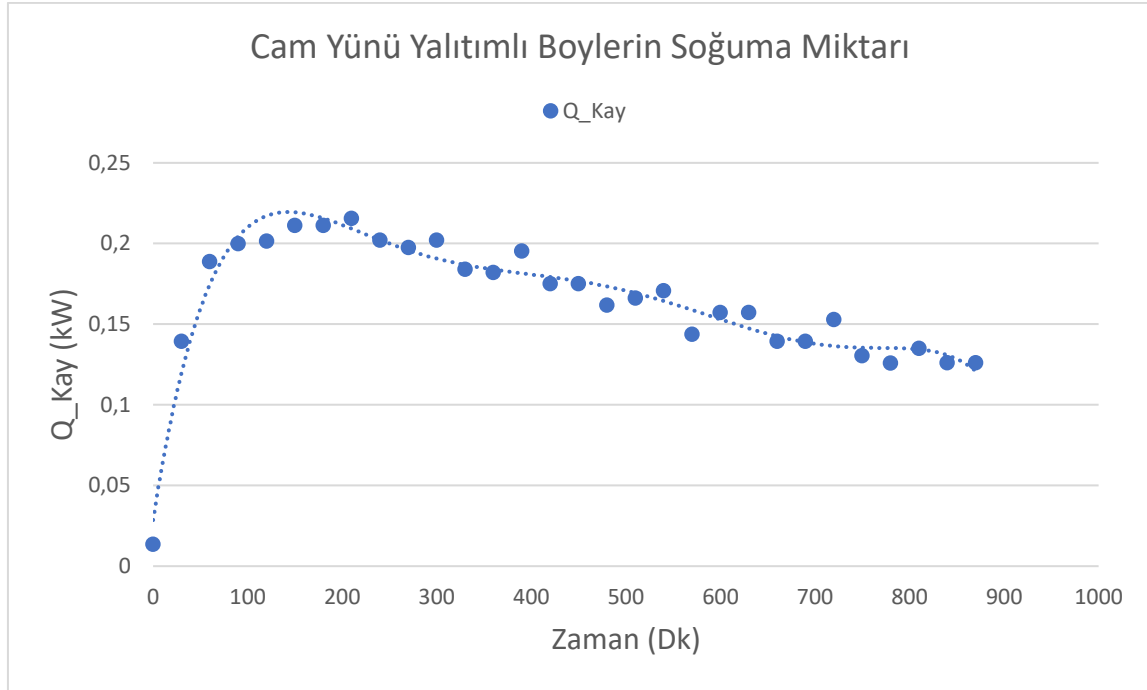
$$Q_{\text{kay}}=m \cdot c \cdot (T_{ortt0}-T_{ortt1})/(30 \cdot 60)$$

Yazılan denklem doğrultusunda hesaplaması yaptırılan toplam 30 adet sütun sonuçları aşağıdaki gibidir;

Çizelge 6.3. Yalıtım performansı deneyinde cam yünü yalıtımlı boylerde Q_Kay çizelgesi

1..30	1 Q _{kay}	2 T _{ortt0}	3 T _{ortt1}
Run 1	0,01349	71,62	71,56
Run 2	0,1394	71,56	70,94
Run 3	0,1888	70,94	70,1
Run 4	0,09889	70,1	69,66
Run 5	0,3415	69,66	68,14
Run 6	0,2111	68,14	67,2
Run 7	0,2111	67,2	66,26
Run 8	0,2156	66,26	65,3
Run 9	0,2021	65,3	64,4
Run 10	0,1976	64,4	63,52
Run 11	0,202	63,52	62,62
Run 12	0,1841	62,62	61,8
Run 13	0,06734	61,8	61,5
Run 14	0,3053	61,5	60,14
Run 15	0,1751	60,14	59,36
Run 16	0,1751	59,36	58,58
Run 17	0,1617	58,58	57,86
Run 18	0,1662	57,86	57,12
Run 19	0,1707	57,12	56,36
Run 20	0,1438	56,36	55,72
Run 21	0,1573	55,72	55,02
Run 22	0,1573	55,02	54,32
Run 23	0,1393	54,32	53,7
Run 24	0,1394	53,7	53,08
Run 25	0,1529	53,08	52,4
Run 26	0,1304	52,4	51,82
Run 27	0,1259	51,82	51,26
Run 28	0,135	51,26	50,66
Run 29	0,126	50,66	50,1
Run 30	0,126	50,1	49,54

Yukarıdaki çizelgede, her 30 dakikada bir termokupllardan alınan sıcaklık verilerinin ortalamaları doğrultusunda hesaplaması yapılan cam yünü yalıtımlı deneyde, boylerin soğuma miktarı olan Q_{kay}'lar belirtilmiştir.



Şekil 6.3. Yalıtım performansı deneyinde cam yünü yalıtımlı boylerde Q_Kay grafiği

Cam yünü yalıtımlı boyler deneyi için, Q_Kay grafik haline getirilerek gösterimi yapılmıştır.

6.1.4. Elastomerik kauçuk yalıtımlı boyler deneyi hesaplamaları

Kauçuk köpüğü ile yalıtılan boyler kazanı deneyinde, hesaplamaların aynı doğrultuda yapılması için, diğer deneylerde olduğu gibi her 10 dakikada bir alınan ölçümler azaltılarak bu süre 30 dakikaya çıkarılmış ve alınan verilerin hesaplaması yapılmıştır. Toplamda 30 adet hesaplama sütünü oluşturulan EES programında 5 adet K tipi termokupldan alınana sıcaklık ölçüm verilerinin ortalaması alınarak denklemler oluşturulmuştur. Oluşturulan denklem aşağıdaki gibidir;

$$\{T_{ortt0}=72,9$$

$$T_{ortt1}=72,54\}$$

$$P1=100 \text{ kpa}$$

$$T1=(T_{ortt0}+T_{ortt1})/2$$

$$C=CV(\text{Water};T=T1;P=P1)$$

$$m=100 \text{ kg}$$

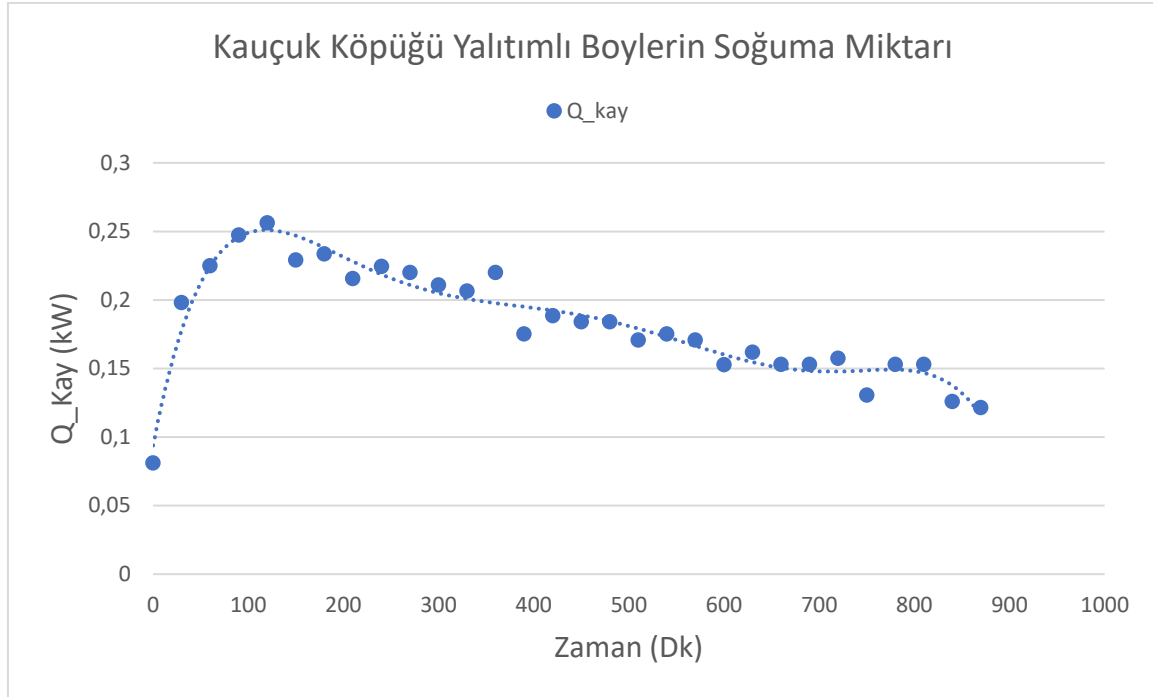
$$Q_{kay}=m*c*(T_{ortt0}-T_{ortt1})/(30*60)$$

Yazılan denklem doğrultusunda hesaplaması yaptırılan toplam 30 adet sütun sonuçları aşağıdaki gibidir;

Çizelge 6.4. Yalıtım performansı deneyinde kauçuk köpüğü yalıtımlı boylerde Q_Kay çizelgesi

1 1..30	2 Q _{kay}	3 T _{ortt0}	4 T _{ortt1}
Run 1	0,08101	72,9	72,54
Run 2	0,198	72,54	71,66
Run 3	0,2249	71,66	70,66
Run 4	0,2473	70,66	69,56
Run 5	0,2561	69,56	68,42
Run 6	0,2291	68,42	67,4
Run 7	0,2336	67,4	66,36
Run 8	0,2156	66,36	65,4
Run 9	0,2245	65,4	64,4
Run 10	0,22	64,4	63,42
Run 11	0,211	63,42	62,48
Run 12	0,2065	62,48	61,56
Run 13	0,22	61,56	60,58
Run 14	0,1751	60,58	59,8
Run 15	0,1886	59,8	58,96
Run 16	0,1841	58,96	58,14
Run 17	0,1841	58,14	57,32
Run 18	0,1707	57,32	56,56
Run 19	0,1752	56,56	55,78
Run 20	0,1707	55,78	55,02
Run 21	0,1528	55,02	54,34
Run 22	0,1618	54,34	53,62
Run 23	0,1529	53,62	52,94
Run 24	0,1529	52,94	52,26
Run 25	0,1574	52,26	51,56
Run 26	0,1305	51,56	50,98
Run 27	0,153	50,98	50,3
Run 28	0,153	50,3	49,62
Run 29	0,126	49,62	49,06
Run 30	0,1216	49,06	48,52

Yukarıdaki çizelgede, her 30 dakikada bir termokupllardan alınan sıcaklık verilerinin ortalamaları doğrultusunda hesaplaması yapılan kauçuk köpüğü yalıtımlı deneyde, boylerin soğuma miktarı olan Q_kay'lar belirtilmiştir.



Şekil 6.4. Yalıtım performansı deneyinde kauçuk köpüğü yalıtımlı boylerde Q_Kay grafiği

Kauçuk köpüğü yalıtımlı boyler deneyi için, Q_Kay grafik haline getirilerek gösterimi yapılmıştır.

6.1.5. Sünger yalıtımlı boyler deneyi hesaplaması

Sünger ile yalıtılan boyler kazanı deneyinde, hesaplamaların aynı doğrultuda yapılması için, diğer deneylerde olduğu gibi her 10 dakikada bir alınan ölçümler azaltılarak bu süre 30 dakikaya çıkarılmış ve alınan verilerin hesaplaması yapılmıştır. Toplamda 30 adet hesaplama sütunu oluşturulan EES programında 5 adet K tipi termokupldan alınana sıcaklık ölçüm verilerinin ortalaması alınarak denklemler oluşturulmuştur. Oluşturulan denklem aşağıdaki gibidir;

$$\{T_{ortt0}=69,86$$

$$T_{ortt1}=69,76\}$$

$$P1=100 \text{ kPa}$$

$$T1=(T_{ortt0}+T_{ortt1})/2$$

$$C=CV(\text{Water};T=T1;P=P1)$$

$$m=100 \text{ kg}$$

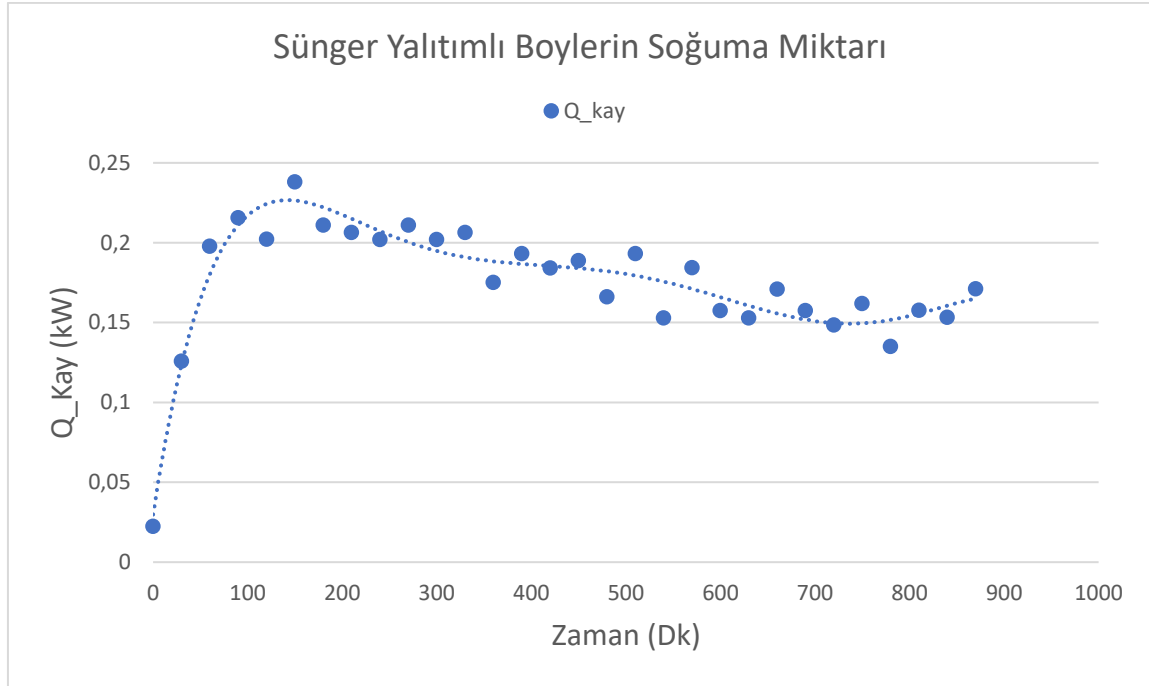
$$Q_{kay}=m*c*(T_{ortt0}-T_{ortt1})/(30*60)$$

Yazılan denklem doğrultusunda hesaplaması yaptırılan toplam 30 adet sütun sonuçları aşağıdaki gibidir;

Çizelge 6.5. Yalıtım performansı deneyinde sünger yalıtımlı boylerde Q_Kay çizelgesi

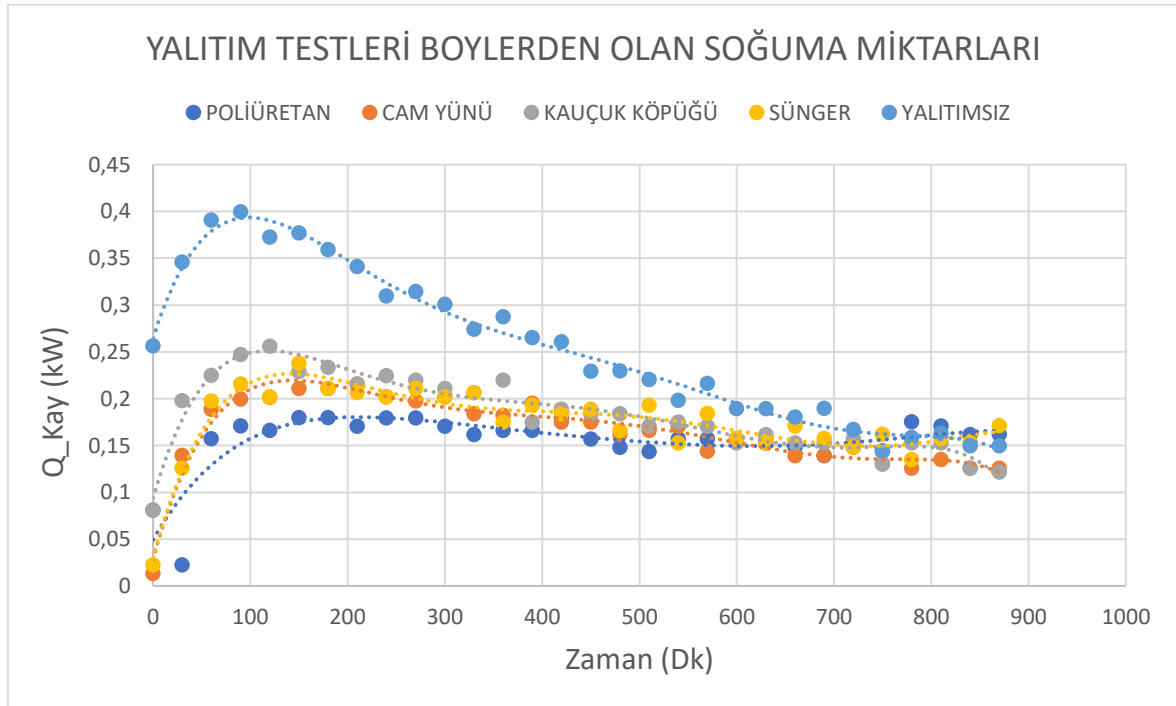
1..30	1 Q _{kay}	2 T _{ortt0}	3 T _{ortt1}
Run 1	0,02248	69,86	69,76
Run 2	0,1258	69,76	69,2
Run 3	0,1977	69,2	68,32
Run 4	0,2156	68,32	67,36
Run 5	0,2021	67,36	66,46
Run 6	0,238	66,46	65,4
Run 7	0,211	65,4	64,46
Run 8	0,2065	64,46	63,54
Run 9	0,202	63,54	62,64
Run 10	0,211	62,64	61,7
Run 11	0,202	61,7	60,8
Run 12	0,2065	60,8	59,88
Run 13	0,1751	59,88	59,1
Run 14	0,1931	59,1	58,24
Run 15	0,1841	58,24	57,42
Run 16	0,1887	57,42	56,58
Run 17	0,1662	56,58	55,84
Run 18	0,1932	55,84	54,98
Run 19	0,1528	54,98	54,3
Run 20	0,1843	54,3	53,48
Run 21	0,1574	53,48	52,78
Run 22	0,1529	52,78	52,1
Run 23	0,1709	52,1	51,34
Run 24	0,1575	51,34	50,64
Run 25	0,1485	50,64	49,98
Run 26	0,162	49,98	49,26
Run 27	0,1351	49,26	48,66
Run 28	0,1576	48,66	47,96
Run 29	0,1532	47,96	47,28
Run 30	0,1712	47,28	46,52

Yukarıdaki çizelgede, her 30 dakikada bir termokupllardan alınan sıcaklık verilerinin ortalamaları doğrultusunda hesaplaması yapılan sünger yalıtımlı deneyde, boylerin soğuma miktarı olan Q_kay'lar belirtilmiştir.



Şekil 6.5. Yalıtım performansı deneyinde sünger yalıtımlı boylerde Q_Kay grafiği

Sünger yalıtımlı boiler deneyi için, Q_Kay grafik haline getirilerek gösterimi yapılmıştır. Boylerin soğuma miktarları toplu olarak aşağıdaki grafikte gösterilmiştir;



Şekil 6.6. Yalıtım performans deneylerinde yalıtım malzemeleri toplu Q_Kay grafiği

Yalıtım testlerindeki soğuma miktarları toplu olarak incelendiğinde; yalıtımsız olarak test edilen boyler kazanından, yalıtımlılara oranla çok fazla ısı geçişi olduğu gözlemlenmiştir. Böylelikle yalıtım malzemesinin önemini deneyler sonucunda gözlemlenmiştir. En az ısı geçişinin olduğu deneyin ise, poliüretan yalıtımlı deney olduğu grafikte tespit edilmiştir.

6.2. Serpantin Kullandığı Yalıtım Deneylerinde Kütlesel Debinin Hesaplanması

Serpantin kullandığı deneylerde, su sayacı ile ölçümü yapılan kütlesel debinin, hesaplamalarda kullanılabilmesi için ortalama bir değer alınması gerekmektedir. Bu yüzden, beş deneydeki tüm kütlesel debi ölçümleri tek tek hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar aşağıdaki gibidir;

Çizelge 6.6. Serpantin kullanılan yalıtım performans deneylerinde ortalama debi çizelgesi

DENEY NO	DENEY 1	DENEY 2	DENEY 3	DENEY 4	DENEY 5
YALITIM MALZEMESİ	POLİÜRETAN	CAM YÜNÜ	KAUÇUK KÖPÜĞÜ	SÜNGER	YOK
DENEY SÜRESİ	50 DAKİKA				
SU TÜKETİMİ	263 Lt	280 Lt	310 Lt	316 Lt	271 Lt
20 C°'de ρ	998,2071 kg/m ³				
$\dot{m} = \rho \cdot Q$	0,087 kg/sn	0,093 kg/sn	0,102 kg/sn	0,105 kg/sn	0,090 kg/sn
ORTALAMA $\dot{m}$ DEĞERİ	0,095 kg/sn				

Beş deneyin kütlesel debisi hesaplandığında birbirine yakın değerler olduğu tespit edilmiştir. Hesaplamalarda ortak bir değer yazılması için kütlesel debilerin ortalaması 0,095 kg/sn olarak bulunmuştur.

6.3. Serpantin Kullandığı Yalıtım Performansı Deneyleri Hesaplamaları

$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$ formülünün kullanılarak serpantinden geçen ısı olan ısıların hesaplaması yapılmıştır. C'yi sıcaklığa bağlı olarak bulmamız gerekmektedir. Serpantinden geçen suyun ortalama debisi 0,095 kg/sn olarak alındığından burada $m = 0,095 \text{ kg/sn}$ 'dir.

Tankın iç basıncı ortam basıncına yakın olarak $P=100$ kPa kabul edilmiştir. T sıcaklığı ise serpantin giriş ve serpantin çıkış sensörlerinin ölçtüğü ortalama sıcaklık değeridir. $Q_{\text{Serpantin}}$ bulunurken birimi kW olduğundan saniyeye bölmemiz gerekmektedir.

6.3.1. Serpantin kullanıldığı yalıtımsız boyler deneyi hesaplaması

Serpantin kullanıldığı yalıtımsız boyler kazanı deneyinde, hesaplamaların aynı doğrultuda yapılması için, her 1 dakikada bir alınan ölçümler azaltılarak bu süre 2 dakikaya çıkarılmış ve alınan verilerin hesaplaması yapılmıştır. Toplamda 25 adet hesaplama sütunu oluşturulan EES programında 2 adet K tipi termokupldan alınana sıcaklık ölçüm verilerinin ortalaması alınarak denklemler oluşturulmuştur. Oluşturulan denklem aşağıdaki gibidir;

$$\{T_{\text{cikis}}=40$$

$$T_{\text{giris}}=20,2\}$$

$$P1=100 \text{ kpa}$$

$$T1=(T_{\text{giris}}+T_{\text{cikis}})/2$$

$$C1=CV(\text{Water};T=T1;P=P1)$$

$$m1=0,095 \text{ kg}$$

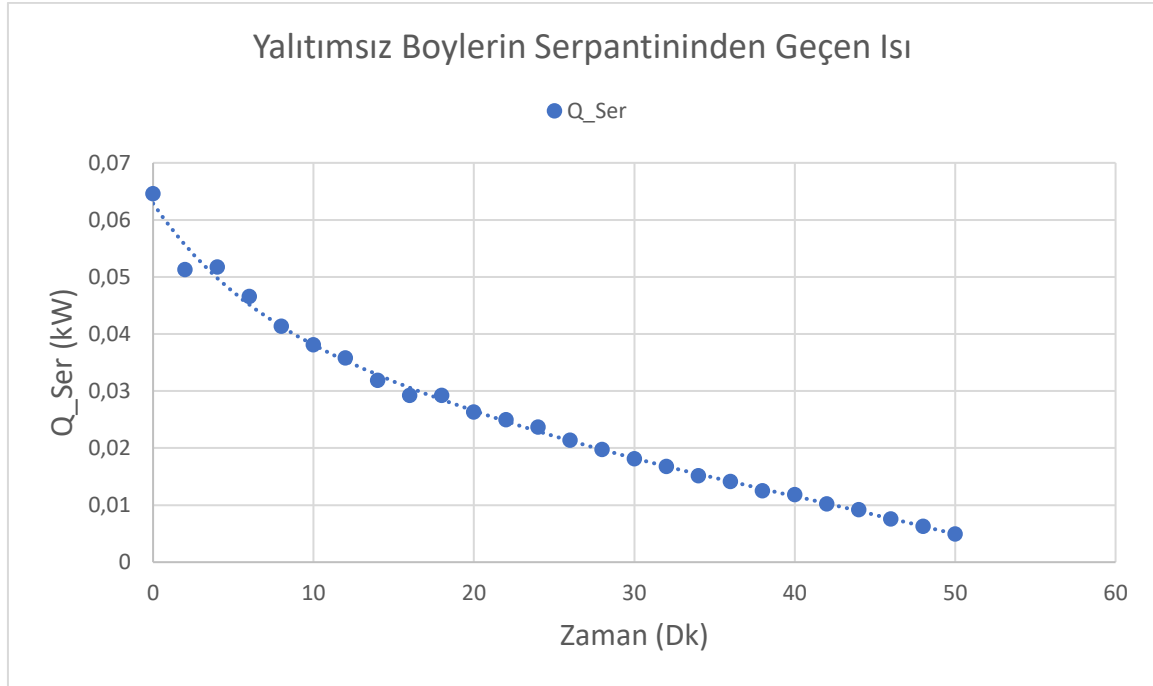
$$Q_{\text{serpantin}}=m1*c1*(T_{\text{cikis}}-T_{\text{giris}})/(2*60)$$

Yazılan denklem doğrultusunda hesaplaması yaptırılan toplam 25 adet sütun sonuçları aşağıdaki gibidir;

Çizelge 6.7. Serpantin kullanılan yalıtım performansı deneyinde yalıtımsız boylerde Q_Ser çizelgesi

1.26	1 Q_Ser	2 T_cıkıs	3 T_giris
Run 1	0,06458	40	20,2
Run 2	0,05126	36,8	21,1
Run 3	0,05174	33,5	17,7
Run 4	0,04655	31,6	17,4
Run 5	0,04133	30,1	17,5
Run 6	0,03807	29	17,4
Run 7	0,03578	28,2	17,3
Run 8	0,03185	27,1	17,4
Run 9	0,02924	26,3	17,4
Run 10	0,02924	26,2	17,3
Run 11	0,02629	25,5	17,5
Run 12	0,02498	25	17,4
Run 13	0,02367	24,6	17,4
Run 14	0,02137	24	17,5
Run 15	0,01973	23,5	17,5
Run 16	0,01809	22,9	17,4
Run 17	0,01678	22,6	17,5
Run 18	0,01513	22,1	17,5
Run 19	0,01415	21,7	17,4
Run 20	0,01251	21,2	17,4
Run 21	0,01185	21	17,4
Run 22	0,0102	20,6	17,5
Run 23	0,009218	20,3	17,5
Run 24	0,007573	19,8	17,5
Run 25	0,006257	19,4	17,5
Run 26	0,004941	19	17,5

Yukarıdaki çizelgede, her 2 dakikada bir serpantin giriş ve çıkışında ki termokupllardan alınan sıcaklık verilerinin ortalamaları doğrultusunda hesaplaması yapılan yalıtımın olmadığı deneyde, serpantinden geçen ısı olan Q_Serpantin'ler belirtilmiştir.



Şekil 6.7. Serpantin kullanılan yalıtım performansı deneyinde yalıtımsız boylerde Q_Ser grafiği

Serpantinli yalıtımsız boyler deneyi için, Q_Serpantin grafik haline getirilerek gösterimi yapılmıştır.

6.3.2. Serpantin kullanıldığı poliüretan yalıtımlı boyler deneyi hesaplaması

Serpantin kullanıldığı poliüretan yalıtımlı boyler kazanı deneyinde, hesaplamaların aynı doğrultuda yapılması için, her 1 dakikada bir alınan ölçümler azaltılarak bu süre 2 dakikaya çıkarılmış ve alınan verilerin hesaplaması yapılmıştır. Toplamda 25 adet hesaplama sütunu oluşturulan EES programında 2 adet K tipi termokupldan alınana sıcaklık ölçüm verilerinin ortalaması alınarak denklemler oluşturulmuştur. Oluşturulan denklem aşağıdaki gibidir;

$$\{T_{\text{cıkıs}}=42,5$$

$$T_{\text{giris}}=17\}$$

$$P1=100 \text{ kPa}$$

$$T1=(T_{\text{giris}}+T_{\text{cıkıs}})/2$$

$$C1=CV(\text{Water};T=T1;P=P1)$$

$$m1=0,095 \text{ kg}$$

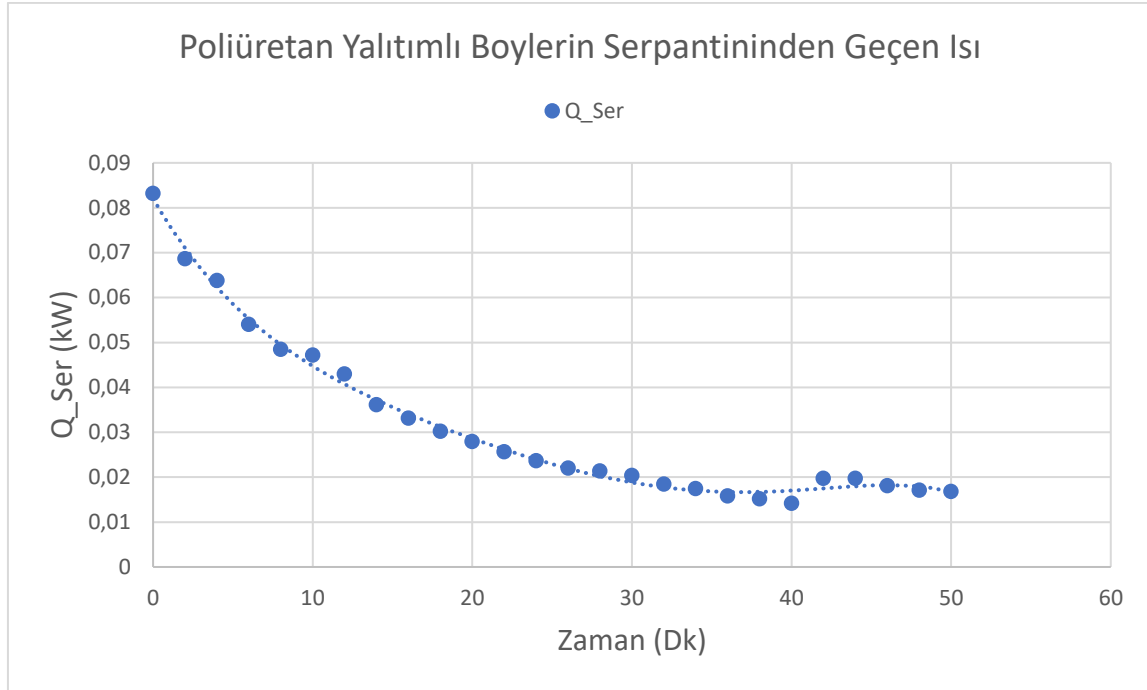
$$Q_{\text{Serpantin}}=m1*c1*(T_{\text{cıkıs}}-T_{\text{giris}})/(2*60)$$

Yazılan denklem doğrultusunda hesaplaması yaptırılan toplam 25 adet sütun sonuçları aşağıdaki gibidir;

Çizelge 6.8. Serpantin kullanılan yalıtım performansı deneyinde poliüretan yalıtımlı boylerde Q_Ser çizelgesi

1.26	1 Q_Ser	2 T_cıkıs	3 T_giris
Run 1	0,08319	42,5	17
Run 2	0,06864	38,3	17,3
Run 3	0,06378	36,8	17,3
Run 4	0,05404	33,7	17,2
Run 5	0,0485	32,3	17,5
Run 6	0,04721	31,6	17,2
Run 7	0,04296	30,4	17,3
Run 8	0,03611	28,3	17,3
Run 9	0,03317	27,4	17,3
Run 10	0,03022	26,5	17,3
Run 11	0,02793	25,7	17,2
Run 12	0,02564	25,1	17,3
Run 13	0,02367	24,5	17,3
Run 14	0,02203	24	17,3
Run 15	0,02137	23,8	17,3
Run 16	0,02039	23,5	17,3
Run 17	0,01842	23	17,4
Run 18	0,01744	22,6	17,3
Run 19	0,01579	22,1	17,3
Run 20	0,01514	21,9	17,3
Run 21	0,01415	21,6	17,3
Run 22	0,01973	23,3	17,3
Run 23	0,01974	23,1	17,1
Run 24	0,01809	22,7	17,2
Run 25	0,01711	22,4	17,2
Run 26	0,01678	22,3	17,2

Yukarıdaki çizelgede, her 2 dakikada bir serpantin giriş ve çıkışında ki termokupllardan alınan sıcaklık verilerinin ortalamaları doğrultusunda hesaplaması yapılan poliüretan yalıtımlı deneyde, serpantinden geçen ısı olan Q_Serpantin'ler belirtilmiştir.



Şekil 6.8. Serpantin kullanılan yalıtım performansı deneyinde poliüretan yalıtımlı boylerde Q_Ser grafiği

Serpantinli poliüretan yalıtımlı boyler deneyi için, Q_Serpantin grafik haline getirilerek gösterimi yapılmıştır.

6.3.3. Serpantin kullanıldığı cam yünü yalıtımlı boyler deneyi hesaplaması

Serpantin kullanıldığı cam yünü yalıtımlı boyler kazanı deneyinde, hesaplamaların aynı doğrultuda yapılması için, her 1 dakikada bir alınan ölçümler azaltılarak bu süre 2 dakikaya çıkarılmış ve alınan verilerin hesaplaması yapılmıştır. Toplamda 25 adet hesaplama sütunu oluşturulan EES programında 2 adet K tipi termokupldan alınana sıcaklık ölçüm verilerinin ortalaması alınarak denklemler oluşturulmuştur. Oluşturulan denklem aşağıdaki gibidir;

$$\{T_{\text{cıkıs}}=40,2$$

$$T_{\text{giris}}=20,4\}$$

$$P1=100 \text{ kPa}$$

$$T1=(T_{\text{giris}}+T_{\text{cıkıs}})/2$$

$$C1=CV(\text{Water}; T=T1; P=P1)$$

$$m1=0,095 \text{ kg}$$

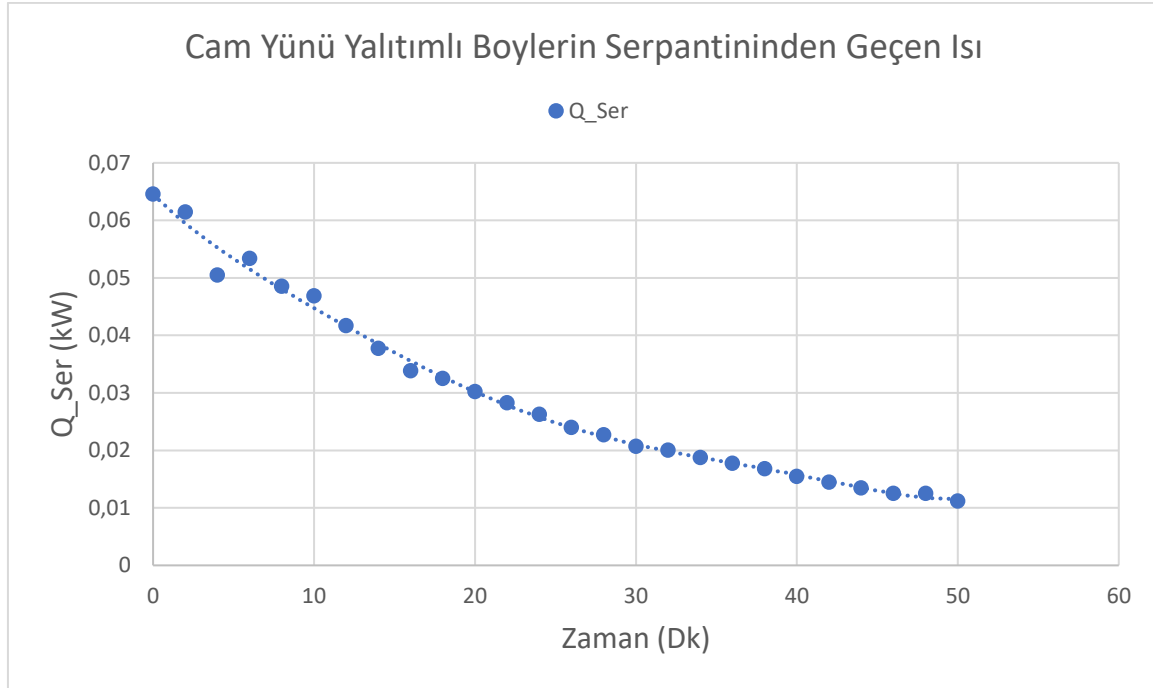
$$Q_{\text{Serpantin}}=m1 \cdot c1 \cdot (T_{\text{cıkıs}}-T_{\text{giris}})/(2 \cdot 60)$$

Çizelge 6.9. Serpantin kullanılan yalıtım performansı deneyinde cam yünü yalıtımlı boylerde Q_Ser çizelgesi

1..26	1 Q _{Ser}	2 T _{cıkıs}	3 T _{giris}
Run 1	0,06456	40,2	20,4
Run 2	0,06147	36,8	18
Run 3	0,05046	32,6	17,2
Run 4	0,05339	33,5	17,2
Run 5	0,04851	32	17,2
Run 6	0,04688	31,4	17,1
Run 7	0,04167	29,8	17,1
Run 8	0,03774	28,8	17,3
Run 9	0,03382	27,6	17,3
Run 10	0,03251	27,3	17,4
Run 11	0,03022	26,5	17,3
Run 12	0,02826	25,9	17,3
Run 13	0,02629	25,2	17,2
Run 14	0,024	24,6	17,3
Run 15	0,02269	24,2	17,3
Run 16	0,02072	23,6	17,3
Run 17	0,02006	23,4	17,3
Run 18	0,01875	23,1	17,4
Run 19	0,01776	22,7	17,3
Run 20	0,01678	22,4	17,3
Run 21	0,01546	22	17,3
Run 22	0,01448	21,8	17,4
Run 23	0,01349	21,4	17,3
Run 24	0,01251	21,2	17,4
Run 25	0,01251	21	17,2
Run 26	0,01119	20,5	17,1

Yazılan denklem doğrultusunda hesaplaması yaptırılan toplam 25 adet sütun sonuçları aşağıdaki gibidir;

Yukarıdaki çizelgede, her 2 dakikada bir serpantin giriş ve çıkışında ki termokupllardan alınan sıcaklık verilerinin ortalamaları doğrultusunda hesaplaması yapılan cam yünü yalıtımlı deneyde, serpantinden geçen ısı olan Q_Serpantin'ler belirtilmiştir.



Şekil 6.9. Serpantin kullanılan yalıtım performansı deneyinde cam yünü yalıtımlı boylerde Q_Ser grafiği

Serpantinli cam yünü yalıtımlı boyler deneyi için, Q_Serpantin grafik haline getirilerek gösterimi yapılmıştır.

6.3.4. Serpantin kullanıldığı elastomerik kauçuk köpüğü yalıtımlı boyler hesaplaması

Serpantin kullanıldığı kauçuk köpüğü yalıtımlı boyler kazanı deneyinde, hesaplamaların aynı doğrultuda yapılması için, her 1 dakikada bir alınan ölçümler azaltılarak bu süre 2 dakikaya çıkarılmış ve alınan verilerin hesaplaması yapılmıştır. Toplamda 25 adet hesaplama sütunu oluşturulan EES programında 2 adet K tipi termokupldan alınana sıcaklık ölçüm verilerinin ortalaması alınarak denklemler oluşturulmuştur. Oluşturulan denklem aşağıdaki gibidir;

$$\{T_{\text{cıkıs}}=41$$

$$T_{\text{giris}}=17,3\}$$

$$P1=100 \text{ kPa}$$

$$T1=(T_{\text{giris}}+T_{\text{cıkıs}})/2$$

$$C1=CV(\text{Water}; T=T1; P=P1)$$

$$m1=0,095 \text{ kg}$$

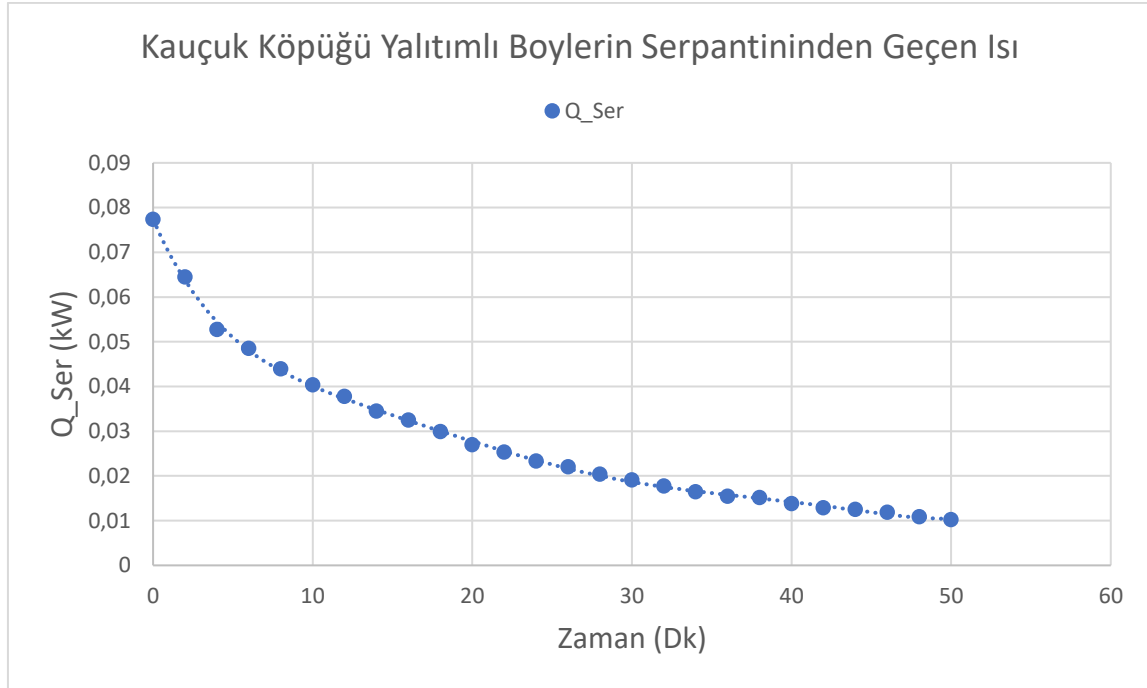
$$Q_Serpantin=m1*c1*(T_cikis-T_giris)/(2*60)$$

Yazılan denklem doğrultusunda hesaplaması yaptırılan toplam 25 adet sütun sonuçları aşağıdaki gibidir;

Çizelge 6.10. Serpantin kullanılan yalıtım performansı deneyinde kauçuk köpüğü yalıtımlı boylerde Q_Ser çizelgesi

1.26	1 Q_Ser	2 T_cikis	3 T_giris
Run 1	0,07737	41	17,3
Run 2	0,06445	36,6	16,9
Run 3	0,05275	33,1	17
Run 4	0,04852	31,8	17
Run 5	0,04395	30,4	17
Run 6	0,04036	29,3	17
Run 7	0,03775	28,5	17
Run 8	0,03448	27,5	17
Run 9	0,03252	27	17,1
Run 10	0,0299	26,1	17
Run 11	0,02695	25,3	17,1
Run 12	0,02531	24,8	17,1
Run 13	0,02334	24,2	17,1
Run 14	0,02203	23,8	17,1
Run 15	0,02039	23,4	17,2
Run 16	0,01908	22,9	17,1
Run 17	0,01777	22,5	17,1
Run 18	0,01645	22,2	17,2
Run 19	0,01547	21,9	17,2
Run 20	0,01514	21,8	17,2
Run 21	0,01382	21,4	17,2
Run 22	0,01284	21	17,1
Run 23	0,01251	20,9	17,1
Run 24	0,01185	20,7	17,1
Run 25	0,01087	20,4	17,1
Run 26	0,01021	20,2	17,1

Yukarıdaki çizelgede, her 2 dakikada bir serpantin giriş ve çıkışında ki termokupllardan alınan sıcaklık verilerinin ortalamaları doğrultusunda hesaplaması yapılan kauçuk köpüğü yalıtımlı deneyde, serpantinden geçen ısı olan Q_Serpantin'ler belirtilmiştir.



Şekil 6.10. Serpantin kullanılan yalıtım performansı deneyinde kauçuk köpüğü yalıtımlı boylerde Q_{Ser} grafiği

Serpantinli kauçuk köpüğü yalıtımlı boyler deneyi için, $Q_{Serpantin}$ grafik haline getirilerek gösterimi yapılmıştır.

6.3.5. Serpantin kullanıldığı sünger yalıtımlı boyler deneyi hesaplaması

Serpantin kullanıldığı sünger yalıtımlı boyler kazanı deneyinde, hesaplamaların aynı doğrultuda yapılması için, her 1 dakikada bir alınan ölçümler azaltılarak bu süre 2 dakikaya çıkarılmış ve alınan verilerin hesaplaması yapılmıştır. Toplamda 25 adet hesaplama sütunu oluşturulan EES programında 2 adet K tipi termokupldan alınana sıcaklık ölçüm verilerinin ortalaması alınarak denklemler oluşturulmuştur. Oluşturulan denklem aşağıdaki gibidir;

$$\{T_{cıkıs}=38,3$$

$$T_{giris}=22,3\}$$

$$P1=100 \text{ kPa}$$

$$T1=(T_{giris}+T_{cıkıs})/2$$

$$C1=CV(\text{Water};T=T1;P=P1)$$

$$m1=0,095 \text{ kg}$$

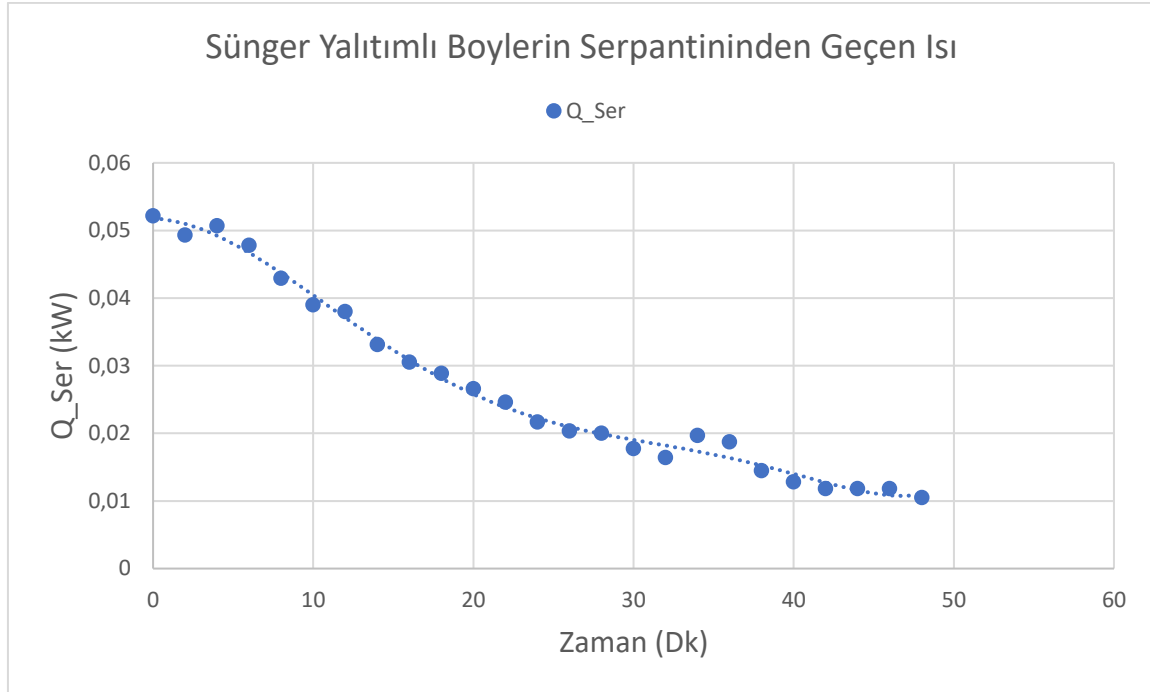
$$Q_{Serpantin}=m1*c1*(T_{cıkıs}-T_{giris})/(2*60)$$

Yazılan denklem doğrultusunda hesaplaması yaptırılan toplam 25 adet sütun sonuçları aşağıdaki gibidir;

Çizelge 6.11. Serpantin kullanılan yalıtım performansı deneyinde sünger yalıtımlı boylerde Q_Ser çizelgesi

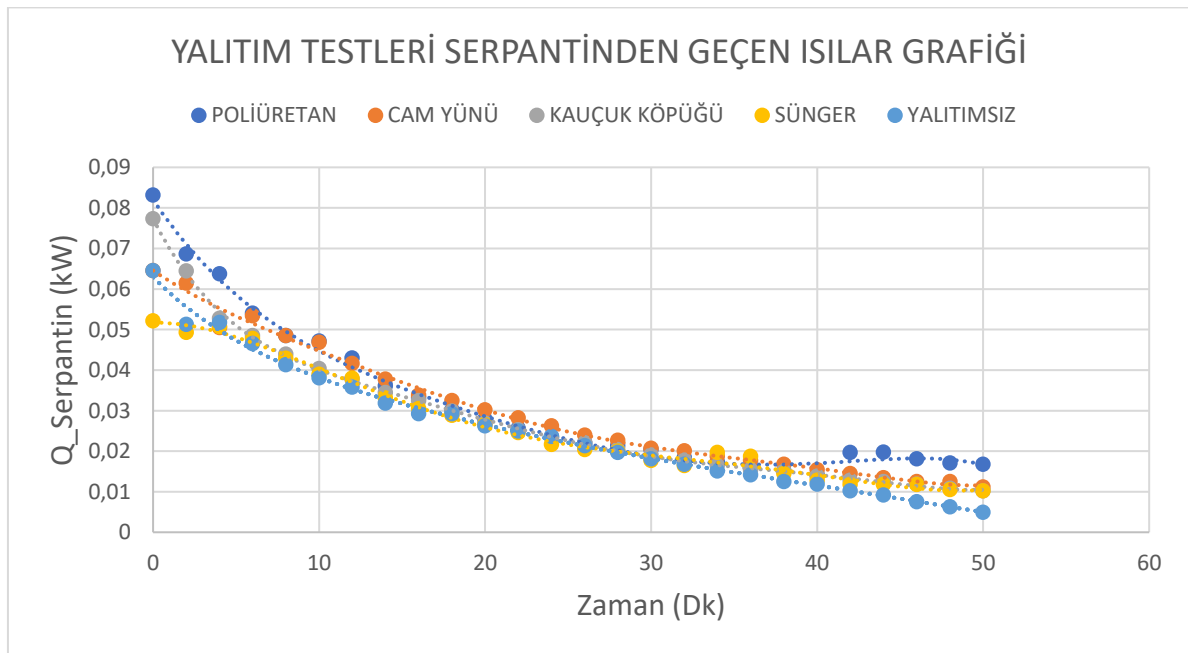
1..26	1 Q_Ser	2 T_cıkıs	3 T_giris
Run 1	0,05217	38,3	22,3
Run 2	0,04931	36,3	21,2
Run 3	0,05071	34,4	18,9
Run 4	0,04779	33,4	18,8
Run 5	0,04292	31,7	18,6
Run 6	0,039	30,6	18,7
Run 7	0,03802	30,3	18,7
Run 8	0,03313	28,6	18,5
Run 9	0,03052	27,9	18,6
Run 10	0,02887	27,8	19
Run 11	0,02659	26,6	18,5
Run 12	0,02463	26,1	18,6
Run 13	0,02168	25,1	18,5
Run 14	0,02037	24,6	18,4
Run 15	0,02004	24,6	18,5
Run 16	0,01775	24	18,6
Run 17	0,01643	23,6	18,6
Run 18	0,01971	25,1	19,1
Run 19	0,01872	24,7	19
Run 20	0,01447	23	18,6
Run 21	0,01283	22,4	18,5
Run 22	0,01184	22,1	18,5
Run 23	0,01184	22,4	18,8
Run 24	0,01184	22,2	18,6
Run 25	0,01052	21,9	18,7
Run 26	0,0102	21,9	18,8

Yukarıdaki çizelgede, her 2 dakikada bir serpantin giriş ve çıkışında ki termokupllardan alınan sıcaklık verilerinin ortalamaları doğrultusunda hesaplaması yapılan sünger yalıtımlı deneyde, serpantinden geçen ısı olan Q_Serpantin'ler belirtilmiştir.



Şekil 6.11. Serpantin kullanılan yalıtım performansı deneyinde sünger yalıtımlı boylerde Q_Ser grafiği

Serpantinli sünger yalıtımlı boyler deneyi için, Q_Serpantin grafik haline getirilerek gösterimi yapılmıştır. Serpantinden geçen ısılar toplu olarak aşağıdaki grafikte gösterilmiştir;



Şekil 6.12. Serpantin yalıtım performansı deneyinde toplu serpantinden Q_Ser grafiği

Serpantinin kullanıldığı yalıtım testleri incelendiğinde, serpantinden geçen ısılar toplu grafik halinde sunulduğunda; yalıtımsız olarak testi yapılan boyler kazanının serpantininden en fazla ısı geçişi olduğu tespit edilmiştir. Böylelikle yalıtımın ısı depolaması üzerindeki önemi diğer deneylerde olduğu gibi serpantinli deneylerde de gözlemlenmiştir. Poliüretan yalıtımlı boyler kazanının serpantininden ise en az ısı geçişi olduğu görülmüştür. Poliüretan malzemesi, diğer malzemelere göre daha üstün performans göstermiştir.

6.4. Belirsizlik Analizi

Deneyisel çalışmalarda kullanımı yapılan cihaz ve ekipmanların hassasiyetinden oluşan belirsizlikler, belirsizlik analizi yöntemi ile çözüme kavuşmuştur. Cihazların seçimi, deneyin şartları, kullanımı yapılan cihazların kalibrasyon ayarları, verilerin okunması, ölçüm aletlerinin bağlantı noktaları vs. gibi deney sonuçlarını etkileyen birden fazla parametre vardır. Bu nedenle deney standartları belirsizlik analizi yapılarak elde edilebilir. S sonucu bağımsız değişkenler ($x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$) cinsinden verilen bir fonksiyon, W_s sonuçlardaki belirsizlik ve $w_1, w_2, w_3, \dots, w_n$ bağımsız değişkenlerdeki belirsizlikler olsun. Bu durumda, S büyüklüğünün o cihazlarından kaynaklanan toplam hatası Eş.3'de hesaplanmıştır. [27].

$$W_s = \left[\left(\frac{\partial S}{\partial x_1} W_1 \right)^2 + \left(\frac{\partial S}{\partial x_2} W_2 \right)^2 + \left(\frac{\partial S}{\partial x_3} W_3 \right)^2 \dots \dots \dots + \left(\frac{\partial S}{\partial x_n} W_n \right)^2 \right]^{1/2} \quad (3)$$

Sıcaklık ölçümlerindeki belirsizlikler; termokuplların hassasiyeti ve bağlantı noktaları, ölçüm cihazından okunan değerlerden kaynaklı hatalardan oluşmaktadır. Sıcaklık ölçümlerinin belirsizliği Eş. 4'de verilen bağıntıyla hesaplanmıştır.

$$W_T = \left[(W_{termokupl})^2 + (W_{bagnokt})^2 + (W_{okuma})^2 \right]^{1/2} \quad (4)$$

$$[(0,5)^2 + (1)^2 + (0,1)^2]^{1/2} = 1,12^\circ\text{C}$$

Akış hızını ölçmek için kullanılan su sayacının belirsizliği ise, sayacın kendinden ve okuma hatasından oluşmaktadır. Su sayacının belirsizliği, Eş. 5'de

$$W_m = \left[(W_{susayacı})^2 + (W_{okuma})^2 \right]^{1/2} \quad (5)$$

$$[(1)^2 + (0,05)^2]^{1/2} = 1 \text{ m}^3/\text{h}$$

Çizelge 6.12. Ölçüm cihazlarının hassasiyetleri ve toplam belirsizlikler

Cihaz	Teknik Özellikler	Hassasiyet	Toplam Belirsizlik
Termokupl (Data logger, Hioki LR8431-20 model)	K tipi; Ölçüm Aralığı 0°C - 800°C	$\pm 0,5$ °C	$\pm 1,12$ °C
Mekanik Su Sayacı	Ölçüm Aralığı 1,5 - 20 m ³ /h	± 1 m ³ /h	± 1 m ³ /h

7. MALİYET HESABI VE VERİM ANALİZİ

7.1. Maliyet Hesabı

Yalıtım malzemelerinin performanslarını inceledikten sonra, bu malzemeleri fiyat-performans açısından sıralayabilmek için, 100 lt boylerin yüzey alanını kaplayacak şekilde kullanılan yalıtım malzemelerinin maliyetleri hesaplanmıştır. 100 lt boylerin yüzey alanını hesaplarken, kullanılan malzemelerin fiziksel özelliklerine de dikkat etmek gerekmektedir. Cam yünü, kauçuk köpüğü ve sünger katı formda iken poliüretan köpüğü sıvı halde enjekte edildikten sonra katı forma dönüşmektedir.

Bu durum göz önüne alındığında, poliüretan kg üzerinden hesaplanırken; cam yünü, kauçuk köpüğü ve sünger m² cinsinden miktarı hesaplanmıştır. Aşağıdaki çizelgede yalıtım malzemelerinin 100 lt boyler için kullanılan miktarı verilmiştir.

Çizelge 7.1. Yalıtım malzemelerinin kullanım miktarı

Yalıtım Malzemeleri	Poliüretan	Cam Yünü	Kauçuk Köpük	Sünger
100 Lt Boyler	3,2 kg	1,8 m ²	1,8 m ²	1,8 m ²

Yalıtım malzemelerinin, maliyetlerini belirleyebilmek için, çeşitli tedarikçilerden bu yalıtım malzemelerinin kg ve m² fiyatları öğrenilmiştir. Aşağıdaki çizelgede yalıtım malzemelerinin birim fiyatları ve maliyetleri verilmiştir (€=10,30 ₺ alınmıştır).

Çizelge 7.2. Yalıtım malzemelerinin maliyetleri [28,29,30].

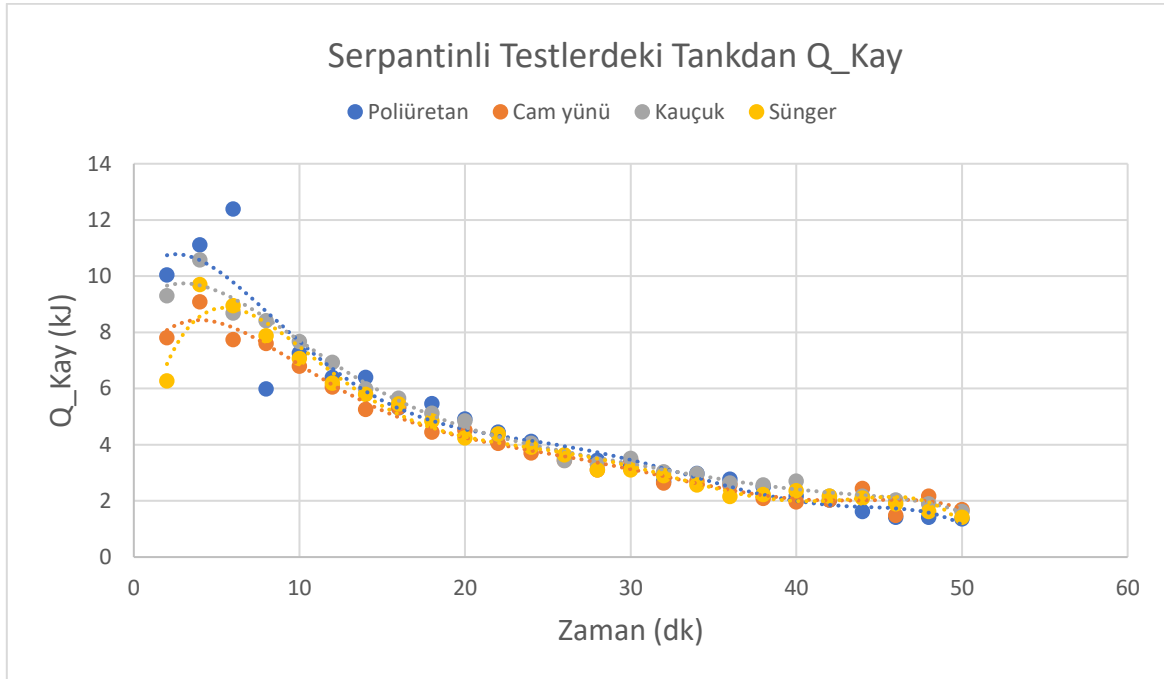
Yalıtım Malzemeleri	Poliüretan	Cam Yünü	Kauçuk Köpük	Sünger
1 m ² Fiyatları	2,60 €	0,87 €	2,91 €	1,12 €
Maliyet	8,32 €	1,56 €	5,24 €	2,01 €

Çizelgedeki maliyet analizleri incelendiğinde, yalıtım performansı deneylerinde en iyi sonucu veren poliüretan malzemesi kg cinsinden hesap edildiğinde maliyeti 8,32 €'dur. İkinci en iyi yalıtım performansı sağlayan cam yünü ise 1,56 € ile en ucuz maliyetli üründür.

Aradaki 6,76 €'luk fark göz önüne alındığında cam yünü yalıtımı da fiyat-performans açısından kullanıcılar için tercih edilebilir bir seçenektir. Maliyet açısından yalıtım ürünleri tercih edilebilirlik sırasına konduğunda, ilk sırayı cam yünü alırken ikinci sırayı sünger almıştır. Üçünü sırayı ise kauçuk köpüğü yerleştirilirken son sırayı poliüretan yalıtımı almıştır. Yalıtım malzemelerini daha işlevsel olarak sıralayabilmek için verim analizlerine bakmak gerekir.

7.2. Verim Analizi

Serpantinli kullanıldığı deneylerde, boylerin verimini hesaplayabilmek için, EES programından faydalanılmıştır. Serpantinden geçen ısı ($Q_{Serpantin}$) hesaplanırken kJ/sn (kW) olması için zamana bölünmeyerek hesaplamaları yapılmıştır. Boylerden olan soğuma miktarı hesaplanırken (Q_{Kay}) ise birimin kW çıkması için zamana bölünerek EES programında hesaplamaları yapılmıştır. Verim hesabının yapılabilmesi için serpantinli deneylerdeki $Q_{Serpantin}$, yine serpantinli deneylerdeki Q_{Kay} 'a bölünerek verim hesaplaması yapılmıştır. Serpantinli yalıtım performansı deneylerinde, boylerden olan soğuma miktarı (Q_{Kay}) aşağıdaki grafikte gösterilmiştir.



Şekil 7.1. Serpantin kullanılan yalıtım performansı deneyinde toplu boylerden Q_{Kay} grafiği

7.2.1. Serpantin kullanılan poliüretan yalıtımlı boyler deneyinde verim hesabı

Serpantin kullanıldığı poliüretan yalıtımlı boyler kazanı deneyinde, hesaplamaların aynı doğrultuda yapılması için, her 1 dakikada bir alınan ölçümler azaltılarak bu süre 2 dakikaya çıkarılmış ve alınan verilerin hesaplaması yapılmıştır. Toplamda 25 adet hesaplama sütunu oluşturulan EES programında denklemler oluşturulmuştur. Serpantinli deneylerdeki boylerden olan soğuma miktarı (Q_{Kay}) için oluşturulan denklem aşağıdaki gibidir;

$$\{T_{ortt0}=73,24$$

$$T_{ortt1}=70,26\}$$

$$P2=100 \text{ kPa}$$

$$T2=(T_{ortt0}+T_{ortt1})/2$$

$$C2=CV(\text{Water};T=T2;P=P2)$$

$$m2=100 \text{ kg}$$

$$Q_{Kay}=m2*C2*(T_{ortt0}-T_{ortt1})/(2*60)$$

Yazılan denklem doğrultusunda hesaplaması yaptırılan toplam 25 adet sütun sonuçları aşağıdaki gibidir;

Çizelge 7.3. Serpantin kullanılan poliüretan yalıtım deneyinde boylerin soğuma miktarı Q_Kay çizelgesi

1.25	1 Q_Kay	2 T_ortt0	3 T_ortt1
Run 1	10,05	73,24	70,26
Run 2	11,12	70,26	66,96
Run 3	12,39	66,96	63,28
Run 4	5,994	63,28	61,5
Run 5	7,273	61,5	59,34
Run 6	6,399	59,34	57,44
Run 7	6,401	57,44	55,54
Run 8	5,325	55,54	53,96
Run 9	5,462	53,96	52,34
Run 10	4,925	52,34	50,88
Run 11	4,455	50,88	49,56
Run 12	4,12	49,56	48,34
Run 13	3,581	48,34	47,28
Run 14	3,447	47,28	46,26
Run 15	3,246	46,26	45,3
Run 16	2,706	45,3	44,5
Run 17	2,978	44,5	43,62
Run 18	2,776	43,62	42,8
Run 19	2,507	42,8	42,06
Run 20	2,17	42,06	41,42
Run 21	2,036	41,42	40,82
Run 22	1,629	40,82	40,34
Run 23	1,427	40,34	39,92
Run 24	1,427	39,92	39,5
Run 25	1,36	39,5	39,1

Yukarıdaki çizelgede, her 2 dakikada bir boylerdeki 5 adet termokupllardan alınan sıcaklık verilerinin ortalamaları doğrultusunda hesaplaması yapılan poliüretan yalıtımlı deneyde, boylerden olan soğuma miktarı Q_Kay'lar belirtilmiştir. Zamana bölünmeden yapılan hesaplamalarda serpantinden geçen ısı olan Q_Serpantin için oluşturulan kod aşağıdaki gibidir;

{T_cıkıs=42,5

T_giris=17}

P1=100 kPa

T1=(T_giris+T_cıkıs)/2

C1=CV(Water;T=T1;P=P1)

m1=0,095 kg

$$Q_{Ser}=m1*c1*(T_{cikis}-T_{giris})$$

Yazılan denklem doğrultusunda hesaplaması yaptırılan toplam 25 adet sütun sonuçları aşağıdaki gibidir;

Çizelge 7.4. Serpantin kullanılan poliüretan yalıtım deneyinde serpantinden geçen ısı olan Q_{Ser} çizelgesi

1..25	1 Q_{Ser}	2 T_{cikis}	3 T_{giris}
Run 1	9,983	42,5	17
Run 2	8,237	38,3	17,3
Run 3	7,653	36,8	17,3
Run 4	5,978	32,4	17,2
Run 5	5,82	32,3	17,5
Run 6	5,665	31,6	17,2
Run 7	5,156	30,4	17,3
Run 8	4,333	28,3	17,3
Run 9	3,98	27,4	17,3
Run 10	3,626	26,5	17,3
Run 11	3,352	25,7	17,2
Run 12	3,076	25,1	17,3
Run 13	2,84	24,5	17,3
Run 14	2,644	24	17,3
Run 15	2,565	23,8	17,3
Run 16	2,447	23,5	17,3
Run 17	2,21	23	17,4
Run 18	2,092	22,6	17,3
Run 19	1,895	22,1	17,3
Run 20	1,816	21,9	17,3
Run 21	1,698	21,6	17,3
Run 22	1,58	21,3	17,3
Run 23	1,343	20,5	17,1
Run 24	1,185	20,2	17,2
Run 25	1,027	19,8	17,2

Yukarıdaki çizelgede, her 2 dakikada bir serpantin giriş ve çıkışında ki termokupllardan alınan sıcaklık verilerinin ortalamaları doğrultusunda zamana bölünmeden hesaplaması yapılan poliüretan yalıtımlı deneyde, serpantinden geçen ısı olan $Q_{Serpantin}$ 'ler belirtilmiştir.

7.2.2. Serpantinli cam yünü yalıtımlı boyler deneyinde verim hesabı

Serpantinli kullanıldığı cam yünü yalıtımlı boyler kazanı deneyinde, hesaplamaların aynı doğrultuda yapılması için, her 1 dakikada bir alınan ölçümler azaltılarak bu süre 2 dakikaya çıkarılmış ve alınan verilerin hesaplaması yapılmıştır.

Toplamda 25 adet hesaplama sütunu oluşturulan EES programında denklemler oluşturulmuştur. Serpantinli deneylerdeki boylerden olan soğuma miktarı (Q_{Kay}) için oluşturulan denklem aşağıdaki gibidir;

```
{T_ortt0=69,92
T_ortt1=67,6}
P2=100 kPa
T2=(T_ortt0+T_ortt1)/2
C2=CV(Water;T=T2;P=P2)
m2=100 kg
Q_Kay=m2*C2*(T_ortt0-T_ortt1)/(2*60)
```

Yazılan denklem doğrultusunda hesaplaması yaptırılan toplam 25 adet sütun sonuçları aşağıdaki gibidir;

Çizelge 7.5. Serpantin kullanılan cam yünü yalıtım deneyinde boylerin soğuma miktarı Q_Kay çizelgesi

1.25	1 Q_Kay	2 T_ortt0	3 T_ortt1
Run 1	7,819	69,92	67,6
Run 2	9,094	67,6	64,9
Run 3	7,745	64,9	62,6
Run 4	7,61	62,6	60,34
Run 5	6,803	60,34	58,32
Run 6	6,063	58,32	56,52
Run 7	5,257	56,52	54,96
Run 8	5,326	54,96	53,38
Run 9	4,451	53,38	52,06
Run 10	4,521	52,06	50,72
Run 11	4,05	50,72	49,52
Run 12	3,714	49,52	48,42
Run 13	3,446	48,42	47,4
Run 14	3,109	47,4	46,48
Run 15	3,449	46,48	45,46
Run 16	2,638	45,46	44,68
Run 17	2,707	44,68	43,88
Run 18	2,573	43,88	43,12
Run 19	2,099	43,12	42,5
Run 20	1,965	42,5	41,92
Run 21	2,034	41,92	41,32
Run 22	2,443	41,32	40,6
Run 23	1,494	40,6	40,16
Run 24	2,174	40,16	39,52
Run 25	1,7	39,52	39,02

Yukarıdaki çizelgede, her 2 dakikada bir boylerdeki 5 adet termokupllardan alınan sıcaklık verilerinin ortalamaları doğrultusunda hesaplaması yapılan poliüretan yalıtımlı deneyde, boylerden olan soğuma miktarı Q_Kay'lar belirtilmiştir.

Zamana bölünmeden yapılan hesaplamalarda serpantinden geçen ısı olan Q_Serpantin için oluşturulan kod aşağıdaki gibidir;

$$\{T_{\text{cıkıs}}=40,2$$

$$T_{\text{giris}}=20,4\}$$

$$P1=100 \text{ kPa}$$

$$T1=(T_{\text{giris}}+T_{\text{cıkıs}})/2$$

$$C1=CV(\text{Water};T=T1;P=P1)$$

$$m1=0,095 \text{ kg}$$

$$Q_{Ser}=m1*c1*(T_{cikis}-T_{giris})$$

Yazılan denklem doğrultusunda hesaplaması yaptırılan toplam 25 adet sütun sonuçları aşağıdaki gibidir;

Çizelge 7.6. Serpantin kullanılan cam yünü yalıtım deneyinde serpantinden geçen ısı olan Q_{Ser} çizelgesi

1.25	1 Q_{Ser}	2 T_{cikis}	3 T_{giris}
Run 1	7,748	40,2	20,4
Run 2	7,376	36,8	18
Run 3	6,056	32,6	17,2
Run 4	6,407	33,5	17,2
Run 5	5,821	32	17,2
Run 6	5,626	31,4	17,1
Run 7	5	29,8	17,1
Run 8	4,529	28,8	17,3
Run 9	4,058	27,6	17,3
Run 10	3,901	27,3	17,4
Run 11	3,626	26,5	17,3
Run 12	3,391	25,9	17,3
Run 13	3,155	25,2	17,2
Run 14	2,88	24,6	17,3
Run 15	2,722	24,2	17,3
Run 16	2,486	23,6	17,3
Run 17	2,407	23,4	17,3
Run 18	2,25	23,1	17,4
Run 19	2,013	22,4	17,3
Run 20	1,935	22,2	17,3
Run 21	1,856	22	17,3
Run 22	1,737	21,8	17,4
Run 23	1,422	20,9	17,3
Run 24	1,501	21,2	17,4
Run 25	1,501	21	17,2

Yukarıdaki çizelgede, her 2 dakikada bir serpantin giriş ve çıkışında ki termokupllardan alınan sıcaklık verilerinin ortalamaları doğrultusunda zamana bölünmeden hesaplaması yapılan cam yünü yalıtımlı deneyde, serpantinden geçen ısı olan $Q_{Serpantin}$ 'ler belirtilmiştir.

7.2.3. Serpantinli kauçuk köpüğü yalıtımlı boyler deneyinde verim hesabı

Serpantinin kullanıldığı kauçuk köpüğü yalıtımlı boyler kazanı deneyinde, hesaplamaların aynı doğrultuda yapılması için, her 1 dakikada bir alınan ölçümler azaltılarak bu süre 2 dakikaya çıkarılmış ve alınan verilerin hesaplaması yapılmıştır. Toplamda 25 adet hesaplama sütunu oluşturulan EES programında denklemler oluşturulmuştur. Serpantinli deneylerdeki boylerden olan soğuma miktarı (Q_{Kay}) için oluşturulan denklem aşağıdaki gibidir;

$$\{T_{ortt0}=73,24$$

$$T_{ortt1}=70,26\}$$

$$P2=100 \text{ kPa}$$

$$T2=(T_{ortt0}+T_{ortt1})/2$$

$$C2=CV(\text{Water};T=T2;P=P2)$$

$$m2=100 \text{ kg}$$

$$Q_{Kay}=m2*C2*(T_{ortt0}-T_{ortt1})/(2*60)$$

Yazılan denklem doğrultusunda hesaplaması yaptırılan toplam 25 adet sütun sonuçları aşağıdaki gibidir;

Çizelge 7.7. Serpantin kullanılan kauçuk köpüğü yalıtım deneyinde boylerin soğuma miktarı Q_Kay çizelgesi

1.25	1 Q_Kay	2 T_ortt0	3 T_ortt1
Run 1	9,312	73,28	70,52
Run 2	10,58	70,52	67,38
Run 3	8,69	67,38	64,8
Run 4	8,418	64,8	62,3
Run 5	7,677	62,3	60,02
Run 6	6,938	60,02	57,96
Run 7	5,996	57,96	56,18
Run 8	5,662	56,18	54,5
Run 9	5,124	54,5	52,98
Run 10	4,857	52,98	51,54
Run 11	4,387	51,54	50,24
Run 12	4,051	50,24	49,04
Run 13	3,445	49,04	48,02
Run 14	3,311	48,02	47,04
Run 15	3,515	47,04	46
Run 16	3,044	46	45,1
Run 17	2,977	45,1	44,22
Run 18	2,64	44,22	43,44
Run 19	2,573	43,44	42,68
Run 20	2,71	42,68	41,88
Run 21	2,17	41,88	41,24
Run 22	2,172	41,24	40,6
Run 23	2,037	40,6	40
Run 24	1,903	40	39,44
Run 25	1,632	39,44	38,96

Yukarıdaki çizelgede, her 2 dakikada bir boylerdeki 5 adet termokupllardan alınan sıcaklık verilerinin ortalamaları doğrultusunda hesaplaması yapılan kauçuk köpüğü yalıtımlı deneyde, boylerden olan soğuma miktarı Q_Kay'lar belirtilmiştir. Zamana bölünmeden yapılan hesaplamalarda serpantinden geçen ısı olan Q_Serpantin için oluşturulan kod aşağıdaki gibidir;

{T_cıkıs=41

T_giris=17,3}

P1=100 kPa

T1=(T_giris+T_cıkıs)/2

C1=CV(Water;T=T1;P=P1)

m1=0,095 kg

Q_Ser=m1*c1*(T_cıkıs-T_giris)

Yazılan denklem doğrultusunda hesaplaması yaptırılan toplam 25 adet sütun sonuçları aşağıdaki gibidir;

Çizelge 7.8. Serpantin kullanılan kauçuk köpüğü yalıtım deneyinde serpantinden Q_Ser çizelgesi

1.25	1 Q _{Ser}	2 T _{cıkıs}	3 T _{giris}
Run 1	9,284	41	17,3
Run 2	7,734	36,6	16,9
Run 3	6,33	33,1	17
Run 4	5,822	31,8	17
Run 5	5,274	30,4	17
Run 6	4,844	29,3	17
Run 7	4,53	28,5	17
Run 8	4,138	27,5	17
Run 9	3,902	27	17,1
Run 10	3,588	26,1	17
Run 11	3,234	25,3	17,1
Run 12	3,037	24,8	17,1
Run 13	2,801	24,2	17,1
Run 14	2,605	23,7	17,1
Run 15	2,447	23,4	17,2
Run 16	2,29	22,9	17,1
Run 17	2,132	22,5	17,1
Run 18	1,974	22,2	17,2
Run 19	1,856	21,9	17,2
Run 20	1,817	21,8	17,2
Run 21	1,659	21,4	17,2
Run 22	1,541	21	17,1
Run 23	1,501	20,9	17,1
Run 24	1,422	20,7	17,1
Run 25	1,304	20,4	17,1

Yukarıdaki çizelgede, her 2 dakikada bir serpantin giriş ve çıkışında ki termokupllardan alınan sıcaklık verilerinin ortalamaları doğrultusunda zamana bölünmeden hesaplaması yapılan kauçuk köpüğü yalıtımlı deneyde, serpantinden geçen ısı olan Q_Serpantin'ler belirtilmiştir.

7.2.4. Serpantinli sünger yalıtımlı boyler deneyinde verim hesabı

Serpantinin kullanıldığı sünger yalıtımlı boyler kazanı deneyinde, hesaplamaların aynı doğrultuda yapılması için, her 1 dakikada bir alınan ölçümler azaltılarak bu süre 2 dakikaya çıkarılmış ve alınan verilerin hesaplaması yapılmıştır. Toplamda 25 adet hesaplama sütunu oluşturulan EES programında denklemler oluşturulmuştur. Serpantinli deneylerdeki boylerin soğuma miktarı olan (Q_{Kay}) için oluşturulan denklem aşağıdaki gibidir;

$$\{T_{ortt0}=73,24$$

$$T_{ortt1}=70,26\}$$

$$P2=100 \text{ kPa}$$

$$T2=(T_{ortt0}+T_{ortt1})/2$$

$$C2=CV(\text{Water};T=T2;P=P2)$$

$$m2=100 \text{ kg}$$

$$Q_{Kay}=m2*C2*(T_{ortt0}-T_{ortt1})/(2*60)$$

Yazılan denklem doğrultusunda hesaplaması yaptırılan toplam 25 adet sütun sonuçları aşağıdaki gibidir;

Çizelge 7.9. Serpantin kullanılan sünger yalıtım deneyinde boylerin soğuma miktarı Q_Kay çizelgesi

1.25	1 Q_Kay	2 T_ortt0	3 T_ortt1
Run 1	6,271	70,88	69,02
Run 2	9,703	69,02	66,14
Run 3	8,958	66,14	63,48
Run 4	7,879	63,48	61,14
Run 5	7,072	61,14	59,04
Run 6	6,197	59,04	57,2
Run 7	5,795	57,2	55,48
Run 8	5,46	55,48	53,86
Run 9	4,856	53,86	52,42
Run 10	4,25	52,42	51,16
Run 11	4,387	51,16	49,86
Run 12	3,917	49,86	48,7
Run 13	3,648	48,7	47,62
Run 14	3,109	47,62	46,7
Run 15	3,11	46,7	45,78
Run 16	2,909	45,78	44,92
Run 17	2,571	44,92	44,16
Run 18	2,166	44,16	43,52
Run 19	2,235	43,52	42,86
Run 20	2,371	42,86	42,16
Run 21	2,169	42,16	41,52
Run 22	2,103	41,52	40,9
Run 23	1,901	40,9	40,34
Run 24	1,63	40,34	39,86
Run 25	1,427	39,86	39,44

Yukarıdaki çizelgede, her 2 dakikada bir boylerdeki 5 adet termokupllardan alınan sıcaklık verilerinin ortalamaları doğrultusunda hesaplaması yapılan sünger yalıtımlı deneyde, boylerin soğuma miktarı olan Q_Kay'lar belirtilmiştir.

Zamana bölünmeden yapılan hesaplamalarda serpantinden geçen ısı olan Q_Serpantin için oluşturulan kod aşağıdaki gibidir;

$$\{T_{\text{cıkıs}}=38,3$$

$$T_{\text{giris}}=22,3\}$$

$$P1=100$$

$$T1=(T_{\text{giris}}+T_{\text{cıkıs}})/2$$

$$C1=CV(\text{Water};T=T1;P=P1)$$

$$m1=0,095$$

$$Q_{Ser}=m1*c1*(T_{cikis}-T_{giris})$$

Yazılan denklem doğrultusunda hesaplaması yaptırılan toplam 25 adet sütun sonuçları aşağıdaki gibidir;

Çizelge 7.10. Serpantin kullanılan sünger yalıtım deneyinde serpantinden geçen ısı olan Q_{Ser} çizelgesi

1..25	1 Q_{Ser}	2 T_{cikis}	3 T_{giris}
Run 1	6,261	38,3	22,3
Run 2	5,917	36,3	21,2
Run 3	6,086	34,4	18,9
Run 4	5,735	33,4	18,8
Run 5	5,15	31,7	18,6
Run 6	4,68	30,6	18,7
Run 7	4,563	30,3	18,7
Run 8	3,976	28,6	18,5
Run 9	3,662	27,9	18,6
Run 10	3,465	27,8	19
Run 11	3,191	26,6	18,5
Run 12	2,955	26,1	18,6
Run 13	2,602	25,1	18,5
Run 14	2,445	24,6	18,4
Run 15	2,405	24,6	18,5
Run 16	2,13	24	18,6
Run 17	1,972	23,6	18,6
Run 18	1,932	24	19,1
Run 19	2,05	24,2	19
Run 20	1,736	23	18,6
Run 21	1,539	22,4	18,5
Run 22	1,421	22,1	18,5
Run 23	1,42	22,4	18,8
Run 24	1,421	22,2	18,6
Run 25	1,263	21,9	18,7

Yukarıdaki çizelgede, her 2 dakikada bir serpantin giriş ve çıkışında ki termokupllardan alınan sıcaklık verilerinin ortalamaları doğrultusunda zamana bölünmeden hesaplaması yapılan sünger yalıtımlı deneyde, serpantinden geçen ısı olan $Q_{Serpantin}$ 'ler belirtilmiştir.

Hesaplamalar doğrultusunda verimin hesaplanabilmesi için tüm bulgular elde edilmiştir. Bu bulgular excel ortamında $(Q_{Ser}/Q_{Kay})*100$ şeklinde tekrar hesaplama sokularak verimleri elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir;

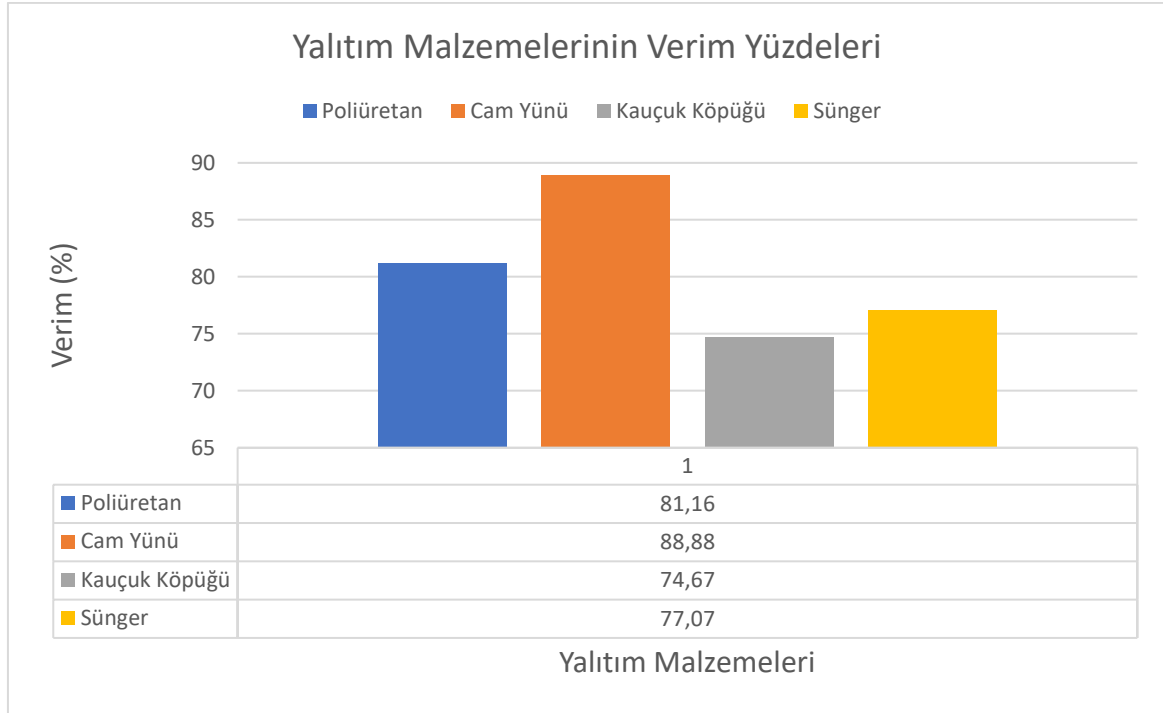
Çizelge 7.11. Poliüretan ve cam yünü yalıtımı verim hesaplamaları

ZAMAN (Dk)	POLİÜRETAN			CAM YÜNÜ		
	Q_ser	Q_kay	Verim	Q_ser	Q_kay	Verim
2	9,983	10,05	99,333	7,748	7,819	99,09
4	8,237	11,12	74,074	7,376	9,094	81,11
6	7,653	12,39	61,768	6,056	7,745	78,19
8	5,978	5,994	99,733	6,407	7,61	84,19
10	5,82	7,273	80,022	5,821	6,803	85,57
12	5,665	6,399	88,529	5,626	6,063	92,79
14	5,156	6,401	80,550	5	5,257	95,11
16	4,333	5,325	81,371	4,529	5,326	85,04
18	3,98	5,462	72,867	4,058	4,451	91,17
20	3,626	4,925	73,624	3,901	4,521	86,29
22	3,352	4,455	75,241	3,626	4,05	89,53
24	3,076	4,12	74,660	3,391	3,714	91,30
26	2,84	3,581	79,307	3,155	3,446	91,56
28	2,644	3,447	76,704	2,88	3,109	92,63
30	2,565	3,246	79,020	2,722	3,449	78,92
32	2,447	2,706	90,429	2,486	2,638	94,24
34	2,21	2,978	74,211	2,407	2,707	88,92
36	2,092	2,776	75,360	2,25	2,573	87,45
38	1,895	2,507	75,588	2,013	2,099	95,90
40	1,816	2,17	83,687	1,935	1,965	98,47
42	1,698	2,036	83,399	1,856	2,034	91,25
44	1,58	1,629	96,992	1,737	2,443	71,10
46	1,343	1,427	94,114	1,422	1,494	95,18
48	1,185	1,427	83,041	1,501	2,174	69,04
50	1,027	1,36	75,515	1,501	1,7	88,29
	ORTALAMA		81,166	ORTALAMA		88,09

Çizelge 7.12. Kauçuk köpüğü ve sünger yalıtımı verim hesaplamaları

ZAMAN (Dk)	KAUÇUK KÖPÜĞÜ			SÜNGER		
	Q_ser	Q_kay	Verim	Q_ser	Q_kay	Verim
2	9,284	9,312	99,70	6,261	6,271	99,84
4	7,734	10,58	73,10	5,917	9,703	60,98
6	6,33	8,69	72,84	6,086	8,958	67,94
8	5,822	8,418	69,16	5,735	7,879	72,79
10	5,274	7,677	68,70	5,15	7,072	72,82
12	4,844	6,938	69,82	4,68	6,197	75,52
14	4,53	5,996	75,55	4,563	5,795	78,74
16	4,138	5,662	73,08	3,976	5,46	72,82
18	3,902	5,124	76,15	3,662	4,856	75,41
20	3,588	4,857	73,87	3,465	4,25	81,53
22	3,234	4,387	73,72	3,191	4,387	72,74
24	3,037	4,051	74,97	2,955	3,917	75,44
26	2,801	3,445	81,31	2,602	3,648	71,33
28	2,605	3,311	78,68	2,445	3,109	78,64
30	2,447	3,515	69,62	2,405	3,11	77,33
32	2,29	3,044	75,23	2,13	2,909	73,22
34	2,132	2,977	71,62	1,972	2,571	76,70
36	1,974	2,64	74,77	1,932	2,166	89,20
38	1,856	2,573	72,13	2,05	2,235	91,72
40	1,817	2,71	67,05	1,736	2,371	73,22
42	1,659	2,17	76,45	1,539	2,169	70,95
44	1,541	2,172	70,95	1,421	2,103	67,57
46	1,501	2,037	73,69	1,42	1,901	74,70
48	1,422	1,903	74,72	1,421	1,63	87,18
50	1,304	1,632	79,90	1,263	1,427	88,51
	ORTALAMA		74,67	ORTALAMA		77,07

Yukarıda her iki dakikada ki bir ölçümlere göre verim hesaplaması yapılan serpantinli boyler deneylerinde, verimlerin ortalaması alınarak birbiri ile kıyas yapılması sağlanmıştır. Aşağıdaki sütun grafiğinde serpantinli deneylerdeki yalıtım malzemelerinin verimleri belirtilmiştir;



Şekil 7.2. Kauçuk köpüğü ve sünger yalıtımı verim hesaplamaları

Verim hesabına göre elde edilen sonuçlar yukarıda ki sütun grafiğinde kıyaslandığında Cam yünü malzemesinin veriminin çok iyi olmamakla birlikte en yüksek çıktığı, poliüretan malzemesinin ise verimde ikinci sırayı aldığı gözlemlenmiştir.

Maliyet-verim ilişkisi göz önüne alındığında cam yünü malzemesinin tercih edilebilirlik sırasında ilk sırayı alması kullanıcılara tavsiye edilmektedir.

8. SONUÇ VE TARTIŞMA

Tüm elde edilen bulgular, deney sonuçları, grafikler ve matematiksel hesaplamalar incelendiğinde yalıtım performansı deneylerinde, poliüretan yalıtım malzemesi kaplı boylerde dışarıya en az ısı geçişi olduğu gözlemlenmiştir. Bunu sırası ile cam yünü, elastomerik kauçuk köpüğü ve sünger yalıtım malzemeleri izlemiştir. Yalıtım malzemelerinin önemini ve farkını görebilmek için yalıtımsız olarak da deneyler yapılmıştır. Serpantin kullanıldığı yalıtım performansı deneylerinde ise boylerden dışarıya en az ısı geçişi yine poliüretan yalıtım malzemesinde olduğu gözlemlenirken en dışarıya en çok ısı geçişinin olduğu yalıtım malzemesinin sünger olduğu tespit edilmiştir.

Serpantinden olan ısı geçişleri incelendiğinde, en fazla olan ısı geçişinin poliüretan yalıtımlı boyler olduğu tespit edilirken, en az olan ısı geçişinin sünger yalıtımlı boyler olduğu grafikler vasıtasıyla elde edilmiştir. Maliyet analizi yapılan yalıtım malzemelerinde en pahalı olan yalıtım malzemesi poliüretan olarak tespit edilirken, en ucuz fiyatlı yalıtım malzemesinin cam yünü olduğu görülmüştür. Sıralama pahalıdan ucuza; poliüretan, elastomerik kauçuk köpüğü, sünger ve cam yünü şeklindedir.

Yalıtım malzemelerini fiyat-performans açısından değerlendirecek olursak elde edilen verim bulguları doğrultusunda cam yünü malzemesinin en yüksek verimi verdiği ve ikinci sırayı poliüretan yalıtım malzemesinin aldığı tespit edilmiştir. Fiyatı da göz önüne alındığında cam yünü yalıtım malzemesi, tercih edilebilirlik bakımından ilk sırayı alırken, ikinci sırayı poliüretan yalıtım malzemesi almıştır.

KAYNAKLAR

1. Küçükgül, İ. (2014). *Enerji Kullanımı, Dış Ticaret ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Teori, Literatür ve Uygulama*. (Yayın No. 359941). Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Hatay.
2. Çomaklı, K., Bakırcı, K., Erdoğan, S. ve Şahin, B. (2005). Enerji, Çevre, Sağlık ve Güvenlik Açısından Yalıtım. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 89, 65-70.
3. Kozak, M. ve Kozak, Ş. (2012). Enerji Depolama Yöntemleri. *SDU International Technologic Science*, 4(2), 17-29.
4. Kaya, R. (2017). *Trijenerasyon Sisteminde Gaz Motoru Ünitesi Yağlama Yağının Soğutulmasından Elde Edilen Enerjinin Boyler Sisteminde Kullanılması*. (Yayın No. 470660). Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Beykent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
5. Erdoğan, M. (2014). *Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Potansiyelinin Termodinamik Analiz Yöntemi ile İncelenerek, Yenilenebilir Enerji Kullanımının Gelecek Projeksiyonlarının Değerlendirilmesi*. (Yayın No. 394408). Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Aydın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
6. Urmamen, E. (2019). *Türkiye'de ve Dünya'da Enerji Verimliliği*. (Yayın No. 567968). Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
7. Koç, A., Yağlı, H., Koç, Y. ve Uğurlu, İ. (2018). Dünyada ve Türkiye'de Enerji Görünümünün Genel Değerlendirilmesi. *Mühendis ve Makine Dergisi*, 59(692), 86-114.
8. Ökten, K. (2016). *Isı Geri Kazanımı ve Depolanmasında Sıcaklık Farklarının Korunması İçin Cam Yünlü Donatılı Tankların Termal İncelenmesi*. (Yayın No. 297367). Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
9. Baştürk, E. (2018). *Isıl Enerji Depolama Kapasitesine Sahip UV Işınlarıyla Sertleşebilen Kompozit Yapıların Geliştirilmesi*. (Yayın No. 513366). Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
10. Ensari, Ö. F. (2020). *Yağ Alkolleri Bazlı Faz Değişim Malzemelerinin Sentezi, Karakterizasyonu ve Isıl Enerji Depolama Özelliklerinin Belirlenmesi*. (Yayın No. 629187). Doktora Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat.
11. Karaoğlu, O. (2019). *Güneş Kaynaklı Bölgesel Isıtma Sistemlerinin İncelenmesi ve Bir Üniversite Kampüsündeki Belirli Bölge İçin Modellenerek Değerlendirilmesi*. (Yayın No. 10268729). Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü, İstanbul.
12. Şanslı, B. (2015). *Ticari Tip Split Klimada Kondenser Atık Isının Farklı Bir Yöntemle Boylerde Kullanımının Enerji Verimliliğine Etkisi*. (Yayın No. 405881). Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük.

13. Yıldızhan, H. (2013). *Boyer Destekli Vakum Tüplü Güneş Kollektör Sisteminin Farklı Parametrelere Göre Ekserji Analizi*. (Yayın No. 354261). Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
14. Sarımeşe, K. (2015). *Split Klimalarda Boyler Kullanılarak Sürekli Sıcak Su Temini, Enerji Verimliliği ile Termodinamik ve Termoekonomik Yönden Uygunluğunun Araştırılması*. (Yayın No. 405880). Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük.
15. Daşdemir, A. (2019). *Boru Yalıtımında Farklı Boru Çapları İçin Hava Boşluğunun Yalıtım Kalınlığı ve Kullanım Ömrü Maliyetleri Üzerine Etkileri*. (Yayın No. 567911). Yüksek Lisans Tezi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla.
16. Çallı, E. (2016). *Boru Yalıtımı Uygulamalarında Isıtma Derece Günlere Göre Optimum Yalıtım Kalınlığının Enerji Tasarrufu*. (Yayın No. 430944). Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon.
17. Tang, W., Feng, H., Chen, L., Xie, Z., & Shi, J. (2021). Constructal design for a boiler economizer. *Energy*, 223.
18. Tharakie, G.M. & Sithari, M. (2020). Boiler systems optimization. *Journal of Research Technology and Engineering*, 1(3), 151-160.
19. Gürenli, M., Atamtürk, U. (2011, 13-16 Nisan). Türkiye’de Yaygın Olan Kullanım Sıcak Suyu Sistemlerine Genel Bir Bakış Hızlı Boyler ve Depo Şarj Sisteminin Karşılaştırmalı Analizi. X. *Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*’nde Yayımlanan Makale.
20. Kara, A. Y. ve Aslantürk, C. (2003). Binalarda Kullanılan Boylerin Modellenmesi, *Tesisat Mühendisliği*, 73, 17 – 22.
21. Akıncı, H. (2007). *Günümüzde Uygulanan Isı Yalıtım Malzemeleri, Özellikleri, Uygulama Teknikleri ve Fiyat Analizleri*. (Yayın No. T02792). Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
22. Ögetürk, İ. (2019). *Binalarda Isı Yalıtım Malzemelerinin Enerji Verimliliği Üzerine Etkisinin Araştırılması*. (Yayın No. 560018). Yüksek Lisans Tezi, Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Batman.
23. Saha M. C., Kabir Md.E. ve Jeelani S. (2008). Enhancement İn Thermal and Mechanical Properties Of Polyurethane Foam İnfused With Nanoparticles. *Materials Science and Engineering A*, 479, 213-222.
24. Dağoğlu, E. (2019). *Nbr-Pvc Bazlı Elastomerik Kauçuk Köpüğünde Boyutsal Kararlılığın Termal Analiz Yöntemiyle Geliştirilmesi*. (Yayın No. 588697). Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Eskişehir.

25. Deveci, M. (2020). *Farklı Döşeme Teknikleriyle Üretilen Oturma Elemanlarının Performanslarının Belirlenmesi*. (Yayın No. 626148). Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
26. Yapıcı, F., Gök, A., Gülsoy, S.K., Kurt, Ş., Altun, S., Kılınç, İ. ve Korkmaz, M. (2012). Döşemelik Süngerlerin Statik Yorma Performanslarının Belirlenmesi. *Orman Fakültesi Dergisi*, 12(2), 285-290.
27. Çiftçi, E., Sözen A. ve Karaman, E. (2016). TiO₂ İçeren Nanoakışkan Kullanımının Isı Borusu Performansına Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi. *Politeknik Dergisi*, 19(3), 367-376.
28. Armacell. (2021). Armacell elastomerik kauçuk köpüğü ürünü fiyat listesi [Broşür]. <http://entasend.com/images/pdf/armacell2021.pdf> Son Erişim Tarihi: 05.07.2021
29. İzocam. (2021). İzocam cam yünü ürünü fiyat listesi [Broşür]. <http://www.himerpa.com/images/upload/f353dcaa-0cb2-43a8-99b6-b1a516f351b1.pdf> Son Erişim Tarihi: 24.07.2021
30. Apamet. (2021). Apamet sünger ve poliüretan ürünü fiyat listesi [Broşür]. https://www.apamet.com.tr/boyler_katalogu.pdf Son Erişim Tarihi: 06.08.2021

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı-Soyadı : Yiğit Alp DÖĞÜCÜ

Uyruğu : Türkiye Cumhuriyeti

Doğum tarihi ve yeri :

Medeni hali

e-posta :

Eğitim Derecesi

Okul/Program

Mezuniyet Yılı

Lisans

Karabük Üniversitesi

Yüksek Lisans

Amasya Üniversitesi

-

İş Deneyimi/Yıl

Çalıştığı Yer

Görevi

2020-

Apaydın Isıtma ve
Enerji Sistemleri

Makine Mühendisi

Yabancı Dili

İngilizce

Bilimsel Faaliyetler (Yayınlar, Bildiriler, Katıldığı Projeler)

1. Erkmen, O. & Saklı, Z. (Eds.), (2021). Boyler Kazanlarının Üretim Parametreleri Değişimine Bağlı Olarak Isıl Performansının İncelenmesi. *6th International Zeugma Conference On Scientific Researches (19-20, June)*. Yayımlanmış Makale. (217-226). Gaziantep, Türkiye.