

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**SICAK SU DEPOLAMA SİSTEMLERİNDE MANTOLU
YATAY TANKLARDA EĞİK ENGELLERİN ISIL
TABAKALAŞMAYA ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

**Hazırlayan
Burak TURGUT**

**Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Yusuf TEKİN**

Yüksek Lisans Tezi

**Ağustos 2019
KAYSERİ**

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**SICAK SU DEPOLAMA SİSTEMLERİNDE MANTOLU
YATAY TANKLARDA EĞİK ENGELLERİN ISIL
TABAKALAŞMAYA ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

(Yüksek Lisans Tezi)

**Hazırlayan
Burak TURGUT**

**Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Yusuf TEKİN**

**Ağustos 2019
KAYSERİ**

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.



Burak TURGUT

Sıcak Su Depolama Sistemlerinde Mantolu Yatay Tanklarda Eğik Engellerin Isıl Tabakalaşmaya Etkisinin İncelenmesi adlı Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi'ne uygun olarak hazırlanmıştır.



Tezi Hazırlayan

Burak TURGUT



Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Yusuf TEKİN



Makine Mühendisliği Bölümü ABD Başkanı

Prof. Dr. Necdet ALTUNTOP

Dr.Öğrt.Üyesi Yusuf TEKİN danışmanlığında **Burak TURGUT** tarafından hazırlanan “**Sıcak Su Depolama Sistemlerinde Mantolu Yatay Tanklarda Eğik Engellerin Isıl Tabakalaşmaya Etkisinin İncelenmesi**” adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalında **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

05/08/2019

JÜRİ:

Danışman : Dr.Öğrt.Üyesi Yusuf TEKİN



Üye : Prof.Dr.Necdet ALTUNTOP



Üye : Doç. Dr. Mevlüt ARSLAN



ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun 03/09/2019 tarih ve 2019/50-28 sayılı kararı ile onaylanmıştır.



Prof. Dr. Mehmet AKKURT
Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

“Sıcak Su Depolama Sistemlerinde Mantolu Yatay Tanklarda Eğik Engellerin Isıl Tabakalaşmaya Etkisinin İncelenmesi” adlı tez çalışmamın seçiminde, yürütülmesinde, sonuçlandırılmasında ve sonuçların değerlendirilmesinde destek ve yardımlarını esirgemeyen sayın Dr. Öğr. Üyesi Yusuf TEKİN’e teşekkür ederim.

Çalışmalarım boyunca farklı bakış açıları ve bilimsel katkılarıyla beni aydınlatan, yakın ilgi ve yardımlarını esirgemeyen ve bu günlere gelmemde en büyük katkı sahibi değerli hocam sayın Dr. Öğrt. Üyesi Doğan ERDEMİR’e teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmalarım sırasında karşılaştığım zorlukları aşmamda yardımlarından dolayı değerli eşim Arş. Gör. Buket TURGUT’a ve oğlum Çınar Eymen Turgut’a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Burak TURGUT

Ağustos 2019, Kayseri

SICAK SU DEPOLAMA SİSTEMLERİNDE MANTOLU YATAY TANKLARDA EĞİK ENGELLERİN ISIL TABAKALAŞMAYA ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Burak TURGUT

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi, Ağustos 2019
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Yusuf TEKİN

ÖZET

Yatay su tanklarının güneş enerjili sıcak su sistemlerinde kullanımı vakum tüplü güneş kolektörlerinin kullanımının artması ve daha estetik bir görünüm sağlamasından dolayı yaygınlaşmaktadır. Kullanımın artmasına rağmen yatay sıcak su tankları ile alakalı literatürde kısıtlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu tez çalışmasında, bir yatay mantolu sıcak su tankının ısı performansını arttırmak için tank içerisine farklı açıyla birbirlerine farklı açıyla paralel veya çakışık eğik engeller yerleştirmenin etkisi sayısal olarak incelenmiştir ve sayısal analizler yapılan deneylerle doğrulanmıştır. İlk engel şebeke girişinden $m=50, 100$ ve 150 mm mesafelerde ikinci engel ise ilk engele göre $l=100$ ve 200 mm mesafede yerleştirilmiştir. Sisteme şebeke girişinden sağlanan hız $V=0.036, 0.073, 0.11, 0.147$ m/s alınarak her bir hız değeri için analizler yapılmıştır. Böylece engel konumunun ve iki engel arasındaki mesafenin etkisi şebeke giriş hızının değişimi üzerinden sayısal olarak incelenmiştir. Sonuçlar; tank içerisindeki sıcaklık dağılımı, manto çıkış ve kullanım suyu sıcaklıkları, ortalama depolanan su sıcaklığı üzerinden verilmiştir. Çalışmanın sonucunda, her durum için en iyi şebeke giriş hızının $V=0.073$ m/s olduğu, hızın artmasının şebeke çıkış sıcaklığını genel olarak düşürdüğü belirlenmiştir. Çalışma sonucunda en verimli tank modelinin 75° açıda paralel engel konumunda ilk engelin tank girişinden uzaklığı 150 mm ve iki engel arasındaki mesafenin 100 mm olduğu tank tasarımı elde edilmiştir. Bu modelde depolama suyu sıcaklığı $309,5$ K kullanım suyu sıcaklığı 312 K elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yatay sıcak su tankı, Güneş enerjili sıcak su sistemi, Isıl enerji depolama

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF OBLIQUE SLOPPED ON THERMAL STRATIFICATION IN HOT WATER STORAGE SYSTEMS HORIZONTAL MANTLED TANKS

Burak TURGUT

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences

M.Sc. Thesis, August 2019

Supervisor: Dr. Yusuf TEKİN

ABSTRACT

The use of horizontal hot water tanks in solar hot water systems is becoming widespread due to the increased use of vacuum tube solar collectors and providing a more aesthetic appearance. In spite of the increasing use of it, there are a limited number of studies in the literature regarding horizontal hot water tanks. In this thesis, the effect of placing incline obstacles parallel or coincident to each other at different degrees angle in a tank to increase the thermal performance of a horizontal mantled hot water tank is investigated numerically, and numerical analyzes were confirmed by experiments. The first sloped is located at $m=50, 100$ and 150 mm distances from the main input, the second obstacle is placed at $l=100$ and 200 mm distances according to the first sloped. The velocity $V=0.036, 0.073, 0.11, 0.147$ m/s supplied from the main input and analyses were made for each speed. Thus, the effect of the sloped position and the distance between the two sloped is examined numerically through the change of the velocity of main input. Results have been evaluated based on temperature distribution within the tank, mantle outlet and main outlet temperatures, average temperature of stored water. As a result of the study, it was found that the best mains input velocity for each case was $V=0.073$ m/s, and increasing the speed generally reduced the mains outlet temperature. As a result of the study; the most efficient tank is obtained in the tank design where the distance from first obstacle is 150 mm and the distance between the two obstacles is 100 mm. In this model, the storage water temperature is 309.5 K and the domestic water temperature is 312 K.

Keywords: Horizontal hot water tank, Solar domestic hot water system, Thermal energy storage

İÇİNDEKİLER

SICAK SU DEPOLAMA SİSTEMLERİNDE MANTOLU YATAY TANKLARDA EĞİK ENGELLERİN ISIL TABAKALAŞMAYA ETKİSİNİN İNCELENMESİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK	i
YÖNERGEYE UYGUNLUK SAYFASI	ii
KABUL ONAY	iii
TEŞEKKÜR	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR VE SİMGELER	x
TABLolar LİSTESİ	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ	xii
GİRİŞ	1
G.1. Güneş Enerjisi Sistemleri	3
G.1.1 Güneş Enerjisi ve Isıl Uygulamaları	4

1. BÖLÜM

LİTERATÜR TARAMASI ve GENEL BİLGİLER

1.1. Enerji	8
1.1.1. Enerji Çeşitleri	9
1.1.2. Enerji Verimliliği	11
1.3. Enerji Depolama	14
1.3.1 Enerji Depolamanın Önemi	15
1.3.2 Enerji Depolama Teknolojileri	15
1.3.2.1 Isı Enerjisinin Depolanması	16
1.3.2.2 Hissedilir Isı Depolanması	17
1.3.2.3 Gizli Isı Depolanması	18
1.3.2.4 Su İle Isı Enerji Depolanması	20
1.3.2.5. Su Pompalayarak Potansiyel Enerji Depolama	21
1.3.2.6. Sıcaklık Tabakalaşması	22
1.4.Yapılan Çalışmalar	24

2. BÖLÜM

HESAPLAMALI AKIŞKANLAR DİNAMİĞİ

2.1. Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (CFD)	30
2.1.1. ANSYS - FLUENT® Paket Programı	30
2.1.2. Hacimsel Elemanların Oluşturulması (Grid Oluşturulması)	31
2.1.3. Sınır şartları (Boundary Conditions)	32
2.1.4. Fiziksel Özellikleri	33
2.1.5. Matematiksel Model	33
2.2. Sayısal Analiz	35
2.2.1. Materyal Method	37
2.2.1.1. Tank Geometrisinin Oluşturulması	37
2.2.1.2. Sayısal Prosedür	38

3. BÖLÜM

SAYISAL BULGULAR

3.1. Birbirine Paralel Eğik İki Engel Yerleştirmenin Tank İçerisindeki Sıcaklık Dağılımına Etkisi	40
3.1.1.İçerisinde Engel Bulunmayan Tank İçin Elde Edilen Sıcaklık Dağılımları	40
3.1.2.Engel Konumu Paralel $\alpha:60^\circ$ - m:50 mm - l:100 mm Olan Tank İçin Elde Edilen Sıcaklık Dağılımları	42
3.1.3.Engel Konumu Paralel $\alpha:60^\circ$ - m:50 mm - l:200 mm Olan Tank İçin Elde Edilen Sıcaklık Dağılımları	44
3.1.4.Engel Konumu Paralel $\alpha:60^\circ$ - m:100 mm - l:100 mm Olan Tank İçin Elde Edilen Sıcaklık Dağılımları	47
3.1.5.Engel Konumu Paralel $\alpha:60^\circ$ - m:100 mm - l:200 mm Olan Tank İçin Elde Edilen Sıcaklık Dağılımları	49
3.1.6.Engel Konumu Paralel $\alpha:60^\circ$ - m:150 mm - l:100 mm Olan Tank İçin Elde Edilen Sıcaklık Dağılımları	51
3.1.7.Engel Konumu Paralel $\alpha:60^\circ$ - m:150 mm - l:200 mm Olan Tank İçin Elde Edilen Sıcaklık Dağılımları	53
3.1.8. Engel Konumu Paralel $\alpha:75^\circ$ - m:100 mm - l:100 mm Olan Tank İçin Elde Edilen Sıcaklık Dağılımı	55
3.1.9. Engel Konumu Paralel $\alpha:75^\circ$ - m:150 mm - l:200 mm Olan Tank İçin Elde Edilen Sıcaklık Dağılımı	56

3.1.10. Engel Konumu Çakışık $\alpha:75^\circ$ - m:50 mm - l:200 mm Olan Tank İçin Elde Edilen Sıcaklık Dağılımı	58
3.1.11. Engel Konumu Çakışık $\alpha:75^\circ$ - m:100 mm - l:100 mm Olan Tank İçin Elde Edilen Sıcaklık Dağılımı	58
3.1.12. Engel Konumu Çakışık $\alpha:75^\circ$ - m:100 mm - l:200 mm Olan Tank İçin Elde Edilen Sıcaklık Dağılımı	59
3.1.13. Engel Konumu $\alpha:75^\circ-90^\circ$ - m:100 mm - l:100 mm Olan Tank İçin Elde Edilen Sıcaklık Dağılımı	60
3.1.14. Engel Konumu $\alpha:75^\circ-90^\circ$ - m:100 mm - l:200 mm Olan Tank İçin Elde Edilen Sıcaklık Dağılımı	61

4. BÖLÜM

DENEYSEL ÇALIŞMA

4.1.Deney Düzenegi	64
4.2.İçerisinde Engel Olmayan Tank İçin Yapılan Deneysel Çalışma	65
4.3. $\alpha:60^\circ$ -m.100-l.100 Konumunda Engel Yerleştirilmiş Tank İçin Deneysel Çalışma	68

5. BÖLÜM

SONUÇ ve ÖNERİLER

KAYNAKÇA	75
ÖZGEÇMİŞ	79

KISALTMALAR VE SİMGELER

<u>Sembol</u>	<u>Anlamı</u>	<u>Birimi</u>
PV	Fotovoltaik	
HVAC	Isıtma, havalandırma ve iklimlendirme	
GSYİH	Gayri Sarfı Yurt İçi Hasıla	
CFD	Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği	



TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 2.1 Analizlerde uygulanan sınır şartları.....	32
Tablo 2.2. Sayısal Modelde tasarlanan yatay mantolu sıcak su tankının ölçüleri.....	36



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil G.1. Güneş enerjili sıcak su sistemlerine örnekler.....	3
Şekil G.2. Ticari amaçlı üretilen sıcak su tankının kesiti.....	4
Şekil G.3. Güneş enerjisi sistemlerinde ısı değiştiricisi tipleri; Plakalı ısı değiştiricisine sahip güneş enerjisi sistemleri, b. Mantolu güneş enerjisi sistemleri, c. Serpantinli güneş enerjisi sistemleri, d. Isı değiştiricisi dışarıda olan güneş enerjisi sistemleri	6
Şekil G.4. Güneş kolektörü çeşitleri, a. Düzlemsel güneş kolektörü, b. Vakum tüplü güneş kolektörü, c. Camsız güneş kolektörü	7
Şekil 1.1. Enerji Türlerinin Şematik Gösterimi	10
Şekil 1.2. Binalarda Ortalama Enerji Tüketimi Ve Enerji Kaybı Payları	13
Şekil 1.3. Isı Depolama Yöntemleri	16
Şekil 1.4. Gizli ısı tabanlı güneş enerjisi depolama tankı	19
Şekil 1.5. Su İle Isı Enerjisi Depolanması.....	21
Şekil 1.6. Su Pompalayarak Potansiyel Enerji Depolama.....	22
Şekil 1.7. Farklı sıcaklık tabakalaşması derecelerine sahip sistemler.....	23
Şekil 2.1. Deney Düzeneğine Uygun Tasarlanan Tankın Ağ Yapısı.....	31
Şekil 2.2. Sayısal Modelde oluşturulan yatay mantolu sıcak su tankının şematik gösterimi	36
Şekil 2.3. SolidWorks programında oluşturulan tank geometrisi (a:60° - m:50 mm - l:200 mm).....	37
Şekil 2.4. a:60° - m:50 mm - l:200 mm olan durum için mesh yapısı	38
Şekil 3.1. İçerisinde engel bulunmayan tank Sıcaklık dağılımları a) $V_{\text{şebeke}}:0.036$ m/s b) $V_{\text{şebeke}}:0,073$ m/s c) $V_{\text{şebeke}}:0.11$ m/s d) $V_{\text{şebeke}}:0.147$ m/s	41
Şekil 3.2. İçerisinde engel bulunmayan tank için manto çıkış ve şebeke çıkış sıcaklıklarının 120 dakika sonundaki değeri	41
Şekil 3.3. İçerisinde engel bulunmayan tank için depolama suyunun zamana bağlı değişim grafiği	42
Şekil 3.4. a:60°- m:50 mm - l:100 mm konumunda engel bulunan tank için sıcaklık dağılımları a) $V_{\text{şebeke}}:0.036$ m/s b) $V_{\text{şebeke}}:0,073$ m/s c) $V_{\text{şebeke}}:0.11$ m/s d) $V_{\text{şebeke}}:0.147$ m/s	43
Şekil 3.5. a:60°- m:50 mm - l:100 mm konumunda engel bulunan tank için manto çıkış ve şebeke çıkış sıcaklıklarının 120 dakika sonundaki değeri.....	43

Şekil 3.6. a:60°- m:50 mm - l:100 mm konumunda engel bulunan tank için depolama suyunun zaman bağlı değişim grafiği.....	44
Şekil 3.7. a:60°- m:50 mm - l:200 mm konumunda engel bulunan tank için sıcaklık dağılımları a) $V_{\text{şebeke}}:0.036 \text{ m/s}$ b) $V_{\text{şebeke}}:0,073 \text{ m/s}$ c) $V_{\text{şebeke}}:0.11 \text{ m/s}$ d) $V_{\text{şebeke}}:0.147 \text{ m/s}$	45
Şekil 3.8. a:60°- m:50 mm - l:200 mm konumunda engel bulunan tank için manto çıkış ve şebeke çıkış sıcaklıklarının 120 dakika sonundaki değeri.....	46
Şekil 3.9. a:60°- m:50 mm - l:200 mm konumunda engel bulunan tank için depolama suyunun zaman bağlı değişim grafiği.....	46
Şekil 3.10. a:60°- m:100 mm - l:100 mm konumunda engel bulunan tank için sıcaklık dağılımları a) $V_{\text{şebeke}}:0.036 \text{ m/s}$ b) $V_{\text{şebeke}}:0,073 \text{ m/s}$ c) $V_{\text{şebeke}}:0.11 \text{ m/s}$ d) $V_{\text{şebeke}}:0.147 \text{ m/s}$	47
Şekil 3.11. a:60°- m:100 mm - l:100 mm konumunda engel bulunan tank için manto çıkış ve şebeke çıkış sıcaklıklarının 120 dakika sonundaki değeri.	48
Şekil 3.12. a:60°- m:100 mm - l:100 mm konumunda engel bulunan tank için depolama suyunun zaman bağlı değişim grafiği.....	48
Şekil. 3.13. a:60°- m:100 mm - l:200 mm konumunda engel bulunan tank için sıcaklık dağılımları a) $V_{\text{şebeke}}:0.036 \text{ m/s}$ b) $V_{\text{şebeke}}:0,073 \text{ m/s}$ c) $V_{\text{şebeke}}:0.11 \text{ m/s}$ d) $V_{\text{şebeke}}:0.147 \text{ m/s}$	49
Şekil 3.14. a:60°- m:100 mm - l:200 mm konumunda engel bulunan tank için manto çıkış ve şebeke çıkış sıcaklıklarının 120 dakika sonundaki değeri.....	50
Şekil 3.15. a:60°- m:100 mm - l:200 mm konumunda engel bulunan tank için depolama suyunun zaman bağlı değişim grafiği.....	50
Şekil 3.16. a:60°- m:150 mm - l:100 mm konumunda engel bulunan tank için sıcaklık dağılımları a) $V_{\text{şebeke}}:0.036 \text{ m/s}$ b) $V_{\text{şebeke}}:0,073 \text{ m/s}$ c) $V_{\text{şebeke}}:0.11 \text{ m/s}$ d) $V_{\text{şebeke}}:0.147 \text{ m/s}$	51
Şekil 3.17. a:60°- m:150 mm - l:100 mm konumunda engel bulunan tank için manto çıkış ve şebeke çıkış sıcaklıklarının 120 dakika sonundaki değeri.	52
Şekil 3.18. a:60°- m:150 mm - l:100 mm konumunda engel bulunan tank için depolama suyunun zaman bağlı değişim grafiği.....	52
Şekil 3.19. a:60°- m:150 mm - l:200 mm konumunda engel bulunan tank için sıcaklık dağılımları a) $V_{\text{şebeke}}:0.036 \text{ m/s}$ b) $V_{\text{şebeke}}:0,073 \text{ m/s}$ c) $V_{\text{şebeke}}:0.11 \text{ m/s}$ d) $V_{\text{şebeke}}:0.147 \text{ m/s}$	53

Şekil 3.20. a:60°- m:150 mm - l:200 mm konumunda engel bulunan tank için manto çıkış ve şebeke çıkış sıcaklıklarının 120 dakika sonundaki değeri.	54
Şekil 3.21. a:60°- m:150 mm - l:200 mm konumunda engel bulunan tank için depolama suyunun zaman bağlı değişim grafiği.....	54
Şekil 3.22. a:75°- m:100 mm - l:100 mm konumunda engel bulunan tank için sıcaklık dağılımı $V_{\text{şebeke}}:0.147$ m/s	56
Şekil 3.23. a:75°- m:150 mm - l:200 mm konumunda engel bulunan tank için sıcaklık dağılımı $V_{\text{şebeke}}:0.147$ m/s	56
Şekil 3.24. Birbirlerine göre çakışık konumda engel bulunan tank geometrisinin şematik gösterimi	57
Şekil 3.25. a:75°- m:50 mm - l:200 mm konumunda engel bulunan tank için sıcaklık dağılımı $V_{\text{şebeke}}:0.147$ m/s	58
Şekil 3.26. a:75°- m:100 mm - l:100 mm konumunda engel bulunan tank için sıcaklık dağılımı $V_{\text{şebeke}}:0.147$ m/s	59
Şekil 3.27. a:75°- m:100 mm - l:200 mm konumunda engel bulunan tank için sıcaklık dağılımı $V_{\text{şebeke}}:0.147$ m/s	59
Şekil 3.28. a:75°-90° - m:100 mm - l:100 mm konumunda engel bulunan tank için sıcaklık dağılımı $V_{\text{şebeke}}:0.147$ m/s.....	60
Şekil 3.29. a:75°-90° - m:100 mm - l:200 mm konumunda engel bulunan tank için sıcaklık dağılımı $V_{\text{şebeke}}:0.147$ m/s.....	61
Şekil 3.30. Farklı konumlarda engel durumları için depolama suyunun 120 dakika süre için değişim grafiği $V_{\text{şebeke}}:0.147$ m/s	62
Şekil 3.31. Farklı konumlarda engel durumları için depolama suyunun zaman bağlı değişim grafiği $V_{\text{şebeke}}:0.147$ m/s	62
Şekil 3.32. Tüm durumlar için depolama suyunun zaman bağlı değişim grafiği $V_{\text{şebeke}}:0.147$ m/s	63
Şekil 4.1. Deney Düzenekinin Görünümü	64
Şekil 4.2. Deney Düzenekinin Şematik Gösterilişi.....	65
Şekil 4.3. Boş tank depolama sıcaklığının zamana göre değişiminin deneysel gösterimi	66
Şekil 4.4. Boş tank depolama sıcaklığının zamana göre değişiminin deneysel bulgular ve sayısal analiz kıyaslanması	66

Şekil 4.5. Boş tank Manto ve Şebeke çıkış sıcaklığının iki saatlik süre sonundaki deneysel gösterimi	67
Şekil 4.6. Boş tank için Manto ve Şebeke çıkış sıcaklığın iki saatlik süre sonunda deneysel bulgular ve sayısal analiz kıyaslanması	67
Şekil 4.7. Deney düzeneğinde kullanılan yatay mantolu sıcak su tankının iç görüntüsü	68
Şekil 4.8. a.60-m.100-l.100 konumunda engel yerleştirilmiş tank için depolama sıcaklığının zamana göre değişiminin deneysel gösterimi	69
Şekil 4.9. a.60-m.100-l.100 konumunda engel yerleştirilmiş tank depolama sıcaklığının zamana göre değişiminin deneysel bulgular ve sayısal analiz kıyaslanması	69
Şekil 4.10. a.60-m.100-l.100 konumunda engel yerleştirilmiş tank Manto ve Şebeke çıkış sıcaklığı deneysel gösterimi	70
Şekil 4.11. a.60-m.100-l.100 konumunda engel yerleştirilmiş tank için Manto ve Şebeke çıkış sıcaklığın iki saatlik süre sonunda deneysel bulgular ve sayısal analiz kıyaslanması	71

GİRİŞ

Yenilenebilir enerji kaynakları doğası gereği sürekli olarak aktif olmayan kaynaklardır. Bu sebepten enerji kaynağının aktif olmadığı zamanlarda enerji kaynağından yararlanmaya devam etmek için uygulanabilecek en elverişli yöntemlerden biri enerji depolamadır. Buna ek olarak enerji kullanımında arz ve talep arasında da ciddi uyumsuzluklar vardır. Bu yüzden, enerji kaynaklarından yararlanırken farklı enerji tüketim tarifeleri (pik dönem, pik olmayan dönem, gündüz vb.) uygulanmaktadır. Enerji tüketiminin yoğun ve pahalı olduğu dönemlerdeki enerji ihtiyacını enerji kullanımının yoğun olmadığı ve ucuz olduğu dönemlere kaydırmak için de enerji depolama sistemlerinden yararlanılabilir. Enerji; her bir enerji türünde depolanabilir. Acar [1] enerji depolama türleri arasında bir karşılaştırma ve derecelendirme çalışması yapmıştır. Bu çalışmadan enerji depolama türleri arasında ısı enerjisi depolamanın yaygın olarak kullanılan ve olgunlaşmış olan tür olduğu vurgulanmıştır. Geçmişten günümüze ısı enerjisi depolamanın yaygın olarak kullanılmasındaki en önemli etkenlerden biri dünyada kullanılan enerjinin büyük bir kısmının ısı olarak üretilmesi ve tüketilmesidir. Geçmişten günümüze ısı enerjisi depolamanın çok sayıda uygulaması yapılmış ve geliştirilmiştir.

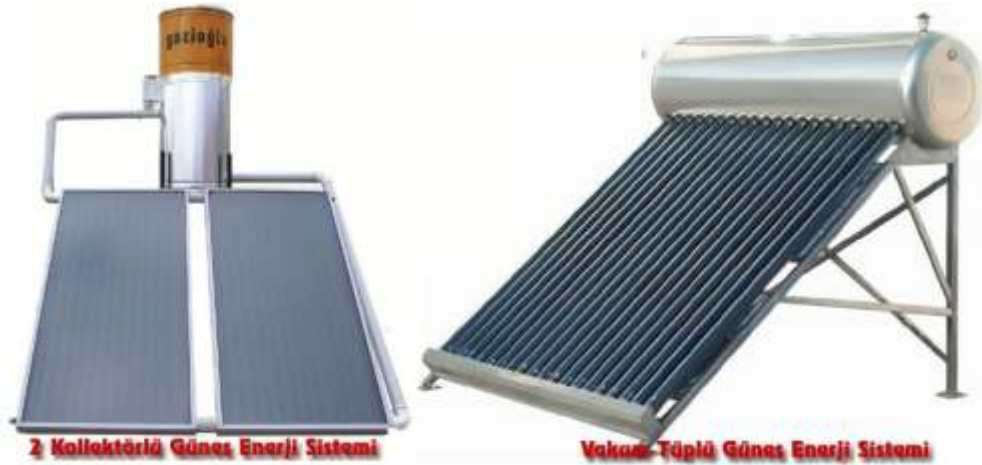
Türkiye'nin coğrafi konumu güneş enerjisini etkin şekilde kullanabilecek bir bölgededir. Aynı zamanda bu konuma bağlı olarak güneş enerji sistemlerinin etkin kullanılmasına olanak sağlar. Bu konumun değerini oldukça iyi bilmesek de, son bir kaç yıldır yapılan girişimci faaliyetlerle enerji tasarrufu ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı konusunda yeni yatırımlar yapılmaya başlanmış ve bu alanda gelişme göstermeye çalışılmaktadır.

Bu tarz yenilenebilir enerjilerin geri dönüşümünün süreç alması nedeniyle yatırımcılar bu alandan uzak dursa da, kendi ürettikleri ve buna bağlı olarak kendilerinin tükettikleri enerjileri kullanarak daha az elektrik faturası ödemekte ve ülke ekonomisine katkı

sağlamaya başlamaktadır. Endüstriyel alanlarda tüketilen elektrik miktarı oldukça fazladır. Bu miktarın fazla olması nedeniyle, bir çok kurum alternatif enerji olarak güneş enerjisinin kullanımı konusunda pozitif düşünmeye başlamış ve bu enerji sisteminin kullanılmasında mesafe kat etmiştir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanma anlamında ve ısııl enerji depolama uygulaması olarak en eski uygulamalardan biri güneş enerjili sıcak su elde etme sistemleridir. Şekil G.1’de tipik bir güneş enerjili sıcak su sisteminin görüntüsü verilmektedir. Şekil G.1’den görüldüğü üzere, bu sistemlerde güneş enerjisi güneş kolektörlerinde ısı enerjisine dönüştürülerek kolektörden geçen iş akışkanına aktarılır. Kolektörlerde ısıtılan bu iş akışkanını (su ise) direk kullanmak mümkün olabileceği gibi bir depolama ortamında depolanabilir ya da bir ısı değıştiriciyle sahip olduğu ısı enerjisi başka bir ortama aktarılabilir. Kolektörde üretilen sıcak suyun direk ya da bir değıştirici aracılığı ile depolanmasıyla elde edilen sıcak sudan güneş olmadığı zamanlarda da yararlanmak mümkün olmaktadır.

Güneş enerjili sıcak su sistemlerinde güneş aktif olmadığı dönemlerde de güneş enerjisinden yararlanmak için sıcak su depolama tankları kullanılmaktadır. Gün içerisinde elde edilen sıcak su, sıcak tanklarında daha sonra kullanılmak üzere bekletilmektedir. Sıcak su tanklarının çok sayıda türü ve sınıflandırılma şekli vardır. Ancak bu sınıflandırma şekillerinden en yaygın olanı tankın duruş pozisyonu ile alakalı olan yatay ve düşey tanklardır. Literatürdeki çalışmalardan, sağladıkları daha yüksek sıcaklık tabakalaşması derecesinden dolayı düşey sıcak tanklarının daha yüksek ısııl performansa sahip olduğu bilinmektedir. Ancak, vakum tüplü güneş kolektörlerinin yaygın bir şekilde kullanılmaya başlaması ve görsel açıdan daha estetik olmasından dolayı yatay sıcak su tanklarının kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Artan kullanımına karşın literatürde yatay sıcak su tanklarının kullanımı ve projeleriyle ilgili kısıtlı sayıda çalışma bulunmaktadır.



Şekil G.1. Güneş enerjili sıcak su sistemlerine örnekler

G.1. Güneş Enerjisi Sistemleri

Güneş enerjisi uygulamalarından biri olan ve büyük bir kullanım alanına sahip güneşli sıcak su sistemi güneş kollektörü, depo tankı, bağlantı elemanları ve yardımcı donanımdan oluşur. Bu sistemler değişik tiplerde olabilir. Suyu ısı transferinin ve sıcak su akımının zorlanmış konveksiyonla veya doğal konveksiyonla sağlanmasına göre pompalı veya doğal sirkülasyonlu sistemler olarak iki gruba ayrılır. Her iki sistem de açık ve kapalı sistem olmak üzere tasarlanırlar. Açık sistemlerde kullanım suyu, kollektör içinde dolaşarak direk olarak ısınır. Genelde donma tehlikesinin bulunmadığı bölgelerde kullanılır. Kapalı sistemlerde ise kollektörde ısınan akışkanın ısısı bir ısı değiştirici vasıtasıyla kullanım suyuna aktarılır. Bu sistemler de donma tehlikesinin bulunduğu bölgelerde kullanılır. Kapalı sistemde ısı değiştirici kullanılması nedeniyle verim, açık sistemlere göre daha düşüktür.

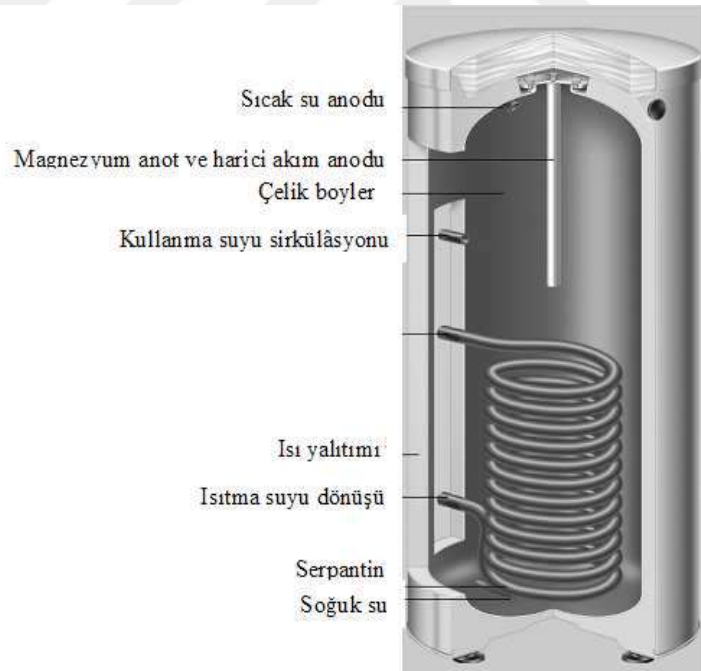
Doğal sirkülasyonlu sistemler; sıcak su ihtiyacının fazla olmadığı durumlarda özellikle konutlarda kullanılır. Suyun dolasımı, kollektörde ısınan su ile deponun alt kısmındaki Soğuk su arasındaki yoğunluk farkından meydana gelir. Bu sistemlerde deponun kollektörden daha yüksekte olması gerekir. Bu sistemler şamandıralı ve basınçlı olmak üzere imal edilirler.

Şamandıralı sistemler, dik depolu ve çift depolu olarak dizayn edilirler. Şamandıralı sistemler üst üste iki farklı depodan oluşur. Üstteki depoda soğuk su alttaki depoda sıcak su bulunur. Alt deponun etrafında ceket bulunur ve kollektörde ısınan akışkan bu ceket içerisinde dolaşarak ısınıp depodaki suya verir. Basınçlı sistemlerde ise soğuk su

beslemesi ilave bir şamandıralı depo olmaksızın direkt şebekeden sıcak su deposu içerisine yapılır. Dolayısıyla sıcak su çıkışı da aynı şekilde basınçlıdır. Sistem çalışmaya başladığında da sıcaklık arttıkça basınç da artar. Kapalı kaplar prensibine göre de basınç arttıkça deponun içindeki suyun sıcaklığı da diğer şamandıralı sistemlere göre daha yüksek değerlere ulaşır. Bu sistemin diğer bir avantajı da basınç sayesinde kullanım suyu ile haşlanma riski daha azdır.

Cebri sirkülasyonlu sistemler; otel, yurt, hastane, yüzme havuzu gibi sıcak su ihtiyacının çok olduğu yerlerde kullanılır. Bu sistemlerde, kolektör devresindeki akışkanın hareketi pompa yardımıyla sağlanır. Akışkan hareketi pompa aracılığıyla olduğu için deponun kollektörden daha yüksekte konumlanmasına gerek yoktur.

Kollektörde dolasan akışkan miktarı ve hızı kontrol edilebildiğinden doğal sirkülasyonlu sistemlere örnek verilebilir.



Şekil G.2. Ticari amaçlı üretilen sıcak su tankının kesiti

G.1.1 Güneş Enerjisi ve Isıl Uygulamaları

Güneş enerjisinin değişik yöntemler ile bir çok kullanım yolu vardır. Ancak temel olarak ikiye ayırmak mümkündür. Bunlardan birincisi, elektrik enerjisi olarak yararlanma; ikincisi ise ısı enerjisi olarak yararlanmadır.

Elektrik enerjisi olarak yararlanma fotovoltaik (PV) paneller aracılığı ile gerçekleştirilir. PV paneller güneş ışınımını elektrik enerjisine çevirirler.

Elde edilen elektrik enerjisi direk olarak kullanılabileceği gibi akü veya pillere daha sonra kullanmak üzere depolanabilir.

Güneş enerjisinin ısı uygulamaları elektrik enerjisi uygulamalarına göre daha çeşitlidir. Bu uygulamalar; sıcak su üretimi, sera ısıtılması, kızgın buhar üretimi, kapalı hacimlerin ısıtılması- soğutulması, yüzme havuzlarının ısıtılması, saf su üretimi, buz üretimi, tuz üretimi olarak sıralanabilir. Ayrıca buhar üretimi sonunda elde edilen buhar elektrik üretiminde kullanılarak ısı enerjisi aracılığı ile elektrik enerjisi üretmekte mümkündür.

Güneş enerjisinin yukarıda sayılan ısı uygulamalarının arasında en yaygın olanı, sıcak su üretimidir. Şekil G.1’de basit güneş enerjili su ısıtma sistemi şematik olarak verilmiştir. Sistem genel olarak güneş kolektörü ve depolama kısmından oluşmaktadır. Güneş kolektörü ve depolama sistemlerinin çeşitleri vardır.

Güneş enerjisi ile su ısıtma sistemleri uygulamada iki şekilde tasarlanmaktadır. Bunlar; açık devre (atmosfer basıncına açık) güneş enerjili su ısıtma sistemi ve kapalı devre (atmosfer basıncına kapalı) güneş enerjili su ısıtma sistemleridir.

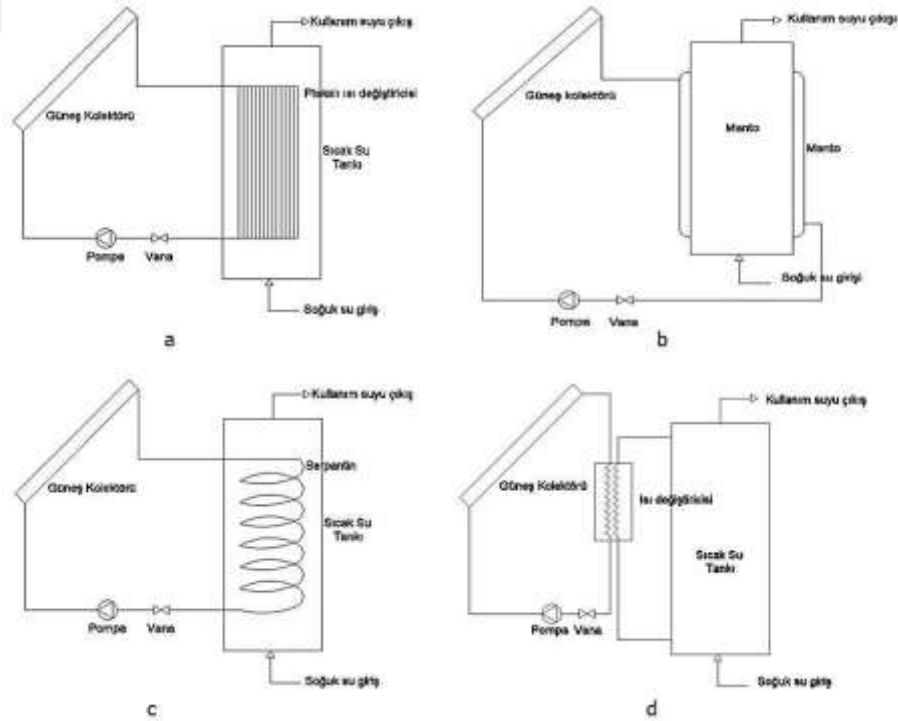
Açık devre güneş enerjili su ısıtma sistemlerinde, güneş kolektöründen dolaşarak ısınan su, sıcak su deposunda birikmekte ve ihtiyaç durumunda direk olarak tüketime verilmektedir. Açık devre güneş enerjisi sisteminde güneş kolektöründe dolaşan, sıcak su deposunda depolanan ve kullanıma verilen su aynı akışkandır. Isıl enerjinin bir yerden başka bir yere aktarılmasına ihtiyaç duyulmamaktadır.

Açık devre güneş enerjili su ısıtma sistemlerinde, sistemin her yerindeki akışkanın aynı olması, yüksek ısı verim sağlanması açısından olumludur. Bununla birlikte, sistemin direk olarak şehir şebekesinden gelen suyu kullandığı için, bazı problemlere sebep olmaktadır. Şebekeden gelen su, geldiği kaynağa bağlı olarak beraberinde, Ca, Mg, Si, Na, vb. kireç olarak adlandırılan su içinde erimiş mineralleri de getirmektedir. Bu mineraller, kireç tabakaları oluşturarak, suyun geçtiği boruları tıkamaktadır. Su içindeki bazı maddelerin etkisi ile güneş kolektörü borularının delinmesine sebep olmaktadır. Bu

yüzden daha düşük sıcaklıkta sıcak su elde edilmesi riskine rağmen, bünyesinde değişik tip ısı değiştiricisi içeren, kapalı devre güneş enerjili su ısıtma sistemleri daha çok kullanılmaktadır.

Kapalı devre güneş enerjili su ısıtma sistemlerinde kullanılan ısı değiştiricileri, sistemde kullanılan güneş kolektörü sayısına veya kolektörlerin yüzey alanlarının büyüklüğüne bağlı olarak farklılık göstermektedir. Isı değiştiricisi depo ile birleşik olabileceği gibi ayrıda olabilir. Isı değiştiricisi depo ile birleşik olan sistemler; gömlekli, serpantinli ve plakalı ısı değiştiricileri olarak üçe ayrılır. Isı değiştiricisi depodan bağımsız olan sistemlerde uygun olan her hangi bir ısı değiştiricisi kullanılabilir. Şekil G.3'de ısı değiştirici tiplerinin şematik görüntüleri verilmiştir.

Şekil G.3'de verilen tanklar dikey olabileceği gibi yatay olarak da kullanılabilir. Ancak yatay kullanımlarda sıcaklık tabakalaşmasını elde etmek dikey tanklara göre oldukça daha zordur. Kullanım alanı, ergonomisi ve görüntüsü düşünüldüğünde yatay su tankları da büyük bir kullanım alanına sahiptir.



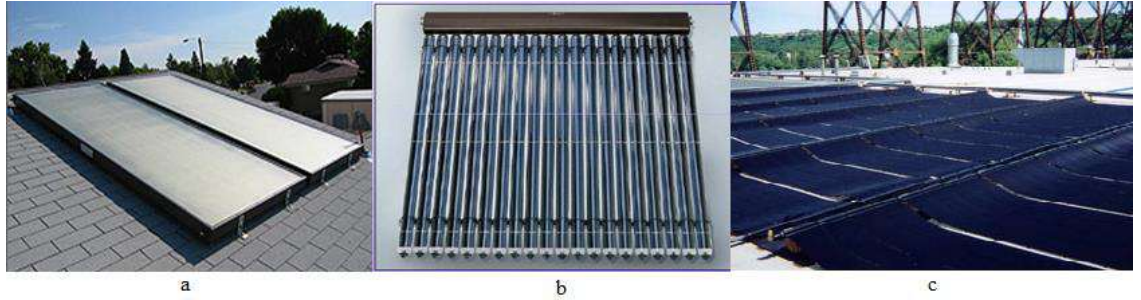
Şekil G.3. Güneş enerjisi sistemlerinde ısı değiştiricisi tipleri; Plakalı ısı değiştiricisine sahip güneş enerjisi sistemleri, b. Mantolu güneş enerjisi sistemleri, c. Serpantinli güneş enerjisi sistemleri, d. Isı değiştiricisi dışarıda olan güneş enerjisi sistemleri

Güneş enerjisi ısı enerjisine güneş kolektörleri aracılığı ile çevrilir. Güneş kolektörleri ile kolektör içerisinde akan akışkanın sıcaklığı artırılır. Akışkan olarak su ve hava kullanılır.

Güneş kolektörleri genel itibari ile üçe ayrılmaktadır. Bunlar;

1. Düzlemsel güneş kolektörleri,
2. Vakum tüplü güneş kolektörleri,
3. Camsız, üst örtüsüz güneş kolektörleridir.

Bu kolektör tiplerinden düzlemsel güneş kolektörleri en yaygın olarak kullanılan kolektör tipidir. Düzlemsel güneş kolektörünü vakum tüplü güneş kolektörleri takip etmektedir. Camsız güneş kolektörleri ise dış kasaya, üst örtü cama ve yalıtıma sahip olmayan havuz suyu ısıtmasında kullanılan güneş kolektörleridir. Şekil G.4’de yukarıda sıralanan kolektör tipleri verilmiştir. Türkiye’de şuanda 18 milyon m2 güneş kolektörü kullanılmaktadır ve rakam sabitlenmiştir. Yeni sistemler eskimiş ya da kullanılmayan güneş kolektörlerinin yerine almaktadır [2].



Şekil G.4. Güneş kolektörü çeşitleri, a. Düzlemsel güneş kolektörü, b. Vakum tüplü güneş kolektörü, c. Camsız güneş kolektörü[2]

1. BÖLÜM

LİTERATÜR TARAMASI ve GENEL BİLGİLER

1.1. Enerji

Türkçesi “Erke” olan enerji, en basit anlamıyla hareket ettirici güç demektir. İş yapma olarak ta düşünmek mümkündür. Bu sebeple her üretim faaliyeti, belli bir enerji harcamasını gerektirir.

Enerji; ısı enerjisi, mekanik enerji, kinetik enerji, potansiyel enerji, elektrik enerjisi, manyetik enerji, kimyasal enerji, nükleer enerji gibi değişik biçimler halinde bulunabilir. Bir sistemde, enerji türlerinden hangileri varsa onların toplamı o sistemin toplam enerjisi olarak ifade edilebilir [16].

Enerji; ekonomik ve sosyal kalkınmanın kayda değer bileşenlerinden biri olduğu gibi, yaşam standartlarının yükseltilmesinde de ciddi bir rol oynamaktadır. İnsanoğlunun rutin hayatını sürdürebilmesi için en temel ihtiyaçlardandır. Sanayileşmeden önce enerji ihtiyaçları; doğada bulunan odun, rüzgar, su gibi temel kaynaklardan ve buna ek olarak insan ve hayvanın kas gücünden karşılanırken, kömürle çalışan buhar makinelerinin keşfi kullanılan enerji kaynaklarını tamamen değiştirmiştir. Çağımızda en önemli tüketim maddelerinden biri olan enerji vazgeçilmez araçlardandır. Enerji tüketimi, gelişmişlik düzeyi yüksek ülkelerin en önemli ihtiyaçlarının başında gelir, sürekli artmakta ve bu artış devam edecektir. Günümüzde sahip olduğumuz teknolojik gelişmelerin devam etmesi ve sunduğu imkanların yaşamımızda sürmesi için doğrudan ve dolaylı olarak enerji tüketmek zorundayız.

Tüketmek zorunda olduğumuz enerjinin bugün büyük bir çoğunluğu fosil yakıtlarından, geri kalanı ise nükleer ve yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanmaktadır. Fosil yakıt kullanımının çevre ve insan sağlığına verdiği tüm dünya üzerindeki zararları,

önlem alınmazsa bu zararların telafisi için gelecekte yaşayacak insanların ödeyeceği bedelin çok büyük boyutlara erişeceğini kaçınılmaz olacaktır [15].

1.1.1. Enerji Çeşitleri

Enerji türleri, insan hayatını kolaylaştıracak bir şekilde tasarlanmıştır. Enerji türleri birçok farklı şekillerde ve farklı sektörlerde faaliyet göstermektedir. Enerji iş yapabilme kapasitesi ve ya farklılık oluşturma yeteneği olarak bilinmemektedir. Enerjiyi kısaca bir iş yapabilme kabiliyeti ve potansiyeli olarak tanımlayabiliriz. Enerji ekonomi sektörünün emek, sermaye ve toprak şeklindeki üretim faktörlerine teknolojik farklılıklar eklendiği bir faktördür. Enerji ekonomik olarak kalkınmanın ana merkezi konumundadır. Üretim faktörleriyle birleştirerek çıktının sağlanmasında önemli bir faktördür.

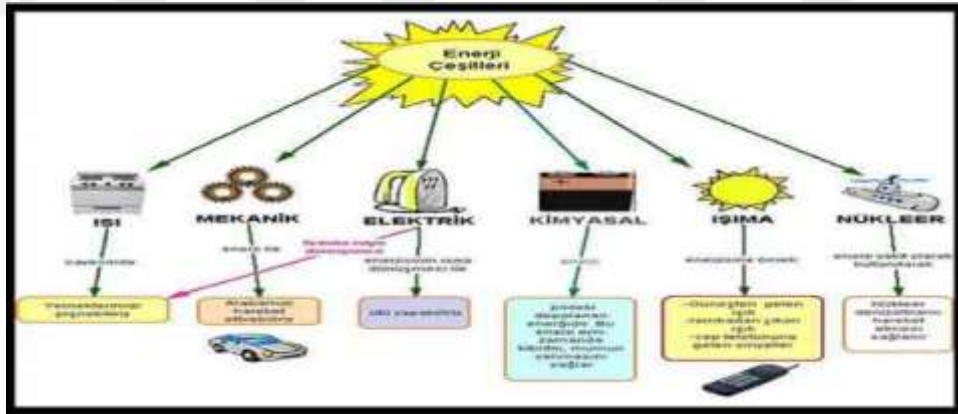
- Isı enerjisi,
- Mekanik enerji,
- Kimyasal enerji,
- Nükleer enerji,
- Elektrik enerjisi,
- Manyetik enerji,
- Kinetik enerji ve
- Potansiyel enerjilerdir.

Enerji türlerini yenilebilir ve yenilenemez enerji olarak ikiye de ayırmak mümkündür. Bunlar güneş enerjisi, su enerjisi, gelgit enerjisi, jeotermal enerji ve biyokütle enerjisi ve dalga enerjisi yenilebilir enerji kaynakları türlerindendir. Ve bunlara yeni eklenen kaynaklar ise hidrojen ve toryum da yenilebilir enerji kaynaklarındandır. Yenilenmeyen kömür, petrol, doğal gaz ve bunun gibi fosil yakıtlardır. Bu yakıtlar tükendikten sonra yerine yenisinin gelmesi çok uzun bir süre alır ve kısa zamanda elde edilemez. Yenilenebilir kaynaklar bunun aksine kullandıktan sonra kısa sürede yerine yenisi gelebilir. Yenilenebilir enerjiler; tekrar kullanılabilen enerjilerdir. Tükenebilir enerji;

kullanılan fakat zamanla tekrar yerine gelemeyen enerjidir. Fosil kaynaklı enerjilerdir. Yenilenebilir enerjilere akım enerjiler yenilenmeyen enerjilere ise stok enerjiler denilir. Bunun yanında üzerine başka bir dönüşüm uygulanmamış ise bu tür enerjilere ise birincil enerjiler denir.

Birincil enerjiler şu şekilde sıralanır.

- Doğal gaz
- Petrol ve petrol ürünleri
- Hidrolik enerji
- Nükleer enerji
- Yeni enerjiler (güneş, jeotermal, rüzgar, biyo gaz ve hidrojen)
- Geleneksel veya ticari olmayan enerjiler (Odun, bitki ve hayvan atıkları)



Şekil 1.1. Enerji Türlerinin Şematik Gösterimi[17]

Birincil enerjisinin dönüşüme uğraması ikincil enerji diyebileceğimiz enerjiyi doğurur. Burada en çok kullanılan ise elektrik enerjisidir. Unutmamamız gereken hiçbir enerjinin kaybolmadığıdır. Enerji türleri 8 ana enerji türünden oluşur.

Bu enerji türleri

- Potansiyel enerji: Bir maddenin durumu ve konumu yüzünden sahip olduğu enerji türüdür. Yani havada duran bir maddede ve iple yukarıdan aşağıya doğru uzanan bir model de potansiyel enerji vardır. Gerilmiş veya sıkıştırılmış tüm maddelerde potansiyel enerji vardır.
- Kinetik enerji: Kinetik enerjiye sahip olmak için bir maddenin hareket ediyor olması gerekir. Örnek olarak hareket eden bir çocuk, dönen bir tekerlek, yukarıdan düşen bir top bunlara örnektir.
- Isı enerjisi: Maddelerin sıcaklıkları yüzünden sahip olduğu enerji türüdür. Sıcaklığı yüksek veya düşük tüm cisimlerin ısı enerjisi vardır. Bunlara örnek olarak; ampül, ısıtıcılar ve elektrik sobası,
- Elektrik enerjisi: Maddelerin elektrik yükleri nedeniyle sahip oldukları enerji türüdür.
- Işık enerjisi: Bu enerji türü karanlık olan her yeri aydınlatabilecek bir enerji türüdür. Yanan odun, güneş, lamba ve bunun gibi şeyler bir şekilde sahip oldukları enerjinin bir kısmını ışık enerjisine dönüştürürler.
- Kimyasal enerji: Cisimlerin kimyasal reaksiyonlarda bulunması sonucu ortaya çıkar. Yakması ve yanması gibi olaylar bir enerji sonucu olur ve bunlarda bir enerjiyi ortaya çıkarır.
- Nükleer enerji: Filyon veya füzyon sonucunda ortaya çıkan bir durumdur. Nükleer santrallerden bu şekilde elektrik elde edilir [17].

1.1.2. Enerji Verimliliği

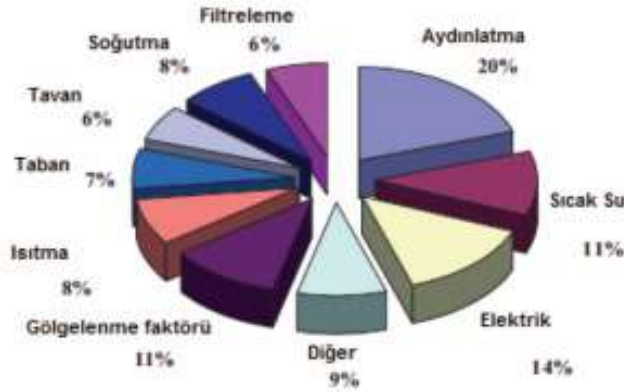
Isı, gaz, buhar, basınçlı hava, elektrik gibi çok değişik formlarda olabilen enerji kayıpları ile her çeşit atığın değerlendirilmesi veya geri kazanılması veya yeni teknoloji kullanma yoluyla üretimi düşürmeden, sosyal durumu engellemeden enerji tüketiminin azaltılması olarak tanımlanabilecek enerji verimliliği çalışmaları; bina mimarisi, dış yapı elemanları, cam ve ısıtma/aydınlatma sistemleri ekseninde yürütülen ısı yalıtım çalışmalarından akıllı bina uygulamalarına, belli limitlerin altında yakıt tüketen

araçların üretimi için getirilen zorunluluklardan gelişmiş toplu taşıma sistemlerine, buzdolabı, çamaşır makinesi, televizyon, fırın gibi ev aletlerinde uygulanan etiketleme yaklaşımlarından yüksek verimli endüstri süreç dönüşümlerine, talep tarafı yönetimi ışığında yükün tasarruf yoluyla yataylaştırılmasından yeni tip santral teknolojilerine, elektrik üretim, iletim ve dağıtım süreçlerindeki kayıpların azaltılıp performans standartlarının yükseltilmesinden bütünleşik enerji arz ve talep yönetimlerine kadar bir dizi uygulamayı içermektedir [15].

Enerji kısaca iş yapabilme yeteneğidir. Enerji verimliliğini, bir işin kalitesi ve niteliğinden feragat etmeden, örneğin binalarda hayat standardı ve hizmet kalitesinden, sanayi kuruluşlarında ise üretimin kalitesi ve miktarının düşüşüne yol açmadan, daha az enerji harcanarak yapılması olarak tanımlayabiliriz. Bu durumda verimlilik, enerjinin üretimi, iletimi, dönüşümü ve kullanımı evrelerinde kayıpların minimuma indirilmesi anlamına gelmektedir. Kullanımı sürecinde işe dönüştürülemeyen işin bir başka deyişle atık enerjinin geri kazanılması olanaklarının değerlendirilmesi önemli ve başta değerlendirilmesi gereken tasarruf olanakları arasındadır. Bunlara ilaveten yenilenebilir ve doğal kaynakların daha iyi bir şekilde kullanılması da fosil kaynaklara dayalı enerji tüketiminin azaltılmasına olanak sağlayacağından doğal kaynakların kullanımında verimliliğin artırılmasına önemli etki sağlayacaktır. Bir binanın opak dış cephesinde ısı yalıtımının yapılması veya bulunduğu iklim bölgesi, konum ve bina şekli v.s dikkate alınarak doğru camlama yapılması ile ısıtma ve soğutma yükünün azaltılmasına olanak sağlanacak ve enerji kullanımında verimlilik artışı sağlanacaktır. Bunu binada enerji dönüşümünün gerçekleştiği; HVAC, pompaj sistemi, elektrik tesisatı, aydınlatma otomasyon gibi her türden sistemde düşünebiliriz. İşletme elektrik iç tesisatında oluşan enerji kayıplarına kaynaklık eden yük dağılımı, kontrol şekli ve güç kalitesi sorunlarının izale edilmesi ile enerji kullanımında verimlilik sağlanması yanında güç kalitesinin yol açtığı duruşlar, arızalar, hatalı üretim gibi sorunların da ortadan kalkmasını sağlayacaktır.

Sanayide ise yardımcı ekipmanlar ile üretim proseslerinde; örneğin bir kağıt fabrikasının kurutma prosesine daha kaliteli buhar sağlanması, kondensin geri kazanımı, basıncın doğru ayarlanması, yalıtımın etkin yapılması gibi daha bir çok yol ile gerçekleştirilebilir.

Mevcut bina ve sanayi tesislerinde olduğu kadar yeni kurulacak bina ve tesislerde Enerji verimli dizaynın göz önünde bulundurulması enerji tüketimlerini dolayısı ile enerji maliyetlerini azaltacaktır.



Şekil 1.2. Binalarda Ortalama Enerji Tüketimi Ve Enerji Kaybı Payları[18]

Enerjinin daha verimli kullanılması ile;

- Enerji maliyetlerinin azaltılması
- Enerji kaynaklarının tüketiminin azaltılması,
- Küresel ısınma ve iklim değişikliğine yol açan karbon emisyonları ile diğer çevresel etkilerin azaltımı sağlanacaktır.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı konutlarda %46 ticari binalarda ise % 20’lik enerji tasarrufu potansiyeli olduğunu beyan etmektedir. Bu durum enerjisinin ortalama 4 te 3 ünü ithal eden ülkemiz için çok önemlidir.

Türkiye’nin 2012-2023 Enerji Verimliliği Strateji Belgesinde, 2023 yılına kadar GSYİH başına tüketilen enerji miktarının (enerji yoğunluğunun) 2011 yılı değerine göre en az %20 azaltılması hedefi yer almaktadır [18].

Enerji arz güvenliğinin sağlanmasında, %73’ler seviyesinde olan dışa bağımlılık oranımızın ve bundan kaynaklanan risklerin azaltılmasında ve iklim değişikliği ile mücadelenin etkinliğinin artırılmasında, enerjinin üretiminden kullanımına kadar olan süreçte verimliliğin artırılması, israfın önlenmesi ve enerji yoğunluğunun azaltılması

büyük bir önem taşımaktadır. Ülkemizde, bina sektöründe %30, sanayi sektöründe %20 ve ulaşım sektöründe %15 olmak üzere önemli düzeyde enerji tasarruf potansiyeli olduğu tespit edilmiştir [19].

1.3. Enerji Depolama

Enerjinin depolanması mühendisliğin önemli konularından birisidir. Güneş, rüzgâr gibi süreksiz olarak enerji üretimine imkân veren yenilenebilir kaynaklardan üretilecek enerjiden daha fazla yararlanılabilmesini sağlamak amacıyla geliştirilmekte olan enerji depolama teknolojileri, mekanik prosesleri (volanlar ve havalı sistemler), elektrokimyasal teknolojileri (geliştirilmiş bataryalar, tersinir yakıt hücreleri, hidrojen) ve bazı elektrik teknolojilerini (ultrakapasitörler, süper iletken manyetik depolama) kapsar.

Depolama konusunda oldukça geniş çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmalardan biri de güneş enerjisinin depolanmasıdır. Güneş ışıını gün içerisinde sürekli gelmemektedir. Geceleri hiç güneş ışıını gelmediği gibi gündüzleri de saatlere göre düzensizlik gösterir. Havanın kapalı olduğu bazı zamanlarda ise çoğu kez yeterli miktarda değildir. Buna karşın enerji tüketimi sürekli. Günün saatlerine ve aylara göre değişimi azdır. Hatta güneş ışıının olmadığı veya az olduğu zamanlarda, enerji tüketimi daha da fazladır. Depolama olmadığı takdirde, güneş enerjisinden sadece güneş ışıının olduğu saatlerde faydalanılır ve fazla enerji atılırken, güneş ışıının olmadığı zamanlarda yardımcı enerji kaynağından faydalanılır. Enerji depolama şekilleri genel olarak;

- Kimyasal enerji depolama (termo kimyasal, elektrokimyasal)
- Mekanik enerji depolama (hidroelektrik, volan v.s)
- Elektrik enerji depolama (manyetik alanla)
- Isın enerji depolama (hissedilir ısı, gizli ısı) olarak gruplandırılabilir.

Fosil yakıtların, yenilenebilir enerji kaynaklarına göre en büyük avantajı, ihtiyaç duyulduğu zaman kullanılabilme özelliğidir. Yenilenebilir enerji kaynaklarında böyle bir durum, genel itibari ile söz konusu değildir. Çünkü enerjinin var olduğu zaman ile

kullanım zamanı çoğu zaman denk gelmeyebilir. Bu yüzden enerji depolanması kayda değer bir konu olarak ele alınmaktadır. Bu bağlamda yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisini düşünecek olursak; eğer güneş enerjisini gündüz vakti depolayamazsak geceleri güneş enerjisinden yararlanmamız mümkün olmayacaktır [15].

1.3.1 Enerji Depolamanın Önemi

Enerji tüketimlerinin toplumlarda zamana bağlı olarak değiştiği; bazen aşırı yüksek, bazen de oldukça düşük miktarlarda seyrettiği bilinmektedir. Binalarda, endüstriyel süreçlerde ve ulaşım sistemlerindeki enerji ihtiyaçları, kullanım miktarına bağlı olarak, gün içerisinde, haftadan haftaya veya mevsimsel olarak sürekli bir farklılık göstermektedir. Değişen enerji arz ve talebi arasındaki farklar enerjinin depolanmasını gerektirmekte ve önemli olmasına olanak sağlamaktadır. Enerjinin depolanması, enerji üretimi ve tüketimi arasındaki zaman veya oran dengesizliğini giderdiği için mevcut enerji kaynaklarının daha etkin bir şekilde kullanılmasına imkan sağlamaktadır[21].

Örnek verilecek olursa; elektrik enerjisi tüketiminin düşük seviyelerde olduğu gecenin geç saatleri ve hafta sonları gibi zaman dilimlerinde üretilen fazla elektrik enerjisi depolanarak, ihtiyacın fazla olduğu durumlarda kullanılabilir hale dönüştürülebilmektedir. Ayrıca: güneş, rüzgar, dalga, gel-git gibi kontrol edilemeyen kesikli enerji kaynaklarından üretilen ısı ve elektrik enerjileri depolanarak sürekli birer enerji kaynağına dönüştürülebilmektedir. Güneş enerjisi ile çalışan sistemlerde, özellikle güneş ışığının olmadığı zamanlarda, gün boyunca depolanmış ısı veya elektrik enerjisi kullanılarak enerji ihtiyacı karşılanabilmektedir [22].

Sonuç olarak; enerji depolanması, üretim ve tüketim arasındaki farkı dengelediği gibi, enerji tasarrufu açısından da oldukça önemlidir. Birincil enerji kaynaklarının korunmasını sağlamakla beraber, enerji israfını da önleyerek, sistemlerin daha ekonomik çalışmasını sağlamaktadır. Düzenli bir enerji akışı temin ederek enerji üretim sistemlerinin verimliliğini artırmakta ve güvenilirliğini sağlamaktadır.

1.3.2 Enerji Depolama Teknolojileri

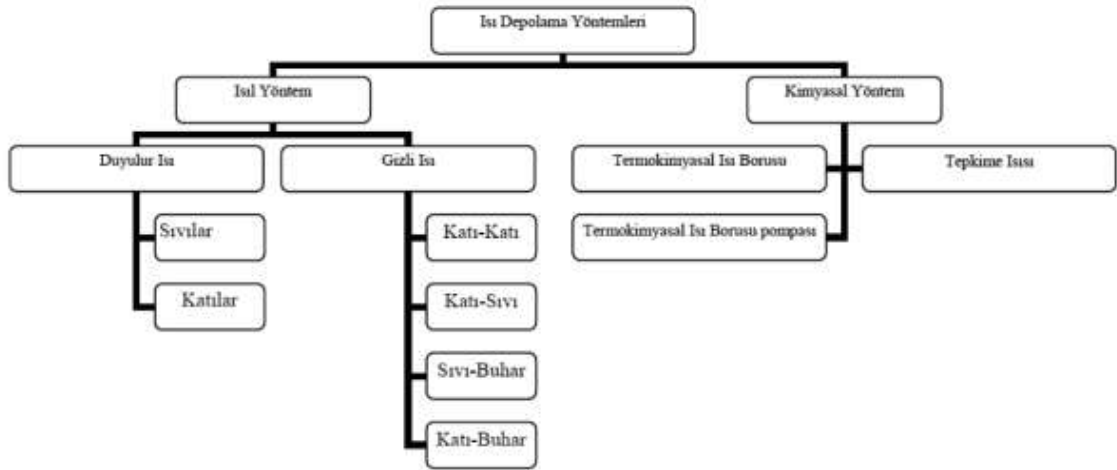
Enerjinin gerektiği zaman ve istenilen yerde kullanılmaya hazır olması istenir. Enerjiyi istediğimiz zaman kullanabilmek için onu saklamaya depolama denir. Bu depolama

çeşitli şekillerde olabilmektedir. Örneğin doğal ekolojide biyokütle hayvanlar ve parazitler için bir enerji deposudur. Bir depoda aranan özellikler; yüksek depolama kapasitesi, yüksek şarj/deşarj verimi, kendiliğinden boşalmanın ve kapasite kayıplarının az olması, uzun ömür, ucuzluk, enerji yoğun olması (kWh/kg veya kWh/litre). Yani enerjiyi en az hacimde ve ağırlıkta depolayabilmelidir. Enerji çok değişik formlarda depolama yöntemleri vardır. Örneğin biyolojik depolama, kimyasal depolama, ısı depolama, elektriksel depolama, potansiyel enerji, yerçekimi potansiyel enerjisi, kinetik enerji vb. bunlardan başlıca enerji depolama yöntemleri olan kimyasal, mekanik, ısı ve elektriksel enerji depolama yöntemleri ele alınmıştır.

1.3.2.1 Isı Enerjisinin Depolanması

Isı enerjisi depolama sistemlerini:

1. Düşük sıcaklık ısı depolama sistemleri ile
2. Orta ve yüksek sıcaklık ısı depolama sistemleri olarak iki gruba ayırmak mümkündür.



Şekil 1.3. Isı Depolama Yöntemleri[23]

Düşük sıcaklıktaki ısı, yalıtılmış katılar veya sıvılar içinde doğrudan depolanması olanaklıdır. Bu şekilde depolanan ısı, sadece ısı enerjisi olarak etkin bir şekilde tekrar kullanılabilir. Düşük sıcaklıkta depolanmış ısı, mekanik veya elektrik enerjisi gibi, diğer enerji şekillerine dönüştürülerek kullanılmak istendiğinde, termodinamik

sınırlamalar nedeniyle, verim çok düşük olmaktadır. Buna karşın, depolanmış ısıнын, bir ortamı ısıtmak amacıyla kullanımı çok etkin bir uygulamadır [23].

Duyulur ısı depolaması hal değişimi, yani ergime veya buharlaşmanın olmadığı zamanda sadece ısıtılan maddenin sıcaklığı artırılarak yapılan enerji depolanmasıdır. Sıcaklığın artışı depo edilecek malzemede hissedilebilir veya çeşitli ölçümle tespit edilebilir. En iyi örnekleri su ve kaya yataklarında ısıl enerjinin depolanmasıdır. Gizli ısı depolaması ise; maddelerin faz değişimleri ile ısı depolama yöntemidir. Herhangi bir maddenin ısıtılması veya soğutulması esnasında faz değiştirirken sıcaklığın sabit kaldığı andaki, ısıl enerji depolanması gizli ısı olarak adlandırılır. Bir sıvı soğutulmaya başladığı zaman molekülleri gitgide daha yavaş hareket etmeye başlar.

Soğutma sırasında öyle bir sıcaklığa gelinir ki, moleküller olabildiğince düşük kinetik enerjiye sahip olurlar ve moleküller arası çekim kuvveti onları bir kristal içinde istiflemeye başlar. Bu durumda sıvı donmaya başlıyor olarak tanımlanmaktadır. Kristal içinde belli noktalarda yerlerini alan moleküllerin kinetik enerjileri sıvı fazda kalanlara oranla daha düşüktür. Bu nedenle sıvı fazdaki moleküllerin sıcaklığı ve dolayısıyla ortalama kinetik enerjileri yükselecektir. Bütün maddeler faz değiştirebilir, fakat birçok maddenin faz değişimi arzulanan sıcaklıkta değildir. Gizli ısı depolamasında, sıvı-buhar faz değişiminde enerji depolanabileceği gibi, katı-sıvı fazında da depolanabilir. Sıvı-buhar faz değişiminde, sabit basınçta hacim çok arttığından veya sabit hacimde basınç çok arttığından, ısı depolamasında fazla tercih edilmez. Bu tür faz değişimdeki ısı depolamasına daha çok soğutma sistemlerinde rastlanmaktadır. Gizli ısı depolamasında, daha çok katı-sıvı faz değişiminden yararlanılır. Bir katı cismin birim kütesini sıcaklık değişimi olmadan sıvı hale geçirmek için, verilmesi gereken ısı miktarına Erime Gizli Isısı denir [15].

1.3.2.2 Hissedilir Isı Depolanması

Bütün maddelerin sıcaklıkları, bir faz değişimi yoksa, ısı depoladıkça yükselir ve maddeler soğurken bu ısıyı çevreye verirler; buna duyulur ısıнын depolanması denir; çünkü depolama ortamında ölçülebilir bir sıcaklık artışı gözlenir. Bu tür ısı depolama sistemlerinin toplam kapasitesi; depolama ortamının yoğunluğu, ısı kapasitesi ve depolanacak ısı enerjisinin miktarı ile orantılıdır [22]. Bu amaçla, ucuz olmasının yanı sıra, ısı kapasitesi de yüksek olan ($4180 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$) su ideal bir depolama aracıdır; ancak,

erime ve kaynama noktaları dikkate alındığında, su 5°C ile 95°C sıcaklıkları arasında ısı depolamak amacıyla kullanılabilir. Küçük su tankları güneş enerjisinin depolanmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Cam yünü, evlerin ısıtılması amacı ile kullanılan depolama tanklarında yaygın olarak kullanılan bir izolasyon malzemesidir. Bu tip depolama sistemlerinin izolasyonu, güneş ışığının yeterli olmadığı aylar dikkate alınarak, birkaç ay için gerekli enerjinin sağlanması esasına yönelik yapılmalıdır. Büyük ölçekli sıcak su depolama sistemlerinde, birleşik ısı ve güç santralleri vasıtasıyla büyük yerleşim bölgelerinin tamamına enerji sağlamak amacıyla ısı depolanır. Bu amaca yönelik olarak önerilen uygulamalar, ısının yüzey göllerinde ve sıcak su olarak yeraltında depolanmasıdır. Yüzey göllerinde ısının depolanması, kimyasal ve termal kirlenmeye neden olduğu için, ısının yeraltında depolanması daha uygun olmaktadır. Yeraltında ısı depolama sistemlerindeki en önemli parametre, yüzey ve depo arasında transfer edilecek suyun miktarının belirlenmesidir. Bu miktar, katmanın kalınlığına, geçirgenliğine ve basınç farkına bağlı olarak da değişmektedir [24]

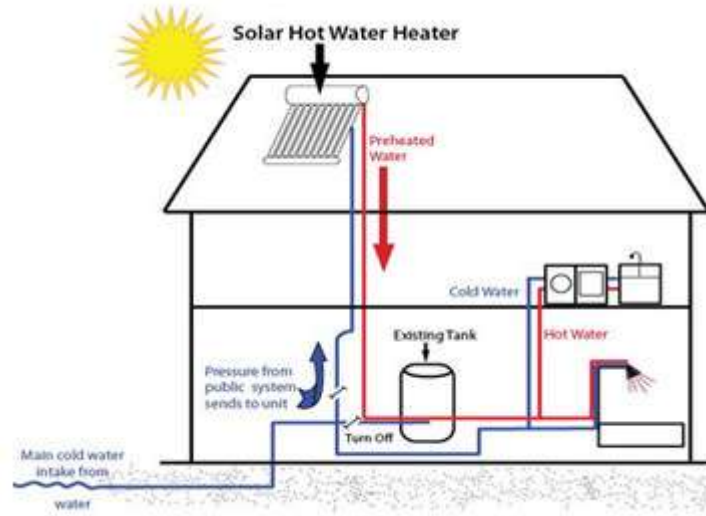
1.3.2.3 Gizli Isı Depolanması

Güneş enerjisinin ısı enerjisi olarak depolanması; çalışma sıcaklığı genellikle 100 °C'den daha yüksek olmayan, düşük sıcaklıktaki uygulamalar için önemlidir. Isı enerjisi, ısı depolayan materyalin iç enerjisinin değişmesi sonucunda; duyulur ısı, gizli ısı ve bunların birleşimleri şeklinde depolanabilir. Genel olarak, birim hacimdeki iç enerji değişimi fazla olan ısı depolama materyallerinin kullanılması durumunda, ısı depolama için gerekli hacim azalır. Isı depolama materyali iç enerjisinin önemli oranda değişmesi, bu materyalin faz değiştirmesi - ne neden olur. Uygun sıcaklık sınırlarında, depolama materyalinin faz değiştirmesiyle ortaya çıkan gizli ısı depolanabilir. Bu nedenle ısı depolama amacıyla, belirli sıcaklıklarda ergime, buharlaşma veya diğer faz değişimlerine uğrayan ve ısı depolama kapasitesi yüksek olan materyallerden yararlanılır. Gizli ısı depolama yöntemi, ısı depolama kapasitesinin yüksek olması ve ısı depolama materyali faz değiştirme sıcaklığının sabit sıcaklıkta ısı depolamak için uygun olması nedeniyle, diğer ısı depolama yöntemlerine göre istenilen özelliklere sahiptir.

Bir materyalde faz değişimi aşağıdaki şekillerde gerçekleşebilir: katı-katı, katı-sıvı, katı-buhar, sıvı-buhar. Katı durumdaki bir materyal kristalleşerek diğer bir katı faza dönüştüğünde (katı –katı değişimi), kristalleşme ısısı şeklinde ısı depolanır. Materyal ilk

durumdaki katı faza yeniden dönüştüğünde, faz değişimi sırasında depolanan ısı da geri kazanılır. Katı-katı faz değişimi sırasında açığa çıkan gizli ısı miktarı azdır. Sıvı-buhar şeklinde gerçekleşen faz değişiminde, katı-sıvı veya katı-katı faz değişimlerinden daha yüksek oranda gizli ısı açığa çıkar. Ancak uygulamada gaz fazın depolanması için, basınçlı depolama kaplarının gerekli olması gibi karşılaşılan sorunlar, sıvı-buhar değişiminde açığa çıkan gizli ısıнын depolanmasını sınırlandırır. Diğer taraftan, katı – buhar ve sıvı –buhar şeklinde gerçekleşen faz değişimlerinde fazla miktarda gizli ısı açığa çıkmasına karşın, hacim değişimi fazladır. Bu durum katı-buhar ve sıvı –buhar faz değişimlerinin gerçekleştiği depolama sistemlerinin karmaşık ve uygulanabilir olmayan duruma gelmesine neden olur [29].

Faz değiştiren maddeler, herhangi bir sıcaklık değişimine neden olmayan, birim kütle başına belirli miktardaki ısıyı alır veya verirler; bu ısı türüne "gizli ısı" adı verilir. Bu maddeler, sınırlı bir sıcaklık aralığında, duyulur ısı depolama sisteme oranla daha büyük bir ısı kapasitesine sahiptir ve sabit sıcaklıkta ısı sağlarlar [25].



Şekil 1.4. Gizli ısı tabanlı güneş enerjisi depolama tankı[25]

Faz değiştiren bir maddeye ısı verildiğinde veya alındığında faz değişimi; erime, donma, buharlaşma, yoğunlaşma, kafes yapısının değişmesi ve kristal-bağlı su içeriğinin değişmesi şekillerinde gerçekleşir. Faz değişimi sırasındaki toplam enerji değişimi, entalpidaki değişim olarak verilir. Gizli ısı depolama sistemlerinde depolama

ortamı olarak kullanılan ve faz değişikliğine uğrayan maddelerin değeri, yüksek ısı kapasitelerinden etkili bir şekilde yararlanılması ile ölçülür.

Artan enerji talebi ve çevresel faktörler son yıllarda enerji depolama sistemlerine olan ilgiyi ve talebi arttırmıştır. Yukarıdaki şemadan da görüleceği üzere konut sektörü enerji tüketimindeki en büyük paylardan birine sahiptir. Binalardaki enerji tüketimini azaltacak birçok yöntem olmasına rağmen, bina pik ısı yük talebini karşılayabilecek enerji depolama potansiyeline sahip bir sistem talebi mevcuttur. Bu sebeple enerji depolama sistemleri bina düşük ısıtma ve soğutma enerjisi talebi olduğu sırada pik ısı yük durumu için ısıyı depolayarak gerekli enerji ihtiyacını karşılamaktadır. Isıl sistemlerle entegre edilmiş ısı depolama sistemleri, ısı enerjisinin verimli kullanılmasını ve değişken enerji taleplerinin karşılanmasını sağlamaktadır [28].

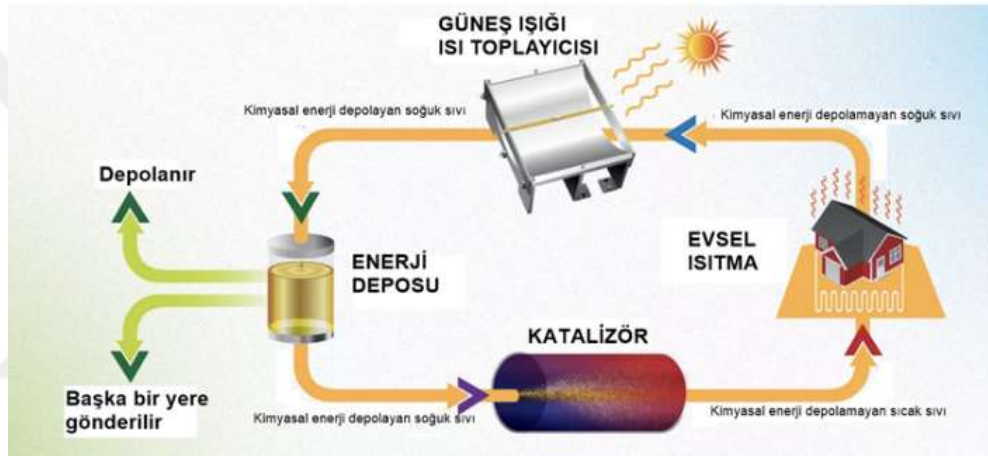
Bir materyalde faz değişimi aşağıdaki şekillerde gerçekleşebilir: katı–katı, katı –sıvı, katı –buhar, sıvı–buhar. Katı durumdaki bir materyal kristalleşerek diğer bir katı faza dönüştüğünde (katı –katı değişimi), kristalleşme ısısı şeklinde ısı depolanır. Materyal ilk durumdaki katı faza yeniden dönüştüğünde, faz değişimi sırasında depolanan ısı da geri kazanılır. Katı –katı faz değişimi sırasında açığa çıkan gizli ısı miktarı azdır. Sıvı–buhar şeklinde gerçekleşen faz değişiminde, katı–sıvı veya katı–katı faz değişimlerinden daha yüksek oranda gizli ısı açığa çıkar. Ancak uygulamada gaz fazın depolanması için, basınçlı depolama kaplarının gerekli olması gibi karşılaşılan sorunlar, sıvı–buhar değişiminde açığa çıkan gizli ısıнын depolanmasını sınırlandırır. Diğer ta - raftan, katı – buhar ve sıvı –buhar şeklinde gerçekleşen faz değişimlerinde fazla miktarda gizli ısı açığa çıkmasına karşın, hacim değişimi - mi fazladır. Bu durum katı–buhar ve sıvı –buhar faz değişimlerinin gerçekleştiği depolama sistemlerinin karmaşık ve uygulanabilir olmayan duruma gelmesine neden olur

1.3.2.4 Su İle Isı Enerji Depolanması

Hissedilir ısı deposunda en yaygın kullanılan maddelerden birisi sudur. Su ile hissedilir ısı depolanmasının çok sayıda avantajı mevcuttur. Su, ucuzdur ve kolay temin edilebilir.

Toksitlenme ve alevlenme özelliği yoktur. Fiziksel, kimyasal ve termodinamik özellikleri iyi bilinmektedir. Sudan enerji depolanmasında faydalanırken aynı zamanda,

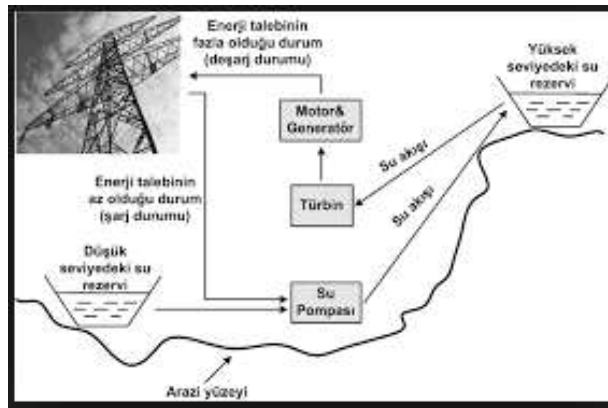
enerji toplayıcı akışkan olarak da kullanılabilir. Isı depolama özelliği iyidir (hacimsel özgül ısı büyük). Isıtma ve soğutma sistemleri için gerekli sıcaklık aralığında kararlı bir sıvı buhar dengesine sahiptir. Isı geçişi ve akışkan dinamiği iyi bilinmektedir. Korozyon etkisini azaltan inhibitör teknolojisi gelişmiştir. Suyun, hissedilebilir ısı depolanmasındaki bu avantajlarının yanında bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Donduğu zaman genişlediğinden, donmaya karşı tedbir alınmalıdır. Korozyon yapıcı özelliğinden dolayı depo içerisine inhibitör ilave edilmelidir. Ayrıca, suyun erime ve kaynama sıcaklıkları arasındaki fark küçüktür. Yüksek sıcaklıklarda enerji depolaması yapmak da zordur [15].



Şekil 1.5. Su İle Isı Enerjisi Depolanması[15]

1.3.2.5. Su Pompalayarak Potansiyel Enerji Depolama

Bu yöntemin dayandığı prensip, suyun düşük seviyedeki bir rezervuardan daha yüksek bir seviyeye pompalanarak potansiyel enerjinin depolanmasıdır. Bu işlem, tüketimin düşük olduğu zamanlarda üretilen fazla elektriğin pompaları çalıştırmak üzere kullanımıyla gerçekleştirilir. Pompalanarak depolanmış su, gereksinimin fazla olduğu durumda elektrik üretmek amacıyla kullanılır.



Şekil 1.6. Su Pompalayarak Potansiyel Enerji Depolama[25]

Su depolama yönteminin uygulanmasında 4 önemli etkenin göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

- Yatırım sermayesi,
- Suyun depolanması için uygun büyüklükte alanın sağlanması.
- Çevresel etkiler ve
- Sistemin depolama verimliliği. Lüksemburg, İtalya ve İngiltere'de bu yöntem uygulanarak elektrik enerjisinin depolandığı sistemler bazı elektrik santrallerinde bulunmaktadır [25].

1.3.2.6. Sıcaklık Tabakalaşması

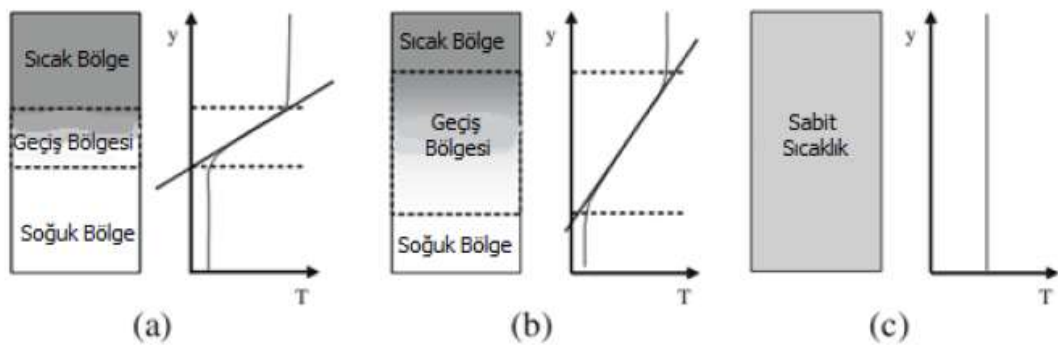
Sıcak su tanklarında depolama performansını etkileyen çok sayıda parametre vardır. Bu parametrelerden en önemlisi “*sıcaklık tabakalaşması*”dır. Bir sıcak su depolama tankında; tankın alt kısımlarının soğuk, üst kısımlarının ise sıcak olması istenir. Bu şekilde, alt tarafı soğuk, üst tarafı sıcak olacak şeklindeki sıcaklık dağılımı yapısına “*sıcaklık tabakalaşması*” adı verilmektedir.

Sıcaklık tabakalaşmasındaki amaç soğuk su girişinin olduğu kısım ile kullanım suyu sıcaklığını arasındaki sıcaklık farkını maksimum yapmaktır. Bu sayede sisteme giren soğuk su, ısınmış olan kullanım suyunu daha az etkileyecek ve kullanım suyunun sıcaklığını ve buna bağlı olarak kalitesini arttıracaktır. Ayrıca alt kısımların soğuk

olması kolektöre giden suyun sıcaklığını düşürecek ve bu sayede kolektör verimi artacaktır.

Sıcaklık tabakalaşması, ısı enerji depolamasında suyun kullanım performansını etkileyen önemli bir ölçüt olmasından dolayı zaman içerisinde birçok araştırması tarafından araştırılmıştır.

Sıcaklık tabakalaşmasının maksimum olması çok sayıda yöntem geliştirilmiştir ve değerlendirilmiştir. Bu yöntemlerin yanında bazı araştırmacılarda, sıcaklık tabakalaşmasının değerlendirme yöntemlerini araştırarak, boyutlu ve boyutsuz farklı değerlendirme parametrelerini ortaya koymuşlardır. Tüm bu çalışmaların amacı maksimum sıcaklık tabakalaşması elde etmek ve elde edilen tabakalaşmayı en iyi şekilde hesaplayabilmektir.



Şekil 1.7. Farklı sıcaklık tabakalaşması derecelerine sahip sistemler[27]

Şekil 1.7’de farklı derecelerdeki sıcaklık tabakalaşması türleri gösterilmiştir. Şekil 2’den görüldüğü gibi sıcaklık tabakalaşmasını iyileştirmedeki temel amaç, soğuk bölge ve geçiş bölgesinin büyüklüğünü azaltmaktır. Bu sayede daha büyük miktarda ve daha yüksek sıcaklıkta su kullanım için hazır halde bulunacaktır.

- Yüksek tabakalaşma derecesine sahip sistem,
- Düşük tabakalaşma derecesine sahip sistem,
- Tamamen karışmış sistem (sıcaklık tabakalaşmasının olmadığı) [27]

1.4.Yapılan Çalışmalar

Duyulur ısı ısı enerji depolama için en önemli performans parametrelerinden biri olan sıcaklık tabakalaşması üzerine literatürde birçok iyileştirme çalışması mevcuttur. Literatürde çok sayıda deneysel, sayısal ve teorik çalışma bulunmaktadır.

Altuntop ve arkadaşları [2]; silindirik, dikey bir sıcak su tankındaki sıcaklık tabakalaşmasını engeller aracılığı ile iyileştirilmesini sayısal olarak incelemişlerdir. Çalışmada 12 farklı engel tipi incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda, engellerin tamamının, engelsiz duruma göre sıcaklık tabakalaşmasını iyileştirdiği görülmüştür. Ortasında boşluk bulunan engeller kenarında boşluk bulunan engellere göre daha iyi sıcaklık tabakalaşması sağlamışlardır.

Helva ve arkadaşları [3]; yatay sıcak tanklarında sıcak su kullanımının tank içerisindeki sıcaklık dağılımı üzerindeki etkisini belirlemek için deneysel bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada tank içerisindeki sıcaklık tabakalaşması üzerinde önemli etkiye sahip parametreleri belirlemişlerdir.

Morrison ve arkadaşları [4]; yatay mantolu sıcak su tanklarının ısı karakteristiğini belirlemek için deneysel bir çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışmalarında prizmatik bir tank kullanarak tank içerisindeki akım çizgilerinin nasıl olduğunu araştırmışlardır.

Khalifa ve Mehdi [5]; bir yatay sıcak su tankındaki sıcaklık dağılımını elde etmek için bir boyutlu bir model ortaya koymuşlardır. Çalışmada radyal ve eksenel yöndeki sıcaklık değişimlerinin ihmal edileceğini ve tank içerisindeki sıcaklık dağılımını belirlemek için tank merkezindeki düşey sıcaklık değişiminin kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Rosengarten ve arkadaşları [6]; prizmatik bir mantolu sıcak su tankındaki akış karakteristiğini belirlemek için akış görüntüleme tekniği ile deneysel bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada ayrıca ısı geçişi miktarını belirlemek için bir korelasyon da ortaya konmuştur.

Young ve Baughn [7]; yatay sıcak su tanklarının ısı karakteristiğini incelemek için sayısal ve deneysel çalışma yapmışlardır. Çalışmalarında bir boyutlu bir sayısal model

ortaya koymuşlar ve bu modeli deneysel çalışmalar ile doğrulamışlardır. Çalışmada eksenel sıcaklık değişiminin hesaplamalarda ihmal edileceğini vurgulamışlardır.

Rosengarten ve arkadaşları [8]; yatay mantolu sıcak su tankındaki ısı geçişini belirlemek için bir model geliştirmişlerdir. Geliştirilen bu model tank içerisindeki Nusselt sayısı için geometrik şartlara ve sınır şartlarına bağlı korelasyon sunmaktadır.

Jannatabadi ve Taherian [9]; yatay mantolu sıcak su tanklarındaki ısı karakteristiği araştırmışlardır. Tankın ısı performansı için önem arz eden akış debisi, ısı kısa devre, ortalama sıcaklık, ortalama ısı geçiş katsayısı ve giriş hızının etkileri yönünden irdelenmiştir.

Erdemir ve Altuntop [10]; yatay mantolu bir sıcak su tankında tank içerisine akım yönüne dik engel yerleştirmenin etkisini deneysel olarak araştırmıştır. Çalışmanın sonucunda yatay mantolu sıcak su tanklarında tank içerisine akım yönüne dik engel yerleştirmenin tankın ısı performansını iyileştirdiği bulunmuştur.

Erdemir [11]; yatay mantolu sıcak tanklarında tank tasarımının tankın ısı performansı üzerindeki etkisini sayısal olarak araştırmıştır. Tank çapının (D), tank uzunluğuna (L) oranının, yatay mantolu sıcak su tanklarda termal performansına etkisini araştırmıştır. D / L oranı, sıcak su depolarının termal performansı üzerinde büyük bir etkiye sahip olduğunu, çünkü tankın depolama hacmi ve ısı transfer yüzey alanı değişen D / L oranı ile değiştiğini belirtmiştir. Bu çalışmada, farklı D / L oranlarının yatay mantolu sıcak su tankı için ısı performans üzerindeki etkisi, sabit depolama hacmi ve ısı transfer yüzey alanı ayrı ayrı dikkate alınarak sayısal olarak araştırmıştır. Çalışmada yüksek depolama performansı için tank çapının tank boyuna oranının düşük tutulması gerektiği belirtilmiştir.

Erdemir, Altuntop ve Pekdemir [12], yapmış oldukları çalışmada, mantolu sıcak su tanklarında sıcaklık tabakalaşması sayısal olarak incelemiştir. Çalışmasında sıcaklık tabakalaşmasını iyileştirmek farklı konumlarda yerleştirilen iki adet engel kullanılmıştır. Engel olarak, ortası delik ve düz silindirik engel tipi seçilmiştir. Bu engellerin tank tabanına ve birbirileri arasındaki mesafe değiştirilerek 20 farklı geometri form için çözümlemeler yapılmıştır. Çalışmada FLUENT 13 programı kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda en iyi tabakalaşmasının, ilk engelin tank tabanına yakın olduğu ve ilk engel

ile ikinci engel arasındaki mesafenin 100 mm civarında olduğu geometrik şartlarda gerçekleştiği sonucuna ulaşılmıştır. Çalışmanın sonuçları, sıcaklık dağılımları contour grafik olarak verilmiştir. Ayrıca 5, 15, 30, 60, 90 ve 120 dakikalar için kullanım suyu sıcaklığı (T3), kolektöre dönüş sıcaklığı (T4) ve kullanım suyu sıcaklığı ile şebeke suyu giriş sıcaklığı arasındaki fark (T3-T1) tablo ve sütun diyagram olarak verilmiştir. Bu değerlerin zamanla değişimi ayrıca sıcaklık-zaman (T-t) diyagramında verilmiştir. Tüm geometrik şartlar için bu değerlerin 120'inci dakika değeri, her bir durum için ayrı ayrı sütun diyagram olarak verilmiştir. Sayısal çalışmanın doğruluğunu göstermek için çalışma Knudsen'nin [13] çalışması ile karşılaştırılmıştır.

Knudsen ve Furbo [13], iki farklı mantoya giriş pozisyonunun sıcaklık tabakası üzerine etkisini araştırmışlardır. Çalışmaları deneysel ve sayısal olarak gerçekleştirmişlerdir. Çalışmalarının sonucunda; eğer tank içerisindeki sıcaklıktan daha yüksek sıcaklıkta bir sıcaklıkta giriş söz konusu ise giriş yeri mantonun en üst noktasında olması gerektiğini, eğer sıcaklık daha düşük ise girişin daha alt noktalarda olabileceğini tespit etmişlerdir. Giriş yerinin konumu, mantodan tanka olan ısı geçişini maksimum oranda sağlamak için önemli olduğu vurgulanmıştır.

Yaptıkları çalışmada; tank içerisinden 7 farklı yükseklikte, manto giriş ve çıkışında, şebeke suyu girişinde ve kullanım suyu çıkışındaki sıcaklıklar ölçülmüştür. Çalışmalarını değerlendirirken depolanan ısı enerjisi miktarının, tanktaki ısı enerjisi miktarına göre olan değişim diyagramı kullanılmıştır. Depolanan ısı enerjisi miktarı;

$$Q_{\text{storage}} = \int_{t_{\text{start}}}^{t_{\text{end}}} m c_p (T_{\text{mantle,in}} - T_{\text{mantle,out}}) dt \quad (1)$$

Tanktaki ısı enerjisi miktarı ise tankı alt ve üst olarak iki kısım düşünülerek hesaplanmıştır. Bu ifadeler aşağıdaki hesaplamıştır;

$$Q_{\text{top}} = V \rho c_p \sum_{i=4}^7 \Delta T_{\text{vol}(i)} \quad (2)$$

$$Q_{\text{bot}} = V \rho c_p \sum_{i=1}^3 \Delta T_{\text{vol}(i)} \quad (3)$$

Shah [14], dikey mantolu sıcak su tanklarında ısı transferini incelemiştir. Üst giriş kısmı ve alt çıkış kısmı olmak üzere iki yeni ısı transfer korelasyonu çalışma kapsamında incelenmiştir. Çalışma 1:1 ölçekli sayısal model üzerinden yapılmıştır. Ayrıca bu korelasyonlar, bir simülasyon programına entegre edilerek, yıllık performansları da hesaplanmıştır. Çalışmanın sonucunda korelasyon tahminlerinin enerji kazanımları ve sıcaklıkları, dış ortam ölçümleri ile karşılaştırıldığında güvenli sonuçlar verdiğini görülmüştür.

Çalışmanın sayısal kısmında tankın yarısı modellenerek, tankın simetrik olmasından yararlanılmıştır. Türbülans modeli olarak $k-\epsilon$ türbülans modeli kullanılmış, kaldırma kuvveti Boussinesq yaklaşımı ile modellenmiştir. Çalışmada 6 saatlik bir simülasyon yapılmıştır. Manto giriş sıcaklığı ilk 2 saat için 30 °C, ikinci 2 saat için 70 °C, son 2 saat içinse 30 °C olarak alınmıştır. Çalışmada araştırılan korelasyonları deneysel çalışmalar ile doğrulamak için $Re - Ra$, $Nu - Ra$ grafikleri çizilmiştir.

Erdemir ve arkadaşları [31]; yatay mantolu bir sıcak su tankında tank içerisinde eğik olarak konumlandırılmış engel yerleştirmenin etkisi sayısal olarak araştırmışlardır. Eğik konumlandırılmış engelin dik olarak konumlandırılmış engellere göre kıyaslaması yapmışlardır. Sayısal çözümler FLUENT 17.1 programı aracılığı ile 120 dakikalık süre için gerçekleştirilmiştir. Engeller tank içerisine şebeke girişinden itibaren farklı konumlarda (50, 100, 150 ve 200 mm) ve yatay eksenle farklı açı (90°, 75° ve 60°) yapacak şekilde yerleştirmişlerdir. Böylece hem engelin açısının hem de konumunun etkisi sayısal olarak araştırmışlar. Sonuçlar tank içerisindeki sıcak dağılımı, tank içerisinde depolanan sıcak suyun ortalama sıcaklığı, manto çıkış sıcaklığı, kullanım suyu çıkış sıcaklığı, enerji ve ekserji verimliliği üzerinden değerlendirmişlerdir. Çalışmanın sonucunda tank içerisinde engel yerleştirmesinin her konumda ve açıda ısı performansını arttırdığı tespit etmişlerdir. Ayrıca eğik yerleştirilmiş engellerin dik engellere göre daha yüksek ısı performans sağladığı belirlemişlerdir. Engellerin tank girişine yakın pozisyonda olduğu zaman daha yüksek performans gösterdiğini belirtmişlerdir. Engellerin mesafesinin $m=100$ mm ve eğiminin $a=60^\circ$ olduğu durumda termodinamik açıdan en yüksek performans gösterdiğini belirtmişlerdir. Bu durum için depolama sıcaklığı 35°C olup içerisinde engel olmayan tanka göre yaklaşık 5°C daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Yine aynı durumda manto çıkış sıcaklığı engelsiz tanka göre daha düşük, şebeke çıkış sıcaklığı ise daha yüksek olduğunu bulmuşlardır.

Sonuç olarak, tank içerisinde şebeke girişinden 100 mm mesafede eğimli olarak konumlandırılmış engelin tankın ısı performansını arttırdığını bulmuşlardır.

Arslan ve Igci [32]; yaptıkları çalışmada düşey mantolu güneş enerji depolama tankı tasarlamışlardır. Çalışma koşullarının boşalma/tüketim sırasındaki etkisini sayısal olarak incelemişlerdir. Başlangıçta tankın bir önceki depolama/doldurma durumunda ısı tabakalaştırıldığını ve kollektör çevriminin aktif olduğunu varsaymışlardır. Gerçek çalışma koşulları ve mantolu güneş enerji depolama tankının gerçek geometrisi üç boyutlu kararsız hesaplamalı akışkanlar dinamiği simülasyon programı vasıtasıyla oluşturulmuştur. Laminer modelin akış alanındaki davranışını incelemişlerdir. Silindirik koordinat sistemindeki temel denklemleri sonlu hacim yöntemi kullanılarak oluşturdukları gerçekçi sınır ve başlangıç şartlarının uygulandığı mantolu depolama tankındaki akış alanlarının simülasyonunda kullanmışlardır. Sonuç olarak kararsız akış hesaplama sonuçlarını literatürde bulunan deneysel verilerle doğrulamışlardır. Simülasyonların sonuçlarını termal tabakalaşma parametrelerine dayanarak sonuçlandırmışlardır. Sonuç olarak Grashof sayısının büyük değerleri için önceden belirlenmiş ısı tabakalaşmanın boşaltma işlemi esnasında iyi korunduğunu ve mümkün olduğunca daha fazla süre kullanım suyunu sıcak suyla beslediğini belirtmişlerdir. Kullanım esnasında ısı tabakalaşma seviyelerini veya tankl içinde daha az karışma sağlamak için Reynolds sayısının belirli değerler altında tutulması gerektiğini bildirmişlerdir. Bu sayede depolama tankının kullanım için uygun sıcaklıkta uygun miktarda su sağlayacağını belirtmişlerdir.

Arslan ve arkadaşları [33]; sıcak su tankı içerisine yerleştirilen engelin boyutunu ısı tabakalaşma için sayısal olarak optimize etmişlerdir. Sayısal sonuçları hem sayısal hemde deneysel çalışma ile doğrulamışlardır. Güneş kollektörü olarak, ısı depolamak için kullanılan silindirik bir tank tasarlamışlardır. Ortasında bir delik olan silindirik bir engeli tank içerisine, engel geometrisinin f/H ve g/D oranları göz önüne alarak yerleştirmişlerdir. H tankın yüksekliği, D tankın çapı, f tankın alt yüzeyinden soğuk su giriş kanalına olan mesafe, g engeldeki deliğin çapıdır. Sıcaklık dağılımlarını; tank tarafından sağlanan su sıcaklığı, tank giriş ve çıkış sıcaklıkları farkı, çeşitli f/H ve g/D oranları için elde etmişlerdir. Sonuç olarak, tanka engel koymanın ısı tabakalaşmayı iyileştirdiğini ve bu sayede tank tarafından sağlanan suyun sıcaklığını, engel durumu ve

en iyi termal tabakalaşmanın 0.2 g/D oranına ve 0.1 f/H oranına karşılık gelen engel boyutu için elde edildiğini belirtmişlerdir.

Bu tez çalışmasında tank içerisine farklı konum ve açılarda iki engel yerleştirmenin etkisi ilk engelin tank girişinden uzaklığı ve engeller arasındaki mesafenin değişmesiyle ısı tabakalaşmaya nasıl etki ettiği sayısal olarak incelenmiş ve deneysel olarak sayısal sonuçların geçerliliği sağlanmıştır. Erdemir ve arkadaşlarının tank içerisinde tek engel bulunan çalışmaları ile karşılaştırılmıştır. Erdemir ve arkadaşları 60° açı ile engel yerleştirmenin termodinamik açıdan daha verimli olduğunu belirttikleri için bu çalışmada öncelikle 60° açı ile iki paralel engel yerleştirilmiş daha sonra açı ve engel konumları değiştirilmiştir. Engel sayısının normal şartlar altında ısı transferini artırması beklendiği için engel sayısı artırılmıştır. Çalışma sonucunda en verimli tank modelinin 75° açıda paralel engel konumunda ilk engelin tank girişinden uzaklığı 150 mm ve iki engel arasındaki mesafenin 100 mm olduğu tank tasarımında elde edilmiştir. Bu modelde depolama suyu sıcaklığı 309,5 K kullanım suyu sıcaklığı 312 K elde edilmiştir.

2. BÖLÜM

HESAPLAMALI AKIŞKANLAR DİNAMİĞİ

2.1. Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD)

Hesaplamalı akışkanlar dinamiği (CFD); ısı transferi ve akışkanlar mekaniğiyle alakalı karışık ve çözümü uzun zaman alan problemlerin çözümünde kullanılan bilgisayar destekli tasarım programlarıdır. Uygulaması yapılacak olan mühendislik tasarımlarının simülasyon çalışmaları önceden yapılarak, uygulamadan önce tasarlanacak ürünler hakkında bilgi edinme sürecini aylar mertebesinde günler mertebesine indirebilir. Deneysel olarak çalışmanın zor veya imkânsız olduğu büyük sistemlerde çalışma imkânı verir. Teknolojinin günden güne gelişmesi sonucunda ortaya çıkan yüksek hızlı bilgisayarlar sayesinde karmaşık gibi gözüken bütün akış problemlerinin çözümü kolaylaştırılmıştır. Hesaplamalı akışkanlar dinamiğinin günümüzde kullanım alanı oldukça geniştir. Aerodinamikte, hidrodinamikte, Elektrik-Elektronik mühendisliğinde, meteorolojide, biomedikal mühendislikte v.b alanlarda kullanılmaktadır. Kullanılan paket programlarından bazıları FLUENT® , Ansys, Phoenix, MIXSIM v.b. Yapılan tez çalışmasında Ansys-Fluent 18 paket programı kullanılmıştır.

2.1.1. ANSYS - FLUENT® Paket Programı

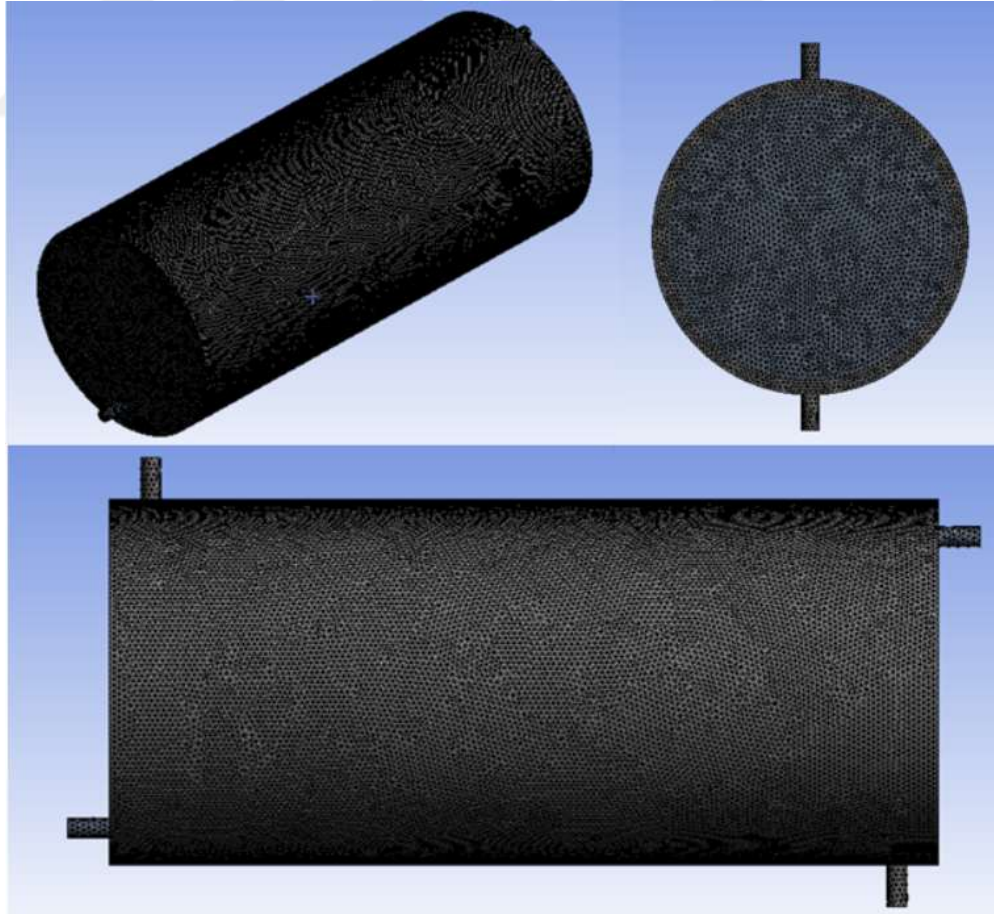
FLUENT® programı geniş bir aralıktaki sıkıştırılabilir ve sıkıştırılamaz, laminar ve türbülanslı akış problemleri için oldukça kapsamlı modelleme imkânları sunar. Zamandan bağımsız veya geçişlilik analizleri yapılabilir. Sağlam ve gerçekçi türbülans modelleri FLUENT® programının hayati öneme sahip modelleridir. FLUENT® paket programı C programlama dilinde yazılmıştır. Araç çubuklarının altındaki veriler kullanılarak çözülecek olan problemin birçok özelliği belirtilebilir. Sınır şartlar, kullanılacak malzeme özellikleri, çözümde kullanılacak yöntem, yakınsama kriterleri ve bunlar gibi birçok önemli parametre kullanıcı tarafından girilebilir. FLUENT® paket

programı; programı kütle ve momentum korunum denklemlerini çözer. Isı transferi ya da sıkıştırılabilirliği içeren akışlar için ayrıca enerji denklemi çözülmektedir.

Özellik (speciestür) karışımı yada reaksiyon içeren akışlar için özellik korunum denklemleri çözülmektedir. Ayrıca akış türbülanslı olduğu zaman ek taşınım denklemleri çözülmektedir.

2.1.2. Hacimsel Elemanların Oluşturulması (Grid Oluşturulması)

Tasarım herhangi bir katı model programında veya ANSYS programının WORKBENCH modülünde oluşturularak geometri meydana getirilir. Oluşturulan geometri çok küçük hacimsel elemanlara bölünür. Daha sonra program her bir hacim için denklemleri çözerek sonuçları verilen değerlere yakınsamaya çalışılır. Grid üretiminde kartezyen koordinatlarda x, y ve z düzemlerinde oluşturulmuştur. Sayısal model için oluşturulan ağ yapısı Şekil 2.1. de verilmiştir.



Şekil 2.1. Deney Düzenegine Uygun Tasarlanan Tankın Ağ Yapısı

2.1.3. Sınır şartları (Boundary Conditions)

ANSYS FLUENT programında ağ yapısı oluşturan modelin tank giriş , çıkışına ve manto giriş , çıkışına tank duvarlarına ait sınır şartları tanımlanabilir. Şebeke akışkanın giriş hızı ve giriş sıcaklığı , manto akışkanın giriş hızı ve giriş sıcaklığı başlangıç şartı olarak verilir. Hesaplamalarda yer çekimi ivmesi dikkate alınmıştır. Analizler zamana bağlı olarak çözülmüştür. Deneysel çalışma sonucunda iki saatlik süre sonunda şebeke akışkanının sıcaklığı yaklaşık sabit hale geldiği (yakınsadığı) için analiz; iki saat (Yedi bin iki yüz saniye) süre ile yapılmıştır. Yapılan analizlere uygulanan sınır şartları Tablo 2.1. de verilmiştir.

Tablo 2.1 Analizlerde uygulanan sınır şartları.

	V_manto m/s	T_manto (K)	V_main m/s	T_main (K)	Model
Case 1	0,147	353	0.036	290	a.60-m.50- l.100 P
Case 2	0,147	353	0.073	290	
Case 3	0,147	353	0.11	290	
Case 4	0,147	353	0,147	290	
Case 5	0,147	353	0.036	290	a.60-m.50- l.200 P
Case 6	0,147	353	0.073	290	
Case 7	0,147	353	0.11	290	
Case 8	0,147	353	0,147	290	
Case 9	0,147	353	0.036	290	a.60-m.100- l.100 P
Case 10	0,147	353	0.073	290	
Case 11	0,147	353	0.11	290	
Case 12	0,147	353	0,147	290	
Case 13	0,147	353	0.036	290	a.60-m.100- l.200 P
Case 14	0,147	353	0.073	290	
Case 15	0,147	353	0.11	290	
Case 16	0,147	353	0,147	290	
Case 17	0,147	353	0.036	290	a.60-m.150- l.200 P
Case 18	0,147	353	0.073	290	
Case 19	0,147	353	0.11	290	
Case 20	0,147	353	0,147	290	
Case 21	0,147	353	0.036	290	a.60-m.150- l.200 P
Case 22	0,147	353	0.073	290	
Case 23	0,147	353	0.11	290	
Case 24	0,147	353	0,147	290	

içindeki çeperlere ve konulan engellere akışkanın çarpması sonucu akım çizgilerinde geri dönmeler ve vorteksler olduğundan çözümler *duvar fonksiyonu* metodu kullanılarak standart k – w türbülans akış modeline göre çözülmüştür.

Sıkıştırılamayan ($\rho = \text{sabit}$) ve süreksiz akış için kütle korunumu, momentum ve enerjinin korunumu denklemleri üç boyutlu silindirik koordinatlardaki akış için aşağıdaki gibi yazılmıştır.

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \rho \left[\frac{1}{r} \frac{\partial (r V_r)}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial V_\theta}{\partial \theta} + \frac{\partial V_z}{\partial z} \right] = 0 \quad (4)$$

Momentum denklemleri, gövde üzerinde hareket eden dış kuvvetlerin toplamına eşit olan, ivme ve kütle üretimini belirten Newton'un İkinci Kanunun' dan türetilmiştir. Akışkan hareketinde dış kuvvetler, gövde ve yüzey kuvvetleri olarak düşünülmüştür.

r – yönündeki momentum denklemi:

$$\begin{aligned} & \rho \frac{\partial V_r}{\partial t} + \frac{1}{r} V_r \frac{\partial (r \rho V_r)}{\partial r} + \frac{\rho}{r} V_\theta \frac{\partial (V_r)}{\partial \theta} + \rho \frac{V_z \partial (V_r)}{\partial z} \\ &= - \frac{\partial P}{\partial r} + \mu \left[\frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{1}{r} \frac{\partial (r V_r)}{\partial r} \right) \right] + \mu \left[\frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 V_r}{\partial \theta^2} + \frac{\partial^2 V_r}{\partial z^2} \right] + \mu \left[- \frac{2}{r^2} \frac{\partial V_\theta}{\partial \theta} \right] \\ &+ \frac{\rho V_\theta^2}{r} + \rho g_r \beta \Delta T \end{aligned} \quad (5)$$

θ - yönündeki momentum denklemi:

$$\begin{aligned} & \rho \frac{\partial V_\theta}{\partial t} + \frac{\rho}{r} V_r \frac{\partial (r V_\theta)}{\partial r} + \frac{\rho}{r} V_\theta \frac{\partial (V_\theta)}{\partial \theta} + \rho \frac{V_z \partial (V_\theta)}{\partial z} \\ &= - \frac{1}{r} \frac{\partial P}{\partial \theta} + \mu \left[\frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{1}{r} \frac{\partial (r V_\theta)}{\partial r} \right) \right] + \mu \left[\frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 V_\theta}{\partial \theta^2} + \frac{\partial^2 V_\theta}{\partial z^2} \right] + \mu \left[\frac{2}{r^2} \frac{\partial V_r}{\partial \theta} \right] \\ &- \frac{\rho V_r V_\theta}{r} + \rho g_\theta \beta \Delta T \end{aligned} \quad (6)$$

z - yönündeki momentum denklemi:

$$\rho \frac{\partial V_z}{\partial t} + \frac{\rho}{r} V_r \frac{\partial (r V_z)}{\partial r} + \frac{\rho}{r} V_\theta \frac{\partial (V_z)}{\partial \theta} + \rho V_z \frac{\partial (V_z)}{\partial z} = -\frac{\partial P}{\partial z} + \mu \left[\frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{1}{r} \frac{\partial (r V_z)}{\partial r} \right) \right] + \mu \left[\frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 V_z}{\partial \theta^2} + \frac{\partial^2 V_z}{\partial z^2} \right] + \rho g_\theta \beta \Delta T \quad (7)$$

Enerji denklemi ise:

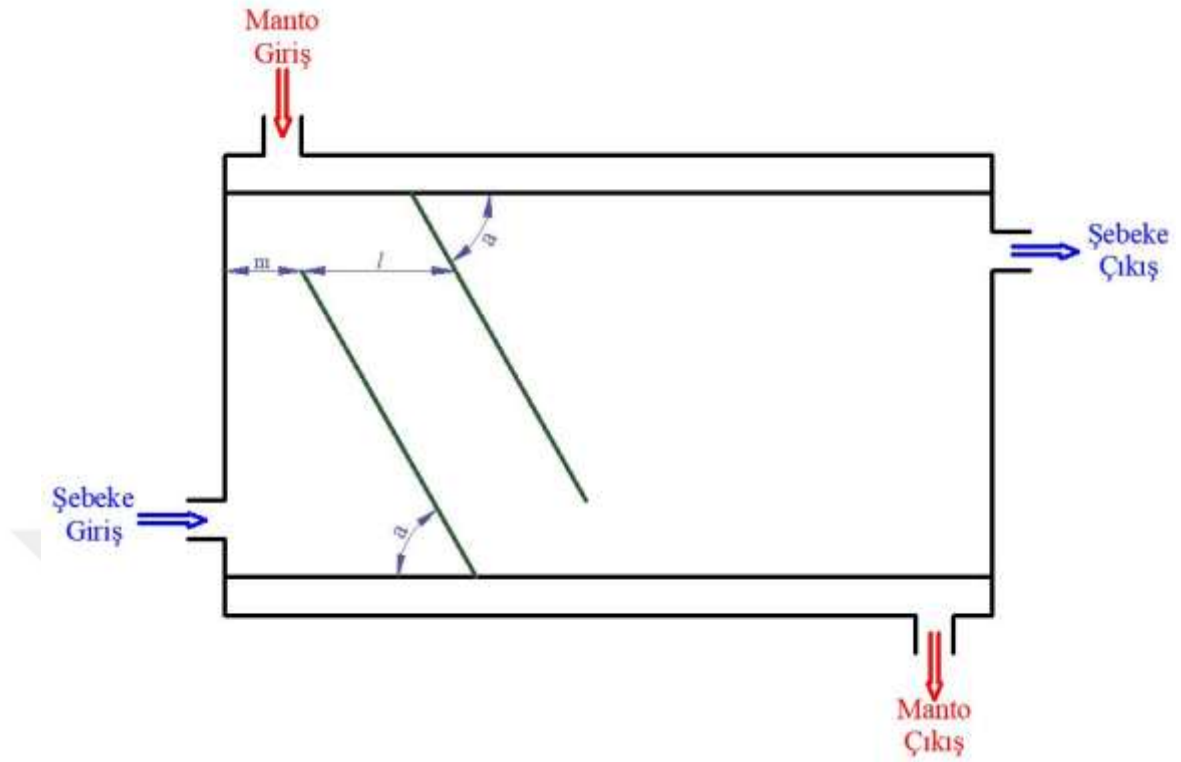
$$\rho C_p \left(\frac{\partial T}{\partial t} + V_r \frac{\partial T}{\partial r} + \frac{V_\theta}{r} \frac{\partial T}{\partial \theta} + V_z \frac{\partial T}{\partial z} \right) = k \left\{ \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 T}{\partial \theta^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right\} + \mu \phi$$

V_r , V_θ , V_z r, θ , z yönlerindeki hızlar P_r , P_θ , P_z r, θ , z yönlerindeki basınçlar, T; sıcaklık, μ ; dinamik viskozite, ρ ; akışkan yoğunluğu (sabit), β , ısı genleşme katsayısı, k, ısı iletim katsayısı; g_r , g_θ , g_z ler ise r, θ , z yönlerindeki yerçekimi ivmeleri, C_p ise akışkanın sabit basınçtaki özgül ısıdır.

2.2. Sayısal Analiz

Bu tez çalışmasında binalarda sıcak su elde etmek için kullanılan yatay konumlandırılmış su tanklarının sıcaklık tabakalaşmasının iyileştirme çalışması yapılmıştır. Bu tanklar güneş kolektörleri, çok katlı binalarda kullanılan boylerler veya endüstri tesislerinde kullanılan sıcak su tankları olabilir. Örneğin güneş kolektörlerinin kullanıldığı sıcak sulu sistemlerde güneş enerjisinin yoğun olarak geldiği saatlerde depolanan enerjinin daha sonra ihtiyaç olduğunda depolanarak kullanılabilir ve sürekli sıcak su elde edilmiş olunur. Kapalı sistemlerde ısı enerjisi, duyulur ısı depolama şeklinde yapılır. Bu tez çalışmasında kapalı devre su ısıtma sistemlerinin ısı enerjisi depolama tanklarında şebeke suyu deposunun içerisine konulan eğik engellerin hangi pozisyona yerleştirildiğinde meydana gelen sıcaklık tabakalaşmasının giriş hızına bağlı olarak verimli olduğu araştırılmıştır.

Çalışmamızın literatürdekilerden farkı 60° açıda eğik konumlandırılmış iki engelin x-y eksenine göre simetrik olarak depolama tankına yerleştirilmesi sonucu sıcaklık tabakalaşmasının farklı hız değerlerine göre incelenmesi ve iyileştirilme çalışmalarının yapılmasıdır.



Şekil 2.2. Sayısal Modelde oluşturulan yatay mantolu sıcak su tankının şematik gösterimi

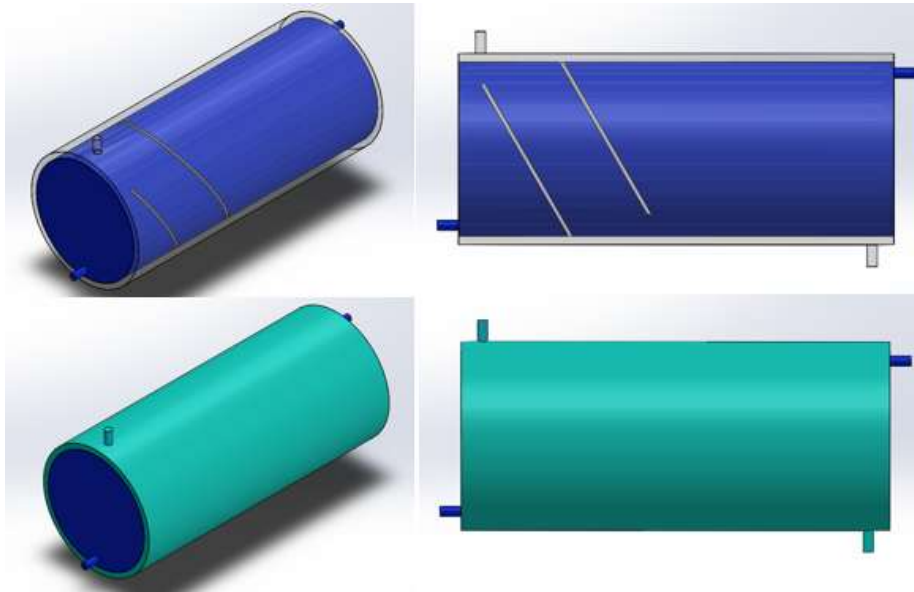
Tablo 2.2. Sayısal Modelde tasarlanan yatay mantolu sıcak su tankının ölçüleri

İç tank çapı (D)	400 mm
Tank uzunluğu (L)	1000 mm
Manto boşluğu (t)	20 mm
Giriş ve çıkış portlarının konumları (X_1 , X_2 , Y_1 , Y_2)	50 mm
Engel tank kenarından mesafesi (m)	50, 100, 150 mm
Engel yatay eksenle yaptığı açı (a)	60°
İki Engel Arasındaki Mesafe (l)	100,200 mm

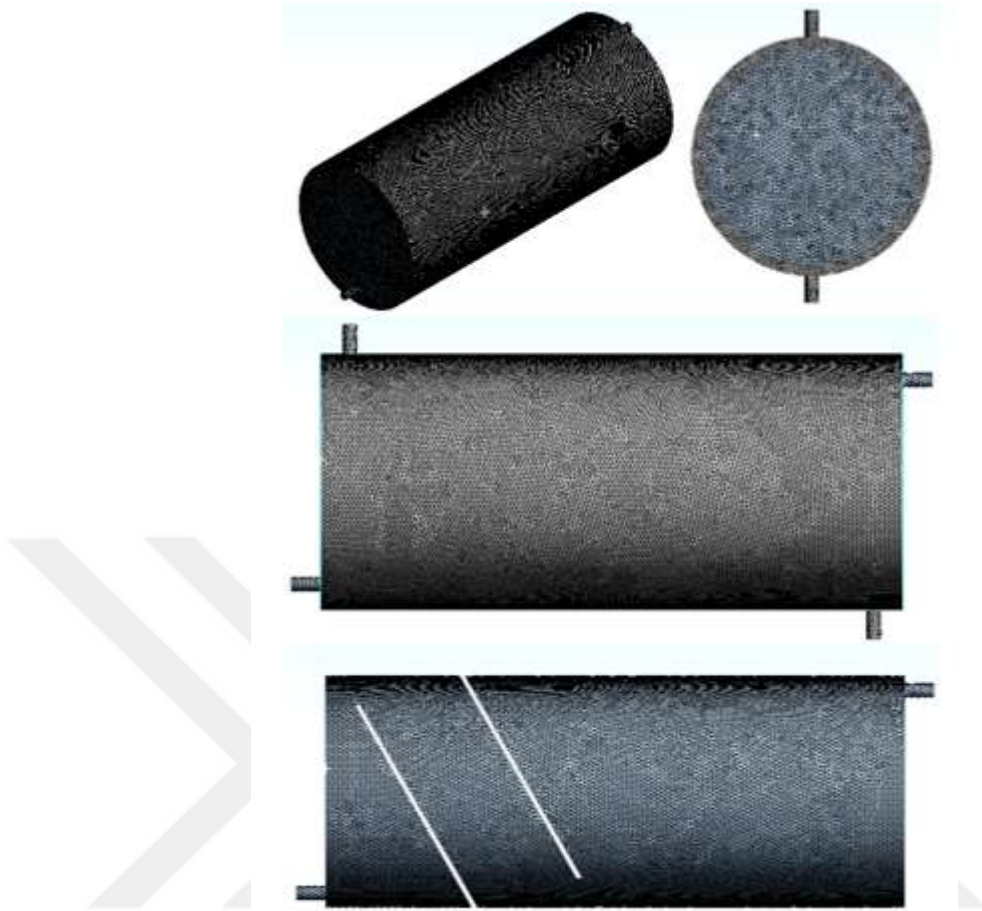
2.2.1. Materyal Method

2.2.1.1. Tank Geometrisinin Oluşturulması

Deneysel düzeneğe uygun tasarlanan Şekil 2.2 'de verilen tank geometrisi SOLİD WORKS 2018 programında Tablo 2.2' deki ölçülere göre ayrı ayrı çizilmiştir. Şekil 2.3 'de $\alpha:60^\circ$ - m:50 mm - l:200 mm ölçüleri için oluşturulan tank geometrisi verilmiştir. Modeller 3 boyutlu olarak oluşturulmuştur. Engeller engel hacminin iç tank hacminden çıkartılmasıyla oluşturulmuştur. Modelde sadece akışkan hacimler çizilmiştir. Çizilen geometrilerin her biri için ANSYS Workbench programı Fluid Dynamics (Fluent) modülünde ilk olarak Geometry alt modülünde sayısal model mesh yapısını oluşturmak için hazır hale getirilmiştir. Daha sonra Mesh alt modülünde ağ yapısı oluşturulmuştur. Sayısal modellerde yaklaşık 3.8 milyon eleman bulunmaktadır. Mesh sayısının yüksek olması mesh bağımsızlığı için uygundur. Manto ile iç tank temas yüzeyi arasında ısı geçişini ve akışı daha verimli modellemek için temas yüzeylerinde normal eleman boyutuna göre %50 daha küçük boyutta eleman kullanılmıştır. Ağ yapısındaki eleman sayısı (eleman boyutu) sayısal çözümleme üzerindeki önemli etkiye sahip olduğu için; eleman sayısının çözüm üzerindeki etkisini kaldırmak için ağ yapısı (grid) bağımsızlığı çalışması uygulanmıştır. Şekil 2.4'te $\alpha:60^\circ$ - m:50 mm - l:200 mm olan durum için mesh yapısı verilmiştir.



Şekil 2.3. SolidWorks programında oluşturulan tank geometrisi ($\alpha:60^\circ$ - m:50 mm - l:200 mm)



Şekil 2.4. a:60° - m:50 mm - l:200 mm olan durum için mesh yapısı

2.2.1.2. Sayısal Prosedür

Sayısal çözümler 3 boyutlu ve zamana bağlı olarak Fluent 18 programı kullanılarak yapılmıştır. Çözümlemeler iki saatlik zaman dilimi için gerçekleştirilmiştir. Zaman adımının sonuçlar üzerindeki etkisi zamana bağlı çözümlemelerde önemlidir. Dolayısıyla 0.25, 0.5, 1, 1.5s zaman adımları denenerek sonuçlar zaman adımından bağımsızlaştırılmıştır. 0.5 s zaman adımından daha küçük zaman adımları sonuçları fazla değiştirmedeği için zaman adımı 0.5 s olarak çözümlemeler gerçekleştirilmiştir. Şebeke suyu girişi ve manto girişi “velocity inlet”, şebeke suyu (kullanım suyu) çıkışı ve manto çıkışı “pressure outlet” olarak belirtilmiştir. Depolama tankı ve manto arasındaki yüzey “wall” olarak tanımlanmıştır. Tankın dış yüzeyleri tanktan ısı kaybı olmadığı (adyabatik) kabul edilmiştir. Sistem içerisindeki akıştaki farklı türbülans modelleri denenerek en iyi sonucu veren model “k-W” modeli seçilerek analizler

gerçekleştirilmiştir. Çözümler Fluent programının “Simple” algoritması kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Gerçekleştirilen sayısal analizler ile; engelsiz tankta ve engel konumunun $\alpha:60^\circ$, m:100 mm, l:100 mm olduğu durumlarda yapılan deneysel analizler kıyaslanmıştır. Böylece sayısal model ve prosedürün doğruluğu araştırılmıştır.



3. BÖLÜM

SAYISAL BULGULAR

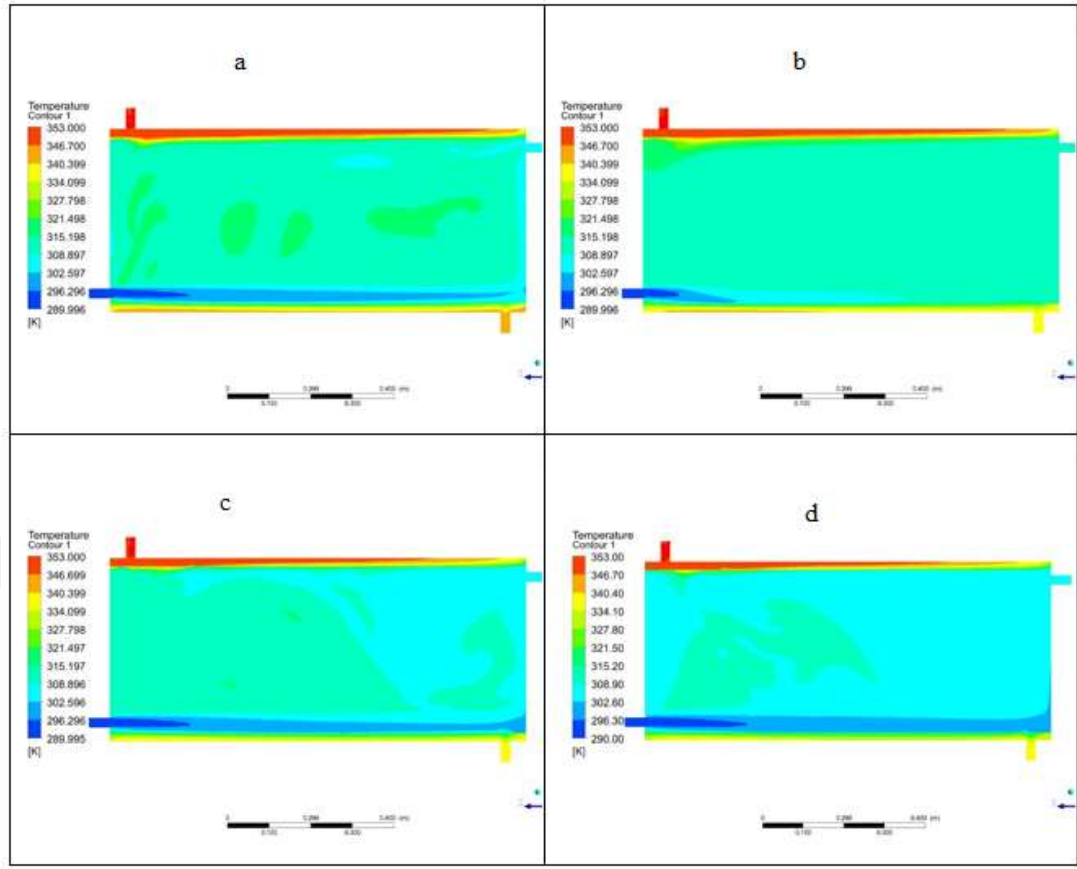
3.1. Birbirine Paralel Eğik İki Engel Yerleştirmenin Tank İçerisindeki Sıcaklık Dağılımına Etkisi

Tank içerisindeki sıcaklık dağılımı; tank içerisindeki suyun sıcaklık seviyesini ve depolanan su miktarını direkt olarak gösterdiği için bir sıcak su tankının ısı performansını belirlemek için kullanılan temel, hızlı ve basit bir yöntemdir. Sıcak su tankı kullanılmasının en önemli amacı mümkün olan en yüksek sıcaklıkta ve hacimde sıcak su elde etmektir. Tank içerisindeki sıcaklık dağılımları bu bilgileri elde etmek için kullanılabilir.

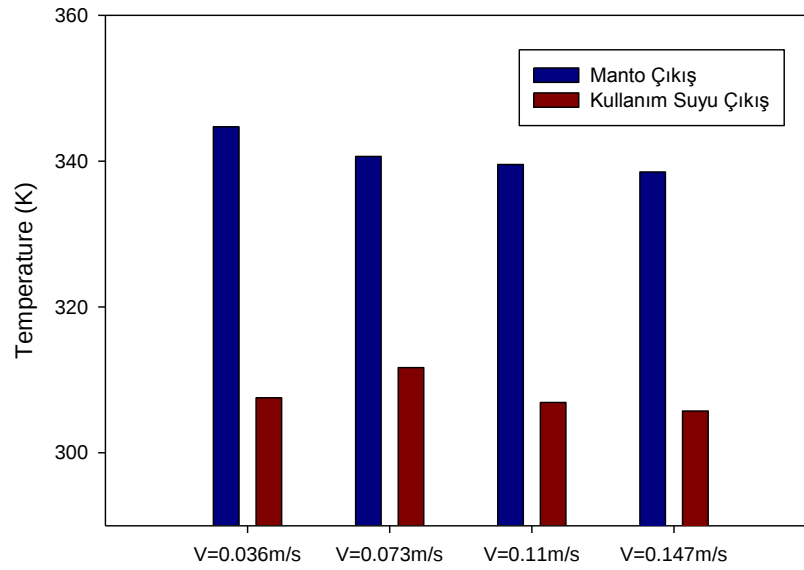
3.1.1.İçerisinde Engel Bulunmayan Tank İçin Elde Edilen Sıcaklık Dağılımları

Şekil 3.1.' de içerisinde engel bulunmayan tank için sıcaklık dağılımları bulunmaktadır.

İçerisinde engel bulunmayan tankta şebeke suyu tankın içerisine girerek hızlı bir şekilde çıkmaktadır. . Bu durum kullanım suyu sıcaklığını ciddi şekilde düşürmektedir. Şekilde görüldüğü gibi akış hızı düşük olduğı için durgun seyir göstermektedir. En yüksek şebeke suyu çıkış sıcaklığı su giriş hızının 0.073 m/s hızla olduğı durumda elde edilmiştir. Su çıkış sıcaklığı bu durum için yaklaşık 312 K' dir. Diğer durumlarda hız arttıkça şebeke suyu çıkış sıcaklığında düşüş gözlenmiştir.

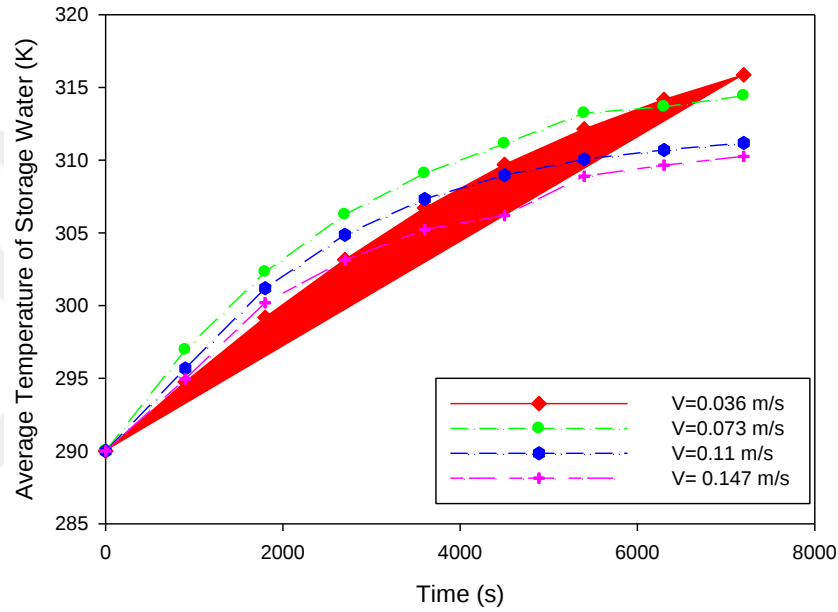


Şekil 3.1. İçerisinde engel bulunmayan tank Sıcaklık dağılımları a) $V_{\text{şebeke}}:0.036 \text{ m/s}$ b) $V_{\text{şebeke}}:0.073 \text{ m/s}$ c) $V_{\text{şebeke}}:0.11 \text{ m/s}$ d) $V_{\text{şebeke}}:0.147 \text{ m/s}$



Şekil 3.2. İçerisinde engel bulunmayan tank için manto çıkış ve şebeke çıkış sıcaklıklarının 120 dakika sonundaki değeri

Şekil 3.2 de içerisinde engel bulunmayan tankın hıza bağlı olarak şebeke çıkış sıcaklığı ve manto çıkış sıcaklığının 2 saat sonundaki değişim grafiği verilmiştir. En yüksek sıcaklık $V:0.073$ m/s hızda elde edilmiştir. Diğer durumlarda hız arttıkça kullanım suyu çıkış sıcaklıklarında düşüş mevcuttur.



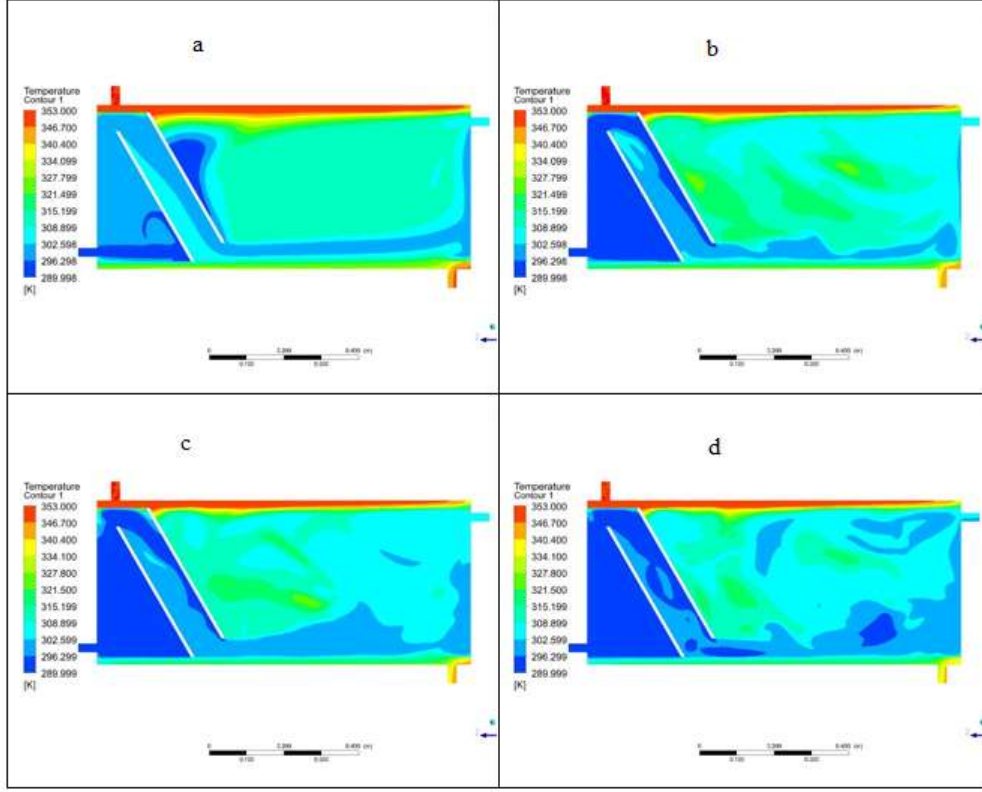
Şekil 3.3. İçerisinde engel bulunmayan tank için depolama suyunun zamana bağlı değişim grafiği

İki saatlik süre sonunda tank içinde depolanan suyun zamana bağlı sıcaklık değişimi Şekil 3.3'te verilmiştir. Depolama sıcaklığı hızın düşük olması ile artmıştır. Hız 0.147 m/s olduğu durum ile hız 0.036 m/s olduğu durum arasında yaklaşık 6 K'lık bir sıcaklık farkı oluşmuştur. $V:0.036$ m/s şebeke suyu giriş hızı için iki saatlik süre sonunda elde edilen depolama suyu sıcaklığı 315.8 K' dir. $V:0.147$ m/s şebeke suyu giriş hızı için iki saatlik süre sonunda elde edilen depolama suyu sıcaklığı 308.7 K' dir

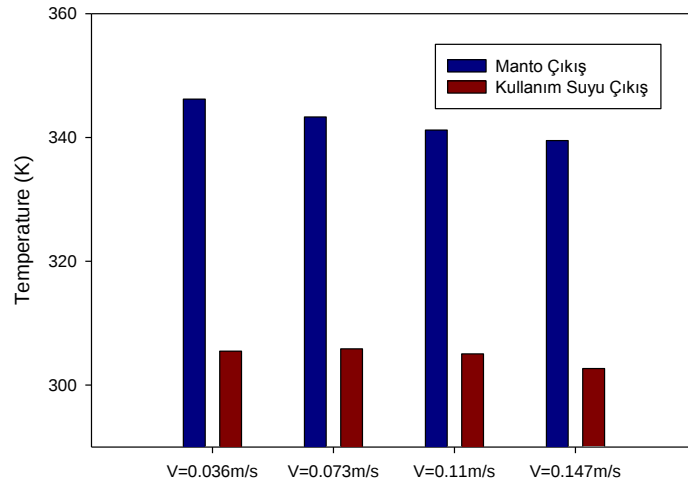
3.1.2.Engel Konumu Paralel $\alpha:60^\circ$ - $m:50$ mm - $l:100$ mm Olan Tank İçin Elde Edilen Sıcaklık Dağılımları

Şekil 3.3.' te $\alpha:60^\circ$ - $m:50$ mm - $l:100$ mm konumunda engel bulunan tank için sıcaklık dağılımları bulunmaktadır. Hız arttığında türbülans artmıştır. Hız arttıkça şebeke çıkış

sıcaklığı azalmıştır. Hızın artması suyun sistemi hızlı terketmesine sebep olduğu için sıcaklık artışı düşük olmuştur.

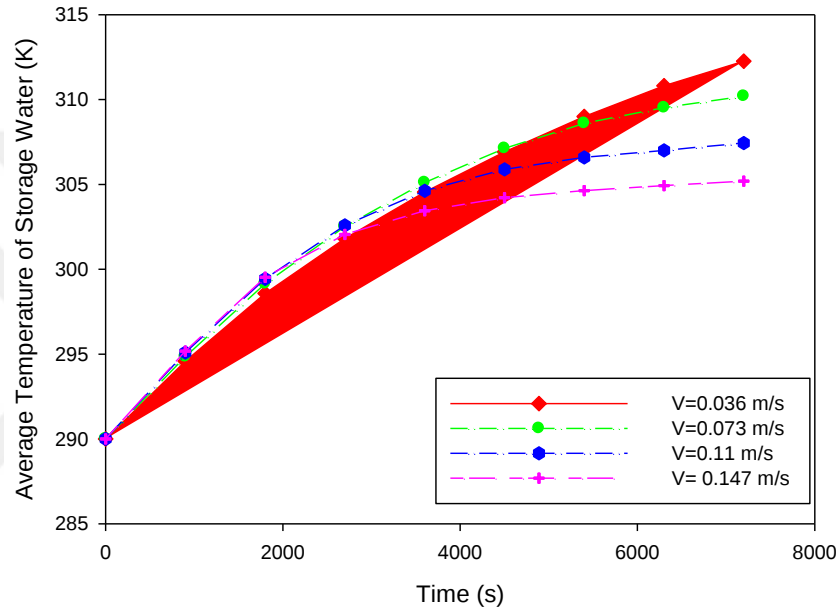


Şekil 3.4. a:60°- m:50 mm - l:100 mm konumunda engel bulunan tank için sıcaklık dağılımları a) $V_{\text{şebeke}}:0.036 \text{ m/s}$ b) $V_{\text{şebeke}}:0.073 \text{ m/s}$ c) $V_{\text{şebeke}}:0.11 \text{ m/s}$ d) $V_{\text{şebeke}}:0.147 \text{ m/s}$



Şekil 3.5. a:60°- m:50 mm - l:100 mm konumunda engel bulunan tank için manto çıkış ve şebeke çıkış sıcaklıklarının 120 dakika sonundaki değeri

Şekil 3.4 'te görüldüğü üzere; şebeke giriş hızı $V:0.036$ m/s olduğu durumda şebeke çıkış sıcaklığı 305.48 K elde edilmiştir. Aynı durum için manto çıkış sıcaklığı 346.19 K olarak elde edilmiştir. En yüksek şebeke çıkış sıcaklığı $V:0.073$ m/s hızda elde edilmiştir. Bu hız değeri için şebeke çıkış sıcaklığı

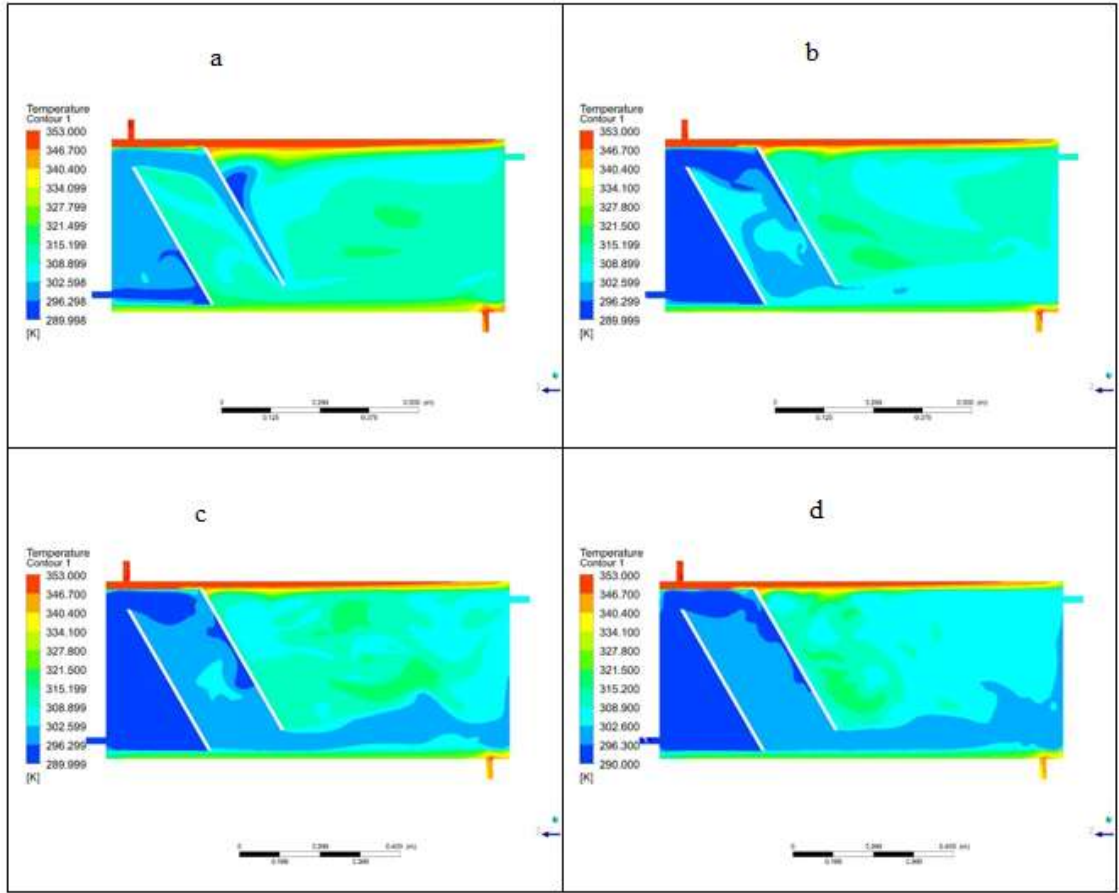


Şekil 3.6. a:60°- m:50 mm - l:100 mm konumunda engel bulunan tank için depolama suyunun zaman bağlı değişim grafiği

Şekil 3.5 te görüldüğü üzere iki saatlik süre sonunda en yüksek depolama suyu sıcaklığı $V:0.036$ m/s şebeke giriş hızında elde edilmiştir. Elde edilen sıcaklık değeri 2 saatlik süre sonunda 312,26 K dir Hızın artması depolama suyu sıcaklığını azaltmıştır.

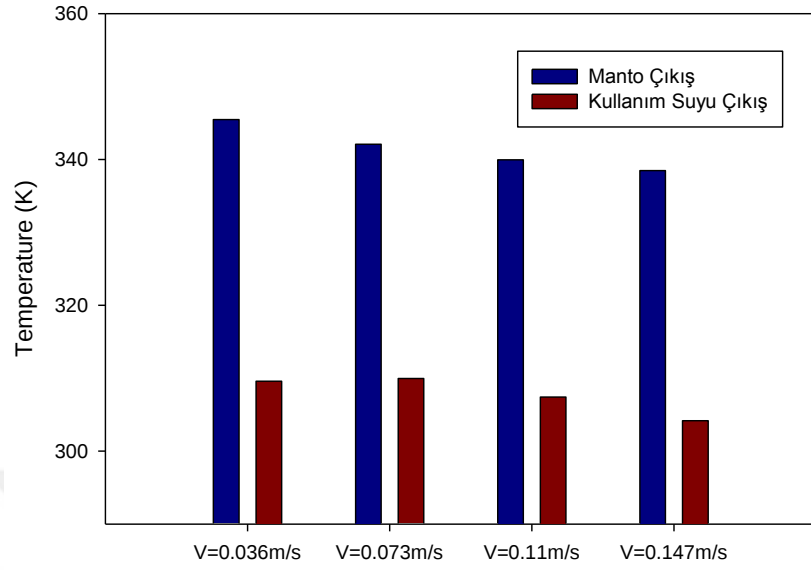
3.1.3.Engel Konumu Paralel a:60°- m:50 mm - l:200 mm Olan Tank İçin Elde Edilen Sıcaklık Dağılımları

Şekil 3.6.' da a:60°- m:50 mm - l:200 mm konumunda engel bulunan tank için sıcaklık dağılımları bulunmaktadır. Sıcaklık dağılımları incelendiğinde hızın artması sıcaklık ortalamasını düşürdüğü gözlenmiştir.

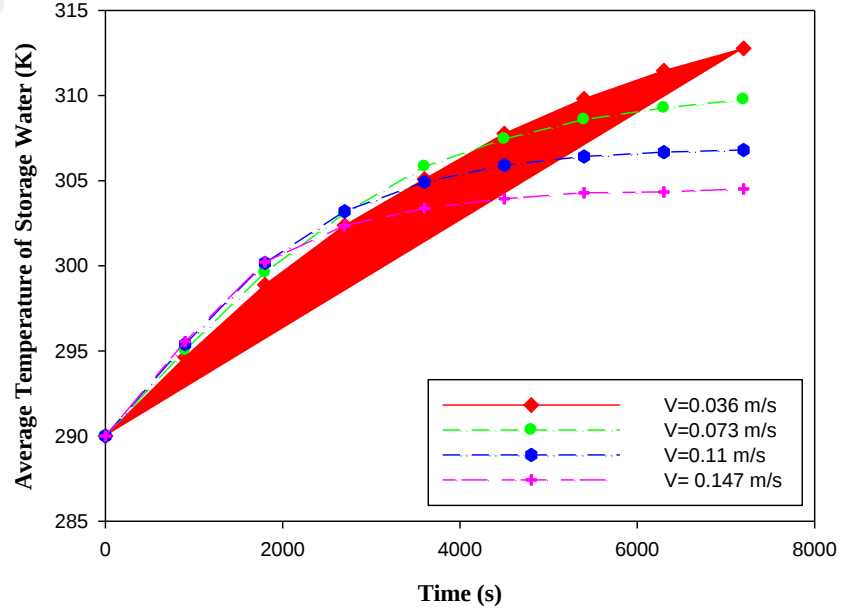


Şekil 3.7. a:60°- m:50 mm - l:200 mm konumunda engel bulunan tank için sıcaklık dağılımları a) $V_{şebeke}:0.036$ m/s b) $V_{şebeke}:0,073$ m/s c) $V_{şebeke}:0.11$ m/s d) $V_{şebeke}:0.147$ m/s

a:60°- m:50 mm - l:200 mm konumunda engel bulunan tank için manto çıkış ve şebeke çıkış sıcaklıklarının iki saatlik süre sonundaki değerleri Şekil 3.7’ de verilmiştir. En yüksek şebeke çıkış sıcaklığı $V:0.073$ m/s giriş hızında elde edilmiştir. Bu hız için şebeke çıkış sıcaklığı değeri 309.85 K’dir. Hızın artması ile şebeke giriş sıcaklıkları genel olarak düşmüştür.



Şekil 3.8. a:60°- m:50 mm - l:200 mm konumunda engel bulunan tank için manto çıkış ve şebeke çıkış sıcaklıklarının 120 dakika sonundaki değeri



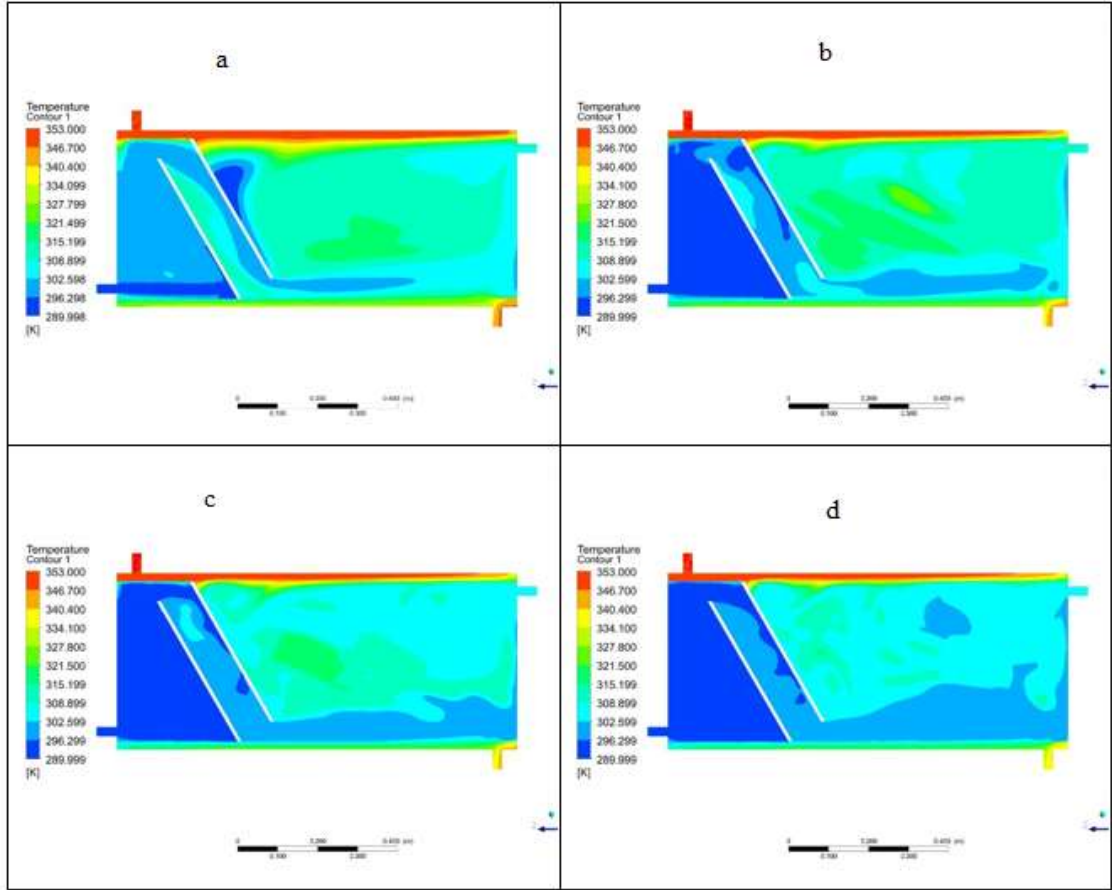
Şekil 3.9. a:60°- m:50 mm - l:200 mm konumunda engel bulunan tank için depolama suyunun zaman bağlı değişim grafiği

Şekil 3.8 de iki saatlik süre sonunda a:60°- m:50 mm - l:200 mm konumunda engel bulunan tank için depolama suyunun zaman bağlı değişim grafiği verilmiştir. En yüksek depolama suyu sıcaklığı $V:0.036\text{ m/s}$ şebeke giriş hızında elde edilmiştir. Elde edilen

sıcaklık değeri 2 saatlik süre sonunda 312.77 K dir Hızın artması depolama suyu sıcaklığını azaltmıştır. $V:0.147$ m/s şebeke giriş hızında depolama sıcaklığı 304.5 K' dir.

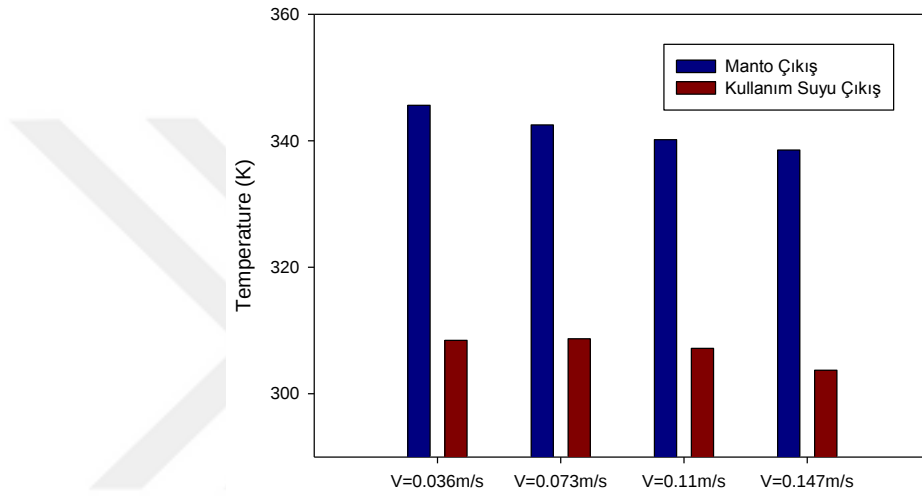
3.1.4.Engel Konumu Paralel a:60°- m:100 mm - l:100 mm Olan Tank İçin Elde Edilen Sıcaklık Dağılımları

Şekil 3.9' da a:60°- m:100 mm - l:100 mm konumunda engel bulunan tank için sıcaklık dağılımları bulunmaktadır. Hız arttığında türbülans artmıştır. Hız arttıkça şebeke çıkış sıcaklığı azalmıştır. Hızın artması suyun sistemi hızlı terk etmesine sebep olduğu için sıcaklık artışı düşük olmuştur.

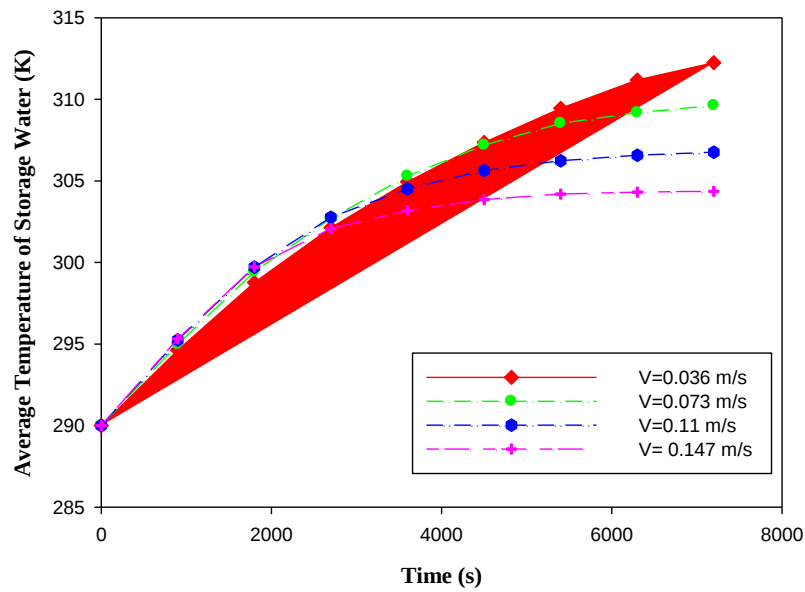


Şekil 3.10. a:60°- m:100 mm - l:100 mm konumunda engel bulunan tank için sıcaklık dağılımları a) $V_{\text{şebeke}}:0.036$ m/s b) $V_{\text{şebeke}}:0,073$ m/s c) $V_{\text{şebeke}}:0.11$ m/s d) $V_{\text{şebeke}}:0.147$ m/s

a:60°- m:100 mm - l:200 mm konumunda engel bulunan tank için manto çıkış ve şebeke çıkış sıcaklıklarının iki saatlik süre sonundaki değerleri Şekil 5.10’ da verilmiştir. En yüksek şebeke çıkış sıcaklığı V:0.073 m/s giriş hızında elde edilmiştir. Bu hız için şebeke çıkış sıcaklığı değeri 308.70 K’dir. Bu sıcaklık değerini V:0.036 m/s şebeke giriş hızının olduğu durum takip etmektedir. Bu durum için şebeke çıkış sıcaklığı 308.44 K’ dir. Hızın artması ile şebeke giriş sıcaklıkları genel olarak düşmüştür.



Şekil 3.11. a:60°- m:100 mm - l:100 mm konumunda engel bulunan tank için manto çıkış ve şebeke çıkış sıcaklıklarının 120 dakika sonundaki değeri

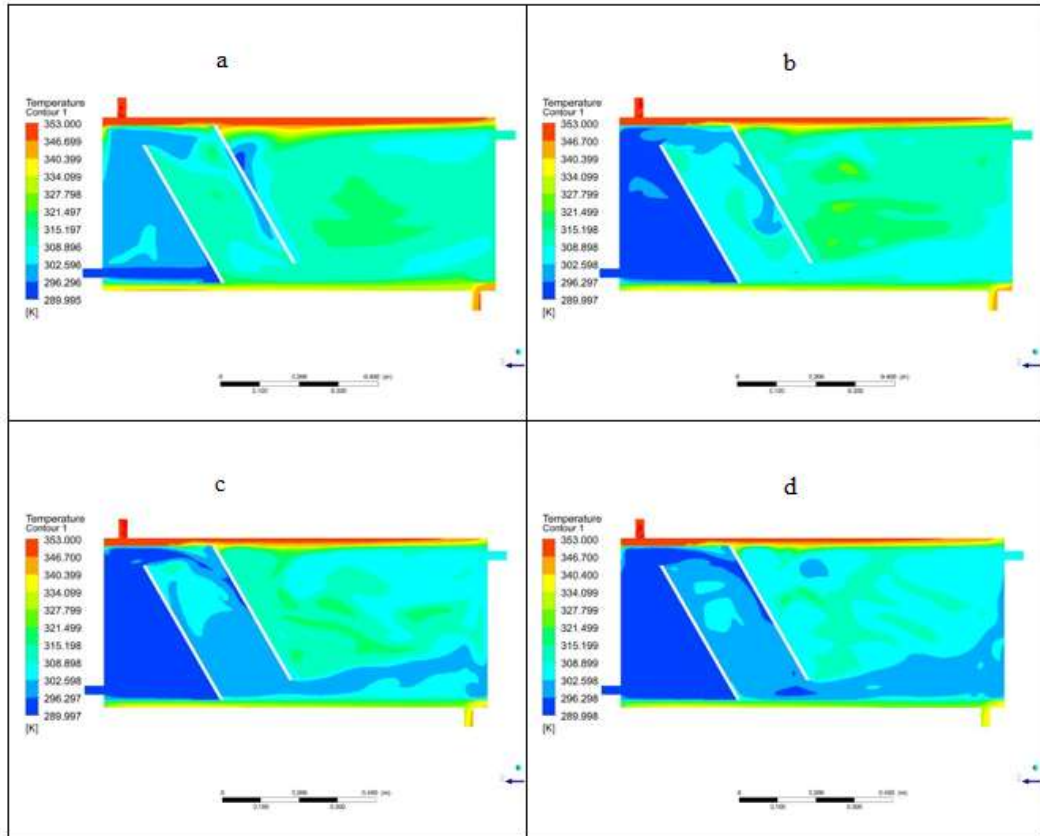


Şekil 3.12. a:60°- m:100 mm - l:100 mm konumunda engel bulunan tank için depolama suyunun zaman bağlı değişim grafiği

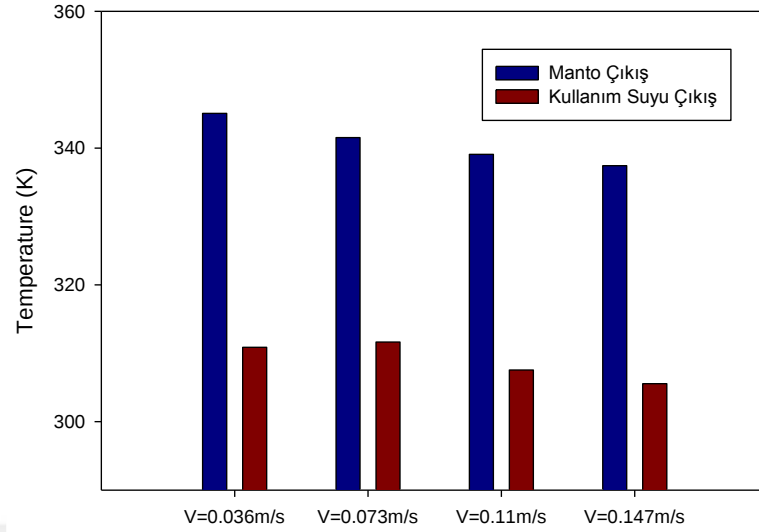
Yukardaki şekilde a:60°- m:100 mm - l:100 mm konumunda engel bulunan tank için depolama suyunun zaman bağılı değişim grafiği verilmiştir. Depolama suyu sıcaklığı En yüksek V:0.036 m/s şebeke suyu giriş hızında elde edilmiştir. Bu hız için iki saatlik süre sonunda elde edilen depolama suyu sıcaklığı 312.5 K' dir. Hızın artması depolama suyunun iki satlik süre sonunda oluşan sıcaklığını düşürmüştür. V:0.147 m/s için depolama suyu sıcaklığı 304.36 K değerindedir.

3.1.5.Engel Konumu Paralel a:60°- m:100 mm - l:200 mm Olan Tank İçin Elde Edilen Sıcaklık Dağılımları

Aşağıdaki şekilde a:60°- m:100 mm - l:200 mm konumunda engel bulunan tank için sıcaklık dağılımları bulunmaktadır. Hız arttığında türbülans artmıştır. Hız arttıkça şebeke çıkış sıcaklığı azalmıştır. Hızın artması suyun sistemi hızlı terk etmesine sebep olduğu için sıcaklık artışı düşük olmuştur.

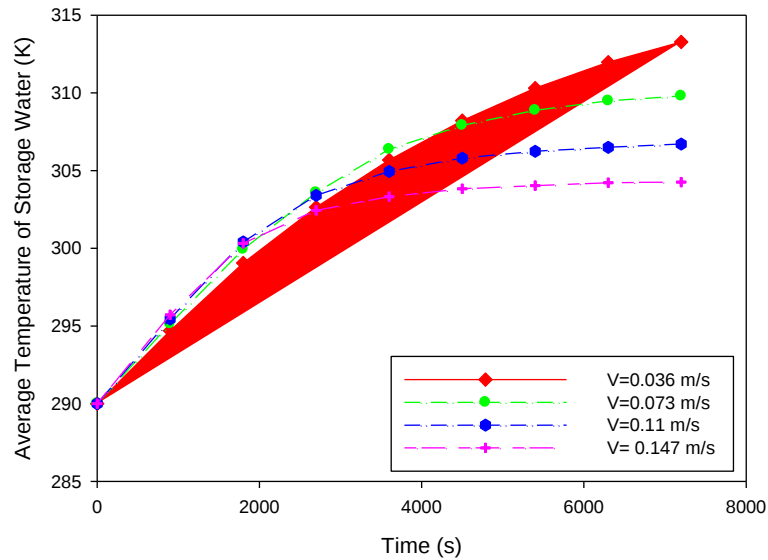


Şekil. 3.13. a:60°- m100 mm - l:200 mm konumunda engel bulunan tank için sıcaklık dağılımları a) $V_{\text{şebeke}}:0.036$ m/s b) $V_{\text{şebeke}}:0,073$ m/s c) $V_{\text{şebeke}}:0.11$ m/s d) $V_{\text{şebeke}}:0.147$ m/s



Şekil 3.14. a:60°- m:100 mm - l:200 mm konumunda engel bulunan tank için manto çıkış ve şebeke çıkış sıcaklıklarının 120 dakika sonundaki değeri

Yukarıdaki şekilde iki saatlik süre sonunda a:60°- m:100 mm - l:200 mm konumunda engel bulunan tank için manto çıkış ve şebeke çıkış sıcaklıklarının grafiği verilmiştir. En yüksek şebeke çıkış sıcaklığı V:0.073 m/s şebeke giriş hızının olduğu durumda elde edilmiştir. Bu durum için elde edilen kullanım suyu çıkış sıcaklığı 311.64 K' dir. Hızın artması elde edilen kullanım suyu sıcaklığını düşürmüştür. Engelin bu konumunda V:0.147 m/s şebeke giriş hızında elde edilen kullanım suyu çıkış sıcaklığı 305.56 K değerindedir.

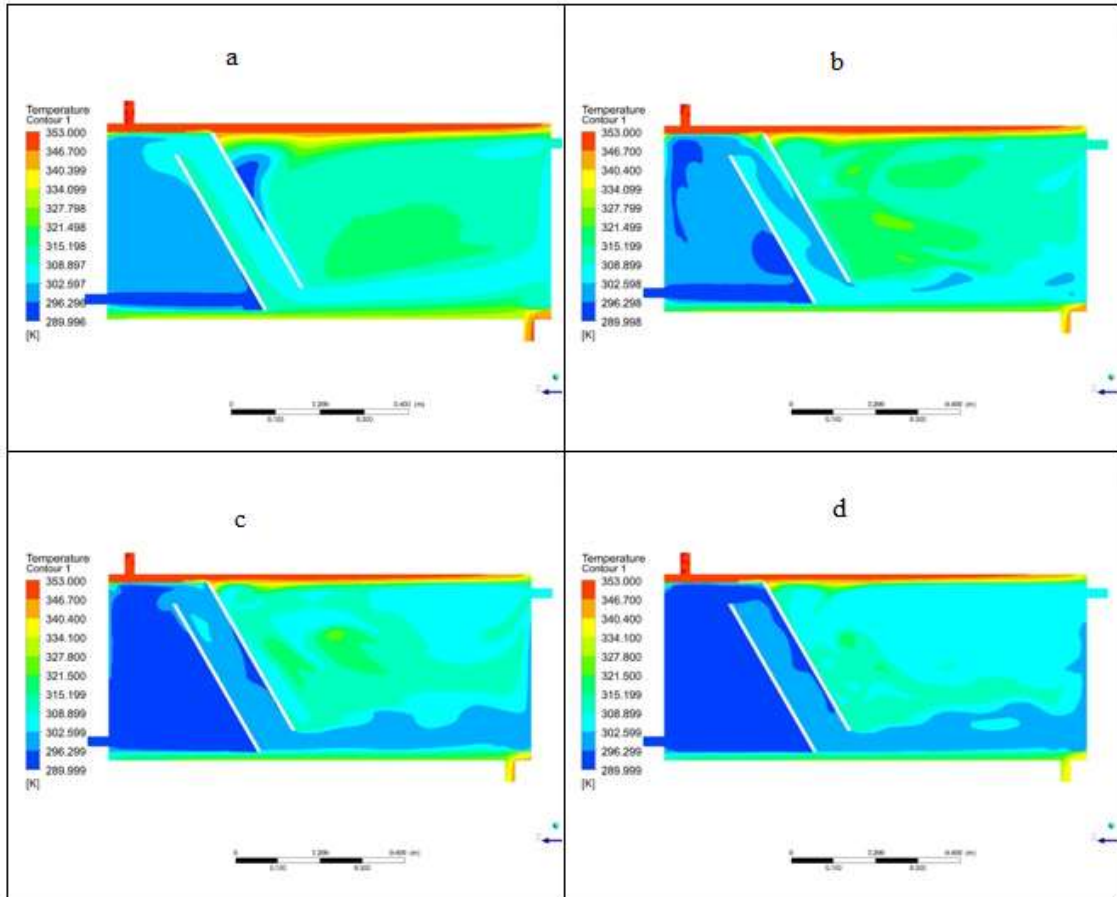


Şekil 3.15. a:60°- m:100 mm - l:200 mm konumunda engel bulunan tank için depolama suyunun zaman bağlı değişim grafiği

Şekil 3.14'te engel konumu a:60°- m:100 mm - l:200 mm olan durum için iki saatlik süre sonunda elde edilen depolama suyu değişim grafiği verilmiştir. Hızın artması depolama suyu sıcaklığını düşürmüştür. En yüksek depolama suyu sıcaklığı V:0.036 m/s şebeke suyu giriş sıcaklığında elde edilmiştir. Bu durum için elde edilen depolama sıcaklığı iki saatlik süre sonunda 313.28 K' dir.

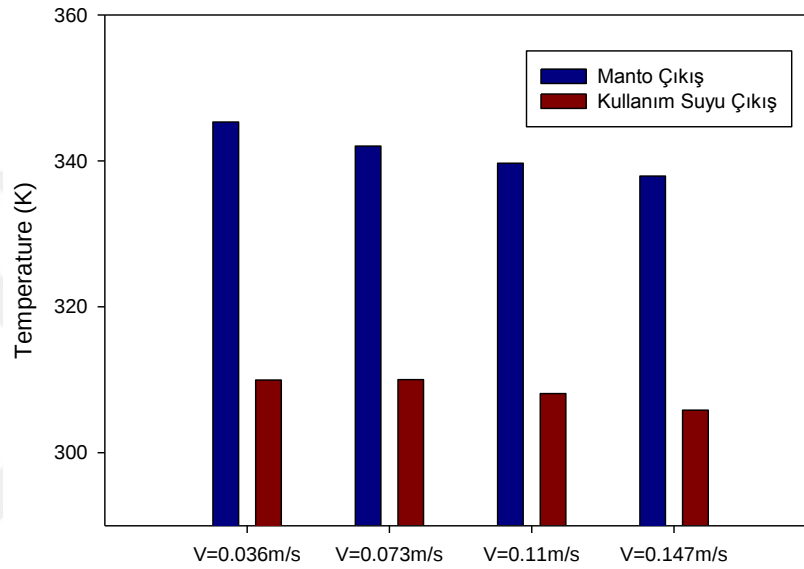
3.1.6.Engel Konumu Paralel a:60°- m:150 mm - l:100 mm Olan Tank İçin Elde Edilen Sıcaklık Dağılımları

Şekil.3.15'te a:60°- m:150 mm - l:100 mm konumunda engel bulunan tank için sıcaklık dağılımları bulunmaktadır. Hız arttığında türbülans artmıştır. Hız arttıkça şebeke çıkış sıcaklığı azalmıştır. Hızın artması suyun sistemi hızlı terk etmesine sebep olduğu için sıcaklık artışı düşük olmuştur.

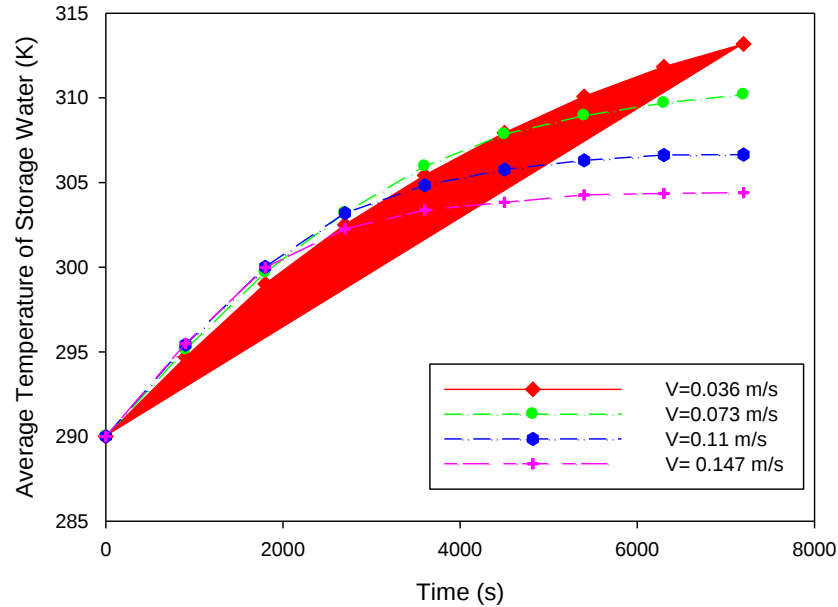


Şekil 3.16. a:60°- m150 mm - l:100 mm konumunda engel bulunan tank için sıcaklık dağılımları a) $V_{\text{şebeke}}:0.036$ m/s b) $V_{\text{şebeke}}:0.073$ m/s c) $V_{\text{şebeke}}:0.11$ m/s d) $V_{\text{şebeke}}:0.147$ m/s

Şekil.3.16' da iki saatlik süre sonunda $\alpha:60^\circ$ - $m:150$ mm - $l:100$ mm konumunda engel bulunan tank için manto çıkış ve şebeke çıkış sıcaklıkları verilmiştir. Diğer durumlardaki durum bu engel konumunda da gözlenmiştir. Genel olarak hızın artması kullanım suyu çıkış sıcaklığını düşürmüştür. $V:0.073$ m/s şebeke giriş hızı olduğu durumda kullanım suyu çıkış sıcaklığı 310.02 K'dir. $V:0.036$ M/s şebeke giriş hızının olduğu durumda ise 309.967 K' dir.



Şekil 3.17. $\alpha:60^\circ$ - $m:150$ mm - $l:100$ mm konumunda engel bulunan tank için manto çıkış ve şebeke çıkış sıcaklıklarının 120 dakika sonundaki değeri

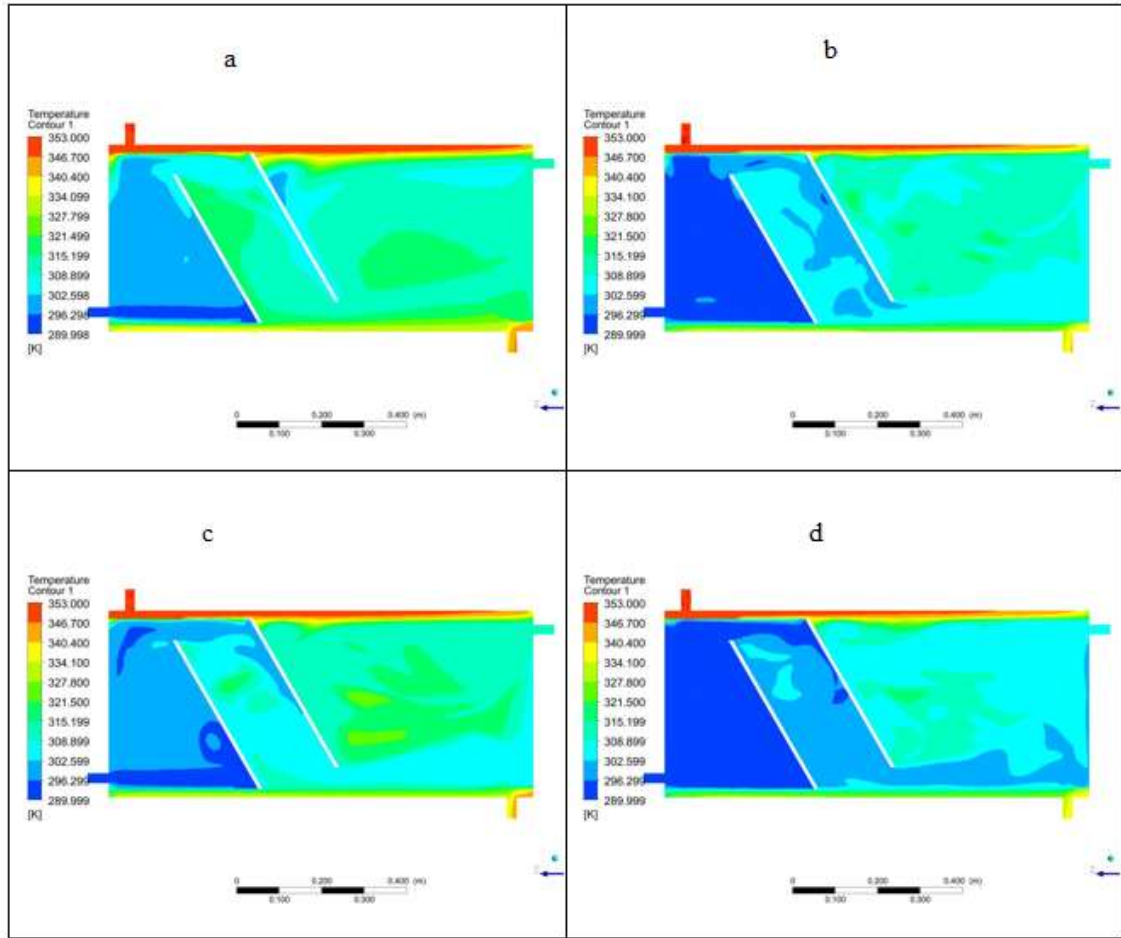


Şekil 3.18. $\alpha:60^\circ$ - $m:150$ mm - $l:100$ mm konumunda engel bulunan tank için depolama suyunun zaman bağlı değişim grafiği

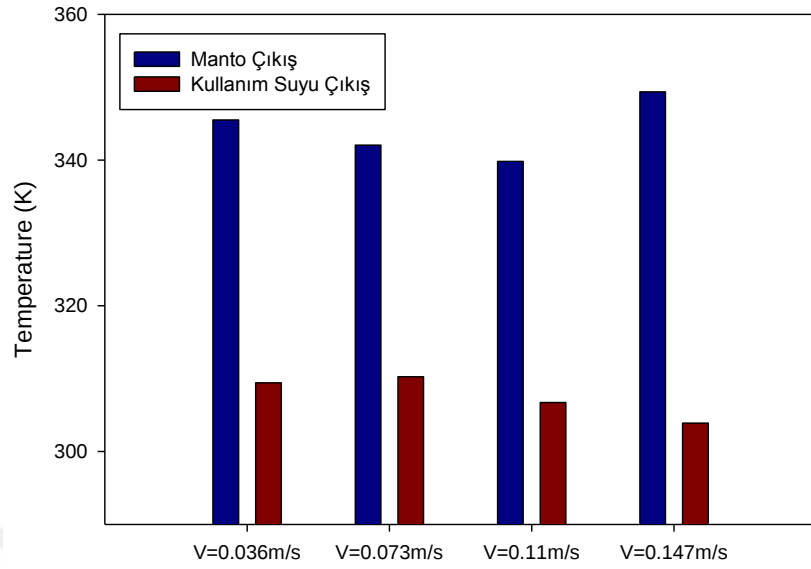
Yukarıdaki şekilde içerisinde a:60°- m:150 mm - l:100 mm konumunda engel yerleştirilen tank için iki saatlik süre sonunda elde edilen depolama suyu sıcaklığı değişim grafiği verilmiştir. Şebeke suyu giriş hızının artması depolanan suyun sıcaklık değerini düşürmüştür. En yüksek depolama suyu sıcaklığı $V:0.036$ m/s şebeke suyu giriş hızında elde edilmiştir. Elde edilen sıcaklık değeri 313.181 K'dir.

3.1.7.Engel Konumu Paralel a:60°- m:150 mm - l:200 mm Olan Tank İçin Elde Edilen Sıcaklık Dağılımları

Şekil.3.18'de a:60°- m:150 mm - l:100 mm konumunda engel bulunan tank için sıcaklık dağılımları bulunmaktadır. Hız arttığında türbülans artmıştır. Hız arttıkça şebeke çıkış sıcaklığı azalmıştır. Hızın artması suyun sistemi hızlı terk etmesine sebep olduğu için sıcaklık artışı düşük olmuştur.

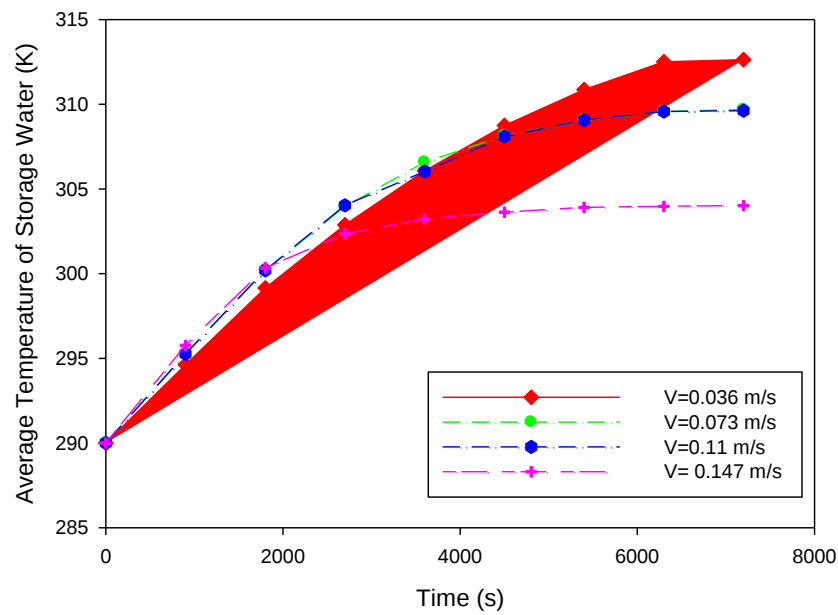


Şekil 3.19. a:60°- m150 mm - l:200 mm konumunda engel bulunan tank için sıcaklık dağılımları a) $V_{\text{şebeke}}:0.036$ m/s b) $V_{\text{şebeke}}:0.073$ m/s c) $V_{\text{şebeke}}:0.11$ m/s d) $V_{\text{şebeke}}:0.147$ m/s



Şekil 3.20. a:60°- m:150 mm - l:200 mm konumunda engel bulunan tank için manto çıkış ve şebeke çıkış sıcaklıklarının 120 dakika sonundaki değeri

Yukarıdaki şekilde a: 60°- m:150 mm - l:200 mm konumunda engel bulunan tank için manto çıkış ve şebeke çıkış sıcaklıklarının 120 dakika sonundaki değerleri verilmiştir. Diğer durumlardaki gibi bu durum için de en yüksek şebeke suyu çıkış sıcaklığı V:0.073 m/s şebeke giriş hızının olduğu durumda elde edilmiştir. Bu durum için kullanım suyu sıcaklığı 310.25 K'dir.



Şekil 3.21. a:60°- m:150 mm - l:200 mm konumunda engel bulunan tank için depolama suyunun zaman bağlı değişim grafiği

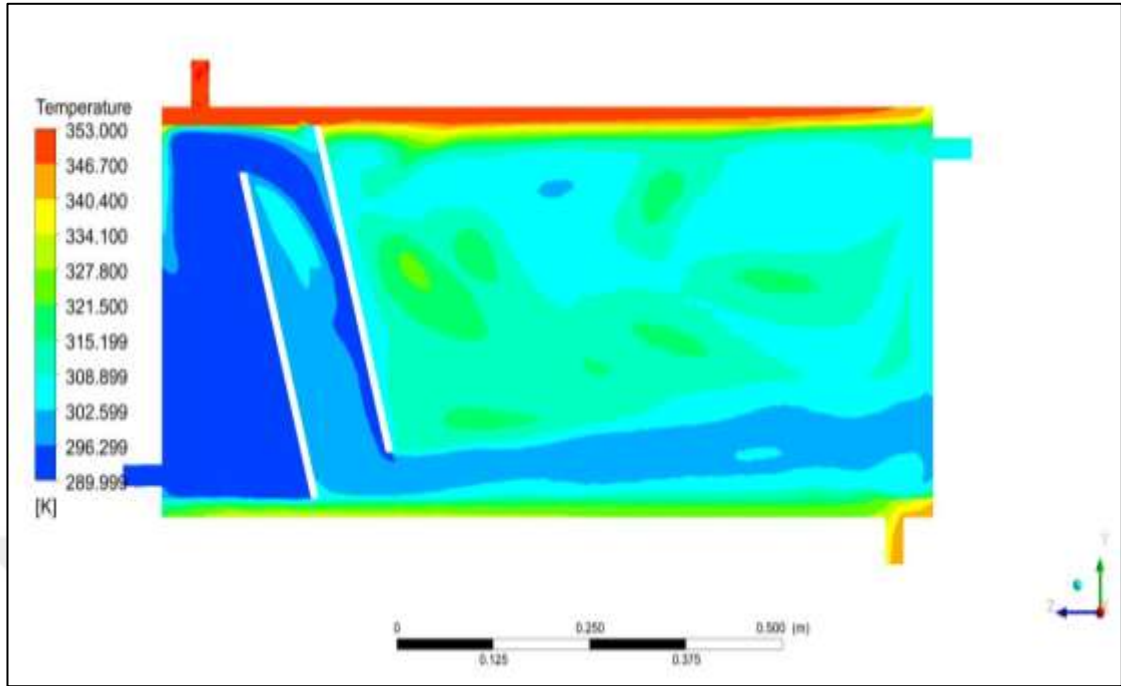
Şekil 3.20’de $a:60^\circ$ - $m:150$ mm - $l:200$ mm konumunda engel bulunan tank için depolama suyunun zaman bağılı değişim grafiği verilmiştir. Şebeke suyu giriş hızının artması depolanan suyun sıcaklık değerini düşürmüştür. En yüksek depolama suyu sıcaklığı $V:0.036$ m/s şebeke suyu giriş hızında elde edilmiştir. Elde edilen sıcaklık değeri 313.2371 K’dir.

28 farklı durum için yapılan sayısal analiz sonuçları incelendiğinde; en yüksek şebeke çıkış (kullanım) suyu sıcaklığı tüm durumlarda şebeke giriş hızının $V:0.073$ m/s olduğu durumlarda elde edilmiştir. En Yüksek sıcaklık değeri ise engel konumunun $a:60^\circ$ - $m:150$ mm - $l:200$ mm olduğu durumda elde edilmiştir. Elde edilen sıcaklık değeri 312.6371 K’ dir. Tüm durumlar göz önüne alındığında iki engel arasındaki mesafenin artması ve ilk engelin şebeke suyu girişinden olan uzaklığının artması elde edilen şebeke suyu sıcaklığını artırmıştır.

Tüm durumlar için iki saatlik süre sonunda depolanan su sıcaklığı incelendiğinde en yüksek sıcaklık değeri en düşük hızlarda elde edilmiştir. Tüm durumlar için $V:0.036$ m/s şebeke giriş hızında en yüksek depolama sıcaklığı elde edilmiş olup hızın artırılması depolanan su sıcaklığını düşürmüştür. Depolama sıcaklığının en iyi olduğu durum şebeke çıkış suyu sıcaklığında olduğu gibi engel konumunun $a:60^\circ$ - $m:150$ mm - $l:200$ mm olduğu durumda şebeke giriş hızının $V:0.036$ m/s olduğu durumda elde edilmiştir. Elde edilen depolanan su sıcaklığı iki saatlik süre sonunda yaklaşık 313 K civarındadır. Tüm durumlar göz önüne alındığında iki engel arasındaki mesafenin artması ve ilk engelin şebeke suyu girişinden olan uzaklığının artması depolanan su sıcaklığını artırmıştır.

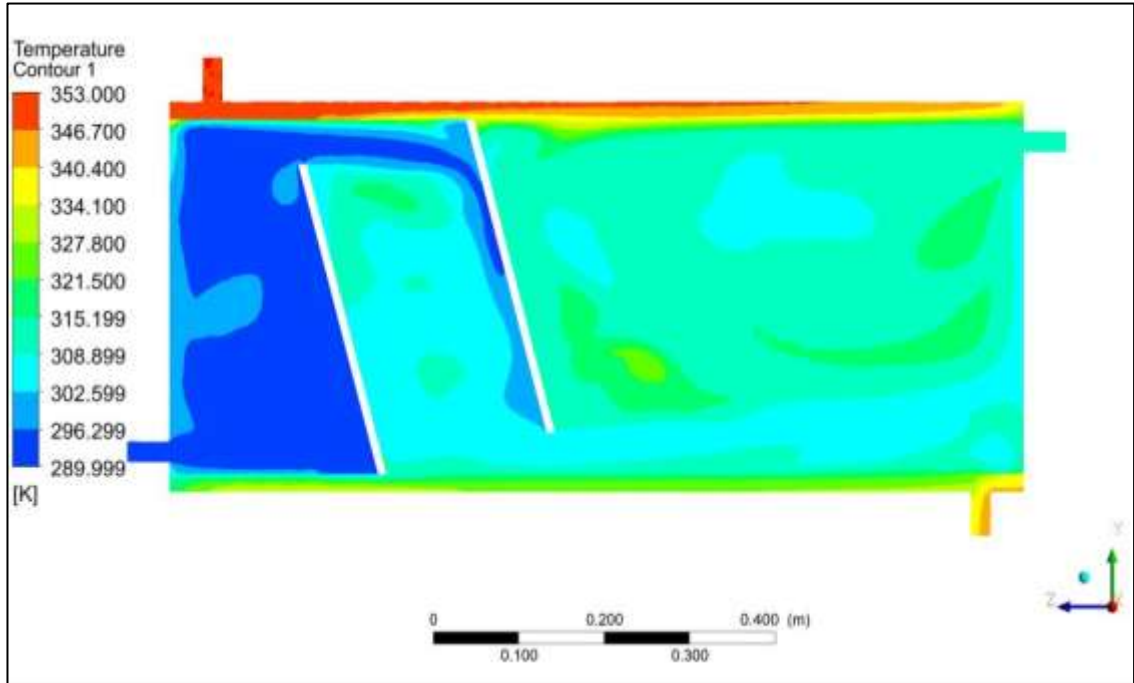
3.1.8. Engel Konumu Paralel $a:75^\circ$ - $m:100$ mm - $l:100$ mm Olan Tank İçin Elde Edilen Sıcaklık Dağılımı

Şekil.3.21’de $a:75^\circ$ - $m:100$ mm - $l:100$ mm konumunda paralel engel bulunan tank için Şebeke giriş hızı $V:0.147$ m/s iken elde edilen sıcaklık dağılımı bulunmaktadır. Engeller ısı tabakalaşmaya olumlu etki göstermiştir. Şebeke suyu çıkış sıcaklığı yaklaşık 306 K değerindedir.



Şekil 3.22. a:75°- m:100 mm - l:100 mm konumunda engel bulunan tank için sıcaklık dağılımı $V_{\text{şebeke}}:0.147$ m/s

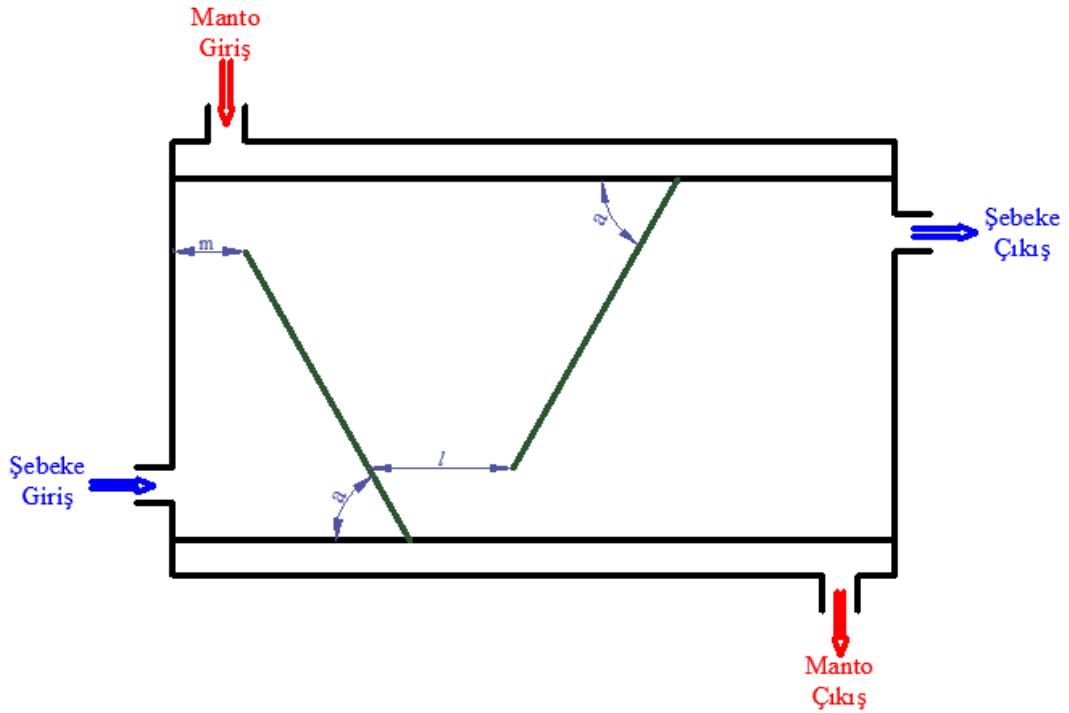
3.1.9. Engel Konumu Paralel a:75°- m:150 mm - l:200 mm Olan Tank İçin Elde Edilen Sıcaklık Dağılımı



Şekil 3.23. a:75°- m:150 mm - l:200 mm konumunda engel bulunan tank için sıcaklık dağılımı $V_{\text{şebeke}}:0.147$ m/s

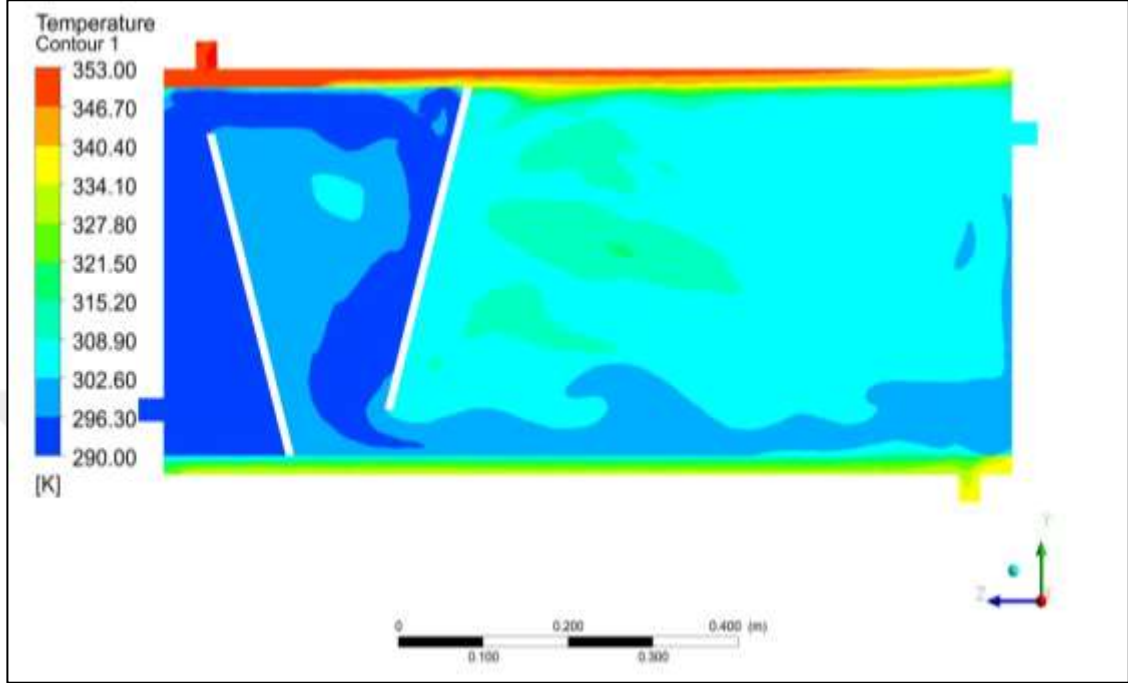
Şekil.3.22’te $\alpha:75^\circ$ - $m:150$ mm - $l:100$ mm konumunda paralel engel bulunan tank için Şebeke giriş hızı $V:0.147$ m/s iken elde edilen sıcaklık dağılımı bulunmaktadır. Engeller ısı tabakalaşmaya olumlu etki göstermiştir. Şebeke suyu çıkış sıcaklığı yaklaşık 312K değerindedir. $\alpha:75^\circ$ - $m:100$ mm - $l:100$ mm konumunda engel bulunan tank ile karşılaştırılırsa ilk engelin şebeke girişi ile olan mesafesi arttığı zaman meydana gelen ısı geçişi de artmaktadır.

Engellerin çakış olacak şekilde tasarlanması durumunda en iyi engel konumu ve açısının belirlenmesi için analizler yapılmıştır. Şekil.3. 23’de çakış engelli tasarlanan tank geometrisinin şematik gösterimi verilmiştir.



Şekil 3.24. Birbirlerine göre çakışık konumda engel bulunan tank geometrisinin şematik gösterimi

3.1.10. Engel Konumu Çakışık a:75°- m:50 mm - l:200 mm Olan Tank İçin Elde Edilen Sıcaklık Dağılımı

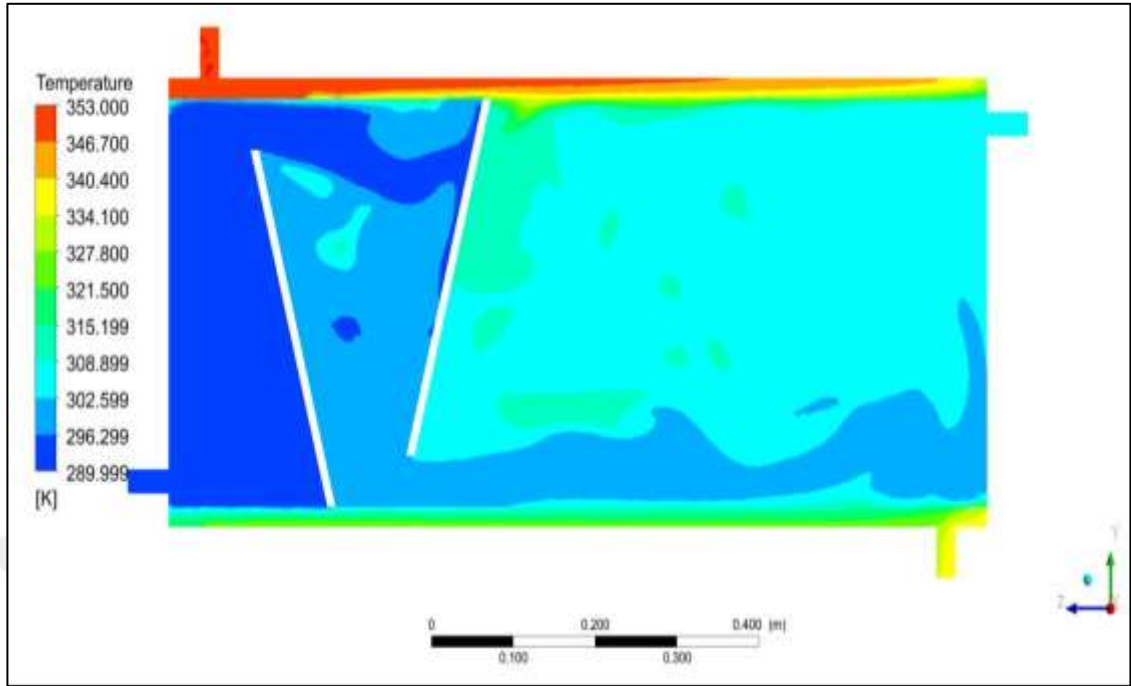


Şekil 3.25. a:75°- m:50 mm - l:200 mm konumunda engel bulunan tank için sıcaklık dağılımı $V_{\text{şebeke}}:0.147$ m/s

Şekil.3.24'te a:75°- m:50 mm - l:200 mm konumunda çakışık engel bulunan tank için sıcaklık dağılımları bulunmaktadır. Şebeke giriş hızı $V:0.147$ m/s iken elde edilen sıcaklık dağılımı birbirlerine göre paralel olan engel konumları ile kıyaslandığında daha verimli olduğu görülmektedir. Bu durum için depolama suyunun iki saatlik süre sonundaki değeri yaklaşık 311 K ve şebeke çıkış sıcaklığı ise yaklaşık 308 K değerindedir.

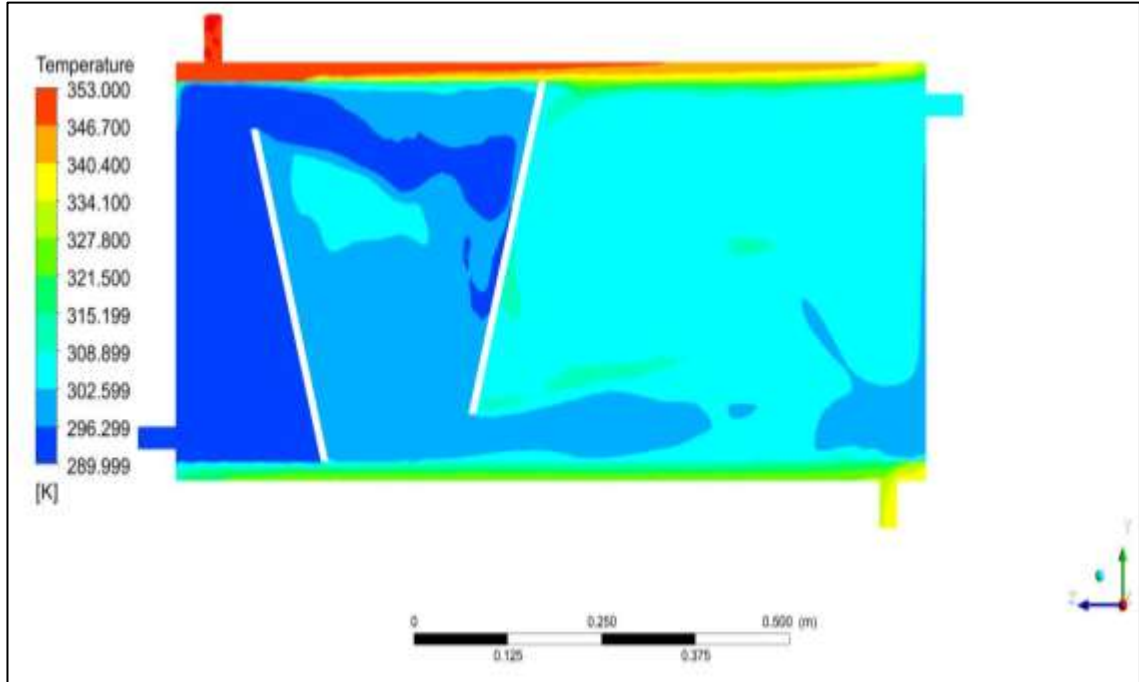
3.1.11. Engel Konumu Çakışık a:75°- m:100 mm - l:100 mm Olan Tank İçin Elde Edilen Sıcaklık Dağılımı

Şekil.3.25'te a:75°- m:100 mm - l:100 mm konumunda çakışık engel bulunan tank için şebeke giriş hızı $V:0.147$ m/s iken elde edilen sıcaklık dağılımı bulunmaktadır. Engeller ısı tabakalaşmaya olumlu etki göstermiştir. Şebeke suyu çıkış sıcaklığı yaklaşık 306.5K değerindedir.



Şekil 3.26. a:75°- m:100 mm - l:100 mm konumunda engel bulunan tank için sıcaklık dağılımı $V_{\text{şebeke}}:0.147$ m/s

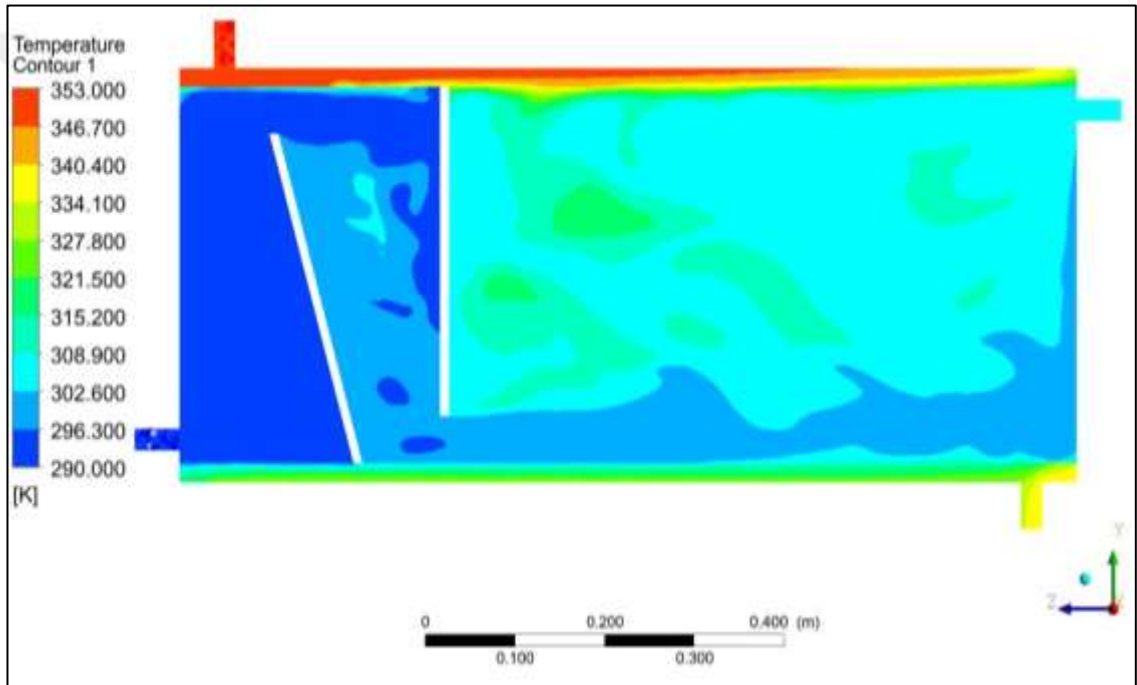
3.1.12. Engel Konumu Çakışık a:75°- m:100 mm - l:200 mm Olan Tank İçin Elde Edilen Sıcaklık Dağılımı



Şekil 3.27. a:75°- m:100 mm - l:200 mm konumunda engel bulunan tank için sıcaklık dağılımı $V_{\text{şebeke}}:0.147$ m/s

Şekil.3.26’da $a:75^\circ$ - $m:100$ mm - $l:200$ mm konumunda çakışık engel bulunan tank için Şebeke giriş hızı $V:0.147$ m/s iken elde edilen sıcaklık dağılımı bulunmaktadır. Engeller ısı tabakalaşmaya olumlu etki göstermiştir. Şebeke suyu çıkış sıcaklığı yaklaşık 305.8K değerindedir. $a:75^\circ$ - $m:100$ mm - $l:100$ mm konumunda çakışık engel bulunan tank ile kıyaslandığı zaman ısı transferi bir miktar daha azdır. İki engel arasındaki mesafenin artması çakışık engel durumu için ısı transferinde az da olsa düşüşe neden olmuştur.

3.1.13. Engel Konumu $a:75^\circ$ - 90° - $m:100$ mm - $l:100$ mm Olan Tank İçin Elde Edilen Sıcaklık Dağılımı

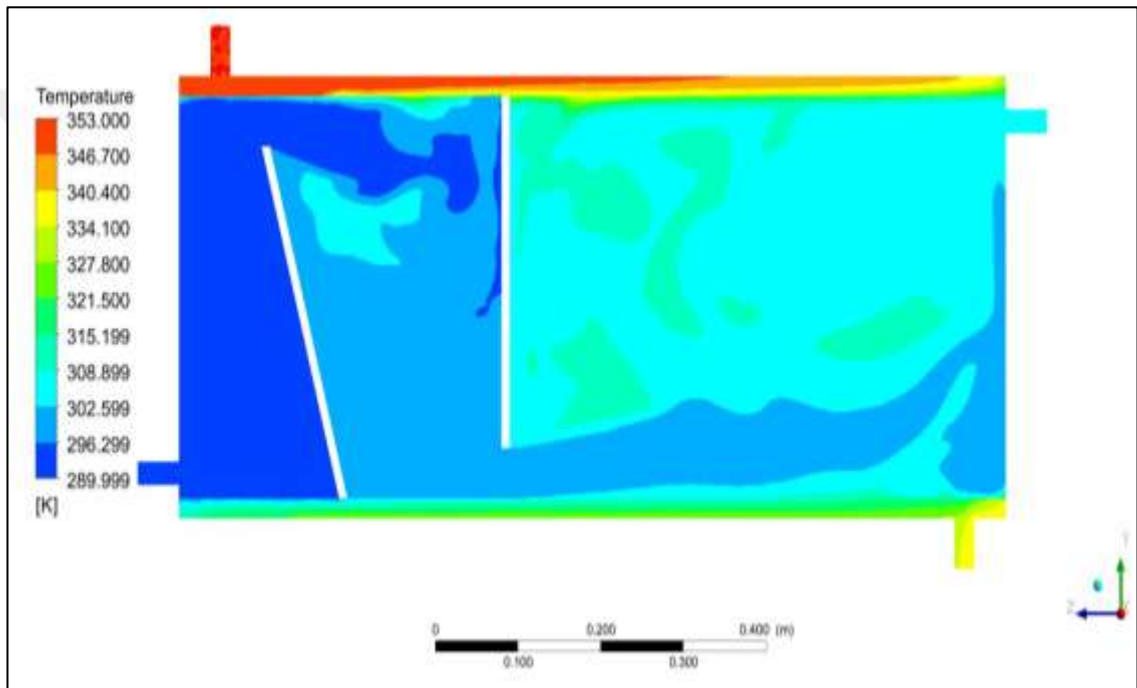


Şekil 3.28. $a:75^\circ$ - 90° - $m:100$ mm - $l:100$ mm konumunda engel bulunan tank için sıcaklık dağılımı $V_{\text{şebeke}}:0.147$ m/s

Şekil.3.27’de $a:75^\circ$ - 90° - $m:100$ mm - $l:100$ mm konumunda engel bulunan tank için Şebeke giriş hızı $V:0.147$ m/s iken elde edilen sıcaklık dağılımı bulunmaktadır. Engeller ısı tabakalaşmaya olumlu etki göstermiştir. Şebeke suyu çıkış sıcaklığı yaklaşık 305K değerindedir.

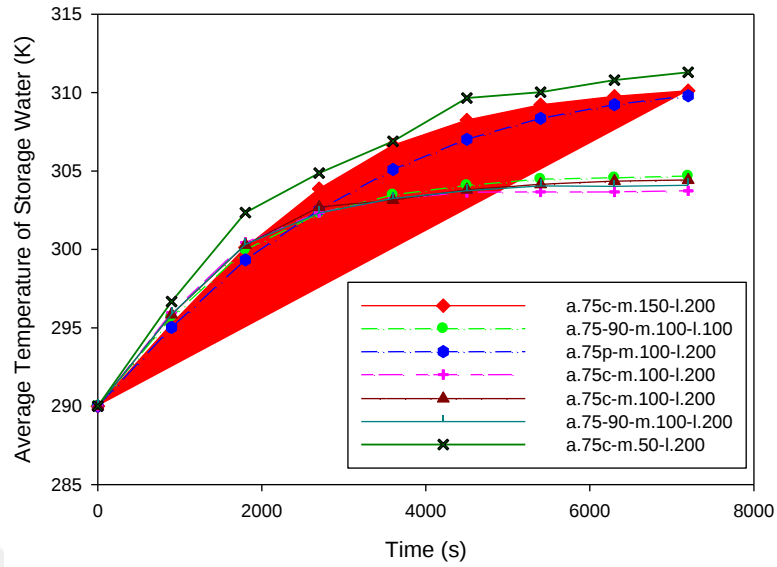
3.1.14. Engel Konumu $a:75^\circ-90^\circ$ - $m:100$ mm - $l:200$ mm Olan Tank İçin Elde Edilen Sıcaklık Dağılımı

Şekil.3.28’de $a:75^\circ-90^\circ$ - $m:100$ mm - $l:200$ mm konumunda engel bulunan tank için Şebeke giriş hızı $V:0.147$ m/s iken elde edilen sıcaklık dağılımı bulunmaktadır. Engeller ısı tabakalaşmaya olumlu etki göstermiştir. Şebeke suyu çıkış sıcaklığı yaklaşık 306.5K değerindedir. $a:75^\circ-90^\circ$ - $m:100$ mm - $l:100$ mm konumunda engel bulunan tank ile karşılaştırılırsa iki engel arası mesafenin artması ısı geçişini artırmıştır.



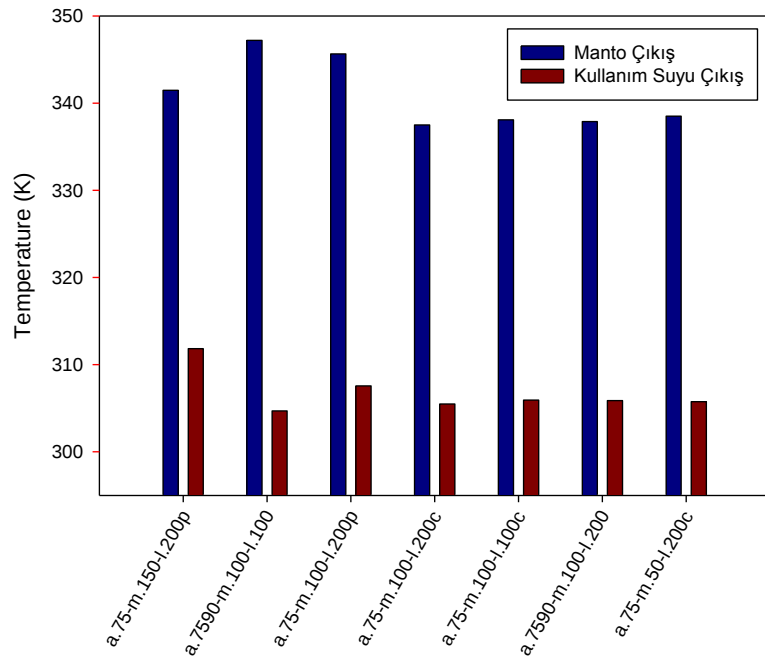
Şekil 3.29. $a:75^\circ-90^\circ$ - $m:100$ mm - $l:200$ mm konumunda engel bulunan tank için sıcaklık dağılımı $V_{\text{şebeke}}:0.147$ m/s

Şekil. 3.29.’ da Farklı konumlarda engel durumları için depolama suyunun 120 dakika süre için değişim grafiği; $V_{\text{şebeke}}:0.147$ m/s için verilmiştir. İki saatlik süre sonunda en yüksek depolama suyu sıcaklığı $a:75^\circ$ - $m:50$ - $l:200$ konumunda çakışık engel bulunan durum için elde edilmiştir. Bu durum için depolama suyu sıcaklığı yaklaşık 311 K’dir.



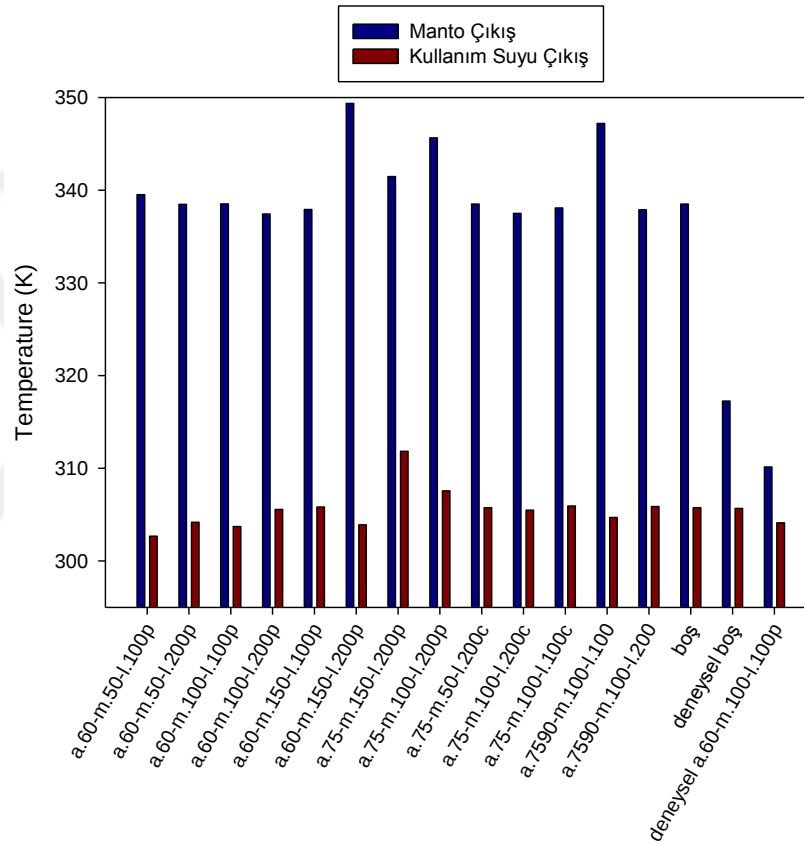
Şekil 3.30. Farklı konumlarda engel durumları için depolama suyunun 120 dakika süre için değişim grafiği $V_{\text{şebeke}}:0.147 \text{ m/s}$

Şekil 3.30' de farklı konumlarda engel durumları için depolama suyunun zaman bağlı değişim grafiği; $V_{\text{şebeke}}:0.147 \text{ m/s}$ için verilmiştir. Kullanım suyu çıkış değeri en yüksek a:75°- m:150 mm - l:200 mm konumunda engel bulunan tankta oluşmuştur. Bu durum için kullanım suyu sıcaklığı yaklaşık 312 K değerindedir.



Şekil 3.31. Farklı konumlarda engel durumları için depolama suyunun zaman bağlı değişim grafiği $V_{\text{şebeke}}:0.147 \text{ m/s}$

Tüm durumlar için depolama suyunun zaman bağlı değişim grafiği; $V_{\text{şebeke}}:0.147 \text{ m/s}$ için şekil. 3.31’ de verilmiştir. Kullanım suyu çıkış değeri en yüksek a:75°- m:150 mm - l:200 mm konumunda engel bulunan tankta oluşmuştur. Bu durum için kullanım suyu sıcaklığı yaklaşık 312 K değerindedir. En yüksek ikinci değer ise yüksek a:75°- m:100 mm - l:200 mm konumunda engel bulunan tankta oluşmuştur. Bu iki durum için de engeller birbirlerine göre paralel konumdadır.



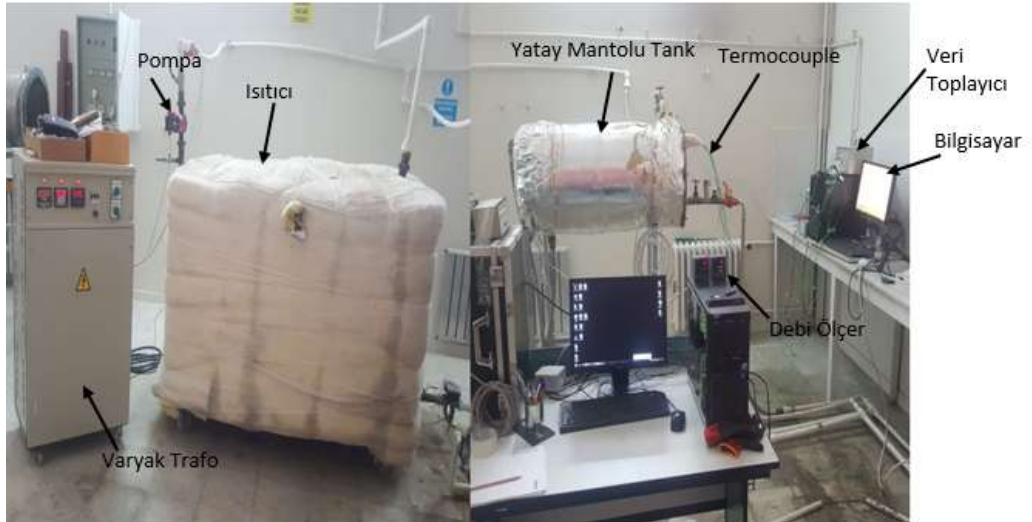
Şekil 3.32. Tüm durumlar için depolama suyunun zaman bağlı değişim grafiği
 $V_{\text{şebeke}}:0.147 \text{ m/s}$

4. BÖLÜM

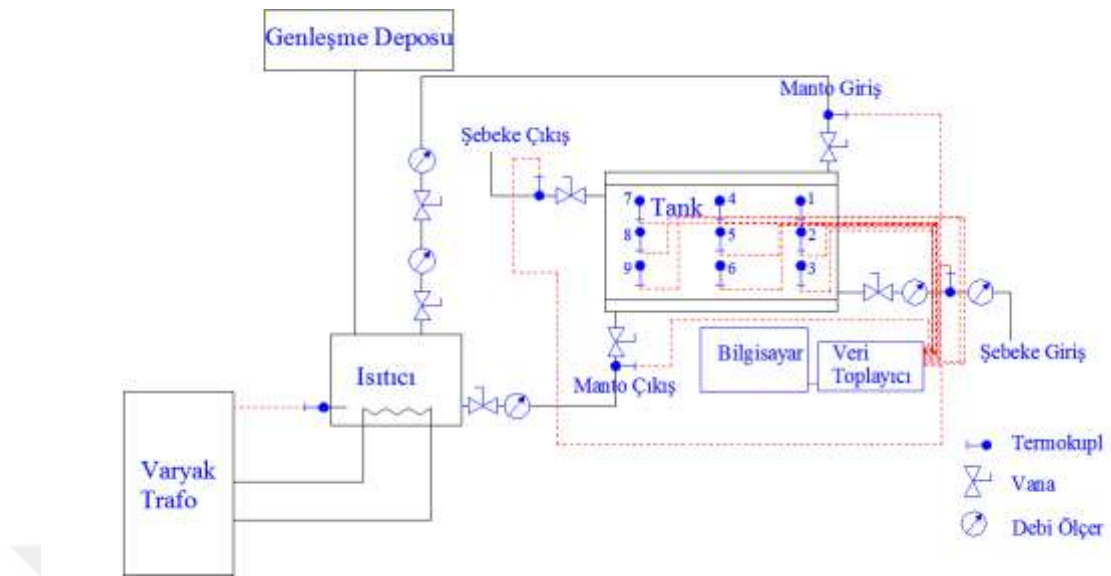
DENEYSEL ÇALIŞMA

4.1. Deney Düzenegi

Deney düzenegi Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bünyesinde bulunan Isı Bilimi Laboratuvarında bulunmaktadır. Deney düzeneginin görünümü Şekil 4.1. de Deney düzeneginin şematik gösterimi Şekil 4.2' de verilmiştir. Deneysel çalışmada debi ölçerler vasıtasıyla şebeke suyu debisi ve sıcak su debisi ayarlanmıştır. Boş tank ve içerisinde a.60-m.100-l.100 konumunda engel yerleştirilmiş tank için şebeke suyu giriş hızı $V_{\text{şebeke}}:0.147\text{m/s}$, manto giriş hızı $V_{\text{manto}}:0.147\text{ m/s}$ olarak debi ölçerler vasıtasıyla ayarlanarak hem engelli tank hem boş tank için üçer adet deney yapılmıştır. Deneyler tank tamamen dolduktan sonra başlatılmıştır. İki saatlik süre boyunca veriler ALMEMO programı aracılığıyla kaydedilmiştir. Sistemde toplam 14 adet termokupl bulunmaktadır. Bu termocouple lar şebeke suyu giriş, şebeke suyu çıkış, manto suyu giriş, manto suyu çıkış ve tank içerisinde dokuz ayrı noktaya yerleştirilmiştir. Deneyler iki saatlik sürede yapılmıştır.



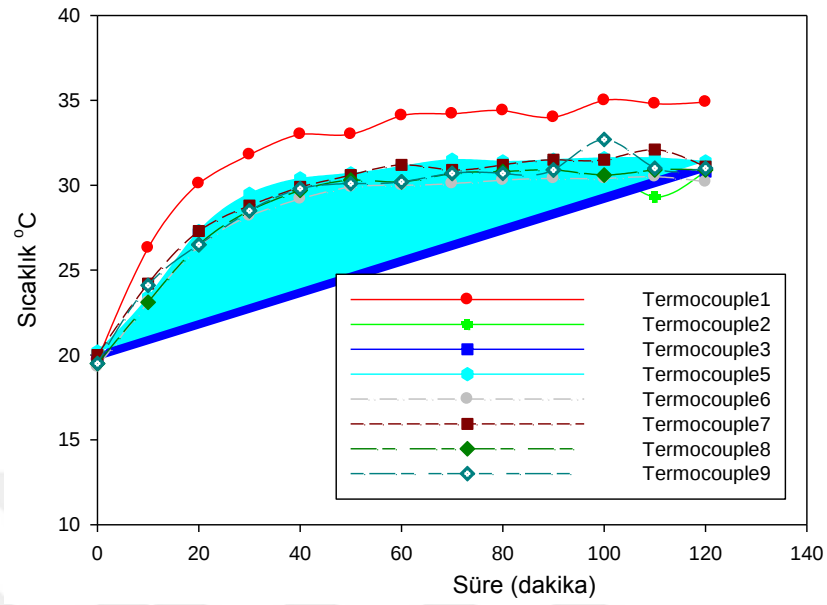
Şekil 4.1. Deney Düzeneginin Görünümü



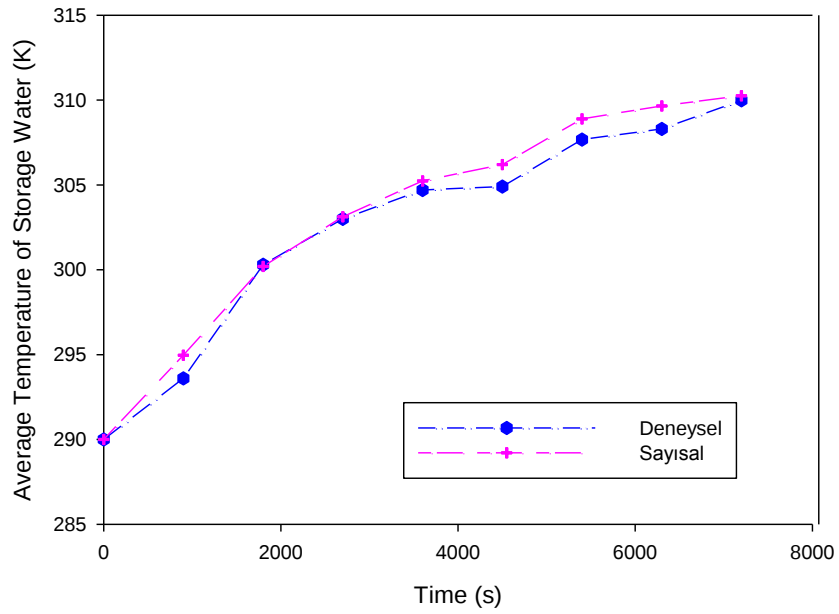
Şekil 4.2. Deney Düzenekinin Şematik Gösterilişi

4.2.İçerisinde Engel Olmayan Tank İçin Yapılan Deneysel Çalışma

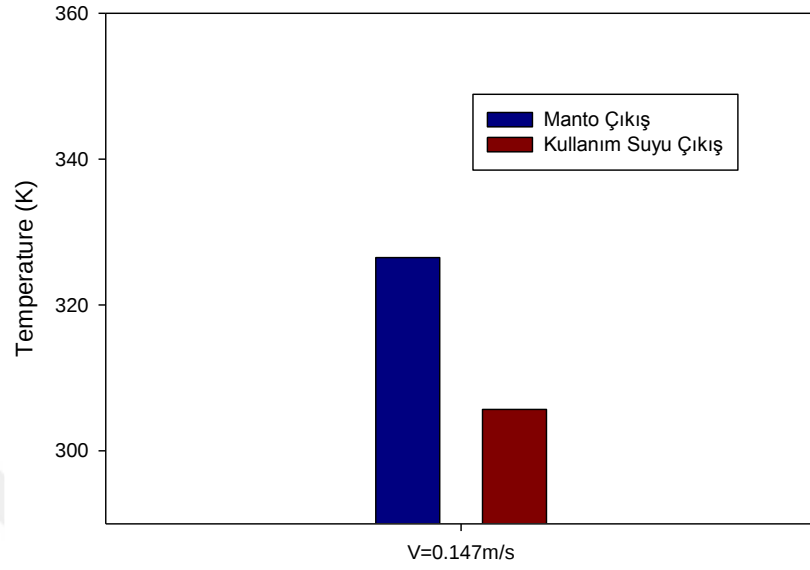
Boş tank için şebeke giriş hızı $V_{\text{şebeke}}$:0.147 m/s, manto giriş hızı V_{manto} :0.147 m/s değerleri debimetre aracılığıyla ayarlanmıştır. Manto giriş sıcaklığı 70 °C olarak ayarlanmıştır. Şebeke suyu mühendislik fakültesi bünyesinde bulunan şebekeden çekilmiştir, giriş sıcaklığı 20°C civarında seyretmektedir. İki saatlik süre sonunda tank içerisine yerleştirilen termokupllar aracılığıyla okunan depolaman su sıcaklığının değişim grafiği Şekil 4.3' te gösterilmiştir. Depolanan su sıcaklığı iki saatlik süre sonunda 34°C civarındadır. Yaklaşık olarak 307 K civarındadır. Boş tank için yapılan sayısal analiz sonuçlarına bakılırsa şebeke giriş hızının V :0.147 m/s olduğu durumda depolanan sıcaklık değeri 308,7 K' dir. Bu sonuç sayısal analizin deneysel çalışma ile doğrulandığını göstermektedir.



Şekil 4.3. Boş tank depolama sıcaklığının zamana göre değişiminin deneysel gösterimi

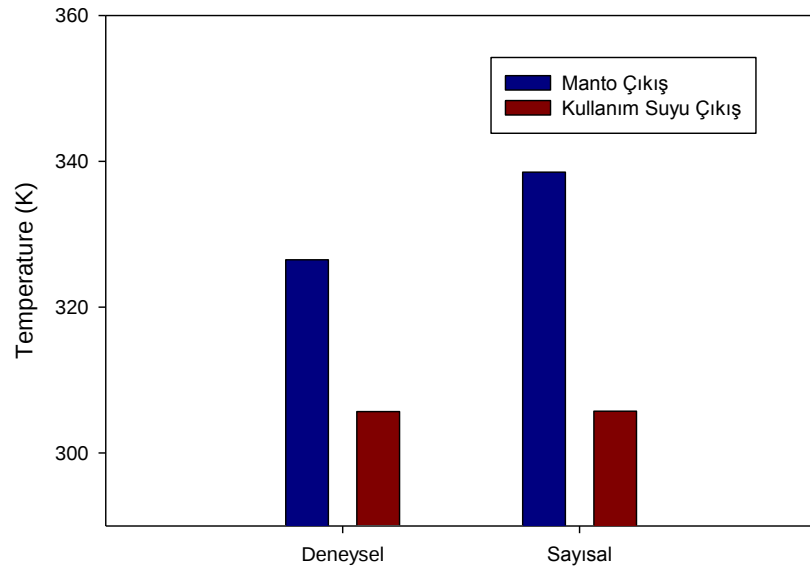


Şekil 4.4. Boş tank depolama sıcaklığının zamana göre değişiminin deneysel bulgular ve sayısal analiz kıyaslanması



Şekil 4.5. Boş tank Manto ve Şebeke çıkış sıcaklığının iki saatlik süre sonundaki deneysel gösterimi

Şekil 4.5' de Boş tankta iki saatlik süre sonunda elde edilen kullanım suyunun sıcaklık değeri gösterilmiştir. Şebeke çıkış sıcaklığı 305,68 K' dir. Bu değer sayısal analizde elde edilen 304,87 değerine yakındır.



Şekil 4.6. Boş tank için Manto ve Şebeke çıkış sıcaklığın iki saatlik süre sonunda deneysel bulgular ve sayısal analiz kıyaslanması

Şekil 4. 6' da Boş tank için Manto ve Şebeke çıkış sıcaklığın iki saatlik süre sonunda deneysel bulgular ve sayısal analiz kıyaslanması verilmiştir. Şebeke çıkış sıcaklığı deneysel çalışmada 305,68 K' dir. Bu değer sayısal analizde elde edilen 304,87 değerine yakındır. Manto çıkış sıcaklıkları arasındaki fark deneysel sistemde ölçüm noktasındaki ve tank gömlek cidarındaki kirlilik faktöründen kaynaklanmıştır.

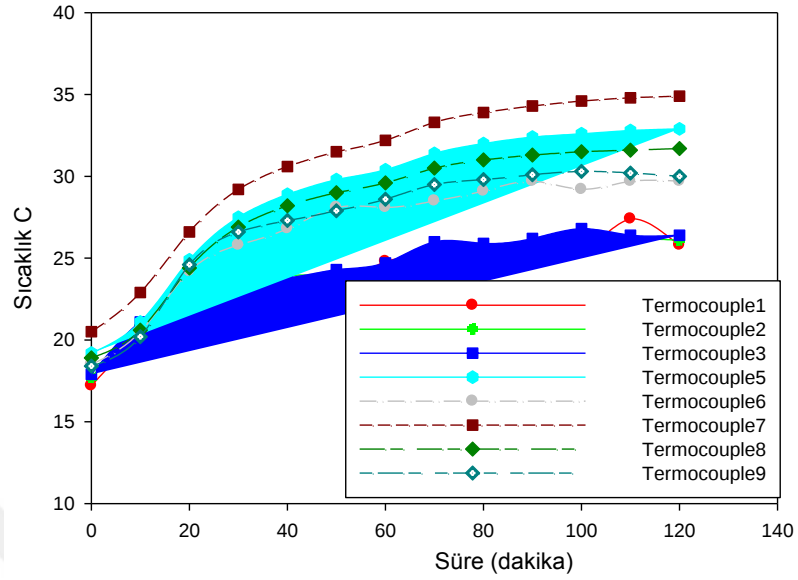
4.3. a.60-m.100-l.100 Konumunda Engel Yerleştirilmiş Tank İçin Deneysel Çalışma

Şekil 4.7 te içerisine engel yerleştirilen tank ve termokuplların görüntüsü verilmiştir.

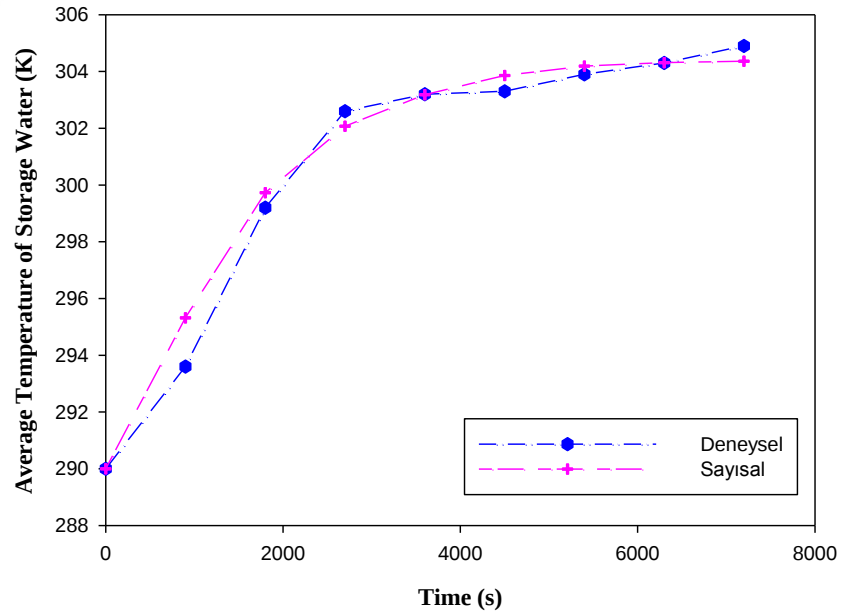


Şekil 4.7. Deney düzeneğinde kullanılan yatay mantolu sıcak su tankının iç görüntüsü

Tank içerisine a.60-m.100-l.100 konumuna engel yerleştirilerek üç kez deney yapılmıştır. Vşebeke:0.147 m/s, manto giriş hızı Vmanto:0.147 m/s değerleri debimetre aracılığıyla ayarlanmıştır. Manto giriş sıcaklığı 70 °C olarak ayarlanmıştır. Şebeke suyu mühendislik fakültesi bünyesinde bulunan şebekeden çekilmiştir, giriş sıcaklığı 20°C civarında seyretmektedir. İki saatlik süre sonunda tank içerisine yerleştirilen termocouplelar aracılığıyla okunan depolanan su sıcaklığının değişim grafiği Şekil 4.8' de gösterilmiştir. Depolanan su sıcaklığı iki saatlik süre sonunda 32°C civarındadır. Yaklaşık olarak 305 K civarındadır. Boş tank için yapılan sayısal analiz sonuçlarına bakılırsa şebeke giriş hızının V:0.147 m/s olduğu durumda depolanan sıcaklık değeri 304.36 K' dir. Bu sonuç sayısal analizin deneysel çalışma ile doğrulandığını göstermektedir.



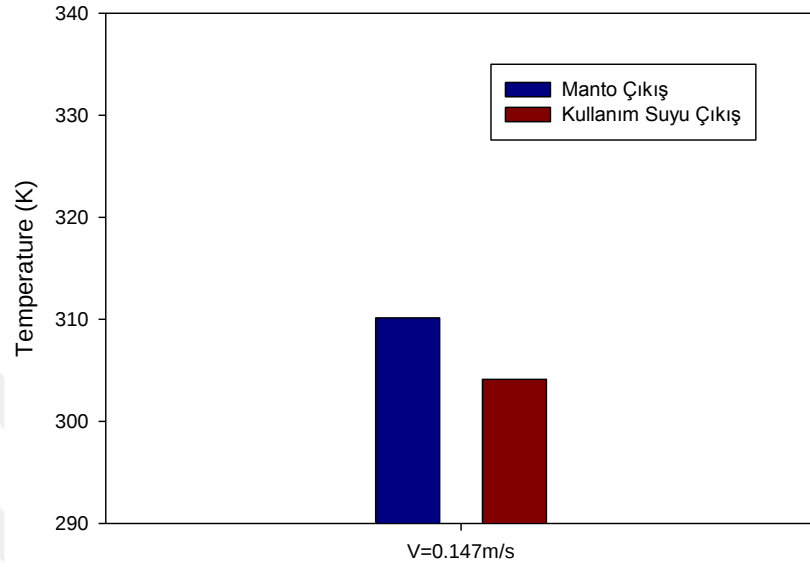
Şekil 4.8. a.60-m.100-l.100 konumunda engel yerleştirilmiş tank için depolama sıcaklığının zamana göre değişiminin deneysel gösterimi



Şekil 4.9. a.60-m.100-l.100 konumunda engel yerleştirilmiş tank depolama sıcaklığının zamana göre değişiminin deneysel bulgular ve sayısal analiz kıyaslanması

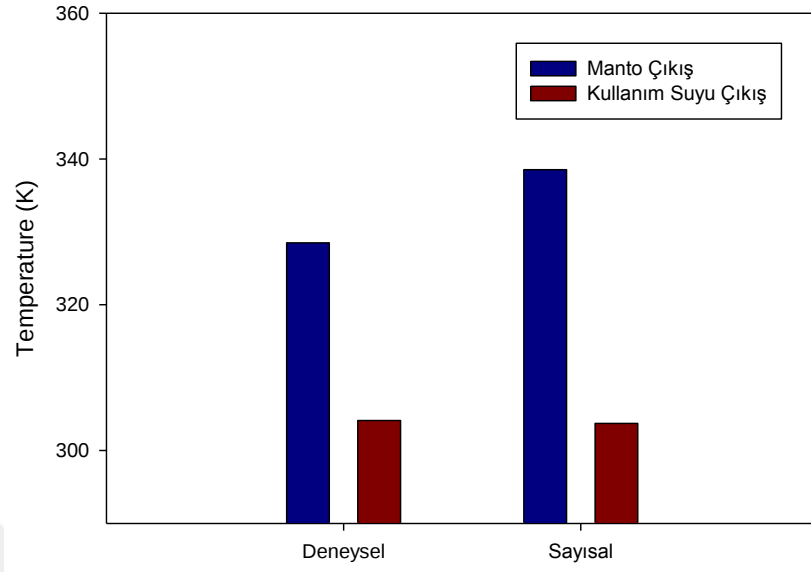
Şekil 4.9'da a.60-m.100-l.100 konumunda engel yerleştirilmiş tank depolama sıcaklığının zamana göre değişiminin deneysel bulgular ve sayısal analiz kıyaslanması

verilmiştir. Depolama sıcaklığının zamana göre değişimleri deneysel ve sayısal bulgular için örtüşmektedir.



Şekil 4.10. a.60-m.100-l.100 konumunda engel yerleştirilmiş tank Manto ve Şebeke çıkış sıcaklığı deneysel gösterimi

Şekil 4.10.' da iki saatlik süre sonunda a.60-m.100-l.100 konumunda engel yerleştirilmiş tank için Manto ve Şebeke çıkış sıcaklığı deneysel gösterimi verilmiştir. Şebeke çıkış sıcaklığı $304,12\text{ K}$ ' dir. Bu değer sayısal analizde elde edilen $303,71$ değerine yakındır. Bu sayede yapılan sayısal analizler deneysel çalışmalar ile doğrulanmıştır. Bu kıyaslama Şekil 4.10' da verilmiştir.



Şekil 4.11. a.60-m.100-l.100 konumunda engel yerleştirilmiş tank için Manto ve Şebeke çıkış sıcaklığının iki saatlik süre sonunda deneysel bulgular ve sayısal analiz kıyaslanması

5. BÖLÜM

SONUÇ ve ÖNERİLER

Yapılan bu tez çalışmasında; yatay mantolu sıcak su depolama tanklarındaki tank içerisinde 60 derece eğimli birbirine paralel iki engel yerleştirilmiştir. Engellerin birbirlerine göre uzaklıkların ve ilk engelin şebeke girişine olan uzaklığının etkisi sayısal olarak araştırılarak deneysel olarak doğrulanmaya çalışılmıştır.

Birbirlerine göre paralel 60 derece açıyla yerleştirilmiş engellerin sağladığı ısı performans incelenmiştir. Çalışmada yedi farklı durum için iki saatlik sayısal çözümleme yapılmıştır.

Sayısal analizlerden elde edilen bulgular tank içerisindeki sıcaklık dağılımı, manto çıkış sıcaklığı, şebeke çıkış sıcaklığı (kullanım suyu), tank içerisindeki depolanan suyun ortama sıcaklığı üzerinden değerlendirilmiştir.

Çalışmanın sonucunda, tank içerisine birbirlerine göre paralel 60 derece açıyla yerleştirilmiş engellerin yerleştirilmesinin tankın ısı tabakalaşmaya etkisi artan yönde olmamıştır. Boş tank için depolama sıcaklığı ortalaması $V:0.036$ m/s şebeke giriş hızı için iki saatlik süre sonunda 315.8 K dir. Hız arttıkça depolanan su sıcaklığı azalmıştır. Şebeke giriş hızı $V:0.147$ m/s olduğu durumda 309.5 K' dir. Tasarlanan engeller sıcaklık tabakalaşmasına olumlu yönde katkı sağlamıştır. Engel konumu $a:60^\circ$ - $m:50$ mm - $l:100$ mm olan tank için depolanan su sıcaklığı iki saatlik süre sonunda şebeke giriş hızı $V:0.036$ m/s olduğu durumda 312,26 K, $V:0.147$ m/s olduğu durumda ise 305 K' dir. Engel konumu $a:60^\circ$ - $m:50$ mm - $l:200$ mm olan tank için depolanan su sıcaklığı iki saatlik süre sonunda şebeke giriş hızı $V:0.036$ m/s olduğu durumda 312,7 K, $V:0.147$ m/s olduğu durumda ise 304.5 K' dir. . Engel konumu $a:60^\circ$ - $m:100$ mm - $l:100$ mm olan tank için depolanan su sıcaklığı iki saatlik süre sonunda şebeke giriş hızı $V:0.036$ m/s olduğu durumda 312,5 K, $V:0.147$ m/s olduğu durumda ise 304.36 K' dir.

Engel konumu $\alpha:60^\circ$ - m:100 mm - l:200 mm olan tank için depolanan su sıcaklığı iki saatlik süre sonunda şebeke giriş hızı $V:0.036$ m/s olduğu durumda 313,28 K, $V:0.147$ m/s olduğu durumda ise 304.26 K' dir. Engel konumu $\alpha:60^\circ$ - m:150 mm - l:100 mm olan tank için depolanan su sıcaklığı iki saatlik süre sonunda şebeke giriş hızı $V:0.036$ m/s olduğu durumda 313,181 K, $V:0.147$ m/s olduğu durumda ise 304.42 K' dir. Engel konumu $\alpha:60^\circ$ - m:150 mm - l:200 mm olan tank için depolanan su sıcaklığı iki saatlik süre sonunda şebeke giriş hızı $V:0.036$ m/s olduğu durumda 313,2371 K, $V:0.147$ m/s olduğu durumda ise 304.47 K' dir. Buna rağmen hızın düşük tutulması, iki engel arasındaki mesafenin artması, ilk engelin şebeke suyu girişine olan mesafesinin artması ısı performansını artırır yönde seyretnmiştir.

$\alpha:75^\circ$ - m:100 mm - l:100 mm konumunda paralel engel bulunan tank için Şebeke giriş hızı $V:0.147$ m/s iken kullanım suyu çıkış sıcaklığı yaklaşık 306K değerindedir. $\alpha:75^\circ$ - m:150 mm - l:100 mm konumunda paralel engel bulunan tank için Şebeke giriş hızı $V:0.147$ m/s iken kullanım suyu çıkış sıcaklığı yaklaşık 312K değerindedir. $\alpha:75^\circ$ - m:50 mm - l:200 mm konumunda çakışık engel bulunan tank için şebeke giriş hızı $V:0.147$ m/s iken elde edilen sıcaklık dağılımı birbirlerine göre paralel olan engel konumları ile kıyaslandığında daha verimli olmuştur. Bu durum için depolama suyunun iki saatlik süre sonundaki değeri yaklaşık 311 K ve şebeke çıkış sıcaklığı ise yaklaşık 308 K değerindedir. $\alpha:75^\circ$ - m:100 mm - l:100 mm konumunda çakışık engel bulunan tank için şebeke giriş hızı $V:0.147$ m/s iken Şebeke suyu çıkış sıcaklığı yaklaşık 306.5K değerindedir. $\alpha:75^\circ$ - m:100 mm - l:200 mm konumunda çakışık engel bulunan tank için Şebeke giriş hızı $V:0.147$ m/s şebeke suyu çıkış sıcaklığı yaklaşık 305.8K değerindedir. $\alpha:75^\circ$ - m:100 mm - l:100 mm konumunda çakışık engel bulunan tank ile kıyaslandığı zaman ısı transferi bir miktar daha azdır. İki engel arasındaki mesafenin artması çakışık engel durumu için ısı transferinde az da olsa düşüşe neden olmuştur. Engel konumunun birbirine göre paralel olarak değil de çakışık olarak yerleştirilmesi ısı tabakalaşmaya olumlu yönde etki etmiştir.

$\alpha:75^\circ$ - 90° - m:100 mm - l:100 mm konumunda engel bulunan tank için Şebeke giriş hızı $V:0.147$ m/s iken elde edilen sıcaklık dağılımı bulunmaktadır. Engeller ısı tabakalaşmaya olumlu etki göstermiştir. Şebeke suyu çıkış sıcaklığı yaklaşık 305K değerindedir. $\alpha:75^\circ$ - 90° - m:100 mm - l:200 mm konumunda engel bulunan tank için şebeke giriş hızı $V:0.147$ m/s iken şebeke suyu çıkış sıcaklığı yaklaşık 306.5K

değerindedir. $\alpha:75^\circ-90^\circ$ - $m:100\text{ mm}$ - $l:100\text{ mm}$ konumunda engel bulunan tank ile karşılaştırılırsa iki engel arası mesafenin artması ısı geçişini artırmıştır. Engeller ısı tabakalaşmaya olumlu etki göstermiştir.

Engel sayısının artırılması ve engel yüksekliğinin azaltılıp artırılmasıyla daha iyi ısı performans elde edilebilir. Bu yönde çalışmalar yapılabilir. Tank içerisindeki sıcaklık dağılımının bir göstergesi olan Mix Number ve boyutsuzlaştırma yönünde çalışma yapılabilir.



KAYNAKÇA

1. Acar, C., 2018. A comprehensive evaluation of energy storage options for better sustainability. **International Journal of Energy Research**, 0(0).
2. Altuntop, N., Arslan, M., Özceyhan, V., Kanoğlu, M., 2005. Effect of the obstacles on thermal stratification in hot water storage tank. **Applied Thermal Engineering**, 25: 2285-2298.
3. Helwa, N.H., Mobarak A.M., ESallak M.S., EGhetany H.H. 1995. Effect of hot-water consumption on temperature distribution in a horizontal solar water storage tank. **Applied Energy**. 52. 185-197.
4. Morrison G.L., Nasr, A., Behnia, M., Rosengarten, G. 1998. Analysis of horizontal mantle heat exchangers in solar water heating systems. **Solar Energy**. 64. 19-31.
5. Khalifa A.N., Mehdi, M.M. 1999. On the verification of one dimensional heat flow in a horizontal thermosyphon storage tank. **Energy Conversion and Management**. 40. 961-974.
6. Rosengarten, G., Behnia, M., Morrison, G. 1999. Some aspects concerning modelling the flow and heat transfer in horizontal mantle heat exchangers in solar water heaters", **International Journal of Energy Research**. 23. 1007-1016.
7. Young, M.F., Baughn, J.W. 1981. An investigation of thermal stratification in horizontal storage tanks. 103. 286-290.
8. Rosengarten, G., Morrison, G.L., Behnia, M. 2001. Mixed convection in a narrow rectangular cavity with bottom inlet and outlet. **Heat and Fluid Flow**. 22. 168-179.
9. Jannatabadi, M., Taherian, H. 2012. An experimental study of influence of hot water consumption rate on the thermal stratification inside a horizontal mantle sotrage tank. 48. 1103-1112.

10. Erdemir, D., Altuntop, N. 2016. Improved thermal stratification with obstacles placed inside the vertical mantled hot water tanks. **Applied Thermal Engineering**, **100**. 20-29.
11. Erdemir D. 2019. Numerical investigation of the effect of the tank diameter to Tank length ratio on the thermal performance of a horizontal mantled hot water tank. **Heat Transfer Research**. **50**. 773-777.
12. Erdemir, D., Altuntop, N., Pekdemir, İ., 2013. Düşey Mantolu Sıcak Su Tanklarında Sıcaklık Tabakalaşmasının Engeller Aracılığı ile İyileştirilmesinin Sayısal Olarak İncelenmesi, ss. 356-368. **2. Anadolu Enerji Sempozyumu**, 2-4 Mayıs 2013, Diyarbakır, Türkiye.
13. Knudsen, S., Furbo, S., 2004. Thermal stratification in vertical mantle heat-exchangers with application to solar domestic hot-water systems. **Applied Thermal Engineering**, **78**: 257-272
14. Shah, L. J., 2001. Heat transfer correlations for vertical mantle heat exchangers. **Solar Energy**, **69**(1-6):157-171.
15. Tokgöz N., 2008. İçerisine engel yerleştirilmiş mantolu sıcak su tanklarında sıcaklık tabakalaşmasının sayısal olarak incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Kayseri.
16. 2. Çengel, Y. A., Boles, M. A., 2008. Termodinamik Mühendislik Yaklaşımıyla. Güven Bilimsel Yayıncılık, İstanbul, 945 s.
17. <https://www.enerji.gen.tr> (**Erişim Tarihi:** 13.05.2019)
18. <https://www.szutest.com.tr> (**Erişim Tarihi:** 14.05.2019)
19. <http://enerjicocuk.org> (**Erişim Tarihi:**14.05.2019)
20. <https://www.imo.org.tr> (**Erişim Tarihi:** 14.05.2019)
21. F.R. Kalhammer, 1976. Energy Storage: Applications, Benefits and Candidate Technologies, in J.B. Berkowitz and H.P. Silverman (eds.), Proc. of the Symp. Energy Storage, The Electrochemical Society Inc. Princeton, NJ.

22. OTA, "Thermal Storage", 1978. Application of Solar Technology to Today's Energy Needs, Vol. 1, Office of Technology Assessment, Congress of the United States, Washington DC.
23. R. Sizmann, 1987, Thermal Storage Systems: Status and Trends, **Proc. Conf. Intl. Energy Society**.
24. A.R., 1987, Logtenburg and AGEF Van Delft, The Optimal Geometry of a Seasonal Ground Storage, **Proc. Conf. Intl. Solar Energy Societ.**
25. F. Fittipaldi, Phase Change Heat Storage, in G. Beghi (Ed.), 1981. Energy Storage and Transportation, D. Reidel Publishing Co., Dordrecht, Holland.
26. D.C. Willet, 1981, Underground Pumped Hydro and Compressed Air Energy Storage Concepts- A Technical and Economic Comparison, **Proc. of the Int. Conf. on Energy Storage**
27. Haller, M. Y., Cruickshank, C. A., Streicher, W., Harrison, S. J., Andersen, E., Furbo, S., 2009. Methods to determine stratification efficiency of thermal energy storage processes – Review and theoretical comparison. **Solar Energy**, **83**, 1847-1860.
28. Koca, A., Oztop, F., H., Koyun T., Varol Y., Energy and Exergy Analysis of a Latent Heat Storage System With Phase Change Material for a Solar collector, **Renewable Energy**, **Vol. 33**, Issue 4, 567-574, 2008.
29. <https://www.mmo.org.tr/> (**Erişim Tarihi:**16.05.2019)
30. Topkaya, T., 2013. Dental İmplant Destekli Protezlerde İmplant Sayısının ve Yerleşim Şeklinin Sonlu Elemanlar Metoduyla Analizi. Fırat Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Elazığ, 94s.
31. Erdemir, D., Turgut, B., Altuntop, N., 2018, Yatay sıcak su tanklarında tank içerisine eğik konumlandırılmış engel yerleştirmenin etkisinin sayısal olarak incelenmesi, **Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi**, **10**, 40-51

32. Arslan, M., Igci, A.A., 2015, Thermal performance of a vertical solar hot water storage tank with a mantle heat exchanger depending on the discharging operation parameters, **Solar Energy**, **116**, 184-204
33. Arslan, M., Altuntop, N., Özceyhan, V., Kanoğlu, M., 2006, Optimum Dimensions of an Obstacle Placed in a Hot Water Tank for Thermal Stratification, **Energy Exploration & Exploitation**, **23**, 357-374



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı, Soyadı: Burak TURGUT

Uyruğu: Türkiye (TC)

Doğum Tarihi ve Yeri: 1990, Tokat

Tel: 05551751108

email: b_turgut60@hotmail.com

Yazışma Adresi: Battalgazi mah. Dağdere sok. Esenyurt Holiday A Blok No:20/21
Melikgazi/KAYSERİ

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Lisans	ERÜ Mühendislik Fak. Makine Müh. Bölümü	2013
Lise	Mehmet Akif Ersoy Lisesi(YDA)/Tokat	2008

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
2015- Halen	Boyçelik A.Ş.	Üretim Mühendisi
2013-2015	Reyyan Yapı Denetim / Tokat	Makine Mühendisi

YABANCI DİL

İngilizce