



**MANTOLU SICAK SU TANKLARINDA KONİK  
ENGEL YERLEŞİMİNİN SICAKLIK  
TABAKALAŞMASI ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN  
DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ**

**Gökhan KURTULUŞ**



T.C.  
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MANTOLU SICAK SU TANKLARINDA KONİK ENGEL YERLEŞİMİNİN  
SICAKLIK TABAKALAŞMASI ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN DENEYSEL  
OLARAK İNCELENMESİ**

**Gökhan KURTULUŞ**

Prof. Dr. Atakan AVCI  
(Danışman)

Dr. Öğr. Üyesi Doğan ERDEMİR  
(İkinci Danışman)  
(Erciyes Üniversitesi)

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2019

## TEZ ONAYI

Gökhan KURTULUŞ tarafından hazırlanan “MANTOLU SICAK SU TANKLARINDA KONİK ENGEL YERLEŞİMİNİN SICAKLIK TABAKALAŞMASI ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Danışman** : (Prof. Dr. Atakan AVCI)

**İkinci Danışman** : (Dr. Öğr. Üyesi Doğan ERDEMİR, Erciyes Üniversitesi)

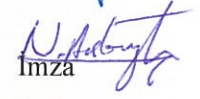
**Başkan** : Prof. Dr. Atakan AVCI  
Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik  
Fakültesi, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza



**Üye** : Doç. Dr. Nurullah ARSLANOĞLU  
Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik  
Fakültesi, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza



**Üye** : Dr. Öğr. Üyesi Kemal Furkan SÖKMEN  
Bursa Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa  
Bilimleri Fakültesi, Makine Mühendisliği  
Anabilim Dalı

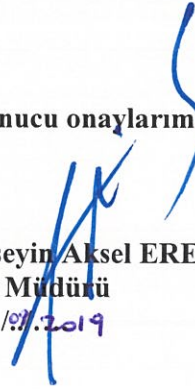
İmza



Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Hüseyin Aksel EREN  
Enstitü Müdürü

30.07.2019



## Bilimsel Etik Bildirim Sayfası

**Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;**

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

**beyan ederim.**

18/09/2019



**Gökhan KURTULUŞ**

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### MANTOLU SICAK SU TANKLARINDA KONİK ENGEL YERLEŞİMİNİN SICAKLIK TABAKALAŞMASI ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

**Gökhan KURTULUŞ**

Bursa Uludağ Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

**Danışman:** Prof. Dr. Atakan AVCI

**İkinci Danışman:** Dr. Öğr. Üyesi Doğan ERDEMİR (Erciyes Üniversitesi)

Güneş enerjisinden çok sayıda yararlanma yöntemi olmakla beraber, bu yöntemler içerisinde en yaygın olarak kullanılan güneş enerjisinden ısı yollar ile yararlanılmasıdır. Isıl uygulamalı sistemler güneş enerjisini ısı enerjisiye dönüştürürler. Güneş enerjisinin en yaygın ısı uygulamalarından birisi de güneş enerjili sıcak su sistemleridir. Güneş enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynağıyla çalışan uygulamalar ancak ışınımın bulunduğu zamanlarda aktif olarak kullanılabilir. Güneş enerjisinin ısı olarak depolanması ile bu sistemlerin ışınım yokluğunda da çalışabilmesi mümkün hale gelmektedir. Sıcak su tankları duyulur ısı enerji depolama sistemleri içerisinde en yaygın olarak kullanılan çeşididir. Uygulamada çok sayıda sıcak su tankı modeli bulunmakla beraber en çok kullanılan mantolu sıcak su tanklarıdır. Tüm sıcak su tanklarında ve mantolu sıcak su tanklarında en önemli performans kriterlerinden birisi tank içerisindeki sıcaklık tabakalaşmasıdır. Sıcaklık tabakalaşmasının iyileştirilmesi sistemin ısı performansını artırır.

Bu çalışmada düşey mantolu sıcak su tankındaki düz dairesel engel ve konik engeller vasıtası ile tank içerisindeki sıcaklık tabakalaşmasının iyileştirilmesi ve sistemin ısı performansının artırılması deneysel olarak incelenmiştir. Aldığımız deney verileri doğrultusunda her bir engel ve engel konumu için sistemin sıcaklık tabakalaşma derecesi belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Güneş enerjili sıcak su sistemleri, düşey mantolu sıcak su tankı, sıcaklık tabakalaşması

**2019, viii + 86 sayfa.**

## **ABSTRACT**

M.Sc. Thesis

EXPERIMENTAL STUDY OF THERMAL STRATIFICATION EFFECTS VIA  
CONIC OBSTACLES PLACED INSIDE THE VERTICAL MANTLED HOT WATER  
TANK

**GÖKHAN KURTULUŞ**

Bursa Uludağ University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Machine Engineering

**Supervisor:** Prof. Dr. Atakan AVCI

**Second Supervisor:** Asst. Prof. Dr. Doğan ERDEMİR (Erciyes University)

There are several methods of solar energy utilization. Besides, the most common method is thermal applications of solar energy. The thermal applied systems converts solar energy to thermal energy. Solar hot water systems are the most common thermal applications of solar energy. The applications that work with renewable energy sources like solar energy can only be actively used at times when radiation is present. Thermally storing of solar energy makes it possible for these systems to operate under the absence of radiation. Hot water tanks are the most employed types within sensible thermal energy storing systems. There are a lot of hot water tank models in practice. Besides, one of the most employed within these tanks is mantled hot water tank. Thermal stratification is the most important performance criteria in mantled hot water tanks and the other tank models. Enhancement of thermal stratification increases the thermal performance of the system.

In this study, enhancement of thermal stratification and thermal performance of the system via conic obstacles and smooth circular obstacle was investigated experimentally on vertical mantled hot water tank. In accordance with experiment data, degree of thermal stratification of the system was determined for each obstacle and obstacle position.

**Key words:** Solar hot water systems, vertical mantled hot water tank, thermal stratification

**2019, viii + 86 pages.**

## TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım boyunca bana her konuda yardım ve desteğini esirgemeyen değerli hocam sayın Prof. Dr. Atakan AVCI'ya en içten teőekkürlerimi sunarım.

Çalıőmamın her aőamasında görüő ve önerileriyle bana destek olan değerli hocalarım Prof. Dr. Necdet ALTUNTOP'a ve Dr. Öğretim Üyesi Doğan ERDEMİR'e en içten teőekkürlerimi sunarım.

Ayrıca tez çalışması boyunca maddi ve manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen değerli eőim Merva KURTULUŞ'a teşekkür ve őükranlarımı sunarım.

Gökhan KURTULUŞ  
18/09/2019

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	viii
1.GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	3
2.1. Enerji Depolama.....	3
2.1.1. Isıl Enerji Depolama.....	3
2.1.2. Sıcaklık Tabakalaşması.....	4
2.1.3. Güneş Enerjisi ve Isıl Uygulamaları.....	5
2.2. Kaynak Araştırması.....	8
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	16
3.1. Düşey Mantolu Sıcak Su Tankı.....	18
3.2. Engeller.....	21
4. BULGULAR.....	25
4.1. Engelsiz Tank.....	25
4.2. Düz Silindirik Engel (A Tipi).....	28
4.3. 10 <sup>0</sup> Açılı Konik Engel (B Tipi).....	36
4.4. 10 <sup>0</sup> Açılı Ters Konik Engel (C Tipi).....	45
4.5. 20 <sup>0</sup> Açılı Konik Engel (D Tipi).....	53
4.6. 20 <sup>0</sup> Açılı Ters Konik Engel(E Tipi).....	61
4.7. 30 <sup>0</sup> Açılı Konik Engel (F Tipi).....	70
4.8. 30 <sup>0</sup> Açılı Ters Konik Engel (G Tipi).....	78
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	82
KAYNAKLAR.....	84
ÖZGEÇMİŞ.....	86



## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

<b>Simgeler</b>	<b>Açıklama</b>
T	Sıcaklık
t	Zaman
h	Tank içerisindeki herhangi bir yükseklik
Y	Engelin tank tabanından yüksekliği
$T_{\text{mantle,in}}$	Mantoya giriş sıcaklığı
$T_{\text{mantle,out}}$	Mantodan çıkış sıcaklığı
$T_{\text{şebeke}}$	Şebeke suyu sıcaklığı
$T_{\text{kullanım}}$	Kullanım suyu sıcaklığı

<b>Kısaltmalar</b>	<b>Açıklama</b>
PIV	Particle Image Velocimetry
CFD	Computational Fluid Dynamic

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Şekil 2.1. Düşey mantolu sıcak su tankına sahip güneş enerji sisteminin şematik gösterimi.....	7
Şekil 3.1. Deney sisteminin görünümü.....	17
Şekil 3.2. Deney sisteminin şematik gösterimi.....	18
Şekil 3.3. Test tankının şematik görünümü.....	19
Şekil 3.4. Düşey mantolu sıcak su tankının teknik resim görüntüsü.....	20
Şekil 3.5. A tipi düz silindirik engel.....	21
Şekil 3.6. B tipi 10 <sup>0</sup> açılı konik engel.....	22
Şekil 3.7. C tipi 10 <sup>0</sup> açılı ters konik engel.....	22
Şekil 3.8. D tipi 20 <sup>0</sup> açılı konik engel.....	23
Şekil 3.9. E tipi 20 <sup>0</sup> açılı ters konik engel.....	23
Şekil 3.10. F tipi 30 <sup>0</sup> açılı konik engel.....	23
Şekil 3.11. G tipi 30 <sup>0</sup> açılı ters konik engel.....	24
Şekil 4.1. Engelsiz tank için 120 dakika sonunda H-T değişimi.....	27
Şekil 4.2. Engelsiz tank için T-t değişimi.....	27
Şekil 4.3. A tipi engelin Y=200 mm yükseklikteki T-t değişimi.....	30
Şekil 4.4. A tipi engelin Y=400 mm yükseklikteki T-t değişimi.....	32
Şekil 4.5. A tipi engelin Y=600 mm yükseklikteki T-t değişimi.....	34
Şekil 4.6. A tipi engel yerleştirilmiş tanktaki 120 dakika sonunda T-H değişimi..	35
Şekil 4.7. A tipi engel için sıcaklık ve sıcaklık farkı değerleri.....	35
Şekil 4.8. Engelli tankın şematik görünümü.....	37
Şekil 4.9. B tipi engelin tank içindeki şematik görünümü.....	37
Şekil 4.10. B tipi engelin Y=200 mm yükseklikteki T-t değişimi.....	39
Şekil 4.11. B tipi engelin Y=400 mm yükseklikteki T-t değişimi.....	41
Şekil 4.12. B tipi engelin Y=600 mm yükseklikteki T-t değişimi.....	43
Şekil 4.13. B tipi engel yerleştirilmiş tanktaki 120 dakika sonunda T-H değişimi...	44
Şekil 4.14. B tipi engel için sıcaklık ve sıcaklık farkı değerleri.....	44
Şekil 4.15. C tipi engelin tank içindeki şematik görünümü.....	45
Şekil 4.16. C tipi engelin Y=200 mm yükseklikteki T-t değişimi.....	47
Şekil 4.17. C tipi engelin Y=400 mm yükseklikteki T-t değişimi.....	49
Şekil 4.18. C tipi engelin Y=600 mm yükseklikteki T-t değişimi.....	51
Şekil 4.19. C tipi engel yerleştirilmiş tanktaki 120 dakika sonunda T-H değişimi...	52
Şekil 4.20. C tipi engel için sıcaklık ve sıcaklık farkı değerleri.....	52
Şekil 4.21. D tipi engelin tank içindeki şematik görünümü.....	53
Şekil 4.22. D tipi engelin Y=200 mm yükseklikteki T-t değişimi.....	55
Şekil 4.23. D tipi engelin Y=400 mm yükseklikteki T-t değişimi.....	57
Şekil 4.24. D tipi engelin Y=600 mm yükseklikteki T-t değişimi.....	59
Şekil 4.25. D tipi engel yerleştirilmiş tanktaki 120 dakika sonunda T-H değişimi...	60
Şekil 4.26. D tipi engel için sıcaklık ve sıcaklık farkı değerleri.....	60
Şekil 4.27. E tipi engelin tank içindeki şematik görünümü.....	62
Şekil 4.28. E tipi engelin Y=200 mm yükseklikteki T-t değişimi.....	64
Şekil 4.29. E tipi engelin Y=400 mm yükseklikteki T-t değişimi.....	66
Şekil 4.30. E tipi engelin Y=600 mm yükseklikteki T-t değişimi.....	68
Şekil 4.31. E tipi engel yerleştirilmiş tanktaki 120 dakika sonunda T-H değişimi....	69

Şekil 4.31. E tipi engel yerleştirilmiş tanktaki 120 dakika sonunda T-H değişimi....	69
Şekil 4.32. E tipi engel için sıcaklık ve sıcaklık farkı değerleri .....	69
Şekil 4.33. F tipi engelin tank içindeki şematik görünümü .....	70
Şekil 4.34. F tipi engelin Y=200 mm yükseklikteki T-t değişimi.....	72
Şekil 4.35. F tipi engelin Y=400 mm yükseklikteki T-t değişimi.....	74
Şekil 4.36. F tipi engelin Y=600 mm yükseklikteki T-t değişimi .....	76
Şekil 4.37. F tipi engel yerleştirilmiş tanktaki 120 dakika sonunda T-H değişimi ...	77
Şekil 4.38. F tipi engel için sıcaklık ve sıcaklık farkı değerleri .....	77
Şekil 4.39. G tipi engelin tank içindeki şematik görünümü .....	78
Şekil 4.40. G tipi engel için sıcaklık ve sıcaklık farkı değerleri.....	81



## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Çizelge 4.1. Engelsiz tank için deney sonuçları.....	25
Çizelge 4.2. A tipi engelin Y=200 mm yükseklikteki sonuçları .....	28
Çizelge 4.3. A tipi engelin Y=400 mm yükseklikteki sonuçları.....	30
Çizelge 4.4. A tipi engelin Y=600 mm yükseklikteki sonuçları.....	33
Çizelge 4.5. B tipi engelin Y=200 mm yükseklikteki sonuçları.....	38
Çizelge 4.6. B tipi engelin Y=400 mm yükseklikteki sonuçları.....	40
Çizelge 4.7. B tipi engelin Y=600 mm yükseklikteki sonuçları.....	42
Çizelge 4.8. C tipi engelin Y=200 mm yükseklikteki sonuçları.....	46
Çizelge 4.9. C tipi engelin Y=400 mm yükseklikteki sonuçları.....	48
Çizelge 4.10. C tipi engelin Y=600 mm yükseklikteki sonuçları.....	50
Çizelge 4.11. D tipi engelin Y=200 mm yükseklikteki sonuçları.....	54
Çizelge 4.12. D tipi engelin Y=400 mm yükseklikteki sonuçları.....	56
Çizelge 4.13. D tipi engelin Y=600 mm yükseklikteki sonuçları.....	58
Çizelge 4.14. E tipi engelin Y=200 mm yükseklikteki sonuçları.....	62
Çizelge 4.15. E tipi engelin Y=400 mm yükseklikteki sonuçları.....	64
Çizelge 4.16. E tipi engelin Y=600 mm yükseklikteki sonuçları.....	66
Çizelge 4.17. F tipi engelin Y=200 mm yükseklikteki sonuçları.....	71
Çizelge 4.18. F tipi engelin Y=400 mm yükseklikteki sonuçları.....	73
Çizelge 4.19. F tipi engelin Y=600 mm yükseklikteki sonuçları.....	75
Çizelge 4.20. G tipi engelin Y=200 mm yükseklikteki sonuçları.....	79
Çizelge 4.21. G tipi engelin Y=400 mm yükseklikteki sonuçları.....	80
Çizelge 4.22. G tipi engelin Y=600 mm yükseklikteki sonuçları.....	80

## 1. GİRİŞ

Bilim ve teknolojinin hızlanarak geliştiği bu yüzyılda en önemli konuların başında enerji gelmektedir. Ülkelerin gelişmişliğinin en önemli göstergelerinden birisi enerji üretim ve tüketim miktarıdır. Enerji sanayileşmenin olmazsa olmazı ve günlük hayatın vazgeçilmez bir unsurudur. Enerji ihtiyacı ulusal ve uluslararası gündemde oldukça önemli bir yer tutar. Ülkeler için güvenli, yeterli miktarda, ucuz ve temiz enerji üretmek ekonomik ve sosyal hayatın temel problemleri arasında yerini alır. Hızla büyüyen ülkemizde de enerji ihtiyacı sürekli arttığından dolayı üretilen enerjinin yüksek verimle kullanılması, alternatif ve yenilenebilir enerji kaynaklarının araştırılması ve değerlendirilmesi büyük önemi haizdir.

Enerji bir cismin ya da sistemin iş yapabilme kapasitesidir. Fiziksel bir sistemin mevcut durumunu değiştirmek için yapılması gereken iş gücü enerji olarak tarif edilebilir. Ayrıca enerji fiziksel bir sistemin ne kadar iş veya ne kadar ısı transferi yapabileceğini belirleyen bir durum fonksiyonu olarak da tanımlanabilir. Görüldüğü gibi enerjinin birçok farklı tanımı yapılabilir. Başlıca enerji çeşitleri; kinetik enerji, potansiyel enerji, kimyasal enerji, ısı enerjisi, güneş enerjisi, mekanik enerji, elektrik enerjisi, manyetik enerji, nükleer enerji, ışık enerjisi, ses enerjisi vb. şeklinde sıralanabilir. Başlıca enerji kaynakları ise kömür, petrol, doğalgaz, uranyum, hidrolik kaynaklar vb. şeklinde sıralanabilir.

Nüfus artışı ve teknolojik gelişmeler nedeniyle doğan enerji ihtiyacı, petrol rezervlerinin giderek azalması ve artan petrol fiyatları araştırmacıları yenilenebilir ve sürdürülebilir alternatif enerji kaynakları bulma arayışına yönlendirmiştir. Yenilenebilir enerji, sürekli devam eden doğal süreçlerdeki var olan enerji akışından elde edilen enerjidir. Başlıca alternatif enerji kaynakları olarak; güneş enerjisi, nükleer enerji, rüzgar enerjisi, jeotermal enerji, dalga enerjisi, hidrolik potansiyel vb. söylenebilir. Enerjide dışa bağımlılığı azaltmak, gelecek nesillerin enerji ihtiyacını karşılamak ve çevreye daha az zarar vermek için yenilenebilir enerji kaynaklarına daha fazla yönelmek ve bu konuda daha fazla araştırma yapmak gerekir.

Enerji depolama teknolojileri, güneş, rüzgar gibi kesikli olarak enerji üreten yenilenebilir kaynaklardan üretilen enerjiden daha fazla yararlanmak amacıyla geliştirilmişlerdir. Enerji kaynağının aktif olmadığı zamanlarda enerji kaynağından yararlanmaya devam edebilmek için kullanılacak en verimli ve en etkin yöntemlerden birisi enerji depolamadır. Örneğin güneş enerjili sıcak su sistemlerinde gündüz saatlerinde depolanan ısı enerjisi gece saatlerinde sıcak su kullanımına olanak sağlar. Günümüzde alternatif enerji kaynaklarındaki artış, güneş enerjisi alanındaki araştırmaların artmasına neden olmuştur. Güneş enerjisinin ısı uygulamaları arasında en yaygın olanı sıcak su üretimidir. Güneş enerjili sıcak su sistemlerinde ısı enerjisinin suya depolanması su tankları vasıtasıyla yapılır. Günümüzde yaygın olarak kullanılan sıcak su tankı modellerinden birisi düşey mantolu sıcak su tanklarıdır.

Bu tez çalışmasında diğer çalışmalardan farklı olarak, düşey mantolu sıcak su tankında sıcaklık tabakalaşmasını iyileştirmek ve sistemin ısı performansını arttırmak amacıyla deneysel olarak araştırmalar yapılmıştır. Sıcaklık tabakalaşmasını iyileştirmek amacıyla yapılan deney çalışmasının sonucunda sıcak su tankından daha uzun süre ve daha fazla miktarda sıcak su elde edilebilecek ve böylece enerji verimli ve etkin bir şekilde kullanılarak enerji tasarrufu artacaktır.

## **2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI**

### **2. 1. Enerji Depolama**

Enerji kaynağının aktif olmadığı zamanlarda enerji kaynağından yararlanmaya devam edebilmek için kullanılacak en etkili yöntemlerden biri enerji depolamadır. Enerji depolama ile sistem performansı, sürdürülebilirlik performansı ve çevresel etkiler açısından daha yüksek verim elde edilir. Enerji depolama sistemlerinde enerji kaynağı aktifken bir depolama ortamında enerji depolanır. Depolanan bu enerji, enerji kaynağının aktif olmadığı zamanlarda kullanılabilir. Enerji depolama teknolojileri güneş, rüzgar gibi kesikli olarak enerji üreten yenilenebilir kaynaklardan üretilen enerjiden daha verimli ve etkin bir şekilde yararlanmak amacıyla geliştirilmişlerdir. Enerji depolama ile sadece belirli zamanlarda enerji üretebilen yenilenebilir enerji kaynaklarının enerjisini depolayarak enerji temin zamanı ile enerji talebi arasında doğabilecek fark giderilir. Örneğin güneş enerjili sıcak su sistemlerinde gündüz saatlerinde depolanan ısı enerjisi gece saatlerinde sıcak su kullanımına olanak sağlar.

Enerji depolama sistemlerinin avantajları; düşük enerji maliyetleri, düşük enerji tüketimi, geliştirilmiş kapalı mekan hava kalitesi, arttırılmış kullanım esnekliği, azaltılmış başlangıç ve bakım maliyeti, küçültülmüş ekipman boyutu, daha verimli ve etkin ekipman kullanımı, fosil yakıtların korunması, çevre kirletici madde emisyonlarının azaltılmasıdır. Enerji depolama metotları; kimyasal enerji depolama, mekanik enerji depolama, ısı enerjisi depolama, biyolojik depolama ve manyetik depolama olarak sınıflandırılabilir. (Dinçer ve Rosen 2011)

#### **2.1.1. Isıl Enerji Depolama**

Isıl enerji depolama daha sonraki kullanım için düşük veya yüksek olan ısı enerjisinin geçici olarak depolanmasıdır. Isıl enerji depolama yöntemleri duyulur ısı depolama ve gizli ısı depolama olmak üzere ikiye ayrılır. Duyulur ısı depolama ısıtılan maddenin sıcaklığı arttırılarak yapılan enerji depolamasıdır. Duyulur ısı depolamada maddenin duyulur (hissedilir) ısı değiştirilir. Bir ya da birden fazla maddenin sıcaklığı enerji

kaynağı aktifken arttırılır daha sonra ihtiyaç olması durumunda kullanılır. Depolama maddesi olarak genellikle su, çakıl taşları, kaya yatakları, bazı inorganik çözülmüş tuzlar vb. kullanılmaktadır. Gizli ısı depolama; herhangi bir maddenin ısıtılması veya soğutulması esnasında faz değiştirirken (katı halden sıvı hale geçerken veya sıvı halden buhar haline geçerken sıcaklık değişikliğinin olmadığı) yapılan ısı enerji depolamasıdır. Gizli ısı depolamada maddenin gizli ısısı değiştirilir. Gizli ısı depolama sistemleri enerjiyi faz değiştiren materyallerin (PCM) içinde depolar. Genellikle materyal katı halden sıvı hale geçişte faz değiştirirken ısı enerji depolanır. Tuz hidratlar, su/buz, parafinler ve belirli polimerler faz değiştiren materyal (PCM) olarak kullanılabilirler. Isıl enerji depolama duyulur ısı depolama veya gizli ısı depolama olarak yapılabileceği gibi her ikisi birleştirilerek de yapılabilir.

Güneş enerjili sıcak su sistemleri uygulamalarında ısı enerjinin suya depolanması sıcak su depolama tankları vasıtasıyla yapılır. Uygulamada birçok sayıda su tankı modeli bulunmakla beraber en yaygın olarak kullanılan tank modeli düşey mantolu sıcak su tanklarıdır. Düşey mantolu sıcak su tankları diğerlerine göre daha büyük ısı transfer bölgesine, daha yüksek sıcaklık tabakalaşma derecesine, daha yüksek ısı performansına ve imalat kolaylığına sahiptir.

### **2.1.2. Sıcaklık Tabakalaşması**

Güneş enerjili sıcak su sistemlerinde bir su tankı için en önemli ısı performans parametrelerinden biri tank içerisindeki sıcaklık tabakalaşmasıdır. Çünkü daha iyi bir sıcaklık tabakalaşması sistem performansını ve kullanım verimini arttırır. Sıcaklık tabakalaşması tankın tabanından tankın üst kısımlarına doğru olan sıcaklık dağılımıdır. Eğer akışkan sıcaklığı tank tabanında düşükken tank tavanında yüksek ise işte bu değişkenlik sıcaklık tabakalaşması olarak adlandırılır. Sistemin ısı performansının arttırılması için tanktaki sıcaklık tabakalaşmasının iyileştirilmesi gerekir. Sıcaklık tabakalaşmasındaki amaç tankta soğuk şebeke suyu girişinin olduğu kısım ile kullanım suyu arasındaki sıcaklık farkının maksimum seviyede olmasıdır. Eğer bir güneş enerjili sıcak su sisteminden maksimum sıcaklık tabakalaşması elde edilirse, su tankından daha fazla miktarda ve daha yüksek sıcaklıkta kullanım suyu elde edilecektir. Böylece ısı



enerji depolamada suyun kullanım performansı ve sistemin ortalama verimi artacaktır. Sıcaklık tabakalaşması iyileştirilmiş bir güneş enerjili sıcak su sisteminden uzun süre sıcak su temini sağlanacaktır. Bu konuda yapılan çalışmaların amacı maksimum seviyede sıcaklık tabakalaşması için optimum değerleri belirlemek ve elde edilen sıcaklık tabakalaşmasını en iyi ve en doğru şekilde hesaplayabilmektir. Literatürde sıcaklık tabakalaşması üzerine birçok sayıda deneysel ve sayısal çalışma bulunmaktadır.

### **2.1.3. Güneş Enerjisi ve Isıl Uygulamaları**

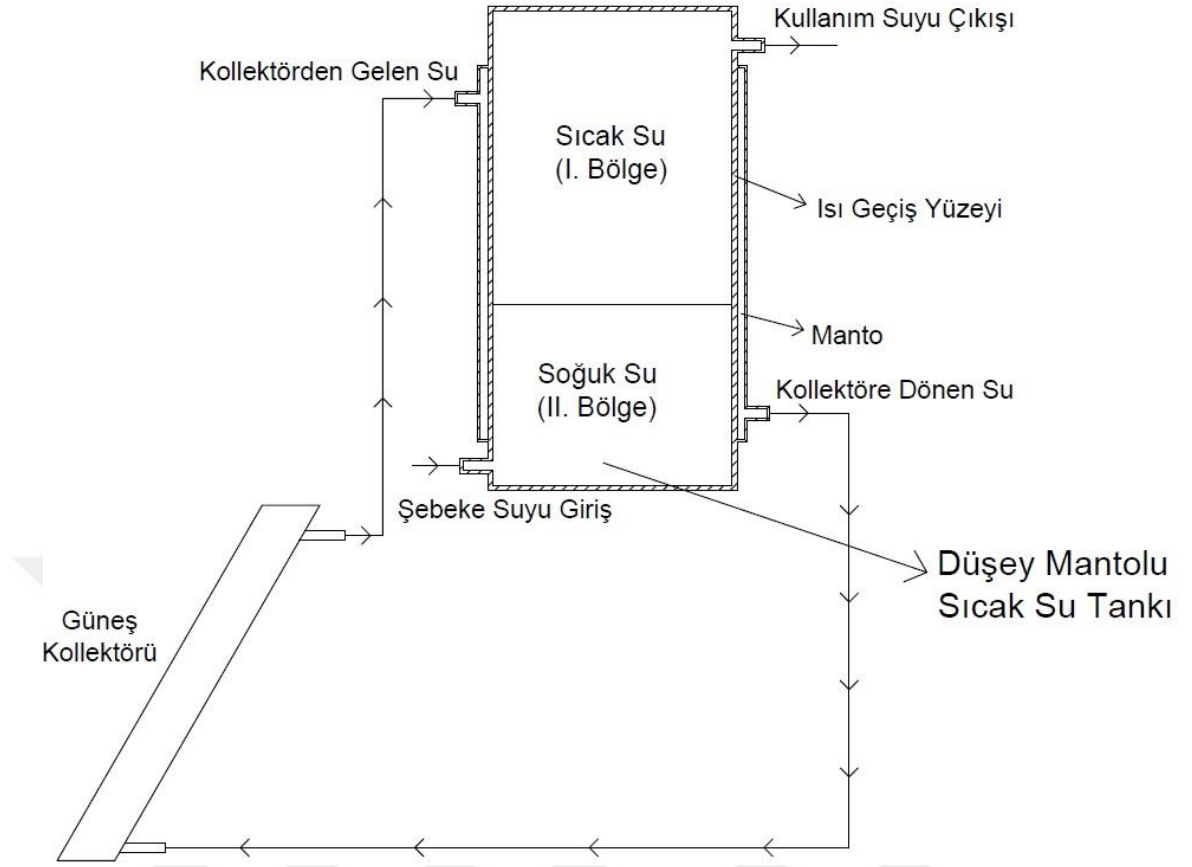
Güneş enerjisi, güneşin çekirdeğinde yüksek basınç ve sıcaklıkta hidrojen gazının helyuma dönüşmesi şeklinde meydana gelen nükleer füzyon işlemi sonucu ortaya çıkan ışıma enerjisidir. Güneş, nükleer enerji dışındaki bütün enerjilerin dolaylı veya direkt kaynağıdır. Güneşten ışın olarak çıkan ve uzaya yayılan enerji çeşitli dalga boyları halinde dünyaya ulaşır. Güneş ışınımının tamamı yer yüzeyine ulaşamaz, %30 kadarı atmosfer tarafından geriye yansıtılır. Güneşten gelen ışınımın %20' si atmosfer ve bulutlarda tutulur. Yeryüzündeki herhangi bir yüzeye gelen toplam güneş ışınımı, direkt, difüz ve yansıyan ışınımlardan oluşur. Güneş enerjisi sistemleri teknolojik olarak ilerleme ve maliyet bakımından düşüş göstermiş ve çevresel olarak temiz bir enerji kaynağı olarak kendini kabul ettirmiştir.

Güneş enerjisi uygulamalarının çok farklı çeşitleri olmakla beraber iki ana grupta incelenebilir:

1-) Güneş enerjisi elektrik uygulamaları: Yarı iletken olan fotovoltaik hücreler güneş ışınımını elektrik enerjisine çevirirler. Fotovoltaik hücreler, üzerlerine ışık düştüğü zaman uçlarında elektrik gerilimi oluşur. Hücrenin verdiği elektrik enerjisinin kaynağı, yüzeyine gelen güneş enerjisidir. Güneş enerjisi, güneş hücresinin yapısına bağlı olarak % 5 ile % 30 arasında bir verimle elektrik enerjisine çevrilebilir. Fotovoltaik modüller uygulamaya bağlı olarak akümülatörler, invertörler, akü şarj denetim aygıtları ve çeşitli elektronik destek devreleri ile birlikte kullanılarak bir fotovoltaik sistemi oluştururlar.

2-) Güneş enerjisi ısıl uygulamaları: Bu sistemler güneş enerjisini ısıl enerjiye dönüştürürler. Güneş enerjisinin ısıl uygulamaları; sıcak su üretimi, su arıtma, buhar

üretimi, buhar ile elektrik üretimi, kapalı hacimlerin ısıtılması ve soğutulması, yüzme havuzlarının ısıtılması, tuz üretimi, sulama, sera ısıtılması, deniz suyundan tatlı su eldesi olarak sıralanabilir. Bu sistemler güneş enerjisini ısı enerjisine dönüştürüp bir ısı transferi akışkanına aktarırlar. Sıcaklığı yükselen veya faz değiştiren ısı transferi akışkanı direkt olarak depolanabileceği veya kullanılabilen bir ısı değiştiricisi vasıtasıyla başka bir ortama da aktarılabilir. Güneş enerjisinin ısı uygulamaları arasında en yaygın olanı sıcak su üretimidir. Şekil 2.1’de düşey mantolu sıcak su tankına sahip bir güneş enerjili su ısıtma sistemi şematik olarak verilmiştir. Sistem genel olarak güneş kolektörü ve sıcak su depolama tankından oluşmaktadır. Güneş kolektörlü sıcak su sistemleri genel olarak güneş enerjisini toplayan düzlemsel kolektörler, ısınan suyun toplandığı depo ve bu iki kısım arasında bağlantıyı sağlayan yalıtımlı borular, pompa ve kontrol edici gibi sistemi tamamlayan elemanlardan oluşmaktadır. Güneş kolektörlü sistemler tabii dolaşimli ve pompalı olmak üzere ikiye ayrılır. Her iki sistem de ayrıca açık ve kapalı sistem olarak dizayn edilir. Güneş kolektörleri güneş enerjisini toplayan ve bir akışkana ısı olarak aktaran aygıtlardır ve güneş enerjisini ısı enerjisine çevirirler. Güneş kolektörleri genel olarak; düzlemsel güneş kolektörleri, vakum tüplü güneş kolektörleri ve camsız güneş kolektörleri olmak üzere üçe ayrılmaktadır.



**Şekil 2.1.** Düşey mantolu sıcak su tankına sahip güneş enerji sisteminin şematik gösterimi

## 2.2. Kaynak Araştırması

Sıcaklık tabakalaşması, ısı enerji depolama sistemlerinde önemli bir performans parametresidir. Su depolama sistemlerinde uzun süre sıcak su temin edebilmek için tankın içindeki sıcaklık tabakalaşmasının iyileştirilmesi gerekir. Bundan dolayı sıcaklık tabakalaşması üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Ayrıca literatürde mantolu sıcak su tanklarının dizayn ve çalışma koşulları ve sıcak su tanklarında engel kullanımı ile ilgili olarak çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu bölümde daha önceki yapılan çalışmalarla ilgili olarak literatür tarama çalışması yapıldı.

Altuntop ve Erdemir (2016) , düşey mantolu sıcak su tankındaki sıcaklık tabakalaşmasının iyileştirilmesini deneysel yöntemlerle incelemişlerdir. Bu çalışmada dört farklı engel tipi tank tabanından itibaren 100 mm, 200 mm, 300 mm ve 400 mm yüksekliklere yerleştirilmiştir. Engel tiplerinin ve konumlarının sıcaklık tabakalaşması üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Çalışmanın sonunda düşey mantolu sıcak su tankının içerisine engel yerleştirmenin engelsiz duruma göre sıcaklık tabakalaşmasını iyileştirdiği görülmüştür. En iyi sıcaklık tabakalaşması, A tipi engelin (Ortası delik dairesel engel) tank tabanından itibaren 200 mm yüksekliğe yerleştirilmesi ile elde edilmiştir. Daha fazla miktarda ve daha fazla sıcak suyun tankın içerisine yerleştirilen engeller vasıtası ile elde edildiği görülmüştür. Böylece hem sıcaklık tabakalaşması iyileşmiş, hem de sistem performansı ve kullanım verimi artmıştır.

Altuntop ve ark. (2005), güneş enerjili ısıtma sistemlerinde kullanılan dikey sıcak su tankındaki sıcaklık tabakalaşmasının derecesini iyileştirmek için on iki farklı engel modelini kullanarak sayısal bir çalışma yapmışlardır. Bütün engellerin engelsiz tanka göre daha iyi sıcaklık tabakalaşması sağladığını tespit etmişlerdir. Ortasında boşluk bulunan engeller, kenarında boşluk bulunan engellere göre daha iyi sıcaklık tabakalaşması ve ısı performans sağlamıştır. Bu çalışmada ortası delik konik engel ve ortası delik düz dairesel engelin en iyi sıcaklık tabakalaşmasını sağladığı görülmüştür. Sıcak su tankının içinde on iki farklı engel modeli kullanılarak tankın alt ve üst tarafında bulunan sıcak ve soğuk suların karışmadığı ve sıcaklık tabakalaşma

derecesinin iyileştirildiği engel tipleri belirlenmiştir. Burada amaç uzun süre fazla miktarda ve yüksek sıcaklıkta su temin etmektir.

Tokgöz (2008), düşey mantolu sıcak su tankında beş farklı engeli tank içerisinde altı farklı yüksekliğe yerleştirerek sayısal deneyler yapmıştır. Tank içerisine yerleştirilen engeller; iç silindir (ortası delik düz dairesel), dış silindir (ortası delik olmayan), iç ters konik (ortası delik), iç konik ve dış konik (ortası delik olmayan) engellerdir. Sayısal deneyde FLUENT paket programı kullanılmıştır. İç konik, iç silindir ve iç ters konik engellerde akışkan engellerin orta kısmından geçmektedir. Dış silindir ve dış konik engellerde akışkan engelin etrafından geçmektedir. Dış engellerin iç engellere göre sıcaklık tabakalaşmasını daha çok iyileştirdiği görülmüştür. Yapılan sayısal çözümler sonucunda engelin sıcak su tankının ortası ile alt kısmı arasında bir yüksekliğe yerleştirilmesi gerektiği tespit edilmiştir. Öncelikle engelsiz tank modelinin çözümü yapılmıştır. Daha sonra diğer sayısal çözümler engelsiz tank modeliyle kıyaslanmıştır. Yapılan sayısal çalışma sonucunda dış konik ve dış silindir engel modellerinde sıcaklık tabakalaşmasının derecesi daha çok iyileştirilirken, iç konik, iç ters konik ve iç silindir engel modellerinde daha az iyileştirme görülmüştür. Engel yüksekliğinin tank tavanına yakın olmasının sıcaklık tabakalaşmasına olumlu etkisi olmadığı görülmüştür.

Rhee ve ark. (2010), güneş enerjili sıcak su sistemlerinde kullanılan tankın içerisine termal diyotlar yerleştirmişlerdir. Termal diyotların sıcaklık tabakalaşması üzerindeki etkisini deneysel olarak araştırmışlardır. Bu çalışmada tankın içerisinde termal diyot kullanarak sıcak su akışını yukarıya doğru ve soğuk su akışını aşağıya doğru yönlendirmişlerdir. Üç çeşit termal diyot kullanılmıştır: Birincisi 'single thermal diode', ikincisi 'double thermal diode' ve üçüncüsü de 'double express thermal diode' dir. Bu çalışmada en iyi sıcaklık tabakalaşmasını 'double express thermal diode' un sağladığı sonucuna varmışlardır. Ayrıca 'double express thermal diode' , deney esnasında hem ısıtma hem de soğutma periyotlarında pozitif tabakalaşmada en büyük artışı göstermiştir.

Knudsen ve Furbo (2004), güneş enerjili sıcak su sistemlerinde düşey mantolu ısı eşanjörlerinin deneysel ve sayısal araştırmasını yapmışlardır. Bu çalışmada iki farklı

manto giriş pozisyonu incelenmiştir ve bu iki farklı manto giriş pozisyonunun sıcaklık tabakalaşması ve ısı transferi üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Mantodan tankın üst tarafına ve alt tarafına olan ısı transfer oranını analiz etmek ve sistemin ısı performansını hesaplamak için laboratuvar testleri yapılmıştır. Mantodaki kolektör akışkanı ile tankın içindeki suyun arasındaki ısı transferi ve akış yapısı CFD (Hesaplama Akışkanlar Dinamiği) simülasyonlarıyla analiz edilmiştir. Akış ve enerji denklemlerini çözmek için FLUENT 6.0 kullanılmıştır. Ayrıca değişik manto giriş pozisyonları için laboratuvar testleri uygulanmıştır. Bütün bu deneysel ve sayısal verilerden hareketle; eğer manto giriş sıcaklığı tank içerisindeki suyun sıcaklığından daha yüksek bir değere sahipse manto giriş yerinin en üst tarafta olması gerekir. Eğer manto giriş sıcaklığı tank içerisindeki suyun sıcaklığından daha düşük bir değere sahipse manto giriş yerinin daha alt tarafta olması gerekir.

Kenjo ve ark. (2007), güneş enerjili sıcak su sistemlerinde kullanılan mantolu tank içerisindeki sıcaklık tabakalaşması üzerine deneysel ve sayısal çalışmalar yapmışlardır. Üç farklı manto giriş yüksekliği baz alınarak çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmada CFD modellemeye göre daha hızlı olduğu için bölgesel yaklaşımı kullanarak mantolu tank için bir model geliştirilmiştir. Mantolu ısı eşanjörü içindeki su akışını modellemek için bir karışım katsayısı tanımlanmıştır. Sayısal modelde sınır tabakalı ve sınır tabakasız çözümlerden sınır tabakalı çözümlerin daha doğru sonuçlar verdiği görülmüştür. Sayısal model, deneysel çalışma ile doğrulanmıştır. Akış modelinin geliştirilmesinin gerekliliği üzerine vurgu yapılmıştır. Deneysel çalışmada ise akışkan mantoya üç farklı yükseklikte (düşük seviye, orta seviye, yüksek seviye) giriş yapmıştır. Deneysel çalışmaların sonucunda; akışkanın mantoya giriş yüksekliği azaldıkça, hem mantodaki hem de tanktaki sıcaklık tabakalaşmasının derecesinin düştüğü gözlenmiştir.

Brown ve Lai (2011), gözenekli bir manifoldun sıvı depolama tankındaki sıcaklık tabakalaşması üzerindeki etkinliğini araştırmışlardır. Deney için yüksekliğinin yarıçapına oranı dört olan ve üç yüz on beş litre kapasiteye sahip bir ısı depolama tankı kullanılmıştır. Deney sisteminde ayrıca tanka giren akışkanın dikey momentumunu azaltmak için gözenekli manifolda entegre edilmiş bir giriş akış distribütörü bulunmaktadır. Gözenekli manifoldla beraber kararlı ve iyileştirilmiş sıcaklık

tabakalaşmasının yaklaşık olarak 0,651 değerinde olan Richardson sayısında olduğu görülmüştür. Denejde akış görüntüleme işlemi gözenekli manifoldun etkinliğini teyit etmek için yapılmıştır. Akış görüntüleme işleminin sonucunda gözenekli manifoldun su jeti etkisini önemli oranda azalttığı, kararlı ve iyileştirilmiş tabakalaşma sağladığı tespit edilmiştir.

Castell ve ark. (2010), su tanklarındaki sıcaklık tabakalaşmasını karakterize etmek için en çok kullanılan boyutsuz sayıları belirlemek için çalışmalar yapmıştır. Aynı zamanda bu boyutsuz sayıları birbiri ile kıyaslayarak uygunluklarını araştırmışlardır. Bu çalışmada farklı akış oranlarında deneyler yapılmış ve boyutsuz sayılar hesaplanmıştır. Denejden alınan verilerden hareketle; Richardson sayısının su tankındaki sıcaklık tabakalaşmasını belirleyen en iyi sayı olduğunu öte yandan MIX sayısının bazı problemler ve kötü davranışlar sergilediğini tespit etmişlerdir. Diğer sayıların sıcaklık tabakalaşmasını tam olarak karakterize etmediğini ancak Richardson sayısı ile kombineli şekilde kullanıldığında faydalı olacağı sonucuna varmışlardır. MIX sayısının akış oranını hesaba katmadığı, Reynolds ve Peclet sayısının ise doğrudan çalışma sıcaklıklarını hesaba katmadığı görülmüştür. Sıcaklık tabakalaşması oluştuğunda Richardson sayısının su tankının davranışlarını doğru bir biçimde gösterdiğini tespit etmişlerdir.

Knudsen ve ark. (2005), tankın ve mantonun içindeki akışın yapısını araştırmışlardır. Tankın ve mantonun içindeki akış yapısı ve hızı PIV (Particle Image Velocimetry) akış görüntüleme sistemi kullanılarak hesaplanmıştır. Ayrıca tank ve manto cidarlarındaki ısı transferi ölçümü için CFD (Computational Fluid Dynamic) hesaplamalı akışkanlar dinamiği modeli geliştirilmiştir. Akış ve enerji denklemlerini çözmek için CFD kodlu Fluent 6.0 kullanılmıştır. Akış yapısı, içeriye giren akışkanın sıcaklığının yüksek ve düşük olması, başlangıçta girişlerde tamamen karışmış olması ve sıcaklık tabakalaşmasına sahip olması yönünden değerlendirilmiştir. Isı transferi analizi göstermiştir ki mantonun girişi yakınındaki akış karışmış konveksiyon akışıdır. Isı transferi, tank içerisindeki sıcaklığa göre manto giriş sıcaklığına bağlı olarak değişmektedir. Çalışmalar hesaplamalı akışkanlar dinamiği (CFD) kullanılarak sayısal

olarak ve laboratuvar şartlarında deneysel olarak yapılmıştır. Sayısal sonuçlar deneysel sonuçlarla karşılaştırıldığında birbirleri ile uyumlu oldukları görülmüştür.

Moncho-Esteve ve ark. (2017), doğrudan termal enerji sistemine entegre edilmiş bir sıcak su depolama tankında basit giriş cihazlarının sıcaklık tabakalaşması üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Bu çalışma bir sıcak su tankında yükleme esnasında akış alanı ve sıcaklık tabakalaşmasına odaklanmıştır. Basit giriş cihazlarının performansları analiz edilmiştir. Değişik giriş konfigürasyonlarına ve akış oranlarına dayanan ısı transferi ve akış simülasyonlarının sonucu bu çalışmada analiz edilmiştir. Ayrıca tanka daha iyi giriş dizaynı sağlamak amacıyla simülasyonlar analiz edilmiştir. Silindirik su tankında yükleme işlemi esnasındaki sıcaklık tabakalaşması, hesaplamalı akışkanlar dinamiği (CFD) modeli kullanılarak araştırılmıştır. Simülasyonlar deneysel sonuçlarla doğrulanmıştır. Tankın performansını arttırmak amacıyla CFD teknikleri tarafından klasik giriş cihazları ve akış oranında basit değişiklikler yapılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda simüle edilmiş giriş cihazlarında yapılan modifikasyonların tabakalaşma derecesini etkilediği görülmüştür. Bu araştırmalar sistem verimini iyileştirmeye ve modelleri geliştirmeye öncülük etmiştir. Analizler deneysel olarak elde edilen sonuçları nümerik olarak teyit etmiştir. Sinterlenmiş bronz konik difüzörün konvansiyonel bronz dirsek girişine göre sıcaklık tabakalaşmasını daha çok geliştirdiği kanıtlanmıştır. Düşük akış ve düzeltilmiş giriş hızı sıcaklık tabakalaşmasını arttırmıştır.

Shah ve ark. (1999), dikey mantolu ısı eşanjörünün içindeki akış yapısını incelemiştir. Deneysel çalışmada manto içindeki akış yapısı ve hız PIV(Particle Image Velocimetry) sistemi kullanılarak hesaplanmıştır. Burada PIV sistemi, akış alanının geniş bir bölümü üzerinde akışkan hızını ölçmek için akış görüntüleme ile dijital görüntü işlemini birleştiren deneysel bir tekniktir. Bu çalışmada akış görüntüleme işlemini kolaylaştırması açısından tam ölçekli kare tank kullanılmıştır. Manto yüzeyi üzerindeki ısı akışı dağılımının detaylı ölçümü için bir hesaplamalı akışkanlar dinamiği (CFD) simülasyon modeli geliştirilmiştir. Bu model ayrıca akış ve enerji denklemlerini çözmek için kullanılmıştır. Hem deney hem de simülasyon sonuçları, manto aralığındaki akış dağılımının mantodaki dolaşımdan kaynaklı kaldırma kuvvetinin etkisinde olduğunu göstermiştir. Mantodaki ölçümler hem yüksek hem de düşük manto giriş sıcaklığı için



yapılmıştır. Sayısal çalışmaların sonuçları ile deneysel çalışmaların sonuçlarının birbiri ile uyumlu olduğu görülmüştür.

Kurşun ve Ökten (2017), dikdörtgen şeklinde bir sıcak su tankının pozisyonunun ve tank uzunluk oranının sıcaklık tabakalaşması üzerindeki etkisini sayısal olarak araştırmışlardır. Sıcak su tankının pozisyon ve uzunluk oranının sıcaklık tabakalaşması üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla değişik parametre değerleri için sayısal analiz yapılmıştır. Ayrıca su tankının yatay eksenle yaptığı farklı açılar ve farklı uzunluk oranları (D/H) için sayısal analiz çalışması yapılmıştır. (Burada D, tankın genişliği ve H, tankın yüksekliğidir.) Sayısal analiz çalışması  $0-60^{\circ}$  aralığında açı değerleri ve 0,5-1 aralığında (D/H) uzunluk oranı değerleri için yapılmıştır. Analiz sonuçlarından elde edilen verilerden hareketle sıcak su tankının  $\alpha=0^{\circ}$  (dikey pozisyon) açısından farklı değerlerde konumlandırılmasının sıcaklık tabakalaşmasını arttırdığı tespit edilmiştir. Sadece  $\alpha=0^{\circ}$  açı değeri için tankın uzunluk oranının (D/H) azaltılmasının sıcaklık tabakalaşmasına katkıda bulunduğu tespit edilmiştir. Sıcak su tankı içindeki en yüksek sıcaklık farkının  $\alpha=45^{\circ}$  açıda ve D/H=0,5 uzunluk oranında olduğu görülmüştür. Tankın alt ve üst noktaları arasındaki sıcaklık farkının  $\alpha=45^{\circ}$  için %93 ve  $\alpha=60^{\circ}$  için %86 oranında arttığı görülmüştür. Tank dikey pozisyonda iken uzunluk oranındaki düşüşün sıcaklık tabakalaşmasını arttırdığı görülmüştür. Sayısal analiz sonuçlarından hareketle; tank eğik pozisyonda iken uzunluk oranındaki değişikliğin sıcaklık tabakalaşması üzerine ihmal edilebilir derecede etkisi olduğu görülmüştür. Öte yandan tank dikey pozisyonda iken ( $\alpha=0^{\circ}$ ), düşük uzunluk oranının (D/H) sıcaklık tabakalaşması üzerinde daha etkili olduğu görülmüştür.

Wang ve ark. (2017), dinamik sıcak su depolama tankında yeni dizayn edilen dengeleyici (equalizer) adı verilen cihazın sıcaklık tabakalaşması üzerindeki etkisini deneysel ve sayısal olarak araştırmışlardır. Bu çalışma tanktaki sıcaklık tabakalaşmasının performans parametresinin fonksiyonu olan dolum verimini araştırmak için yapılmıştır. Su depolama tankındaki sıcaklık tabakalaşmasını geliştirmek amacıyla bir dengeleyici (equalizer) cihaz dizayn edilmiştir. Bu çalışmada ticari ANSYS yazılımı kullanılarak üç boyutlu hesaplamalı akışkanlar dinamiği (CFD ) modeline dayanan nümerik analizler gerçekleştirilmiştir. Performans parametreleri

olarak Richardson sayısı, MIX sayısı ve ekserji değerleri kullanılmıştır. Nümerik model deneysel verilerle doğrulanmıştır. Sonuçların birbiri ile uyumlu olduğu görülmüştür. Sonuçlar; akış oranının artmasıyla Richardson sayısının düştüğünü , dolun verimi ve ekserjinin önce arttığını ardından azaldığını fakat MIX sayısının önce azaldığını ardından arttığını göstermiştir. Akış oranları 1 lt/dk, 2 lt/dk, 3 lt/dk,4 lt/dk,5 lt/dk ve 6 lt/dk'ya ayarlanmıştır. İlk sıcaklık 70<sup>0</sup>C, sabit doldurma sıcaklığı 10<sup>0</sup>C'dir. Akış oranı 3lt/dk olduğunda, equalizer (dengeleyici) en iyi performansı göstermiştir ve tanktaki sıcaklık tabakalaşmasını en fazla bu debide geliştirmiştir.

Göppert ve ark. (2009), bir giriş tabakalaştırıcısının nümerik analizini yaparken kendi geliştirdikleri yeni ve daha basit hesaplama metodunu kullanmışlardır. Bu yeni metotla hesaplamaların daha kısa zamanda yapıldığını tespit etmişlerdir. Sonuçların hesaplamalı akışkanlar dinamiği (CFD) programıyla uyumlu olduğu ve CFD programlarına göre daha hızlı olduğu görülmüştür.

Fan ve Furbo (2012), hesaplamalı akışkanlar dinamiği (CFD) hesaplamaları ve ısı deneyler vasıtasıyla düşey silindirik sıcak su tankında soğuma esnasındaki ısı kaybından kaynaklanan tank cidarlarındaki aşağı yönlü akışı araştırmışlardır. Bu çalışma için düzgün sıcaklığa ve sıcaklık tabakalaşmasına sahip, yüksekliğinin çapına oranı beş olan su tankı seçilmiştir. Tankın değişik yüksekliklerindeki su sıcaklıkları ölçülmüş ve (CFD) hesaplamalı sıcaklıklarla karşılaştırılmıştır. Sonuçlar hesaplamalı akışkanlar dinamiği (CFD) hesaplamalarının doğru değerlere sahip olduğunu göstermiştir. Güçlü bir sıcaklık tabakalaşması yokken tanktaki ısı kaybından kaynaklı tank cidarları boyunca aşağı doğru akış oluşmuştur ve tankın merkezine yakın kısımlarda yukarı doğru akış oluşmuştur. Sabit tank hacmi için artan tank çapı ve düşen H/D (H:Yükseklik D:Çap) oranı ile birlikte aşağı doğru akışın debisi yükselmiştir. Tank cidarlarındaki aşağı doğru akışın tabaka kalınlığı sekiz mm'dir. Tank cidarlarındaki aşağı doğru akışın hızı tankın farklı seviyelerinde üç saat aralıklarla yirmi dört saat için hesaplanmıştır. Yapılan çalışmada hızın büyüklüğünün sıcaklık tabakalaşmasına bağlı olduğu görülmüştür. Sıcaklık tabakalaşması yokken aşağı doğru 0,003-0,015 m/sn hızında güçlü bir akış bulunduğu, tankta sıcaklık tabakalaşması varken aşağı doğru akışın azaldığı görülmüştür. Aşağı yönlü akışın hızının tank hacminden etkilenmediği

fakat az oranda tankın H/D oranından etkilendiği görülmüştür. Bu çalışmada hesaplamalı akışkanlar dinamiği (CFD) hesaplamalarının sonucuna dayanarak tanktaki sıcaklık gradyanı için tank cidarları boyunca oluşan aşağı doğru akışın büyüklüğünü hesaplamak için bir denklem oluşturulmuştur. Ayrıca bu çalışma tanktaki doğal konveksiyonun su sıcaklığından nasıl etkilendiğini açıklar. Tanktaki doğal konveksiyon akışını hesaplamak için tankın detaylı hesaplamalı akışkanlar dinamiği (CFD) modeli geliştirilmiştir.

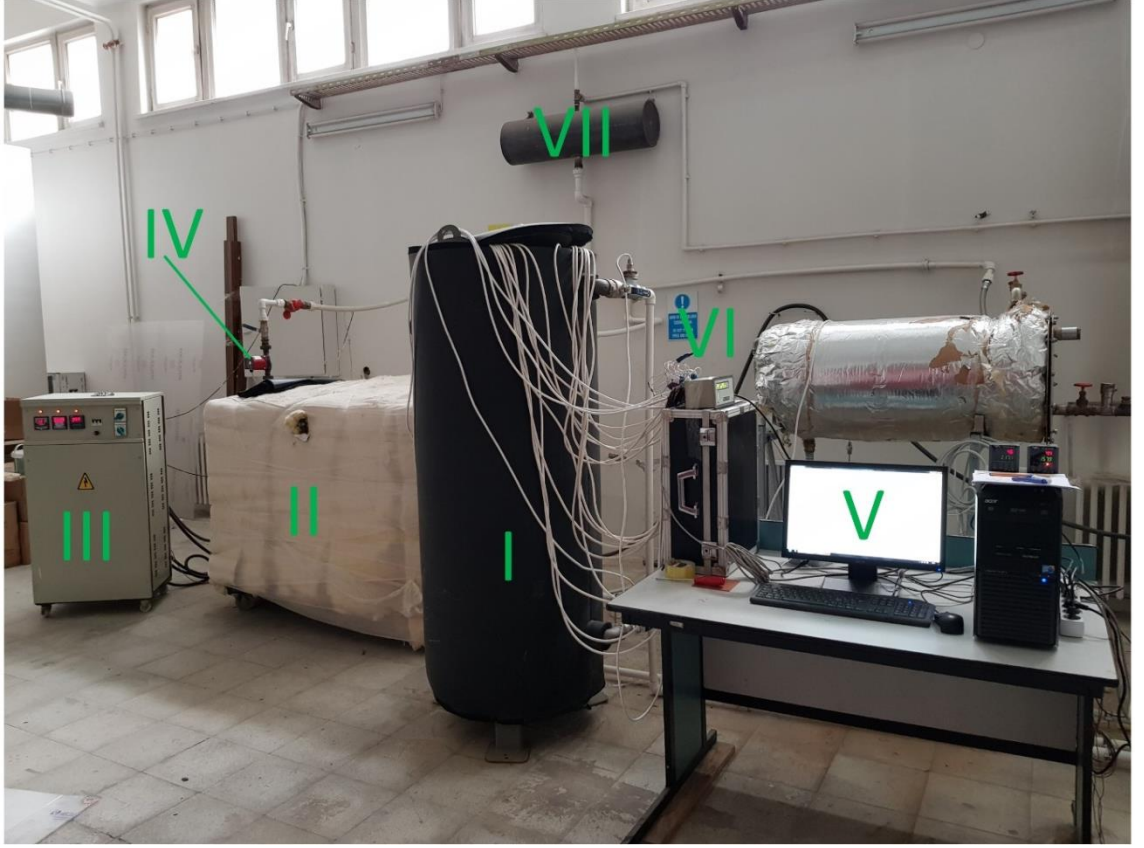
Yapılan kaynak araştırmasının sonucunda ısı performans, sıcaklık tabakalaşması, sıcaklık tabakalaşmasının iyileştirilmesi ve su depolama tanklarıyla ilgili birçok araştırma yapıldığı görülmektedir.

Bu tez çalışmasında diğer çalışmalardan farklı olarak, yaygın olarak kullanılan düşey mantolu sıcak su tankında düz engel , farklı açılara sahip konik ve ters konik engellerin tank içerisinde farklı yüksekliklere yerleştirilmesiyle ısı performansın artırılması ve sıcaklık tabakalaşmasının iyileştirilmesi deneysel olarak araştırılmıştır.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

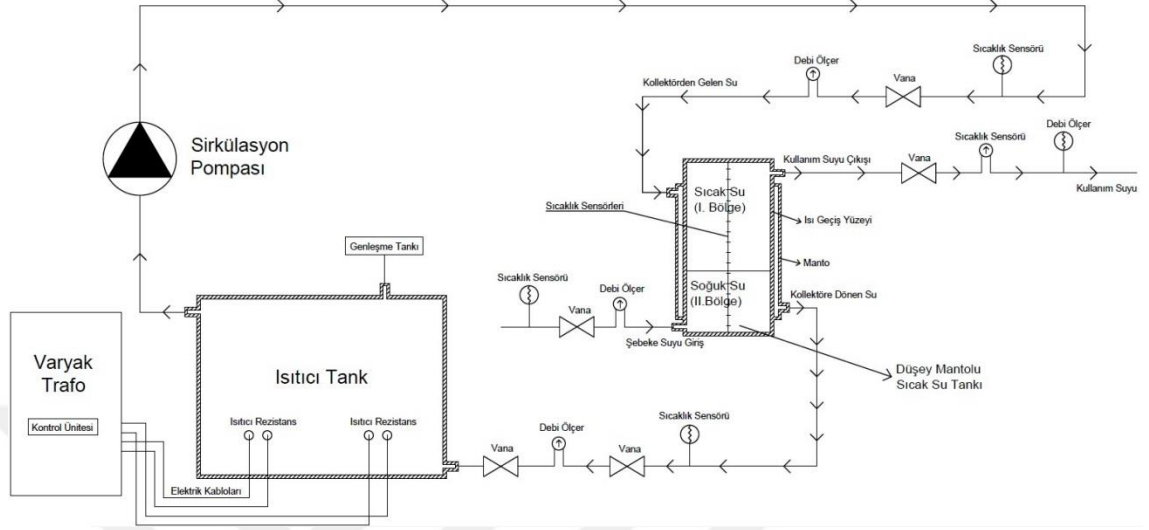
Bu çalışmada güneş enerjili su ısıtma sistemlerinde yaygın olarak kullanılan düşey mantolu su tankındaki sıcaklık tabakalaşması araştırılmıştır. Deney sisteminin genel görünümü Şekil 3.1 'de verilmiştir. Deney sistemi düşey mantolu sıcak su tankı (I), ısıtıcı (II), varyak trafo (III), pompa (IV), bilgisayar (V), veri toplayıcı (VI), genişleme tankı (VII), sıcaklık sensörleri, debimetreler, vana, pislik tutucu, bağlantı boruları vb. tesisat elemanlarından oluşmaktadır. Test tankının ve ısıtıcı tankın tüm giriş ve çıkışlarında suyun debisini kontrol etmek için küresel vanalar kullanılmaktadır. Deney esnasında sisteme sıcak su sağlamak için bir ısıtıcı tank kullanılmaktadır. Isıtıcının ölçüleri 2 m x 1,5 m x 1,5 m olup toplam hacmi 4,5 m<sup>3</sup> tür. Isıtıcı tankın üst kısmından atmosferik genişleme tankına giden bir su çıkışı bulunmaktadır. Isıtıcı içerisinde 4 kW güce sahip 4 adet rezistans bulunmaktadır. Rezistanslara gerekli elektrik akımı ve gerilimi sağlamak için sistemde bir adet varyak trafo vardır. Varyak trafoda gerilim 220 V ve 380 V olarak ayrı ayrı ayarlanabilirken, akım ise 1 A ile 40 A arasında ayarlanabilmektedir. Varyak trafonun maksimum gücü 15,2 kW tır. Varyak trafo üzerinde bir adet termostat bulunmaktadır. Bu termostat ısıtıcının içerisinde sıcaklık ölçümü olarak varyak trafonun çalışmasını kontrol etmektedir. Varyak trafodaki gerilim ve akım değerleri kontrol edilerek suyun istenilen sıcaklık aralığında tutulması sağlanmaktadır. Isıtıcı, varyak trafo ve termostat entegrasyonu sayesinde deneyler için  $\pm 2$  °C hassasiyet ile sıcak su elde edilebilmektedir. Isıtıcıda üretilen sıcak su bir sirkülasyon pompası vasıtasıyla test tankının manto hacmine gönderilmektedir. Deney sisteminde meydana gelen sıcaklık farklarının neden olduğu hacim değişimlerinin sisteme zarar vermesini önlemek için bir adet atmosferik genişleme tankı deney sistemine entegre edilmiştir. Sistemdeki manto ve şebeke çevrimlerindeki akan suyun debisini ölçmek için iki adet KOBOLT DMP-100 marka debimetre kullanılmıştır. Debimetreler  $\pm 1,5$  % hassasiyet ile ölçüm yapabilmektedir. Debimetrelere entegre edilen görüntüleme ve sayaç ekranı sayesinde deneyler sırasında hem manto hem de şebeke hattından akan anlık debi ve hatlardan geçen toplam su miktarı da ölçülmüştür. Anlık debi değerleri aynı zamanda veri toplayıcı tarafından da alınarak sürekli kaydedilmiştir. Tank giriş ve çıkışlarındaki sıcaklıkları, tank içerisindeki sıcaklıkları ve ortam sıcaklıklarını ölçmek için PT100 tipi termokupller kullanılmıştır. Termokupllerden ve

debimetrelerden gelen sinyalleri ölçmek, işlemek ve kaydetmek için ELİMKO E680 marka veri toplayıcı kullanılmıştır.



Şekil 3.1. Deney sisteminin görünümü

Deney sisteminin şematik görüntüsü Şekil 3.2’de verilmiştir.



Şekil 3.2. Deney sisteminin şematik gösterimi

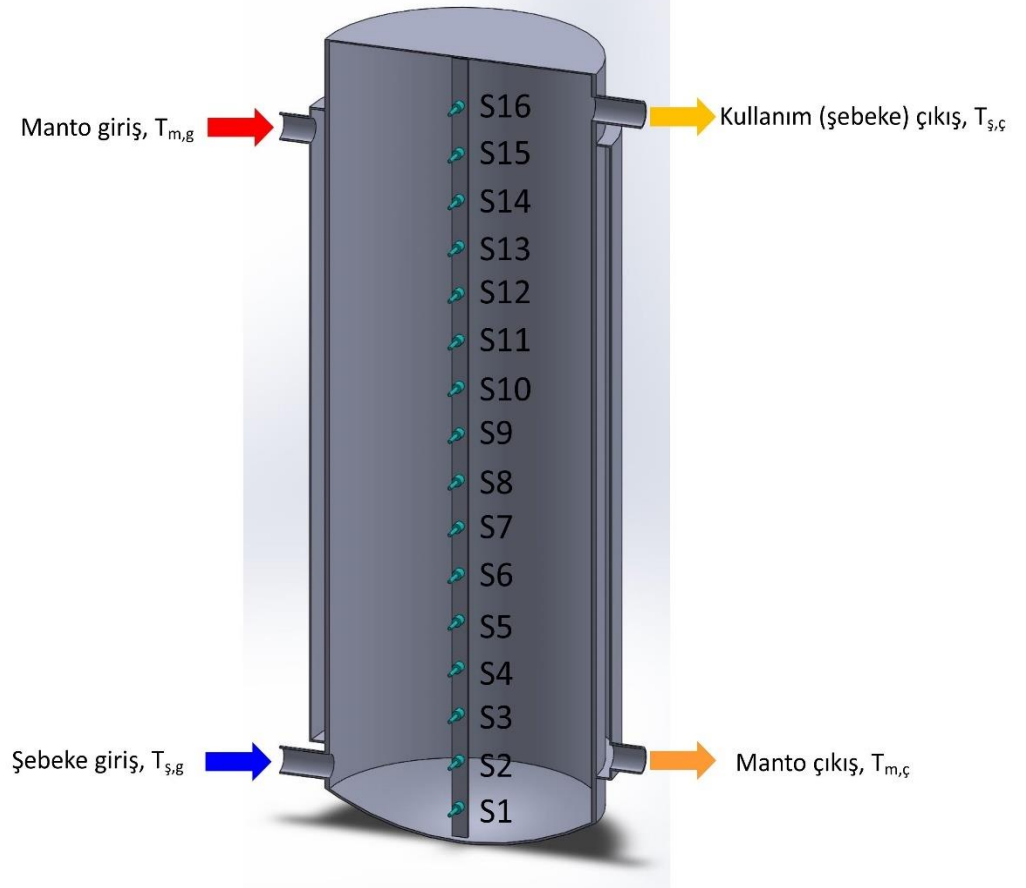
### 3.1. Düşey Mantolu Sıcak Su Tankı

Çalışmada kullanılan test tankı ülkemizde ve dünyada sıcak su üretme ve depolama sistemlerinde yaygın olarak kullanılan düşey mantolu sıcak su tankıdır. Düşey mantolu sıcak su tankları diğerlerine göre daha büyük ısı transfer bölgesine, daha yüksek sıcaklık tabakalaşma derecesine, daha yüksek ısıl performansa ve imalat kolaylığına sahiptir. Bu deney sisteminin en önemli kısmı düşey mantolu sıcak su tankıdır. Çalışmalar bu tanktaki sıcaklık tabakalaşmasının iyileştirilmesi üzerine yapılacaktır. Deneylerde kullanılan düşey mantolu sıcak su tankının şematik gösterimi

Şekil 3.3’de verilmiştir. Tankın dıştan görünümü ise 3.1’de (I) verilmiştir. Tankın toplam yüksekliği 1600 mm’dir. Manto ile beraber tankın dış çapı 680 mm’dir. İç tankın çapı 600 mm olup, manto ile tank yüzeyi arasında 40 mm açıklık bulunmaktadır. Tankın depolama hacmi 450 litredir. Manto, tankın alt kısmından itibaren 100 mm yükseklikte yerleştirilmiştir ve toplam yüksekliği 1400 mm’dir. Manto içerisindeki akışkanla tank içerisindeki su arasındaki ısı transferi yapılabilmesi için manto ile iç tank arasında ısı geçiş yüzeyi bulunmaktadır. Tank 2 mm kalınlığında çelik

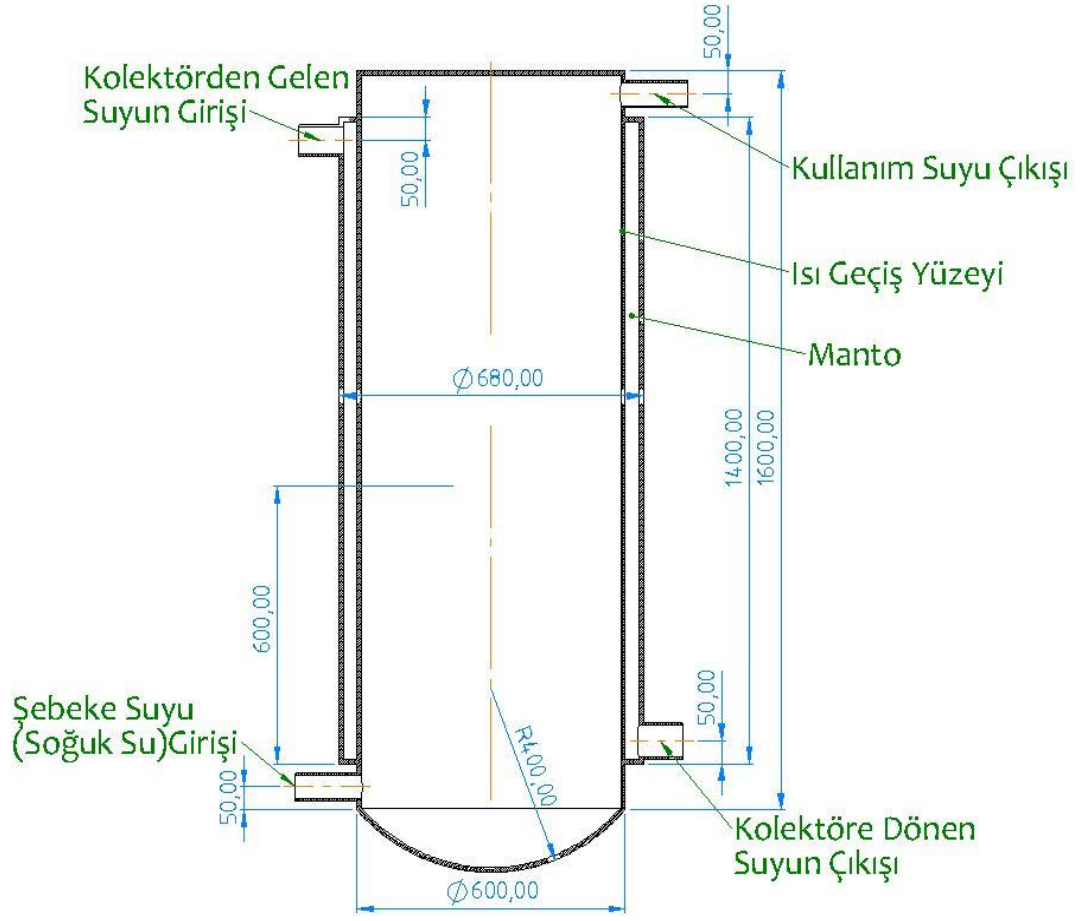
plakalardan üretilmiştir. Tank, çevreye olan ısı kaybını önlemek için 60 mm kalınlığında kauçuk köpük yalıtım malzemesi ( $k=0.033$  W/mK) ile kaplanmıştır.

Tankın giriş ve çıkışlarında 50 mm yarıçapında ve 75 mm uzunluğunda manşonlar bulunmaktadır. Bu manşonların hemen ardından T dirsek bağlantı elemanı yerleştirilmiştir. Tankın girişlerindeki ve çıkışlarındaki sıcaklıkları ölçmek için T dirsek bağlantısının üst kısmında termokupller sabitlenmiştir. T dirseklerin hemen ardından ise manto ve şebeke çevriminde akan iş akışkanlarının debisini kontrol etmek için tankın girişlerine ve çıkışlarına birer adet küresel vana yerleştirilmiştir. Tankın içindeki suyun sıcaklığını ölçmek için tankın taban kısmından tavan kısmına kadar 100 mm aralıklarla yerleştirilmiş 16 adet sıcaklık sensörü bulunmaktadır. Bu sıcaklık sensörleri sayesinde deney esnasında tankın içindeki sıcaklık dağılımı görülmektedir.



**Şekil 3.3.** Test tankının şematik görünümü

Tankın teknik resim görüntüsü Şekil 3.4 'de verilmiştir.



Şekil 3.4. Düşey mantolu sıcak su tankının teknik resim görüntüsü



### 3.2. Engeller

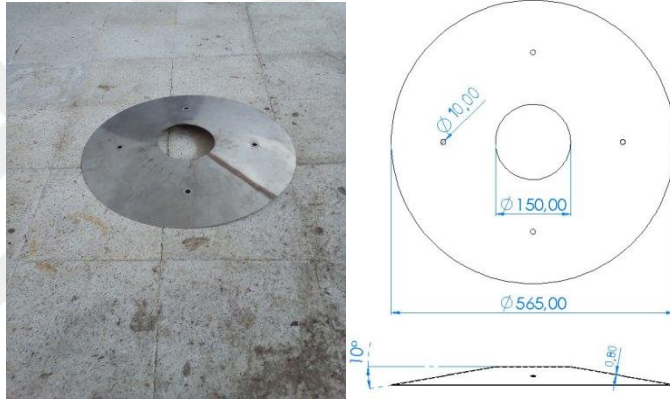
Yapılan araştırmalar sonucunda, tankın içerisine yerleştirilen engellerin hem akış hem de ısıl bariyer gibi davranarak tankın st kısmındaki sıcak su ile alt kısmındaki soğuk suyun birbirleri ile karışmasını önlediği, sıcaklık tabakalaşmasını iyileştirdiği görülmüştür. Dolayısıyla engeller vasıtası ile daha yüksek sıcaklıkta ve daha fazla miktarda sıcak su elde edilmiştir. Sıcaklık tabakalaşması muhafaza edilmiştir. Ayrıca engeller ortasından suyun geçmesine izin verdiğinden dolayı manto-tank ara yüzeyinde daha fazla doğal konveksiyon oluştuğu görülmüştür. Engel malzemesi olarak 0,8 mm kalınlığında krom sa kullanılmıştır. Deneysel çalışmada yedi farklı engel modeli kullanılmıştır. Her engel üç farklı yüksekliğe yerleştirilerek deneyler yapılmıştır. Şekil 3.5' de grldğu gibi engeller tank içerisine 10 mm kalınlığındaki gijonlar (saplama) ile yerleştirilmiştir. Bu engel modelleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

1. Düz silindirik engel (ortasında boşluk bulunan engel) (A Tipi)
2.  $10^0$  açılı konik engel (ortasında boşluk bulunan engel) (B Tipi)
3.  $10^0$  açılı ters konik engel (ortasında boşluk bulunan engel) (C Tipi)
4.  $20^0$  açılı konik engel (ortasında boşluk bulunan engel) (D Tipi)
5.  $20^0$  açılı ters konik engel (ortasında boşluk bulunan engel) (E Tipi)
6.  $30^0$  açılı konik engel (ortasında boşluk bulunan engel) (F Tipi)
7.  $30^0$  açılı ters konik engel (ortasında boşluk bulunan engel) (G Tipi)

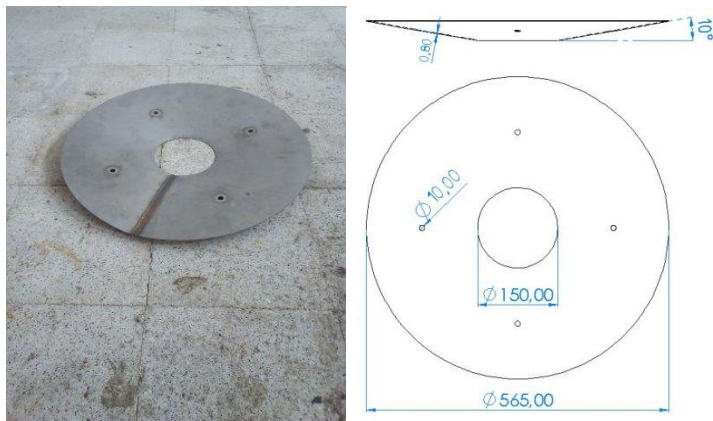
Engellerin görüntüleri ve teknik resim çizimleri aşağıda verilmiştir.



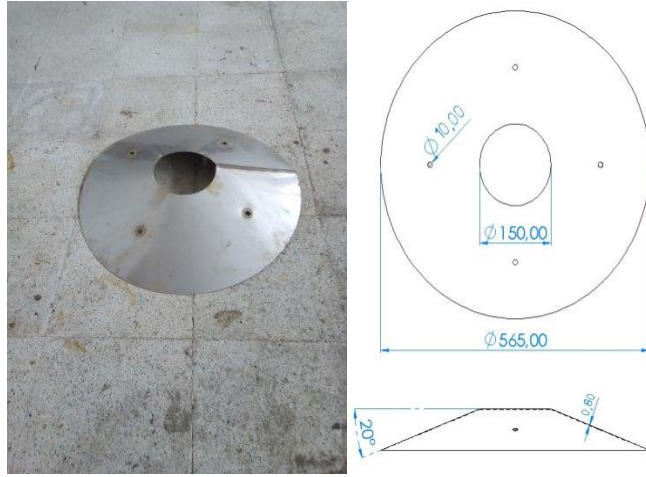
Şekil 3.5. A tipi düz silindirik engel



Şekil 3.6. B tipi 10° açılı konik engel



Şekil 3.7. C tipi 10° açılı ters konik engel



Şekil 3.8. D tipi 20<sup>0</sup> açılı konik engel



Şekil 3.9. E tipi 20<sup>0</sup> açılı ters konik engel



Şekil 3.10. F tipi 30<sup>0</sup> açılı konik engel



**Şekil 3.11.** G tipi  $30^{\circ}$  açılı ters konik engel



## 4. BULGULAR

Bu bölümde deneysel çalışmaların sonuçlarına yer verilmiştir. Deneysel veriler doğrultusunda hangi engelin, hangi yükseklikte, sıcaklık tabakalaşmasını ve sistemin ısı performansını ne kadar etkilediği gösterilmiştir. Çalışmada kullanılan engel modelleri tank tabanından itibaren  $Y=200$  mm, 400 mm ve 600 mm yüksekliğe yerleştirilmiştir. Isıtıcı ve manto hattında 5 lt/dk, şebeke suyu ve kullanım suyu hattında 5lt/dk akış debisi mevcuttur. Şebeke suyu sıcaklığı ( $T_{\text{şebeke}}$ ) deney süresince sabittir. Manto giriş sıcaklığı ( $T_{m,g}$ ) ise deney süresince ortalama  $60^{\circ}\text{C}$ 'dir. (Bu şartlar bütün deneyler için geçerlidir.) Deney sisteminden her 10 saniye için ölçümler alınmıştır. Deneylerden alınan sıcaklık değerleri 15 dakikalık periyotlar halinde tablolarda gösterilmiştir. Her deneyden sonra tank içindeki sıcak su soğutularak şartların bir önceki deneyle aynı olması sağlanmıştır. Toplam 22 adet deney yapılmıştır. Her bir deney 120 dakika sürmüştür. Deneysel çalışmaların sonuçları engelsiz tank, her bir engel modeli ve yüksekliği için ayrı bölümler halinde gösterilecektir.

### 4.1. Engelsiz Tank

Engelsiz tank için yapılan deneyin sonucunda alınan sıcaklık değerleri Çizelge 4.1'de verilmiştir.

**Çizelge 4.1.** Engelsiz tank için deney sonuçları

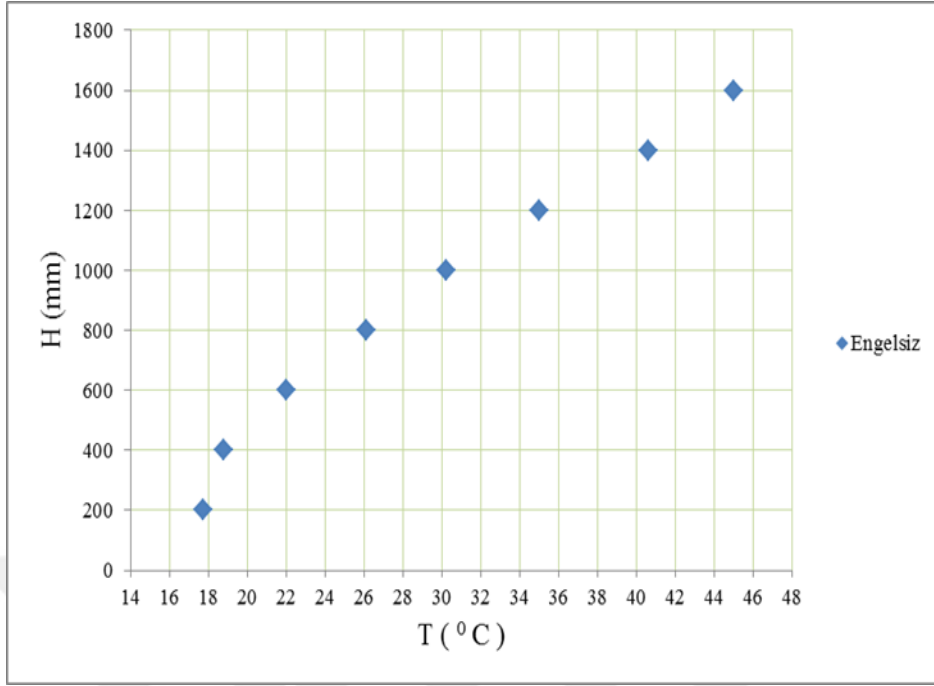
t (dk)	1 ( $^{\circ}\text{C}$ )	2 ( $^{\circ}\text{C}$ )	3 ( $^{\circ}\text{C}$ )	4 ( $^{\circ}\text{C}$ )	5 ( $^{\circ}\text{C}$ )	6 ( $^{\circ}\text{C}$ )	7 ( $^{\circ}\text{C}$ )	8 ( $^{\circ}\text{C}$ )	9 ( $^{\circ}\text{C}$ )	10 ( $^{\circ}\text{C}$ )	11 ( $^{\circ}\text{C}$ )	12 ( $^{\circ}\text{C}$ )	13 ( $^{\circ}\text{C}$ )	14 ( $^{\circ}\text{C}$ )	15 ( $^{\circ}\text{C}$ )	16 ( $^{\circ}\text{C}$ )
0	20,4	20,4	20,5	20,4	20,6	20,6	22	20,5	20,5	20,3	20,6	20,6	20,5	20,7	19,6	20,9
15	18,7	18,9	19,6	20,2	20,6	20,4	21,2	20,6	21,2	22	22,7	23,6	24,7	26,9	28,4	28,1
30	17,8	18	18,6	19,2	20,6	21	22,2	23,5	24,6	25,5	27	28,1	30,1	32,4	33,9	33,9
45	17,9	18	18,2	18,8	20,2	21,2	23,1	24,6	26,1	27,5	29,3	31,1	33,4	35,9	37,3	38,3
60	17,6	17,9	18,1	18,7	20	21,4	23,3	25,2	27,1	28,6	30,7	32,6	35,2	37,9	39,3	41,1
75	17,8	17,8	18,1	18,6	20,2	21,6	24,1	25,5	27,5	29,3	31,5	33,7	36,3	39,1	40,6	42,6
90	17,6	17,8	18,1	18,7	20,2	21,7	24	25,8	27,9	29,6	32,1	34,2	36,9	39,8	41,1	43,6
105	17,6	17,7	18,1	18,8	20,4	22	24,1	25,8	28	29,9	32,4	34,7	37,4	40,4	41,7	44,4
120	17,8	17,7	18	18,8	20,5	22	24,3	26,1	28,1	30,2	32,7	35	37,6	40,6	42	45

**Çizelge 4.1.** Engelsiz tank için deney sonuçları (devam)

t (dk)	T <sub>şebeke</sub> (°C)	T <sub>kullanım</sub> (°C)	T <sub>m,g</sub> (°C)	T <sub>m,ç</sub> (°C)
0	20,2	21,3	21,5	20,8
15	17,3	28,7	63,1	26,7
30	17,5	34,4	63,1	29,9
45	17,5	38	63	30,7
60	17,3	40,4	63,1	31,3
75	17,4	41,8	63,1	31,5
90	17,5	42,7	63,1	31,9
105	17,3	43,3	62,9	32
120	17,3	43,4	62,8	32,1

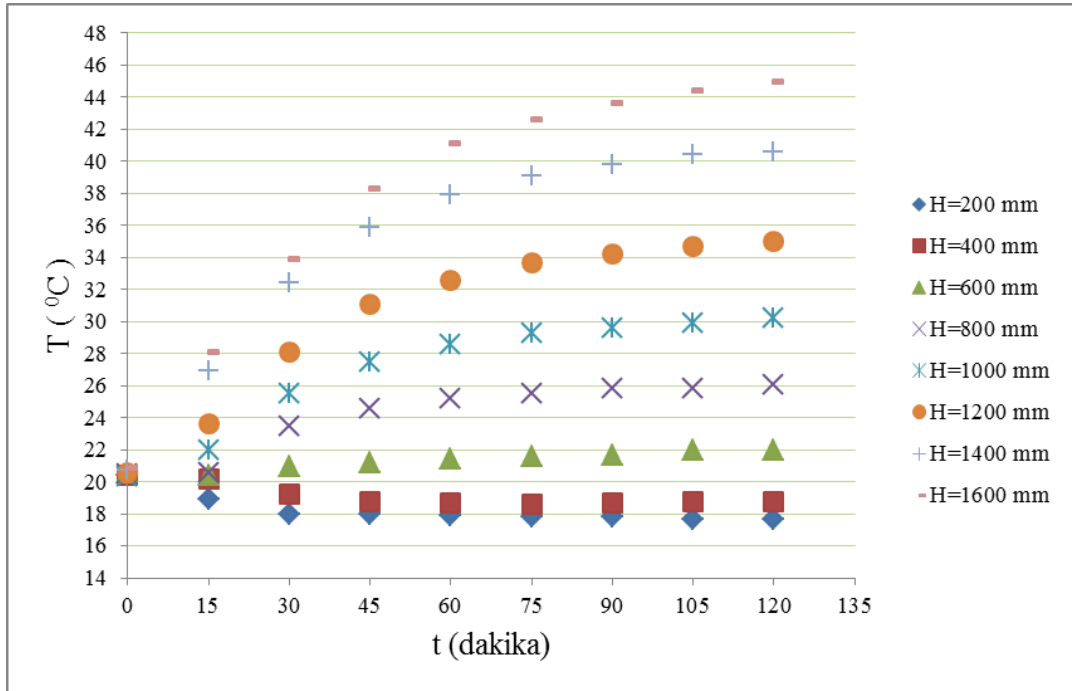
Çizelge 4.1'den de görüldüğü gibi tankın içerisinde başlangıçta yaklaşık olarak 20 °C sıcaklıkta su bulunmaktadır. 120 dakika sonunda tankın en alt noktasında 17,8°C, en üst noktasında ise 45°C sıcaklıkta su bulunmaktadır. Yani tankın alt ve üst noktası arasındaki sıcaklık farkı 27,2°C'dir. Isıtıcı manto su çevriminde su sıcaklığı deney süresince, yaklaşık olarak 63°C'dir. Isıtıcıdan gelen su sıcaklığı ile ısıtıcıya dönen su sıcaklığı arasındaki fark deney başlangıcında yaklaşık 36,4°C iken deney sonunda 30,7°C civarına gerilemiştir. Şebekeden alınan suyun sıcaklığı deney boyunca sabit ve yaklaşık 17,5°C iken; kullanım suyu sıcaklığı 21,3°C'den 43,4°C'ye çıkmıştır. Yani tanktaki su 22,1°C ısıtılıp kullanıma hazır hale getirilmiştir.

Engelsiz tank için tankın içindeki suyun sıcaklığının (T) tankın yüksekliği (H) ile değişimi Şekil 4.1'de verilmiştir.



Şekil 4.1. Engelsiz tank için 120 dakika sonunda H-T değişimi

Engelsiz tankın içindeki sıcaklık değerlerinin zamana bağlı değişimi Şekil 4.2’de verilmiştir.



Şekil 4.2. Engelsiz tank için T-t değişimi

Şekil 4.2’den de görüldüğü gibi tankın içindeki suyun sıcaklık değerleri, artan zamanla birlikte artmaktadır. Tankın alt kısımlarında suyun sıcaklığının deney sonuna kadar şebeke suyuna yakın bir değerde olduğu görülmektedir. Tankın tabanından orta kısımlara kadar suyun sıcaklığında fazla bir artış görülmemektedir. Orta kısımlardan tankın en üst kısımlarına kadar artan zamanla birlikte suyun sıcaklığında önemli bir oranda artış olduğu görülmektedir. Engelsiz tankta az da olsa sıcaklık tabakalaşması görülmektedir.

#### 4.2. Düz silindirik engel (A Tipi)

Bu deneyde A tipi engel tank tabanından itibaren Y=200 mm,400 mm ve 600 mm yüksekliklere yerleştirilmiştir. Tank içinde 16 farklı yükseklikte, manto giriş ve çıkışında, şebeke suyu girişinde ve kullanım suyu çıkışında sıcaklıklar ölçüldü.

##### A tipi engelin Y=200 mm yükseklikteki sonuçları

A tipi engelin Y=200 mm yüksekliğe yerleştirilmesi ile yapılan deneyin sonucunda alınan sıcaklık değerleri Çizelge 4.2’ de verilmiştir.

**Çizelge 4.2.** A tipi engelin Y=200 mm yükseklikteki sonuçları

t (dk)	1 (°C)	2 (°C)	3 (°C)	4 (°C)	5 (°C)	6 (°C)	7 (°C)	8 (°C)	9 (°C)	10 (°C)	11 (°C)	12 (°C)	13 (°C)	14 (°C)	15 (°C)	16 (°C)
0	18,5	18	18,8	18,5	18,8	19,5	19,7	19,5	19,7	19,3	19,2	19,4	18,9	19,4	18,9	20
15	18,6	18,5	18,8	18,8	18,5	19,1	19,5	19,4	20	20,7	21,5	22,7	24,2	26,5	29,4	27,6
30	17,9	17,7	18,1	18,6	19	20,3	21,6	22,5	23,7	24,5	26,2	27,9	30	33	35,8	34,7
45	17,7	17,4	17,7	18,1	19,4	21,3	23,2	24,3	25,9	27,2	29,3	31,3	33,8	36,9	39,3	39
60	17,7	17,4	17,6	18,1	19,7	21,8	24	25,4	27,5	29,2	31,4	33,5	36,1	39,2	41,7	42,1
75	17,7	17,4	17,6	18,1	19,8	22,2	24,4	26,2	28,4	30,2	32,8	35,1	37,7	40,9	43,5	43,8
90	17,5	17,3	17,6	18	19,9	22,4	24,7	26,7	28,9	30,8	33,7	36,1	38,9	42	44,3	45,1
105	17,4	17,3	17,7	18,3	20,2	22,4	24,8	26,8	29,4	31,3	34,1	36,6	39,5	42,7	45	46,1
120	17,6	17,3	17,5	18,1	20,2	22,7	25,1	27,1	29,7	31,7	34,4	37	39,8	43,2	45,6	46,8

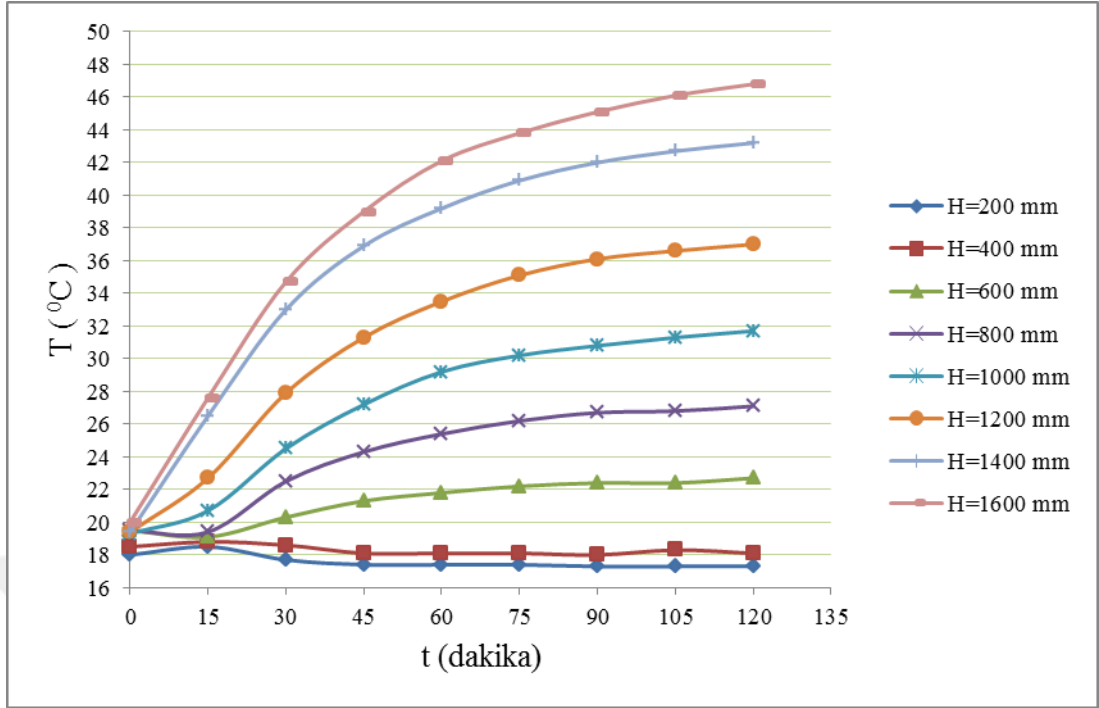


**Çizelge 4.2.** A tipi engelin Y=200 mm yükseklikteki sonuçları (devam)

t (dk)	T <sub>şebeke</sub> (°C)	T <sub>kullanım</sub> (°C)	T <sub>m,g</sub> (°C)	T <sub>m,ç</sub> (°C)
0	21,3	21,6	22,1	19
15	17,8	28,6	66,1	24,1
30	17,5	35,4	66,2	29
45	17,5	39,4	66,1	30,2
60	17,6	42,2	65,9	31,1
75	17,5	43,8	65,9	31,5
90	17,4	45,1	65,9	32,1
105	17,6	45,8	66	32,2
120	17,6	46,1	65,7	32,3

Çizelge 4.2'den de görüldüğü gibi tankın içindeki su başlangıçta 18,5<sup>0</sup>C'dir. Deneysel sonunda tankın en alt noktasındaki suyun sıcaklığı 17,6<sup>0</sup>C ve en üst noktasındaki suyun sıcaklığı 46,8<sup>0</sup>C'dir. Isıtıcıdan yaklaşık olarak 66<sup>0</sup>C su tanka gönderilmiştir. Isıtıcıya giriş ile ısıtıcıya dönüş sıcaklıkları arasındaki fark deney başlangıcında yaklaşık 42<sup>0</sup>C iken deney sonunda 33,4<sup>0</sup>C civarına gerilemiştir. Şebekeden alınan suyun sıcaklığı deney boyunca yaklaşık 17,5<sup>0</sup>C'dir. Kullanım suyu sıcaklığı ise 21,6 °C'den 46,1<sup>0</sup>C'ye çıkmıştır. Yani tanktaki su 24,5 °C ısıtılıp kullanıma hazır hale getirilmiştir.

Tankın içindeki sıcaklık değerlerinin zamana bağlı değişimi Şekil 4.3'de verilmiştir. Bu deneyde engelsiz tanka göre sıcaklık tabakalaşmasının iyileştiği görülmüştür. Sıcaklık tabakalaşması iyileştiğinden dolayı daha yüksek kullanım suyu sıcaklığı elde edilmiştir. Tankın alt kısımlarında sıcaklık değerlerinin deney boyunca şebeke suyuna yakın bir değerde olduğu görülmektedir. Tankın içindeki suyun sıcaklık değerleri, artan zamanla birlikte artmaktadır. Tank içindeki suyun sıcaklık değerlerinde artan yükseklikle birlikte çok ani artışlar yoktur. Genel olarak sıcaklığın zamana bağlı olarak düzenli bir şekilde arttığı görülmektedir. Tankın en alt kısımlarında çok az bir sıcaklık düşüşü görülmektedir.



Şekil 4.3. A tipi engelin Y=200 mm yükseklikteki T-t değişimi

#### A tipi engelin Y=400 mm yükseklikteki sonuçları

A tipi engelin Y=400 mm yüksekliğe yerleştirilmesi ile yapılan deneyin sonucunda alınan sıcaklık değerleri Çizelge 4.3' de verilmiştir.

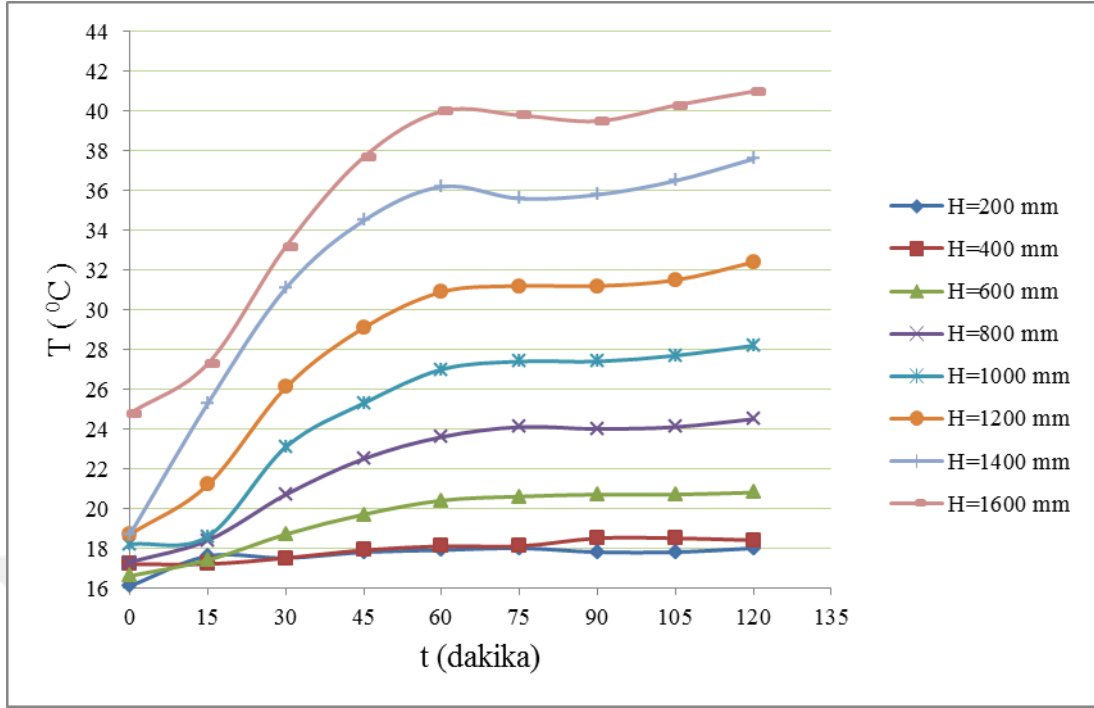
Çizelge 4.3. A tipi engelin Y=400 mm yükseklikteki sonuçları

t (dk)	1 (°C)	2 (°C)	3 (°C)	4 (°C)	5 (°C)	6 (°C)	7 (°C)	8 (°C)	9 (°C)	10 (°C)	11 (°C)	12 (°C)	13 (°C)	14 (°C)	15 (°C)	16 (°C)
0	15,8	16,1	16,4	17,2	17,1	16,6	17,5	17,3	18,8	18,2	20,5	18,7	11,5	18,7	23,4	24,8
15	17,6	17,6	17,6	17,2	17,1	17,4	18	18,4	18,6	18,6	20,1	21,2	22,7	25,3	27,8	27,3
30	17,8	17,5	17,6	17,5	18	18,7	20	20,7	22,2	23,1	24,7	26,1	28,2	31,1	34	33,2
45	18,1	17,8	17,9	17,9	18,6	19,7	21,4	22,5	24,1	25,3	27,3	29,1	31,4	34,5	37	37,7
60	18,1	17,9	18,1	18,1	18,9	20,4	22,2	23,6	25,5	27	29,1	30,9	33,4	36,2	38,5	40
75	18,2	18	18,2	18,1	19,1	20,6	22,6	24,1	26	27,4	29,5	31,2	33,4	35,6	37,5	39,8
90	18,1	17,8	18,1	18,5	19,2	20,7	22,5	24	25,9	27,4	29,5	31,2	33,4	35,8	37,5	39,5
105	18,1	17,8	18,3	18,5	19,4	20,7	22,5	24,1	26,2	27,7	29,7	31,5	33,9	36,5	38,6	40,3
120	18,1	18	18,1	18,4	19,2	20,8	22,9	24,5	26,5	28,2	30,4	32,4	34,8	37,6	39,9	41

**Çizelge 4.3.** A tipi engelin Y=400 mm yükseklikteki sonuçları (devam)

t (dk)	T <sub>şebeke</sub> (°C)	T <sub>kullanım</sub> (°C)	T <sub>m,g</sub> (°C)	T <sub>m,ç</sub> (°C)
0	17,1	20,1	43,6	20,3
15	17,4	28	65,1	25
30	17,6	34,6	64,4	28,2
45	17,5	37,9	62,9	29,4
60	17,5	39,4	54,6	30,1
75	17,6	38,4	54,1	29,9
90	17,7	38,4	57,6	29,8
105	17,5	39,3	60,4	30,1
120	17,5	40,6	63	30,5

Çizelge 4.3'den görüldüğü gibi tankın içindeki su başlangıçta yaklaşık olarak 17,5°C'dir. Deney sonunda tankın en alt noktasındaki su sıcaklığı 18,1°C, en üst noktasındaki su sıcaklığı ise 41°C'dir. Isıtıcıdan yaklaşık olarak 54°C - 64°C arasında su tanka gönderilmiştir. Isıtıcıdan gelen su sıcaklığı ile ısıtıcıya dönen su sıcaklığı arasındaki fark deney başlangıcında yaklaşık 38°C iken deney sonunda 30°C civarına gerilemiştir. Şebekeden alınan suyun sıcaklığı ortalama 17,5°C'dir. Kullanım suyu sıcaklığı ise 20,1°C'den 40,6°C'ye çıkmıştır yani tanktaki su 20,5°C ısıtılıp kullanıma hazır hale getirilmiştir.



**Şekil 4.4.** A tipi engelin Y=400 mm yükseklikteki T-t değişimi

Tankın içindeki sıcaklık değerlerinin zamana bağlı değişimi Şekil 4.4’de verilmiştir. Artan zamanla birlikte tankın içindeki suyun sıcaklığı artmaktadır. Tankın tabanından orta kısımlara kadar fazla sıcaklık artışı görülmemektedir. Tankın alt kısımlarında deney boyunca şebeke suyuna yakın bir sıcaklık değeri görülmektedir. Tankın içindeki suyun sıcaklığının artışı düzgün bir seyir izlememektedir. Tankın üst kısımlarında 60. ve 90. dakikalar arasında sıcaklık değerlerinde azalmalar görülmektedir. Tankın içinde 60. dakikadan itibaren genel olarak sıcaklık değerlerinde fazla bir artış görülmemektedir. Bu deneyde kullanım suyu sıcaklığı, engelsiz tank deneyi ve bir önceki deneyeye göre (Y=200 mm olduğu deney) azalmıştır. Dolayısıyla bu deneyde sıcaklık tabakalaşmasının iyileştiği söylenemez. Yani engel yüksekliği arttıkça sıcaklık tabakalaşmasının iyileştiği söylenemez.

#### **A tipi engelin Y=600 mm yükseklikteki sonuçları**

A tipi engelin Y=600 mm yüksekliğe yerleştirilmesi ile yapılan deneyin sonucunda alınan sıcaklık değerleri Çizelge 4.4’ de verilmiştir.

**Çizelge 4.4.** A tipi engelin Y=600 mm yükseklikteki sonuçları

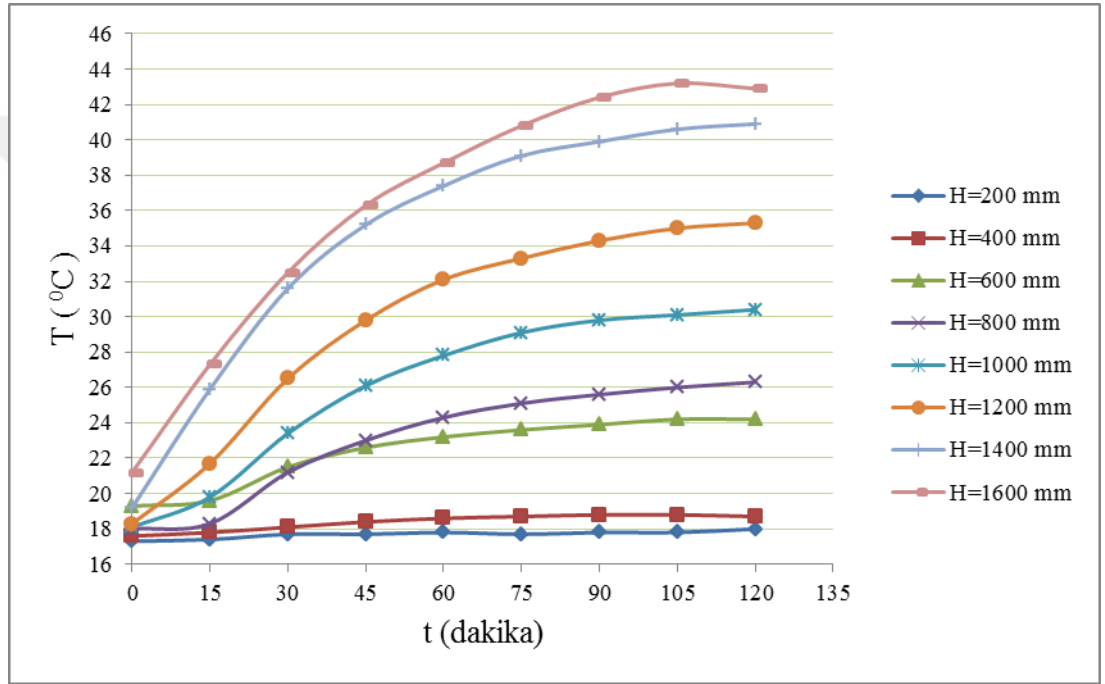
t (dk)	1 (°C)	2 (°C)	3 (°C)	4 (°C)	5 (°C)	6 (°C)	7 (°C)	8 (°C)	9 (°C)	10 (°C)	11 (°C)	12 (°C)	13 (°C)	14 (°C)	15 (°C)	16 (°C)
0	17,6	17,3	17,6	17,6	17,8	19,3	18	18	18,3	18,1	18,1	18,3	18,5	19,2	18,6	21,2
15	17,9	17,4	17,8	17,8	18,1	19,6	18,3	18,3	19,2	19,8	20,7	21,7	23,4	25,9	27,4	27,3
30	18,3	17,7	17,9	18,1	18,8	21,5	21,4	21,2	22,6	23,4	24,8	26,5	28,8	31,6	32,9	32,5
45	18,2	17,7	18,1	18,4	19,5	22,6	23,2	23	24,8	26,1	27,9	29,8	32,4	35,2	36	36,3
60	18,1	17,8	18,2	18,6	20,1	23,2	24	24,3	26,3	27,8	29,9	32,1	34,5	37,4	38,1	38,7
75	18,1	17,7	18,3	18,7	20,5	23,6	24,7	25,1	27,5	29,1	31,1	33,3	36	39,1	39,7	40,8
90	18,1	17,8	18,3	18,8	20,6	23,9	25	25,6	28,1	29,8	32	34,3	37	39,9	40,6	42,4
105	18,1	17,8	18,3	18,8	20,7	24,2	25,2	26	28,5	30,1	32,6	35	37,7	40,6	41	43,2
120	18,3	18	18,3	18,7	20,6	24,2	25,5	26,3	28,9	30,4	32,7	35,3	38	40,9	41,4	42,9

**Çizelge 4.4.** A tipi engelin Y=600 mm yükseklikteki sonuçları (devam)

t (dk)	T <sub>şebeke</sub> (°C)	T <sub>kullanım</sub> (°C)	T <sub>m,g</sub> (°C)	T <sub>m,ç</sub> (°C)
0	19,6	21,2	22,5	19,2
15	17,5	27,8	64,4	24,2
30	17,5	34,2	64,4	28,4
45	17,6	38,1	64,5	29,7
60	17,6	40,5	64,4	30,5
75	17,5	42	64,2	31
90	17,8	43	64	31,4
105	17,7	43,7	63,7	31,4
120	17,5	44,1	63,2	31,5

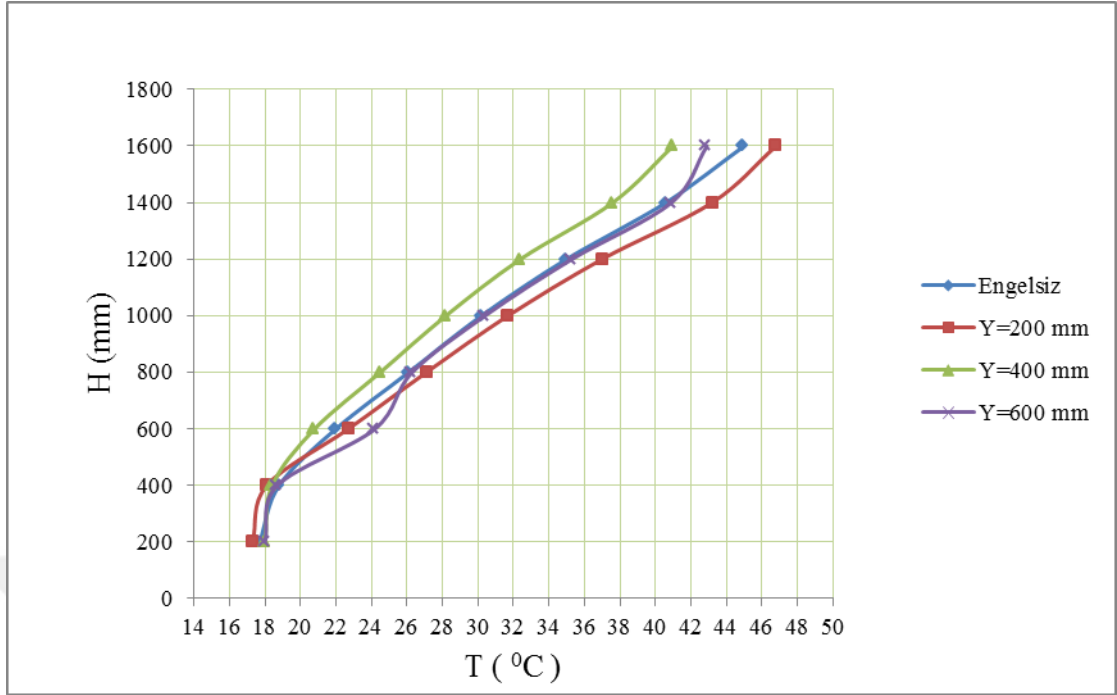
Çizelge 4.4'den görüldüğü gibi tank içerisindeki su başlangıçta yaklaşık olarak 18<sup>0</sup>C'dir. Deney sonunda tankın en alt noktasındaki su 18,3<sup>0</sup>C, en üst noktasındaki su 42,9<sup>0</sup>C'dir. Isıtıcıdan yaklaşık olarak 63,5<sup>0</sup>C - 64,5<sup>0</sup>C arasındaki sıcak su tanka gönderilmiştir. Isıtıcıya giriş ile ısıtıcıya dönüş sıcaklıkları arasındaki fark deney başlangıcında 40,2<sup>0</sup>C iken deney sonunda 31,7<sup>0</sup>C'ye kadar sürekli azalmıştır. Şebekeden alınan suyun sıcaklığı yaklaşık olarak 17,5<sup>0</sup>C'dir. Kullanım suyu sıcaklığı 21,2<sup>0</sup>C'den 44,1<sup>0</sup>C'ye çıkmıştır. Yani tanktaki su 22,9<sup>0</sup>C ısıtılıp kullanıma hazır hale getirilmiştir.

Tankın içindeki sıcaklık değerlerinin zamana bağlı değişimi Şekil 4.5’de verilmiştir. Şekil 4.5’de görüldüğü gibi tankın içindeki suyun sıcaklığı artan zamanla birlikte artmaktadır. Tankın tabanından tavanına kadar sıcaklık değişimi görülür. Sıcaklık değerleri tankın tabanında düşükken tavanında yüksektir. Tankın alt kısımlarında deney sonuna kadar şebeke suyu sıcaklığına yakın değerler görülmektedir. Tankın en üst kısmında 105. dakikadan sonra çok az bir sıcaklık azalması görülmektedir. Kullanım suyu sıcaklığı engelsiz tank deneyi ve Y=400 mm yükseklikteki deneye göre artmış fakat Y=200 mm yükseklikteki deneye göre azalmıştır.



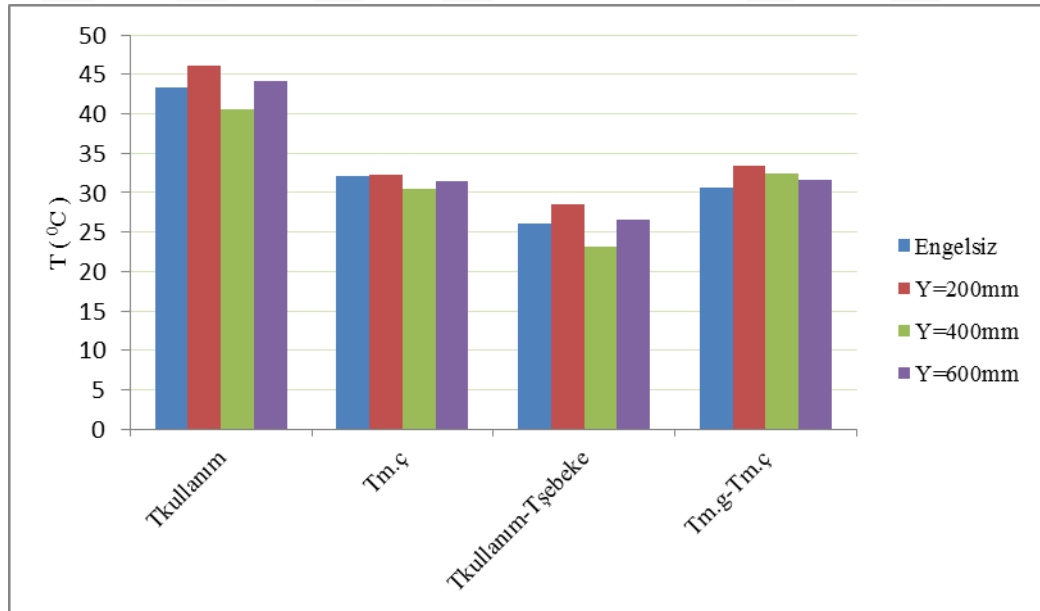
Şekil 4.5. A tipi engelin Y=600 mm yükseklikteki T-t değişimi

A tipi engel için 120 dakika sonundaki sıcaklık değerlerinin yükseklik ile değişimi Şekil 4.6’da gösterilmiştir.



Şekil 4.6. A tipi engel yerleştirilmiş tanktaki 120 dakika sonunda T-H değişimi

A tipi engel için farklı yüksekliklerdeki sıcaklık ve sıcaklık farkı değerleri Şekil 4.7' de sütun diyagram olarak verilmiştir.



Şekil 4.7. A tipi engel için sıcaklık ve sıcaklık farkı değerleri

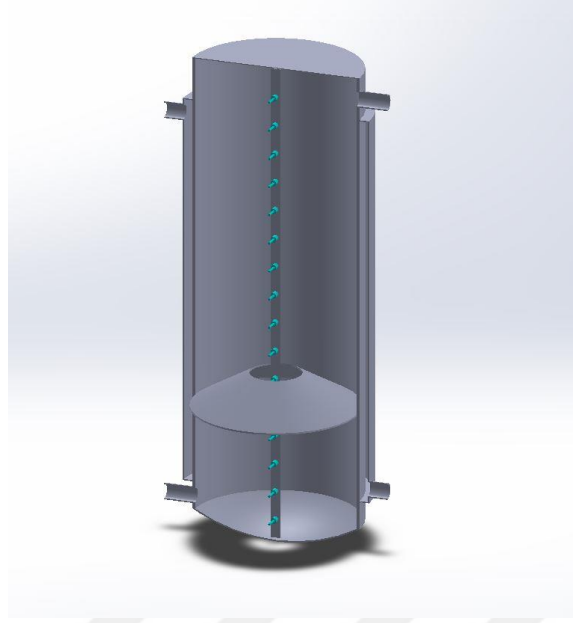
Burada sıcaklık tabakalaşmasını açıklamak ve tankın ısı performansını değerlendirmek için sadece tankın içerisindeki sıcaklık dağılımına bakmak yetmez. Kullanım suyu

sıcaklığı ( $T_{\text{kullanım}}$ ), kullanım suyu sıcaklığı ile şebeke suyu sıcaklığı arasındaki fark ( $T_{\text{kullanım}}-T_{\text{şebeke}}$ ), ısıtıcıya dönüş sıcaklığı ( $T_{\text{m,ç}}$ ), manto giriş ve çıkışındaki sıcaklık farkı ( $T_{\text{m,g}}-T_{\text{m,ç}}$ ) mantolu sıcak su tankları için önemli performans parametrelerindedir ve sıcaklık tabakalaşmasını değerlendirmek açısından önemlidir. Manto giriş ve çıkışındaki sıcaklık farkı mantoda dolaşan sudan ne kadar ısı enerjisi aldığımızı gösterir. Manto çıkış sıcaklığının az olması ( $T_{\text{m,ç}}$ ), manto giriş ve çıkışındaki sıcaklık farkının yüksek olması ( $T_{\text{m,g}}-T_{\text{m,ç}}$ ) mantodan tankın içindeki suya olan ısı transferinin fazla olduğunu gösterir. Kullanım suyu sıcaklığı ile şebeke suyu sıcaklığı arasındaki farkın ( $T_{\text{kullanım}}-T_{\text{şebeke}}$ ) yüksek olması şebekeden aldığımız suyun sıcaklığını yüksek oranda arttırdığımızı gösterir. Bu çalışmada tank içerisindeki en iyi tabakalaşmanın olabilmesi için aynı zamanda kullanım suyu sıcaklık değerinin yüksek olması, kullanım suyu ile şebeke suyu arasındaki sıcaklık farkının yüksek olması, manto çıkış sıcaklığının yani kolektöre dönüş sıcaklığının düşük olması, manto giriş ve çıkışındaki sıcaklık farkının yüksek olması gerekir. Şekil 4.6 ve 4.7'den de görüldüğü gibi engelin her yükseklikte sıcaklık tabakalaşmasını iyileştirdiği söylenemez. Engelin 400 mm yüksekliğe yerleştirildiği durumda en düşük kullanım suyu sıcaklığı elde edilmiştir. En yüksek kullanım suyu sıcaklığı engelin 200 mm yüksekliğe yerleştirilmesi ile elde edilmiştir. Tankın en üst noktası ile en alt noktası arasındaki sıcaklık farkının en yüksek olduğu durum, engelin 200 mm yükseklikte olduğu durumdur. Manto giriş sıcaklığı ile manto çıkış sıcaklığı arasındaki farkın en yüksek olduğu durum 200 mm yükseklikteki durumdur. Kullanım suyu sıcaklığı ile şebeke suyu sıcaklığı arasındaki en yüksek fark yine engelin 200 mm yükseklikte olduğu durumda görülmektedir. Bütün bu bilgiler doğrultusunda tanktaki en iyi sıcaklık tabakalaşmasının A tipi engelin 200 mm yüksekliğe yerleştirilmesi ile elde edildiği görülmüştür. Böyle bir durumda engel yüksekliği arttıkça sıcaklık tabakalaşmasının iyileştiği söylenemez.

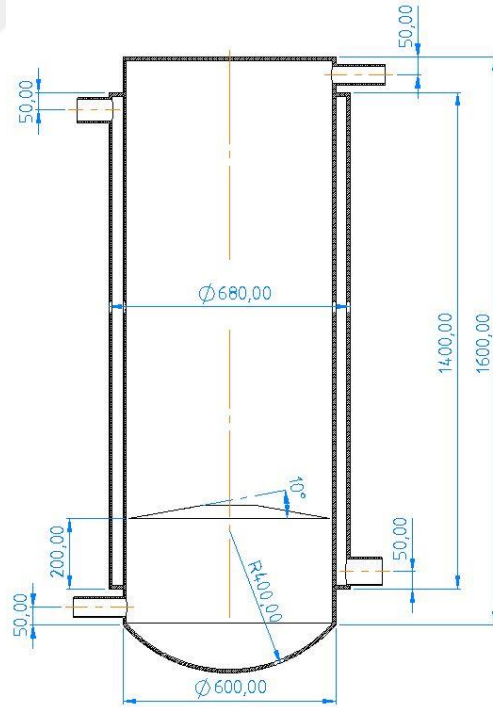
### **4.3. 10<sup>0</sup> açılı konik engel (B Tipi)**

Bu deneyde B tipi engel diğer engeller gibi tank tabanından itibaren 200 mm, 400 mm ve 600 mm yüksekliğe yerleştirilmiştir. Tank içinde 16 farklı yükseklikte, manto giriş ve çıkışında, şebeke suyu girişinde ve kullanım suyu çıkışında sıcaklıklar ölçüldü.





Şekil 4.8. Engelli tankın şematik görünümü



Şekil 4.9. B tipi engelin tank içindeki şematik görünümü

## B tipi engelin Y=200 mm yükseklikteki sonuçları

B tipi engelin Y=200 mm yüksekliğe yerleştirilmesi ile yapılan deneyin sonucunda alınan sıcaklık değerleri Çizelge 4.5' de verilmiştir.

**Çizelge 4.5.** B tipi engelin Y=200 mm yükseklikteki sonuçları

t (dk)	1 (°C)	2 (°C)	3 (°C)	4 (°C)	5 (°C)	6 (°C)	7 (°C)	8 (°C)	9 (°C)	10 (°C)	11 (°C)	12 (°C)	13 (°C)	14 (°C)	15 (°C)	16 (°C)
0	21,1	21,1	21	20,9	19,2	21,3	22,7	21,1	21	20,9	21,1	21,1	21	21,1	20,5	20,5
15	19,2	19,1	19,2	19,7	19,1	21,3	21,8	21,2	21,2	21,9	23	24	25,3	27,2	30,1	27,9
30	18,1	18	18,1	18,8	19,1	21,5	22,7	23,2	24,4	25,5	27	28,4	30,3	32,7	35,6	34,4
45	17,7	17,7	17,9	18,5	19	21,5	23,2	24,3	25,8	27,3	29,3	31,1	33,6	36,1	38,8	38,2
60	17,6	17,4	17,7	18,5	19,4	21,7	23,4	24,9	26,8	28,6	30,9	32,7	35,3	37,9	40,7	41
75	17,5	17,6	17,7	18,5	19,5	21,8	23,7	25,3	27,2	29,1	31,6	33,8	36,6	39,3	42,1	42,6
90	17,5	17,6	17,6	18,5	19,8	22	24	25,6	27,7	29,6	32,2	34,5	37,3	40,1	42,8	43,6
105	17,5	17,4	17,5	18,4	19,9	22,2	24,3	25,9	27,9	29,9	32,7	35,1	37,8	40,5	43,1	44,5
120	17,4	17,5	17,7	18,5	19,8	22,1	24,1	26,1	28,1	30,3	32,9	35,1	37,9	40,8	43,5	44,6

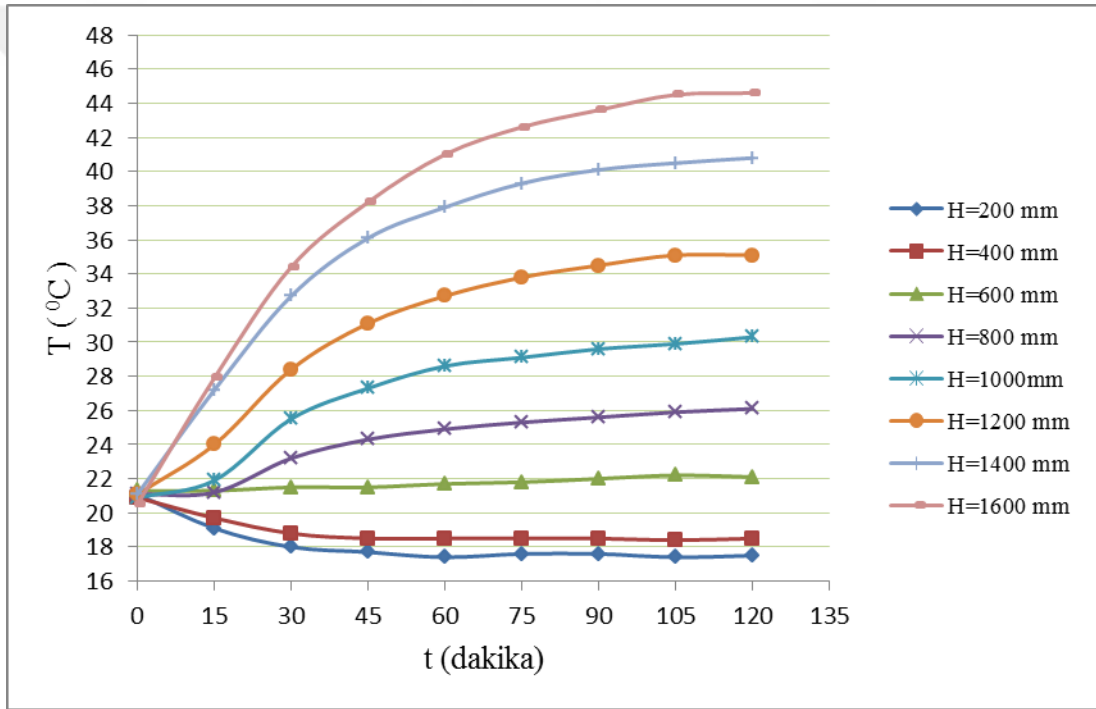
**Çizelge 4.5.** B tipi engelin Y=200 mm yükseklikteki sonuçları (devam)

t (dk)	T <sub>şebeke</sub> (°C)	T <sub>kullanım</sub> (°C)	T <sub>m,g</sub> (°C)	T <sub>m,ç</sub> (°C)
0	20,4	21,8	35,1	21,3
15	17,5	29	63,5	25,8
30	17,5	35,1	63,4	29
45	17,6	38,6	63,5	29,8
60	17,6	41	63,5	30,3
75	17,5	42,2	63,5	30,8
90	17,6	43,1	63,5	31,1
105	17,5	43,6	63,2	31,3
120	17,6	44	63,1	31,2

Çizelge 4.5'den de görüldüğü gibi tankın içindeki su başlangıçta yaklaşık olarak 20°C'dir. Deney sonunda tankın en alt noktasında 17,4°C, en üst noktasında ise 44,6°C su bulunmaktadır. Isıtıcıdan yaklaşık olarak 63°C-63,5°C arasında su tanka gönderilmiştir. Isıtıcıya giriş ile ısıtıcıya dönüş sıcaklıkları arasındaki fark başlangıçta 37,7°C iken deney sonunda bu fark 31,9°C'ye kadar düşmüştür. Şebekeden alınan suyun

sıcaklığı yaklaşık olarak  $17,5^{\circ}\text{C}$ 'dir. Kullanım suyu sıcaklığı ise  $21,8^{\circ}\text{C}$ 'den  $44^{\circ}\text{C}$ 'ye çıkmıştır. Yani tanktaki su  $22,2^{\circ}\text{C}$  ısıtılıp kullanıma hazır hale getirilmiştir.

Tankın içindeki sıcaklık değerlerinin zamana bağlı değişimi Şekil 4.10'da verilmiştir. Tank tabanından 200 mm ve 400 mm yükseklikte 45.dakikaya kadar sıcaklık azalmış ve deney sonuna kadar şebeke suyuna yakın bir değerde devam etmiştir. Tank içinde ani bir sıcaklık artışı söz konusu değildir. Artan zamanla birlikte tankın içindeki suyun sıcaklığı 600 mm yükseklikten itibaren artmıştır. Engelsiz duruma göre sıcaklık tabakalaşmasında iyileşme görülmektedir.



Şekil 4.10. B tipi engelin  $Y=200$  mm yükseklikteki T-t değişimi

#### B tipi engelin $Y=400$ mm yükseklikteki sonuçları

B tipi engelin  $Y=400$  mm yüksekliğe yerleştirilmesi ile yapılan deneyin sonucunda alınan sıcaklık değerleri Çizelge 4.6' da verilmiştir.

**Çizelge 4.6.** B tipi engelin Y=400 mm yükseklikteki sonuçları

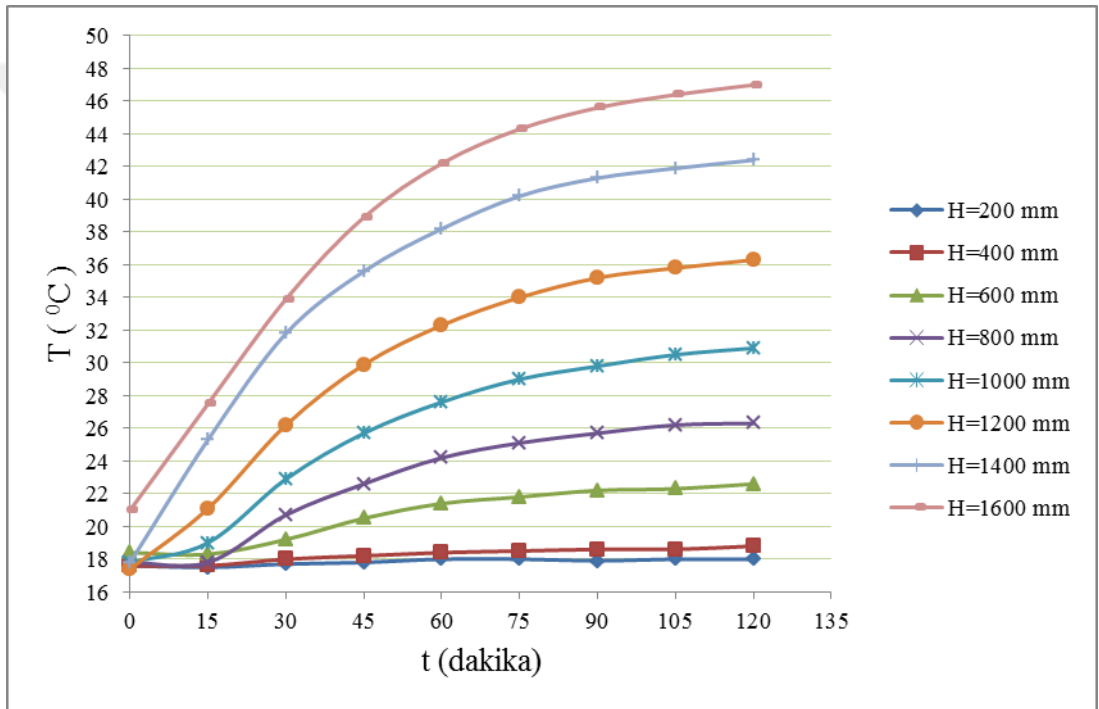
t (dk)	1 (°C)	2 (°C)	3 (°C)	4 (°C)	5 (°C)	6 (°C)	7 (°C)	8 (°C)	9 (°C)	10 (°C)	11 (°C)	12 (°C)	13 (°C)	14 (°C)	15 (°C)	16 (°C)
0	16,6	17,6	17,7	17,6	16,8	18,4	18,2	17,8	18,3	17,8	17,9	17,4	17,5	17,8	17,4	21
15	17,5	17,5	17,5	17,6	16,6	18,3	18,1	17,8	18,5	19	20,2	21,1	22,7	25,3	28,6	27,5
30	17,6	17,7	17,9	18	18,1	19,2	19,9	20,7	21,9	22,9	24,5	26,2	28,7	31,8	35,1	33,9
45	17,8	17,8	18,1	18,2	19	20,5	21,4	22,6	24,3	25,7	27,7	29,9	32,6	35,6	38,8	38,9
60	18,1	18	18,1	18,4	19,5	21,4	22,7	24,2	26,1	27,6	29,9	32,3	35,1	38,2	41,4	42,2
75	17,9	18	18,2	18,5	19,8	21,8	23,4	25,1	27,3	29	31,4	34	36,9	40,2	43,4	44,3
90	17,9	17,9	18,2	18,6	19,9	22,2	23,8	25,7	28	29,8	32,4	35,2	38	41,3	44,4	45,6
105	17,9	18	18,4	18,6	20	22,3	24,2	26,2	28,5	30,5	33,2	35,8	38,6	41,9	45	46,4
120	18,1	18	18,3	18,8	20,3	22,6	24,5	26,3	28,7	30,9	33,6	36,3	39,2	42,4	45,5	47

**Çizelge 4.6.** B tipi engelin Y=400 mm yükseklikteki sonuçları (devam)

t (dk)	T <sub>şebeke</sub> (°C)	T <sub>kullanım</sub> (°C)	T <sub>m,g</sub> (°C)	T <sub>m,ç</sub> (°C)
0	17,7	19	29	18,4
15	17,4	27,7	66,9	23,6
30	17,5	35,1	67,1	28
45	17,6	39,4	67	29,3
60	17,5	41,9	67,1	30,5
75	17,5	43,6	66,8	30,9
90	17,7	44,9	66,9	31,2
105	17,6	45,7	66,8	31,5
120	17,6	46	66,6	31,6

Çizelge 4.6'dan da görüldüğü gibi tankın içindeki su başlangıçta yaklaşık olarak 17,5°C'dir. Deney sonunda tankın alt noktasında 18,1°C, üst noktasında ise 47°C su bulunmaktadır. Yani tankın alt ve üst noktası arasındaki sıcaklık farkı 28,9°C'dir. Isıtıcıdan yaklaşık olarak 67°C su tanka gönderilmiştir. Isıtıcıdan gelen su sıcaklığı ile ısıtıcıya dönen su sıcaklığı arasındaki fark deney başlangıcında 43,3°C iken deney sonunda bu fark 35°C'ye düşmüştür. Şebekeden alınan suyun sıcaklığı yaklaşık olarak 17,5°C'dir. Kullanım suyu sıcaklığı ise 19°C'den 46°C'ye çıkmıştır. Tanktaki su 27°C ısıtılıp kullanıma hazır hale getirilmiştir.

Tankın içindeki sıcaklık değerlerinin zamana bağlı değişimi Şekil 4.11’de verilmiştir. Şekil 4.11’den de görüldüğü gibi tankın alt kısımlarında sıcaklık değerlerinin deney boyunca şebeke suyuna yakın bir değerde olduğu görülmektedir. Sıcaklık değerlerinde herhangi bir dalgalanma görülmemektedir. Tank içinde suyun sıcaklığında ani bir artış yoktur. Sıcaklık yükseklikle beraber zamana bağlı olarak artmıştır. Tankın içerisinde düzgün bir sıcaklık dağılımı görülmektedir. Bu deneyde kullanım suyu sıcaklığı engelsiz duruma ve  $Y=200$  mm durumuna göre artmıştır. Dolayısıyla sıcaklık tabakalaşması da iyileşmiştir.



Şekil 4.11. B tipi engelin  $Y=400$  mm yükseklikteki T-t değişimi

### B tipi engelin $Y=600$ mm yükseklikteki sonuçları

B tipi engelin  $Y=600$  mm yüksekliğe yerleştirilmesi ile yapılan deneyin sonucunda alınan sıcaklık değerleri Çizelge 4.7’ de verilmiştir.

**Çizelge 4.7. B tipi engelin Y=600 mm yükseklikteki sonuçları**

t (dk)	1 (°C)	2 (°C)	3 (°C)	4 (°C)	5 (°C)	6 (°C)	7 (°C)	8 (°C)	9 (°C)	10 (°C)	11 (°C)	12 (°C)	13 (°C)	14 (°C)	15 (°C)	16 (°C)
0	18,2	18,7	18,8	18,7	17,9	18,6	18,7	19,1	18,9	18,9	19,8	20,5	21,9	22,1	18,9	21,4
15	17,9	18,1	18,3	18,4	18	18,5	19,2	18,7	19	20,2	21,8	23	24,9	27,5	27,7	28,6
30	18,1	18,2	18,4	18,4	18,6	19,7	20,8	21,2	22,5	23,7	25,7	27,5	29,9	32,9	33,2	34,3
45	18,1	18,1	18,5	18,5	19,4	20,8	22	22,8	24,4	26,2	28,5	30,5	33,2	36,5	36,8	37,8
60	18,1	18,1	18,4	18,7	19,9	21,5	22,8	24,1	26	27,9	30,4	32,6	35,3	38,8	39	40,8
75	18,3	18,3	18,5	18,9	20,3	21,9	23,5	25,1	27,2	29,2	31,8	34,1	37	40,4	40,3	42,8
90	18	18,2	18,6	18,8	20,3	22,1	23,8	25,7	27,8	29,9	32,7	34,9	38	41,4	41	43,9
105	18,1	18,3	18,6	18,8	20,4	22,3	24,3	26,1	28,3	30,5	33,2	35,7	38,7	42,2	41,7	45
120	18,1	18,1	18,6	19	20,6	22,5	24,3	26,4	28,7	30,9	33,7	36,3	39,3	42,9	42,1	45,8

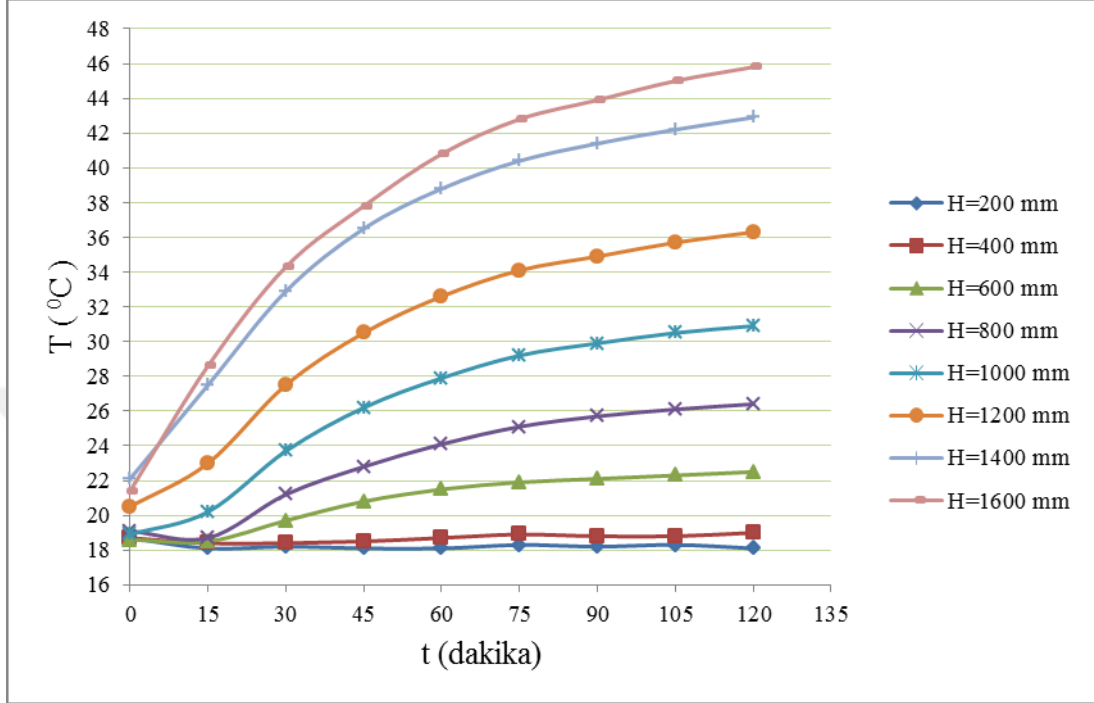
**Çizelge 4.7. B tipi engelin Y=600 mm yükseklikteki sonuçları (devam)**

t (dk)	T <sub>şebeke</sub> (°C)	T <sub>kullanım</sub> (°C)	T <sub>m,g</sub> (°C)	T <sub>m,ç</sub> (°C)
0	17,2	22,7	52,8	19,8
15	17,5	29,7	66,5	24,8
30	17,5	35,8	66,7	28,4
45	17,6	39,5	66,6	29,5
60	17,8	41,8	66,7	30,5
75	17,6	43,3	66,6	31
90	17,5	44,3	66,6	31,4
105	17,7	45,1	66,5	31,5
120	17,7	45,3	66,3	31,9

Çizelge 4.7'den de görüldüğü gibi tankın içindeki su başlangıçta yaklaşık olarak 18,5<sup>0</sup>C'dir. 120 dakikanın sonunda tankın alt noktasında 18,1<sup>0</sup>C, üst noktasında 45,8<sup>0</sup>C sıcaklıkta su bulunmaktadır. Yani tankın alt ve üst noktası arasındaki sıcaklık farkı 27,7<sup>0</sup>C'dir. Isıtıcıdan yaklaşık olarak 66,5<sup>0</sup>C su tanka gönderilmiştir. Isıtıcıdan gelen su sıcaklığı ile ısıtıcıya dönen su sıcaklığı arasındaki fark deney başlangıcında 41,7<sup>0</sup>C iken deney sonunda bu fark 34,4<sup>0</sup>C'ye düşmüştür. Şebekeden alınan suyun sıcaklığı yaklaşık olarak 17,5<sup>0</sup>C'dir. Kullanım suyu sıcaklığı ise 22,7<sup>0</sup>C'den 45,3<sup>0</sup>C'ye çıkmıştır. Yani tanktaki su 22,6<sup>0</sup>C ısıtılıp kullanıma hazır hale getirilmiştir.

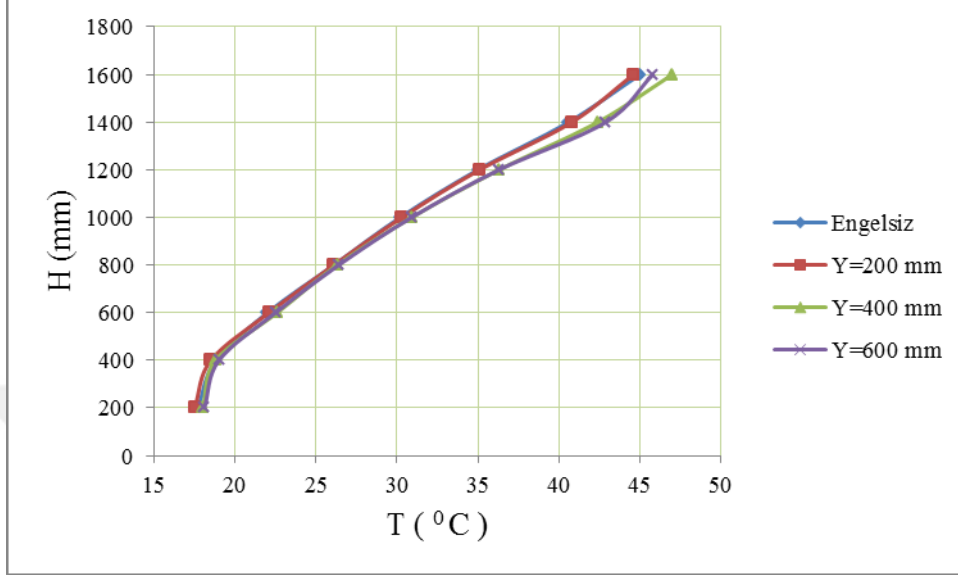
Tankın içindeki sıcaklık değerlerinin zamana bağlı değişimi Şekil 4.12'de verilmiştir. Şekil 4.12'den de görüldüğü gibi tankın alt kısımlarında sıcaklık değerlerinin deney

boyunca şebeke suyuna yakın bir değerde olduğu görülmektedir. Sıcaklık değerlerinde herhangi bir dalgalanma görülmemektedir. Tankın içindeki sıcaklık artan zaman ve yükseklikle birlikte artmıştır. Genel olarak düzgün bir sıcaklık dağılımı vardır.



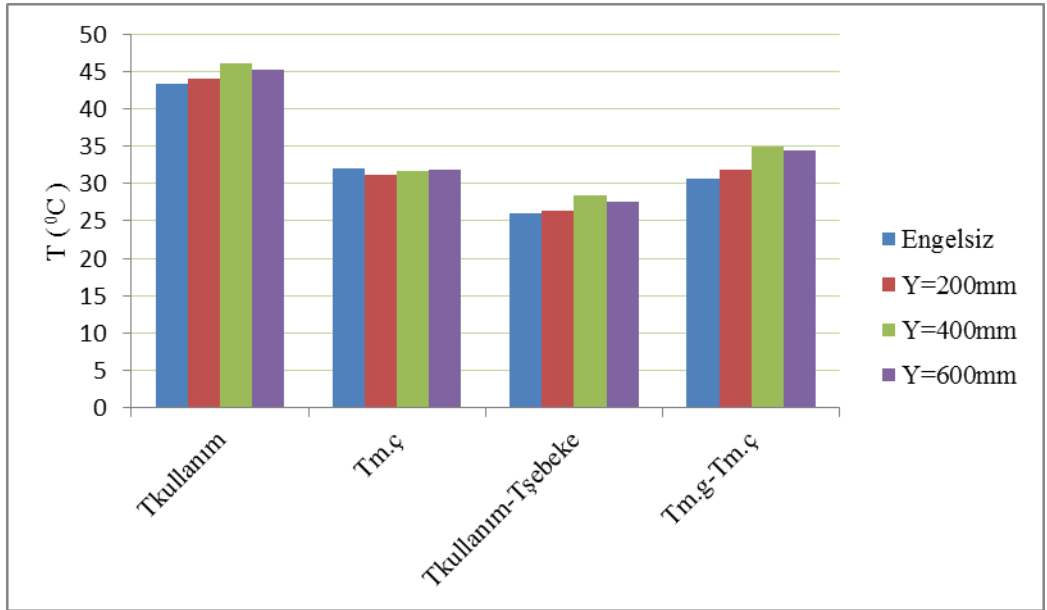
Şekil 4.12. B tipi engelin Y=600 mm yükseklikteki T-t değişimi

B tipi engel için 120 dakika sonundaki sıcaklık değerlerinin yükseklik ile değişimi Şekil 4.13’de gösterilmiştir.



Şekil 4.13. B tipi engel yerleştirilmiş tanktaki 120 dakika sonunda T-H değişimi

B tipi engel için farklı yüksekliklerdeki sıcaklık ve sıcaklık farkı değerleri Şekil 4.14’ de sütun diyagram olarak verilmiştir.



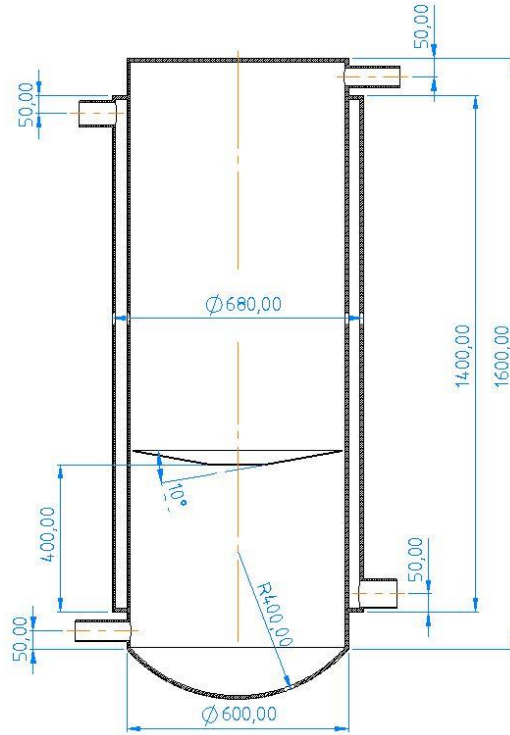
Şekil 4.14. B tipi engel için sıcaklık ve sıcaklık farkı değerleri



B tipi engelle yapılan bütün deneylerde engelsiz duruma göre sıcaklık tabakalaşmasında iyileşme görülmüştür. En yüksek kullanım suyu sıcaklığı engelin 400 mm yüksekliğe yerleştirilmesi ile elde edilmiştir. Yine aynı şekilde tankın en üst noktası ile en alt noktası arasındaki sıcaklık farkının en yüksek olduğu durum engelin 400 mm yükseklikte olduğu durumdur. Manto giriş sıcaklığı ile manto çıkış sıcaklığı arasındaki farkın en yüksek olduğu durum 400 mm yükseklikteki durumdur. Kullanım suyu sıcaklığı ile şebeke suyu sıcaklığı arasındaki en yüksek fark yine engelin 400 mm yükseklikte olduğu durumda görülmektedir. Bütün bu bilgiler doğrultusunda tanktaki en iyi sıcaklık tabakalaşmasının A tipi engelin 400 mm yüksekliğe yerleştirilmesi ile elde edildiği görülmüştür.

#### 4.4. $10^0$ açılı ters konik engel (C Tipi)

Bu deneyde C tipi engel diğer engeller gibi tank tabanından itibaren 200 mm, 400 mm ve 600 mm yüksekliğe yerleştirilmiştir. Tank içinde 16 farklı yükseklikte, manto giriş ve çıkışında, şebeke suyu girişinde ve kullanım suyu çıkışında sıcaklıklar ölçüldü.



Şekil 4.15. C tipi engelin tank içindeki şematik görünümü

### C tipi engelin Y=200 mm yükseklikteki sonuçları

C tipi engelin Y=200 mm yüksekliğe yerleştirilmesi ile yapılan deneyin sonucunda alınan sıcaklık değerleri Çizelge 4.8' de verilmiştir.

**Çizelge 4.8.** C tipi engelin Y=200 mm yükseklikteki sonuçları

t (dk)	1 (°C)	2 (°C)	3 (°C)	4 (°C)	5 (°C)	6 (°C)	7 (°C)	8 (°C)	9 (°C)	10 (°C)	11 (°C)	12 (°C)	13 (°C)	14 (°C)	15 (°C)	16 (°C)
0	17,1	17,3	17,7	17,1	16,9	17,9	16,9	23,6	18,7	17,9	18	17,9	17,7	18,3	16,9	21,2
15	17,3	17,4	17,7	17,8	17,4	18,6	18,1	18,1	18,7	19,2	20,4	21,3	23	25,7	26,2	30,6
30	17,6	17,7	17,7	17,9	18,1	19,6	20,4	21	22,5	23,1	24,7	26,4	28,6	31,9	31,9	33,4
45	17,7	17,7	17,8	18,4	19,1	20,8	21,8	22,9	24,6	25,7	27,8	29,7	32,1	35,5	34,7	37,4
60	17,9	17,7	17,9	18,4	19,6	21,6	22,9	24,1	26	27,4	29,6	31,6	34,2	37,3	36	39,6
75	17,9	17,7	17,9	18,4	19,6	22	23,3	24,9	26,5	28	30,3	32,1	34,1	36,7	35	39,6
90	17,9	17,6	17,9	18,6	19,7	21,7	23,2	24,7	26,5	27,9	30,3	32	34,1	36,8	35,2	39,6
105	18	17,9	18	18,6	19,8	21,9	23,4	24,9	26,8	28,4	30,6	32,6	34,8	37,7	36,1	40,6
120	17,9	17,7	17,9	18,6	19,8	21,9	23,4	25	27,2	28,8	31,1	33,1	35,6	38,8	37,3	41,8

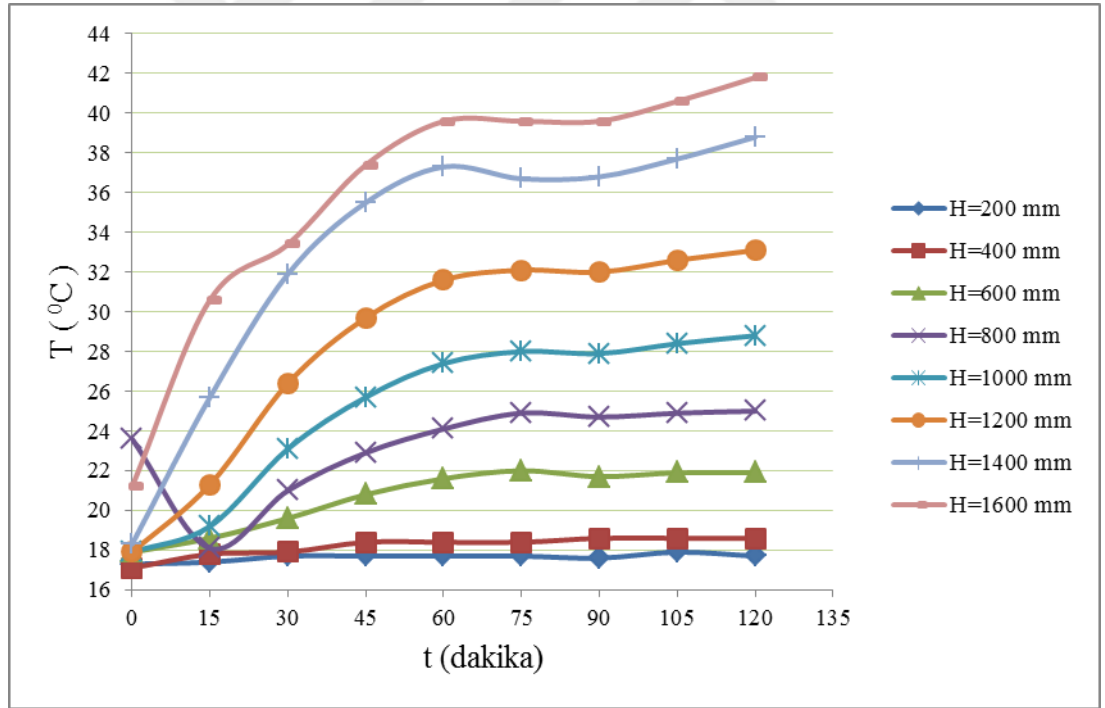
**Çizelge 4.8.** C tipi engelin Y=200 mm yükseklikteki sonuçları (devam)

t (dk)	T <sub>şebeke</sub> (°C)	T <sub>kullanım</sub> (°C)	T <sub>m,g</sub> (°C)	T <sub>m,ç</sub> (°C)
0	17,5	19	34,5	18,8
15	17,6	26,4	65,4	23,5
30	17,6	34,2	64,5	27,8
45	17,5	38,1	63,1	29
60	17,6	40	57,7	29,8
75	17,6	39,2	54,1	29,8
90	17,6	39,1	57,7	29,6
105	17,6	40,1	60,4	29,9
120	17,7	41,5	63,1	30,1

Çizelge 4.8'den de görüldüğü gibi tankın içindeki su başlangıçta yaklaşık olarak 17,5°C'dir. 120 dakikanın sonunda tankın en alt noktasında 17,9°C, en üst noktasında 41,8°C sıcaklıkta su bulunmaktadır. Yani tankın alt ve üst noktası arasındaki sıcaklık farkı 23,9°C'dir. Isıtıcıdan yaklaşık olarak 54°C-65°C arasında su tanka gönderilmiştir.

Isıtıcıdan gelen su sıcaklığı ile ısıtıcıya dönen su sıcaklığı arasındaki fark deney boyunca 24,3<sup>0</sup>C-41,9<sup>0</sup>C arasında değişmiştir. Şebekeden alınan suyun sıcaklığı yaklaşık olarak 17,5<sup>0</sup>C'dir. Kullanım suyu sıcaklığı ise 19<sup>0</sup>C'den 41,5<sup>0</sup>C'ye çıkmıştır. Yani tanktaki su 22,5 <sup>0</sup>C ısıtılıp kullanıma hazır hale getirilmiştir.

Tankın içindeki sıcaklık değerlerinin zamana bağlı değişimi Şekil 4.16'da verilmiştir. Engelsiz duruma göre kullanım suyu sıcaklığında düşüş görülmektedir. Şekil 4.16'dan da görüldüğü gibi tankın alt kısımlarında sıcaklık değerlerinin deney boyunca şebeke suyuna yakın bir değerde olduğu görülmektedir. Tankın tabanından itibaren 800 mm yükseklikteki sıcaklık değeri 15. dakikaya kadar sürekli düşüş göstermiş, daha sonra tekrar yükselmeye başlamıştır. Tankın üst kısımlarında 60. ve 105. dakikalar arasında sıcaklık değerlerinde düşüş görülmektedir. Engelsiz duruma göre sıcaklık tabakalaşmasının iyileştiği söylenemez.



Şekil 4.16. C tipi engelin Y=200 mm yükseklikteki T-t değişimi

### C tipi engelin Y=400 mm yükseklikteki sonuçları

C tipi engelin Y=400 mm yüksekliğe yerleştirilmesi ile yapılan deneyin sonucunda alınan sıcaklık değerleri Çizelge 4.9' da verilmiştir.

**Çizelge 4.9.** C tipi engelin Y=400 mm yükseklikteki sonuçları

t (dk)	1 (°C)	2 (°C)	3 (°C)	4 (°C)	5 (°C)	6 (°C)	7 (°C)	8 (°C)	9 (°C)	10 (°C)	11 (°C)	12 (°C)	13 (°C)	14 (°C)	15 (°C)	16 (°C)
0	18,5	18,8	19,1	19,4	19,5	21,2	20,6	20,5	21	20,5	20,6	20,4	20,4	20,7	19,3	22,2
15	18,9	18,7	18,9	19	18,8	20,1	20,4	20,6	20,8	21,6	22,7	23,7	24,9	27,3	27,9	28,2
30	18,3	18,3	18,7	18,8	19,4	21	21,6	22,4	23,9	24,8	26,4	28,1	30,2	33	33,1	34,3
45	18,1	18	18,3	18,6	19,8	21,7	22,7	23,9	25,8	27,2	29,1	31	33,5	36,5	36,2	38,4
60	18	17,9	18,3	18,6	20	22,3	23,6	25,1	27,1	28,7	31	32,9	35,5	38,6	38,1	41,1
75	18	18	18,5	18,7	20,3	22,5	23,9	25,6	27,9	29,6	32,2	34,3	36,9	40,1	39,2	43
90	18,3	18	18,5	18,6	20,3	22,9	24,4	26,2	28,3	30,3	32,9	35,3	37,9	40,9	39,9	44,2
105	18,1	18	18,4	18,8	20,7	23	24,6	26,4	28,9	30,8	33,4	35,6	38,4	41,7	40,5	45,2
120	18,2	18,2	18,6	18,8	20,6	23	24,7	26,7	29,2	31	33,9	36,2	38,8	41,9	40,7	45,7

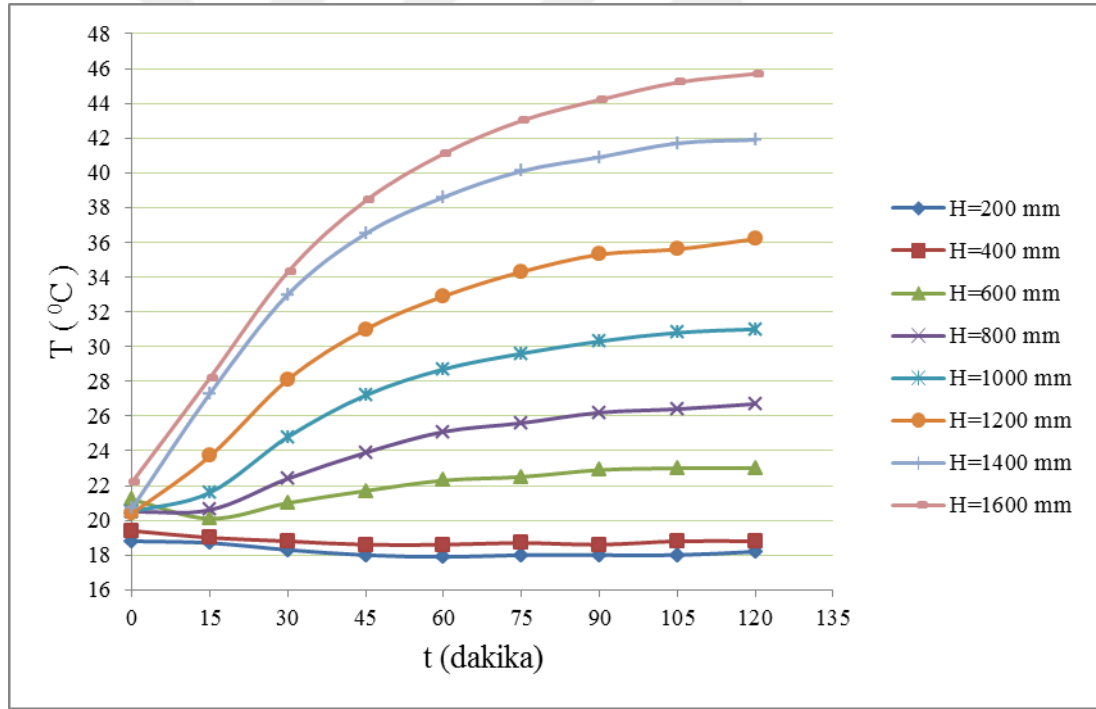
**Çizelge 4.9.** C tipi engelin Y=400 mm yükseklikteki sonuçları (devam)

t (dk)	T <sub>şebeke</sub> (°C)	T <sub>kullanım</sub> (°C)	T <sub>m,g</sub> (°C)	T <sub>m,ç</sub> (°C)
0	19,1	22,5	23,8	19,9
15	17,6	29,3	63,9	24,8
30	17,7	35,4	64	28,6
45	17,5	39,2	64,1	29,9
60	17,6	41,4	63,9	30,6
75	17,5	42,9	64	31,1
90	17,5	43,8	63,8	31,5
105	17,6	44,4	63,8	31,6
120	17,6	44,8	63,6	31,8

Çizelge 4.9'dan da görüldüğü gibi tankın içindeki su başlangıçta yaklaşık olarak 19,5°C'dir. 120 dakikanın sonunda tankın en alt noktasında 18,2°C, en üst noktasında 45,7°C sıcaklıkta su bulunmaktadır. Yani tankın alt ve üst noktası arasındaki sıcaklık farkı 27,5°C'dir. Isıtıcıdan yaklaşık olarak 64°C su tanka gönderilmiştir. Isıtıcıdan gelen su sıcaklığı ile ısıtıcıya dönen su sıcaklığı arasındaki fark deney başlangıcında

39,1<sup>0</sup>C iken deney sonunda bu fark 31,8<sup>0</sup>C 'ye düşmüştür. Şebekeden alınan suyun sıcaklığı yaklaşık olarak 17,5<sup>0</sup>C'dir. Kullanım suyu sıcaklığı ise 22,5<sup>0</sup>C'den 44,8<sup>0</sup>C'ye çıkmıştır. Yani tanktaki su 22,3<sup>0</sup>C ısıtılıp kullanıma hazır hale getirilmiştir.

Tankın içindeki sıcaklık değerlerinin zamana bağlı değişimi Şekil 4.17'de verilmiştir. Engelsiz duruma ve Y=200 mm durumuna göre sıcaklık tabakalaşmasında iyileşme görülmektedir. Sıcaklık tabakalaşması iyileştiğinden dolayı daha yüksek kullanım suyu sıcaklığı elde edilmiştir. Tankın alt kısımlarında suyun sıcaklığında çok fazla bir artış görülmemektedir. Tankın alt kısımlarında sıcaklık değerlerinin deney boyunca şebeke suyuna yakın bir değerde olduğu görülmektedir. Artan zaman ve yükseklikle birlikte tankın içindeki suyun sıcaklığı artmaktadır. Genel olarak tank içerisinde düzgün bir sıcaklık dağılımı vardır.



Şekil 4.17. C tipi engelin Y=400 mm yükseklikteki T-t değişimi

#### C tipi engelin Y=600 mm yükseklikteki sonuçları

C tipi engelin Y=600 mm yüksekliğe yerleştirilmesi ile yapılan deneyin sonucunda alınan sıcaklık değerleri Çizelge 4.10' da verilmiştir.

**Çizelge 4.10.** C tipi engelin Y=600 mm yükseklikteki sonuçları

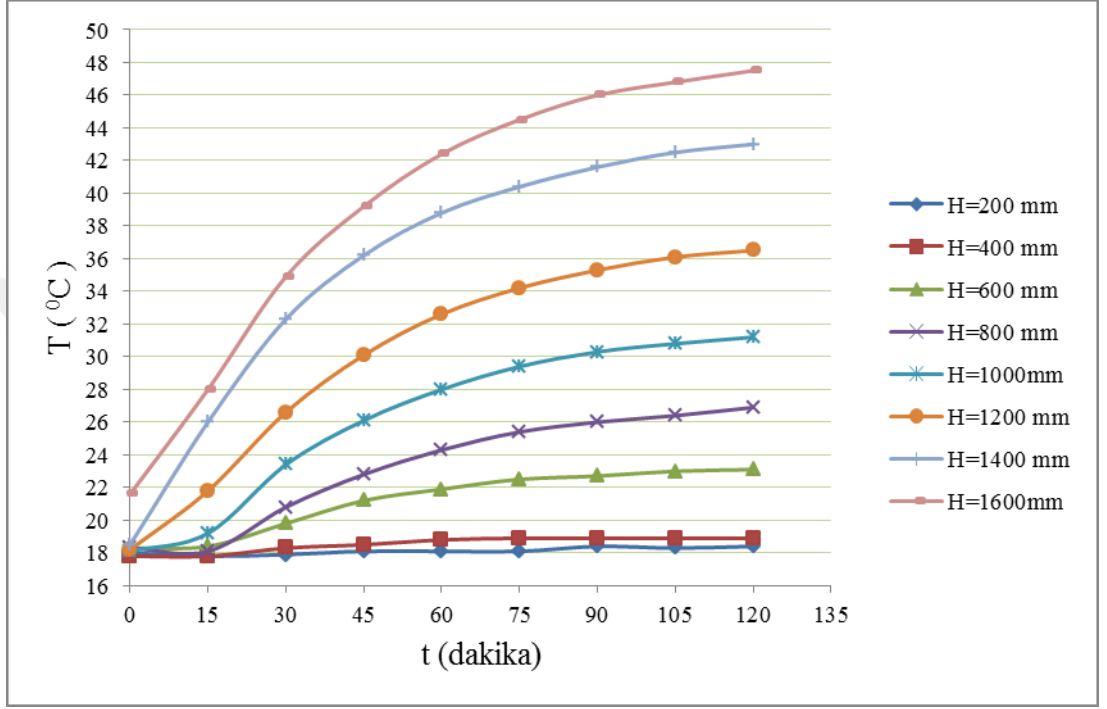
t (dk)	1 (°C)	2 (°C)	3 (°C)	4 (°C)	5 (°C)	6 (°C)	7 (°C)	8 (°C)	9 (°C)	10 (°C)	11 (°C)	12 (°C)	13 (°C)	14 (°C)	15 (°C)	16 (°C)
0	17,3	18	17,8	17,8	17,8	18,3	18,3	18,3	18,1	18,1	18,3	18,2	18,1	18,5	16,9	21,6
15	17,5	17,8	17,8	17,8	17,4	18,4	18,2	18,1	18,6	19,2	20,5	21,8	23,5	26	27,4	28
30	17,9	17,9	18,1	18,3	18,5	19,8	20,6	20,8	22,1	23,4	25	26,6	29,1	32,3	33,1	34,9
45	18,3	18,1	18,3	18,5	19,3	21,2	22,2	22,8	24,6	26,1	28,2	30,1	32,8	36,2	36,4	39,2
60	18,2	18,1	18,5	18,8	19,8	21,9	23,2	24,3	26,1	28	30,4	32,6	35,5	38,8	38,5	42,4
75	18,3	18,1	18,5	18,9	20,2	22,5	23,8	25,4	27,5	29,4	31,8	34,2	37,1	40,4	40,1	44,5
90	18,3	18,4	18,6	18,9	20,3	22,7	24,3	26	28,1	30,3	32,9	35,3	38,2	41,6	40,9	46
105	18,3	18,3	18,5	18,9	20,6	23	24,8	26,4	28,7	30,8	33,5	36,1	39,2	42,5	41,7	46,8
120	18,3	18,4	18,6	18,9	20,5	23,1	24,9	26,9	29	31,2	34,1	36,5	39,5	43	41,9	47,5

**Çizelge 4.10.** C tipi engelin Y=600 mm yükseklikteki sonuçları (devam)

t (dk)	T <sub>şebeke</sub> (°C)	T <sub>kullanım</sub> (°C)	T <sub>m,g</sub> (°C)	T <sub>m,ç</sub> (°C)
0	17,5	19,4	30,1	18,7
15	17,6	28,1	67,3	23,6
30	17,8	35,5	67,5	28,1
45	17,8	39,5	67,3	29,6
60	17,6	42,1	67,3	30,5
75	17,7	44	67,3	31
90	17,9	45	67,1	31,4
105	17,7	45,8	67,2	31,7
120	17,7	46,3	67,2	32

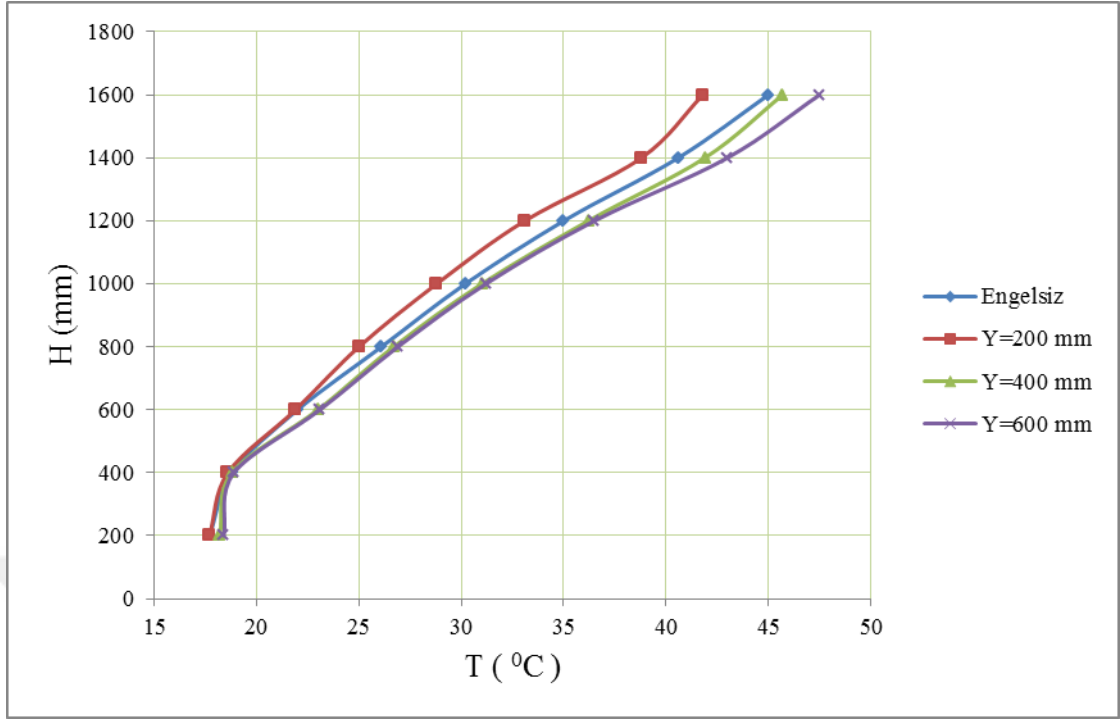
Çizelge 4.10'dan da görüldüğü gibi tankın içindeki su başlangıçta yaklaşık olarak 18°C'dir. 120 dakikanın sonunda tankın en alt noktasında 18,3°C, en üst noktasında 47,5°C sıcaklıkta su bulunmaktadır. Yani tankın alt ve üst noktası arasındaki sıcaklık farkı 29,2°C'dir. Isıtıcıdan yaklaşık olarak 67,1°C-67,5°C arasında su tanka gönderilmiştir. Isıtıcıdan gelen su sıcaklığı ile ısıtıcıya dönen su sıcaklığı arasındaki fark deney başlangıcında 43,7°C iken deney sonunda bu fark 35,2°C'ye düşmüştür. Şebekeden alınan suyun sıcaklığı yaklaşık olarak 17,5°C'dir. Kullanım suyu sıcaklığı ise 19,4°C'den 46,3°C'ye çıkmıştır. Yani tanktaki su 26,9°C ısıtılıp kullanıma hazır hale getirilmiştir.

Tankın içindeki sıcaklık değerlerinin zamana bağlı değişimi Şekil 4.18’de verilmiştir. Şekil 4.18’e göre tankın alt kısımlarında suyun sıcaklığında fazla bir artış görülmemektedir. Tankın orta ve üst kısımlarına doğru çıkıldıkça artan zamanla birlikte sıcaklık değerlerinin de arttığı görülmektedir. Tankın içerisinde ani sıcaklık artışları olmamakla birlikte genel olarak düzgün bir sıcaklık dağılımı görülmektedir.



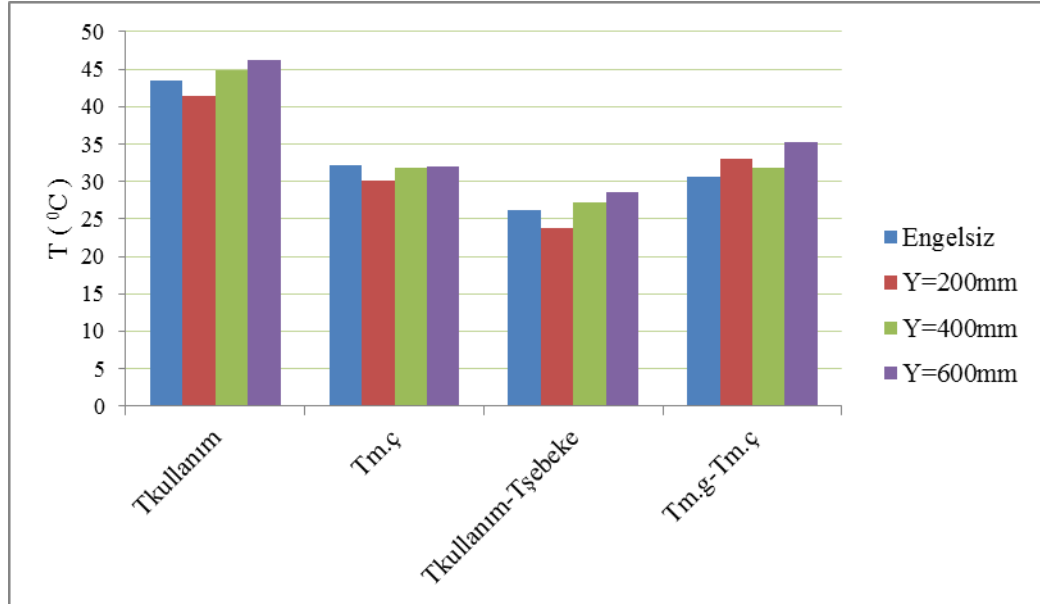
Şekil 4.18. C tipi engelin Y=600 mm yükseklikteki T-t değişimi

C tipi engel için 120 dakika sonundaki sıcaklık değerlerinin yükseklik ile değişimi Şekil 4.19’da gösterilmiştir.



Şekil 4.19. C tipi engel yerleştirilmiş tanktaki 120 dakika sonunda T-H değişimi

C tipi engel için farklı yüksekliklerdeki sıcaklık ve sıcaklık farkı değerleri Şekil 4.20' de sütun diyagram olarak verilmiştir.



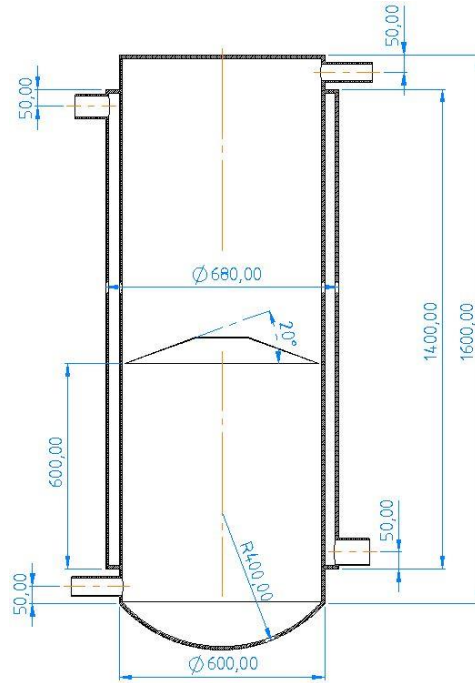
Şekil 4.20. C tipi engel için sıcaklık ve sıcaklık farkı değerleri



C tipi engelle yapılan deneylerden alınan veriler doğrultusunda en yüksek kullanım suyu sıcaklığının engelin 600 mm yüksekliğe yerleştirilmesi ile elde edildiği görülmüştür. Tankın en üst noktası ile en alt noktası arasındaki sıcaklık farkının en yüksek olduğu durum engelin 600 mm yükseklikte olduğu durumdur. Manto giriş sıcaklığı ile manto çıkış sıcaklığı arasındaki farkın en yüksek olduğu durum 600 mm yükseklikteki durumdur. Kullanım suyu sıcaklığı ile şebeke suyu sıcaklığı arasındaki en yüksek fark yine engelin 600 mm yükseklikte olduğu durumda görülmektedir. Y=200 mm durumu dışında her bir engel konumunda engelsiz tanka göre sıcaklık tabakalaşmasında iyileştirme sağlanmıştır. Dolayısıyla bu bilgiler doğrultusunda tanktaki en iyi sıcaklık tabakalaşmasının C tipi engelin 600 mm yüksekliğe yerleştirilmesi ile elde edildiği görülmüştür.

#### 4.5. 20° açılı konik engel (D Tipi)

Bu deneyde D tipi engel diğer engeller gibi tank tabanından itibaren 200 mm, 400 mm ve 600 mm yüksekliğe yerleştirilmiştir. Tank içinde 16 farklı yükseklikte, manto giriş ve çıkışında, şebeke suyu girişinde ve kullanım suyu çıkışında sıcaklıklar ölçüldü.



Şekil 4.21. D tipi engelin tank içindeki şematik görünümü

### D tipi engelin Y=200 mm yükseklikteki sonuçları

D tipi engelin Y=200 mm yüksekliğe yerleştirilmesi ile yapılan deneyin sonucunda alınan sıcaklık değerleri Çizelge 4.11' de verilmiştir.

**Çizelge 4.11.** D tipi engelin Y=200 mm yükseklikteki sonuçları

t (dk)	1 (°C)	2 (°C)	3 (°C)	4 (°C)	5 (°C)	6 (°C)	7 (°C)	8 (°C)	9 (°C)	10 (°C)	11 (°C)	12 (°C)	13 (°C)	14 (°C)	15 (°C)	16 (°C)
0	17,6	17,9	18,1	18,3	18,4	19,3	18,5	18,5	19,3	18,5	18,4	18,4	18,5	18,7	18,3	22
15	17,5	17,7	17,7	17,9	18	19	18,7	18,6	19,6	20,2	21,2	22,3	24,2	27	29,1	28,8
30	17,6	17,8	17,9	18,4	18,5	20,1	21,2	22	23,3	24,4	26	27,8	30,3	33,5	34,7	35,1
45	17,9	17,9	17,9	18,5	19,4	21,4	22,9	24,1	26	27,5	29,5	31,3	34,2	37,6	38,5	39,5
60	17,8	17,7	18	18,9	19,8	22,2	23,9	25,4	27,8	29,4	31,7	33,8	36,9	40,2	40,7	42,4
75	17,8	17,8	17,9	19	20,3	22,8	24,6	26,4	28,8	30,7	33,4	35,5	38,6	41,9	42,2	44,6
90	18	18	18,1	19	20,5	23,1	25,2	27,2	29,5	31,6	34,4	36,8	39,7	43	43	45,6
105	18,1	18	18,1	19,2	20,7	23,5	25,6	27,7	30,1	32,2	35,2	37,5	40,7	43,8	43,6	46,6
120	18,3	18	18,1	19,3	20,8	23,7	25,8	27,8	30,6	32,6	35,6	37,9	41,1	44,4	43,9	47,4

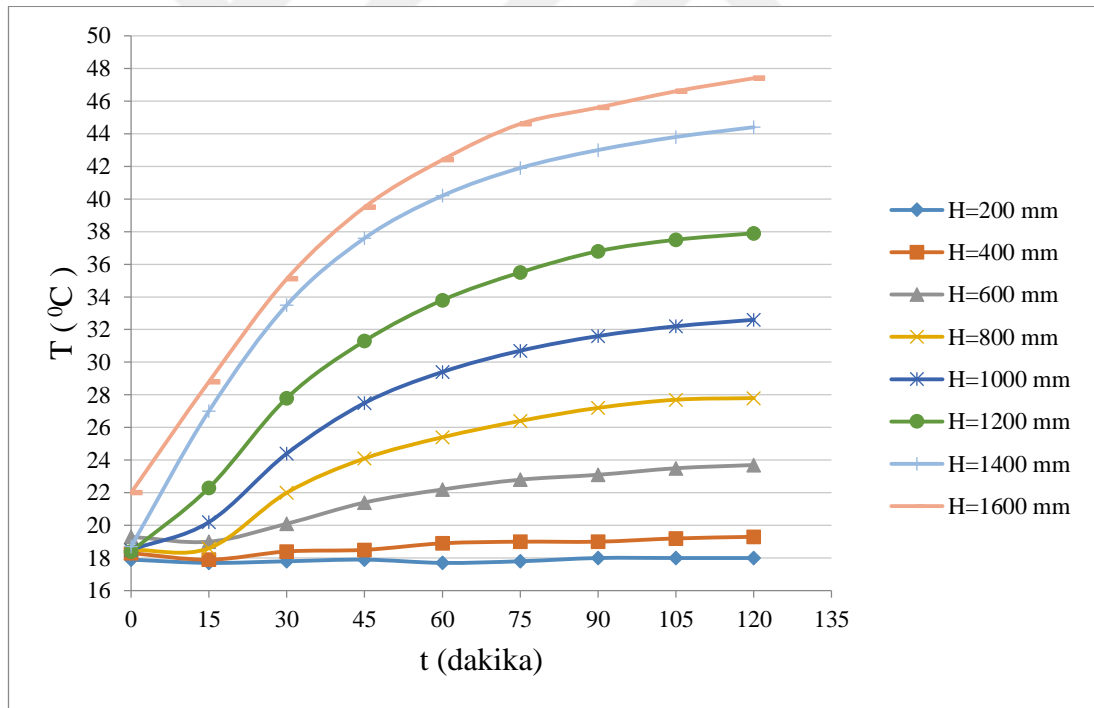
**Çizelge 4.11.** D tipi engelin Y=200 mm yükseklikteki sonuçları (devam)

t (dk)	T <sub>şebeke</sub> (°C)	T <sub>kullanım</sub> (°C)	T <sub>m,g</sub> (°C)	T <sub>m,ç</sub> (°C)
0	17,8	19,5	63,9	19,1
15	17,7	29,1	67,2	25,4
30	17,8	36,3	67,2	29,1
45	17,8	40,6	67,2	30,6
60	17,7	43,3	67,2	31,6
75	17,8	45	67,2	32,3
90	17,7	46,2	67	32,6
105	17,8	46,9	66,9	32,9
120	17,8	47,6	67	33,1

Çizelge 4.11'den de görüldüğü gibi tankın içindeki su başlangıçta yaklaşık olarak 18,5<sup>0</sup>C'dir. 120 dakikanın sonunda tankın en alt noktasında 18,3<sup>0</sup>C, en üst noktasında 47,4<sup>0</sup>C sıcaklıkta su bulunmaktadır. Yani tankın alt ve üst noktası arasındaki sıcaklık farkı 29,1<sup>0</sup>C'dir. Isıtıcıdan yaklaşık olarak 67<sup>0</sup>C su tanka gönderilmiştir. Isıtıcıdan gelen su sıcaklığı ile ısıtıcıya dönen su sıcaklığı arasındaki fark deney başlangıcında 41,8<sup>0</sup>C iken deney sonunda bu fark 33,9<sup>0</sup>C 'ye düşmüştür. Şebekeden alınan suyun

sıcaklığı yaklaşık olarak  $17,8^{\circ}\text{C}$ 'dir. Kullanım suyu sıcaklığı ise  $19,5^{\circ}\text{C}$ 'den  $47,6^{\circ}\text{C}$ 'ye çıkmıştır. Yani tanktaki su  $28,1^{\circ}\text{C}$  ısıtılıp kullanıma hazır hale getirilmiştir.

Tankın içindeki sıcaklık değerlerinin zamana bağlı değişimi Şekil 4.22'de verilmiştir. Şekil 4.22'ye göre tankın alt kısımlarında suyun sıcaklığında fazla bir artış görülmemektedir. Tankın orta ve üst kısımlarına doğru çıkıldıkça artan zamanla birlikte sıcaklık değerlerinin de arttığı görülmektedir. Tankın içerisinde ani sıcaklık artışları olmamakla birlikte genel olarak düzgün bir sıcaklık dağılımı görülmektedir. Engelsiz tanka göre sıcaklık tabakalaşmasında iyileşme görülmektedir. Tankın içerisinde suyun sıcaklığı en üst noktada  $47,4^{\circ}\text{C}$ 'ye çıkmıştır. Tankın alt kısımlarında sıcaklık değerlerinin deney boyunca şebeke suyuna yakın bir değerde olduğu görülmektedir. Genel olarak düzgün bir sıcaklık dağılımı vardır. Artan zaman ve yükseklikle birlikte suyun sıcaklığı da artmaktadır.



Şekil 4.22. D tipi engelin Y=200 mm yükseklikteki T-t değişimi

### D tipi engelin Y=400 mm yükseklikteki sonuçları

D tipi engelin Y=400 mm yüksekliğe yerleştirilmesi ile yapılan deneyin sonucunda alınan sıcaklık değerleri Çizelge 4.12' de verilmiştir.

**Çizelge 4.12.** D tipi engelin Y=400 mm yükseklikteki sonuçları

t (dk)	1 (°C)	2 (°C)	3 (°C)	4 (°C)	5 (°C)	6 (°C)	7 (°C)	8 (°C)	9 (°C)	10 (°C)	11 (°C)	12 (°C)	13 (°C)	14 (°C)	15 (°C)	16 (°C)
0	18,7	19,2	19,6	19,7	23	20,1	20	20,1	20,5	20	20,1	19,8	19,7	20,3	20,3	22,6
15	18,5	18,7	18,9	19,2	19,6	19,8	20,2	20,3	21,1	21,8	22,9	23,7	25,4	27,6	30,7	28,8
30	18,2	18,5	18,6	19,1	19,8	20,7	21,6	22,6	24,3	25,4	26,9	28,3	30,6	33,3	36,5	35,1
45	18,2	18,3	18,5	18,9	20,2	21,4	22,8	24,1	26	27,5	29,5	31,4	33,9	36,6	39,9	38,7
60	18,4	18,5	18,6	19,1	20,3	21,7	23,5	25,2	27,1	28,9	31,1	33,1	35,9	38,7	41,7	41,1
75	18,3	18,4	18,6	19,2	20,6	22	23,9	25,7	27,6	29,6	32,1	34,1	36,9	39,8	43	42,8
90	18,3	18,4	18,6	19,1	20,6	22	24	26	28,1	30	32,6	34,8	37,6	40,8	43,6	43,8
105	18,4	18,5	18,5	19,1	20,9	22,2	24,3	26,2	28,3	30,3	33	35,4	38,2	41,3	44,3	44,6
120	18,2	18,5	18,7	19,3	21,1	22,2	24,3	26,4	28,7	30,6	33,2	35,6	38,6	41,5	44,4	45,2

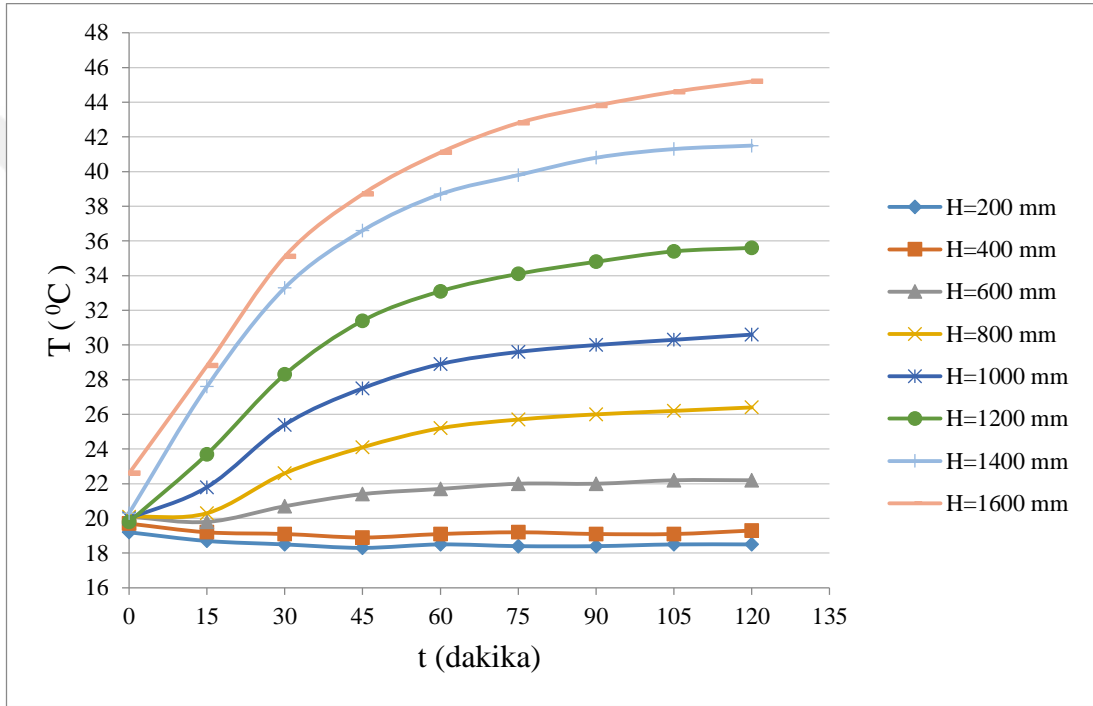
**Çizelge 4.12.** D tipi engelin Y=400 mm yükseklikteki sonuçları (devam)

t (dk)	T <sub>şebeke</sub> (°C)	T <sub>kullanım</sub> (°C)	T <sub>m,g</sub> (°C)	T <sub>m,ç</sub> (°C)
0	17,8	21,4	44,4	20,8
15	18	29,4	64,5	27,1
30	17,9	35,8	64,5	29,7
45	18	39,6	64,5	30,5
60	17,9	41,8	64,5	31,1
75	18	43,2	64,3	31,3
90	18,1	44,1	64,2	31,5
105	18,1	44,6	64,2	31,7
120	17,9	44,8	64,2	31,9

Çizelge 4.12'den görüldüğü gibi tankın içindeki su başlangıçta yaklaşık olarak 20°C'dir. 120 dakikanın sonunda tankın en alt noktasında 18,2°C, en üst noktasında 45,2°C sıcaklıkta su bulunmaktadır. Yani tankın alt ve üst noktası arasındaki sıcaklık farkı 27°C'dir. Isıtıcıdan yaklaşık olarak 64,5°C su tanka gönderilmiştir. Isıtıcıdan gelen su sıcaklığı ile ısıtıcıya dönen su sıcaklığı arasındaki fark deney başlangıcında 37,4°C iken deney sonunda bu fark 32,3°C 'ye düşmüştür. Şebekeden alınan suyun sıcaklığı

yaklaşık olarak 18°C'dir. Kullanım suyu sıcaklığı ise 21,4°C'den 44,8°C'ye çıkmıştır. Yani tanktaki su 23,4°C ısıtılıp kullanıma hazır hale getirilmiştir.

Tankın içindeki sıcaklık değerlerinin zamana bağlı değişimi Şekil 4.23'de verilmiştir. Tankın alt kısımlarındaki sıcaklık değerleri önce az miktarda azalmakta ardından şebeke suyuna yakın bir değerde deney boyunca devam etmektedir. Tankın orta kısımlarına kadar sıcaklıkta fazla bir artış görülmemektedir. Tankın orta kısımlarından itibaren üst kısımlara kadar sıcaklık artan zamanla birlikte artmaktadır



Şekil 4.23. D tipi engelin Y=400 mm yükseklikteki T-t değişimi

#### D tipi engelin Y=600 mm yükseklikteki sonuçları

D tipi engelin Y=600 mm yüksekliğe yerleştirilmesi ile yapılan deneyin sonucunda alınan sıcaklık değerleri Çizelge 4.13' de verilmiştir.

**Çizelge 4.13.** D tipi engelin Y=600 mm yükseklikteki sonuçları

t (dk)	1 (°C)	2 (°C)	3 (°C)	4 (°C)	5 (°C)	6 (°C)	7 (°C)	8 (°C)	9 (°C)	10 (°C)	11 (°C)	12 (°C)	13 (°C)	14 (°C)	15 (°C)	16 (°C)
0	18,4	18,6	18,9	18,8	20,9	19	18,8	18,9	19,4	19,1	19,5	19,2	19,1	19,3	19,3	25,2
15	18,3	18,8	18,7	18,8	18,3	18,5	19,2	20,9	19,7	20,6	21,9	22,9	24,4	26,8	30,3	28,1
30	18,4	18,7	18,7	18,9	19,4	20,1	21,2	22,9	23	24,2	25,9	27,7	29,9	32,8	36,1	34,9
45	18,3	18,5	18,8	18,9	20,2	21	22,4	24,4	25,3	26,8	28,6	30,6	33	36,1	39,2	38,7
60	18,1	18,4	18,6	19,1	20,6	21,5	23,2	25,2	26,5	28,2	30,4	32,6	35,2	38,1	40,7	41,3
75	17,9	18,4	18,6	19,1	20,7	21,8	23,7	25,6	27,2	28,9	31	33,1	35,5	38,1	40,5	41,7
90	18,3	18,4	18,5	19	20,6	22	23,9	25,7	27,4	29,2	31,4	33,6	36	38,8	41,3	41,7
105	18,1	18,4	18,6	18,9	20,7	22,1	24	26	27,8	29,6	32	34,3	36,9	39,8	42,6	43,3
120	17,9	18,3	18,6	19	20	22,2	24,3	26,3	28,1	30,3	32,8	35,2	37,9	41,2	44,2	44,7

**Çizelge 4.13.** D tipi engelin Y=600 mm yükseklikteki sonuçları (devam)

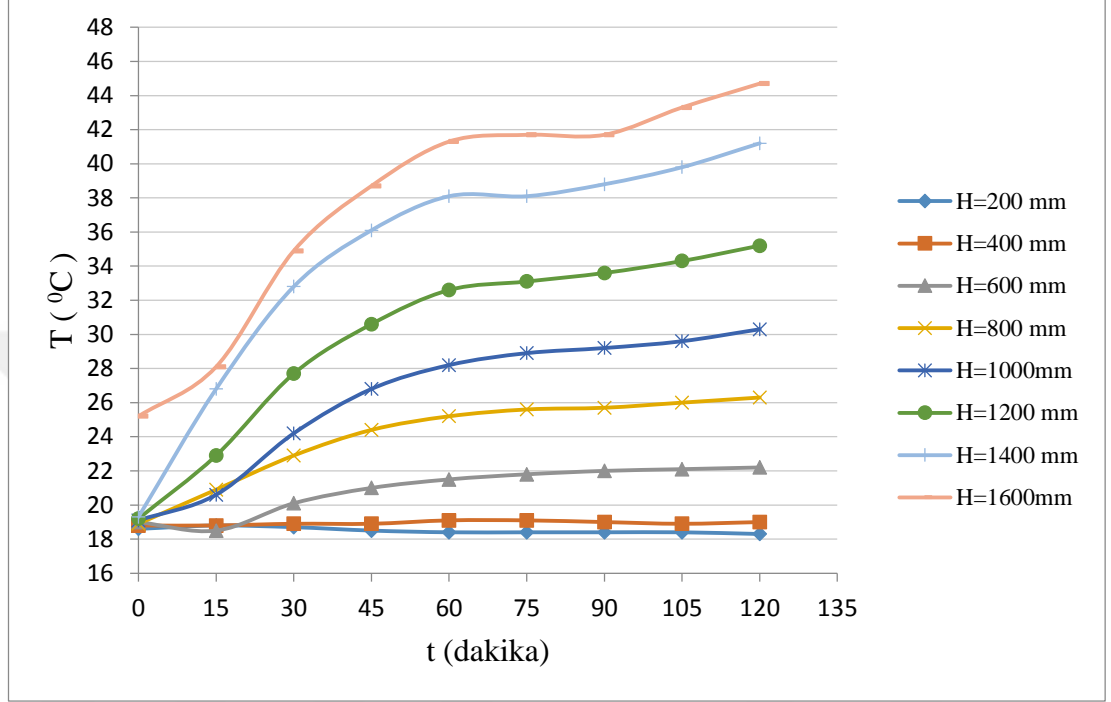
t (dk)	T <sub>şebeke</sub> (°C)	T <sub>kullanım</sub> (°C)	T <sub>m,g</sub> (°C)	T <sub>m,ç</sub> (°C)
0	17,9	21,3	50,9	25
15	17,9	28,9	63,8	26
30	18,1	35,3	63,6	28,7
45	18	39,1	63,1	29,8
60	18	41	57,5	30,6
75	18	40,8	58,2	30,7
90	18	41,6	60,8	30,6
105	17,9	42,9	63,6	31,1
120	18	44,3	65,8	31,5

Çizelge 4.13'den görüldüğü gibi tankın içindeki su başlangıçta yaklaşık olarak 19°C'dir. 120 dakikanın sonunda tankın en alt noktasında 17,9°C, en üst noktasında 44,7°C sıcaklıkta su bulunmaktadır. Yani tankın alt ve üst noktası arasındaki sıcaklık farkı 26,8°C'dir. Isıtıcıdan yaklaşık olarak 57,5°C-65,8°C arasında su tanka gönderilmiştir. Isıtıcıdan gelen su sıcaklığı ile ısıtıcıya dönen su sıcaklığı arasındaki fark deney boyunca 26,9°C-37,8°C arasında değişmiştir. Şebekeden alınan suyun sıcaklığı yaklaşık olarak 18°C'dir. Kullanım suyu sıcaklığı ise 21,3°C'den 44,3°C'ye çıkmıştır. Yani tanktaki su 23°C ısıtılıp kullanıma hazır hale getirilmiştir.

Tankın içindeki sıcaklık değerlerinin zamana bağlı değişimi Şekil 4.24'de verilmiştir.

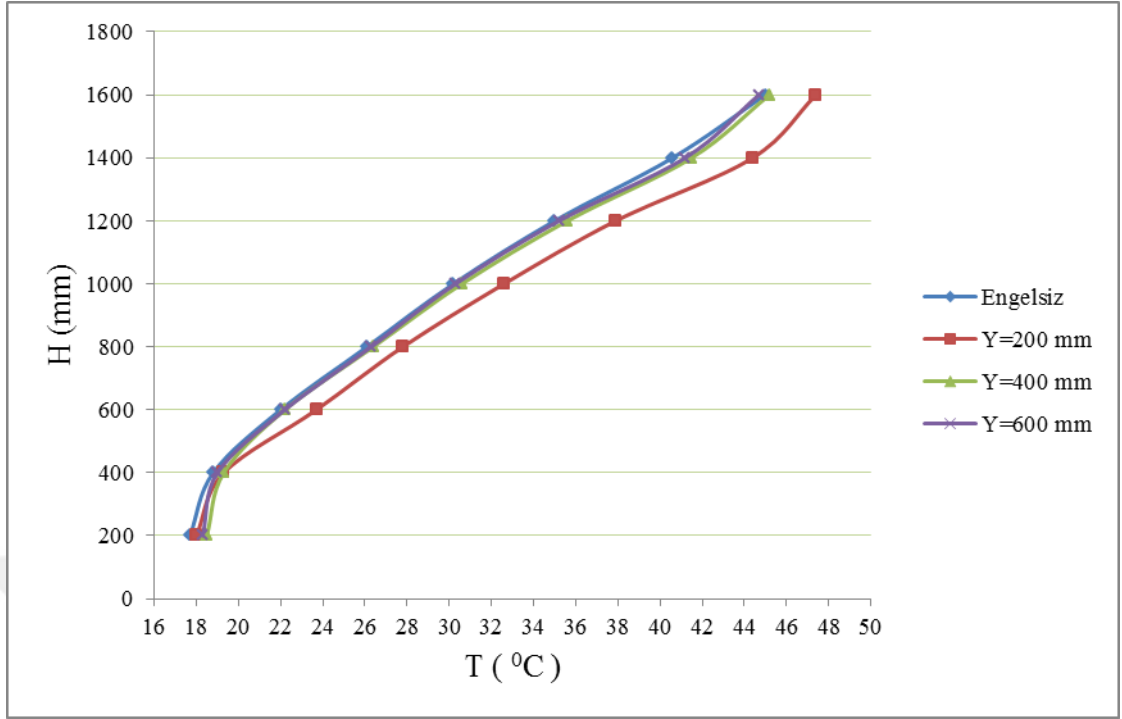
Tankın alt kısımlarında sıcaklık değerlerinin deney boyunca şebeke suyuna yakın bir

değerde olduğu görülmektedir. Tankın orta kısımlarına kadar fazla bir sıcaklık artışı görülmemektedir. Tankın orta kısımlarından itibaren üst kısımlara doğru sıcaklık artan zamanla birlikte artmaktadır.



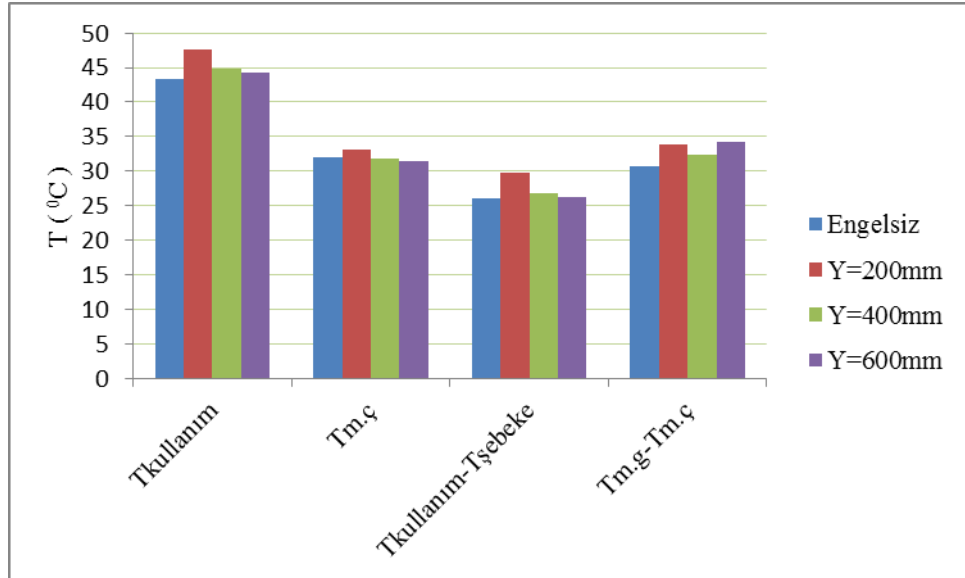
Şekil 4.24. D tipi engelin Y=600 mm yükseklikteki T-t değişimi

D tipi engel için 120 dakika sonundaki sıcaklık değerlerinin yükseklik ile değişimi Şekil 4.25'de gösterilmiştir.



Şekil 4.25. D tipi engel yerleştirilmiş tanktaki 120 dakika sonunda T-H değişimi

D tipi engel için farklı yüksekliklerdeki sıcaklık ve sıcaklık farkı değerleri Şekil 4.26' da sütun diyagram olarak verilmiştir.



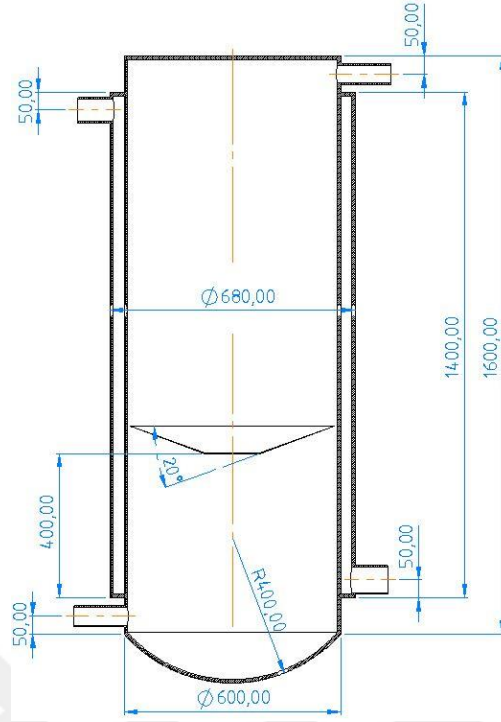
Şekil 4.26. D tipi engel için sıcaklık ve sıcaklık farkı değerleri



D tipi engelle yapılan deneylerden alınan veriler doğrultusunda en yüksek kullanım suyu sıcaklığının  $Y=200$  mm durumunda elde edildiği görülmüştür. Kullanım suyu ile şebeke suyu arasındaki en yüksek sıcaklık farkı yine  $Y=200$  mm durumunda görülmüştür. Tankın en üst noktası ile en alt noktası arasındaki sıcaklık farkının maksimum olduğu durum  $Y=200$  mm durumudur. En düşük manto çıkış sıcaklığı değeri  $Y=600$  mm durumunda görülmekle beraber manto çıkış sıcaklığı ile manto giriş sıcaklığı arasındaki en yüksek fark değeri yine  $Y=600$  mm durumunda görülmektedir. Bu verilerden hareketle D tipi engel modelinde en iyi sıcaklık tabakalaşması  $Y=200$  mm ve  $Y=600$  mm durumlarında görülür.  $Y=200$  mm olduğu durum kullanım suyu sıcaklığı, kullanım suyu sıcaklığı ile şebeke suyu sıcaklığı arasındaki fark açısından en iyi durum,  $Y=600$  mm durumu manto çıkış sıcaklığı, manto çıkış sıcaklığı ile manto giriş sıcaklığı arasındaki fark açısından en iyi durumdur. Bu deneyde D tipi engel her yükseklikte engelsiz tanka göre sıcaklık tabakalaşmasını iyileştirmiştir.

#### **4.6. 20° açılı ters konik engel (E Tipi)**

Bu deneyde E tipi engel diğer engeller gibi tank tabanından itibaren 200 mm, 400 mm ve 600 mm yüksekliğe yerleştirilmiştir. Tank içinde 16 farklı yükseklikte, manto giriş ve çıkışında, şebeke suyu girişinde ve kullanım suyu çıkışında sıcaklıklar ölçüldü.



Şekil 4.27. E tipi engelin tank içindeki şematik görünümü

#### E tipi engelin Y=200 mm yükseklikteki sonuçları

E tipi engelin Y=200 mm yüksekliğe yerleştirilmesi ile yapılan deneyin sonucunda alınan sıcaklık değerleri Çizelge 4.14' de verilmiştir.

Çizelge 4.14. E tipi engelin Y=200 mm yükseklikteki sonuçları

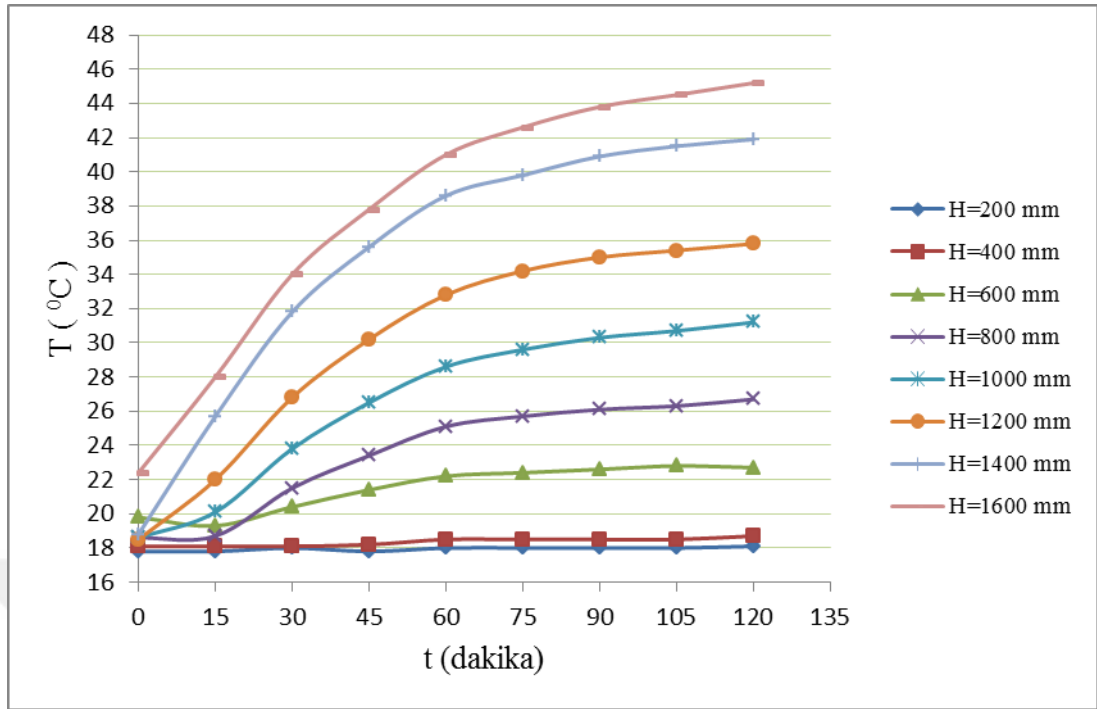
t (dk)	1 (°C)	2 (°C)	3 (°C)	4 (°C)	5 (°C)	6 (°C)	7 (°C)	8 (°C)	9 (°C)	10 (°C)	11 (°C)	12 (°C)	13 (°C)	14 (°C)	15 (°C)	16 (°C)
0	17,6	17,8	18,2	18,1	22,2	19,8	18,3	18,6	19,1	18,6	18,4	18,5	18,3	18,8	18,5	22,4
15	17,6	17,8	17,9	18,1	19,6	19,3	18,7	18,7	19,3	20,1	21,1	22	23,4	25,7	28,6	28
30	17,9	18	17,9	18,1	19,8	20,4	20,7	21,5	22,6	23,8	25,2	26,8	28,9	31,8	34,7	34
45	17,9	17,8	18	18,2	20,3	21,4	22,3	23,4	25,1	26,5	28,5	30,2	32,6	35,6	38,8	37,8
60	17,9	18	18,2	18,5	20,7	22,2	23,5	25,1	27,1	28,6	30,7	32,8	35,5	38,6	41,7	41
75	17,9	18	18,2	18,5	20,7	22,4	23,8	25,7	27,8	29,6	32	34,2	36,7	39,8	42,8	42,6
90	18	18	18,2	18,5	20,7	22,6	24,3	26,1	28,4	30,3	32,8	35	37,6	40,9	43,6	43,8
105	17,9	18	18,2	18,5	20,9	22,8	24,5	26,3	28,7	30,7	33,2	35,4	38,4	41,5	44,4	44,5
120	18	18,1	18,3	18,7	21	22,7	24,5	26,7	29,1	31,2	33,6	35,8	38,7	41,9	44,8	45,2

**Çizelge 4.14.** E tipi engelin Y=200 mm yükseklikteki sonuçları (devam)

t (dk)	T <sub>şebeke</sub> (°C)	T <sub>kullanım</sub> (°C)	T <sub>m,g</sub> (°C)	T <sub>m,ç</sub> (°C)
0	17,6	20,4	24,2	20,5
15	18	28,2	64,4	24,9
30	18	34,8	64,4	28,5
45	18	38,9	64,2	29,8
60	18	41,9	64,3	30,8
75	17,9	43,3	64,3	31,5
90	17,8	44	64,2	31,9
105	17,8	44,7	64,2	32
120	17,9	45	64,1	32,3

Çizelge 4.14'den görüldüğü gibi tankın içindeki su başlangıçta yaklaşık olarak 18°C'dir. 120 dakikanın sonunda tankın en alt noktasında 18°C, en üst noktasında 45,2°C sıcaklıkta su bulunmaktadır. Yani tankın alt ve üst noktası arasındaki sıcaklık farkı 27,2°C'dir. Isıtıcıdan yaklaşık olarak 64°C su tanka gönderilmiştir. Isıtıcıdan gelen su sıcaklığı ile ısıtıcıya dönen su sıcaklığı arasındaki fark deney başlangıcında 39,5°C iken deney sonunda bu fark 31,8°C'ye düşmüştür. Şebekeden alınan suyun sıcaklığı yaklaşık olarak 18 °C'dir. Kullanım suyu sıcaklığı ise 20,4°C'den 45°C'ye çıkmıştır. Yani tanktaki su 24,6°C ısıtılıp kullanıma hazır hale getirilmiştir.

Tankın içindeki sıcaklık değerlerinin zamana bağlı değişimi Şekil 4.28'de verilmiştir. Bu deneyde engelsiz tanka göre sıcaklık tabakalaşmasında iyileşme görülmektedir. Tankın alt kısımlarında sıcaklık değerlerinin deney boyunca şebeke suyuna yakın bir değerde olduğu görülmektedir. Tank içerisinde düzgün bir sıcaklık dağılımı olmakla beraber ani sıcaklık artışı yoktur. Engelsiz tanka göre daha yüksek kullanım suyu sıcaklığı elde edilmiştir.



Şekil 4.28. E tipi engelin Y=200 mm yükseklikteki T-t değişimi

#### E tipi engelin Y=400 mm yükseklikteki sonuçları

E tipi engelin Y=400 mm yüksekliğe yerleştirilmesi ile yapılan deneyin sonucunda alınan sıcaklık değerleri Çizelge 4.15’ de verilmiştir

Çizelge 4.15. E tipi engelin Y=400 mm yükseklikteki sonuçları

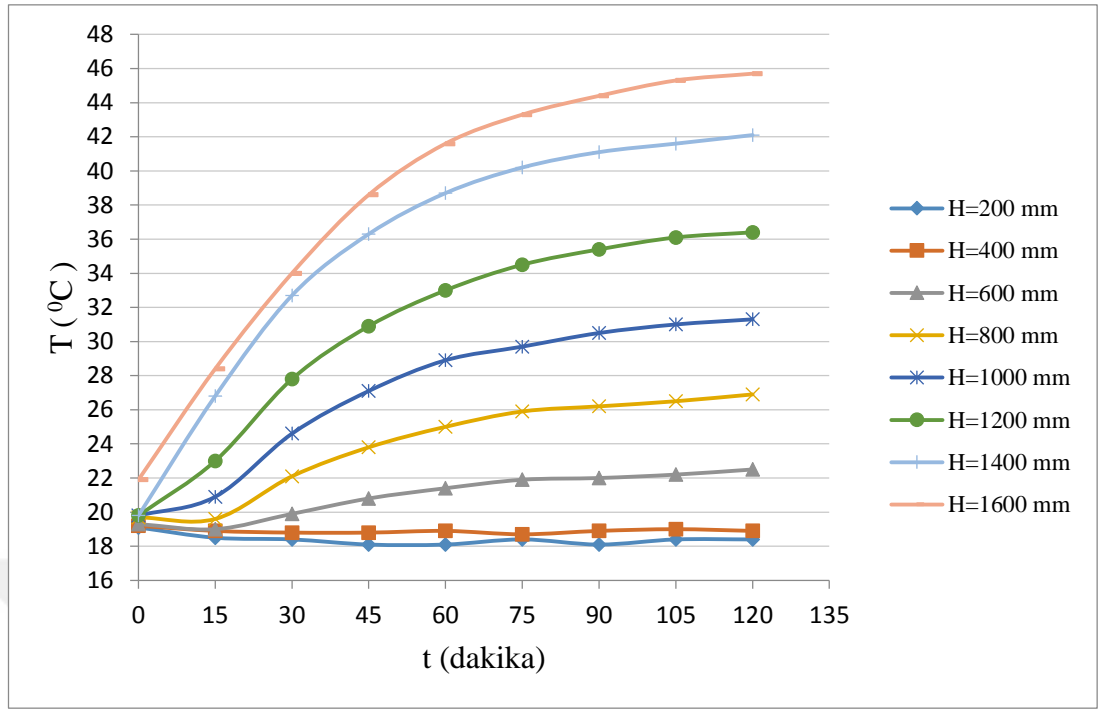
t (dk)	1 (°C)	2 (°C)	3 (°C)	4 (°C)	5 (°C)	6 (°C)	7 (°C)	8 (°C)	9 (°C)	10 (°C)	11 (°C)	12 (°C)	13 (°C)	14 (°C)	15 (°C)	16 (°C)
0	18,7	19,1	19,1	19,2	19,8	19,3	19,7	19,7	20,2	19,8	19,9	19,8	19,4	19,8	19,7	21,9
15	18,6	18,5	18,6	18,9	19,4	19	19,6	19,6	20,3	20,9	21,9	23	24,5	26,8	29,7	28,4
30	18,5	18,4	18,5	18,8	19,8	19,9	21,3	22,1	23,5	24,6	26,2	27,8	30	32,7	35,8	34
45	18,1	18,1	18,5	18,8	20,2	20,8	22,5	23,8	25,7	27,1	28,9	30,9	33,3	36,3	39,4	38,6
60	18,2	18,1	18,4	18,9	20,6	21,4	23,4	25	27,2	28,9	31,1	33	35,6	38,7	41,6	41,6
75	18,3	18,4	18,5	18,7	20,7	21,9	24,1	25,9	28,1	29,7	32,2	34,5	37,3	40,2	43,1	43,3
90	18,1	18,1	18,5	18,9	20,9	22	24,3	26,2	28,7	30,5	33	35,4	38	41,1	44	44,4
105	18,3	18,4	18,6	19	20,9	22,2	24,5	26,5	29,1	31	33,8	36,1	38,7	41,6	44,5	45,3
120	18,3	18,4	18,6	18,9	21	22,5	24,9	26,9	29,4	31,3	34	36,4	39,1	42,1	45	45,7

**Çizelge 4.15.** E tipi engelin Y=400 mm yükseklikteki sonuçları (devam)

t (dk)	T <sub>şebeke</sub> (°C)	T <sub>kullanım</sub> (°C)	T <sub>m,g</sub> (°C)	T <sub>m,ç</sub> (°C)
0	17,8	21,3	24	20,7
15	18	28,6	63,8	25
30	17,9	35,2	63,9	28,8
45	17,6	39,1	63,9	30,1
60	18	41,6	63,9	31
75	17,9	43,3	64	31,3
90	18	44,3	63,9	31,6
105	17,9	44,8	63,8	32
120	17,9	45,2	63,6	32,2

Çizelge 4.15'den görüldüğü gibi tankın içindeki su başlangıçta yaklaşık olarak 19,5<sup>0</sup>C'dir. 120 dakikanın sonunda tankın en alt noktasında 18,3<sup>0</sup>C, en üst noktasında 45,7<sup>0</sup>C sıcaklıkta su bulunmaktadır. Yani tankın alt ve üst noktası arasındaki sıcaklık farkı 27,4<sup>0</sup>C'dir. Isıtıcıdan yaklaşık olarak 64<sup>0</sup>C su tanka gönderilmiştir. Isıtıcıdan gelen su sıcaklığı ile ısıtıcıya dönen su sıcaklığı arasındaki fark deney başlangıcında 38,8<sup>0</sup>C iken deney sonunda bu fark 31,4<sup>0</sup>C'ye düşmüştür. Şebekeden alınan suyun sıcaklığı yaklaşık olarak 18<sup>0</sup>C'dir. Kullanım suyu sıcaklığı ise 21,3<sup>0</sup>C'den 45,2<sup>0</sup>C'ye çıkmıştır. Yani tanktaki su 23,9<sup>0</sup>C ısıtılıp kullanıma hazır hale getirilmiştir.

Tankın içindeki sıcaklık değerlerinin zamana bağlı değişimi Şekil 4.29'da verilmiştir. Tankın alt kısımlarında sıcaklık değerlerinin deney boyunca şebeke suyuna yakın bir değerde olduğu görülmektedir. Tankın içerisinde artan yükseklik ve zamanla birlikte sıcaklık değerleri de yükselmektedir.



Şekil 4.29. E tipi engelin Y=400 mm yükseklikteki T-t değişimi

#### E tipi engelin Y=600 mm yükseklikteki sonuçları

E tipi engelin Y=600 mm yüksekliğe yerleştirilmesi ile yapılan deneyin sonucunda alınan sıcaklık değerleri Çizelge 4.16' da verilmiştir.

Çizelge 4.16. E tipi engelin Y=600 mm yükseklikteki sonuçları

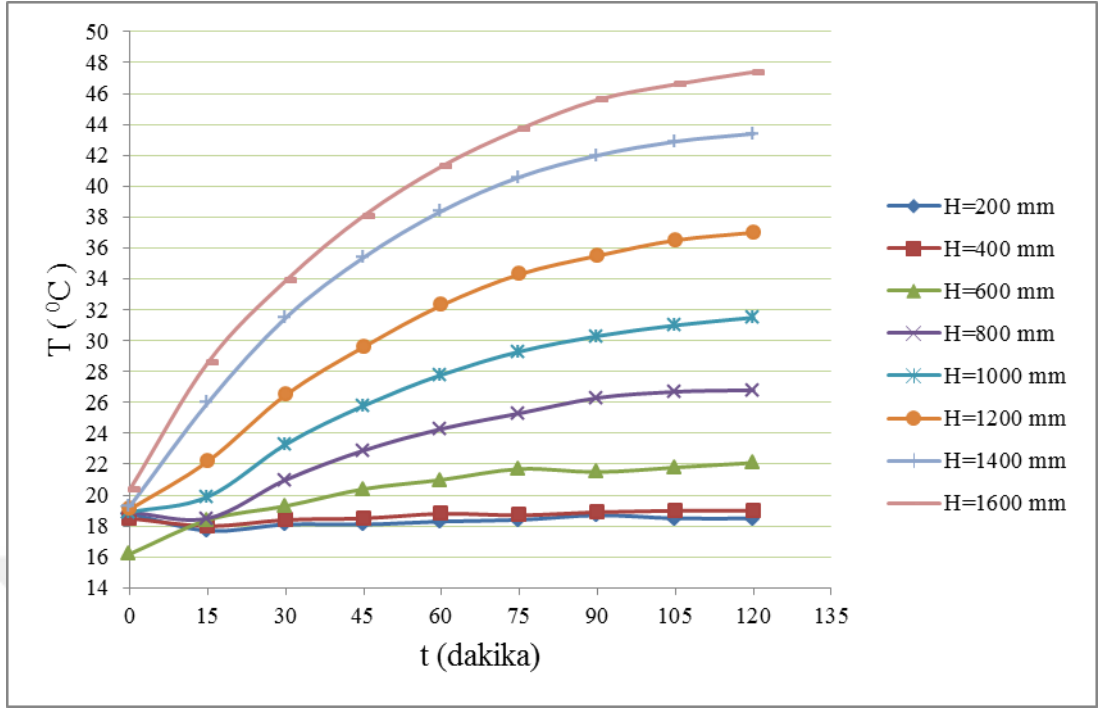
t (dk)	1 (°C)	2 (°C)	3 (°C)	4 (°C)	5 (°C)	6 (°C)	7 (°C)	8 (°C)	9 (°C)	10 (°C)	11 (°C)	12 (°C)	13 (°C)	14 (°C)	15 (°C)	16 (°C)
0	18,2	18,8	18,4	18,5	15,2	16,2	18,9	18,9	18,9	18,9	19,2	19,1	19,2	19,3	19,9	20,4
15	17,7	17,7	17,9	18	19,4	18,4	18,5	18,5	19,3	19,9	21,2	22,2	23,9	26	29	28,6
30	17,8	18,1	18,3	18,4	19,4	19,3	20,5	21	22,3	23,3	25	26,5	28,7	31,5	34,5	33,9
45	18,2	18,1	18,4	18,5	19,8	20,4	21,9	22,9	24,5	25,8	27,8	29,6	32,1	35,4	38,7	38,1
60	18,2	18,3	18,5	18,8	20,3	21	22,8	24,3	26,2	27,8	30,1	32,3	35,1	38,4	41,8	41,3
75	18,3	18,4	18,7	18,7	20,7	21,7	23,6	25,3	27,4	29,3	32	34,3	37,2	40,6	43,9	43,7
90	18,5	18,7	18,5	18,9	19,6	21,5	24,5	26,3	28,3	30,3	33,2	35,5	38,7	42	45,8	45,6
105	18,2	18,5	18,6	19	20,1	21,8	24,7	26,7	28,7	31	34,1	36,5	39,6	42,9	46,3	46,6
120	18,3	18,5	18,8	19	20,2	22,1	24,8	26,8	29,1	31,5	34,3	37	40,1	43,4	47	47,4

**Çizelge 4.16.** E tipi engelin Y=600 mm yükseklikteki sonuçları (devam)

t (dk)	T <sub>şebeke</sub> (°C)	T <sub>kullanım</sub> (°C)	T <sub>m,g</sub> (°C)	T <sub>m,ç</sub> (°C)
0	17,3	20,8	37,2	20,8
15	17,7	28,2	61,4	25,2
30	17,8	34,3	64,1	28,3
45	17,8	38,7	66,7	29,6
60	17,9	42	67,9	30,9
75	17,8	44	67,7	31,8
90	17,9	45,5	67,8	32,2
105	17,9	46,3	67,7	32,5
120	18	46,9	67,6	32,6

Çizelge 4.16'dan görüldüğü gibi tankın içindeki su başlangıçta yaklaşık olarak 18,5<sup>0</sup>C'dir. 120 dakikanın sonunda tankın en alt noktasında 18,3<sup>0</sup>C, en üst noktasında 47,4<sup>0</sup>C sıcaklıkta su bulunmaktadır. Yani tankın alt ve üst noktası arasındaki sıcaklık farkı 29,1<sup>0</sup>C'dir. Isıtıcıdan yaklaşık olarak 61,4<sup>0</sup>C-67,9<sup>0</sup>C arasında su tanka gönderilmiştir. Isıtıcıdan gelen su sıcaklığı ile ısıtıcıya dönen su sıcaklığı arasındaki fark deney boyunca 35<sup>0</sup>C-37<sup>0</sup>C arasında değişmiştir. Şebekeden alınan suyun sıcaklığı yaklaşık olarak 18<sup>0</sup>C'dir. Kullanım suyu sıcaklığı ise 20,8<sup>0</sup>C'den 46,9<sup>0</sup>C'ye çıkmıştır. Yani tanktaki su 26,1<sup>0</sup>C ısıtılıp kullanıma hazır hale getirilmiştir.

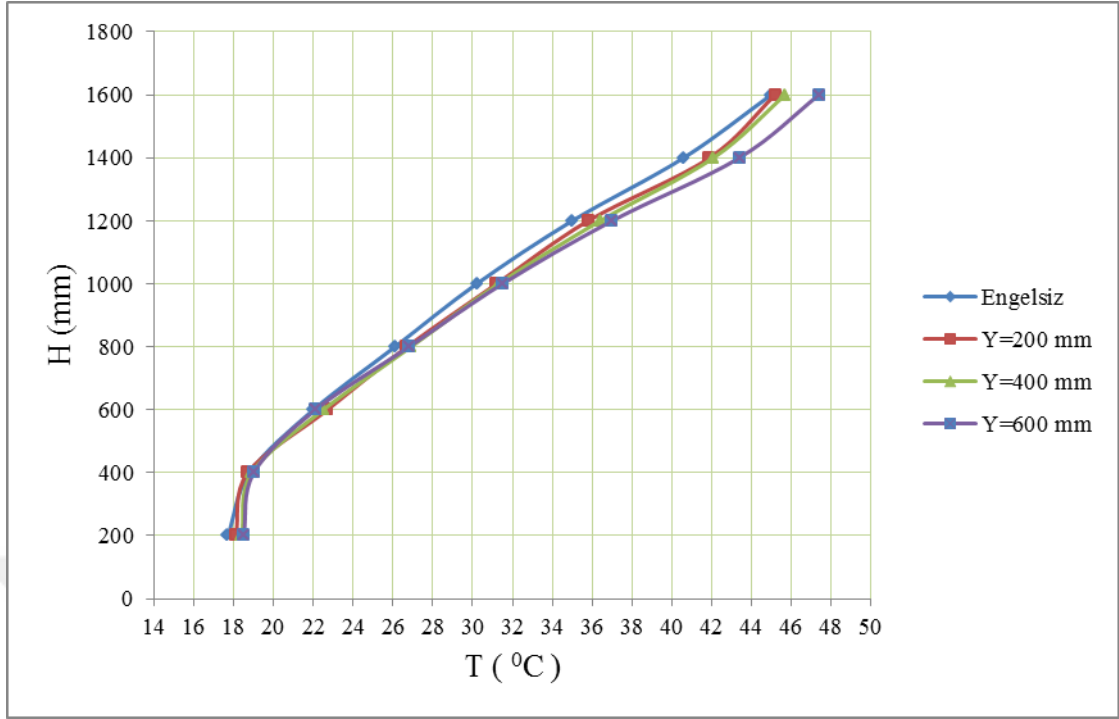
Tankın içindeki sıcaklık değerlerinin zamana bağlı değişimi Şekil 4.30'da verilmiştir. Tankın alt kısımlarında sıcaklık değerlerinin deney boyunca şebeke suyuna yakın bir değerde olduğu görülmektedir. Tankın içerisinde artan yükseklik ve zamanla birlikte sıcaklık değerleri de yükselmektedir. Deney esnasında sıcaklık değerlerinde ani bir artış görülmemektedir. Tankın 600 mm yüksekliğindeki sıcaklık değerlerinde 75. ve 105. dakikalar arasında çok az bir düşüş görülmektedir.



**Şekil 4.30.** E tipi engelin Y=600 mm yükseklikteki T-t değişimi

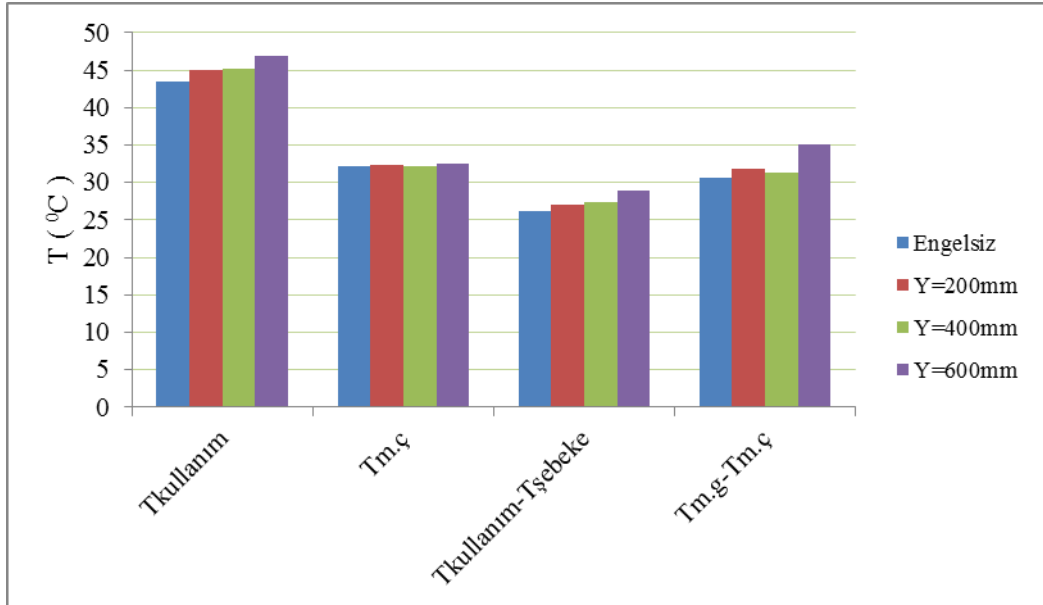
E tipi engel için 120 dakika sonundaki sıcaklık değerlerinin yükseklik ile değişimi Şekil 4.31’de gösterilmiştir.





Şekil 4.31. E tipi engel yerleştirilmiş tanktaki 120 dakika sonunda T-H değişimi

E tipi engel için farklı yüksekliklerdeki sıcaklık ve sıcaklık farkı değerleri Şekil 4.32' de sütun diyagram olarak verilmiştir.

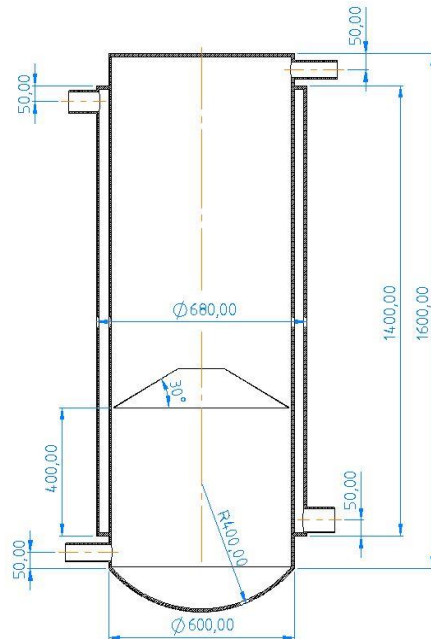


Şekil 4.32. E tipi engel için sıcaklık ve sıcaklık farkı değerleri

E tipi engelle yapılan deneylerden alınan veriler doğrultusunda en yüksek kullanım suyu sıcaklığının  $Y=600$  mm durumunda elde edildiği görülmüştür. Kullanım suyu ile şebeke suyu arasındaki en yüksek sıcaklık farkı yine  $Y=600$  mm durumunda görülmüştür. Tankın en üst noktası ile en alt noktası arasındaki sıcaklık farkının maksimum olduğu durum  $Y=600$  mm durumudur. Manto çıkış sıcaklığı ile manto giriş sıcaklığı arasındaki en yüksek fark değeri yine  $Y=600$  mm durumunda görülmektedir. Manto çıkış sıcaklığı değerleri bütün durumlarda birbirine çok yakındır. Bu verilerden hareketle E tipi engel modelinde en iyi sıcaklık tabakalaşması  $Y=600$  mm durumunda görülmektedir. Bu deneylerin sonucunda E tipi engelin her yükseklikte engelsiz tanka göre sıcaklık tabakalaşmasını iyileştirdiği görülmüştür. Bu deneyde engel yüksekliği arttıkça sıcaklık tabakalaşması iyileşmiştir ancak daha önceki deneylerde de görüldüğü gibi bu durum her zaman geçerli değildir.

#### 4.7. $30^\circ$ açılı konik engel (F Tipi)

Bu deneyde F tipi engel diğer engeller gibi tank tabanından itibaren 200 mm, 400 mm ve 600 mm yüksekliğe yerleştirilmiştir. Tank içinde 16 farklı yükseklikte, manto giriş ve çıkışında, şebeke suyu girişinde ve kullanım suyu çıkışında sıcaklıklar ölçüldü.



Şekil 4.33. F tipi engelin tank içindeki şematik görünümü

### F tipi engelin Y=200 mm yükseklikteki sonuçları

F tipi engelin Y=200 mm yüksekliğe yerleştirilmesi ile yapılan deneyin sonucunda alınan sıcaklık değerleri Çizelge 4.17' de verilmiştir.

**Çizelge 4.17.** F tipi engelin Y=200 mm yükseklikteki sonuçları

t (dk)	1 (°C)	2 (°C)	3 (°C)	4 (°C)	5 (°C)	6 (°C)	7 (°C)	8 (°C)	9 (°C)	10 (°C)	11 (°C)	12 (°C)	13 (°C)	14 (°C)	15 (°C)	16 (°C)
0	17,2	17,2	17,5	17,7	20,2	19,3	17,8	18	18,6	17,9	17,9	17,8	17,5	18,1	18	22
15	17,3	17,7	17,7	17,7	18,4	18,4	18	18,1	18,7	19,3	20,5	21,5	22,9	25,2	28,5	27,4
30	17,6	17,8	17,8	18,3	19,2	19,8	20,2	20,9	22,2	23,1	24,7	26,4	28,8	31,9	35,3	34,1
45	17,9	17,8	18,1	18,8	19,8	21	22	23	24,7	26,1	28,1	30,1	32,8	36,2	39,6	37,5
60	18	18,1	18,2	18,9	20,2	21,8	23,2	24,7	26,5	28,2	30,6	32,7	35,7	39,1	42,4	40,3
75	17,9	18	18,5	19,2	20,6	22,2	23,9	25,7	27,9	29,8	32,3	34,5	37,4	40,7	44,1	42,4
90	18,1	18,2	18,4	19,2	20,6	22,5	24,5	26,4	28,7	30,8	33,5	35,9	38,7	42	45,4	44,3
105	18,3	18,3	18,4	19,4	20,9	22,9	25	27	29,4	31,3	34,2	36,8	39,7	43,1	46,2	45,3
120	18,1	18,1	18,4	19,5	20,9	22,9	25,2	27,4	29,9	32	34,7	37,2	40,3	43,7	46,9	46

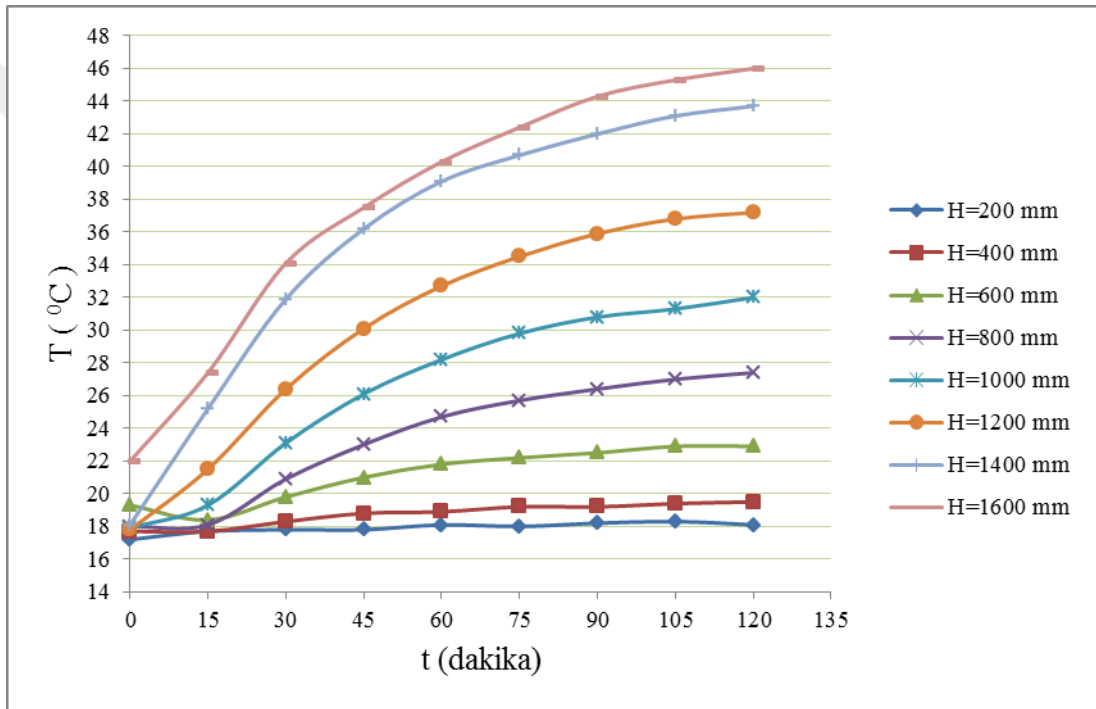
**Çizelge 4.17.** F tipi engelin Y=200 mm yükseklikteki sonuçları (devam)

t (dk)	T <sub>şebeke</sub> (°C)	T <sub>kullanım</sub> (°C)	T <sub>m,g</sub> (°C)	T <sub>m,ç</sub> (°C)
0	17,8	19,3	26,9	18,9
15	18	27,5	64,8	24,5
30	18	34,8	67,3	28,1
45	17,9	39,5	67,3	29,8
60	17,9	42,3	67,2	30,9
75	18	44,3	67	31,5
90	17,9	45,4	67,1	32,2
105	18	46,2	67	32,4
120	18	46,9	67,2	32,9

Çizelge 4.17'den görüldüğü gibi tankın içindeki su başlangıçta yaklaşık olarak 17,5<sup>0</sup>C'dir. 120 dakikanın sonunda tankın en alt noktasında 18,1<sup>0</sup>C, en üst noktasında 46,9<sup>0</sup>C sıcaklıkta su bulunmaktadır. Yani tankın alt ve üst noktası arasındaki sıcaklık farkı 28,8<sup>0</sup>C'dir. Isıtıcıdan yaklaşık olarak 67<sup>0</sup>C su tanka gönderilmiştir. Isıtıcıdan gelen su sıcaklığı ile ısıtıcıya dönen su sıcaklığı arasındaki fark deney başlangıcında 40,3<sup>0</sup>C iken deney sonunda bu fark 34,3<sup>0</sup>C 'ye düşmüştür. Şebekeden alınan suyun sıcaklığı

yaklaşık olarak  $18^{\circ}\text{C}$ 'dir. Kullanım suyu sıcaklığı ise  $19,3^{\circ}\text{C}$ 'den  $46,9^{\circ}\text{C}$ 'ye çıkmıştır. Yani tanktaki su  $27,6^{\circ}\text{C}$  ısıtılıp kullanıma hazır hale getirilmiştir.

Tankın içindeki sıcaklık değerlerinin zamana bağlı değişimi Şekil 4.34'de verilmiştir. Tankın alt kısımlarında sıcaklık değerlerinin deney boyunca şebeke suyuna yakın bir değerde olduğu görülmektedir. Tankın içerisinde artan yükseklik ve zamanla birlikte sıcaklık değerleri de yükselmektedir. Deney esnasında sıcaklık değerlerinde ani bir artış görülmemektedir. Genel olarak tankın içerisinde düzgün bir sıcaklık dağılımı vardır.



Şekil 4.34. F tipi engelin Y=200 mm yükseklikteki T-t değişimi

### F tipi engelin Y=400 mm yükseklikteki sonuçları

F tipi engelin Y=400 mm yüksekliğe yerleştirilmesi ile yapılan deneyin sonucunda alınan sıcaklık değerleri Çizelge 4.18' de verilmiştir.

**Çizelge 4.18.** F tipi engelin Y=400 mm yükseklikteki sonuçları

t (dk)	1 (°C)	2 (°C)	3 (°C)	4 (°C)	5 (°C)	6 (°C)	7 (°C)	8 (°C)	9 (°C)	10 (°C)	11 (°C)	12 (°C)	13 (°C)	14 (°C)	15 (°C)	16 (°C)
0	17,4	17,7	18	17,9	20,3	18,3	18,2	18,4	18,9	18,5	18,5	18,3	18,1	18,5	18,3	23,5
15	17,7	17,9	17,9	17,9	18,8	18,2	18,6	18,6	19,6	20,4	21,5	22,3	24	26,9	30,1	29,1
30	17,9	18	18,1	18,3	19,3	19,9	21	21,9	23,3	24,5	26,2	27,9	30,2	33,5	36,4	35,7
45	17,9	18,1	18,5	18,8	20,4	21,1	22,5	23,9	25,8	27,4	29,5	31,5	34,2	37,4	40,1	40,4
60	18	18,3	18,6	18,9	21	21,8	23,7	25,4	27,5	29,2	31,6	33,8	36,7	40,1	42,4	43,5
75	18,3	18,3	18,5	19	21,5	22,2	24,5	26,4	28,6	30,4	33,1	35,4	38,1	41,3	43,4	44,9
90	18,1	18,1	18,6	19,1	21,6	22,6	24,8	26,7	29,1	31	33,7	36	38,7	41,6	43,3	45
105	18,1	18,1	18,6	19	21,4	22,5	24,5	26,6	28,9	30,5	32,7	34,6	36,6	39	40,1	43,3
120	18,2	18,1	18,5	18,9	21,1	22,2	24,1	26	28,1	29,6	31,8	33,7	35,8	38	39,1	41,8

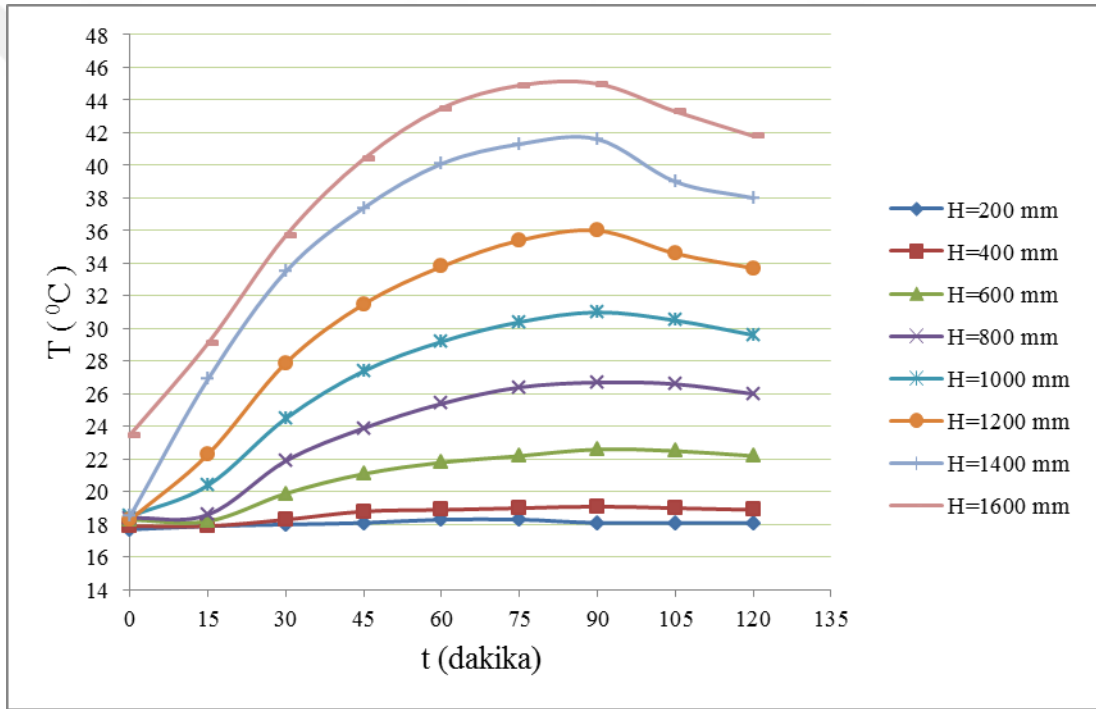
**Çizelge 4.18.** F tipi engelin Y=400 mm yükseklikteki sonuçları (devam)

t (dk)	T <sub>şebeke</sub> (°C)	T <sub>kullanım</sub> (°C)	T <sub>m,g</sub> (°C)	T <sub>m,ç</sub> (°C)
0	17,8	19,9	41,1	19,7
15	17,8	29,2	66,7	26,1
30	18	36,4	66,8	29,2
45	18	40,7	66,6	30,8
60	18	43,2	66,1	31,6
75	18	44,7	64,2	32
90	18,1	44,8	53,7	32
105	18,1	42	50,9	31,3
120	17,9	40,5	54,9	30,7

Çizelge 4.18'den görüldüğü gibi tankın içindeki su başlangıçta yaklaşık olarak 18<sup>0</sup>C'dir. 120 dakikanın sonunda tankın en alt noktasında 18,2<sup>0</sup>C, en üst noktasında 41,8<sup>0</sup>C sıcaklıkta su bulunmaktadır. Yani tankın alt ve üst noktası arasındaki sıcaklık farkı 23,6<sup>0</sup>C'dir. Isıtıcıdan yaklaşık olarak 50,9<sup>0</sup>C-66,8<sup>0</sup>C arasında su tanka gönderilmiştir. Isıtıcıdan gelen su sıcaklığı ile ısıtıcıya dönen su sıcaklığı arasındaki fark deney boyunca 19,6<sup>0</sup>C-40,6<sup>0</sup>C arasında değişmiştir. Şebekeden alınan suyun

sıcaklığı yaklaşık olarak 18°C'dir. Kullanım suyu sıcaklığı ise 19,9°C'den 40,5°C'ye çıkmıştır. Yani tanktaki su 20,6°C ısıtılıp kullanıma hazır hale getirilmiştir.

Tankın içindeki sıcaklık değerlerinin zamana bağlı değişimi Şekil 4.35'de verilmiştir. Tankın alt kısımlarında sıcaklık değerlerinin deney boyunca şebeke suyuna yakın bir değerde olduğu görülmektedir. Bu deneyde çok düzgün bir sıcaklık dağılımı ve iyi bir sıcaklık tabakalaşması olduğu söylenemez. Sıcaklık tabakalaşması bütün durumlara göre kötüdür. Kullanım suyunun sıcaklığında diğer durumlara göre azalma görülmektedir. Sıcaklık zaman grafiğine bakıldığında 90. ve 120. dakikalar arasında tankın orta ve üst kısımlarında suyun sıcaklığında azalmalar görülmektedir.



Şekil 4.35. F tipi engelin Y=400 mm yükseklikteki T-t değişimi

### F tipi engelin Y=600 mm yükseklikteki sonuçları

F tipi engelin Y=600 mm yüksekliğe yerleştirilmesi ile yapılan deneyin sonucunda alınan sıcaklık değerleri Çizelge 4.19' da verilmiştir.

**Çizelge 4.19.** F tipi engelin Y=600 mm yükseklikteki sonuçları

t (dk)	1 (°C)	2 (°C)	3 (°C)	4 (°C)	5 (°C)	6 (°C)	7 (°C)	8 (°C)	9 (°C)	10 (°C)	11 (°C)	12 (°C)	13 (°C)	14 (°C)	15 (°C)	16 (°C)
0	17,9	18,4	18,8	18,6	20,1	19,2	18,8	18,9	19,5	19,1	19,3	19	18,7	19,2	19,1	23,3
15	17,9	18	18,4	18,4	19,6	19	19	19,2	19,7	20,4	21,6	22,7	24,3	26,8	30,3	28,7
30	17,9	18	18,5	18,6	19,9	20,3	20,9	21,9	23	24,4	26,1	27,8	29,9	32,9	36,4	34,6
45	17,9	18	18,5	18,6	20,6	21,3	22,3	23,9	25,4	27	29,1	31	33,5	36,7	40	39
60	17,9	17,9	18,5	19	21	21,8	23,2	25	27	28,8	31,1	33,3	35,9	39,1	42,2	42,1
75	18	18,1	18,6	19,1	21,3	22,1	23,9	25,8	28	29,8	32,3	34,6	37,4	40,6	43,7	43,8
90	17,9	18	18,6	18,9	21,4	22,5	24,5	26,3	28,7	30,6	33,2	35,6	38,5	41,8	45	45,1
105	18,1	18,1	18,5	18,9	21,4	22,5	24,8	26,7	29	31,1	34	36,4	39,3	42,3	45,5	45,8
120	18	18,1	18,6	19,2	21,6	22,8	25,1	26,8	29,3	31,5	34,3	36,8	39,7	42,6	45,8	46,3

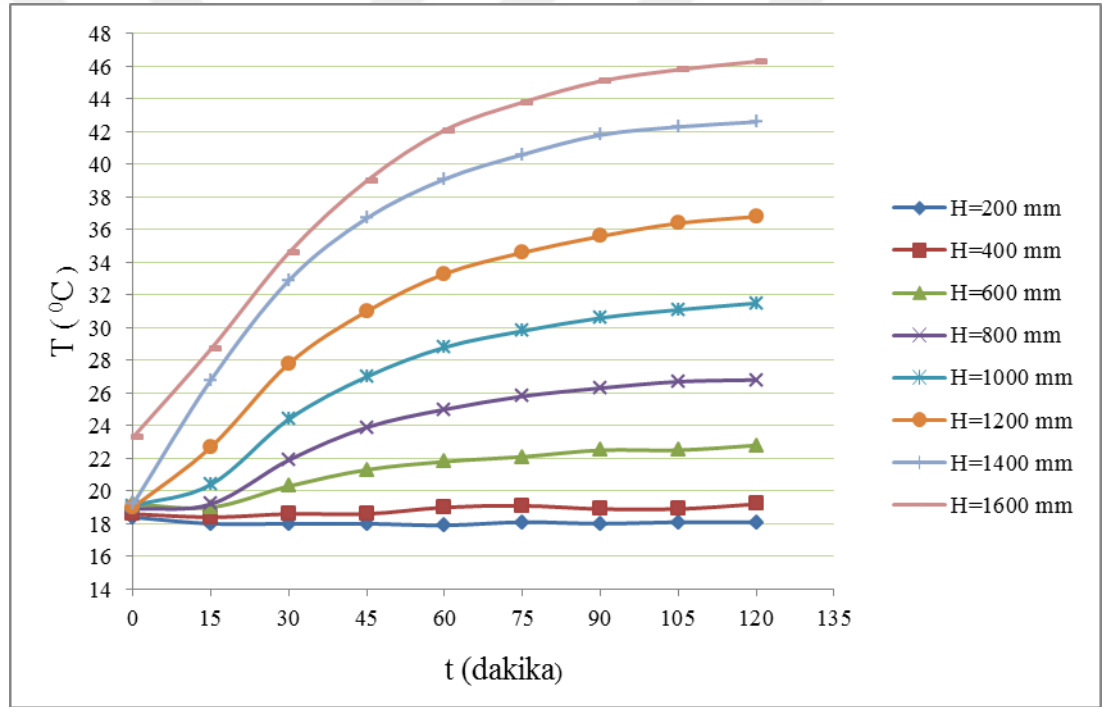
**Çizelge 4.19.** F tipi engelin Y=600 mm yükseklikteki sonuçları (devam)

t (dk)	T <sub>şebeke</sub> (°C)	T <sub>kullanım</sub> (°C)	T <sub>m,g</sub> (°C)	T <sub>m,ç</sub> (°C)
0	17,6	20,3	24,3	19,9
15	17,9	28,6	65,6	25,2
30	17,9	35,5	65,7	29
45	17,9	39,6	65,6	30,2
60	17,9	42,3	65,5	31
75	18	43,8	65,5	31,6
90	17,9	45	65,5	31,9
105	18	45,7	65,2	32,2
120	17,9	46,1	64,8	32,2

Çizelge 4.19'dan da görüldüğü gibi tankın içindeki su başlangıçta yaklaşık olarak 18,5<sup>0</sup>C'dir. 120 dakikanın sonunda tankın en alt noktasında 18<sup>0</sup>C, en üst noktasında 46,3<sup>0</sup>C sıcaklıkta su bulunmaktadır. Yani tankın alt ve üst noktası arasındaki sıcaklık farkı 28,3<sup>0</sup>C'dir. Isıtıcıdan yaklaşık olarak 65,5<sup>0</sup>C su tanka gönderilmiştir. Isıtıcıdan

gelen su sıcaklığı ile ısıtıcıya dönen su sıcaklığı arasındaki fark deney başlangıcında  $40,4^{\circ}\text{C}$  iken bu fark deney sonunda  $32,6^{\circ}\text{C}$ 'ye düşmüştür. Şebekeden alınan suyun sıcaklığı yaklaşık olarak  $18^{\circ}\text{C}$ 'dir. Kullanım suyu sıcaklığı ise  $20,3^{\circ}\text{C}$ 'den  $46,1^{\circ}\text{C}$ 'ye çıkmıştır. Yani tanktaki su  $25,8^{\circ}\text{C}$  ısıtılıp kullanıma hazır hale getirilmiştir.

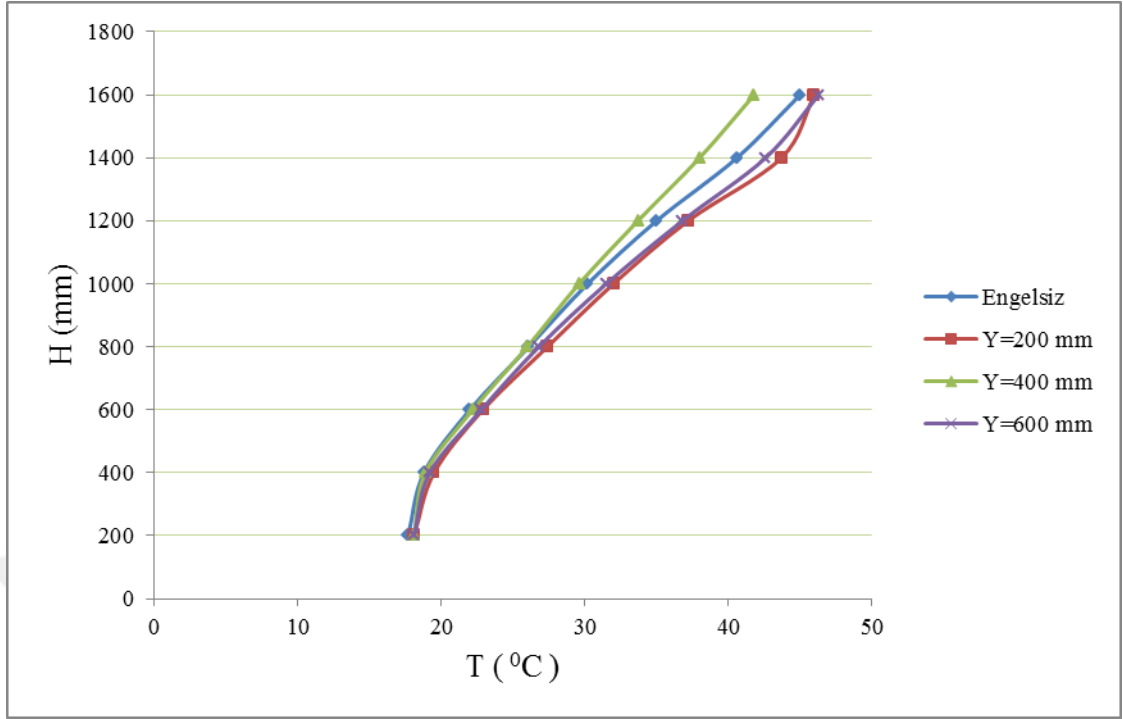
Tankın içindeki sıcaklık değerlerinin zamana bağlı değişimi Şekil 4.36'da verilmiştir. Tankın alt kısımlarında sıcaklık değerlerinin deney boyunca şebeke suyuna yakın bir değerde olduğu görülmektedir. Tankın orta kısımlarına kadar fazla bir sıcaklık artışı görülmemektedir. Bu kısımdan sonra sıcaklık düzenli bir şekilde artmaktadır. Tankın içerisinde deney boyunca düzgün bir sıcaklık dağılımı vardır.



Şekil 4.36. F tipi engelin  $Y=600$  mm yükseklikteki T-t değişimi

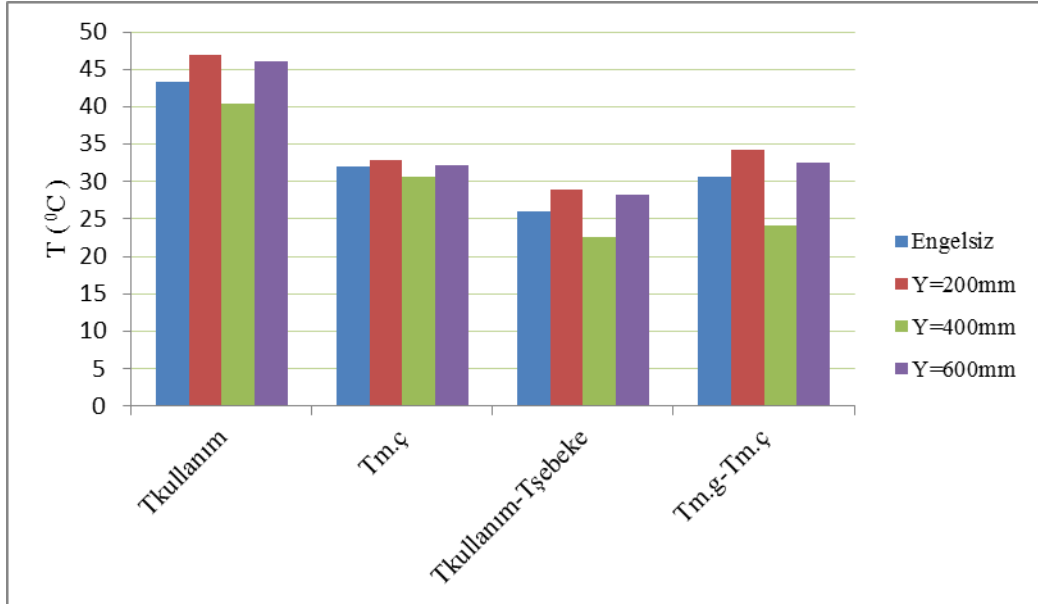
F tipi engel için 120 dakika sonundaki sıcaklık değerlerinin yükseklik ile değişimi Şekil 4.37'de gösterilmiştir.





Şekil 4.37. F tipi engel yerleştirilmiş tanktaki 120 dakika sonunda T-H değişimi

F tipi engel için farklı yüksekliklerdeki sıcaklık ve sıcaklık farkı değerleri Şekil 4.38' de sütun diyagram olarak verilmiştir.

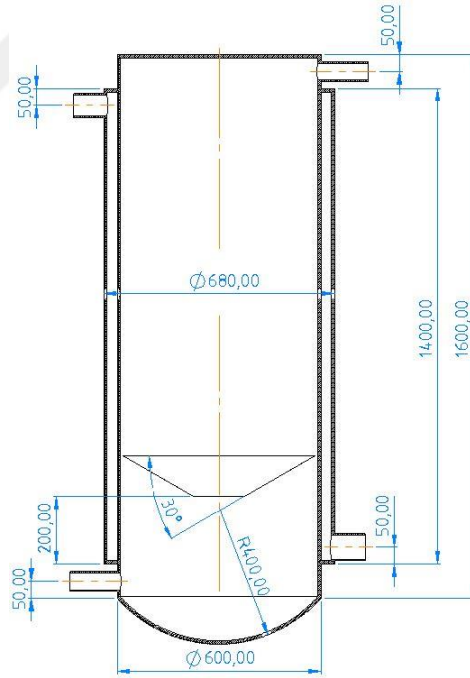


Şekil 4.38. F tipi engel için sıcaklık ve sıcaklık farkı değerleri

F tipi engelle yapılan deneylerden alınan veriler doğrultusunda en yüksek kullanım suyu sıcaklığının  $Y=200$  mm durumunda elde edildiği görülmüştür. Kullanım suyu ile şebeke suyu arasındaki en yüksek sıcaklık farkı yine  $Y=200$  mm durumunda görülmüştür. Manto çıkış sıcaklığı ile manto giriş sıcaklığı arasındaki en yüksek fark değeri  $Y=200$  mm durumunda görülmektedir. Bu verilerden hareketle F tipi engel modelinde en iyi sıcaklık tabakalaşması  $Y=200$  mm durumunda görülmektedir. Bu deneyde engel yüksekliği arttıkça sıcaklık tabakalaşmasının iyileştiği bir durum söz konusu değildir.

#### 4.8. $30^\circ$ açılı ters konik engel (G Tipi)

Bu deneyde G tipi engel diğer engeller gibi tank tabanından itibaren 200 mm, 400 mm ve 600 mm yüksekliğe yerleştirilmiştir. Manto giriş ve çıkışında, şebeke suyu girişinde ve kullanım suyu çıkışında sıcaklıklar ölçülebildi.



Şekil 4.39. G tipi engelin tank içindeki şematik görünümü

### G tipi engelin Y=200 mm yükseklikteki sonuçları

G tipi engelin Y=200 mm yüksekliğe yerleştirilmesi ile yapılan deneyin sonucunda alınan sıcaklık değerleri Çizelge 4.20' de verilmiştir.

**Çizelge 4.20.** G tipi engelin Y=200 mm yükseklikteki sonuçları

t (dk)	T <sub>şebeke</sub> (°C)	T <sub>kullanım</sub> (°C)	T <sub>m,g</sub> (°C)	T <sub>m,ç</sub> (°C)
0	17,5	21,1	23,8	20,6
15	18	28,6	63,2	25,3
30	17,9	34,9	63,3	29
45	17,9	38,7	63,3	30,2
60	17,9	41	63,1	30,9
75	17,9	42,6	63,1	31,4
90	17,9	43,4	62,4	31,7
105	17,9	44,4	65	32
120	17,9	45,6	67,5	32,4

Çizelge 4.20'den de görüldüğü gibi ısıtıcıdan yaklaşık olarak 63°C su tanka gönderilmiştir. Isıtıcıdan gelen su sıcaklığı ile ısıtıcıya dönen su sıcaklığı arasındaki fark deney boyunca 30,7°C-37,9°C arasında değişmiştir. Şebekeden alınan suyun sıcaklığı yaklaşık olarak 18°C'dir. Kullanım suyu sıcaklığı ise 21,1°C'den 45,6°C'ye çıkmıştır. Yani tanktaki su 24,5°C ısıtılıp kullanıma hazır hale getirilmiştir.

### G tipi engelin Y=400 mm yükseklikteki sonuçları

G tipi engelin Y=400 mm yüksekliğe yerleştirilmesi ile yapılan deneyin sonucunda alınan sıcaklık değerleri Çizelge 4.21' de verilmiştir.

**Çizelge 4.21.** G tipi engelin Y=400 mm yükseklikteki sonuçları

t (dk)	T <sub>şebeke</sub> (°C)	T <sub>kullanım</sub> (°C)	T <sub>m,g</sub> (°C)	T <sub>m,ç</sub> (°C)
0	17,5	21,6	24,3	21,1
15	18	28,9	63,3	25,5
30	18,1	35,4	63,4	28,9
45	18	39,1	63,4	29,8
60	18	41,4	63,4	30,7
75	18	43	63,3	31,2
90	17,9	44,1	65,8	31,5
105	17,9	45,7	66,9	32,2
120	18,1	46,8	66,8	32,4

Çizelge 4.21’den de görüldüğü gibi ısıtıcıdan yaklaşık olarak 63,3°C-66,9 °C arasında su tanka gönderilmiştir. Isıtıcıdan gelen su sıcaklığı ile ısıtıcıya dönen su sıcaklığı arasındaki fark deney boyunca 32,1°C-37,8 °C arasında değişmiştir. Şebekeden alınan suyun sıcaklığı yaklaşık olarak 18°C’dir. Kullanım suyu sıcaklığı ise 21,6°C’den 46,8°C’ye çıkmıştır. Yani tanktaki su 25,2°C ısıtılıp kullanıma hazır hale getirilmiştir.

#### **G tipi engelin Y=600 mm yükseklikteki sonuçları**

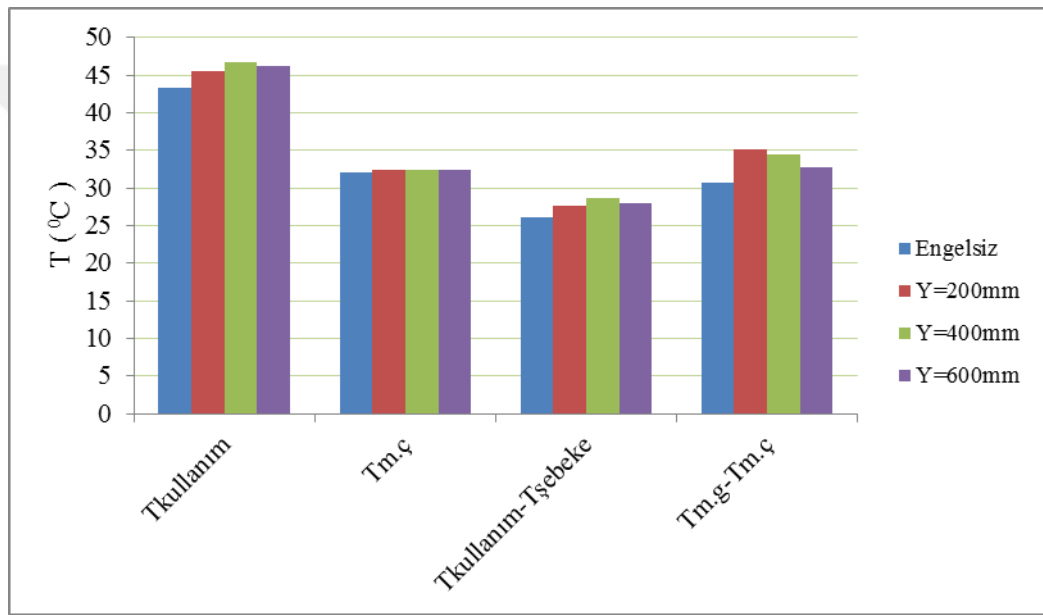
G tipi engelin Y=600 mm yüksekliğe yerleştirilmesi ile yapılan deneyin sonucunda alınan sıcaklık değerleri Çizelge 4.22’ de verilmiştir.

**Çizelge 4.22.** G tipi engelin Y=600 mm yükseklikteki sonuçları

t (dk)	T <sub>şebeke</sub> (°C)	T <sub>kullanım</sub> (°C)	T <sub>m,g</sub> (°C)	T <sub>m,ç</sub> (°C)
0	17,5	20,2	24,3	20,2
15	18	28,6	65,5	24,2
30	18,1	35,6	65,7	28,5
45	17,9	39,5	65,7	29,9
60	18,1	42,2	65,7	30,9
75	18,1	43,8	65,5	31,5
90	18,1	44,8	65,5	32
105	18	45,6	65,4	32,4
120	18,2	46,2	65,3	32,5

Çizelge 4.22'den de görüldüğü gibi ısıtıcıdan yaklaşık olarak  $65,5^{\circ}\text{C}$  su tanka gönderilmiştir. Isıtıcıdan gelen su sıcaklığı ile ısıtıcıya dönen su sıcaklığı arasındaki fark deney başlangıcında  $41,3^{\circ}\text{C}$  iken deney sonunda bu fark  $32,8^{\circ}\text{C}$ 'ye düşmüştür. Şebekeden alınan suyun sıcaklığı yaklaşık olarak  $18^{\circ}\text{C}$ 'dir. Kullanım suyu sıcaklığı ise  $20,2^{\circ}\text{C}$ 'den  $46,2^{\circ}\text{C}$ 'ye çıkmıştır. Yani tanktaki su  $26^{\circ}\text{C}$  ısıtılıp kullanıma hazır hale getirilmiştir.

G tipi engel için farklı yüksekliklerdeki sıcaklık ve sıcaklık farkı değerleri Şekil 4.40' da sütun diyagram olarak verilmiştir.



Şekil 4.40. G tipi engel için sıcaklık ve sıcaklık farkı değerleri

G tipi engelle yapılan deneylerde en yüksek kullanım suyu sıcaklığı  $Y=400$  mm durumunda elde edilmiştir. Kullanım suyu ile şebeke suyu arasındaki en yüksek sıcaklık farkı yine  $Y=400$  mm durumunda görülmüştür. Manto çıkış sıcaklığı ile manto giriş sıcaklığı arasındaki en yüksek fark değeri  $Y=200$  mm durumunda görülmektedir.

## 5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Yapılan deneyler sonucunda düşey mantolu sıcak su tankındaki sıcaklık tabakalaşmasının iyileştirilmesi sağlanmıştır. Sıcaklık tabakalaşmasının iyileştirilmesi engel tipine ve konumuna bağlı olarak farklılık göstermiştir. Bu çalışmada yedi farklı engel tipi üç farklı yüksekliğe yerleştirilerek deneyler yapılmıştır. Deneysel verilere göre A tipi engel modelinde en iyi sıcaklık tabakalaşması  $Y=200$  mm durumunda elde edilmiştir. B tipi engel modelinde en iyi sıcaklık tabakalaşması  $Y=400$  mm durumunda elde edilmiştir. C tipi engel modelinde en iyi sıcaklık tabakalaşması  $Y=600$  mm durumunda elde edilmiştir. C tipi engel modelinde ,engel tank tabanından uzaklaştıkça sıcaklık tabakalaşmasını olumlu yönde etkilemektedir. D tipi engel modelinde en iyi sıcaklık tabakalaşması  $Y=200$  mm ve  $Y=600$  mm durumunda elde edilmiştir.  $Y=200$  mm olduğu durum kullanım suyu sıcaklığı, kullanım suyu sıcaklığı ve şebeke suyu sıcaklığı arasındaki fark açısından en iyi durum,  $Y=600$  mm durumu manto çıkış sıcaklığı ve manto çıkış sıcaklığı ile manto giriş sıcaklığı arasındaki fark açısından en iyi durumdur. E tipi engel modelinde en iyi sıcaklık tabakalaşması  $Y=600$  mm olduğu durumda görülmektedir. E tipi engel modelinde engel yüksekliği arttıkça sıcaklık tabakalaşması iyileşmiştir ancak bu durum her deney için geçerli değildir. F tipi engel modelinde en iyi sıcaklık tabakalaşması  $Y=200$  mm olduğu durumda görülmektedir. G tipi engelde  $Y=400$  mm olduğu durum kullanım suyu sıcaklığı, kullanım suyu sıcaklığı ve şebeke suyu sıcaklığı arasındaki fark açısından en iyi durumdur.  $Y=200$  mm olduğu durum manto çıkış sıcaklığı, manto giriş sıcaklığı ile manto çıkış sıcaklığı arasındaki fark açısından en iyi durumdur. Su tankının içerisine konumlandırılan B tipi, D tipi, E tipi ve G tipi engel modelleri hangi yükseklikte olursa olsun olumlu sonuçlar ortaya çıkarıp engelsiz tanka göre sıcaklık tabakalaşmasını iyileştirmişlerdir. Fakat bazı engel modelleri sıcaklık tabakalaşmasını her durumda iyileştirmemişlerdir. Su tankının içinde engel modelinin yüksekliğinin artması ile artan ya da azalan sıcaklık tabakalaşması söz konusu değildir. Genel olarak dört farklı engel modelinde  $Y=200$  mm, üç farklı engel modelinde  $Y=600$  mm ve iki farklı engel modelinde  $Y=400$  mm konumu en iyi sıcaklık tabakalaşmasını sağlamıştır. D tipi engel modelinde  $Y=200$  mm konumu deneysel veriler açısından en iyi sıcaklık tabakalaşmasını sağlamaktadır. D tipi engel modelinin  $200$  mm yüksekliğe yerleştirildiği durumda  $47,6$  °C kullanım suyu sıcaklığı elde

edilmiştir. Bu sıcaklık değeri bütün deneyler içindeki en yüksek sıcaklık değeridir. Aynı zamanda bu durumda kullanım suyu sıcaklığı ile şebeke suyu sıcaklığı arasındaki en yüksek sıcaklık farkı elde edilmiştir.

Sıcaklık tabakalaşmasını daha fazla iyileştirmek, sistemin verimini ve ısı performansını daha çok arttırmak amacıyla bu konuda çok sayıda literatür tarama çalışması yaparak farklı tip ve yükseklikteki engel modelleri üzerinde çalışmalar yapmak gerekir.



## KAYNAKLAR

- 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.
- Brown, N. M. , Lai, F. C. 2011.** Enhanced thermal stratification in a liquid storage tank with a porous manifold. *Solar Energy*, 85: 1409-1417.
- Castell, A. , Medrano , M. , Sole , C. , Cabeza , L. F. 2010.** Dimensionless numbers used to characterize stratification in water tanks for discharging at low flow rates. *Renewable Energy*, 35: 2192-2199.
- Dinçer, İ. , Rosen, M. 2011.** Thermal Energy Storage Systems and Applications. University of Ontario Institute of Technology Ontario, Canada, 599 pp.
- Erdemir, D. 2013.** Mantolu sıcak su tanklarında sıcaklık tabakalaşmasının deneysel olarak incelenmesi, ikinci kanun değerlendirilmesi ve YSA modellemesi. *Yüksek Lisans Tezi*, EÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Kayseri.
- Erdemir, D. , Altuntop, N. 2016.** Improved thermal stratification with obstacles placed inside the vertical mantled hot water tanks. *Applied Thermal Engineering*, 100: 20-29.
- Fan, J. , Furbo, S. 2012.** Buoyancy driven flow in a hot water tank due to standby heat loss. *Solar Energy*, 86: 3438-3449.
- Göppert, S. , Lohse, R. , Urbaneck, T. , Schirmer, U. , Platzer, B. , Steinert, P. 2009.** New computation method for stratification pipes of solar storage tanks. *Solar Energy*, 83: 1578-1587.
- Kenjo, L. , Inard, C. , Caccavelli, D. 2007.** Experimental and numerical study of thermal stratification in a mantle tank of a solar domestic hot water system. *Applied Thermal Engineering*, 27: 1986-1995.
- 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.
- Knudsen, S. , Morrison, G. L. , Behnia, M. , Furbo, S. 2005.** Analysis of the flow structure and heat transfer in a vertical mantle heat exchanger. *Solar Energy*, 78: 281-289.
- Kurşun, B. , Ökten, K. 2018.** Effect of rectangular hot water tank position and aspect ratio on thermal stratification enhancement. *Renewable Energy*, 116: 639-646.
- Moncho-Esteve, I. , Gasque, M. , Gonzalez-Altozano, P. , Palau-Salvador, G. 2017.** Simple inlet devices and their influence on thermal stratification in a hot water storage tank. *Energy and Buildings*, 150: 625-638.
- Rhee, J. , Campbell, A. , Mariadass, A. , Morhous, B. 2010.** Temperature stratification from thermal diodes in solar hot water storage tank. *Solar Energy*, 84: 507-511.
- Shah, L. J. , Morrison, G. L. , Behnia, M. 1999.** Characteristics of vertical mantle heat exchangers for solar water heaters. *Solar Energy*, 67 (1-3): 79-91.



**Tokgöz, N. 2008.** İçerisine engel yerleştirilmiş mantolu sıcak su tanklarında sıcaklık tabakalaşmasının sayısal olarak incelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, EÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Kayseri.

**Wang, Z. , Zhang, H. , Dou, B. , Huang, H. , Wu, W. 2017.** Experimental and numerical research of thermal stratification with a novel inlet in a dynamic hot water storage tank. *Renewable Energy*, 111: 353-371.



## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Gökhan KURTULUŞ  
Doğum Yeri ve Tarihi : Eskişehir, 06.08.1983  
Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim Durumu  
Lise : Eskişehir Anadolu Teknik Lisesi  
Lisans : Uludağ Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Makine Müh.  
Yüksek Lisans : Uludağ Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Makine Müh.  
İletişim (e-posta) : gkurtulus26@outlook.com

Yayınları : -

