

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

FAZ DEĞİŞTİREN MADDE İLE PREFABRİK YAPILARIN SOĞUTULMASI

YÜKSEKLİSANS TEZİ

İbrahim Cemaleddin KULOĞLU

142135108

Enerji Sistemleri Mühendisliği

Danışman: Prof. Dr. Hikmet ESEN

TEMMUZ-2018

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FAZ DEĞİŞTİREN MADDE İLE PREFABRİK YAPILARIN SOĞUTULMASI

YÜKSEKLİSANS TEZİ

İbrahim Cemaleddin KULOĞLU

142135108

Enerji Sistemleri Mühendisliği

Danışman: Prof. Dr. Hikmet ESEN

Diğer Jüri Üyeleri: Doç. Dr. Filiz ÖZGEN

Dr. Öğr. Üyesi Erdem IŞIK

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 30 Temmuz 2018

Tezin Savunulduğu Tarih : 17 Ağustos 2018

TEMMUZ-2018

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimi boyunca her zaman tecrübe ve bilgi birikimleriyle kendisinden çok şeyler öğrendiğim ve akademik kariyerime başladığım günden beri yardımlarını esirgemeyen hoşgörüsü, desteği ve bilgisiyle bana yol gösteren değerli hocam ve tez danışmanım Prof.Dr. Hikmet ESEN'e çok teşekkür ederim. Bu çalışmanın hazırlanışında maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen bilgi ve tecrübeleriyle bana yardımcı olan Dr. Arş. Gör. Mert GÜRTÜRK'e ve Arş Gör. Cihangir KALE'ye teşekkür ederim. Hayata gözlerimi açtığım andan itibaren benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen canım annem ve canım babama sonsuz teşekkür ederim.

Bu Yüksek Lisans tezi Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (FÜBAP) tarafından TEKF 16.21 proje numarası ile desteklenmiştir. Bu projenin hayata geçmesinde finansal olarak destek olan FÜBAP'a teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	I
İÇİNDEKİLER	II
ÖZET	IV
SUMMARY	V
ŞEKİLLER LİSTESİ	VI
TABLolar LİSTESİ	IX
KISALTMALAR LİSTESİ	X
SEMBOLLER LİSTESİ	XI
1. GİRİŞ	1
1.1. Enerji Depolanmasının Önemi	2
1.2. Enerji Depolama Teknolojileri	3
1.3. Enerji Depolama Metotları	4
1.3.1. Mekanik Enerjinin Depolanması.....	5
1.3.2. Elektrik Enerjisinin Depolanması	5
1.3.3. Isıl Enerjinin Depolanması.....	5
1.4. Isıl Enerji Depolama Materyali Seçiminde İzlenilecek Metot.....	6
1.5. Hissedilebilen Isı Depoları.....	9
1.6. Gizli Isı Depoları	10
1.7. Faz Değiştiren Malzemelerin Özellikleri.....	11
1.7.1. FDM'nin Isıl Özellikleri.....	12
1.7.2. FDM'nin Fiziksel Özellikleri.....	12
1.7.3. FDM'nin Kimyasal Özellikleri	12
1.7.4. Ekonomik Özellikler	13
1.8. Sistemde Kullanılan FDM'nin Yapısal Özellikleri	13
1.9. R134a Gazı Hakkında Genel Bilgi	15
1.10. Isı Borusu	16
2. DENEYSEL TASARIM.....	19
2.1. Isı Borusunun Yapısı Kurulumu ve Çalışması	24
2.2. Isı Borusunun Yapısal Özellikleri.....	25
3. DENEYSEL SONUÇLAR	46

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

FAZ DEĞİŞTİREN MADDE İLE PREFABRİK YAPILARIN SOĞUTULMASI

YÜKSEKLİSANS TEZİ

İbrahim Cemaleddin KULOĞLU

142135108

Enerji Sistemleri Mühendisliği

Danışman: Prof. Dr. Hikmet ESEN

TEMMUZ-2018

4. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME	59
KAYNAKLAR.....	60
EKLER	62
EK-1: 1-15 ısı1 çiftlerin zamana bağlı sıcaklık değerleri	62
Ek-2 16-29 ısı1 çiftlerin zamana bağlı sıcaklık değerleri	68
ÖZGEÇMİŞ	74

ÖZET

Taşınabilir, ucuz ve kolay kurulum gibi avantajlara sahip prefabrik yapıların en önemli problemlerinden biri bu hacimlerin soğutulmasıdır. Özellikle, şantiye ve kırsal kesimlerde tercih edilen bu yapıların kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. İlgi çekici özellikleri nedeniyle bu yapılar, yaşam alanı olarak da kullanılmaktadır. Bu yapıların soğutulması veya belirli bir sıcaklık değerinde tutulması gerekmektedir.

Projenin çıkış noktası, söz konusu bu prefabrik yapıların soğutulmasıdır. Kırsal kesimlerde ve şantiye ortamında kullanılan bu yaşam ve depolama alanlarının soğutulması, ciddi bir problem oluşturmaktadır. Güncel olarak uygulanan soğutma sistemlerinin maliyeti yüksektir. Proje kapsamında tasarımı ve imalatı gerçekleştirilecek olan soğutma sistemi ile bu yapıların soğutulması gerçekleştirilecektir. Soğutma sistemi, Faz Değiştiren Madde (FDM) ile entegre edilerek konteyner içerisindeki enerjinin bu maddeler üzerinde depolanması prensibine dayanmaktadır. Söz konusu kontrol hacminin içerisindeki enerjinin FDM ile depolanmasından sonra, ısı atım bacaları ile çevre ortama atılması sağlanacaktır. Kontrol hacim olarak belirlenen yapıların, tasarlanan soğutma sistemi ile soğutulması ve aynı şartlarda ve de herhangi bir soğutma uygulamasının yapılmadığı bir kontrol hacimden elde edilen veriler karşılaştırılacaktır. Projeden elde edilen veriler neticesinde, ölçüm odası ile referans odası arasında birkaç derecelik sıcaklık farkı olduğu gözlenmiştir. Yapılan deneyler sonucunda, sistemde kullanılan Faz Değiştiren Malzemenin miktarının artırılmasıyla bu farkın daha belirgin bir şekilde arttığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Faz Değiştiren Madde, Isıl Enerji Deposu, Prefabrik yapı, Soğutma, Sıcaklık Farkı.

SUMMARY

COOLING PREFABRICATED PLACE WITH PHASE CHANGING MATERIAL

One of the most important problem portable, cheap and easy set-up prefabricated place is cooling. Specially to use prefabricated place increases for work sites and rural areas. These prefabricated structures are used as a living space due to their usege areas. These structures must be cooled or kept at a certain temperature and humidity.

Point of origin this Project is to cool mentioned these places with no elektricity. To cooliving and storage areas is very serious problem in the rural areas and worksites. Modern cooling systems are sometimes unaffordable for these kind of purposes. Within the context of Project airconditioning these places to design and produce cooling system. Obtained information from the Project compared with data toget from same size place for to understand this cooling system work or not. It was observed that there was a temperature difference of several degrees between the measurement room and the reference room as a result of the data obtained from the Project. As a result of the experiments carried out, this difference will become more apparent by increasing the amount of Phase Change Material used in the system.

Key Words: Phase Change Material, Thermal Energy Storage, Prefabricated Structures, Cooling, Temperature difference.

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Isıl enerjinin depolanma şekilleri	6
Şekil 1.2. Teorik FDM, su ve taş materyali kullanılarak yapılmış ısı enerjisi depolarının performans durumları	10
Şekil 1.3. FDM'nin sınıflandırılması	11
Şekil 2.1. Deneylerin yapıldığı konteyner alanı	19
Şekil 2.2. Deneylerin yapıldığı konteyner	20
Şekil 2.3. Ölçüm odasının yalıtım malzemesiyle kapatılmış halinin görünümü.....	21
Şekil 2.4. Ölçüm odasının bölünmesinde kullanılan metal alaşımlı iskeletin görünümü ...	22
Şekil 2.5. Ölçüm odasının bölünmesinde kullanılan metal alaşımlı iskeletin üzerine yalıtım malzemesinin montajlanmış hali gösterilmiştir.	23
Şekil 2.6. Isı borusunun alt kısmı	25
Şekil 2.7. Isı borusunun alt ve üst kısmı ayrılmış bir şekilde.....	26
Şekil 2.8. Isı borusunun üst kısmı	27
Şekil 2.9. Isı borusunun soğutucu gaz girişi valfi	27
Şekil 2.10. Isı borusunun alt ile üst birleşme noktasının yakından görünümü.....	28
Şekil 2.11. Isıl enerji deposunun montajı öncesi çekilmiş fotoğrafı	29
Şekil 2.12. Isı borularının başka açıdan çekilmiş durumları	30
Şekil 2.13. Isıl enerji deposunun iç yapısının yalıtım yapılmış hali.....	31
Şekil 2.14. Isıl enerji deposunun iç kısmına yerleştirilmiş ısı çiftlerinin konumları.....	32
Şekil 2.15. Isıl enerji deposunun içine yerleştirilmiş ısı çiftlerinin başka açıdan görünümü	33
Şekil 2.16. Isıl çiftlerin ısı enerjisi deposundaki konumları	34
Şekil 2.17. Isı borusunun kanadına yerleştirilmiş ısı çiftleri	35
Şekil 2.18. Isı borusundaki ısı çiftlerinin konumları	36

Şekil 2.19. Isı borusunun üst kısmına ısı çiftlerinin yerleştirilmiş durumu	37
Şekil 2.20. Isı çiftlerinin ısı borusunun üst kısmındaki konumu.....	38
Şekil 2.21. Konteynere yerleştirilmiş ısı çiftlerinin konumları	39
Şekil 2.22. Bilgi toplama merkezi, bilgisayar sistemi ve bu işlemlerin yapıldığı bilgi toplama odası.....	40
Şekil 2.23. Isı enerji deposu haznesinin kapatılmış hali	41
Şekil 2.24. Faz değiştiren malzemenin katı hali.....	42
Şekil 2.25. Eritilip sıvı hale getirilmiş faz değiştiren malzemenin ısı enerji deposuna doldurulma noktası	43
Şekil 2.26. Yalıtım için kullanılan metal levha ve yalıtım malzemesi.....	44
Şekil 2.27. Deney düzeneğindeki sistemlerin kurulumu tamamlanmış hali	45
Şekil 3.1. Deneyin yapıldığı süre boyunca dış ortamın sıcaklık değişimi	46
Şekil 3.2. Deney yapılan yerin birgünlük sıcaklık değişimi.....	47
Şekil 3.3. Dış ortamda konumlandırılmış ısı çiftleri değerlendirilmesi	48
Şekil 3.4. Konteynerin ön, yan ve çevre sıcaklığının bir günlük karşılaştırılması.....	48
Şekil 3.5. Çevre sıcaklığı ile ısı enerji deposunun iç yapısında bulunan seçilmiş ısı borusundaki ısı çiftlerinin toplamının ortalaması ile karşılaştırması.....	49
Şekil 3.6. Çevre sıcaklığının ısı borusundaki ısı çiftleriyle iki günlük karşılaştırılması.....	50
Şekil 3.7. Çevre sıcaklığı referans ve ölçüm odasının karşılaştırılması	51
Şekil 3.8. Çevre sıcaklığı ölçüm odasının ve referans odasının bir günlük zaman bağlı sıcaklık değişimleri.....	51
Şekil 3.9. Çevre sıcaklığının ısı borusu üzerinde ki noktalarıyla karşılaştırılması	52
Şekil 3.10. Çevre sıcaklığının seçilmiş ısı borusuyla karşılaştırılmasının bir günlük durumu.....	53
Şekil 3.11. Ölçüm odasının etrafındaki ısı çiftlerinin zamana bağlı sıcaklıklarının değişimi	54

Şekil 3.12. Çevre sıcaklığının ölçüm odasının etrafına yerleştirilmiş ısıtıcıların bir günlük değerlendirilmesi	54
Şekil 3.13. Isıtıcı enerji deposundaki ısıtıcı çiftlerin çevre sıcaklığı ile karşılaştırılması durumu	55
Şekil 3.14. Ölçüm odasının ısıtıcı enerji deposunun iç yapısından elde edilmiş bilgilerin karşılaştırılması.....	56
Şekil 3.15. Odası ile ölçüm odasının karşılaştırılması durumu	57
Şekil 3.16. Çevre sıcaklığı ile ısıtıcı borusunun gövdesinde yer alan ısıtıcı çiftlerin durumu	58

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1.1. Soğutma uygulamaları için seçilmiş FDM'lerin özellikleri [7].	7
Tablo 1.2. Isıtma uygulamaları için seçilmiş FDM'lerin özellikleri [7].	7
Tablo 1.3. Yapılmış soğutma deneyi için seçilmiş FDM'ler ve metallerin durumu [7].	8
Tablo 1.4. Isıtma uygulamaları için kullanılacak FDM'ler ve metallerin durumu [7]. ..	8
Tablo 1.5. Hissedilebilen ısı deposu için seçilmiş maddeler	9
Tablo 1.6. Döngü testinde kullanılan cihazın limitleri ve özellikleri [15].	14
Tablo 1.7. Deneyde kullanılan FDM'nin bazı özellikleri [15].	14
Tablo 1.8. $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 'nın hızlandırılmış döngü testinden elde edilen sonuçlar [15].	15
Tablo 1.9. R134a'nın ısı fiziksel özellikleri [16].	16

KISALTMALAR LİSTESİ

FÜBAP	:Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri
FDM	: Faz Değiştiren Madde
DSC	: Diferansiyel Taramalı Kalorimetre
R134a	: Soğutucu akışkan
GWP	: Küresel ısınma potansiyeli
ODP	: Ozon inceltme potansiyeli

SEMBOLLER LİSTESİ

Ni-Cd	: Nikel Kadmiyum
<i>m</i>³	: Metre küp
<i>K</i>	: Kelvin; sıcak birimi
<i>ml</i>	: Mililitre

1. GİRİŞ

İnsan hayatını tehdit eden en büyük problemlerin başında küresel ısınma gelmektedir. Küresel ısınmanın neticesinde dünya atmosferinde, kıta parçalarında, okyanuslarda ısınma ve mevsim normallerinin değişmesi gibi sonuçlarla karşılaşmaktadır. Mevsim değişiminin çevreye ve insan sağlığına birçok negatif etkisi olmaktadır. Geleneksel yakıt rezervlerinin hızlı bir şekilde tükenmesi neticesinde dünya genelinde alternatif enerji kaynaklarının kullanımı ve yaygınlaştırılması artmıştır. Bu alanda en çok umut veren ve gelişen teknoloji enerji depolama teknolojisidir. Bu teknoloji bazı enerji çeşitlerini depolayabilme ve sonradan kullanma olanağı sunmaktadır [1].

Uluslararası enerji ajansının vermiş olduğu bilgi neticesinde dünya genelinde enerji ihtiyacı 1970’den günümüze iki katını geçmiştir [2]. Enerjideki bu artışın birçok nedeni vardır, nüfus artışı ve refah durumunun artması gibi nedenler gösterilebilir. Burada kullanılan enerjinin %80’ine yakını fosil kaynaklar olan petrol, doğal gaz ve kömürden elde edilmektedir [3]. Bu fosil kaynaklı yakıtların kullanımı neticesinde dünya atmosferinde karbondioksit birikimi 1970’den buyana iki katına çıkmış olup doğanın kirlenmesine ve küresel ısınmaya neden olmaktadır. Bu kullanılan enerji kaynakları yenilenemeyen olup ve devamlı bir şekilde tükenmektedir [1].

Doğal gaz, petrol ve kömür gibi fosil kaynaklı yakıtların kullanımını düşürmek ve çevreye verilen zararı en aza indirmek için yenilenebilir enerji kaynakları titiz bir şekilde incelenmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları teknolojinin ilerlemesiyle kullanım potansiyeli artmış, ekonomiye ve çevreye büyük ölçüde yarar sağlanmıştır [4].

Küresel ısınmayı önlemek veya azaltmak amacıyla birçok yöntem ve sistem uygulanabilmektedir. Fosil kaynaklı yakıtlar yerine çevreye zararsız ve uyumlu enerji kaynaklarının tercih edilmesi gerekmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynakları doğal olarak kendi kendine yeniden ilk formuna yani ilk kullanılmadığı kapasitesine geldiği için bütün dünyanın enerji ihtiyacını sabit bir şekilde karşılayabilecektir. Burada sadece çözüm bulunması gereken durum elde edilme aşamalarının ve depolanmasının ekonomikliğinin sağlanmasıdır [5].

Günümüzde binalarda elektrik kullanarak ısıtma ve soğutma amaçlı sistemler enerji tüketiminin büyük oranını teşkil etmektedir. Harcanan bu enerji nüfusun artması ve teknolojinin gelişmesi ile alakalı olarak gün geçtikçe de artması beklenmektedir. Avrupa’da enerji yönetimi ile alakalı olarak yapılmış bir araştırmada enerjinin %40’nın ısıtma ve soğutmaya harcadığı sonucu belirlenmiştir. Bu sebeple etkili bir enerji yönetimi arz talep dengesini, mevcut enerji kaynaklarının daha uzun kullanımı ve kullanımının dengelenmesinde önemli rol oynamaktadır [6].

Son yıllarda ilerlemiş ülkelerin fosil kaynaklardan elde edilen enerji kullanımındaki artış nedeniyle çevreye verdiği zararlar hızlı bir şekilde artmaktadır. Binalarda kullanılan enerjinin yaklaşık %50’si alan soğutma ve ısıtma uygulamalarında kullanıldığı gözlemlenmiştir. Alan ısıtma ve soğutmada kullanılan ısı enerjinin fazlası depolanıp ihtiyaç halinde tekrar kullanılması neticesinde sera etkisi olan gazların atmosferde birikmemesinde büyük oranda faydası olacaktır [7].

Yenilenebilir enerji kaynakları ve bunlarla ilgili teknoloji gün geçtikçe daha ulaşılabilir ve verimli hale gelmektedir. Bu alandaki hızlı ilerlemenin sebebi yenilenebilir enerji kaynaklarının fosil kaynaklı yakıtların alternatifi olması ve birçok özellikleri açısından kullanıma elverişli olmasındandır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım yöntemlerinden biri olan ısı şarj/deşarj işlemini yerine getirebilen ısı enerjisi depolarıdır. Isıtma ve soğutma amaçlı kullanımda büyük miktarda enerji talebini asgari seviyeye indirebilmektedir. Bu özelliğinden dolayı enerji yönetimine büyük katkısı olmaktadır. Bu nedenle ısı enerjisi depoları ile alakalı araştırmalar yoğunlaşmaktadır.

Bu çalışmada, ısıtma ve soğutma uygulamalarında sistemle bütünleşmiş ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına olanak sağlayan ısı enerjisi deposu ve faz değiştiren malzemelerin kullanımı incelenmiştir. Soğutma uygulaması için ısı enerjisi deposu tasarlanıp ve soğutma sistemi için kimyasal, fiziksel ve ekonomik özellikleri uygun faz değiştiren malzeme seçilip değerlendirilmiştir.

1.1. Enerji Depolanmasının Önemi

Günümüzde teknolojinin hızlı bir şekilde ilerlemesi ile enerjiye olan ihtiyacın artması istatistik çalışmalar neticesinde belirlenmiştir. Fosil kaynakların çıkarılması ve işletme maliyetinin yanında insan sağlığına ve çevreye olan zararlı etkileri göz önünde

bulundurulduğunda yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi anlaşılmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları çok çeşitli olup ana kaynak güneştir [8].

Rüzgâr enerjisi, dalga enerjisi, jeotermal enerji, biokütle enerjisi ise diğer yaygın kullanılan yenilenebilir enerji kaynaklarından bazılarıdır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı için en önemli çözülmesi gereken problem, ihtiyaç olmadığı zaman depolanabilmesi ve arz talep dengesinin ayarlanabilmesidir [8].

Enerjinin depolanmasıyla alakalı çalışmalar gün geçtikçe hız kazanmaktadır. Enerji depolama sistemleri üzerinde düşünülmesi gereken en önemli konulardan biri de enerjinin son kullanıcılar için ihtiyaç durumunda temin edilebilmesidir. Bu yüzden enerji depolama sistemleri ısıtma, havalandırma ve soğutma sistemlerinin kararlılığı için önemli rol oynamaktadır [9].

Enerji depolama sistemleri atık ısı veya günün farklı zaman dilimlerinde oluşan sıcaklık farkı gibi durumlarda oluşabilecek enerji fazlalığını depolayıp arz talep uyumsuzluğunu en aza indirmek için kullanılabilirler. Örneğin günün güneşli zamanlarında güneş enerjisi ile ısıtılan su, sistemin büyüklüğü, ısı enerji deposunun hacmi ve kararlılığı ile alakalı olarak dışarıdan herhangi bir enerji talep etmeden günün 24 saatinde sıcak su ihtiyacına cevap verebilmektedir [9].

1.2. Enerji Depolama Teknolojileri

Birçok yenilenebilir enerji kaynağını kesintisiz bir şekilde son kullanıcı için depolamak gerekmektedir. Depolama işleminin kararlılığı da yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımıyla doğrudan alakalıdır. Sonuç olarak bakıldığında birçok yenilenebilir enerji kaynaklı sistem uygulamaları doğrudan depolama işlemine odaklanmıştır [10].

Kısaca depolama işlemi sistemin çalışmasında hiçbir duraklama olmaksızın ihtiyaç fazlası olan enerji olduğu anda depolanıp sonraki durumda kullanımdır. Enerji depolama teknolojileri uygulanabilir, ekonomik olarak diğer sistemlerle rekabet edebilen, güvenilebilen sistemler olmalı ve uygun materyaller geliştirilmelidir ki yenilenebilir enerji kaynaklarının potansiyelinden tam olarak yararlanılsın [11] .

Örnek olarak güneş enerjisi göz önünde bulundurduğumuzda elektrik enerjisi güneş panelinden üretildikten sonra eğer ihtiyaç yoksa depolama ünitesi olan akülerde depolanır.

Akülerin sayısı kapasitesiyle alakalı olarak belli müddet sonra aküler dolar. Artık ne kadar güneş panelinden akülere enerji aktarılırsa aktarılın enerji depolanamaz. Bu enerji depolanmadığı için boşa gitmiştir ve yenilenebilir enerji kaynağı tam olarak değerlendirilememiştir.

Enerji depolama sistemlerinin faydaları;

Enerji depolama sistemlerinin ekonomiye olduğu gibi çevreye de birçok faydası bulunmaktadır [4,12]. Bunlar:

- Enerjinin birim maliyet fiyatını düşürülmesi,
- İlk yatırım ve bakım ücretlerinin düşürülmesi,
- Depolama sistemlerinde kullanılan ekipmanlarının ölçüsünün küçültülmesi ve ekipmanların daha kararlı bir şekilde kullanılabilmesi,
- Fosil kaynaklı yakıtların daha az kullanılması,
- Enerji güvenliğinin sağlanması,
- Çevreye karbondioksit salınımının azaltılması,
- Arz talep dengesinin ayarlanması,

Birçok farklı enerji depolama teknolojileri vardır. Bunlar kurulan sisteme ve uygulanan yenilenebilir enerji kaynağına göre değişmektedir. Bunlar; mekanik, kimyasal, elektrostatik, manyetik, biyolojik ve ısı enerji depolarıdır. Ayrıca enerji depoları iki kategoriye ayrılmaktadır. Bunlar kısa dönem ve uzun dönem depolamadır [13].

1.3. Enerji Depolama Metotları

Enerjinin günlük hayattaki yeri ve öneminden dolayı belirli zaman dilimlerinde enerjiye olan ihtiyaç değişiklik göstermektedir. Günün farklı saatlerinde insanların işlerini yerine getirmesi durumunda enerji kullanımında dalgalanma olmaktadır. Ayrıca yılın farklı zaman dilimlerinde de farklı ihtiyaçlardan dolayı enerjinin kullanım şekli ve miktarı çeşitlilik göstermektedir. Örneğin, yazın evlerde ve iş yerlerinde soğutmaya olan ihtiyaç kışın yerini ısıtmaya bırakmaktadır. Buna bağlı olarak kışın ısınmadan dolayı enerji talebi daha da artmaktadır.

Enerji günümüz teknolojisi ve şartlarla alakalı olarak farklı formlarda depolanabilmektedir.

1.3.1. Mekanik Enerjinin Depolanması

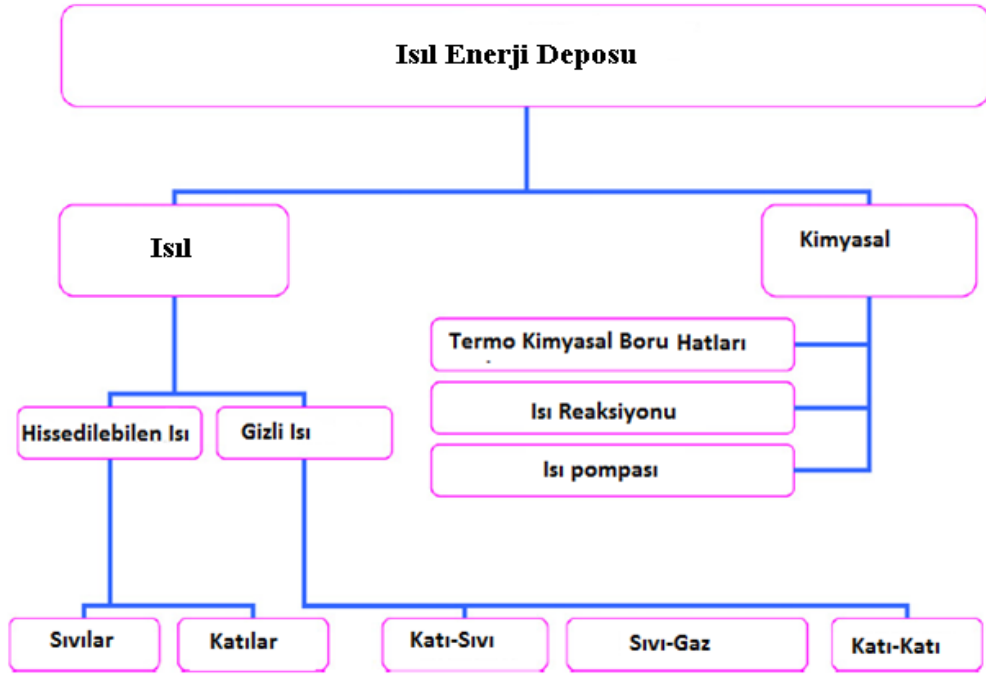
Enerjinin depolanma yöntemlerinden biride mekanik enerjinin depolanmasıdır. Mekanik enerji depo sistemleri genellikle elektrik enerjisini başka bir enerji formuna çevirerek depolarlar [4]. Mekanik enerjinin depolanma yöntemlerine birçok örnek verebiliriz. Örneğin, yer çekim prensibini kullanarak suyu enerjiye ihtiyacın düşük olduğu zaman dilimlerinde ırmak veya nehir gibi yerlerden pompa vasıtasıyla yüksek bir yerde depolanıp ihtiyaç olduğu zaman diliminde su depolanmış yerden türbin sistemine bırakılır ve bu sistemle elektrik üretilir [14]. Bir başka mekanik enerji depolama yöntemi ise havanın kompresör ile bir tankın içine veya doğal oluşmuş kuyuya depolanıp ihtiyacın çok olduğu zamanda kontrollü bir şekilde boşaltılarak enerjiye çevrilir. Bu yöntem enerjinin pahalı olduğu durumlarda da kullanılmaktadır [4].

1.3.2. Elektrik Enerjisinin Depolanması

Elektrik enerjisinin depolanması, enerji depolama metotlarından bir başkasıdır. Burada enerji akülerde depolanmaktadır. Enerji akünün miktarı, sayısı ve yapısıyla alakalı olarak depolanabilmektedir. Depolanma işlemi sırasında akü başka bir enerji kaynağına bağlanmaktadır. Elektrik enerji kaynağı olarak nükleer santraller, barajlar, rüzgâr türbinleri ve güneş enerji panellerinden faydalanılmaktadır. Depolanma sırasında elektrik enerjisi kimyasal enerji şeklinde depolanır. İhtiyaç halinde reaksiyon terse dönüştürülüp tekrar elektrik enerjisi elde edilir. En çok yaygın olarak yapısında asit bulunduran ve Ni-Cd olanlardır.

1.3.3. Isıl Enerjinin Depolanması

Isıl enerji enerjinin bir türü olup bazı maddelerde depolanabilmektedir. Burada kullanılan maddenin fiziksel ve kimyasal özelliği ile alakalı olarak deponun kapasitesi değişmektedir. Isıl enerji; hissedilebilen ısı, gizli ısı, ısı kimyasal ısı ve bunların kombinasyonu şeklinde depolanabilmektedir. Şekil 1.1’de ısı enerjinin depolanabilme yöntemleri gösterilmektedir.



Şekil 1.1. Isıl enerjinin depolanma şekilleri

1.4. Isıl Enerji Depolama Materyali Seçiminde İzlenilecek Metot

Isıl enerji depolarının enerji yönetiminde ve arz talep dengesindeki etkisinden dolayı önemi her geçen gün daha da artmaktadır. Bu nedenle ısıl enerji depolarının verimliliğinin artırılması üzerinde çalışmalar yoğunlaşmıştır. Bu çalışmaların bazıları ısıl enerji depolarında kullanılan materyalin seçilmesidir. Çünkü ısıl enerji depolarında kullanılan materyal deponun ağırlığını, dayanıklılığını, servis bakımları neticesinde kullanım ücretleri gibi bütün sistemin ekonomik, fiziksel ve çalışma kararlılığı etkilemektedir [15].

Isıl enerji depolarında kullanılan FDM'nin kimyasal yapısıyla alakalı olarak bazı tasarlanan depo sistemlerinde doğrudan temas halindedir. Bu sebeple depoda kullanılan materyalin hem tasarlanan sisteme uygunluğu hem de temas halindeki FDM'ye mukavemeti gibi durumlara bakılmaktadır [15].

Faz değiştiren malzemelerden biri olan tuz hidratlar kimya endüstrisinden gelen bilgi neticesinde birçok metaller üzerinde korozyon etkisine neden olmaktadır. Isıtma ve soğutma uygulamalarında yani düşük ve yüksek sıcaklıklarada tuz hidratların metaller üzerindeki etkileri sistemin problemsiz bir şekilde çalışması için büyük önem taşımaktadır.

Yapılmış bir çalışmada [15] ısıtma ve soğutma uygulamaları için seçilmiş FDM ve ısııl enerji deposu yapımında kullanılacak metaller test edilmiştir. Seçilmiş FDM’lerin beş tanesi soğutma uygulamaları için seçilmiş olup erime sıcaklıkları yaklaşık 10°C’dir. Bunlar Tablo 1.1’de gösterilmiştir. Isıtma uygulamaları için altı FDM seçilmiş bunların erime sıcaklığı yaklaşık 46°C olup çeşitli metallerle teması durumunu incelemişlerdir. Isıtma uygulaması için seçilmiş FDM’ler aşağıdaki Tablo 1.2’de gösterilmiştir [15].

Tablo 1. 1. Soğutma uygulamaları için seçilmiş FDM’lerin özellikleri [15].

Adı	Kimyasal bileşimi	Erime sıcaklığı(°C)	Ticari adı/ imalatçı
FDM A	Na ₂ SO ₄ +NH ₄ Cl+lüle taşı	10	S10/ FDM
FDM B	Na ₂ SO ₄ +H ₂ O+Katkılar	10.5 (erime)/5.5 (katı)	C10/ climator
FDM C	ZnCl ₂ .3H ₂ O	10	Panreac(ZnCl ₂ saflık: 97%)
FDM D	NaOH. 1.5 H ₂ O	15	J. T. Baker (NaOH,saflık :n.d)
FDM E	K ₂ HPO ₄ .6H ₂ O	13	Sigma- Aldrich (K ₂ HPO ₄ , saflık :>99 %)

Tablo 1. 2. Isıtma uygulamaları için seçilmiş FDM’lerin özellikleri [15].

Adı	Kimyasal bileşimi	Erime sıcaklığı(°C)	Ticari adı/ imalatçı
FDM F	Na ₂ S ₂ O ₃ 5H ₂ O+lüle taşı+dumanlı silika	46	S46/ FDM ürünler
FDM G	CH ₃ OONa+H ₂ O+ katkılar	48	C48/climator
FDM H	MgSO ₄ .7H ₂ O	48.5	Panreac(MgSO ₄ .7H ₂ O,saflık> 99%)
FDM I	Zn(NO ₃) ₂ .4H ₂ O	45.5	Panreac(Zn(NO ₃) ₂ .4H ₂ O, saflık >99%)
FDM J	K ₃ PO ₄ .7H ₂ O	45	Panreac(K ₃ PO ₄ .7H ₂ O, saflık > 95%)
FDM K	Na ₂ S ₂ O ₃ .5H ₂ O	48	Panreac (Na ₂ S ₂ O ₃ .5H ₂ O, saflık >99%)

Bu test 'de kullanılan metaller ise bakır alüminyum paslanmaz çelik ve karbon çeliğidir. Bu deney için numuneler 50mm uzunluk 10mm genişlik ve 0.5mm kalınlık olarak belirlenmiştir. Deneyde kullanılan yöntem ise; ilk örneğin hazırlanması, metal ve metal alaşımlarının korozyon testi, örneğin temizlenmesi ve korozyon ölçüsünün hesaplanması şeklinde yapılmıştır. Metaller ve metal alaşımlar 1 hafta, 2 hafta ve 12 hafta olmak üzere üç farklı zaman diliminde kontrol edilmiştir. Sonuç olarak paslanmaz çeliğin en iyi ısı enerji deposu materyali olarak kullanılabileceğini ifade edilmiştir [15].

Aşağıdaki Tablo 1.3 ve Tablo 1.4'de ısıtma ve soğutma uygulamaları için seçilmiş FDM'lerin metaller ve metal alaşımlarla etkileşimi neticesinde kullanılabilirliği gösterilmiştir [15].

Tablo 1. 3. Yapılmış soğutma deneyi için seçilmiş FDM'ler ve metallerin durumu [15].

FDM	Bakır	Paslanmaz çelik	Karbon çeliği	Alüminyum
S10	Tavsiye edilmez	Tavsiye edilir	Tavsiye edilmez	Dikkat tavsiye edilir
C10	Tavsiye edilmez	Tavsiye edilir	Uzun süre tavsiye edilmez	Tavsiye edilir
ZnCl ₂ .3H ₂ O	Tavsiye edilir	Tavsiye edilir	Uzun süre tavsiye edilmez	Tavsiye edilmez
NaOH1.5H ₂ O	Tavsiye edilmez	Tavsiye edilir	Uzun süre tavsiye edilmez	Tavsiye edilmez
K ₂ HPO ₄ 6H ₂ O	Uzun süre tavsiye edilmez	Tavsiye edilir	Tavsiye edilmez	Tavsiye edilmez

Tablo 1. 4. Isıtma uygulamaları için kullanılabilecek FDM'ler ve metallerin durumu [15].

FDM	Bakır	Paslanmaz çelik	Karbon çeliği	Alüminyum
S46	Tavsiye edilmez	Tavsiye edilir	Uzun süre tavsiye edilmez	Dikkat tavsiye edilir
C48	Tavsiye edilmez	Tavsiye edilir	Tavsiye edilir	Tavsiye edilir
MgSO ₄ 7H ₂ O	Tavsiye edilmez	Tavsiye edilir	Tavsiye edilmez	Tavsiye edilir
Zn(NO ₃) ₂ 4H ₂ O	Tavsiye edilmez	Tavsiye edilir	Tavsiye edilmez	Tavsiye edilmez
K ₃ PO ₄ 7H ₂ O	Tavsiye edilmez	Tavsiye edilir	Tavsiye edilir	Tavsiye edilmez
Na ₂ S ₂ O ₃ .5H ₂ O	Tavsiye edilmez	Tavsiye edilir	Uzun süre tavsiye edilmez	Uzun süre tavsiye edilmez

1.5. Hissedilebilen Isı Depoları

Hissedilebilen ısı depolarının çalışma prensibi, katı ve sıvı maddeler faz değişimi olmaksızın sıcaklığın değişimi şeklinde ısı enerjinin depolanma şeklidir. Burada ısı enerjisi sistemde kullanılan maddenin özgül ısı kapasitesiyle alakalı olarak depolanabilmektedir. Burada aynı zamanda ısı enerjisi deposunun hacmiyle alakalı olarak ısı depolama kabiliyeti değişmektedir.

Hissedilebilen ısı deposu için seçilmiş bazı katı ve sıvı maddeler Tablo 1.5’de verilmiştir. Buradan da anlaşıldığı gibi su bunlar içerisinde en iyi hissedilebilen ısı deposu materyali olabileceği görülmektedir. Burada hissedilebilen ısı deposu materyali seçilirken onu birçok özelliği değerlendirilmelidir. Bunlar kimyasal, fiziksel ve ekonomik özelliklerdir. Örneğin özgül ısısının yanında ucuzluğu zehirsiz oluşu, kolay bulunabilmesi, ısı enerjisi deposuna fiziksel ve kimyasal olarak zararsız oluşu bunlardan bazılarıdır.

Tablo 1. 5. Hissedilebilen ısı deposu için seçilmiş maddeler

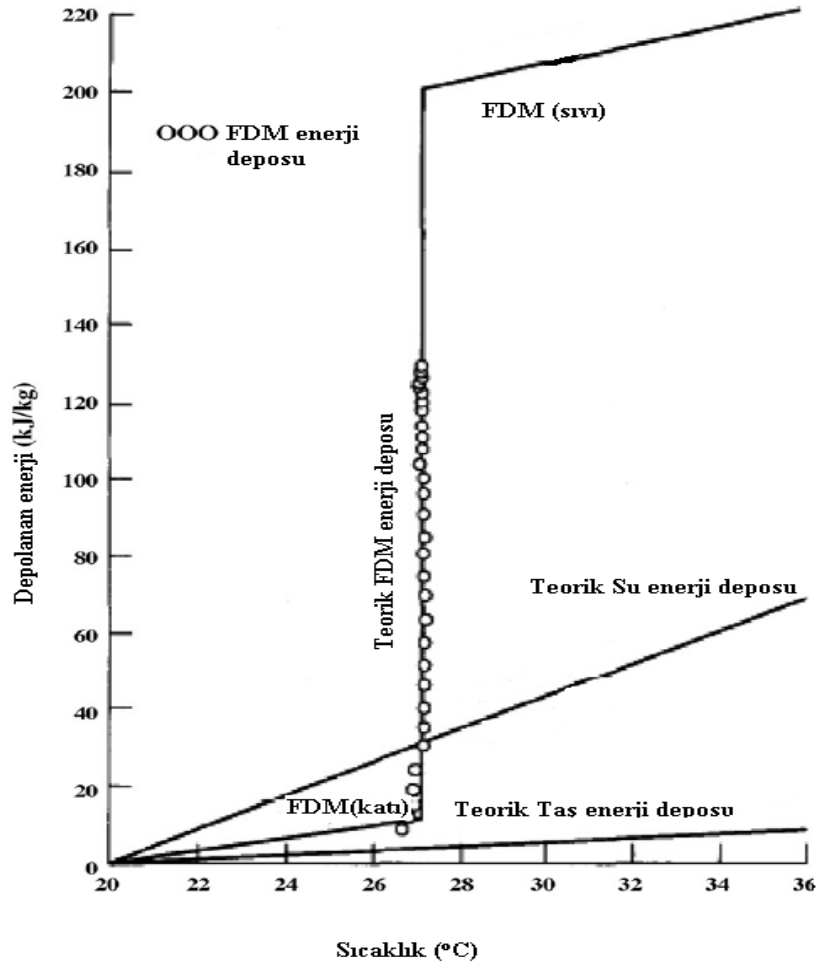
Madde	Sıvı tipi	Sıcaklık aralığı (°C)	Yoğunluk(kg/m ³)	Özgül ısı(j/kg K)
Taş		20	2560	879
Tuğla		20	1600	840
Beton		20	1900-2300	880
Su		0-100	1000	4190
Caloria HT43	Yağ	12-260	867	2200
Motor yağı	Yağ	160’a kadar	888	1880
Etanol	Organik sıvı	78’e kadar	790	2400
Propan	Organik sıvı	97’e kadar	800	2500
Bütan	Organik sıvı	118’e kadar	809	2400
Isotunaol	Organik sıvı	100’e kadar	808	3000
Isopentanol	Organik sıvı	148’e kadar	831	2200
octane	Organik sıvı	126’ya kadar	704	2400

Yukarıdaki tablodan da anlaşılabileceği gibi taş, tuğla, beton hem ağır olması, kullanılabilen sıcaklık aralığının çok düşük olması ve özgül ısısının da az olması sebebiyle hissedilebilen ısı deposu için seçilebilecek iyi madde değildir.

1.6. Gizli Isı Depoları

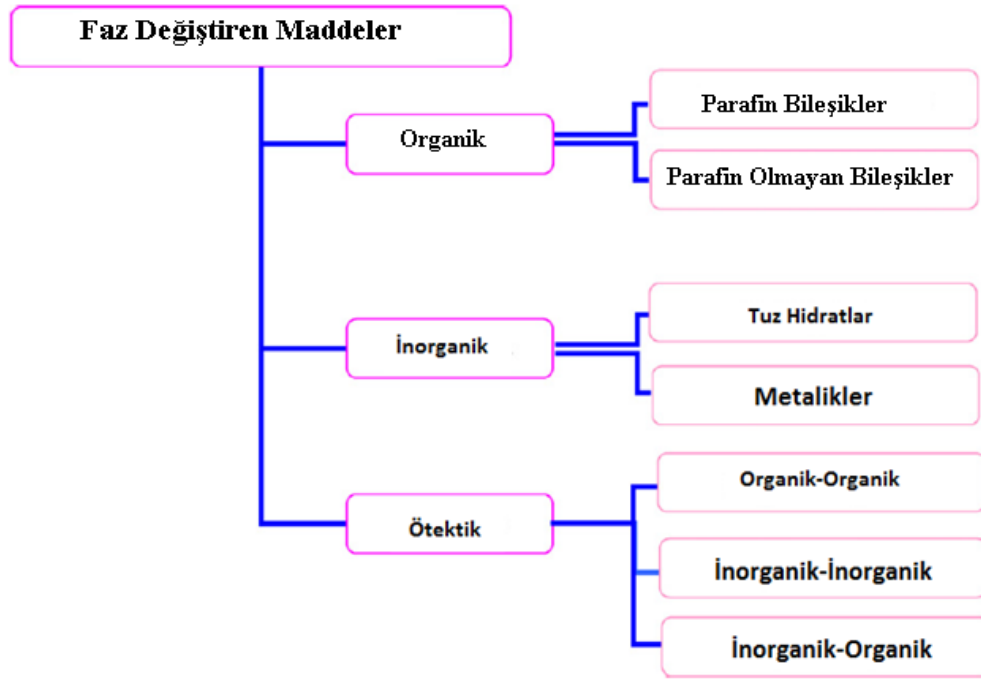
Gizli ısı depoları maddelerin bir fazdan başka bir faza geçerken absorbe ettiği veya verdiği termal enerji prensibine göre çalışmaktadır [16].

Isıl enerji depolarında katı-sıvı, sıvı-gaz, katı-katı olmak üzere maddelerin faz değiştirmesiyle ve özgül ısı kapasitesiyle alakalı olarak madde faz değiştirirken sabit sıcaklıkta kalıp faz değişimi gerçekleşir. Burada bazı maddeler faz değişimi sırasında depolayabildiği enerji miktarı su, taş ve tuğlaya nazaran 5-14 defa fazla olabilmektedir. Bu da ısıl enerjinin diğer depolanma yöntemlerine nazaran daha çok cazip hale getirmektedir [17]. Şekil 1.2’de teorik FDM, su ve taş kullanılarak hazırlanmış ısıl enerji depolarının performans test karşılaştırılması yapılmıştır.



Şekil 1. 2. Teorik FDM, su ve taş materyali kullanılarak yapılmış ısıl enerji depolarının performans durumları gösterilmiştir [17].

Şekil 1.3’de FDM’nin sınıflandırılması gösterilmiştir. Isıl enerji deposunun materyalinden faz değiştiren maddeye ve tasarlanan sisteme kadar hepsinin önemi büyük önem arz etmektedir. Burada FDM seçilirken dikkat edilmesi gereken önemli noktalar vardır. Seçilen FDM arzu edilen termodinamik, kinetik ve kimyasal özelliklerinin olması gerekmektedir. Bunların yanında kullanılacak maddeye rahat ulaşılabilmesi ve ekonomik olarak pahalı olmamasıdır. Ayrıca bu maddenin zehirsiz olması insan sağlığına ve çevreye zararlı olmaması gerekmektedir [9].



Şekil 1. 3. FDM’nin sınıflandırılması [17].

1.7. Faz Değiştiren Malzemelerin Özellikleri

Faz değiştiren malzemeler ısı enerjisiyi iki türlü olarak depolayabilirler. Bunlar; hissedilebilir ısı ve gizli ısıdır. Hissedilebilir ısı maddenin faz değişimi olmadan sıcaklığının artmasıdır. Gizli ısı ise bir maddeye faz değişimi sırasında yüklenen veya alınan ısıdır. Bu sebepten dolayı FDM’lerin en önemli özelliği yüksek ısı depolama kabiliyetidir. Burada sadece anahtar faktör FDM’nin ısı depolayabilme kabiliyeti değildir. Tasarlanan ısı enerji deposunun boyutları ve yapısı da büyük önem taşımaktadır. Yaygın olarak bilinen ve kullanılan FDM’ler parafinler, tuz hidratlar, alkol, yağ asitleri ve sentetik materyallerdir. Bunların kimyasal yapısıyla alakalı özellikleri

değişmektedir. Örnek olarak, parafinler yüksek çevrim sabitliğine sahiptirler. Yapısıyla alakalı olarak reaksiyona girme eğilimi pek fazla yüksek değildir. Bununla beraber düşük histerisiz özelliği ve sınıf olarak zehirsiz grupta yer alması sebebiyle bina uygulamalarında ideal kullanım özelliklerine sahiptir. Bunların termal özellikleri örneğin erime sıcaklık aralığı büyük oranda onların saflık oranıyla ayarlanabilmektedir. Parafinleri dikkate alacak olursak bunların en büyük olumsuz özelliği petrol yan ürünü oldukları için belirli sıcaklıktan sonra kolayca tutuşabilmeleridir.

1.7.1. FDM'nin Isıl Özellikleri

Burada seçilecek FDM'de önemli olan ısıtma ve soğutmada kullanılabilecek faz değişim sıcaklığına sahip olup olmamasıdır. FDM'nin gizli ısıtılabildiğince yüksek olmalıdır. Böylelikle tasarlanacak termal enerji deposunun hacmi küçük tasarlanabilecektir. Seçilecek FDM'nin yüksek ısı iletim kabiliyetinin olması büyük önem taşımaktadır. Çünkü şarj ve deşarj için en önemli termal özellikler arasında yer almaktadır. Seçilecek FDM tasarlanan sistem içinde yüksek ısı verebilme kabiliyetine sahip olmalıdır. Bu da şarj ve deşarj süresini azaltıp yüksek miktarda ısı aktarabilme kabiliyetine sebebiyet verecektir.

1.7.2. FDM'nin Fiziksel Özellikleri

Seçilecek FDM'nin yoğunluğunun yüksek olması gerekmektedir. Faz değişimi sırasında hacim değişiminin büyük miktarda olmaması gerekmektedir. Aksi takdirde tasarlanan ısı enerji deposu iç yapısında hacim değişikliğine sebebiyet verecektir. Bu nedenle ısı enerjisi deposunda hasara sebep olacaktır.

1.7.3. FDM'nin Kimyasal Özellikleri

Özellikle bazı FDM türlerinde kimyasal yapısında olan su faz değişimi sırasında bağlarının kopup ayrılması gerekmektedir. Uzun dönem kimyasal kararlılığını koruması gerekmektedir. Tasarlanmış ısı enerjisi deposunun materyali ile etkileşime girmemeli. Sistemde kullanılacak FDM'nin zehirli olmaması gerekir [17].

1.7.4. Ekonomik Özellikler

Isıtma ve soğutma uygulaması için seçilecek FDM'nin ekonomik olarak da birçok özelliğe sahip olması gerekmektedir. Ulaşılabilir olmasının yanında fiyat olarak da sistem içinde kullanılması neticesinde uygun maliyetli olması gerekir [17].

1.8. Sistemde Kullanılan FDM'nin Yapısal Özellikleri

V.V. Tyagi ve D. Buddhi [18] yapmış oldukları ayrıntılı FDM araştırmasında, inorganik tuz olan $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 'ı seçip bu maddenin ısı özelliklerinin üzerinde yoğunlaşmışlardır. Bilindiği gibi birçok farklı sınıfta FDM vardır. Söz konusu çalışmada yapılan işlemi DSC analiz cihazıyla laboratuvar şartlarında gerçekleştirmişlerdir. Literatürden elde edilen bilgilerle yapmış oldukları hızlandırılmış ısı döngü testinden elde ettikleri bilgilerin örtüşmesi gerektiğini bildirmişlerdir. Bu sayede bunun ısı enerji depolarında güvenle kullanılabileceğini vurgulamışlardır. FDM kullanılarak yapılan enerji uygulamalarında oluşabilecek problemleri sıralamışlardır. Bunlardan bazıları aşırı soğuma, faz ayrılması ve kullanılan FDM'nin kimyasal ve fiziksel özelliklerinin kararlılığıdır. Uzun dönem kararlı bir enerji uygulamasında kullanılacak ısı enerji deposu için bu kriterlerin çok önemli olduğunu bildirmişlerdir. Bu gibi özellikler hem ısı enerji deposunun çalışmasını hem de tüm sistemin çalışma durumunu etkileyeceğini bildirmişlerdir. Gizli ısı prensibine göre çalışan ısı enerji deposu günlük bir kez eriyip tekrar katılaşırsa bunu normal döngü olarak adlandırmışlardır. Eğer belirli bir sayıda erime donma döngü testi laboratuvar şartlarında kontrollü bir şekilde yapılırsa buna hızlandırılmış ısı döngü testi denir. Bu yapılan döngü testi FDM'nin belirlenmiş sayıda döngü neticesinde kimyasal ve fiziksel özelliklerinin kararlılığını belirlemek için yapılmaktadır denilmiştir.

Aşağıdaki Tablo 1.6'da FDM 'nin ısı döngü testi yapılırken kullanılan DSC cihazının bazı özellikleri gösterilmiştir. Tablo 1.7'de ise FDM'nin fiziksel ve kimyasal özellikleri verilmiştir [18].

Tablo 1. 6. Döngü testinde kullanılan cihazın limitleri ve özellikleri [18].

Döngü testinde kullanılan Q-100 cihazının limitleri ve özellikleri	
Sıcaklık aralığı	-180 °C / 725°C
Sıcaklık ölçüm doğruluğu	0.1°C
Sıcaklık ölçüm kesinliği	0.05 °C
Hassaslığı	0.2µW

Tablo 1. 7. Deneyde kullanılan FDM'nin bazı özellikleri [18].

FDM'nin özellikleri	Değerler
Erime noktası	24°C
Özgül ısısı	
(I) Katı	1.4kJ/kg °C
(II) Sıvı	2.1kJ/kg °C
Erime Gizli Isısı	140 kJ/kg
Yoğunluğu (35°C)	1470 kg/m ³
Isıl iletkenlik	
(I) Katı	1.09 (W/m °C)
(II) Sıvı	0.54 (W/m°C)

Seçilmiş olan FDM ile yapmış oldukları ısıl döngü deneyinin DSG analiz cihazı sonuçlarını aşağıdaki Tablo 1.8'de göstermişlerdir. Bu tabloda CaCl₂6H₂O'tın hızlandırılmış döngü testinde döngü sayısı, erime sıcaklığı ve her döngü sonundaki gizli ısısı verilmiştir.

Tablo 1. 8. $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 'nın hızlandırılmış döngü testinden elde edilen sonuçlar [18].

	Döngü Sayısı	Erime Sıcaklığı	Gizli Isısı (kJ/kg)
1	1	23.26	125.4
2	10	26.85	138.1
3	100	27.14	117.9
4	200	24.62	130.3
5	300	24.79	130.0
6	400	24.34	135.3
7	500	24.54	130.1
8	600	24.41	127.1
9	700	24.26	129.5
10	800	24.15	129.6
11	900	23.95	122.3
12	1000	23.26	125.4

Laboratuvar şartlarında yapmış oldukları hızlandırılmış döngü testleri neticesinde $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ısı özelliklerinin, erime gizli ısılarının ve erime sıcaklığının sabit kaldığı gözlemlenmiştir. Bu sonuçlara dayanarak bina uygulamalarında $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ısıtma ve soğutma sistemlerinde faz değiştiren malzeme olarak kullanılabileceğini bildirmişlerdir [18].

1.9. R134a Gazı Hakkında Genel Bilgi

Gün geçtikçe enerji kullanımının artması neticesinde enerji kaynaklarının sınırlı olması ve enerjinin üretim maliyetlerinin her geçen gün yükselmesi mevcut olan enerji kaynaklarının daha verimli bir şekilde kullanılması zorunluluğunu da artırmıştır.

Soğutma sistemlerinin genelinde ısının bir ortamdan alınıp başka bir ortama aktarılmasında ısı taşıyıcı madde olarak soğutucu akışkanlar kullanılmaktadır [19]. Soğutma sistemlerinin çalışma özellikleri dikkate alındığında kullanımı yasaklanan veya kısıtlanan soğutucu akışkanlar yerine ozon tabakasına zarar vermeyen ve küresel ısınmaya etkisi olmayan soğutucu akışkanların geliştirilmesi için bilim çevreleri ve firmalarca birçok

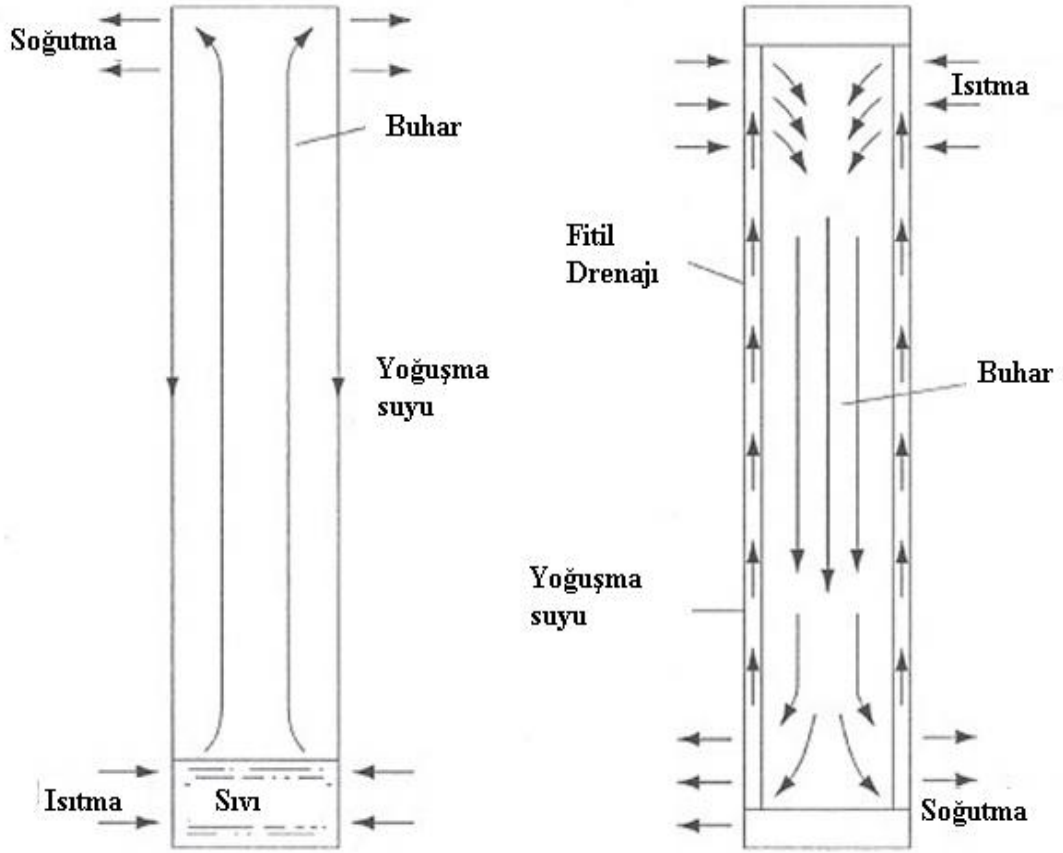
araştırma yapılmıştır. Tabiatı tek ve mükemmel bir soğutucu akışkan yoktur. Bazıları yüksek sıcaklık uygulamaları için uygun bazıları da düşük sıcaklık uygulamaları için uygundur. Bir maddenin soğutma uygulamasında soğutucu akışkan olabilmesi için seçilecek soğutucu akışkanın sadece ısıyı taşıma kabiliyetinin dışında zehirli olmaması, tutuşmaması, yoğunluğu, viskozitesi, temin edilebilirliği ve en önemlisi çevresel etkileri göz önüne alınmalıdır. Bu sebeple doğaya zarar veren gazların yerine alternatif gazlar geliştirilmiştir [20]. Tablo 1.9’da R134a gazının ısı fiziksel özellikleri gösterilmiştir.

Tablo 1. 9. R134a’nın ısı fiziksel özellikleri [21].

Özellikler		R134a
Kimyasal gösterimi		CF ₃ CH ₂ F
Mol ağırlığı		4.2
Kaynama noktası (°C)		-26.2
Kritik sıcaklık (°C)		101.1
Kritik basınç (kPa)		4067
Yoğunluk (5°C’de, kg/m ³)	S	1279
	B	17.3
Isı iletkenliği ((5°C’de, W/mK)	S	0.0971
	B	0.0126
GWP (100 yıl, CO ₂ =1)		1300
ODP		0

1.10. Isı Borusu

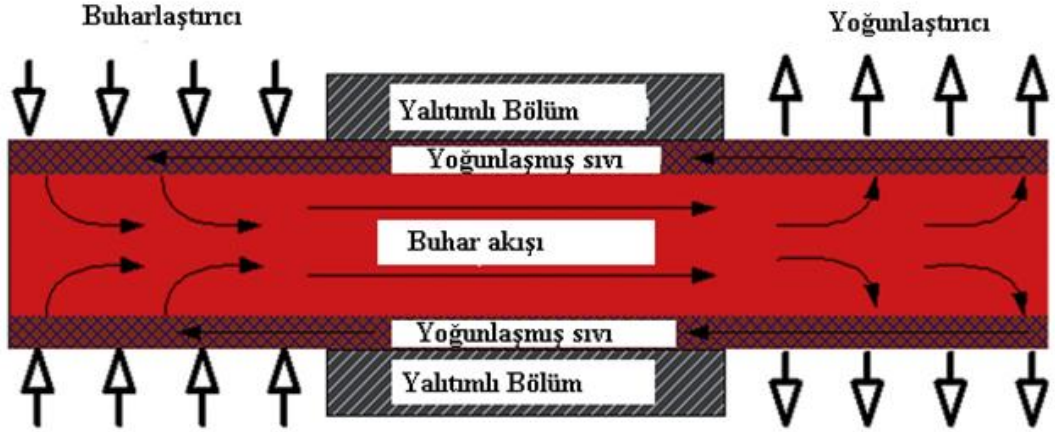
Isı boruları günümüzde en kararlı olarak çalışan pasif ısı transferi yapan teknolojilerdir. Isı boruları yüksek ısı iletimi yapabilme özeliğine sahiptirler. Bu sistemler hem sıcak hemde soğuk sistemler için kullanılabilirler. Isı boruları genellikle büyük miktarda ısıyı pasif olarak uzun mesafeye taşıyabilme kabiliyetine sahip hareketli parçası olmayan sistemlerdir. Bunların yapısında faz değiştirebilen malzemeler bulunmaktadır. Bu maddenin yardımıyla ısı bir noktadan başka bir noktaya taşınabilmektedir. Şekil 1.4’de ısı borusunun yapısal şekli gösterilmektedir [22].



Şekil 1.4. Isı borusunun yapısal şekli [21].

Isı borusunun iç yapısında belirli miktarda doldurulmuş faz değişimiyle ısı transferi yapabilen sıvı madde vardır. Isı borusunun iç yapısına doldurulmuş madde hem sıvı halde hem de buhar fazında bulunmaktadır. Isı borusunu alt kısmı yani faz değiştiren malzemenin olduğu hazne sıcak kaynak ile ısı etkileşimi halindedir. Böylelikle sıvı halde bulunan madde faz değişim sıcaklığına ulaşır ve buharlaşmaya başlar. Buhar hale gelmiş FDM ısı borusunun üst kısmına ısı atım noktasına gelir burada ısı kaybetmesiyle yoğunlaşır ve sıvı fazına geçerek ısı borusunun tekrar sıvı maddenin olduğu yere damlacıklar halinde gelir. Bu döngü ısı borusundan faz değiştiren malzeme çıkmaması ve sistemde kullanılan FDM'nin kimyasal kararlılığının bozulmaması halinde devam edebilmektedir [21].

Isı boruları yüksek ısı transferi yapabilme kabiliyetine sahip oldukları için birçok endüstri alanında ve birçok ısı transferi uygulamalarında kullanılabilir. Isı boruları devam eden bir döngü halindedir. Sıvı halde bulunan madde ısı borusunun alt haznesinde bulunur. Şekil 1.5’de ısı borusunun çalışma prensibi gösterilmiştir [21].



Şekil 1.5. Isı borusunun çalışma şekli [21].

2. DENEYSEL TASARIM

Tezle ilgili deneysel alışmamızda, Fırat Üniversitesi Teknoloji Fakültesi park alanında konumlandırılmış konteynerde yapılmıştır. Bu alanda Enerji Sistemleri Mühendisliğinin Yenilenebilir Enerji kaynaklarıyla alakalı deney ve testleri yapılmaktadır. Bu sebeple etrafı çevrilmiş giriş ıkışlar izinle sağlanmaktadır. Aşağıdaki şekil 2.1’de bu kapalı alan ve konteynerler gösterilmiştir.



şekil 2.1. Deneylerin yapıldığı konteyner alanı

Deneyin yapıldığı konteyner ise iki eş boyutlarda odaya sahip ve bunların ortasına konumlandırılmış daha küçük odası olan soldaki konteynerdir. Konteynerler ön yüzü güney doğu yönünde durmaktadırlar.

Deney konteynerinin ölçüleri 7 metre uzunluğunda 2,6 metre yüksekliğinde ve 3 metre enindedir. Konteyner üç odadan oluşmakta olup sadece bir kapısı vardır. Bu kapı konteynerin tam ortasındadır. Sağda ve solda iki büyük oda ve bu iki büyük odanın ortasında bir 235x183x150 cm ölçülerinde küçük bir oda bulunmaktadır. Bu oda deney yapılırken elde edilen verilerin bilgisayar sistemine kaydedilme ve deneyin durumunu takip için ısıtıcıların takıldığı anlık verileri toplama işlemi yapan bilgi toplayıcı ve bu bilgilerin kaydedildiği bilgisayar yeri olarak kullanılmaktadır. Deneylerin yapıldığı konteynerdeki odaların ölçüleri 285x235x260 cm'dir. Konteynerin duvar kalınlığı 6 cm olup yalıtımlıdır. Aşağıdaki Şekil 2.2'de deneylerin yapıldığı konteynerin önden çekilmiş fotoğrafı bulunmaktadır.



Şekil 2.2. Deneylerin yapıldığı konteyner

Deneilerin yapıldığı konteynerde düzgün bir şekilde ölçüm yapılabilmesi için yalıtım yapılmıştır. Burada yapılan bu yalıtım bazı yerler için ısı yalıtımı bazı yerler için ise sıcaklık için yapılmıştır. Ölçümlerin yapıldığı odaların camları dışarıdan gelecek güneş ışınlarından etkilenmemek için odanın içinden yalıtım malzemesiyle kapatılmıştır. Camlardaki yalıtım hem ısı hem de ısı yalıtımı içindir. Konteynerin içinde oda kapıları da yalıtım malzemesiyle kapatılmıştır. Bunun sebebi ise ölçüm ve kayıt sistemini kontrol için konteynere giriş ve çıkış da istenmeyen hava sirkülasyonunu önlemek amacıyla yapılmıştır. Kapatılan konteynerin oda ölçüleri 80x197 cm'dir. Konteynerdeki ölçüm odasının yalıtım malzemesiyle kapatılmış hali Şekil 2.3'de gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Ölçüm odasının yalıtım malzemesiyle kapatılmış halinin görünümü

Tasarlanan deney sisteminin sonuçlarını daha net görebilmek için ölçüm odası ve referans odası bölünmüştür. Bölme yapılırken sistemin dayanıklı ve istenilen sonuca ulaşabilmek için bölme işleminde metal alaşımlı iskelet ve profiller kullanılmıştır. Yeni odanın ölçüleri 140x235x260 cm'dir. Bu metal iskeletin kapatılması sonrası oda yalıtım malzemesiyle ısı ve hava için tekrardan kapatılmıştır. Şekil 2.4'de odanın bölünmesine dair görüntü verilmiştir.



Şekil 2.4. Ölçüm odasının bölünmesinde kullanılan metal alaşımlı iskeletin görünümü

Ölçüm odasının yalıtım malzemesiyle kapatıldıktan sonraki hali aşağıdaki Şekil 2.5’de gösterilmiştir. Burası yalıtım malzemesiyle kapatıldıktan sonra hava giriş çıkışını da en aza indirmek için yalıtım malzemelerinin araları özel dolgu materyaliyle doldurulmuştur. Özel dolgu malzemesi olarak ısıya ve suya dayanıklı silikon doldurucuyla kapatılmıştır.



Şekil 2.5. Ölçüm odasının bölünmesinde kullanılan metal alaşımlı iskeletin üzerine yalıtım malzemesinin montajlanmış hali gösterilmiştir.

2.1. Isı Borusunun Yapısı Kurulumu ve Çalışması

Isı boruları prefabrik yapıların soğutulması projesinin önemli yapılarından birisidir. Isı borusu bu projede ısı enerji deposunda biriken ısıнын dış ortama atılma işleminin daha hızlı sürede daha konforlu bir şekilde sağlamaktadır. Genellikle ısı boruları dışarıdan hiçbir enerji almaksızın çalışan sistemlerdir. Yani pasif olarak çalışırlar.

Isı borusunun bu projedeki işlemi şu şekildedir; iç ortamda ısınan havanın hacminin genişleyip öz kütlesinin azalması neticesinde yükselip kendi üzerinde biriktirmiş olduğu enerjiyi ısı enerji deposunun alt kısmına verir. Isı enerji deposundaki proje için özel seçilmiş faz değiştiren malzemenin erime sıcaklığına gelmesiyle faz değişimi başlar. Faz değişimi başlamadan öncede sistemin genel ısısının artması neticesinde ısı boruları işlem yapar. Bu durumda sistem sadece hissedilebilen ısı deposu gibi davranıp ısı odadan ısı enerji deposunu oradan da ısı borusuna sonrada atmosfere atılır.

Faz değişim süresince ortamın sıcaklığı sabit kalır ve ısı enerji deposu ısı enerjiyi faz değiştiren malzemede biriktirmeye başlar. Aynı zamanda ısı borularının faz değiştiren malzemeye temas durumunu artıran kanatlardan ısı transferi de başlamış olur. Böylelikle ısı yük ortamdan ısı enerji deposunun girişi olan tavana, oradan da FDM'ye ve ısı borularına gönderilmiş olur.

Isı enerji ısı borusunun alt kanatçıklarından gövdeye iletilir. Isı borusu içerine sıvı halde doldurulmuş olan R134a soğutucu gazının kaynama sıcaklığı düşük olduğu için hemen kaynamaya başlar ve buhar haline dönüşür. Isı borusunun içindeki basıncın da etkisiyle yükselen R134a gazı ısı borusunun ikinci kısmına yükselir.

Burada ısı borusunun ısı yükünü azaltmak amacıyla tasarlanmış ve belirli aralıklarla yerleştirilmiş dairesel şeklinde plakalardan ısı yük atılmaya başlar. Bu tasarlanan plakalar ısı borusunun üst bölgesinden başlayarak gövdeye kadar gelmektedir. Bu dairesel levhaların aralıkları hava geçişini sağlamak için 3,5 cm aralıklı bırakılmıştır. Böylelikle basıncında etkisiyle doymuş R134a buharı tekrar sıvılaşp ısı borusunun alt haznesine gelir, işlem bu şekilde soğutma yapmayı devamlı olarak gerçekleştirir.

2.2. Isı Borusunun Yapısal Özellikleri

Isı borusu iki kısımdan oluşmaktadır. Bunlar sistemden ısı yükünü aldığı alt kısım ve ısı yükünü atmosfere atıldığı üst kısımdır. Alt kısım üç bölümden oluşmaktadır. Bunlar; gövde, gövdeye dik olarak kaynak edilmiş on adet kanat ve alt kısmı üst kısma montajını sağlayan birleştirme contası bulunmaktadır. Şekilde 2.6’da ısı borusunun alt kısmı gösterilmektedir.



Şekil 2.6. Isı borusunun alt kısmı

Isı bacasının alt bölümü üç kısımdan oluşmaktadır. Bunlar 38 cm yüksekliğinde 16 cm çapında gövde, alt kısmı üst kısma birleştirme contası ve 10 adet ısı transferini artırmak için tasarlanmış kanatçıklardan oluşmaktadır. Bu kanatçıkların birbiriyle aralıkları yaklaşık 6 cm’dir. Şekil 2.7’de ısı borusunun alt ve üst kısmı gösterilmiştir.



Şekil 2.7. Isı borusunun alt ve üst kısmı ayrılmış bir şekilde

Bu kanatçıkların ölçüleri $12 \times 13 \text{ cm}$ 'dir. Bu tasarlanmış olan kanatçıkların sistemdeki görevi faz değiştiren malzemede depolanmış olan enerjinin, kısa sürede o ortamdan alınıp gövdeye iletilmesidir. Alt sistemin ağırlığı $6,7 \text{ kg}$ olup iç hacmi 570 ml 'dir.

Isı bacasının üst kısmı ise $37,5 \text{ cm}$ yüksekliğinde gövde $12,5 \text{ cm}$ yarıçapında on plaka ve ısı bacasına gaz doldurma ve boşaltılmasına olanak sağlayan hava valfden oluşmaktadır. Isı bacasının üst başlama noktasından başlayıp aşağıya doğru $3,5 \text{ cm}$ aralıklarla ısı bacasının üst kısmında biriken ısı yükünün hızlı bir şekilde ısı bacasından uzaklaştırılmasını sağlamak amacıyla konumlandırılmıştır. Üst kısmın ağırlığı $3,2 \text{ kg}$ olup iç hacmi ise 570 ml 'dir. Şekil 2.8'de ısı borusunun üst kısmı gösterilmiştir. Şekil 2.9'da ısı borusunun soğutucu gaz giriş valfi gösterilmiştir.

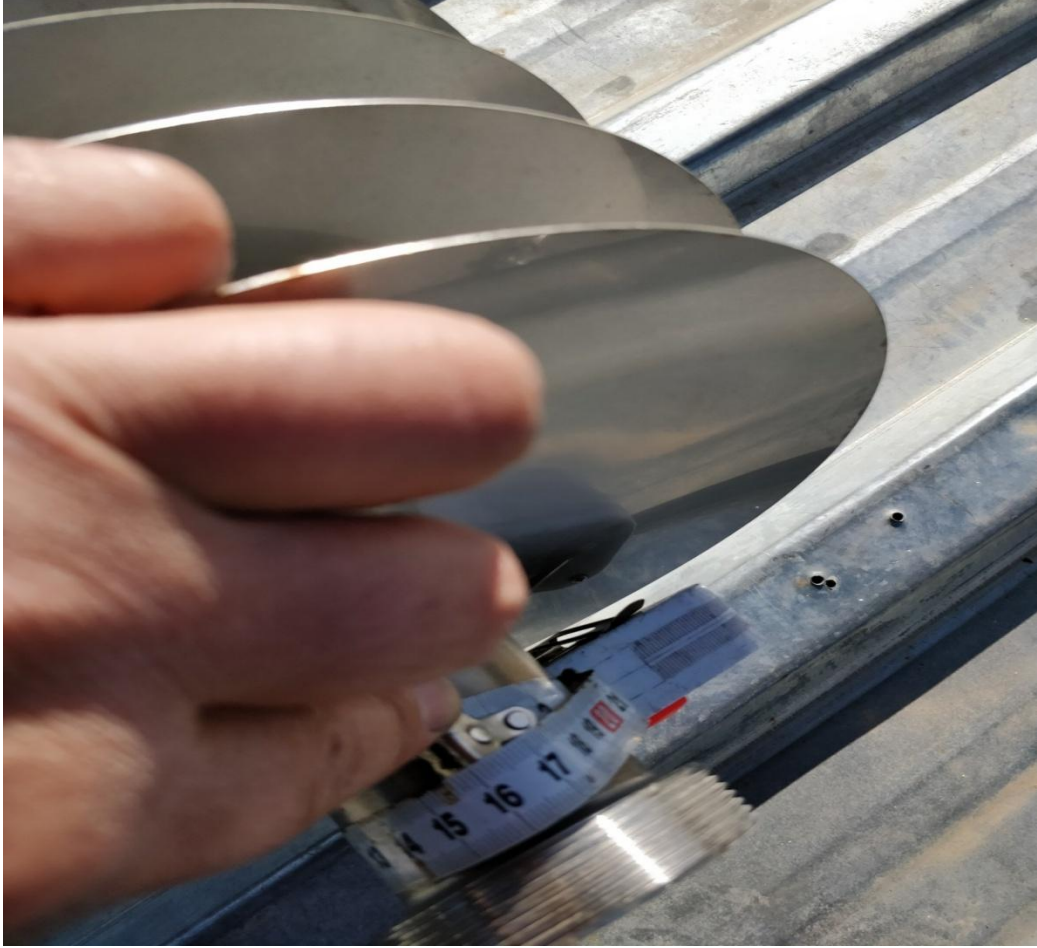


Şekil 2.8. Isı borusunun üst kısmı



Şekil 2.9. Isı borusunun soğutucu gaz giriş valfi

Isı borusunun alt ile üst kısmının birleşim noktası Şekil 2.10'da gösterilmiştir. Burada aynı zamanda ısı borusunun gövde çapı da gösterilmiştir. Isı borusunun gövde çapı 16 cm'dir.



Şekil 2.10. Isı borusunun alt ile üst birleşme noktasının yakından görünümü

Isıl enerji deposunun alt haznesini oluşturan bölüm paslanmaz krom levha ile kapatılmıştır. Detaylı yapılmış literatür araştırmasından sonra ısıl enerji deposunun materyali olarak seçilmiştir. Çünkü ısıl enerji deposunda şarj/deşarj işlemi sırasında enerjinin yüklenip tekrar alınması için seçilmiş olan faz değıştiren materyal tuz hidrattır. Tuz hidratlar kimya endüstrisinden ve akademik araştırmalar neticesinde elde edilen bilgilere göre güçlü korozyon olup uzun süreli çalışması tasarlanan ısıl enerji uygulamaları için uygun dayanıklı depo materyali seçilmelidir. Aksi takdirde belirli zaman içinde kullanılmış olan kimyasal madde ısıl enerji deposunda kullanılmış materyali aşındırıp düzeltilmesi çok pahalı sonuçlar ortaya çıkaracaktır.

Şekil 2.11’de ısıl enerji deposunun tamamen montajı yapılmadan önceki hali bulunmaktadır. Burada görüldüğü gibi ısıl enerji deposunun haznesi bulunmaktadır. Bu hazne içine Faz değıştiren malzeme montajdan sonra koyulacaktır. Burada ısı borularının daha iyi bir şekilde faz değıştiren malzemedan ısıl yükü alabilmesi için ısı enerji deposunun uygun yerlerine yerleştirilmiştir. Şekil 2.12’de başka bir açıdan çekilmiş ısı borularının yerleştirilmiş hali gösterilmektedir.



Şekil 2.11. Isıl enerji deposunun montajı öncesi çekilmiş fotoğrafı



Şekil 2.12. Isı borularının başka açıdan çekilmiş durumları

Isı boruları konteyner içindeki sol tarafta yer alan ölçüm için bölünmüş odanın ortasına gelecek ve faz değiştiren malzemeyle en çok ısı etkileşimde olacak yerlere yerleştirilmiştir. İşleme ilk önce ısı enerji deposunun alt bölümü kapatılmış ve ısı boruları için en uygun yerler seçilmiştir. Belirlenen bu yerler ısı enerji deposunun tam alt orta noktasına gelecek şekilde ayarlanmıştır. Bu belirlenen yerlerden matkap yardımıyla konteynerin üst noktasından yani çatıdan çıkacak şekilde merkez noktaları belirlenmiştir. Bu belirlenen orta noktalar etrafına ısı borusunun girişi ve üst bağlantı contası geçecek şekilde delmek için alan belirlenmiştir. Daha sonra bu alan ince uçlu matkap ile delikler açılıp çatı malzemesi çıkarılmıştır. Çatı ile iç tavan arasındaki yalıtım malzemesi çıkarılıp odanın tavanı da çatıdaki delikle eşit ölçüde alan açılmıştır. Isı boruları bu açılan yerlerden yerleştirilip durum kontrolü yapıldıktan sonra oynamayacak şekilde paslanmaz 3 mm'lik tellerle konteynere sabitlenmiştir.

Isı boruları konteynere sabitlendikten sonra ısı borularının üst bölümlerinin de montajı yapıp sızdırmazlıklarına bakılmıştır. Bu işlem daha sonra ısı borularına doldurulacak soğutucu akışkan için çok önemli olup sistemin tam bir şekilde çalışması için hayati öneme sahiptir. Kompresör belirli basınçta basılan atmosfer havası ısı borusunda bekletilip daha sonra tam boşaltılıp ısı borusunda vakum oluşturulup çok yaygın olarak kullanılan soğutucu akışkan olan R134a gazı doldurulmuştur.

Montaj ve sızdırmazlık testleri yapıldıktan sonra ısı borularına R134a gazı doldurmaya başlanılmıştır. Soğutucu gaz olan R134a gazı ısı borularına sıvı halde doldurulmuştur. Her bir ısı borusuna 200 gr R134a gazı doldurulmuştur. R134a gazı tüp içinde belirli basınç altında sıvı halde bulunmaktadır. Doldurma işlemi yapılırken R134a tüpündeki ağırlık değişimi hassas terazi ile kontrol edilmiştir. Doldurma işlemi tamamlandıktan sonra sistemin tekrar sızdırmazlığı kontrol edilmiştir ve bir süre sistemin kararlı çalışıp çalışmadığını görebilmek için beklenilmiştir.

Isı borularına R134a soğutucu gazı doldurma işlemi tamamlandıktan sonra ısı borularıyla konteyner arasındaki boşluk yalıtımı yapılmıştır. Böylelikle sisteme dışarıdan herhangi bir madde giriş çıkışı engellenmiştir. Buranın kapatılması sistemin kararlı çalışması için önemlidir. Çünkü burası konteynerin çatısı olduğu için yağmur, kar ve rüzgar gibi dış ortamdaki değişiklikler sistemin çalışmasını değiştirecektir. Ayrıca bu yalıtımla ısı enerji deposundaki madde faz değişiminden sonra bu boşluklardan sistem dışına çıkarak hem madde kaybına hemde ısının maddeyle taşınımı ile ısısında atılmasına sebep olacak durum ortadan kaldırılmıştır.

Sistemin dış ortam yalıtımı yapıldıktan sonra ısı enerji deposunun iç yalıtımı da yapılmıştır. Bu yapılmış olan yalıtım işlemi ısı enerji deposuna koyulacak maddenin hem dışarı sızmasını engellemek hem de ortamın ısı enerji deposundaki maddenin faz değişim sıcaklığına ulaşması neticesinde kimyasal maddenin uçmasını engellemek için yapılmıştır. Şekil 2.13’de ısı enerji deposunun iç yapısının yalıtım yapılmış hali gösterilmiştir.



Şekil 2.13. Isı enerji deposunun iç yapısının yalıtım yapılmış hali

Isıl enerji deposunun yalıtım işlemleri bittikten sonra yapılan deneyin verilerini elde etmek için ısı çiftleri kullanılmıştır. Kullanılan ısı çiftleri T tipi olup sıcaklık aralıkları 0 ile 100°C'dir. Deney verilerini kontrol edebilmek ve tam karşılaştırma yapabilmek için konteynerin bir çok yerine ısı çifti yerleştirilmiştir.

Deney düzeneğinin durumunu anlamak için sisteme yerleştirilmiş olan ısı çiftlerinin bir kısmı ısı enerji deposunun içine döşenmiştir. Buraya ısı çiftlerinin konulmasının nedeni günün farklı zaman dilimlerinde ısı enerji deposundaki sıcaklık dağılımını görebilmek ve referans odasıyla karşılaştırma yapabilmektir. Isıl enerji deposunun iç kısmına yerleştirilmiş ısı çiftlerinin numaraları şunlardır: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 14 ve 15 noktalarıdır. Şekil 2.14 ve 2.15'de ısı enerji deposunun iç kısmına yerleştirilmiş ısı çiftleri gösterilmiştir.

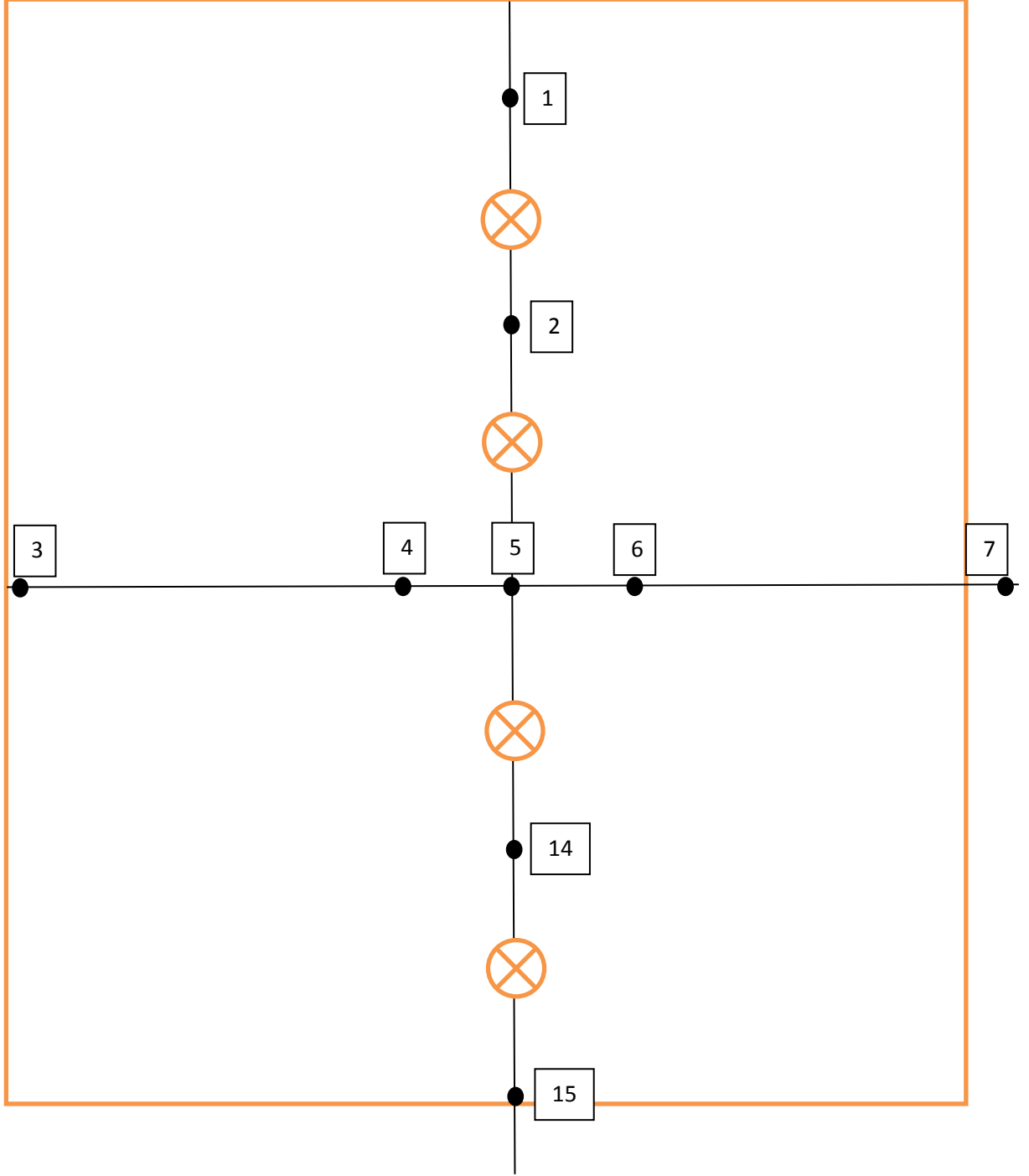


Şekil 2.14. Isıl enerji deposunun iç kısmına yerleştirilmiş ısı çiftlerinin konumları



Şekil 2.15. Isıl enerji deposunun içine yerleştirilmiş ısıl çiftlerin başka açıdan görünümü

Şekil 2.16’da ısıl enerji deposunun içine yerleştirilmiş ısıl çiftlerinin ve ısı borularının konumları gösterilmiştir.



Şekil 2.16. Isıl çiftlerin ısı enerji deposundaki konumları

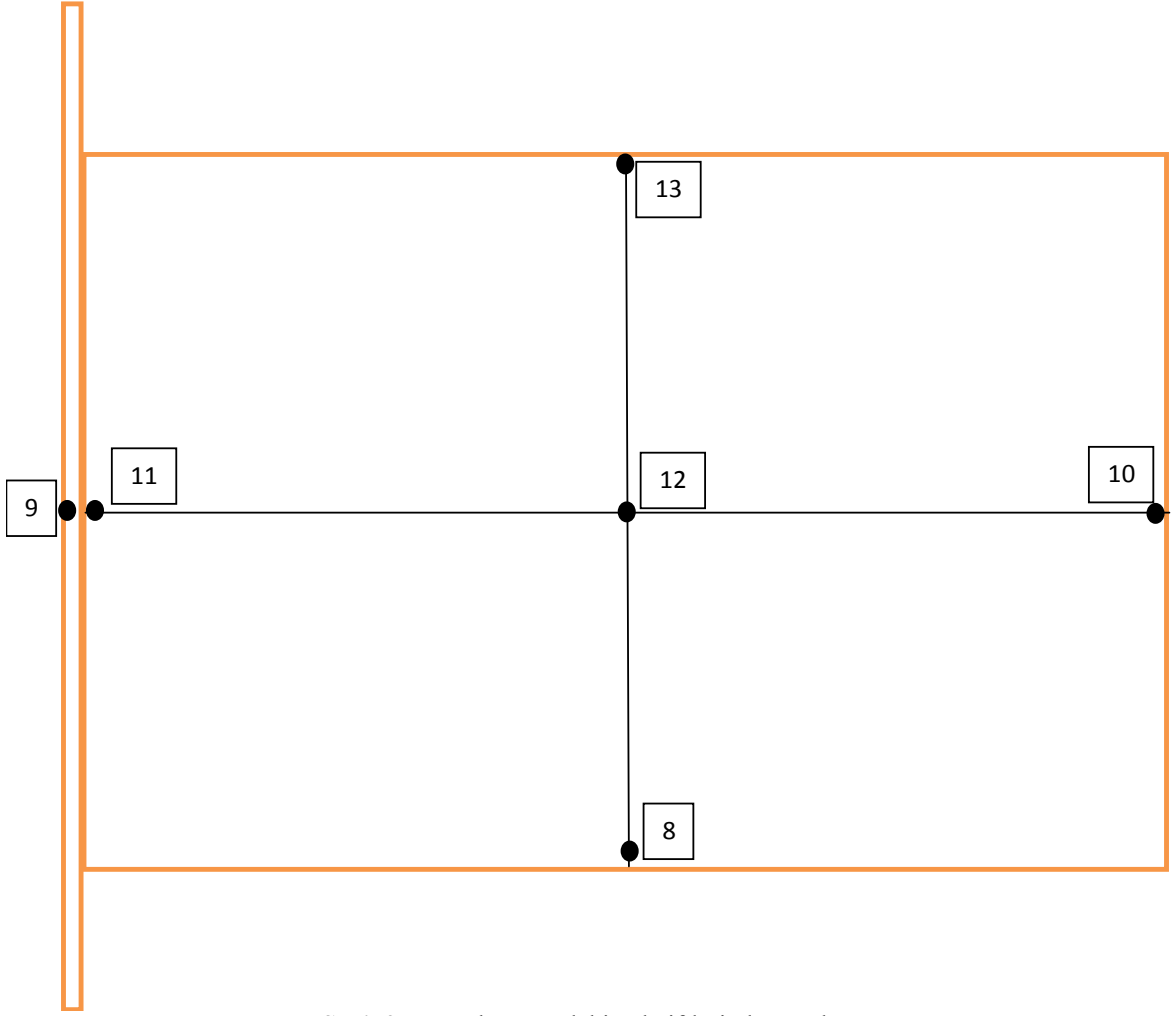
Isıl çiftlerin yerleştirildiği başka bir yerde seçilmiş ısı borusunun bir kanadına ve kanadın birleştirilme noktasındadır. Buradaki ısı çiftler ısı borusunun faz değiştiren malzemeye teması durumunu incelemek için yerleştirilmiştir. Buradaki ısı çift numaraları ise 8, 9, 10, 11, 12 ve 13 noktalarıdır. Burada 9 numaralı ısı çift ısı borusunun gövdesinin

başlama noktasına yerleştirilmiştir. Diğerleri ise ısı borusundaki seçilmiş kanadın dörtkenarının orta noktalarına yerleştirilmiştir. Buradaki ısı çiftlerin yerleştirme sebebi faz değiştiren malzeme ile ısı borusunun ısıl iletkenliğini öğrenip değerlendirmektir. Şekil 2.17’de ısı çiftin yerleştirildiği yerlerin durumu fotoğraflanmıştır.



Şekil 2.17. Isı borusunun kanadına yerleştirilmiş ısı çiftler

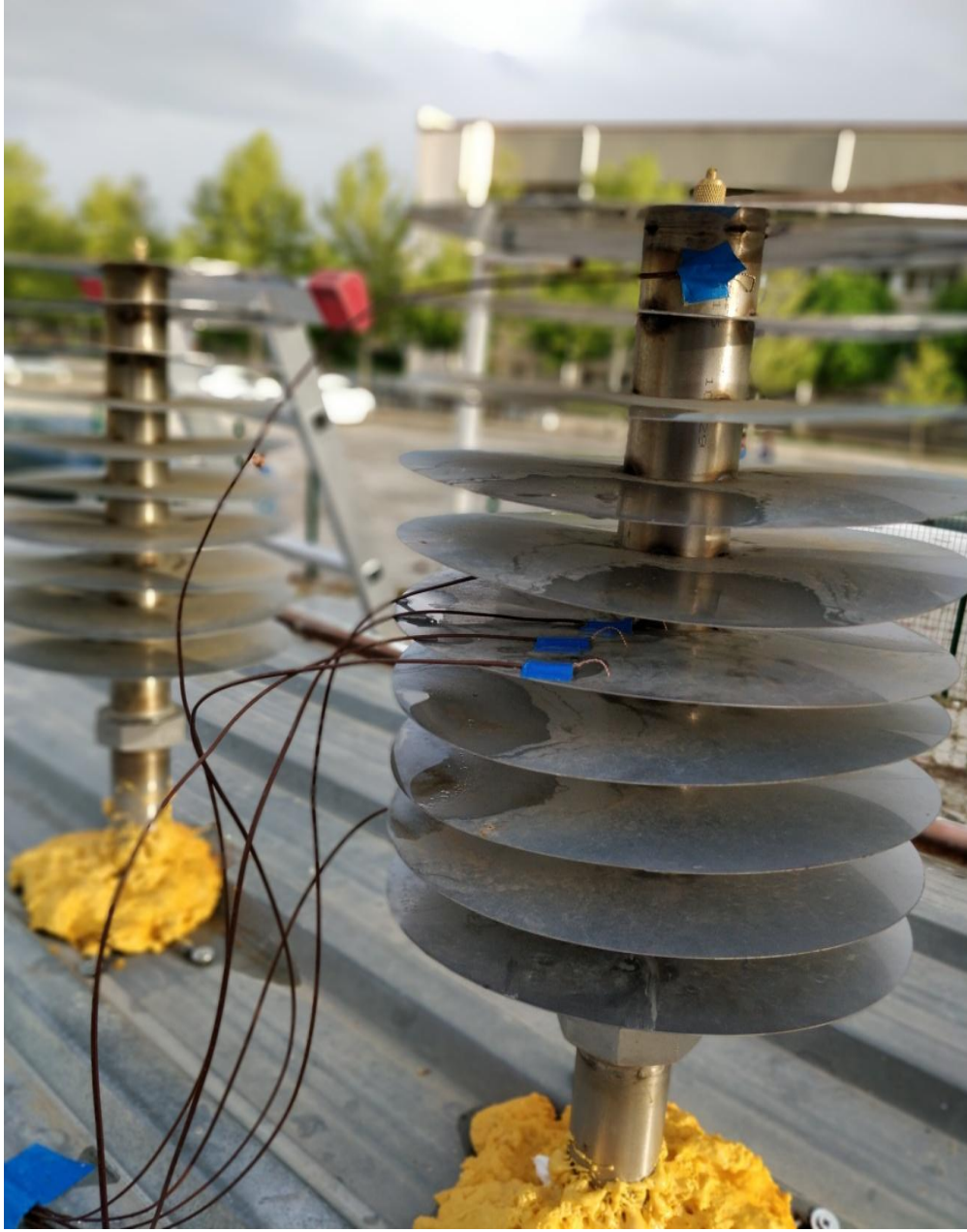
Şekil 2.18’de ısı borusunun kanadındaki ısı çiftlerin konumlarını gösterilmiştir. Burada ki 8, 10, 11, 12 ve 13 noktaları ısı borusunun kanadında yer almaktadır. Böylelikle ısı borusunun kanadındaki ısı değişiminin durumu gözlenmektedir. Buradaki 9 numaralı ısı çift ise ısı borusunun alt kısmına yerleştirilmiş olup buradaki ısı farkının karşılaştırma durumunda büyük önem taşımaktadır.



Şekil 2.18. Isı borusundaki ısı çiftlerin konumları

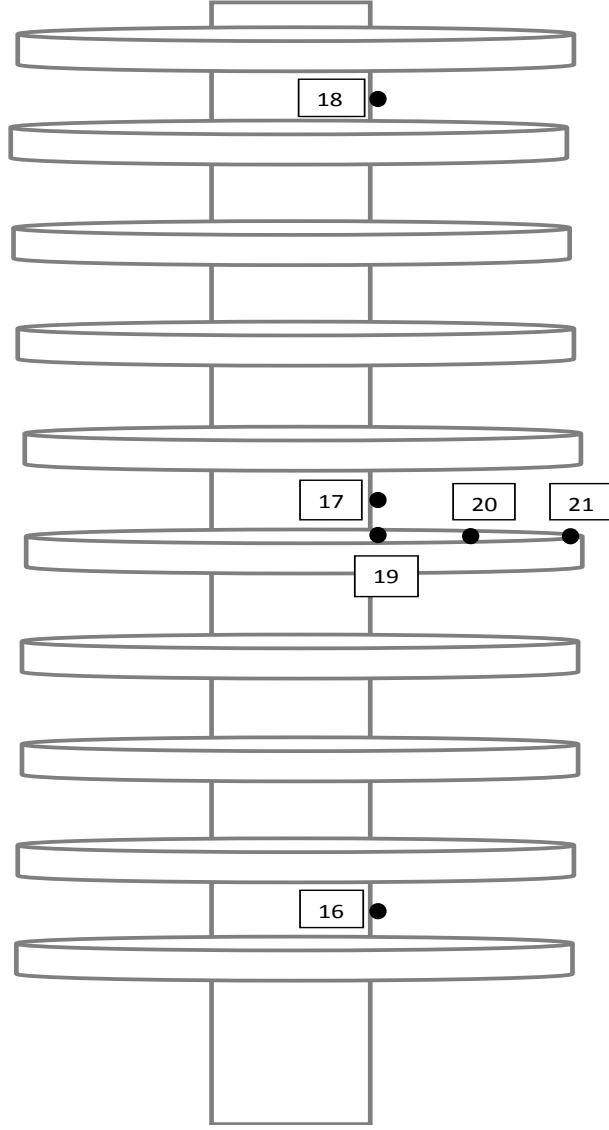
Isı borusunun ikinci kısmı olan ve konteynerin dışında yer alan ısı borusunun üst kısmına da ısı çift yerleştirilmiştir. Buradaki ısı çiftlerde elde edilen bilgiler ısı borusunun ilk kısmıyla karşılaştırmak için yerleştirilmiştir. Buradaki ısı çiftlerden elde edilen bilgilerle yapılan karşılaştırma neticesinde ısı borusunun çalışıp çalışmadığı ve faz değiştiren malzemeden ısıyı alıp almadığı durumlarının değerlendirilmesi.

Isı borusu üzerine 6 adet ısı çift yerleştirilmiştir. Bu yerleştirilen ısı çiftler sırasıyla 16, 17, 18, 19, 20 ve 21 noktalarıdır. Isıl çiftlerden 16, 17, 18 ısı borusunun gövdesine yerleştirilmiştir. Isıl çiftlerden 19, 20 ve 21 ise on adet olan ısı borusuna kaynak edilmiş dairesel levhalardan beşincisinde konumlandırılmıştır. Ölçüm yapılırken bu beşinci levhadaki ısı çiftlerinden elde edilen verilerin ortalaması alınmaktadır. Şekil 2.19’de ısı çift yerleştirilmiş ısı borusunun yakından durumu gösterilmiştir.



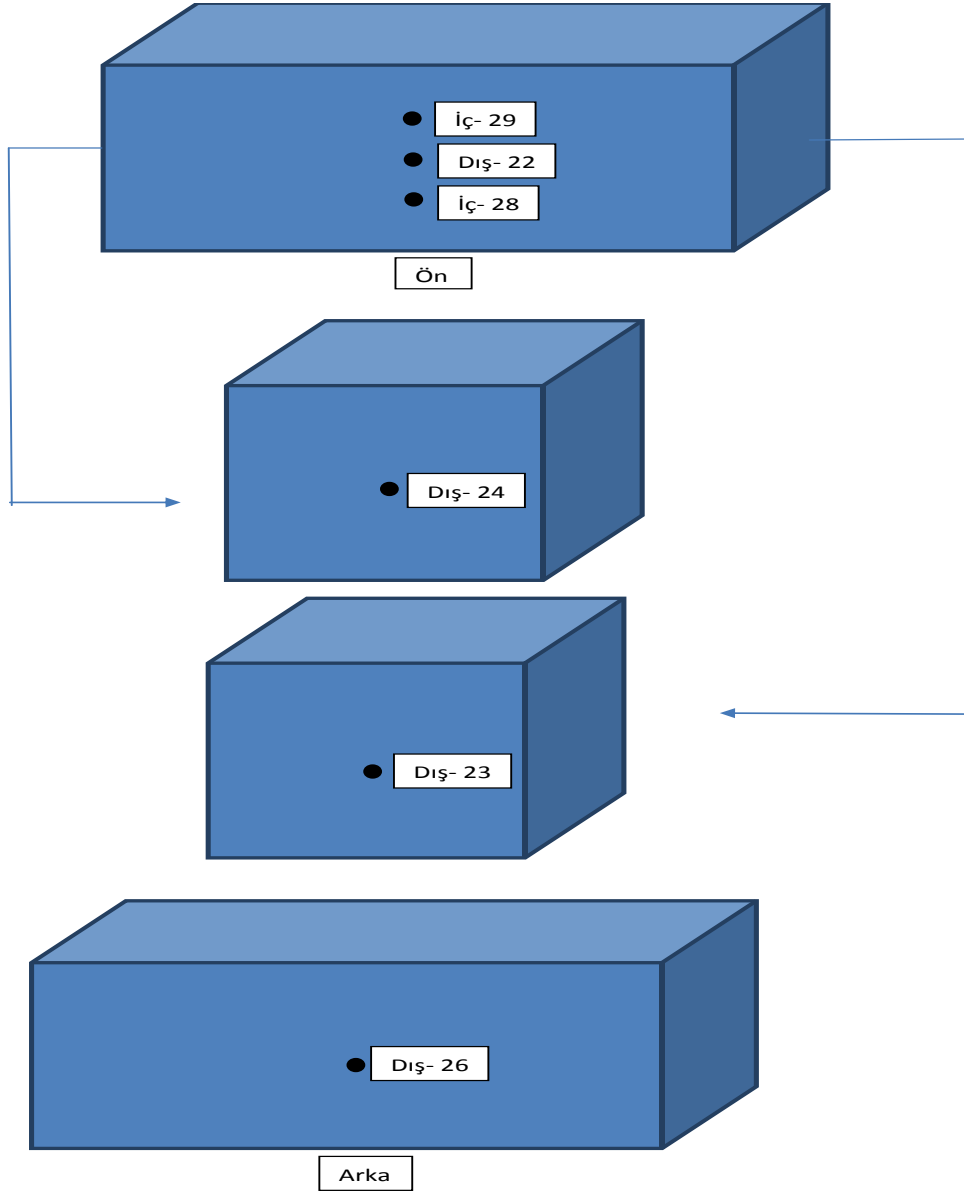
Şekil 2.19. Isı borusunun üst kısmına ısı çiftlerin yerleştirilmiş durumu

Isı borusuna yerleştirilen ısı çiftler deney düzeneğinin üstü kapatılmadan önce ısı çiftlerin çalışıp çalışmadığı bir kaç kez kontrol edilmiştir. Şekil 2.20 de ısı çiftlerin ısı borusuna yerleştirilmiş hali gösterilmektedir.



Şekil 2.20. Isıl çiftlerin ısı borusunun üst kısmındaki konumu

Şekil 2.21’de ısı çiftlerinin konteynerdeki konumları gösterilmektedir. Burada 22. noktakonteynerin güneye bakan yüzeyine yerleştirilmiştir. Isıl çiftlerden 28 ve 29 ise ölçüm odasındaki ısı çiftleridir. 24 numaralı ısı çifti ise konteynerin batı yönüne bakan dış yüzeyine yerleştirilmiştir. 23 numaralı ısı çifti ise ölçüm odasının giriş kapısının dış tarafına yerleştirilmiştir. 26 numaralı ısı çifti ölçüm odasının kuzeyine yerleştirilmiştir. Ayrıca ısı çiftlerinden 25 numaralı ısı çifti ise referans odasına yerleştirilmiştir.



Şekil 2.21.Konteynere yerleştirilmiş ısı çiftlerinin konumları

Bütün deney düzeneğinden bilgi alınmak istenen yerlere ısı çiftleri yerleştirildikten sonra ısı çiftlerinin geçtiği noktalarında sızdırmazlığı yapıp kontrol için beklenilmiştir. Daha sonra bütün deney düzeneğinden gelen ısı çiftleri bilgi toplama merkezine bağlanmıştır. Bu cihazda elde edilen bilgilerin hem yorumlayabilmek hem de kaydetmek amacıyla bilgisayardan faydalanılmıştır. Bilgisayarın bu işlemi yapabilmesi için bilgi toplama cihazının programı bilgisayara kurulup Excel programı ile ortak çalışır hale getirilmiştir. Şekil 2.22’de ısı çiftlerinin bilgi toplama merkezi, bilgisayar ve bu sistemlerin olduğu oda gösterilmiştir.



Şekil 2.22. Bilgi toplama merkezi, bilgisayar sistemi ve bu işlemlerin yapıldığı bilgi toplama odası

Isıl çiftlerin sistemdeki ısıl enerji deposuna, ısı borusuna ve deney düzeneğinin diğer yerlerine yerleştirdikten sonra ısıl enerji deposunun alt kısmı olan levhanın kapatma işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu işlem yapılmadan herhangi bir beklenmeyen durumla karşılaşmamak için ısıl enerji deposunun içi faz değiştiren malzeme için temizlenmiştir. Daha sonra son kontroller yapılmış ve ısıl enerji deposunun sızdırmazlık işlemine geçilmiştir. Bu işlem ısıl enerji deposu ve tüm sistem için hayati öneme sahiptir. Çünkü ısıl enerji deposuna koyulacak faz değiştiren malzeme uzun bir zaman diliminde çalışacağı için ısıl enerji deposunun faz değişimlerinde ve faz değiştiren malzemenin katı ve sıvı

haldeyken bekleme durumunda deney düzeneği içinde güvenli bir şekilde kalması beklenmektedir. Şekil 2.23’de ısıt enerji deposunun kapatılıp ve yalıtım yapılmış hali gösterilmiştir. Yapılan sızdırmazlık işleminde kullanılan materyal ısıt enerji deposunu hem sızdırmazlık işlemine göre hem de ısıt enerji deposundaki faz değıştiren malzemenin faz değışimi sırasında ısıt enerji deposundan çıkmasını engelleme işlemi gerçekleştirmektedir.



Şekil 2.23. Isıt enerji deposu haznesinin kapatılmış hali

Deney düzeneğinde kullanılan faz değıştiren malzeme olan $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ‘nun erime sıcaklığı 31°C olduğu için hava sıcaklığı ile alakalı olarak katı halde bulunmaktadır. Bu sebeple faz değıştiren malzemenin ısıt enerji deposunun içine yerleştirmek için kullanılabilecek yöntemlerden biri faz değıştiren malzemeyi sıvı hale getirip sızdırmazlığı yapılmış olan ısıt enerji deposuna sıvı halde doldurmaktır. Bu işlemin hızlandırılması için faz değıştiren malzemeye dışarıdan ısı verip faz değışimi sağlanmıştır. Şekil 2.24’de faz değıştiren malzemenin katı haldeki hali gösterilmiştir.



Şekil 2.24. Faz değıştiren malzemenin katı hali

FDM'nin kimyasal yapısının bozulmaması için sıcak su banyosu kullanılıp eritme sistemi gerçekleştirilmiştir. Burada yapılan işlem hem ısı enerjisi deposu için hem de faz değıştiren malzeme için büyük önem taşımaktadır. Çünkü FDM'nin erime sıcaklığının üstüne aniden çıkarılması neticesinde yapısındaki su moleküllerinin kaybolup yapısının değışmesine sebebiyet verebilmektedir. Bu değışim onun erime noktasının da değışimine sebep olacaktır. Erime noktası yükselmesi neticesinde sistemden istenilen işlev ve verimlilik düşük olacaktır. Bu sebeple ısı enerjisi deposuna koyulacak faz değıştiren malzeme erime sıcaklığına getirilerek hemen yalıtımı yapılmış ısı enerjisi deposuna koyulmuştur.

Şekil 2.25’de uygun şartlarda eritilip katı halden sıvı hale getirilmiş faz değıştiren malzemenin ısıl enerji deposuna doldurulma noktası gösterilmiştir. Bu nokta ısı borusunun gövdesinin yanından ısıl enerji deposunun iç haznesine ulaşmaktadır. Faz değıştiren malzeme eritme kabının hacmi kadar alınıp eritildikten sonra ısıl enerji deposunun haznesine buradan doldurulmuştur. Doldurma işlemi kademe kademe yapılmıştır. Çünkü ısıl enerji deposunun yapısı metal alaşımlı olduğu için ani ısı artışı neticesinde sistemin metal alaşımlı parçalarında oluşacak genleşme yalıtımı kötü bir şekilde etkileyecektir.



Şekil 2.25. Eritilip sıvı hale getirilmiş faz değıştiren malzemenin ısıl enerji deposuna doldurulma noktası

Deney yapıldığı yerin günün güneşli zaman dilimlerinde ısınmayı azaltıp istenmeyen sıcaklık artışını önlemek ve güneş ışınlarını da yansıtmak amacıyla parlak yüzeye sahip olan sac kullanılmıştır. Bu güneş ışınlamını engellemek için kullanılan metal levhanın eni 150 cm uzunluğu ise 260 cm'dir. Bu metal levha ısı borularının üst kısmının güneşten gelecek ısı enerji ile ısı borularına yakın bir yere monte edilmiştir. Bu kullanılan sac paslanmaz krom olup hem oksitlenmeye hem de kararmaya karşı mukavemetli olduğu için sistemde kullanılması verimi artırmıştır. Ayrıca bu kullanılan metal levhanın ısınıp günün rüzgarsız anında bu ısıyı ısı borularının en üst ısı atma bölgesine iletmemesi için bu levhanın altına 3 cm kalınlığında yalıtım işlemini gerçekleştirecek malzeme kullanılmıştır. Bu yalıtım malzemesi de metal levhaya paslanmaz tel ile montajı gerçekleştirilmiştir. Şekil 2.26'da sistemde kullanılan paslanmaz metal levha ve yalıtım malzemeleri gösterilmiştir.



Şekil 2.26. Yalıtım için kullanılan metal levha ve yalıtım malzemesi

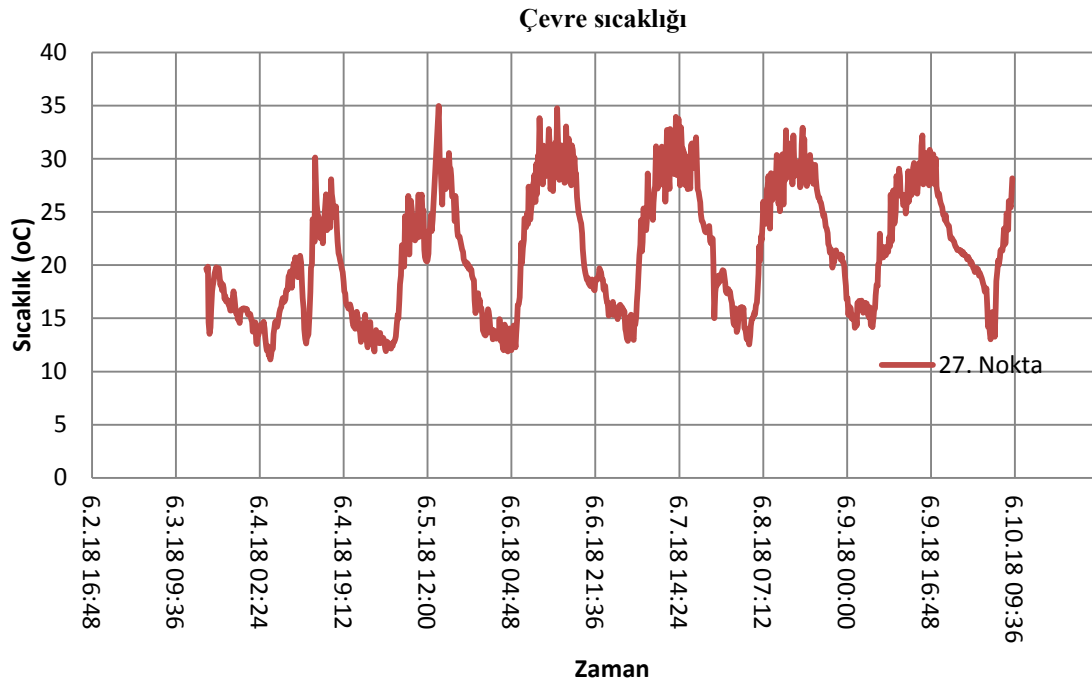
Deney düzeneği için düşünölen ve tasarlanan bütün sistemlerin kurulumu tamamlanıp deneylerdeki ölçölen ölçömlerin hatasız ve net bir şekilde olması için belirli bir müddet hem ölçüm alınıp hem de sistemin hepsi kontrol edilmiştir. Bu kontrol ısıı çiftlerin çalışması, ısıı enerji deposundaki faz değıştiren malzemenin sızıp sızmaması ve bütün deney düzeneğinde elde edilen bilgilerin sağlıklı bir şekilde depolanıp depolanmaması gibi konuları kapsamaktadır. Bekleme süresince elde edilen bilgiler bilgi toplayıcı vasıtasıyla ısıı çiftlerden alınıp bilgi toplayıcının bağıı olduğu bilgisayarda depolanmaktadır. Şekil 2.27’de deney düzeneğindeki sistemlerin kurulumu tamamlanıp son durumu gösterilmiştir.



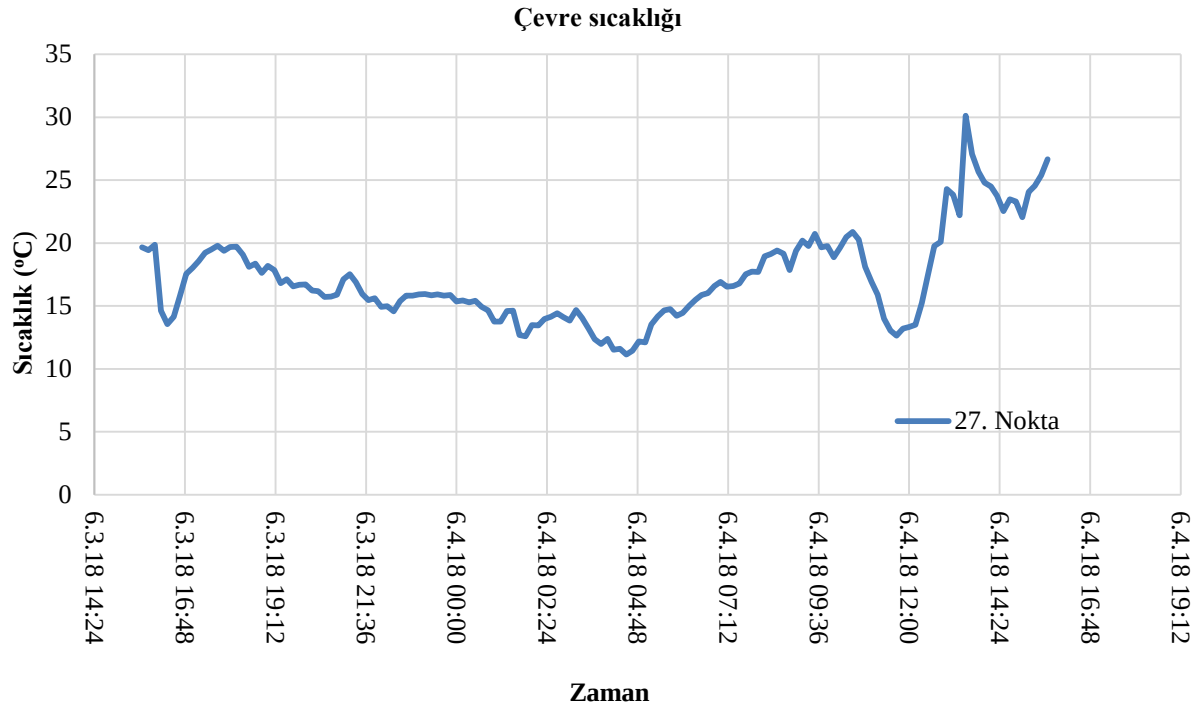
Şekil 2.27. Deney düzeneğindeki sistemlerin kurulumu tamamlanmış hali

3. DENEYSEL SONUÇLAR

Faz değıştiren malzeme kullanılarak tasarlanan ısı enerji deposu ile konteyner soğutma testi 03/06/2018 tarihinde saat 15:40'de başlatılmış, 10.06.2018 tarihinde saat 09.05'de sonlandırılmıştır. Deneylerden elde edilen veriler verilmiştir. Bu süre boyunca dış ortam sıcaklığını ölçmek için yerleştirilmiş ısı çift bilgi toplama cihazının 27 numaralı kanalına bağlanmıştır. 27. nokta ile dış ortamdaki sıcaklık değışimlerinin toplam değeriendirilmesi Şekil 3.1'de yapılmıştır. Burada görüldüğü gibi konteynerin konumlandırılmış olan yerin Haziran'ın 3 ile 11 arasındaki sıcaklık 11°C ile 35°C arasında değışmektedir. Bu sıcaklık aralığı sistemin çalışma aralığını ve seçilecek faz değıştiren malzemenin bazı fiziksel özellikleri üzerinde etkili olacaktır. Bu sıcaklık aralığı seçilmiş olan faz değıştiren malzemenin kullanılması için uygun olup, seçilmiş alanın soğutulması için kullanılacak soğutma sistemi için uygundur. Çünkü sistemde kullanılan faz değıştiren malzeme olan $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ erime sıcaklığı saflığıyla alakalı olarak 30°C'dir. Şekil 3.2'de birgünlük çevre sıcaklık değışimi gösterilmiştir.

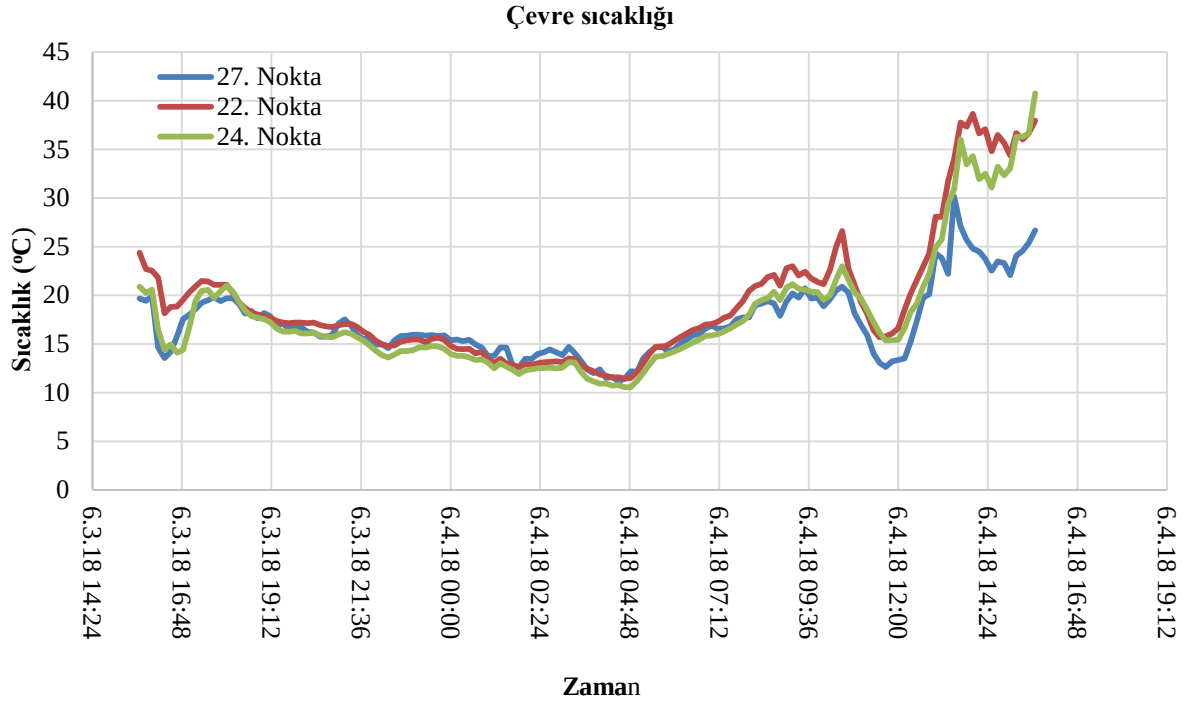
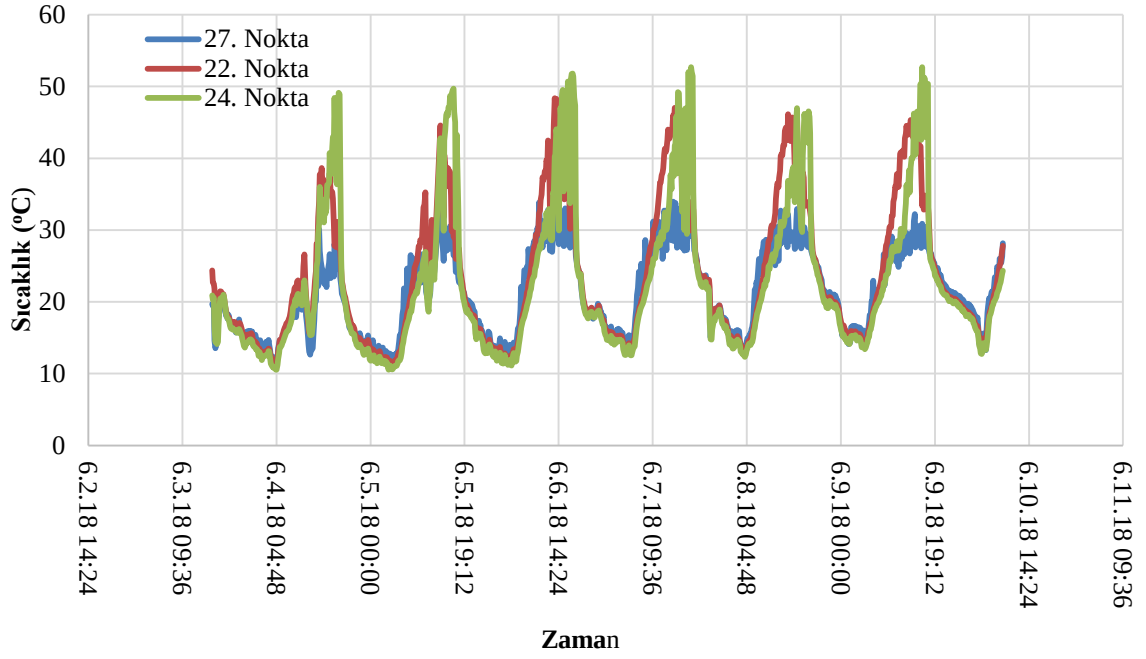


Şekil 3.1. Deneyin yapıldığı süre boyunca dış ortamın sıcaklık değışimi

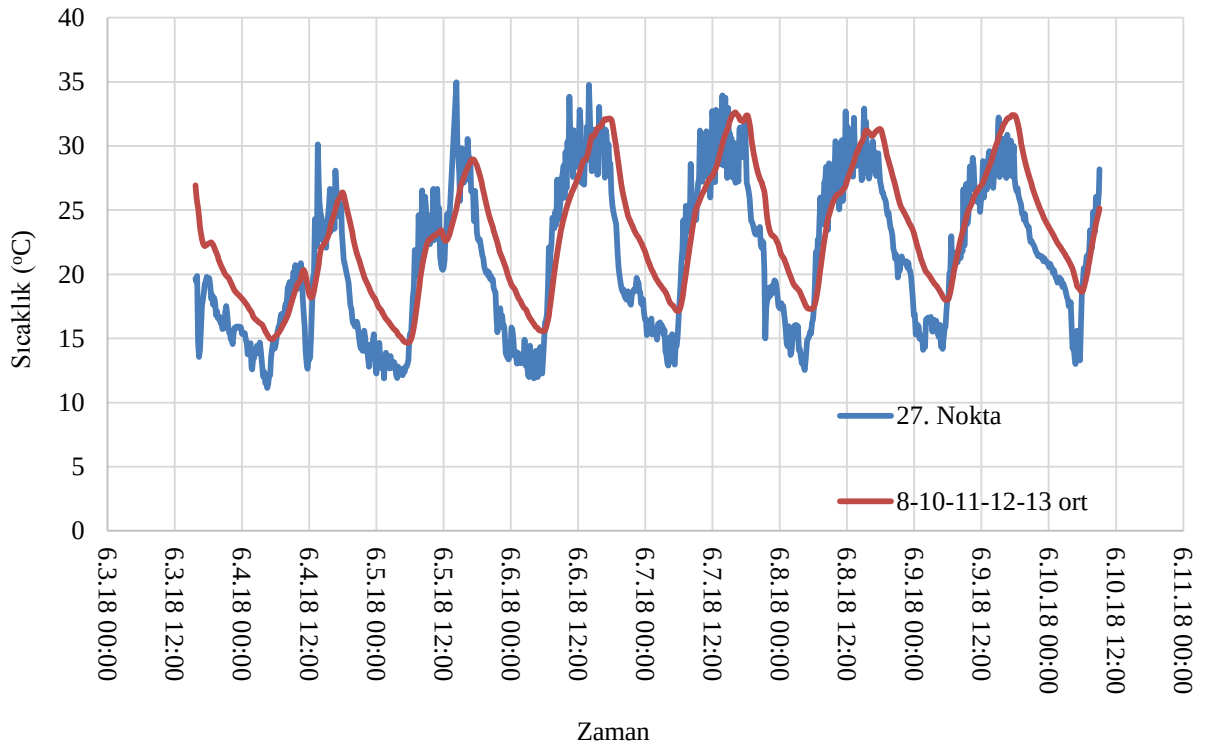


Şekil 3.2. Deney yapılan yerin birgünlük sıcaklık değişimi

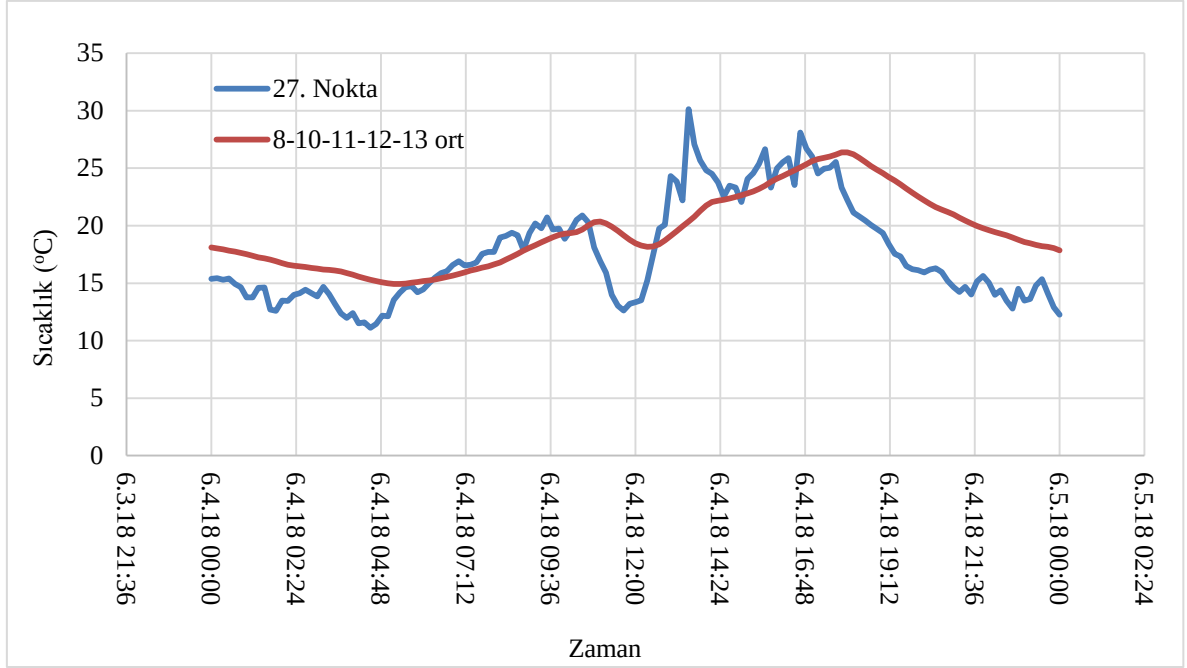
Şekil 3.3’de 22, 24 noktalar ile çevre sıcaklığı karşılaştırılmıştır. Burada karşılaştırılan ısı çiftleri dış ortamda konumlandırılmıştır. 27. nokta konteynerin üstünde, 22. nokta konteynerin ön yüzünde ve 24. Nokta konteynerin güneye bakan yüzeyinde konumlandırılmıştır. 22. nokta ile 24. Nokta konteynerin hem dış kasasında olduğu için hem de günün güneşli saatlerini karşıladığı için sıcaklık değerleri yüksek olduğu gözlenmiştir. Çevre sıcaklığı ısı borularının güneşten etkilenmemesi için yapılmış yalıtım çatısının altında kaldığı için gece ile gündüz arasında sıcaklık farkı pek fazla olmamıştır. Bu sebeple sıcaklık en fazla 35°C olmuştur. Bu yalıtımlı güneş ışınlarını yansıtabilecek parlaklıkta olan levha ısı borularını hem de konteynerin üst kısmının aşırı ısınmasına engel olmuştur. Şekil 3.4’de ise konteynerin çevre sıcaklığı, önyüzü ve yan yüzünün bir günlük sıcaklıklarına bakılmıştır.



Şekil 3.5’de ısıl enerji deposunun iç yapısına yerleşik olan seçilmiş ısı borusunun kanadındaki ısıl çiftlerin toplamının ortalamasının çevre sıcaklığı ile değerlendirilmesi gösterilmiştir. Bu grafikten de anlaşıldığı gibi dış ortamın sıcaklığı yüksek olduğu zaman ısıl enerji deposunun iç yapısında bulunan ısı borusunda ki ısıl çiftlerden ölçülen sıcaklık biraz daha düşük olmuştur. Burada sıcaklık farkının çok yüksek olmamasının nedeni sistemdeki faz değiştiren malzemenin miktar olarak yeterli olmayışıdır. Şekil 3.6’da çevre sıcaklığı ile ısıl enerji deposunun iç yapısında kalan ısı borusunun kanat ortalama sıcaklığı karşılaştırılmıştır.

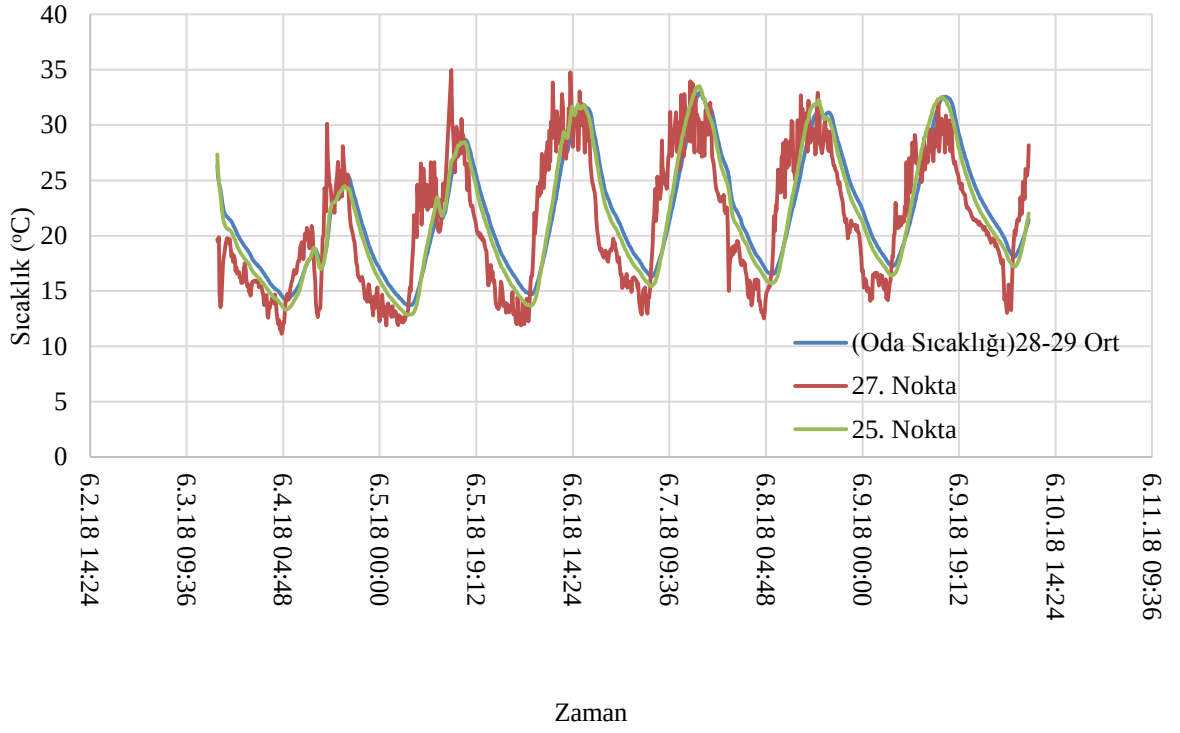


Şekil 3.5. Çevre sıcaklığı ile ısıl enerji deposunun iç yapısında bulunan seçilmiş ısı borusundaki ısıl çiftlerin toplamının ortalaması ile karşılaştırması

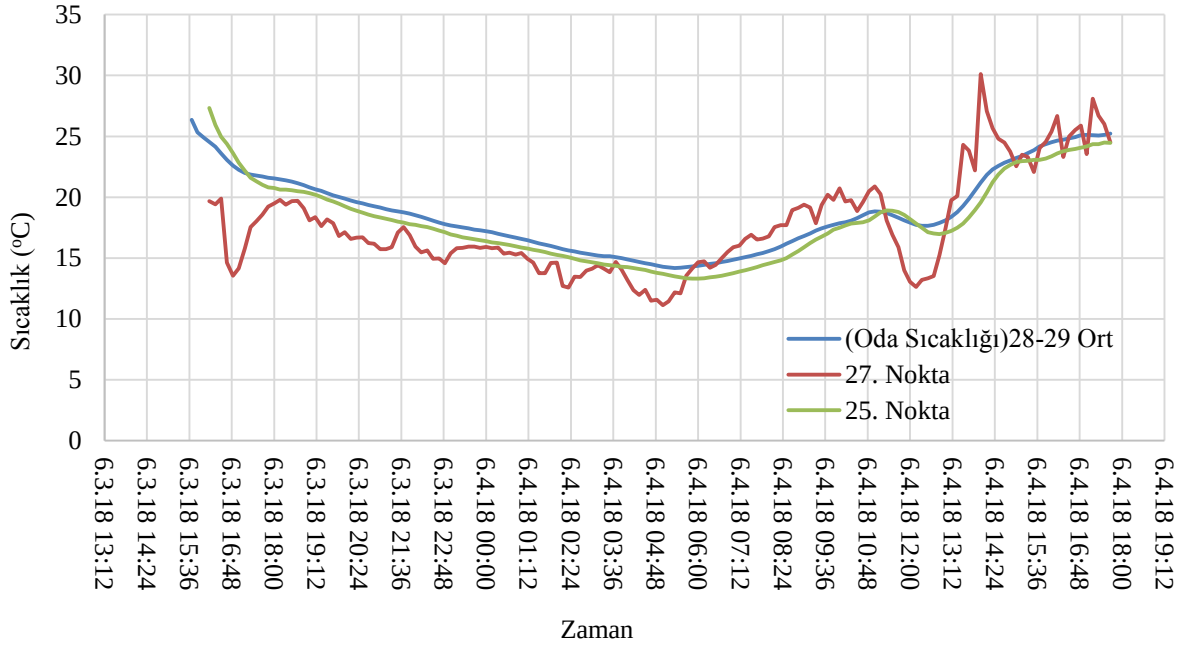


Şekil 3.6. Çevre sıcaklığının ısı borusun daki ısı çiftleriyle iki günlük karşılaştırılması

Şekil 3.7’de ki grafikte çevre sıcaklığı, referans odasının sıcaklığı ve ölçüm odasının sıcaklığının deney boyunca elde edilen sonucu gösterilmiştir. Konteyner kapalı bir ortam olduğu için deneyin bazı zaman dilimlerinde odalardaki sıcaklıklar çevre sıcaklıklarından daha yüksek olarak gözlemlenmiştir. 25 numaralı ısı çifti referans odasındaki ısı çiftidir. Bu noktada ölçülen sıcaklık 28 ve 29 numaralı noktadan belli bir müddet daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Buda ısı enerji deposunun ortamın ısını belli bir müddet aldığı için ölçüm ve referans odasının sıcaklık zaman grafiğinde farklılık gözlemlenmiştir. Buradaki farklılığın daha belirgin hale gelmesi için ısı enerji deposunun yapısından ısı enerji deposundaki faz değiştiren malzemenin miktarı türü çalışma prensibi gibi parametreler büyük rol oynamaktadır. Şekil 3.7’de deneyin başladığı zaman boyunca yapılan ölçümler gösterilmiştir. Şekil 3.8’de çevre sıcaklığının ölçüm yapılan oda ve referans odasıyla kıyaslanması bir günlük zamanı hakkındaki grafik gösterilmiştir.

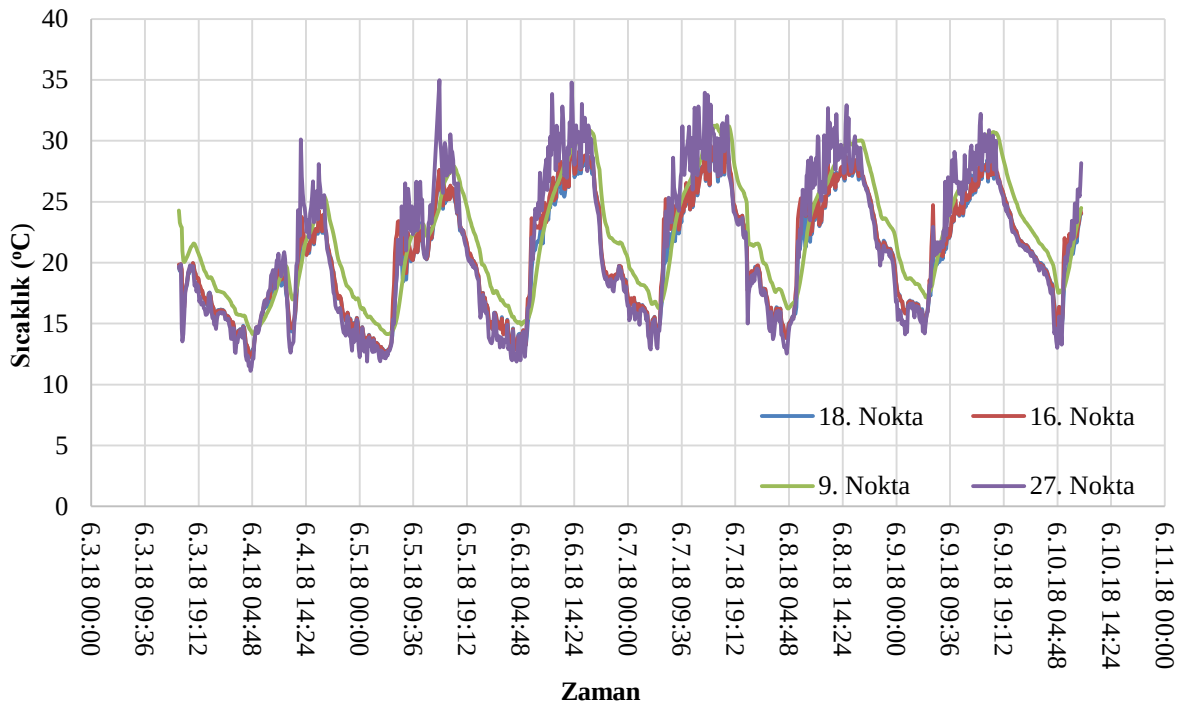


Şekil 3.7. Çevre sıcaklığı referans ve ölçüm odasının karşılaştırılması

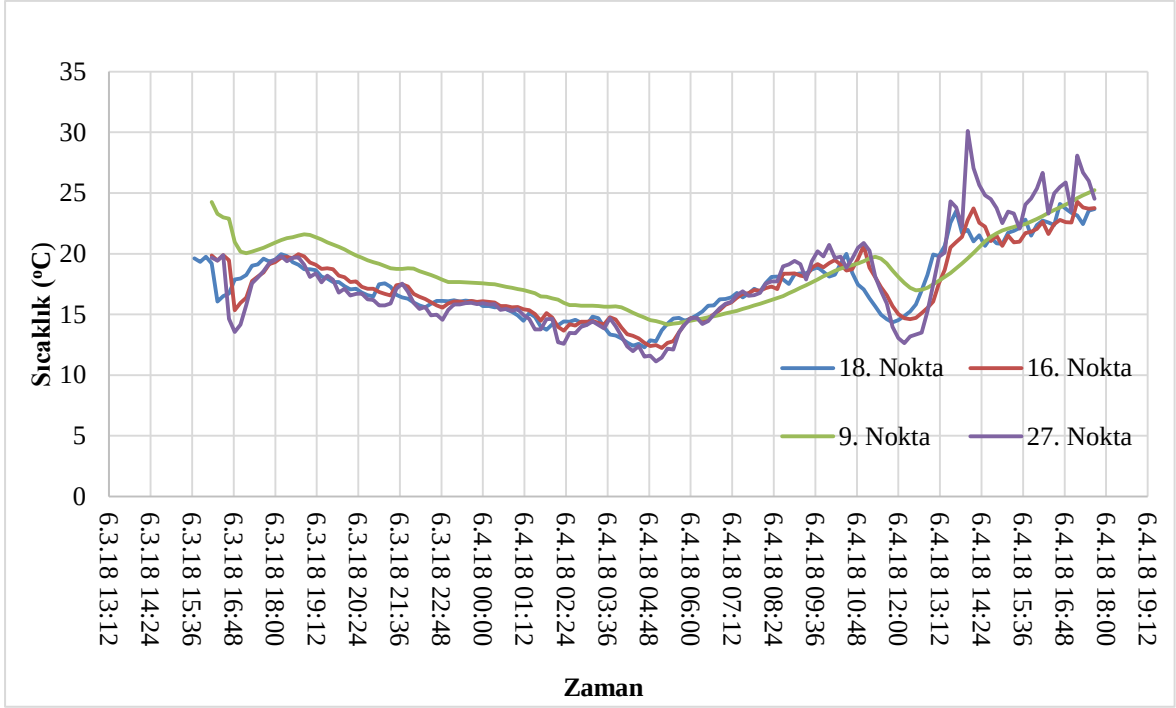


Şekil 3.8. Çevre sıcaklığı ölçüm odasının ve referans odasının bir günlük zaman bağlı sıcaklık değişimleri

Isıl çiftlerimizin yerleştirildiği 9, 16, 18 ve 27. noktalar Şekil 3.9’da deney suresi boyunca zamana bağlı sıcaklık değişimleri olarak incelenmiştir. 9. Nokta ısı borusunun alt gövdesinde bulunmaktadır. Burası ısı enerji deposunun içinde bulunup ısı borusunun gövdesinin başlangıç noktasıdır. 16. Nokta ısı çifti ısı borusunun üst kısmının alt kısmıyla birleşme noktasına yakın bir yerde durmaktadır. 18. Nokta ise ısı borusunun gövdesinin en üst kısmına yakın yerde bulunmaktadır. 27. Nokta ise dış ortam sıcaklığının bilgisidir. Yapılan incelemeler neticesinde ısı borusunun üst kısmında olan 18. nokta çevre sıcaklığına daha yakındır. 9. Nokta bunlara nispeten daha sıcaktır. Bu da sistemden ısının alındığını göstermektedir. 16. Nokta ise 9.noktaya ve 18. noktaya göre daha düşük bir değer gözlemlenmiştir. 9. Nokta sistemden ısı aldığı 18. sistemden alınan ısının atım noktası olduğu için 16. nokta bunlara göre biraz daha sıcaklık olarak düşük olduğu gözlemlenmiştir. Şekil 3.10’da ise çevre sıcaklığının ısı borusundaki ısı çift noktalarıyla bir günlük karşılaştırılması yapılmıştır.

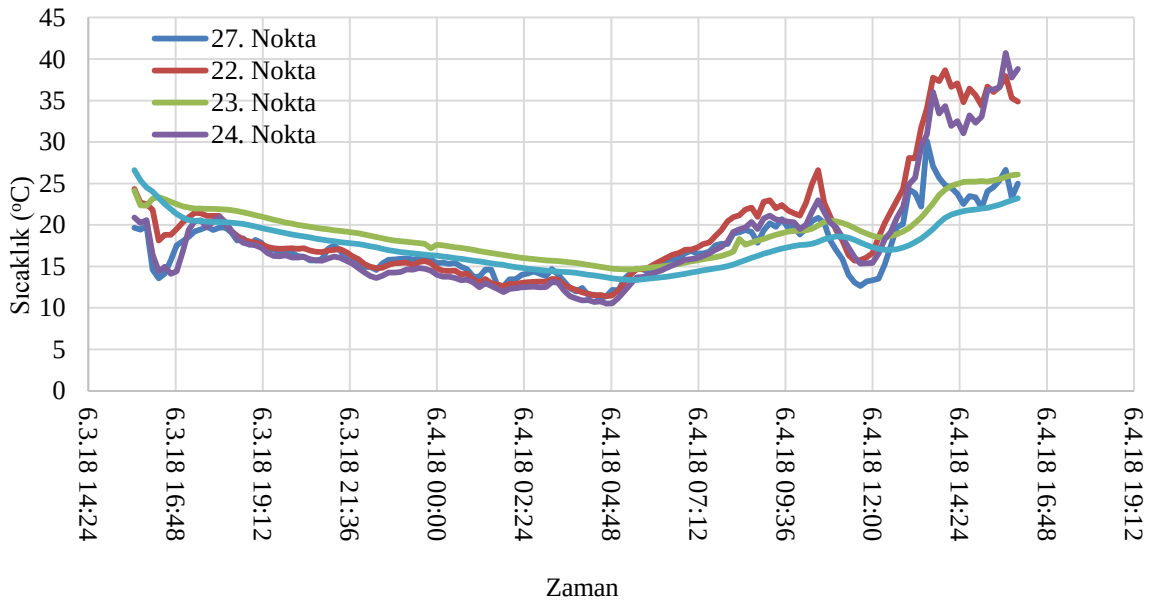
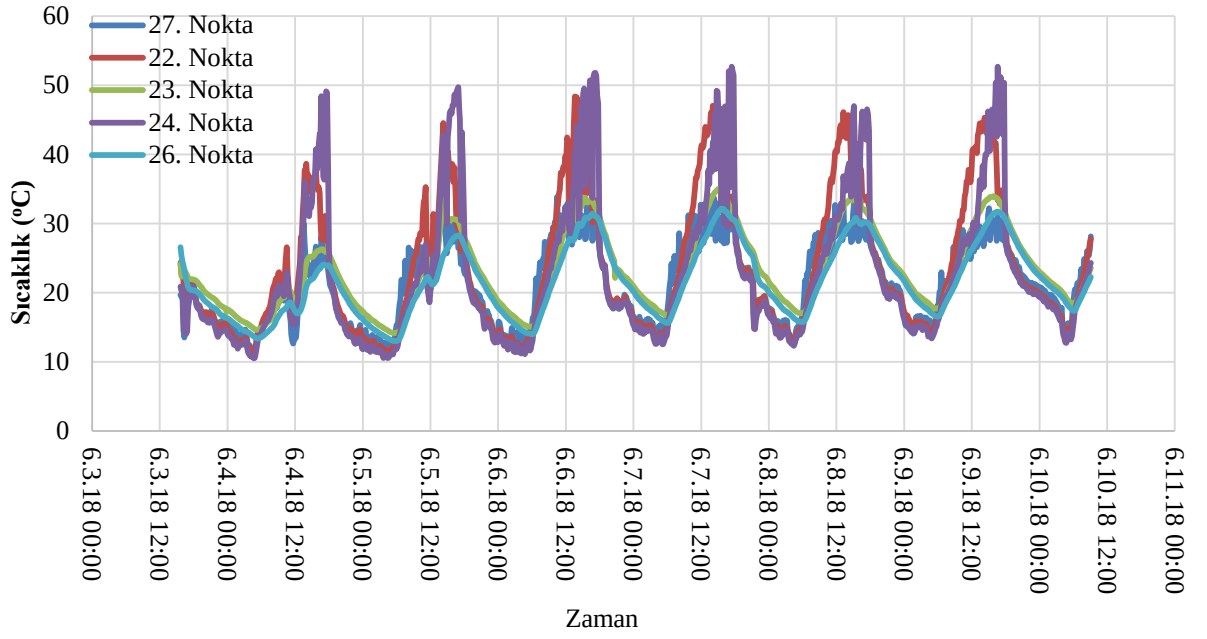


Şekil 3.9. Çevre sıcaklığının ısı borusu üzerinde ki noktalarıyla karşılaştırılması

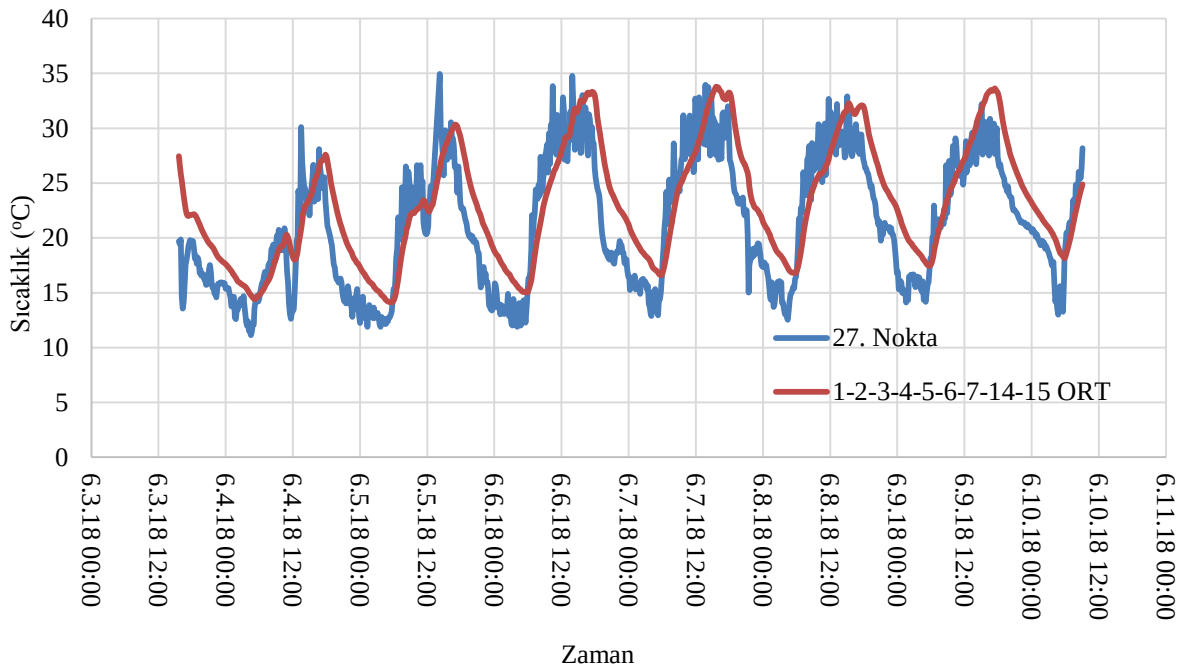


Şekil 3.10. Çevre sıcaklığının seçilmiş ısı borusuyla karşılaştırılmasının bir günlük durumu

Bu grafikte dış ortam havasıyla ölçüm odasının etrafında bulunan ısı çiftlerinin zamana bağlı sıcaklık değişimleri gösterilmiştir. Burada 27. nokta dış ortam havasının durumunu göstermektedir. Burada 22. ve 24. Nokta konteynerin dış yüzeyinde bulunduğu için günü güneşli zaman dilimlerinde sıcaklıklarında aşırı artışlar görülmektedir. Bu sıcaklık artışı konteynerin duvar kalınlığı ve yalıtımıyla alakalı olarak iç ortama yani soğutulmak istenen ortamı etkilemektedir. 23. nokta ölçüm odasının kapısının dış tarafında yani konteynerin koridor tarafında bulunmaktadır. Buda dış ortamın ısınması neticesinde iç ortamın sıcaklığının arttığı ve hatta dış ortamdan daha sıcak hale gelmektedir. 26. nokta ise ölçüm odasının kuzey duvarının dışında yer almaktadır. Bu ısı çiftte diğerlerine nazaran biraz daha sıcaklığı düşük olduğu gözlemlenmektedir. Şekil 3.11’de ölçüm odası ile ölçüm odasının etrafında yer alan ısı çiftlerinin zamana bağlı olarak sıcaklık değişimleri gösterilmektedir. Şekil 3.12’de çevre sıcaklığının ölçüm odasının etrafına yerleştirilmiş ısı çiftlerinin bir günlük değerlendirilmesine bakılmıştır.

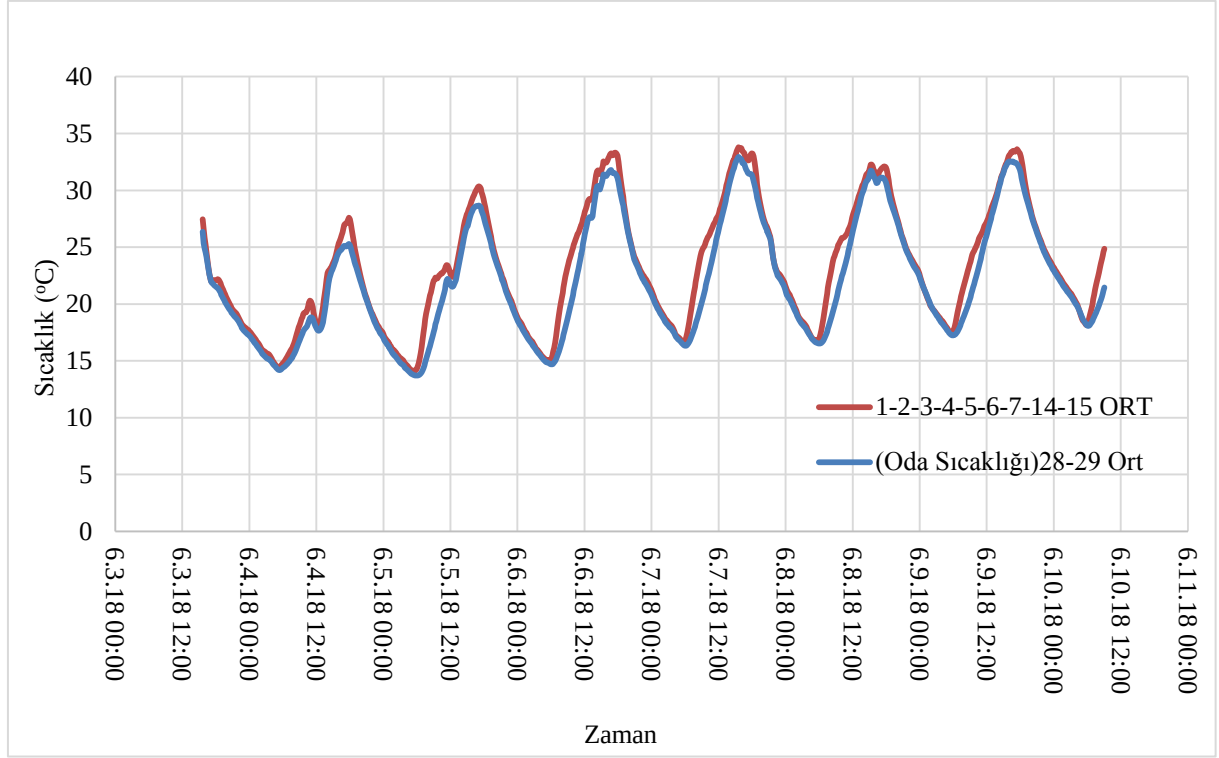


Şekil 3.13’de 27. noktada ve ısıl enerji deposunun içyapısında bulunan ısıl çiftlerin toplamının ortalaması gösterilmiştir. Dış ortam sıcaklığı artması neticesinde sıcaklık grafiğinde artım gözlenmiştir. Buna bağlı olarak ısıl enerji deposunun içyapısında bulunan faz değiştiren malzemenin faz değişip ve ortamın sıcaklığının değişmesini belli müddet erteleyip dış ortamın sıcaklığı düşmeye başladığında faz değiştiren malzeme kendi üzerinde depoladığı ısıl enerjiyi ortama verdiği gözlemlenmektedir. Bu grafik incelendiğinde projedeki ısıl enerji deposu hissedilebilen ısı deposu ve gizli ısı deposu gibi davranmaktadır.



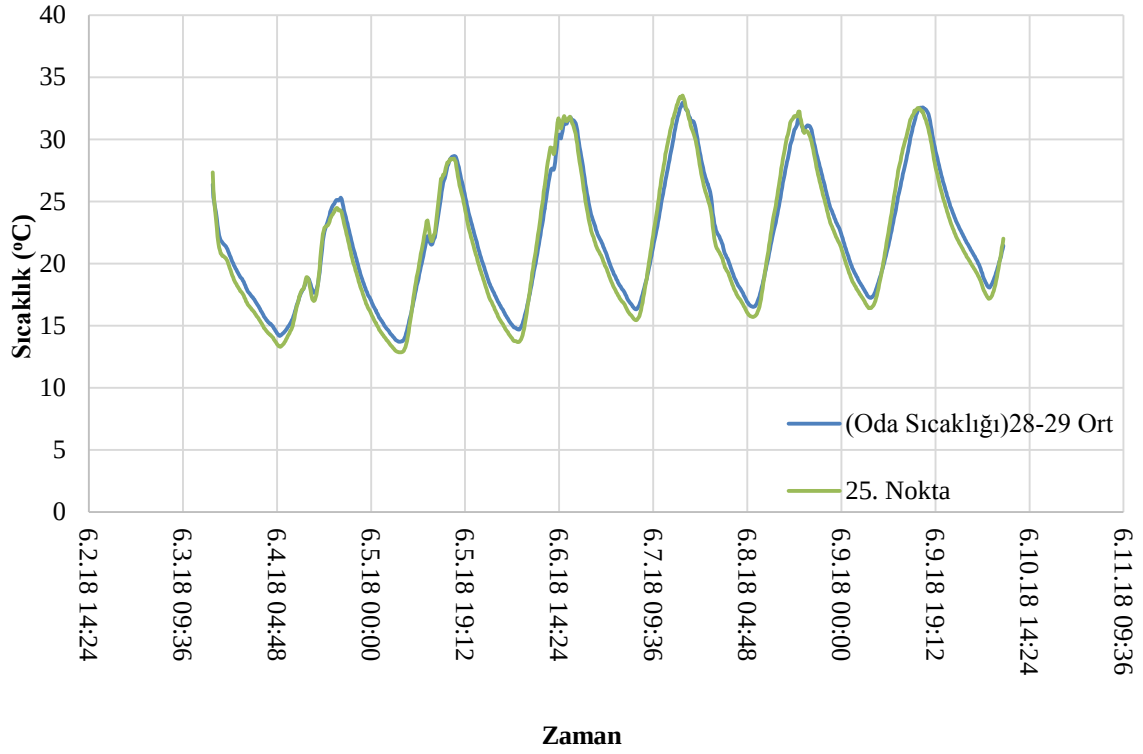
Şekil 3.13. ısıl enerji deposundaki ısıl çiftlerin çevre sıcaklığı ile karşılaştırılması durumu

Ölçüm odasının ısıl enerji deposunun iç kısmındaki ısıl çiftlerin ortalamasıyla karşılaştırılması durumuna bakılmıştır. Burada odanın sıcaklığı ısıl enerji deposunun sıcaklığına göre birkaç derece daha düşük olduğu belirlenmiştir. Burada ısıl enerji deposu hissedilebilen ısı deposu gibi hem de gizli ısı deposu gibi davranmaktadır. Şekil 3.14’de ısıl enerji deposunun iç kısmındaki ısıl çiftlerle ölçüm odasının karşılaştırılmasına bakılmıştır.



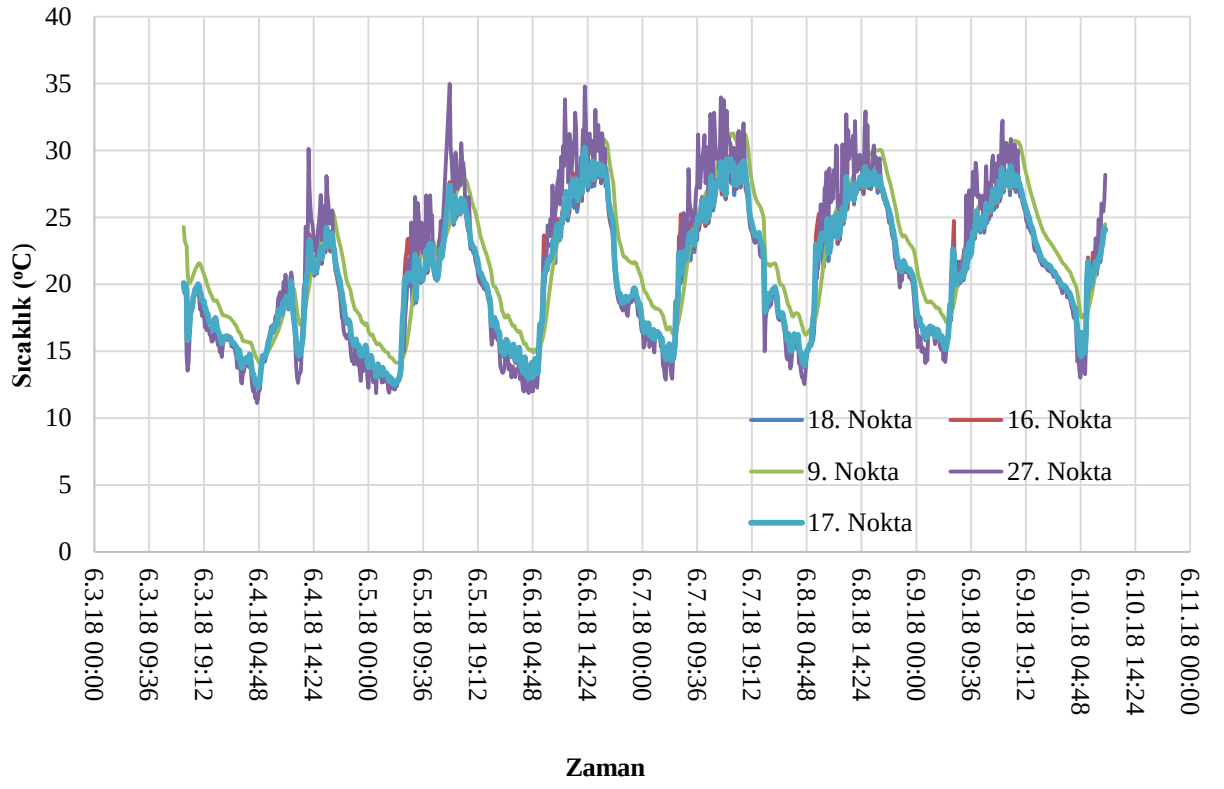
Şekil 3.14. Ölçüm odasının ısı enerji deposunun içyapısından elde edilmiş bilgilerin karşılaştırılması

Şekil 3.15’de ölçüm odası ile referans odasının karşılaştırılma durumu gösterilmiştir. Burada kanal 25 referans odasındaki ısı çiftidir. Kanal 28 ve 29 ise ölçüm odasındaki ısı çiftlerdir. Ölçüm odasındaki ısı çiftler toplanıp ikiye bölünmüştür. Sistemde kullanılan faz değiştiren malzemeden alakalı olarak kurulan deney düzeneği soğutma işlemi yapmıştır. Faz değiştiren malzeme faz değişimi neticesinde referans odası ile ölçüm odası arasında birkaç derecelik fark oluşmuştur. Referans odası sıcaklık artışı neticesinde ölçüm odasında sıcaklık referans odasına nispeten daha az olmuş ve ısı enerji deposu ortamın aşırı ısınmasına izin vermemiştir.



Şekil 3.15. Odası ile ölçüm odasının karşılaştırılması durumu

Şekil 3.16’da çevre sıcaklığı ve ısı borusunun farklı noktalarına yerleştirilmiş ısı çiftlerinden zamana bağlı olarak sıcaklık zaman bilgileri elde edilmiştir. Burada çevre sıcaklığı en yüksek seviyede olduğu zaman ısı borusunun çevre sıcaklığına zıt olarak hareket ettiği gözlemlenmiştir. Çevre sıcaklığı arttığında ısı borusunun içindeki R 134a gazı buharlaşıp yoğunlaşma döngüsü hızlanmış olup ısı enerji deposundaki ısının atımını sağlamıştır. Bu sebeple ısıl enerji deposunun içinde kalan ısı çiftin sıcaklığı yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Isıl çiftlerden 16,17 ve 18 konteynerin dışında yer alan ısı borusunun üzerindeki noktalarda olduğu için elde edilen değerleri birbirine daha yakın olup kanal 9’dan daha düşük seviyede olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 3.16. Çevre sıcaklığı ile ısı borusunun gövdesinde yer alan ısı çiftlerinin durumu

4. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Bu deneysel çalışma, Elazığ Fırat Üniversitesi Teknoloji Fakültesi park alanında konumlandırılmış konteynerde yapılmıştır. Faz değiştiren malzeme kullanılarak tasarlanan ısı enerjisi deposu ile konteyner soğutma testi 03.06.2018 tarihinde saat 15:40'de başlatılmış, 10.06.2018 tarihinde saat 09.05'de sonlandırılmıştır. Bütün deney süresi boyunca çevre sıcaklık değişimi için çeşitli noktalara, ölçüm odasına, ısı enerjisi deposunun iç yapısına, ısı borusunun çeşitli yerlerine ve referans odasına konumlandırılmış ısı çiftlerinden zamana göre sıcaklık değişimi bilgileri toplanmıştır. Bu bilgiler çevreye, ölçüm odasına, referans odasına ve ısı borusundan elde edilen bilgilere göre değerlendirilip karşılaştırma yapılarak kurulan deney düzeneğinin soğutma kapasitesine bakılmıştır.

Deneyde kullanılan konteyner odalarının eşit boyutlarda olmasına karşın aynı şartlarda olmamasının ölçüm sonuçlarına etkisi oluşmuştur. Referans odasının iki yüzeyinin güneş ışığıyla teması ölçüm odasının ise üç yüzeyinin güneş görmesi referans odasıyla ölçüm odası arasında sıcaklık farkının fazla olmaması sonucunu çıkarmıştır.

Isı enerjisi deposunda kullanılan FDM miktarı artırılırsa, ısı enerjisi deposunun ortamdan ısı enerjisi alıp ısı borularına iletme kabiliyeti daha da artacaktır. Ayrıca ısı enerjisi deposunun ısı enerjisi depolama kapasitesinde de büyük ölçüde artma olacağı için ölçüm odası ile referans odası arasında sıcaklık farkı da artacaktır.

Deneylerdeki ısı borularında R134a soğutucu akışkan kullanılmıştır. Kullanılan bu soğutucu akışkanın miktarının artırılması ile soğutma performansının arttığı görülmüştür. Isı borularının ısı enerjisi deposunun iç yapısında kalan evaporator kısmındaki kanatların uzunluğu ve şekli değiştirilirse, daha kısa zamanda yüksek oranda ısı transferi yapabilmek olanağı da ortaya konulmuştur.

Deney düzeneğinde kullanılan ısı enerjisi deposunun verimlilik katsayısının ve kullanılabilirliğinin daha iyi seviyeye gelmesi için tasarımında değişiklikler yapılması gerekmektedir.

Sonuç olarak, oldukça iyi çıkan soğutma performansı yüksek olduğu sonucuna varılmış, bu tür sistemlerin elektrik olmayan yerlerde yaygınlaştırılması ticari anlamda büyük yatırımların habercisi olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1]Lefebvre, D. ve Tezel, F.H,2017. A review of energy storage technologies with a focus on adsorption thermal energy storage processes for heating applications, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 67, 116-125.
- [2]Quaschnig, V., 2010.Renewable Energy and Climate Change. Wiley, Chichester, West Sussex, UK.
- [3]International Energy Agency, key world energy statistics. www.iea.org/newsroom/news/2013/october/key-world-energy-statistics-2013-now-available.html., 20/05/2018.
- [4]Dincer, I. ve Rosen, M.A., 2011.Energy, Environment and sustainable development. John Wiley and Sons, Chishester, UK.
- [5]Elliott, D.,2013.Renewables: a review of sustainable energy supply options. Institute of physics, Great Britain.
- [6]Balaras, C.A.,Gaglia, A.G., Georgopoulou, E., Mirasgedis, S., Sarafidis, Y. Ve Ladas, D.P.,2007. European residential buildings and empirical assessment of the Hellenic building stock, energy consumption, emissions and potential energy savings, Building and Environment, **42(3)**, 1298-1314.
- [7]Lee, K.O.,Medina, M.A., Raith E. ve Sun, X., 2015. Assessing the integration of a thin phase change material (PCM) layer in a residential building wall for heat transfer reduction and management, Applied Energy, **137**, 699-706.
- [8]Navarro, L.,Gracia A., Castell, A., Alvarez, S. Ve Cabeza, L.F.,2015. PCM incorporation in a concrete coreslab as a thermal storage and supply system: Proof of concept, Energy and Buildings, 103, 70-82.
- [9]Yau, Y.H. ve Rismanchi, B., 2012. Review on cool thermal storage Technologies and operating strategies, Renewable Sustainable Energy Reviews, **16**, 787-797.
- [10]Lahmidi, H.,Mauran, S. ve Goetz, V.,2006. Definition, test and simulation of a thermochemical storage process adapted to solar thermal systems. Solar Energy.**80-7**.883-893.
- [11]Pinel, P.,Cruickshank, C.A.,Morrison, I.B., Wills,A., 2011. A review of available methods for seasonal storage of solar thermal energy in residential applications. Renewable and Sustainable Energy Reviews. **15(7)**,3341-3359.
- [12]Kalaiselvam,S.,Parameshwaran, R., 2014.Thermal Energy Storage Technologies for Sustainability.Elsevier,SanDiego.

- [13]Li,T.,Wang, R., Kiplagant, J.K., Kang, Y.T., 2013.Performance analysis of an integrated energy storage and energy storage and energy upgrade thermochemical solid-gas sorption system for seasonal storage of solar thermal energy. *Energy*. **50**, 454-467.
- [14]Steffen, B., 2012. Prospects for pumped-hydrostorage in Germany. *Energy Policy*. **45**. 420-429.
- [15]Moreno, P.,Miro, L., Sole, A., Barrenche, C., Sole, C., Martorell, I. ve Cabeza, L., 2010. Corrosion of metal and metal alloy containers in contact with phase change materials (PCM) for potential heating and cooling applications, *Applied Energy*, **125**, 238-245.
- [16]Koschrenz, M. ve Lehmann, B., 2004. Development of a thermally activated ceiling panel with PCM for applicationing light weight and retrofitted buildings, *Energy and Buildings*, **36**, 567-578.
- [17]Sharma, A.,Tyagi, V.V., Chen, C.R., Buddhi, D., 2009. Review on thermal energy storage with phase change materials and applications, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **13**, 318-345.
- [18]Tyagi, V.V. ve Buddhi, D., 2008. Thermal cycle testing of calcium chloridehexahydrate as a possible PCM for latent heat storage, *Solar Energy Materials & Solar Cells*, **92**, 891-899.
- [19]Özkol, N.,2007, Uygulamalı soğutma tekniği, Makine Mühendisleri Odası Yayın No: **MMO/2007115/7**, Ankara, 21-28, 55-72, 107-153.
- [20]Gürler, S., 2006, R134a ve R600 soğutucu akışkanlı ev tipi buzdolaplarında ekserji analizi, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 43-48.
- [21]Boran, K., Menlik, T. ve Alpsoy, H., 2015. R134a/R152a soğutucu akışkan karışımlarının performanslarının ısı pompasında deneysel olarak araştırılması, *Politeknik Dergisi*, **18(4)**, 251-256.
- [22]Jouhara, H.,Chauhan, A., Nannou, T., Almahmoud, S., Delpech, B. ve Wrobel, L.C., 2017, Heat pipebased systems-Advances and applications, *Energy*, **128**, 729-754.

EKLER

EK-1:1-15 ısıtıcı çiftlerin zamana bağlı sıcaklık değerleri

Kanal 1	Kanal 2	Kanal 3	Kanal 4	Kanal 5	Kanal 6	Kanal 7	Kanal 8	Kanal 9	Kanal 10	Kanal 11	Kanal 12	Kanal 13	Kanal 14	Kanal 15	Zaman
28.398	27.260	28.516	27.322	27.116	27.255	26.953	26.937	24.272	27.461	25.763	27.263	27.292	27.953	26.321	3 Haziran 2018 15:40
27.130	26.205	27.447	26.495	26.404	26.452	26.213	26.354	23.294	26.796	24.932	26.645	26.546	27.346	25.770	3 Haziran 2018 15:50
25.943	25.184	26.420	25.597	25.571	25.753	25.822	25.707	23.008	26.133	24.374	25.986	25.860	26.731	25.302	3 Haziran 2018 16:00
25.109	24.451	25.623	24.979	24.965	25.239	25.382	25.223	22.899	25.611	24.056	25.481	25.382	26.233	25.023	3 Haziran 2018 16:10
24.368	23.709	24.893	24.133	24.182	24.609	24.663	24.571	20.969	25.090	22.889	24.904	24.852	25.566	24.711	3 Haziran 2018 16:20
23.554	22.863	24.048	23.351	23.420	23.907	24.020	23.778	20.165	24.369	22.019	24.131	24.079	24.940	24.482	3 Haziran 2018 16:30
22.724	22.154	23.218	22.744	22.795	23.357	23.325	23.223	20.048	23.792	21.660	23.565	23.547	24.375	24.189	3 Haziran 2018 16:40
21.925	21.420	22.498	22.199	22.256	22.804	22.744	22.764	20.165	23.275	21.467	23.093	23.068	23.900	23.886	3 Haziran 2018 16:50
21.355	21.031	21.962	21.863	21.915	22.385	22.406	22.408	20.332	22.870	21.389	22.766	22.752	23.514	23.736	3 Haziran 2018 17:00
21.051	20.870	21.622	21.689	21.723	22.150	22.340	22.207	20.501	22.622	21.389	22.561	22.553	23.258	23.569	3 Haziran 2018 17:10
21.114	20.916	21.498	21.667	21.690	22.057	22.420	22.109	20.689	22.490	21.427	22.449	22.463	23.139	23.488	3 Haziran 2018 17:20
21.311	21.015	21.536	21.750	21.735	22.124	22.600	22.125	20.903	22.503	21.555	22.474	22.533	23.111	23.454	3 Haziran 2018 17:30
21.394	21.091	21.549	21.761	21.743	22.162	22.655	22.191	21.115	22.539	21.676	22.516	22.581	23.098	23.396	3 Haziran 2018 17:40
21.447	21.151	21.570	21.742	21.727	22.165	22.643	22.236	21.277	22.562	21.792	22.545	22.604	23.087	23.349	3 Haziran 2018 17:50
21.520	21.227	21.573	21.708	21.706	22.183	22.715	22.268	21.363	22.582	21.853	22.568	22.639	23.064	23.279	3 Haziran 2018 18:00
21.634	21.308	21.581	21.737	21.776	22.223	22.765	22.311	21.497	22.603	21.949	22.596	22.678	23.027	23.256	3 Haziran 2018 18:10
21.735	21.404	21.572	21.740	21.821	22.267	22.819	22.352	21.588	22.639	22.011	22.641	22.738	23.034	23.230	3 Haziran 2018 18:20
21.733	21.434	21.454	21.583	21.779	22.258	22.747	22.373	21.547	22.654	22.016	22.661	22.743	22.966	23.150	3 Haziran 2018 18:30
21.626	21.364	21.264	21.365	21.667	22.153	22.576	22.311	21.371	22.602	21.901	22.597	22.678	22.842	23.067	3 Haziran 2018 18:40
21.441	21.250	21.057	21.167	21.530	22.018	22.343	22.193	21.183	22.476	21.735	22.482	22.539	22.702	22.937	3 Haziran 2018 18:50
21.194	21.047	20.816	20.940	21.342	21.824	22.071	22.023	20.951	22.298	21.538	22.311	22.361	22.518	22.790	3 Haziran 2018 19:00
20.921	20.818	20.636	20.822	21.155	21.613	21.831	21.831	20.767	22.110	21.340	22.128	22.164	22.349	22.671	3 Haziran 2018 19:10
20.704	20.618	20.466	20.619	20.985	21.423	21.666	21.653	20.563	21.947	21.164	21.942	21.987	22.206	22.528	3 Haziran 2018 19:20
20.474	20.405	20.252	20.406	20.792	21.222	21.447	21.482	20.366	21.751	20.976	21.777	21.800	22.042	22.375	3 Haziran 2018 19:30
20.235	20.192	20.057	20.245	20.593	21.035	21.254	21.287	20.107	21.569	20.763	21.581	21.614	21.852	22.227	3 Haziran 2018 19:40
19.997	19.942	19.833	20.034	20.399	20.825	21.044	21.082	19.858	21.370	20.530	21.382	21.399	21.680	22.074	3 Haziran 2018 19:50

Kanal 1	Kanal 2	Kanal 3	Kanal 4	Kanal 5	Kanal 6	Kanal 7	Kanal 8	Kanal 9	Kanal 10	Kanal 11	Kanal 12	Kanal 13	Kanal 14	Kanal 15	Zaman
19.796	19.736	19.670	19.896	20.211	20.638	20.837	20.882	19.666	21.180	20.329	21.190	21.212	21.521	21.924	3 Haziran 2018 20:00
19.411	19.348	19.356	19.566	19.864	20.271	20.473	20.524	19.300	20.819	19.965	20.830	20.847	21.184	21.660	3 Haziran 2018 20:20
19.211	19.177	19.233	19.476	19.699	20.105	20.288	20.370	19.181	20.660	19.827	20.668	20.695	21.040	21.498	3 Haziran 2018 20:30
19.078	19.042	19.066	19.291	19.554	19.958	20.124	20.217	18.985	20.508	19.656	20.520	20.539	20.867	21.384	3 Haziran 2018 20:40
18.920	18.879	18.935	19.138	19.394	19.799	19.976	20.060	18.815	20.360	19.483	20.359	20.380	20.720	21.244	3 Haziran 2018 20:50
18.772	18.722	18.804	19.036	19.274	19.667	19.864	19.913	18.752	20.210	19.382	20.204	20.241	20.608	21.136	3 Haziran 2018 21:00
18.649	18.611	18.708	19.000	19.172	19.541	19.741	19.805	18.758	20.086	19.318	20.099	20.129	20.496	21.009	3 Haziran 2018 21:10
18.549	18.521	18.632	18.955	19.091	19.454	19.678	19.716	18.814	19.972	19.312	20.001	20.058	20.416	20.874	3 Haziran 2018 21:20
18.445	18.441	18.573	18.878	19.003	19.370	19.568	19.646	18.771	19.904	19.252	19.938	19.967	20.297	20.773	3 Haziran 2018 21:30
18.374	18.359	18.470	18.760	18.916	19.278	19.466	19.555	18.573	19.809	19.111	19.821	19.877	20.197	20.683	3 Haziran 2018 21:40
18.278	18.253	18.350	18.612	18.789	19.155	19.328	19.445	18.417	19.685	18.979	19.719	19.746	20.072	20.538	3 Haziran 2018 21:50
18.119	18.100	18.189	18.420	18.619	19.009	19.180	19.298	18.236	19.546	18.807	19.564	19.597	19.920	20.279	3 Haziran 2018 22:00
17.947	17.927	17.988	18.217	18.471	18.848	18.997	19.160	18.066	19.397	18.645	19.422	19.446	19.745	20.218	3 Haziran 2018 22:10
17.756	17.760	17.793	18.022	18.291	18.690	18.798	19.000	17.850	19.254	18.466	19.258	19.281	19.596	20.094	3 Haziran 2018 22:20
17.604	17.584	17.596	17.852	18.129	18.524	18.613	18.822	17.673	19.071	18.280	19.074	19.088	19.421	19.944	3 Haziran 2018 22:30
17.423	17.429	17.434	17.791	18.002	18.385	18.543	18.665	17.669	18.923	18.195	18.940	18.956	19.296	19.805	3 Haziran 2018 22:40
17.320	17.350	17.381	17.735	17.920	18.291	18.453	18.556	17.670	18.816	18.151	18.834	18.879	19.203	19.674	3 Haziran 2018 22:50
17.234	17.241	17.321	17.673	17.823	18.190	18.380	18.471	17.647	18.714	18.092	18.750	18.781	19.100	19.599	3 Haziran 2018 23:00
17.163	17.159	17.257	17.587	17.734	18.095	18.296	18.396	17.617	18.624	18.040	18.665	18.693	18.989	19.514	3 Haziran 2018 23:10
17.076	17.100	17.198	17.514	17.662	18.014	18.234	18.318	17.577	18.536	17.974	18.575	18.607	18.899	19.438	3 Haziran 2018 23:20
17.050	17.019	17.117	17.450	17.588	17.947	18.165	18.244	17.554	18.459	17.927	18.490	18.527	18.802	19.353	3 Haziran 2018 23:30
16.991	16.963	17.057	17.376	17.523	17.869	18.083	18.184	17.519	18.379	17.864	18.419	18.446	18.714	19.234	3 Haziran 2018 23:40
16.947	16.907	17.017	17.319	17.479	17.804	18.014	18.106	17.475	18.313	17.815	18.354	18.384	18.654	19.155	3 Haziran 2018 23:50
16.869	16.832	16.924	17.219	17.392	17.725	17.941	18.029	17.373	18.225	17.714	18.260	18.290	18.540	19.064	4 Haziran 2018 0:00
16.779	16.752	16.828	17.127	17.301	17.639	17.835	17.962	17.278	18.149	17.632	18.178	18.208	18.446	18.952	4 Haziran 2018 0:10
16.674	16.659	16.707	17.015	17.198	17.525	17.731	17.862	17.196	18.052	17.551	18.086	18.106	18.349	18.844	4 Haziran 2018 0:20
16.567	16.549	16.604	16.926	17.102	17.435	17.620	17.765	17.086	17.952	17.456	17.991	18.003	18.250	18.739	4 Haziran 2018 0:30

Kanal 1	Kanal 2	Kanal 3	Kanal 4	Kanal 5	Kanal 6	Kanal 7	Kanal 8	Kanal 9	Kanal 10	Kanal 11	Kanal 12	Kanal 13	Kanal 14	Kanal 15	Zaman
16.470	16.461	16.500	16.826	17.009	17.343	17.539	17.667	16.998	17.846	17.361	17.892	17.910	18.152	18.619	4 Haziran 2018 0:40
16.323	16.340	16.344	16.680	16.881	17.216	17.424	17.564	16.882	17.754	17.230	17.787	17.798	18.039	18.512	4 Haziran 2018 0:50
16.250	16.255	16.237	16.573	16.779	17.124	17.326	17.448	16.750	17.637	17.108	17.673	17.683	17.919	18.400	4 Haziran 2018 1:00
16.140	16.157	16.089	16.396	16.652	17.008	17.185	17.328	16.475	17.514	16.921	17.552	17.587	17.791	18.258	4 Haziran 2018 1:10
15.990	16.000	15.926	16.242	16.516	16.868	17.039	17.182	16.453	17.379	16.833	17.417	17.432	17.651	18.151	4 Haziran 2018 1:20
15.895	15.911	15.823	16.146	16.422	16.768	16.947	17.083	16.328	17.283	16.728	17.310	17.337	17.540	18.034	4 Haziran 2018 1:30
15.780	15.808	15.680	16.030	16.297	16.650	16.836	16.980	16.215	17.170	16.622	17.214	17.235	17.441	17.900	4 Haziran 2018 1:40
15.656	15.698	15.569	15.897	16.171	16.532	16.694	16.862	15.963	17.064	16.439	17.089	17.131	17.325	17.797	4 Haziran 2018 1:50
15.523	15.517	15.386	15.676	15.987	16.368	16.489	16.683	15.775	16.902	16.237	16.917	16.930	17.148	17.641	4 Haziran 2018 2:00
15.369	15.359	15.218	15.577	15.872	16.237	16.398	16.547	15.769	16.758	16.180	16.775	16.803	17.010	17.429	4 Haziran 2018 2:10
15.268	15.297	15.144	15.511	15.796	16.143	16.334	16.451	15.729	16.644	16.110	16.687	16.718	16.915	17.381	4 Haziran 2018 2:20
15.185	15.217	15.074	15.455	15.726	16.081	16.272	16.373	15.719	16.572	16.060	16.607	16.644	16.844	17.329	4 Haziran 2018 2:30
15.139	15.154	15.022	15.398	15.660	16.009	16.219	16.313	15.717	16.504	16.030	16.541	16.577	16.781	17.230	4 Haziran 2018 2:40
15.074	15.087	14.977	15.351	15.595	15.937	16.186	16.250	15.702	16.422	15.988	16.467	16.501	16.714	17.176	4 Haziran 2018 2:50
15.007	15.011	14.927	15.281	15.535	15.864	16.087	16.188	15.644	16.358	15.933	16.393	16.434	16.650	17.089	4 Haziran 2018 3:00
14.955	14.961	14.856	15.230	15.476	15.796	16.013	16.126	15.643	16.276	15.888	16.324	16.357	16.571	16.996	4 Haziran 2018 3:10
14.944	14.917	14.876	15.235	15.429	15.753	15.975	16.072	15.669	16.225	15.868	16.268	16.321	16.537	16.953	4 Haziran 2018 3:20
14.921	14.896	14.873	15.147	15.386	15.701	15.929	16.022	15.576	16.175	15.812	16.224	16.286	16.471	16.886	4 Haziran 2018 3:30
14.829	14.806	14.741	15.034	15.264	15.595	15.771	15.938	15.380	16.079	15.676	16.148	16.186	16.368	16.751	4 Haziran 2018 3:40
14.705	14.684	14.609	14.878	15.142	15.475	15.601	15.830	15.139	15.974	15.487	16.015	16.052	16.232	16.644	4 Haziran 2018 3:50
14.557	14.543	14.440	14.722	14.999	15.341	15.420	15.690	14.917	15.836	15.305	15.889	15.917	16.111	16.504	4 Haziran 2018 4:00
14.405	14.388	14.266	14.566	14.840	15.186	15.284	15.518	14.734	15.692	15.126	15.730	15.770	15.990	16.342	4 Haziran 2018 4:10
14.260	14.251	14.155	14.436	14.728	15.078	15.183	15.384	14.541	15.564	14.970	15.608	15.646	15.868	16.230	4 Haziran 2018 4:20
14.132	14.112	13.998	14.322	14.593	14.952	15.066	15.256	14.459	15.434	14.848	15.474	15.520	15.754	16.162	4 Haziran 2018 4:30
14.010	14.001	13.890	14.185	14.476	14.829	14.917	15.140	14.307	15.315	14.728	15.359	15.395	15.615	16.031	4 Haziran 2018 4:40
13.881	13.893	13.736	14.053	14.345	14.708	14.795	15.021	14.153	15.203	14.600	15.238	15.282	15.507	15.945	4 Haziran 2018 4:50
13.810	13.779	13.625	13.976	14.263	14.615	14.767	14.915	14.229	15.078	14.566	15.135	15.181	15.390	15.843	4 Haziran 2018 5:00

Kanal 1	Kanal 2	Kanal 3	Kanal 4	Kanal 5	Kanal 6	Kanal 7	Kanal 8	Kanal 9	Kanal 10	Kanal 11	Kanal 12	Kanal 13	Kanal 14	Kanal 15	Zaman
13.777	13.718	13.603	13.967	14.225	14.568	14.724	14.846	14.288	15.021	14.577	15.078	15.139	15.343	15.767	4 Haziran 2018 5:10
13.890	13.812	13.766	14.137	14.315	14.611	14.895	14.851	14.471	14.999	14.685	15.079	15.159	15.350	15.633	4 Haziran 2018 5:30
14.095	13.942	13.973	14.281	14.447	14.715	15.021	14.929	14.574	15.084	14.770	15.152	15.244	15.430	15.689	4 Haziran 2018 5:40
14.203	14.027	14.105	14.377	14.533	14.794	15.090	14.996	14.669	15.150	14.852	15.216	15.314	15.487	15.692	4 Haziran 2018 5:50
14.330	14.137	14.232	14.483	14.629	14.867	15.183	15.073	14.767	15.206	14.927	15.271	15.379	15.561	15.711	4 Haziran 2018 6:00
14.439	14.246	14.360	14.581	14.726	14.937	15.274	15.133	14.859	15.269	15.012	15.330	15.443	15.597	15.736	4 Haziran 2018 6:10
14.569	14.380	14.504	14.709	14.842	15.048	15.413	15.224	14.957	15.340	15.094	15.407	15.525	15.690	15.770	4 Haziran 2018 6:20
14.743	14.515	14.668	14.860	14.983	15.177	15.570	15.311	15.080	15.443	15.215	15.509	15.641	15.792	15.807	4 Haziran 2018 6:30
14.926	14.672	14.836	15.009	15.136	15.306	15.725	15.424	15.181	15.559	15.315	15.614	15.752	15.911	15.866	4 Haziran 2018 6:40
15.096	14.837	14.992	15.152	15.269	15.447	15.872	15.536	15.288	15.667	15.442	15.728	15.888	16.019	15.917	4 Haziran 2018 6:50
15.293	15.022	15.167	15.327	15.446	15.625	16.081	15.679	15.446	15.812	15.579	15.848	16.018	16.139	15.982	4 Haziran 2018 7:00
15.469	15.211	15.346	15.502	15.614	15.794	16.254	15.827	15.588	15.969	15.728	16.003	16.186	16.277	16.059	4 Haziran 2018 7:10
15.633	15.390	15.530	15.674	15.786	15.944	16.349	15.972	15.738	16.110	15.876	16.157	16.335	16.424	16.121	4 Haziran 2018 7:20
15.805	15.551	15.700	15.848	15.939	16.066	16.466	16.107	15.881	16.228	16.031	16.280	16.467	16.542	16.191	4 Haziran 2018 7:30
15.978	15.710	15.849	15.961	16.050	16.186	16.592	16.230	16.039	16.346	16.152	16.403	16.578	16.650	16.218	4 Haziran 2018 7:40
16.213	15.913	16.041	16.148	16.237	16.352	16.792	16.359	16.179	16.478	16.300	16.519	16.708	16.811	16.307	4 Haziran 2018 7:50
16.440	16.133	16.275	16.369	16.431	16.546	17.020	16.508	16.339	16.622	16.450	16.661	16.847	16.973	16.437	4 Haziran 2018 8:00
16.692	16.355	16.565	16.653	16.680	16.789	17.321	16.689	16.520	16.816	16.639	16.827	17.044	17.187	16.649	4 Haziran 2018 8:10
17.029	16.656	16.891	16.953	16.966	17.081	17.721	16.914	16.732	17.054	16.849	17.062	17.298	17.443	16.894	4 Haziran 2018 8:20
17.387	16.966	17.206	17.256	17.271	17.410	18.075	17.160	16.946	17.319	17.082	17.297	17.561	17.653	17.099	4 Haziran 2018 8:30
17.710	17.279	17.530	17.562	17.558	17.710	18.412	17.419	17.187	17.589	17.325	17.567	17.833	17.926	17.293	4 Haziran 2018 8:40
17.992	17.582	17.824	17.842	17.845	18.035	18.802	17.696	17.411	17.896	17.585	17.846	18.133	18.208	17.599	4 Haziran 2018 8:50
18.253	17.828	18.020	18.015	18.046	18.258	18.949	17.934	17.649	18.129	17.813	18.092	18.370	18.380	17.661	4 Haziran 2018 9:00
18.567	18.086	18.280	18.286	18.295	18.500	19.257	18.173	17.889	18.378	18.060	18.321	18.585	18.590	17.842	4 Haziran 2018 9:10
18.878	18.367	18.552	18.553	18.555	18.779	19.573	18.401	18.132	18.623	18.306	18.576	18.868	18.862	18.043	4 Haziran 2018 9:20
19.086	18.596	18.728	18.726	18.752	18.992	19.756	18.614	18.343	18.822	18.516	18.794	19.071	19.042	18.139	4 Haziran 2018 9:30
19.289	18.817	18.901	18.930	18.971	19.223	20.008	18.817	18.580	19.053	18.746	18.999	19.305	19.256	18.332	4 Haziran 2018 9:40

Kanal 1	Kanal 2	Kanal 3	Kanal 4	Kanal 5	Kanal 6	Kanal 7	Kanal 8	Kanal 9	Kanal 10	Kanal 11	Kanal 12	Kanal 13	Kanal 14	Kanal 15	Zaman
19.445	19.001	19.020	19.065	19.133	19.399	20.118	19.008	18.782	19.245	18.945	19.191	19.493	19.376	18.406	4 Haziran 2018 9:50
19.518	19.090	19.045	19.090	19.191	19.476	20.109	19.137	18.937	19.336	19.088	19.311	19.592	19.435	18.343	4 Haziran 2018 10:00
19.499	19.120	19.035	19.095	19.197	19.490	20.064	19.201	19.062	19.386	19.182	19.375	19.603	19.478	18.320	4 Haziran 2018 10:10
19.600	19.216	19.211	19.286	19.331	19.582	20.243	19.290	19.201	19.464	19.283	19.456	19.698	19.654	18.622	4 Haziran 2018 10:20
19.825	19.452	19.566	19.611	19.636	19.868	20.654	19.531	19.385	19.723	19.481	19.690	19.942	19.987	19.118	4 Haziran 2018 10:30
20.109	19.787	19.996	20.008	20.001	20.260	21.135	19.857	19.608	20.106	19.777	20.038	20.341	20.370	19.579	4 Haziran 2018 10:40
20.265	20.026	20.156	20.118	20.214	20.528	21.297	20.137	19.742	20.399	20.012	20.337	20.630	20.550	19.528	4 Haziran 2018 10:50
20.330	20.036	20.057	19.979	20.155	20.514	21.167	20.223	19.591	20.462	19.978	20.424	20.663	20.480	19.399	4 Haziran 2018 11:00
20.211	19.908	19.789	19.723	19.969	20.355	20.902	20.117	19.200	20.326	19.707	20.291	20.496	20.265	19.093	4 Haziran 2018 11:10
19.998	19.677	19.460	19.406	19.698	20.091	20.410	19.881	18.624	20.100	19.322	20.076	20.245	19.992	18.737	4 Haziran 2018 11:20
19.628	19.338	19.002	18.923	19.298	19.702	19.777	19.542	18.097	19.762	18.872	19.740	19.858	19.667	18.291	4 Haziran 2018 11:30
19.222	18.917	18.573	18.517	18.912	19.251	19.165	19.159	17.582	19.384	18.431	19.356	19.436	19.427	18.157	4 Haziran 2018 11:40
18.800	18.540	18.220	18.170	18.512	18.778	18.882	18.787	17.195	19.013	18.026	18.986	19.024	19.104	17.989	4 Haziran 2018 11:50
18.445	18.162	17.916	17.855	18.171	18.437	18.613	18.476	16.987	18.703	17.755	18.671	18.703	18.862	17.808	4 Haziran 2018 12:00
18.186	17.934	17.727	17.650	17.939	18.198	18.411	18.254	17.030	18.473	17.659	18.442	18.459	18.697	17.788	4 Haziran 2018 12:10
18.062	17.804	17.625	17.615	17.891	18.110	18.365	18.134	17.195	18.347	17.675	18.326	18.364	18.661	17.854	4 Haziran 2018 12:20
18.098	17.804	17.651	17.719	17.962	18.176	18.618	18.134	17.480	18.334	17.812	18.321	18.397	18.665	17.980	4 Haziran 2018 12:30
18.277	18.010	17.943	18.072	18.239	18.445	19.079	18.288	17.766	18.506	18.044	18.464	18.622	18.846	18.221	4 Haziran 2018 12:40
18.613	18.350	18.448	18.562	18.637	18.838	19.607	18.577	18.081	18.830	18.357	18.780	19.008	19.202	18.523	4 Haziran 2018 12:50
19.125	18.779	19.022	19.131	19.124	19.298	20.118	18.970	18.419	19.234	18.741	19.184	19.467	19.600	18.881	4 Haziran 2018 13:00
19.723	19.315	19.808	19.741	19.649	19.827	20.665	19.370	18.815	19.655	19.151	19.584	19.905	20.018	19.210	4 Haziran 2018 13:10
20.371	19.841	20.468	20.273	20.144	20.303	21.166	19.777	19.210	20.066	19.552	19.982	20.336	20.438	19.497	4 Haziran 2018 13:20
21.134	20.393	21.293	20.904	20.686	20.790	21.595	20.183	19.616	20.470	19.968	20.393	20.747	20.885	19.776	4 Haziran 2018 13:30
21.944	20.997	22.093	21.577	21.314	21.318	22.179	20.597	20.063	20.895	20.393	20.798	21.184	21.365	20.111	4 Haziran 2018 13:40
22.927	21.697	23.088	22.399	22.060	21.989	22.884	21.096	20.543	21.426	20.884	21.276	21.726	21.940	20.566	4 Haziran 2018 13:50
23.537	22.361	23.830	23.003	22.643	22.517	23.200	21.575	21.008	21.911	21.342	21.771	22.202	22.447	20.902	4 Haziran 2018 14:00
23.799	22.672	24.248	23.244	22.873	22.714	23.051	21.907	21.395	22.195	21.649	22.074	22.397	22.708	21.072	4 Haziran 2018 14:10

Kanal 1	Kanal 2	Kanal 3	Kanal 4	Kanal 5	Kanal 6	Kanal 7	Kanal 8	Kanal 9	Kanal 10	Kanal 11	Kanal 12	Kanal 13	Kanal 14	Kanal 15	Zaman
23.955	22.777	24.501	23.221	22.869	22.680	22.960	22.069	21.674	22.289	21.847	22.188	22.427	22.774	21.109	4 Haziran 2018 14:20
24.302	22.902	24.694	23.349	23.022	22.780	23.089	22.185	21.915	22.369	22.001	22.290	22.468	22.909	21.176	4 Haziran 2018 14:30
24.634	22.978	24.936	23.426	23.093	22.885	23.235	22.305	22.082	22.470	22.110	22.369	22.528	23.017	21.230	4 Haziran 2018 14:40
25.220	23.421	25.273	23.745	23.435	23.311	23.648	22.587	22.375	22.765	22.372	22.657	22.849	23.356	21.534	4 Haziran 2018 15:00
25.394	23.456	25.348	23.831	23.543	23.490	23.797	22.733	22.453	22.943	22.493	22.821	22.987	23.468	21.608	4 Haziran 2018 15:10
25.707	23.712	25.457	24.031	23.782	23.727	24.090	22.889	22.661	23.106	22.677	22.989	23.213	23.672	21.810	4 Haziran 2018 15:20

Ek-216-29 ısıt çiftlerin zamana bağlı sıcaklık değerleri

Kanal 16	Kanal 17	Kanal 18	Kanal 19	Kanal 20	Kanal 21	Kanal 22	Kanal 23	Kanal 24	Kanal 25	Kanal 26	Kanal 27	Kanal 28	Kanal 29	28-29 Ort	Zaman
19.853	20.097	19.616	19.868	19.667	20.078	24.349	24.138	20.886	28.341	26.606	19.674	25.030	27.283	26.157	3 Haziran 2018 15:40
19.430	19.492	19.319	19.442	19.413	19.945	22.676	22.383	20.249	26.938	25.391	19.425	24.249	26.430	25.340	3 Haziran 2018 15:50
19.886	19.932	19.762	19.968	20.031	20.691	22.534	22.339	20.585	25.954	24.535	19.875	24.261	25.540	24.900	3 Haziran 2018 16:00
19.458	19.611	19.187	19.639	19.421	20.182	21.831	23.166	16.433	25.373	24.019	14.623	24.017	25.087	24.552	3 Haziran 2018 16:10
15.349	15.817	16.067	15.653	14.997	15.421	18.129	23.364	14.398	24.620	23.260	13.551	23.688	24.599	24.143	3 Haziran 2018 16:20
15.947	16.517	16.500	16.568	16.611	17.068	18.803	23.082	14.965	23.838	22.515	14.149	23.223	23.950	23.586	3 Haziran 2018 16:30
16.364	16.843	16.727	16.881	17.036	17.611	18.831	22.796	14.109	23.171	21.894	15.776	22.768	23.386	23.077	3 Haziran 2018 16:40
17.757	17.874	17.888	18.032	18.274	18.974	19.518	22.501	14.410	22.601	21.329	17.556	22.316	22.873	22.595	3 Haziran 2018 16:50
18.115	18.109	17.969	18.220	18.422	19.197	20.309	22.253	16.775	22.296	20.881	18.028	22.056	22.461	22.259	3 Haziran 2018 17:00
18.449	18.398	18.255	18.526	18.729	19.456	20.922	22.094	19.433	22.027	20.609	18.567	21.816	22.188	22.002	3 Haziran 2018 17:10
19.144	19.052	19.021	19.269	19.569	20.333	21.471	21.992	20.458	21.804	20.497	19.237	21.697	22.030	21.863	3 Haziran 2018 17:20
19.298	19.228	19.116	19.366	19.586	20.400	21.410	21.973	20.546	21.745	20.468	19.484	21.621	21.947	21.784	3 Haziran 2018 17:30
19.676	19.610	19.607	19.741	19.916	20.657	21.088	21.950	19.709	21.613	20.394	19.793	21.533	21.849	21.691	3 Haziran 2018 17:40
19.728	19.727	19.355	19.898	19.951	20.676	21.075	21.935	20.400	21.611	20.375	19.379	21.425	21.779	21.602	3 Haziran 2018 17:50
19.640	19.628	19.510	19.726	19.844	20.588	21.074	21.896	20.973	21.565	20.349	19.683	21.369	21.702	21.536	3 Haziran 2018 18:00
19.963	20.008	19.953	19.991	20.138	20.952	20.231	21.859	20.351	21.495	20.314	19.706	21.288	21.641	21.464	3 Haziran 2018 18:10
19.791	19.885	19.800	19.937	20.020	20.739	19.276	21.795	19.302	21.446	20.299	19.088	21.210	21.582	21.396	3 Haziran 2018 18:20
19.290	19.386	19.292	19.489	19.343	19.930	18.686	21.679	18.416	21.341	20.221	18.102	21.104	21.473	21.288	3 Haziran 2018 18:30
19.096	19.230	19.096	19.189	18.988	19.617	18.230	21.534	17.851	21.207	20.119	18.375	20.961	21.347	21.154	3 Haziran 2018 18:40
18.751	18.810	18.715	18.889	18.757	19.384	17.999	21.360	17.676	21.020	19.986	17.635	20.795	21.193	20.994	3 Haziran 2018 18:50
18.800	18.793	18.729	18.862	18.880	19.549	17.864	21.157	17.557	20.821	19.833	18.185	20.623	21.017	20.820	3 Haziran 2018 19:00
18.720	18.749	18.641	18.795	18.817	19.520	17.712	21.000	17.227	20.647	19.641	17.854	20.464	20.858	20.661	3 Haziran 2018 19:10
18.200	18.243	18.121	18.259	18.169	18.838	17.343	20.823	16.598	20.457	19.487	16.807	20.322	20.701	20.511	3 Haziran 2018 19:20
18.067	18.161	17.949	18.179	18.042	18.680	17.177	20.638	16.284	20.265	19.327	17.125	20.152	20.540	20.346	3 Haziran 2018 19:30
17.680	17.796	17.657	17.819	17.678	18.306	17.124	20.467	16.225	20.037	19.175	16.565	19.965	20.358	20.162	3 Haziran 2018 19:40

Kanal 16	Kanal 17	Kanal 18	Kanal 19	Kanal 20	Kanal 21	Kanal 22	Kanal 23	Kanal 24	Kanal 25	Kanal 26	Kanal 27	Kanal 28	Kanal 29	28-29 Ort	Zaman
17.721	17.753	17.658	17.763	17.751	18.462	17.175	20.296	16.352	19.884	18.995	16.684	19.824	20.202	20.013	3 Haziran 2018 19:50
17.275	17.381	17.316	17.321	17.212	17.856	17.192	20.156	16.075	19.719	18.854	16.710	19.707	20.047	19.877	3 Haziran 2018 20:00
17.123	17.158	17.125	17.163	17.116	17.782	17.193	19.907	16.141	19.451	18.615	16.186	19.426	19.793	19.610	3 Haziran 2018 20:20
16.853	16.910	16.796	16.902	16.715	17.342	16.935	19.792	15.886	19.348	18.492	15.731	19.318	19.681	19.499	3 Haziran 2018 20:30
16.694	16.695	16.597	16.692	16.640	17.347	16.782	19.680	15.732	19.219	18.370	15.743	19.199	19.548	19.373	3 Haziran 2018 20:40
16.571	16.584	16.476	16.573	16.498	17.181	16.716	19.551	15.673	19.128	18.248	15.893	19.068	19.421	19.245	3 Haziran 2018 20:50
17.395	17.353	17.489	17.401	17.570	18.241	16.933	19.454	15.973	19.001	18.125	17.106	18.978	19.322	19.150	3 Haziran 2018 21:00
17.488	17.460	17.561	17.545	17.724	18.427	17.012	19.362	16.201	18.907	18.029	17.535	18.851	19.199	19.025	3 Haziran 2018 21:10
17.287	17.275	17.281	17.326	17.431	18.146	17.062	19.265	16.041	18.788	17.919	16.877	18.761	19.086	18.924	3 Haziran 2018 21:20
16.701	16.703	16.626	16.749	16.725	17.397	16.734	19.209	15.675	18.725	17.855	15.949	18.680	19.009	18.844	3 Haziran 2018 21:30
16.446	16.517	16.415	16.525	16.420	17.074	16.239	19.098	15.325	18.625	17.772	15.459	18.585	18.913	18.749	3 Haziran 2018 21:40
16.265	16.318	16.293	16.306	16.184	16.855	15.898	18.991	14.818	18.551	17.683	15.622	18.478	18.806	18.642	3 Haziran 2018 21:50
16.003	16.049	15.988	16.030	15.829	16.472	15.307	18.851	14.304	18.410	17.564	14.936	18.351	18.694	18.522	3 Haziran 2018 22:00
15.744	15.814	15.755	15.767	15.624	16.346	14.959	18.690	13.827	18.260	17.437	14.968	18.206	18.546	18.376	3 Haziran 2018 22:10
15.558	15.588	15.590	15.546	15.402	16.137	14.805	18.533	13.615	18.135	17.297	14.566	18.057	18.386	18.222	3 Haziran 2018 22:20
15.911	15.873	15.870	15.928	16.044	16.733	14.859	18.380	13.885	17.954	17.134	15.385	17.900	18.234	18.067	3 Haziran 2018 22:30
16.059	16.075	16.113	16.147	16.251	16.958	15.207	18.251	14.258	17.846	16.981	15.823	17.750	18.070	17.910	3 Haziran 2018 22:40
16.053	16.070	16.103	16.107	16.189	16.913	15.394	18.132	14.263	17.716	16.839	15.830	17.620	17.949	17.784	3 Haziran 2018 22:50
15.984	16.032	16.088	16.072	16.136	16.854	15.431	18.055	14.346	17.618	16.741	15.930	17.508	17.831	17.669	3 Haziran 2018 23:00
16.121	16.138	16.170	16.190	16.308	16.996	15.457	17.970	14.646	17.541	16.663	15.941	17.442	17.741	17.591	3 Haziran 2018 23:10
16.028	16.030	16.063	16.084	16.151	16.846	15.149	17.878	14.617	17.466	16.577	15.836	17.368	17.663	17.515	3 Haziran 2018 23:20
16.079	16.094	16.135	16.156	16.260	16.958	15.525	17.816	14.802	17.377	16.509	15.921	17.278	17.586	17.432	3 Haziran 2018 23:30
16.043	16.017	16.073	16.102	16.208	16.867	15.634	17.734	14.715	17.279	16.415	15.811	17.183	17.493	17.338	3 Haziran 2018 23:40
15.982	15.990	16.014	16.069	16.171	16.854	15.411	17.181	14.507	17.226	16.364	15.860	17.143	17.433	17.288	3 Haziran 2018 23:50
15.691	15.694	15.687	15.719	15.724	16.432	14.781	17.604	13.975	17.156	16.300	15.363	17.035	17.354	17.195	4 Haziran 2018 0:00
15.699	15.703	15.700	15.773	15.842	16.537	14.478	17.537	13.778	17.074	16.211	15.441	16.972	17.274	17.123	4 Haziran 2018 0:10
15.579	15.588	15.592	15.653	15.742	16.420	14.463	17.429	13.760	16.970	16.102	15.297	16.842	17.159	17.001	4 Haziran 2018 0:20

Kanal 16	Kanal 17	Kanal 18	Kanal 19	Kanal 20	Kanal 21	Kanal 22	Kanal 23	Kanal 24	Kanal 25	Kanal 26	Kanal 27	Kanal 28	Kanal 29	28-29 Ort	Zaman
15.600	15.585	15.609	15.662	15.786	16.457	14.481	17.323	13.601	16.862	16.012	15.413	16.723	17.052	16.887	4 Haziran 2018 0:30
15.434	15.415	15.438	15.467	15.552	16.234	14.023	17.230	13.337	16.781	15.912	14.940	16.646	16.947	16.796	4 Haziran 2018 0:40
15.022	15.092	14.921	15.140	15.231	15.946	13.464	16.983	13.063	16.591	15.703	13.753	16.408	16.718	16.563	4 Haziran 2018 1:00
14.480	14.472	14.472	14.476	14.467	15.143	13.016	16.860	12.471	16.499	15.616	13.758	16.314	16.608	16.461	4 Haziran 2018 1:10
15.105	15.097	15.121	15.174	15.320	15.979	13.485	16.725	13.004	16.377	15.491	14.609	16.169	16.484	16.326	4 Haziran 2018 1:20
14.731	14.732	14.806	14.740	14.770	15.485	12.977	16.607	12.638	16.271	15.380	14.627	16.067	16.363	16.215	4 Haziran 2018 1:30
13.975	14.055	13.990	14.056	13.964	14.634	12.852	16.498	12.310	16.172	15.279	12.704	15.971	16.250	16.110	4 Haziran 2018 1:40
13.651	13.763	13.735	13.709	13.523	14.164	12.613	16.378	11.901	16.080	15.184	12.588	15.858	16.151	16.005	4 Haziran 2018 1:50
14.192	14.194	14.196	14.299	14.467	15.169	12.903	16.253	12.294	15.937	15.045	13.471	15.730	16.022	15.876	4 Haziran 2018 2:00
14.070	14.097	14.103	14.160	14.251	14.953	12.864	16.134	12.387	15.820	14.927	13.450	15.597	15.892	15.745	4 Haziran 2018 2:10
14.385	14.421	14.421	14.491	14.633	15.353	13.026	16.050	12.486	15.745	14.827	13.975	15.483	15.779	15.631	4 Haziran 2018 2:20
14.388	14.388	14.407	14.471	14.599	15.279	13.096	15.963	12.532	15.649	14.722	14.132	15.409	15.691	15.550	4 Haziran 2018 2:30
14.477	14.518	14.559	14.587	14.708	15.410	13.151	15.890	12.556	15.566	14.640	14.431	15.302	15.592	15.447	4 Haziran 2018 2:40
14.283	14.310	14.328	14.377	14.475	15.176	13.199	15.824	12.497	15.477	14.565	14.127	15.229	15.517	15.373	4 Haziran 2018 2:50
14.189	14.162	14.159	14.245	14.336	15.043	13.126	15.743	12.541	15.417	14.506	13.843	15.141	15.432	15.286	4 Haziran 2018 3:00
14.757	14.763	14.824	14.843	15.022	15.703	13.495	15.685	13.121	15.355	14.439	14.687	15.073	15.365	15.219	4 Haziran 2018 3:10
14.589	14.638	14.682	14.697	14.792	15.498	13.446	15.644	13.067	15.283	14.377	14.039	15.025	15.303	15.164	4 Haziran 2018 3:20
13.932	13.983	13.953	14.013	14.014	14.732	12.796	15.588	12.085	15.255	14.353	13.203	15.006	15.279	15.142	4 Haziran 2018 3:30
13.358	13.393	13.353	13.402	13.314	13.966	12.449	15.495	11.407	15.181	14.282	12.366	14.930	15.221	15.075	4 Haziran 2018 3:40
13.243	13.309	13.261	13.260	13.163	13.910	12.190	15.402	11.144	15.098	14.206	11.983	14.849	15.129	14.989	4 Haziran 2018 3:50
13.030	13.049	13.032	13.015	12.975	13.682	11.851	15.290	10.898	15.011	14.110	12.394	14.752	15.045	14.899	4 Haziran 2018 4:00
12.658	12.747	12.691	12.804	12.787	13.425	11.723	15.175	10.954	14.890	13.992	11.511	14.645	14.924	14.784	4 Haziran 2018 4:10
12.405	12.459	12.428	12.441	12.336	13.008	11.523	15.058	10.710	14.799	13.898	11.589	14.534	14.826	14.680	4 Haziran 2018 4:20
12.464	12.570	12.573	12.652	12.662	13.301	11.571	14.959	10.788	14.704	13.782	11.131	14.441	14.722	14.582	4 Haziran 2018 4:30
12.224	12.309	12.279	12.309	12.218	12.885	11.421	14.841	10.536	14.597	13.674	11.442	14.365	14.609	14.487	4 Haziran 2018 4:40
12.649	12.565	12.870	12.598	12.733	13.275	11.508	14.739	10.550	14.501	13.576	12.179	14.259	14.522	14.390	4 Haziran 2018 4:50
12.782	12.842	12.794	12.918	12.993	13.707	12.117	14.671	11.207	14.431	13.480	12.109	14.153	14.430	14.292	4 Haziran 2018 5:00

Kanal 16	Kanal 17	Kanal 18	Kanal 19	Kanal 20	Kanal 21	Kanal 22	Kanal 23	Kanal 24	Kanal 25	Kanal 26	Kanal 27	Kanal 28	Kanal 29	28-29 Ort	Zaman
13.522	13.578	13.689	13.684	13.844	14.542	13.045	14.629	12.034	14.343	13.419	13.537	14.100	14.351	14.225	4 Haziran 2018 5:10
14.239	14.199	14.236	14.319	14.481	15.184	13.977	14.639	12.883	14.311	13.373	14.166	14.064	14.307	14.185	4 Haziran 2018 5:20
14.691	14.660	14.708	14.738	14.887	15.574	14.651	14.772	13.725	14.352	13.445	14.742	14.146	14.366	14.256	4 Haziran 2018 5:40
14.498	14.515	14.484	14.643	14.757	15.404	14.882	14.829	13.957	14.414	13.512	14.211	14.208	14.436	14.322	4 Haziran 2018 5:50
14.727	14.704	14.651	14.878	15.073	15.726	15.300	14.909	14.244	14.477	13.602	14.453	14.263	14.488	14.375	4 Haziran 2018 6:00
15.001	14.960	14.919	15.133	15.320	16.020	15.700	14.979	14.498	14.558	13.676	15.007	14.329	14.556	14.442	4 Haziran 2018 6:10
15.343	15.312	15.251	15.512	15.753	16.528	16.068	15.079	14.839	14.655	13.774	15.497	14.391	14.637	14.514	4 Haziran 2018 6:20
15.798	15.761	15.705	15.984	16.248	17.029	16.419	15.197	15.166	14.764	13.868	15.879	14.442	14.715	14.579	4 Haziran 2018 6:30
15.975	15.935	15.738	16.139	16.360	17.106	16.633	15.323	15.453	14.885	14.005	16.033	14.535	14.805	14.670	4 Haziran 2018 6:40
16.367	16.278	16.241	16.481	16.757	17.609	17.008	15.463	15.821	15.008	14.118	16.578	14.609	14.904	14.757	4 Haziran 2018 6:50
16.684	16.450	16.267	16.730	16.997	17.682	17.042	15.608	15.885	15.139	14.250	16.904	14.706	15.018	14.862	4 Haziran 2018 7:00
16.734	16.530	16.389	16.810	17.002	17.668	17.289	15.742	16.001	15.267	14.380	16.532	14.792	15.133	14.963	4 Haziran 2018 7:10
16.999	16.854	16.777	17.008	17.177	18.135	17.694	15.879	16.275	15.411	14.522	16.592	14.896	15.263	15.080	4 Haziran 2018 7:20
16.946	16.764	16.402	16.983	17.178	17.902	17.900	16.006	16.595	15.561	14.643	16.782	15.002	15.376	15.189	4 Haziran 2018 7:30
17.178	17.000	16.726	17.264	17.495	18.177	18.678	16.130	16.985	15.671	14.762	17.534	15.101	15.498	15.299	4 Haziran 2018 7:40
17.303	17.194	17.101	17.436	17.679	18.315	19.399	16.275	17.343	15.802	14.897	17.717	15.219	15.628	15.423	4 Haziran 2018 7:50
17.100	17.007	16.874	17.190	17.389	18.062	20.446	16.499	17.977	15.991	15.048	17.708	15.338	15.788	15.563	4 Haziran 2018 8:00
18.349	17.969	17.593	18.089	18.244	19.184	20.945	16.785	19.147	16.276	15.233	18.954	15.500	15.984	15.742	4 Haziran 2018 8:10
18.354	18.077	18.100	18.050	18.285	19.319	21.184	18.314	19.487	16.571	15.484	19.119	15.689	16.210	15.949	4 Haziran 2018 8:20
18.377	18.128	18.110	18.101	18.321	19.385	21.878	17.635	19.696	16.893	15.760	19.398	15.884	16.453	16.169	4 Haziran 2018 8:30
18.192	17.997	17.885	17.694	17.929	19.149	22.095	17.883	20.345	17.223	16.032	19.150	16.094	16.699	16.396	4 Haziran 2018 8:40
18.079	17.752	17.515	17.717	17.691	18.750	20.971	18.128	19.497	17.529	16.282	17.868	16.295	16.949	16.622	4 Haziran 2018 8:50
18.864	18.556	18.313	18.589	18.519	19.795	22.796	18.323	20.784	17.751	16.521	19.370	16.482	17.147	16.814	4 Haziran 2018 9:00
19.142	18.735	18.383	18.816	18.924	20.061	22.970	18.586	21.134	18.034	16.722	20.198	16.679	17.370	17.025	4 Haziran 2018 9:10
18.878	18.528	18.388	18.435	18.490	19.544	22.035	18.833	20.668	18.332	16.962	19.771	16.878	17.614	17.246	4 Haziran 2018 9:20
19.237	18.844	18.692	18.943	19.222	20.183	22.422	19.006	20.556	18.500	17.171	20.724	17.065	17.809	17.437	4 Haziran 2018 9:30
19.485	19.090	18.877	19.001	19.195	20.323	21.731	19.186	20.385	18.678	17.329	19.655	17.219	17.989	17.604	4 Haziran 2018 9:40

Kanal 16	Kanal 17	Kanal 18	Kanal 19	Kanal 20	Kanal 21	Kanal 22	Kanal 23	Kanal 24	Kanal 25	Kanal 26	Kanal 27	Kanal 28	Kanal 29	28-29 Ort	Zaman
19.094	18.792	18.505	18.875	19.001	19.791	21.384	19.285	20.320	18.836	17.479	19.753	17.349	18.125	17.737	4 Haziran 2018 9:50
18.612	18.308	18.110	18.330	18.394	19.282	21.129	19.324	19.512	18.897	17.582	18.863	17.460	18.243	17.851	4 Haziran 2018 10:00
19.569	19.219	19.191	19.089	19.153	20.480	24.952	19.550	21.592	19.094	17.739	20.488	17.673	18.451	18.062	4 Haziran 2018 10:20
20.666	20.227	19.982	20.135	20.232	21.767	26.592	19.936	22.993	19.407	17.954	20.875	17.878	18.668	18.273	4 Haziran 2018 10:30
18.867	18.731	18.444	18.522	18.625	19.636	22.671	20.362	21.571	19.747	18.263	20.263	18.108	18.941	18.524	4 Haziran 2018 10:40
18.052	17.950	17.452	17.779	17.599	18.690	21.024	20.521	20.290	19.911	18.487	18.104	18.309	19.179	18.744	4 Haziran 2018 10:50
17.238	17.251	17.068	16.845	16.810	17.896	19.308	20.450	19.655	19.894	18.612	16.919	18.414	19.273	18.843	4 Haziran 2018 11:00
16.591	16.709	16.334	16.488	16.493	17.322	18.107	20.256	18.501	19.781	18.588	15.900	18.402	19.214	18.808	4 Haziran 2018 11:10
15.699	15.788	15.653	15.406	15.323	16.095	16.396	19.971	17.264	19.549	18.457	13.984	18.324	19.102	18.713	4 Haziran 2018 11:20
15.023	15.126	14.990	14.777	14.756	15.513	15.671	19.614	16.130	19.198	18.205	13.051	18.139	18.892	18.516	4 Haziran 2018 11:30
14.698	14.790	14.619	14.615	14.479	15.180	15.768	19.273	15.351	18.842	17.887	12.633	17.969	18.659	18.314	4 Haziran 2018 11:40
14.607	14.669	14.347	14.624	14.532	15.201	16.075	18.953	15.384	18.494	17.564	13.195	17.768	18.407	18.088	4 Haziran 2018 11:50
14.715	14.757	14.520	14.670	14.690	15.554	16.603	18.685	15.428	18.132	17.320	13.332	17.616	18.189	17.902	4 Haziran 2018 12:00
15.099	15.106	14.870	15.185	15.360	16.069	18.522	18.520	16.590	18.026	17.120	13.512	17.469	17.987	17.728	4 Haziran 2018 12:10
15.522	15.464	15.254	15.586	15.739	16.509	20.187	18.515	18.274	17.981	17.012	15.232	17.411	17.890	17.651	4 Haziran 2018 12:20
16.054	16.030	15.819	16.277	16.615	17.352	21.604	18.652	19.150	18.069	16.987	17.448	17.439	17.890	17.665	4 Haziran 2018 12:30
17.569	17.279	16.973	17.574	18.035	18.922	22.962	18.880	20.863	18.237	17.084	19.756	17.494	17.971	17.733	4 Haziran 2018 12:40
18.677	18.461	18.252	18.759	19.422	20.128	24.287	19.219	22.148	18.498	17.263	20.087	17.627	18.128	17.877	4 Haziran 2018 12:50
20.507	20.018	19.928	20.062	20.636	22.016	28.076	19.620	24.909	18.843	17.531	24.303	17.816	18.373	18.095	4 Haziran 2018 13:00
20.976	20.532	19.791	20.810	20.965	21.867	28.053	20.227	25.702	19.347	17.910	23.825	18.079	18.698	18.389	4 Haziran 2018 13:10
21.390	20.925	20.645	20.291	20.011	22.084	31.732	20.896	29.443	19.931	18.365	22.197	18.431	19.135	18.783	4 Haziran 2018 13:20
22.786	22.564	22.560	22.597	22.839	24.050	34.040	21.701	30.917	20.576	18.911	30.121	18.889	19.677	19.283	4 Haziran 2018 13:30
23.743	23.339	23.533	22.665	22.624	24.414	37.745	22.589	36.021	21.400	19.513	27.070	19.386	20.322	19.854	4 Haziran 2018 13:40
22.561	22.828	21.692	22.862	22.992	24.206	37.322	23.583	33.427	22.221	20.239	25.673	20.019	21.047	20.533	4 Haziran 2018 13:50
22.242	22.151	21.959	21.974	22.032	22.845	38.650	24.261	34.309	23.871	20.844	24.805	20.690	21.733	21.212	4 Haziran 2018 14:00
21.044	21.162	21.008	21.134	21.230	21.876	36.629	24.722	31.924	23.361	21.252	24.494	21.305	22.352	21.829	4 Haziran 2018 14:10
21.504	21.513	21.512	21.522	21.597	22.269	37.065	24.949	32.499	23.643	21.479	23.752	21.778	22.794	22.286	4 Haziran 2018 14:20

Kanal 16	Kanal 17	Kanal 18	Kanal 19	Kanal 20	Kanal 21	Kanal 22	Kanal 23	Kanal 24	Kanal 25	Kanal 26	Kanal 27	Kanal 28	Kanal 29	28-29 Ort	Zaman
20.639	20.867	20.648	20.824	20.881	21.527	34.804	25.175	31.065	23.882	21.660	22.533	22.000	23.128	22.564	4 Haziran 2018 14:30
21.486	21.576	21.332	21.353	21.597	22.337	36.456	25.214	33.226	23.958	21.771	23.478	22.273	23.396	22.835	4 Haziran 2018 14:40
20.988	21.194	20.797	21.206	21.215	22.097	34.372	25.300	33.039	24.067	21.988	22.063	22.653	23.799	23.226	4 Haziran 2018 15:00
21.712	21.803	21.731	21.751	21.892	22.724	36.681	25.211	36.262	24.059	22.065	24.053	22.808	23.942	23.375	4 Haziran 2018 15:10
21.817	21.879	21.897	21.813	21.914	22.676	36.013	25.362	36.318	24.181	22.234	24.548	23.094	24.150	23.622	4 Haziran 2018 15:20

ÖZGEÇMİŞ

01.12.1982 Yılında Elazığ'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Elazığ'da tamamladı. Üniversite eğitimini Azerbaycan Bakü'de Azerbaycan Petrol Akademisinde petrol ve doğal mühendisliği bölümünden 2006 yılında mezun oldu. Vatani hizmetini Edirne'de 2007 yılında yerine getirdi. 2008 yılının sonunda Amerika birleşik devletlerine dil eğitimine gitti. 2011 yılında ABD'de işletme üzerine yüksek lisans programına başladı ve 2013 yılının sonuna doğru bu programı tamamladı. 2013 yılında Türkiye'ye döndü.