

T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



NANO-AKİŞKANLARIN ISI BORULARINDA PERFORMANSLARININ DENEYSEL
İNCELENMESİ

ADEM BOZKIR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

NANO-AKİŞKANLARIN ISI BORULARINDA PERFORMANSLARININ DENEYSEL
İNCELENMESİ

ADEM BOZKIR

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

SAMSUN

2017

Her hakkı saklıdır.

ETİK BEYAN

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

15/08/2017

Adem BOZKIR

TEZ ONAYI

Adem BOZKIR tarafından hazırlanan “Nano-Akışkanların Isı Borularında Performanslarının Deneysel İncelenmesi” adlı tez çalışması 15/08/2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman Doç. Dr. Hakan ÖZCAN
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Jüri Üyeleri

Başkan Prof. Dr. İsmet SEZER
Gümüşhane Üniversitesi
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı



Üye Doç. Dr. Hakan ÖZCAN
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı



Üye Yrd. Doç. Dr. Mustafa ÖZBEY
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı



Yukarıdaki sonucu onaylarım/...../2017

Prof. Dr. Bahtiyar ÖZTÜRK
Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Nano-Akışkanların Isı Borularında Performanslarının Deneysel İncelenmesi

Adem Bozkır

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Hakan Özcan

Son yıllarda üretilen nano boyutlarda katı partiküllerin, geleneksel ısı transfer akışkanları ile kararlı şekilde karıştırılmasıyla elde edilen ve yeni nesil ısı transfer akışkanı olarak ifade edilen nano-akışkanların ısı performanslarının belirlenmesi alanında araştırmalar günümüzde önemli bir ihtiyaç haline gelmektedir.

Bu çalışmada, vakum tüplü cam kollektör vasıtasıyla güneş enerjisinden yararlanılarak termosifon tip ısı borusu üzerinde, hazırlanmış olan nano-akışkanların ısı performansları incelenmiş ve deneysel çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Temel akışkan olarak saf su kullanılan % 1, % 2, % 3 hacimsel nano-partikül katkılama oranlı konsantrasyonlarında TiO_2 -Su, CuO -Su ve Al_2O_3 -Su nano-akışkanları ve çalışma akışkanı saf su ile hazırlanan 10 adet ısı borusunda farklı eğim açılarında ve % 25, % 50, % 75, % 100 evaporatör doluluk oranlarında deneysel işlemi yapılmıştır ve ısı borusu üzerinde üç bölgeye yerleştirilmiş termokupllar vasıtasıyla sıcaklık dağılımları ölçülerek ısı transferi performansları karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada incelenen nano-akışkanlar uygulama alanlarının verimi açısından önem taşımaktadır.

Elde edilen sonuçlarda, nano-akışkanlar saf suya göre ısı borularında daha yüksek ısı taşınım performansı göstermişlerdir. TiO_2 -Su, CuO -Su ve Al_2O_3 -Su nano-akışkanlarından en iyi ısı taşıma performansı % 2 hacimsel nano-partikül katkılama oranlı konsantrasyonlarından Al_2O_3 -Su nano-akışkanından elde edilmiştir. Daha sonra en yüksek performans sırası ile % 2 TiO_2 , % 2 CuO nano-partikül içeren nano-akışkanları olarak bulunmuştur. Çalışma akışkanı olarak saf su bulunan ısı borusu ise en düşük performansı göstermiştir. % 2 hacimsel nano-partikül katkılama oranlı konsantrasyonunda nano-akışkanlar için, % 75 evaporatör bölgesi doluluk oranında en yüksek verim elde edilmiştir.

Ağustos 2017, 71 sayfa

Anahtar Kelimeler: Isı borusu, Termosifon, Nano-akışkan, Alümina, Isıl iletkenlik performansı

ABSTRACT

Master's Thesis

Experimental Investigation of Nano-Fluids Performance in Heat Pipes

Adem Bozkır

Ondokuz Mayıs University

Graduate School of Sciences

Department of Mechanical Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Hakan Özcan

In recent years, nano-sized solid particles have been mixed with conventional heat transfer fluids in a stable manner and research in the field of determining the thermal performances of the nano-fluids, which are expressed as the new generation heat transfer fluid, is becoming an important need nowadays.

In this study, the thermal performances of the prepared nano-fluids were investigated on the thermosiphon type heat pipe by using solar energy by vacuum tube glass collector and experimental studies were carried out. In 10 heat pipes prepared with TiO_2 -Water, CuO -Water and Al_2O_3 -Water nano-fluids and pure water at 1 %, 2 %, 3 % volumetric nano-particle addition rate concentrations using pure water as the basic fluid, different collector tilt angles and 25 % , 50 %, 75 %, 100 % evaporator area fill rates and heat transfer performances were compared by measuring the temperature distributions via thermocouples placed in three locations on the heat pipe. The nano-fluids examined are of importance in terms of increasing the efficiency of their application areas.

In the results obtained, nano-fluids show higher heat transfer performance in heat pipes than pure water. The best heat transfer performance from TiO_2 -Water, CuO -Water and Al_2O_3 -Water nano-fluids was obtained from Al_2O_3 -Water nano-fluid at 2 % volumetric nano-particle addition rate concentrations. Later, the highest performance was found as nano-fluids containing 2 % TiO_2 and 2 % CuO nano-particles. The heat pipe with pure water showed the lowest performance. For nano-fluids at a concentration of 2 % volumetric nano-particle addition rate, the highest efficiency was obtained at the rate of 75 % evaporator area occupancy.

August 2017, 71 pages

Key Words: Heat pipe, Thermosyphone, Nano-fluid, Alumina, Thermal conductivity performance

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Akademik eğitim sürecinin bir üst noktası olan yüksek lisans tez çalışmalarım boyunca başlangıcından bitimine kadar tüm bilgi birikimi ve deneyimi ile her türlü yardım ve desteği benden esirgemeyip yol gösteren, danışman hocam Sayın Doç. Dr. Hakan ÖZCAN'a ve Sayın Yard. Doç. Dr. Engin ÖZBAŞ'a teşekkürü borç bilir saygılarımı sunarım.

Öğrenim hayatım boyunca gösterdikleri maddi ve manevi desteklerini esirgemeyip sabırla bugünlere gelmemi sağlayan anne ve babama sonsuz teşekkür ederim.

Yüksek lisans derslerimde bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım Sayın Prof. Dr. Aydın DURMUŞ'a, Doç. Dr. Bahattin TOPALOĞLU'na, Yrd. Dç. Dr. Lütfü NAMLI'ya, Yrd. Doç. Dr. Mustafa ÖZBEY'e teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans eğitimim boyunca benden desteklerini esirgemeyen çalışma arkadaşlarıma da teşekkür ederim.

Ağustos 2017, Samsun

Adem BOZKIR

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
1. GİRİŞ	1
2. KURUMSAL TEMELLER VE KAYNAK ÖZETLERİ.....	5
2.1. Literatür Taraması.....	5
2.2. Güneş ve Güneş Enerjisi	12
2.2.1. Güneş kolektörleri ve çeşitleri	12
2.2.2. Türkiye’de ve Samsun’da güneş enerjisi potansiyeli.....	13
2.3. Isı Borusu	15
2.3.1. Yerçekimi takviyeli (termosifon) ısı borusu	15
2.3.2. Isı borusu bölgeleri ve çalışma prensibi.....	15
2.3.3. Isı borularının özellikleri.....	17
2.3.4. Isı borularının imalat tekniği.....	17
2.3.5. Isı borusunun çalışmasına etki eden faktörler ve limitler	18
2.4. Nano-Akışkanlar	19
2.4.1. Nano-akışkan tanımı	19
2.4.2. Nano-akışkanların termofiziksel özellikleri.....	20
3. MATERYAL VE YÖNTEM	23
3.1. Nano-Akışkanların Hazırlanması.....	23
3.2. Isı Borusu İmalatı.....	25

3.3. Isı Borusuna Termokupl, Yalıtım Malzemesi, Su Şişesi ve Vakum Cam Tüp Yerleşimi.....	26
3.4. Deney Veri Ölçümlerinde Kullanılan Cihazlar	27
3.4.1. Piranometre (Güneş ışıınımı ölçer)	27
3.4.2. Data logger	28
3.5. Birinci Aşama Deney	29
3.6. İkinci Aşama Deney	29
3.7. Al ₂ O ₃ Nano-Akışkanlı Isı Borularının Farklı Evaporatör Doluluk Oranlarında İmalatı	30
3.8. Üçüncü Aşama Deney	30
3.9. Teorik Hesaplama	31
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	33
4.1. Farklı Nano-partikül Katkılama Oranlı Nano-Akışkanların 10 Isı Borusunda Değerlendirilmesi.....	33
4.2. % 2 Hacimsel Katkılama Oranlı Nano-Akışkanların Isı Borusunda Değerlendirilmesi.....	38
4.3. % 25 % 50 % 75 % 100 Evaporatör Doluluk Oranlı, 56° Eğim Açılı Nano-Akışkanların Isı Borusunda Değerlendirilmesi.....	55
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	65
KAYNAKLAR.....	67
ÖZGEÇMİŞ	71

SİMGELER VE KISALTMALAR

SİMGELER

CO ₂	Karbondioksit
Al ₂ O ₃	Alüminyum Oksit (Alümina)
CuO	Bakır Oksit
TiO ₂	Titanyum Oksit
SiO ₂	Silisyum Oksit
nm	Nanometre
Qt	Sistemde ısı taşıyıcı akışkan tarafından toplanan enerji
Qg	Kollektöre Gelen Güneş Enerjisi
m	Kütle (kg)
C _p	Özgül Isı (J/kg°C)
Tb	Zamana göre suyun başlangıç sıcaklığı (°C)
Ts	Zamana göre suyun son sıcaklığı (°C)
A	Kollektör yüzey alanı (m ²)
I	Güneş ışınlamı (W/m ²)
Δt	Toplam ölçüm zamanı (sn)
η	Verim

KISALTMALAR

TRNSYS	Sistem Analizi Similasyonu
DMİ	Devlet Meteroloji İşleri Genel Müdürlüğü
EİE	Elektrik Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü
ABD	Amerika Birleşik Devleti
OMÜ	Ondokuz Mayıs Üniversitesi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Türkiye'nin yıllık toplam güneşlenme süresi bölgelere göre dağılımı.....	13
Şekil 2.2. Samsun global radyasyon değerleri (kWh/m ² -gün).....	14
Şekil 2.3. Samsun güneşlenme süreleri (saat) grafiği.....	14
Şekil 2.4. (a) Termosifonun şematik gösterimi, (b) Isı borusunun şematik gösterimi.....	15
Şekil 2.5. Isı borusunun yapısı ve çalışma.....	16
Şekil 2.6. (a) Örnek eksenel oluklu ısı borusu, (b) Boru üzerindeki muhtemel sıcaklık dağılımı.....	17
Şekil 2.7. Nano-akışkanı oluşturan temel (taban) akışkan ve nano-partikül (parçacık) süspansiyonu şeması.....	20
Şekil 3.1. Deneyde kullanılan nano-partiküllerin görünümü.....	24
Şekil 3.2. Hassas terazi görünümü.....	24
Şekil 3.3. Manyetik karıştırıcı cihaz görünümü.....	25
Şekil 3.4. Ultrasonik banyo karıştırıcı cihaz görünümü.....	25
Şekil 3.5. a) Vakum işlemi görünümü, b) 10 adet ısı borusu görünümü.....	26
Şekil 3.6. a) Plastik şişe uygulama görünümü, b) Vakum tüp cam kollektör uygulama görünümü.....	27
Şekil 3.7. a) Platform imalatı görünümü, b) Platform açısı ayar imalatı görünümü.....	27
Şekil 3.8. Piranometre görünümü.....	28
Şekil 3.9. a) 5 kanallı data logger kart görünümü, b) 15 kanallı data logger cihazı görünümü.....	28
Şekil 3.10. Birinci aşama deney sistemi görünümü.....	29
Şekil 3.11. İkinci aşama deney sistemi görünümü.....	30
Şekil 3.12. a) Isı boruları farklı evaporatör doluluk oranı imalat görünümü, b) Nano-akışkan ölçüm görünümü.....	30
Şekil 3.13. Üçüncü aşama deney sistemi görünümü.....	31
Şekil 4.1. Farklı nano-partikül katkılama oranlı nano-akışkanların ısı borularında zamana göre evaporatör giriş sıcaklıklarının karşılaştırılması (5 Ekim 2017 tarihli deney).....	33
Şekil 4.2. Farklı nano-partikül katkılama oranlı nano-akışkanların ısı borularında zamana göre evaporatör çıkış sıcaklıklarının karşılaştırılması (5 Ekim 2017 tarihli deney).....	34
Şekil 4.3. Farklı nano-partikül katkılama oranlı nano-akışkanların ısı borularında zamana göre kondenser sıcaklıklarının karşılaştırılması (5 Ekim 2017 tarihli deney).....	34
Şekil 4.4. Farklı nano-partikül katkılama oranlı nano-akışkanların ısı borularında zamana göre evaporatör giriş sıcaklıklarının karşılaştırılması (12 Ekim 2017 tarihli deney).....	35

Şekil 4.5. Farklı nano-partikül katkılama oranlı nano-akışkanların ısı borularında zamana göre evaporatör çıkış sıcaklıklarının karşılaştırılması (12 Ekim 2017 tarihli deney).....	35
Şekil 4.6. Farklı nano-partikül katkılama oranlı nano-akışkanların ısı borularında zamana göre kondenser sıcaklıklarının karşılaştırılması (12 Ekim 2017 tarihli deney).....	36
Şekil 4.7. Farklı nano-partikül katkılama oranlı nano-akışkanların ısı borularında zamana göre evaporatör giriş sıcaklıklarının karşılaştırılması (20 Ekim 2017 tarihli deney).....	36
Şekil 4.8. Farklı nano-partikül katkılama oranlı nano-akışkanların ısı borularında zamana göre evaporatör çıkış sıcaklıklarının karşılaştırılması (20 Ekim 2017 tarihli deney).....	37
Şekil 4.9. Farklı nano-partikül katkılama oranlı nano-akışkanların ısı borularında zamana göre kondenser sıcaklıklarının karşılaştırılması (20 Ekim 2017 tarihli deney).....	37
Şekil 4.10. Farklı nano-partikül katkılama oranlı nano-akışkanların ısı borularında üç farklı tarihte yapılan deney sonucunda ortalama verimlerinin karşılaştırılması.....	38
Şekil 4.11. % 2 nano-partikül katkılama oranlı nano-akışkanların ısı borularında zamana göre evaporatör giriş sıcaklık ve güneş ışınım dağılımları (18 Kasım 2017 tarihli 41° ısı borusu eğim açılı deney).....	39
Şekil 4.12. % 2 nano-partikül katkılama oranlı nano-akışkanların ısı borularında zamana göre evaporatör çıkış sıcaklık ve güneş ışınım dağılımları (18 Kasım 2017 tarihli 41° ısı borusu eğim açılı deney).....	40
Şekil 4.13. % 2 nano-partikül katkılama oranlı nano-akışkanların ısı borularında zamana göre kondenser sıcaklık ve güneş ışınım dağılımları (18 Kasım 2017 tarihli 41° ısı borusu eğim açılı deney).....	40
Şekil 4.14. Isı borusu yüzey sıcaklık dağılımları (18 Kasım 2017 tarihli saat 10.00'da 41° ısı borusu eğim açılı deney).....	41
Şekil 4.15. Isı borusu yüzey sıcaklık dağılımları (18 Kasım 2017 tarihli saat 13.00'te 41° ısı borusu eğim açılı deney).....	41
Şekil 4.16. % 2 nano-partikül katkılama oranlı nano-akışkanların ısı borularında 41° eğim açısında verimlerinin karşılaştırılması (18 Kasım 2017 tarihli deney).....	42
Şekil 4.17. % 2 nano-partikül katkılama oranlı nano-akışkanların ısı borularında zamana göre evaporatör giriş sıcaklık ve güneş ışınım dağılımları (19 Kasım 2017 tarihli 26° ısı borusu eğim açılı deney).....	43
Şekil 4.18. % 2 nano-partikül katkılama oranlı nano-akışkanların ısı borularında zamana göre evaporatör çıkış sıcaklık ve güneş ışınım dağılımları (19 Kasım 2017 tarihli 26° ısı borusu eğim açılı deney).....	43
Şekil 4.19. % 2 nano-partikül katkılama oranlı nano-akışkanların ısı borularında zamana göre kondenser sıcaklık ve güneş ışınım dağılımları (19 Kasım 2017 tarihli 26° ısı borusu eğim açılı deney).....	44
Şekil 4.20. Isı borusu yüzey sıcaklık dağılımı (19 Kasım 2017 tarihli saat 10.00'da 26° ısı borusu eğim açılı deney).....	44
Şekil 4.21. Isı borusu yüzey sıcaklık dağılımı (19 Kasım 2017 tarihli saat 13.00'te 26° ısı borusu eğim açılı deney).....	45

Şekil 4.22. % 2 nano-partikül katkılama oranlı nano-akışkanların ısı borularında 26° eğim açısında verimlerinin karşılaştırılması (19 Kasım 2017 tarihli deney).....	45
Şekil 4.23. % 2 nano-partikül katkılama oranlı nano-akışkanların ısı borularında zamana göre evaporatör giriş sıcaklık ve güneş ışıınım dağılımları (20 Kasım 2017 tarihli 56° ısı borusu eğim açılı deney).....	46
Şekil 4.24. % 2 nano-partikül katkılama oranlı nano-akışkanların ısı borularında zamana göre evaporatör çıkış sıcaklık ve güneş ışıınım dağılımları (20 Kasım 2017 tarihli 56° ısı borusu eğim açılı deney).....	47
Şekil 4.25. % 2 nano-partikül katkılama oranlı nano-akışkanların ısı borularında zamana göre kondenser sıcaklık ve güneş ışıınım dağılımları (20 Kasım 2017 tarihli 56° ısı borusu eğim açılı deney).....	47
Şekil 4.26. Isı borusu yüzey sıcaklık dağılımı (20 Kasım 2017 tarihli saat 10.00'da 56° ısı borusu eğim açılı deney).....	48
Şekil 4.27. Isı borusu yüzey sıcaklık dağılımı (20 Kasım 2017 tarihli saat 13.00'te 56° ısı borusu eğim açılı deney).....	48
Şekil 4.28. % 2 nano-partikül katkılama oranlı nano-akışkanların ısı borularında 56° eğim açısında verimlerinin karşılaştırılması (20 Kasım 2017 tarihli deney).....	49
Şekil 4.29. % 2 nano-partikül katkılama oranlı nano-akışkanların ısı borularında zamana göre evaporatör giriş sıcaklık ve güneş ışıınım dağılımları (21 Kasım 2017 tarihli 56° ısı borusu eğim açılı deney).....	49
Şekil 4.30. % 2 nano-partikül katkılama oranlı nano-akışkanların ısı borularında zamana göre evaporatör çıkış sıcaklık ve güneş ışıınım dağılımları (21 Kasım 2017 tarihli 56° ısı borusu eğim açılı deney).....	50
Şekil 4.31. % 2 nano-partikül katkılama oranlı nano-akışkanların ısı borularında zamana göre kondenser sıcaklık ve güneş ışıınım dağılımları (21 Kasım 2017 tarihli 56° ısı borusu eğim açılı deney).....	50
Şekil 4.32. Isı borusu yüzey sıcaklık dağılımı (21 Kasım 2017 tarihli saat 10.00'da 56° ısı borusu eğim açılı deney).....	51
Şekil 4.33. Isı borusu yüzey sıcaklık dağılımı (21 Kasım 2017 tarihli saat 13.00'te 56° ısı borusu eğim açılı deney).....	51
Şekil 4.34. % 2 nano-partikül katkılama oranlı nano-akışkanların ısı borularında 56° eğim açısında verimlerinin karşılaştırılması (21 Kasım 2017 tarihli deney).....	52
Şekil 4.35. % 2 nano-partikül katkılama oranlı nano-akışkanların ısı borularında zamana göre evaporatör giriş sıcaklık ve güneş ışıınım dağılımları (22 Kasım 2017 tarihli 56° ısı borusu eğim açılı deney).....	52
Şekil 4.36. % 2 nano-partikül katkılama oranlı nano-akışkanların ısı borularında zamana göre evaporatör çıkış sıcaklık ve güneş ışıınım dağılımları (22 Kasım 2017 tarihli 56° ısı borusu eğim açılı deney).....	53
Şekil 4.37. % 2 nano-partikül katkılama oranlı nano-akışkanların ısı borularında zamana göre kondenser sıcaklık ve güneş ışıınım dağılımları (22 Kasım 2017 tarihli 56° ısı borusu eğim açılı deney).....	53
Şekil 4.38. Isı borusu yüzey sıcaklık dağılımı (22 Kasım 2017 tarihli saat 10.00'da 56° ısı borusu eğim açılı deney).....	54
Şekil 4.39. Isı borusu yüzey sıcaklık dağılımı (22 Kasım 2017 tarihli saat 13.00'te 56° ısı borusu eğim açılı deney).....	54

Şekil 4.40. % 2 nano-partikül katkılama oranlı nano-akışkanların ısı borularında 56° eğim açısında verimlerinin karşılaştırılması (22 Kasım 2017 tarihli deney).....	55
Şekil 4.41. Farklı evaporatör doluluk oranlı ısı borularında zamana göre evaporatör giriş sıcaklık ve güneş ışıyım dağılımları (24 Kasım 2017 tarihli deney).....	56
Şekil 4.42. Farklı evaporatör doluluk oranlı ısı borularında zamana göre evaporatör çıkış sıcaklık ve güneş ışıyım dağılımları (24 Kasım 2017 tarihli deney).....	56
Şekil 4.43. Farklı evaporatör doluluk oranlı ısı borularında zamana göre kondenser sıcaklık ve güneş ışıyım dağılımları (24 Kasım 2017 tarihli deney).....	57
Şekil 4.44. İki farklı evaporatör doluluk oranlı ısı borularında zamana göre kondenser sıcaklık dağılımı (24 Kasım 2017 tarihli deney).....	57
Şekil 4.45. Isı borusu yüzey sıcaklık dağılımı (24 Kasım 2017 tarihli saat 11.00'de 56° ısı borusu eğim açılı deney).....	58
Şekil 4.46. Isı borusu yüzey sıcaklık dağılımı (24 Kasım 2017 tarihli saat 13.00'te 56° ısı borusu eğim açılı deney).....	58
Şekil 4.47. % 2 nano-partikül katkılama oranlı nano-akışkanların ısı borularında 56° eğim açısında farklı evaporatör doluluk oranlarında verimlerinin karşılaştırılması (24 Kasım 2017 tarihli deney).....	59
Şekil 4.48. Farklı evaporatör doluluk oranlı ısı borularında zamana göre evaporatör giriş sıcaklık ve güneş ışıyım dağılımları (25 Kasım 2017 tarihli deney).....	59
Şekil 4.49. Farklı evaporatör doluluk oranlı ısı borularında zamana göre evaporatör çıkış sıcaklık ve güneş ışıyım dağılımları (25 Kasım 2017 tarihli deney).....	60
Şekil 4.50. Farklı evaporatör doluluk oranlı ısı borularında zamana göre kondenser sıcaklık ve güneş ışıyım dağılımları (25 Kasım 2017 tarihli deney).....	60
Şekil 4.51. İki farklı evaporatör doluluk oranlı ısı borularında zamana göre kondenser sıcaklık dağılımı (25 Kasım 2017 tarihli deney).....	61
Şekil 4.52. Isı borusu yüzey sıcaklık dağılımı (25 Kasım 2017 tarihli saat 10.00'da 56° ısı borusu eğim açılı deney).....	61
Şekil 4.53. Isı borusu yüzey sıcaklık dağılımı (25 Kasım 2017 tarihli saat 13.00'te 56° ısı borusu eğim açılı deney).....	62
Şekil 4.54. % 2 nano-partikül katkılama oranlı nano-akışkanların ısı borularında 56° eğim açısında farklı evaporatör doluluk oranlarında verimlerinin karşılaştırılması (25 Kasım 2017 tarihli deney).....	62

1. GİRİŞ

İnsanoğlunun normal ihtiyaçlarının karşılanması ve hayatının düzgün bir şekilde sürdürebilmesinde kullandığı enerji, bir sistemin iş yapma kapasitesi olarak tanımlanmaktadır. Teknolojik gelişmelerle her gün yaşamımızda biraz daha fazla yere sahip olan enerji vazgeçemeyeceğimiz oranda stratejik hale gelmiştir. Bizler enerjiyi ısınmada, aydınlanmada, sanayide, ulaşımda, konutlarda, cihazların çalışmasına varıncaya kadar birçok işlerimizde kullanmaktayız. İnsanlık tarih boyunca gündelik işlerinde odunsu bitkilerin yakılmasıyla ortaya çıkan ısı ve ışık enerjisi gibi ilkel enerjiler kullanmış sonrasında insan nüfusunun da artmasıyla oluşan enerji gereksinimi yerini kömür, petrol, doğalgaz gibi yakıtlara bırakmıştır (Ağaçbiçer, 2010).

Halen kullanılmakta olan enerjinin büyük bir kısmı kömür, petrol, doğal gaz gibi fosil yakıtlardan, hidrolik ve nükleer enerjiden sağlanmaktadır fakat bu yakıtların rezervleri sınırlı olduğundan yeni enerji kaynaklarına ihtiyaç duyulmaktadır. Örneğin bilinen petrol rezervlerinin yaklaşık olarak 35-40 yıl, doğalgaz rezervlerinin 65 yıl ve kömür rezervlerinin 220 yıl sonra tükeneceği tahmin edilmektedir. Türkiye, öz kaynaklarının yetersizliği nedeniyle dışa bağımlıdır ve dış ticaret açığının yaklaşık yarısını enerji ithalatı oluşturmaktadır. Fosil yakıtlar sera gazı olarak bilinen CO₂ gazını yaydığı için küresel iklim değişikliklerinden sorumlu tutulmaktadır. Bu yakıtların özellikle 20. yüzyılda yoğun bir şekilde kullanılması ile ozon tabakası delinmesi, asit yağmurları, küresel ısınma gibi etkileri, dünyayı belki de geriye dönüşü zor bir çevre kirliliği ile karşı karşıya bırakmıştır. Teknolojinin gelişmesi, sanayi yatırımları ve dünya nüfusunun artmasıyla, enerjiye olan ihtiyaç her geçen gün önemini korumakta, artmaya devam etmektedir.

Yenilenebilir enerji, var olan enerji akışının doğal bir süreç içerisinde sürekli devam etmesiyle oluşan enerjidir ve enerji kaynağından alınan enerjiye eşit oranda veya kaynağın tükenme hızından daha çabuk bir şekilde kendini yenileyebilmesi ile de tanımlanır. Örneğin, güneşten elde edilen enerji ile çalışan bir teknoloji bu enerjiyi tüketir, fakat tüketilen enerji toplam güneş enerjisinin yanında çok küçük kalır. Yenilenebilir enerji kaynakları sürekli olarak yenilendiklerinden tükenmezler. Çoğu yenilenebilir enerji kaynağı enerjisini direkt veya endirekt olarak güneşten alır.

Güneş enerjisi, jeotermal enerji, hidroelektrik enerji, bio-enerji, hidrojen, dalga veya okyanus enerjisi, rüzgar enerjisi yenilenebilir enerji kaynaklarının başlıcalarıdır (Çengel, 2001).

Bu kaynaklardan güneş enerjisi, mevsime ve coğrafi konuma göre değişen etki oranına karşın, diğer kaynaklara göre temini kolay, sürekliliği bulunan, yüksek yatırım maliyetleri gerektirmeyen temiz bir enerji kaynağıdır. Türkiye, güneş enerjisi konusunda son derece elverişli bir konumda olmasına rağmen sahip olduğu potansiyeli yeterince kullanamamaktadır.

Isı transferi artırma üzerine çalışmalar, endüstri ve enerji tasarrufu açısından oldukça önemli bir yere sahiptir. Teknolojinin gelişmesiyle küçülen kullandığımız elektronik aletlerin ve enerji üretim santrallerinin soğutulması, ısı geri kazanım, dönüşüm ve üretim üniteleri, güneşten enerjisi elde etmek gibi alanlarda atık ısının geri kazanılması amacıyla çeşitli cihazlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bunun için enerjinin bir yerden başka bir yere iletilmesi önemli bir ihtiyaç teşkil etmektedir.

Birçok ısı taşıyıcı cihazlarından olan ısı borusu, vakum işlemi uygulanmış kapalı bir kabın az miktarda çalışma akışkanı ile doldurulmasıyla oluşmaktadır. Kabın iç duvarı düz veya çeşitli yapıda olabilmektedir. Fitol ve benzeri yapılar bu akışkanın hareketini her durumda sağlamaktadırlar. Çeşitli şekil, büyüklük ve geometride üretimi yapılabilmektedir. Isı boruları bir güce gereksinim duymadan belirli bir kaynaktan gelen ısıyı, yüksek oranda taşıyabilmektedir. Ayrıca hareketli parçalarının olmaması, hızlı bir şekilde ısıyı iletebilmesi, farklı sıcaklık oranlarında ve sessiz çalışabilmesi en önemli özelliğidir. Isı borusunun çalışma prensibi, evaporatör bölgesinde sıvı halde olan çalışma akışkanının, var olan ısıyı alarak buhar fazına dönüşmesi ve kondenser bölgesine geçen bu buharın burada ısısını vererek yeniden sıvı faza dönüşmesidir. Yer çekimi etkisiyle dolaşım devamlı sağlanarak ısı transferi gerçekleşmiş olmaktadır.

Cihazlarda kullanılan geleneksel ısı transfer akışkanları düşük oranda ısı taşıma kapasitesi ve verime sahiptirler. Bu ihtiyaçtan dolayı, gelişen nano-teknoloji ile birlikte nano-akışkanlar, yüksek performansta ısı transfer özellikleri göstermesi açısından önemli bir hale gelmiştir. Literatürde, ısı boruları ve çeşitli cihazlarda çalışma sıvısı olarak kullanılan nano-akışkanların ısı iletkenliği artırmaya yönelik

birçok araştırma yapılmıştır. Bu konuda iyileştirme çalışmaları farklı yöntemler denenerek devam etmektedir (Balcıoğlu, 2014; Yıldırım, 2009).

Bu tez çalışmasında, ısı iletkenliği sıvılara göre yüksek olan metal oksitlerin temel akışkan içersinde karıştırılıp düşük sıcaklıkta buharlaşma gerçekleştirmek ve kondenserde ısı aktarımının hızlanmasını sağlayarak ısı borusunun ısı veriminin artırılması hedeflenmektedir. Bunun için ısı borusunda nano-akışkanların, farklı evaporatör bölgesi doluluk oranlarında, farklı hacimsel nano-partikül katkılama oranlı konsantrasyonlarında, çeşitli eğim açılarında, Türkiye sıcaklık dağılımı verilerinde düşük sıcaklık bölgesinde bulunan Samsun hava şartlarında denenip test edilmesi ve ısı performansını artırmaya yönelik değerlendirme çalışması amaçlanmıştır.

2. KURUMSAL TEMELLER VE KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Literatür Taraması

Wang vd (1999) yapmış oldukları çalışmalarında paralel plaka tekniğini kullanarak çeşitli nano-akışkanların ısı performansını araştırmışlardır. Bunun için Al_2O_3 ve CuO nano-partiküller ile birlikte temel akışkan bazlı su, etilen glikol, vakum pompa yağı ve motor yağı kullanmışlardır. Sonuç olarak nano-akışkanların tümünün, temel akışkan sıvılardan ısı iletkenliğinin üstün olduğu görülmüştür. Nano-akışkanların ısı iletkenlik performansı nano-partikül katkılı hacimsel oranının artmasıyla artmış ve farklı temel akışkanlarda değerlerinin değiştiği belirlenmiştir.

Choi vd (2001) ısı transfer iyileştirme çalışmaları sonucunda ısı transferi cihazlarında kullanılan nano-akışkanlarda metal nano-partikül katkılı akışkanların ısı iletkenliğini, saf akışkanlara göre büyük oranda artırdığını belirlemişlerdir.

Putra vd (2003) bu çalışmada, temel akışkan olarak su ve (Al_2O_3 -CuO) nano-partikül karışımli bir ucu ısıtılmış diğer ucu soğutulmuş yatay silindir içindeki nano-akışkanların doğal taşınım özelliklerini incelemişlerdir. Partikül konsantrasyonu, partikül boyutu ve muhafaza kabının geometrik özelliklerini ve kendi aralarında etkilerini araştırmışlardır. Nano-akışkan karışımlarında nano-partikül miktarının artmasıyla ısı transfer miktarının azalacağını tespit etmişlerdir. Bu ısı transferi kötüleşmesi su bazlı CuO nano-akışkanında, diğerine göre daha fazla olduğunu belirlemişlerdir.

Das vd (2003) deneysel olarak test ettikleri CuO ve Al_2O_3 içerikli nano-akışkanların ısı iletkenliği üzerine performansını incelemişlerdir. (21-52) °C sıcaklıklarda ısı iletkenlikte 2-4 kat miktarında artış olduğu tespit edilmiştir. Farklı boyutlarda nano-partikül katkılı nano-akışkanlar üzerine daha fazla araştırma sonucu elde edilebileceği kaydedilmiştir.

Li & Peterson (2006) 29 nm CuO ve 36 nm Al_2O_3 partikül madde boyutunda karışımli nano-akışkanların ısı iletkenliklerini, hacimsel katkılama oranları ve sıcaklık değişimleri sonucu göstermiş oldukları etkilerini incelemek için deneysel araştırma yapmışlardır. Deney sonucunda ulaşılan bilgilere göre hacimsel katkılama

oranları ve sıcaklık değişimlerinde nano-akışkanların ısı değerlerinde önemli etkileri olduğu görülmüştür. Al_2O_3 -Su bazlı nano-akışkan kullanımında sıcaklık değerlerini 27 °C 'den 34,7 °C 'ye yükseltildiğinde yaklaşık 3 kat oranına kadar ısı iletkenlik artışına sebep olduğu belirlenmiştir.

Chen vd (2007) yaptıkları çalışmalarında titanyum nano-tüp sulu süspansiyonlarının ısı iletimi ve akış davranışını incelemişlerdir. Sonuç olarak suya göre % 2,5 hacimsel katkılama oranlı nano-tüp karışımında, 25 °C 'de % 3 ve 40 °C 'de % 5 hacimsel katkılı oranlarında ısı iletim artışı görülmüştür. Ayrıca yüksek kesilme viskozitesinin, seyreltik süspansiyonlar için klasik viskozite modellerinde öngörülenden çok daha yüksek olduğu bilgisine ulaşılmıştır.

Naphon vd (2008) 600 mm uzunluğunda bakır ısı borularında ısı verimliliği artırmak için çapı 21 nm olan titanyum nano-partikül alkol karışımı ve saf su karışımlarını incelemişlerdir. Isı borusu içindeki evaporatör bölgesi nano-akışkan miktarı % 66 'dan fazla artırıldığında, ısı borusu termal verimliliğinde azalma görülmüştür ve ısı borusu verimliliği artan eğim açısıyla artmıştır. Maksimum ısı borusu ısı verimliliği, 45° açıda ve % 66 evaporatör doluluk oranında alkol titanyum karışimli nano-akışkanı olduğu belirlenmiştir. Isı borusu ısı verimliliği ultrasonik karıştırıcıyla ve % 0,1 nano-partikül hacimsel katkılama oranlı konsantrasyonun da ısı verimi % 10,6 artmış, bu değer aşıldığında ise verimde düşme olduğu görülmüştür.

Noie vd (2009) yaptıkları çalışmada, Al_2O_3 -Su bazlı nano-akışkanın ısı borusunda performansı incelemişlerdir. Yapılan deneyde 20 nm çapındaki Al_2O_3 nano-partiküllerin % 1, % 1,5, % 2, % 2,5 ve % 3 hacimsel katkılama oranlı konsantrasyonlarında su ile karıştırılarak elde edilen nano-akışkanlar, ısı borularında farklı güç girişlerinde test edilmişlerdir. Sonuç olarak saf su ve diğer karışım oranlarına kıyasla % 3 hacimsel oran katkılı Al_2O_3 -Su nano-akışkanının daha iyi performansa sahip olduğunu gözlemlemişlerdir.

Qu vd (2010) kapalı devre titreşimli ısı borusu çalışmalarında, çalışma sıvısı olarak Al_2O_3 -Su bazlı nano-akışkanın paslanmaz çelik ısı borusu üzerinde ısı performansını incelemişlerdir. Farklı evaporatör doluluk oranlarında nano-akışkan partikül katkılı konsantrasyonu ve ısı borusu ısı direnci araştırması yapılmıştır. Elde edilen verilerde 58,8 W giriş gücünde, % 9 hacim konsantrasyonlu nano-akışkan ve

saf su içerikli ısı boruları kıyaslama sonucunda % 32,5 oranında ısı dirençte azalma olduğunu tespit edilmiştir.

Lotfi vd (2010) ısı transferi iyileştirme çalışmalarında, yatay bir boru içinde Al_2O_3 -Su karışıklı nano-akışkan içerikli cihazı test edip incelemişlerdir. Bunun için nano-akışkanın cihaz içinde akışı zorlanmış konveksiyonda nümerik olarak araştırılıp denenmiştir. Yapılan çalışmada sonuç olarak hacimsel katkılı partikül oranının artmasıyla ısı performansın azaldığı belirlenmiştir.

Tsai vd (2011) yaptıkları deneysel çalışmada disk şeklindeki minyatür ısı borusunda çalışma sıvısı olarak nano-akışkan kullanmışlardır. Deney verilerinde sonuç olarak, ısı borusu performansında nano-akışkan etkisi, ısı dirençte ortalama % 40 azalma olduğu ve ısı iletkenliği nano-akışkanın farklı evaparatör doluluk oranlarda saf su kullanımına göre azaldığı görülmüştür.

Senthilkumar vd (2011) çalışma sıvısı olarak su, bakır-su nano-akışkan ve bakır nano-akışkan-nButanol sulu çözelti, 40 ml'lik evaparatör doldurma miktarı ile üç özdeş ısı borularında eğimin, çalışma akışkanı tipini ve ısı girişinin termik verimlilik ve ısı direnç üzerindeki etkisini saf su ile karşılaştırıp araştırmışlardır. Deney sonucunda, bakır nano-akışkan-nButanol'un sulu çözelti karışımı ısı verimliliğinin saf su ve bakır nano-akışkandan daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte geleneksel çalışma akışkanı ve nano-akışkana kıyasla daha iyi performans sağladığı kaydedilmiştir.

Albadr vd (2013) yatay bir kap ve boru tipi ısı değıştiricide Al_2O_3 (30 nm) nano-akışkan ısı transferini farklı akış karakteristik özelliklerinde incelemişlerdir. Nano-akışkan ısı transfer iletiminin yüksek olduğu ve bu katsayının kütle akış hızında artış ile artacağı, aynı zamanda bu artışta, hacimsel oran katkılı nano-partikül konsantrasyonun artışının etkili olduğunu bildirmişlerdir. Bunun yanında hacimsel oran katkılı konsantrasyon artışının viskoziteyi artırması sonucunda sürtünme faktöründe artış olacağını belirlemişlerdir.

Saleh Al-Mashat & Hasan (2013) boş vakum tüp güneş toplayıcılar Al_2O_3 -Su bazlı nano-akışkanlarla ısı transfer performansını incelemişlerdir. Deney sonucunda, Bağdat iklimi şartlarında en iyi eğim açıları, ortalama yıllık 41 °C, kışın 53 °C, yaz aylarında 28 °C olduğu belirlenmiştir. Verimlilik düz plaka reflektör kullanıldığında % 7,08, eğimli plakalı reflektörde ise % 16,9 olarak tespit edilmiştir. Deneysel

araştırma, Al_2O_3 nano-partikül % 1 ve % 0,6 hacimsel oran katkılı konsantrasyonlarında sırasıyla % 28,4 ve % 6,8 verim elde edildiği ve % 0,3 nano-partikül katkılı karışım oranında ise ciddi bir iyileştirme olmadığını göstermiştir.

Kolhe vd (2013) termosifon tip ısı borusunun ısı verimliliğini artırma üzerine, çalışma akışkanı olarak 35-50 nm çaplı nano-partikül katkılı CuO -Su ve Al_2O_3 -Su nano-akışkanların etkisini araştırmışlardır. Deneysel çalışma 3 farklı hacimsel oran katkılı konsantrasyonlarında ve 5 farklı ısı borusu eğim açılarında test edilmiştir. Sonuçlar nano-akışkanın ısı borusuna yüklenmesiyle ısı direncin azalıp ısı performansı arttırdığını göstermiştir. Isı iletim hızı, eğim açısı 20° 'den 50° 'ye yükseldikçe artmış, sonrasında azaldığı görülmüştür. Isı borusu ısı iletkenlik performansını Al_2O_3 nano-akışkanı, su ve CuO 'e göre daha fazla arttırdığı belirlemiştir.

Hussain vd (2014) yaptıkları bu çalışmada, Ag (Gümüş)-Su, ZrO_2 (Zirkonyumoksit)-Su ve saf sudan oluşan çalışma akışkanlarını, farklı hacimsel nano-partikül oran katkılı konsantrasyonlarında ısı borularında uygulayıp ısı iletkenlik performanslarını araştırmışlardır. Deney sonuçlarında, % 1 gümüş ve zirkonyum oksit katkılama oranlı nano-partikül konsantrenin, damıtılmış suya kıyasla ihmal edilebilir sonuçlar gösterdiği, düşük akış debisi ve yüksek giriş sıcaklığında, % 3 Ag ve % 5 ZrO_2 hacimce katkılama oranlı nano-partiküllerinin sıcaklık farkının damıtılmış suya göre ısı verimlerinde artış olduğu görülmüştür. Ayrıca küçük partikül boyutu etkisiyle Ag nano-akışkanı güneş kolektörü verimliliği, ZrO_2 nano-akışkanına göre yüksek ısı iletkenliği gösterdiği belirlenmiştir.

Alawi vd (2014) inceledikleri birçok yayında, ısı borularında nano-akışkan ve bunların ısı transfer özelliklerini araştırmışlardır. Mikro oluklu, fitilli ve termosifon ısı borularında çalışma sıvısı olarak nano-akışkan kullanıldığında ısı transferinin önemli ölçüde artırılabilir olduğu belirlenmiştir. Fakat ısı transfer iyileştirme çalışmalarında, gerçek uygulamalar üzerinde hala sorun ve zorluklar olabildiği, bunun için nano-akışkanlar üzerine araştırmaların hala başlangıç ve gelişme seviyesinde olduğunu tespit etmişlerdir.

Çakır (2015) yapmış olduğu çalışmada, 1 m uzunluğunda bakır borulu termosifon (fitilsiz) tip ısı borusu içerisinde % 2 hacimsel nano-partikül katkılama oranlı konsantrasyonlarında Al_2O_3 (Alümina) nano-partikül bulunan nano-akışkan

denemiş ve ısı borusu ısı iletkenlik performansına etkisini araştırmıştır. Bunun için 3 farklı kütleli debi ve yine 3 farklı ısı girişinde güç verilmiş ısı borusu iki farklı eğim açısında test edilmiştir. Sonuç olarak elde edilen verilerde ısı dirençte önemli düşüşler elde edilmiştir. 75° eğim açısında, 500 W giriş gücünde ve 0,0075 kg/s kütleli debide, aynı şartlarda yapılan su ile yapılan deneylere göre % 35,7 oranında verim elde edildiği belirlenmiştir.

Manay vd (2015) çalışmalarında nano-akışkan kullanılan mikro kanallı bir ısı alıcı üzerinde sistem performans değişim etkilerini incelemişlerdir. Bunun için 4 farklı hacimsel nano-partikül oran katkılı konsantrasyonlarında TiO₂-Su nano-akışkan kullanılarak mikro kanallı ısı alıcı üzerinde 4 farklı kanal yükseklik değeri uygulanmış ve Reynolds sayısı gibi parametrelerin ısı transfer ve basınç düşümü etkileri tespit edilmeye çalışılmıştır. Deneysel verilerde çalışma akışkanı olarak nano-partikül katkılı nano-akışkan kullanımında ısı direncinin ciddi oranda azaldığı, kanal yüksekliği azaldıkça ve Reynolds sayısı arttıkça ısı transferinin arttığı görülmüştür. Bununla birlikte en yüksek ısı taşınım katsayısı, % 1,5 TiO₂-Su bazlı nano-akışkan kullanımında tespit edilmiştir.

Mujawar vd (2015) ısı borularında, vakum tüplü ve düz plakalı güneş kolektör uygulaması yapılmış ve ısı verimini incelemişlerdir. Vakum tüp kolektör, düz plakalı güneş kolektörlerine göre % 20-45 daha verimli olduğu, farklı konsantrasyonlarda nano-akışkan kullanımında ısı veriminde artış tespit edilmiştir. Ayrıca nano-partikül tanecik çapında azalma ile yine ısı iletkenlikte artış olduğunu belirlenmiştir.

Khalipe & Deshmukh (2015) çalışmalarında iki fazlı termosifon tip ısı borusunda kullanılan nano-akışkan ısı performans inceleme çalışması yapmışlardır. Çalışma akışkanı olarak CuO-Su bazlı nano-akışkan kullanılmış ve ısı borusu açıları ve kütle akış hızının etkisi araştırılmıştır. Elde edilen veriler sonucunda nano-akışkan kullanılan ısı borusunda ısı iletkenlik performansı suya göre yüksek olduğu, ani kolektör verimliliğinde artış % 10-15 oranında arttığı, ayrıca buna ısı borusu eğim açısının ciddi şekilde etki ettiği görülmüştür.

Prakash vd (2015) literatür incelemeleri sonucunda elde etmiş oldukları bilgilerde, nano-akışkan uygulamalarında iyi ısı iletkenlik performansı sebebiyle termal artışlar olduğu, ağırlıklı olarak Al₂O₃-Su bazlı nano-akışkanın yüksek verim

gösterdiği bilgilerine ulaşılmıştır. Ancak bu nano-sıvılarda belirlenen akışkan içinde nano-partikül çökmesi, topaklanması ve erozyonu ile ortaya çıkan zorluklar ve problemler görülmüştür.

Kolhe vd (2015) çalışmalarında CuO-Su bazlı nano-akışkan çözeltisi bir ultrasonik cihazında 90 dakika boyunca karıştırılmış, elde edilen karışım farklı çalışma durumunda ısı borusu üzerinde ısı verimi iyileştirme etkisi araştırılmıştır. Test sonucu verilerinde ısı borusu termal performansı, soğutma hızı belli bir seviyeye kadar yükseldiğinde artış gösterdiği, sonrasında hızdaki artışın performans üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir.

Sabiha vd (2015) bu çalışmalarında, tek duvarlı karbon nano-tüp ve su bazlı nano-akışkan kullanılan sistemde, güneş radyasyonu ve hacim konsantrasyonu, giriş ve çıkış sıcaklığı gibi çeşitli parametrelerin kolektör verimi üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Artan global güneş radyasyonunu sıcaklık farkından dolayı verim, sırasıyla % 84,24 ve % 97,43'e kadar yükselmiştir. Yüksek yoğunluk oranında nano-akışkanın daha fazla termal iletkenliğe sahip olduğu belirlenmiştir.

Çiftçi vd (2016) deneysel çalışmalarında, ısı borusu evaporatör bölgesi iç hacmi 1/3 oranında doldurulmuş TiO₂ ilaveli nano-akışkan kullanılarak 1 m uzunluğunda bakır termosifon tip ısı borusunun ısı performansını incelemiştir. Yoğuşma bölümünden çekilen ısıyı belirleyebilmek için üç farklı soğutma suyu debisi ve buharlaşma bölgesi için yine 3 farklı ısıtıcı gücünde sistem denenmiştir. Sonuç olarak % 16,5 oranında en iyi verim, 200 W ısıtıcı gücünde 5 g/s soğutma suyu debisinde uygulaması olduğu belirlenmiştir.

Sarıca vd (2016) çalışmalarında Cu-Su bazlı nano-akışkanını 250 mm boyutlarda mini kanallarda kullanarak sıcaklık performans özelliklerini deneysel olarak incelemiştir. Sistemin düşük ve yüksek debilerde, 2 farklı çap ve sıcaklık değerlerinde karşılaştırması yapılmıştır. Deney sonucunda sistemde nano-akışkan kullanımının suya göre soğutma yönünde performansının değiştiği görülmüştür. Sonraki çalışmalarda iyi performans ve tıkanmayı önleme açısından 1,5 gram nano-akışkan kullanımının daha uygun olacağı belirlenmiştir.

Turgut vd (2016) yaptıkları çalışmada tanecik boyutunda nano-partikül ilave edilen nano-akışkanların ısı performans etkilerini incelemiştir. Bunun için 10 nm ve 30 nm tanecik partikül çapında, farklı hacimsel katkılama oranlı Al₂O₃-Su bazlı

nano-akışkanların ısı termal özellikleri ve viskozite verileri değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlarda ısı iletkenliğin tanecik boyutuyla değişmediğini, klasik ısı iletkenlik modellerinden Maxwell ile uyumlu olduğu belirlenmiştir. Ölçümler sonucunda ise Newton tipi akışkan davranışı gösterdiği ve tanecik katkı oranları aynı olan faklı boyutlarda taneciklerden büyük olanlarda viskozite de artış oranlarının yüksek olduğu görülmüştür. Ayrıca yine klasik modellerden Einstein modeli deney sonuçlarına göre çok düşük değerlerde olduğu tespit edilmiştir.

Fathima vd (2016) yaptıkları çalışmalarında farklı nano-akışkanlar kullanarak vakum tüplü güneş kolektör performansını, TRNSYS adlı Sistem Analizi Simülasyonu yazılımıyla incelemişlerdir. Deneysel sonuçlarda tüm çalışma akışkanlarında kolektörde kademeli sıcaklık artışları görülmüştür. Karbon nano-partikül katkılı nano-akışkanın termal iletkenliğinin güneş enerjili su ısıtma sistemleri alanında iyi sonuçlar verdiği sonucuna varılmıştır.

Mohandas & Dayma (2016) bu araştırmada, ısı boruları üzerinde farklı nano-akışkanların ısı transfer etkilerini incelemişlerdir. Deneysel çalışmada ısı borularının doluluk oranları, farklı güç ve açılarda denenmiş ve verimleri tespit edilmiştir. 70 W ısı girişi % 80 evaporatör doluluk oranında 30° ve 90° açılarda verimin % 50 olduğu ve faklı ısı girişinde nano-akışkanlar için verimlerin değişkenlik gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca herhangi bir ısı girişinde 0° eğim açısı için kullanılan tüm akışkanların ısı veriminin minimum olduğu, ancak eğim açısı 45° eğime kadar arttıkça kademeli olarak arttığı gözlemlenmiştir.

Sonowane vd (2016) yaptıkları araştırmada ısı borusunda kullanılan nano-akışkanların, ısı transfer özelliklerine etkileri incelemişlerdir. Isı borusunda çalışma sıvısı olarak uygulanan nano-akışkanların ısı termal iletkenliğinde ciddi artışlar kazandırdığı anlaşılmıştır. Ayrıca nano-akışkan partikül madde boyutu, bu nano-partiküllerin temel sıvısıyla karışım oranı, ısı borusu evaporatör doluluk oranı, ısı borusu açısı, ısı borusuna gelen ısı oranı, ısı borusu uzunluk ve et kalınlığı, ısı borusu fitil yapısının ısı iletkenliğe faklı etkileri görülmüş ve bilgi edinilmiştir.

2.2. Güneş ve Güneş Enerjisi

Güneş, Samanyolu Galaksisinde bilinen bize en yakın, yaklaşık 200 milyar yıldızdan biridir ve kendi sistemi içinde yörüngede olan gezegenlerin merkezidir. Güneş'in kütlesi sıcak gazlardan oluşur ve çevresine ısı ve ışık şeklinde radyasyon yayar. Güneş yüzey sıcaklığı 5500 °C ve çekirdeğinin sıcaklığı 15,6 milyon °C 'dir. Güneşten çıkan enerjinin çok az kısmı dünyamıza ulaşır, geriye kalan enerjisi ise uzayda kaybolur. Güneşin üç günde yaymış olduğu enerji, dünyadaki tüm petrol, doğal gaz, ağaç vb. gibi yakıtlardan elde edilen enerjiye eşdeğerdir. Güneş, dünyamıza ısı, ışık dolayısıyla hayat veren kaynaktır. Araştırma sonuçlarına göre, Güneş yaklaşık olarak 10 milyar yıl daha yaşam kaynağı olmaya devam edeceği bilinmektedir (Anonim-1).

Güneş enerjisinden yararlanma konusundaki çalışmalar özellikle 1970'lerden sonra hız kazanmıştır, güneş enerjisi sistemleri teknolojinin ilerlemesiyle maliyet bakımından düşme göstererek yaygınlaşmış ve güneş enerjisi çevresel bakımdan temiz bir enerji kaynağı olarak kendini kabul ettirmiştir. Enerji fiyatlarındaki artış ve küresel iklim değişikliği, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının ve temiz enerji teknolojilerinin geliştirilmesine verilen önemin hızla artmasına neden olmuştur. Bilinen enerji kaynakları arasında en temiz ve en tükenmez olan güneş enerjisi, bu gelişmeler sonucu ilgi çekmeye devam etmektedir (Anonim-2).

2.2.1. Güneş kolektörleri ve çeşitleri

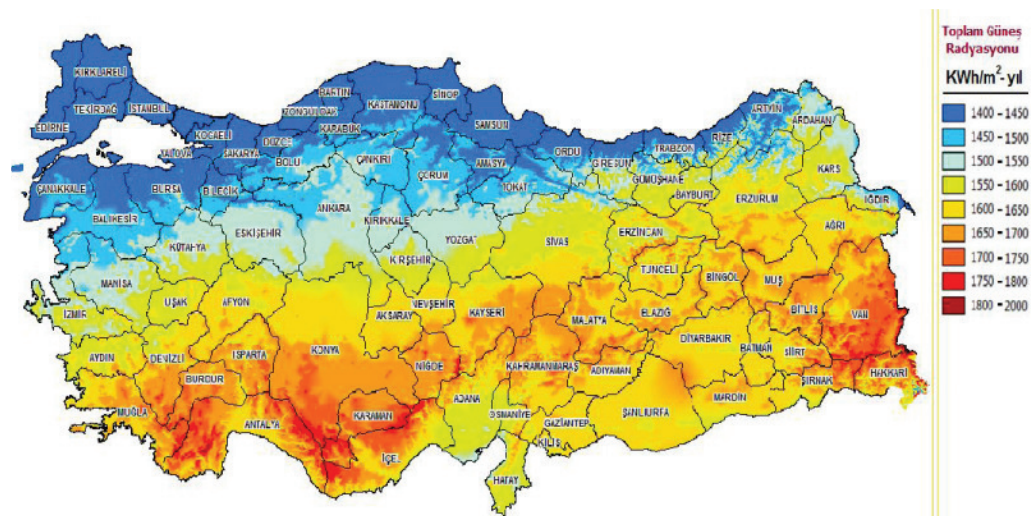
Güneş ışınlarından en iyi yararlanmak için pek çok teknoloji geliştirilmiştir. Bu teknolojilerin bir kısmı güneş enerjisini ışık ya da ısı enerjisi şeklinde direk olarak kullanırken, diğer teknolojiler güneş enerjisinden elektrik elde etmek şeklinde kullanılmaktadır. Güneş kolektörleri, güneşten gelen enerjiyi ısı enerjisine dönüştüren cihazlardır. Kollektör yüzeyi sayesinde çekilen güneş ışınları, kolektör içinden geçen ısıtılacak maddeye, akışkana aktarılır ve böylece güneş enerjisini ısı enerjisine dönüşümü sağlanmaktadır. Güneş kolektörleri, düzlemsel sulu, düzlemsel havalı, odaklı güneş ve vakum tüplü güneş kolektörleri olmak üzere dört çeşittir.

Vakum tüplü güneş kolektörü

Vakum tüplü kolektör, tüpler arasında vakum bulunan iç içe geçmiş iki cam borudan oluşmaktadır. Bu boruların dışta olanı saydam, iç kısımda olanı ise siyah borudan imal edilmiştir. Boruların dairesel yapısı sayesinde her daim güneş ışınlarını dik açıyla alabilmektedir. Yılın dört mevsimi çalışabilmektedir. Düzlemsel güneş kolektörleriyle kıyaslandığında düşük sıcaklık ve bulutlu günlerde bile iyi verim elde edilmektedir. Su ısıtma sistemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Yaklaşık 15 yıl kullanım ömürleri olabilmektedir (Köse, 2014).

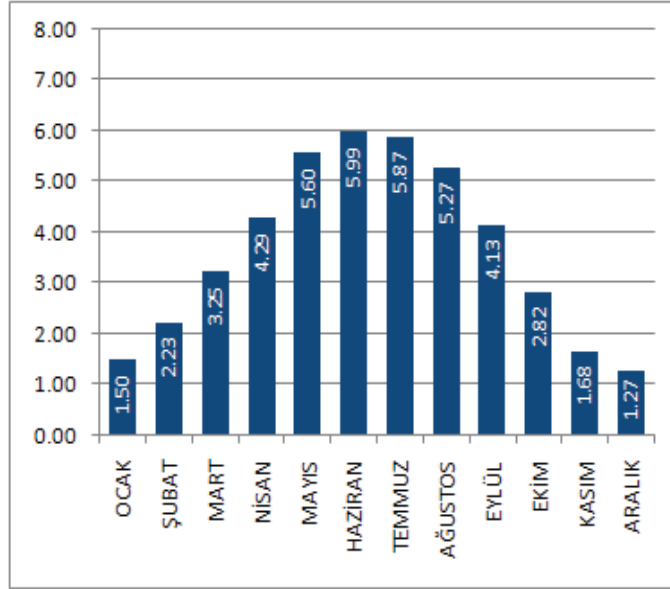
2.2.2. Türkiye’de ve Samsun’da güneş enerjisi potansiyeli

Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünde (DMİ) bulunan 1966-1982 yıllarında ölçülen güneşlenme süresi ve ışıınım şiddeti verilerinden elde edilen, Elektrik Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü (EİE) tarafından yapılan çalışmaya göre Türkiye’nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat (günlük toplam 7,2 saat), ortalama toplam ışıınım şiddeti yıllık 1311 kWh/m^2 (günlük toplam $3,6 \text{ kWh/m}^2$) olduğu tespit edilmiştir. Fakat sonraki yıllarda yapılan çalışmalar, coğrafi konumundan dolayı diğer birçok ülkeye göre şanslı olan ülkemizin güneş enerjisi potansiyelinin % 20-25 daha yüksek çıkması beklenmektedir (Dilaver, 2010). Şekil 2.1’de Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan Türkiye’nin yıllık toplam güneşlenme süresinin bölgelere göre dağılımı görülmektedir.

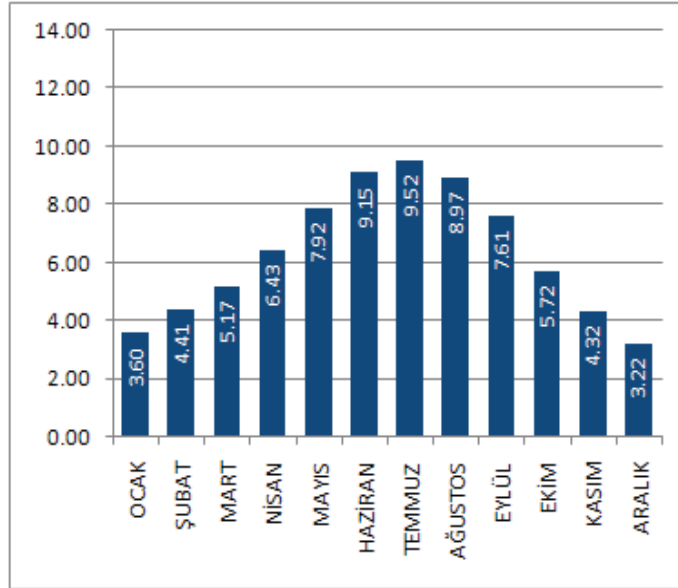


Şekil 2.1. Türkiye'nin yıllık toplam güneşlenme süresi bölgelere göre dağılımı (Anonim-3)

Aşağıdaki Şekil 2.2 ve Şekil 2.3’de sırasıyla Samsun global radyasyon değerleri ve güneşlenme süreleri gösterilmektedir.



Şekil 2.2. Samsun global radyasyon değerleri (kWh/m²-gün) (Anonim-4)

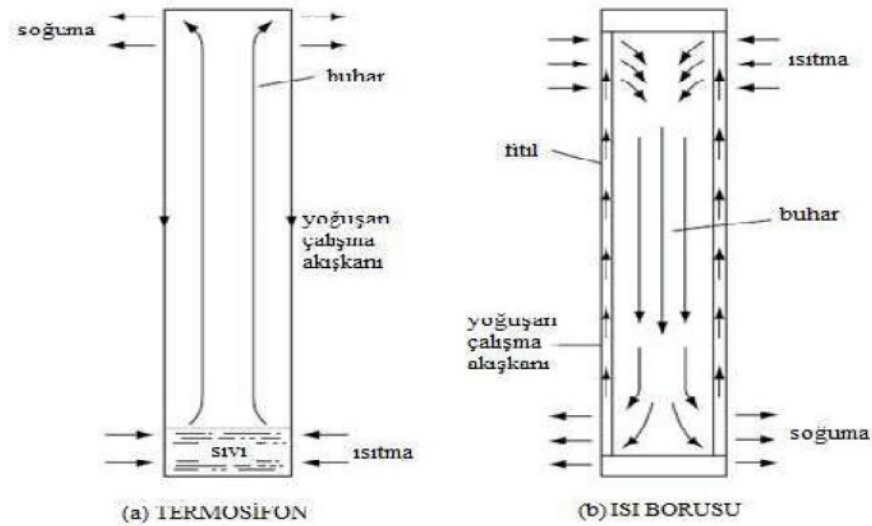


Şekil 2.3. Samsun güneşlenme süreleri (saat) grafiği (Anonim-4)

2.3. Isı Borusu

2.3.1. Yerçekimi takviyeli (termosifon) ısı borusu

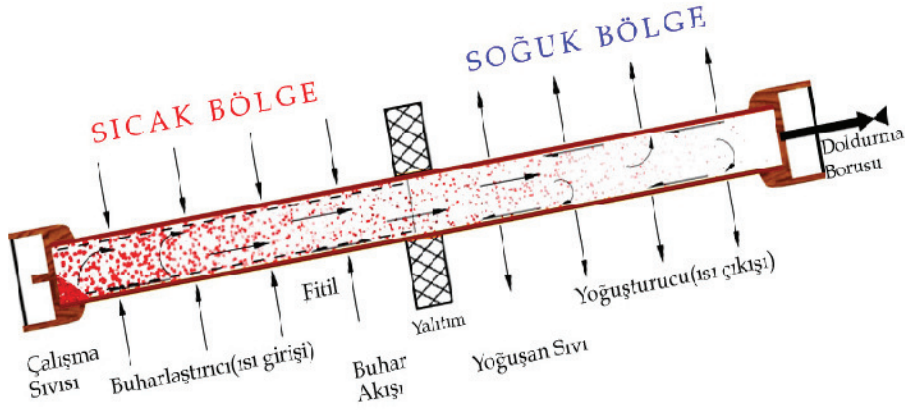
“Perkin Borusu (Perkin’s Tube)” olarak da bilinen ısı boruları termosifonun çalışma prensibine dayanmaktadır. Termosifonun alt kısmında bulunan buharlaştırıcıdan ısı almasıyla sıvı buharlaşarak termosifonun soğuk kısmına doğru hareket etmektedir. Burada ısıyı atan buhar yoğunlaşarak yer çekimi etkisiyle buharlaştırıcıya geri dönmektedir. Bunun için termosifonun buharlaştırıcı bölümünün aşağıda bulunması gereklidir. Isı borularında ise farklı olarak fitil yapı bulunmaktadır. Fitil yapı sebebiyle ısı borusu içerisinde kapiler bir kuvvet oluşur ve bu kuvvet sonucunda yoğunlaşan buharın buharlaştırıcıya dönmesi sağlanır, böylece her şekil ve pozisyonda çalışabilir. Şekil 2.4’de termosifon ve ısı borusunun şematik çizimi gösterilmiştir.



Şekil 2.4. (a) Termosifonun şematik gösterimi, (b) Isı borusunun şematik gösterimi (Çaylıoğlu & Akdemir, 2011; Tosun, 2013)

2.3.2. Isı borusu bölgeleri ve çalışma prensibi

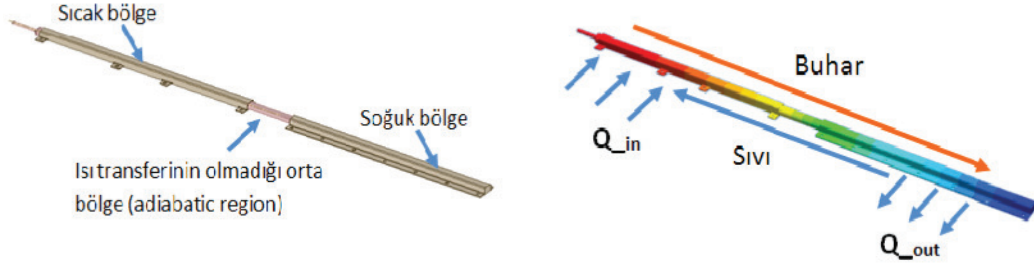
Isı borusu dış muhafaza (kap), çalışma akışkanı ve fitil yapı olmak üzere üç ana yapı elemanından oluşmaktadır. Şekil 2.5’de ısı borusu bölgeleri ve çalışması gösterilmiştir.



Şekil 2.5. Isı borusunun yapısı ve çalışma (Alt, 2010)

Isı borusu, iki ucu arasında çok düşük sıcaklık farkı oluşturması nedeniyle son derece yüksek ısı iletkenliğine sahip bir cihazdır. Bir ısı borusunun sıcak yüzü termal olarak iletken yüzeye temas ettiğinde yüzeyden alınan ısı ile içindeki çalışma sıvısı buharlaşarak ısıyı soğuk uca taşır ve bir nevi pasif ısı pompası görevi görürler. Bir ısı borusu, içerisinde bir miktar çalışma sıvısı bulunan vakumlu kapalı bir hazneden ibarettir. Hazne iç duvarında, çalışma sıvısının akışını düzenlemeye yardımcı bir fitil bulunur. Isı borusu üç temel bölümden oluşur. Bunlar sıcak ortamdan ısının çekildiği buharlaştırıcı (evaporatör) bölge, çekilen ısıyı düşük sıcaklıktaki ortama aktaran yoğuşturucu (kondenser) bölge ve ısı alışverişinin olmadığı adyabatik bölgedir.

Çalışma sırasında buharlaştırıcı bölgesine uygulanan ısı, kab içinde bulunan akışkanı buharlaştırır ve kısa zamanda kabın tamamını saf buharla doymuş hale getirir. Sistemden ısı çekilmesiyle birlikte yoğuşturucu bölgesinde ısı borusu dış duvarı soğuk olacağı için, bu bölgede akışkan tekrar sıvı hale geçerek yoğunur ve açığa çıkan ısı kondüksiyonla aktarılır. Yoğuşan sıvı termosifon tip ısı borusunda yerçekimi etkisiyle veya fitil kılcal kuvvetleri ile evaporatöre döner ve çevrim tamamlanır. Böylece buharlaşma gizli ısı büyük olduğundan önemli miktarda ısı transferi gerçekleşmiş olur. Şekil 2.6'da örnek olarak aksel oluklu ısı borusu ve boru üzerinde muhtemel sıcaklık dağılımı gösterilmiştir.



Şekil 2.6. (a) Örnek eksenel oluklu ısı borusu, (b) Boru üzerindeki muhtemel sıcaklık dağılımı (Parlak, 2013)

2.3.3. Isı borularının özellikleri

Bir ısı borusunun iyi çalışabilmesi için olması gereken özellikler aşağıda belirtilmiştir.

- i. En az et kalınlığında yüksek basınca dayanıklı olmalı,
- ii. Boru içi iyice vakumlanmalı,
- iii. İçerisindeki akışkan ile kimyasal reaksiyona girmemeli,
- iv. Isı iletim özelliği fazla olmalı, çabuk ısınabilmeli,
- v. Çalışmasında hızlı reaksiyon göstermeli,
- vi. Sıcaklık değişimlerinden etkilenmemeli,
- vii. Sıcaklık boru boyunca homojen olarak yayılmalı,
- viii. İç yüzeyi pürüzsüz ve görünüşü estetik olmalı (Alt, 2010).

2.3.4. Isı borularının imalat tekniği

Isı boruları imalat aşamaları aşağıda belirtilmiştir.

- i. Boruların hazırlanması, pürüzsüz temiz hale getirilmesi,
- ii. Borulara (istenirse) fitillerinin yerleştirilmesi,
- iii. Uçların kaynak işlemi ile kapatılması, doldurma ağzının bırakılması,
- iv. Vakum işleminin uygulanması,
- v. Ölçüsü belirlenmiş bir miktar çalışma akışkanının ısı borusuna doldurulması,
- vi. Her bir ısı borusunun test edilmesi gibi süreçlerden geçilmesi gerekmektedir.

2.3.5. Isı borusunun çalışmasına etki eden faktörler ve limitler

Isı borularında ısıнын iki uç noktaları arasında transferinde bazı sınırlamalar vardır. Bunlar viskoz, ses, köpürme, kılcal ve kaynama limitleridir.

Viskoz limit

Viskozite bir sıvının akışa gösterdiği dirençtir. Viskoz limit düşük sıcaklıklarda, özellikle ısı borusu ilk çalışmaya başladığında ve fitil içerisinde meydana gelebilmektedir. Akışkanın viskoz kuvvetleri buhar akışında baskın olmaktadır.

Ses limit

Isı borularında akışkan hareketi düz bir borudaki akıştan farklıdır ve daralıp genişleyen bir boğazdaki akış halindedir. Bu akış buhar geçişinde basınç düşüşü etkisinden hız, ses sınırına gelir ve boğulma oluşur. Dolayısıyla ısı borusu sıcaklığı belli bir limit değerine çıkarsa buhar fazı ses sınırına ulaşacaktır. Isı borusu daha fazla ısı taşıyamayacağından çalışamaz hale gelecektir.

Köpürme limit

Çalışır durumdaki ısı borusunda sıvı ve buhar birbirlerine göre zıt yönlerde akar. Bu akış esnasında, buhar hızı belli bir yüksekliğe çıktığında viskoz kayma meydana gelir ve sıvı damlacıkları kararsızlaşıp koparak buharla birlikte kondensere taşınır. Bu sınıra köpürme sınırı denir. Bu durumda evaporatör bölgesi çok ısınır ve kondensere sıvı damlacığı çarpması sonucu ses duyulur.

Kılcal limit

Isı borusunun çalışması esnasında kondenserde yoğuşan sıvının evaporatöre doğru akışında oluşan maksimum kılcal pompalama basıncının boru içindeki toplam basınç düşümünden daha büyük olması gerekmektedir.

Kaynama limit

Isı borusunda faz değişimi ile ısı taşınıımı esnasında verilen ısıнын belli bir değeri aşmasıyla boru iç yüzeyinde buhar birikmesi meydana gelir ve baloncuklar oluşur. Bu aşırı ısınma sonucunda sıcaklık dağılımında bölgesel farklılıklara neden olur. Buna çözüm olarak ise farklı tipte yüzey alanı geniş fitiller kullanılmalıdır (Yıldırım, 2009).

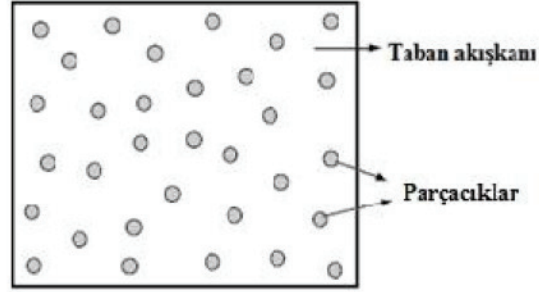
2.4. Nano-Akışkanlar

2.4.1. Nano-akışkan tanımı

Gelişen teknoloji ile birlikte birçok mühendislik uygulamalarında yüksek ısı transferi ihtiyaçları artarken bununla birlikte enerji tasarrufu ve minyatürleşme gibi talepler de önemli hale gelmektedir. Nano-teknoloji, çok küçük yapısal maddelerin üretimi, araştırılması ve bunlardan istifade etme teknikleri üzerinde çalışmaktadır. 100 nm çap boyutundan az olan nano-partiküllerin bir sıvı içerisindeki süspansiyonlarına nano-akışkan denir. Isı transferi iyileştirmeye yönelik çalışmalarda nano-partikül olarak, metaller, oksitler, karpitler ya da nano-karbon tüpler olarak iletkenliği yüksek olan bakır, alüminyum, gümüş gibi metal elementler olan Al_2O_3 , CuO , SiO_2 , TiO_2 gibi oksit bileşikler tercih edilir. Temel akışkan olarak ise su, etilen glikol, mineral yağ vs. kullanılır. Temel sıvı içindeki nano-partiküllerin kararlı yapısını geliştirmek amacıyla, bazı küçük miktarda katkı maddeleri karışıma ilave edilmektedir. Böylece geleneksel akışkana belirli miktarda eklenerek oluşturulan nano-partikül süspansiyonu ile nano-akışkan elde edilir (Türkan, 2015; Gürmen & Ebin, 2008).

Nano-akışkanlar üzerine olan araştırmanın ilk aşaması, ısıl iletkenlik üzerine ABD’de Ulusal Argonne Laboratuvarlarında yapılmıştır. 1990 yılının sonlarında dünya çapında (ABD, Avrupa, Japonya, Çin) gibi ülkelerde ilgi görmüş ve çok sayıda çalışmaların yapılmasına olanak sağlanmış ve sağlanmaya devam etmektedir. Birçok araştırma sonucunda temel akışkana az miktarda nano-partikül ilave edilen nano-akışkan sıvısının ısıl iletim katsayısını, ciddi bir şekilde yükselttiği görülmüştür. Böylece ısı transfer cihazlarının yüksek verimde çalışması sağlanarak küçük boyutta imalat gerçekteşmiş olmaktadır (Aytaç, 2014; Menceoęlu & Kırca,

2008). Şekil 2.7’de örnek şema bir şema olarak nano-akışkanı oluşturan temel (taban) akışkan ve partikül (parçacık) süspansiyonu görülmektedir.



Şekil 2.7. Nano-akışkanı oluşturan temel (taban) akışkan ve nano-partikül (parçacık) süspansiyonu şeması (Karabulut, 2015)

2.4.2. Nano-akışkanların termofiziksel özellikleri

Isıl sistemlerin akış ve ısı transferi performansına göre akışkanların en önemli termofiziksel özellikleri; yoğunluk, özgül ısı, ısı iletkenlik, yüzey gerilimi ve viskozitedir.

Nano-akışkanlarda ısı iletkenlik

Nano-akışkanlarda, karışıma eklenen nano-partikül boyutunda katı metallerin ısı iletkenlik katsayıları kullanılan sıvılara göre yüksek olduğundan ısı performansı artırabileceği tahmin edilmektedir. Bu artışın nedenleri aşağıda sıralanmıştır;

- i. Eklenen nano-partikül ısı transferi yüzey alanını ve akışkanın ısı kapasitesini artırır.
- ii. Akışkanın ısı iletkenliği artar.
- iii. Partiküller ve akışkan arası çarpışma sonucu etkileşim yoğunlaşır.
- iv. Karışma miktarı ve akışkanın türbülans şiddeti artar.
- v. Nano-partiküllerin dağılımı, akışkanın enine doğru olan sıcaklık değişimini düzleştirerek akışkan ve yüzey arasındaki sıcaklığın birbirine yaklaşmasını sağlar.

Bir nano-akışkan, akışkanın ve nano-partiküllerin bir karışımıdır ve ısı iletkenliğini birçok faktör etkilemektedir. Nano-akışkanın ısı iletkenliğinin birden fazla değişkene bağlıdır bunlar;

- i. Temel akışkanın ısı iletkenliği
- ii. Nano-partiküllerin ısı iletkenliği
- iii. Hacim konsantrasyonu
- iv. Nano-partiküllerin boyutu
- v. Nano-partiküllerin şekli
- vi. pH etkisi
- vii. En-boy oranı
- viii. Sıcaklık
- ix. Kümeleşmenin etkisi

Viskozite

Isı değiştirici, soğutma sistemleri gibi ısı cihazlarda nano-akışkanın akışını düzenlemek için viskozite önemli bir etkidir. Çalışma esnasında pompalama gücü viskoziteye bağlıdır. Viskoziteyi etkileyen önemli parametreler aşağıda sıralanmıştır.

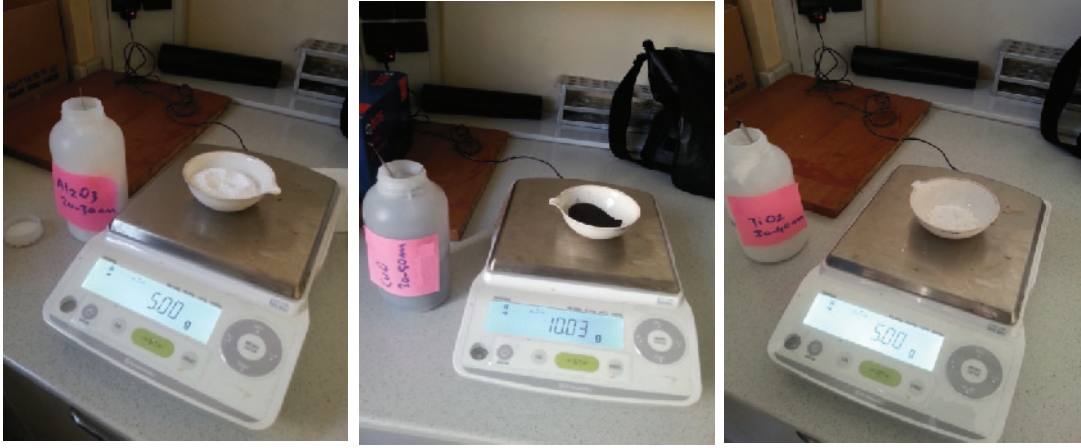
- i. Sıcaklık etkisi
- ii. Partikül boyutunun etkisi
- iii. Partikül boyut dağılımının etkisi
- iv. Kayma hızının etkisi
- v. Yüzey aktif maddenin etkisi
- vi. Partikül hacim konsantrasyonu etkisi (Karabulut, 2015; Akyürek, 2014).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada ısı geri kazanım amacıyla imalatı yapılmış olan vakum tüplü cam güneş toplayıcılı, yerçekimi destekli termosifon tip ısı borusunda, çalışma sıvısı olarak hazırlanmış olan çeşitli nano-akışkanların ısı etkisi deneysel olarak incelenmiştir. Güneşten alınan ısı enerji ısı borusu yardımıyla iletilerek kondenser bölgesine yerleştirilen depoda bulunan su sıcaklığına etkisi araştırılmıştır. Yapılan deneylerde ilk aşama olarak farklı hacimsel nano-partikül katkılama oranlı nano-akışkanlar ısı borularında kıyaslanmıştır. İkinci aşamada seçilen ısı boruları 26° , 41° ve 56° eğim açılarındaki denenmiştir. Üçüncü aşamada ise ısı borusunda belirlenen nano-akışkan, % 25, % 50, % 75, % 100 evaporatör bölgesi doluluk oranlarında kıyaslanarak deneysel çalışması yapılmıştır. Böylece ısı borusu ısı direnci azaltılması, evaporatör ve kondenser bölgeleri arasında sıcaklık farkının azaltılarak ısı iletiminin yükseltilmesi ve ısı borusu performansının artırılması amaçlanmıştır. Deney setinin kurulması ve performans incelemesi fotoğraflı şekilde anlatılmıştır.

3.1. Nano-Akışkanların Hazırlanması

Isı borularında kullanılacak nano-akışkanların hazırlanmasında, Al_2O_3 (20-30 nm), CuO (30-50 nm) ve TiO_2 (30-40 nm) boyutlarında nano-partikül madde kullanılmıştır. Çalışma sıvısında temel akışkan olarak saf su tercih edilmiştir ve bu suya, % 1, % 2 ve % 3 hacimsel katkılama oranlarında Al_2O_3 (alüminyum oksit), CuO (bakır oksit) ve TiO_2 (titanyum oksit) partikül maddeleri ilave edilmiştir ve çeşitli aşamalarda karışım sağlanmıştır. Deneyde kullanılan nano-partiküllerin görünümü aşağıda Şekil 3.1’de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Deneyde kullanılan nano-partiküllerin görünümü

Ölçümler için 0,01 gr hassasiyetli hassas terazi kullanılmıştır. Şekil 3.2’de aşağıda gösterilmektedir.



Şekil 3.2. Hassas terazi görünümü

Saf suya ilave edilen nano-partiküller, manyetik ve ultrasonik banyo karıştırıcı cihazlar ile iki aşamada karışım yapılmıştır. İlk olarak her bir nano-akışkan için 20 dk. kadar manyetik karıştırıcı cihaz ile karıştırılmıştır. Manyetik karıştırıcı görünümü Şekil 3.3’de aşağıda verilmiştir.



Şekil 3.3. Manyetik karıştırıcı cihaz görünümü

Daha sonra nano-akışkanlar, ultrasonik banyo karıştırıcı cihazı ile 30 dk zaman aralığında karışımı yapıp hazırlanmıştır. Şekil 3.4'te ultrasonik banyo karıştırıcı cihaz gösterilmiştir.



Şekil 3.4. Ultrasonik banyo karıştırıcı cihaz görünümü

3.2. Isı Borusu İmalatı

Isı borusu imalatı için 750 mm uzunluğunda, 18 mm çapında ve 1 mm et kalınlığında demir boru kullanılmıştır. Isı borusunun 250 mm kısmı evaporatör bölge, 220 mm abyabatik bölge, 280 mm'lik son kısım ise kondenser bölge olarak tasarımı yapılarak 10 adet boru hazırlanmıştır.

Isı borusu imalatında, öncelikle boru ucuna küresel vana kaynatılmış, kaçak testi için boruya hava basılıp kontrolü yapılmıştır. Sonrasında boruya vakum yapıp

daha önceden hazırlanmış 10 farklı nano-akışkan evaporatör hacminin yaklaşık 1/2'si kadar (35 ml) miktarda boruya şarj edilmiştir. Son olarak ise ısı borusu ucuna eklediğimiz küresel vana, ön kısmındaki boru bükülüp kaynatıldıktan sonra çalışma akışkanı kaçırılmadan kesilmiştir. Isı borusuna vakum işlemi ve hazırlanmış hali aşağıda Şekil 3.5'de görülmektedir. Böylece toplamda 10 adet ısı borusu imalatı yapılmıştır.



Şekil 3.5. a) Vakum işlemi görünümü, b) 10 adet ısı borusu görünümü

3.3. Isı Borusuna Termokupl, Yalıtım Malzemesi, Su Şişesi ve Vakum Cam Tüp Yerleşimi

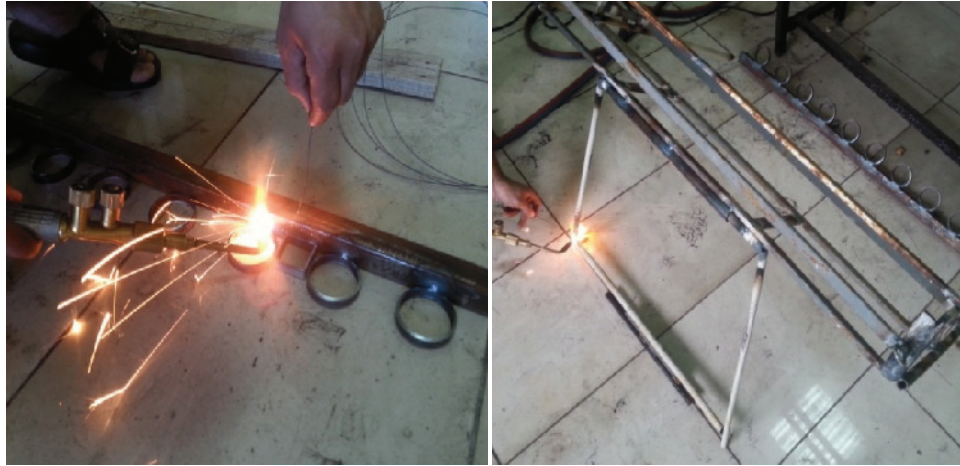
Deneyde ısı borusu üzerinde oluşacak sıcaklıkları belirlemek için K tipi termokupl (ısı çifti) kullanılmıştır. Bu termokupllar her bir ısı borusunda evaporatör kısmında, uçtan 50 mm (evaporatör giriş) ve uçtan 250 mm (evaporatör çıkış), kondenser kısmında ise diğer uçtan 150 mm mesafede bağlanmıştır.

Isı borusu kondenser kısmına 1500 ml hacimde plastik şişe ve evaporatör kısmına 300 mm uzunluğunda özel olarak imal edilmiş vakum tüp cam kollektör yerleştirilmiştir. Sistemde oluşacak ısı kayıplarını önleme amacıyla 28 mm çapında fleksi yalıtım malzemesi kullanılmıştır. Aşağıdaki Şekil 3.6'da görünümleri verilmiştir.



Şekil 3.6. a) Plastik şişe uygulama görünümü, b) Vakum tüp cam kollektör uygulama görünümü

Deney için ısı borularını yerleştireceğimiz farklı açılarda ayarlanabilir 10 ısı borusu kapasiteli platform tasarım ve imalatı yapılmıştır. İmalat görünümü aşağıdaki Şekil 3.7’de gösterilmiştir.



Şekil 3.7. a) Platform imalatı görünümü, b) Platform açısı ayar imalatı görünümü

3.4. Deney Veri Ölçümlerinde Kullanılan Cihazlar

3.4.1. Piranometre (Güneş ışıınımlı ölçer)

Piranometre global veya dağılma radyasyonunu ölçen alettir. Piranometre, iki katlı camdan oluşan yarım kürenin altına yerleştirilmiş ve bakır-konstantan ısı çiftleri içeren siyah metalden oluşur. Isıl çiftlerin siyah eklemleri siyah metal yüzeyin alt tarafına yerleştirilmiştir. Piranometre’nin temel mantığı, siyah yüzeyin gelen ışığı emerek oluşan elektrik hareket gücü sayesinde soğuk eklemden daha yüksek bir

sıcaklığa ulaşmasıdır. 10 mV ila 20 mV arasında oluşan bu elektrik hareket gücünün belli bir zaman aralığında integrali alınır. Ve buradan elde edilen sonuç global radyasyonun ölçüm değeridir. Piranometre herhangi bir yatay yüzeye düşen toplam radyasyonu ölçebilmek için yatay olarak yerleştirilir. Şekil 3.8’de gösterilmiştir.



Şekil 3.8. Piranometre görünümü (Anonim-5)

3.4.2. Data logger

Deneylerde sıcaklık ve güneş ışınlamı ölçülerini belirli zaman aralıklarında kaydetmek amacıyla üç adet 5 ve bir adet 15 kanallı iki farklı data logger cihazı kullanılmıştır. Aşağıda Şekil 3.9’da görünümeleri verilmiştir.



Şekil 3.9. a) 5 kanallı data logger kart görünümü, b) 15 kanallı data logger cihazı görünümü

3.5. Birinci Aşama Deney

Isı borusu evaporatör bölgesi % 50 doluluk oranlarında (35 ml) % 1, % 2, % 3 hacimsel nano-partikül katkılı Al_2O_3 -Su, CuO-Su ve TiO_2 -Su nano-akışkanları ve çalışma akışkanı olarak saf su ile hazırlanmış 10 adet ısı borusu kullanılmıştır. 41° ısı borusu eğim açısında Ondokuz Mayıs Üniversitesi (OMÜ) ana kampüsü mühendislik fakültesinde, 5 Ekim 2016 (11.30-15.30), 12 Ekim 2016 (11.30-14.30), 20 Ekim 2016 (10.00-15.00) tarihleri ve zaman aralığında üç gün boyunca denenmiştir. Deney düzeneği aşağıda Şekil 3.10'da gösterilmiştir.



Şekil 3.10. Birinci aşama deney sistemi görünümü

3.6. İkinci Aşama Deney

Çalışma akışkanı olarak saf su ve CuO-Su, TiO_2 -Su, Al_2O_3 -Su % 2 hacimsel nano-partikül katkılama oranlarında hazırlanan nano-akışkanlar, 4 adet ısı borularında 26° , 41° , 56° eğim açılarında değerleri alınıp, OMÜ Yeşilyurt D. Ç. Meslek Yüksekokulunda deneysel işlemi gerçekleştirilmiştir. 41° eğim açısında 18 Kasım 2016 (9.30-15.00), 26° eğim açısında 19 Kasım 2016 (9.30-15.00), 56° eğim açısında 20-21-22 Kasım 2016 (9.30-15.00) tarihleri ve zaman aralığında verileri alınmıştır. Deney düzeneği aşağıda Şekil 3.11'de gösterilmiştir.



Şekil 3.11. İkinci aşama deney sistemi görünümü

3.7. Al_2O_3 Nano-Akışkanlı Isı Borularının Farklı Evaporatör Doluluk Oranlarında İmalatı

% 2 hacimsel Al_2O_3 nano-partikül katkılama oranlarında ısı boruları kesilip yeniden % 25 (17,5 ml), % 50 (35 ml), % 75 (52,5 ml), % 100 (70 ml) evaporatör bölgesi doluluk oranlarında aynı % 2 hacimsel nano-partikül katkılama oranında Al_2O_3 -Su nano-akışkanı kullanılarak ısı boruları imalatı yapılmıştır. Fotoğraflarla aşağıda Şekil 3.12’de gösterilmiştir.



Şekil 3.12. a) Isı boruları farklı evaporatör doluluk oranı imalat görünümü, b) Nano-akışkan ölçüm görünümü

3.8. Üçüncü Aşama Deney

4 adet farklı ısı borusu evaporatör bölgesi doluluk oranlarında hazırlanmış Al_2O_3 -Su nano-akışkanı içeren ısı boruları OMÜ Yeşilyurt D. Ç. Meslek Yüksekokulunda, 56°

eğim açısında 24 Kasım 2016 (11.00-15.00), 25 Kasım 2016 (9.30-15.00) tarihler ve zaman aralığında deneyi yapılmıştır ve verileri kaydedilmiştir. Deney düzeneği aşağıda Şekil 3.13’de gösterilmiştir.



Şekil 3.13. Üçüncü aşama deney sistemi görünümü

3.9. Teorik Hesaplama

Yapılan deneysel çalışmaların değerlendirilmesi teorik olarak yapılmıştır ve grafiksel oranları çıkarılmıştır. Sistemde verim hesabı, kolektörlerde ısı taşıyıcı akışkana aktarılabilir enerji haline getirilen ısı enerjisinin, kolektöre gelen güneş enerjisine oranına denir. Formüller aşağıdaki (3.1), (3.2), (3.3), (3.4) nolu denklemler ile hesaplanır.

$$Q_t = m \cdot c_p \cdot (T_s - T_b) \quad (3.1)$$

$$Q_g = A \cdot I \cdot \Delta t \quad (3.2)$$

$$\eta = Q_t / Q_g \quad (3.3)$$

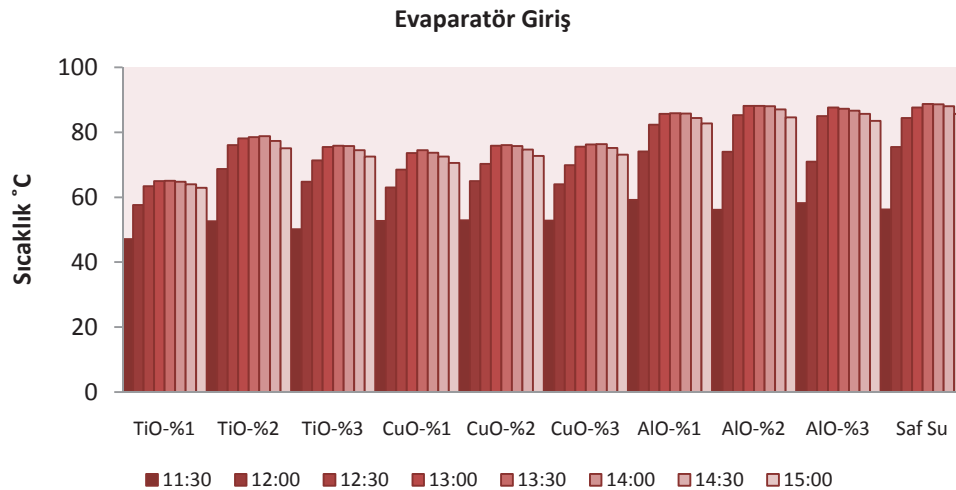
$$\eta = (m \cdot c_p \cdot (T_s - T_p)) / (A \cdot I \cdot \Delta t) \quad (3.4)$$

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

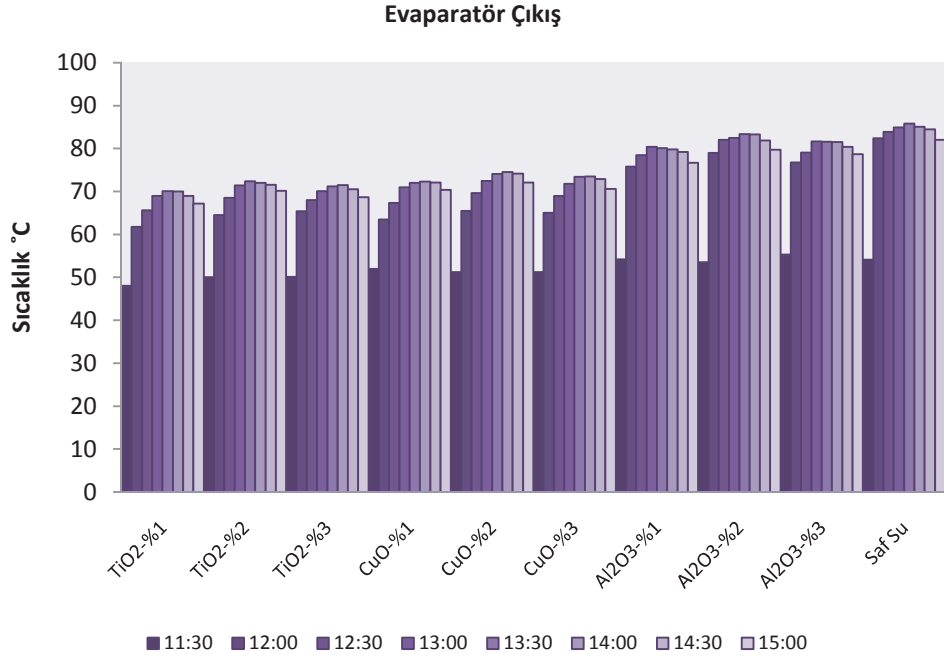
4.1. Farklı Nano-partikül Katkılama Oranlı Nano-Akışkanların 10 ısı Borusunda Değerlendirilmesi

Hazırlanmış olan % 1, % 2, % 3 hacimsel katkılama oranlı nano-akışkanlar 10 ısı borusunda uygulanmış 5 Ekim, 12 Ekim ve 20 Ekim olmak üzere üç farklı günde deneyler yapılmış ve ısı transfer performansları karşılaştırılmıştır. Bu deneyler ile ilgili evaporatör giriş ve çıkış sıcaklıkları ile kondenserlerin bağlı olduğu depodaki su sıcaklıkları Şekil 4.1'den Şekil 4.9'a kadar sırayla verilmiştir. Bu deneyler ile üç farklı nano-partikül kullanılarak hazırlanan nano-akışkanların birbiriyle ve bir diğer ısı borusunda çalışma akışkan olan saf su ile karşılaştırılması yapılmıştır. Bu deneysel veriler kullanılarak, her deney seti için saatlik verimleri hesaplanmış ve ortalamaları alınarak Şekil 4.10'da verilen ısı borularının verimleri hesaplanmıştır.

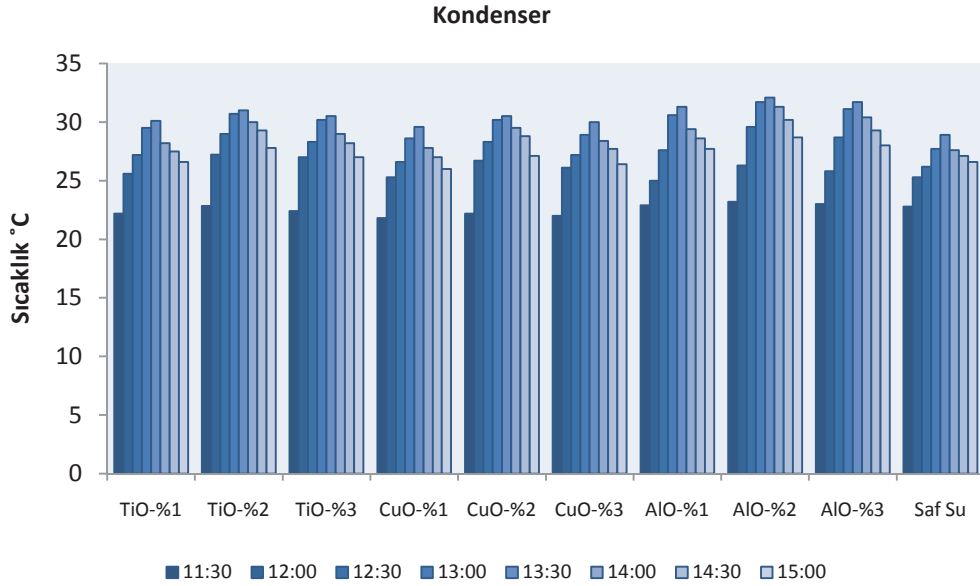
Ölçülen deney sonuçlarında Şekil 4.1-4.9'de görüldüğü gibi çalışma akışkanı saf su bulunan ısı borusu evaporatör bölgesi sıcaklığının, Al_2O_3 -Su nano-akışkanı ile benzer değerler taşıdığı görülmüştür. Kondenser sıcaklık ölçümlerinde ise çalışma akışkanı saf su bulunan ısı borusuna kıyasla nano-akışkanların daha fazla ısı taşınımı sağladığı gözlemlenmiştir.



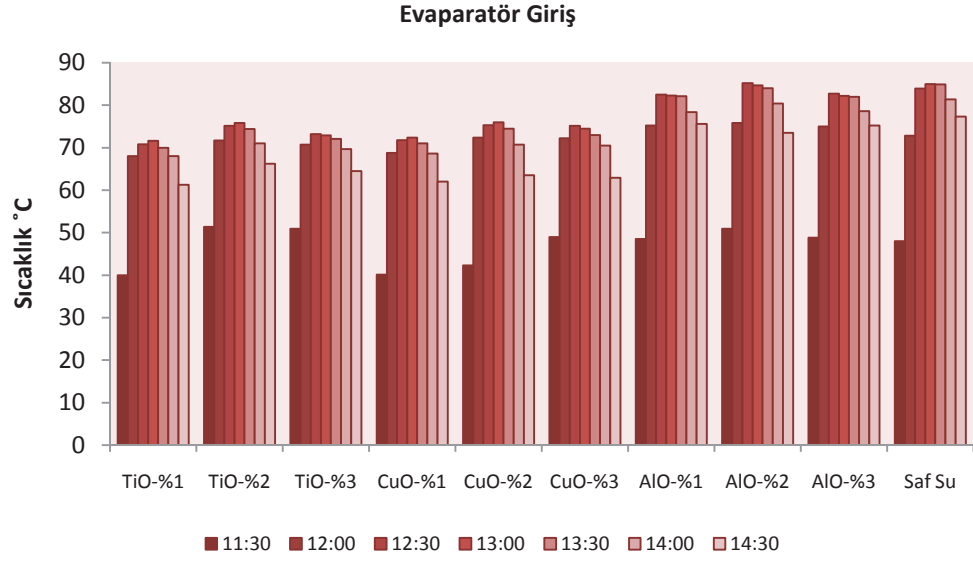
Şekil 4.1. Farklı nano-partikül katkılama oranlı nano-akışkanların ısı borularında zamana göre evaporatör giriş sıcaklıklarının karşılaştırılması (5 Ekim 2017 tarihli deney)



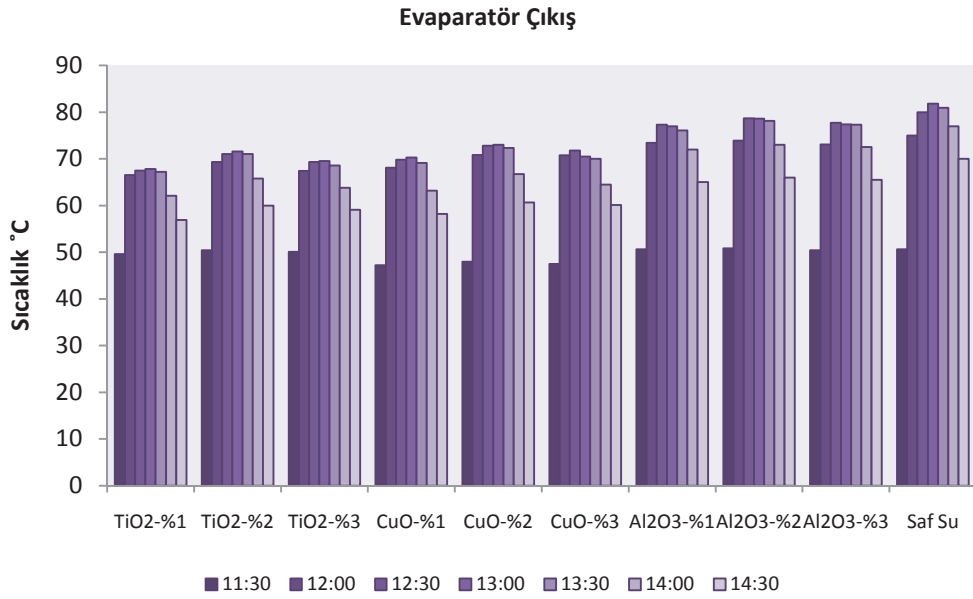
Şekil 4.2. Farklı nano-partikül katkılama oranlı nano-akışkanların ısı borularında zamana göre evaporatör çıkış sıcaklıklarının karşılaştırılması (5 Ekim 2017 tarihli deney)



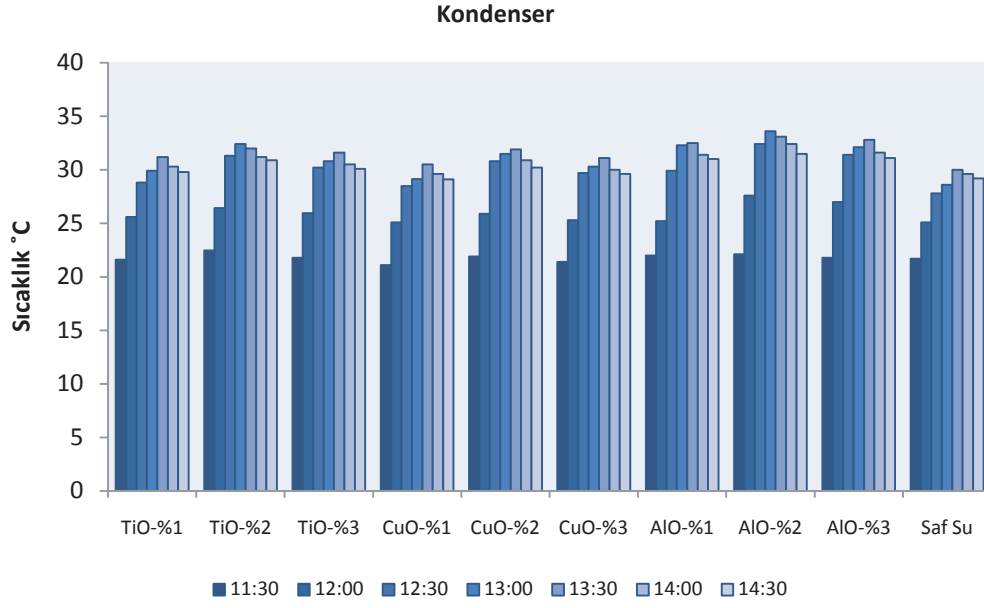
Şekil 4.3. Farklı nano-partikül katkılama oranlı nano-akışkanların ısı borularında zamana göre kondenser sıcaklıklarının karşılaştırılması (5 Ekim 2017 tarihli deney)



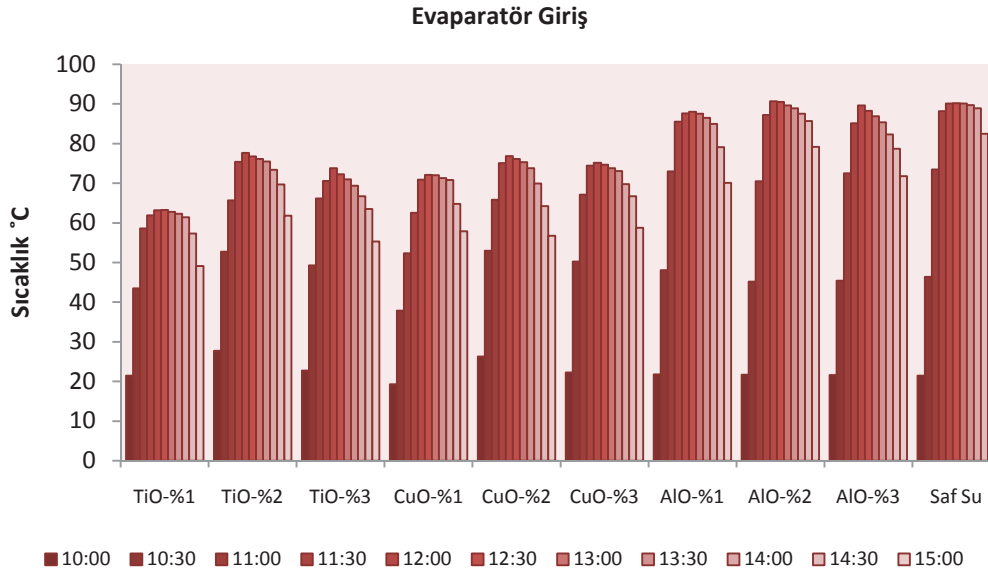
Şekil 4.4. Farklı nano-partikül katkılama oranlı nano-akışkanların ısı borularında zamana göre evaporatör giriş sıcaklıklarının karşılaştırılması (12 Ekim 2017 tarihli deney)



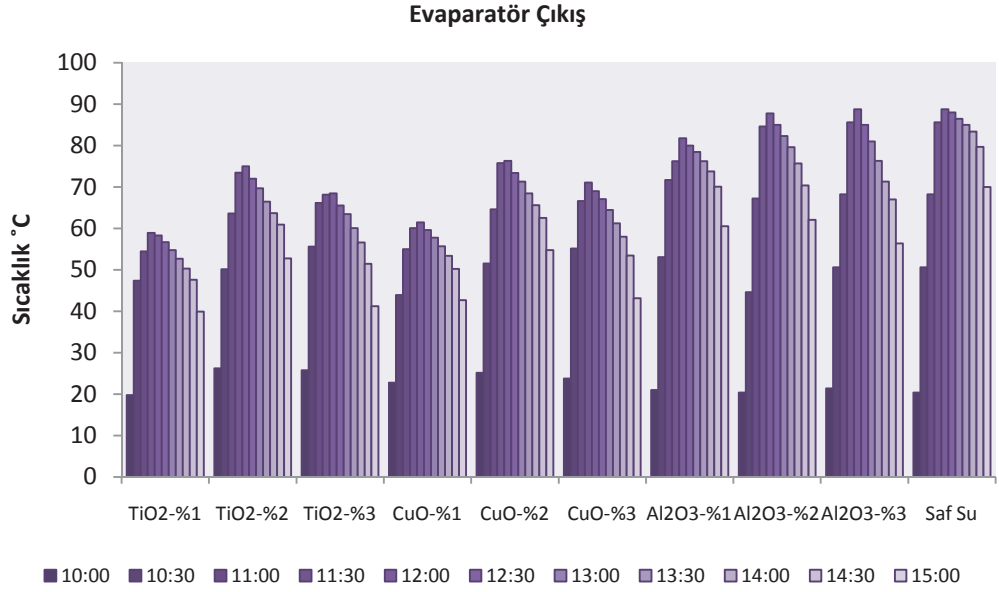
Şekil 4.5. Farklı nano-partikül katkılama oranlı nano-akışkanların ısı borularında zamana göre evaporatör çıkış sıcaklıklarının karşılaştırılması (12 Ekim 2017 tarihli deney)



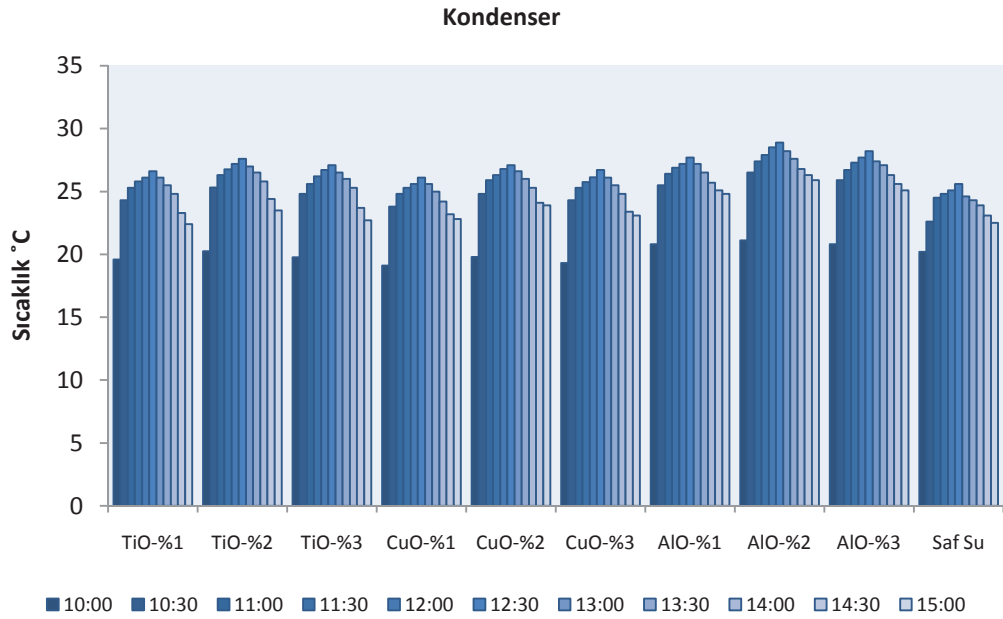
Şekil 4.6. Farklı nano-partikül katkılama oranlı nano-akışkanların ısı borularında zamana göre kondenser sıcaklıklarının karşılaştırılması (12 Ekim 2017 tarihli deney)



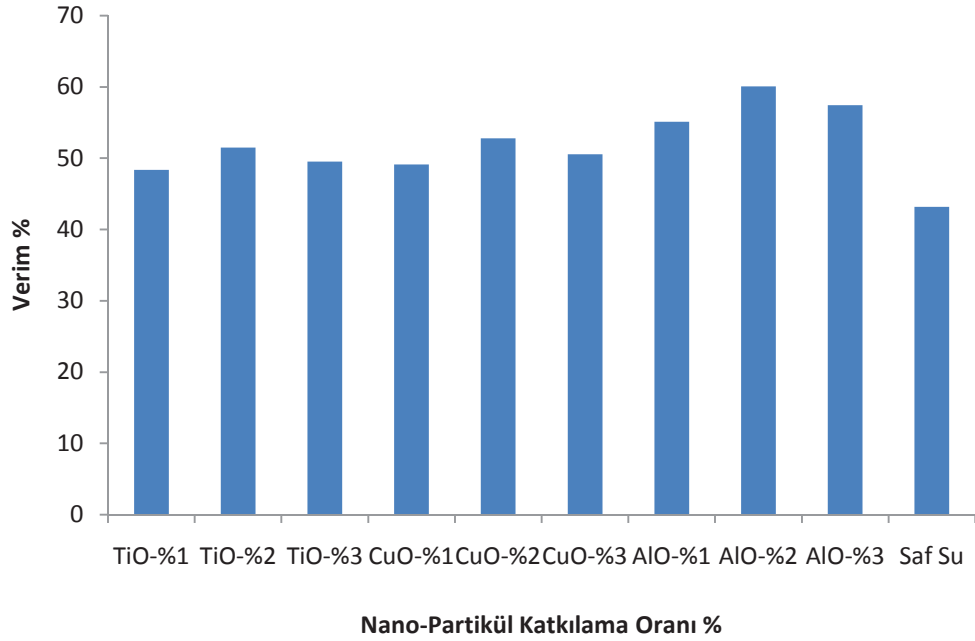
Şekil 4.7. Farklı nano-partikül katkılama oranlı nano-akışkanların ısı borularında zamana göre evaporatör giriş sıcaklıklarının karşılaştırılması (20 Ekim 2017 tarihli deney)



Şekil 4.8. Farklı nano-partikül katkılama oranlı nano-akışkanların ısı borularında zamana göre evaporatör çıkış sıcaklıklarının karşılaştırılması (20 Ekim 2017 tarihli deney)



Şekil 4.9. Farklı nano-partikül katkılama oranlı nano-akışkanların ısı borularında zamana göre kondenser sıcaklıklarının karşılaştırılması (20 Ekim 2017 tarihli deney)



Şekil 4.10. Farklı nano-partikül katkılama oranlı nano-akışkanların ısı borularında üç farklı tarihte yapılan deney sonucunda ortalama verimlerinin karşılaştırılması

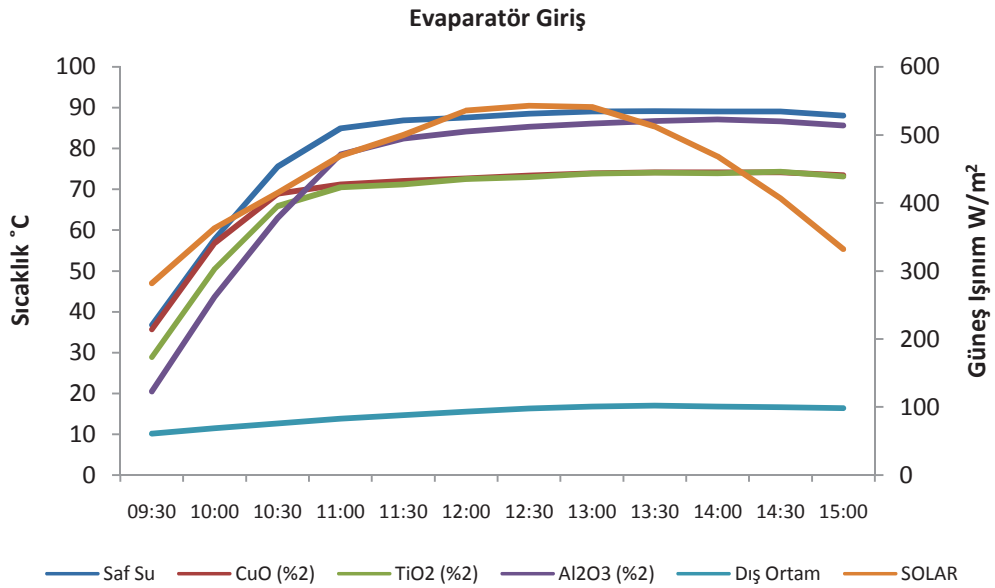
Şekil 4.10’da görüldüğü üzere nano-akışkan tipinin ve temel akışkan su içerisindeki nano-partikül oranlarının ısı boruların verimleri üzerinde belirgin bir etkisi olduğu görülmektedir. Nano-partikül oranı arttıkça verimin arttığı belirli bir oranda maksimum noktaya ulaştığı ve daha sonrası nano-partikül oranının artırılmasının verim üzerine iyileştirici etkisinin sınırlı olduğu görülmektedir. Deney sonuçlarına göre en yüksek verim değerleri % 2 hacimsel oranda nano-partikül içeren TiO_2 -Su, CuO-Su ve Al_2O_3 -Su nano-akışkanlar için elde edilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde % 3 hacimsel nano-partikül içeren nano-akışkanların verimlerinin en yüksek verim değerlerine yakın olduğu, % 1 hacimsel nano-partikül içeren nano-akışkanların verimlerinin ise çalışma akışkanı suya göre yüksek olmakla birlikte en düşük olduğu görülmüştür.

4.2. % 2 Hacimsel Katkılama Oranlı Nano-Akışkanların Isı Borusunda Değerlendirilmesi

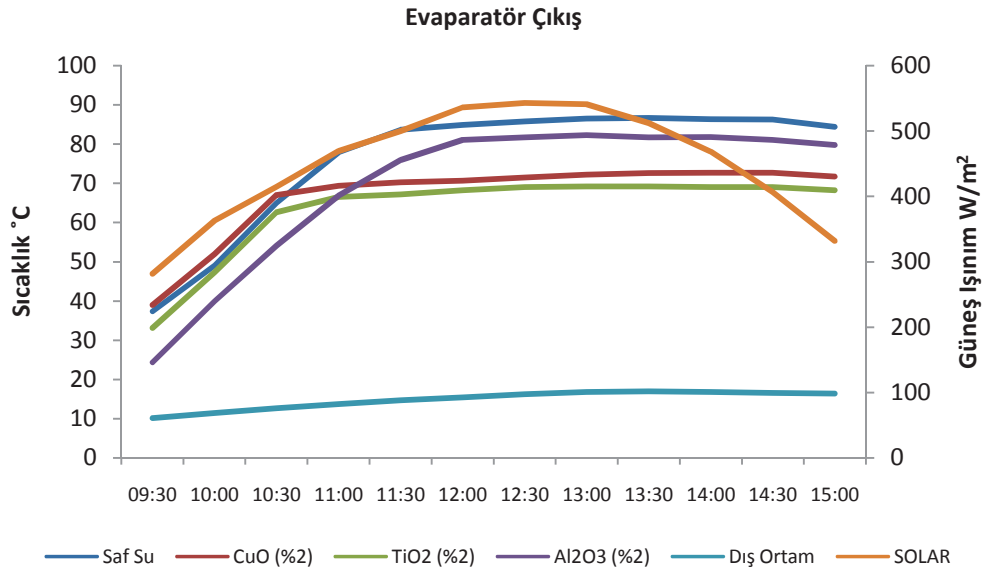
En yüksek verimin elde edildiği % 2 hacimsel nano-partikül katkılama oranlı üç nano-akışkan ve çalışma akışkanı saf su bulunan ısı boruları farklı açılarda test edilip karşılaştırılması yapılmıştır. Açılar Samsun bölgesi enlem açısı olan 41° , yaz

uygulaması için literatürde kabul edilen enlem açısı $+15^\circ$ den 56° ve kış uygulaması olarak literatürde kabul edilen enlem açısı -15° den 26° olarak belirlenmiştir.

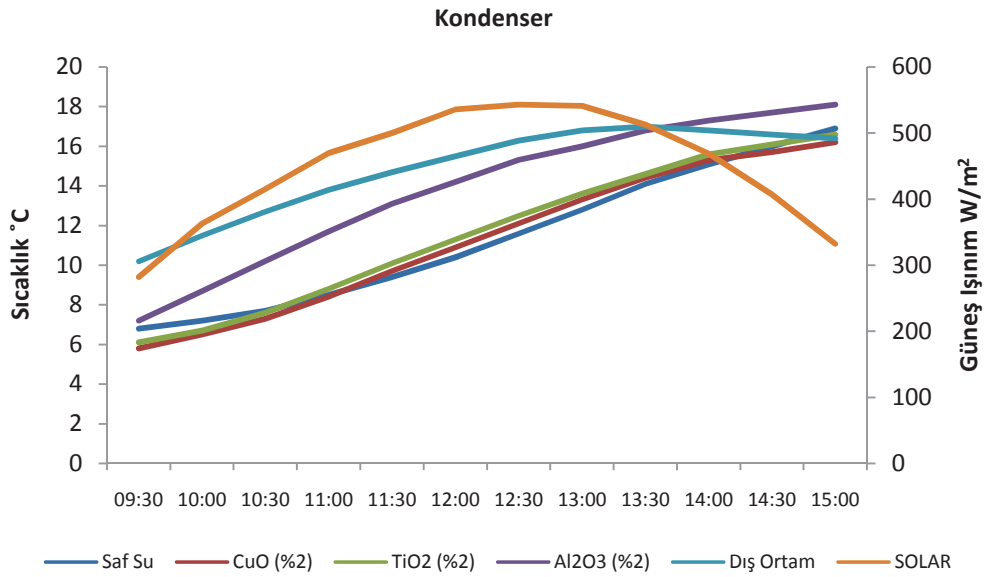
Aşağıda Şekil 4.11-4.13'te bulunan grafiklerde görüldüğü gibi, 41° ısı borusu eğim açısı ve 9.30-15.00 zaman aralığında elde edilen verilerde evaporatör giriş ve evaporatör çıkış sıcaklıkları en yüksek saf su bulunan ısı borusunda olduğu, Al_2O_3 -Su nano-akışkanlı ısı borusunun saf su bulunan ısı borusu özelliklerine yakın sonuçlar da, sırasıyla daha az ve benzer sıcaklık değerlerin de CuO -Su ve TiO_2 -Su nano-akışkanlarında oldukları görülmüştür. Kondenser sıcaklıklarında ise en yüksek performansı daha fazla sıcaklık farkıyla Al_2O_3 -Su nano-akışkanı belirlenmiştir ve sırasıyla TiO_2 -Su, CuO -Su nano-akışkanları, çalışma akışkanı saf su bulunan ısı borularında kaydedilmiştir. Şekil 4.14-4.15'de saat 10.00' da ve 13.00'te deneysel çalışması yapılan ısı borusu yüzey sıcaklık grafiklerinde yine aynı sonuçlar görülmektedir. Şekil 4.16'da görülen verim hesabı ısı borusu performans sonucunda en yüksek % 51,4 verim ile Al_2O_3 -Su, sırasıyla TiO_2 -Su, CuO -Su, saf su olduğu belirlenmiştir.



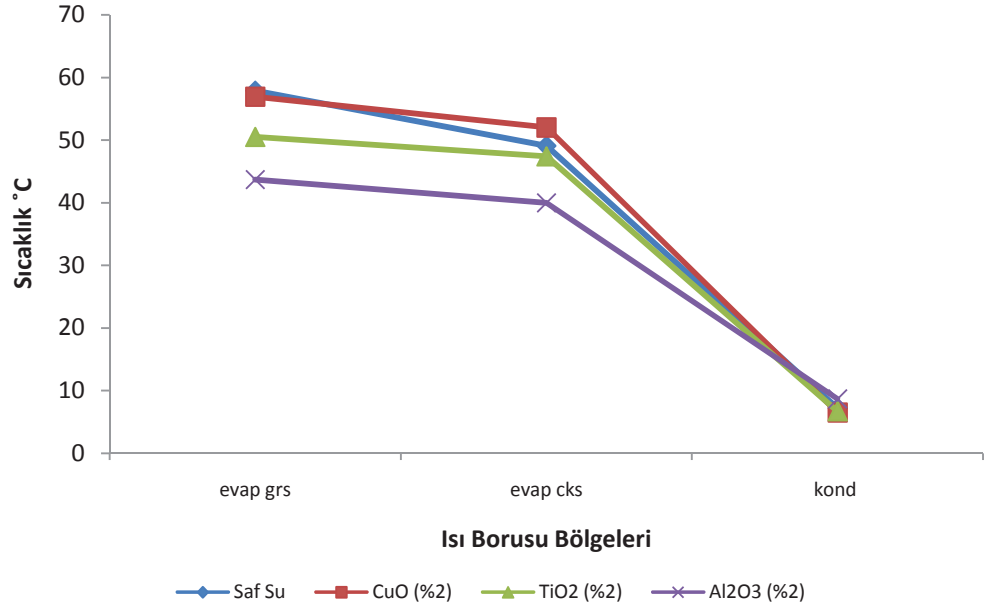
Şekil 4.11. % 2 nano-partikül katkılama oranlı nano-akışkanların ısı borularında zamana göre evaporatör giriş sıcaklık ve güneş ışınım dağılımları (18 Kasım 2017 tarihli 41° ısı borusu eğim açılı deney)



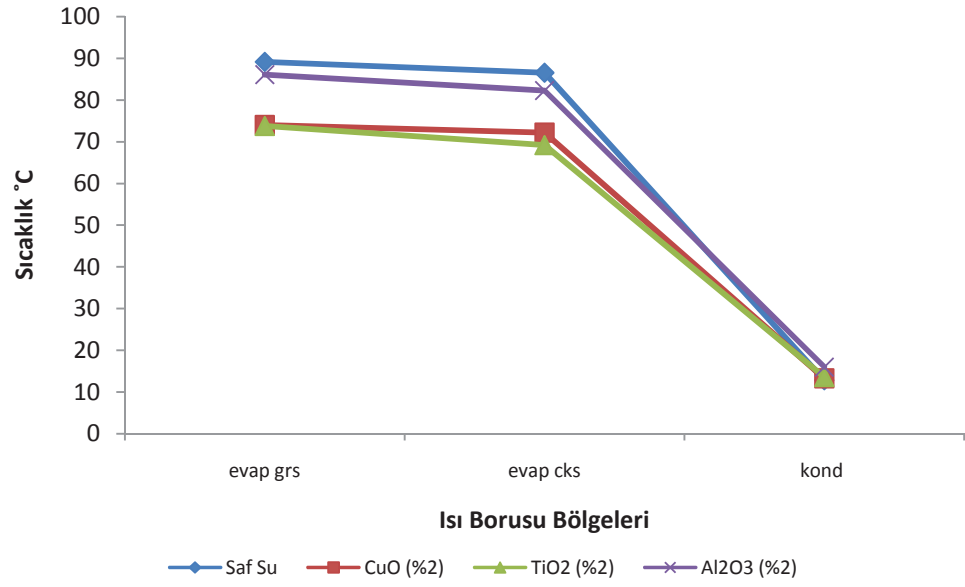
Şekil 4.12. % 2 nano-partikül katkılama oranlı nano-akışkanların ısı borularında zamana göre evaporatör çıkış sıcaklık ve güneş ışınım dağılımları (18 Kasım 2017 tarihli 41° ısı borusu eğim açılı deney)



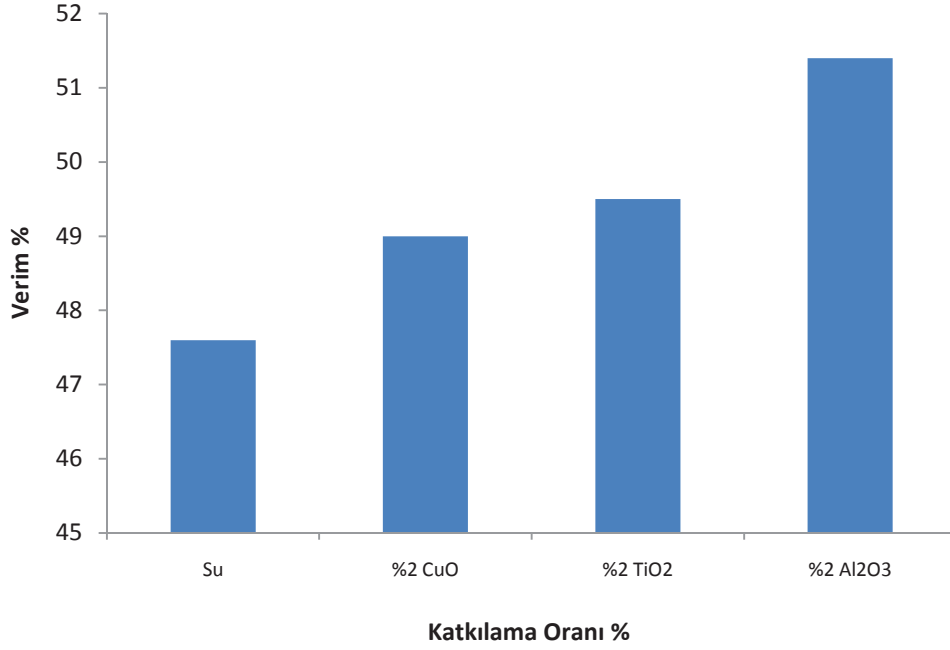
Şekil 4.13. % 2 nano-partikül katkılama oranlı nano-akışkanların ısı borularında zamana göre kondenser sıcaklık ve güneş ışınım dağılımları (18 Kasım 2017 tarihli 41° ısı borusu eğim açılı deney)



Şekil 4.14. Isı borusu yüzey sıcaklık dağılımları (18 Kasım 2017 tarihli saat 10.00'da 41° ısı borusu eğim açılı deney)

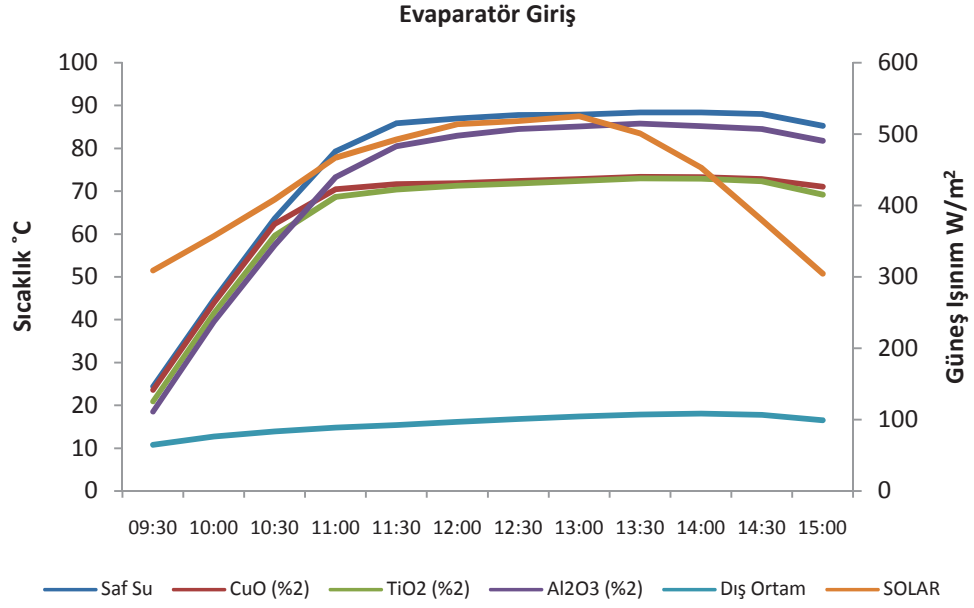


Şekil 4.15. Isı borusu yüzey sıcaklık dağılımları (18 Kasım 2017 tarihli saat 13.00'te 41° ısı borusu eğim açılı deney)

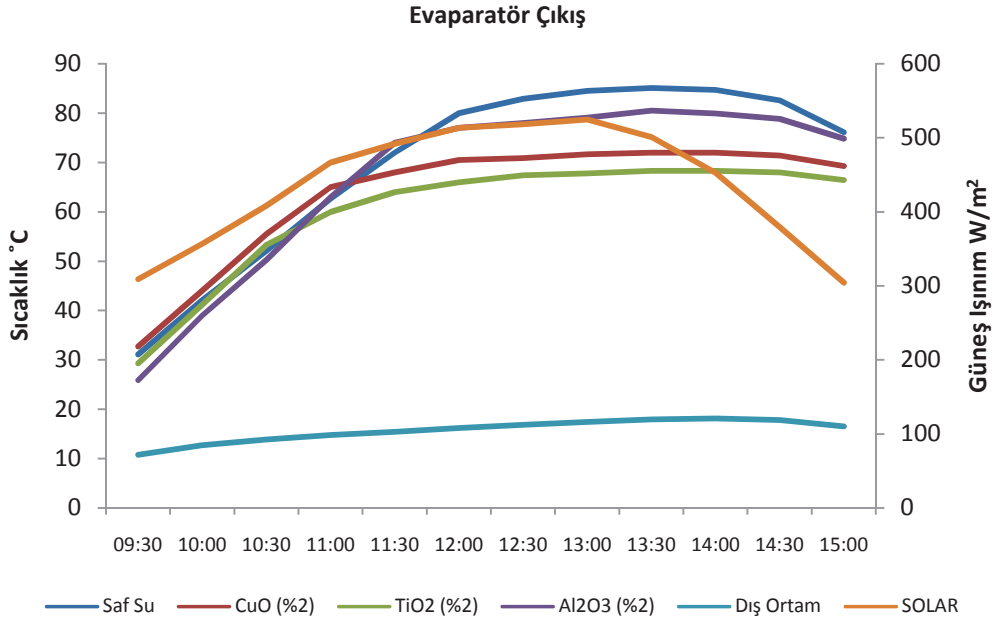


Şekil 4.16. % 2 nano-partikül katkılama oranlı nano-akışkanların ısı borularında 41° eğim açısında verimlerinin karşılaştırılması (18 Kasım 2017 tarihli deney)

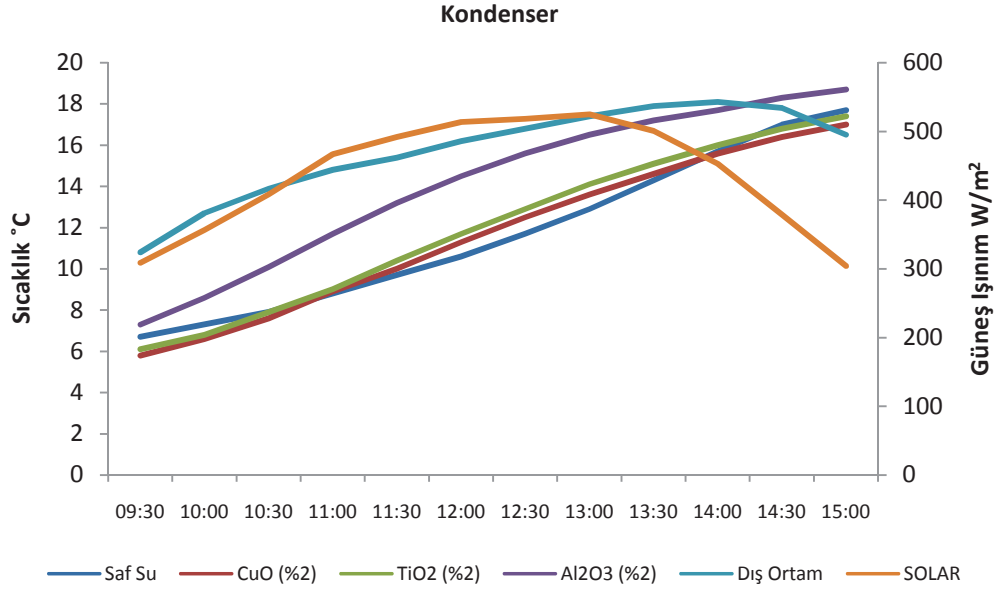
Aşağıda Şekil 4.17-4.19’da grafiklerde görüldüğü gibi, 26° ısı borusu eğim açısı ve 9.30-15.00 zaman aralığında elde edilen verilerde evaporatör giriş ve evaporatör çıkış sıcaklıkları en yüksek, çalışma akışkanı saf su bulunan ısı borusunda olduğu, Al₂O₃-Su nano-akışkanlı ısı borusunun suya yakın değerlerde, ve sırasıyla daha az ve benzer sıcaklık değerlerinde CuO-Su ve TiO₂-Su nano-akışkanlarında oldukları görülmüştür. Kondenser sıcaklıklarında ise en yüksek performansı daha fazla sıcaklık farkıyla Al₂O₃-Su nano-akışkanı olarak belirlenmiştir ve sırasıyla TiO₂-Su, CuO-Su nano-akışkanları, çalışma akışkanı olan saf su olarak kaydedilmiştir. Şekil 4.20-4.21’de ısı borusu yüzey sıcaklık grafiklerinde yine aynı sonuçlar görülmektedir. Şekil 4.22’de görülen verim hesabı performans sonuçlarında ise en yüksek % 55,1 verim ile Al₂O₃-Su, sırasıyla TiO₂-Su, CuO-Su, saf su olduğu belirlenmiştir.



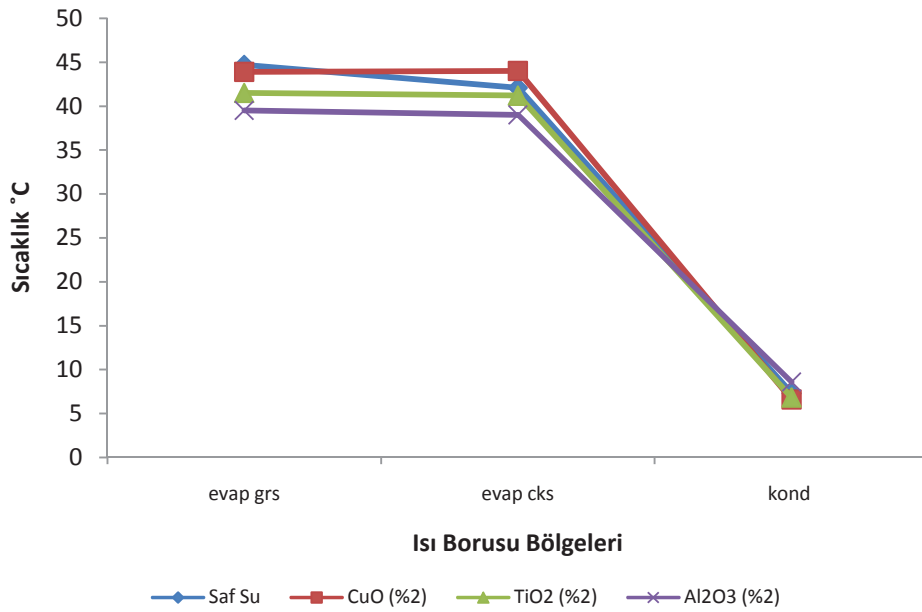
Şekil 4.17. % 2 nano-partikül katkılama oranlı nano-akışkanların ısı borularında zamana göre evaporatör giriş sıcaklık ve güneş ışıınım dağılımları (19 Kasım 2017 tarihli 26° ısı borusu eğim açılı deney)



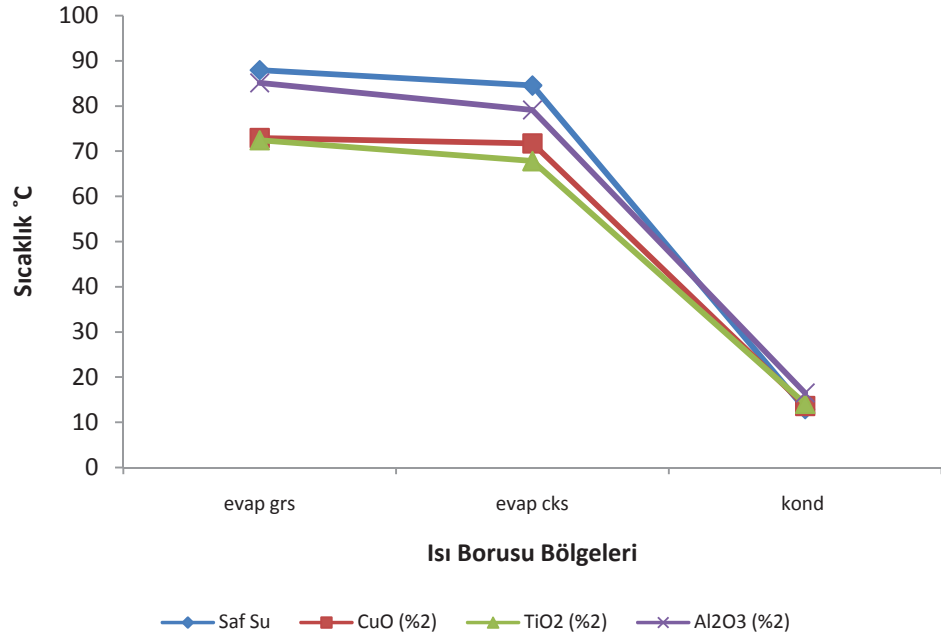
Şekil 4.18. % 2 nano-partikül katkılama oranlı nano-akışkanların ısı borularında zamana göre evaporatör çıkış sıcaklık ve güneş ışıınım dağılımları (19 Kasım 2017 tarihli 26° ısı borusu eğim açılı deney)



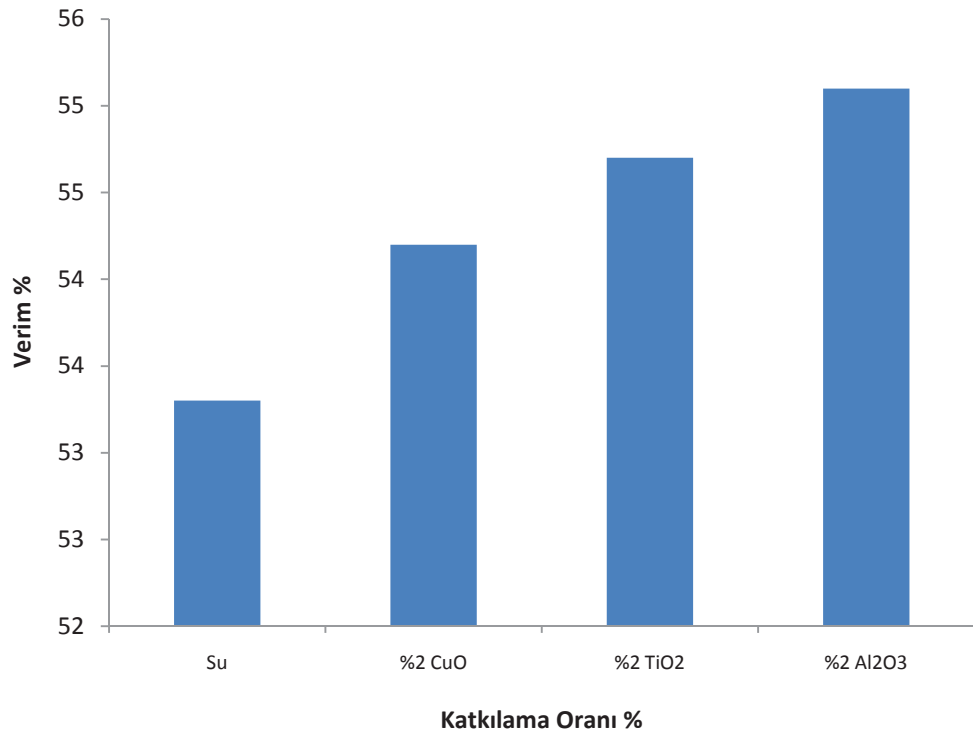
Şekil 4.19. % 2 nano-partikül katkılama oranlı nano-akışkanların ısı borularında zamana göre kondenser sıcaklık ve güneş ışınım dağılımları (19 Kasım 2017 tarihli 26° ısı borusu eğim açılı deney)



Şekil 4.20. Isı borusu yüzey sıcaklık dağılımı (19 Kasım 2017 tarihli saat 10.00'da 26° ısı borusu eğim açılı deney)

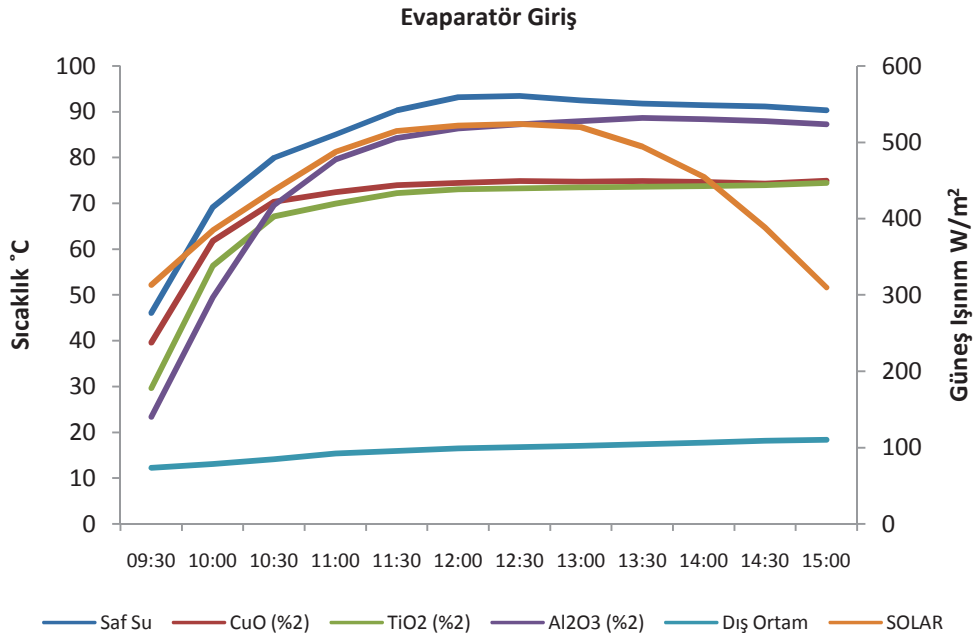


Şekil 4.21. Isı borusu yüzey sıcaklık dağılımı (19 Kasım 2017 tarihli saat 13.00'te 26° ısı borusu eğim açılı deney)

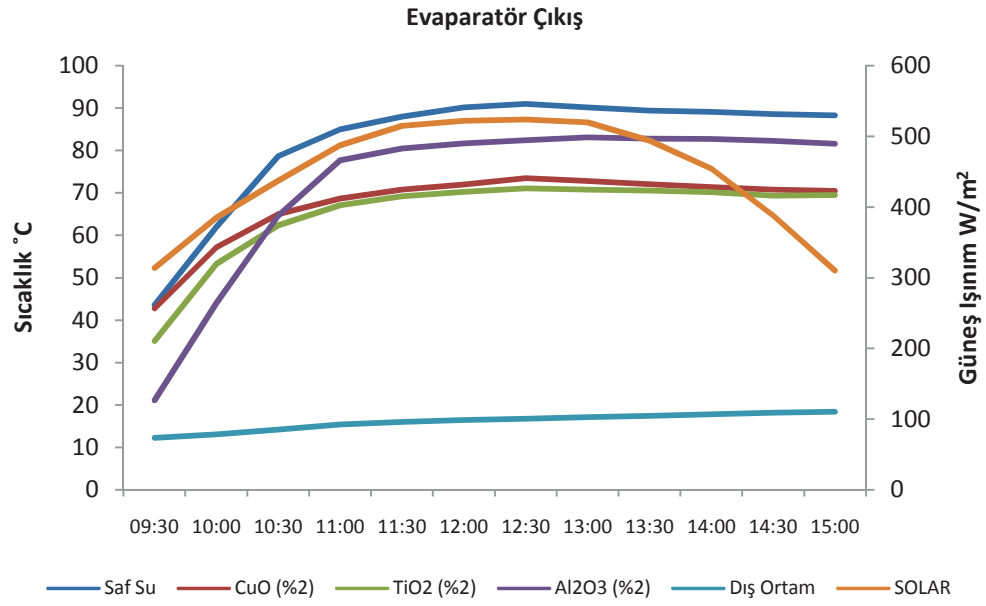


Şekil 4.22. % 2 nano-partikül katkılama oranlı nano-akışkanların ısı borularında 26° eğim açısında verimlerinin karşılaştırılması (19 Kasım 2017 tarihli deney)

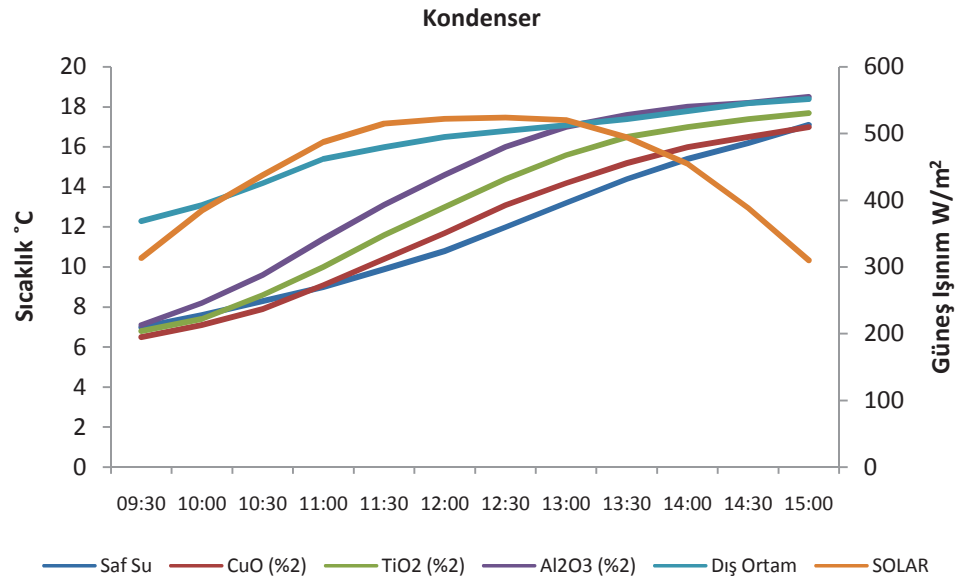
Aşağıda Şekil 4.23-4.25, Şekil 4.29-4.31, Şekil 4.35-4.37’de görülen grafikler de 20-21-22 Kasım tarihli 56° ısı borusu eğim açısı ve 9.30-15.00 zaman aralığında elde edilen verilerde evaporatör giriş ve evaporatör çıkış sıcaklıkları en yüksek, çalışma akışkanı saf su bulunan ısı borusunda olduğu, Al₂O₃-Su nano-akışkanlı ısı borusunun suya yakın değerde ve sırasıyla daha az ve benzer sıcaklık değerleride CuO-Su ve TiO₂-Su nano-akışkanlarında oldukları görülmüştür. Kondenser sıcaklıklarında ise en yüksek performansı daha fazla sıcaklık farkıyla Al₂O₃-Su nano-akışkanı belirlenmiştir ve sırasıyla TiO₂-Su, CuO-Su nano-akışkanları, çalışma akışkanı olan saf su olarak kaydedilmiştir. Şekil 4.26-4.27, Şekil 4.32-4.33, Şekil 4.38-4.39’da ısı borusu yüzey sıcaklık değerleri grafiklerinde yine aynı sonuçlar görülmektedir. Şekil 4.28, Şekil 4.34 ve Şekil 4.40’ta gösterilen verim hesabı performans sonuçlarında ise 20, 21, 22 Kasım tarihlerinde sırasıyla en yüksek % 54, % 56,2 ve % 50 verim ile Al₂O₃-Su, sırasıyla TiO₂-Su, CuO-Su, saf su olduğu belirlenmiştir.



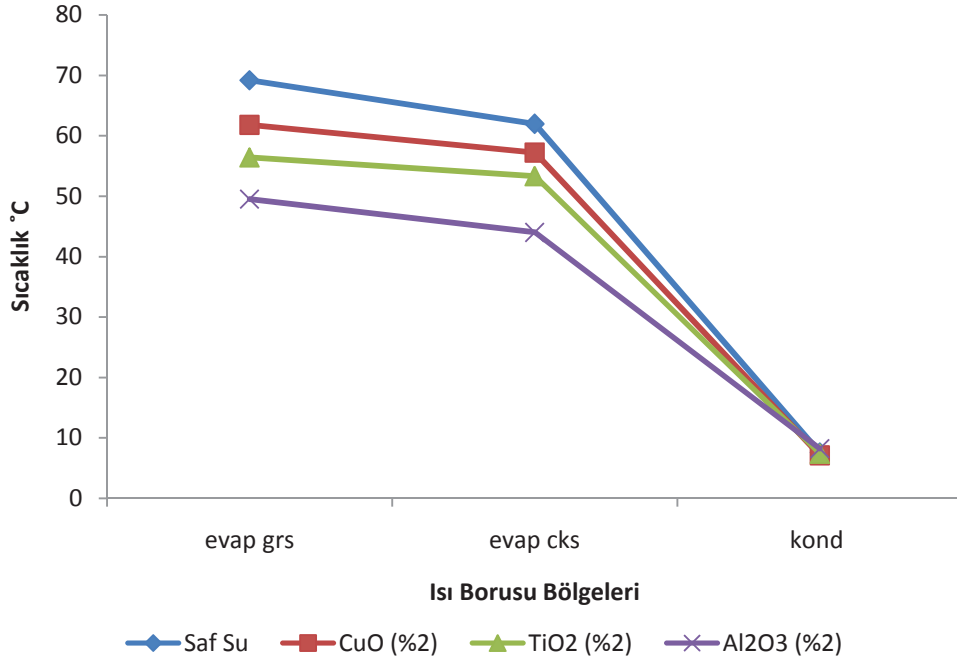
Şekil 4.23. % 2 nano-partikül katkılama oranlı nano-akışkanların ısı borularında zamana göre evaporatör giriş sıcaklık ve güneş ışınım dağılımları (20 Kasım 2017 tarihli 56° ısı borusu eğim açılı deney)



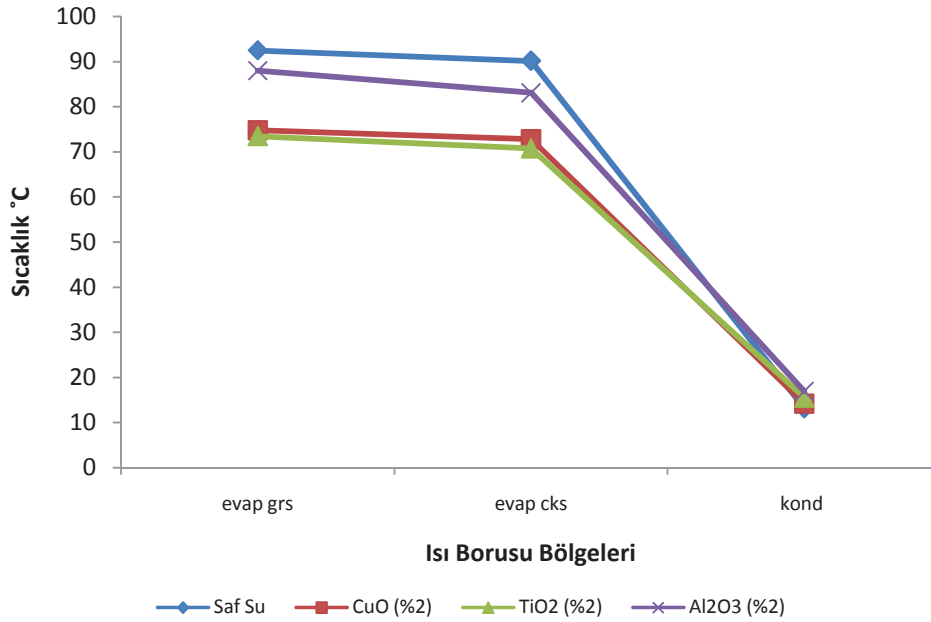
Şekil 4.24. % 2 nano-partikül katkılama oranlı nano-akışkanların ısı borularında zamana göre evaporatör çıkış sıcaklık ve güneş ışınım dağılımları (20 Kasım 2017 tarihli 56° ısı borusu eğim açılı deney)



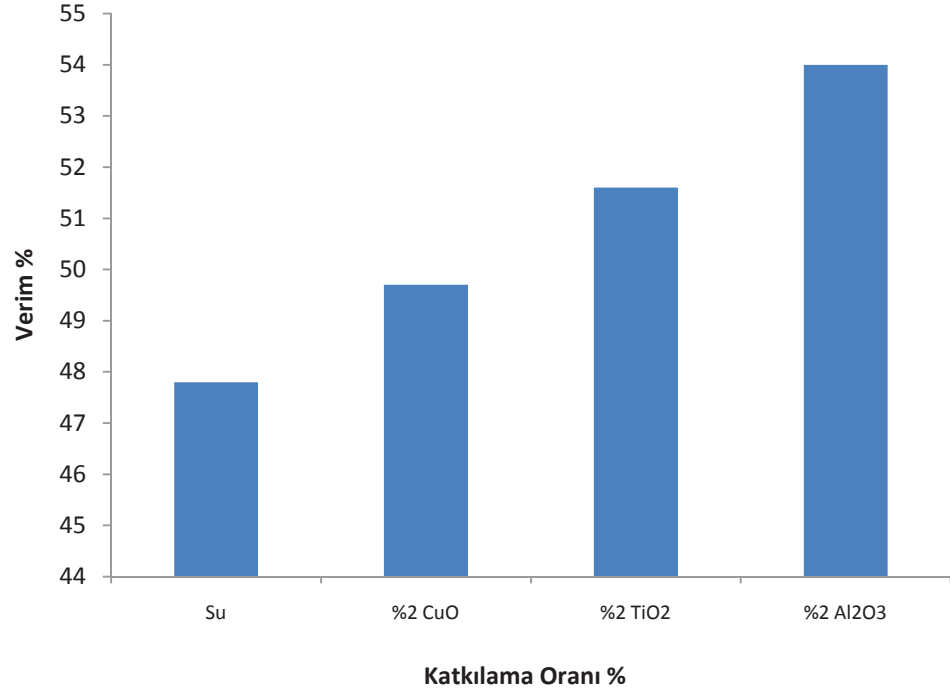
Şekil 4.25. % 2 nano-partikül katkılama oranlı nano-akışkanların ısı borularında zamana göre kondenser sıcaklık ve güneş ışınım dağılımları (20 Kasım 2017 tarihli 56° ısı borusu eğim açılı deney)



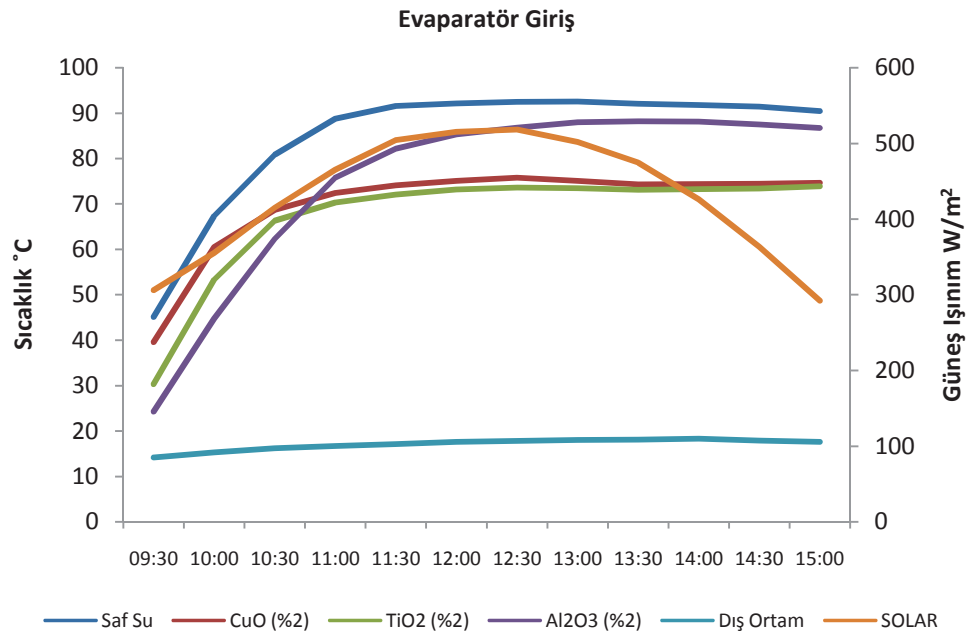
Şekil 4.26. Isı borusu yüzey sıcaklık dağılımı (20 Kasım 2017 tarihli saat 10.00’da 56° ısı borusu eğim açılı deney)



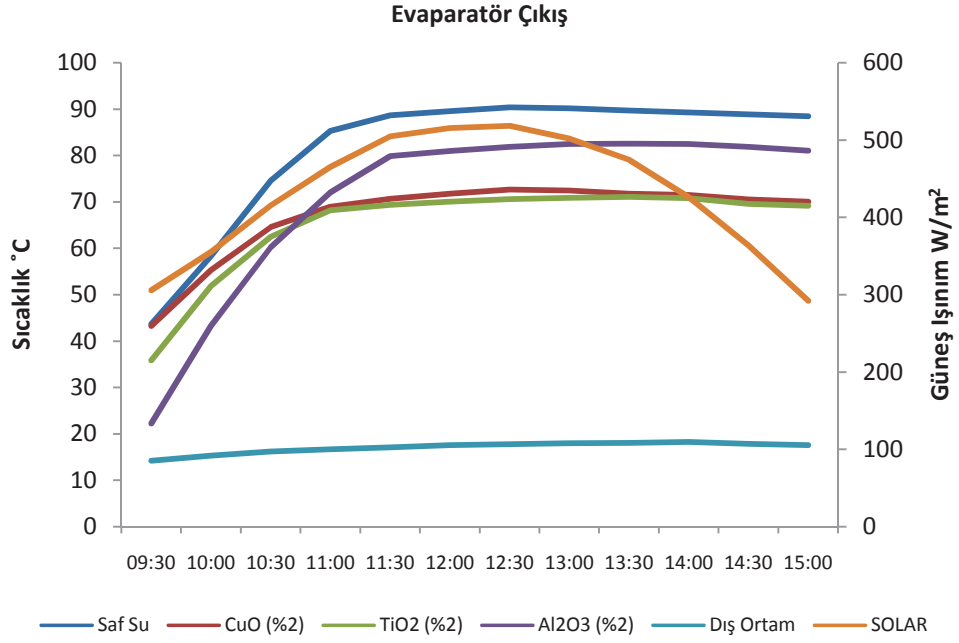
Şekil 4.27. Isı borusu yüzey sıcaklık dağılımı (20 Kasım 2017 tarihli saat 13.00’te 56° ısı borusu eğim açılı deney)



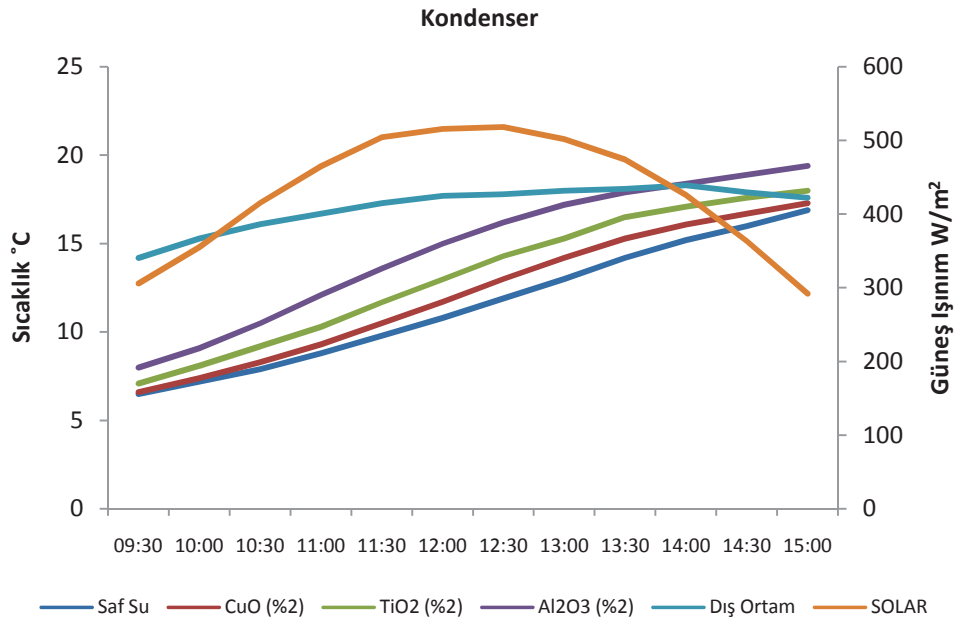
Şekil 4.28. % 2 nano-partikül katkılama oranlı nano-akışkanların ısı borularında 56° eğim açısında verimlerinin karşılaştırılması (20 Kasım 2017 tarihli deney)



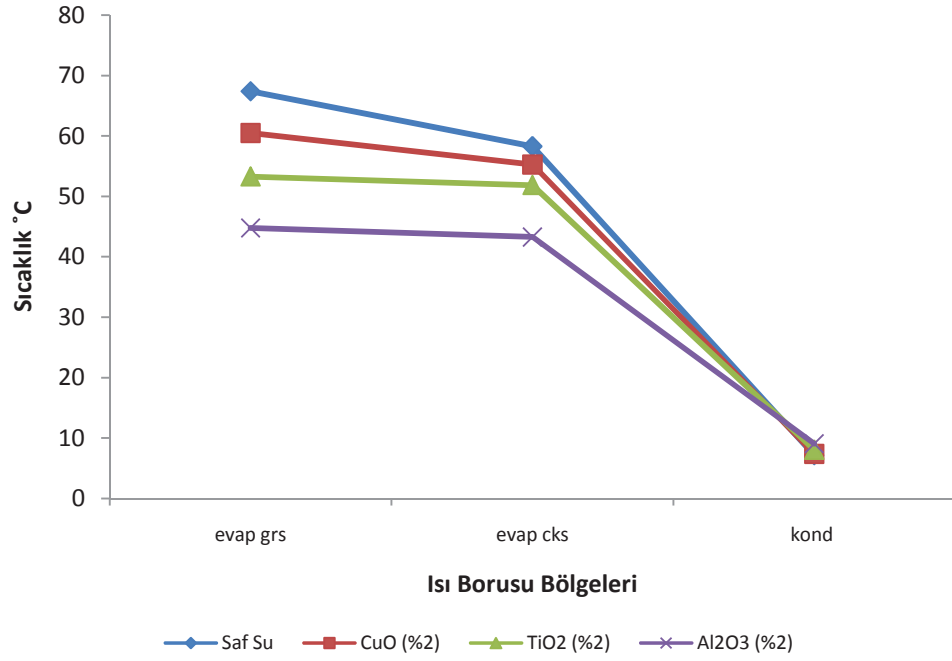
Şekil 4.29. % 2 nano-partikül katkılama oranlı nano-akışkanların ısı borularında zamana göre evaporatör giriş sıcaklık ve güneş ışıınım dağılımları (21 Kasım 2017 tarihli 56° ısı borusu eğim açılı deney)



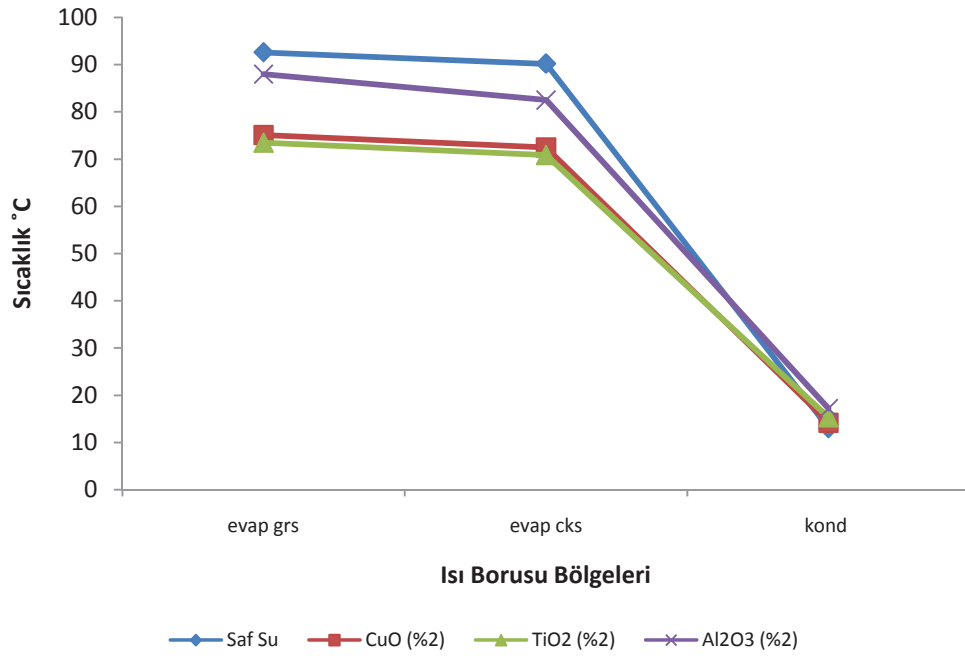
Şekil 4.30. % 2 nano-partikül katkılama oranlı nano-akışkanların ısı borularında zamana göre evaporatör çıkış sıcaklık ve güneş ışınım dağılımları (21 Kasım 2017 tarihli 56° ısı borusu eğim açılı deney)



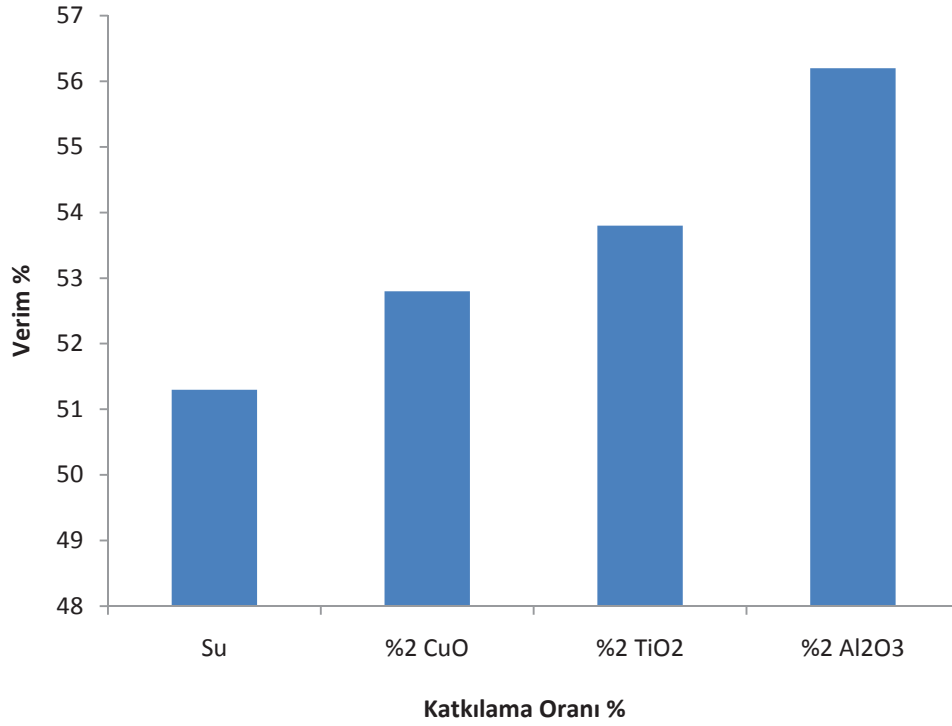
Şekil 4.31. % 2 nano-partikül katkılama oranlı nano-akışkanların ısı borularında zamana göre kondenser sıcaklık ve güneş ışınım dağılımları (21 Kasım 2017 tarihli 56° ısı borusu eğim açılı deney)



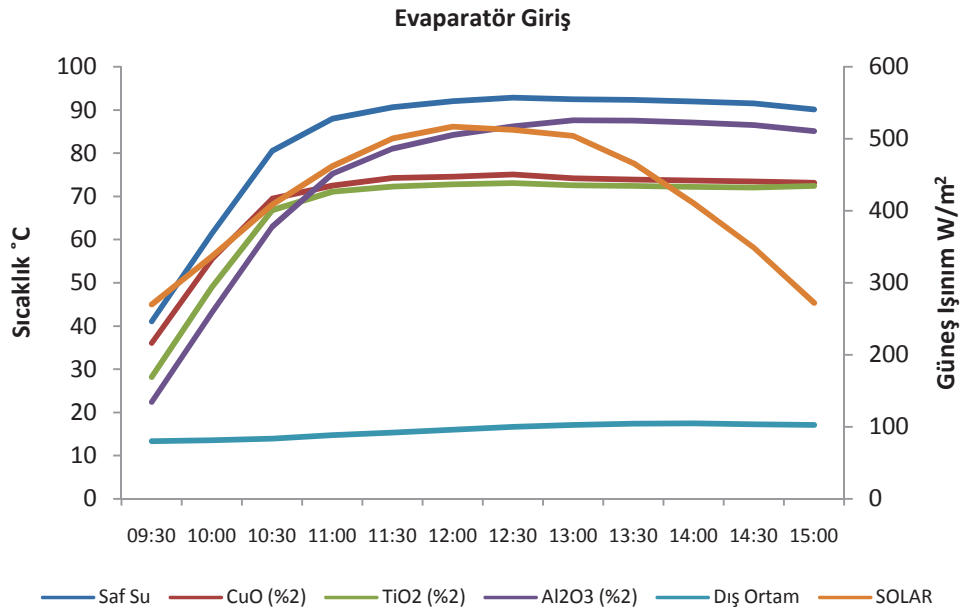
Şekil 4.32. Isı borusu yüzey sıcaklık dağılımı (21 Kasım 2017 tarihli saat 10.00'da 56° ısı borusu eğim açılı deney)



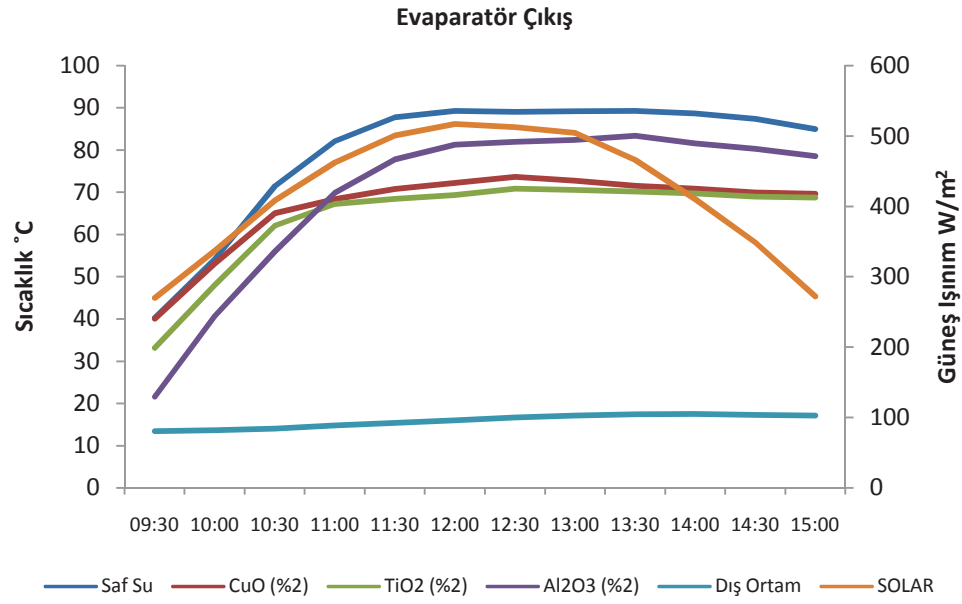
Şekil 4.33. Isı borusu yüzey sıcaklık dağılımı (21 Kasım 2017 tarihli saat 13.00'te 56° ısı borusu eğim açılı deney)



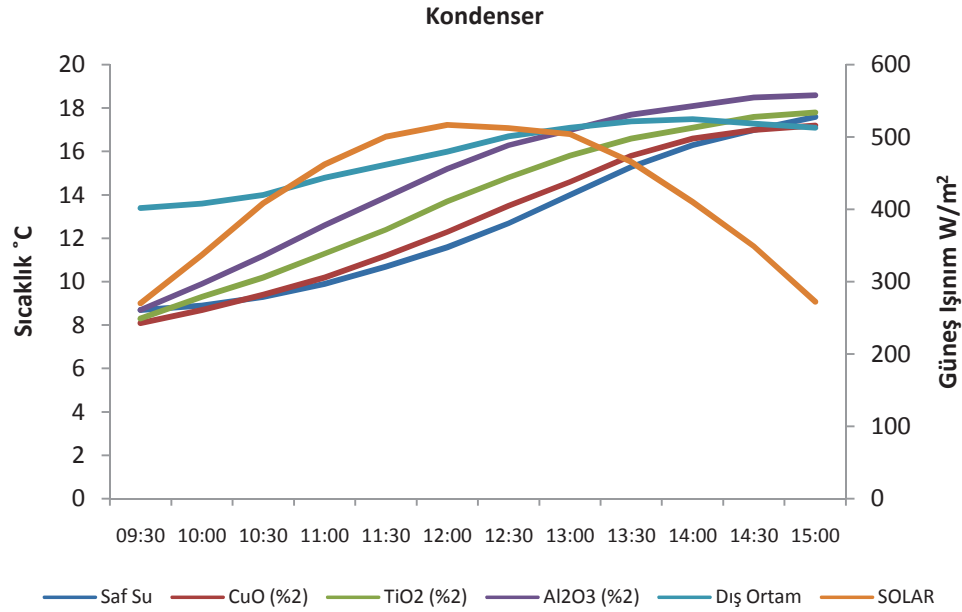
Şekil 4.34. % 2 nano-partikül katkılama oranlı nano-akışkanların ısı borularında 56° eğim açısında verimlerinin karşılaştırılması (21 Kasım 2017 tarihli deney)



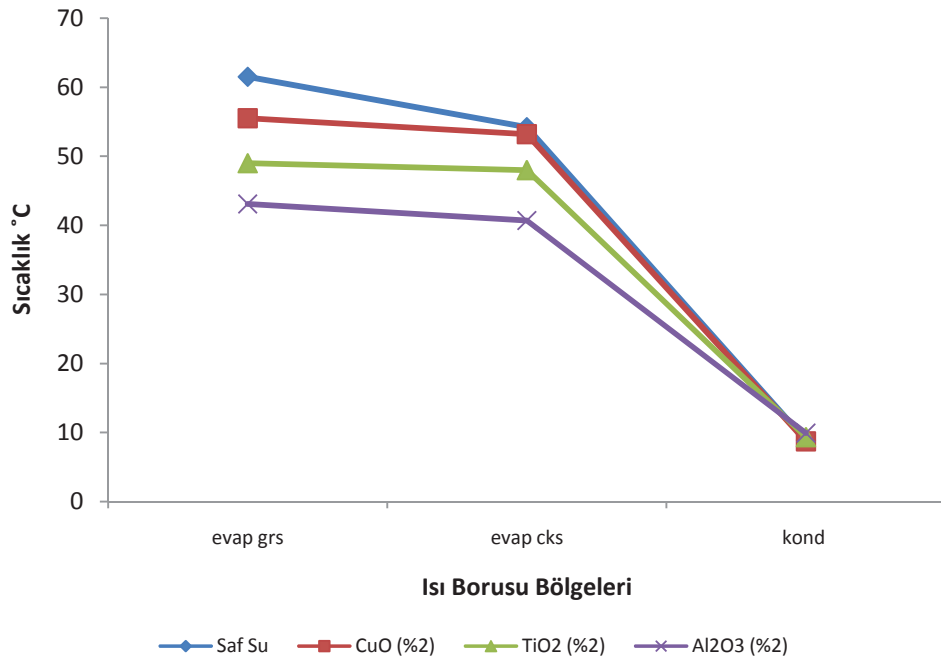
Şekil 4.35. % 2 nano-partikül katkılama oranlı nano-akışkanların ısı borularında zamana göre evaporatör giriş sıcaklık ve güneş ışınım dağılımları (22 Kasım 2017 tarihli 56° ısı borusu eğim açılı deney)



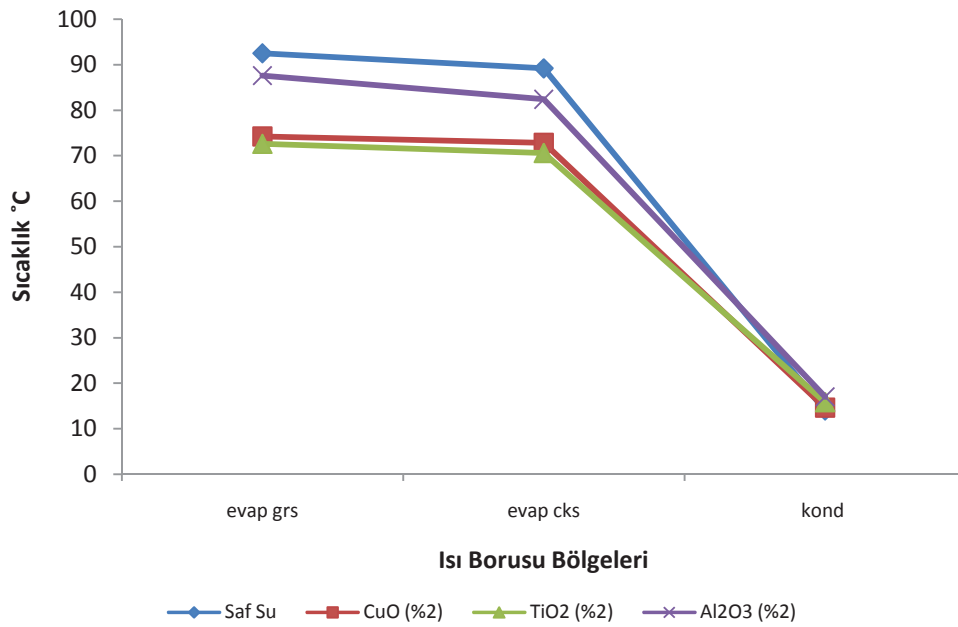
Şekil 4.36. % 2 nano-partikül katkılama oranlı nano-akışkanların ısı borularında zamana göre evaporatör çıkış sıcaklık ve güneş ışınım dağılımları (22 Kasım 2017 tarihli 56° ısı borusu eğim açılı deney)



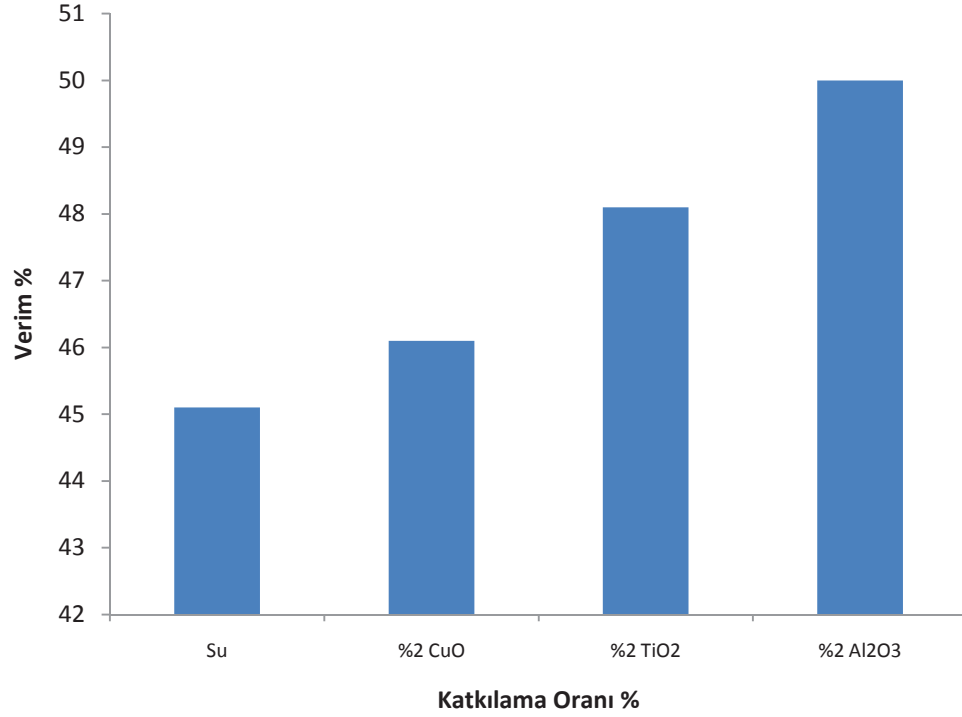
Şekil 4.37. % 2 nano-partikül katkılama oranlı nano-akışkanların ısı borularında zamana göre kondenser sıcaklık ve güneş ışınım dağılımları (22 Kasım 2017 tarihli 56° ısı borusu eğim açılı deney)



Şekil 4.38. Isı borusu yüzey sıcaklık dağılımı (22 Kasım 2017 tarihli saat 10.00’da 56° ısı borusu eğim açılı deney)



Şekil 4.39. Isı borusu yüzey sıcaklık dağılımı (22 Kasım 2017 tarihli saat 13.00’te 56° ısı borusu eğim açılı deney)

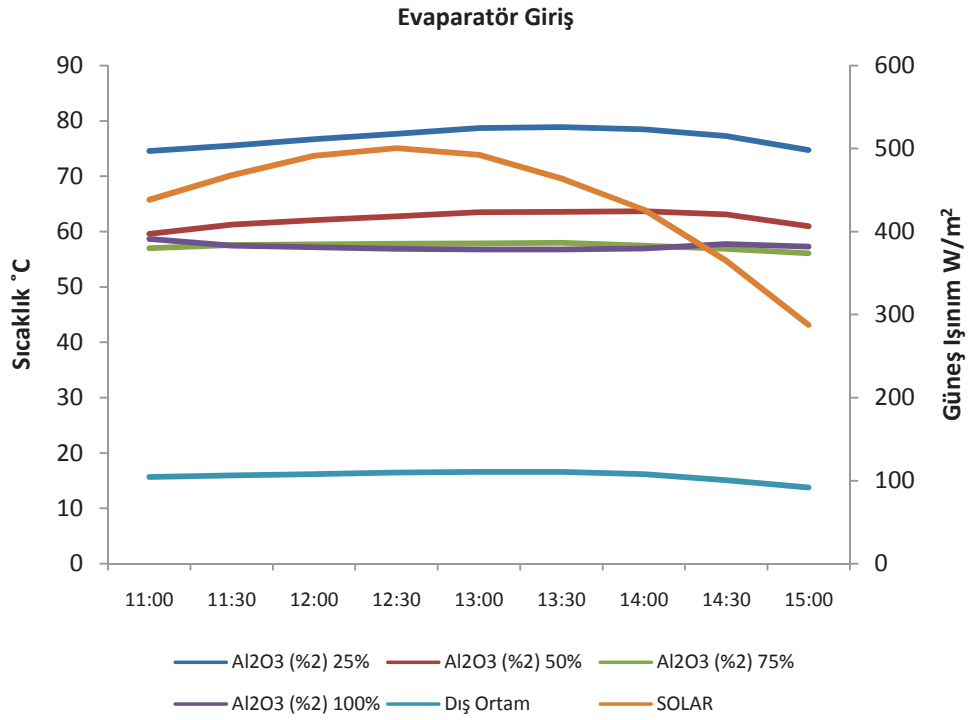


Şekil 4.40. % 2 nano-partikül katkılama oranlı nano-akışkanların ısı borularında 56° eğim açısında verimlerinin karşılaştırılması (22 Kasım 2017 tarihli deney)

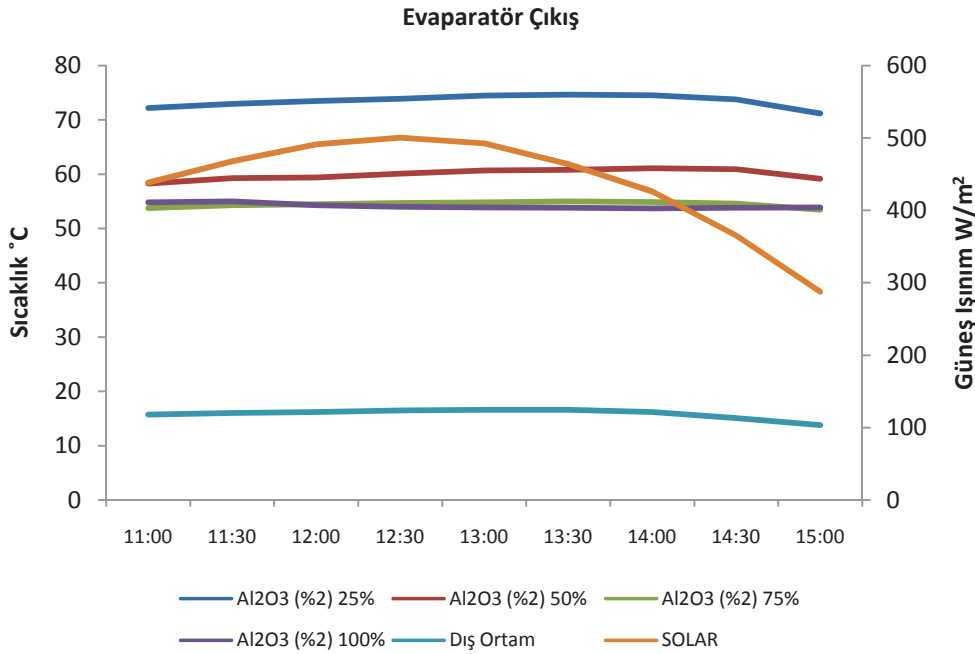
En yüksek verime sahip hacimsel olarak % 2 TiO_2 , CuO ve Al_2O_3 nano-partikül içeren karışımların, 41°, 26° ve 56° eğim açılarındaki yapılan deneylerde tüm eğim açılarındaki Al_2O_3 nano-partiküllerin en yüksek verim değerine ulaştığı görülmüştür.

4.3. % 25 % 50 % 75 % 100 Evaporatör Doluluk Oranlı, 56° Eğim Açılı Nano-Akışkanların Isı Borusunda Değerlendirilmesi

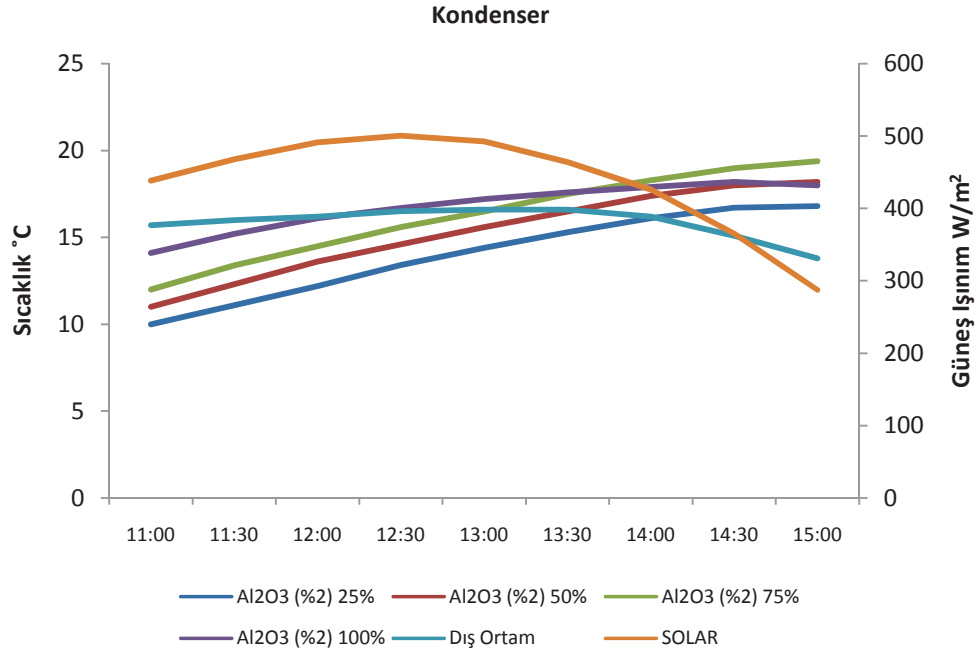
Evaporatör doluluk oranının etkisi kış uygulaması olan 56° eğim açısında, 24 Kasım ve 25 Kasım'da iki farklı günde araştırılmıştır.



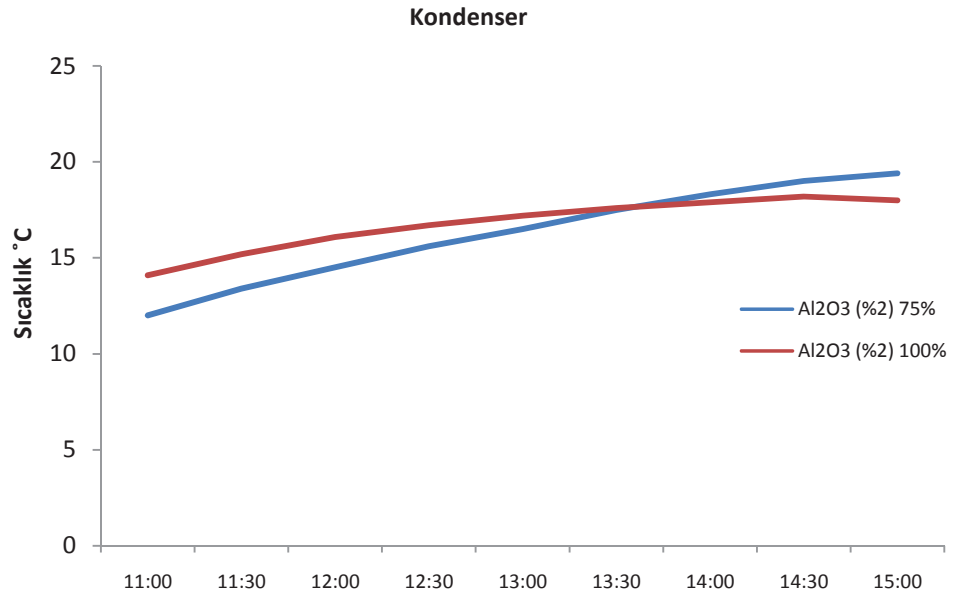
Şekil 4.41. Farklı evaporatör doluluk oranlı ısı borularında zamana göre evaporatör giriş sıcaklık ve güneş ışınım dağılımları (24 Kasım 2017 tarihli deney)



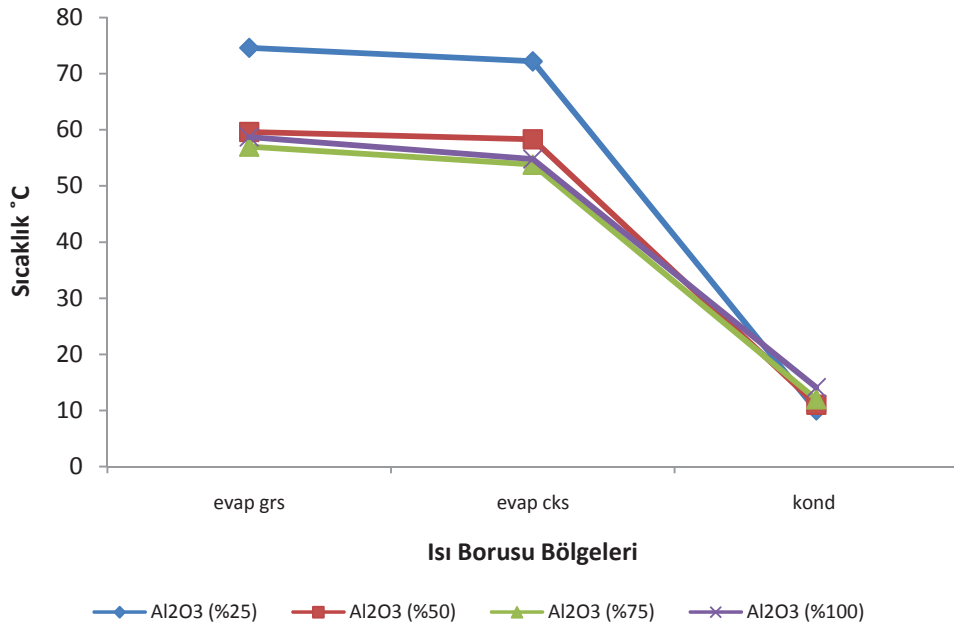
Şekil 4.42. Farklı evaporatör doluluk oranlı ısı borularında zamana göre evaporatör çıkış sıcaklık ve güneş ışınım dağılımları (24 Kasım 2017 tarihli deney)



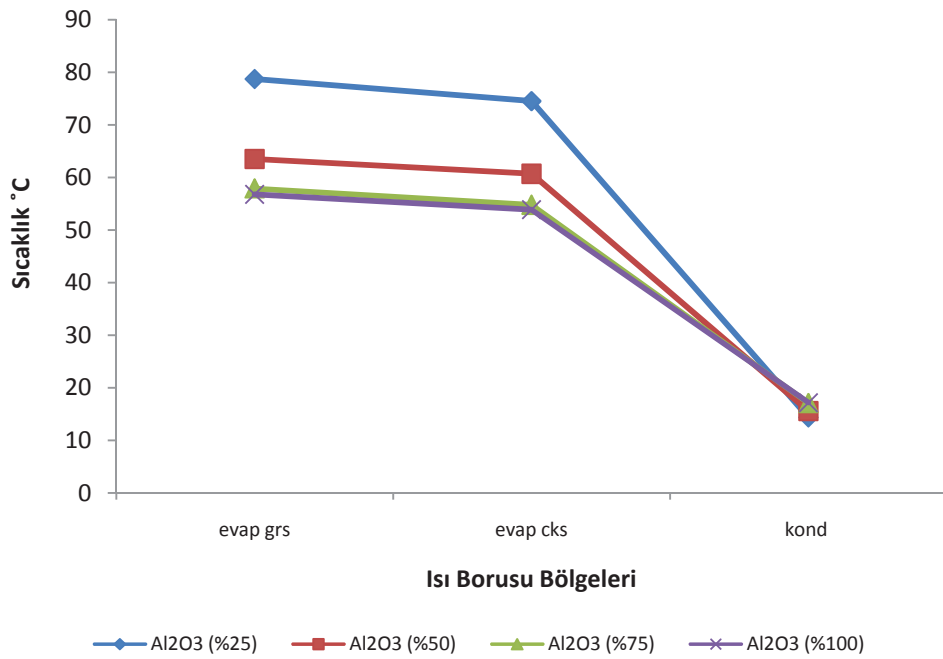
Şekil 4.43. Farklı evaporatör doluluk oranlı ısı borularında zamana göre kondenser sıcaklık ve güneş ışınım dağılımları (24 Kasım 2017 tarihli deney)



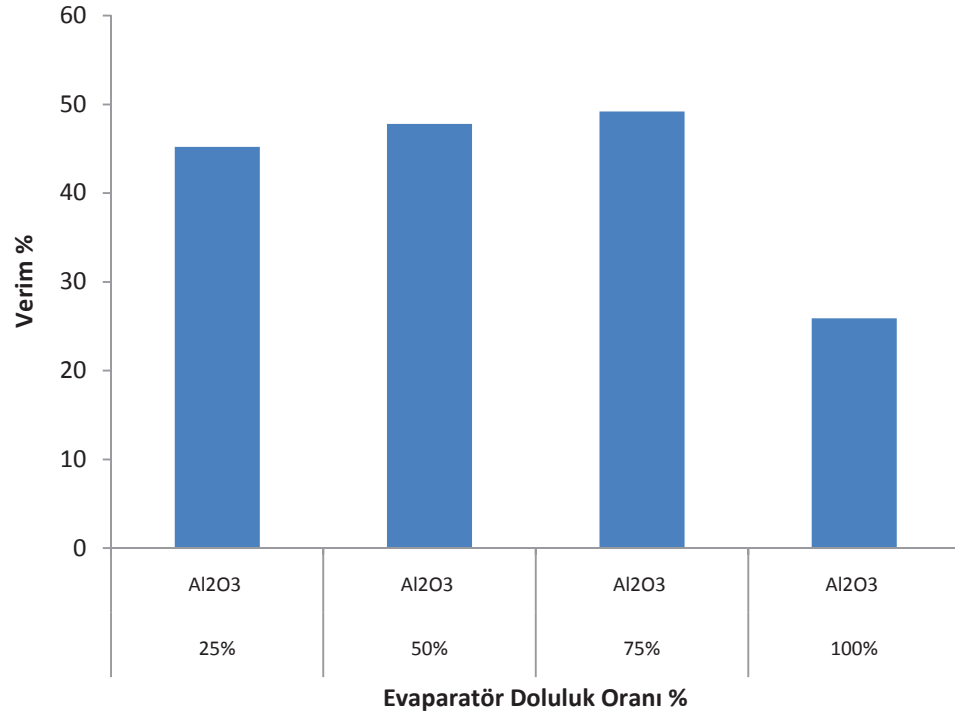
Şekil 4.44. İki farklı evaporatör doluluk oranlı ısı borularında zamana göre kondenser sıcaklık dağılımı (24 Kasım 2017 tarihli deney)



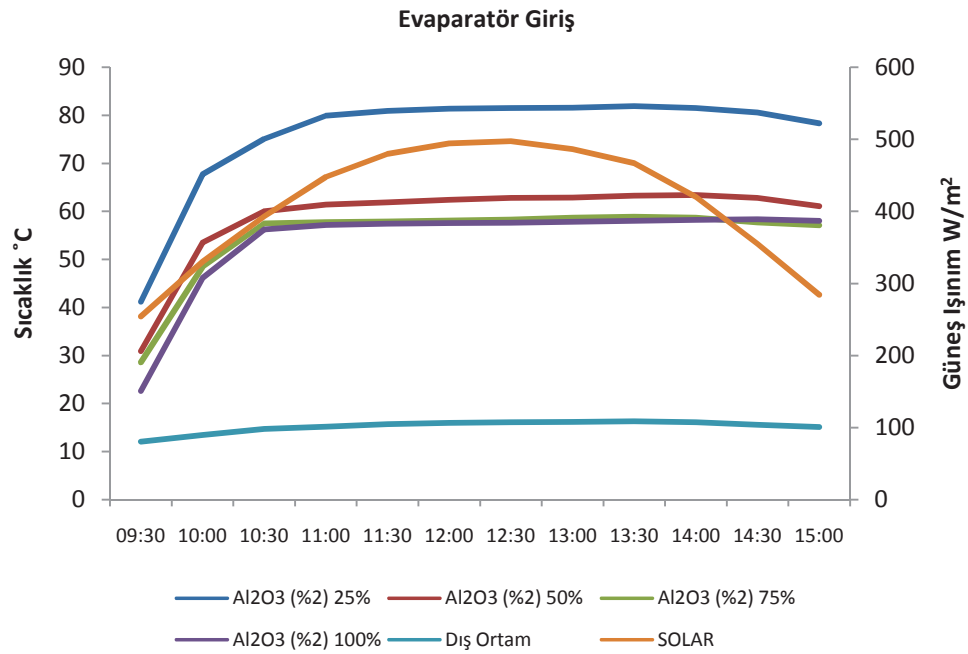
Şekil 4.45. Isı borusu yüzey sıcaklık dağılımı (24 Kasım 2017 tarihli saat 11.00’de 56° ısı borusu eğim açılı deney)



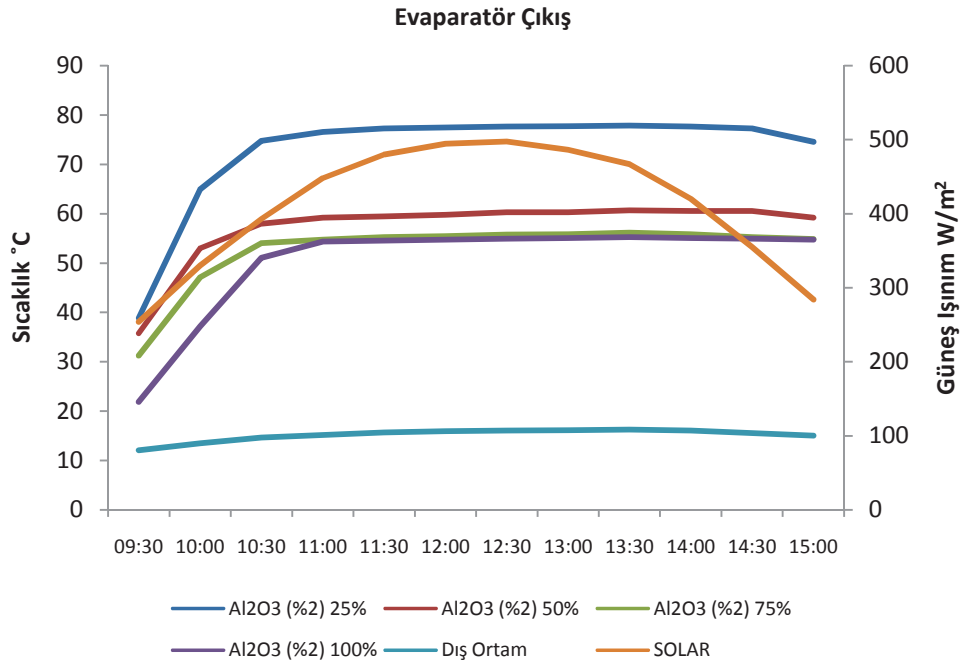
Şekil 4.46. Isı borusu yüzey sıcaklık dağılımı (24 Kasım 2017 tarihli saat 13.00’te 56° ısı borusu eğim açılı deney)



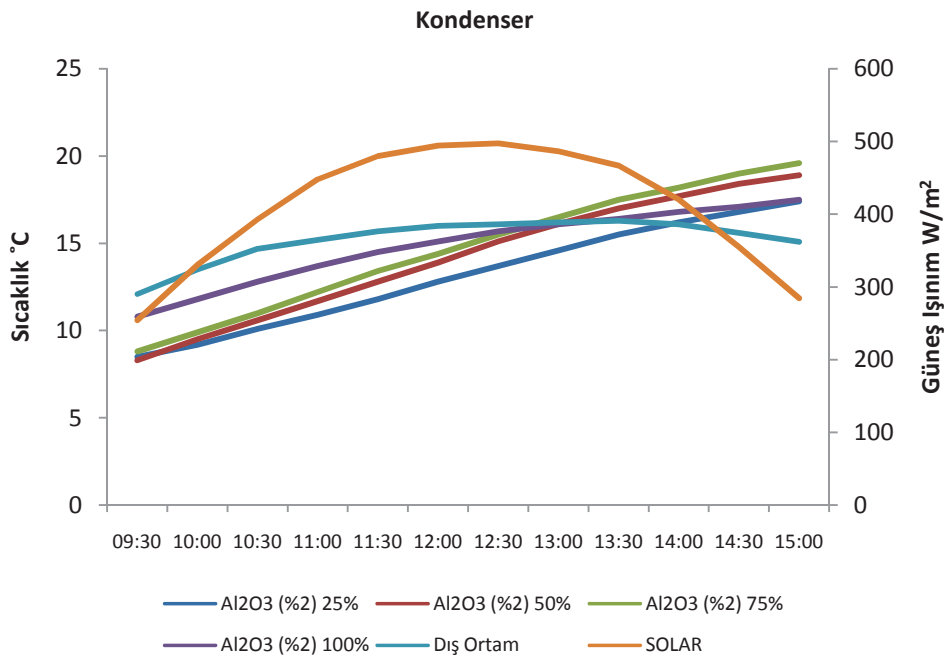
Şekil 4.47. % 2 nano-partikül katkılama oranlı nano-akışkanların ısı borularında 56° eğim açısında farklı evaporatör doluluk oranlarında verimlerinin karşılaştırılması (24 Kasım 2017 tarihli deney)



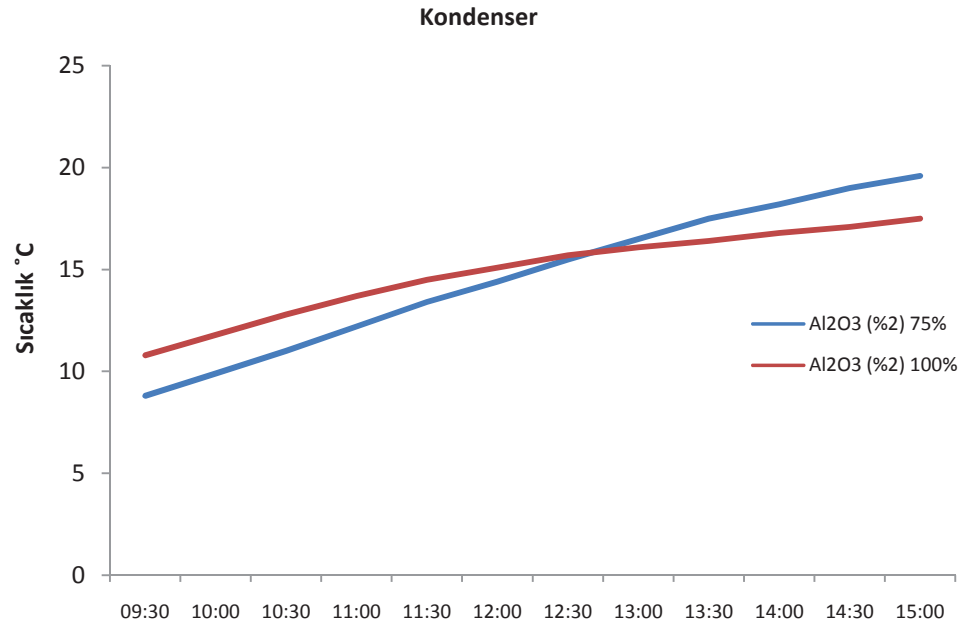
Şekil 4.48. Farklı evaporatör doluluk oranlı ısı borularında zamana göre evaporatör giriş sıcaklık ve güneş ışınım dağılımları (25 Kasım 2017 tarihli deney)



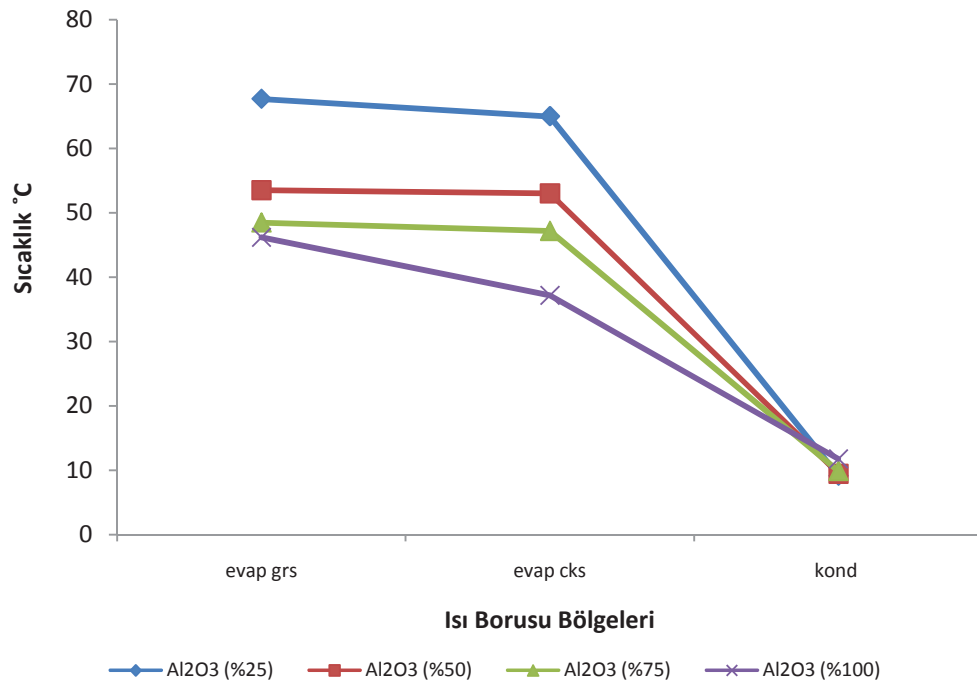
Şekil 4.49. Farklı evaporatör doluluk oranlı ısı borularında zamana göre evaporatör çıkış sıcaklık ve güneş ışınım dağılımları (25 Kasım 2017 tarihli deney)



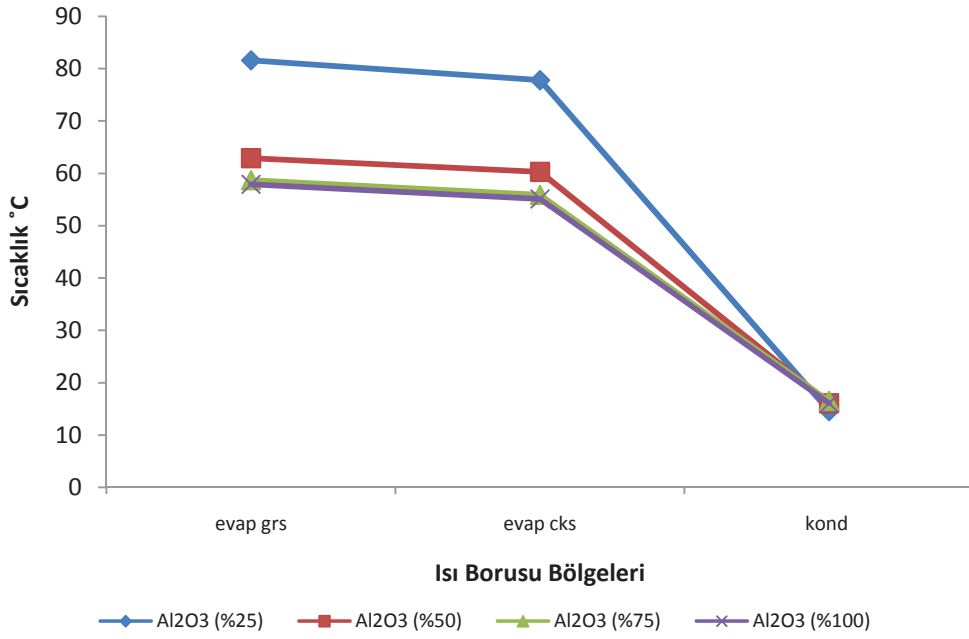
Şekil 4.50. Farklı evaporatör doluluk oranlı ısı borularında zamana göre kondenser sıcaklık ve güneş ışınım dağılımları (25 Kasım 2017 tarihli deney)



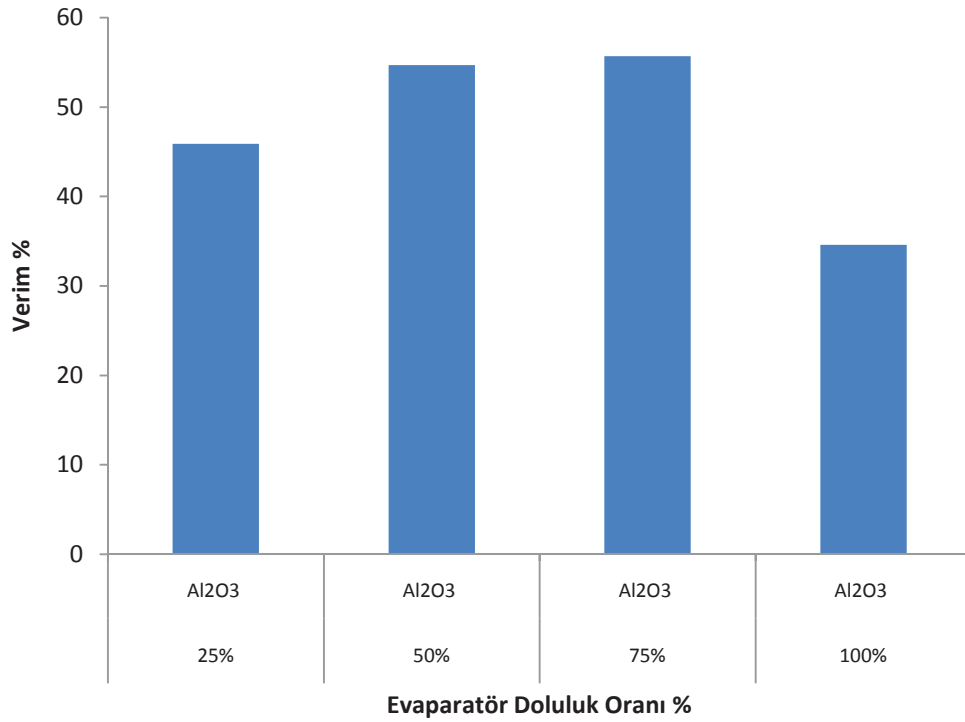
Şekil 4.51. İki farklı evaporatör doluluk oranlı ısı borularında zamana göre kondenser sıcaklık dağılımı (25 Kasım 2017 tarihli deney)



Şekil 4.52. Isı borusu yüzey sıcaklık dağılımı (25 Kasım 2017 tarihli saat 10.00'da 56° ısı borusu eğim açılı deney)



Şekil 4.53. Isı borusu yüzey sıcaklık dağılımı (25 Kasım 2017 tarihli saat 13.00'te 56° ısı borusu eğim açılı deney)



Şekil 4.54. % 2 nano-partikül katkılama oranlı nano-akışkanların ısı borularında 56° eğim açısında farklı evaporatör doluluk oranlarında verimlerinin karşılaştırılması (25 Kasım 2017 tarihli deney)

Şekil 4.41-4.44 ve Şekil 4.48-4.51’de görüldüğü gibi % 25, % 50, % 75, % 100 doluluk oranlarında Al_2O_3 -Su nano-akışkan 56° ısı borusu eğim açısında, 24, 25 Kasım tarihlerinde belirli zaman aralıklarında deneysel işlemi yapılmıştır. Elde edilen deney sonuçlarında evaporatör giriş ve çıkış sıcaklıkları birbirlerine yakın değerlerde olduğu görülmüştür. % 25 ısı borusu evaporatör doluluk oranında Al_2O_3 -Su bulunan evaporatör sıcaklığı diğerlerine göre yüksek sıcaklık değerinde, sonra % 50 ısı borusu evaporatör doluluk oranında nano-akışkan ve bunları % 75, % 100 ısı borusu evaporatör doluluk oranlarında birbirlerine çok yakın değerler de bulunan Al_2O_3 -Su nano-akışkanları oldukları belirlenmiştir. Kondenser sıcaklık grafiklerinde elde edilen verilerde ise % 100 evaporatör doluluk oranında hazırlanan Al_2O_3 -Su nano-akışkanı bulunan ısı borusu sabah saatlerinde diğerlerine göre yüksekte başlayıp öğleden sonra düşüş göstererek % 75 ve % 50 evaporatör doluluk oranında bulunan ısı borusu sıcaklık değerlerinin altında kalmıştır. % 75 evaporatör doluluk oranında ısı borusunda Al_2O_3 -Su nano-akışkanı % 50 evaporatör doluluk oranı ısı borusu sıcaklık verilerine göre yakın ve biraz fazla sıcaklık değerlerinde olduğu görülmüştür. En düşük sıcaklık değeri ise % 25 evaporatör doluluk oranında denenen ısı borusunda olduğu sonucuna varılmıştır. Şekil 4.45-4.46 ve Şekil 4.52-4.53’de ısı borusu yüzey sıcaklık değerleri grafiklerinde yine aynı sonuçlar görülmektedir. Şekil 4.47 ve Şekil 4.54’de verim hesabı performans sonuçlarında ise 24, 25 Kasım tarihinde en yüksek sırasıyla % 49,2 ve % 55,7 verim ile % 75 ısı borusu evaporatör dolum oranında Al_2O_3 -Su, sırasıyla % 50, % 25 ve % 100 ısı borusu evaporatör dolum oranlarında Al_2O_3 -Su nano-akışkanlar olduğu belirlenmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde enerji elde etmek amacıyla kullanılan çeşitli yakıtlar, yüksek maliyet ve çevre kirliliğine sebep olmaları nedeniyle temiz ve ucuz alternatif enerji kaynaklarına ihtiyaç duyulmakta ve bunlardan daha etkili ve verimli şekilde yararlanma önem kazanmaktadır. Gelişen teknolojiler sonucu küçülen cihazlarda meydana gelen ısınma sorunu çözümünde ve çeşitli ihtiyaçlarda kullanılan ısı boruları ve bunlarda bulunan çalışma akışkanları önemli hale gelmiştir. Son yıllarda yapılan çalışmalarda nanometre boyutunda katı parçacıkların üretilmesiyle ısı transfer akışkanı olan nano-akışkanların ısı iletkenlikleri ve ısı performanslarının belirlenmesi alanında birçok araştırma yapılmaktadır. Bununla birlikte iyi bir ısı transfer aracı olan nano-akışkanların farklı hacimsel nano-partikül katkılama oranlarında ve farklı ısı borusu evaporatör doluluk oranlarında, farklı ısı borusu eğim açılarında, ısı borusu içinde karşılaşılan akış direnci, buna sıcaklığın etkisi, ısı performansı ve karşılaşılan zorluklar incelenmekte bununla ilgi araştırmalar devam etmektedir.

Vakum tüplü cam kollektör vasıtasıyla güneş enerjisinden yararlanılarak tamamlanan deneysel çalışmalar üç aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada temel akışkan olarak saf su kullanılan % 1, % 2, % 3 hacimsel katkılama oranlı TiO_2 -Su CuO -Su ve Al_2O_3 -Su nano-akışkanları ve çalışma akışkanı saf su ile hazırlanan 10 adet ısı borusunda 41° ısı borusu eğim açısında kıyaslanmıştır. İkinci aşamada % 2 hacimsel katkılama oranlı nano-akışkanlar 26° , 41° , 56° ısı borusu eğim açılarında incelenmiştir. Üçüncü aşamada ise % 2 hacimsel katkılama oranlı Al_2O_3 -Su karışımlı nano-akışkan, 56° ısı borusu eğim açısında, % 25, % 50, % 75, % 100 ısı borusu evaporatör bölgesi doluluk oranlarında kıyaslanarak deneysel çalışması yapıp ısı borusu üzerinde üç bölgeye yerleştirilmiş termokupllar vasıtasıyla sıcaklık dağılımları ölçülmüştür ve ısı transferi performansları karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada incelenen nano-akışkanlar uygulama alanlarının verimi açısından önem taşımaktadır. Elde edilen sonuçlar genel olarak aşağıda ifade edilmiştir.

1. Nano-akışkan bulunan ısı boruları, saf su bulunan ısı borusuna göre daha yüksek ısı taşınımı sağlamışlardır.

2. Optimum oran her üç nano-akışkan içinde % 2 hacimsel nano-partikül katkılama oranında bulunmuştur.
3. Nano-akışkanlarda, % 2 hacimsel nano-partikül katkı oranının üzerine çıkıldığında, yoğunluk artışı nedeniyle yerçekimi kuvvetlerinin etkisiyle sirkülasyon hızı düştüğünden ısı taşıma potansiyeli azalmıştır.
4. TiO_2 -Su, CuO -Su ve Al_2O_3 -Su nano-akışkanlarından en iyi ısı taşıma performansı Al_2O_3 -Su nano-akışkanından elde edilmiştir.
5. En yüksek ısı taşıma performansı % 2 hacimsel katkılama oranlı Al_2O_3 -Su nano-akışkanda sağlanmıştır. Daha sonra en yüksek ısı performansı sırasıyla % 2 hacimsel katkılama oranlarında TiO_2 -Su, CuO -Su nano-akışkanlardan elde edilmiştir. Çalışma akışkanı saf su bulunan ısı borusu ise en düşük ısı performansı göstermiştir.
6. Yaz, kış ve tüm yıl uygulamaları için kullanılan eğim açıları en iyi performansı hacimce % 2 nano-partikül içeren nano-akışkanlar göstermiştir. 26° , 41° ve 56° eğim açıları yapılan deneylerde en yüksek verimler Al_2O_3 nano-partikül içeren nano-akışkan ile elde edilmiştir.
7. Isı borusunda % 75 evaporatör doluluk oranında en yüksek verim elde edilmiştir. Bu verim oranlarını sırasıyla % 50, % 25 ve % 100 evaporatör doluluk oranlarında nano-akışkan bulunan ısı boruları takip etmiştir.

Çalışma sonucunda elde edilen veriler ışığında aşağıdaki hususlarda çalışma yapılması önerilmektedir.

1. Farklı nano-partikül kullanılarak hazırlanacak nano-akışkanların performansları incelenmelidir.
2. Nano-partikül boyutunun etkisi farklı nano-akışkanlar için detaylı olarak araştırılmalıdır.
3. Güneş enerjili ısı borularında nano-akışkan kullanımının etkileri uzun zamanlı (yıllık) deneyler yapılarak incelenmelidir.
4. Temel akışkan su yerine farklı ısı transfer akışkanları kullanılarak hazırlanacak nano-akışkanların güneş enerjili ısı borularındaki performansları araştırılmalıdır.

KAYNAKLAR

- Ağaçbiçer G (2010). Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Türkiye Ekonomisine Katkısı ve Yapılan Swot Analizler. Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale 18 Mart Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı, 190, Çanakkale.
- Akyürek E F (2014). Nanoakışkanların ve Türbülatorlerin İç İç Borulu Isı Değiştirici Isıl Performansına Etkilerinin İncelenmesi. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, 154, Erzurum.
- Alawi O A vd (2014). Fluid Flow and Heat Transfer Characteristics of Nanofluids İn Heat Pipes: A Review. International Communications İn Heat and Mass Transfer, 56: 50-62. doi: 10.1016/j.icheatmasstransfer.2014.04.014
- Albadr J vd (2013). Heat Transfer Trought Heat Exchanger Using Al₂O₃ Nanofluid at Different Concentrations. Case Studies in Thermal Engineering, 1(1): 37-44
- Alt N (2010). Tek Kanallı Isı Borusu İle Çok Kanallı Isı Borusu Verimlerinin Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalı, 61, Karabük.
- Aytaç İ (2014). Eşmerkezli İç İç Borulu Paralel ve Karşıt Akışlı Isı Değiştiricilerde Alümina Nano Akışkan Kullanılarak Isıl Performansın Artırılması. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Enerji Mühendisliği Anabilim Dalı, 82, Ankara.
- Balcıoğlu B (2014). Alümina Nano Akışkan Kullanımının Isı Borusu Performansına Etkisinin Deneysel İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı, 85, Ankara.
- Chen H vd (2007). Heat Transfer and Flow Behaviour of Aqueous Suspensions of Titanate Nanotubes (Nanofluids). Powder Technology. doi:10.1016/j.powtec.2007.11.014.
- Choi S U S vd (2001). Anomalous Thermal Conductivity Enhancement in Nanotube Suspension. Applied Physics Letters, 79: 2252-2254.
- Çakır M T (2015). Alümina İçeren Nanoakışkan Kullanılarak Isı Borularının Performanslarının İyileştirilmesi. Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der, 30(4): 547-556.
- Çaylıoğlu E & Akdemir Ö (2011). Isı Borusu Uygulamaları. Soğutma Dünyası Dergisi, 14: 51-53.
- Çengel Y A (2001). Dünyada ve Türkiye’de Jeotermal, Rüzgar ve Diğer Yenilenebilir Enerjilerin Kullanımı. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi (MMO), 12-13 Ekim, Bildiri Özetleri Kitabı, 1-12, Kayseri, Türkiye.
- Çiftçi E vd (2016). TiO₂ İçeren Nanoakışkan Kullanımının Isı Borusu Performansına Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi. Politeknik Dergisi, 19(3): 367-376.

- Das S K vd (2003). Temperature Dependence of Thermal Conductivity Enhancement for Nanofluids. *Journal of Heat Transfer*, 125(4): 567-574.
- Dilaver Ö (2010). Isı Değiştiricisi Kullanılmayan ve Güneş Enerjisi ile Çalışan Bir Su Isıtma Sisteminin Ekserji Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, 86, Ankara.
- Fathima A vd (2016). Performance Analysis of Solar Thermal Evacuated Tube Collector Using Different Nanofluids. *İnt. Journal of Engineering Scienced & Researc Tevhcnology*, 5(7): 367-373.
- Gürmen S & Ebin B (2008). Nanopartiküller ve Üretim Yöntemleri-1. *Metalurji Dergisi (TMMOB)*, 150: 32-38.
- Hussain H A vd (2014). Experimental analysis on Thermal Efficiency of Evacuated Tube Solar Collector by Using Nanofluids. *İnternational Journal of Sustainable and Green Energy*, 4(3-1): 19-28. doi: 10.11648/j.ijrse.s.2015040301.14
- Karabulut K (2015). Isı Değiştiricilerde Isı Aktarımının Nanoakışkanlar Kullanılarak Arttırılması. Doktora Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, 149, Sivas.
- Khalipe V & Deshmukh P (2015). Experimental Study of Evacuated Tube Two Phase Closed Thermpsyphon (TPCT) Solar Collector with Nanofluid. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering*, 334: 156-161.
- Kolhe R vd (2013). An Experimental Investigation on the Effect of Al₂O₃-H₂O and CuO-H₂O Nanofluid on the Efficiency of Flat-Plate Solar Collectors. *İnternational Journal of Science and Reserach (IJSR)*, 4(10): 208-212.
- Kolhe R vd (2015). Evaluation of the Thermal Performance of Thermosyphon Heat Pipe Solar Collector with Copper Oxide as Nanofluid. *İnternational Journal of Scientific and Reserach Publications*, 5(10): 1-6.
- Köse T (2014). Isı Borulu Hava ve Su Isıtma Amaçlı Güneş Kollektörlerinin Tasarımı İmalatı ve Deneysel İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalı, 64, Ankara.
- Li C H & Peterson G P (2006). Experimental Investigation of Temperature and Volume Fraction Variations on the Effective Thermal Conductivity of nanoparticle Suspentions (Nanofluids). *Journal of Applied Physics*, 99(8): 084314. doi: 10.1063/1.2191571
- Lotfi R vd (2010). Numerical Study of Forced Convective Heat Transfer of Nanofluids: Comparison of Different Approaches. *İnt. Communications in Heat and Mass Transfer*, 37(1): 74-78.
- Manay E vd (2015). Mikrokanaallı Isı Alıcıda Nanoakışkanların Optimizasyonu. 20. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi, 02-5 Eylül, Bildiri Özetleri Kitabı, 1-12, Balıkesir, Türkiye.
- Menceloğlu Y Z & Kırca M B (2008). Uluslararası Rekabet Stratejileri: Nanoteknoloji ve Türkiye. *Tüsiad Rekabet Stratejileri Dizisi-2*, Yayın No: Tüsiad-T/2008-11/474, İstanbul.

- Mohandas A & Dayma A S (2016). A Review on Effects of Nano Fluids on Thermal Performance of Heat Pipes. *International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication*, 4(4): 350-353.
- Mujawar N H & Shaikh S M (2015). Review Paper on Thermal Performance Investigation of Evacuated Tube Heat Pipe Solar Collector with Nanofluid. *Int. Journal of Engineering Scienced & Researc Tevhnology*, 4(12): 824-827.
- Naphon P vd (2008). Experimental Investigation of Titanium Nanofluids on the Heat Pipe Thermal Efficiency. *International Commnications in Heat and Mass Transfer*, 35: 1316-1319.
- Noie S H vd (2009). Heat Transfer Enhancement Using Al₂O₃-Water Nanofluid in a Two-Phase Closed Thermosyphon. *International Journal of Heat and Fluid Flow*, 30(4): 700-705.
- Parlak M (2013). Elektronik Soğutmada Isı Borusu (Heat Pipe) Kullanımı. *Aselsan Dergisi*, 88(2): 28-30.
- Prakash C vd (2015). To Study the Behavior of Nanofluids in Heat Transfer Applications: A Review. *International Journal of Reserach in Engineering and Technology*, 4(4): 653-658.
- Putra N vd (2003). Natural Convection of Nano-Fluids. *Heat and Mass Transfer*, 39: 775-784. doi:10.1007/s00237-002-0382-z
- Qu J vd (2010). Thermal Performance of an Oscillation Heat Pipe with Al₂O₃ Water Nanofluids. *International Common Heat Mass Transfer*, 37(2): 111-115.
- Sabiha M A vd (2015). An Experimental Study on Evacuated Tube Solar Collector Using Nanofluids. *Transactions on Science and Technology*, 2(1): 42-49.
- Saleh Al-Mashat S M & Hasan A A (2013). Evaluation of Convective Heat Transfer and Natural Circulation in an Evacuated Tube Solar Collector. *Journal of Engineering*, 5(19): 613-628.
- Sarıca O vd (2016). Mini Kanallarda Cu-Su Nano Akışkanın Sıcaklık Performansının Deneysel Olarak İncelenmesi. *Selçuk-Teknik Dergisi*, 15(3): 209-220.
- Senthilkumar R vd (2011). Performance Analysis of Heat Pipe Using Copper Nanofluid with Aqueous Solution of n-Butanol. *Int. Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing*, 5(2): 475-480.
- Sonowane P M vd (2016). Effect of Nanofluids on Heat Pipe Thermal Performance: A Review of the Recent Literature. *International Journal of Engineering and Applied Sciences*, 3(1): 31-35.
- Tosun H vd (2013). Isı Borulu Isı Geri Kazanım ve Nem Alma Ünitesi. 11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 17-20 Nisan, Bilimsel/Teknolojik Çalışmalar, 373-391, İzmir, Türkiye.
- Tsai T H vd (2011). Improvement on Thermal Performance of a Disk-Shaped Miniature Heat Pipe With Nanofluid. *Nanoscale Research Letters*, 6(1): 590. doi: 10.1186/1556-276x-6-590
- Turgut A vd (2016). Nanoakışkanların Isıl İletkenlik ve Viskozitesinin Deneysel İncelenmesi: Tanecik Boyutu Etkisi. *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, 31(1): 95-103.

- Türkan Y (2015). Nanoteknoloji Yatırımlarının Maliyetlere Etkisi. Journal of Economics, Finance and Accounting, 2(4): 651-671. doi: 10.17261/Pressacademia.2015414374
- Wang X vd (1999). Thermal Conductivity of Nanoparticle-Fluid Mixture. Journal of Thermophysics and Heat Transfer, 13(4): 474-480.
- Yıldırım H (2009). Yerçekimi Destekli Isı Borularında Fıtil Kullanımının Isı Borusunun Çalışma Performansına Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalı, 56, Isparta.
- Anonim-1 (2016). <https://tr.wikipedia.org/wiki/Güneş> (Erişim Tarihi: 10.09.2016)
- Anonim-2 (2009). Dünya’da ve Türkiye’de Güneş Enerjisi.Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, Yayın No: 0011, Ankara.
- Anonim-3 (2017). <http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx> (Erişim Tarihi: 04.01.2017)
- Anonim-4 (2017). <http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/pages/55.aspx> (Erişim Tarihi: 04.01.2017)
- Anonim-5 (2017). <http://www.enerjibes.com/piranometre-nedir-ne-işe-yarar> (Erişim Tarihi: 15.03.2017)

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Adem BOZKIR
Doğum Yeri : SAMSUN
Doğum Tarihi : 10.05.1983
Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu

Lise : Çarşamba Lisesi (2000)
Lisans : Karabük Üniversitesi (2007)
Y.Lisans : Ondokuz Mayıs Üniversitesi-Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı (2017)

Çalıştığı Kurum ve Yıl: Cengiz Enerji\Samsun (2013)