



**FARKLI KARAKTERİSTİKTEKİ GÜNEŞ PANELİ CAMLARININ VE GÜNEŞ
PANELİNE UYGULANAN SOĞUTMA MATERYALİNİN PANEL
PERFORMANSINA OLAN ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Erol AYAZ

Danışman

Prof. Dr. Fatih Onur HOCAOĞLU

ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ŞUBAT 2020

Bu tez çalışması 19.FEN.BİL.09 numaralı proje ile BAPK tarafından desteklenmiştir.

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FARKLI KARAKTERİSTİKTEKİ GÜNEŞ PANELİ CAMLARININ
VE GÜNEŞ PANELİNE UYGULANAN SOĞUTMA
MATERYALİNİN PANEL PERFORMANSINA OLAN
ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Erol AYAZ

Danışman

Prof. Dr. Fatih Onur HOCAOĞLU

ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ŞUBAT 2020

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI
Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

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

beyan ederim.

14/02/2020


Erol AYAZ

ÖZET
Yüksek Lisans Tezi

**FARKLI KARAKTERİSTİKTEKİ GÜNEŞ PANELİ CAMLARININ VE GÜNEŞ
PANELİNE UYGULANAN SOĞUTMA MATERYALİNİN PANEL
PERFORMANSINA OLAN ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Erol AYAZ

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Fatih Onur HOCAOĞLU

Bu tez çalışmasında güneş enerjisinden elektrik üreten güneş panellerinin iç aksamını çevre koşullarından koruyan ve ışık geçirgenlik performanslarına bağlı olarak güneş panellerinin verimini doğrudan etkileyen, modül üretimindeki en önemli bileşenlerden biri olan panel camlarının sistemin performansını hangi ölçüde etkilediği araştırılmıştır. Ayrıca panel arkasına alüminyum malzeme ilave edilmiş değişik yapıdaki camlarla aynı testler tekrar edilmiştir. Öncelikle Labview ara yüz programı ile 2 adet 60W monokristal güneş panelinin akım, gerilim ve yüzey sıcaklıkları ölçülmüştür. Akabinde panel altında alüminyum varken 3 farklı cam çeşidi 2’şer gün süreyle teste edilmiştir. Son olarak alt kısımdaki alüminyum malzeme çıkarılmış, cam çeşitleriyle aynı testler tekrar edilmiştir. Ayrıca ısınım şiddeti de ölçülmüş ve kaydedilmiştir. Toplamda 7 farklı durum ele alınmış, farklı karakteristikteki camlar da birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Özetle Afyonkarahisar iklim şartları altında sıcaklık ve ısınım parametrelerine göre veriminin nasıl değiştiği araştırılmıştır. Çalışma sonucu elde edilen veriler Yapay Sinir Ağları (YSA) teknikleri ile modellenmiştir.

2019, xi + 56 sayfa

Anahtar Kelimeler: Güneş Paneli Camı, Alüminyum Soğutucu, Yapay Sinir Ağları, Işınım Şiddeti

ABSTRACT
M.Sc. Thesis

**MONITORING SOLAR PANEL GLASSES OF DIFFERENT CHARACTERISTICS
AND THEIR EFFECTS ON THE SYSTEM PERFORMANCE OF THE COOLING
ROOM APPLIED TO THE SOLAR PANEL**

Erol AYAZ

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Electrical Engineering

Supervisor: Prof. Fatih Onur HOCAOĞLU

In this thesis, it is investigated to what extent the panel glass, which is one of the most important components in module production, protects the internal components of solar panels that produce electricity from solar energy from environmental conditions and directly affects the efficiency of solar panels due to their light transmittance performances. In addition, the same tests were repeated with the different structure glasses with aluminum material added to the back of the panel. First, current, voltage and surface temperatures of 2 60W monocrystalline solar panels were measured by Labview interface program. Subsequently, three different glass types were tested for 2 days each with aluminum under the panel. Finally, the aluminum material at the bottom was removed and the same tests were repeated with the glass types. In addition, the radiation intensity was recorded. A total of 7 different situations were handled and the different characteristic glasses were compared with each other. In summary, how the efficiency of Afyonkarahisar under climatic conditions according to temperature and radiation parameters has been investigated. The data obtained from the study were modeled with Artificial Neural Networks (ANN) techniques.

2019, xi + 56 pages

Keywords: Solar Panel Glass, Aluminum Heatsink, Artificial Neural Networks, Solar Radiation

TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın konusu, deneysel çalışmaların yönlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yazımı aşamasında yapmış olduğu büyük katkılarından dolayı tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Fatih Onur HOCAOĞLU'na, 19.FEN.BİL.09 numaralı proje ile destek veren BAPK birimine, araştırma ve yazım süresince yardımlarını esirgemeyen her konuda öneri ve eleştirileriyle yardımlarını gördüğüm hocalarıma ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Bu araştırma boyunca maddi ve manevi desteklerinden dolayı aileme teşekkür ederim.

Erol AYAZ
Afyonkarahisar 2020

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZET	ii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xii
RESİMLER DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR BİLGİLERİ	4
2.1 Değişik Karakteristikteki Camların Sistem Verimine Etkisi	4
2.2 Panel Sıcaklığının Sistem Verimine Etkisi	5
2.2.1 Güneş Paneli Soğutma Teknikleri	6
3. MATERYAL ve METOT	10
3.1 Deney Düzenekinin Tasarımı	11
3.2 Verilerin Toplanması	13
3.2.1 Panel Altına Alüminyum Malzemenin Konulması	14
3.2.2 Farklı Karakteristikteki Camların Montajı	14
4. BULGULAR	16
4.1 Ölçülen Deneysel Verilerin İncelenmesi	16
4.1.1 Panel Altına Alüminyum Malzeme Konularak Testin Yapılması.....	16
4.1.2 Altta Alüminyum Soğutucu Takılıyken Üstte Konfor Cam Testi.....	17
4.1.3 Altta Alüminyum Soğutucu Takılıyken Üstte Sinerji Cam Testi.....	18
4.1.4 Altta Alüminyum Soğutucu Takılıyken Üstte Temperli-Rodajlı Cam Testi.....	19
4.1.5 Altta Alüminyum Soğutucu Olmadan Üstte Temperli-Rodajlı Cam Testi .	20
4.1.6 Altta Alüminyum Soğutucu Olmadan Üstte Sinerji Cam Testi	21
4.1.7 Altta Alüminyum Soğutucu Olmadan Üstte Konfor Cam Testi	22
4.2 Yapay Sinir Ağları ile Verilerin Modellenmesi.....	24
4.2.1 Birinci YSA Modeli	26

4.2.2 İkinci YSA Modeli	28
4.2.3 Üçüncü YSA Modeli	30
4.2.4 Dördüncü YSA Modeli.....	33
4.2.5 Beşinci YSA Modeli.....	35
4.2.6 Altıncı YSA Modeli	37
4.2.7 Yedinci YSA Modeli	39
4.2.8 Sekizinci YSA Modeli.....	42
4.2.9 Dokuzuncu YSA Modeli	44
4.2.10 Onuncu YSA Modeli	46
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	50
6. KAYNAKLAR.....	52
ÖZGEÇMİŞ.....	55

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

H ₂ O	Su
SiO ₂	Silisyum dioksit
Na ₂ O	Sodyum sülfat
ZnO	Çinko oksit
mm	Mili metre
dk	Dakika
mA	Mili amper
cm ²	Santi metre kare
VA	Volt amper
W	Watt
C ⁰	Santigrat

Kısaltmalar

ANSYS-Fluent	Simülasyon programı
AR	Anti reflektif
BAP	Bilimsel araştırma projeleri
ESP-r	Simülasyon programı
HFVCD	Kimyasal buhar biriktirme yöntemi
PCM	Cam katmanları
PV	Fotovoltaik
R	Regresyon
RMSE	Ortalama hata değerlerinin kare kökü
YSA	Yapay sinir ağları

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1 Fotovoltaik Güneş Hücresinin İç Yapısı	1
Şekil 1.2 Pvsyste Yapılan Gölge Analizi	2
Şekil 1.3 Panel Performansının Sıcaklıkla Değişimi	3
Şekil 3.1 Deney Düzeneği Solidworks Çizimi	11
Şekil 3.2 GES Ara Yüz Programı Ekran Görüntüsü	13
Şekil 3.3 Cam Değiştirme Solidworks Çizimi	15
Şekil 4.1 Güç Karşılaştırma Grafiği	16
Şekil 4.2 Yüzey Sıcaklıkları Karşılaştırma Grafiği	17
Şekil 4.3 Güç Karşılaştırma Grafiği	17
Şekil 4.4 Yüzey Sıcaklıkları Karşılaştırma Grafiği	18
Şekil 4.5 Güç Karşılaştırma Grafiği	18
Şekil 4.6 Yüzey Sıcaklıkları Karşılaştırma Grafiği	19
Şekil 4.7 Güç Karşılaştırma Grafiği	19
Şekil 4.8 Yüzey Sıcaklıkları Karşılaştırma Grafiği	20
Şekil 4.9 Güç Karşılaştırma Grafiği	20
Şekil 4.10 Yüzey Sıcaklıkları Karşılaştırma Grafiği	21
Şekil 4.11 Güç Karşılaştırma Grafiği	21
Şekil 4.12 Yüzey Sıcaklıkları Karşılaştırma Grafiği	22
Şekil 4.13 Güç Karşılaştırma Grafiği	22
Şekil 4.14 Yüzey Sıcaklıkları Karşılaştırma Grafiği	23
Şekil 4.15 Işınım Girdili Regresyon Grafiği(1. YSA Modeli)	26
Şekil 4.16 Işınım Girdili Eğitim Simülasyonu(1. YSA Modeli)	27
Şekil 4.17 Işınım Girdili Test Simülasyonu(1. YSA Modeli)	27
Şekil 4.18 Işınım Girdili Güç Karşılaştırma Grafiği(1. YSA Modeli)	28
Şekil 4.19 Işınım-Yüzey Sıcaklığı Girdili Regresyon Grafiği(2. YSA Modeli)	28
Şekil 4.20 Işınım-Yüzey Sıcaklığı Girdili Eğitim Simülasyonu(2. YSA Modeli)	29
Şekil 4.21 Işınım-Yüzey Sıcaklığı Girdili Test Simülasyonu(2. YSA Modeli)	29
Şekil 4.22 Işınım-Yüzey Sıcaklığı Girdili Güç Karşılaştırma Grafiği(2. YSA Modeli)	30
Şekil 4.23 Işınım-Dış Sıcaklık Girdili Regresyon Grafiği(3. YSA Modeli)	31
Şekil 4.24 Işınım-Dış Sıcaklık Girdili Eğitim Simülasyonu(3. YSA Modeli)	31

Şekil 4.25 Işınım-Dış Sıcaklık Girdili Test Simülasyonu(3. YSA Modeli).....	32
Şekil 4.26 Işınım-Dış Sıcaklık Girdili Güç Karşılaştırma Grafiği(3. YSA Modeli).....	32
Şekil 4.27 Yüzey Sıcaklığı Girdili Regresyon Grafiği(4. YSA Modeli).....	33
Şekil 4.28 Yüzey Sıcaklığı Girdili Eğitim Simülasyonu(4. YSA Modeli)	34
Şekil 4.29 Yüzey Sıcaklığı Girdili Test Simülasyonu(4. YSA Modeli)	34
Şekil 4.30 Yüzey Sıcaklığı Girdili Güç Karşılaştırma Grafiği(4. YSA Modeli)	35
Şekil 4.31 Dış Sıcaklık Girdili Regresyon Grafiği(5. YSA Modeli).....	35
Şekil 4.32 Dış Sıcaklık Girdili Eğitim Simülasyonu(5. YSA Modeli)	36
Şekil 4.33 Dış Sıcaklık Girdili Test Simülasyonu(5. YSA Modeli)	36
Şekil 4.34 Dış Sıcaklık Girdili Güç Karşılaştırma Grafiği(5. YSA Modeli)	37
Şekil 4.35 Sıcaklık-Işınım-Dış Sıcaklık Girdili Regresyon Grafiği(6. YSA Modeli)....	37
Şekil 4.36 Sıcaklık-Işınım-Dış Sıcaklık Girdili Eğitim Simülasyonu(6. YSA Modeli) ..	38
Şekil 4.37 Sıcaklık-Işınım-Dış Sıcaklık Girdili Test Simülasyonu(6. YSA Modeli)	38
Şekil 4.38 Sıcaklık-Işınım-Dış Sıcaklık Girdili Güç Karşılaştırma Grafiği(6. YSA Modeli).....	39
Şekil 4.39 Sıcaklık-Işınım-Dış Sıcaklık-Akım Regresyon Grafiği(7. YSA Modeli).....	40
Şekil 4.40 Sıcaklık-Işınım-Dış Sıcaklık-Akım Eğitim Simülasyonu(7. YSA Modeli)..	40
Şekil 4.41 Sıcaklık-Işınım-Dış Sıcaklık-Akım Test Simülasyonu(7. YSA Modeli).....	41
Şekil 4.42 Sıcaklık-Işınım-Dış Sıcaklık-Akım Güç Karşılaştırma Grafiği(7. YSA Modeli).....	41
Şekil 4.43 1 Saat Önceki Sıcaklık-Işınım-D.Sıcaklık-Akım Girdileri Regresyon Grafiği(8. YSA Modeli)	42
Şekil 4.44 1 Saat Önceki Sıcaklık-Işınım-D.Sıcaklık-Akım Girdileri Eğitim Simülasyonu(8. YSA Modeli)	43
Şekil 4.45 1 Saat Önceki Sıcaklık-Işınım-D.Sıcaklık-Akım Girdileri Test Simülasyonu(8. YSA Modeli)	43
Şekil 4.46 1 Saat Önceki Sıcaklık-Işınım-D.Sıcaklık-Akım Girdileri Güç Karşılaştırma Grafiği(8. YSA Modeli)	44
Şekil 4.47 Işınım 1 Saat Öncesi, Işınım Girdili Regresyon Grafiği(8. YSA Modeli)....	44
Şekil 4.48 Işınım 1 Saat Öncesi, Işınım Girdili Eğitim Simülasyonu(9. YSA Modeli). 45	
Şekil 4.49 Işınım 1 Saat Öncesi, Işınım Girdili Test Simülasyonu(9. YSA Modeli).....	45

Şekil 4.50 Işınım 1 Saat Öncesi, Işınım Girdili Güç Karşılaştırma Grafiği(9. YSA Modeli).....	46
Şekil 4.51 Sıcaklık 1 Saat Öncesi, Sıcaklık Girdili Regresyon Grafiği(10. YSA Modeli)	47
Şekil 4.52 Sıcaklık 1 Saat Öncesi, Sıcaklık Girdili Eğitim Simülasyonu(10. YSA Modeli).....	47
Şekil 4.53 Sıcaklık 1 Saat Öncesi, Sıcaklık Girdili Test Simülasyonu(10. YSA Modeli)	48
Şekil 4.54 Sıcaklık 1 Saat Öncesi, Sıcaklık Girdili Güç Karşılaştırma Grafik(10. YSA Modeli).....	48



ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1 Desen tipi ve cam kalınlığına göre cam karşılaştırmaları	5
Çizelge 4.1 Deney tiplerine göre güç ve yüzey sıcaklığı karşılaştırmaları	24
Çizelge 4.2 YSA eğitim parametreleri	25
Çizelge 4.3 Girdilerine göre gruplandırılmış YSA modelleri	25
Çizelge 4.4 YSA tiplerine RMSE değerleri	49



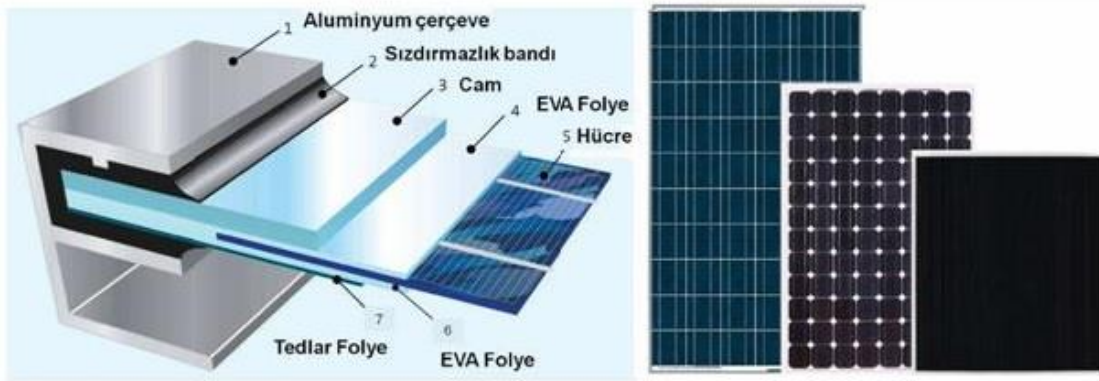
RESİMLER DİZİNİ

	Sayfa
Resim 1.1 Polimer bazlı cam kaplama üretim aşamaları.....	2
Resim 3.1 Deney düzeneği görünüşü.....	12
Resim 3.2 Panel uçlarındaki alüminyum soğutuculara bağlı yükler.....	12
Resim 3.3 Panel altına yerleştirilen alüminyum malzeme.....	14
Resim 3.4 Cam değiştirme görünüşü.....	15



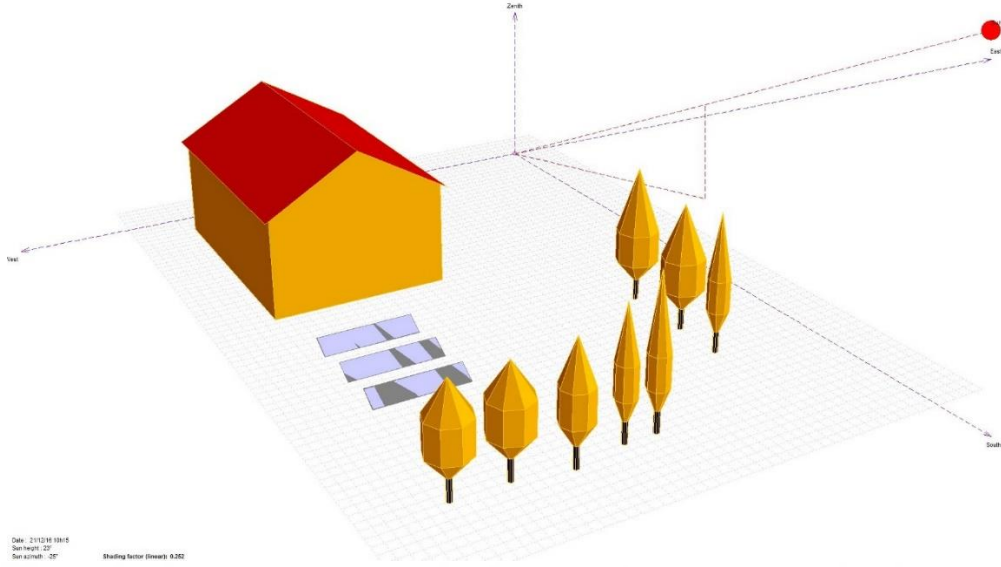
1. GİRİŞ

Günümüz dünyasında petrol, doğalgaz gibi belirli bir rezerve sahip kaynaklarının hızla tükeniyor olması alternatif ve yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgiyi artırmıştır. Yenilenebilir enerji sistemlerinin olumsuz çevresel etkilerinin olmayışı bu ilginin başka bir sebebidir. Güneş en başta gelen alternatif enerji kaynağıdır. Elektrik enerjisi üretebilmek için fotovoltaik panelleri kullanmak güneş enerjisinden faydalanmanın en kolay yoludur. Şekil 1.1’de Fotovoltaik güneş hücresinin iç yapısı görülmektedir.



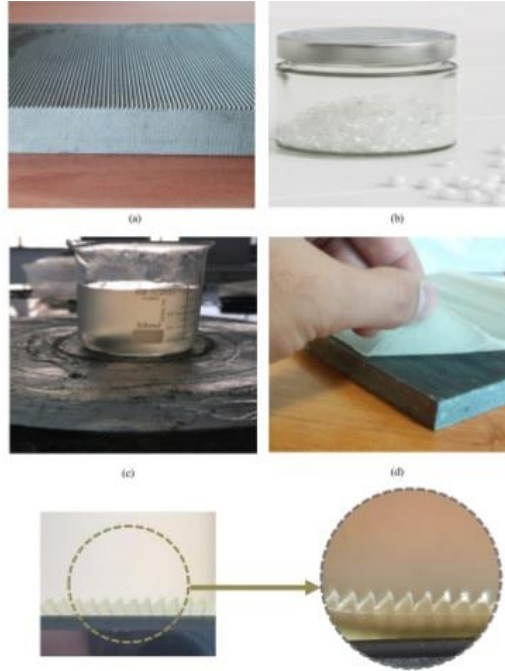
Şekil 1.1 Fotovoltaik Güneş Hücresinin İç Yapısı.

GES sistemleri yaygınlaşmasına rağmen başlangıç maliyetlerinin fazla olması, panel verimliliğinin düşük olması ve buna bağlı amortisman sürelerinin çok olmasından yeterli ilgiyi görememektedir. Bu yüzden fotovoltaik modüllerin imalatı sırasında verimlerinin artırılabilmesi için çalışmalar yapılmaktadır. Ayrıca sistemlerden maksimum faydayı sağlayabilmek amacıyla kurulum sırasında çok önemli tedbirler alınması gerekmektedir. Öncelikle sistemler kurulmadan mutlaka gölge analizi yapılmalı mevsimlere göre gölge boylarının uzadığı ve sisteme yakın nesne veya cisimlerin gölge yapısı, sistem performansını düşürebileceği göz önünde bulundurulmalıdır (Ayaz ve Hocaoglu 2019). Şekil 1.2’ de Pvsyst programında yapılan 3 boyutlu gölge analizi gösterilmiştir. Sıcaklık artışının panel performansını düşüreceği hesaba katılarak sistemler doğal havalandırma olacak şekilde tasarlanmalıdır (Charfi vd. 2018). Panellerin zamanla çevresel etkilerden dolayı kirleneceği düşünülerek belirli periyotlarla temizlenmesi şarttır (Fallah vd. 2015). Güneşi takip eden sistemler ile de güneş ışınımından maksimum faydanın sağlanması amaçlanmıştır.



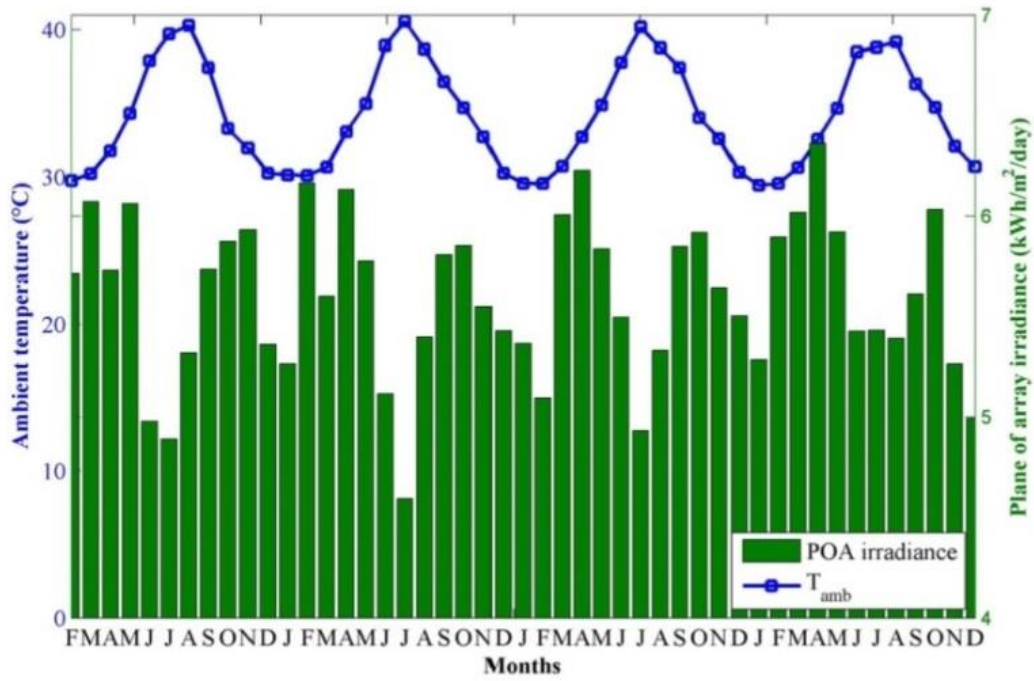
Şekil 1.2 Pvsyste Yapılan Gölge Analizi (Ayaz ve Hocaoglu 2019).

Literatürdeki çalışmalarda araştırmacılar genellikle, panel performansının artırılması için, güneş panellerinin yapı taşları olan güneş hücrelerini oluşturan silikon malzeme üzerine odaklanmıştır. Bununla birlikte panellerin performansını artırıcı diğer bir etmen ise panel yüzeyine yerleştirilen cam malzemenin üzerine düşen ışık miktarını mümkün oldukça yansıtmadan hücrelere ulaştıracak şekilde tasarlanmasını içermektedir.



Resim 1.1 Polimer Bazlı Cam Kaplama Üretim Aşamaları.

Bu aşamada, güneş hücrelerinin çeşitli kirletici unsurlardan korunması amacıyla sıradan camlar kullanılsa da son dönemde güneş panellerine özel düz camlarda üretilmeye başlanmıştır. Diğer taraftan, güneş panellerinden elektrik enerjisi üretilirken, prosesin doğası gereği aynı zamanda ısı enerjisi de açığa çıkmaktadır. Açığa çıkan bu enerji panellerden uzaklaştırılmadıkça panel performansını olumsuz yönde etkilediği hususu literatürdeki diğer çalışmalarda ele alınmıştır (Daher vd. 2018).



Şekil 1.3 Panel Performansının Sıcaklıkla Değişimi (Daher vd. 2018).

2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

Güneş enerjisi sistemleri üzerine gerçekleştirilen çalışmalar, günümüzde oldukça popülerdir ve konu ülkemizin öncelikli alanları arasında yer almaktadır. Güneş enerjisinden elektrik üreten güneş panellerinin iç aksamını farklı çevresel koşullardan koruyan cam tiplerinin verimleri ne şekilde değiştirdikleri de önemli araştırma konularındandır. Bu bağlamda ışık geçirgenliği yüksek güneş paneli camları üretilmeye çalışılmaktadır. Ayrıca sıcaklık etkisi de panel verimini düşüren en önemli etmenlerdendir. Sıcaklık etkisini farklı şekillerde azaltmak ve sistem verimini artırmak hedefiyle de yapılan birçok araştırma mevcuttur. Bu konularda yapılan çalışmalar aşağıdaki şekildedir.

2.1 Değişik Karakteristikteki Camların Sistem Verimine Etkisi

Güneş paneli camlarının yansımayı önleyici bir sistemle kaplandığından yola çıkılarak yapılan bir çalışmada verimi artırmak amacıyla polimer bazlı bir yansımayı önleyici kaplama sistemi önerilmiş % 5,6 lık bir güç artışı tespit edilmiştir (Jalaly vd. 2019).

PV modülünün yüzeyini rüzgar, yağmur, kar ve toz ve diğer ortamlardan korumak için kullanılan koruyucu cam veya filme gelen ışıklar, bu koruyucu tabakaların yüzeylerinden yansıyarak, önemli bir verimlilik kaybına neden olmaktadır. Bu bağlamda üretilen yeni bir güneş paneli koruyucu camında, SiOx bazlı güve gözü desenli camın, geçirgenliği % 95'e kadar artırdığı tespit edilmiştir (Huh vd. 2017).

Güneş paneli camlarında kullanılan, yansımayı önleyerek ışık geçirgenliğinin maksimumda tutulmasını hedefleyen anti reflektif (AR) kaplamalar basit daldırma yöntemiyle yapılmaktadır. Daldırma sırasında SiO₂ / Na₂O molar oranı, su camının konsantrasyonu ve çekilme hızı sistematik olarak incelendiğinde yansımayı önleyen kaplamanın geçirgenlik performansına etki ettiği görülmüştür. Bu anlamda yapılan bir çalışma da SiO₂/Na₂O oranı % 3.8 iken, su camı konsantrasyonu % 5 olduğunda, çekilme hızı da 80 mm/dk'ya eşit olduğunda cam geçirgenliği % 3.2 oranında artmaktadır (Huang vd. 2017).

Panel camlarında verimliği düşüren bir başka unsur da camların yüzeylerindeki pürüzlülüktür. Sıcak Filament Kimyasal Buhar Biriktirme (HFCVD) yöntemiyle nano gümüş tabakayla kaplanmış bir güneş paneli camı kullanıldığında, koruyucu camın geçirgenlik oranının yüzde 90'lara ulaştığı gözlemlenmiştir (Simões ve Neto 2015).

Güneş panellerinde kısa devre akımı optik geçirgenlik ile doğru orantılı olarak artmaktadır. Optik geçirgenlik te yansımayı önleyen kaplamaların çeşitli dokulardaki desen şekillerine göre değişmektedir. Panel camının güneşe bakan yüzüne piramit şeklinde desenler konulduğunda 2,5 mA/cm² güç artışı tespit edilmiştir. Bu da verimin % 12.9'dan % 13.8'e artırıldığı anlamına gelmektedir (Pociask-Bialy vd. 2018). Bu desen şekillerini de belirleyen birçok parametre mevcuttur. Desenlerin kapanma noktalarının yüzey yoğunluğu, profillerin ve aşındırma çukurlarının derinliği bu parametrelerdendir. Bu hususlara dikkat edilerek üretilen bir cam numunesinde sıfır derece açıda % 2 verim artışı gözlenmiştir (Eisenhauer vd. 2019).

Güneş paneline özel demir oksit oranı düşük, ışık geçirgenliği büyük oranda demir ihtiva eden diğer camlara göre yüksek olan camlar Çizelge 2.1 de verildiği özelliklerde ülkemizde de üretilmektedir. Aynı zamanda bu camlara yansımayı önleyici kaplamalar da yapılmaktadır (İnt Kay. 1).

Çizelge 2.1 Desen tipi ve cam kalınlığına göre cam karşılaştırmaları.

Desen Tipi	Geçirim (Işık-%)	Geçirim (Fotovoltaik-%)	Geçirim (Gün Işığı-%)	Sertifika Sınıfı*
3,2 mm-Sandy	91,8	95,1	91,2	P1
4,0 mm-Sandy	91,9	95,0	91,0	P2
3.2 mm-Prizma	91,8	95,2	91,2	P1
4.0 mm-Prizma	91,8	95,0	91,1	P1

*Bu sınıf İsviçre'de bulunan uluslararası bir sertifika kuruluşunca verilmektedir.

2.2 Panel Sıcaklığının Sistem Verimine Etkisi

Cibuti'de yapılan bir çalışmada sıcaklık artışının panel performansını ne kadar azalttığına bakılmıştır. Aşırı sıcaklardaki çöl koşullarında günlük ortam sıcaklığının her 1 °C

yükselişi için güneş paneli performans oranının %0.7 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Sıcaklık ile beraber panel yüzeyindeki kirlenmenin de sistem performansını düşürdüğü ortaya konulmuştur (Daher vd. 2018).

Benzer şekilde yapılan başka bir derlemede literatürdeki çalışmaların sıcaklık artışının panel verimini olumsuz etkilediği, bu nedenle soğutma yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Ayrıca güneşi takip eden sistemlerde verimin arttığını ancak bu sistemlerde de soğutma işlemi uygulandığında verimin daha da artacağı tespit edilmiştir (Thorat vd. 2017).

Diğer bir çalışmada güneş pili sıcaklığının fotovoltaik panel performansı ve ömrü üzerindeki etkisinin bu teknolojinin en büyük dezavantajlarından biri olduğu ortaya konulmuştur (Charfi vd. 2018).

Yapılan başka bir çalışmada panel sıcaklığındaki her bir derece artışta panel veriminin % 0,5 oranında düştüğü tespit edilerek sıcaklık artışının panel performansının düşürdüğü ortaya konulmuştur (Suresh vd. 2018).

2.2.1 Güneş Paneli Soğutma Teknikleri

Fotovoltaik panellerin performansını farklı yüzeyler üzerinde test etmeyi amaçlayan bir çalışmada basit bir ısı transfer modeli kullanılarak 3.2 mm alt tabaka kalınlığında güneş panellerinin ortalama sıcaklıkları sırasıyla TPT, cam ve alüminyum malzemeleri için 62.78 °C, 64.38 °C ve 68.71 °C olarak tespit edilmiştir. Deney sonuçlarında ayrıca sadece alüminyum alt tabakasının kalınlığının artırılmasıyla sıcaklığın düştüğünü görülmüştür (Pang vd. 2019).

Yapılan bir başka çalışmada güneş enerjisi sistemlerinin verimlerinde önemli bir azalmaya sebep olan ve panellerin bozulmasına yol açan sıcaklık etkisini azaltmak için peltier adı verilen yeni bir soğutma yöntemi geliştirilmiştir. Bu yaklaşımda, tek bir fotovoltaik hücrenin arka tarafına bir termoelektrik soğutma modülü yerleştirilmektedir. Termoelektrik soğutma modülünü çalıştırmak için gerekli gücün fotovoltaik hücrenin kendisi tarafından sağlandığı varsayılmaktadır. Önerilen sistemde fotovoltaik hücrenin

sıcaklığını kontrol etmek ve farklı koşullar için belirli bir sıcaklık değeri altında tutmak ve termoelektrik modül için harcanan enerjiyi minimumda tutmak için genetik algoritma tabanlı bir optimizasyon yöntemi kullanılmıştır. Sonuç olarak, termoelektrik soğutma modüllerinin kullanılmasının, makul miktarda elektrik harcanarak fotovoltaiik hücre sıcaklığını düşük seviyede tutabildiği görülmüştür (Najafi ve Woodbury 2013).

Önceki çalışmaya benzer şekilde yapılan başka bir araştırmada ısınan güneş enerjisi sistemini soğutmak için, PV modülüne bitişik olarak termoelektrik teknoloji kullanılmıştır. Termoelektrik modülü (TEM) PV modülünde üretilen ısının emilebilmesi amacıyla PV modülünün arka tarafına yerleştirilmiştir. Güneş enerjisi sisteminin termoelektrik modül tarafından soğutulduğunu ve bu şekilde sistem performansının arttığı gözlemlenmiştir (Kane vd. 2019).

Diğer bir araştırmada, çıkış voltajının, akımın, çıkış gücünün ve verimliliğinin değişimini takip etmek amacıyla farklı ışıınım koşulları altında ölçümler yapılmıştır. Sonrasında ise panellere soğutma işlemi yapılarak verimliliğin hangi ölçüde değiştiği bulunmaya çalışılmıştır. Test sonuçlarına göre, güneş panellerinin verimlilikleri soğutulmuş sistem koşullarında %47 oranında artış göstermiştir (Pang vd. 2017).

Başka bir araştırmada güneş hücrelerini aktif olarak soğutmak için, güneş panelinin arkasına düzgün hava akımı dağılımı için tasarlanmış bir giriş/çıkış manifoldu bulunan paralel bir kanal dizisi eklenmiş ve sıcaklığın önemli ölçüde düştüğü, güneş panellerinin verimliliğinde %12 ile %14 arasında bir artış sağlandığı tespit edilmiştir (Teo vd. 2012).

Literatürden farklı olarak güneş hücrelerinin iç yapısı değiştirilmeden panel yüzeyine su içerikli film kaplama işlemi ile soğutma uygulanarak sistem performansının artırılmasının hedeflendiği diğer bir çalışmada geliştirilen matematiksel model bir deney düzeneğinde test edilerek sonuçları yorumlanmıştır (Schiro vd. 2017).

Doğal havalandırma yapılp panel sıcaklığının azaltılmaya çalışıldığı başka bir çalışmada 30 derece açıda doğal havalandırma vasıtasıyla panellerin daha iyi performans gösterdiği ortaya konulmuştur (Charfi vd. 2018).

Nano ölçekteki sıvı parçacıkların karışımı ile oluşan nano akışkanların güneş panellerini soğutmada kullanılabileceğinin ortaya konulduğu diğer bir çalışmada ve aktif ve pasif olarak farklı malzemeler ile yapılan soğutma deneyleri karşılaştırılarak panel sıcaklığının ne kadar düştüğü ve verimin ne kadar arttığı analiz edilmiştir. ZnO/H₂O karışımı ile yapılan soğutma deneyinde panel sıcaklığının 3.1 °C azaldığı, çıkış gücünün % 6.46 arttığı ve ekonomik yönden % 33 iyileşme kaydedildiği tespit edilmiştir (Suresh vd. 2018).

Diğer bir çalışmada panel yüzeyleri üzerine su püskürtülerek fotovoltaik (PV) paneller için alternatif bir soğutma tekniği önerilmiştir. PV panelinin her iki tarafı eş zamanlı olarak soğutulurken alternatif bir soğutma tekniği tasarlanmış ve daha yüksek bir verim elde edilmesi amaçlanmıştır. Bu teknik ile panel sıcaklığı ortalama 54 °C'den 24 °C'ye düşürülerek PV panel verimliliğinde % 14.1'lik bir artış tespit edilmiştir (Nizetic vd. 2016).

Proteus programında arduino board üzerinde yapılan diğer bir teorik araştırmada güneş panelinde verimin düşmesine neden olan sıcaklık artışını kontrol etmek amacıyla dijital sıcaklık kontrol sistemi geliştirilmiştir. Çalışmada güneş panelinin kataloğunda verilen optimum sıcaklıkta çalışabilmesi amacıyla sıcaklık/soğukluk kontrolü yapılmıştır. Panel sıcaklığı belirli bir derecenin altına düştüğünde panelin tasarlanan yazılım sayesinde ısıtılması, belirli bir sıcaklığa ulaştığında ise soğutulmasını sağlamıştır (Samal vd. 2019).

Diğer bir çalışmada güneş panellerin veriminin sıcaklıkla düşmesi durumu göz önünde bulundurularak, panel arka yüzeyinde hızlı sıcaklık değişimlerini önleyen PCM katmanının sıcaklık geçişleri incelenmiştir. Bu kapsamda panellerin termal ve elektriksel performansları ESP-r programında simüle edilmiş ve panellerin daha verimli çalışabilmesi için yapılması gerekenler tartışılmıştır (Machniewicz vd. 2015).

Hava soğutmalı ısı alıcıları kullanılarak yapılan diğer bir soğutma çalışmasında nümerik bir yöntem önerilmiş ve hava soğutmalı ısı alıcıların farklı düzenlerde bağlanması

durumları için soğutma verimi analizi gerçekleştirilmiştir. ANSYS-Fluent programında nümerik modeller oluşturulmuş ve fotovoltaik panellerin ortalama yüzey sıcaklıkları için sonuçlar paylaşılmıştır (Popovici vd. 2016).

Yapılan diğer bir çalışmada panel alt kısmında izin verilen sıcaklık değeri ayarlanarak panel verimi artırılmaya çalışılmıştır. Bu kapsamda alüminyum kanatlı levha ve doğal havalandırma şeklinde iki farklı soğutma tekniği incelenmiştir. Yapılan çalışma sonuçlarına göre alüminyum kanatlı levha kullanımının panel elektrik dönüşüm verimini artırdığını göstermiştir (El Mays vd. 2017).

Panel verimliliğinin artırılmaya çalışıldığı başka bir araştırmada iletken soğutma, pasif hava soğutması ve pasif su soğutması tekniklerini içeren birden çok yöntem kullanılmıştır. 250 W'lık iki panel üzerinde yapılan çalışmada panellerden biri önerilen yöntemle soğutulurken diğerinde soğutma işlemi gerçekleştirilmemiş ve önerilen yöntem ile %3 civarında bir verim artışı sağlandığı belirtilmiştir (Idoko vd. 2018).

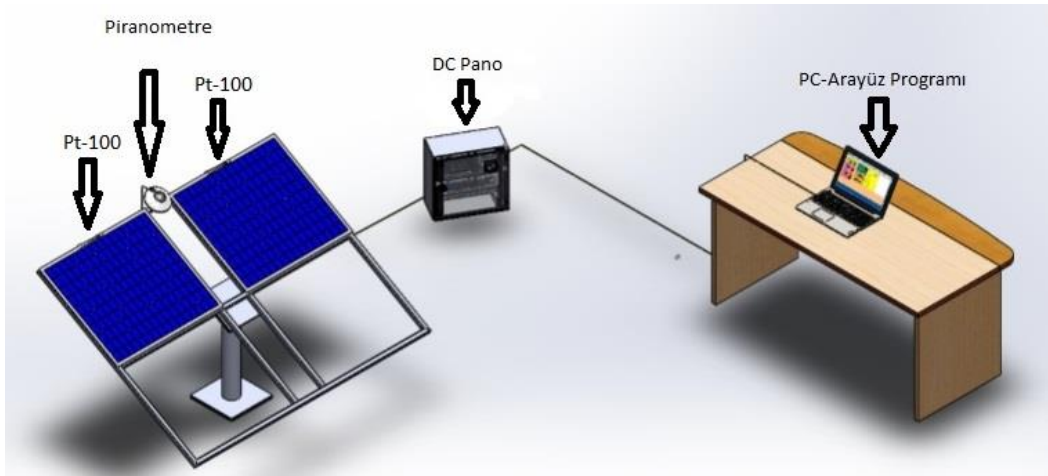
3. MATERYAL ve METOT

Güneş panellerinin içerisinde bulunan güneş pillerinin çevresel etkilerden koruyan camların verim kaybına neden olmaması için üzerine düşen güneş ışığını mümkün olduğunca içerisine alması ve içeri giren ışıkların geri yansımalarını önleyici kaplamalarla donatılması gerekmektedir. Başlarda güneş panellerinde sıradan düz camlar kullanılsa da, son dönemde güneş paneli camı adı altında, geçirgenliği yüksek özel camlar üretilmekte, hatta bu camlara belirli standartlara göre sertifika verilmektedir. Ayrıca literatürde cam veriminin artırılması ile ilgili çalışmalar mevcut olmasına rağmen az sayıdadır. Bununla birlikte ülkemizde de sadece birkaç çeşit güneş paneli camı üretilmektedir. Coğrafi özelliklere, iklim koşullarına göre aşırı sıcak ve aşırı soğuk bölgelerde kullanılabilecek farklı karakteristikteki cam çeşitleri bulunmamaktadır. Literatür detaylı incelendiğinde panellerin üretimi esnasında cam spektral geçirimini artırmaya odaklanmıştır. İklimsel ve coğrafi şartlara uygun spesifik modül camlarının üretilebilmesi amacıyla yeterli miktarda araştırma yapılmamıştır. Sistem kurulumlarının yapıldığı sahanın iklimsel şartlarına uygun camlar güneş enerjisi sistemlerinin güç çıkışlarını artıracaktır. Çöller gibi aşırı sıcakların olduğu iklim şartlarında panel performansını azaltan ısıyı panel yüzeyinden uzaklaştırarak yalnızca ışığın dalga boyunu geçiren, yüksek düşülüş aşırı soğuk ancak güneşlenme süresinin fazla olduğu iklim şartlarında ise modülün kataloğunda verilen optimum sıcaklık değerleri arasında çalışabilmesi için bir miktar ısıyı panel içerisine alabilen camlar üretilebilir. Bu araştırmanın İklimsel ve coğrafi şartlara uygun spesifik modül camları üretilebilmesi fikrine katkıda bulunabileceği düşünülmektedir. Bununla beraber panel gücünü etkileyen birden fazla parametre bulunmaktadır. Bu parametrelerin girdi değerleri olacağı yapay sinir ağı modelleri tasarlanabilmektedir. Tasarlanan ağ modelleri ile panel veya sistem güçleri tahmin edilebilmektedir (Dandıl ve Gürgeç 2019, Lorenz vd. 2019). Yapılan bir çalışmada ışıının şiddeti ve panel gücü arasındaki ilişki yapay sinir ağı kullanılarak incelenmiştir (Ayaz ve Hocaoglu 2019). Burdur’da yapılmış diğer bir çalışmada güneş pillerinin verimliliğine dair YSA modeliyle tahminde bulunulmuştur (Özkişi ve Topaloğlu 2015). Kabul ve Yaşar (2017) çalışmalarında çeşitli zamanlarda yaptıkları testlerdeki ışıının değerlerini kıyaslamış ve bu değerlerin benzerliğinden yola çıkarak aynı koşullar altında testler gerçekleştirilmiş gibi sonuçları karşılaştırmışlardır. Bu çalışmada Kabul ve

Yaşar'ın (2017) araştırmalarından değişik olarak olarak temperli-rodajlı cam testinin yapıldığı tamamıyla güneşli bir günde bütün cam testleri yapılabilmiş olsaydı sorusuna cevap bulabilmek maksadıyla yapay sinir ağları kullanılmıştır. Temperli-rodajlı cam testlerinin yapıldığı günün veri setleri kullanılarak birbirinden farklı stokastik yapay sinir ağı modelleri oluşturulmuş, diğer cam verileri de bu ağ modellerinde simüle edilmiştir. Dolayısıyla değişik günlerde test edilen farklı karakteristikteki cam tiplerinin aynı standart koşullar altında test edilebilmiş olması durumuna göre güç çıkışları karşılaştırılmıştır.

3.1 Deney Düzeneğinin Tasarımı

Afyon Kocatepe Üniversitesi Güneş ve Rüzgar Uygulamaları Merkezindeki deney düzeneği aktif hale getirilmiştir. Öncelikle deney düzeneğinden düzenli olarak veri alınması sağlanmıştır. Deney düzeneğinde 2 adet 60 W monokristal güneş paneli bulunmaktadır.



Şekil 3.1 Deney Düzeneği Solidworks Çizimi.

Şekil 3.1 teki düzenek şekli Solidworks paket programında üç boyutlu olarak çizilmiş olup bilgisayar ekranında güneş enerjisi sistemi ara yüz programı ekran görüntüsü kullanılmıştır. Sistemin kurulumu ve aktif edilmesi sırasında ilk olarak güneş panellerinin yüzey temizlikleri yapılmıştır.



Resim 3.1 Deney Düzeneği Görünüşü.

Sonrasında panel uçlarına alüminyum soğutuculara bağlı direnç yükleri bağlanmış ve akım değerlerinin okunması sağlanmıştır. Bu panellerin akım, gerilim değerleri ölçülebilmekte ve DC panosundaki PLC yardımıyla araştırma merkezinde bilgisayara gelmektedir.



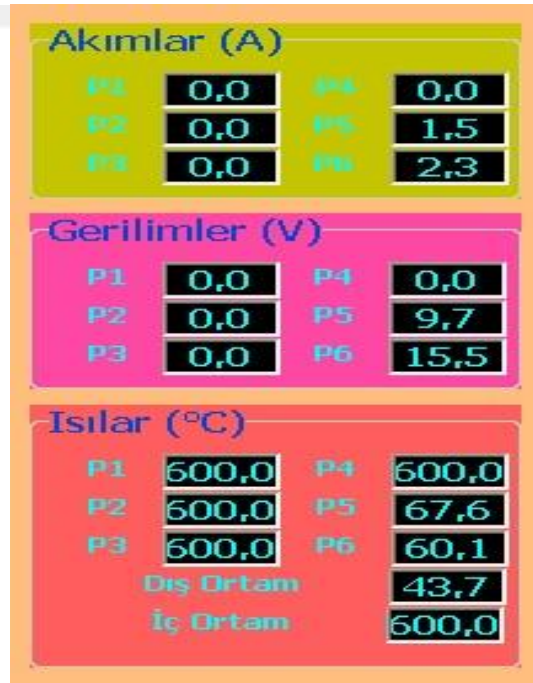
Resim 3.2 Panel Uçlarındaki Alüminyum Soğutuculara Bağlı Yükler.

Ayrıca panellerin yüzey sıcaklığının ölçülebilmesi için Pt-100 sıcaklık sensörleri cam yüzeyine eklenmiş ve sıcaklık değerlerinin de kaydedilmesi sağlanmıştır. Bununla birlikte aynı sensör yardımıyla dış sıcaklık değerleri labview tabanlı bir ara yüz programı

vasıtası ile dakikada bir kaydedilmiştir. Deney düzeğinin ortasına yerleştirilen piranometre vasıtası ile ışıınım şiddeti verileri DC panosuna uğramadan direkt olarak kaydedilmiştir. Kippzonen meteon marka veri kaydedici'den bu verilerin okunması başka bir program vasıtası ile yapılmıştır. Ancak ışıınım şiddetini kaydeden cihaz hafızasının yetersiz olması nedeniyle veriler kaydedildikten sonra silinerek hafıza boşaltılmış ve bu işlem 2 günde bir tekrar edilmiştir. Ayrıca veri kaybı yaşanmaması için doğru akım panosuna 650 VA kesintisiz güç kaynağı bağlanmıştır.

3.2 Verilerin Toplanması

Cam testlerine geçilmeden öncelikle veriler takip edilmiş ve panellerin özdeş olduğundan emin olunmuştur. Verilerin takip edileceği labview tabanlı paket programda akım, gerilim ve yüzey sıcaklığı için 6'şar adet, dış ve iç ortam için ise 1'er adet olmak üzere toplamda 20 farklı port bulunmaktadır. Karışıklık olmaması için akım, gerilim ve yüzey sıcaklığı değerleri için ilgili gruptaki 5. ve 6. portlar kullanılmıştır. Diğer portlar ve iç ortam sıcaklığı 600 değerini yani açık devreyi göstermektedir.



Şekil 3.2 GES Ara Yüz Programı Ekran Görüntüsü(Konfor Cam Testinde Alınan Görüntü).

3.2.1 Panel Altına Alüminyum Malzemenin Konulması

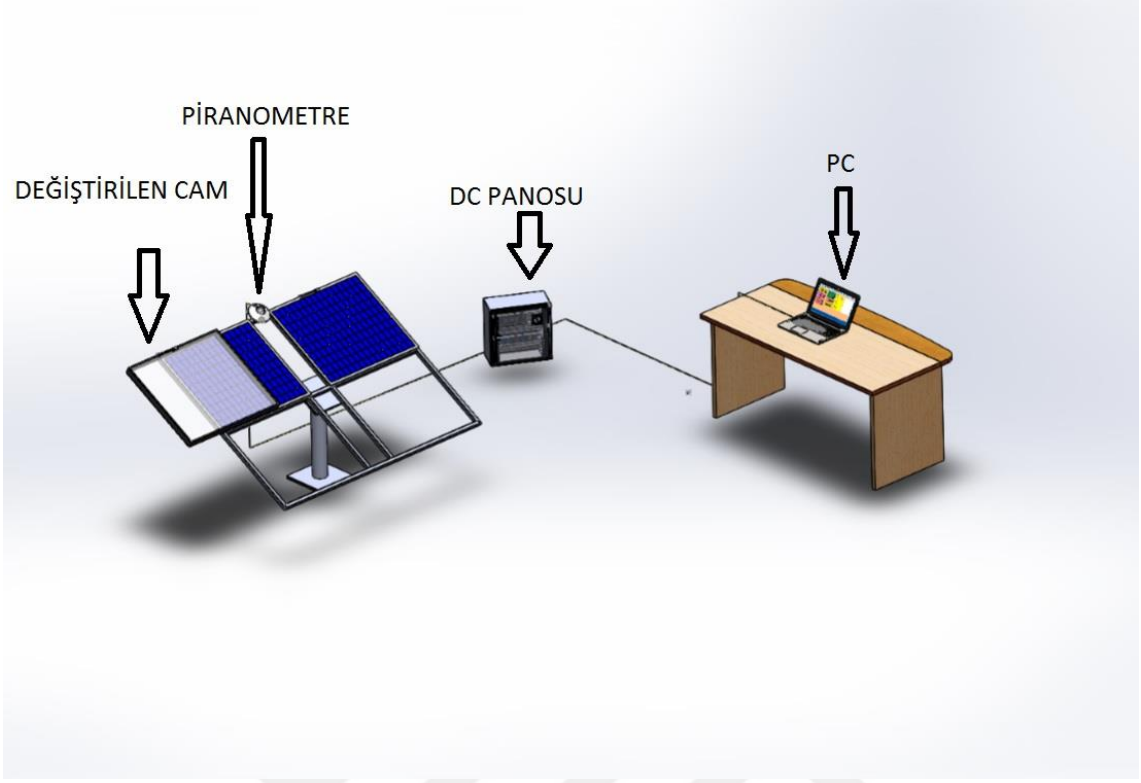
Cam testlerine geçilmeden önce testler boyunca kullanılacak olan deney prosedürü belirlenerek referans panel seçilmiştir. PLC'nin 5. portuna veri gönderen güneş paneli teste tabi tutulacak panel olarak, 6. porta veri gönderen güneş paneli ise hiçbir değişiklik yapılmayacak referans panel olarak seçilmiştir. Güneş paneli arkasında akım, gerilim değerlerinin ölçüldüğü klemens kutusundan dolayı alüminyum soğutucu yekpare yerleştirilememiştir. Ancak soğutucu boyutlandırılarak 4 parça halinde panel altına yerleştirilmiştir.



Resim 3.3 Panel Altına Yerleştirilen Alüminyum Malzeme.

3.2.2 Farklı Karakteristikteki Camların Montajı

Soğutma testi yapıldıktan sonra cam testlerine geçilmiş, farklı karakteristikteki 3 cam hem alüminyum malzeme takılıken hem de çıkarıldıktan sonra test edilmiştir.



Şekil 3.3 Cam Değişirme Solidworks Çizimi.

Şekil 3.3 deki cam değiştirme düzeneği solidworks programında çizilmiş olup gerçek resim aşağıda verilmiştir.



Resim 3.4 Cam Değişirme Görünüşü.

4. BULGULAR

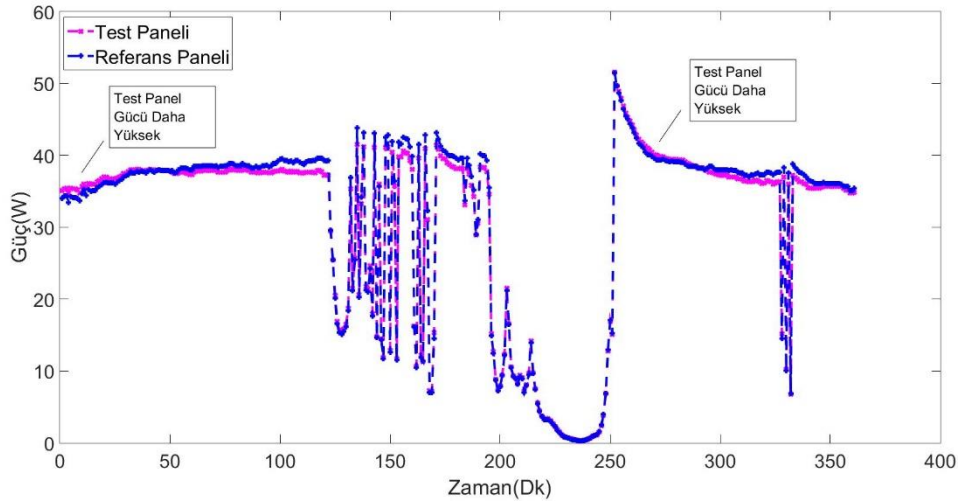
Bulgular iki kısma ayrılmıştır. İlk kısımda ölçülen güç ve yüzey sıcaklıkları karşılaştırılmış, ikinci kısımda ise bu veriler kullanılarak oluşturulan yapay sinir ağı modellerinin bulguları verilmiştir.

4.1 Ölçülen Deneysel Verilerin İncelenmesi

7 farklı durum için testin yapıldığı gündeki test panel güçleri ile yüzey sıcaklık değerleri karşılaştırılarak aynı grafikte çizdirilmiştir.

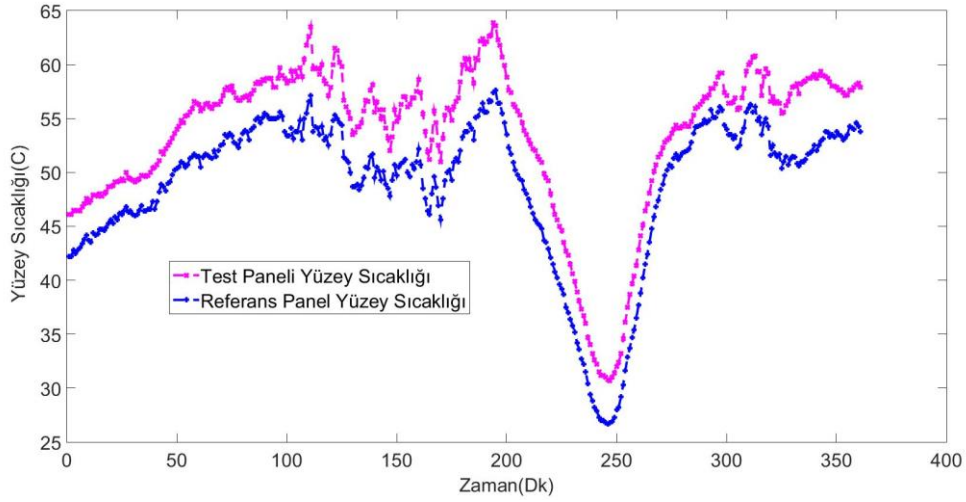
4.1.1 Panel Altına Alüminyum Malzeme Konularak Testin Yapılması

5. porttan veri aldığımız test panelinin altında alüminyum soğutucu malzeme takılı iken ürettiği akım ve gerilim değerlerinin çarpımından güç grafiği elde edilmiş, yine aynı şekilde elde edilen ve 6. Porttan veri aldığımız referans panel verileri ile karşılaştırılmıştır. Güç karşılaştırma grafiği Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1 Güç Karşılaştırma Grafiği.

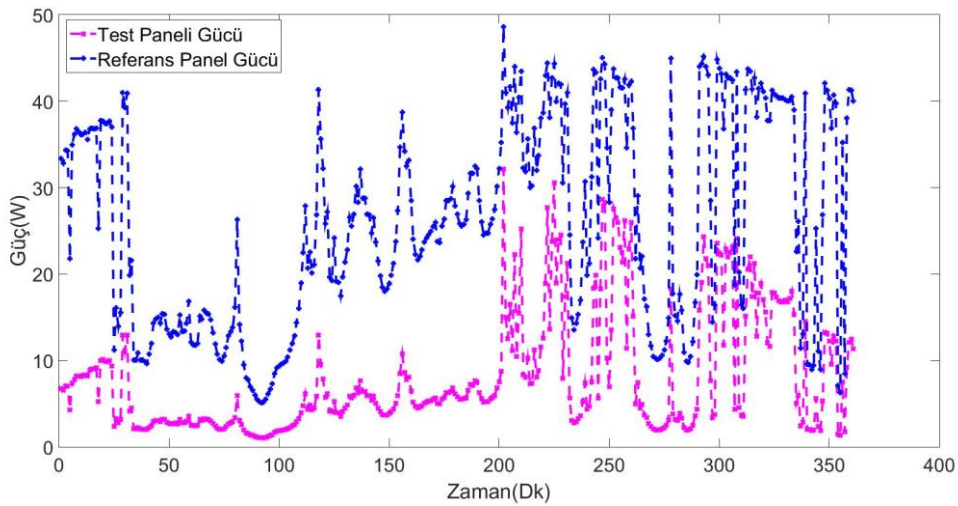
Şekil 4.1’de verilen grafikteki verilere bakıldığında test panelinin çıkış gücünün soğutma materyalinin pozitif etkisine bağlı olarak bazı noktalarda arttığı görülmüştür. Ancak ortalamada test panelinde referans panelin çıkış gücüne göre % 1,21 oranında azalma tespit edilmiştir. Ayrıca yüzey sıcaklıkları da karşılaştırılmıştır.



Şekil 4.2 Yüzey Sıcaklıkları Karşılaştırma Grafiği.

Alüminyum malzemenin ısıyı absorbe etmede son derece başarılı olduğu ancak, emilen ısının panel çerçevesinden dolayı dışarı atılamadığı ve tekrar yüzeye verildiği görülmüştür. Şekil 4.2’de verilen grafikteki verilere bakıldığında test panelinin ortalama yüzey sıcaklığının referans panelin ortalama yüzey sıcaklığına göre % 9,41 arttığı tespit edilmiştir.

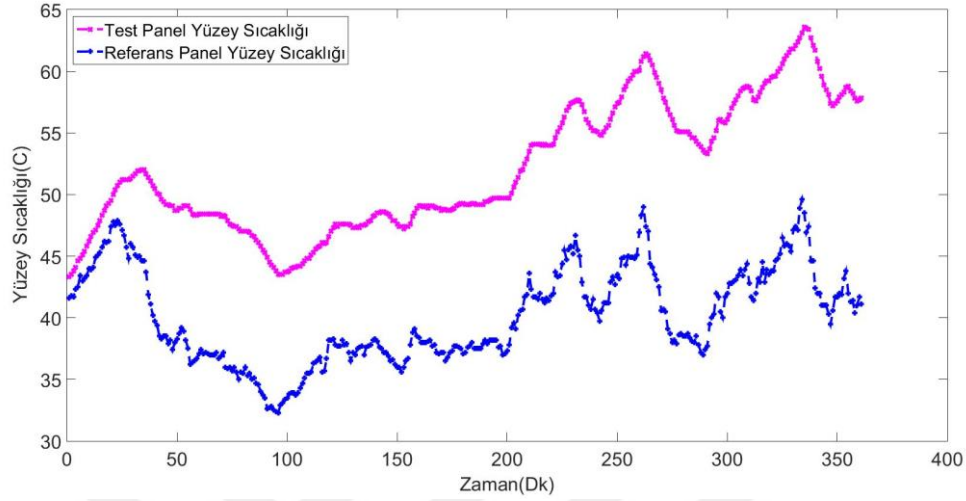
4.1.2 Altta Alüminyum Soğutucu Takılıken Üstte Konfor Cam Testi



Şekil 4.3 Güç Karşılaştırma Grafiği.

Şekil 4.3’te verilen grafikteki verilere bakıldığında konfor camlı test panelinin ortalama çıkış gücünün normal camlı referans panelin ortalama çıkış gücüne göre % 68,93

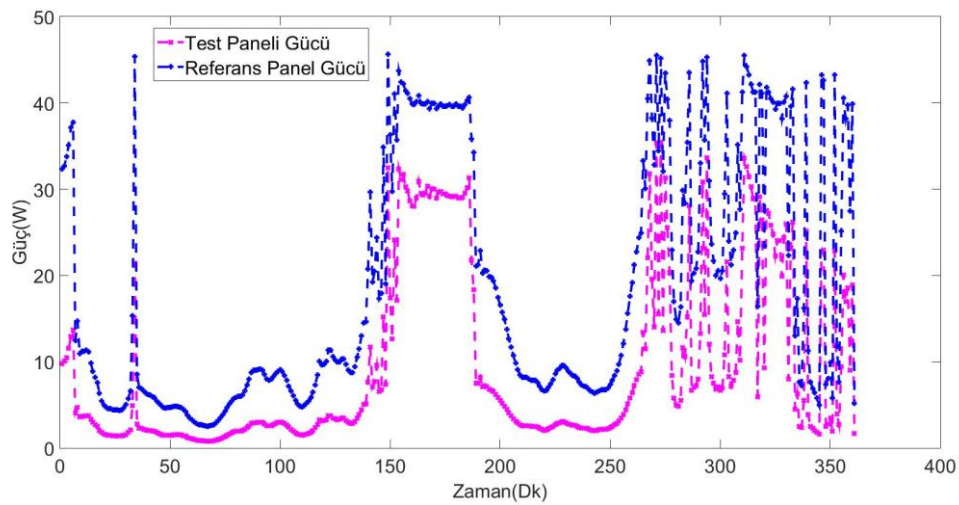
oranında azaldığı tespit edilmiştir. Testin yapıldığı gün parçalı bulutlu bir gün olduğundan gerek çıkış güçlerinde gerekse yüzey sıcaklığında dalgalanmalar mevcuttur. Aynı şekilde yüzey sıcaklıkları da karşılaştırılmış ve şekil 4.4’de verilmiştir.



Şekil 4.4 Yüzey Sıcaklıkları Karşılaştırma Grafiği.

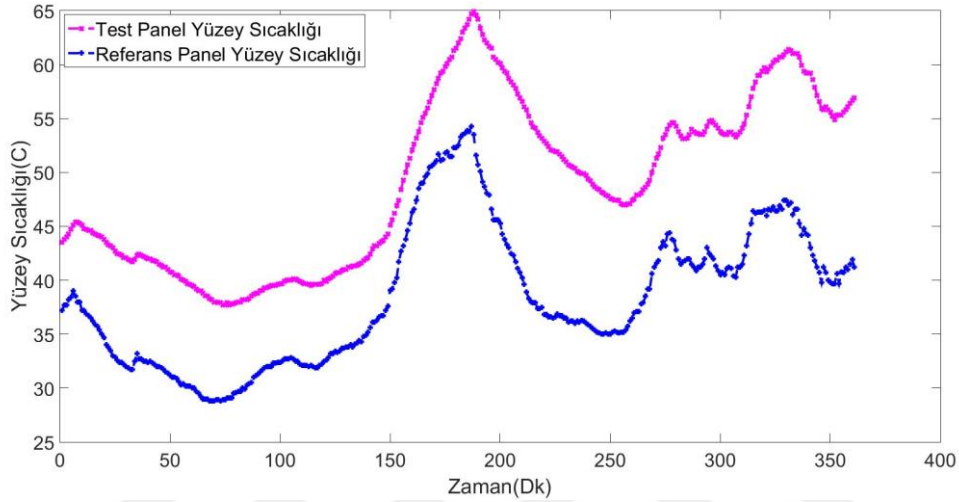
Şekil 4.4’te verilen grafikteki verilere bakıldığında konfor camlı test panelinin ortalama yüzey sıcaklığının referans panelin ortalama yüzey sıcaklığına göre % 29,70 oranında arttığı tespit edilmiştir. Kısmi gölgelenmenin yaşandığı saatlerde çıkış gücü düşmüş, benzer şekilde yüzey sıcaklığı da azalmıştır.

4.1.3 Altta Alüminyum Soğutucu Takılıken Üstte Sinerji Cam Testi



Şekil 4.5 Güç Karşılaştırma Grafiği.

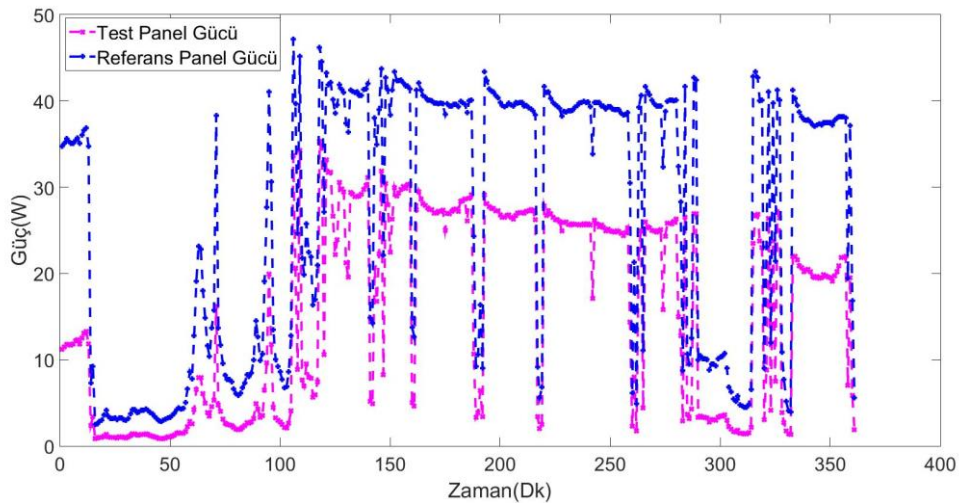
Şekil 4.5’de verilen grafikteki verilere bakıldığında sinerji camlı test panelinin ortalama çıkış gücünün normal camlı referans panelin ortalama çıkış gücüne göre % 49,57 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Bir önceki konfor cama göre çıkış gücünde daha az kayıp olmuştur. Bununla birlikte 40. ve 150. ile 200. ve 250. dakikalar arasında havanın tamamen kapalı olması bağlı olarak çıkış gücü düşmüştür. Diğer dakikalarda parçalı bulutludur. Aynı şekilde yüzey sıcaklıkları da karşılaştırılmış ve şekil 4.6’da verilmiştir.



Şekil 4.6 Yüzey Sıcaklıkları Karşılaştırma Grafiği.

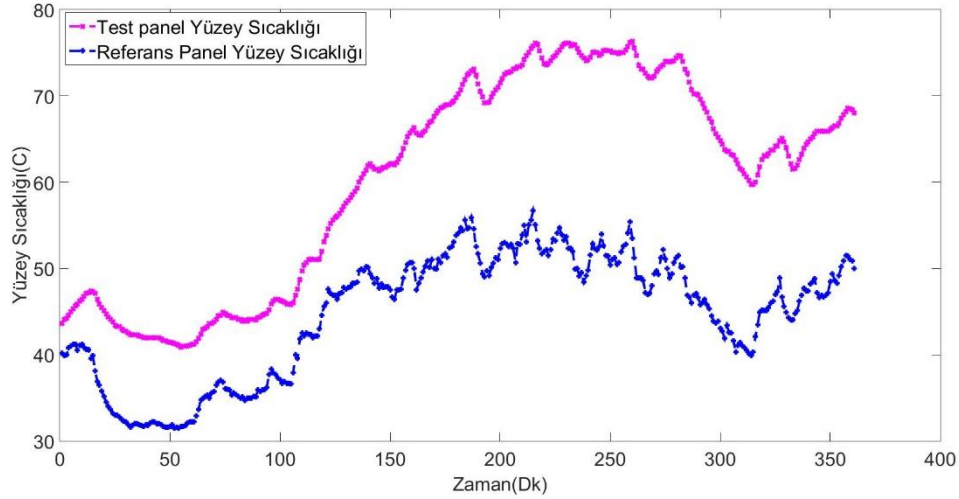
Şekil 4.6’da verilen grafikteki verilere bakıldığında sinerji camlı test panelinin ortalama yüzey sıcaklığının referans panelin ortalama yüzey sıcaklığına göre % 27,77 oranında arttığı tespit edilmiştir.

4.1.4 Altta Alüminyum Soğutucu Takılıken Üstte Temperli-Rodajlı Cam Testi



Şekil 4.7 Güç Karşılaştırma Grafiği.

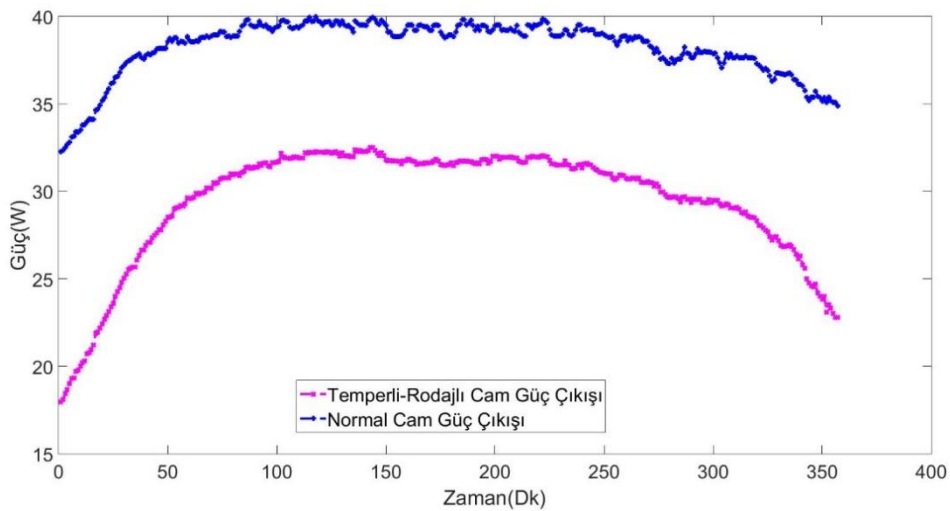
Şekil 4.7’de verilen grafikteki verilere bakıldığında temperli-rodajlı camlı test panelinin ortalama çıkış gücünün normal camlı referans panelin ortalama çıkış gücüne göre % 41,93 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Önceki durumlarla karşılaştırıldığında çok sık bulutlanma yaşandığından çıkış gücünde fazlaca dalgalanmalar mevcuttur. Aynı şekilde yüzey sıcaklıkları da karşılaştırılmış ve şekil 4.8’de verilmiştir.



Şekil 4.8 Yüzey Sıcaklıkları Karşılaştırma Grafiği.

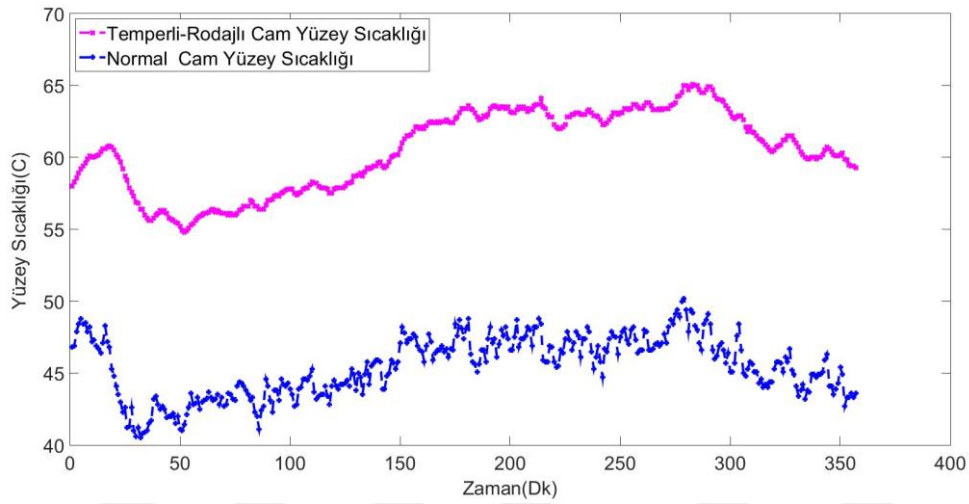
Şekil 4.8’de verilen grafikteki verilere bakıldığında temperli-rodajlı camlı test panelinin ortalama yüzey sıcaklığının referans panelin ortalama yüzey sıcaklığına göre % 34,82 arttığı tespit edilmiştir.

4.1.5 Altta Alüminyum Soğutucu Olmadan Üstte Temperli-Rodajlı Cam Testi



Şekil 4.9 Güç Karşılaştırma Grafiği.

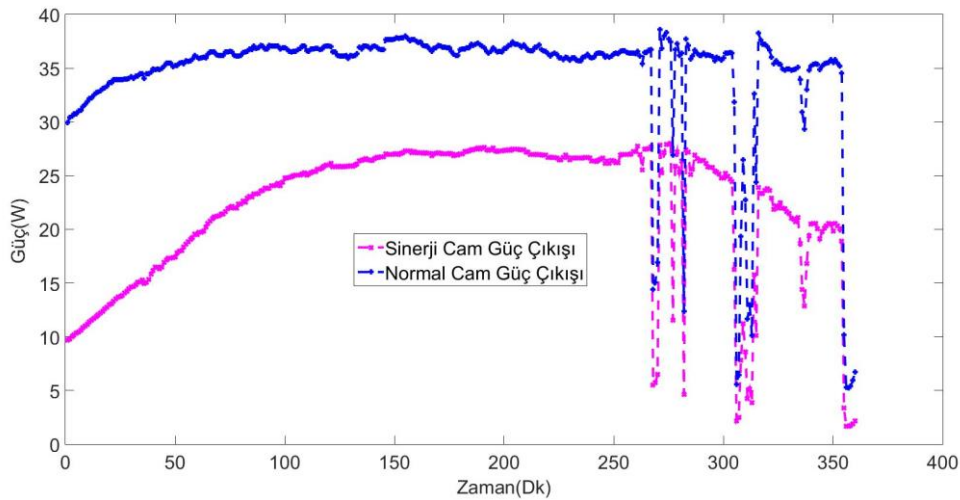
Şekil 4.9’da verilen grafikteki verilere bakıldığında temperli-rodajlı camlı test panelinin ortalama çıkış gücünün normal camlı referans panelin ortalama çıkış gücüne göre % 22,92 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Bu test tamamen güneşli bir günde gerçekleştirildiğinden çıkış gücünde en az dalgalanmanın olduğu durumdur. Soğutma materyali olmadan yapılan testlerde en az güç kaybının yaşandığı farklı şekilde en fazla ısı artışının olduğu durumdur.



Şekil 4.10 Yüzey Sıcaklıkları Karşılaştırma Grafiği.

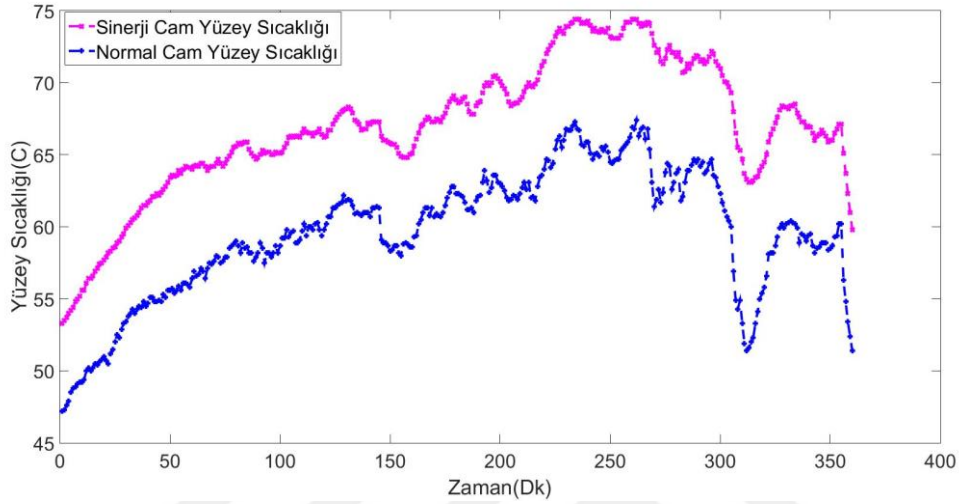
Şekil 4.10’da verilen grafikteki verilere bakıldığında temperli-rodajlı camlı test panelinin ortalama yüzey sıcaklığının referans panelin ortalama yüzey sıcaklığına göre % 33,09 arttığı tespit edilmiştir.

4.1.6 Altta Alüminyum Soğutucu Olmadan Üstte Sinerji Cam Testi



Şekil 4.11 Güç Karşılaştırma Grafiği.

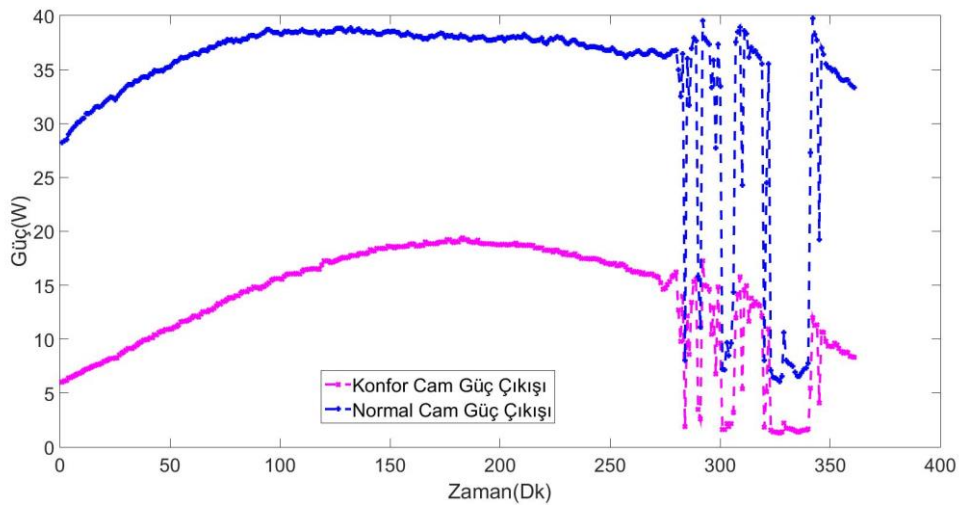
Şekil 4.11’de verilen grafikteki verilere bakıldığında sinerji camlı test panelinin ortalama çıkış gücünün normal camlı referans panelin ortalama çıkış gücüne göre % 34,82 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Test günü öğleden sonra ani bir bulutlanma yaşanmış, bu durum hem çıkış gücüne hem yüzey sıcaklığına benzer şekilde etkide bulunmuştur. Ayrıca yüzey sıcaklıkları da karşılaştırılmış ve şekil 4.12’de verilmiştir.



Şekil 4.12 Yüzey Sıcaklıkları Karşılaştırma Grafiği.

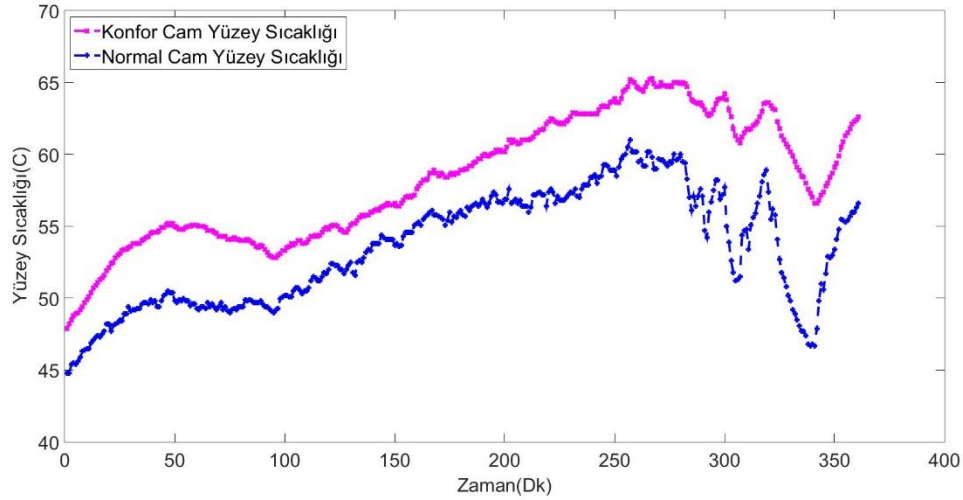
Şekil 4.12’de verilen grafikteki verilere bakıldığında sinerji camlı test panelinin ortalama yüzey sıcaklığının referans panelin ortalama yüzey sıcaklığına göre % 12,44 oranında arttığı tespit edilmiştir.

4.1.7 Altta Alüminyum Soğutucu Olmadan Üstte Konfor Cam Testi



Şekil 4.13 Güç Karşılaştırma Grafiği.

Şekil 4.13'te verilen grafikteki verilere bakıldığında konfor camlı test panelinin ortalama çıkış gücünün normal camlı referans panelin ortalama çıkış gücüne göre % 60,09 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Bu test soğutma materyali olmadan yapılan testler arasında cam yüzeyinde en az ısınmanın olduğu test olmasına rağmen güç kaybının en fazla olduğu durumdur. Ayrıca yüzey sıcaklıkları da karşılaştırılmış ve şekil 4.14'te verilmiştir.



Şekil 4.14 Yüzey Sıcaklıkları Karşılaştırma Grafiği.

Şekil 4.14'te verilen grafikteki verilere bakıldığında konfor camlı test panelinin ortalama yüzey sıcaklığının referans panelin ortalama yüzey sıcaklığına göre % 8,97 arttığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte çizelge 4.1'de 7 farklı deney için test ve referans panellerin testin yapıldığı güne ait güç kaybı ve ısınma artış yüzdeleri birleştirilerek verilmiştir. Çizelgede verilen sonuçlara göre en fazla güç kaybı % 68,93 ile altta alüminyum malzeme takılıyken ısıcam konfor testinde, en az güç kaybı ise % 1,21 ile yalnızca altta alüminyum malzeme takılıyken gerçekleşmiştir. Aynı şekilde panel yüzeyinde en fazla ısı artışı % 34,82 ile altta alüminyum malzeme takılıyken temperli-rodajlı cam testinde, en az ısı artışı ise % 8,97 ile altta alüminyum malzeme takılıyken konfor cam testinde gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.1 Deney tiplerine göre güç ve yüzey sıcaklığı karşılaştırmaları.

Deney Şekli	Ortalama Güç(W)	Ortalama Sıcaklık(C ⁰)	Güç Kaybı*(%)	Isınma Artış*(%)
Soğutmalı Panel	31,04	53,51	1,21	9,41
Normal Panel	31,42	48,91		
Soğutma+Konfor	7,99	52,05	68,93	29,70
Normal Cam	25,72	40,13		
Soğutma+Sinerji	9,3	49,14	49,57	27,77
Normal Cam	18,44	38,46		
Soğutma+Temperli	15,32	60,36	41,93	34,82
Normal Cam	26,38	44,77		
Temperli Cam	29,46	60,49	22,92	33,09
Normal Cam	38,22	45,45		
Sinerji Cam	22,63	66,9	34,82	12,44
Normal Cam	34,72	59,5		
Konfor Cam	13,69	58,3	60,09	8,97
Normal cam	34,3	53,5		

*Güç kaybı ve ısınma artışında testin yapıldığı andaki referans panel verisine göre kıyas yapılmıştır.

4.2 Yapay Sinir Ağları ile Verilerin Modellenmesi

Çizelge 4.1’de verilen değer ortalamaları test gününde kullanılan cam tipi ile normal panel verisinin kıyaslanması ile oluşturulmuştur. Testler 15.08.2019/30.08.2019 tarihleri arasında 7 farklı günde gerçekleştirilmiştir. Dakikada bir ölçülen verilerden 09:00-15:00 arasındaki 361 farklı satırı kullanılmıştır Diğer bir söylemle farklı karakteristikteki üç cam çeşidi aynı sırada denenememiştir. Bu nedenle tamamen güneşli bir gün olan Temperli-Rodajlı cam testinin yapıldığı gündeki veriler kullanılarak oluşturulan ağlarda konfor ve sinerji cam girdileri kullanılarak simülasyonlar gerçekleştirilmiş ve cam tipleri arasındaki güç karşılaştırmaları yapılmıştır. Böylelikle camların aynı anda test edilebilmiş olması sorusuna YSA modelleri ile cevap bulunmuştur. Bu sebeple çıktının güç olduğu, girdilerin ise değiştiği 10 farklı stokastik yapay sinir ağ modeli oluşturularak tahminler yapılmıştır. Şahin (2019) araştırmasında tahmin için YSA’yı kullanırken ağ modellerinden İleri Beslemeli Geri Yayılımlı YSA modelinin, Hopfield ve Radyal Tabanlı YSA modeline kıyasla az hata ile daha doğru tahminlerde bulunabildiğini tespit etmiştir. Bu anlamda bu çalışmada da İleri Beslemeli Geri Yayılımlı (Feed Forward Back Propagation) YSA modeli kullanılmıştır. Bütün ağ modellerinde sırasıyla şu işlemler yapılmıştır. Öncelikle girdi ve hedef belirlenmiş eğitim gerçekleştirilmiştir. Sonrasında ağın regresyon (R) grafiğine bakılmış istenen çıktı olan hedef ile gerçek çıktı

arasındaki ilişki incelenmiştir. Dolayısıyla ağ modelinde yeni girdilerin simüle edilebileceğine kani olunduktan sonra ilk olarak eğitim verileri ağda simüle edilmiştir. Baştaki eğitim verileri ile ağda simüle edilen eğitim verilerinin çıktıları aynı grafikte çizdirilmiş ve simülasyonun RMSE(ortalama hata değerlerinin karekökü) değerine bakılmıştır. Akabinde en başta test için ayrılmış ve eğitimde kullanılmamış olan girdi değerleri ağlarda simüle edilmiş, test tablosunda gerçek güç değerleri ile karşılaştırılıp aynı grafikte çizdirildikten sonra ağın RMSE değerine bakılmıştır. Çizelge 4.2’de YSA eğitiminde kullanılan parametreler verilmiştir. Ayrıca son bölümde YSA modellerindeki eğitim ve test RMSE değerleri de karşılaştırılmıştır.

Çizelge 4.2 YSA eğitim parametreleri.

YSA Tipi	İleri Besleme-Geri Yayılım
Eğitme Algoritması	Levenberg-Marquardt (Trainlm)
Performans Fonksiyonu	Mean Square Error
Tabaka Adeti	2
Sinir(Nöron) Adeti	10
Aktivasyon Fonksiyonu	Logsig

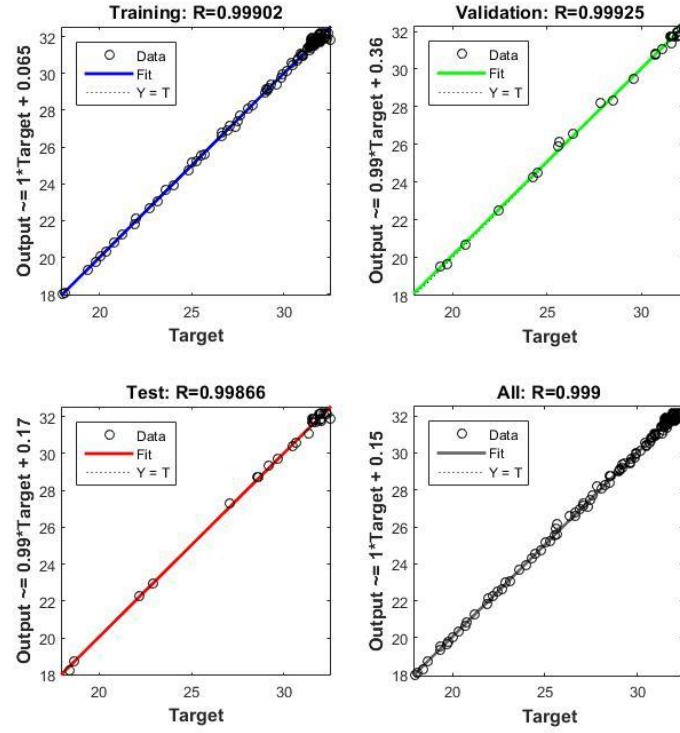
Çizelge 4.3’de girdi ve çıktılarına göre yapay sinir ağı modelleri gruplandırılmıştır.

Çizelge 4.3 Girdilerine göre gruplandırılmış YSA modelleri.

YSA	Girdiler	Çıktı
1. YSA Modeli	Işınım	Güç
2. YSA Modeli	Işınım, Yüzey Sıcaklığı	Güç
3. YSA Modeli	Işınım, Dış Sıcaklık	Güç
4. YSA Modeli	Yüzey Sıcaklığı	Güç
5. YSA Modeli	Dış Sıcaklık	Güç
6. YSA Modeli	Sıcaklık, Işınım, Dış Sıcaklık	Güç
7. YSA Modeli	Sıcaklık, Işınım, Dış Sıcaklık, Akım	Güç
8. YSA Modeli	7. ağdaki girdilerin 1'er saat önceki halleri	Güç
9. YSA Modeli	Işınım 1 saat öncesi, Işınım Şu an ki değer	Güç
10. YSA Modeli	Sıcaklık 1 saat öncesi, Sıcaklık şu an ki değer	Güç

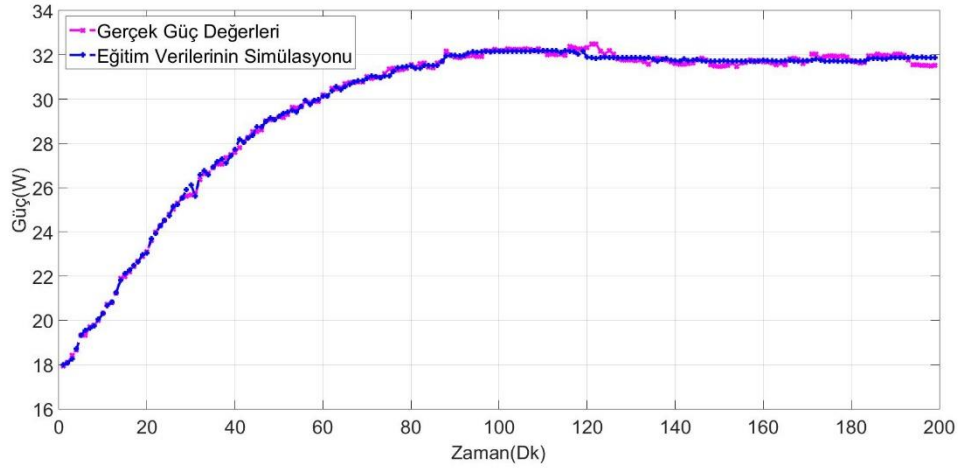
4.2.1 Birinci YSA Modeli

1.YSA modelinde ışınlm şiddeti girdi güç hedef olarak seçilmiş ve eğitim gerçekleştirilmiştir.



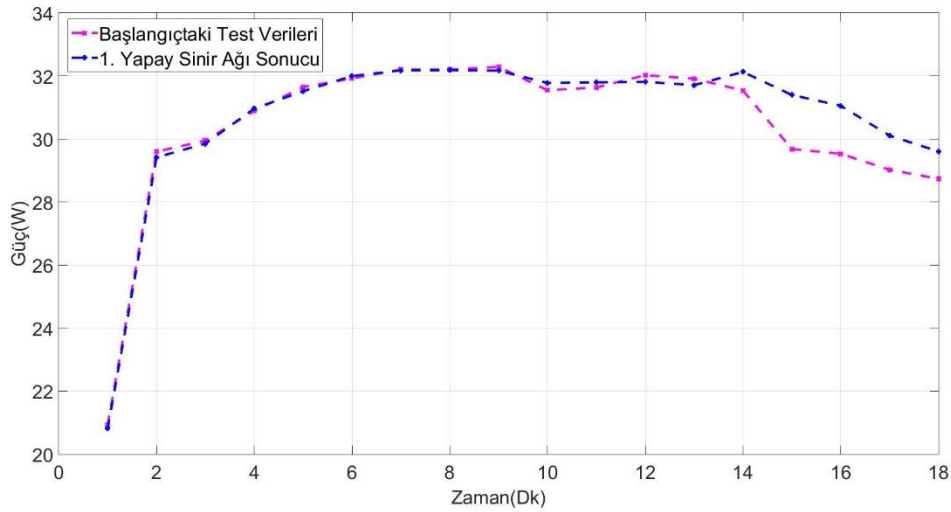
Şekil 4.15 Işınım Girdili Regresyon Grafiği(1. YSA Modeli).

Şekil 4.15'deki regresyon değerlerine bakıldığında eğitim (R-değeri=0.99902), doğrulama (R-değeri=0.99925), test (R-değeri=0.99866) ve tüm (R-değeri=0.999) görülmektedir. Bu değerler ağın tepkisinin son derece olumlu olduğu, ağ modelinde kullanılan ışınlm girdisinin hedef güç değerleri ile son derece yakın bir ilişki içerisinde olduğu anlamına gelmektedir. Dolayısıyla modelde yeni girdiler simüle edilebilecektir. Öncelikle eğitim verileri ağda simüle edilmiştir.



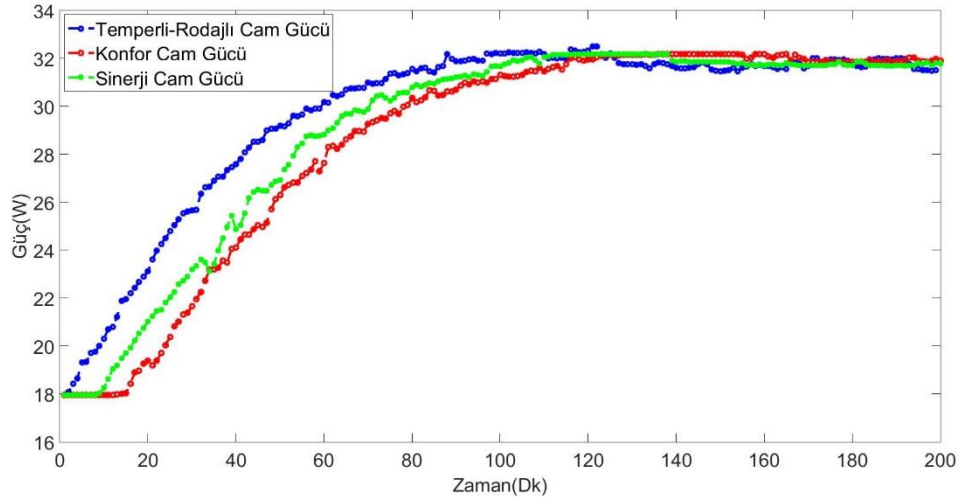
Şekil 4.16 Işınım Girdili Eğitim Simülasyonu (1. YSA Modeli).

Şekil 4.16'ya bakıldığında eğitim verileri ile yapılan simülasyonun gerçek eğitim değerlerine çok yakın olduğu görülmektedir. RMSE değerinin 0.0076 olduğu belirlenmiştir. Değer sıfıra çok yakın olup girdi ve hedef arasında doğrusal olmayan ancak çok yakın bir ilişki olduğunu göstermektedir.



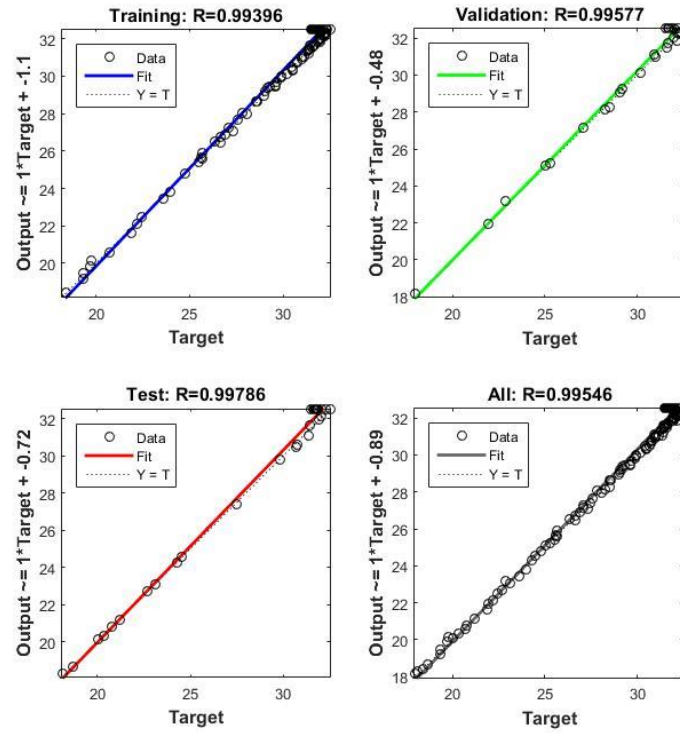
Şekil 4.17 Işınım Girdili Test Simülasyonu(1. YSA Modeli).

Şekil 4.17 incelendiğinde eğitimde kullanılmayan test verileri ağda simüle edilerek test tablosundaki gerçek güç değerleri ile karşılaştırılmıştır. Bu simülasyonun RMSE değeri 0.2895'dir. Ağ gerçek değerleri çok az bir hata ile tahmin etmiştir. Nihayetinde konfor ve sinerji camların girdi değerleri alınarak ağda simülasyon gerçekleştirilmiştir. Simülasyon sonucuna göre toplamda temperli-rodajlı cam 8200,9 W, konfor cam 7998,6 W, sinerji cam 8105,7 W güç üretmiştir. Bu modelde en fazla üretim temperli-rodajlı cam tipindedir.



Şekil 4.18 Işınım Girdili Güç Karşılaştırması(1. YSA Modeli).

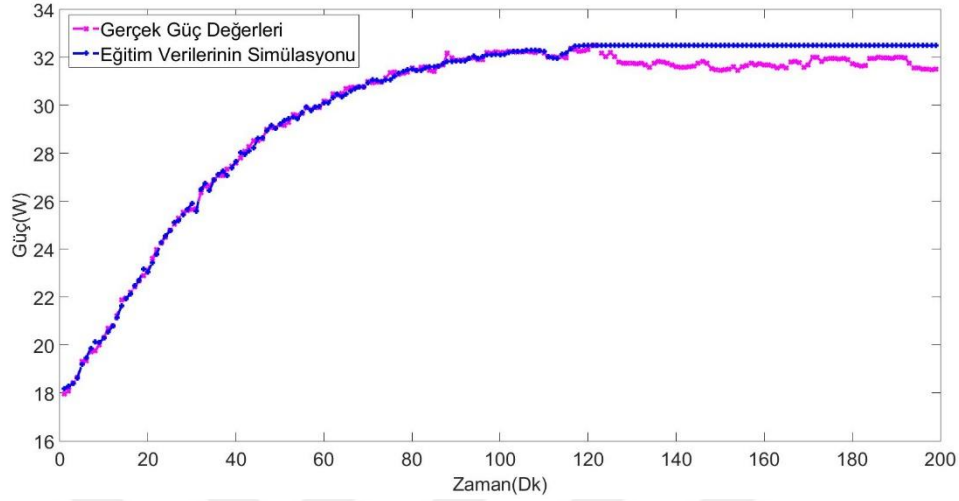
4.2.2 İkinci YSA Modeli



Şekil 4.19 Işınım-Yüzey Sıcaklığı Girdili Regresyon Grafiği(2. YSA Modeli).

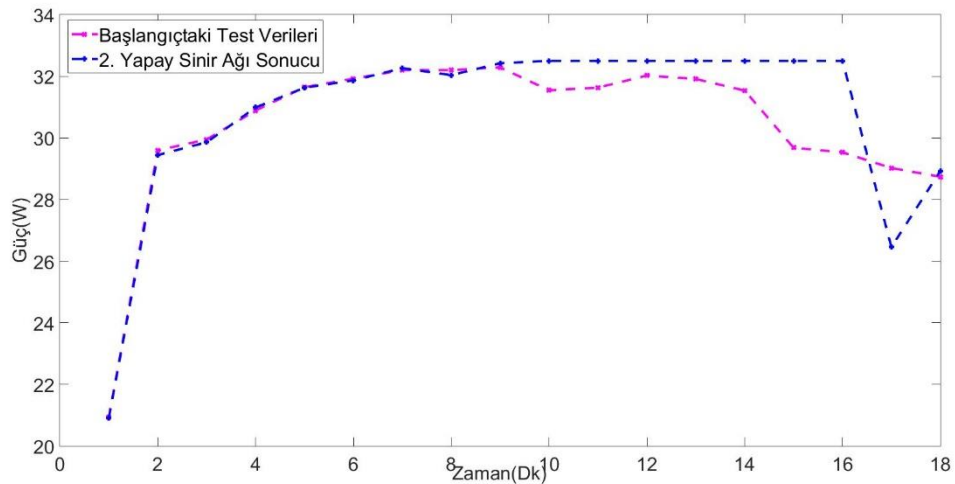
2.YSA modelinde ışıınım şiddeti ve yüzey sıcaklığı girdi, güç hedef olarak seçilmiş ve eğitim gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.19'dan regresyon değerlerine bakıldığında eğitim (R-değeri=0,99396), doğrulama (R-değeri=0,99577), test (R-değeri=0,99786) ve tüm (R-değeri=0,99546) görülmektedir. Bu değerler ağ modelinde kullanılan ışıınım ve yüzey

sıcaklığı girdisinin hedef güç değerleri ile son derece yakın bir ilişkisi olduğu anlamına gelmektedir. Öncelikle eğitim verileri ağda simüle edilmiştir.



Şekil 4.20 Işınım-Yüzey Sıcaklığı Girdili Eğitim Simülasyonu (2. YSA Modeli).

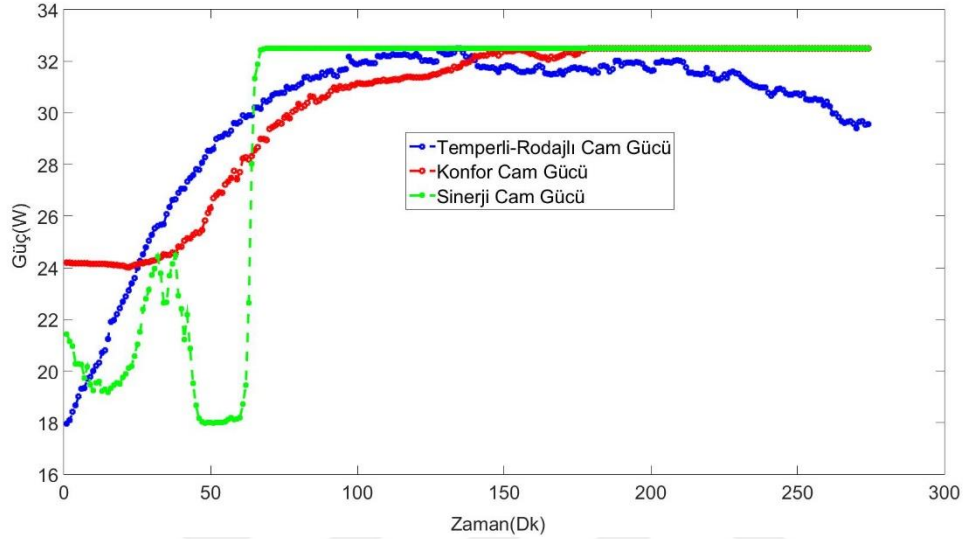
Şekil 4.20'ye bakıldığında eğitim verileri ile yapılan simülasyonun gerçek eğitim değerlerine çok yakın olduğu görülmektedir. RMSE değerinin 0,044 olduğu belirlenmiştir. Değer sıfıra çok yakın olup girdi ve hedef arasında doğrusal olmayan ancak çok yakın bir ilişki olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.21 Işınım-Yüzey Sıcaklığı Girdili Test Simülasyonu (2. YSA Modeli).

Şekil 4.21 incelendiğinde eğitimde kullanılmayan test verileri ağda simüle edilerek test tablosundaki gerçek güç değerleri ile karşılaştırılmıştır. Bu simülasyonun RMSE değeri

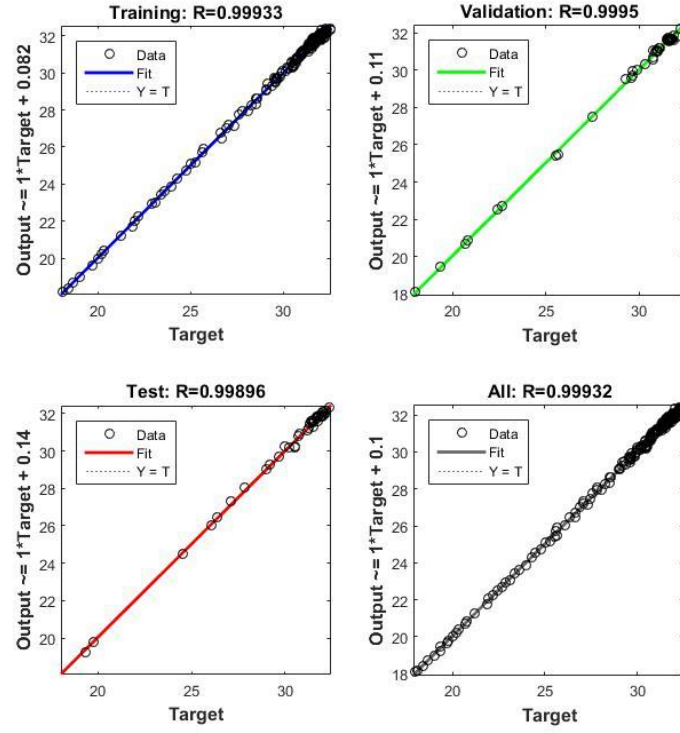
0,3927'dir. Ağ gerçek değerleri çok az bir hata ile tahmin etmiştir. Nihayetinde konfor ve sinerji camların girdi değerleri alınarak ağda simülasyon gerçekleştirilmiştir. Simülasyon sonucuna göre toplamda temperli-rodajlı cam 8200,9 W, konfor cam 8302,7 W, sinerji cam 8133,4 W güç üretmiştir. En fazla güç üretimi konfor camdadır.



Şekil 4.22 Işınım-Yüzey Sıcaklığı Girdili Güç Karşılaştırması (2. YSA Modeli).

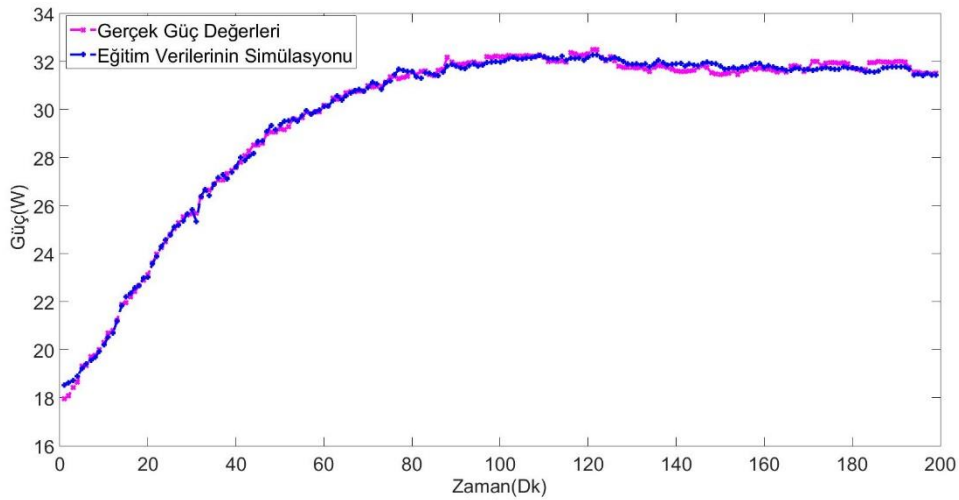
4.2.3 Üçüncü YSA Modeli

3.YSA modelinde ışıınım şiddeti ve dış sıcaklık girdi, güç hedef olarak seçilmiş ve eğitim gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.23'den regresyon değerlerine bakıldığında eğitim (R-değeri=0,99933), doğrulama (R-değeri=0,9995), test (R-değeri=0,99896) ve tüm(R-değeri=0,99932) görülmektedir.



Şekil 4.23 Işınım-Dış Sıcaklık Girdili Regresyon Grafiği(3. YSA Modeli).

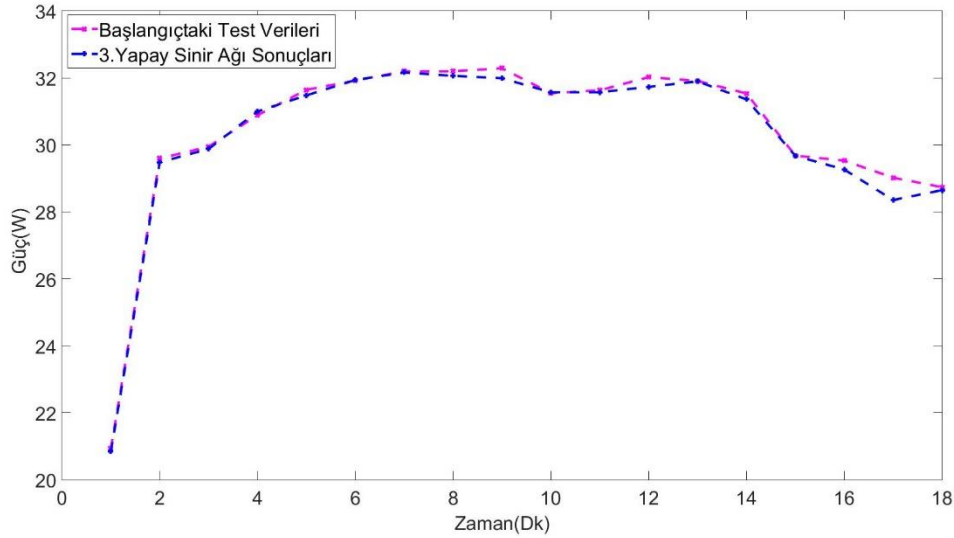
Öncelikle eğitim verileri ağda simüle edilmiştir. Simülasyon sonucu şekil 4.24’de verilmiştir.



Şekil 4.24 Işınım-Dış Sıcaklık Girdili Eğitim Simülasyonu (3. YSA Modeli).

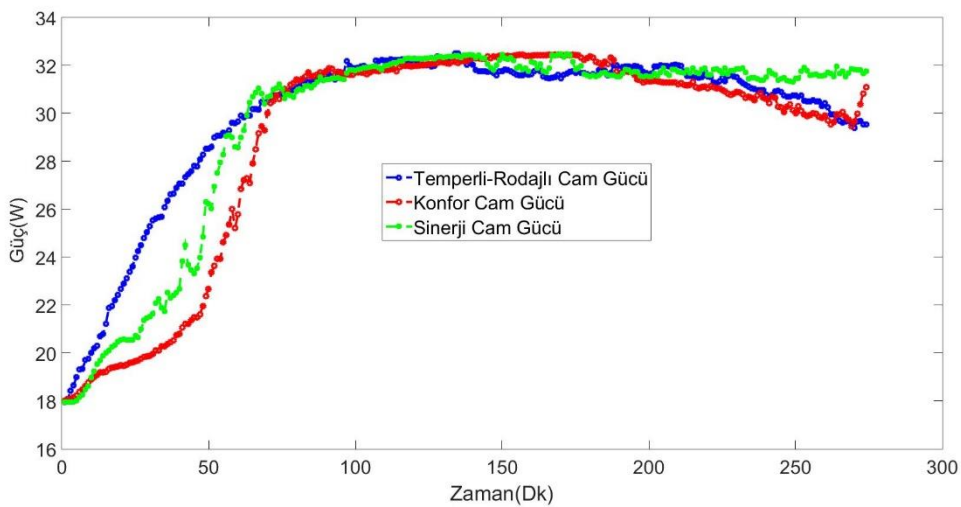
Şekil 4.24’e bakıldığında eğitim verileri ile yapılan simülasyonun gerçek eğitim değerlerine çok yakın olduğu görülmektedir. RMSE değerinin 0,044 olduğu

belirlenmiştir. Değer sıfıra çok yakın olup girdi ve hedef arasında doğrusal olmayan ancak çok yakın bir ilişki olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.25 Işınım-Dış Sıcaklık Girdili Test Simülasyonu (3. YSA Modeli).

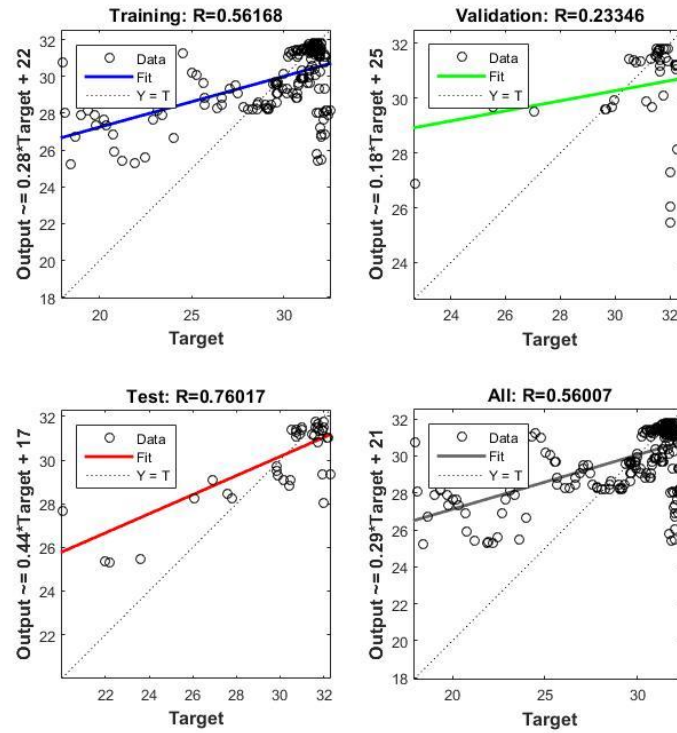
Şekil 4.25 incelendiğinde eğitimde kullanılmayan test verileri ağda simüle edilerek test tablosundaki gerçek güç değerleri ile karşılaştırılmıştır. Bu simülasyonun RMSE değeri 0,1198'dir. Ağ gerçek değerleri çok az bir hata ile tahmin etmiştir. Nihayetinde konfor ve sinerji camların girdi değerleri alınarak ağda simülasyon gerçekleştirilmiştir. Simülasyon sonucuna göre toplamda, temperli-rodajlı cam 8200,9 W, konfor cam 7941,0 W, sinerji cam 8126,9 W güç üretmiştir.



Şekil 4.26 Işınım-Dış Sıcaklık Girdili Güç Karşılaştırması (3. YSA Modeli).

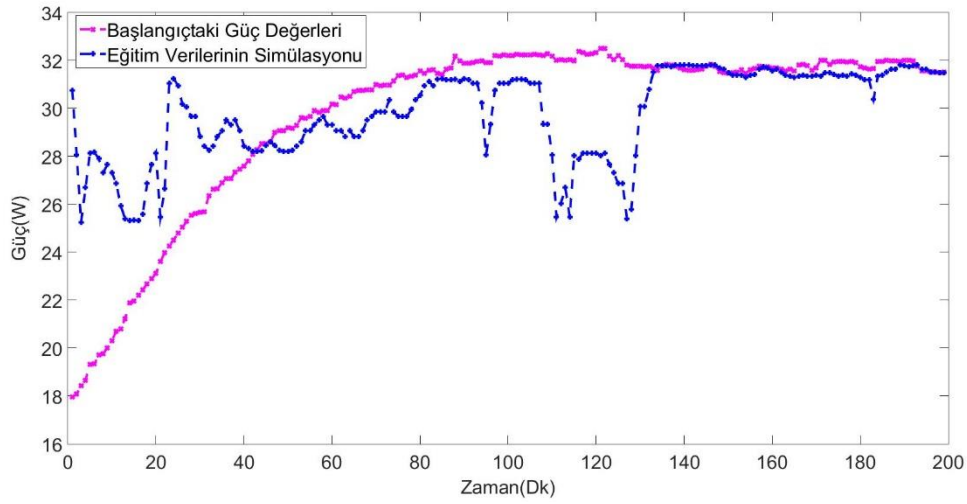
4.2.4 Dördüncü YSA Modeli

4.YSA modelinde yüzey sıcaklık değeri girdi, güç hedef olarak seçilmiş ve eğitim gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.27'den regresyon değerlerine bakıldığında eğitim (R-değeri=0,56168), doğrulama (R-değeri=0,23346), test (R-değeri=0,76017) ve tüm(R-değeri=0,56007) görülmektedir. Bu değerler ağıın tepkisinin ilk 3 ağıdaki kadar olumlu olmadığı anlamına gelmektedir.



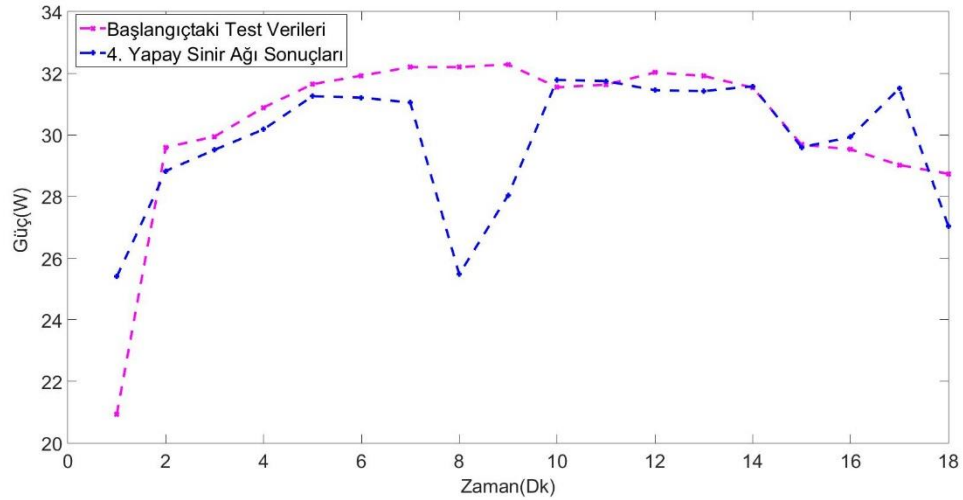
Şekil 4.27 Yüzey Sıcaklığı Girdili Regresyon Grafiğı(4. YSA Modeli).

Öncelikle eğitim verileri ağıda simüle edilmiştir. Simülasyon sonucu şekil 4.28’de verilmiştir. Şekil 4.28’e bakıldığında eğitim verileri ile yapılan simülasyonun gerçek eğitim değerlerine çok yakın olduğu görülmektedir. RMSE değerinin 0,0333 olduğu belirlenmiştir.



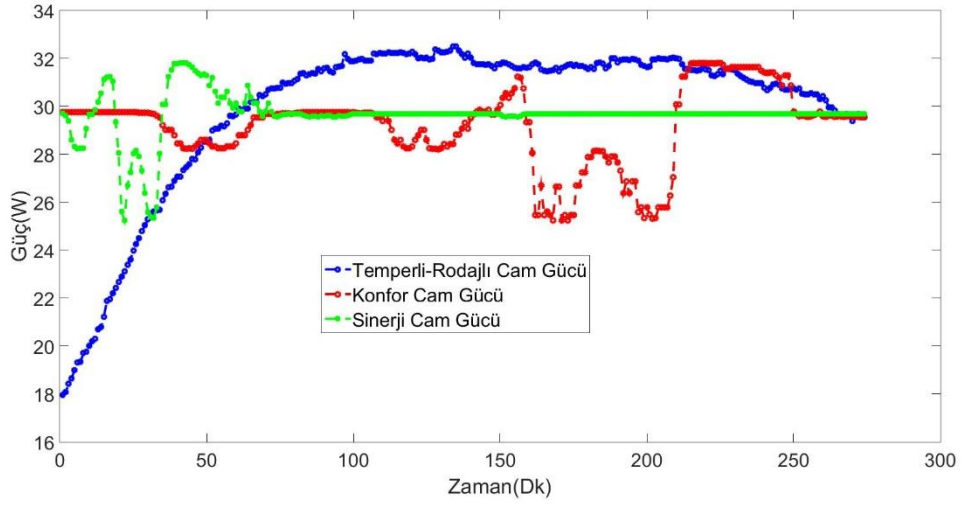
Şekil 4.28 Yüzey Sıcaklığı Girdili Eğitim Simülasyonu (4. YSA Modeli).

Şekil 4.29 incelendiğinde eğitimde kullanılmayan test verileri ağda simüle edilerek test tablosundaki gerçek güç değerleri ile karşılaştırılmıştır. Bu simülasyonun RMSE değeri 0,5677'dir. Ağ gerçek değerleri çok az bir hata ile tahmin etmiştir.



Şekil 4.29 Yüzey Sıcaklığı Girdili Test Simülasyonu (4. YSA Modeli).

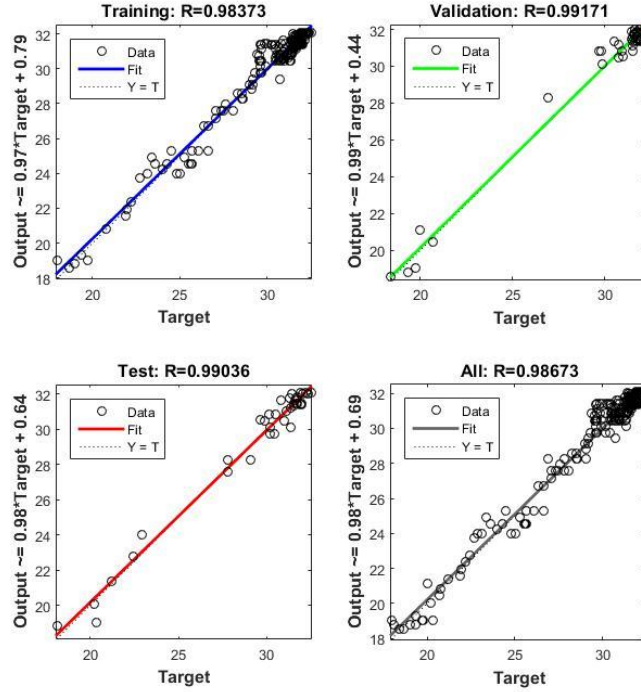
Nihayetinde konfor ve sinerji camların girdi değerleri alınarak ağda simülasyon gerçekleştirilmiştir. Simülasyon sonucuna göre toplamda, temperli-rodajlı cam 8200,9 W, konfor cam 7995,1 W, sinerji cam 8126,2 W güç üretmiştir.



Şekil 4.30 Yüzey Sıcaklığı Girdili Güç Karşılaştırması (4. YSA Modeli).

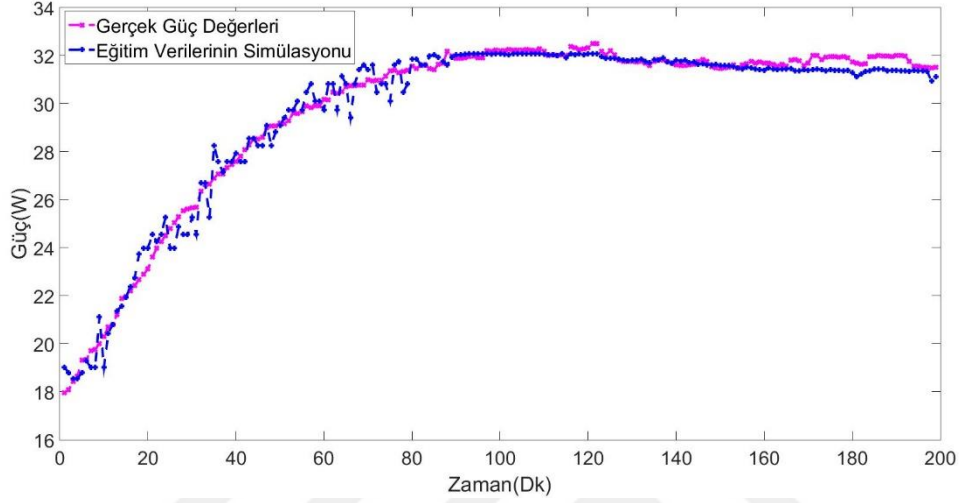
4.2.5 Beşinci YSA Modeli

5.YSA modelinde dış sıcaklık değeri girdi, güç hedef olarak seçilmiş ve eğitim gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.31'deki regresyon değerlerine bakıldığında eğitim (R-değeri=0,98373), doğrulama (R-değeri=0,99171), test (R-değeri=0,99036) ve tüm(R-değeri=0,98673) görülmektedir.



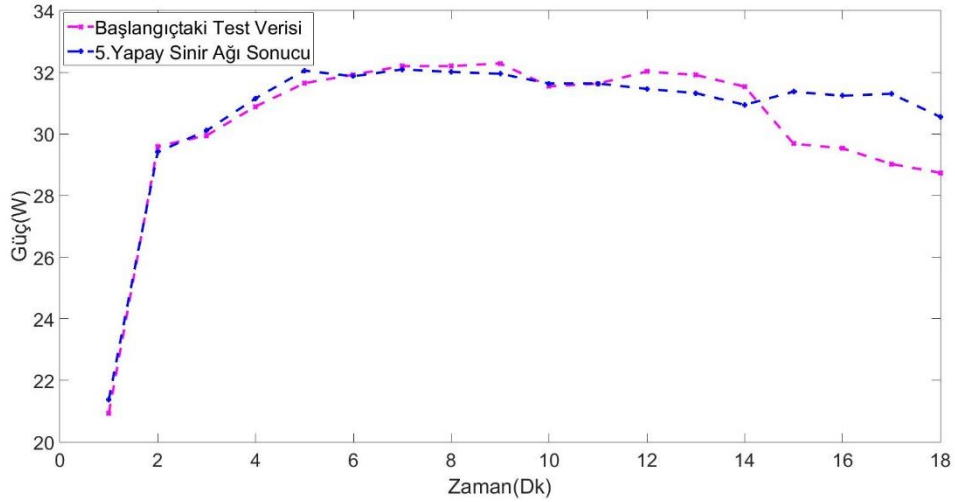
Şekil 4.31 Dış Sıcaklık Girdili Regresyon Grafiği (5. YSA Modeli).

Öncelikle eğitim verileri ağda simüle edilmiştir. Simülasyon sonucu şekil 4.32’de verilmiştir. Şekil 4.32’ye bakıldığında eğitim verileri ile yapılan simülasyonun gerçek eğitim değerlerine çok yakın olduğu görülmektedir. RMSE değerinin 0,0873 olduğu belirlenmiştir. Değer sıfıra çok yakın olup girdi ve hedef arasında doğrusal olmayan ancak çok yakın bir ilişki olduğunu göstermektedir



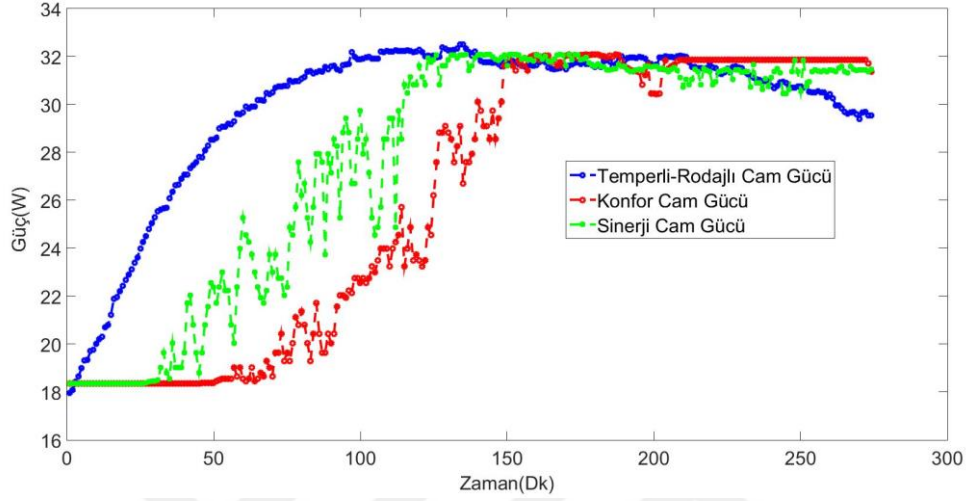
Şekil 4.32 Dış Sıcaklık Girdili Eğitim Simülasyonu (5. YSA Modeli).

Şekil 4.33 incelendiğinde eğitimde kullanılmayan test verileri ağda simüle edilerek test tablosundaki gerçek güç değerleri ile karşılaştırılmıştır. Bu simülasyonun RMSE değeri 0,3472’dir. Ağ gerçek değerleri çok az bir hata ile tahmin etmiştir.



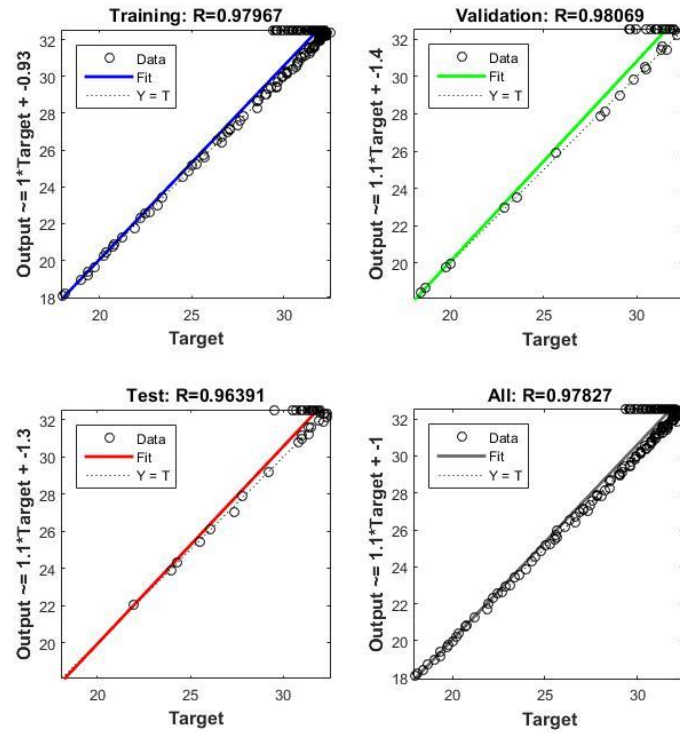
Şekil 4.33 Dış Sıcaklık Girdili Test Simülasyonu (5. YSA Modeli).

Nihayetinde konfor ve sinerji camların girdi değerleri alınarak ağda simülasyon gerçekleştirilmiştir. Simülasyon sonucuna göre toplamda, temperli-rodajlı cam 8200,9 W, konfor cam 7177,5 W, sinerji cam 7620,5 W güç üretmiştir. Bu modelde en fazla üretim temperli-rodajlı cam tipinde gerçekleşmiştir.



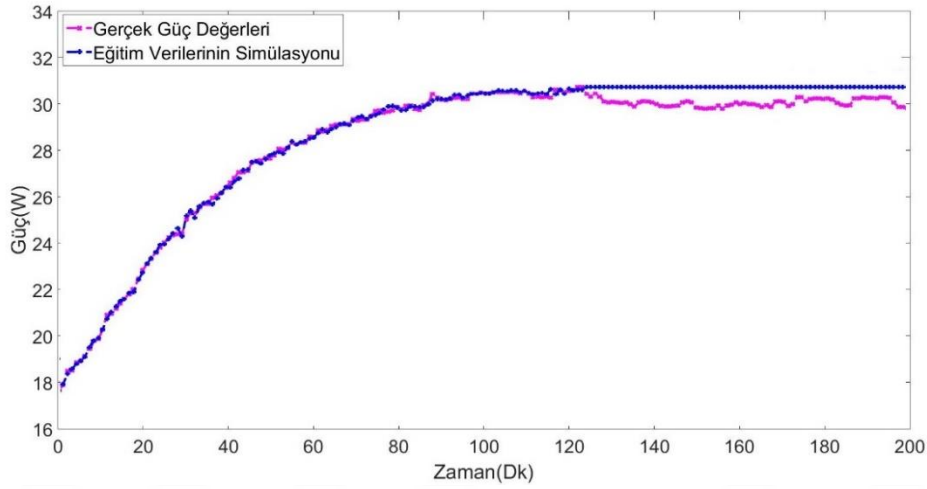
Şekil 4.34 Dış Sıcaklık Girdili Güç Karşılaştırması (5. YSA Modeli).

4.2.6 Altıncı YSA Modeli



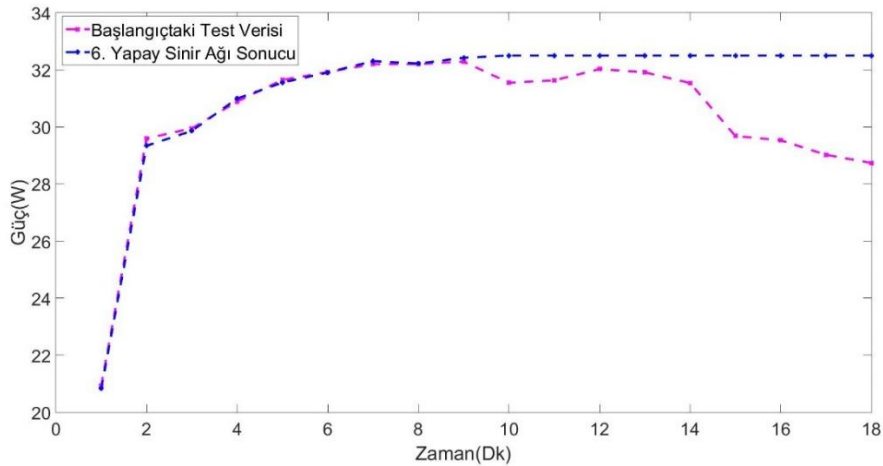
Şekil 4.35 Sıcaklık-Işınım-Dış Sıcaklık Girdili Regresyon Grafiği (6. YSA Modeli).

6.YSA modelinde ısıtım şiddetinin o andaki değerleri ve 1 saat önceki değerleri girdi, güç hedef olarak seçilmiş ve eğitim gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.35'deki regresyon değerlerine bakıldığında eğitim (R-değeri=0,97967), doğrulama (R-değeri=0,98069), test (R-değeri=0,96391) ve tüm(R-değeri=0,97827) görülmektedir. Öncelikle eğitim verileri ağda simüle edilmiştir. Simülasyon sonucu şekil 4.36'da verilmiştir. Şekil 4.36'ya bakıldığında eğitim verileri ile yapılan simülasyonun gerçek eğitim değerlerine çok yakın olduğu görülmektedir. RMSE değerinin 0,2925 olduğu belirlenmiştir.



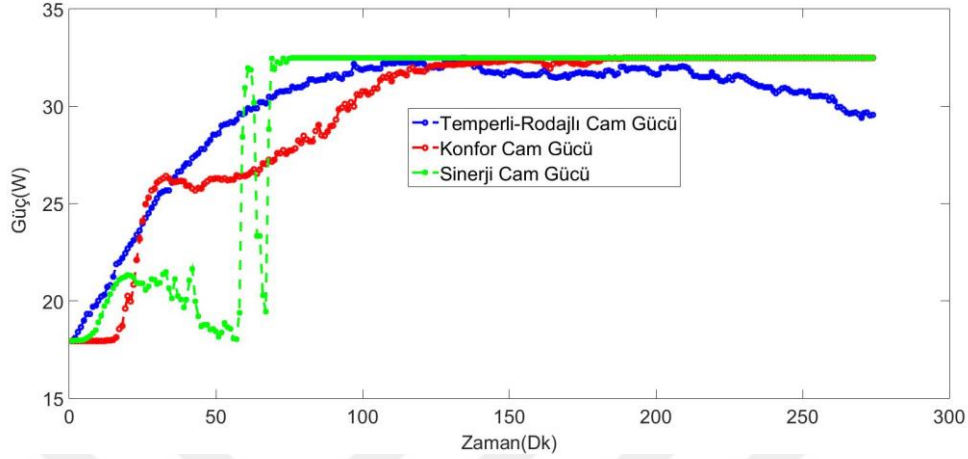
Şekil 4.36 Sıcaklık-Isınım-Dış Sıcaklık Girdili Eğitim Simülasyonu (6. YSA Modeli).

Şekil 4.37 incelendiğinde eğitimde kullanılmayan test verileri ağda simüle edilerek test tablosundaki gerçek güç değerleri ile karşılaştırılmıştır. Bu simülasyonun RMSE değeri 0,9277'dir. Ağ gerçek değerleri çok az bir hata ile tahmin etmiştir.



Şekil 4.37 Sıcaklık-Isınım-Dış Sıcaklık Girdili Test Simülasyonu (6. YSA Modeli).

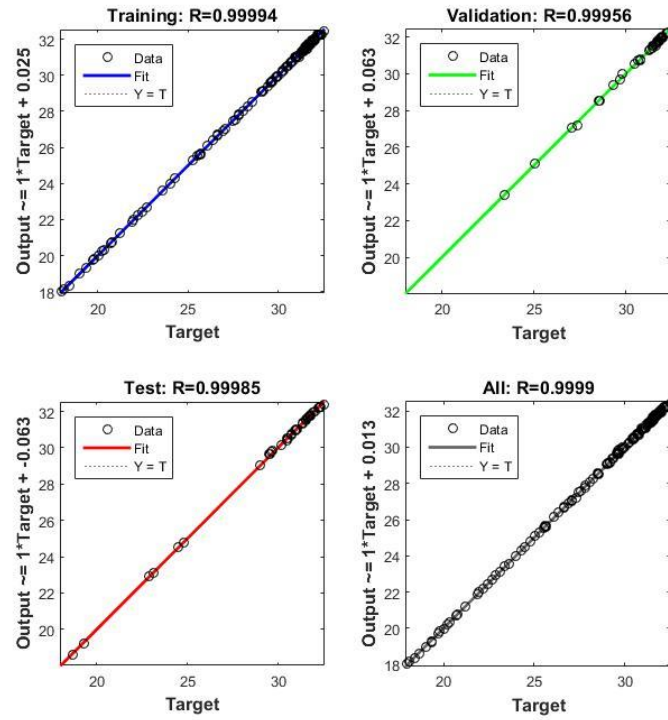
Nihayetinde konfor ve sinerji camların girdi değerleri alınarak ağda simülasyon gerçekleştirilmiştir. Simülasyon sonucuna göre toplamda, temperli-rodajlı cam 8200,9 W konfor cam 8139,8 W, sinerji cam 8107,0 W güç üretmiştir.



Şekil 4.38 Sıcaklık-Işınım-Dış Sıcaklık Girdili Güç Karşılaştırması (6. YSA Modeli).

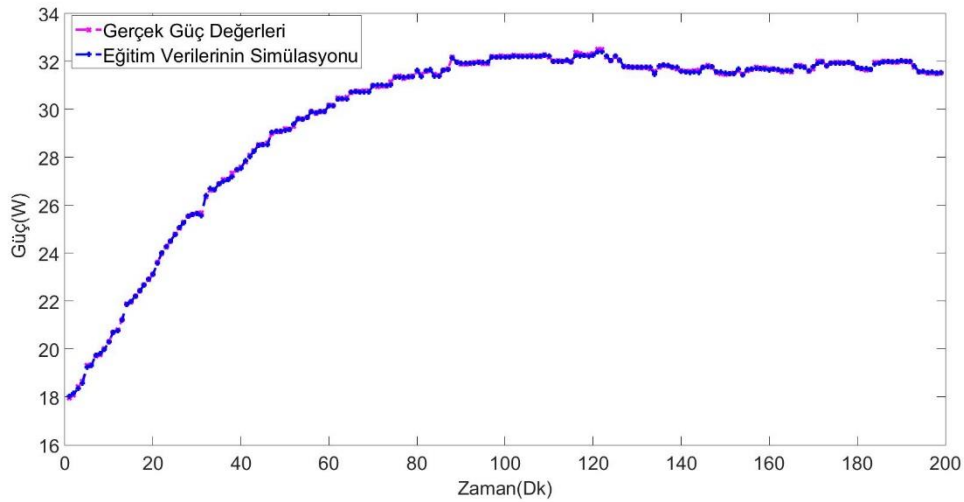
4.2.7 Yedinci YSA Modeli

7.YSA modelinde ışıınım şiddeti, sıcaklık, akım, dış sıcaklık değerleri girdi, güç hedef olarak seçilmiş ve eğitim gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.39'den regresyon değerlerine bakıldığında eğitim (R-değeri=0,99994), doğrulama (R-değeri=0,99956), test (R-değeri 0,99985) ve tüm(R-değeri= 0,9999) görülmektedir.



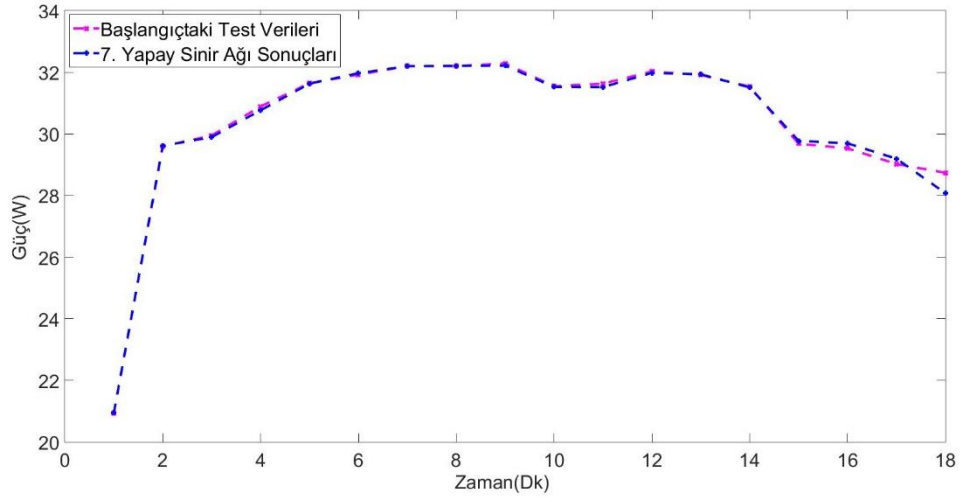
Şekil 4.39 Sıcaklık-Işınım-Dış Sıcaklık-Akım Girdili Regresyon Grafiği (7. YSA Modeli).

Öncelikle eğitim verileri ağda simüle edilmiştir. Simülasyon sonucu şekil 4.39’da verilmiştir. Şekil 4.40’e bakıldığında eğitim verileri ile yapılan simülasyonun gerçek eğitim değerlerine çok yakın olduğu görülmektedir. RMSE değerinin 0,0028 olduğu belirlenmiştir. Değer sıfıra çok yakın olup girdi ve hedef arasında doğrusal olmayan ancak çok yakın bir ilişki olduğunu göstermektedir



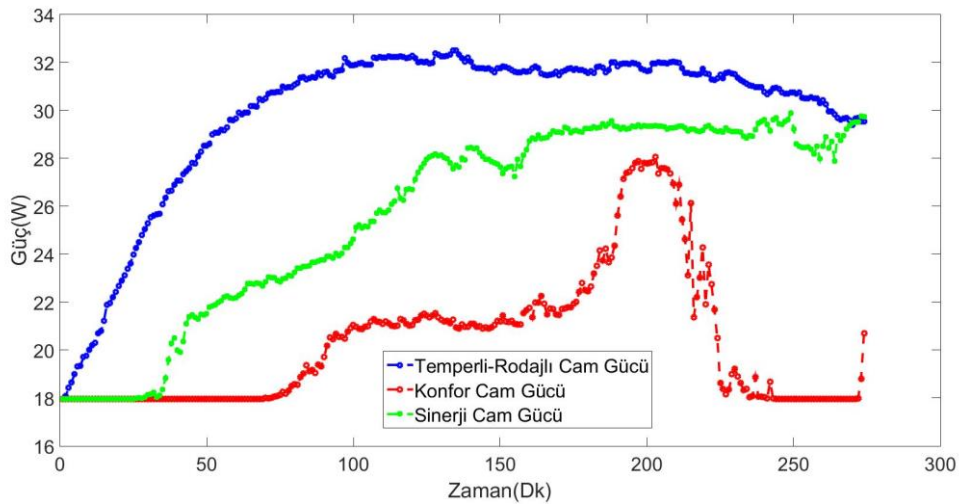
Şekil 4.40 Sıcaklık-Işınım-Dış Sıcaklık-Akım Girdili Eğitim Simülasyonu (7. YSA Modeli).

Şekil 4.41 incelendiğinde eğitimde kullanılmayan test verileri ağda simüle edilerek test tablosundaki gerçek güç değerleri ile karşılaştırılmıştır. Bu simülasyonun RMSE değeri 0,0327'dir. Ağ gerçek değerleri çok az bir hata ile tahmin etmiştir.



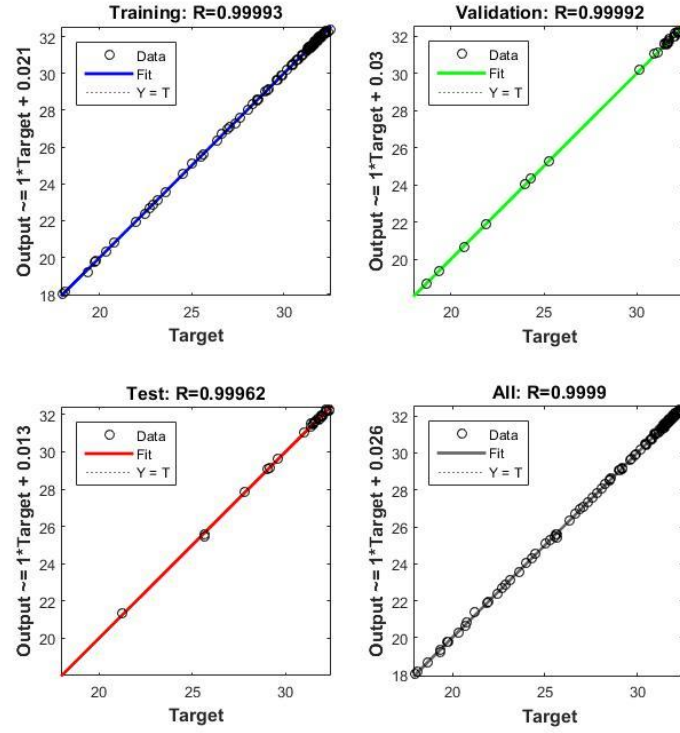
Şekil 4.41 Sıcaklık-Işınım-Dış Sıcaklık-Akım Girdili Test Simülasyonu (7. YSA Modeli)

Nihayetinde konfor ve sinerji camların girdi değerleri alınarak ağda simülasyon gerçekleştirilmiştir. Simülasyon sonucuna göre toplamda, temperli-rodajlı cam 8200,9 W, konfor cam 5571,0 W, sinerji cam 7052,4 W güç üretmiştir.



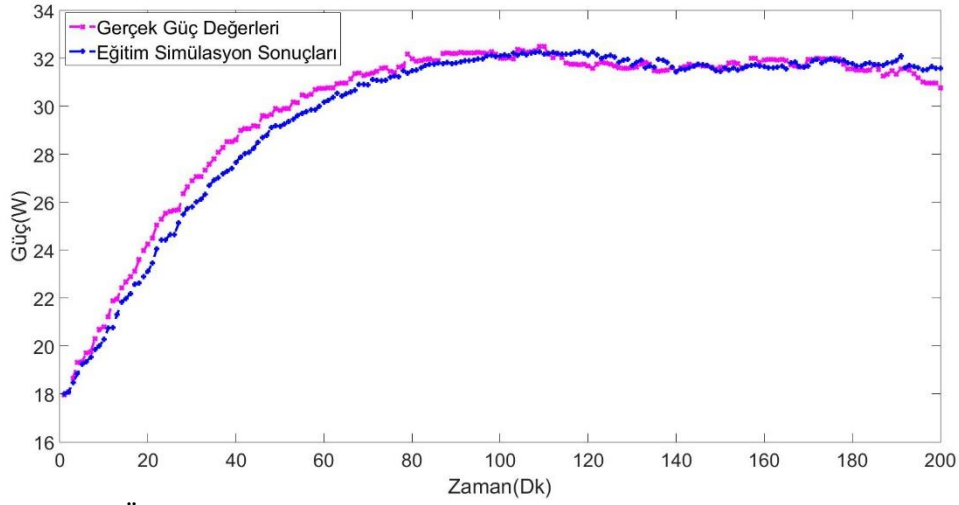
Şekil 4.42 Sıcaklık-Işınım-Dış Sıcaklık-Akım Girdili Güç Karşılaştırması (7. YSA Modeli).

4.2.8 Sekizinci YSA Modeli



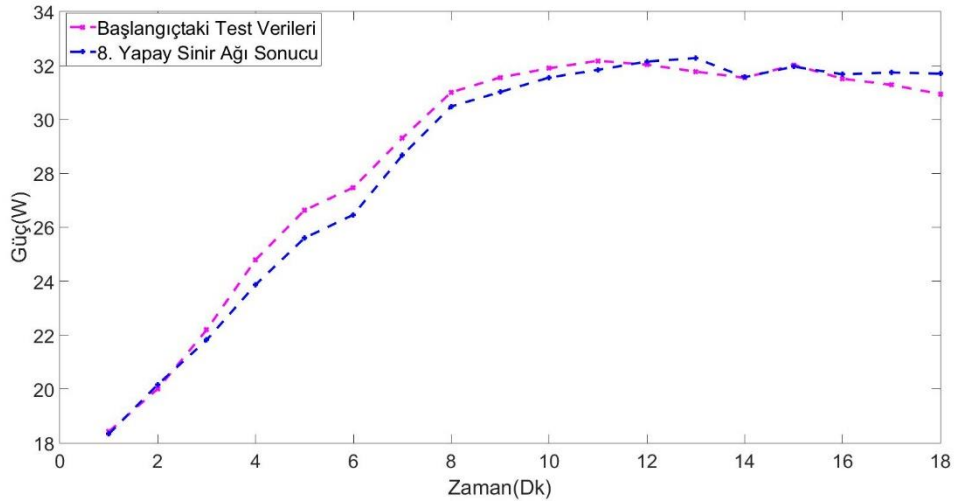
Şekil 4.43 1 Saat Önceki Sıcaklık-Işınım-D.Sıcaklık-Akım Girdili Regresyon Grafiği (8. YSA).

8.YSA modelinde ısınım şiddeti, sıcaklık, akım, dış sıcaklık değerlerinin 1'er saat önceki halleri girdi, güç hedef olarak seçilmiş ve eğitim gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.43'den regresyon değerlerine bakıldığında eğitim (R-değeri=0,99993), doğrulama (R-değeri=0,99992), test (R-değeri=0,99962) ve tüm(R-değeri=0,9999) görülmektedir. Öncelikle eğitim verileri ağda simüle edilmiştir. Simülasyon sonucu şekil 4.44'de verilmiştir. Şekil 4.44'e bakıldığında eğitim verileri ile yapılan simülasyonun gerçek eğitim değerlerine çok yakın olduğu görülmektedir. RMSE değerinin 0,0085 olduğu belirlenmiştir. Değer sıfıra çok yakın olup girdi ve hedef arasında doğrusal olmayan ancak çok yakın bir ilişki olduğunu göstermektedir



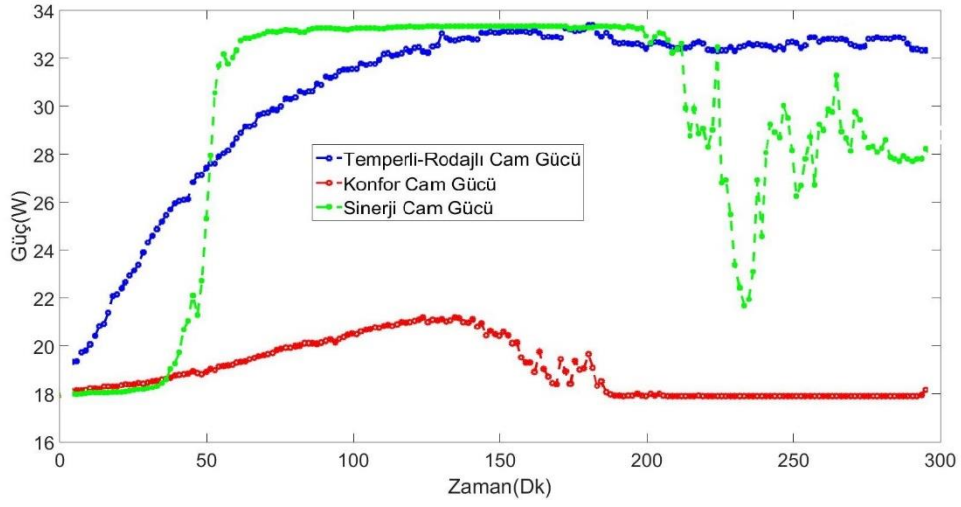
Şekil 4.44 1 Saat Önceki Sıcaklık-Işınım-D.Sıcaklık-Akım Girdili Eğit. Sim. (8. YSA Modeli).

Şekil 4.45 incelendiğinde eğitimde kullanılmayan test verileri ağda simüle edilerek test tablosundaki gerçek güç değerleri ile karşılaştırılmıştır. Bu simülasyonun RMSE değeri 0,2060'dır. Ağ gerçek değerleri çok az bir hata ile tahmin etmiştir.



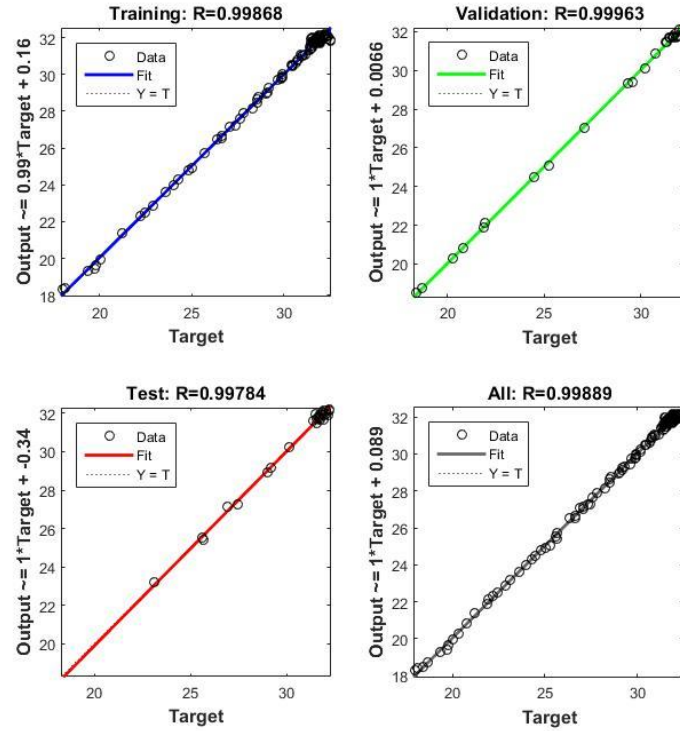
Şekil 4.45 1 Saat Önceki Sıcaklık-Işınım-D.Sıcaklık-Akım Girdili Test Sim. (8. YSA Modeli).

Nihayetinde konfor ve sinerji camların girdi değerleri alınarak ağda simülasyon gerçekleştirilmiştir. Simülasyon sonucuna göre toplamda, temperli-rodajlı cam 5954,1 W konfor cam 3791,7 W, sinerji cam 5695,1 W güç üretmiştir. Bu modelde en fazla üretim temperli-rodajlı cam tipinde gerçekleşmiştir.



Şekil 4.46 1 Saat Önceki Sıcaklık-Işınım-D.Sıcaklık-Akım Girdili Güç Karş. (8. YSA Modeli).

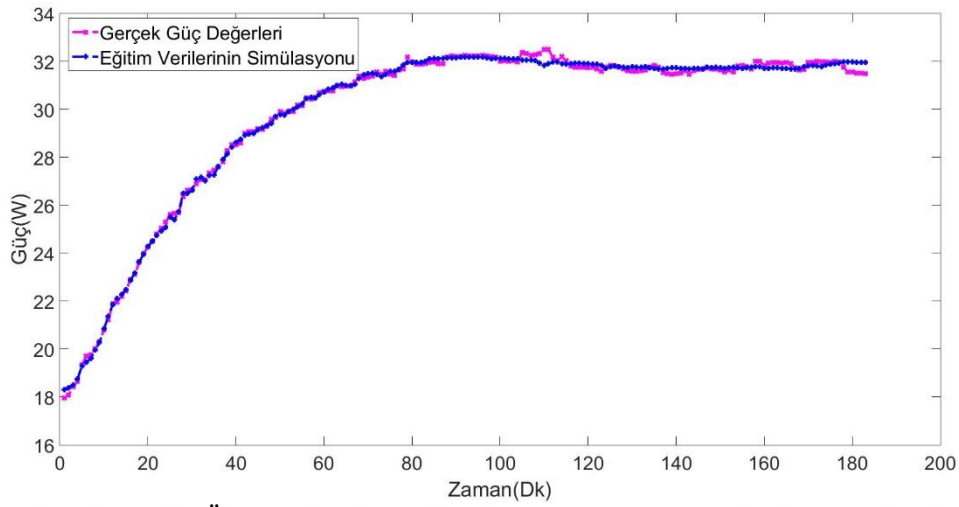
4.2.9 Dokuzuncu YSA Modeli



Şekil 4.47 Işınım 1 Saat Öncesi, Işınım Girdili Regresyon Grafiği (9. YSA Modeli).

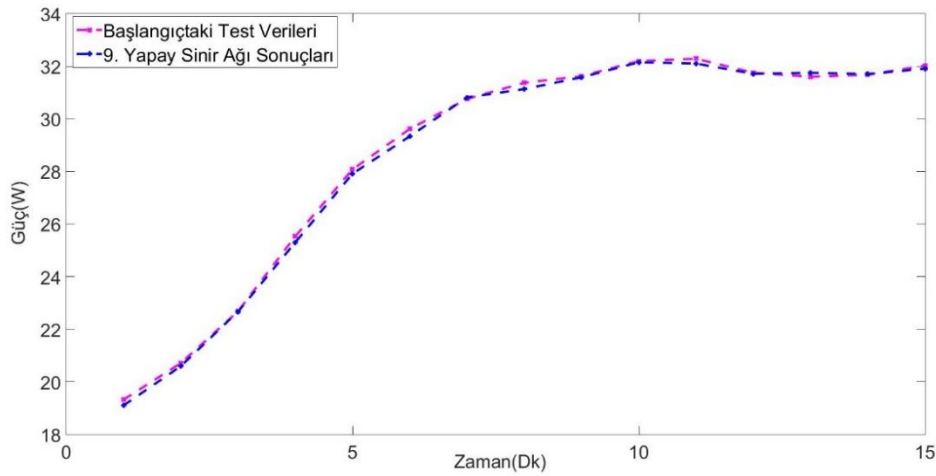
9.YSA modelinde ışıınım şiddetinin o andaki değeri ve ışıınım şiddetinin 1 saat önceki değeri girdi, güç hedef olarak seçilmiş ve eğitim gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.47'den

regresyon değerlerine bakıldığında eğitim (R-değeri=0,99868), doğrulama (R-değeri=0,99963), test (R-değeri=0,99784) ve tüm(R-değeri=0,99889) görülmektedir. Öncelikle eğitim verileri ağda simüle edilmiştir. Simülasyon sonucu şekil 4.48’de verilmiştir. Şekil 4.48’e bakıldığında eğitim verileri ile yapılan simülasyonun gerçek eğitim değerlerine çok yakın olduğu görülmektedir. RMSE değerinin 0,0075 olduğu belirlenmiştir. Değer sıfıra çok yakın olup girdi ve hedef arasında doğrusal olmayan ancak çok yakın bir ilişki olduğunu göstermektedir



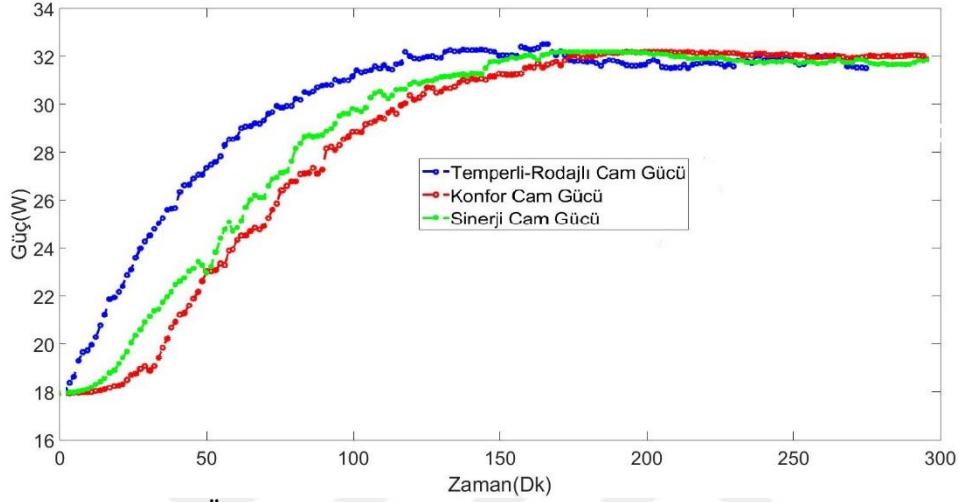
Şekil 4.48 Işınım 1 Saat Öncesi, Işınım Girdili Eğitim Simülasyonu (9. YSA Modeli).

Şekil 4.49 incelendiğinde eğitimde kullanılmayan test verileri ağda simüle edilerek test tablosundaki gerçek güç değerleri ile karşılaştırılmıştır. Bu simülasyonun RMSE değeri 0,0972’dir. Ağ gerçek değerleri çok az bir hata ile tahmin etmiştir.



Şekil 4.49 Işınım 1 Saat Öncesi, Işınım Girdili Test Simülasyonu (9. YSA Modeli).

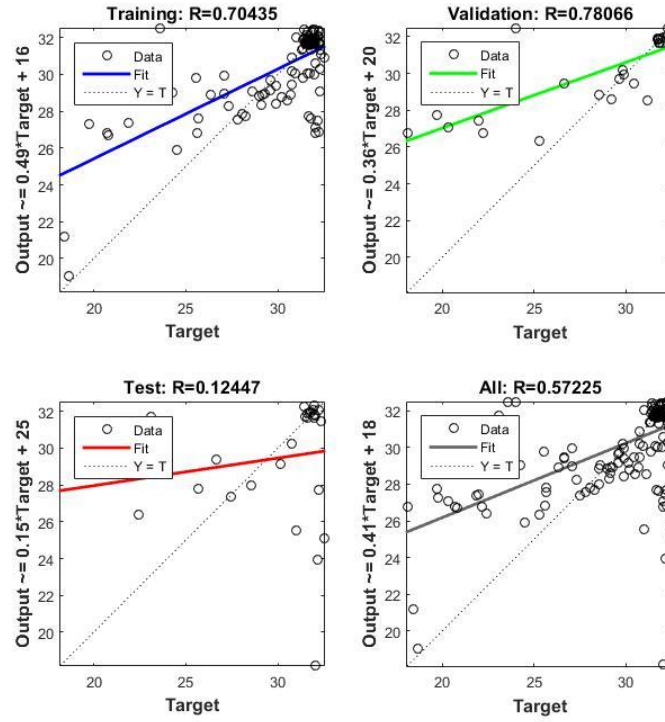
Nihayetinde konfor ve sinerji camların girdi değerleri alınarak ağda simülasyon gerçekleştirilmiştir. Simülasyon sonucuna göre toplamda temperli-rodajlı cam 5459,6 W, konfor cam 5169,4 W, sinerji cam 5664,6 W güç üretmiştir. Bu modelde en fazla üretim temperli-rodajlı cam tipinde gerçekleşmiştir.



Şekil 4.50 Işınım 1 Saat Öncesi, Işınım Girdili Güç Karşılaştırması (9. YSA Modeli).

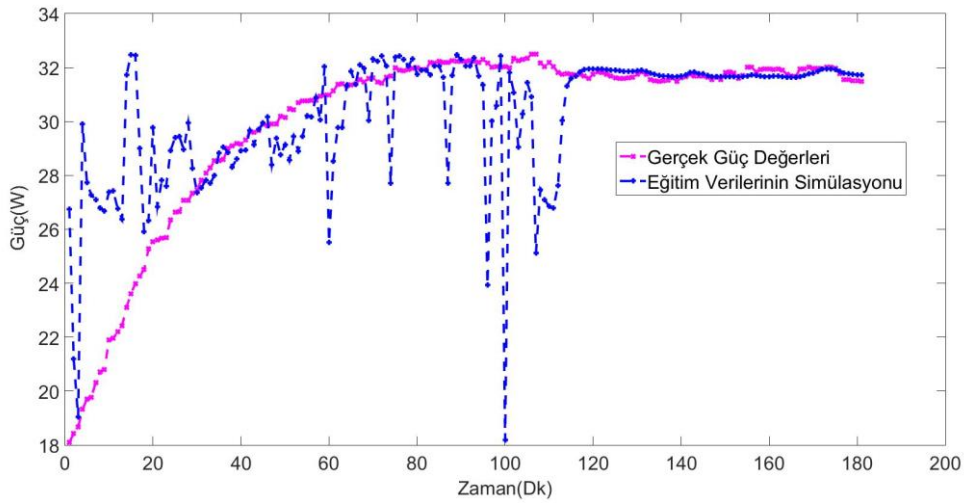
4.2.10 Onuncu YSA Modeli

10.YSA modelinde dış sıcaklık değerinin o andaki değeri ve dış sıcaklık değerinin 1 saat önceki değeri girdi, güç hedef olarak seçilmiş ve eğitim gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.51'den regresyon değerlerine bakıldığında eğitim (R-değeri=0,70435), doğrulama (R-değeri=0,78066), test (R-değeri=0,12447) ve tüm(R-değeri=0,57225) görülmektedir.



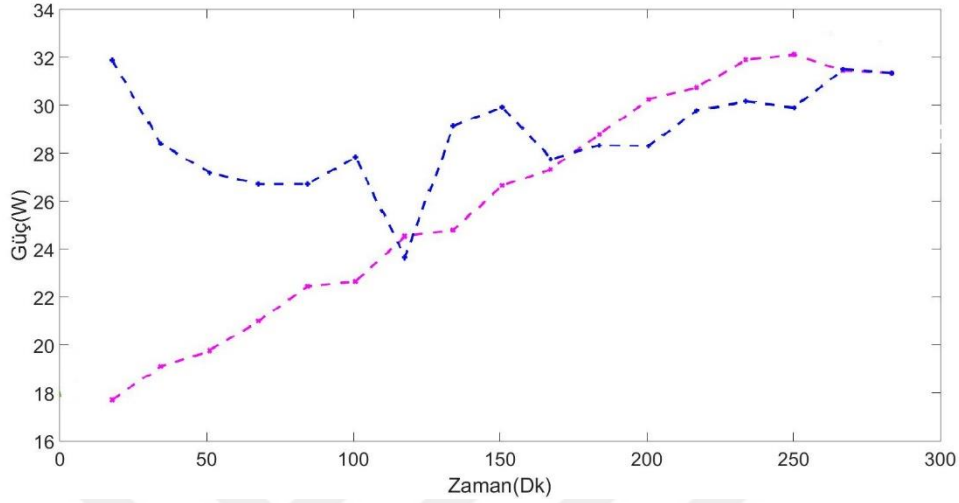
Şekil 4.51 Sıcaklık 1 Saat Öncesi, Sıcaklık Girdili Regresyon Grafiği (10. YSA Modeli).

Öncelikle eğitim verileri ağda simüle edilmiştir. Simülasyon sonucu şekil 4.52’de verilmiştir. Şekil 4.52’ye bakıldığında eğitim verileri ile yapılan simülasyonun gerçek eğitim değerlerine çok yakın olduğu görülmektedir. RMSE değerinin 0,1840 olduğu belirlenmiştir. Değer sıfıra çok yakın olup girdi ve hedef arasında doğrusal olmayan ancak çok yakın bir ilişki olduğunu göstermektedir



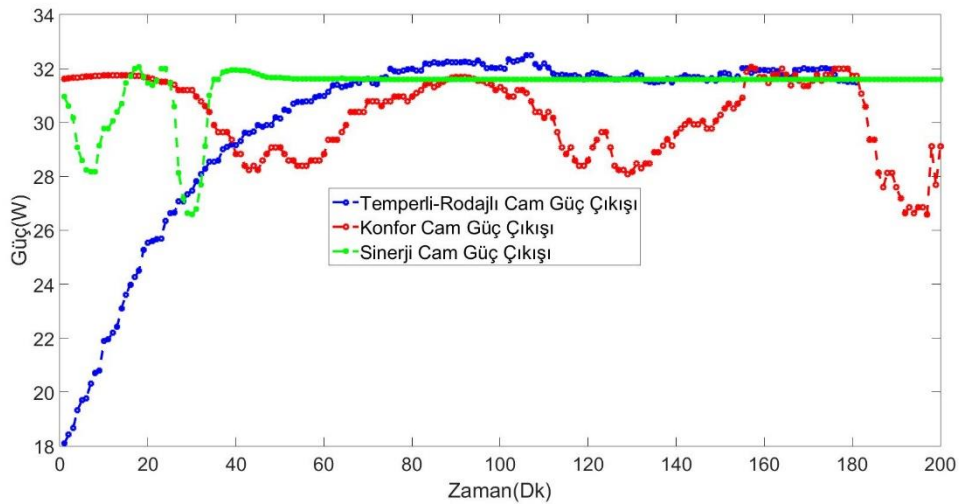
Şekil 4.52 Sıcaklık 1 Saat Öncesi, Sıcaklık Girdili Eğitim Simülasyonu (10. YSA Modeli).

Şekil 4.53 incelendiğinde eğitimde kullanılmayan test verileri ağda simüle edilerek test tablosundaki gerçek güç değerleri ile karşılaştırılmıştır. Bu simülasyonun RMSE değeri 0,71'dir. Ağ gerçek değerleri az bir hata ile tahmin etmiştir.



Şekil 4.53 Sıcaklık 1 Saat Öncesi, Sıcaklık Girdili Test Simülasyonu (10. YSA Modeli).

Nihayetinde konfor ve sinerji camların girdi değerleri alınarak ağda simülasyon gerçekleştirilmiştir. Simülasyon sonucuna göre toplamda temperli-rodajlı cam 5443,8 W, konfor cam 5512,4 W, sinerji cam 5664,6 W güç üretmiştir. Bu modelde en fazla üretim sinerji cam tipinde gerçekleşmiştir.



Şekil 4.54 Sıcaklık 1 Saat Öncesi, Sıcaklık Girdili Güç Karşılaştırması (10. YSA Modeli).

Son olarak çizelge 4.3'de 10 farklı başlık altında anlatılan ağ modellerinin performanslarını belirlemek amacıyla eğitim verilerinin ağlarda simülasyonu sonucu elde

edilen RMSE değerleri ile eğitimde kullanılmayan test verilerinin sim¼lasyonu sonucu elde edilen RMSE değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.4 YSA tiplerine göre RMSE değerleri.

YSA	RMSE(Eğitim)	RMSE(Test)
1. YSA Modeli	0,0076	0,2895
2. YSA Modeli	0,2896	0,3927
3. YSA Modeli	0,0440	0,1198
4. YSA Modeli	0,0330	0,5677
5. YSA Modeli	0,0870	0,3472
6. YSA Modeli	0,2925	0,9277
7. YSA Modeli	0,0028	0,0327
8. YSA Modeli	0,0085	0,2060
9. YSA Modeli	0,0075	0,0972
10. YSA Modeli	0,1840	0,7105

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu tez çalışmasında güneş paneli altına yerleştirilen alüminyum malzeme ile farklı karakteristikteki camların güneş panellerinin çıkış gücüne olan etkileri deneysel bir çalışma ile incelenerek, elde edilen veriler yapay sinir ağları ile modellenmiştir. Yapılan çalışmada öncelikle güneş enerjisi sistemleri ile ilgili bilgiler verilmiştir. Akabinde tez konusu olan güneş panellerindeki sıcaklığın olumsuz etkileri ve soğutma teknikleri ile güneş paneli camları ile ilgili yapılan literatür taraması özetlenmiştir. Daha sonra BAP Koordinasyon Birimi tarafından desteklenen 19.FEN.BİL.09 numaralı proje kapsamında farklı tipteki camların ve panel altına bir çok noktadan temas eden alüminyum malzemenin çıkış gücüne olan etkisini incelemek için ilk aşamada deneysel bir çalışma yapılmıştır. İkinci aşamada ise elde edilen veriler Yapay Sinir Ağları teknikleri ile incelenmiştir.

Birinci aşamada 2 adet 60 W monokristal güneş panelinden birisi test paneli diğeri referans panel olarak belirlenmiştir. 1. panel 7 farklı teste tabi tutularak deneysel çalışma neticesinde elde edilen test ve referans panel çıkış güçleri ile yüzey sıcaklıkları karşılaştırılmıştır. Deneysel çalışma sonucu yapılan gözlemde alüminyum malzemenin çok ısındığı, dolayısıyla panel ısısını üzerinde topladığı görülmüştür. Ancak absorbe edilen ısı panel altındaki çerçeveden dolayı dışarı atılamamıştır. Sonuçlara göre panelin altına ilave edilen alüminyum malzemenin bazı noktalarda çıkış gücünü artırdığı ancak toplamda % 1,21 azalttığı görülmüştür. Diğer testlerde kullanılan cam çeşitlerinin çıkış gücünü düşürdüğü tespit edilmiştir. En fazla güç kaybı % 68,93 ile altta alüminyum malzeme takılıyken ısıcam konfor testinde, en az güç kaybı ise % 1,21 ile yalnızca altta alüminyum malzeme takılıyken gerçekleşmiştir. Aynı şekilde panel yüzeyinde en fazla ısı artışı % 34,82 ile altta alüminyum malzeme takılıyken temperli-rodajlı cam testinde, en az ısı artışı ise % 8,97 ile altta alüminyum malzeme takılıyken konfor cam testinde gerçekleşmiştir. Bu sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde, deneyde kullanılan cam numunelerindeki demir oranının fazla olması ve cam kaplamalarının yansımayı önlememesi sebebiyle güç çıkışlarının azaldığı, ısınmanın arttığı tespit edilmiştir. Bütün bu karşılaştırmalar, 7 farklı durumun kendi içlerindeki kıyaslamalarıdır. Çünkü testler farklı günlerde yapılmış olup deneysel verilerle bütün test sonuçlarının karşılaştırılma imkanları yoktur. Bu nedenle yalnızca cam değiştirme testlerinin yapıldığı son 3 deney

kombinasyon güç çıktılarının karşılaştırılabilirmeleri için ikinci aşamada yapay sinir ağları teknikleri kullanılmıştır.

Bu aşamada ağların eğitimi için 5. testin yapıldığı tamamen güneşli bir gün olan temperli-rodajlı cam verileri kullanılmıştır. Çıktının güç olduğu, girdilerin ise değiştiği 10 farklı ağ modeli oluşturulmuştur. Bu modellerde öncelikle hedef ile gerçek çıktı arasındaki ilişkiyi gösteren regresyon değerlerine bakılmıştır. Sonrasında eğitim verileri oluşturulan ağlarda simüle edilmiş, ve hedefin hangi doğrulukla tahmin edildiğini ölçmek maksadıyla simülasyonun RMSE değerine bakılmıştır. Sonrasında ise eğitimde kullanılmayıp test için ayrılan veriler ağlarda simüle edilmiş ve test tablosundaki gerçek güç değerleri ile karşılaştırılmış ve test simülasyonlarının RMSE değerlerine bakılmıştır. Son olarak ağlarda kullanılan girdi değerleri ile aynı formattaki konfor ve sinerji cam girdileri temperli-rodajlı cam verileri ile oluşturulan ağlarda simüle edilmiş ve güç çıktıları karşılaştırılmıştır. Özetle temperli-rodajlı, konfor ve sinerji camlar farklı günlerde test edilmesine rağmen aynı günlerde test edilmiş gibi karşılaştırılabilmiştir. Eğitim ve test verileri ile yapılan simülasyonlar incelendiğinde en düşük RMSE değerinin 0,0028 ile sıcaklık, dış sıcaklık, ışıınım şiddeti ve akım değerlerinin girdi olarak kullanıldığı 7. Yapay Sinir Ağı modeli olduğu tespit edilmiştir. Ölçülen bütün verilerin girdi olarak kullanıldığı stokastik modelin en başarılı ağ olması, çıkış gücünün ölçülen bütün veri parametrelerinden etkilendiği anlamına gelmektedir ki, basınç, nem ve benzeri daha fazla veri ölçüldüğü takdirde daha başarılı tahminler yapılabilecektir. RMSE değerinin en büyük olduğu en başarısız ağ modeli ise 6. modeldir. Ağ modellerindeki güç toplamaları incelenerek karşılaştırıldığında 2. YSA'da en fazla güç üretiminin 8302,7 W ile konfor camda, 10. YSA'da ise 5664,6 W ile sinerji camda, diğer modellerde ise temperli-rodajlı camda olduğu tespit edilmiştir.

6. KAYNAKLAR

- Ayaz E, Hocaoglu F O, 2019, Afyonkarahisar Bölgesinde Tesis Edilen Gerçek Bir Güneş Enerjisi Sisteminde Gölge Analizi Yapılması, Şırnak Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 1, 41-57.
- Ayaz E, Hocaoglu F O, 2019, Bir Güneş Panelinin Çıkış Gücü ile Işınım Şiddeti Arasındaki İlişkinin İncelenmesi, Uluslararası Bilimsel Çalışmalar Kongresi (UPÇAK), 14-16 Ekim, Antalya, 163-168.
- Charfi W, Chaabane M, Mhiri H, Bournot P, 2018, Performance evaluation of a solar photovoltaic system, Energy Reports, 4, 400-406.
- Daher D H, Gaillard L, Amara M, Ménézo C, 2018, Impact of tropical desert maritime climate on the performance of a PV grid-connected power plant, Renewable Energy, 125, 729-737.
- Dandıl E, Gürgen E, 2019, Yapay Sinir Ağları Kullanılarak Fotovoltaik Panel Güç Çıkışlarının Tahmini ve Sezgisel Algoritmalar ile Karşılaştırılması, Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, 16, 146-158.
- Eisenhauer D, Trinh C T, Amkreutz D, Becker C, 2019, Light management in crystalline silicon thin-film solar cells with imprint-textured glass superstrate, Solar Energy Materials and Solar Cells, 200.
- Fallah M, Sahb A A, Al-Ammri A S, Ghazi A, Self cleaning control system for PV solar panel street light, In Renewable Energy Congress (IREC) 6th International Conference 2015, October 4-7, Cape Town, Article Number 109928.
- Huang Q Z, Shi J F, Wang L L, Li Y J, Zhong L W, Xu G, 2016, Study on sodium water glass-based anti-reflective film and its application in dye-sensitized solar cells, Thin Solid Films, 610, 19-25.
- Huh D, Shin J H, Byun M, Son S, Jung P H, Choi H J, vd., 2017, Analysis of long-term monitoring data of PV module with SiOx-based anti-reflective patterned protective glass, Solar Energy Materials and Solar Cells, 170, 33-38.
- Idoko L, Anaya-Lara O, McDonald A, 2018, Enhancing PV modules efficiency and power output using multi-concept cooling technique, Energy Reports, 4, 357-369.

- Jalaly S, Vahdani M, Shahabadi M, Sadeghi G M M, 2019, Design, fabrication, and measurement of a polymer-based anti-reflection coating for improved performance of a solar panel under a specific incident angle, *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 189, 175-180.
- Kabul A, Yaşar E, 2017, Fotovoltaik/Termal (Pv/T) Hibrit Sistemlerin Soğutma Tekniklerinin Deneysel Olarak İncelenmesi, *Isparta Süleyman Demirel Üniversitesi Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi*, 9, 17-32.
- Kane A, Verma V, Singh B, 2017, Optimization of thermoelectric cooling technology for an active cooling of photovoltaic panel, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 75, 1295-1305.
- Lorenz E, Hurka J, Heinemann D, 2009, Irradiance forecasting for the power prediction of grid-connected photovoltaic systems, *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 2, 2-10.
- Machniewicz A, Knera D, Heim D, 2015, Effect of transition temperature on efficiency of PV/PCM panels, *Energy Procedia*, 78, 1684-1689.
- Mays A E, Ammar R, Hawa M, Akroush M A, Hachem F, Khaled M, vd., 2017, Improving Photovoltaic Panel Using Finned Plate of Aluminum, *Energy Procedia*, 119, 812-817.
- Najafi H, Woodbury K A, 2013, Optimization of a cooling system based on Peltier effect for photovoltaic cells, *Solar Energy*, 91, 152-160.
- Nižetić S, Čoko D, Yadav A, Grubišić-Čabo F, 2016. Water spray cooling technique applied on a photovoltaic panel: The performance response, *Energy Conversion and Management*, 108, 287-296.
- Özkişi H, Topaloğlu M, 2017, Fotovoltaik Hücrenin Verimliliğinin Yapay Sinir Ağı İle Tahmini, *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 10, 247-253.
- Pang W, Cui Y, Zhang Y, Zhang X, Yan H, 2019, Comparisons of photovoltaic modules for their performances based on different substrates, *Applied Thermal Engineering*, 146, 505-514.

- Peng Z, Herfatmanesh M R, Liu Y, 2017, Cooled solar PV panels for output energy efficiency optimisation, *Energy Conversion and Management*, 150, 949-955.
- Pociask-Bialy M, Mynbaev K D, Kaczmarzyk M, 2018, Light trapping by chemically micro-textured glass for crystalline silicon solar cells, *Opto-Electronics Review*, 26, 307-311.
- Popovici C G, Hudişteanu S V, Mateescu T D, Cherecheş N C, 2016, Efficiency Improvement of Photovoltaic Panels by Using Air Cooled Heat Sinks, *Energy Procedia*, 85, 425-432.
- Samal A, Mohanty A, Ray P K, Mohanty S, Mohanty P P, 2019, Implementation of digital temperature control system on photovoltaic cell model: An experimental analysis, *Optik*, 176, 324-333.
- Schiro F, Benato A, Stoppato A, Destro N, 2017, Improving photovoltaics efficiency by water cooling: Modelling and experimental approach, *Energy*, 137, 798-810.
- Simões R, Neto V F, 2015, Nanodiamond Coated Glass as a Protective Layer in Solar Cells, *Materials Today: Proceedings*, 2, 230-235.
- Suresh A K, Khurana S, Nandan G, Dwivedi G, Kumar S, 2018, Role on nanofluids in cooling solar photovoltaic cell to enhance overall efficiency, *Materials Today: Proceedings*, 5, 20614-20620.
- Şahin M, 2019, İç Mekân Aydınlatma Sistemlerinde Ortalama Aydınlik Düzeyinin Yapay Sinir Ağları İle Tahmini, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 19, 348-360.
- Teo H G, Lee P S, Hawlader M N A, 2012, An active cooling system for photovoltaic modules, *Applied Energy*, 90, 309-315.
- Thorat P A, Edalabadkar A P, Chadge R B, Ingle A, 2017, Effect of sun tracking and cooling system on Photovoltaic Panel, *Materials Today: Proceedings*, 4, 12630-12634.

İnternet Kaynakları

- 1) <http://www.sisecamdüzcam.com.tr>, 15.11.2019

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Erol AYAZ
Doğum Yeri ve Tarihi : Tavşanlı/1988
Yabancı Dili : İngilizce
İletişim (Telefon/e-posta) : 0543 407 00 43 / erolayaz-43@hotmail.com

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Kütahya Kılıçarslan Lisesi, (2002-2005)
Lisans : Mersin Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, (2005-2010)
Yüksek Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Mühendisliği ABD-Yenilenebilir Enerji Sistemleri Bilim Dalı, (2017-2020)

Çalıştığı Kurum ve Yıl : Afyonkarahisar Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü (2011- Devam ediyor)

Yayımları (SCI ve diğer) :

Ayaz E, Hocaoglu F O, 2019, Afyonkarahisar Bölgesinde Tesis Edilen Gerçek Bir Güneş Enerjisi Sisteminde Gölge Analizi Yapılması, Şırnak Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 1, 41-57.

Ayaz E, Hocaoglu F O, 2019, Bir Güneş Panelinin Çıkış Gücü ile Işınım Şiddeti Arasındaki İlişkinin İncelenmesi, 3. Uluslararası Bilimsel Çalışmalar Kongresi (UPÇAK), 14-16 Ekim, Antalya, 163-168.

Ayaz E, Hocaoglu F O, 2019, Güneş Paneli Camlarının Performansa Olan Etkilerinin Araştırılması İçin Bir Deney Düzenegi, 6. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi (UBAK), 01-03 Kasım, Şanlıurfa, 185-192.

Ayaz E, Yönetken A, 2018, Wind Energy in Turkey and MİLRES Project, 3rd International Conference on Engineering Technology and Applied Sciences (ICETAS), 17-21 July 2018, Skopje, 46-51.

Ayaz E, Yönetken A, 2018, Hydrogen Powered Cars And Fuel Cells. 3rd International Conference on Engineering Technology and Applied Sciences (ICETAS), 17-21 July 2018, Skopje.

