



**MONOKRİSTAL VE POLİKRİSTAL GÜNEŞ PANELLERİNİN
BURSA KOŞULLARINDAKİ GÜÇ PERFORMANSI
ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA**

Ayşegül TAŞÇIOĞLU



T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MONOKRİSTAL VE POLİKRİSTAL GÜNEŞ PANELLERİNİN
BURSA KOŞULLARINDAKİ GÜÇ PERFORMANSI
ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

Ayşegül TAŞÇIOĞLU

Prof. Dr. Ali VARDAR
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA-2015

Her Hakkı Saklıdır

TEZ ONAYI

Ayşegül TAŞÇIOĞLU tarafından hazırlanan “Monokristal ve Polikristal güneş panellerinin Bursa koşullarındaki güç performansı üzerine bir araştırma” adlı tez çalışması Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Ali VARDAR

Başkan: Prof. Dr. Ali VARDAR

Uludağ Üniversitesi
Ziraat Fakültesi
Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza


Üye: Doç. Dr. Eşref IŞIK

Uludağ Üniversitesi
Ziraat Fakültesi
Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

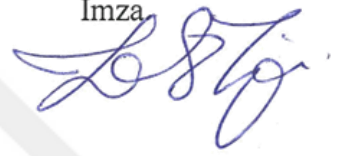
İmza



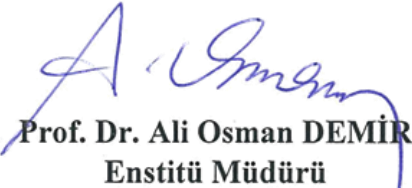
Üye: Doç. Dr. Tolga TİPİ

Uludağ Üniversitesi
Ziraat Fakültesi
Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı

İmza



Yukarıdaki sonucu onaylarım


Prof. Dr. Ali Osman DEMİR
Enstitü Müdürü

20.01.2015 (Tarih)

U.Ü. 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.

16/01/2015

Ayşegül TAŞÇIOĞLU

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

MONOKRİSTAL VE POLİKRİSTAL GÜNEŞ PANELLERİNİN BURSA KOŞULLARINDAKİ GÜÇ PERFORMANSI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

Ayşegül TAŞÇIOĞLU

Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ali VARDAR

Fosil kaynakların hızlı bir şekilde tükenmesi ve enerji fiyatlarının sürekli artması, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelimi arttırmıştır. Güneş enerjisi kullanarak enerji üretilmesi, yenilenebilir enerji kaynakları kullanımının en popüler olanlarından birisidir.

Bu tez çalışmasında, Bursa ilinde uygulanan güneş panellerinden elektrik elde edilmesi ve farklı iki güneş paneli sisteminin performansının ortaya koyulması amaçlanmıştır. Çalışmada sadece tarımsal amaçlı aydınlatma sistemlerinin güneş panelleri ile çalıştırılması ele alınmıştır. Bununla birlikte, güneş panelleri elektrik enerjisi tüketiminin söz konusu olduğu tüm tarımsal faaliyetlere ve alanlara adapte edilebilir. Güneş enerjisinin tarımsal kullanım alanları olarak kurutma, ısıtma, soğutma, aydınlatma, su çıkarma ve drenaj işleri, tarımsal amaçlı elektrik üretimi, ısı pompalarının çalıştırılması vb. sayılabilir. Sonuç olarak; tarım sektörünün bir bütün olarak elektrik üretimi amaçlı fotovoltaik sistemlerin kullanımı açısından teşvik edilmesi hedeflenmektedir. Materyal olarak güneş enerjisi ölçüm seti (piranometre, pirheliometre, veri kaydedici, sıcaklık ve nem sensörü) ve fotovoltaik deney seti (güneş panelleri, inverter, multimetre, akümülatör ve regülatör) kullanılmıştır. Çalışmada, toplam ve direkt güneş ışınım değerleri saptanmış, monokristal ve polikristal güneş panellerinin zamana ve toplam ışınımına bağlı güç değerleri hesaplanmıştır. Araştırma sonucunda monokristal güneş panelinden 1001,13 W/m² toplam güneş ışınımı altında 87,14 W ve polikristal güneş panelinden 1001,13 W/m² toplam güneş ışınımı altında 80,17 W güç elde edilebileceği görülmüştür. Bu çerçevede monokristal güneş panelinin, polikristal güneş panelinden % 4,1 daha fazla anlık güç ürettiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Güneş enerjisi, fotovoltaik sistem, güneş ışınımı, elektriksel güç, güneş paneli

2015, ix +122 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

A CASE STUDY OF MONOCRYSTALLINE AND POLYCRYSTALLINE SOLAR PANEL POWER PERFORMANCE IN BURSA CONDITIONS

Ayşegül TAŞÇIOĞLU

Uludag University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Biosystems Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Ali VARDAR

Depletion of fossil resources and continuous rise in energy prices have increased the tendency toward to renewable energy resources. One of the popular renewable energy resources is production of power from solar energy.

This thesis study aims to generate electricity from solar energy and to demonstrate the performances of two different solar panels when the solar panels are used as a factor of agriculture technology in Bursa. During the research, it was discussed to run only agricultural lightening systems with solar panels. Moreover, solar panels can be adapted to all agricultural operations and areas where electric energy consumption is a matter. Drying, heating, cooling, lightening, green housing, removal of water, and drainage, agricultural electricity production and running heat pumps etc. can be counted as agricultural usage areas of solar energy. Consequently, it is targeted to encourage to the agriculture sector in the way of photovoltaic systems usage for electricity production purpose as a whole. As materials, solar energy measuring set (pyranometre, pyrliometer, datalogger, thermometer and humidity sensor) and photovoltaic testing set (solar panels, inverter, multimeter, accumulator and regulator) were used. In the study, total and direct solar radiation values were measured and power values of monocrystalline and polycrystalline panels were calculated based on time and total radiation. Results showed that 87,14 W power was obtained from monocrystalline panels under the total solar radiation of 1001,13 W/m² and 80,17 W power was generated from polycrystalline photovoltaics under the total solar radiation of 1001,13 W/m². Therefore, it can be concluded that monocrystalline panels can generate 4.1 % more instant energy than polycrystalline panels.

Keywords: Solar energy, photovoltaic system, solar radiation, electrical power, solar panel

2015, ix +122pages

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması sırasında, bilgi ve tecrübeleriyle beni yönlendiren tez hocam Prof. Dr. Ali VARDAR'a, çalışmalarımda bana yardımcı olan Araş. Gör. Onur TAŞKIN'a, Burak ŞENÖZ'e ve Macit SÜZEN'e, tez çalışmamı hazırlarken her zaman bana destek olan değerli kuzenlerim Prof. Dr. Aşkın KESER'e ve Öğr. Gör. Dr. Hilal YILDIRIR KESER'e en içten duygularıyla teşekkür ederim.

Hayatımın her anında gösterdikleri sonsuz sevgi, destek ve anlayış için çok kıymetli babam Ahmet TAŞÇIOĞLU'na, çok kıymetli annem Canan TAŞÇIOĞLU'na ve değerli kardeşim Ceyda TAŞÇIOĞLU'na gönülden teşekkürü bir borç bilirim.

“Monokristal ve Polikristal Güneş Panellerinin Bursa Koşullarındaki Güç Performansı Üzerine Bir Araştırma” isimli yüksek lisans tez çalışmam, Uludağ Üniversitesi Rektörlüğü Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (BAP) tarafından, BAP OUAP(Z)-2013/31 kodlu proje ile desteklenmiştir. Verdiği destek için Uludağ Üniversitesi Rektörlüğü Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne teşekkürlerimi sunarım.

Ayşegül TAŞÇIOĞLU
16/01/2015

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
SİMGE ve KISALTMALAR DİZİNİ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	15
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	26
3.1. Materyal.....	26
3.1.1. Güneş Işınımı Ölçüm Sistemi.....	26
3.1.1.1. Piranometre.....	28
3.1.1.2. Pirheliometre.....	28
3.1.1.3. Hava Sıcaklık ve Nem Sensörü.....	29
3.1.1.4. Dizüstü bilgisayar.....	30
3.1.1.5. Veri kaydedici.....	30
3.1.2. Fotovoltaik Deney Sistemi.....	33
3.1.2.1. Güneş Panelleri.....	38
3.1.2.2. İnverter.....	42
3.1.2.3. Multimetreler.....	43
3.1.2.4. Akümülatör.....	44
3.1.2.5. Regülatör.....	46
3.2. Yöntem	48
4. BULGULAR	53
4.1. Toplam güneş ışınımı değerlerine ilişkin sonuçlar.....	53
4.2. Direkt güneş ışınımı değerlerine ilişkin sonuçlar	62
4.3. Monokristal ve polikristal güneş panellerinin zamana bağlı güç değerlerine ilişkin sonuçlar.....	73
4.4. Monokristal ve polikristal güneş panellerinin toplam ışınımına bağlı güç değerlerine ilişkin sonuçlar.....	85
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	97
5.1. Toplam güneş ışınımı sonuçlarının değerlendirilmesi.....	97
5.2. Direkt güneş ışınımı sonuçlarının değerlendirilmesi.....	97
5.3. Monokristal ve polikristal güneş panellerinin zamana bağlı güç değerlerine ilişkin sonuçlarının değerlendirilmesi.....	98
5.4. Monokristal ve polikristal güneş panellerinin toplam ışınımına bağlı güç değerlerine ilişkin sonuçların değerlendirilmesi.....	98
5.5. Sonuç	99
KAYNAKLAR.....	101
EKLER.....	106
EK 1.....	106
ÖZGEÇMİŞ.....	122

SİMGE ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
A	Akım
°C	Sıcaklık
CdTe	Kadmiyum Tellürid
F	Güneş sabitinin günlere göre düzeltme faktörü
Ga	Galyum elementi
G _d	Doğrudan ışınım
G _{on}	Toplam ışınım
G _{sc}	Güneş sabiti
G _y	Yaygın ışınım
GWh	Gigawatt saat
H _o	Yatay yüzeye bir gün boyunca gelen güneş ışınımı
kg	Ağırlık
kW	Kilowatt
kWh	Kilowatt saat
n	Yıl içindeki gün sayısı
η	Güneş pilinin verimi
P _G	Güneş piline ulaşan ışınımın güç değeri
P _w	Veri ölçüm sistemi ile ölçülen güç değeri
R ²	Regresyon katsayısı
V	Volt
y	Regresyon denklemi
ω _s	Güneş batış saat açısı
°	Derece
ø	Hesaplama yapılan yerin enlem derecesi
δ	Deklinasyon açısı
\$	Dolar para birimi
YA	Yüzey alanı
W	Watt

Kısaltmalar	Açıklama
AC	Alternatif akım
DC	Doğru akım
EİE	Yenilenebilir enerji genel müdürlüğü
PV	Fotovoltaik sistemler

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. Güneş enerjisi potansiyel atlası.....	4
Şekil 1.2. Güneş Panellerinin Hücre (Cell), Panel (Modül) ve Dizi görünüşleri.....	7
Şekil 1.3 Fotovoltaik sistem.....	8
Şekil 1.4. Güneş panelinin şematik gösterimi	11
Şekil 3.1. Güneş Işınımı Ölçüm Sistemi Genel Görünüşü.....	27
Şekil.3.2. Piranometre.....	28
Şekil.3.3. Pirheliometre.....	29
Şekil 3.4. Sıcaklık ve Nem Sensörü.....	29
Şekil 3.5. Çalışmada kullanılan dizüstü bilgisayar.....	30
Şekil 3.6. Veri kaydedici.....	30
Şekil 3.7. Yazılımın açılış penceresi.....	31
Şekil 3.8. Yazılımın Main menüsü.....	31
Şekil 3.9. Yazılımın CR1000 menüsü.....	32
Şekil 3.10. Yazılımın public sekmesi.....	32
Şekil 3.11. Yazılımın public menüsü.....	33
Şekil 3.12. Fotovoltaik deney sistemi ve elektriksel ölçüm sistemi genel görünüşü.....	34
Şekil 3.13. Fotovoltaik deney sistemi.....	34
Şekil 3.14. Elektriksel ölçüm sistemi.....	35
Şekil 3.15. Fotovoltaik deney sisteminin şeması.....	36
Şekil 3.16. Elektriksel ölçüm sistemine ait panonun şematik görünüşü.....	37
Şekil 3.17. Elektriksel ölçüm sistemine ait panonun genel görünüşü.....	38
Şekil 3.18. Monokristal güneş paneli.....	39
Şekil.3.19. Polikristal güneş paneli.....	40
Şekil 3.20. Tam sinüs inverter.....	42
Şekil 3.21. Multimetreler.....	44
Şekil 3.22. Jel tipi akümülatör.....	44
Şekil 3.23. Regülatör.....	46
Şekil 3.24. Regülatör devresi.....	47
Şekil 3.25. Modül eğim açısı.....	48
Şekil 3.26.30°'lik açı ile uygulanan ve güney yönüne bakan güneş panelleri.....	49
Şekil 4.1. 15.08.2014 tarihindeki zamana bağlı toplam güneş ışınımı.....	53
Şekil 4.2. 19.08.2014 tarihindeki zamana bağlı toplam güneş ışınımı.....	54
Şekil 4.3. 20.08.2014 tarihindeki zamana bağlı toplam güneş ışınımı.....	55
Şekil 4.4. 21.08.2014 tarihindeki zamana bağlı toplam güneş ışınımı.....	56
Şekil 4.5. 22.08.2014 tarihindeki zamana bağlı toplam güneş ışınımı.....	56
Şekil 4.6. 23.08.2014 tarihindeki zamana bağlı toplam güneş ışınımı.....	57
Şekil 4.7. 24.08.2014 tarihindeki zamana bağlı toplam güneş ışınımı.....	58
Şekil 4.8. 25.08.2014 tarihindeki zamana bağlı toplam güneş ışınımı.....	58
Şekil 4.9. 27.08.2014 tarihindeki zamana bağlı toplam güneş ışınımı.....	59
Şekil 4.10..28.08.2014 tarihindeki zamana bağlı toplam güneş ışınımı.....	60
Şekil 4.11. 02.09.2014 tarihindeki zamana bağlı toplam güneş ışınımı.....	61
Şekil 4.12. 15.08.2014 ile 02.09.2014 tarihleri arasındaki zamana bağlı ortalama toplam güneş ışınımı.....	62
Şekil 4.13. 15.08.2014 tarihindeki zamana bağlı direkt güneş ışınımı.....	63

Şekil 4.14. 19.08.2014 tarihindeki zamana bağlı direkt güneş ışınımı.....	64
Şekil 4.15. 20.08.2014 tarihindeki zamana bağlı direkt güneş ışınımı.....	65
Şekil 4.16. 21.08.2014 tarihindeki zamana bağlı direkt güneş ışınımı.....	66
Şekil 4.17. 22.08.2014 tarihindeki zamana bağlı direkt güneş ışınımı.....	67
Şekil 4.18. 23.08.2014 tarihindeki zamana bağlı direkt güneş ışınımı.....	68
Şekil 4.19. 24.08.2014 tarihindeki zamana bağlı direkt güneş ışınımı.....	69
Şekil 4.20. 25.08.2014 tarihindeki zamana bağlı direkt güneş ışınımı.....	70
Şekil 4.21. 28.08.2014 tarihindeki zamana bağlı direkt güneş ışınımı.....	71
Şekil 4.22. 02.09.2014 tarihindeki zamana bağlı direkt güneş ışınımı.....	71
Şekil 4.23. Zamana bağlı ortalama direkt güneş ışınımı.....	72
Şekil 4.24. Monokristal ve polikristal güneş panellerinin ürettikleri anlık güç değerleri (15.08.2014).....	74
Şekil 4.25. Monokristal ve polikristal güneş panellerinin ürettikleri anlık güç değerleri (19.08.2014).....	75
Şekil 4.26. Monokristal ve polikristal güneş panellerinin ürettikleri anlık güç değerleri (20.08.2014).....	76
Şekil 4.27. Monokristal ve polikristal güneş panellerinin ürettikleri anlık güç değerleri (21.08.2014).....	77
Şekil 4.28. Monokristal ve polikristal güneş panellerinin ürettikleri anlık güç değerleri (22.08.2014).....	78
Şekil 4.29. Monokristal ve polikristal güneş panellerinin ürettikleri anlık güç değerleri (23.08.2014).....	79
Şekil 4.30. Monokristal ve polikristal güneş panellerinin ürettikleri anlık güç değerleri (24.08.2014).....	80
Şekil 4.31. Monokristal ve polikristal güneş panellerinin ürettikleri anlık güç değerleri (25.08.2014).....	81
Şekil 4.32. Monokristal ve polikristal güneş panellerinin ürettikleri anlık güç değerleri (28.08.2014).....	82
Şekil 4.33. Monokristal ve polikristal güneş panellerinin ürettikleri anlık güç değerleri (02.09.2014).....	83
Şekil 4.34. Monokristal ve polikristal güneş panellerinin 15.08.2014 ile 02.09.2014 tarihleri arasında ortalama olarak ürettikleri anlık güç değerleri.....	84
Şekil 4.35. 10 W yük altında monokristal ve polikristal güneş panellerinin toplam ışınımına bağlı ortalama anlık güç değerleri.....	85
Şekil 4.36. 20 W yük altında monokristal ve polikristal güneş panellerinin toplam ışınımına bağlı ortalama anlık güç değerleri.....	86
Şekil 4.37. 30 W yük altında monokristal ve polikristal güneş panellerinin toplam ışınımına bağlı ortalama anlık güç değerleri.....	87
Şekil 4.38. 40 W yük altında monokristal ve polikristal güneş panellerinin toplam ışınımına bağlı ortalama anlık güç değerleri.....	88
Şekil 4.39. 50 W yük altında monokristal ve polikristal güneş panellerinin toplam ışınımına bağlı ortalama anlık güç değerleri.....	89
Şekil 4.40. 60 W yük altında monokristal ve polikristal güneş panellerinin toplam ışınımına bağlı ortalama anlık güç değerleri.....	90
Şekil 4.41. 70 W yük altında monokristal ve polikristal güneş panellerinin toplam ışınımına bağlı ortalama anlık güç değerleri.....	91

Şekil 4.42. 80 W yük altında monokristal ve polikristal güneş panellerinin toplam ışınımına bağlı ortalama anlık güç değerleri.....	92
Şekil 4.43. 90 W yük altında monokristal ve polikristal güneş panellerinin toplam ışınımına bağlı ortalama anlık güç değerleri.....	93
Şekil 4.44. 100 W yük altında monokristal ve polikristal güneş panellerinin toplam ışınımına bağlı ortalama anlık güç değerleri.....	94
Şekil 4.45. Kısa devrede monokristal ve polikristal güneş panellerinin toplam ışınımına bağlı anlık güç değerleri.....	95



ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 1.1. Türkiye'nin Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Potansiyeli	5
Çizelge 1.2. Türkiye'nin Yıllık Toplam Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgelere Göre Dağılımı.....	6
Çizelge 3.1. Monokristal güneş panelinin teknik özellikleri.....	40
Çizelge 3.2. Polikristal güneş panelinin teknik özellikleri.....	41
Çizelge 3.3. Tam sinüs inverterin teknik özellikleri.....	43
Çizelge 3.4. Jel tipi akümülatörün teknik özellikleri.....	45
Çizelge 3.5. Çalışmada kullanılan regülatörün teknik özellikleri.....	48



1. GİRİŞ

Günümüzde gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin en önemli gereksinimlerinden birisi enerjidir. Her ne kadar tam bir ölçüt olmasa da ülkelerin gelişmişlik düzeyleri, üretip tükettikleri enerji ile ölçülür. Enerji üretim ve tüketiminin çok farklı yöntemleri olsa da, tüm ülkelerin ucuz, bol ve temiz enerji kaynaklarına gereksinimleri vardır (Arı 2007). Kullanıcıların enerji gereksinimlerine yeterli miktarda, ucuz ve temiz çözümler bulmak da ülkelerin temel görevlerindedir.

Hava, su ve enerji insan ve hayat için en önemli üç unsurdur. Önem sırasına göre bu üç unsur hayatın vazgeçilmezleri arasındadır. İnsanın yaşaması ve faaliyetlerini devam ettirebilmesi için enerjiye ihtiyacı olduğu gibi, insanlığın ve medeniyetin devamı da enerjiye bağlıdır (Yiğit ve Atmaca 2010). Enerji temel bir gereksinimdir.

Enerji sözcük olarak, eski Yunancadaki $\epsilon\nu$ = içinde ve $\epsilon\pi\gamma\omicron\nu$ = iş kelimelerinden türetilmiştir. Bu açıdan enerji anlam olarak, işe dönüştürülebilen bir olgudur. Enerji, fiziksel bir sistemin ne kadar iş veya ne kadar ısı transferi yapabileceğini belirleyen bir durum fonksiyonudur. Enerji, iş yapabilme yeteneğidir. Enerjisi olan sistemler iş yapabilme yeteneğine sahiptirler (Öztürk 2008a). Enerji günümüzde tüm çeşitleriyle hayatın her yerinde kullanılmaktadır. Aydınlanma için elektrik enerjisi kullanılmaktadır. Elektrik enerjisini birçok elektrikli ve elektronik cihazların çalıştırılması için de kullanılmaktadır. Enerjinin bir diğer çeşidi olan ısı enerjisi ile taşıtlar hareket ettiği gibi, ısınma ve sıcak su gibi temel bir takım ihtiyaçlarımızı da ısı enerjisi ile karşılamaktayız (Yiğit ve Atmaca 2010).

Dünya devletleri ve uluslararası kuruluşlar enerji kaynaklarını (petrol, doğalgaz, kömür, vb.) elde etmek için birbirleriyle yarışmaktadır. Enerji, sanayileşmenin alt yapısı ve günlük hayatın vazgeçilmez bir unsurudur. Bu nedenle, enerji ihtiyacı ulusal ve uluslararası gündemde oldukça önemli bir yer tutar. Enerji kaynaklarının tükenbilir oluşu, dışa bağımlılığın varlığı ve çevresel etkiler sebebiyle; günümüzde ülkeler için güvenli, yeterli miktarda, ucuz ve temiz enerji üretmek, ekonomik ve sosyal hayatın temel problemleri arasında yerini almaktadır. Sanayisi, ekonomisi ve nüfusu ile hızla

büyümekte olan ülkemizde paralel olarak enerji ihtiyacı sürekli artmaktadır. Bu nedenle, üretilen enerjinin yüksek verimle kullanılması, mevcut enerji kaynaklarının yanı sıra alternatif ve yenilenebilir enerji kaynaklarına ait potansiyelin değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır. İnsanların ihtiyaçlarının karşılanmasında ve gelişmenin sağlıklı olarak sürdürülmesinde gerekli olan enerji; özellikle sanayi, konut ve ulaştırma gibi sektörlerde kullanılmaktadır. Ancak enerji; yaşantımızdaki vazgeçilmez yararlarının yanı sıra üretim, çevrim, taşınım ve tüketim esnasında büyük oranda çevre kirlenmesine de yol açmaktadır. Bu olgu, bilimsel çevreleri, enerji dönüşüm araçlarını yeniden değerlendirmeye ve var olan sınırlı enerji kaynaklarından daha çok yararlanabilmek için yeni yöntemler geliştirmeye zorlamaktadır. Dünyadaki politik gelişmelere bağlı olarak enerji fiyatlarının sürekli artması, fosil yakıtların belli bir süre sonra bitecek ve üretiminin oldukça pahalı olması, alternatif enerji kaynaklarının tespit edilerek bu kaynaklardan yüksek verimle faydalanılmasını zorunlu kılmaktadır. Ayrıca dünyada büyük ölçüde yenilenemeyen enerji kaynaklarının kullanılıyor olması, çevre sorunlarını önemli ölçüde artırmıştır. Bu nedenle çevresel etkileri az olan yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik her bakımdan avantajlıdır (Anonim 2014a).

Enerji kaynakları niteliklerinin değiştirilip değiştirilmemesi açısından “birincil” ve “ikincil enerji kaynakları” olarak ikiye ayrılmaktadır. Birincil enerji kaynakları, doğada buldukları biçimde değiştirilmeden kullanılabilen kaynaklardır. Örneğin; taş kömürü, linyit, petrol, doğalgaz, jeotermal enerji, hidrolik enerji, güneş enerjisi, odun, hayvan ve bitki artıkları bu tür enerji kaynaklarıdır. İkincil enerji kaynakları ise, birincil kaynakların çeşitli işlemlerden geçirilmesi ile elde edilen enerji türleridir. Örneğin elektrik enerjisi, motorin, benzin, gazyağı, vb. bu tür enerji kaynaklarıdır. Birleşmiş milletler ise enerji kaynaklarını, “yenilenebilir” ve “yenilenemez” enerji kaynakları olmak üzere iki ana grupta toplamaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları; güneş, rüzgar, biomas, su gücü, dalga gücü, okyanus akıntıları, jeotermal enerjidir. Yenilenemez enerji kaynakları maddenin tekrar kullanılamayacağı bir enerji kaynağı olarak tanımlanır. Kömür, petrol, doğalgaz ve uranyum bu grup içinde yer almaktadır (Oluklulu 2001).

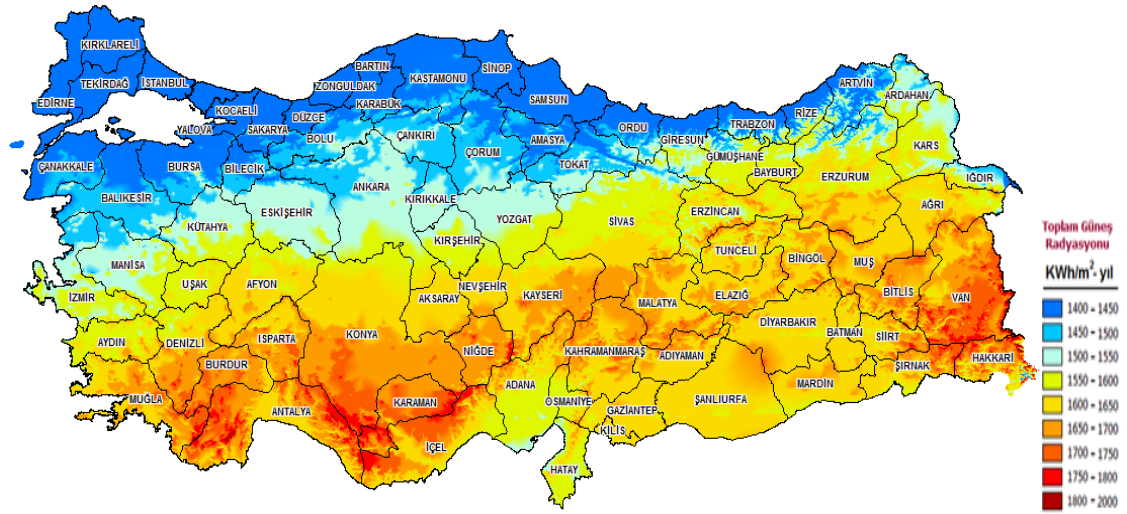
Mevcut enerji üretim kaynaklarının hızla tükenme eğilimi içine girmesi, hammadde fiyatlarının artması, çevreye ve insan sağlığı üzerine olan olumsuz etkileri,

kullanımlarındaki bir takım zorluklar son yıllarda yeni ve yenilenebilir enerji kaynakları üzerinde yapılan çalışmaları arttırmıştır (Özgöçmen 2007). Yenilenebilir enerji kaynakları ise, doğal ortamdaki enerji döngüsünde, sürekli veya tekrarlanır akımlardan elde edilen enerji veya kullanıldıkları hızda yeri doldurulan enerji akışları olarak tanımlanır. Yeryüzündeki bütün yenilenebilir enerji kaynakları, farklı teknolojiler kullanılarak doğrudan veya dolaylı olarak enerjiye dönüştürülebilen güneş ışınımı etkisiyle oluşmaktadır. Her ne kadar en pahalı yenilenebilir enerji teknolojisi olsa da, tasarım ve kurulum açısından en kolay enerji teknolojisi “fotovoltaik” teknolojidir. Fakat asıl üstünlüğü, çevreyi kirletmeyen çevre dostu ve bakım maliyeti düşük, bir teknoloji olmasından kaynaklanmaktadır (Öztürk ve Kaya 2013). Bu teknolojiye hareketli aksamın bulunmaması ve sistemin son derece basit bileşenlerden oluşması da önemli bir avantajdır.

Teknolojik gelişmelerle birlikte araştırmacılar yenilenebilir enerji kaynakları arayışına yönelmiştir. Bu enerji kaynaklarından olan güneş enerjisi bir alternatif olarak ortaya çıkmaktadır (Oluklulu 2001).

Türkiye’de Güneş Enerjisi

Ülkemiz, coğrafi konumu nedeniyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli açısından birçok ülkeye göre verimli durumdadır (EİE, 2014). Ülkemiz gibi Akdeniz kuşağında yer alan ülkeler için en önemli doğal enerji kaynağı güneş enerjisidir. Ülkemiz güneş kuşağı adı verilen ve güneş enerjisi bakımından zengin bir bölgede yer almasına karşın, güneş enerjisinden yeteri kadar faydalanılamamaktadır (Öztürk 2008b). Ülkemizde güneş enerjisinin maalesef çoğunlukla sıcak su temininde değerlendirildiği görülmektedir.



Şekil 1.1. Güneş enerjisi potansiyel atlası (EİE, 2014).

Elektrik İşleri Etüt İdaresi (yeni adıyla *Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü*) tarafından hazırlanan “*Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası*” isimli çalışmada (Şekil 1.1), Türkiye’nin güneş ışınımı miktarının bölgeler arasında değişim göstermekle birlikte 1400 ile 2000 kWh/m²-yıl arasında olduğu bildirilmiştir (EİE, 2014). *Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü*nde (DMİ) mevcut bulunan 1966-1982 yıllarında ölçülen güneşlenme süresi ve ışınım şiddeti verilerinden yararlanarak EİE tarafından yapılan bir başka çalışmaya göre ise Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2640 saat (günlük toplam 7,2 saat), ortalama toplam ışınım şiddeti 1311 kWh/m²-yıl (günlük toplam 3,6 kWh/m²) olduğu tespit edilmiştir. Aylara göre Türkiye güneş enerjisi potansiyeli ve güneşlenme süresi değerleri Çizelge 1.1'de verilmiştir (EİE, 2014).

Çizelge 1.1. Türkiye'nin Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Potansiyeli (EİE, 2014).

AYLAR	AYLIK TOPLAM GÜNEŞ ENERJİSİ		GÜNEŞLENME SÜRESİ (Saat/ay)
	(Kcal/cm ² -ay)	(kWh/m ² -ay)	
OCAK	4,45	51,75	103
ŞUBAT	5,44	63,27	115
MART	8,31	96,65	165
NİSAN	10,51	122,23	197
MAYIS	13,23	153,86	273
HAZİRAN	14,51	168,75	325
TEMMUZ	15,08	175,38	365
AĞUSTOS	13,62	158,40	343
EYLÜL	10,60	123,28	280
EKİM	7,73	89,90	214
KASIM	5,23	60,82	157
ARALIK	4,03	46,87	103
TOPLAM	112,74	1311	2640
ORTALAMA	308 cal/cm ² -gün	3,6 kWh/m ² -gün	7,2 saat/gün

Türkiye'nin en fazla güneş enerjisi alan bölgesi Güney Doğu Anadolu Bölgesi olup, bunu Akdeniz Bölgesi izlemektedir. Güneş enerjisi potansiyeli ve güneşlenme süresi değerlerinin bölgelere göre dağılımı da Çizelge 1.2'de verilmiştir. Ancak, bu değerlerin, Türkiye'nin gerçek potansiyelinden daha az olduğu, daha sonra yapılan çalışmalar ile anlaşılmıştır. 1992 yılından bu yana EİE ve DMİ, güneş enerjisi değerlerinin daha sağlıklı olarak ölçülmesi amacıyla enerji amaçlı güneş enerjisi ölçümleri almaktadırlar. Devam etmekte olan ölçüm çalışmalarının sonucunda, Türkiye güneş enerjisi potansiyelinin eski değerlerden %20-25 daha fazla çıkması beklenmektedir. *Güneş Enerjisi Potansiyel Atlasında* kullanılan verilerin bu çerçevede daha doğru olduğu söylenebilir (EİE, 2014).

Çizelge 1.2. Türkiye'nin Yıllık Toplam Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgelere Göre Dağılımı (EİE, 2014).

BÖLGE	TOPLAM GÜNEŞ ENERJİSİ (kWh/m ² -yıl)	GÜNEŞLENME SÜRESİ (Saat/yıl)
G.DOĞU ANADOLU	1460	2993
AKDENİZ	1390	2956
DOĞU ANADOLU	1365	2664
İÇ ANADOLU	1314	2628
EGE	1304	2738
MARMARA	1168	2409
KARADENİZ	1120	1971

Güneş Enerjisi Sistemleri

Güneş enerjisi sistemleri yöntem, malzeme ve teknolojik düzey açısından çok çeşitlilik göstermekle birlikte, iki ana başlık altında incelenebilir:

- 1) Güneş ısı sistemleri
- 2) Güneş elektrik sistemleri

Her iki uygulamada da öncelikle güneşin ışıyım enerjisinden ısı enerjisi elde edilir. Güneş ısı sistemlerinin düşük ve yüksek sıcaklıktaki uygulamaları vardır. Düşük sıcaklıktaki uygulamalar; yapaneların ısıtılmasını, konut, sanayi ve tarımda çeşitli ısı gereksinimlerinin karşılanmasını kapsarken, yüksek sıcaklıktaki uygulamalar buhar üretiminden maden eritmeye kadar uzanmaktadır. Isıl uygulamalar içinde su ısıtıcılar, yapıların ısıtılması ve soğutucular önemlidir. Güneş enerjisinin diğer ısı uygulamaları kurutma, acı ve tuzlu suların arıtılması, sıcak hava motorları ile diğer termodinamik ısı çevrimler olup tarımda ve çeşitli sanayi kesimlerinde bu uygulamalardan yararlanılabilir (Öztürk 2008b). Güneş elektrik sistemlerinde ise güneş enerjisinden elde edilen ısı enerjisi bir akışkan aracılığı ile buhar türbinlerine yönlendirilerek elektrik üretilir. Bu sistemler *Parabolik Oluklu Tip Güneş Kolektörleri*, *Parabolik Çanak Sistemler* ve

Merkezi Alıcılı Sistemlerdir. Bu sistemler dışında yine “Güneş elektrik sistemleri” arasında yer verebileceğimiz, ancak güneş enerjisinden ısı enerjisi elde etmeyip doğrudan elektrik enerjisi elde eden *Güneş Panelleride* vardır. Bu çalışmanın ana konusunu da *Fotovoltaik Güneş Panelleri* oluşturmaktadır.

Fotovoltaik Güneş Panelleri

Fotovoltaik Yunanca, ışık anlamına gelen photo ve elektrik akımını geliştiren makineyi tasarlayan Alessandra Volt’dan esinlenerek gerilim anlamına gelen voltaic kelimelerinin birleşmesinden oluşmaktadır. Güneş hücreleri (fotovoltaik hücreler), ilk kez 1839 yılında Becquerel tarafından araştırılmıştır. Güneş hücreleri, güneş ışınlarını doğrudan elektriğe dönüştüren yarı iletken maddelerden tasarlanırlar (Öztürk 2008b). Yüzeyleri kare, dikdörtgen, daire şeklinde biçimlendirilen güneş hücrelerinin alanları genellikle 100 cm² civarında, kalınlıkları özellikle en yaygın olan silisyum güneş hücrelerinde 0,2-0,4 mm arasındadır (Karamanav 2007). Şekil 1.2’de Güneş Panellerinin Hücre, Panel ve Dizi görünümü görülmektedir.

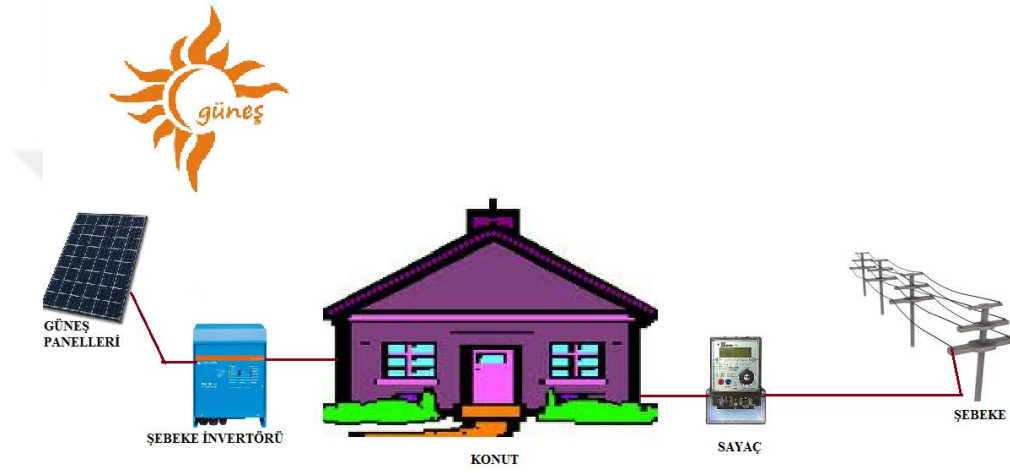


Hücre	Panel	Dizi
(0.3-2 W)	(10-300 W)	(>5MW)

Şekil 1.2. Güneş Panellerinin Hücre (Cell), Panel (Modül) ve Dizi görünümü (Anonim 2014b).

Güneş hücreleri fotovoltaik ilkeye dayalı olarak çalışırlar. Yani üzerlerine ışık düştüğü zaman uçlarında elektrik gerilimi oluşur. Hücrenin verdiği elektrik enerjisinin kaynağı, yüzeyine gelen güneş enerjisidir. Güneş enerjisi, güneş hücresinin yapısına bağlı olarak

%5 ile %20 arasında bir verimle elektrik enerjisine çevrilebilir. Güç çıkışını artırmak amacıyla çok sayıda güneş hücresi birbirine paralel ya da seri bağlanarak bir yüzey üzerine monte edilir. Bu yapıya *güneş paneli* ya da *fotovoltaik panel* adı verilir. Güç talebine bağlı olarak paneller birbirlerine seri ya da paralel bağlanarak bir kaç Watt'tan Megawatt'lara kadar sistem oluşturulur (Anonim 2014c). Şekil 1.3'de Şebeke bağlantılı bir *fotovoltaik sistem* ve bileşenleri görülmektedir.



Şekil 1.3 Şebeke bağlantılı fotovoltaik sistem (Anonim 2014d).

Fotovoltaik sistemlerin çoğunda, güneş ışınımından kazanılan enerji paneller aracılığıyla toplanır. Daha sonra kullanılmak üzere kimyasal enerjiye dönüştürülerek akülerde depolanır. Fotovoltaik (PV) uygulamalarda istenilen enerji miktarına bağlı olarak panel tipi ve sayısı, bağlantı şekilleri ve akü sayısı belirlenir (Öztürk ve Kaya 2013). Fotovoltaik paneller; akümülatörler, invertörler, akü şarj kontrol cihazları ve çeşitli elektronik destek devreleri ile birlikte kullanılarak bir fotovoltaik sistem oluştururlar (Oluklulu 2001).

PV elektrik üretiminin avantajları;

- ✓ Güneş radyasyonunu elektrik enerjisine çeviren tüm doğrudan enerji dönüştürücüleri içinde en yüksek verime sahip olanıdır. (Laboratuvarlarda özel olarak imal edilmiş deneysel hücreler %30 civarında bir verime ulaşabilmektedirler).
- ✓ İletim hattına gereksinimleri yoktur ve ihtiyacın olduğu yerde kurulabilir.

- ✓ Kurulması çabuk ve kolaydır. İhtiyaca göre kapasitesi kolaylıkla arttırılabilir ya da azaltılabilir.
- ✓ Modüler yapısı nedeniyle bir panel devre dışı kalsa bile diğerleri elektrik üretmeye devam eder.
- ✓ Bakım gereksinimi yoktur.
- ✓ Oldukça uzun ömürlüdür (teorik olarak sonsuz olmasına karşın ortalama olarak 20-25 yıl).
- ✓ Sessiz ve temizdir. Çevre kirlenmesine neden olmaz.
- ✓ Seri üretim için uygundur.
- ✓ Birim ağırlık başına yüksek çıkış gücüne sahiptir.
- ✓ Ham maddesi olan silisyum dünyada en bol maddelerdendir. Petrol, kömür, bakır gibi tükenen maddeleri kullanmaz.
- ✓ En uzak kırsal alanlara enerji sağlayarak şehirlere göçü ve çarpık şehirleşmeyi engelleyebilir.
- ✓ Sulamada kullanılarak Güneydoğu Anadolu gibi güneşli fakat çorak yörelerin tarım ve toplumsal yönden gelişmesini sağlayabilir (Ismael 2012).

PV elektrik üretiminin dezavantajları;

- ✓ İlk yatırımı yüksektir.
- ✓ Üretilen akım doğru akım olduğundan, ya doğru akımla çalışan cihazlar ya da çeviriciler kullanılmaktadır.
- ✓ Sürekli üretim yapamadığı için üretilen enerjinin bir akü ile depolanması gerekmektedir.
- ✓ Güneşlenme yönünden zengin bölgelere ihtiyaç vardır.
- ✓ Her kW güç için yaklaşık 10 m² alana gerek vardır.
- ✓ Çok fazla güneş ışınımı alan bölgelerde, sıcaklık nedeni ile verimin azalması söz konusudur (Ismael 2012).

Güneş Panellerinin Yapısı

Güneş panelleri pek çok farklı maddeden yararlanarak üretilir. Günümüzde en çok kullanılan maddeler şunlardır:

- Kristal Silisyum Güneş Panelleri

- Monokristal Silisyum Güneş Panelleri
- Semikristal (Yarıkristal) Silisyum Güneş Panelleri
- Ribbon Silisyum Güneş Panelleri
- Polikristal Silisyum Güneş Panelleri
- İnce Film Güneş Panelleri
- Amorf Silisyum Güneş Panelleri
- Kadmiyum Tellür İnce film Güneş Panelleri
- Bakır indiyum Diselenoid Güneş Panelleri
- Diğer yapılar

Kristal Silisyum Güneş Panelleri

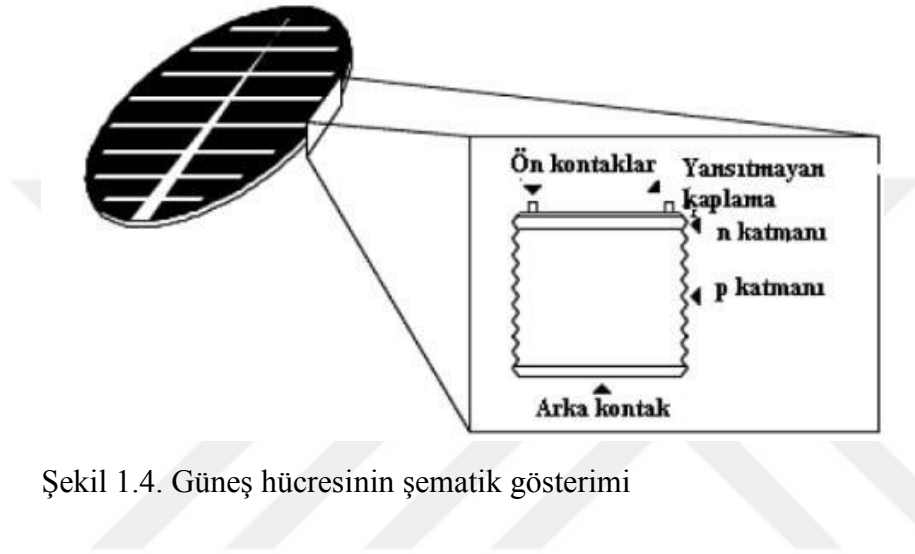
Kristal fotovoltaik hücreler için en önemli malzeme, silisyumdur. Silisyum, oksijenden sonra dünyadaki en yaygın ikinci element olup neredeyse sınırsız miktarda temin edilebilmektedir. Doğada arı halde değil, ancak oksijen ile bağlı olarak kuvars ya da kum halinde bulunur (Haselhuhn ve Hemmerle 2012).

Güneş ışınlarını yutma oranı düşük olmasına karşın verimlerinin %12-16 arasında olması üreticiler için caziptir. Üretici firmaların tercih ettiği seçenektir, pazar payının %93'nü oluştururlar, genel olarak 25 yıllık garanti ömrü sunulmaktadır, Wafer denen ince silikon dilimlerin kalınlıkları 0,17 mm'ye kadar düşürülmüştür. Monokristal (c-Si veya SiN) ve Polikristal (mc-Si) olarak ikiye ayrılabilirler (Beyoğlu 2011).

Monokristal Silisyum Güneş Panelleri

İlk ticari güneş panellerinde, kristal çekme tekniği ile büyütülen tek kristal yapıları silisyum kullanılmıştır. Fotovoltaik endüstride hala en çok kullanılan yöntem olan bu teknikte öncelikle ark fırınlarında silisyum oksit çeşitli kimyasal ve termal reaksiyonlardan geçirilerek saf silisyum elde edilir. Daha sonra silisyum eriyiğe çekirdek denen tek kristal yapıları bir silisyum parçası batırılır. Bu çekirdek eriyikten çıkarıldığında soğuyan silisyum eriyik, çekirdeğin üzerine külçe şeklinde yığılmış olur.

Bu silisyum külçe olur olmaz bir keski ile dilimlere ayrılır. Bu, iki aşamada olur. Önce külçe dikdörtgen bloklar şeklinde kesilir. Daha sonra bu bloklar dilimlere ayrılarak panel şeklinde işlenir. Verimleri %15 civarındadır. Yapım sırasında malzeme kaybının çok fazla olması bu hücrelerin dezavantajıdır. Yaklaşık olarak 0,5 mm kalınlığında üretilirler. Renkleri koyu mavi olup yaklaşık olarak ağırlığı 10 gr.dan azdır (Ismael 2012). Şekil 1,4’de Güneş hücresinin şematik gösterimi görülmektedir.



Şekil 1.4. Güneş hücresinin şematik gösterimi

Şekil 1,4’de görüldüğü gibi hücrenin üst yüzeyinde, hücre tarafından üretilen akımı toplayacak ve malzemesi genellikle bakır olan ön kontaklar yerleştirilmiştir (piramit, konik). Kaplamanın altında ise p-n eklemi bulunmaktadır (Ismael 2012).

Semikristal (Yarıkristal) Silisyum Güneş Panelleri

Bu tip hücreler, sıvı silisyumun soğutulmasıyla elde edilen kümelenmiş küçük silisyum kristallerinden oluşur. Bu panellerin verimleri %14 civarında olup, kümelenmiş silisyum taneciklerinin sınırlarındaki kayıplara bağlıdır (Karamanav 2007).

Ribbon Silisyum Güneş Panelleri

Bu hücreler, malzeme kaybının azaltılması amacıyla, levha halinde silisyum tabakalarından yapılırlar. Çeşitli yöntemlerle elde edilen bu piller, halen geliştirme aşamasındadır. Verimleri laboratuvar şartlarında %13-16 arasındadır (Oluklulu 2001).

Polikristal Silisyum Güneş Panelleri

Çok kristalli silisyum üretim teknolojileri daha kolaydır. Maliyeti oldukça düşüktür. Üretimde en çok kullanılan yöntem dökme yöntemidir. Çok kristalli silisyumda başlangıç malzemesi, tek kristalli silisyumda olduğu gibi hazırlanır. İstenilen saflık derecesi de benzerdir. Erimiş olan yarı iletken kalitesindeki silisyum, kalıplara dökülerek soğumaya bırakılır. Daha sonra elde edilen bloklar kare şeklinde kesilir. Bu teknoloji ile üretilen malzemelerden elde edilen güneş panellerinin maliyeti düşük verimi azdır. Halen laboratuvar aşamasındaki bu panellerin verimleri %10 civarındadır (Ismael 2012).

Kadmiyum Tellür İnce film Güneş Panelleri

Çok kristal yapıda bir malzeme olan Kadmiyum Tellürid (CdTe) ile güneş paneli maliyetinin çok aşağılara çekileceği tahmin edilmektedir. Laboratuvar tipi küçük hücrelerde %16, ticari tip modüllerde ise %7 civarında verim elde edilmektedir (Yiğit ve Atmaca 2010).

İnce Film Güneş Panelleri

İnce film PV cihazlar çok az materyal gerektirir. Üretim kolaylığı açısından ek üstünlüklere sahiptirler. İnce film güneş hücreleri, üst üste yerleştirilen aşırı derecede çok ince yarı iletken katmanlardan oluşur. İnce film hücreler, çok değişik malzemeden yapılabilir. Ticari olarak yaygın bir şekilde kullanılan ince film hücreler, amorf silikondan yapılmaktadırlar (Öztürk 2008b).

Amorf Silisyum Güneş Panelleri

Amorf silisyum güneş panelleri (a-Si), ince film güneş paneli teknolojisinin en önde gelen örneğidir. İlk yapılan a-Si hücreler Schottky bariyer yapısında iken, daha sonraları p-i-n yapıları geliştirilmiştir. P-i-n yapısındaki hücrelerin fabrikasyonu kalay oksitle kaplı iletken bir yüzeyin üzerine çöktürme yöntemi ile yapılır ve bu yüzeyin arkası daha sonra metalle kaplanır. Verimleri %5-8 arasındadır. Ancak bu paneller, kısa zamanda bozunuma uğrayarak çıkışları azalır (Karamanav 2007).

Bakır İndiyum Diselenoid Güneş Panelleri

Bu çok kristal pilde laboratuvar şartlarında %17,7 ve enerji üretimi amaçlı geliştirilmiş olan prototip bir modülde ise %10,2 verim elde edilmiştir (Yiğit ve Atmaca 2010).

Diğer yapılar

Bakır indiyum diselenoid (CuInSe) maddesinden yapılan ve verimleri %13 civarında olan hücreler halen gelişme aşamasındadır. Bunlar daha kararlı çıkışa sahip olduğu için absorban özelliği yüksektir ve verimleri de %12 civarındadır. Bu güne kadar elde edilen en yüksek verime (%24) galyum arsenitten yapılan hücreler ulaşmıştır. Bu madde ile çeşitli türde paneller elde edilebilmekle birlikte pahalıdırlar. Bu panellerin, güneş spektrumunun daha büyük bir bölümünden yararlanabilmesi amacı ile denenen bir yöntemi ise, birden fazla ince film yapısının üst üste konmasıyla elde edilen çok eklemlerli film yapılarıdır. Bunların dışında, güneş ışınımının yüksek verimli panellerin üzerine optik olarak yoğunlaştıran sistemler üzerinde çalışmalar da yapılmaktadır. Bu tür sistemlerde güneşin hareketini izleyen düzeneklerin yanı sıra, güneş ışığını kıran (mercek) ya da yansıtan (ayna) eleman kullanılır (Karamanav 2007).

Çalışmanın Amaç ve Kapsamı

Bu tez çalışmasında, güneş enerjisi kullanılarak güneş panellerinden elektrik elde edilmesi ve farklı iki güneş panel sisteminin performansının ortaya koyulması amaçlanmıştır. Konunun uygulama alanının çok geniş olması nedeniyle önerilen çalışmada bir sınırlama yapmak kaçınılmazdır. Bu nedenle de çalışmada sadece tarımsal amaçlı aydınlatma sistemlerinin güneş panelleri ile çalıştırılması ele alınmıştır. Bununla birlikte, güneş panelleri elektrik enerjisi tüketiminin söz konusu olduğu tüm tarımsal faaliyetlere ve alanlara adapte edilebilir. Sonuç olarak; tarım sektörünün bir bütün olarak elektrik üretimi amaçlı fotovoltaik sistemlerin kullanımı açısından teşvik edilmesi hedeflenmektedir. Çalışma kapsamında toplam ve direkt güneş ışınımı değerlerinin saptanarak monokristal ve polikristal güneş panellerinin zamana ve toplam ışınımına bağlı güç performanslarının ortaya konulması amaçlanmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Evrendilek ve Ertekin (2003), yenilenebilir teknolojilerin çeşitli kombinasyonlarını ve Türkiye'nin farklı coğrafi bölgelerinin özelliklerini incelenmişlerdir. Türkiye'nin önceliği; fosil yakıtlara olan bağımlılıktan kurtulmak ve yenilenebilir enerji kaynaklarına geçişi hızlandırmak olmalıdır. Yenilenebilir enerji teknolojileri, gerekli gıda ve orman ürünlerine müdahale olmadan ihtiyaç duyulan enerjiyi sağlamalıdır. Türkiye, önümüzdeki on yılda yenilenemeyen enerjiden yenilenebilir enerjiye geçiş yapmadığı takdirde çevre kalitesi, ekonomik kalkınma ve ulusal güvenlik riski taşımaktadır. Enerji temin edilirken; toprak, su ve biyolojik kaynakların da korunması önem taşımaktadır. Gelecekte makul yaşam standardı sağlamak için, insan nüfus yoğunluğu ve enerji, toprak, su ve biyolojik kaynakların kullanımı arasında adil bir denge olmalıdır.

Sözen ve Arcaklioğlu (2005), çalışmalarında güneş enerjisinin mevcudiyetini ve parametrelerini ele almışlardır. Türkiye, 36° ve 42° Kuzey enlemleri arasında ve tipik bir Akdeniz iklimine sahiptir. Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli oldukça yüksektir. Yıllık ortalama güneş radyasyon 3.6 kWh/m² gün ve yıllık toplam güneşlenme süresi 2610 saattir. Meteorolojik ve coğrafi verileri (enlem, boylam, yükseklik, ay, güneş-ortalama süresi ve ortalama sıcaklık) giriş katmanı olarak kullanılır. Güneş radyasyonu çıkış katmanındadır.

Akella ve ark. (2009) sosyal, ekonomik ve çevresel sorunları kontrol etmek için, konvansiyonel enerji sistemi yerine, yenilenebilir enerji sistemini ele almışlardır. Petrol, kömür ve doğal gazı dayalı geleneksel enerji kaynaklarının ekonomik ilerlemenin son derece etkili sürücülerini olduğunu kanıtlanmışlar, ama aynı zamanda çevreye ve insan sağlığına zararı olduğunu görmüşlerdir.

Demiroren ve Yılmaz (2010) araştırmalarında, Türkiye'nin en büyük adası olan Gökçeada'da elektrik ihtiyacının yenilenebilir enerji kaynaklarıyla nasıl sağlanabileceğini analiz etmişlerdir. Hibrit (karma) ve hibrit olmayan yenilenebilir enerji kaynaklarının optimum sistem konfigürasyonunu (sistem yapısı) değerlendirmek

için HOMER programını kullanmışlardır. Yenilenebilir enerji kaynaklarıyla ilgili olarak yapılan diğer çalışmalarda, yıllık ortalama değerlere bakılarak maliyet analizi yapmışlardır. Fakat bu çalışmada bilgisayar ile geliştirilen sistemi, olabildiğince gerçek yapmak için HOMER programını kullanmışlardır. Diğer çalışmalarda yıl içerisinde meydana gelen birçok değişikliğin sisteme eklenemediğini gözlemlemişlerdir. HOMER ile zamanla değişiklik gösteren değerlerin (örneğin elektrik yükü, rüzgar hızı ve solar yayılımı) etkisini göz önüne almışlar ve elektrik sistemlerini modellemişlerdir. HOMER de bu verilerin her biri için 8760 değer oluşturulmuştur. HOMER 1 saatten küçük geçici değişiklikleri modelleyemez. Fakat bunun gibi sistemleri analiz etmek için saatlik veri yeterlidir. Bu çalışmada solar paneller, rüzgar türbinleri ve bataryaları ile yardımcı araçlardan oluşan sistemler çeşitli senaryolar düşünülerek modellenmiştir. Ayrıca şebeke (elektrik) bağlantıları ve dizel motorları için yedekleme gücü de modellenmiştir. Gökçeada'nın yenilenebilir sistemini oluşturan parçaların değerleri simülasyonlar yardımıyla belirlenmiştir. Enerji kaynağı, yüklenen enerjiden fazla olduğunda oluşan fazla enerji şebekeye aktarılabilir. Böylece enerji maliyeti azaltılabilir. Simülasyon sonuçlarına göre, rüzgar enerji sistemlerinin enerji maliyetinin Gökçeada için düşük olduğu saptanmıştır. Sonuç olarak rüzgar enerjisinin Gökçeada'da özellikle şebeke satışları (elektrik ucuzluğu) senaryoya bağlı şebekeler açısından avantajlı olduğu ortaya çıkarılmıştır.

Turhan ve Çetiner (2012) araştırmalarında PV sistemlerin binalarda kullanılmasında performansı etkileyen parametrelerden bahsedip, Türkiye ve dünyadaki uygulamalardan seçilen PV sistem örneklerini incelemişlerdir. Araştırmacılar sistemden maksimum performans elde etmek üzere tasarımcıların en uygun tercihi yapmalarına yardımcı olmayı amaçlamışlardır. Son yıllarda sanayileşme ile birlikte ortaya çıkan makinalaşma, teknolojinin hızla gelişimi ve nüfusun günden güne artış göstermesi gibi etkenler enerjiye duyulan ihtiyacı her geçen gün arttırmaktadır. Günümüzde bu enerji ihtiyacının büyük bir kısmı kömür, petrol ve doğal gaz gibi fosil yakıtlardan karşılanmaktadır. Mevcut fosil yakıt kaynaklarının gün geçtikçe azalması ve fosil yakıtların CO₂ gazı salınımıyla ekolojik dengeyi bozması gibi nedenlerle çevre dostu yenilenebilir enerji kaynakları arayışı ortaya çıkmıştır. Güneş; tükenmeyen, bol ve doğayı herhangi bir zararlı atıkla kirletmeyen yenilenebilir enerji kaynağıdır. Fotovoltaikler (PV) ise yapı

kabuğu ile birlikte tasarlanan, güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren aktif sistemlerdir. İlk yatırım maliyeti yüksek olan fakat uzun vadede birçok fayda sağlayan PV sistemler konusunda kullanıcılar bilgilendirilmesini tavsiye etmiştir.

Parida ve ark. (2011) araştırmalarında fotovoltaik sistemleri ve elektrik üretim teknolojilerini incelemişlerdir. Bugüne kadar kullanılan tüm yenilenebilir enerji kaynaklarının içinde en bol, en tükenmez ve en temiz güneş enerjisidir. Güneş enerjisinden yararlanmanın en iyi yollarından biri de fotovoltaik teknolojidir. Bir fotovoltaik enerji üretim sistemi; fotovoltaik hücreler, elektrik bağlantıları ve elektrik çıkışını düzenleyen elemanlardan oluşmaktadır. Araştırmacılar, fotovoltaik teknoloji, güç üretme kapasitesi, kullanılan ışık emici materyaller, uygulama alanları ve çevresel yönü konularına değinmişlerdir.

Dinçer (2011b) Türkiye'de fotovoltaik teknolojinin durumu, fotovoltaik güç sistemleri kullanımı, güneş enerjisinin coğrafi tanımı, PV sektöründeki potansiyel durum, güneş enerjisi mevzuat çerçevesi, fotovoltaik güç sistemleri ekonomisi, fotovoltaik sektörde Ar-Ge durumu, gelecekte PV sektörünün stratejisi, Türkiye'de ve Dünya'da, enerji tüketimi ve talebi ile dünyanın gelecekteki durumu konularını ele almıştır. Günümüzde, genç nüfusu ve hızlı büyüyen kentleşme ile ekonomik kalkınma ve kişi başına artan enerji talebi ile Türkiye son iki yıldır dünyanın en hızlı büyüyen elektrik enerjisi pazarlarından biri olmuştur. Fakat ne yazık ki, Türkiye enerji bakımından dış ülkelere büyük ölçüde bağımlıdır ve ülkenin enerji ihtiyacı için her yıl milyarlarca dolar harcama yapmaktadır. Öte yandan, elektrik santrallerinde fosil yakıtlardan atmosfere verilen kirleticilerin küresel ve çevresel hava kalitesi üzerindeki etkileri, yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesi için güçlü nedenler sunmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneş enerjisi; canlılığı, sessizliği, çevreyi kirletmeyişi, az bakım istemesi, uzaktan uygulama için uygun oluşu, herhangi bir yakıt ve elektrik şebekesinden bağımsız çalışması bakımından birçok avantajlara sahiptir. Çünkü Türkiye, güneş enerjisinden elektrik üretimi uygulamalarında bir hayli ilerlemiş olup, gelişmiş birçok ülkeden daha çok güneş enerjisi potansiyeline sahiptir. Almanya, Japonya, İtalya ve ABD kurulu fotovoltaik güç ile şu anda en büyük fotovoltaik panel üreten ülkelerin başında gelmektedir. Dünyada üretilen tüm fotovoltaik panellerin %90'ı

ABD, Japonya ve Avrupa Birliği (AB) ülkelerinde üretilmektedir. Bu ülkelerde fotovoltaik panel üretim oranındaki artış son on yılda %15 olmuştur.

Dinçer (2011a) araştırmasında Dünya’da fotovoltaik teknolojinin durumuna değinmiştir. Dünyada temel gündemi oluşturan enerji, insanlar içinde hayati bir öneme sahiptir. Birçok ülke sık sık bu gündemi ele alan toplantılar ve müzakereler düzenlemektedirler. Bu ülkeler enerji arz ve talep dengesi üzerinde çalışmaktadır. Çözüm olarak araştırmalar, enerjiyi ve yenilenebilir enerji kaynaklarını daha etkili bir şekilde kullanma amacı üzerinde yoğunlaşmalıdır. Fotovoltaik teknoloji yenilenebilir enerji teknolojileri arasında en baskın kaynak olarak ortaya çıkmaktadır. Solar güç sistemlerinin temiz ve kaynağının limitsiz olması, bunun en önemli sebebi olarak karşımıza çıkar. Birçok araştırma fotovoltaik güç sistemlerinin gelecek elektrik üretiminde önemli bir payı olacağını belirtmektedir. Araştırmacı, fotovoltaik sistemler kullanarak güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretmenin birçok Avrupa ülkesi, Amerika, Japonya ve Çin’in güncel durumlarında öncü rol oynadığı ve gelecek politikaların çeşitli yorumlarla analiz edileceği üzerinde durmuştur.

Çetin ve Eğrican (2011), çalışmalarında Türkiye’de güneş enerjisi sektörünün istihdam üzerindeki etkilerini araştırıp dünyada güneş enerjisi sektörünün ekonomik ve istihdam etkilerini anlatan araştırmaları gözden geçirmişlerdir. Güneş enerjisi ülkemiz için, dünya için ve gelecek için önemli bir kaynak olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle güneş enerjisi teknolojilerinin geliştirilmesi ve kullanımı ekonomik kalkınma için önemli hale gelmektedir. Türkiye’de güneş enerjisi, enerji talebinin temel kaynağı olacak durumdadır ve ekonomi üzerinde büyük bir istihdam etkisi yaratabilecek düzeydedir. Araştırmacılar, bu etkinin devletin güneş enerjisine olan teşviki ve araştırma-geliştirme fonlarının artırılması ile elde edilebileceğini ortaya koymuşlardır.

Kaygusuz (2011), araştırmasında Türkiye’de güneş enerjisi üzerine yapılan çalışmalara ve bu teknolojinin gelişmesini teşvik etme stratejilerine değinmiştir. Bugün için ekonomik olmasına karşın sınırlı bir rezerve sahip fosil kaynaklar ve önemli çevresel sorunlar, yeni ve sürdürülebilir elektrik üretim seçeneklerini zorlamaktadır. Güneş ışınlarından elektrik üretiminde güneş enerjisi kendini kanıtlamış bir yenilenebilir enerji

teknolojisi olmasının yanında gelecekte maliyet açısından da etkin olma potansiyeline sahiptir. Türkiye'nin batı ve güneydoğu kesiminde güneş kaynakları ve geniş çorak alanlar yaygındır ve Türkiye'de elektrik talebi hızla artmaktadır.

Yue ve Huang (2011) çalışmasında, güneş enerjisinin, enerji sistemleri arasında gelecek projeksiyonda enerji arzı ve CO₂ emisyonlarının azaltılması açısından önemli bir yer tuttuğunu vurgulamaktadır. Arazi kullanım analizi, Tayvan güneş enerji kaynaklarının değerlendirilmesi, yerel arazi kullanım koşullarından kaynaklanan güneş enerjisi potansiyeli üzerinde durmuştur. Ayrıca Tayvan güneş enerjisi pazarını etkileyen temel faktörlerin piyasa fiyatı ve yatırım teşvikleri olduğunu ifade etmiştir.

Wade ve Short (2012) çalışmalarında doğru akımla çalışan güneş enerjili su pompası tasarlamış ve uygulamasını gerçekleştirmiştir. Kullanılan metot aktüatör geometrilerini de kapsamaktadır. Model tahminlerinin var olan pompalar ile karşılaştırılmasında, model tahminlerinin mevcut su pompası ölçüm değerleriyle yakın benzerlik gösterdiği gözlemlenmiştir. Uygulama esnasında doğrusal aktüatörün kısa ve direkt akım çektiği görülmüştür. Bu sonuçlara göre ortaya konulacak yeni tasarımda, güneş panelleriyle pompa arasında elektronik tampon kullanılarak, sistemin verimini arttırmak amaçlanmıştır.

Chua ve Oh (2012) araştırmalarında Malezya'daki fotovoltaik teknoloji ile ilgili gelişmeler hakkında bir bakış açısı sunmuştur. Geleceğin temiz enerji kaynağı olması tahmin edilen güneş enerjisi Malezya gibi gelişmekte olan ülkeler için potansiyel bir enerji kaynağıdır. Çalışma ilk olarak ülkenin enerji politikalarına bakılarak yapılmıştır. Fotovoltaik teknolojideki gelişimin teşviki için Malezya hükümeti tarafından alınan tedbirler, ülkenin güneş enerjisi potansiyeli, yabancı yatırımlı kaynaklar, Malezya'da geleceğe yönelik güneş enerjisini geliştirmede geniş bir yelpaze oluşturmuştur.

Topkaya (2012) Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyelini, PV teknolojisi durumunu ve Türkiye'de güneş enerjisi için yapılan çalışmaları incelemiştir. Türk hükümetinin temel enerji hedeflerinin başında, pazar reformu, enerji güvenliği ve çevre koruma politikaları yer almaktadır. Türkiye'nin oldukça fazla güneş enerji kaynakları hükümetin enerji

politikasına hitap etmesine karşın, Türkiye güneş enerjisini henüz kullanılabilir düzeyde değildir. Ülkenin güneş enerjisi potansiyelinin kullanılması, ithal fosil yakıtlara bağımlılığı azaltacaktır. Fakat güneş enerjisi gelişimi için mali destek eksikliği, ülkenin güneş potansiyelinin kullanımını önemli ölçüde geciktirmektedir.

Baris ve Kucukali (2012) çalışmasında, Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynaklarının potansiyelini ve uygunluğunun ortaya çıkarılmasını amaçlamıştır. Bununla birlikte, çalışma kapsamında değerlendirme ile ilgili devlet politikaları, yenilenebilir enerji projelerinin finansal ve çevresel yönlerinin kullanılabilirliğinin keşfedilmesini de hedeflemiştir. Türkiye, Avrupa ülkeleri arasında en yüksek hidroelektrik, rüzgar ve jeotermal enerji potansiyeline sahip bir ülkedir. Yenilenebilir enerji kaynağı teknolojilerini değerlendirmek için, bu çalışmada geliştirilen multi-kriter analizi aracına göre Türkiye'ye yönelik en uygun yenilenebilir enerjinin biyokütle olduğu kanıtlanmıştır.

Wallin ve ark. (2012) araştırmalarında solar termal sistemlerinin alan ısıtma ve sıcak su kullanımı performanslarını incelemiştir. Avrupa Birliği, 2050 yılındaki enerji kullanımını 2005-2006 yıllarına göre kıyasladığında %41 oranında azalış göstereceğini tahmin etmektedir. Bu da, soğuk iklim gösteren ülkelerde solar termal sistemleri kullanmak için yeni fırsatlar sağlamaktadır. Binaların ısıtma enerjisi talebinin çoğu, ulaşılabilir güneş enerjisinin düşük olduğu dönemlerde ortaya çıktığından dolayı İsveç ve Kanada gibi ülkelerde termal güneş kolektörü kurulum projeleri ekonomisi sık sık olumsuz etkilenmektedir. Bu araştırmada solar termal sistem İsveç ve Kanada’da ısıtma yükleri değişen dört farklı binaya entegre edilmiştir. Çalışmanın sonucuna göre, binalara monte edilen solar kombi sistemlerinin enerji üretmek açısından daha kullanışlı olduğu kanıtlanmıştır.

Vardar ve Çetin (2013) araştırmalarında, enerji gereksiniminin bir bölümünü alternatif ve yenilenebilir bir enerji kaynağı olan güneş enerjisinden temin etmeye çalışan bir eğitim kuruluşunu ele almışlardır. Bu kuruluşun enerji ihtiyacını desteklemek için 23 kW güç değerine sahip fotovoltaik sistem kurulmuş ve sistemin verimliliği ve ekonomikliği bulgular üzerinden tartışılmaya çalışılmıştır. Kurulan güneş enerjisi

sisteminin (fotovoltaik sistem) performansının belirlendiği çalışmada; sistem için yapılan yatırımın yaklaşık 9 yılda kendini geri ödeyebildiği belirlenmiştir.

Tyagi ve ark. (2013) araştırmalarında fotovoltaik enerji teknolojisindeki gelişmeleri incelemişlerdir. Güneş hücrelerinde kullanılan malzemeler, güneş hücrelerinin verimliliği, PV modül performansını etkileyen faktörler ve PV maliyet analizi konularını detaylı ele almışlardır. Son yıllarda hızla gelişen konuların başında; devlet desteği ile yenilenebilir enerjiden elektrik enerjisi üretimi ve solar fotovoltaik (PV) teknolojisi gelmektedir. Güneş enerjisinden yararlanarak elektrik üretim yöntemlerinden biri olan fotovoltaik teknolojisi dünya çapında önemli bir rol oynamaktadır. Fotovoltaik enerji sektörü 2010 yılında kurulu güç değeri olarak 23.5 GW ve oransal olarak da %35-40 oranında büyümüştür. Bu durum gelişen sanayi sektörleri içerisinde fotovoltaik teknolojisini ilk sıralara yükseltmektedir. Yapılan kapsamlı araştırmalara göre, monokristal silisyum güneş panellerinin verimsel değerleri 1950'li yıllarda %15 iken 1970'li yıllarda %17'ye yükselmiştir ve günümüzde giderek artış göstermektedir. Bu şartlarda monokristal silisyum güneş hücresinin verimsel değerlerinin geçmişten günümüze önemli gelişmeler kaydettiği görülmektedir.

Bahadori ve Nwaoha (2013) çalışmalarında, Avustralya'da güneş enerjisinin durumunu incelemişlerdir. Fotovoltaik (PV) sistemler; güneş enerjisinden yararlanılarak elektrik elde etmek için bilinen en yaygın yöntemdir. PV paneller ev ve iş yerlerinin çatılarına monte edilir. Bu paneller aldığı güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştürür. Işık enerjisinin elektrik enerjisine dönüştürülmesi fotonların aktarılmasıyla gerçekleştirilir. Dönüşüm işlemi, bu işlem için özel olarak üretilen iletken kristal hücreler içinde yapılmaktadır. Çatılara kurulan iletken kristal hücrelerde güneş enerjisinden elektrik enerjisi elde edilmesi temiz ve sessiz şekilde sağlanır. Sistemde hareketli bir aksam bulunmaz. Günümüzde Avustralya çapında ortalama 25.000 evde fotovoltaik güneş enerjisi kullanılmaktadır. Başka kaynaklardan elektrik üretim maliyetinin fazla olduğu durumlarda şebekeden bağımsız (off-grid) fotovoltaik sistemler oldukça uygundur. Avustralya'da pazar potansiyelinin büyük olmasına rağmen, sanayinin kendi kendini desteklememesi, fotovoltaik endüstrisi için önemli bir sorun teşkil etmektedir. Tutarlı bir ulusal politikanın eksikliği, fotovoltaik güneş enerjisi sektörünün büyüme ve

gelişmesinin önündeki en önemli engeldir. Söz konusu sistemlerde elektrik enerjisinin sadece gün ışığı saatlerinde elde edilmesi ve depolama ile ilgili problemler fotovoltaik (PV) sistemlerin yaygın kullanımını etkileyen temel sorunlardır.

Zhang ve ark. (2013) çalışmalarında güneş panellerinin ısı pompalarının tahrikinde kullanımını ele almışlardır. Bu makalede; ısı pompa sistemlerinin mevcut uygulama konseptinde güneş panellerinden yararlanılmasına değinilmiştir. Bu çerçevede; termosıvı ve enerji dengeleme analizleri, bilgisayar modellerindeki ilerlemeler, deneysel doğrulama ve sistemin performansını tanımlamadaki süreç ve sonuçlar vurgulanmıştır. Çalışmalar sonucunda kullanıma özel bilgisayar modeli geliştirilmiş ve işlevsel veriler hesaplanmıştır. Geometrik konfigürasyon ve ölçüler uygun şekilde tasarlanmış ve sisteme ilişkin uygun çalıştırma koşulları ortaya konulmuştur. Çalışmada ayrıca ölçüm verilerini elde etmek ve simülasyonlarla karşılaştırabilmek için deneysel bir model yapılmıştır. Sonuç olarak; deneme ve modelleme sonuçlarının tam bir uyum içerisinde olduğu saptanmıştır. Araştırma sonuçları, yüksek verimli güneş ısıtma sistemlerinin gelişimine katkı sağlamıştır.

Devabhaktuni ve ark. (2013) araştırmalarında, güneş enerjisini ve fotovoltaik sistemleri ele almışlardır. Enerji üretimi açısından, güneş enerjisi karşımıza cazip bir seçenek olarak çıkmaktadır. Yenilenebilir enerji sistemlerini içeren projelerin finansmanlarının geliştirilmesi, gelişmiş ülkelerin yanı sıra gelişmekte olan ülkeler ve çok sayıda uluslararası kuruluş ve sivil toplum kuruluşları tarafından gerçekleştirilmektedir. Güneş enerjisi pazarı, önemli ölçüde solar PV sistem kurulumları sayesinde oluşmaktadır. Diğer taraftan bu sistemler için finansman bulmak oldukça büyük zorluklar içermektedir. Çalışmada ayrıca güneş enerjisinin; çevresel etkileri azaltıp enerji güvenliğini artırması sebebiyle gelecekte etkin güç kaynağı olarak görüleceği vurgulanmıştır.

Tian ve Zhao (2013) çalışmalarında güneş kolektörleri ve termal enerji depolama sistemlerini değerlendirmişler ve güneş enerjisi uygulamalarındaki son gelişmeler üzerinde durmuşlardır. Termal uygulamalar kullanılarak enerji depolama yoğunluğu ve enerji dönüşüm verimliliğinin yüksek performansının, güneş enerjisi alanında artış

göstermesi dikkat çekmektedir. Güneş kolektörleri ve termal enerji depolama sistemleri uygulamayı oluşturan iki temel unsurdur. Düşük sıcaklık uygulamaları ve yüksek sıcaklık uygulamaları dahil tüm güneş kolektörleri incelenmiştir. Bu sistemler, ısı kaybının azaltılması, geri kazanılan ısının geliştirilmesi ve farklı güneş izleme mekanizmaları açısından incelenmiştir.

Benli (2013) araştırmasında, Türkiye'deki yenilenebilir enerji kaynaklarının potansiyeline değinmiştir. Türkiye, yenilenebilir enerji kaynakları bakımından zengin bir ülkedir. Türkiye gereksinim duyduğu enerji talebini karşılamakta güçlük yaşamaktadır. Ülkenin elektrik tüketimi yılda ortalama %8-9 oranında artış göstermektedir. Bu çerçevede enerji arz ve talebini dengelemek amacıyla, üretim, iletim ve dağıtım tesisleri gerekmektedir. Türkiye; Rusya ve İran'dan ithal olarak aldığı doğalgaz anlaşmasını azaltmak adına, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmesini önermiştir.

Gopal ve ark. (2013), yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisi ile su pompalama konusunu incelemiştir. Güneş enerjili su pompa sistemlerini oluşturan temel parçalar; fotovoltaik paneller, motor ve pompadır. Sistemin tasarımına bağlı olarak ihtiyaç duyulan diğer parçalar ise; depolama amacıyla kullanılan bataryalar ve şarj regülatörüdür. Motor seçimi gereksinim duyulan güç ve akıma göre yapılır. Seçilen motor alternatif akımla çalışıyorsa; doğru akım alternatif akıma dönüştürülmelidir. Bataryasız güneş enerjili su pompa sistemleri ile batarya güç sistemleri kıyaslandığında; bataryasız güneş enerjili su pompa sistemlerinin daha az süreklilik gerektirdiği ve daha az maliyetli olduğu görülmektedir. Fakat güneş ışığı olmayan zamanlarda depolama bataryalarının performansı yüksektir. Sistemlerde su depolama tankının kullanılması, batarya depo desteğinin kullanımına göre daha düşük maliyetlidir. Güneş enerjisi, güneş ışınımının 1000 W/m²'ye kadar yükseldiği Tropik bölgedeki ülkeler için temel enerji kaynağıdır.

Stritih ve ark. (2013) çalışmalarında Türkiye ve Slovenya'da kullanılan solar enerji potansiyeli konusuna değinmişlerdir. Solar radyasyon hesaplamaları, yapılması zor olan ölçümlerin başında gelmektedir. Slovenya bölgesinde bu ölçümler uzun yıllar

uygulanmış ve buna göre; günlük solar radyasyon bölgede farklılık göstermiştir. Slovenya'da güneş ışınlarının teorik olarak potansiyeli yılda 26×10^{12} kWh/yıl hesaplanmıştır. Isı ve elektriğe dönüştürülmesi için güneş ışınlarının toplam potansiyeli yılda 5.3×10^{12} kWh/yıl, evlerin çatılarında ise solar radyasyon yılda 8.3×10^{10} kWh/yıl olarak hesaplanmıştır. Türkiye, 36° - 42° Kuzey enlemleri arasında ve güneşli kuşakta yer almaktadır. Türkiye solar enerji için son derece avantajlı bir coğrafi konumdadır. Türkiye'nin yıllık güneşlenme süresi yaklaşık 2640 saat, günlük ortalama 7.2 saattir. Ortalama olarak toplam ışınlamayı yılda 1311 kWh/m^2 , günde 7.2 kWh/m^2 'dir. Solar enerji potansiyeli ise yılda toplam 380×10^{12} kWh/yıl olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, Türkiye yıllık solar enerji potansiyeli ve günlük güneşlenme süresi hesaplandığında yirmi beş AB ülkesi arasında ilk beş içerisinde yer almaktadır. Solar enerji sistemleri hayatı kolaylaştırmak açısından, dünyada bir ihtiyaç haline gelmiştir. Türkiye ve Slovenya'da bol olan bu sistemler son yıllarda geçerli uygulamalarla yerel sıcak su kullanımını kısıtlamaktadır. Bu nedenle son yıllarda daha farklı solar uygulamalar da artmaya başlamıştır. Yük azaltma ve enerji tasarrufu sağlamak için farklı güneş enerjisi uygulamaları kullanılmaktadır.

Melikoglu (2013), araştırmasında iki farklı sistem tarafından enerji talebinin maliyeti ve çevresel etkilerinin analizini ele almıştır. Ele alınan birinci sistemde rüzgar, güneş, jeotermal enerji ve hidroelektrik enerji ihtiyacı karşılamaktadır. Birinci sisteme göre toplam maliyetin 31,000 milyar dolar olduğu tahmin edilmektedir. Ele alınan ikinci sistemde; talep edilen enerjinin yenilenebilir enerji yatırımlarından temin edilemediği, eşit ölçüde kömür ve doğalgazdan temin edilebildiği varsayımında bulunulmuştur. Birinci sisteme göre, yenilenebilir enerji kaynakları yılda neredeyse 2.175.000.000 \$ değerinde çevre vergisinden tasarruf edecektir. Böylece yenilenebilir enerji yatırımlarının geri ödeme süresi 15 yıldan az olacaktır. Türkiye'de elektrik tüketiminin 2023 yılında yaklaşık olarak 530.000 GWh olması beklenmektedir. Türkiye, son zamanlarda yenilenebilir enerji kaynaklarından, bu talebin %30 veya 160.000 GWh kadarını tedarik etmeyi planlamaktadır. Bununla birlikte, kurulu yenilenebilir enerji kapasitesi ortalama 60.000 GWh'dir.

Saloux ve ark. (2013) araştırmasında fotovoltaiik (PV) analizler ve ekserji yöntemine dayalı fotovoltaiik/termal (PV/T) sistemlerini incelemiştir. Bu amaç için, açık bir elektriksel ve termal model geliştirilmiştir. Termodinamik diyagramlar, elektrik akımı ve gerilim azaltma faktörleri tanımlanmış ve PV/T sistemindeki ekserji belirlenmiştir. İlk olarak, güneş radyasyon dönüşüm sırasında üretilen ve harcanan ekserji gösterilmiştir. Daha sonra da potansiyel elektrik ve akım kayıpları etkisi açık bir şekilde ortaya çıkarılmıştır.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu çalışma $40^{\circ} 15' 29''$ kuzey enlemi (N) ve $28^{\circ} 53' 39''$ doğu boylamında (E) yer alan Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde yapılmıştır. Çalışmada materyal olarak güneş ışınımını ölçmek amacıyla güneş ışınımı ölçüm cihazları, iki farklı güneş paneli, elektrik ölçüm cihazları ve kayıt donanımı kullanılmıştır. Gruplandırma açısından materyal *fotovoltaik deney sistemi* ve *güneş ışınımı ölçüm sistemi* olarak iki başlık altında incelenecektir.

3.1.1. Güneş Işınımı Ölçüm Sistemi

Çalışma kapsamında, güneş paneli sistemine ulaşan güneş ışınımı miktarının belirlenmesi amacıyla başta piranometre ve pirheliometre olmak üzere hava sıcaklık ve nem sensörü ile dizüstü bilgisayardan oluşan güneş ışınımı ölçüm seti kullanılmıştır (Şekil 3.1). Bu ölçüm sistemi ile direkt güneş ışınımı, difüz güneş ışınımı, hava sıcaklığı, hava nemine ilişkin veriler toplanmıştır. Burada kaydedilen veriler periyodik aralıklarla (her saat başı) ve veri kaydedici aracılığıyla bilgisayara aktarılmıştır. Güneş enerjisi ölçüm sistemindeki güneş paneli ile akü şarj edilmiştir.



Şekil 3.1. Güneş Işınımı Ölçüm Sistemi Genel Görünüşü

3.1.1.1. Piranometre

Toplam (direkt ve difuz) güneş ışınımını ölçmek için piranometre kullanılmıştır. Çalışmada deneme süresince yörenin toplam güneş ışınımı değerinin saptanması amacıyla kullanılan piranometre Şekil 3.2’de görülmektedir.



Şekil.3.2. Piranometre

3.1.1.2. Pirheliometre

Direkt güneş ışınımını ölçmekte pirheliometre kullanılmaktadır. Çalışmada gerek deneme süresince yörenin direkt güneş ışınımı değerinin saptanmasında kullanılmıştır. Uygulama denemelerinde kullanılan pirheliometre Şekil.3.3’de görülmektedir.



Şekil.3.3. Pirheliometre

3.1.1.3. Hava Sıcaklık ve Nem Sensörü

Fotovoltaik panellerin bulunduğu ortamın sıcaklık ve nem değerlerinin saptanmasında kullanılmıştır. Çalışmada Şekil 3.4'deki sıcaklık ve nem sensöründen yararlanılmıştır.



Şekil 3.4. Sıcaklık ve Nem Sensörü

3.1.1.4. Dizüstü bilgisayar

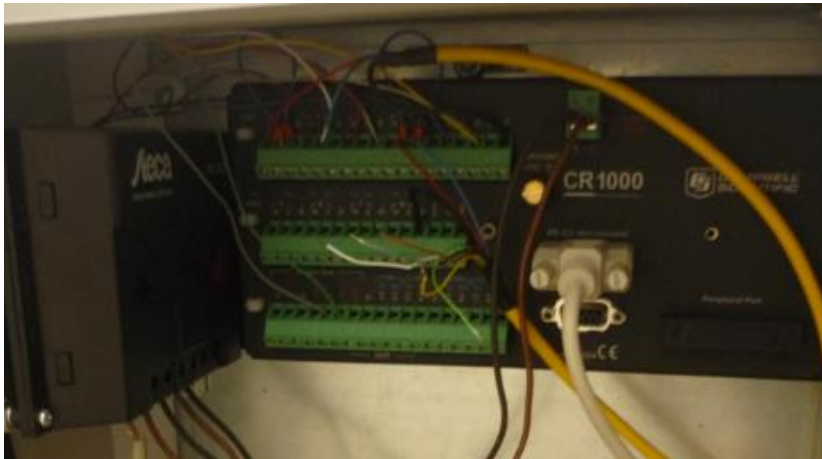
Verilerin toplanması ve değerlendirilmesinde bir dizüstü bilgisayardan yararlanılmıştır (Şekil 3.5). Veri kaydedici ve bilgisayar arasında yapılan usb bağlantı ile veri aktarımı gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.5. Çalışmada kullanılan dizüstü bilgisayar

3.1.1.5. Veri kaydedici

Uygulama denemelerinde CR1000 veri kaydedici kullanılmıştır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Veri kaydedici

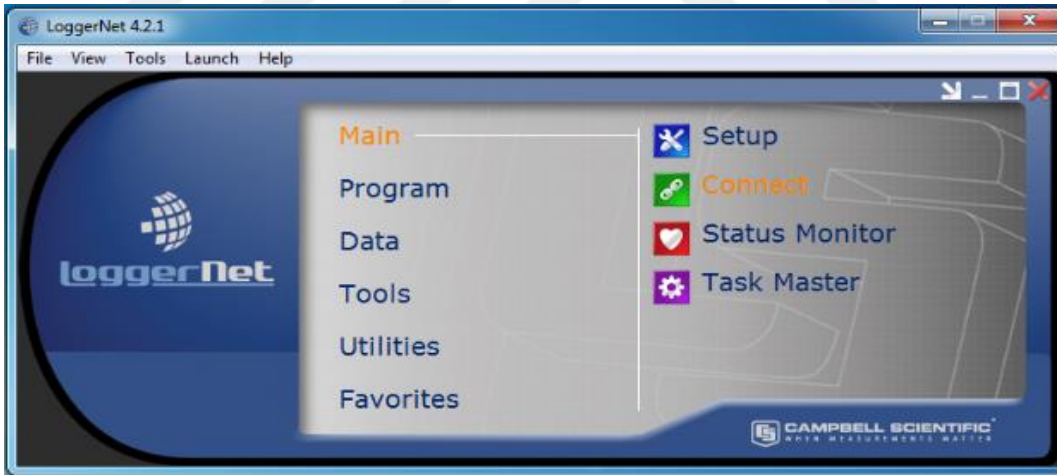
Veri kaydediciden bilgisayar ortamına veri aktarımında ise *loggernet 4.2.1.* yazılımından yararlanılmıştır. Veri aktarımı yardımıyla toplam ışınım, direkt ışınım,

hava sıcaklığı ve hava nemi değerleri saptanmıştır. Yazılım açıldığında ilk olarak Şekil 3.7'deki pencere görünümü ekrana gelmektedir.



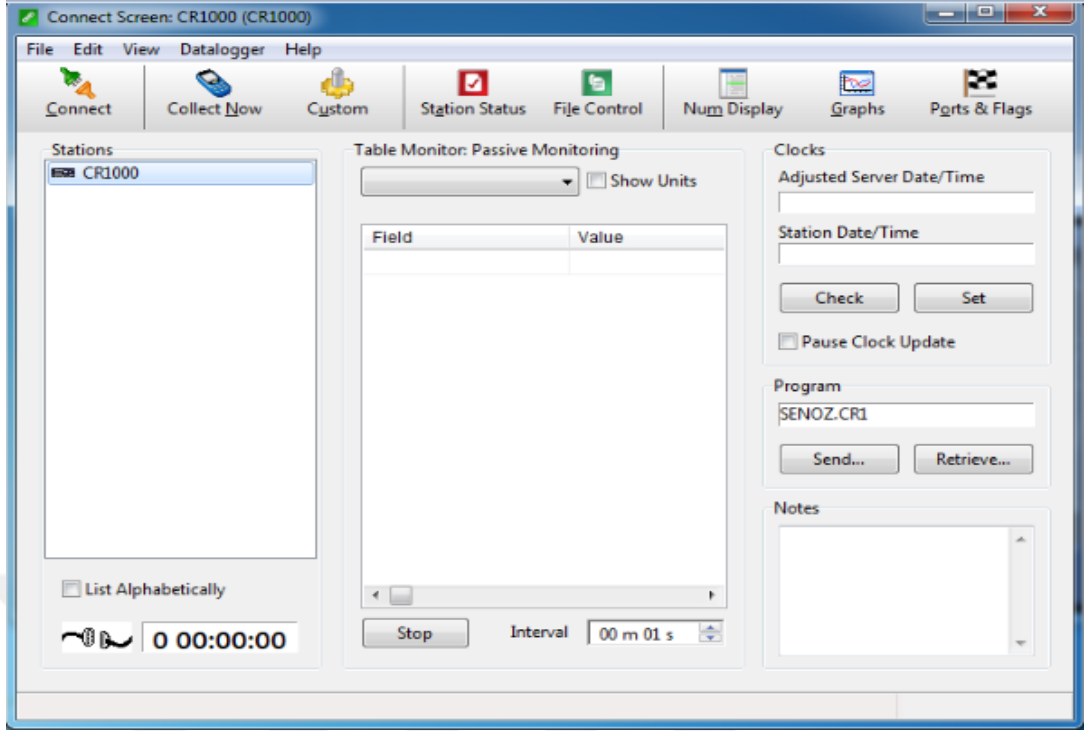
Şekil 3.7. Yazılımın açılış penceresi

Açılan pencerede *Main* özelliği seçildikten sonra *connect* bölümünün seçilmesi gerekmektedir (Şekil 3.8).



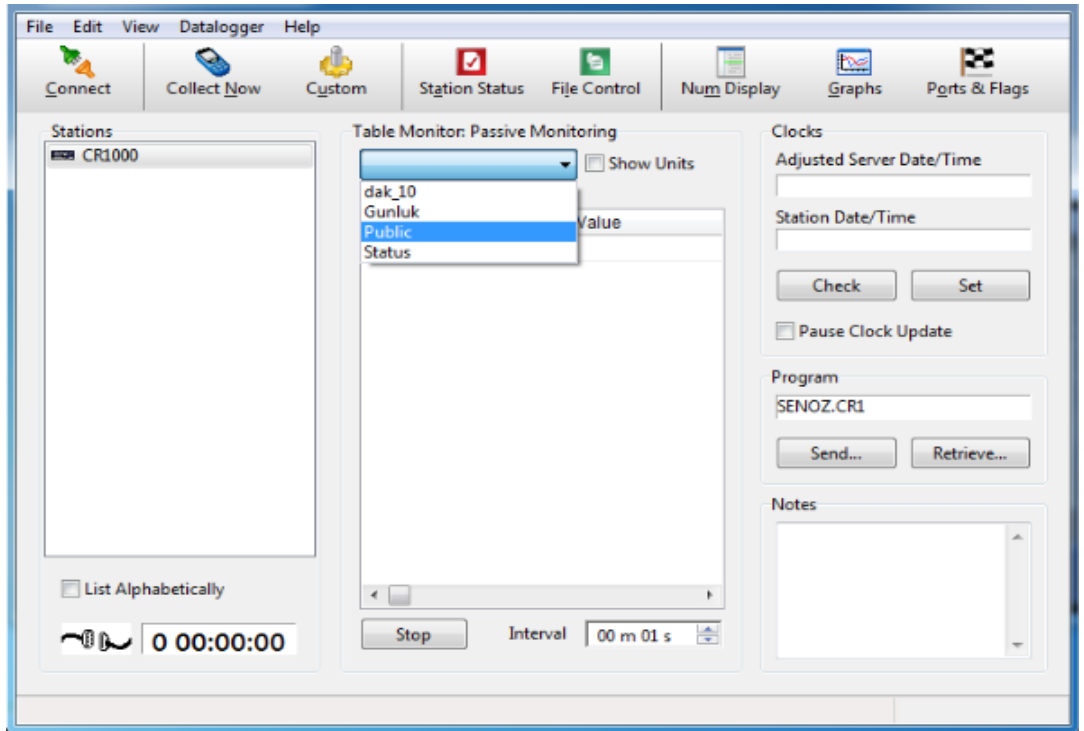
Şekil 3.8. Yazılımın Main menüsü

Yazılımın açılan penceresinde CR1000 seçilmektedir (Şekil 3.9).



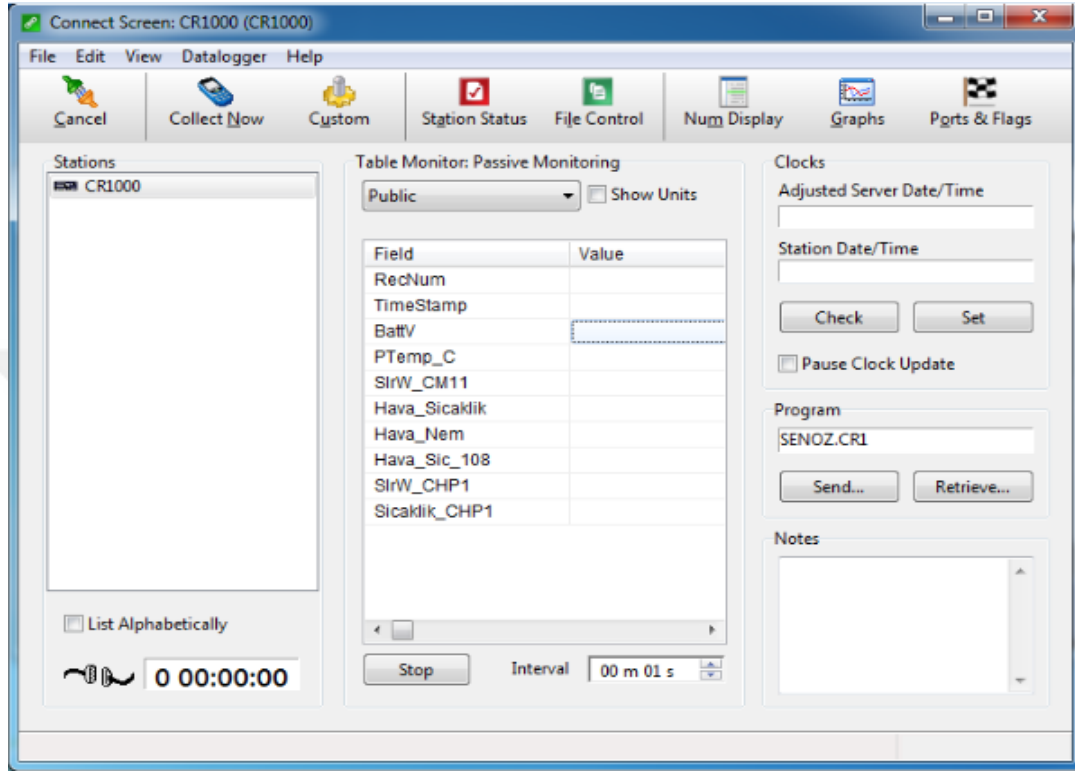
Şekil 3.9. Yazılımın *CR1000* menüsü

Açılan pencerede *public* işaretlenip *connect* butonu seçilmektedir (Şekil 3.10)



Şekil 3.10. Yazılımın *public* sekmesi

Public sekmesi seçildikten sonra istenilen değerlere ulaşılabilmekte ve ölçüm cihazları ile bağlantı kurulabilmektedir (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. Yazılımın *public* menüsü

3.1.2. Fotovoltaik Deney Sistemi

Uygulamada AC çıkışı da olan inverter sistemine sahip, akülü tip ve her biri 100 W anma gücü değerinde 2 farklı tipte güneş paneline sahip bir *fotovoltaik deney sistemi* kullanılmıştır. Sistem Ağustos ve Eylül aylarında çalıştırılarak değişik güneş ışınımlarında denenmiştir. Fotovoltaik deney sisteminde ayrıca aydınlatma panosu ve *elektriksel ölçüm sistemi* de yer almaktadır. Çalışma kapsamında, güneş panelleri ile üretilen elektrik miktarının saptanmasında Voltmetre ve Ampermetrelerden oluşan *elektriksel ölçüm sistemi* kullanılmıştır. Şekil 3.12’de *fotovoltaik deney sistemi* ve *elektriksel ölçüm seti* görülmektedir. *Elektriksel ölçüm sistemi* ile güneş panellerinin ürettiği akım, gerilim ve güç değerleri saptanmıştır. Burada elde edilen veriler periyodik

olarak her saat başı veri kaydedici aracılığıyla bilgisayara aktarılmıştır. Şekil 3.13’de fotovoltaiik deney sistemi ve Şekil 3.14’de elektriksel ölçüm sistemi görölmektedir.



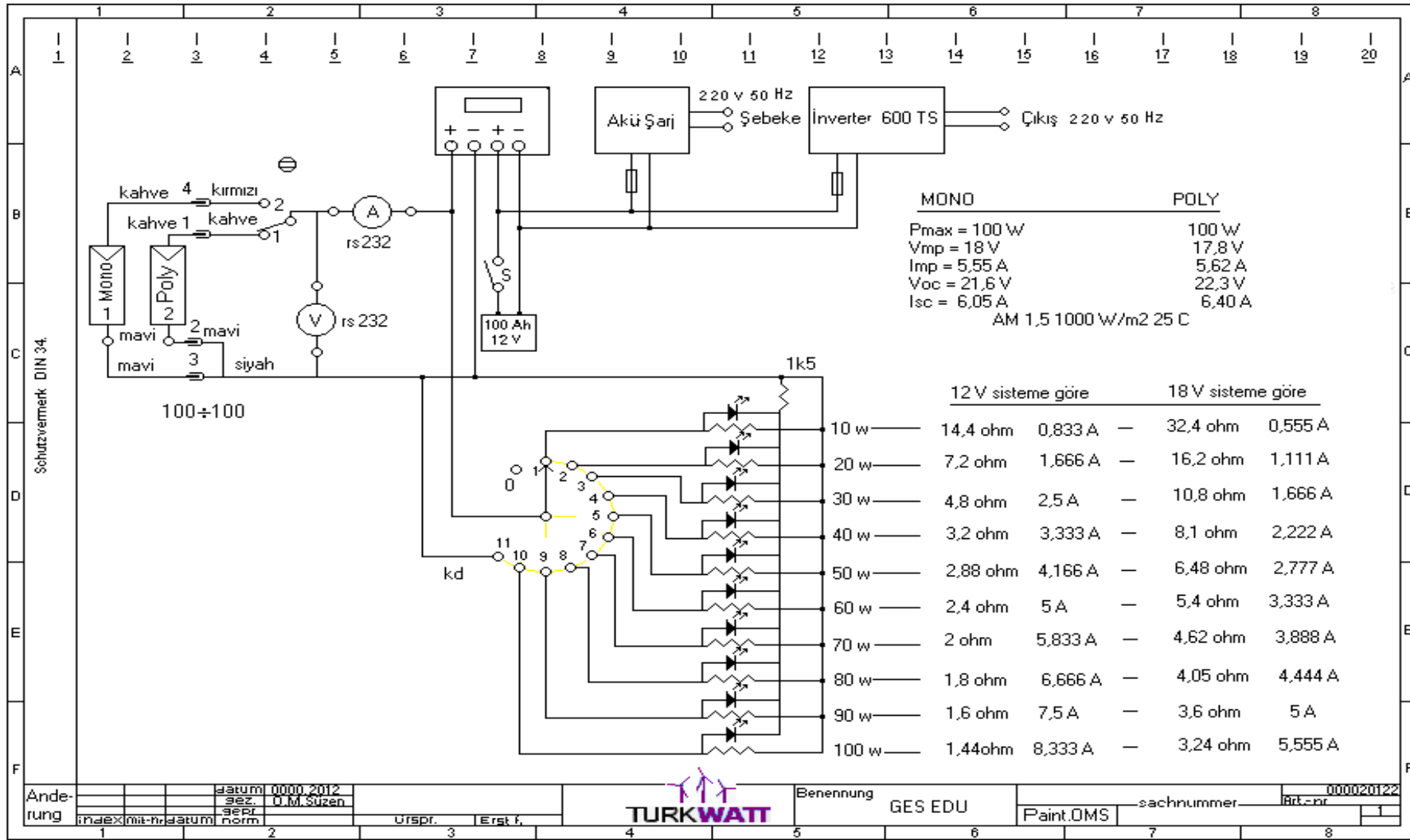
Şekil 3.12. Fotovoltaiik deney sistemi ve elektriksel ölçüm sistemi genel görünüşü



Şekil 3.13. Fotovoltaiik deney sistemi

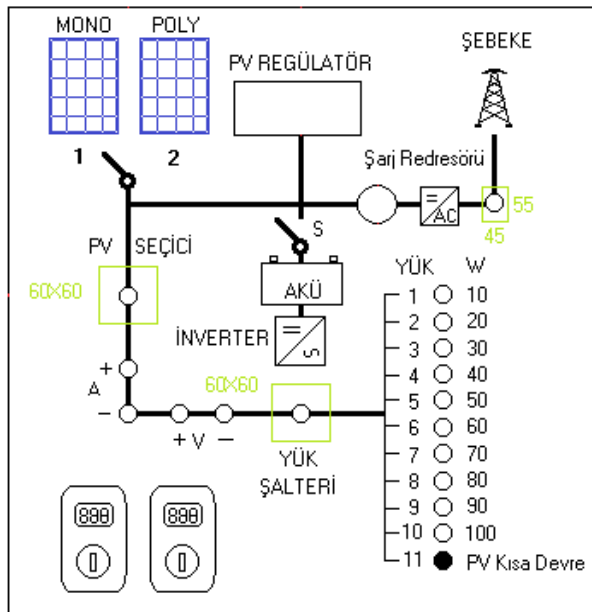


Şekil 3.14. Elektriksel ölçüm sistemi

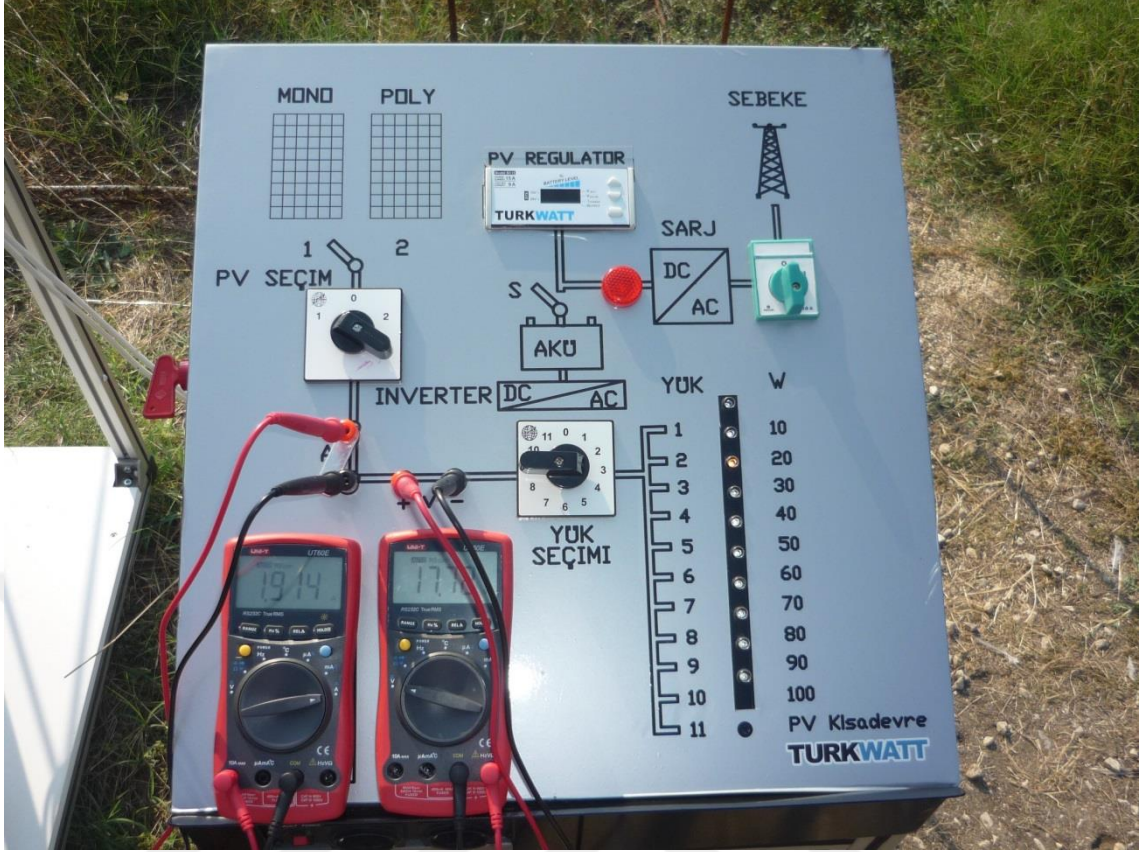


Şekil 3.15. Fotovoltaik deney sisteminin şeması

Fotovoltaik deney sistemi şemasında (Şekil 3.15), 1 ve 2 olmak üzere iki adet şalter bulunmaktadır. 1 numaralı şalter monokristal güneş panelini aktif duruma getirmektedir. 2 numaralı şalter ise polikristal güneş panelini aktif duruma getirmektedir. Sistem tasarımı gereği aynı anda her iki panelin de aktif duruma getirilmesi mümkün değildir. Güneş panelleri aküyü şarj etmede kullanılmakta, şebeke elektriğinden akü şarj edildiğinde ise güneş panellerinden gelen akım inverterden geçirilerek aküyü şarj etmektedir. Güneş panellerinden gelen akım ve gerilim inverterde uygun akım ve gerilime çevrilir ve akünün şarjında kullanılır. Akü gerektiğinde devreye alınabilmekte gerektiğinde devre dışı bırakılabilmektedir. Gerek akü gerekse inverter üzerinden gelen akım aydınlatma elemanlarını çalıştırmaktadır. Sistemde, aynı zamanda direnç özelliği gösteren 10 adet aydınlatma elemanı bulunmaktadır. Her biri 10 W'lık direnç oluşturmaktadır. Oluşturulan yük (direnç) miktarı 11 kademeli anahtarlar ile ayarlanabilmektedir. Böylece sistem 10 W ile 100 W arasında yük ile beslenebilmektedir. Anahtarın 11. kademesi kısa devre olarak tasarlanmıştır. Hangi anahtar kademesinden ne kadar akım-gerilim geçtiği Şekil 3.15'de görülmektedir. Inverter üzerinde gerektiğinde, aküde depolanan doğru akım (DC) 220 V gerilim ve 50 Hz frekansta alternatif akıma (AC) çevrilerek harici bir güç beslenebilmektedir. Elektriksel ölçüm sistemine ait panonun şematik görünüşü ve genel görünüşü Şekil 3.16 ile Şekil 3.17'de verilmiştir.



Şekil 3.16. Elektriksel ölçüm sistemine ait panonun şematik görünüşü



Şekil 3.17. Elektriksel ölçüm sistemine ait panonun genel görünüşü

3.1.2.1. Güneş Panelleri

Uygulamada monokristal ve polikristal olmak üzere iki çeşit güneş paneli kullanılmıştır.

Monokristal Güneş Paneli

Monokristal güneş panelleri verimlilik değerleri diğer güneş panellerine göre daha yüksek olan güneş paneli çeşididir (Turhan ve Çetiner 2012). Monokristal güneş panellerin verimi %15-18' dir. Monokristal güneş panellerinde malzemenin atomik yapısı homojendir. Monokristal güneş panellerinin üretimleri teknik açıdan daha zor olduğundan ve daha çok zaman aldığından dolayı bu tip güneş panellerinin fiyatları da verimlilik değerleri gibi diğer güneş paneli çeşitlerinden daha yüksektir. Ancak uzun süreli kullanımlar için düşünüldüğünde monokristal güneş panelleri dayanıklılık ve verim açısından daha iyi bir seçenektir (Anonim 2014e).

Fotovoltaik deney sisteminde bir adet 100 W anma gücü değerine sahip monokristal güneş paneli kullanılmıştır (Şekil 3.18).



Şekil 3.18. Monokristal güneş paneli

Uygulama denemelerinde kullanılan monokristal güneş panelinin teknik özellikleri Çizelge 3.1’de görülmektedir.

Çizelge 3.1. Monokristal güneş panelinin teknik özellikleri

Model	YLE100
Maksimum güç	100 W
Anma gerilimi	18.0 V
Anma akımı	5.55 A
Açık devre gerilimi	21.6 V
Kısa devre akımı	6.05 A
Maksimum sistem gerilimi	1000 V
Boyutları	980*795*35 mm
Test edilen koşullar	AM 1.5,1000 W/m ² , 25 C°

Polikristal Güneş Paneli

Polikristal güneş panellerinin verimlilik değerleri yaklaşık %11-14 olup, monokristal güneş panellerine göre daha düşüktür (Turhan ve Çetiner 2012). Polikristal güneş panellerinde malzeme birçok monokristalden oluşur ve atomik yapı homojen değildir. Polikristal güneş panellerinin maliyeti, monokristal güneş panellerinden daha düşük olduğu ve verimlilik değerlerinin maliyete oranı yüksek olduğu için bu tip güneş panelleri en sık üretilen güneş panelleridir (Anonim 2014e). Fotovoltaik deney sisteminde bir adet 100 Watt anma gücü değerinde polikristal güneş paneli kullanılmıştır (Şekil 3.19).



Şekil 3.19. Polikristal güneş paneli

Uygulama denemelerinde kullanılan polikristal güneş panelinin teknik özellikleri Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Polikristal güneş panelinin teknik özellikleri

Model	TW45P
Maksimum güç	100 W
Maksimum gerilimi	17.8 V
Anma akımı	5.62 A
Açık devre gerilimi	22.3 V
Kısa devre akımı	6.40 A
Maksimum sistem gerilimi	DC 1000 V
Ağırlık	9.1 kg
Boyutları	679*1017*42 mm
Test edilen koşullar	AM 1.5,1000 W/m ² , 25 C°

3.1.2.2. İnverter

Güç çevirici veya frekans çevirici olarak bilinen inverter, doğru akımı (DC) alternatif akıma (AC) ve alternatif akımı (AC) doğru akıma (DC) çevirmeye yarayan elektriksel bir dönüştürme elemanı olarak tanımlanır. Çıkışta üretilen akım; devrenin yapısına, transformatörlere, elemanlara bağlı olarak farklı gerilim ve frekans değerlerinde olabilir. İnverterlerin başlıca uygulama alanları güç kaynakları, elektrik dağıtım şebekeleri, güneş enerjisi sistemleri olarak sıralanabilir. Güneş panellerinden, rüzgar türbinlerinden veya bataryalardan sağlanan DC akım kontrollü bir şekilde AC akıma inverterler sayesinde dönüştürülür. 220 Volt AC çıkış veren inverterler, kare dalga inverter, sinüs benzeşimli inverter ve tam sinüs inverter olmak üzere üç çeşittir (Anonim 2014f).

Çalışmada Şekil 3.20’de görülen 600 W tam sinüs inverter kullanılmıştır.



Şekil 3.20. Tam sinüs inverter

Çalışmada kullanılan tam sinüs inverterin teknik özellikleri Çizelge 3.3’deki gibidir.

Çizelge 3.3. Tam sinüs inverterin teknik özellikleri

Model	PSOFG600
Güç	600 W
Demeraj Gücü	1200 W
Giriş Gerilimi	12 V
Çıkış Gerilimi	220/230 V
Verim	86%
Frekans	50/60 Hz
Çıkış Dalga Şekli	Tam Sinüs
Sertifikalar	TUV/CE
Çalışma Sıcaklığı	-10°C +50°C

3.1.2.3. Multimetreler

Dijital veya sayısal multimetreler; direnç, akım ve gerilim gibi büyüklüklerin yanında bazı elektronik devre elemanlarının değerlerinin ölçümünü tek bir bütünleşik ölçüm aletinde birleştirmiş ve ölçüm sonucunu ise sayısal olarak değerlendiren ve genellikle likit kristal bir ekranda gösteren cihazlardır. Multimetrenin hangi büyüklüğü ölçeceği, mod seçicisinin getireceği konum ile belirlenir. Doğru akım gerilimi, direnç ve akım ölçümlerinin yanında kondansatör, diyot, sıcaklık, alternatif gerilim ve mili Volt kademeleri de mevcuttur. Ölçümü yapabilmek için cihazın ölçüm ucu yani Com ve pozitif probun elemana temas ettirilmek yoluyla kullanılır (Anonim 2014g).

Uygulama denemelerinde iki adet multimetre kullanılmıştır (Şekil 3.21). Birinci multimetre ile devrenin akımı, ikinci multimetre ile devrenin gerilimi ölçülmüştür. Devrenin akımını ölçen multimetre devreye seri bağlanmıştır. Multimetre alternatif akımı ve doğru akımı kendisi seçmiştir.

Devrenin gerilimini ölçmek için, öncelikle multimetre mod seçicisi, DC akım V simgesi üzerine getirilmiştir. Burada önemli olan kısım; kırmızı renkli pozitif probun, kaynağın (+) ucuna, siyah renkli Com probun ise negatif (-) ucuna dokundurulmasıdır. Aksi halde voltajı negatif olarak gösterecektir (Anonim 2014g).



Şekil 3.21. Multimetreler

3.1.2.4. Akümülatör

Elektrik enerjisini kimyasal enerji olarak depolayan ve ihtiyaç halinde bunu elektrik enerjisi olarak veren cihaza akümülatör denir (Anonim 2014h). Çalışmada bir adet jel tipi akümülatör kullanılmıştır (Şekil 3.22).



Şekil 3.22. Jel tipi akümülatör

Uygulama denemelerinde kullanılan jel tipi akümülatörün teknik özellikleri Çizelge 3.4’de verilmiştir.

Çizelge 3.4. Jel tipi akümülatörün teknik özellikleri

Anma gerilimi (V)	12
Nominal kapasite (Ah/20 Saat)	100
Soğukta marş akımı CCA(AEN)	550
Deşarj akım değeri (I20 ye göre) (Amper)	5.00
Yaklaşık ağırlık (kg)	31
25 derecede iç direnç (miliohm)	7,1
Kısa devre akımı (Amper)	2235
Ölçüler (mm) uzunluk*genişlik*yükseklik	350*175*235*
Kutupbaşı tipi	0
Pervaz tipi	B01
Kutupbaşı konumu	0

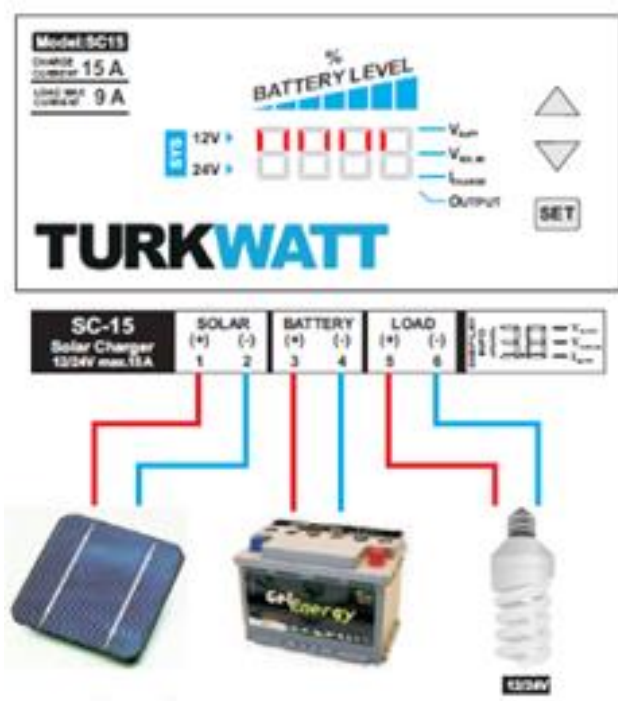
Jel bataryalar güneş enerjisinin depolanması bakımından en yüksek verim değerine sahip akümülatörlerdir. Diğer akümülatörlere göre daha uzun ömürlüdürler. Paslanmaya karşı dirençli ve şarj ömrü en uzun seviyede olan jel bataryalar tam dolu olmadan da sonuna kadar deşarj sağlayabilmektedir (Anonim 2014i). Jel aküler yenilenebilir enerji sektöründe çoğunlukla kullanılan tip akümülatörlerdendir. Piyasada kolay bulunabilmesi de önemli avantajlarından (Anonim 2014j).

Jel akülerin avantajları genel olarak aşağıdaki gibi sıralanabilir:

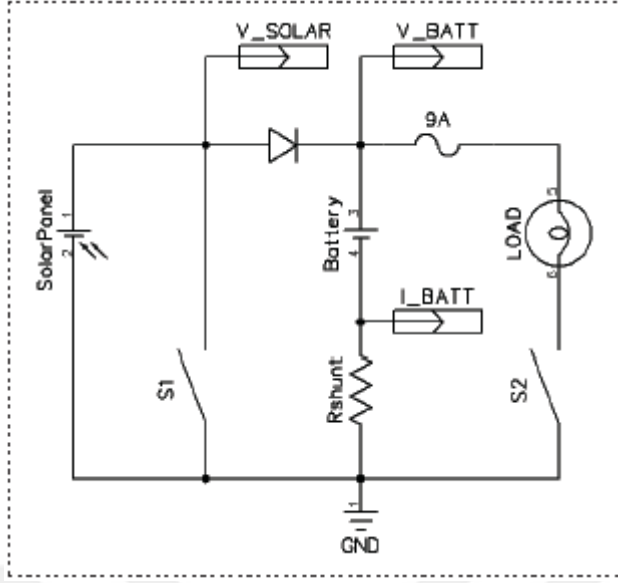
- ✓ Jel akü hemen şarj edilmese bile, derin deşarjdan tamamen geri döndürülebilir. Günlük çevrimsel kullanım için idealdir.
- ✓ Uzun deşarjlarda mükemmel performans gösterirler.
- ✓ Yüksek sıcaklık uygulamalarına toleranslıdır.
- ✓ Pozitif plakaları koruyan ve çevrimsel ömrü uzatan bir tasarıma sahiptir.
- ✓ Jel akülerde çevrimsel ömrü uzatan ve ızgaralarda paslanmayı önleyen daha kalın plakalar mevcuttur.
- ✓ Düşük iç dirençten dolayı performansı yüksektir.

3.1.2.5. Regülatör

Şebeke gerilimindeki yükselme, düşme ve tüm dengesizlikleri önleyip, gerilim regülasyonu yapan cihazlara regülatör denir. Frekans, hız, güç, basınç, gerilim ve akım gibi fiziksel büyüklükleri, belli ölçüde sabit tutabilen ve bu unsurları değiştirerek tekrar sabit tutabilen cihazdır. Enerjinin farklı faktörlerden dolayı düşmesi ya da yükselmesi için yapılmakta olan elektrik cihazlarıdır. Bu cihazlar elektrik enerjisini içerisindeki donanımsal parçalar ile enerjiyi düşürür veya yükseltir. Bu enerjiyi düşürme veya yükseltme işlemleri, içerisindeki elektronik devre ile yapılmaktadır (Anonim 2014k). Çalışmada kullanılan regülatör Şekil 3.23’de, regülatör devresi ise Şekil 3.24’de verilmiştir.



Şekil 3.23. Regülatör



Şekil 3.24. Regülatör devresi

Uygulama denemelerinde kullanılan regülatörün genel özellikleri aşağıda verilmiştir:

- ✓ 12V/24V çalışma gösterir (Otomatik seçilir).
- ✓ Maksimum 15A şarj, 9A yük akımı sağlar.
- ✓ Akü voltajını, solar panel voltajını ve şarj akımını gösterir.
- ✓ Gece olduğunda otomatik çıkış verme özelliğini gösterir.
- ✓ Yük kısa devre koruma sağlar.

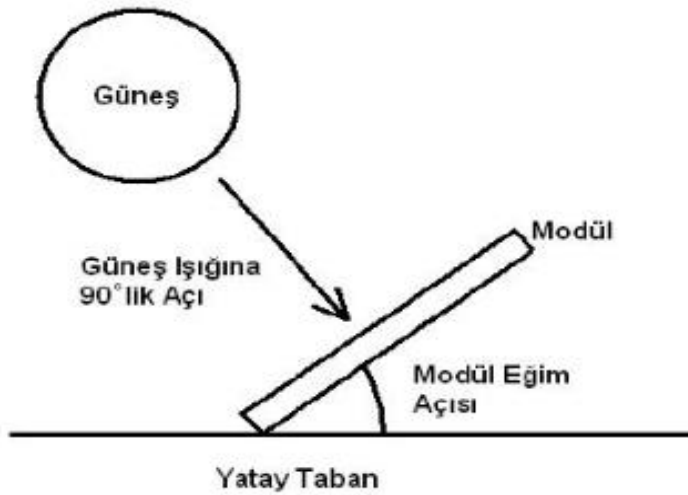
Uygulama denemelerinde kullanılan regülatörün teknik özellikleri ise Çizelge 3.5’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.5. Çalışmada kullanılan regülatörün teknik özellikleri

Minimum çalışma voltajı	8.0 Vdc	
Maksimum çalışma voltajı	40.0 Vdc	
Çalışma sıcaklığı aralığı	-20 C°+70 C°	
Akü boş voltaj değeri	11.5 Vdc	23.0 Vdc
Akü dolu voltaj değeri	13.4 Vdc	26.8 Vdc
Maksimum akü şarj voltajı	15.0 Vdc	30.0 Vdc
Solar panel karanlık voltajı	6.0 Vdc	12.0 Vdc
Akü yük kesme gerilimi	10.0 Vdc	20.0 Vdc
Gece/Gündüz algılama süresi	15s	
Maksimum şarj akımı	15A	
Maksimum yük akımı	9A	

3.2. Yöntem

Kullanılan sistemde güneş panellerinden en verimli şekilde elektrik enerjisi elde edebilmek için, paneller güneş ışığına dik gelecek şekilde uygulanmalıdır. Çalışmada kullanılan güneş panellerinin eğim açısı değiştirilebilmekte ve böylece yüzeye gelen güneş ışınımı da değişmektedir (Şekil 3.25). Panelin (modülün) yatay tabanla yaptığı açı panel (modül) eğim açısı olup “ α ” olarak gösterilmiştir (Özgöçmen 2007).



Şekil 3.25. Panel (modül) eğim açısı (Özgöçmen 2007)

Panelin bulunduğu enlem ve yüzey ile yaptığı eğim açısı güneş panelinden elde edilebilecek enerji miktarını etkilemektedir. Türkiye’de PV panellerin yaz ve kış ortalamasına göre optimum yerleştirme açısı 30°’dir (Turhan ve Çetiner 2012). Çalışma kapsamında Şekil 3.26’da görüldüğü gibi güneş panelleri güney yönüne göre ve 30°’lik açı ile konumlandırılmışlardır.



Şekil 3.26.30°’lik açı ile uygulanan ve güney yönüne bakan güneş panelleri

Atmosfer dışındaki güneş ışınlarına dik birim alana bir anda gelen güneş ışınımının değeri Dünya-Güneş mesafesi değiştiğinden sabit değildir. Bunun için ortalama Dünya-Güneş uzaklığındaki güneş ışınımı değerinin kullanılması hesaplamalarda kolaylık sağlar. Bu değere güneş sabiti denir. Bu değer yapılan ölçümler ve hesaplamalar sonucunda %1 hata ile 1367 W/m² olarak kabul edilmiştir (Bard ve ark. 2000).

Herhangi bir yüzeye gelen toplam ışınım, doğrudan ve yaygın ışınımın toplamıdır (Öztürk 2008b).

$$G_{on} = G_d + G_y \quad (1)$$

- G_{on} : Toplam ışınım
 G_d : Doğrudan ışınım
 G_y : Yaygın ışınım

Dünya - Güneş arasındaki mesafenin değişkenliği nedeniyle dünya dışına gelen güneş ışınımı değeri de \pm % 3 aralığında değişir. Atmosfer dışında, yatay düzlemin birim alanına gelen anlık toplam güneş ışınımı (G_{on}) değeri aşağıdaki eşitlikle hesaplanabilir. Bu eşitlikte G_{sc} güneş sabitini ve n yıl içindeki gün sayısını (1-365) ifade etmektedir (Duffie ve Beckman 1980; Öztürk 2008b).

$$G_{on} = G_{sc} \left(1 + 0,033 \cdot \cos \left(360 \cdot \frac{n}{365} \right) \right) \quad (2)$$

Yeryüzüne gelen güneş ışınımı, atmosfer dışına gelen güneş ışınımı miktarına dayanılarak bulunur. Güneş sabitinin günlere göre düzeltme faktörü (f), n yıl içindeki gün sayısı (1-365) olmak üzere aşağıdaki şekilde tanımlanır (Oğulata ve Oğulata 2002):

$$f = 1 + 0,033 \cdot \cos \left(360 \cdot \frac{n}{365} \right) \quad (3)$$

Buna göre atmosfer dışında yatay yüzeye bir gün boyunca gelen güneş ışınımı (H_o) aşağıdaki eşitlikle hesaplanabilir (Duffie ve Beckman 1980; Tırıs ve Kadırgan 1997):

$$H_o = \frac{24 \cdot 3600 \cdot G_{sc}}{\pi} \left(1 + 0,033 \cdot \cos \frac{360 \cdot n}{365} \right) \left(\cos \phi \cdot \cos \delta \cdot \sin \omega_s + \frac{\pi \cdot \omega_s}{180} \cdot \sin \phi \cdot \sin \delta \right) \quad (4)$$

- G_{sc} : 1367 W/m²
 ω_s : Güneş batış saat açısı ($\cos \omega_s = -\tan \theta \cdot \tan \delta$ 'dan bulunabilir)
 θ : Hesaplama yapılan yerin enlem derecesi
 δ : Deklinasyon açısı

Güneş ışınları ile dünya arasındaki açısal ilişkiler bakımından en önemli açı olan deklinasyon açısı; Dünya-Güneş doğrultusunun, yerin ekvator düzlemi ile yaptığı açıdır. Saat 12’de güneş ışını ile ekvator düzlemi arasındaki açı olarak da tanımlanır. Dünyanın kendi eksenini ile yörünge düzleminin normali arasındaki 23°45’lik açı nedeniyle meydana gelir. Dünya güneş doğrultusu ekvator düzleminin kuzey tarafında ise deklinasyon açısı pozitif kabul edilir. Deklinasyon açısının (δ) yaklaşık değeri Cooper Eşitliği ile hesaplanabilir (Strebkov ve ark. 2008). Eşitlikte n, yılın gün sayısıdır.

$$\delta = 23,45 \cdot \sin\left(360 \cdot \frac{n + 284}{365}\right) \quad (5)$$

Çalışma kapsamında 1, 2, 3, 4 ve 5 numaralı denklemler ile elde edilen veriler ve ölçüm cihazları ile elde edilen veriler karşılaştırılmış ve hata payı minimize edilmiştir.

Verimlilik; güneş pilinin, güneşten gelen ışınımın oransal olarak ne kadarını yararlı enerjiye dönüştürebildiğinin bir ifadesidir. Çalışmada; meteorolojik veriler, 1 no.lu eşitlikte yatay düzlemin birim alanına gelen anlık toplam güneş ışınımı verileri (G_{on}) ve *Piranometre* ile ölçülen güneş ışınımı verileri dikkate alınarak güneş piline ulaşan ışınım değerleri belirlenir. Belirlenen bu değerler, birim yüzey alanına birim zamanda ulaşan ışınım olarak ele alınacak ve güç (P_G) W/m^2 olarak ortaya konulur. Güneş pilleri tarafından üretilen ve veri ölçüm sistemleri yardımıyla ölçülen güç değerleri de dikkate alındığında, güneş pillerinin verimleri aşağıdaki eşitlik yardımıyla saptanabilir (Patel 1999) :

$$\eta = \frac{P_W}{P_G * YA} \quad (6)$$

)

η : Güneş pilinin verimi (%)

P_G : Güneş piline ulaşan ışınımın güç değeri (W/m^2)

P_W : Veri ölçüm sistemi ile ölçülen (yani güneş pili tarafından üretilen) güç değeri (W/m^2)

YA : Güneş panelinin yüzey alanı (m^2)

Fotovoltaik deney sisteminin bir parçası olan elektriksel ölçüm sistemi yardımıyla elde edilen veriler ve güneş ışıını ölçüm sisteminden elde edilen veriler *Microsoft Excel* programı aracılığı ile grafiklere dönüştürülmüştür. Grafikler “toplam güneş ışıını değerlerinin” değerlendirilebilmesi amacıyla *toplam güneş ışıını – zaman* grafiğine, “direkt güneş ışıını değerlerinin” değerlendirilebilmesi amacıyla *direkt güneş ışıını – zaman* grafiğine, “monokristal ve polikristal güneş panellerinin zamana bağı güç değerlerinin” değerlendirilebilmesi amacıyla *güç – zaman* grafiğine, monokristal ve polikristal güneş panellerinin toplam ışıınıma bağı güç değerlerinin değerlendirilebilmesi amacıyla da *güç – toplam güneş ışıını* grafiğine dönüştürülmüştür.

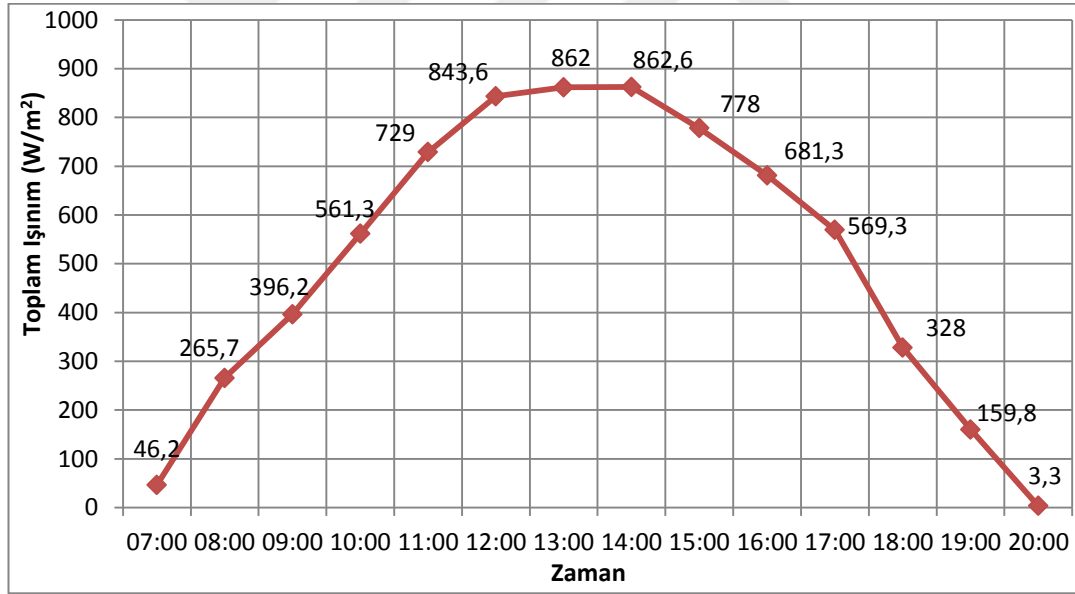
Oluşturulan grafikler yine *Microsoft Excel* programı yardımıyla istatistiksel olarak da analiz edilmiştir. Bu çerçevede regresyon analizi yapılmış ve grafiklerin yatay ve düşey eksenlerinde yer verilen değerler arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Böylece *toplam güneş ışıını - zaman*, *direkt güneş ışıını - zaman*, *güç - zaman* ve *güç - toplam güneş ışıını* arasındaki regresyon denklemleri ve regresyon katsayıları saptanmıştır.

4. BULGULAR

Bu çalışma kapsamında toplam güneş ışınımı değerleri, direkt güneş ışınımı değerleri, 100 W anma gücüne sahip monokristal ve polikristal güneş panellerinin zamana bağlı olarak üretebildikleri güç değerleri ve 100 W anma gücüne sahip monokristal ve polikristal güneş panellerinin farklı yükler altında toplam güneş ışınımına bağlı olarak üretebildikleri güç değerleri saptanmıştır. Çalışma 15.08.2014 ile 02.09.2014 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir.

4.1. Toplam güneş ışınımı değerlerine ilişkin sonuçlar

Materyal bölümünde teknik özellikleri verilen piranometre ile yapılan ölçümlerin sonucunda elde edilen toplam güneş ışınımı değerleri Şekil 4.1 - Şekil 4.12'de verilmiştir.

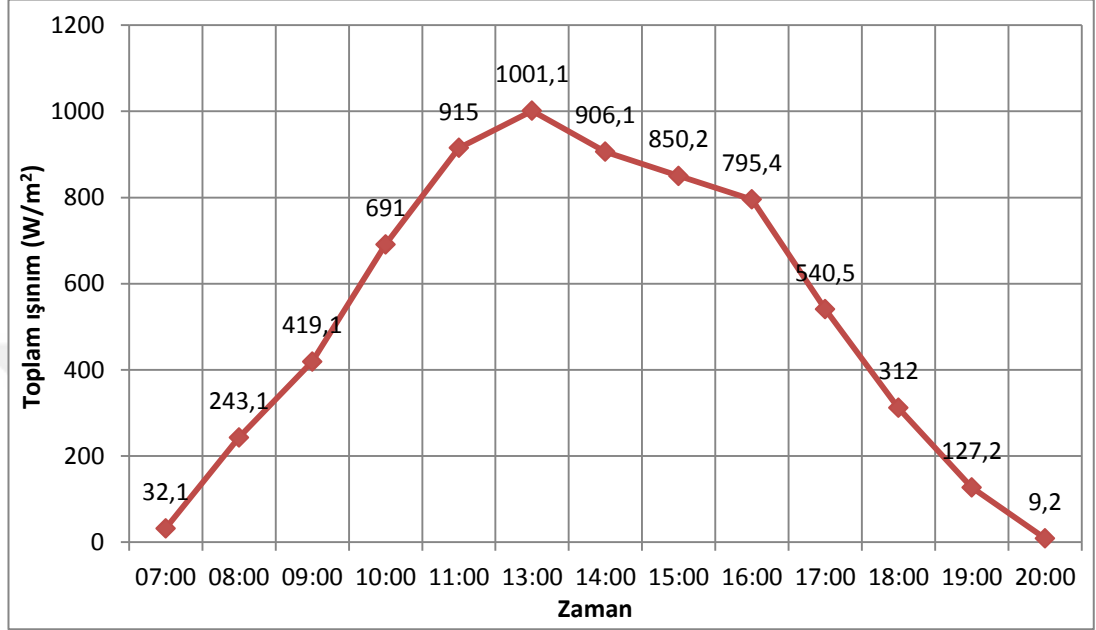


Şekil 4.1. 15.08.2014 tarihindeki zamana bağlı toplam güneş ışınımı

Şekil 4.1.'de 15.08.2014 tarihinde 07:00 ile 20:00 saatleri arasında yapılan deneme sonuçları verilmiştir. Toplam ışınım değerlerine göre en yüksek güneş ışınımı saat 14:00'da gözlemlenmiş ve 862,6 W/m² olarak ölçülmüştür. İstatistiksel olarak toplam güneş ışınımı değerleri ikinci dereceden polinom dağılımı göstermektedir. Şekil

4.1'deki ilişki incelendiğinde r^2 değerinin 0,9834 olduğu saptanmıştır. Regresyon denklemi ise aşağıda verilmiştir.

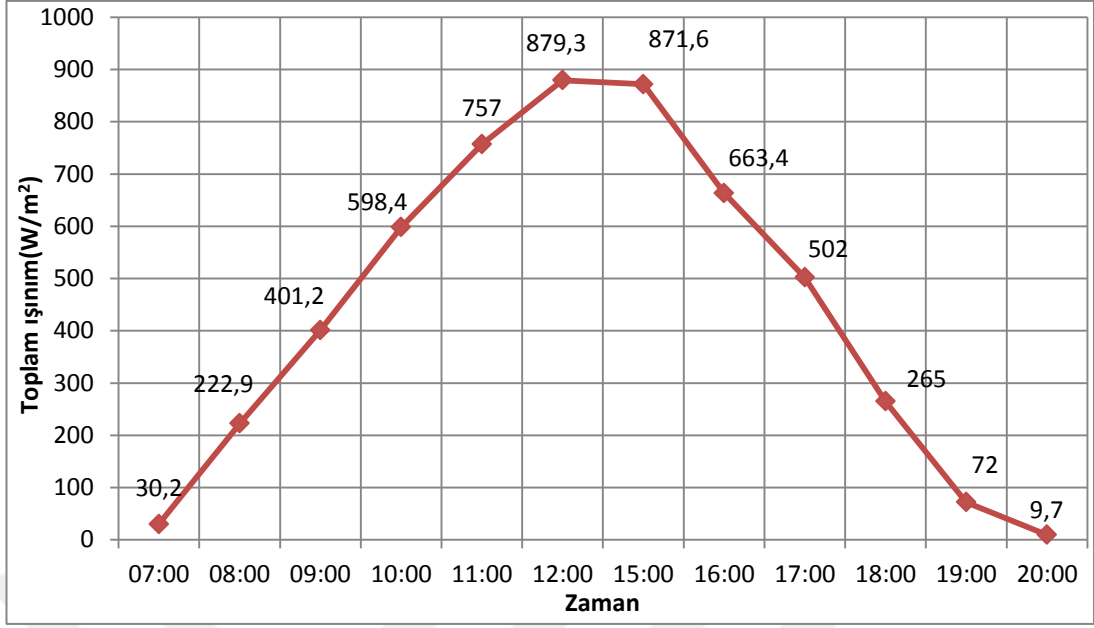
$$y = -20,186x^2 + 296,82x - 256,51$$



Şekil 4.2. 19.08.2014 tarihindeki zamana bağlı toplam güneş ışınımı

Şekil 4.2'de 19.08.2014 tarihinde 07:00 ile 20:00 saatleri arasında yapılan deneme sonuçları verilmiştir. Saat 12:00 ölçümü bulutluluk sebebiyle ihmal edilmiştir. Toplam ışınım değerlerine göre en yüksek güneş ışınımı saat 13:00'da gözlemlenmiş ve 1001,1 W/m² olarak ölçülmüştür. İstatistiksel olarak toplam güneş ışınımı değerleri üçüncü dereceden polinom dağılımı göstermektedir. Şekil 4.2'deki ilişki incelendiğinde r^2 değerinin 0,9591 olduğu saptanmıştır. Regresyon denklemi ise aşağıda verilmiştir.

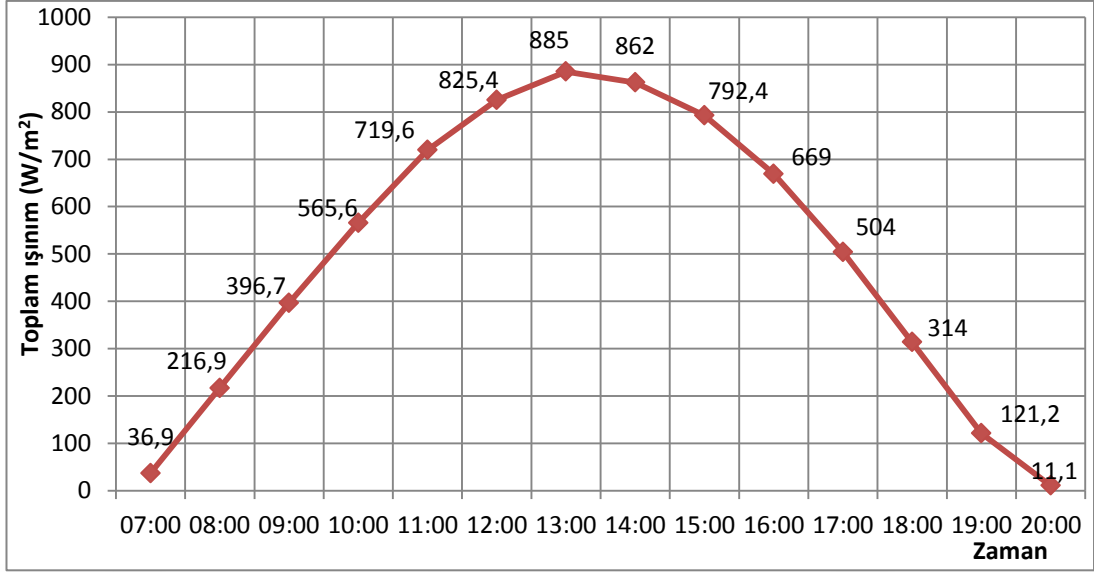
$$y = 0,8845x^3 - 45,332x^2 + 471,6x - 482,4$$



Şekil 4.3. 20.08.2014 tarihindeki zamana bağılı toplam güneş ışıınıımı

Şekil 4.3'de 20.08.2014 tarihinde 07:00 ile 20:00 saatleri arasında yapılan deneme sonuçları verilmiştir. Saat 13:00 ve 14:00 ölçümleri bulutluluk sebebiyle ihmal edilmiştir. Toplam ışıınıım değerlerine göre en yüksek güneş ışıınıımı saat 12:00'da gözlemlenmiş ve 879,3 W/m² olarak ölçülmüştür. İstatistiksel olarak toplam güneş ışıınıımı değerleri ikinci dereceden polinom dağılımı göstermektedir. Şekil 4.3'deki ilişki incelendiğinde r² değerinin 0,9268 olduğu saptanmıştır. Regresyon denklemi ise aşığıda verilmiştir.

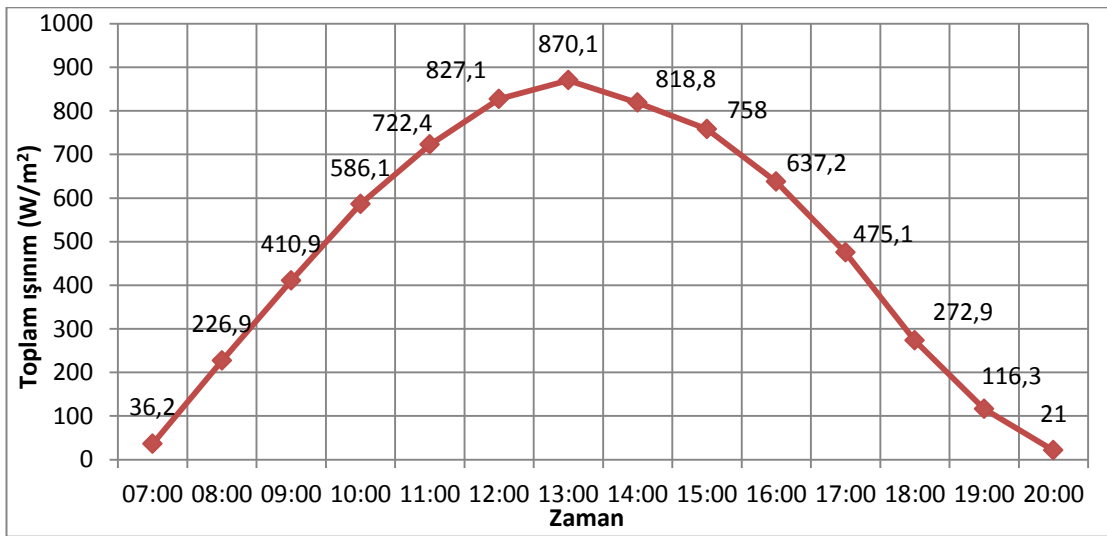
$$y = -27,709x^2 + 348,65x - 325,94$$



Şekil 4.4. 21.08.2014 tarihindeki zamana bağı toplam güneş ışıını

Şekil 4.4'de 21.08.2014 tarihinde 07:00 ile 20:00 saatleri arasında yapılan deneme sonuçları verilmiştir. Toplam ışıınım değerlerine göre en yüksek güneş ışıını saat 13:00'da gözlemlenmiş ve 885 W/m² olarak llmştr. İstatistiksel olarak toplam güneş ışıını değerleri ikinci dereceden polinom dağılımı göstermektedir. Şekil 4.4'deki ilişki incelendiğinde r^2 değerinin 0,9762 olduğu saptanmıştır. Regresyon denklemi ise aşağıda verilmiştir.

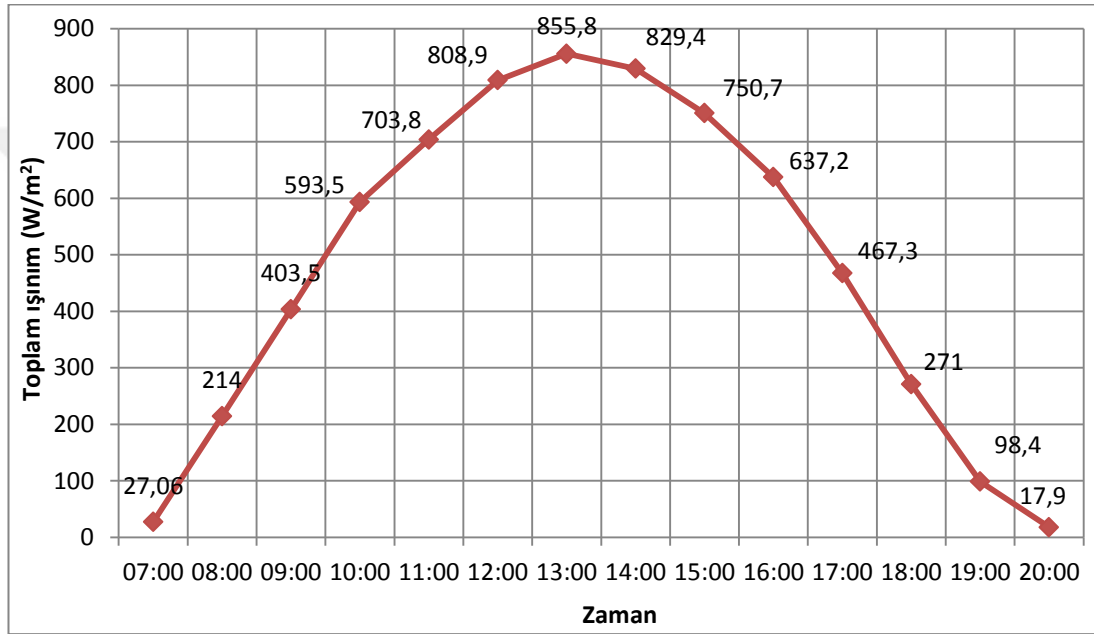
$$y = -20,584x^2 + 302,31x - 280,66$$



Şekil 4.5. 22.08.2014 tarihindeki zamana bağı toplam güneş ışıını

Şekil 4.5’de 22.08.2014 tarihinde 07:00 ile 20:00 saatleri arasında yapılan deneme sonuçları verilmiştir. Toplam ışınım değerlerine göre en yüksek güneş ışınımı saat 13:00’da gözlemlenmiş ve 870,1 W/m² olarak ölçülmüştür. İstatistiksel olarak toplam güneş ışınımı değerleri ikinci dereceden polinom dağılımı göstermektedir. Şekil 4.5’deki ilişki incelendiğinde r² değerinin 0,9703 olduğu saptanmıştır. Regresyon denklemi ise aşağıda verilmiştir.

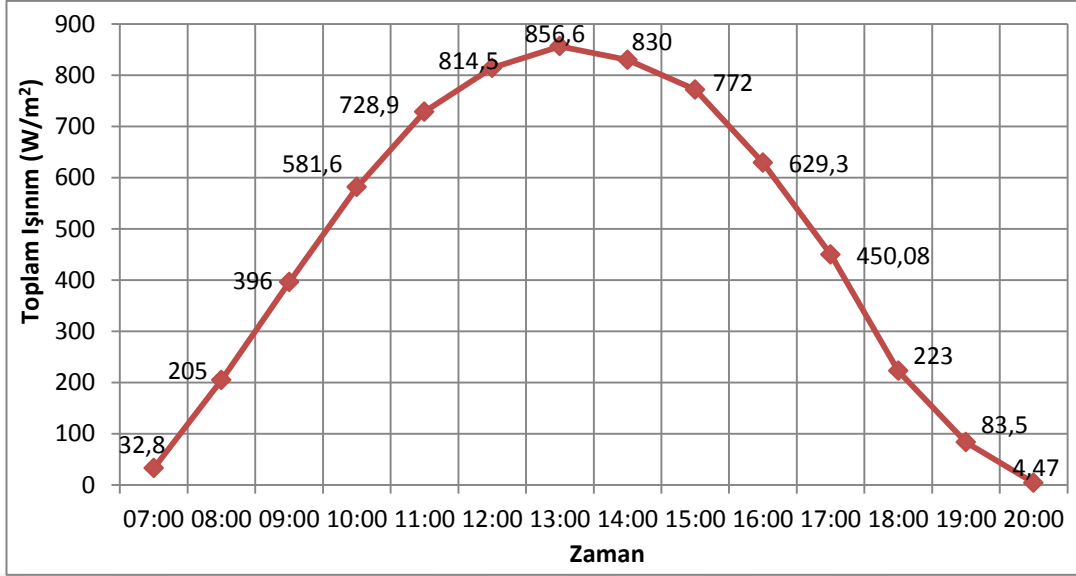
$$y = -19,927x^2 + 289,85x - 244,99$$



Şekil 4.6. 23.08.2014 tarihindeki zamana bağlı toplam güneş ışınımı

Şekil 4.6’da 23.08.2014 tarihinde 07:00 ile 20:00 saatleri arasında yapılan deneme sonuçları verilmiştir. Toplam ışınım değerlerine göre en yüksek güneş ışınımı saat 13:00’da gözlemlenmiş ve 855,8 W/m² olarak ölçülmüştür. İstatistiksel olarak toplam güneş ışınımı değerleri ikinci dereceden polinom dağılımı göstermektedir. Şekil 4.6’daki ilişki incelendiğinde r² değerinin 0,9705 olduğu saptanmıştır. Regresyon denklemi ise aşağıda verilmiştir.

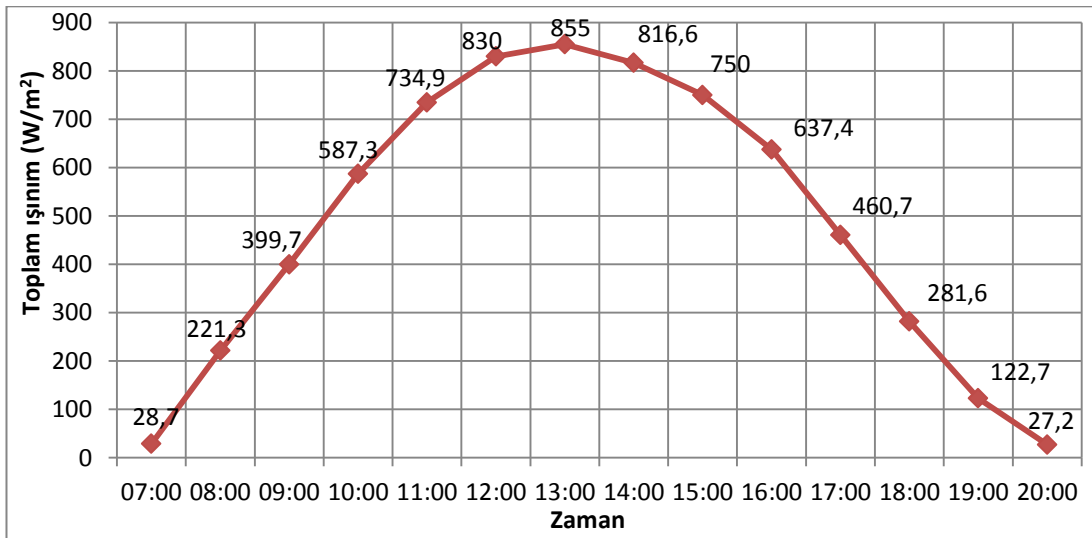
$$y = -19,99x^2 + 291,05x - 256,61$$



Şekil 4.7. 24.08.2014 tarihindeki zamana bağlı toplam güneş ışınımı

Şekil 4.7’de 24.08.2014 tarihinde 07:00 ile 20:00 saatleri arasında yapılan deneme sonuçları verilmiştir. Toplam ışınım değerlerine göre en yüksek güneş ışınımı saat 13:00’da gözlemlenmiş ve 856,6 W/m² olarak ölçülmüştür. İstatistiksel olarak toplam güneş ışınımı değerleri ikinci dereceden polinom dağılımı göstermektedir. Şekil 4.7’deki ilişki incelendiğinde r^2 değerinin 0,9613 olduğu saptanmıştır. Regresyon denklemi ise aşağıda verilmiştir.

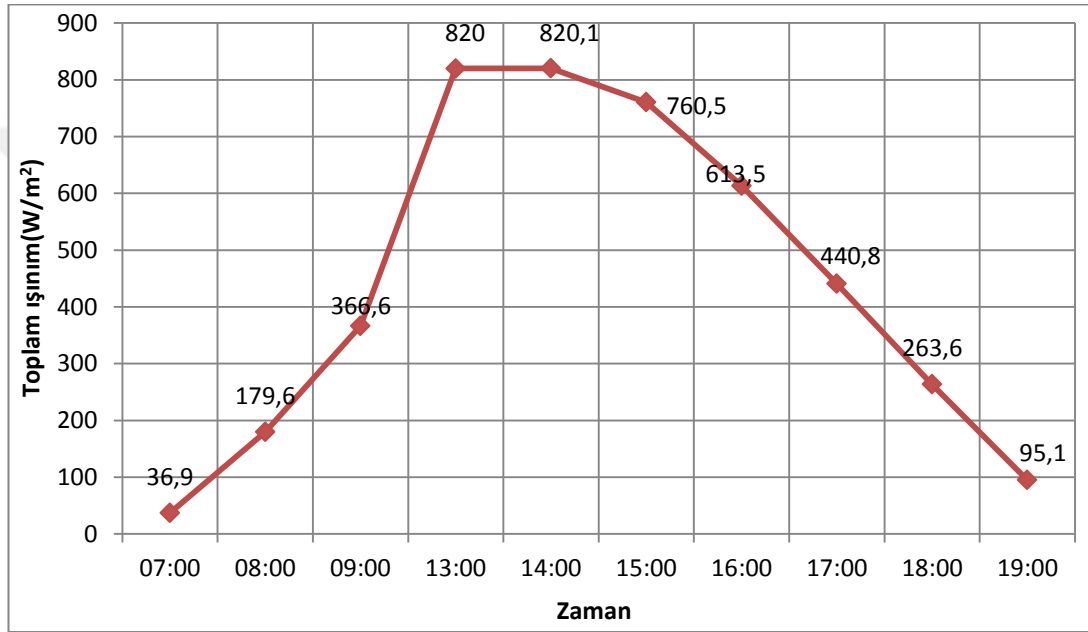
$$y = -20,406x^2 + 295,46x - 264,55$$



Şekil 4.8. 25.08.2014 tarihindeki zamana bağlı toplam güneş ışınımı

Şekil 4.8’de 25.08.2014 tarihinde 07:00 ile 20:00 saatleri arasında yapılan deneme sonuçları verilmiştir. Toplam ışınım değerlerine göre en yüksek güneş ışınımı saat 13:00’da gözlemlenmiş ve 855 W/m² olarak ölçülmüştür. İstatistiksel olarak toplam güneş ışınımı değerleri ikinci dereceden polinom dağılımı göstermektedir. Şekil 4.8’deki ilişki incelendiğinde r² değerinin 0,969 olduğu saptanmıştır. Regresyon denklemi ise aşağıda verilmiştir.

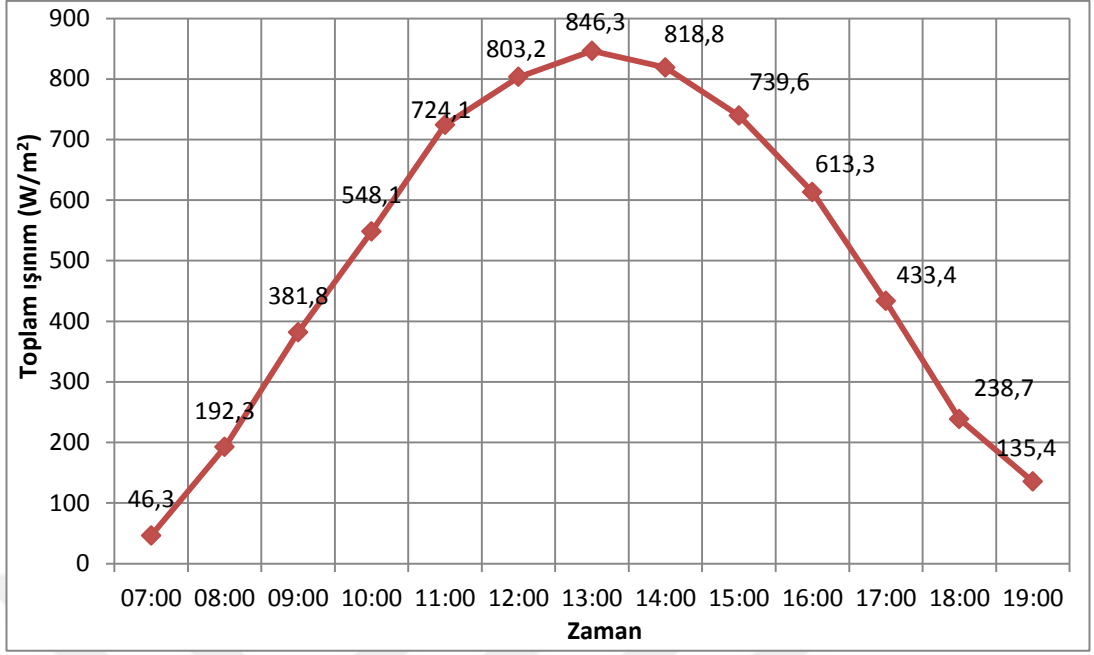
$$y = -19,844x^2 + 289,27x - 248,45$$



Şekil 4.9. 27.08.2014 tarihindeki zamana bağlı toplam güneş ışınımı

Şekil 4.9’da 27.08.2014 tarihinde 07:00 ile 20:00 saatleri arasında yapılan deneme sonuçları verilmiştir. Saat 10:00, 11:00 ve 12:00 ölçümleri bulutluluk sebebiyle ihmal edilmiştir. Toplam ışınım değerlerine göre en yüksek güneş ışınımı saat 14:00’da gözlemlenmiş ve 820,1 W/m² olarak ölçülmüştür. İstatistiksel olarak toplam güneş ışınımı değerleri ikinci dereceden polinom dağılımı göstermektedir. Şekil 4.9’daki ilişki incelendiğinde r² değerinin 0,8947 olduğu saptanmıştır. Regresyon denklemi ise aşağıda verilmiştir.

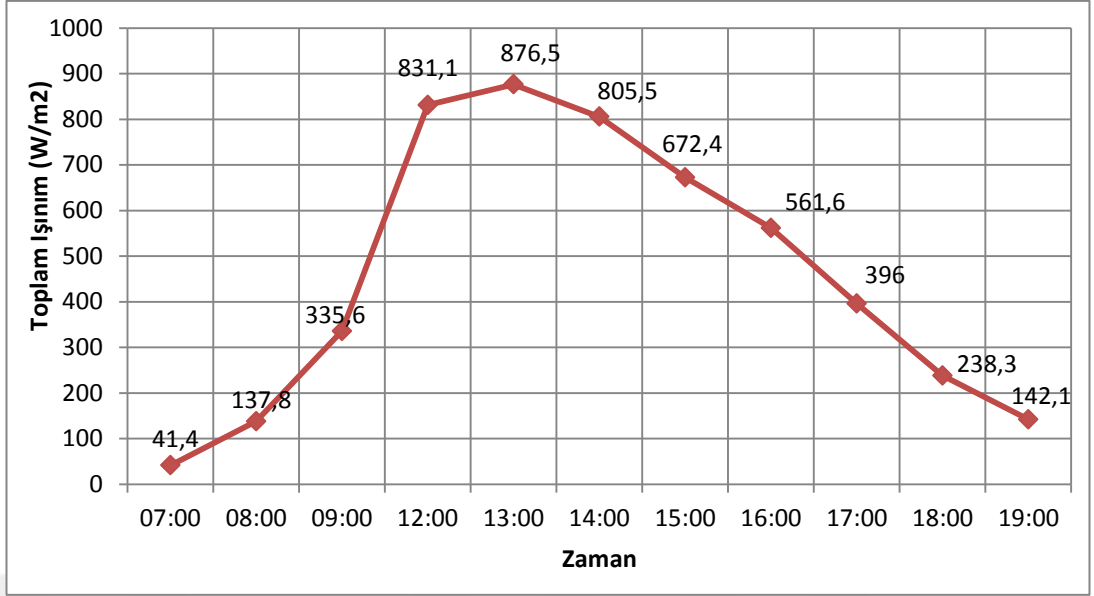
$$y = -36,939x^2 + 411,2x - 399,7$$



Şekil 4.10..28.08.2014 tarihindeki zamana bağılı toplam güneş ışıınımı

Şekil 4.10'da 28.08.2014 tarihinde 07:00 ile 19:00 saatleri arasında yapılan deneme sonuçları verilmiştir. Toplam ışıınım değerlerine göre en yüksek güneş ışıınımı saat 13:00'da gözlemlenmiş ve 846,3 W/m² olarak llmştr. İstatistiksel olarak toplam güneş ışıınımı değerleri ikinci dereceden polinom dağılımı göstermektedir. Şekil 4.10'daki ilişki incelendiğinde r² değerinin 0,9746 olduğu saptanmıştır. Regresyon denklemini ise aşağıda verilmiştir.

$$y = -21,483x^2 + 307,44x - 297,01$$



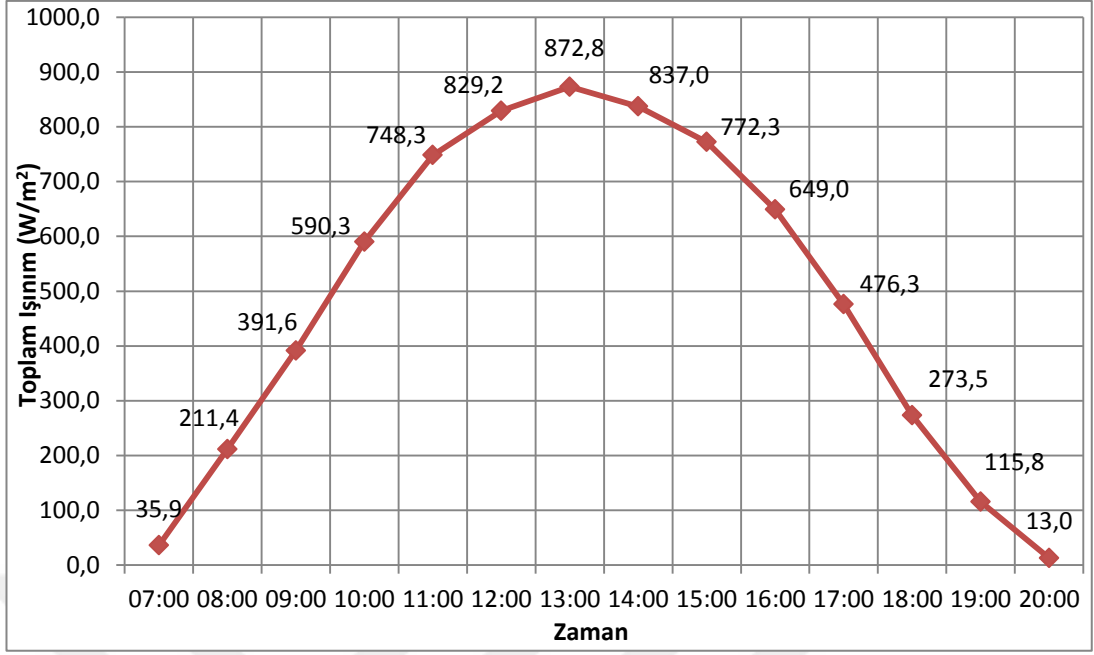
Şekil 4.11. 02.09.2014 tarihindeki zamana bağlı toplam güneş ışınımı

Şekil 4.11’de 02.09.2014 tarihinde 07:00 ile 19:00 saatleri arasında yapılan deneme sonuçları verilmiştir. Saat 10:00 ve 11:00 ölçümleri bulutluluk sebebiyle ihmal edilmiştir. Toplam ışınım değerlerine göre en yüksek güneş ışınımı saat 13:00’da gözlemlenmiş ve 876,5 W/m² olarak ölçülmüştür. İstatistiksel olarak toplam güneş ışınımı değerleri ikinci dereceden polinom dağılımı göstermektedir. Şekil 4.11’deki ilişki incelendiğinde r² değerinin 0,8488 olduğu saptanmıştır. Regresyon denklemi ise aşağıda verilmiştir.

$$y = -30,389x^2 + 367,79x - 350,83$$

29.08.2014 ve 01.09.2014 günlerindeki ölçümler bulutluluk sebebiyle ihmal edilmiştir.

Türkiye’nin aylık ortalama güneş enerjisi potansiyeli Temmuz ayında en yüksek değerine ulaşmaktadır. Ağustos ayından itibaren ise bu değer düşüş göstermektedir (Karamanav 2007). Bu sebeple 15.08.2014 ile 02.09.2014 tarihleri arasında yapılan denemelerde toplam güneş ışınımı değerleri ağustos ayındaki denemelere göre eylül ayında düşüş göstermiştir.



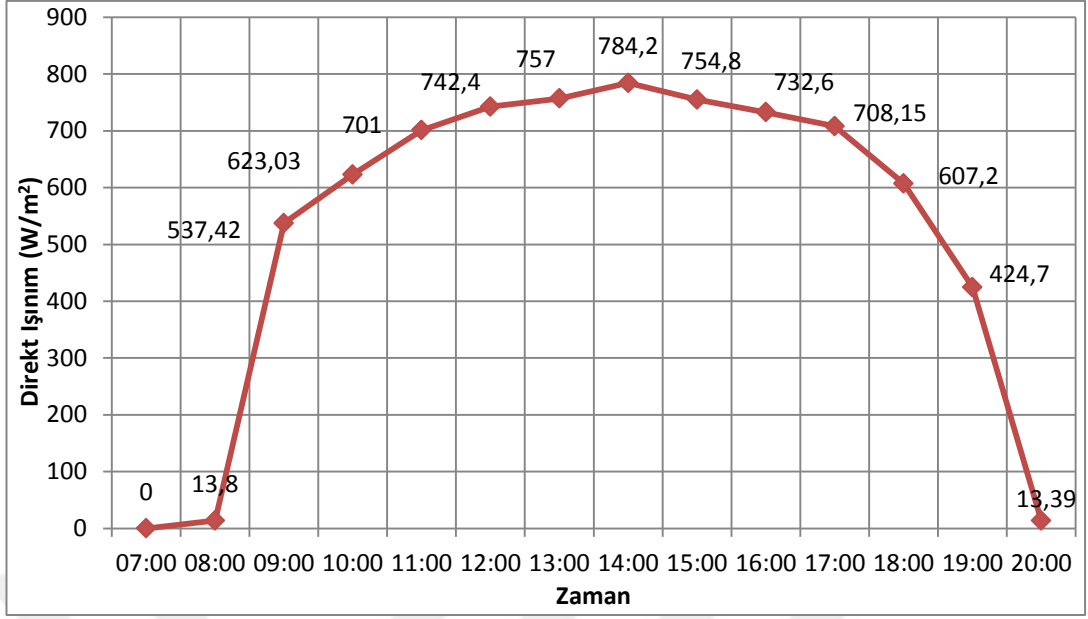
Şekil 4.12. 15.08.2014 ile 02.09.2014 tarihleri arasındaki zamana bağlı ortalama toplam güneş ışınımı

Şekil 4.12’de 15.08.2014 ile 02.09.2014 tarihleri arasındaki zamana bağlı ortalama toplam güneş ışınımı verilmiştir. 07:00 ile 20:00 saatleri arasında yapılan denemelerde, toplam güneş ışınımı değerlerine göre en yüksek güneş ışınımı saat 13:00’da gözlemlenmiş ve 872,8 W/m² olarak ölçülmüştür. İstatistiksel olarak toplam güneş ışınımı değerleri ikinci dereceden polinom dağılımı göstermektedir. Şekil 4.12’deki ilişki incelendiğinde r² değerinin 0,9693 olduğu saptanmıştır. Regresyon denklemi ise aşağıda verilmiştir.

$$y = -20,435x^2 + 297,92x - 266$$

4.2. Direkt güneş ışınımı değerlerine ilişkin sonuçlar

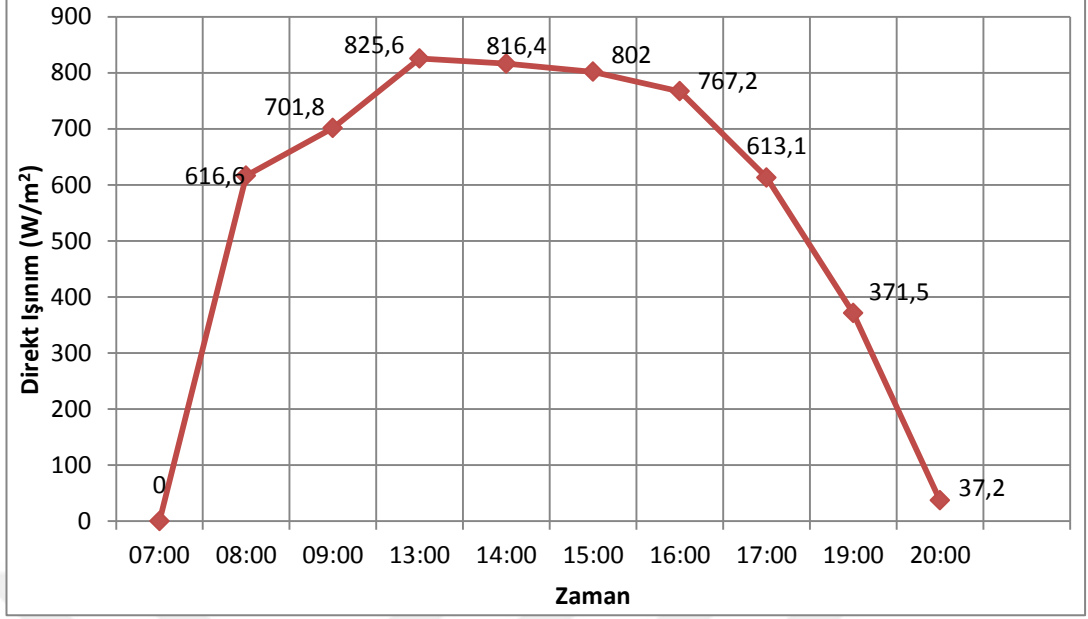
Materyal bölümünde teknik özellikleri verilen pirheliometre ile yapılan ölçümlerin sonucunda elde edilen direkt güneş ışınımı değerleri Şekil 4.13-4.23’de verilmiştir.



Şekil 4.13. 15.08.2014 tarihindeki zamana bağlı direkt güneş ışınımı

Şekil 4.13'de 15.08.2014 tarihinde 07:00 ile 20:00 saatleri arasında yapılan deneme sonuçları verilmiştir. Direkt ışınım değerlerine göre en yüksek direkt güneş ışınımı saat 14:00'da gözlemlenmiş ve $784,2 \text{ W/m}^2$ olarak ölçülmüştür. İstatistiksel olarak toplam güneş ışınımı değerleri ikinci dereceden polinom dağılımı göstermektedir. Şekil 4.13'deki ilişki incelendiğinde r^2 değerinin 0,9107 olduğu saptanmıştır. Regresyon denklemi ise aşağıda verilmiştir.

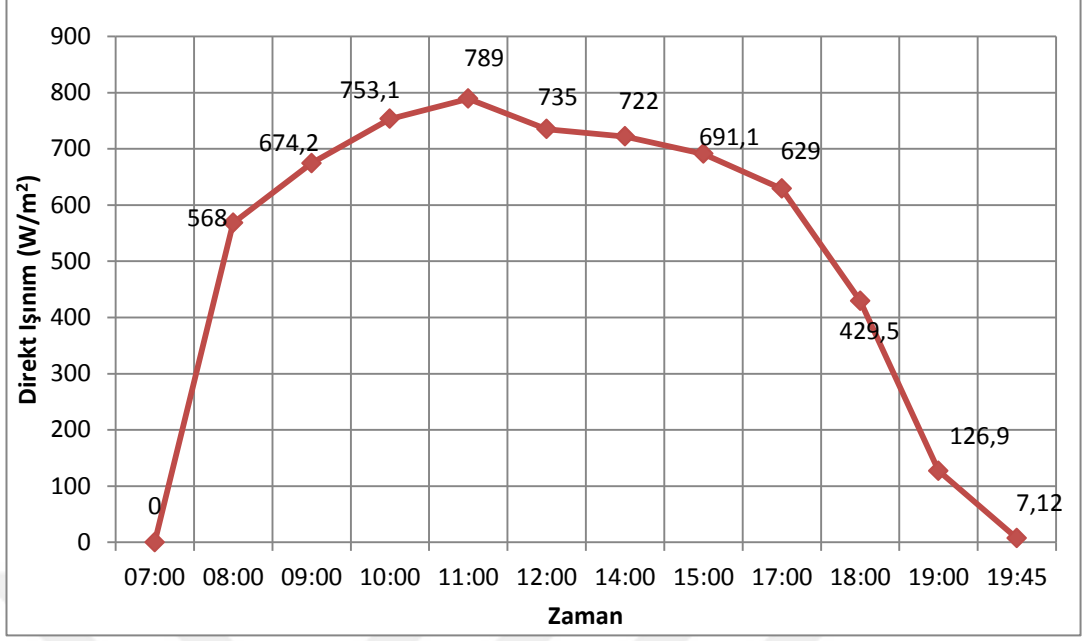
$$y = -18,618x^2 + 292,76x - 317,38$$



Şekil 4.14. 19.08.2014 tarihindeki zamana bağlı direkt güneş ışınımı

Şekil 4.14’de 19.08.2014 tarihinde 07:00 ile 20:00 saatleri arasında yapılan deneme sonuçları verilmiştir. Saat 10.00, 11.00, 12.00 ve 18.00 ölçümleri bulutluluk sebebiyle ihmal edilmiştir. Direkt ışınım değerlerine göre en yüksek direkt güneş ışınımı saat 13:00’da gözlemlenmiş ve 825,6 W/m² olarak ölçülmüştür. İstatistiksel olarak toplam güneş ışınımı değerleri ikinci dereceden polinom dağılımı göstermektedir. Şekil 4.14’deki ilişki incelendiğinde r^2 değerinin 0,9328 olduğu saptanmıştır. Regresyon denklemi ise aşağıda verilmiştir.

$$y = -39,271x^2 + 419,77x - 241,69$$

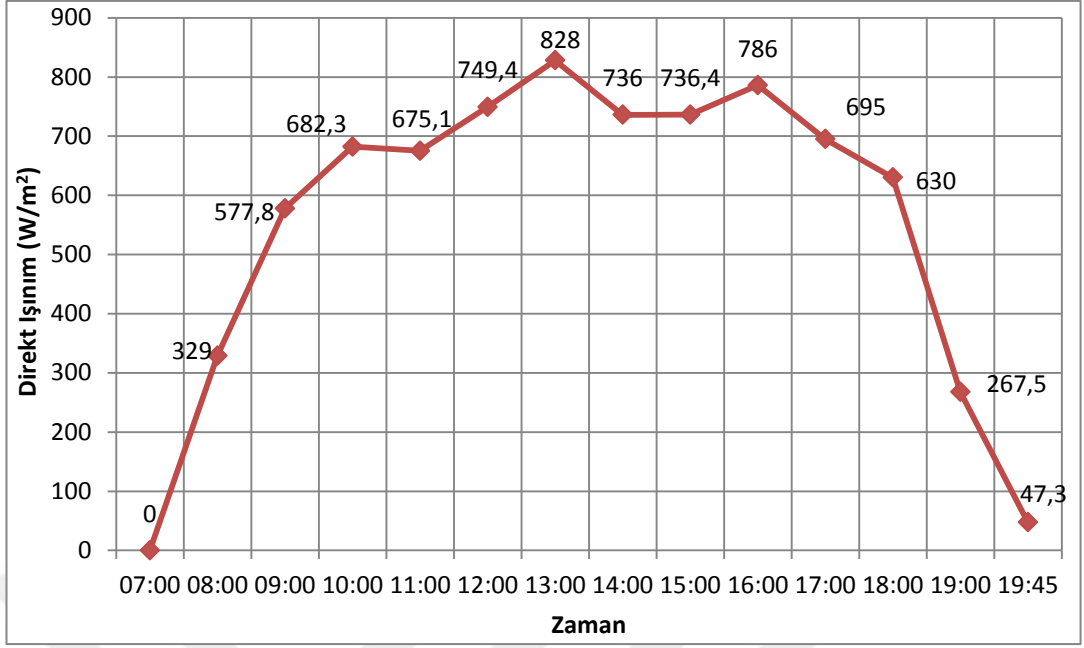


Şekil 4.15. 20.08.2014 tarihindeki zamana bağlı direkt güneş ışınımı

Şekil 4.15’de 20.08.2014 tarihinde 07:00 ile 19:45 saatleri arasında yapılan deneme sonuçları verilmiştir. Saat 13.00 ve 16.00 ölçümleri bulutluluk sebebiyle ihmal edilmiştir. Direkt ışınım değerlerine göre en yüksek direkt güneş ışınımı saat 11:00’da gözlemlenmiş ve 789 W/m² olarak ölçülmüştür. İstatistiksel olarak toplam güneş ışınımı değerleri ikinci dereceden polinom dağılımı göstermektedir. (Şekil 4.15).

Şekil 4.15’deki ilişki incelendiğinde r^2 değerinin 0,9047 olduğu saptanmıştır. Regresyon denklemi ise aşağıda verilmiştir.

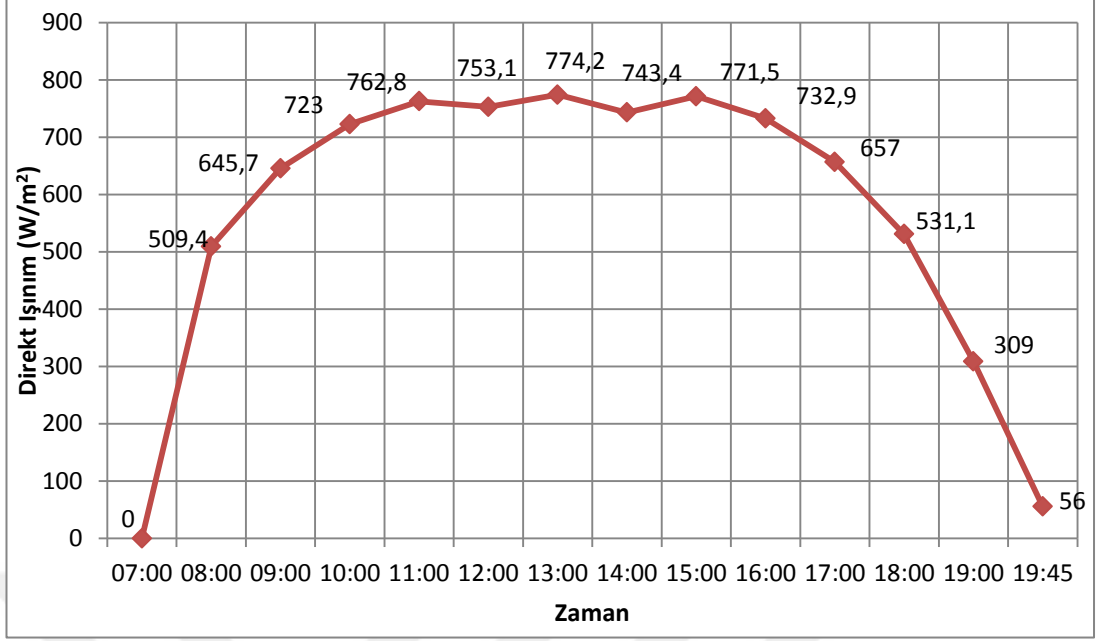
$$y = -24,612x^2 + 297,12x - 87,702$$



Şekil 4.16. 21.08.2014 tarihindeki zamana bağlı direkt güneş ışınımı

Şekil 4.16'da 21.08.2014 tarihinde 07:00 ile 19:45 saatleri arasında yapılan deneme sonuçları verilmiştir. Direkt ışınım değerlerine göre en yüksek direkt güneş ışınımı saat 13:00'da gözlemlenmiş ve 828 W/m^2 olarak ölçülmüştür. İstatistiksel olarak toplam güneş ışınımı değerleri ikinci dereceden polinom dağılımı göstermektedir. Şekil 4.16'daki ilişki incelendiğinde r^2 değerinin 0,9248 olduğu saptanmıştır. Regresyon denklemi ise aşağıda verilmiştir.

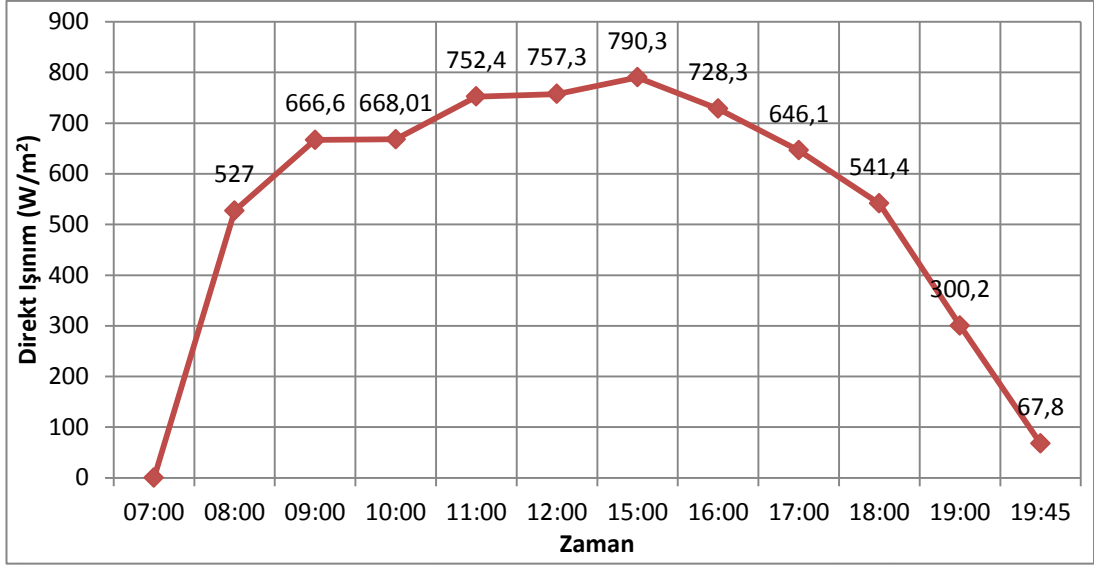
$$y = -17,697x^2 + 267,48x - 170,21$$



Şekil 4.17. 22.08.2014 tarihindeki zamana bağlı direkt güneş ışınımı

Şekil 4.17’de 22.08.2014 tarihinde 07:00 ile 19:45 saatleri arasında yapılan deneme sonuçları verilmiştir. Direkt ışınım değerlerine göre en yüksek direkt güneş ışınımı saat 13:00’da gözlemlenmiş ve $774,2 \text{ W/m}^2$ olarak ölçülmüştür. İstatistiksel olarak toplam güneş ışınımı değerleri ikinci dereceden polinom dağılımı göstermektedir. Şekil 4.17’deki ilişki incelendiğinde r^2 değerinin 0,8999 olduğu saptanmıştır. Regresyon denklemi ise aşağıda verilmiştir.

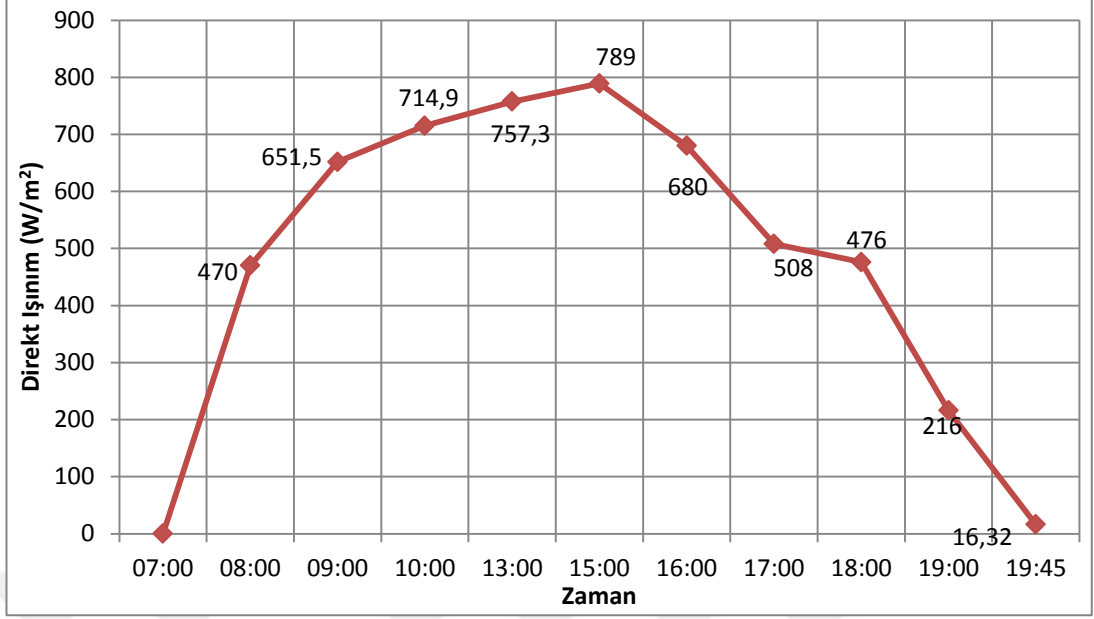
$$y = -16,649x^2 + 242,93x - 45,728$$



Şekil 4.18. 23.08.2014 tarihindeki zamana bağlı direkt güneş ışınımı

Şekil 4.18’de 23.08.2014 tarihinde 07:00 ile 19:45 saatleri arasında yapılan deneme sonuçları verilmiştir. Saat 13.00 ve 14.00 ölçümleri bulutluluk sebebiyle ihmal edilmiştir. Direkt ışınım değerlerine göre en yüksek direkt güneş ışınımı saat 15:00’da gözlemlenmiş ve $790,3 \text{ W/m}^2$ olarak ölçülmüştür. İstatistiksel olarak toplam güneş ışınımı değerleri ikinci dereceden polinom dağılımı göstermektedir. Şekil 4.18’deki ilişki incelendiğinde r^2 değerinin 0,9207 olduğu saptanmıştır. Regresyon denklemi ise aşağıda verilmiştir.

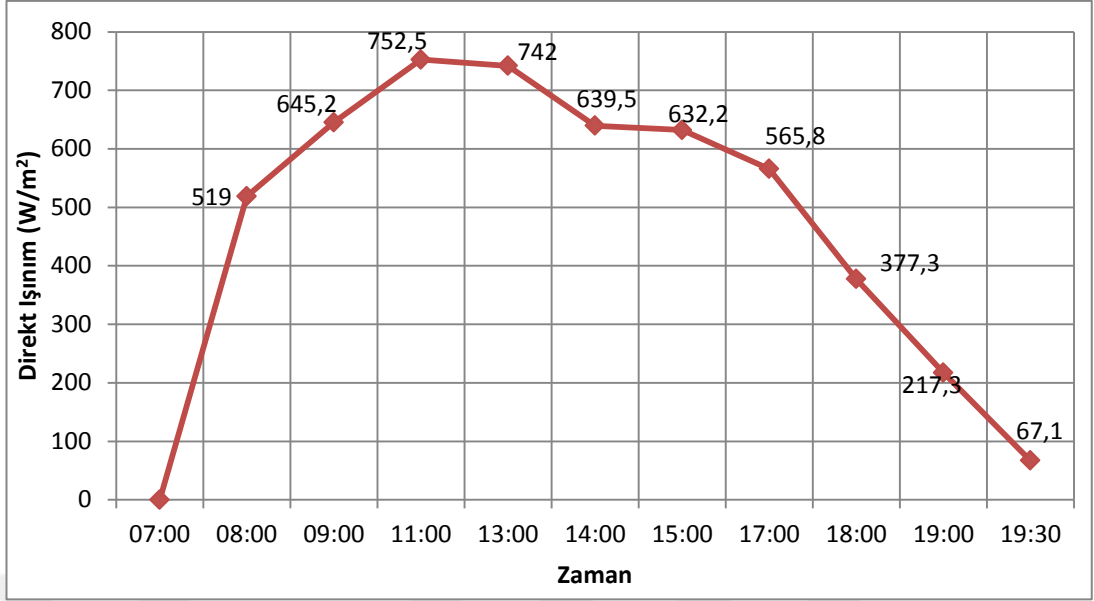
$$y = -23,434x^2 + 296,53x - 120,97$$



Şekil 4.19. 24.08.2014 tarihindeki zamana bağlı direkt güneş ışınımı

Şekil 4.19’da 24.08.2014 tarihinde 07:00 ile 19:45 saatleri arasında yapılan deneme sonuçları verilmiştir. Saat 11.00, 12.00 ve 14.00 ölçümleri bulutluluk sebebiyle ihmal edilmiştir. Direkt ışınım değerlerine göre en yüksek direkt güneş ışınımı saat 15:00’da gözlemlenmiş ve 789 W/m² olarak ölçülmüştür. İstatistiksel olarak toplam güneş ışınımı değerleri ikinci dereceden polinom dağılımı göstermektedir. Şekil 4.19’daki ilişki incelendiğinde r² değerinin 0,9336 olduğu saptanmıştır. Regresyon denklemi ise aşağıda verilmiştir.

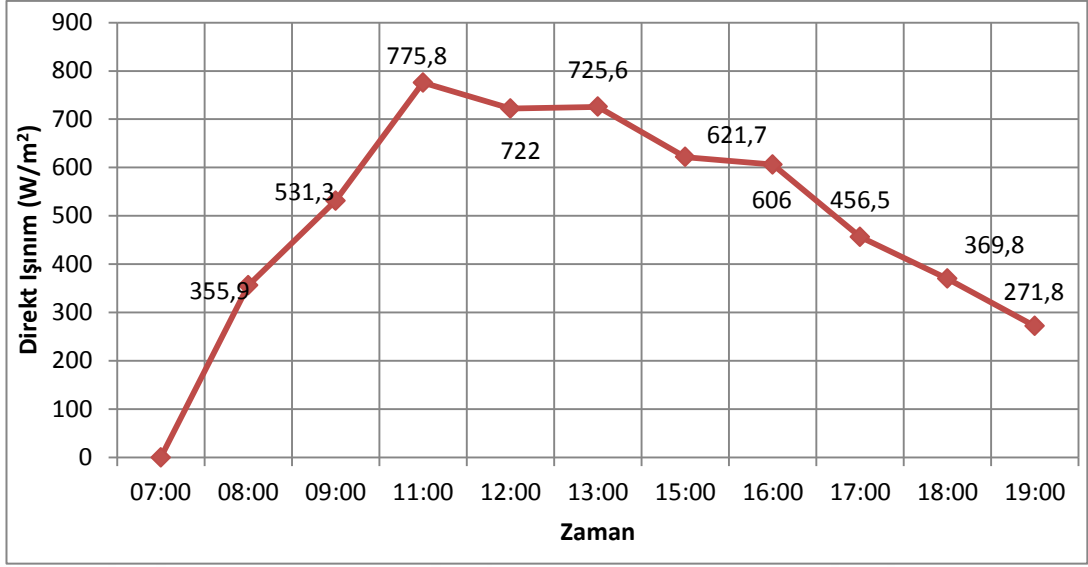
$$y = -29,056x^2 + 330,92x - 169,06$$



Şekil 4.20. 25.08.2014 tarihindeki zamana bağlı direkt güneş ışınımı

Şekil 4.20’de 25.08.2014 tarihinde 07:00 ile 19:30 saatleri arasında yapılan deneme sonuçları verilmiştir. Saat 10.00, 12.00 ve 16.00 ölçümleri bulutluluk sebebiyle ihmal edilmiştir. Direkt ışınım değerlerine göre en yüksek direkt güneş ışınımı saat 11:00’da gözlemlenmiş ve $752,5 \text{ W/m}^2$ olarak ölçülmüştür. İstatistiksel olarak toplam güneş ışınımı değerleri ikinci dereceden polinom dağılımı göstermektedir. Şekil 4.20’deki ilişki incelendiğinde r^2 değerinin 0,9576 olduğu saptanmıştır. Regresyon denklemi ise aşağıda verilmiştir.

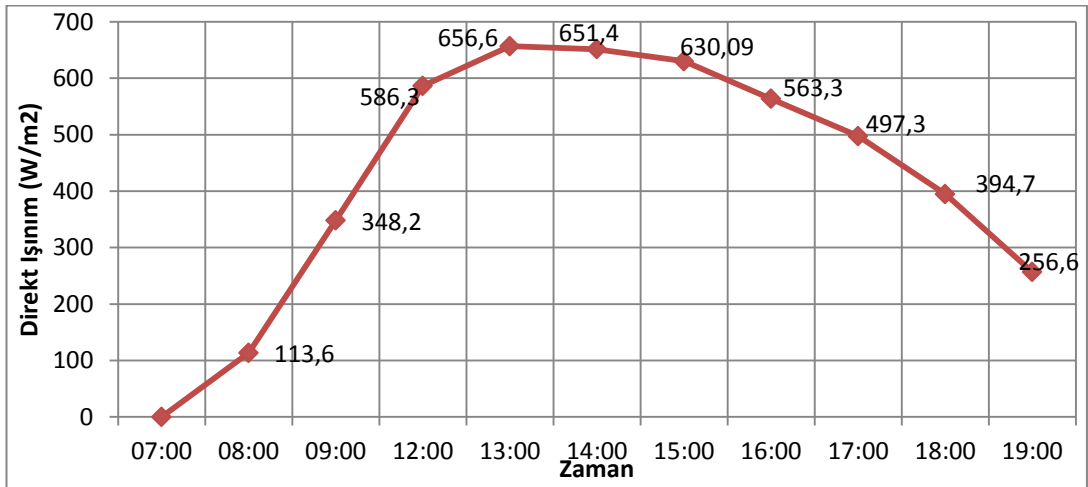
$$y = 3,0203x^3 - 80,321x^2 + 564,29x - 418,07$$



Şekil 4.21. 28.08.2014 tarihindeki zamana bağlı direkt güneş ışınımı

Şekil 4.21’de 28.08.2014 tarihinde 07:00 ile 19:00 saatleri arasında yapılan deneme sonuçları verilmiştir. Saat 10.00 ve 14.00 ölçümleri bulutluluk sebebiyle ihmal edilmiştir. Direkt ışınım değerlerine göre en yüksek direkt güneş ışınımı saat 11:00’da gözlemlenmiş ve 775,8 W/m² olarak ölçülmüştür. İstatistiksel olarak toplam güneş ışınımı değerleri üçüncü dereceden polinom dağılımı göstermektedir. Şekil 4.21’deki ilişki incelendiğinde r² değerinin 0,979 olduğu saptanmıştır. Regresyon denklemi ise aşağıda verilmiştir.

$$y = 2,9188x^3 - 76,077x^2 + 552,56x - 477,46$$



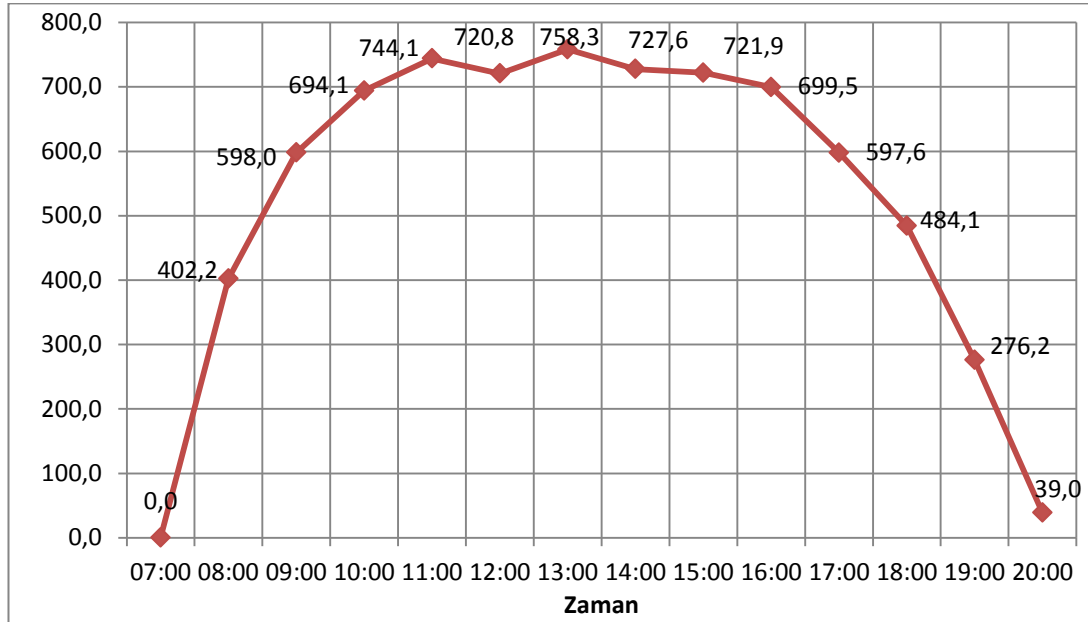
Şekil 4.22. 02.09.2014 tarihindeki zamana bağlı direkt güneş ışınımı

Şekil 4.22’de 02.09.2014 tarihinde 07:00 ile 19:00 saatleri arasında yapılan deneme sonuçları verilmiştir. Saat 10.00 ve 11.00 ölçümleri bulutluluk sebebiyle ihmal edilmiştir. Direkt ışınım değerlerine göre en yüksek direkt güneş ışınımı saat 13:00’da gözlemlenmiş ve 656,6 W/m² olarak ölçülmüştür. İstatistiksel olarak toplam güneş ışınımı değerleri üçüncü dereceden polinom dağılımı göstermektedir. Şekil 4.22’deki ilişki incelendiğinde r² değerinin 0,9636 olduğu saptanmıştır. Regresyon denklemi ise aşağıda verilmiştir.

$$y = 0,7054x^3 - 34,77x^2 + 353,79x - 375,58$$

27.08.2014, 29.08.2014 ve 01.09.2014 günlerindeki ölçümler bulutluluk sebebiyle ihmal edilmiştir.

Dünya’nın kuzey yarım küresinde 21 Haziran tarihinde güneş ışınları yengeç dönencesine dik olarak gelir. Yani bu tarihte kuzey yarım kürede, güneş ışınları yıl içerisinde alabileceği maksimum dik açı ile alınır. Bu tarihten itibaren 23 Eylül’e kadar güneş ışınlarının gelme açıları küçülmeye başlar. Bu sebeple, 15.08.2014 ile 02.09.2014 tarihleri arasında yapılan denemelerde, direkt ışınım değerinin azalış gösterdiği görülmektedir.



Şekil 4.23. Zamana bağlı ortalama direkt güneş ışınımı

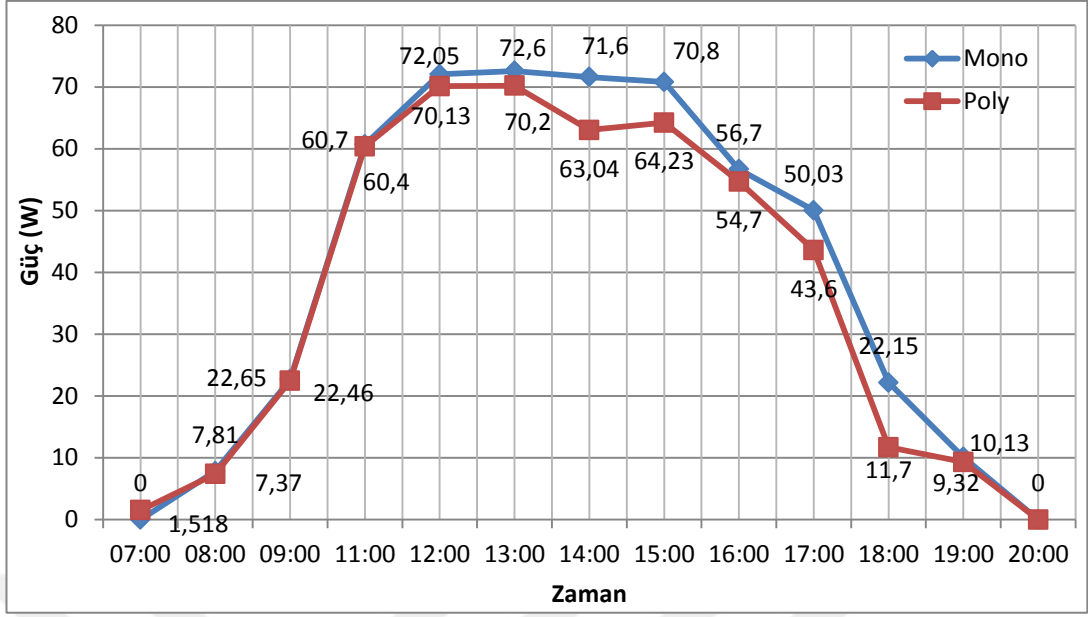
Şekil 4.23’de 15.08.2014 ile 02.09.2014 tarihleri arasındaki zamana bağlı ortalama direkt güneş ışınımı verilmiştir. 07:00 ile 20:00 saatleri arasında yapılan denemelerde, direkt güneş ışınımı değerlerine göre en yüksek direkt güneş ışınımı saat 13:00’da gözlemlenmiş ve $758,3 \text{ W/m}^2$ olarak ölçülmüştür. İstatistiksel olarak toplam güneş ışınımı değerleri ikinci dereceden polinom dağılımı göstermektedir. Şekil 4.23’deki ilişki incelendiğinde r^2 değerinin 0,9371 olduğu saptanmıştır. Regresyon denklemi ise aşağıda verilmiştir.

$$y = -16,735x^2 + 244,81x - 89,684$$

Piranometre; güneşten direkt gelen ışınım ile bulut, duvar, ağaç vb. yerlerden yansıtıp gelen ışınımı yani toplam ışınımı ölçmektedir. Pirheliometre ise güneşten gelen direkt güneş ışınımını ölçmektedir. Bu sebeple toplam ışınımın direkt ışınımdan büyük çıkması muhtemeldir. 15.08.2014 ile 02.09.2014 tarihleri arasında 7.00 ile 20.00 saatleri arasında yapılan denemelerde; ortalama en yüksek toplam güneş ışınımı değerinin ($872,8 \text{ W/m}^2$) ortalama en yüksek direkt güneş ışınımı değerinden ($758,3 \text{ W/m}^2$) büyük olması buna örnek olarak gösterilebilir.

4.3. Monokristal ve polikristal güneş panellerinin zamana bağlı güç değerlerine ilişkin sonuçlar

Materyal bölümünde teknik özellikleri verilen ve her biri 100 W anma gücüne sahip monokristal ve polikristal güneş panellerinin gün içerisinde zamana bağlı olarak ürettikleri anlık güç değerlerine ilişkin sonuçlar Şekil 4.24-Şekil 4.34’de verilmiştir.



Şekil 4.24. Monokristal ve polikristal güneş panellerinin ürettikleri anlık güç değerleri (15.08.2014)

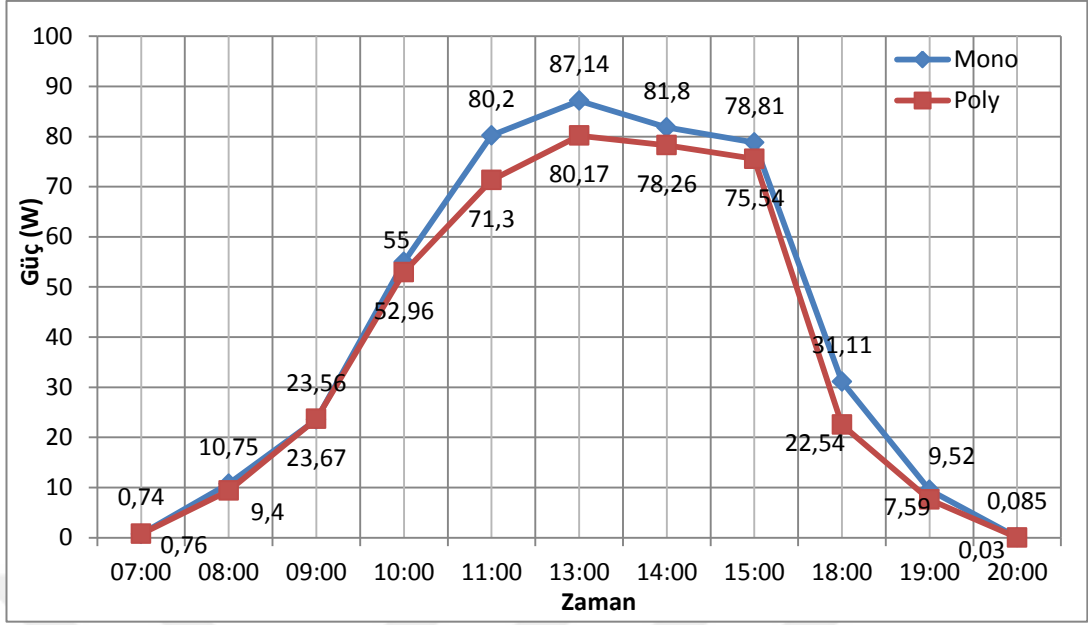
Şekil 4.24’de 15.08.2014 tarihinde 07:00 ile 20:00 saatleri arasında monokristal ve polikristal güneş panellerinden elde edilen anlık güç değerleri verilmiştir. Saat 10.00 ölçümü bulutluluk sebebiyle ihmal edilmiştir. Monokristal güneş panelinde en yüksek güç değeri saat 13:00’da gözlemlenmiş ve 72,6 W olarak ölçülmüştür. Polikristal güneş panelinde ise en yüksek güç değeri yine saat 13:00’da gözlemlenmiş ve 70,2 W olarak ölçülmüştür. İstatistiksel olarak zamana bağlı anlık güç değerleri monokristal güneş panelinde ikinci dereceden polinom dağılımı, polikristal güneş panelinde üçüncü dereceden polinom dağılımı göstermektedir. Şekil 4.24’deki ilişki incelendiğinde monokristal güneş panelinde r^2 değerinin 0,9232 ve polikristal güneş panelinde r^2 değerinin 0,9034 olduğu saptanmıştır. Regresyon denklemleri ise aşağıda verilmiştir.

Monokristal Güneş Paneli:

$$y = -2,2082x^2 + 30,613x - 35,389$$

Polikristal Güneş Paneli:

$$y = 0,0915x^3 - 3,9768x^2 + 39,218x - 45,48$$



Şekil 4.25. Monokristal ve polikristal güneş panellerinin ürettikleri anlık güç değerleri (19.08.2014)

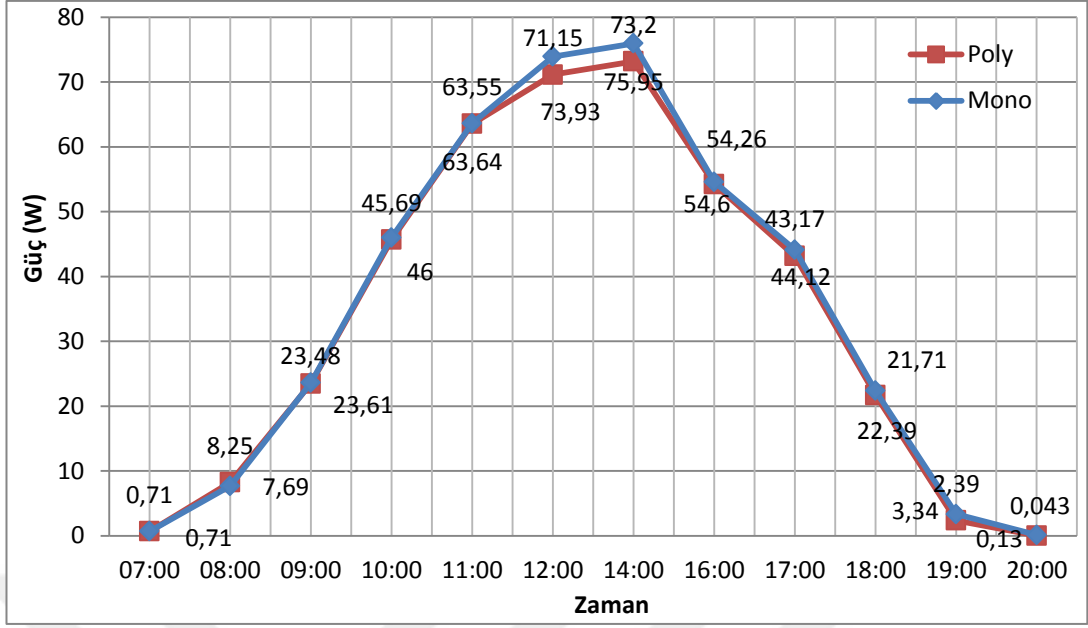
Şekil 4.25’de 19.08.2014 tarihinde 07:00 ile 20:00 saatleri arasında monokristal ve polikristal güneş panellerinden elde edilen anlık güç değerleri verilmiştir. Saat 12.00, 16.00 ve 17.00 ölçümleri bulutluluk sebebiyle ihmal edilmiştir. Monokristal güneş panelinde en yüksek güç değeri saat 13:00’da gözlemlenmiş ve 87,14 W olarak ölçülmüştür. Polikristal güneş panelinde ise en yüksek güç değeri yine saat 13:00’da gözlemlenmiş ve 80,17 W olarak ölçülmüştür. İstatistiksel olarak zamana bağlı anlık güç değerleri gerek monokristal gerekse polikristal güneş panelinde üçüncü dereceden polinom dağılımı göstermektedir. Şekil 4.25’deki ilişki incelendiğinde monokristal güneş panelinde r^2 değerinin 0,9764 ve polikristal güneş panelinde r^2 değerinin 0,9622 olduğu saptanmıştır. Regresyon denklemleri ise aşağıda verilmiştir.

Monokristal Güneş Paneli:

$$y = 0,1726x^4 - 4,2876x^3 + 32,024x^2 - 67,178x + 42,364$$

Polikristal Güneş Paneli:

$$y = 0,1679x^4 - 4,1472x^3 + 30,858x^2 - 65,051x + 41,297$$



Şekil 4.26. Monokristal ve polikristal güneş panellerinin ürettikleri anlık güç değerleri (20.08.2014)

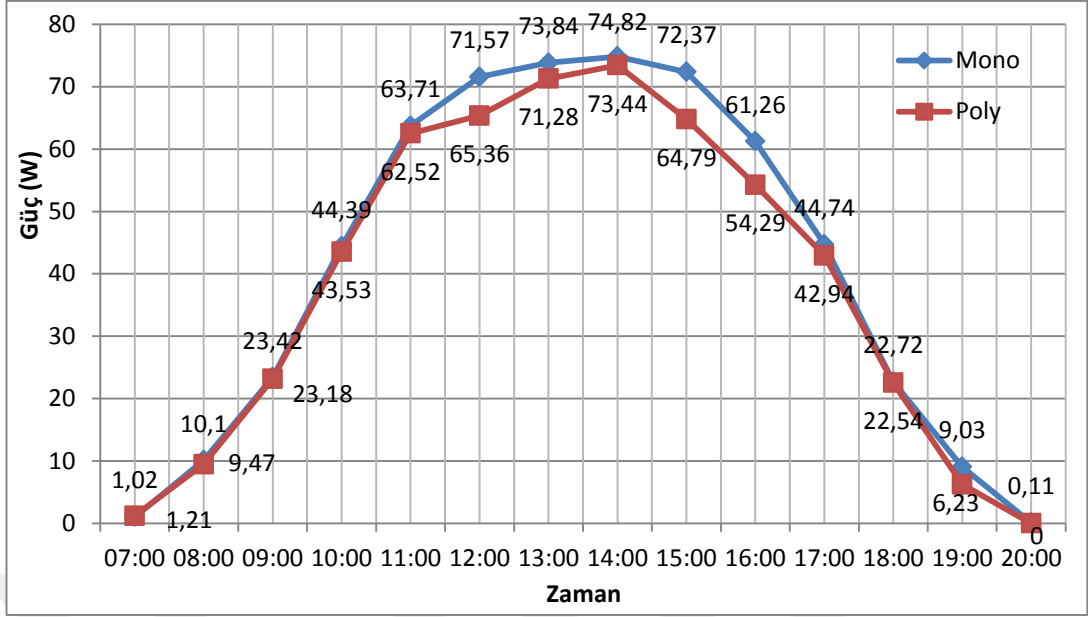
Şekil 4.26’da 19.08.2014 tarihinde 07:00 ile 20:00 saatleri arasında monokristal ve polikristal güneş panellerinden elde edilen anlık güç değerleri verilmiştir. Saat 13.00 ve 15.00 ölçümleri bulutluluk sebebiyle ihmal edilmiştir. Monokristal güneş panelinde en yüksek güç değeri saat 14:00’da gözlemlenmiş ve 73,2 W olarak ölçülmüştür. Polikristal güneş panelinde ise en yüksek güç değeri yine saat 14:00’da gözlemlenmiş ve 75,95 W olarak ölçülmüştür. İstatistiksel olarak zamana bağlı anlık güç değerleri gerek monokristal gerekse polikristal güneş panellerinde dördüncü dereceden polinom dağılımı göstermektedir. Şekil 4.26’daki ilişki incelendiğinde monokristal güneş panelinde r^2 değerinin 0,9928 ve polikristal güneş panelinde r^2 değerinin 0,9945 olduğu saptanmıştır. Regresyon denklemleri ise aşağıda verilmiştir.

Monokristal Güneş Paneli:

$$y = 0,0967x^4 - 2,486x^3 + 18,603x^2 - 33,927x + 18,55$$

Polikristal Güneş Paneli:

$$y = 0,0928x^4 - 2,3782x^3 + 17,681x^2 - 31,41x + 16,876$$



Şekil 4.27. Monokristal ve polikristal güneş panellerinin ürettikleri anlık güç değerleri (21.08.2014)

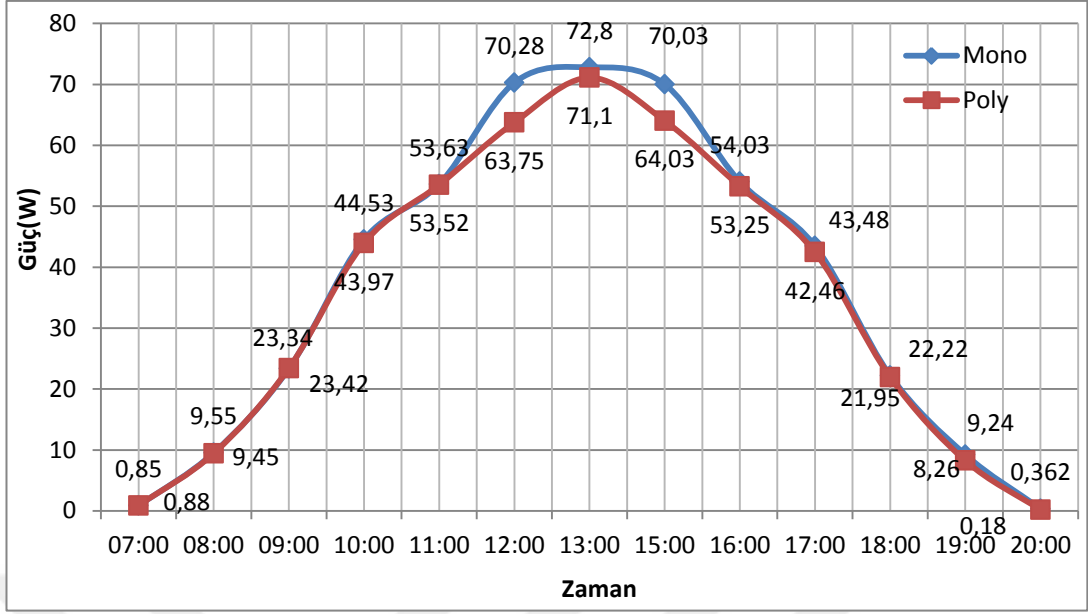
Şekil 4.27’de 21.08.2014 tarihinde 07:00 ile 20:00 saatleri arasında monokristal ve polikristal güneş panellerinden elde edilen anlık güç değerleri verilmiştir. Monokristal güneş panelinde en yüksek güç değeri saat 14:00’da gözlemlenmiş ve 74,82 W olarak ölçülmüştür. Polikristal güneş panelinde ise en yüksek güç değeri yine saat 14:00’da gözlemlenmiş ve 73,44 W olarak ölçülmüştür. İstatistiksel olarak zamana bağlı anlık güç değerleri gerek monokristal gerekse polikristal güneş panellerinde ikinci dereceden polinom dağılımı göstermektedir. Şekil 4.27’deki ilişki incelendiğinde monokristal güneş panelinde r^2 değerinin 0,9522 ve polikristal güneş panelinde r^2 değerinin 0,9526 olduğu saptanmıştır. Regresyon denklemleri ise aşağıda verilmiştir.

Monokristal Güneş Paneli:

$$y = -1,895x^2 + 28,345x - 34,265$$

Polikristal Güneş Paneli:

$$y = -1,7917x^2 + 26,652x - 31,361$$



Şekil 4.28. Monokristal ve polikristal güneş panellerinin ürettikleri anlık güç değerleri (22.08.2014)

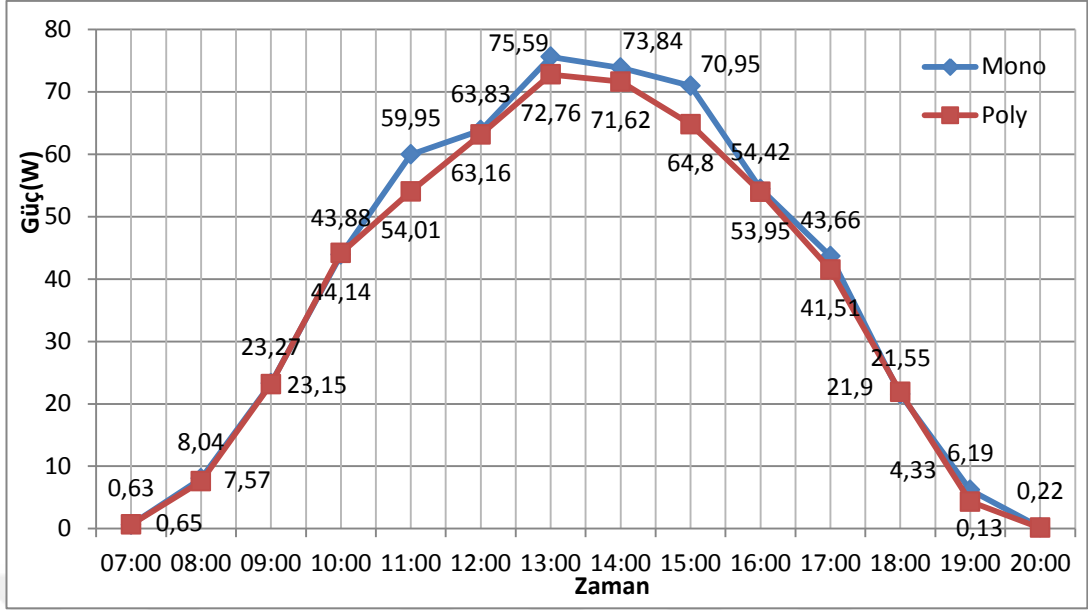
Şekil 4.28’de 22.08.2014 tarihinde 07:00 ile 20:00 saatleri arasında monokristal ve polikristal güneş panellerinden elde edilen anlık güç değerleri verilmiştir. Saat 14.00 ölçümü bulutluluk sebebiyle ihmal edilmiştir. Monokristal güneş panelinde en yüksek güç değeri saat 13:00’da gözlemlenmiş ve 72,8 W olarak ölçülmüştür. Polikristal güneş panelinde ise en yüksek güç değeri yine saat 13:00’da gözlemlenmiş ve 71,1 W olarak ölçülmüştür. İstatistiksel olarak zamana bağlı anlık güç değerleri gerek monokristal gerekse polikristal güneş panellerinde ikinci dereceden polinom dağılımı göstermektedir. Şekil 4.28’deki ilişki incelendiğinde monokristal güneş panelinde r^2 değerinin 0,9329 ve polikristal güneş panelinde r^2 değerinin 0,9443 olduğu saptanmıştır. Regresyon denklemleri ise aşağıda verilmiştir.

Monokristal Güneş Paneli:

$$y = -2,0157x^2 + 28,156x - 33,617$$

Polikristal Güneş Paneli:

$$y = -1,9218x^2 + 26,791x - 31,37$$



Şekil 4.29. Monokristal ve polikristal güneş panellerinin ürettikleri anlık güç değerleri (23.08.2014)

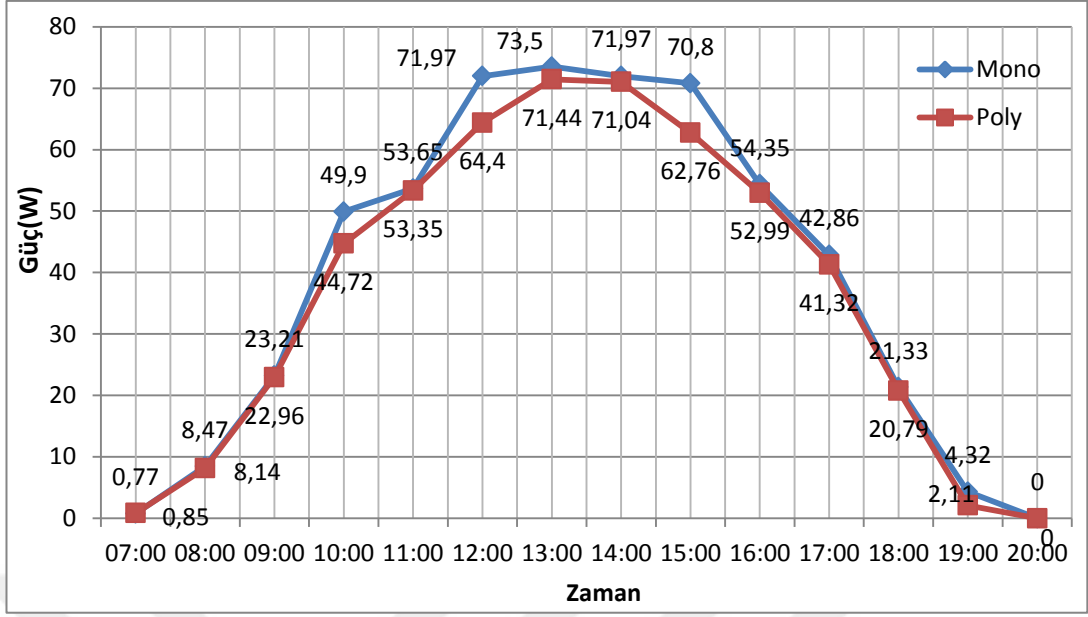
Şekil 4.29’da 23.08.2014 tarihinde 07:00 ile 20:00 saatleri arasında monokristal ve polikristal güneş panellerinden elde edilen anlık güç değerleri verilmiştir. Monokristal güneş panelinde en yüksek güç değeri saat 13:00’da gözlemlenmiş ve 75,59 W olarak ölçülmüştür. Polikristal güneş panelinde ise en yüksek güç değeri yine saat 13:00’da gözlemlenmiş ve 72,76 W olarak ölçülmüştür. İstatistiksel olarak zamana bağlı anlık güç değerleri gerek monokristal gerekse polikristal güneş panellerinde ikinci dereceden polinom dağılımı göstermektedir. Şekil 4.29’daki ilişki incelendiğinde monokristal güneş panelinde r^2 değerinin 0,946 ve polikristal güneş panelinde r^2 değerinin 0,9503 olduğu saptanmıştır. Regresyon denklemleri ise aşağıda verilmiştir.

Monokristal Güneş Paneli:

$$y = -1,8445x^2 + 27,555x - 33,94$$

Polikristal Güneş Paneli:

$$y = -1,7708x^2 + 26,412x - 32,297$$



Şekil 4.30. Monokristal ve polikristal güneş panellerinin ürettikleri anlık güç değerleri (24.08.2014)

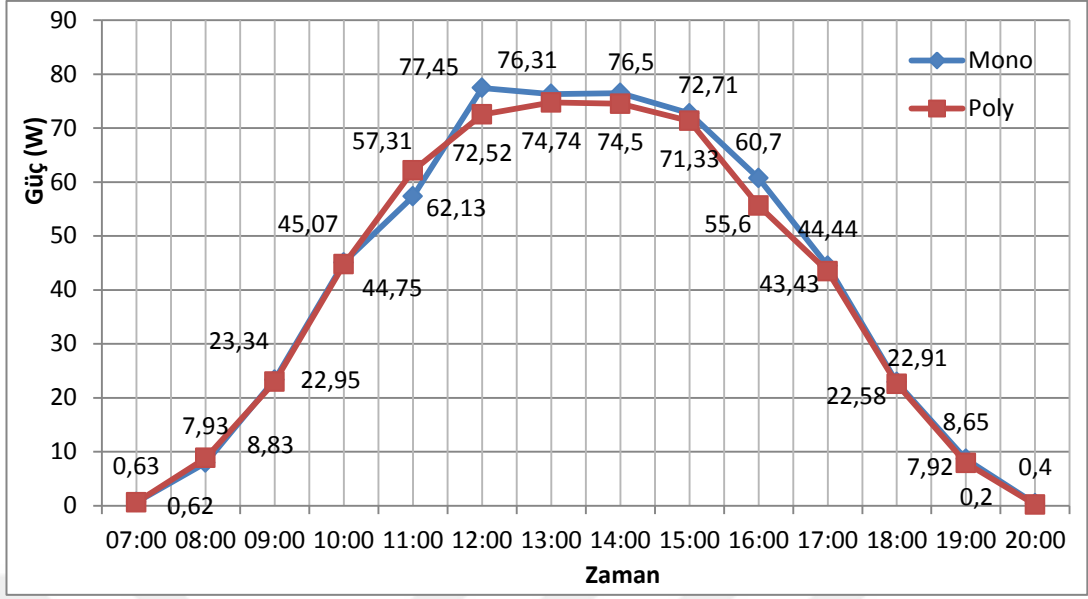
Şekil 4.30’da 23.08.2014 tarihinde 07:00 ile 20:00 saatleri arasında monokristal ve polikristal güneş panellerinden elde edilen anlık güç değerleri verilmiştir. Monokristal güneş panelinde en yüksek güç değeri saat 13:00’da gözlemlenmiş ve 73,5 W olarak ölçülmüştür. Polikristal güneş panelinde ise en yüksek güç değeri yine saat 13:00’da gözlemlenmiş ve 71,44 W olarak ölçülmüştür. İstatistiksel olarak zamana bağlı anlık güç değerleri gerek monokristal gerekse polikristal güneş panellerinde ikinci dereceden polinom dağılımı göstermektedir. Şekil 4.30’daki ilişki incelendiğinde monokristal güneş panelinde r^2 değerinin 0,9429 ve polikristal güneş panelinde r^2 değerinin 0,9474 olduğu saptanmıştır. Regresyon denklemleri ise aşağıda verilmiştir.

Monokristal Güneş Paneli:

$$y = -1,8544x^2 + 27,545x - 33,065$$

Polikristal Güneş Paneli:

$$y = -1,7606x^2 + 26,128x - 31,398$$



Şekil 4.31. Monokristal ve polikristal güneş panellerinin ürettikleri anlık güç değerleri (25.08.2014)

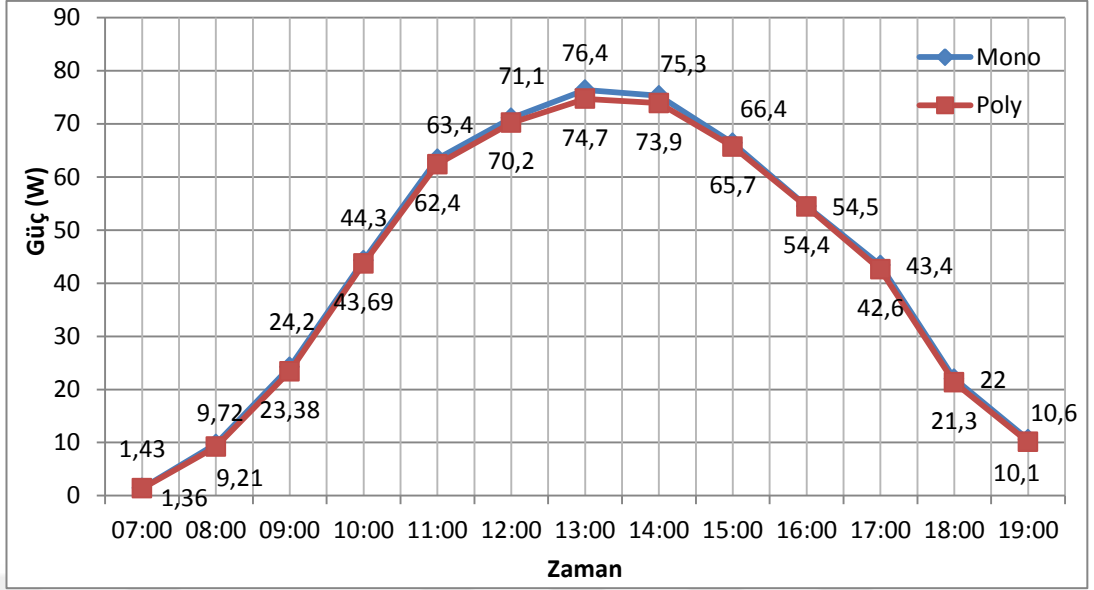
Şekil 4.31’de 25.08.2014 tarihinde 07:00 ile 20:00 saatleri arasında monokristal ve polikristal güneş panellerinden elde edilen anlık güç değerleri verilmiştir. Monokristal güneş panelinde en yüksek güç değeri saat 12:00’da gözlemlenmiş ve 77,44 W olarak ölçülmüştür. Polikristal güneş panelinde ise en yüksek güç değeri yine saat 13:00’da gözlemlenmiş ve 74,74 W olarak ölçülmüştür. İstatistiksel olarak zamana bağlı anlık güç değerleri gerek monokristal gerekse polikristal güneş panellerinde ikinci dereceden polinom dağılımı göstermektedir. Şekil 4.31’deki ilişki incelendiğinde monokristal güneş panelinde r^2 değerinin 0,9437 ve polikristal güneş panelinde r^2 değerinin 0,9484 olduğu saptanmıştır. Regresyon denklemleri ise aşağıda verilmiştir.

Monokristal Güneş Paneli:

$$y = -1,9373x^2 + 29,059x - 36,46$$

Polikristal Güneş Paneli:

$$y = -1,8866x^2 + 28,157x - 34,251$$



Şekil 4.32. Monokristal ve polikristal güneş panellerinin ürettikleri anlık güç değerleri (28.08.2014)

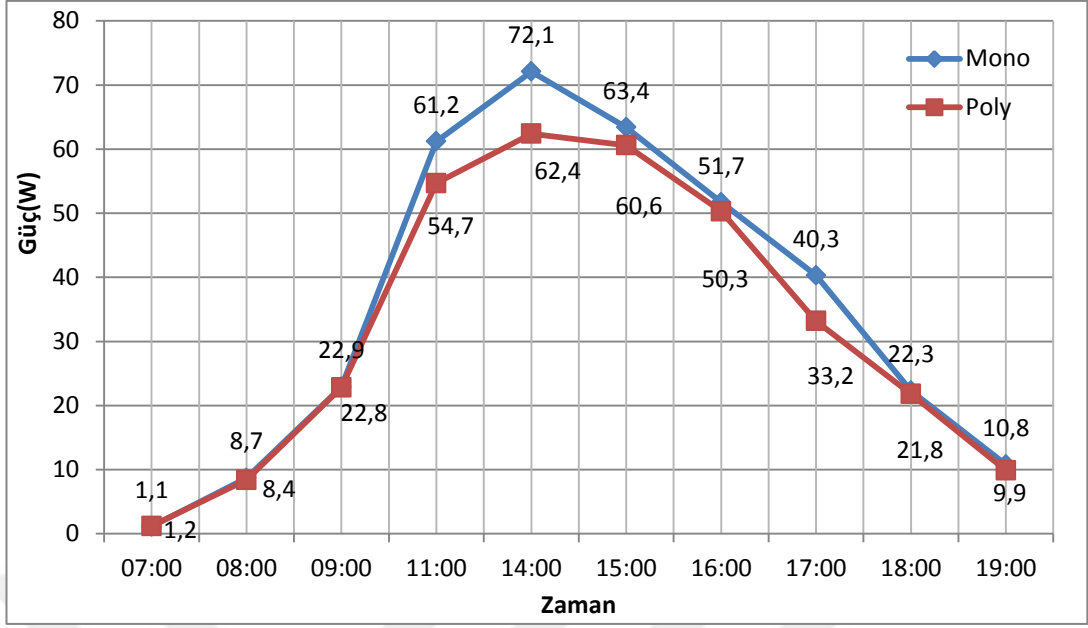
Şekil 4.32’de 28.08.2014 tarihinde 07:00 ile 19:00 saatleri arasında monokristal ve polikristal güneş panellerinden elde edilen anlık güç değerleri verilmiştir. Monokristal güneş panelinde en yüksek güç değeri saat 13:00’da gözlemlenmiş ve 76,4 W olarak ölçülmüştür. Polikristal güneş panelinde ise en yüksek güç değeri yine saat 13:00’da gözlemlenmiş ve 74,7 W olarak ölçülmüştür. İstatistiksel olarak zamana bağlı anlık güç değerleri gerek monokristal gerekse polikristal güneş panellerinde ikinci dereceden polinom dağılımı göstermektedir. Şekil 4.32’deki ilişki incelendiğinde monokristal güneş panelinde r^2 değerinin 0,9578 ve polikristal güneş panelinde r^2 değerinin 0,9577 olduğu saptanmıştır. Regresyon denklemleri ise aşağıda verilmiştir.

Monokristal Güneş Paneli:

$$y = -2,006x^2 + 29,37x - 35,922$$

Polikristal Güneş Paneli:

$$y = -1,9834x^2 + 29,044x - 35,818$$



Şekil 4.33. Monokristal ve polikristal güneş panellerinin ürettikleri anlık güç değerleri (02.09.2014)

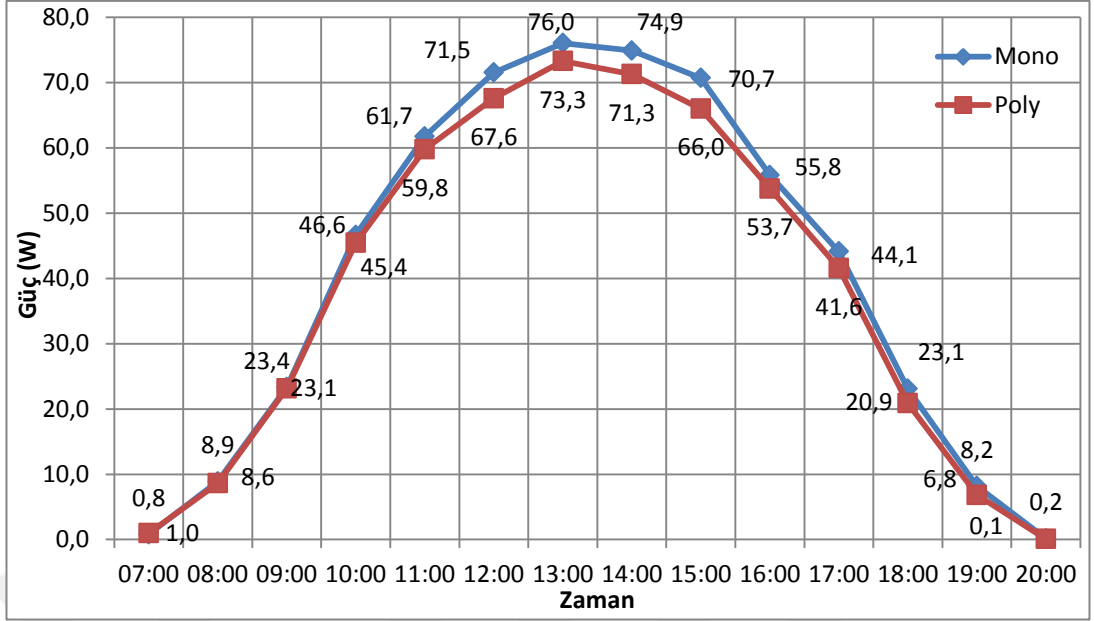
Şekil 4.33’de 02.09.2014 tarihinde 07:00 ile 19:00 saatleri arasında monokristal ve polikristal güneş panellerinden elde edilen anlık güç değerleri verilmiştir. Saat 10.00, 12.00 ve 13.00 ölçümleri bulutluluk sebebiyle ihmal edilmiştir. Monokristal güneş panelinde en yüksek güç değeri saat 14:00’da gözlemlenmiş ve 72,1 W olarak ölçülmüştür. Polikristal güneş panelinde ise en yüksek güç değeri yine saat 14:00’da gözlemlenmiş ve 62,4 W olarak ölçülmüştür. İstatistiksel olarak zamana bağlı anlık güç değerleri gerek monokristal gerekse polikristal güneş panellerinde ikinci dereceden polinom dağılımı göstermektedir. Şekil 4.33’deki ilişki incelendiğinde monokristal güneş panelinde r^2 değerinin 0,8763 ve polikristal güneş panelinde r^2 değerinin 0,6513 olduğu saptanmıştır. Regresyon denklemleri ise aşağıda verilmiştir.

Monokristal Güneş Paneli:

$$y = -1,8938x^2 + 28,132x - 37,537$$

Polikristal Güneş Paneli:

$$y = -1,2849x^2 + 19,622x - 24,774$$



Şekil 4.34. Monokristal ve polikristal güneş panellerinin 15.08.2014 ile 02.09.2014 tarihleri arasında ortalama olarak ürettikleri anlık güç değerleri

Şekil 4.34’de her birinin anma güç değeri 100 W olan monokristal ve polikristal güneş panellerinin 15.08.2014 ile 02.09.2014 tarihleri arasında ortalama olarak ürettikleri anlık güç değerleri verilmektedir. Ortalama olarak 07:00 ile 20:00 saatleri arasında yapılan denemelerde; monokristal güneş panelinde en yüksek güç değeri saat 13:00’da gözlemlenmiş ve 76,0 W olarak ölçülmüştür. Polikristal güneş panelinde ise en yüksek güç değeri yine saat 13:00’da gözlemlenmiş ve 73,3 W olarak ölçülmüştür. İstatistiksel olarak zamana bağlı anlık güç değerleri gerek monokristal gerekse polikristal güneş panellerinde ikinci dereceden polinom dağılımı göstermektedir. Şekil 4.34’deki ilişki incelendiğinde monokristal güneş panelinde r^2 değerinin 0,9516 ve polikristal güneş panelinde r^2 değerinin 0,951 olduğu saptanmıştır. Regresyon denklemleri ise aşağıda verilmiştir.

Monokristal Güneş Paneli:

$$y = -1,8869x^2 + 28,151x - 33,918$$

Polikristal Güneş Paneli:

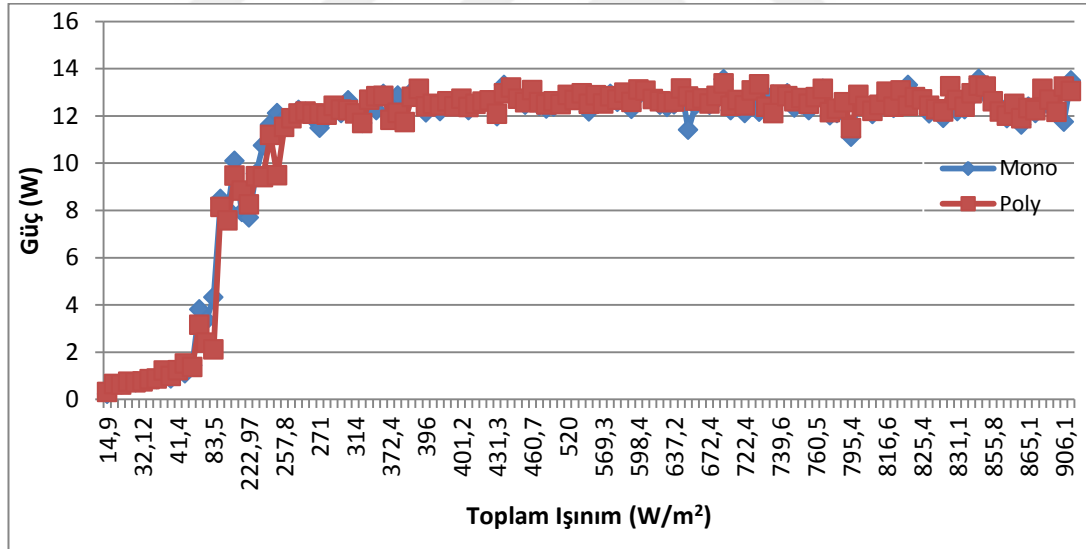
$$y = -1,8019x^2 + 26,773x - 31,652$$

Yapılan denemelerde; ortalama olarak, monokristal güneş panelinde en yüksek anlık güç 76 W olarak ölçülmüşken polikristal güneş panelinde en yüksek anlık güç 73,3 W olarak ölçülmüştür. Buna göre monokristal güneş paneli polikristal güneş panelinden %4,1 daha fazla anlık güç üretmektedir.

27.08.2014, 29.08.2014 ve 01.09.2014 günlerindeki ölçümler ise bulutluluk sebebiyle ihmal edilmiştir.

4.4. Monokristal ve polikristal güneş panellerinin toplam ışınımına bağlı güç değerlerine ilişkin sonuçlar

Materyal bölümünde teknik özellikleri verilen ve her biri 100 W anma gücüne sahip monokristal ve polikristal güneş panellerinin farklı yükler altında toplam güneş ışınımına bağlı olarak üretebildikleri güç değerlerine ilişkin sonuçlar Şekil 4.35- Şekil 4.45’de verilmiştir.



Şekil 4.35. 10 W yük altında monokristal ve polikristal güneş panellerinin toplam ışınımına bağlı ortalama anlık güç değerleri

Şekil 4.35’de 10 W yük altında monokristal ve polikristal güneş panellerinin toplam ışınımına bağlı ortalama anlık güç değerleri verilmiştir. İstatistiksel olarak zamana bağlı anlık güç değerleri gerek monokristal gerekse polikristal güneş panellerinde dördüncü dereceden polinom dağılımı göstermektedir. Şekil 4.35’deki ilişki incelendiğinde

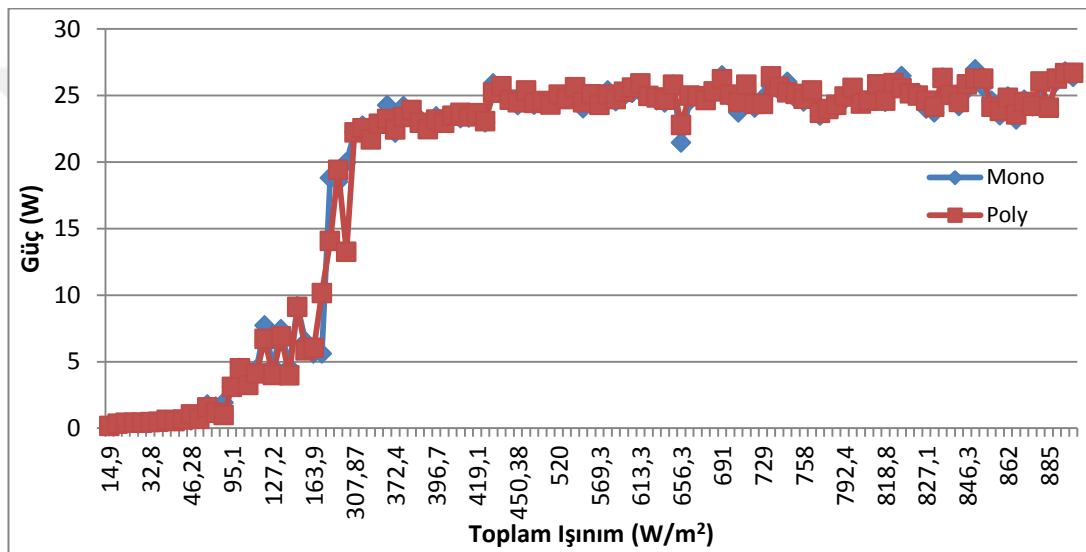
monokristal güneş panelinde r^2 değerinin = 0,9212 ve polikristal güneş panelinde r^2 değerinin 0,9246 olduğu saptanmıştır. Regresyon denklemleri ise aşağıda verilmiştir.

Monokristal Güneş Paneli:

$$y = -3E-07x^4 + 0,0001x^3 - 0,016x^2 + 0,8652x - 3,6737$$

Polikristal Güneş Paneli:

$$y = -3E-07x^4 + 0,0001x^3 - 0,0142x^2 + 0,8139x - 3,4953$$



Şekil 4.36. 20 W yük altında monokristal ve polikristal güneş panellerinin toplam ışınımına bağlı ortalama anlık güç değerleri

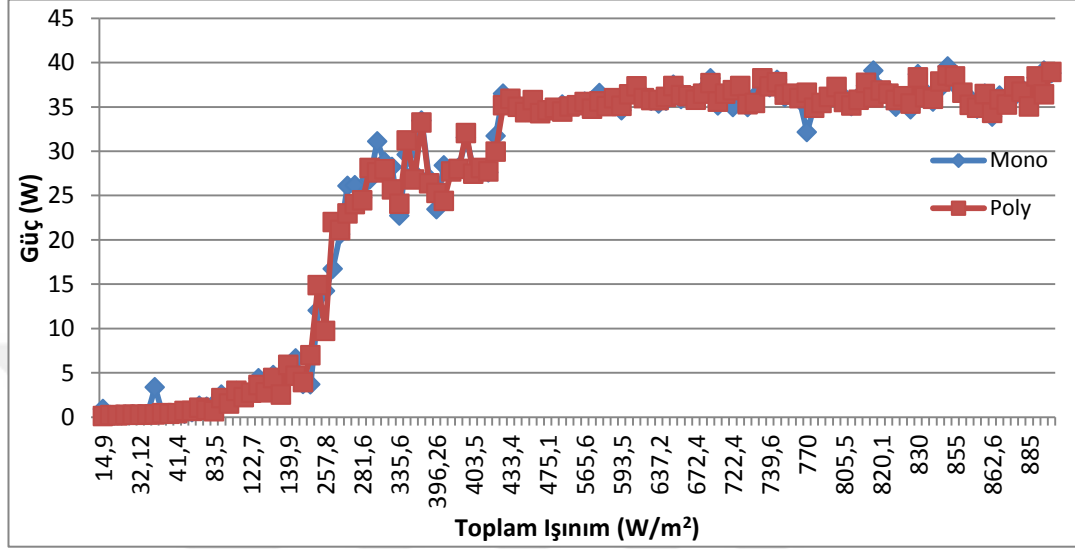
Şekil 4.36'da 20 W yük altında monokristal ve polikristal güneş panellerinin toplam ışınımına bağlı ortalama anlık güç değerleri verilmiştir. İstatistiksel olarak zamana bağlı anlık güç değerleri gerek monokristal gerekse polikristal güneş panellerinde dördüncü dereceden polinom dağılımı göstermektedir. Şekil 4.36'daki ilişki incelendiğinde monokristal güneş panelinde r^2 değerinin 0,9179 ve polikristal güneş panelinde r^2 değerinin = 0,9298 olduğu saptanmıştır. Regresyon denklemleri ise aşağıda verilmiştir.

Monokristal Güneş Paneli:

$$y = 1E-06x^4 - 0,0002x^3 + 0,009x^2 + 0,5605x - 4,3124$$

Polikristal Güneş Paneli:

$$y = 1E-06x^4 - 0,0003x^3 + 0,0128x^2 + 0,4519x - 3,8303$$



Şekil 4.37. 30 W yük altında monokristal ve polikristal güneş panellerinin toplam ışınımına bağlı ortalama anlık güç değerleri

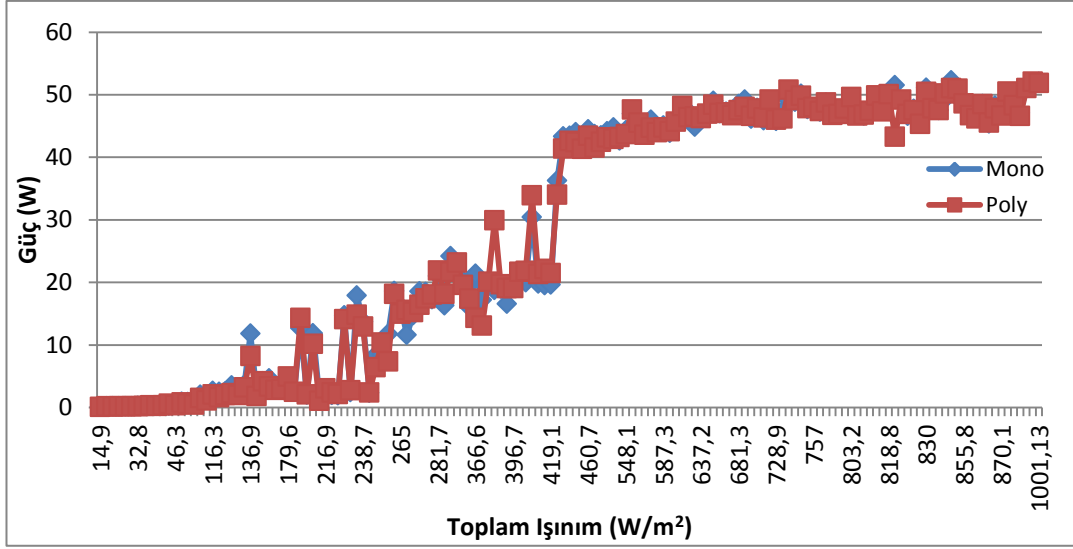
Şekil 4.37’de 30 W yük altında monokristal ve polikristal güneş panellerinin toplam ışınımına bağlı ortalama anlık güç değerleri verilmiştir. İstatistiksel olarak zamana bağlı anlık güç değerleri gerek monokristal gerekse polikristal güneş panellerinde ikinci dereceden polinom dağılımı göstermektedir. Şekil 4.37’deki ilişki incelendiğinde monokristal güneş panelinde r^2 değerinin 0,9178 ve polikristal güneş panelinde r^2 değerinin 0,9266 olduğu saptanmıştır. Regresyon denklemleri ise aşağıda verilmiştir.

Monokristal Güneş Paneli:

$$y = -0,005x^2 + 0,9675x - 8,3617$$

Polikristal Güneş Paneli:

$$y = -0,0051x^2 + 0,9783x - 8,8357$$



Şekil 4.38. 40 W yük altında monokristal ve polikristal güneş panellerinin toplam ışınımına bağlı ortalama anlık güç değerleri

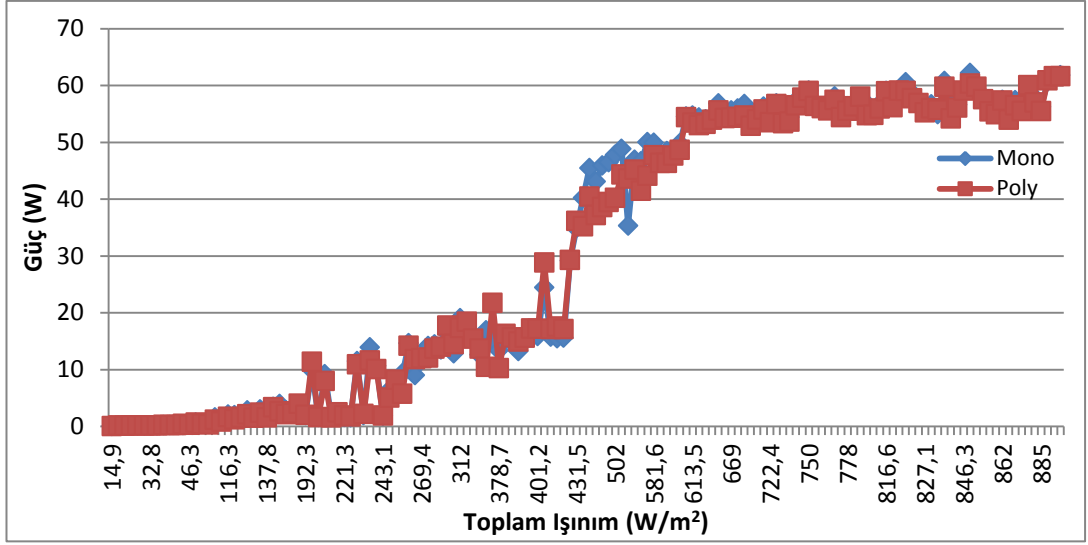
Şekil 4.38’de 40 W yük altında monokristal ve polikristal güneş panellerinin toplam ışınımına bağlı ortalama anlık güç değerleri verilmiştir. İstatistiksel olarak zamana bağlı anlık güç değerleri gerek monokristal gerekse polikristal güneş panellerinde ikinci dereceden polinom dağılımı göstermektedir. Şekil 4.38’deki ilişki incelendiğinde monokristal güneş panelinde r^2 değerinin 0,9034 ve polikristal güneş panelinde r^2 değerinin 0,9085 olduğu saptanmıştır. Regresyon denklemleri ise aşağıda verilmiştir.

Monokristal Güneş Paneli:

$$y = -0,0019x^2 + 0,722x - 11,218$$

Polikristal Güneş Paneli:

$$y = -0,002x^2 + 0,7265x - 11,514$$



Şekil 4.39. 50 W yük altında monokristal ve polikristal güneş panellerinin toplam ışınımına bağlı ortalama anlık güç değerleri

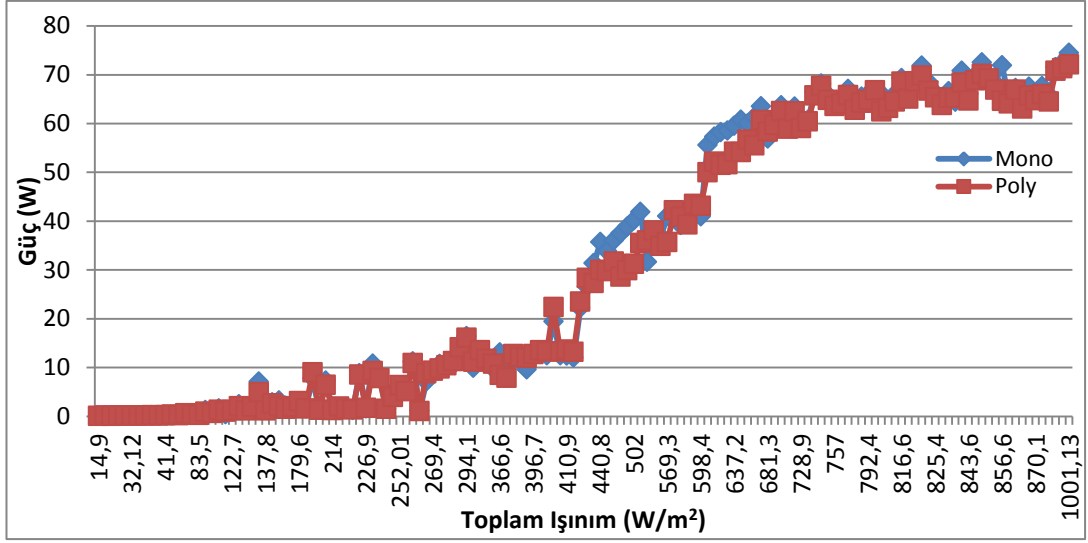
Şekil 4.39’da 50 W yük altında monokristal ve polikristal güneş panellerinin toplam ışınımına bağlı ortalama anlık güç değerleri verilmiştir. İstatistiksel olarak zamana bağlı anlık güç değerleri gerek monokristal gerekse polikristal güneş panellerinde doğrusal dağılım göstermektedir. Şekil 4.39’daki ilişki incelendiğinde monokristal güneş panelinde r^2 değerinin 0,8904 ve polikristal güneş panelinde r^2 değerinin 0,9051 olduğu saptanmıştır. Regresyon denklemleri ise aşağıda verilmiştir.

Monokristal Güneş Paneli:

$$y = 0,5362x - 8,4108$$

Polikristal Güneş Paneli:

$$y = 0,5316x - 8,6037$$



Şekil 4.40. 60 W yük altında monokristal ve polikristal güneş panellerinin toplam ışınımına bağlı ortalama anlık güç değerleri

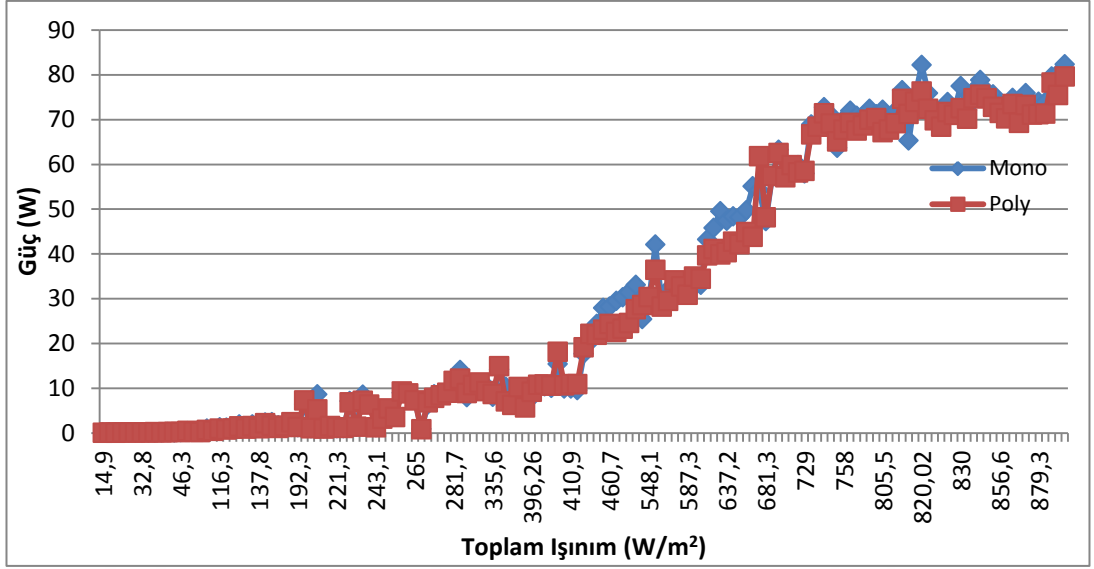
Şekil 4.40'da 60 W yük altında monokristal ve polikristal güneş panellerinin toplam ışınımına bağlı ortalama anlık güç değerleri verilmiştir. İstatistiksel olarak zamana bağlı anlık güç değerleri gerek monokristal gerekse polikristal güneş panellerinde doğrusal dağılım göstermektedir. Şekil 4.40'daki ilişki incelendiğinde monokristal güneş panelinde r^2 değerinin 0,9077 ve polikristal güneş panelinde r^2 değerinin 0,9152 olduğu saptanmıştır. Regresyon denklemleri ise aşağıda verilmiştir.

Monokristal Güneş Paneli:

$$y = 0,6361x - 14,731$$

Polikristal Güneş Paneli:

$$y = 0,6208x - 14,596$$



Şekil 4.41. 70 W yük altında monokristal ve polikristal güneş panellerinin toplam ışınımına bağlı ortalama anlık güç değerleri

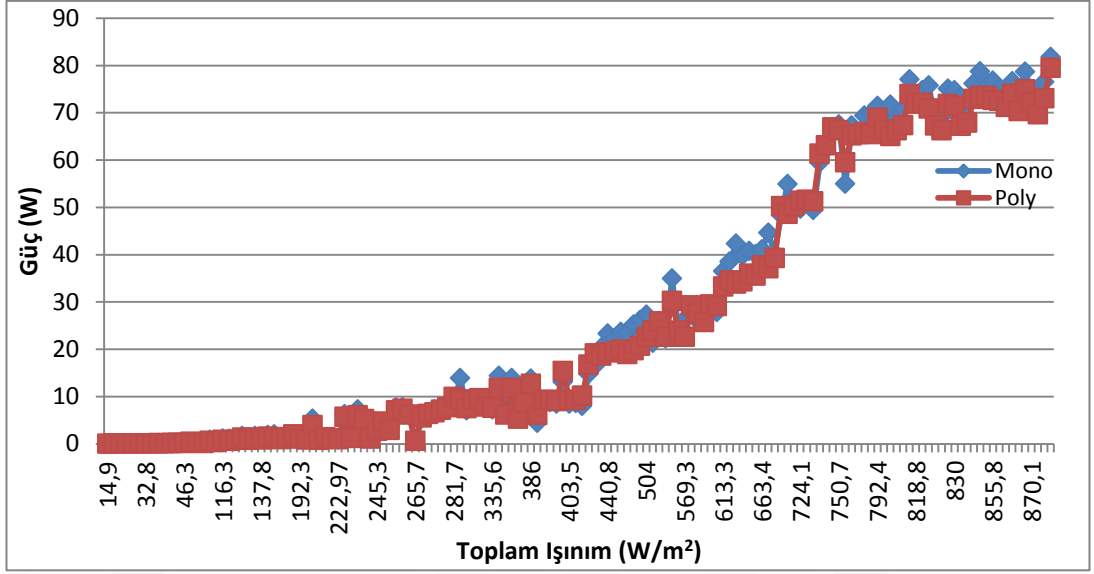
Şekil 4.41’de 70 W yük altında monokristal ve polikristal güneş panellerinin toplam ışınımına bağlı ortalama anlık güç değerleri verilmiştir. İstatistiksel olarak zamana bağlı anlık güç değerleri gerek monokristal gerekse polikristal güneş panellerinde doğrusal dağılım göstermektedir. Şekil 4.41’deki ilişki incelendiğinde monokristal güneş panelinde r^2 değerinin 0,9013 ve polikristal güneş panelinde r^2 değerinin 0,9 olduğu saptanmıştır. Regresyon denklemleri ise aşağıda verilmiştir.

Monokristal Güneş Paneli:

$$y = 0,6614x - 18,113$$

Polikristal Güneş Paneli:

$$y = 0,6409x - 17,731$$



Şekil 4.42. 80 W yük altında monokristal ve polikristal güneş panellerinin toplam ışınımına bağlı ortalama anlık güç değerleri

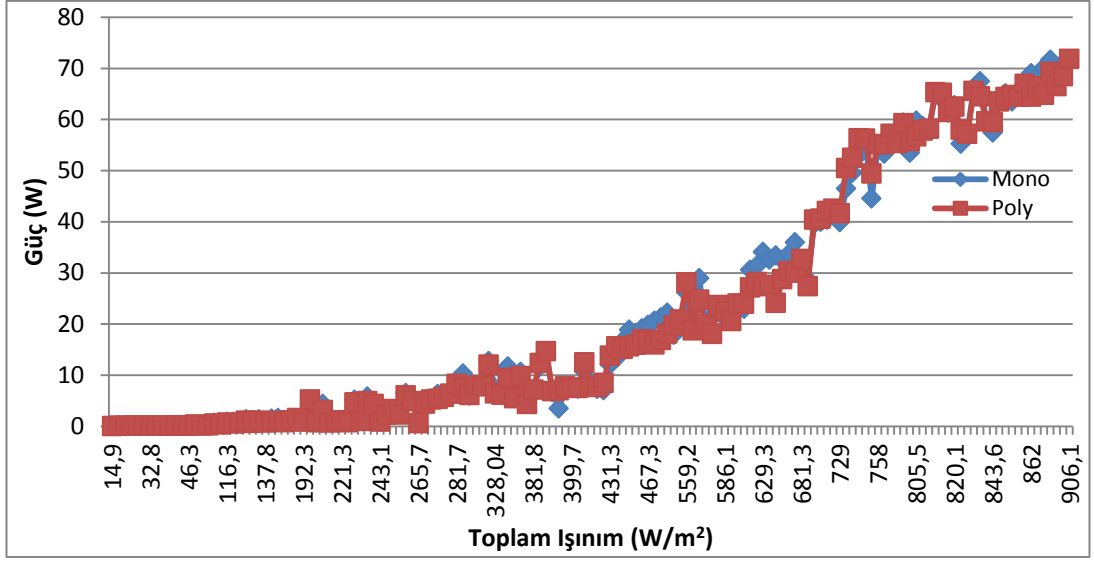
Şekil 4.42’de 80 W yük altında monokristal ve polikristal güneş panellerinin toplam ışınımına bağlı ortalama anlık güç değerleri verilmiştir. İstatistiksel olarak zamana bağlı anlık güç değerleri gerek monokristal gerekse polikristal güneş panellerinde doğrusal dağılım göstermektedir. Şekil 4.42’deki ilişki incelendiğinde monokristal güneş panelinde r^2 değerinin 0,8804 ve polikristal güneş panelinde r^2 değerinin 0,8785 olduğu saptanmıştır. Regresyon denklemleri ise aşağıda verilmiştir.

Monokristal Güneş Paneli:

$$y = 0,6279x - 18,701$$

Polikristal Güneş Paneli:

$$y = 0,6038x - 18,095$$



Şekil 4.43. 90 W yük altında monokristal ve polikristal güneş panellerinin toplam ışınımına bağlı ortalama anlık güç değerleri

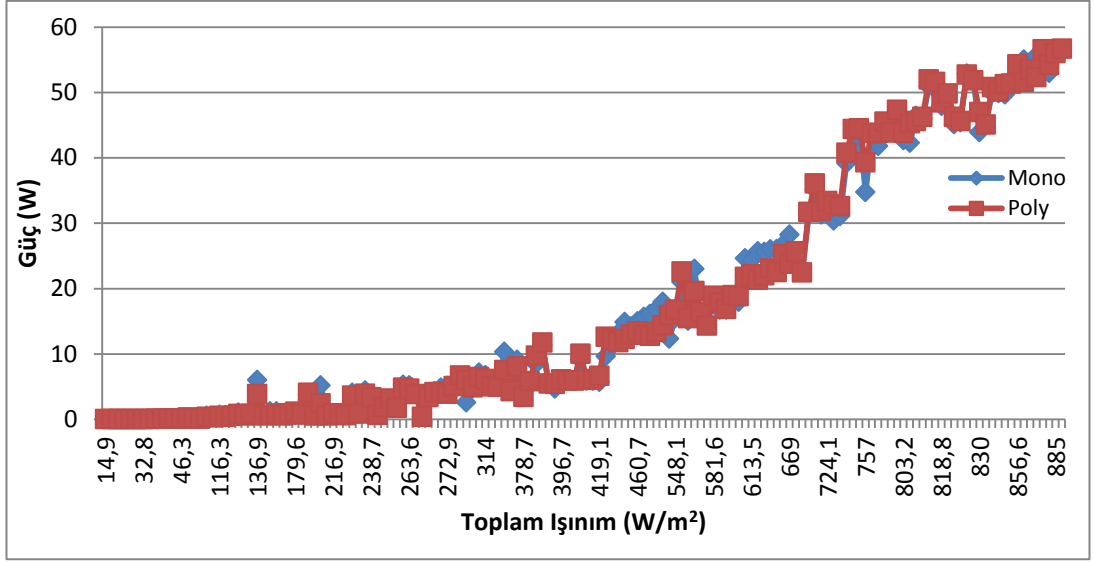
Şekil 4.43’de 90 W yük altında monokristal ve polikristal güneş panellerinin toplam ışınımına bağlı ortalama anlık güç değerleri verilmiştir. İstatistiksel olarak zamana bağlı anlık güç değerleri gerek monokristal gerekse polikristal güneş panellerinde doğrusal dağılım göstermektedir. Şekil 4.43’deki ilişki incelendiğinde monokristal güneş panelinde r^2 değerinin 0,867 ve polikristal güneş panelinde r^2 değerinin 0,8593 olduğu saptanmıştır. Regresyon denklemleri ise aşağıda verilmiştir.

Monokristal Güneş Paneli:

$$y = 0,5095x - 15,829$$

Polikristal Güneş Paneli:

$$y = 0,5055x - 15,946$$



Şekil 4.44. 100 W yük altında monokristal ve polikristal güneş panellerinin toplam ışınımına bağlı ortalama anlık güç değerleri

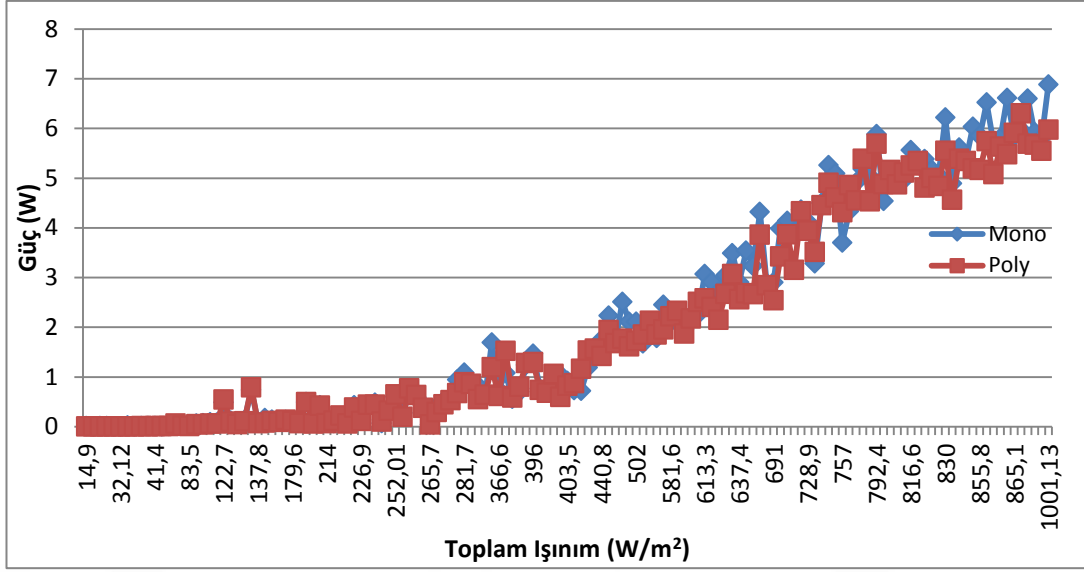
Şekil 4.44’de 100 W yük altında monokristal ve polikristal güneş panellerinin toplam ışınımına bağlı ortalama anlık güç değerleri verilmiştir. İstatistiksel olarak zamana bağlı anlık güç değerleri gerek monokristal gerekse polikristal güneş panellerinde doğrusal dağılım göstermektedir. Şekil 4.44’deki ilişki incelendiğinde monokristal güneş panelinde r^2 değerinin 0,8631 ve polikristal güneş panelinde r^2 değerinin 0,8572 olduğu saptanmıştır. Regresyon denklemleri ise aşağıda verilmiştir.

Monokristal Güneş Paneli:

$$y = 0,3951x - 12,361$$

Polikristal Güneş Paneli:

$$y = 0,3988x - 12,741$$



Şekil 4.45. Kısa devrede monokristal ve polikristal güneş panellerinin toplam ışınımına bağlı anlık güç değerleri

Şekil 4.45’de kısa devrede monokristal ve polikristal güneş panellerinin toplam ışınımına bağlı anlık güç değerleri verilmiştir. İstatistiksel olarak zamana bağlı anlık güç değerleri gerek monokristal gerekse polikristal güneş panellerinde doğrusal dağılım göstermektedir. Şekil 4.45’deki ilişki incelendiğinde monokristal güneş panelinde r^2 değerinin 0,8832 ve polikristal güneş panelinde r^2 değerinin 0,8832 olduğu saptanmıştır. Regresyon denklemleri ise aşağıda verilmiştir.

Monokristal Güneş Paneli:

$$y = 0,0502x - 1,3938$$

Polikristal Güneş Paneli:

$$y = 0,0472x - 1,3104$$

Monokristal ve polikristal güneş panelinin verimlerinin hesaplanmasında monokristal güneş panelinin yüzey alanı $0,578 \text{ m}^2$ ve polikristal güneş panelinin yüzey alanı $0,6016 \text{ m}^2$ olarak saptanmıştır. Yapılan verim hesaplamalarında da monokristal güneş panelinden %15 ve polikristal güneş panelinden %13 verim elde edilmiştir.

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Araştırmada toplam ve direkt güneş ışınımına ilişkin sonuçlar ile monokristal ve polikristal güneş panellerinin zamana ve toplam ışınımına bağlı güç değerlerine ilişkin sonuçlar bu bölümde ayrı başlıklar halinde incelenmiştir.

5.1. Toplam güneş ışınımı sonuçlarının değerlendirilmesi

Türkiye'nin aylık ortalama güneş enerjisi potansiyeli Temmuz ayında en yüksek değerine ulaşmaktadır. Ağustos ayından itibaren ise bu değer düşüş göstermektedir (Karamanav 2007). Dünya'nın Güneş etrafındaki hareketinden kaynaklanan bu durum çalışma kapsamında da gözlemlenmiştir. Deneme periyodunun başlangıcında (15.08.2014) daha yüksek tespit edilen toplam güneş ışınımı değeri, deneme periyodunun sonunda (02.09.2014) düşüş göstermiştir.

Deneme periyodu boyunca 07.00 ile 20.00 saatleri arasında yapılan zamana bağlı ortalama toplam güneş ışınımı değerlerine göre en yüksek güneş ışınımı saat 13.00' da gözlemlenmiş ve $872,8 \text{ W/m}^2$ olarak ölçülmüştür. Deneme periyodu boyunca günlük en yüksek ışınımın gözlemlendiği 13.00'da en düşük 820 W/m^2 ve en yüksek $1001,1 \text{ W/m}^2$ ışınım değerleri saptanmıştır. Toplam güneş ışınımı değerlerine ilişkin sonuçlar incelendiğinde istatistiksel olarak toplam güneş ışınımı değerlerinin ikinci dereceden polinom dağılımı gösterdiği görülmektedir. EİE tarafından yapılan çalışmada da (EİE, 2014) benzer sonuçlar elde edilmiştir (Şekil 1.1).

5.2. Direkt güneş ışınımı sonuçlarının değerlendirilmesi

Deneme periyodu boyunca 07.00 ile 20.00 saatleri arasında yapılan zamana bağlı ortalama direkt güneş ışınımı değerlerine göre en yüksek güneş ışınımı saat 13.00'da gözlemlenmiş ve $758,3 \text{ W/m}^2$ olarak ölçülmüştür. Deneme periyodu boyunca günlük en yüksek ışınımın gözlemlendiği 13.00'da en düşük $656,6 \text{ W/m}^2$ ve en yüksek 828 W/m^2 ışınım değerleri saptanmıştır. Toplam güneş ışınımı değerlerine ilişkin sonuçlar incelendiğinde istatistiksel olarak toplam güneş ışınımı değerlerinin ikinci dereceden polinom dağılımı gösterdiği görülmektedir.

5.3. Monokristal ve polikristal güneş panellerinin zamana bağlı güç değerlerine ilişkin sonuçlarının değerlendirilmesi

Bu bölümde her birinin anma güç değeri 100 W olan monokristal ve polikristal güneş panellerinin 15.08.2014 ile 02.09.2014 tarihleri arasında ortalama olarak ürettikleri anlık güç değerleri tartışılmıştır. Ortalama olarak 07.00 ile 20.00 saatleri arasında yapılan denemelerde; monokristal güneş panelinde en yüksek güç değeri saat 13.00'da gözlemlenmiş ve 76,0 W olarak ölçülmüştür. Deneme periyodu boyunca günlük en yüksek ışınımın gözlemlendiği 13.00'da en düşük güç 72,6 W ve en yüksek güç 87,14 W olarak saptanmıştır. Polikristal güneş panelinde ise en yüksek güç değeri yine saat 13.00' da gözlemlenmiş ve 73,3 W olarak ölçülmüştür. Deneme periyodu boyunca günlük en yüksek ışınımın gözlemlendiği 13.00'da en düşük güç 70,2 W ve en yüksek güç 80,17 W olarak saptanmıştır. İstatistiksel olarak zamana bağlı anlık güç değerleri gerek monokristal gerekse polikristal güneş panellerinde ikinci dereceden polinom dağılımı göstermektedir

5.4. Monokristal ve polikristal güneş panellerinin toplam ışınımına bağlı güç değerlerine ilişkin sonuçların değerlendirilmesi

Bu bölümde her birinin anma güç değeri 100 W olan monokristal ve polikristal güneş panellerinin farklı yükler altında toplam güneş ışınımına bağlı olarak üretebildikleri güç değerlerine ilişkin sonuçlar tartışılmıştır. Deneme periyodu boyunca, monokristal güneş panelinden 10 W'lık yük altında en yüksek 13,56 W, 20 W'lık yük altında en yüksek 26,97 W, 30 W'lık yük altında en yüksek 39,56 W, 40 W'lık yük altında en yüksek 53,39 W, 50 W'lık yük altında en yüksek 62,17, 60 W'lık yük altında en yüksek 74,6 W, 70 W'lık yük altında en yüksek 85,7 W, 80 W'lık yük altında en yüksek 87,14 W, 90 W'lık yük altında en yüksek 79,14 W, 100 W'lık yük altında en yüksek 76,7 W ve kısa devrede ise en yüksek 7,09 W'lık güç elde edilmiştir. . Deneme periyodu boyunca, polikristal güneş panelinden 10 W'lık yük altında en yüksek 13,39 W, 20 W'lık yük altında en yüksek 27,93 W, 30 W'lık yük altında en yüksek 38,55 W, 40 W'lık yük altında en yüksek 47,93 W, 50 W'lık yük altında en yüksek 60,31 W, 60 W'lık yük

altında en yüksek 75,38 W, 70 W'lık yük altında en yüksek 79,55 W, 80 W'lık yük altında en yüksek 80,17 W, 90 W'lık yük altında en yüksek 72,02 W, 100 W'lık yük altında en yüksek 57,4 W ve kısa devrede ise en yüksek 6,3 W'lık güç elde edilmiştir.

Monokristal ve polikristal güneş panellerindeki toplam güneş ışınımına bağlı anlık güç değerleri 10 W, 20 W, 30 W, 40 W, 50 W, 60 W, 70 W, 80 W, 90 W, 100 W ve kısa devre yüklerinde ölçülmüştür. 10 W, 20 W, 30 W, 40 W grafiklerinde yük değerinin üzerindeki grafiğin sabit kalmasının yükten kaynaklandığı görülmektedir. 50 W, 60 W, 70 W, 80 W, 90 W, 100 W ve kısa devre yüklerinde ölçülen monokristal ve polikristal güneş panellerindeki toplam güneş ışınımına bağlı anlık güç değerlerinin ise doğrusal bir artış gösterdiği saptanmıştır.

5.5. Sonuç

Yapılan çalışma sonucunda monokristal güneş panelinden $1001,13 \text{ W/m}^2$ toplam güneş ışınımı altında 87,14 W ve polikristal güneş panelinden $1001,13 \text{ W/m}^2$ toplam güneş ışınımı altında 80,17 W, güç elde edilebileceği görülmüştür. 07.00 ile 20.00 saatleri arasında yapılan denemelerde; ortalama olarak monokristal güneş panelinde en yüksek anlık güç değeri saat 13.00'da gözlemlenmiş ve 76,0 W olarak ölçülmüştür. Polikristal güneş panelinde ise ortalama en yüksek anlık güç değeri yine saat 13.00' da gözlemlenmiş ve 73,3 W olarak ölçülmüştür. Bu çerçevede monokristal güneş panelinin, polikristal güneş panelinden oransal olarak % 4,1 daha fazla anlık güç ürettiği tespit edilmiştir.

Çalışmanın sonucuna göre monokristal güneş panelinden %15 verim elde edilmiştir. Polikristal güneş panelinde ise verim %13 olarak saptanmıştır.

Güneş enerjisinin tarımsal kullanım alanları olarak kurutma, ısıtma, soğutma, aydınlatma, seracılık, su çıkarma ve drenaj işleri, tarımsal amaçlı elektrik üretimi, ısı pompalarının çalıştırılması vb. sayılabilir. Ancak elektrik enerjisinin her alanda olduğu gibi tarımsal alanda da yaygın olması nedeniyle güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretilerek elektriksel güç gerektiren pek çok tarımsal uygulamada kullanımı söz

konusudur. Bu kapsamda çiftlik binalarının tüm elektriksel gereksinimleri, kümeslerin ve ahırların aydınlatılması, kuluçka makinelerinin, çıkım makinelerinin, yumurta sınıflandırma makinelerinin, yem silolarının, klimaların, süt sağım tesislerinin, süt soğutma tanklarının, tarımsal amaçlı soğuk hava depolarının, kurutma tesislerinin, gıda üretimi amaçlı tesislerde kullanılan elektrikli makinelerin ve benzeri pek çok tarımsal amaçlı sistemlerin elektriksel gereksinimlerinin desteklenmesinde güneş enerjisinden faydalanılabilir.



KAYNAKLAR

Akella, A.K., Saini, R.P., Sharma, M.P. 2009. Social, economical and environmental impacts of renewable energy systems. *Renewable Energy*, 34: 390–396.

Anonim 2014a. Enerjinin kullanım alanları. <http://enerjisistemleri.blogspot.com.tr/2010/12/resim-galerisi.html> (Erişim tarihi: 21.12.2014).

Anonim 2014b. <http://yekarum.sdu.edu.tr/assets/uploads/sites/157/files/isparta-valiligi-icin-pv-uretim-tesisleri-teknik-raporu-05052014.pdf> (Erişim tarihi: 21.12.2014).

Anonim 2014c. <http://www.solar-bazaar.com/menus/igeme-yenilenebilir-enerjiler-teknolojileri..pdf> (Erişim tarihi: 21.12.2014).

Anonim 2014d. <http://www.izmirgunesenerjisi.net/p/sebekeye-bagli-on-grid-fotovoltaik-pv.html> (Erişim tarihi: 21.12.2014).

Anonim 2014e. http://www.robotiksistem.com/gunes_panelleri_nedir.html (Erişim tarihi: 23.12.2014).

Anonim 2014f. <http://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/fotovoltaik-sistemlerde-kullanilan-invertorler-%28eviriciler%29/11457#ad-image-0>, (Erişim tarihi: 24.12.2014).

Anonim 2014g. <http://www.elektrikport.com/universite/olcum-cihaz-ozellikleri-ve-kullanimi-%5Bozel-dosya%5D/8539#ad-image-0>(Erişim tarihi: 24.12.2014).

Anonim 2014h. <http://www.akunedir.com/>(Erişim tarihi: 24.12.2014).

Anonim 2014i. <http://www.deparsolar.com/sayfa1.asp?id=396>(Erişim tarihi: 24.12.2014).

Anonim 2014j. http://www.cimo.com.tr/category.php?id_category=7(Erişim tarihi: 24.12.2014).

Anonim 2014k. http://www.chip.com.tr/blog/pcdelisi/regulator-nedir-ne-ise-yayar_4474.html (Erişim tarihi: 24.12.2014).

Arı, V. 2007. Türkiye enerji kaynakları, enerji, planlaması ve enerji stratejileri. *Yüksek Lisans Tezi*, ÇÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana.

Bahadori, A., Nwaoha, C. 2013. A review on solar energy utilisation in Australia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 18: 1-5.

Bard, E., Raisbeck, G., Yiou, F., Jouzel, J., 2000. Solar irradiance during the last 1200 years based on cosmogenic nuclides. *Tellus* ISSN 0280–6509 52B 985–992.

Baris, K., Kucukali, S. 2012. Availability of renewable energy sources in Turkey: Current situation, potential, government policies and the EU perspective. *Energy Policy*, 42: 377–391.

Benli, H. 2013. Potential of renewable energy in electrical energy production and sustainable energy development of Turkey: Performance and policies. *Renewable Energy*, 50: 33-46.

Beyoğlu, M.F. 2011. Balıkesir ilinde çift eksenli güneş takip sistemi ile sabit eksenli PV sistemin verimlerinin karşılaştırılması. *Yüksek Lisans Tezi*, BÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Balıkesir.

Chua, S.C., Oh, T.H. 2012. Solar energy outlook in Malaysia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16: 564-574.

Çetin, M., Eğrican, N. 2011. Employment impacts of solar energy in Turkey. *Energy Policy*, 39: 7184–7190.

Devabhaktuni, V., Alam, M., Depuru, S.S.S.R., Green, R.C., Nims, D., Near, C. 2013. Solar energy: Trends and enabling Technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 19: 555–564.

Dinçer, F. 2011a. The analysis on photovoltaic electricity generation status, potential and policies of the leading countries in solar energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15: 713–720.

Dinçer, F. 2011b. Overview of the photovoltaic technology status and perspective in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15: 3768–3779.

Demiroren, A., Yilmaz, U. 2010. Analysis of change in electric energy cost with using renewable energy sources in Gökceada, Turkey: An island example. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14: 323-333.

Duffie, J.A., Beckman, W.A., 1980. Solar engineering of thermal processes. A Eiley-Interscience Publication, s.761, New York.

EİE, 2014. Yenilenebilir enerji genel müdürlüğü, <http://www.eie.gov.tr/eie-web/turkce/YEK/gunes/tgues.html>(Erişim tarihi: 20.12.2014).

Evrendilek, F., Ertekin, C. 2003. Assessing the potential of renewable energy sources in Turkey. *Renewable Energy*, 28: 2303–2315.

Gopal, C., Mohanraj, M., Chandramohan, P., Chandrasekar, P. 2013. Renewable energy source water pumping systems—A literature review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 25: 351-370.

Haselhuhn, R., Hemmerle, C. 2012. Temeller: Fotovoltaik sistemler, Editörler: Çatakli, M., Çatakli Enerji Yayıncılık, İstanbul, s. 3-69.

Ismael, A.I. 2012. Monokristal güneş paneli sistemlerinde elektrik enerji analizi. *Yüksek Lisans Tezi*, GÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.

Karamanav, M. 2007. Güneş enerjisi ve güneş panelleri. *Yüksek Lisans Tezi*, SÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektronik Bilgisayar Eğitimi Anabilim Dalı, Sakarya.

Kaygusuz, K. 2011. Prospect of concentrating solar power in Turkey: The sustainable future. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15: 808-814.

Melikoglu, M. 2013. Vision 2023: Feasibility analysis of Turkey's renewable energy projection. *Renewable Energy*, 50: 570-575.

Oğulata, R.T., Oğulata, S.N., 2002. Solar radiation on Adana, Turkey. *Applied Energy*, 71(4): 351-358.

Oluklulu, Ç. 2001. Güneş enerjisinden etkin olarak yararlanmada kullanılan fotovoltaik modüller, boyutlandırılmaları ve mimaride kullanım olanakları üzerine bir araştırma. *Yüksek Lisans Tezi*, GÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Ankara.

Özgöçmen, A. 2007. Güneş panelleri kullanarak elektrik üretimi. *Yüksek Lisans Tezi*, GÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.

Öztürk, H. 2008a. Yenilenebilir enerji kaynakları ve kullanımı. Teknik Yayınevi, Ankara, 367 s.

Öztürk, H. 2008b. Güneş enerjisi ve uygulamaları. Birsen Yayınevi, İstanbul, 277 s.

Öztürk, H.H., Kaya, D 2013. Güneş enerjisinden elektrik üretimi: Fotovoltaik teknoloji. Umuttepe Yayınları, Kocaeli, 417 s.

Parida, P., Iniyana, S., Goic, R. 2011. A review of solar photovoltaic technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15: 1625-1636.

Patel, M.R. 1999. Wind and Solar Power Systems. CRC Press, Washington, D.C. 351 s.

Saloux, E., Teysseidou, A., Sorin, M. 2013. Analysis of photovoltaic (PV) and photovoltaic/thermal (PV/T) systems using the exergy method. *Energy and Buildings*, 67: 275-285.

Sözen, A., Arcaklioglu, E. 2005. Solar potential in Turkey. *Applied Energy*, 80: 35-45.

Strebkov, D.S., Irodionov, A.E., Tarasov, V.P., Bazarova, E.G., 2008. “Optimum orientation of a nontracking solar concentrator”. *Thermal Engineering ISSN 0040-6015*, 55(12),.997-1000.

Stritih, U., Osterman, E., Evliya, H., Butala, V., Paksoy, H. 2013. Exploiting solar energy potential through thermal energy storage in Slovenia and Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 25: 442-461.

Tırıs, M., Kadirgan, F., 1997. Recent advances in solar energy technology. TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Enerji Sistemleri ve Çevre Araştırma Enstitüsü Yayınları, s.173, Gebze, Kocaeli.

Tian, Y., Zhao, C.Y. 2013. A review of solar collectors and thermal energy storage in solar thermal applications. *Applied Energy*, 104: 538–553.

Topkaya, S.O. 2012. A discussion on recent developments in Turkey’s emerging solar power market. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16: 3754-3765.

Turhan, S., Çetiner, İ. 2012. Fotovoltaik sistemlerde performans değerlendirmesi. 6.Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu, 12 – 13 Nisan 2012, Uludağ Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi - Görükle Kampüsü - Bursa

Tyagi, V.V., Rahim, N.A.A., Rahim, N.A., Selvaraj, J.A./L. 2013. Progress in solar PV technology: Research and achievement. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 20: 443-461.

Vardar, A., Çetin, A. 2013. Eğitim Kurumlarındaki Elektrik Enerjisi Gereksiniminin Güneş Işınımından Elektrik Üreten Fotovoltaik Sistemlerle Desteklenmesi. ICEE Energy & Environment, 9-10 May, 2013, Porto, Portekiz.

Yiğit, A., Atmaca, İ. 2010. Güneş enerjisi. Alfa Aktüel, Bursa, 216 s.

Yue, C., Huang, G. 2011. An evaluation of domestic solar energy potential in Taiwan incorporating land use analysis. *Energy Policy*, 39: 7988–8002.

Zhang, X., Zhao, X., Xu, J., Yu, X. 2013. Characterization of a solar photovoltaic/loop-heat-pipe heat pump water heating system. *Applied Energy*, 102: 1229–1245.

Wade, N.S., Short, T.D. 2012. Optimization of a linear actuator for use in a solar powered water pump. *Solar Energy*, 86: 867–876.

Wallin, J., Bastien, D., Claesson, J. 2012. The influence of energy conservation on the performance of solar thermal systems – A cold country case study. *Energy Procedia*, 30: 1069 – 1078.

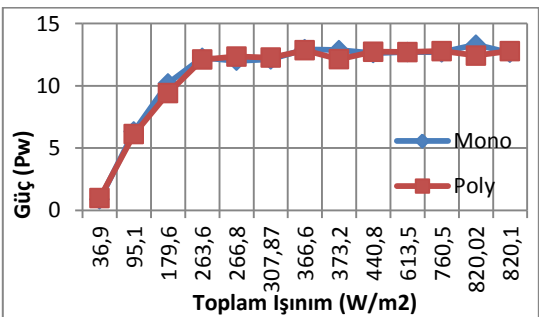
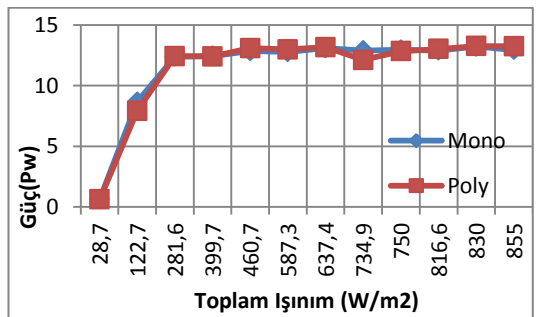
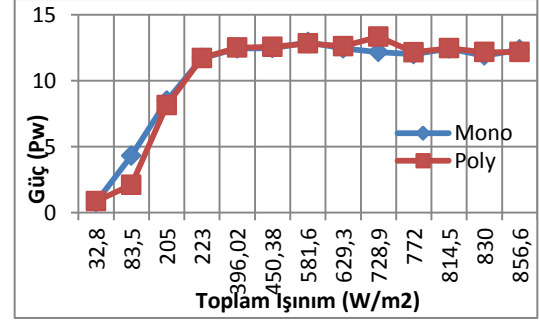
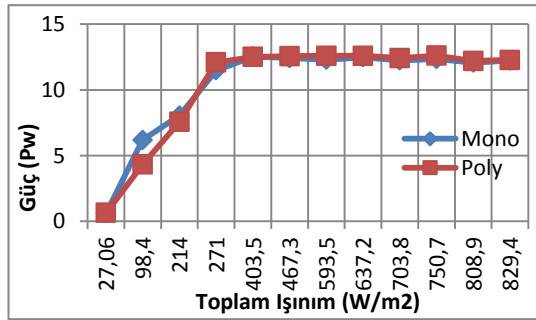
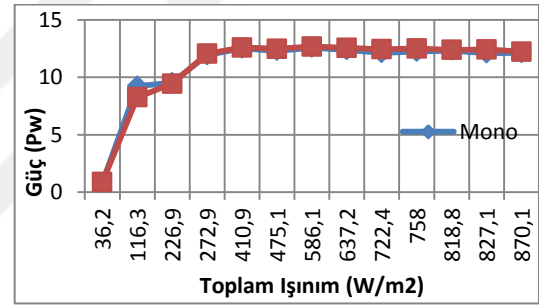
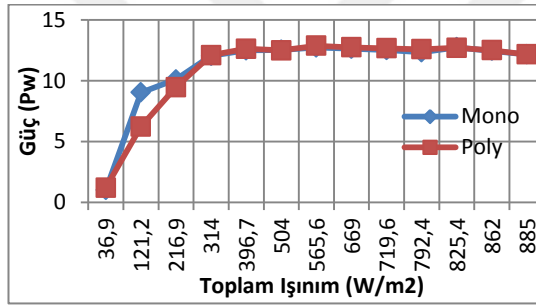
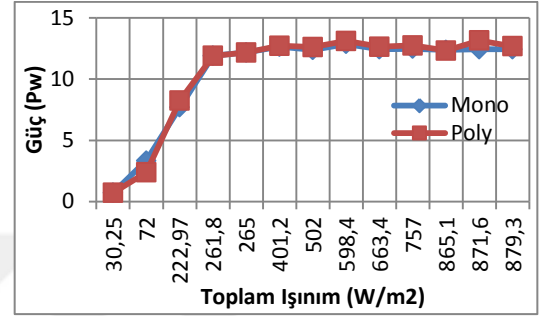
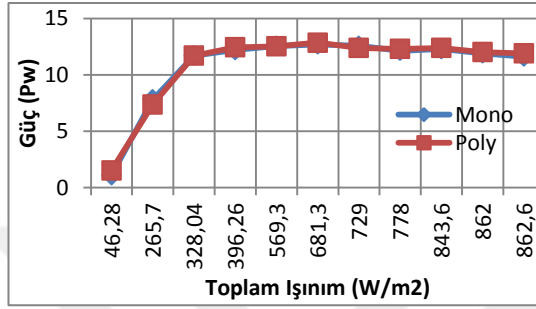


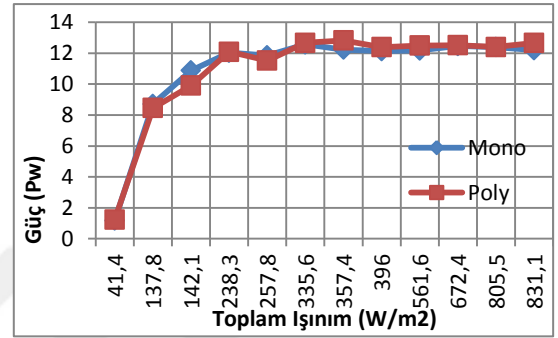
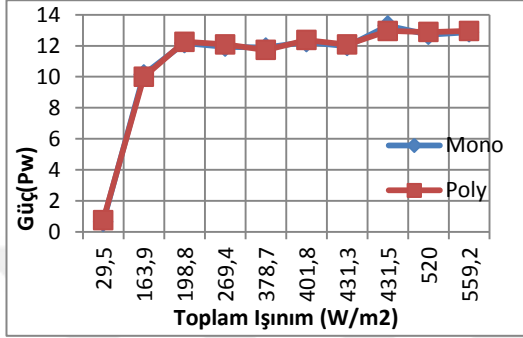
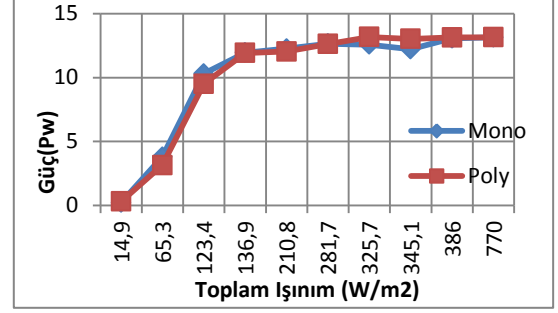
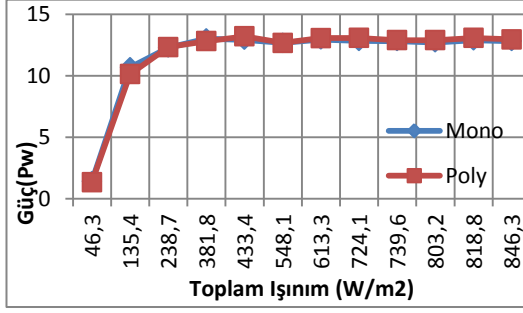
EKLER

EK-1

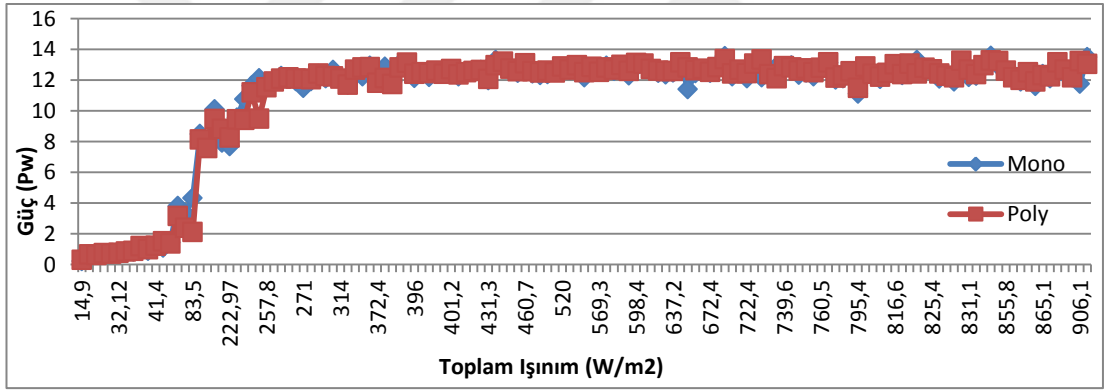
TOPLAM IŞINIMA BAĞLI GÜÇ GRAFİKLERİ

15.08.2014-02.09.2014 tarihleri arasındaki 10 Watt için güneş panellerindeki toplam ışınımına bağlı güç grafikleri:

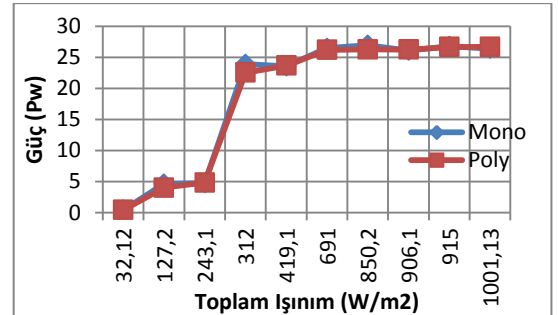
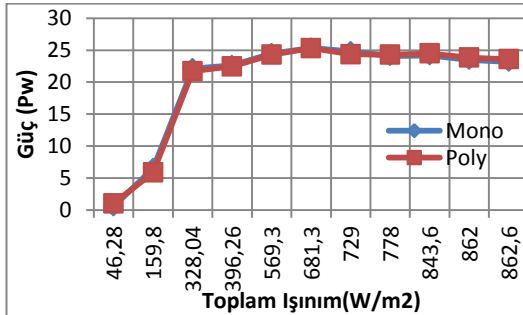


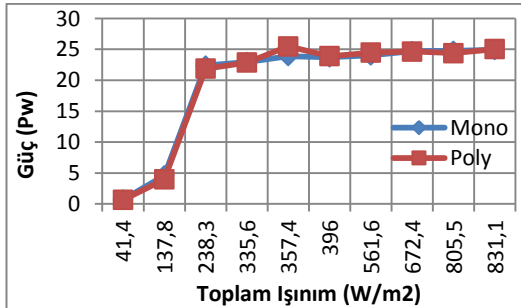
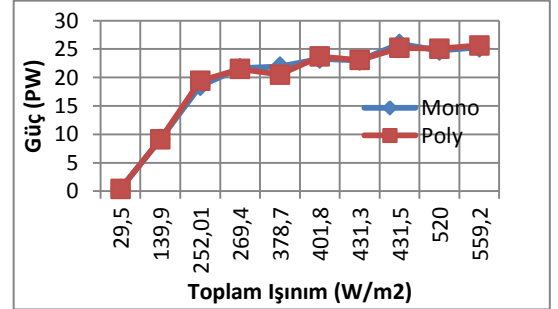
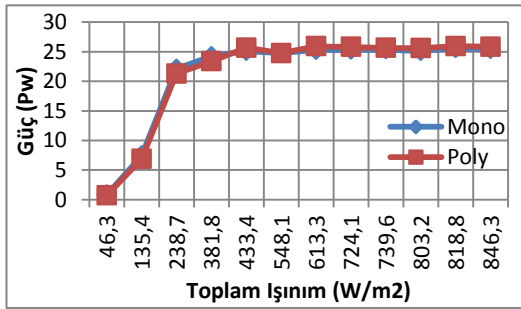
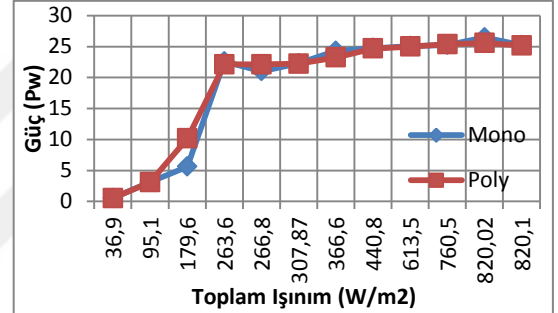
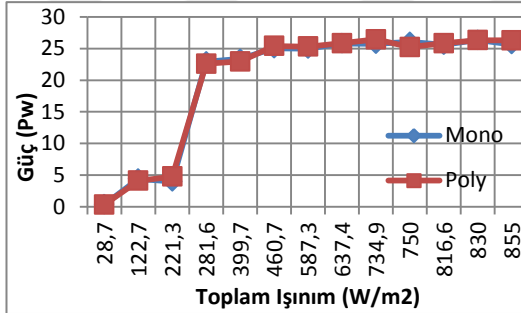
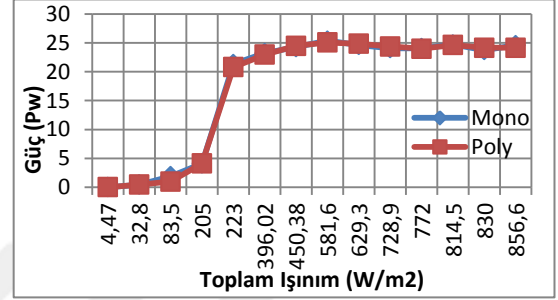
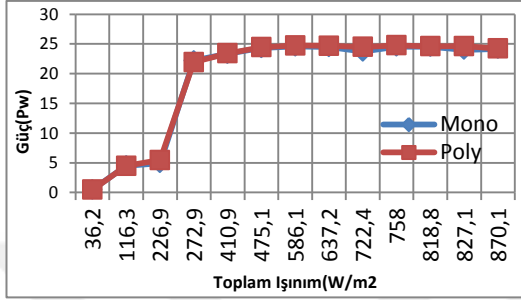
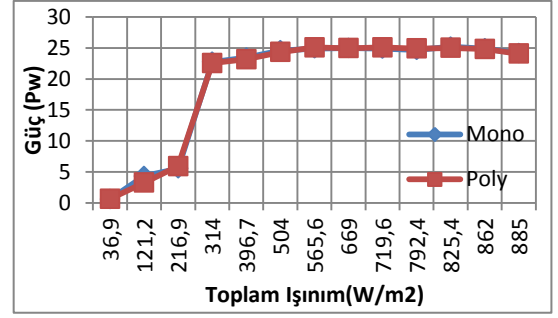
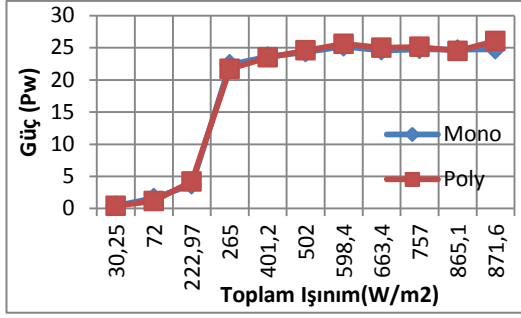


10 Watt için güneş panellerindeki toplam ışınımına bağlı ortalama güç grafiği

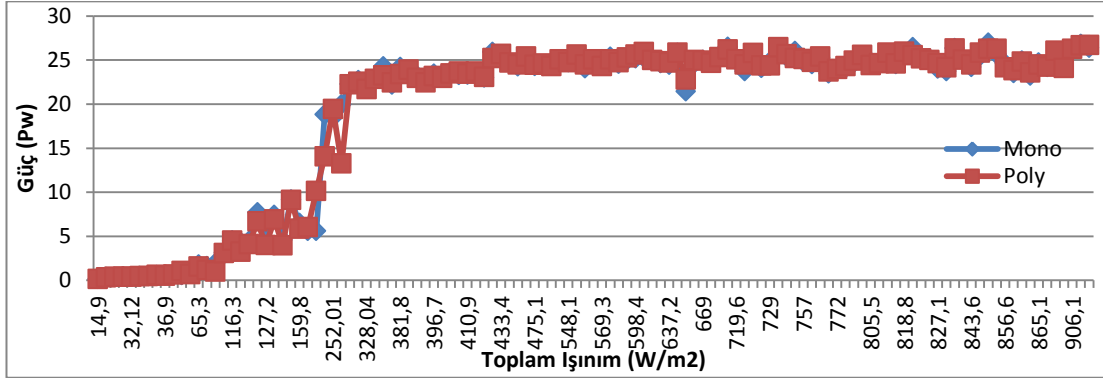


15.08.2014-02.09.2014 tarihleri arasındaki 20 Watt için güneş panellerindeki toplam ışınımına bağlı güç grafikleri

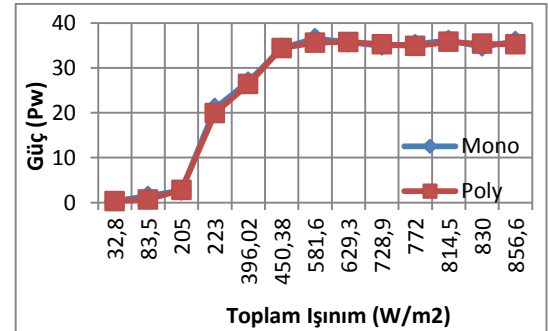
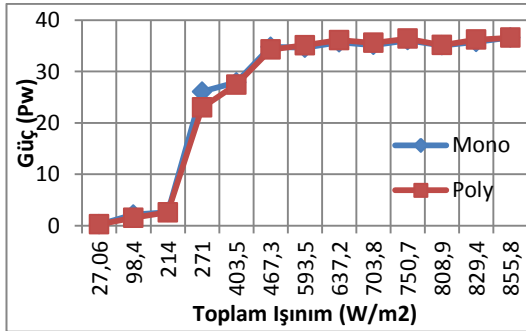
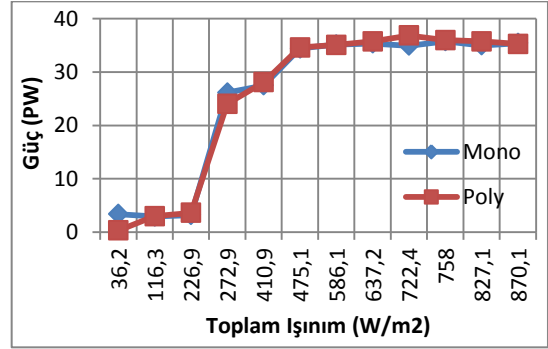
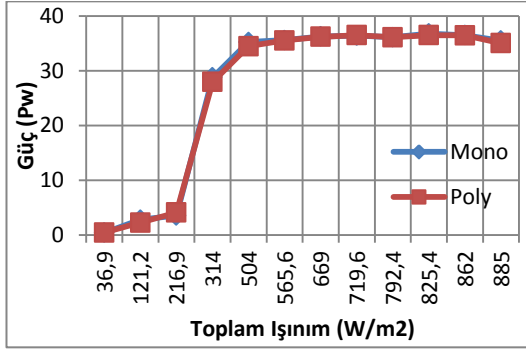
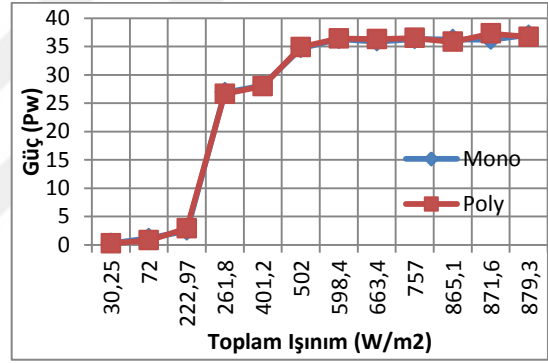
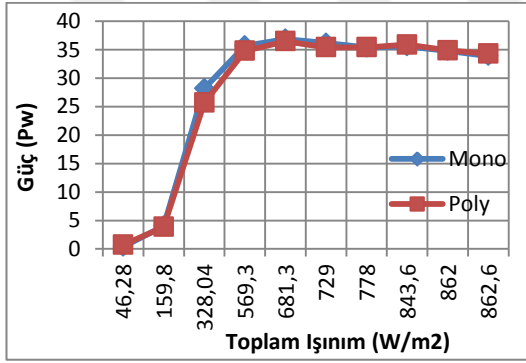


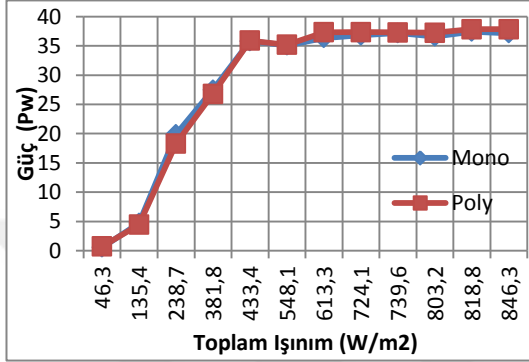
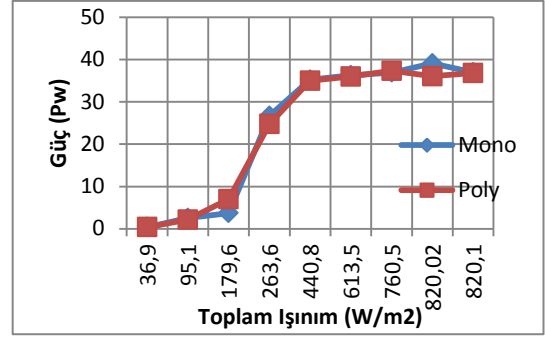
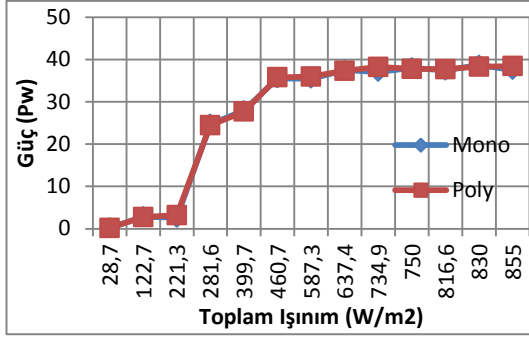


20 Watt için güneş panellerindeki toplam ışınımına bağlı ortalama güç grafiği

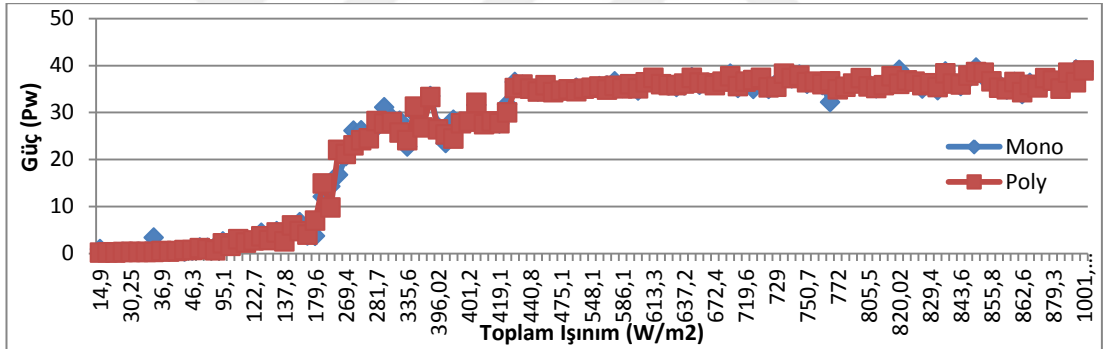


15.08.2014-02.09.2014 tarihleri arasındaki 30 Watt için güneş panellerindeki toplam ışınımına bağlı güç grafikleri

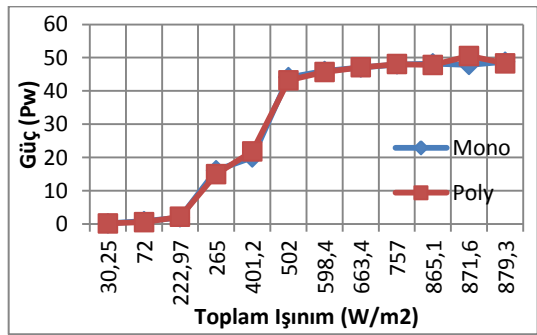
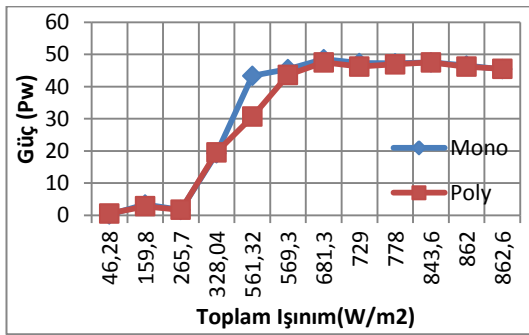


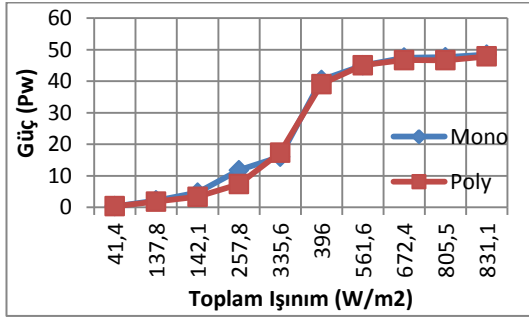
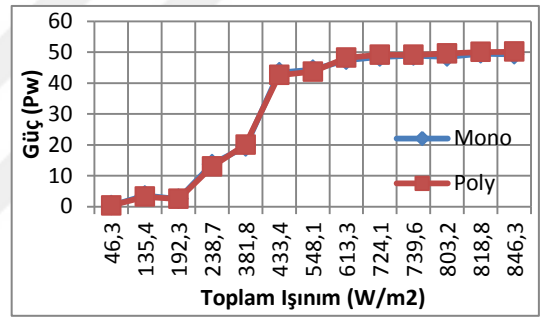
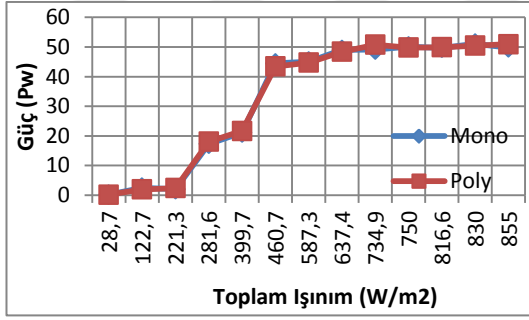
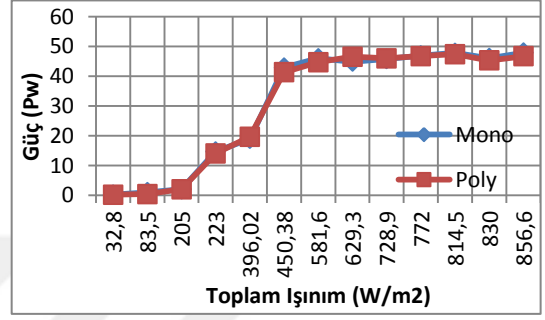
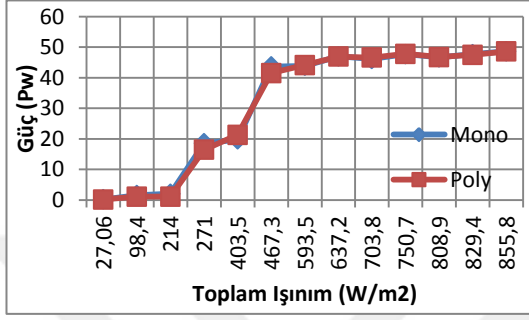
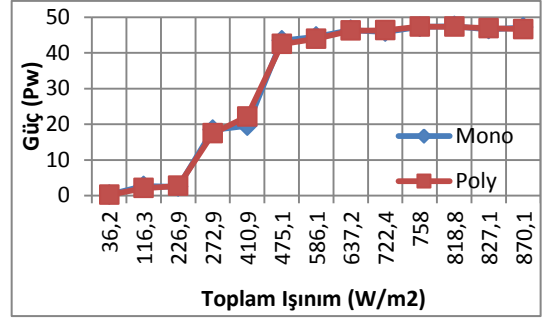
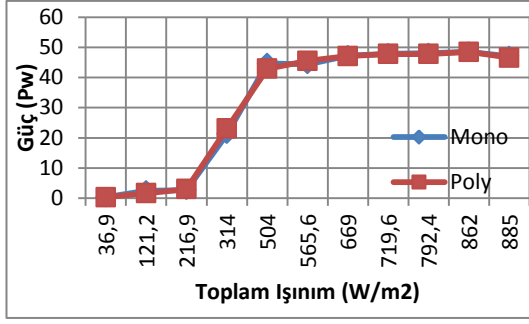


30 Watt için güneş panellerindeki toplam ışıma bağlı ortalama güç grafiği

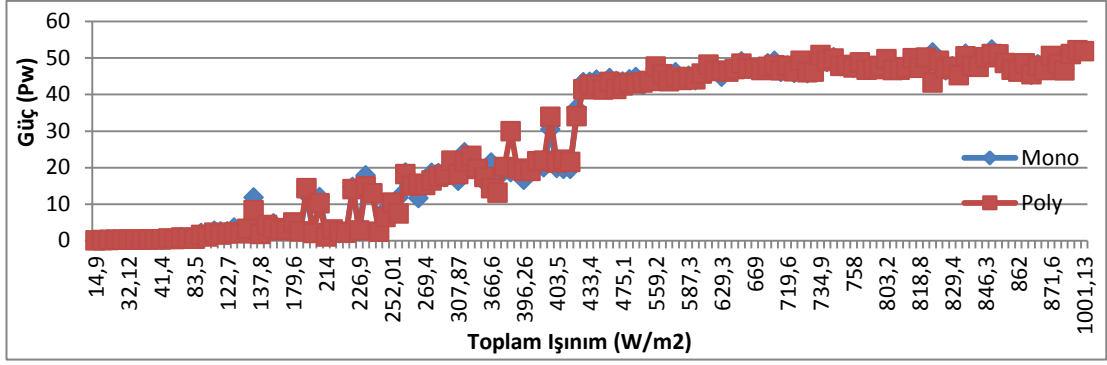


15.08.2014-02.09.2014 tarihleri arasındaki 40 Watt için güneş panellerindeki toplam ışıma bağlı güç grafikleri:

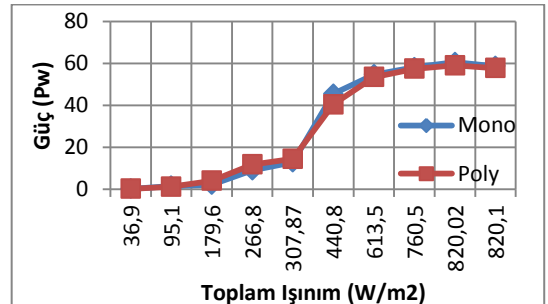
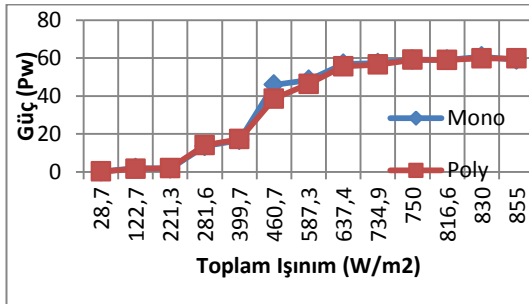
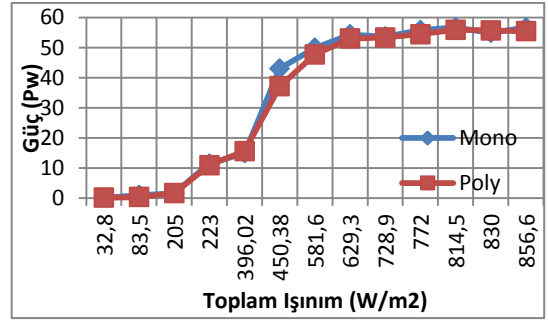
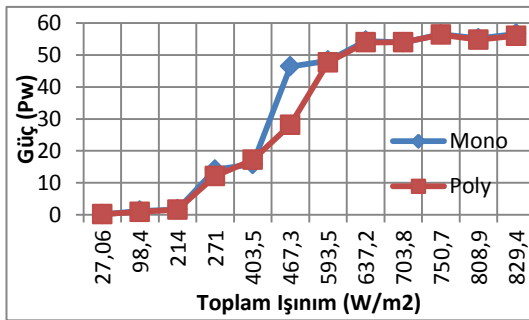
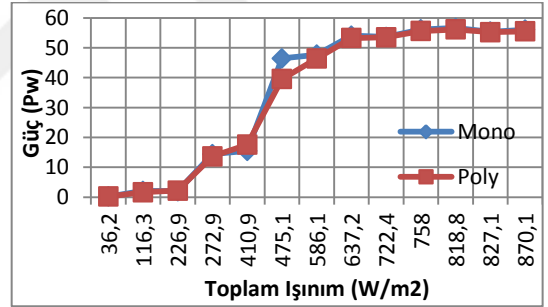
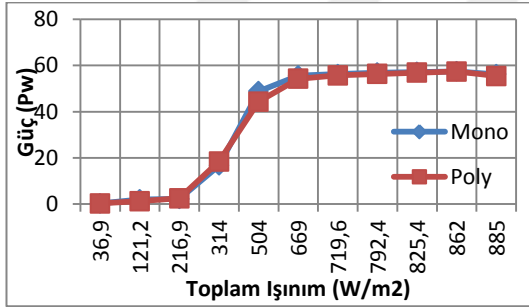
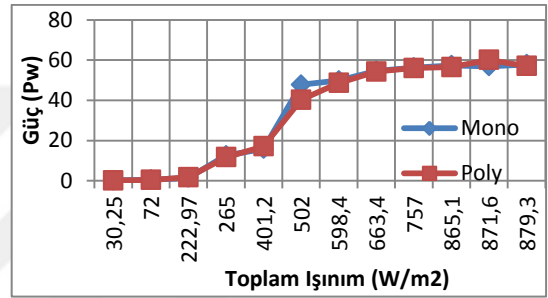
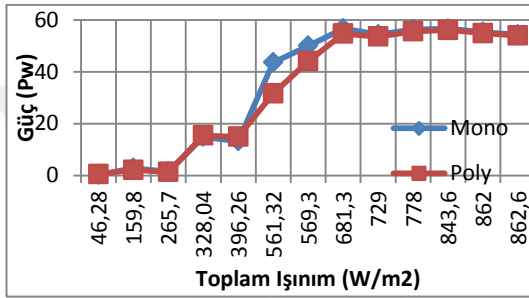


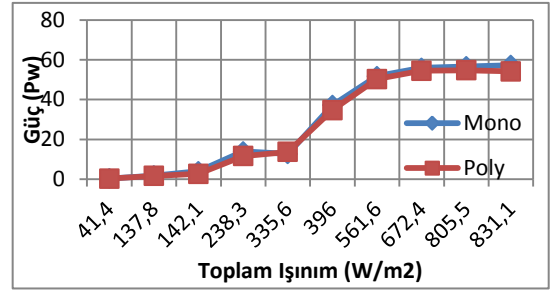
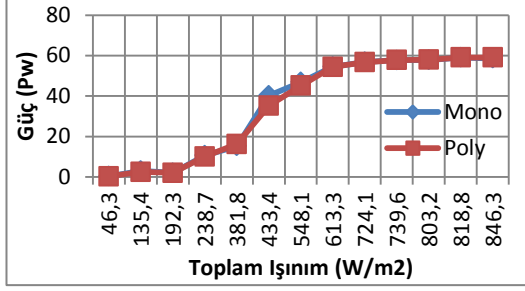


40 Watt için güneş panellerindeki toplam ışınımına bağlı ortalama güç değerleri

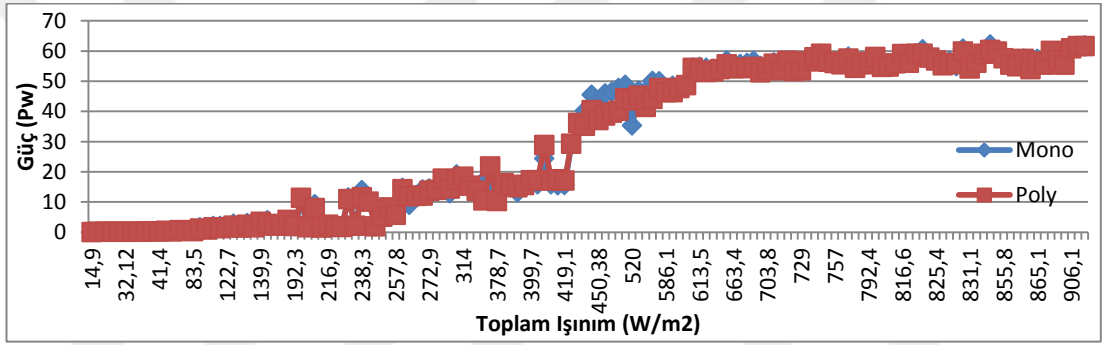


15.08.2014-02.09.2014 tarihleri arasındaki 50 Watt için güneş panellerindeki toplam ışınımına bağlı güç grafikleri:

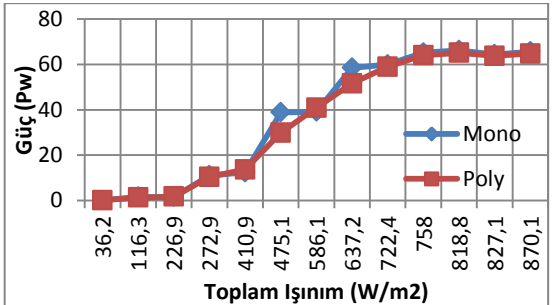
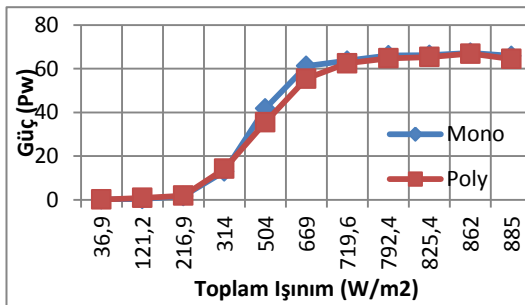
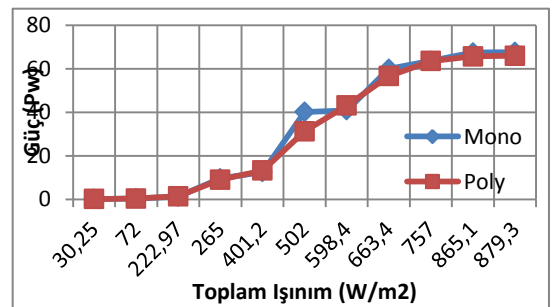
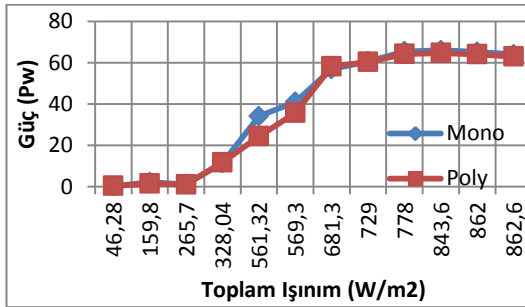


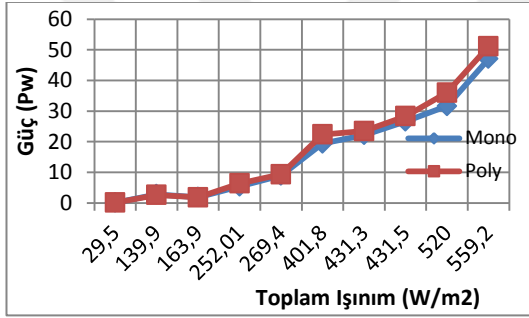
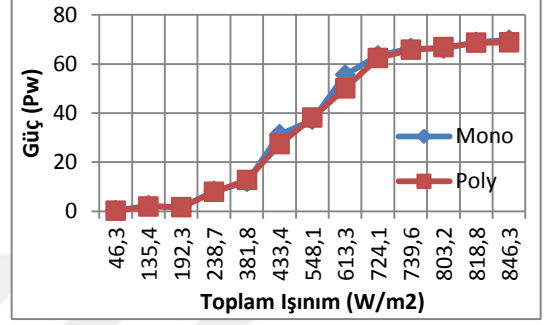
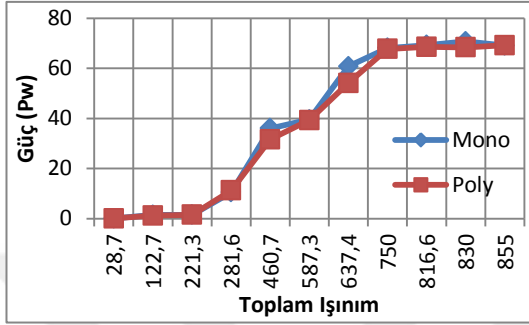
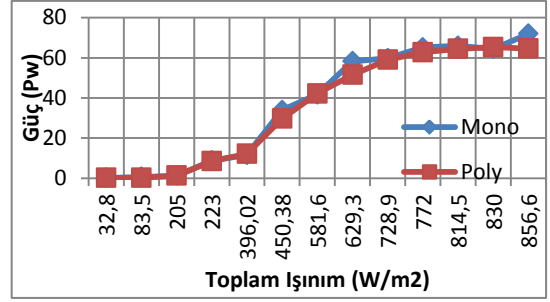
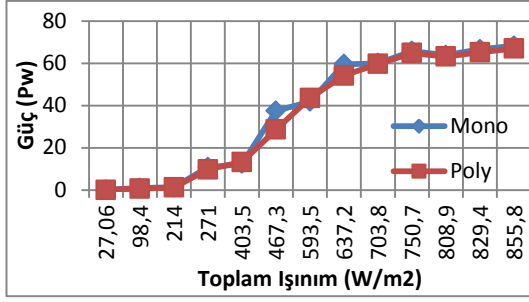


50 Watt için güneş panellerindeki toplam ışınlıma bağlı ortalama güç değerleri

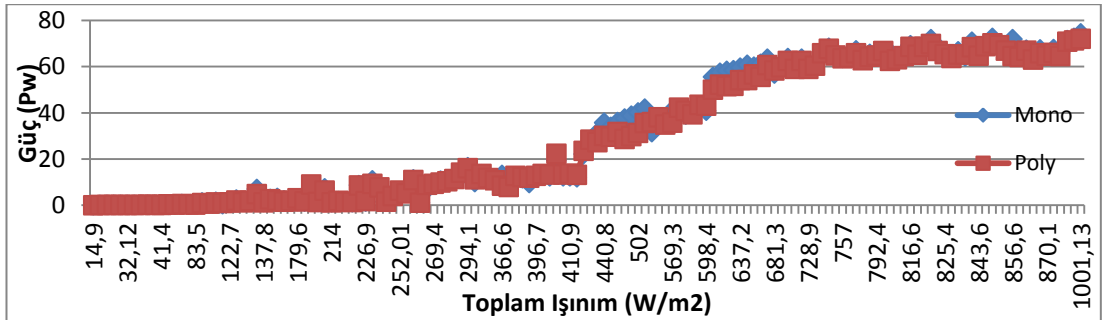


15.08.2014-02.09.2014 tarihleri arasındaki 60 Watt için güneş panellerindeki toplam ışınlıma bağlı güç grafikleri:

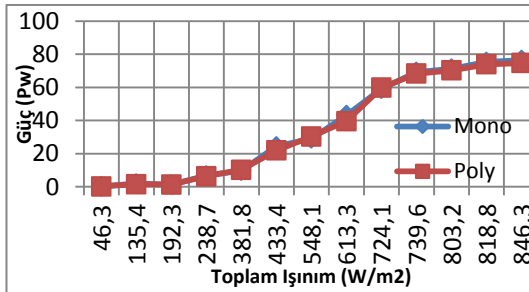
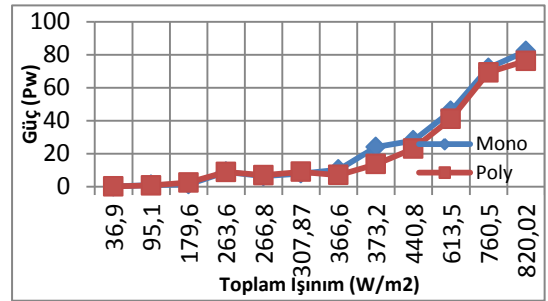
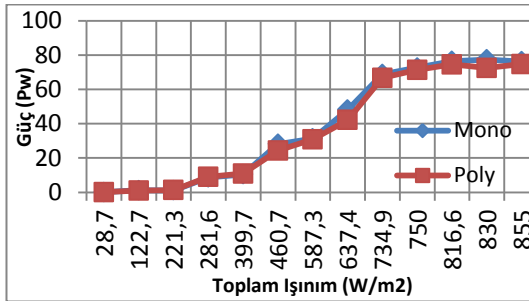
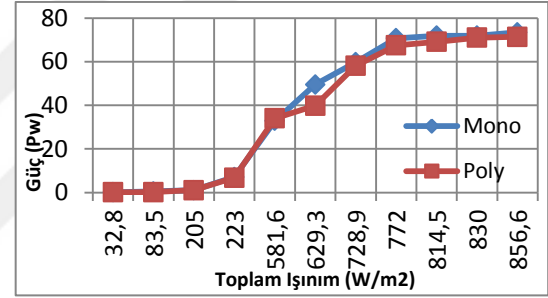
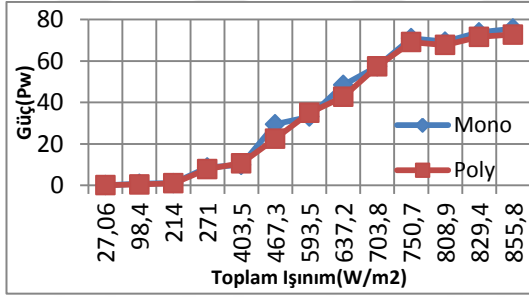
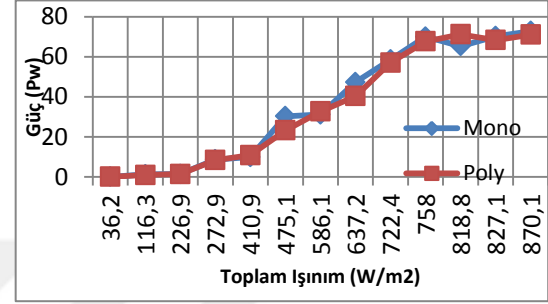
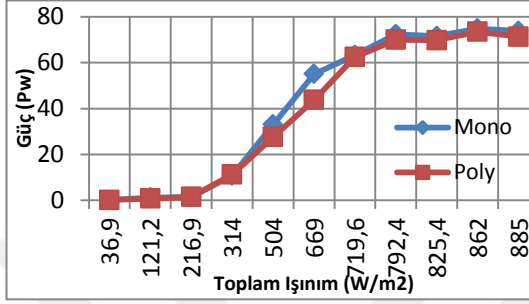
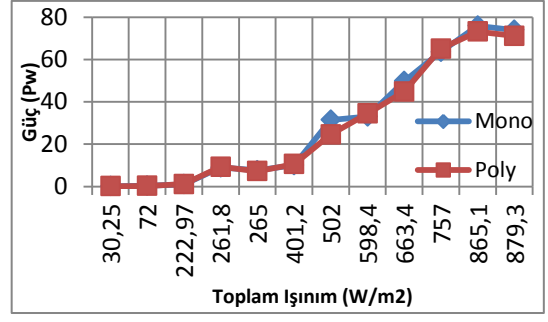
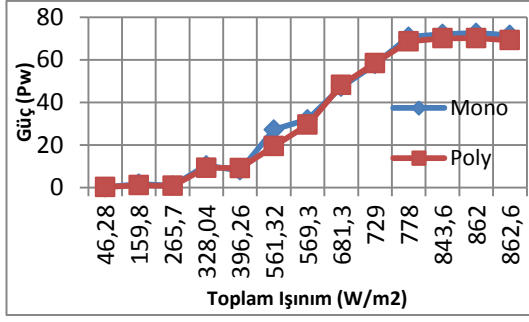




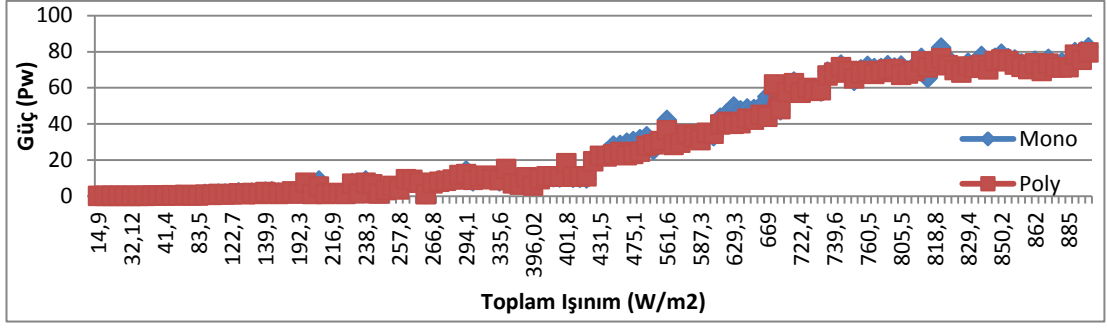
60 Watt için güneş panellerindeki toplam ışınımına bağlı ortalama güç değerleri



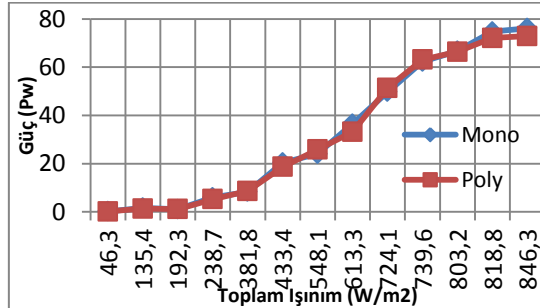
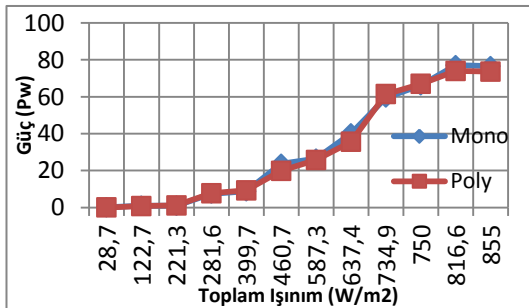
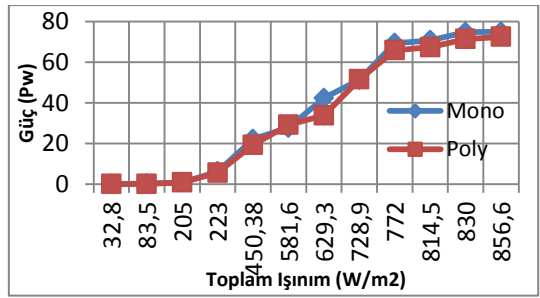
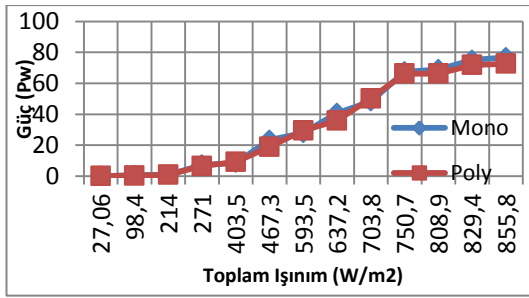
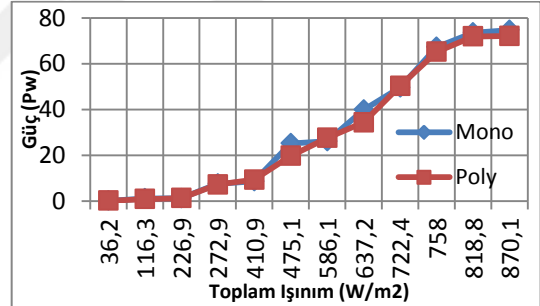
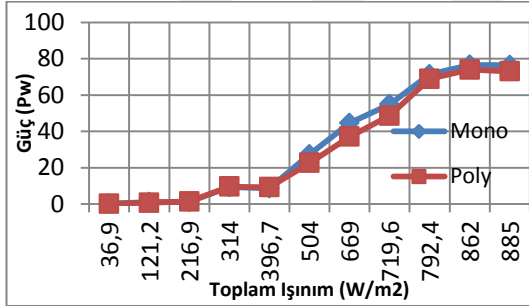
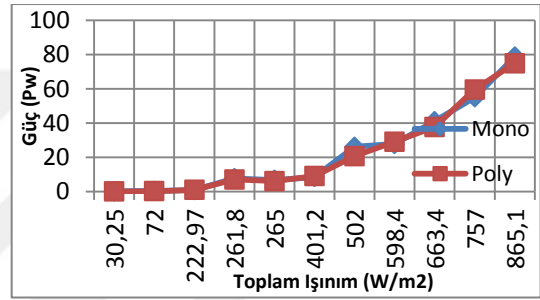
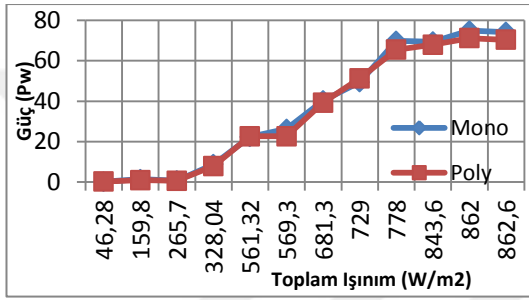
15.08.2014-02.09.2014 tarihleri arasındaki 70 Watt için güneş panellerindeki toplam ışınımına bağlı güç grafikleri:

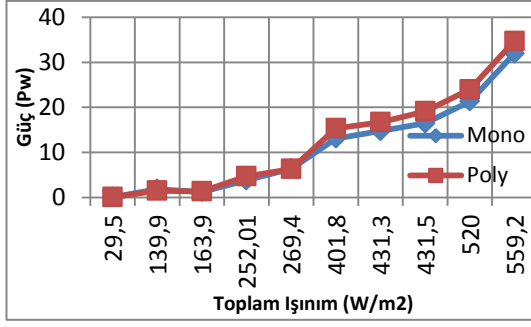


70 Watt için güneş panellerindeki toplam ışınlıma bağlı ortalama güç değerleri

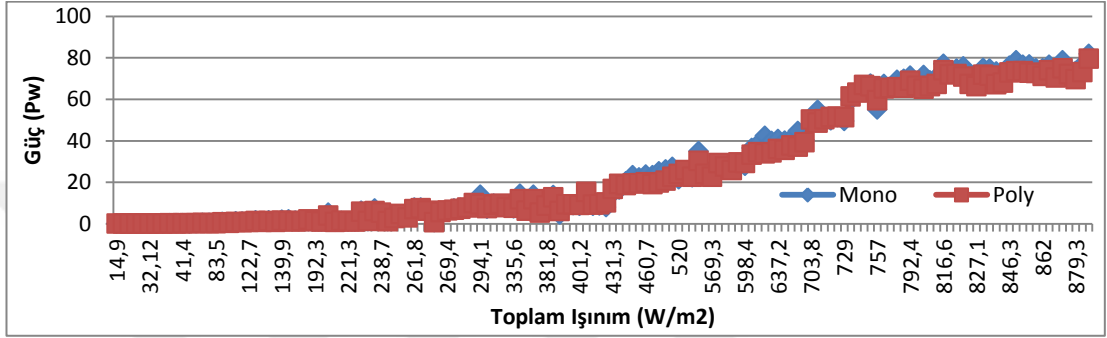


15.08.2014-02.09.2014 tarihleri arasındaki 80 Watt için güneş panellerindeki toplam ışınımaya bağlı güç grafikleri:

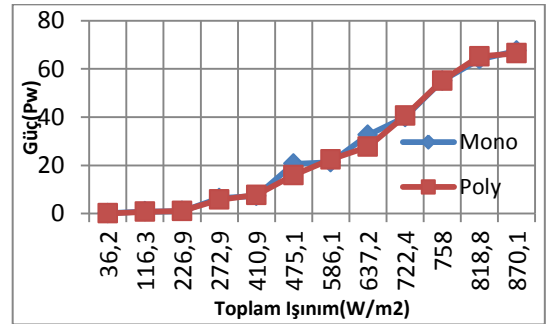
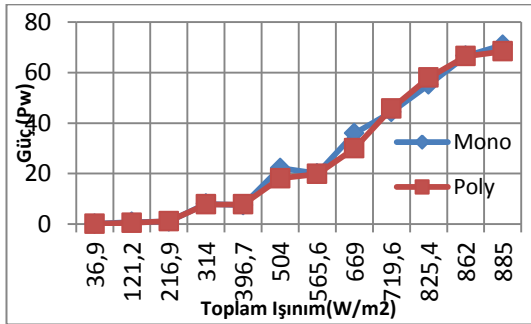
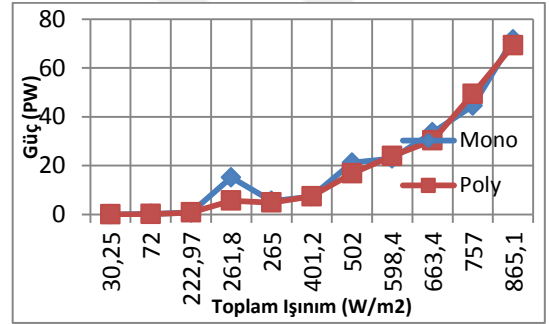
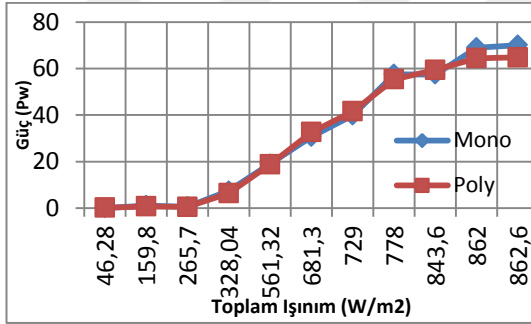


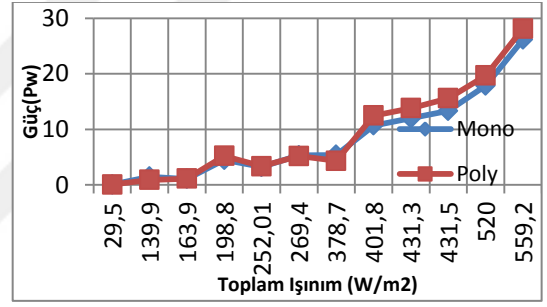
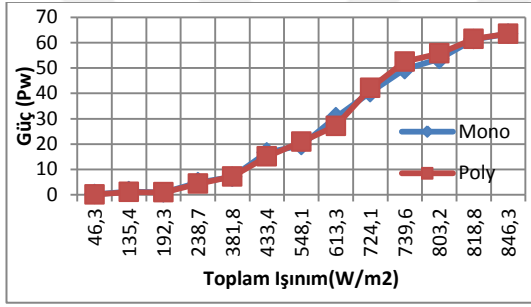
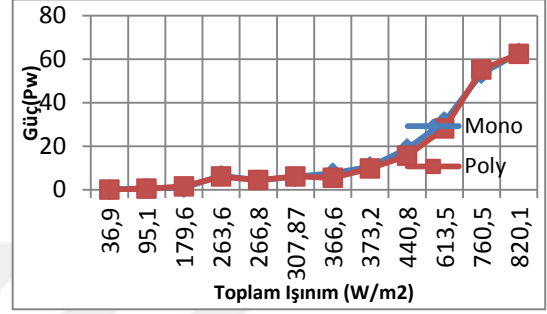
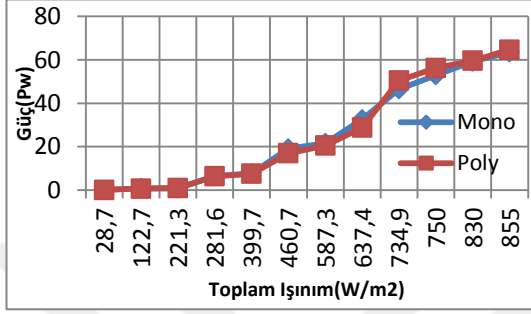
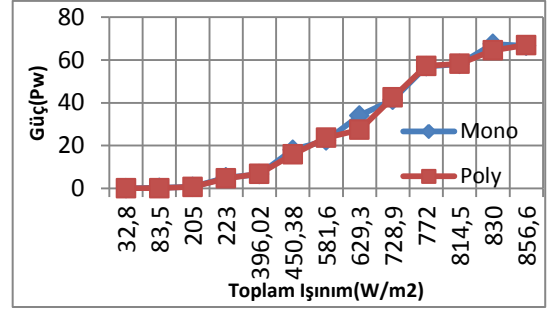
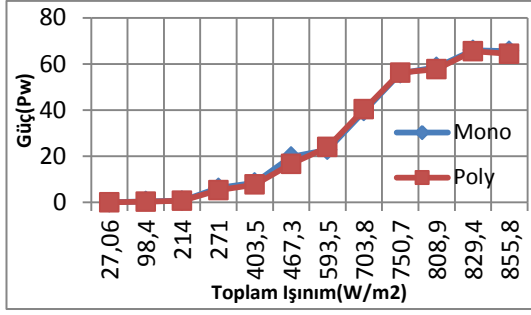


80 Watt için güneş panellerindeki toplam ışınımına bağlı ortalama güç değerleri

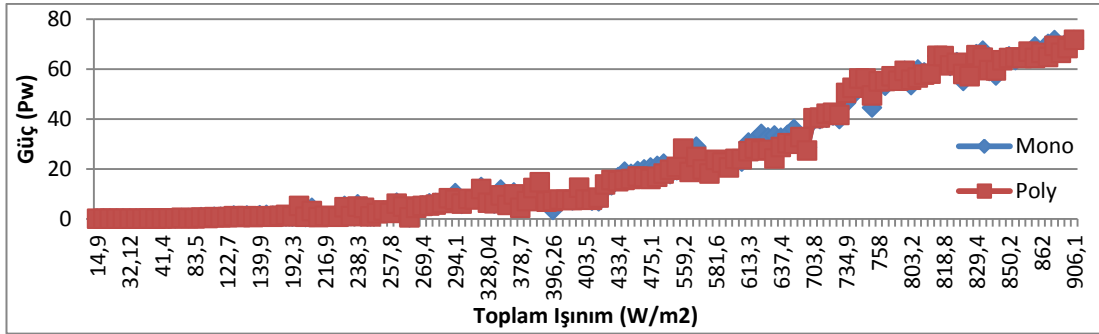


15.08.2014-02.09.2014 tarihleri arasındaki 90 Watt için güneş panellerindeki toplam ışınımına bağlı güç grafikleri:

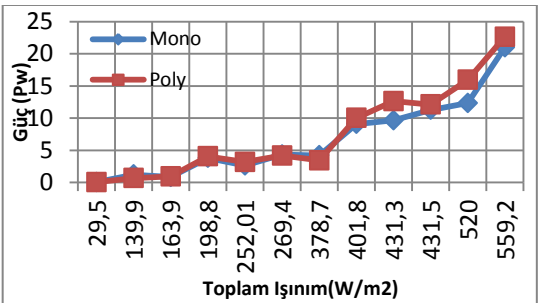
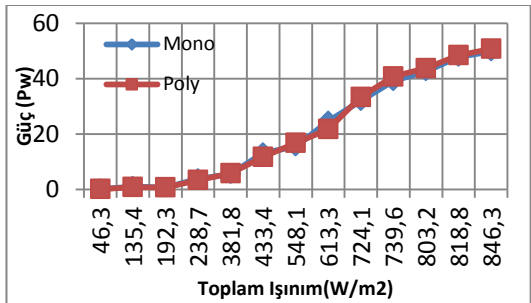
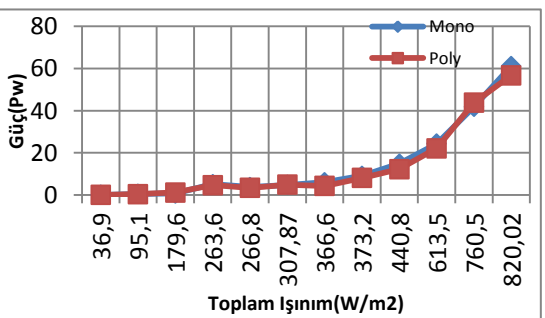
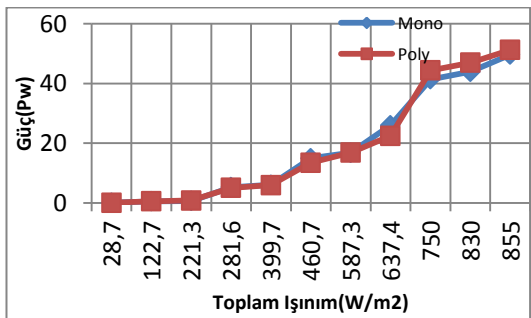
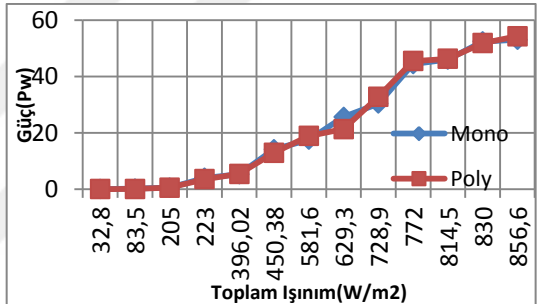
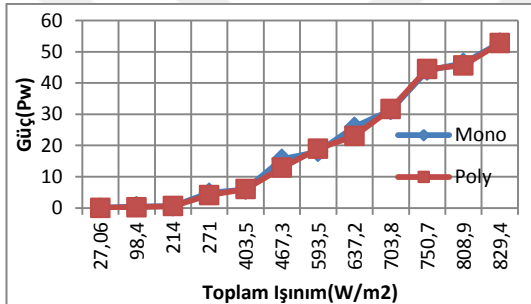
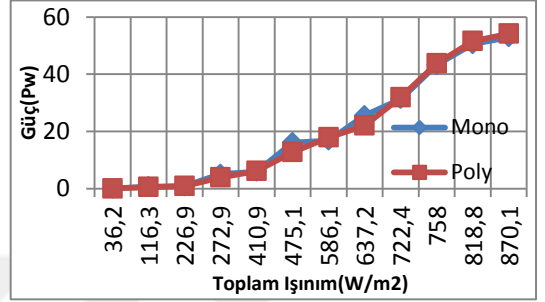
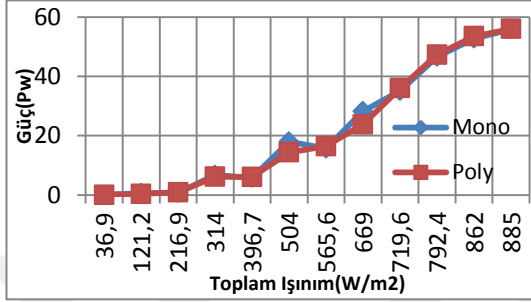
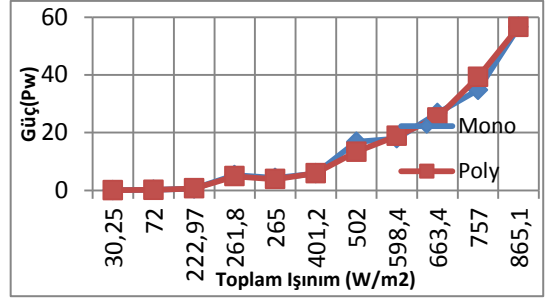
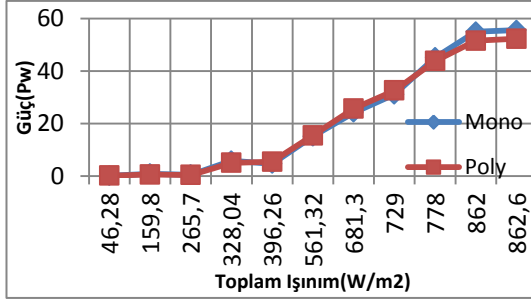




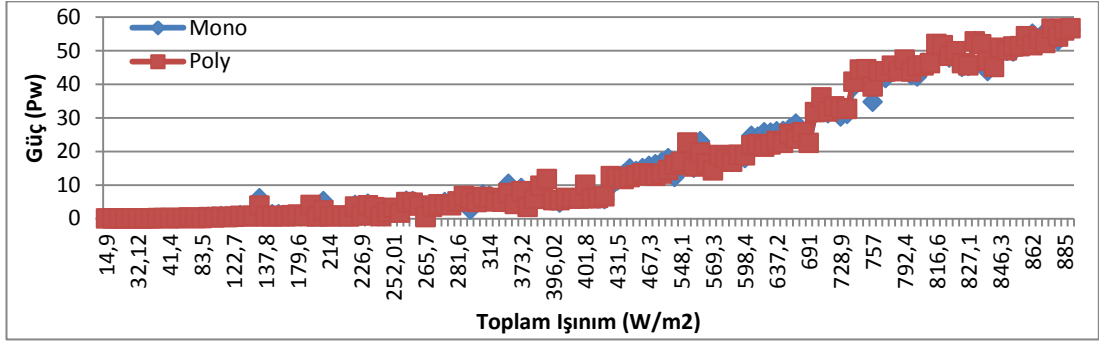
90 Watt için güneş panellerindeki toplam ışınımına bağlı ortalama güç değerleri



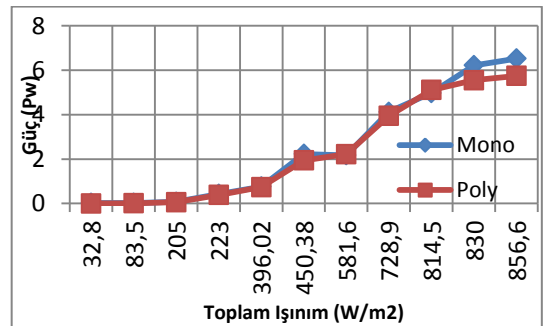
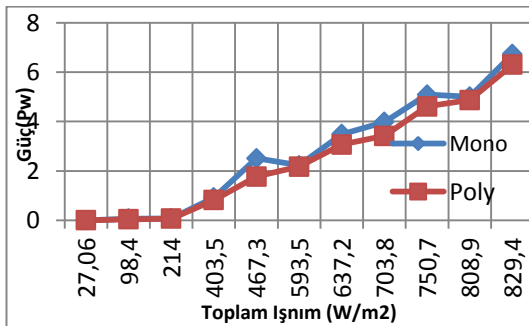
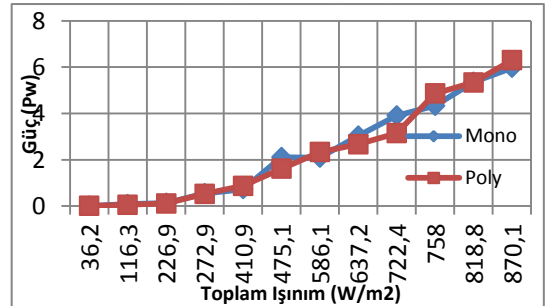
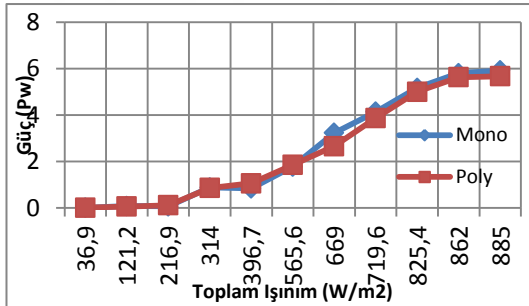
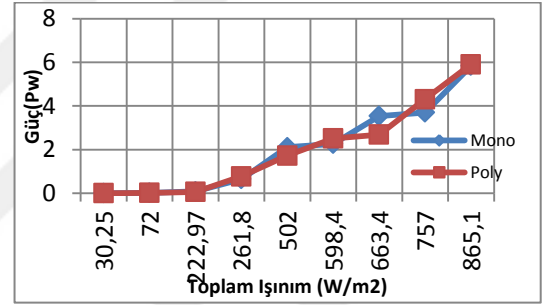
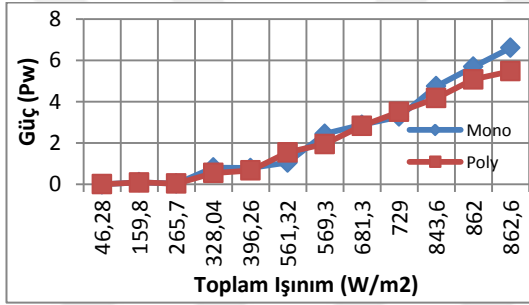
15.08.2014-02.09.2014 tarihleri arasındaki 100 Watt için güneş panellerindeki toplam ışınımına bağlı güç grafikleri:

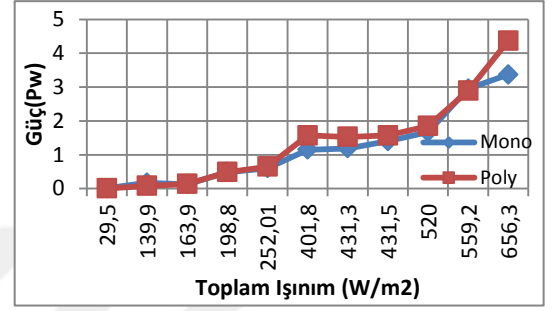
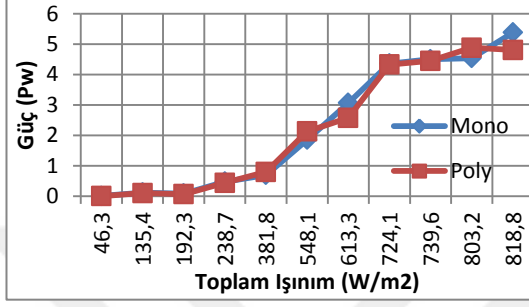
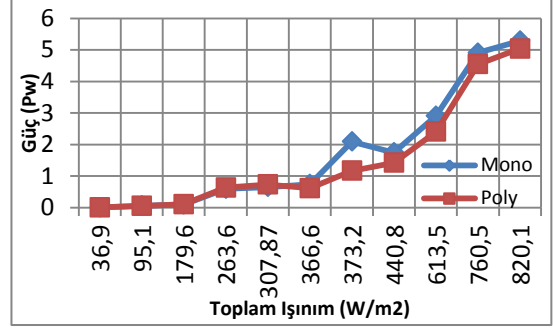
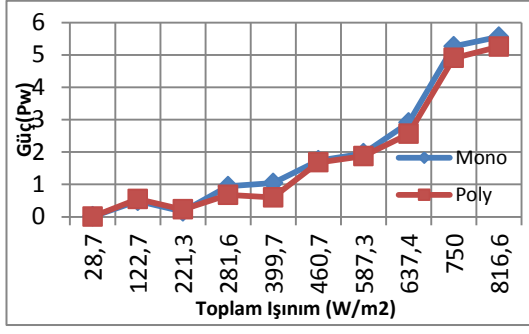


100 Watt için güneş panellerindeki toplam ışınımına bağlı ortalama güç değerleri

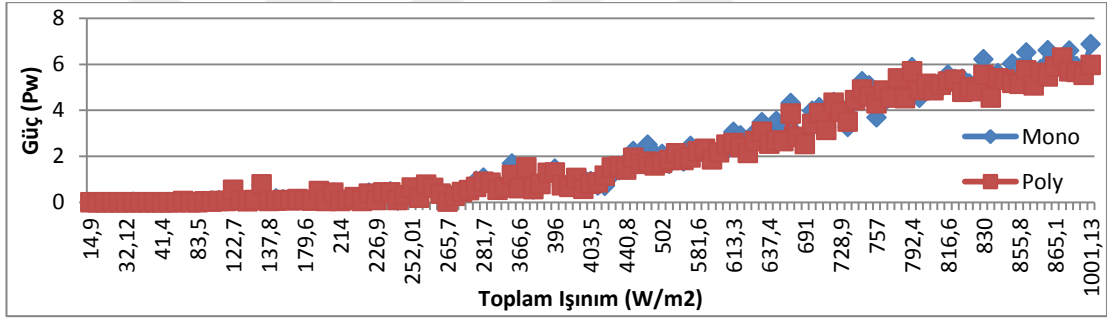


15.08.2014-02.09.2014 tarihleri arasındaki 10 Watt için güneş panellerindeki toplam ışınımına bağlı güç grafikleri:





Kısa devre için güneş panellerindeki toplam ışınımına bağlı ortalama güç değerleri



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Ayşegül TAŞÇIOĞLU
Doğum Yeri ve Tarihi : Bursa 28.11.1988
Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yılı)
Lise : Bursa Cumhuriyet Lisesi 2006
Lisans : U.Ü. Ziraat Fakültesi, Ziraat Mühendisliği Tarım
Makineleri Bölümü, 2012
İletişim (e-posta) : aysegul.tascioglu@hotmail.com



