

**KARABÜK ÜNİVERSİTESİ GÜNEŞ ENERJİSİ  
ÖLÇÜM LABORATUARI İÇİN VERİ EDİNİM ve  
DEPOLAMA SİSTEM TASARIMI ve KULLANIMA  
GEÇİRİLMESİ**

**2012  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ELEKTRİK – ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ**

**Abdullah Talha SÖZER**

**KARABÜK ÜNİVERSİTESİ GÜNEŞ ENERJİSİ ÖLÇÜM LABORATUARI  
İÇİN VERİ EDİNİM ve DEPOLAMA SİSTEM TASARIMI VE KULLANIMA  
GEÇİRİLMESİ**

**Abdullah Talha SÖZER**

**Karabük Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Elektrik – Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında  
Yüksek Lisans Tezi  
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK  
Ocak 2012**

Abdullah Talha SÖZER tarafından hazırlanan “KARABÜK ÜNİVERSİTESİ GÜNEŞ ENERJİSİ ÖLÇÜM LABORATUARI İÇİN VERİ EDİNİM ve DEPOLAMA SİSTEM TASARIMI VE KULLANIMA GEÇİRİLMESİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Erzat ERDİL

Tez Danışmanı, Elektrik – Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Elektrik – Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 09 / 01 / 2012

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Yrd. Doç. Dr. Mustafa AKTAŞ (KBÜ)

Üye : Prof. Dr. Erzat ERDİL (KBÜ)

Üye : Yrd. Doç. Dr. Muharrem DÜĞENCİ (KBÜ)

...../...../2012

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Doç. Dr. Nizamettin KAHRAMAN

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

*“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”*

Abdullah Talha SÖZER

## **ÖZET**

**Yüksek Lisans Tezi**

### **KARABÜK ÜNİVERSİTESİ GÜNEŞ ENERJİSİ ÖLÇÜM LABORATUARI İÇİN VERİ EDİNİM VE DEPOLAMA SİSTEM TASARIMI VE KULLANIMA GEÇİRİLMESİ**

**Abdullah Talha SÖZER**

**Karabük Üniversitesi**

**Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Elektrik – Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı:**

**Prof. Dr. Erzat ERDİL**

**Ocak 2012, 45 sayfa**

Bu çalışmada, Karabük bölgesinin güneş enerjisi potansiyelini hesaplamak ve Karabük bölgesinin güneş enerjisinden nasıl ve ne kadar yararlanabileceğini belirlemek amacıyla kurulan güneş enerjisi ölçüm laboratuvarının, veri edinim, depolama ve internet aracılığıyla verileri sunma sistemi tasarlanmış ve hayata geçirilmiştir. Güneş enerjisi ölçüm laboratuvarında, toplam güneş radyasyonu ve farklı dalga boylarındaki güneş radyasyonu ölçümleri yapılmaktadır. Güneş radyasyonu algılayıcılarından gelen sinyaller, veri edinim cihazı ve bu cihazı kontrol eden, C# programlama dili ile geliştirilen bir yazılım ile bilgisayara alınmaktadır. Bilgisayara alınan veriler yine aynı yazılım aracılığı ile biri veri edinim bilgisayarındaki veri tabanı, diğeri sunucu bilgisayardaki veri tabanı olmak üzere iki ayrı bilgisayara kaydedilmektedir. Tasarlanan bir web sayfası aracılığı ile ölçüm laboratuvarında ölçülen anlık verilere ve geçmiş tarihli verilere ulaşılabilmektedir.

Çalışmada ayrıca, enerji (insolation) hesaplamaları için en uygun olan zaman dilimleri istatistiksel bir yöntemle belirlenmiştir. Bu şekilde, Karabük bölgesinin güneş enerjisi potansiyelini ortaya koyarak, bilgilere uzaktan erişim olanakları sağlayarak, araştırmacıları ve yatırımcıları güneş enerjisine teşvik etmek hedeflenmektedir.

**Anahtar Sözcükler:** Karabük güneş enerjisi, veri edinim ve depolama sistemi, istatistiksel analiz

**Bilim Kodu** : 905.1.014

## **ABSTRACT**

**M.Sc. Thesis**

### **DESIGN AND COMMISSIONING OF A DATA ACQUISITION AND STORAGE SYSTEM FOR KARABUK UNIVERSITY SOLAR ENERGY MEASUREMENT LABORATORY**

**Abdullah Talha SÖZER**

**Karabuk University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Electrical and Electronics Engineering**

**Thesis Advisor:**

**Prof. Dr. Erzat ERDİL**

**January 2012, 45 pages**

A data acquisition and storage system for the Karabuk University solar energy measurement laboratory was designed and implemented. A limited amount of data was collected and analyzed statistically to determine the most suitable time slots for measuring average solar insolation values that helped calculate the total daily energy collectable at the location.

Also, a web page was designed and implemented in order to facilitate dissemination of the collected data to remote locations worldwide. A suitable software was used while designing the web page.

**Keywords** : Karabuk solar energy, data acquisition & storage, statistical analysis

**Science code** : 905.1.014

## **TEŞEKKÜR**

Bu tez alıŐmasının planlanmasında, araŐtırılmasında ve hayata geirilmesinde bana yardımcı olan sayın hocam Prof. Dr. Erzat ERDİL'e, sayın hocam Haldun ABDULLAH'a ve sayın Erdin SABUR'a teŐekkürlerimi sunarım.



## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

KABUL.....	ii
ÖZET .....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	vii
İÇİNDEKİLER .....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	xii
BÖLÜM 1 .....	1
GİRİŞ .....	1
1.1. ÇALIŞMANIN AMACI.....	2
1.2. LİTERATÜR TARAMASI.....	3
BÖLÜM 2 .....	6
GÜNEŞ ENERJİSİ .....	6
2.1. GÜNEŞ.....	6
2.2. GÜNEŞ ENERJİSİNİN KULLANIMI VE AVANTAJLARI.....	7
2.3. TÜRKİYE’NİN GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİ.....	8
2.4. GÜNEŞ RADYASYONU ÖLÇÜMÜ .....	10
2.5. DÜNYADAN VE TÜRKİYE’DEN GÜNEŞ ENERJİSİ ÖLÇÜM LABORATUARLARI ÖRNEKLERİ.....	11
BÖLÜM 3 .....	13
GÜNEŞ ENERJİSİ ÖLÇÜM LABORATUARI İÇİN VERİ EDİNİM, DEPOLAMA VE SUNMA SİSTEMİ .....	13
3.1. ÖLÇÜLECEK BÜYÜKLÜKLER VE ALGILAYICILAR.....	15
3.2. VERİ EDİNİM CİHAZI.....	16

3.3. VERİLERİN BİLGİSAYARA ALINMASI VE VERİTABANINA KAYDEDİLMESİ.....	17
3.3.1. Veri Tabanı Kayıt Programı .....	17
3.3.2. Laboratuvar İçin Tasarlanan Veri Tabanı.....	20
3.4. KAYDEDİLEN VERİLERİN SUNULMASI.....	23
3.5. ÖLÇÜLEN DEĞERLERİN KARŞILAŞTIRILMASI .....	30
BÖLÜM 4 .....	33
GÜNEŞ ENERJİSİ GRAFİKLERİNE İSTATİSTİKSEL YAKLAŞIM.....	33
4.1. GÜNEŞ RADYASYONU ÖLÇÜMLERİNDEKİ ANİ DEĞİŞİMLER.....	33
4.2. GÜNEŞ ENERJİSİ HESAPLAMALARI İÇİN EN UYGUN ZAMAN DİLİMLERİ .....	36
BÖLÜM 5 .....	40
SONUÇLAR .....	40
KAYNAKLAR .....	42
ÖZGEÇMİŞ .....	45

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

Şekil 2.1. Global radyasyon dağılımı haritası .....	8
Şekil 2.2. Karabük'e düşen global radyasyon haritası .....	9
Şekil 2.3. Güneş radyasyonu ölçüm cihazları .....	11
Şekil 3.1. Güneş enerjisi ölçüm laboratuvarı veri edinim, depolama, sunma sistemi	13
Şekil 3.2. Laboratuar sisteminin genel yapısı.....	14
Şekil 3.3. Güneş radyasyonu algılayıcıları.....	15
Şekil 3.4. Veri edinim cihazı .....	16
Şekil 3.5. Veri tabanı kayıt programının blok diyagramı .....	17
Şekil 3.6. Veri tabanı kayıt programının ekran görüntüsü .....	18
Şekil 3.7. Veri tabanı kayıt programının işlem sırasındaki ekran görüntüsü .....	19
Şekil 3.8. Veritabanı kayıt programının akış diyagramı .....	20
Şekil 3.9. Veri tabanı tasarım ekranı .....	22
Şekil 3.10. Değerler tablosundan kayıt örnekleri.....	22
Şekil 3.11. Ortalamalar tablosundan kayıt örnekleri.....	23
Şekil 3.12. İnternet sayfası giriş ekranı .....	24
Şekil 3.13. Anlık veriler sayfası .....	24
Şekil 3.14. Günlük değerleri gösteren çizgi grafik.....	25
Şekil 3.15. Günlük veriler sayfası seçim ekranı.....	27
Şekil 3.16. Saatlik ortalamaları gösteren histogram grafik .....	28
Şekil 3.17. Aylık veriler sayfası seçim ekranı.....	29
Şekil 3.18. Aylara düşen güneşlenme süreleri .....	30
Şekil 3.19. 16.08 – 13.09 tarihleri arasında ortalama global güneş radyasyonu .....	31
Şekil 3.20. Karabük için global güneş radyasyonu değerleri.....	32
Şekil 4.1. 07.09.2011 tarihli değerleri gösteren çizgi grafik .....	34
Şekil 4.2. 07.09.2011 tarihinde saat 12:00 – 13:00 arasındaki değerler .....	35
Şekil 4.3. Aşırı değerlerin ortalama ve standart sapmaya etkisi .....	35
Şekil 4.4. 10 Ağustos günü saat başları dikkate alınarak hesaplanan standart sapmalar.....	37

## **Sayfa**

Şekil 4.5. 10 Ağustos günü saat başları dikkate alınarak hesaplanan ortalamalar ...	37
Şekil 4.6. 10 Ağustos günü saat ortaları dikkate alınarak hesaplanan standart sapmalar .....	37
Şekil 4.7. 10 Ağustos günü saat ortaları dikkate alınarak hesaplanan ortalamalar ..	38
Şekil 4.8. 11 Eylül günü saat başları dikkate alınarak hesaplanan standart sapmalar .....	38
Şekil 4.9. 11 Eylül günü saat başları dikkate alınarak hesaplanan ortalamalar.....	38
Şekil 4.10. 11 Eylül günü saat ortaları dikkate alınarak hesaplanan standart sapmalar .....	39
Şekil 4.11. 11 Eylül günü saat ortaları dikkate alınarak hesaplanan ortalamalar .....	39

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### KISALTMALAR

EİE	: Elektrik İşleri Etüt İdaresi
NREL	: National Renewable Energy Laboratory
DM	: Devlet Meteoroloji İstasyonu
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
PHP	: Hypertext Preprocessor
ASP	: Active Server Pages
kWh	: Kilowatt Saat
USB	: Universal Serial Bus

## BÖLÜM 1

### GİRİŞ

Gelişen teknolojiler ve hızlı sanayileşmeye bağlı olarak, dünyadaki enerji tüketim miktarı gün geçtikçe artmaktadır. Dünyadaki hızlı nüfus artışı da bu ihtiyaç duyulan enerjiyi daha üst seviyelere çekmektedir. Öyle ki dünyanın enerji tüketim miktarları son 20 yılda %50 civarında artmıştır [1]. Ayrıca, dünyanın enerji gereksiniminin %85' inin sağlandığı geri dönüşümsüz olan fosil yakıtlar, tabiatta kalıcı bir tahribata sebep olmakta ve çevre kirliliği meydana getirmektedir [1]. Fosil yakıtların sebep olduğu yüksek karbondioksit salınımı, iklim değişikliklerinin başlıca sebebidir ve dünyanın geleceğini tehdit etmektedir. Dünyanın son zamanlarda yüz yüze geldiği enerji krizi ve kullanılmakta olan enerji kaynaklarının doğaya olumsuz etkileri, bilim dünyasının nazarlarını alternatif enerji kaynaklarına doğru yönlendirmiştir.

Alternatif ve temiz enerjiler olarak adlandırılan güneş, rüzgâr, hidrojen, jeotermal, biokütle gibi enerji kaynakları üzerine yapılan araştırmalar gün geçtikçe artmaktadır. Güneş enerjisinin ise alternatif ve temiz enerji kaynakları arasında farklı bir yeri vardır.

Güneş, en önemli enerji kaynağıdır ve diğer enerji kaynakları güneş enerjisinin türevidir. Güneş, yeryüzündeki ve atmosferdeki fiziksel olayları etkileyen, meteorolojik olayların oluşumuna sebep olan başlıca enerji kaynağıdır. Dünyadaki ekolojik döngüler ve enerji dönüşümleri güneş enerjisi sayesinde mümkün olabilmektedir. Rüzgâr, deniz dalgası, okyanusta sıcaklık farkı ve biokütle enerjileri, güneş enerjisinin farklı biçimleridir. Fosil yakıtların da oluşmasında güneş enerjisinin rol aldığı belirtilmektedir [2].

Güneş enerjisi, sürekli, yenilenebilir ve bedava bir enerji kaynağıdır. Yeryüzüne her sene düşen güneş enerjisi, yeryüzünde şimdiye kadar belirlenmiş olan fosil yakıt haznelerinin yaklaşık 160 katı kadardır ve fosil yakıt kullanan santrallerin, nükleer enerji ve hidroelektrik enerjisi santrallerinin bir yılda üretebileceği enerjiden yaklaşık 15.000 kat fazladır. Ayrıca çevre dostu bir enerji kaynağıdır [2].

Ülkemiz, coğrafi konumu sebebiyle, güneş enerjisi potansiyeli hususunda, şu anda güneş enerjisini aktif olarak kullanan ülkelerin çoğuna nazaran avantajlı konumdadır. EİE tarafından yapılan çalışmaya göre Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2740 saat (günlük toplam 7,5 saat), ortalama toplam ışınım şiddeti 1.522 kWh/m<sup>2</sup>-yıl (günlük toplam 4,17 kWh/m<sup>2</sup>) olduğu tespit edilmiştir [3]. Enerji konusunda %70 dışa bağımlı olan ülkemiz, yüksek güneş enerjisi potansiyelinden yeterince faydalanmamaktadır [4]. En yaygın kullanım şekli sıcak su ısıtma sistemleri olup, fotovoltaik sistemler ülkemizde neredeyse hiç yer almamaktadır.

## 1.1. ÇALIŞMANIN AMACI

Dünya'nın içinde bulunduğu enerji krizi ve bu durum ile başa çıkabilmek için yöneldiği yenilenebilir enerji araştırmaları göz önünde bulundurularak ve Türkiye'nin yukarıda anlatılan mevcut durumundan yola çıkılarak, Karabük Üniversitesi bünyesinde güneş enerjisi ölçüm laboratuvarı kurulmuştur. Kurulan bu laboratuvarında toplam (global) güneş enerjisi ve farklı dalga boylarındaki güneş enerjisi ölçümleri yapılmaktadır. Laboratuvarında ölçülen değerleri saklamak için veri tabanı tasarlanmıştır. Ayrıca ölçülen değerlerin anlık izlenebildiği ve geçmiş tarihli verilerin gözlemlenebildiği internet sayfası kullanıma sunulmuştur. Tasarlanan internet yazılımı aracılığı ile ölçülen değerler ile ilgili günlük değişimler, aylık ortalamalar, senelik ortalamalar, günlük güneşlenme süreleri, aylara düşen güneşlenme süreleri gibi bilgilere grafiksel olarak ulaşılabilmektedir.

Karabük Üniversitesi'nde kurulan bu laboratuvarında yapılacak uzun süreli ölçümler ile Karabük bölgesinin güneş enerjisi potansiyeli belirlenecektir. Bu laboratuvar aracılığı ile Karabük ilinin güneş enerjisinden ne kadar ve hangi yöntemlerle faydalanabileceğinin tespit edilmesi hedeflenmektedir.

## 1.2. LİTERATÜR TARAMASI

Bir coğrafi konumun, güneş enerjisi potansiyelini ve meteorolojik şartlarını belirlemek için uzun süreli gözlemler yapılmalıdır. Aşağıda bu konu hakkında yapılan bazı çalışmalara yer verilmiştir.

Mukaro ve Carelse, güneş radyasyonunu uzaktan izlemek için mikrodenetleyici tabanlı bir sistem geliştirmişlerdir. Algılayıcı olarak SolData silicon-cell pyranometre kullanılmıştır. Toplanan veriler, bilgisayara alınana dek dâhili EEPROM'da kaydedilmektedir. Sistem 10 dakikalık periyotlarla ölçüm almaktadır ve kaydetmektedir. Sistem RS-232 haberleşme ara yüzü vasıtası ile verileri bilgisayara aktarabilmektedir [5].

Koutroulis ve Kalaitzakis, kurulu sistemin performansını tespit etmek için, yenilenebilir enerji uygulamalarında kullanılabilen veri toplama sistemi gerçekleştirmişlerdir. Sistemlerinde sıcaklık, basınç gibi meteorolojik değerleri ve fotovoltajik gerilim, akım gibi elektriksel büyüklükleri ölçmek için algılayıcılar kullanmışlardır. Algılayıcılardan gelen veriler, veri edinim kartı vasıtasıyla bilgisayara alınmış, Labview programı ile sunulmuş ve kaydedilmiştir [6].

Koçak ve arkadaşları, Tübitak Ulusal Gözlemevi'nin meteorolojik parametrelerini gözlemleyebilmek için sistem geliştirmişlerdir. Sistemde, veri alışverişi ve arşivleme için C tabanlı yazılım, meteorolojik parametreleri web sayfasından izlemeyi sağlayan PHP dili ile yazılmış yazılım, mikrodenetleyici ile gerçekleştirilmiş veri toplama ünitesi, rüzgâr yönü ve hızı, sıcaklık, nem ve basınç algılayıcıları bulunmaktadır [7].

Machacek, güneş pili ile beslenen bir akünün yüklenme karakteristiklerini inceleyerek, güneş enerjisi potansiyelini saptamaya çalışmışlardır. Anlık güneş radyasyon değerini, anlık panel gücünü, hava ve panel sıcaklıklarını ölçmek için algılayıcılar yerleştirmişlerdir. Algılayıcılardan alınan sinyalleri, veri edinim kartı aracılığı ile bilgisayara almışlardır. Verileri, Matlab programı vasıtasıyla veri tabanına kaydetmişlerdir. Kaydedilen veriler, PHP dili kullanılarak tasarlanan web ara yüzü ile izlenebilmektedir [8].



Jordi Sorribas ve arkadaşları meteorolojik veri toplama sistemi gerçekleştirmişlerdir. Sistemde, rızgar hızı ve yönü, atmosferik basınç, sıcaklık, nem, güneş radyasyonu ve toprak sıcaklığını ölçmek için algılayıcılar bulunmaktadır. Lan bağlantı ve kablosuz bağlantı kullanarak geniş bir alanda ölçüm yapılmaktadır. Ölçüm değerleri datalogger cihazı ile toplanıp bilgisayara aktarılmaktadır. Ölçüm sonuçları anlık olarak laboratuvarlarında bulunan led panoda ve internette görüntülenmektedir [9].

Dursun ve Yılmaz, çift eksenli güneş takibi yapan güneş panelleri tasarlamışlardır. Sistemde, Java dili ile yazılmış program vasıtası ile panellerin akım ve gerilim değerleri, veri tabanına kaydedilmektedir. Değerler internet üzerinden izlenebilmektedir, sistemin kontrolü yapılabilmektedir. İnternet üzerinden günlük değerler grafik halinde okunabilmektedir [10].

Yıldırım, yüksek lisans tezinde güneş ve rüzgâr enerjisi tespiti için mikrodenetleyici tabanlı veri edinim sistemi geliştirmiştir. Geliştirilen sistemde üç adet rüzgâr hızı algılayıcısı, bir rüzgâr yön algılayıcısı, sıcaklık algılayıcısı, basınç algılayıcısı ve toplam güneş radyasyonu algılayıcısı bulunmaktadır. Sistem, gereken gücü güneş panelinden sağlamaktadır. Sistem, 5 saniyelik periyotlar ile ölçüm alıp dâhili hafızasına kaydetmektedir. Sistem RS-485 haberleşme ara yüzü ile bilgileri bilgisayara gönderebilmektedir. C# yazılımı ile yazılan bir yazılım sayesinde veriler bilgisayarda anlık olarak da görüntülenebilmektedir [11].

Prochazka hava sıcaklığı, panel sıcaklığı, panel akımı, global radyasyon değerlerini ölçen, verileri toplayan, kaydeden ve görüntülenmesine olanak sağlayan bir sistem geliştirmiştir. Sistemde 100 wattlık güneş paneli bulunmaktadır. Veri toplama ve izleme sistemi aracılığıyla güneş panelinin veriminin, sıcaklık ve radyasyon değişimi ile nasıl değiştiği belirlenmeye çalışılmıştır [12].

Balan ve arkadaşları, buldukları coğrafyadaki mevcut güneş enerjisi potansiyelini tespit etmek için, güneş izleme sistemi gerçekleştirmişlerdir. Sistemlerinde, toplam (global) ve yansıyan güneş radyasyonu değerlerini ölçmek amacıyla, 2 adet güneş radyasyonu algılayıcısı kullanmışlardır. Ölçülen veriler, 50 saniyelik periyotlar ile bilgisayara alınıp veri tabanına kaydedilmektedir. PHP dili ile yazılmış bir web ara

yüzü vasıtasıyla, kullanıcılar, anlık verileri görüntüleyebilmekte, geçmiş tarihli verileri sorgulayabilmektedir [13].

Demirtaş, istenilen bölgedeki rüzgâr enerjisini tespit etmek için, rüzgâr hızı, yönü, çevre sıcaklığı ve güneşlenme miktarı gibi bilgileri ölçen ve bu bilgileri kablosuz veri iletimi yoluyla başka bir merkeze aktarabilen mikrodenetleyici tabanlı bir ölçüm istasyonu uygulaması gerçekleştirilmiştir. C# dili ile yazılan program vasıtası ile ölçülen değerler anlık izlenebilmekte ve kaydedilebilmektedir [14].

Juca ve arkadaşları, bağımsız yenilenebilir enerji santrallerinde, konumsal enerji potansiyelini saptamak, enerji çevrim verimin görüntülemek ve hataları tespit etmek için veri edinim donanımı tasarlamışlardır. Veriler, sistemdeki dâhili hafızada depolanmaktadır. Sistemlerinde dâhili hafıza elemanı bulunduğu için bilgisayar ile sürekli iletişim içinde olması gerekmemektedir [15].

Humboldt State Üniversitesinde, David Carter and Dustin Jolley adlı öğrencilerin başlatmış olduğu bir çalışmayla kurulan güneş radyasyon ölçüm laboratuvarında, global ve yansıyan güneş radyasyonu ve sıcaklık algılayıcıları bulunmaktadır. Bu algılayıcılardan alınan değerler Campbell Scientific CR510 datalogger ile anlamlandırılıp bilgisayara kaydedilmektedir. Kaydedilen değerler saat başı NREL' e gönderilmektedir [16].

## BÖLÜM 2

### GÜNEŞ ENERJİSİ

Dünyanın en önemli enerji kaynağı güneştir. Güneş, yer ve atmosfer sistemindeki fiziksel oluşumları etkileyen başlıca enerji kaynağıdır. Dünyadaki madde ve enerji akışları, güneş enerjisi sayesinde mümkün olabilmektedir. Rüzgâr, deniz dalgası, okyanusta sıcaklık farkı ve biyokütle enerjileri, güneş enerjisinin değişim geçirmiş biçimleridir. Güneş enerjisi, doğadaki su döngüsünün gerçekleşmesinde de rol oynayarak, akarsu gücüne sebep olmaktadır. Fosil yakıtların da, biyokütle niteliğindeki materyallerde birikmiş güneş enerjisi olduğu kabul edilmektedir. Doğal enerji kaynaklarının pek çoğunun kökeni olan güneş enerjisinden, ısıtma ve elektrik elde etme gibi amaçlarla doğrudan yararlanılmaktadır [2].

#### 2.1. GÜNEŞ

Dünyamızın enerji kaynağı olan güneş, sıcak gazlardan oluşan bir gök cisimidir. Samanyolu galaksisindeki  $10^{14}$  yıldızdan biridir. Dünyamıza 150 milyon km uzaklıkta olup çapı 1,39 milyon kilometredir. Dünyamızdan 110 kat büyüktür. Güneşin merkezindeki sıcaklığının 8 - 40 milyar kelvin olduğu tahmin edilmektedir. Yüzey sıcaklığı ise yaklaşık 6000 kelvindir.

Doğal ve sürekli bir füzyon reaktörü olan güneşin enerji kaynağı, 4 Hidrojen atomunun 1 Helyum atomuna dönüşmesidir. 4 hidrojen atomu 4,032 birim ağırlıkta iken, 1 Helyum atomu 4,003 birim ağırlıktadır. Bu olay sonucu 0,029 birim ağırlık enerjiye dönüşmektedir. Güneşte her saniyede 564 milyon ton hidrojen, 560 milyon ton helyuma dönüşmektedir. Dönüşüm esnasında kaybolan 4 milyon ton kütle,  $3,86 \times 10^{26}$  J enerji olarak açığa çıkmakta ve bu enerji ışınım şeklinde uzaya yayılmaktadır. Dünyanın çapına eşit bir dairesel alan üzerine çarpan güneş gücü, 178 trilyon kW düzeyindedir. Güneş enerjisi, uzaya ve gezegenlere elektromanyetik

radyasyon biçiminde yayılır. Dünya'ya bir yılda güneşten gelen enerji, Dünya'da bir yılda kullanılan enerjinin 20 bin katına eşittir. [2].

Dünya'nın tüm yüzeyine denk gelen güneş enerjisi,  $1,22 \times 10^{14}$  TCE (ton kömür eşdeğeri) veya  $0,814 \times 10^{14}$  TOE (ton petrol eşdeğeri) miktarına denk olmaktadır. Diğer taraftan, bir yılda güneş enerjisinden gelen miktar bilinen kömür rezervlerinin 50 katına, bilinen petrol rezervlerinin 800 katına tekabül etmektedir [17].

## **2.2. GÜNEŞ ENERJİSİNİN KULLANIMI VE AVANTAJLARI**

Güneş enerjisinden yararlanma konusundaki çalışmalar özellikle 1970'lerden sonra hız kazanmış, güneş enerjisi sistemleri teknolojik olarak ilerleme ve maliyet bakımından düşme göstermiş, güneş enerjisi çevresel olarak temiz bir enerji kaynağı olarak kendini kabul ettirmiştir.

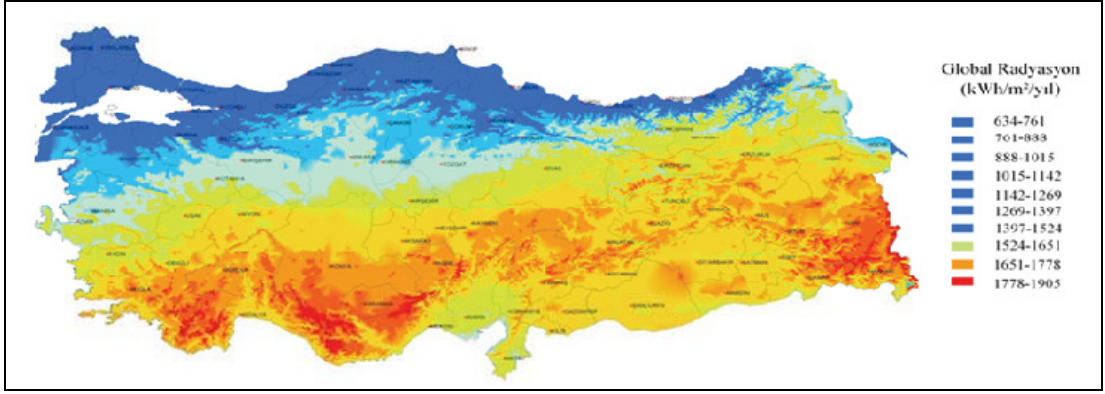
Güneş enerjisi günümüzde konut ve iş yerlerinin iklimlendirilmesi (ısıtma-soğutma), yemek pişirme, sıcak su temin edilmesi ve yüzme havuzu ısıtılmasında; tarımsal teknolojide, sera ısıtması ve tarım ürünlerinin kurutulmasında; sanayide, güneş ocakları, güneş fırınları, pişiricileri, deniz suyundan tuz ve tatlı su üretilmesi, güneş pompaları, güneş pilleri, güneş havuzları, ısı borusu uygulamalarında, ulaşım-iletişim araçlarında, sinyalizasyon ve otomasyonda, elektrik üretiminde kullanılmaktadır [2].

Başlıca avantajları ise şöyle sıralanabilir:

- 1) Güneş enerjisi çevreyi kirlilemeyen bir enerji türüdür. Geleneksel yakıtların kullanımından kaynaklanan çevresel sorunlar, güneş enerjisi üretiminde bulunmaz.
- 2) Tükenmeyen ve bedava bir enerji kaynağıdır. Güneş enerjisi potansiyeli farklı olan bölgelerde elde edilebilen verim farklı olmakla birlikte, birçok yerde kullanılabilir.
- 3) İşletme ve bakım maliyetleri düşüktür.
- 4) Karmaşık teknolojileri yoktur. Kolay uygulanabilmektedir.

### 2.3. TÜRKİYE’NİN GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİ

Türkiye 35°50’ - 42°06’ kuzey enlemi ve 25°40’ - 44°48’ doğu boylamları arasında, güneş bandında yer almaktadır. Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü tarafından yapılan çalışmalara göre yıllık ortalama güneş radyasyon şiddeti 1522 kWh/m<sup>2</sup>-yıl, günlük toplam 4,17 kWh/m<sup>2</sup>-gün ve toplam yıllık güneşlenme süresi 2740 saat olup, güneş enerjisi uygulamaları için oldukça uygun seviyededir. 9.8 milyon ton eşdeğer petrol ısıl uygulamalara olmak üzere yıllık 36.2 milyon ton enerji potansiyeli mevcuttur. Yılın on ayı boyunca, teknik olarak ve ekonomi olarak toplam ülke yüzölçümünün % 63’ünde ve tüm yıl boyunca da %17’sinde yararlanılabilir [3]. Şekil 2.1’de Türkiye’nin toplam (global) radyasyon dağılımı haritası görülmektedir.

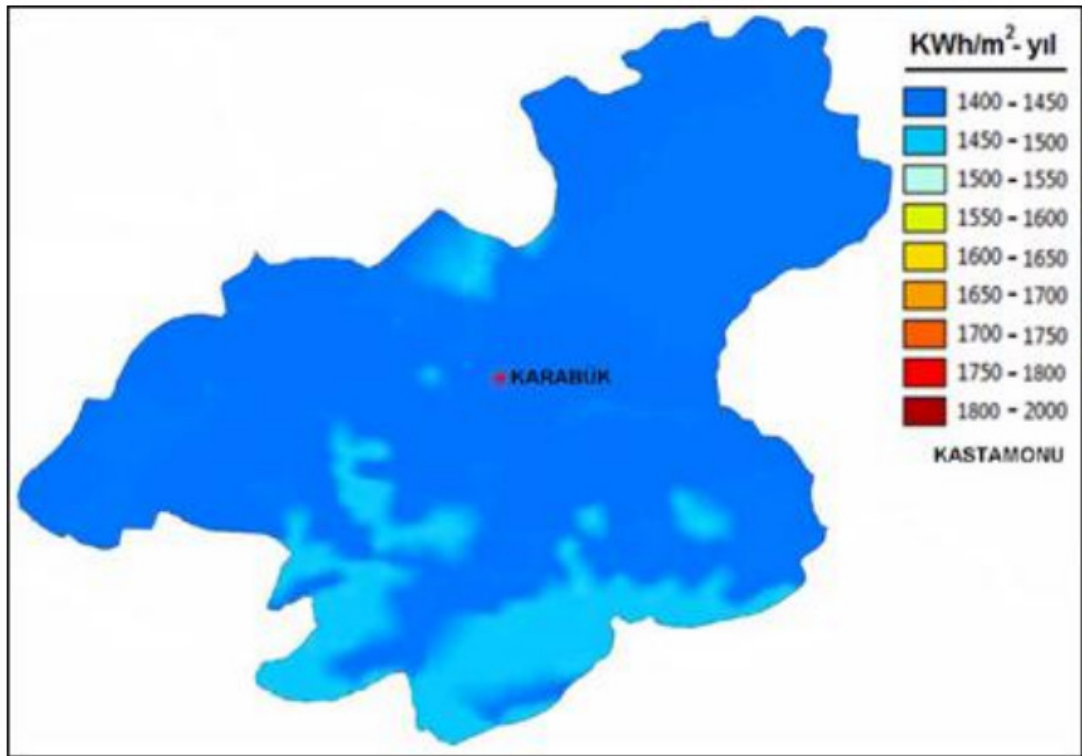


Şekil 2.1. Global radyasyon dağılımı haritası [16].

EİE tarafından güneşe dayalı elektrik üretim kapasitesi, teknik kapasite 405 milyar kWh, ekonomik potansiyel ise 380 milyar kWh olarak belirtilmiştir [18]. Bu potansiyel Türkiye’nin mevcut elektrik üretiminin iki katıdır. Bu önemli potansiyele rağmen, toplam elektrik enerjisi üretimi içinde güneş enerjisinin yeri ihmal edilebilecek seviyededir. Türkiye ısıl güneş enerjisi üretimi ve kullanımı açısından Çin, ABD. ve Japonya’dan sonra dünya dördüncüsü durumundadır. Ancak elektrik enerjisi üretim ve kullanımı açısından bakıldığında zıt bir durum gözlenmektedir. Hali hazırdaki Türkiye’deki toplam güneş pili (PV) kapasitesi yaklaşık olarak 1 MW mertebesindedir. Türkiye’nin brüt güneş enerjisi potansiyeli, 87,5 milyon ton petrole eşdeğerdir. Bu değerlerin 26,5’i ısı kullanımına, 8,75’i ise elektrik üretmeye uygundur.

Türkiye, günümüzde bu potansiyelin yalnızca yüz binde 2'sinden yararlanmaktadır [3,19].

İlimiz ise, yurdumuzun global radyasyon ortalamasının altında bulunmaktadır. Karabük'ün ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2407 saat (günlük toplam 6,6 saat), ortalama toplam güneşlenme şiddeti 1372 kWh/m<sup>2</sup>-yıl (günlük toplam 3,7 kWh/m<sup>2</sup>) olduğu tespit edilmiştir [20]. Şekil 2.2'de Karabük'ün toplam (global) radyasyon dağılımı haritası görülmektedir.



Şekil 2.2. Karabük'e düşen global radyasyon haritası [18].

Global radyasyon dağılım haritasındaki bazı illere ait verilerin ise tamamen model tahminine dayandığı bilinmektedir. Bu illerden biri de Karabük'tür. Karabük için DMİ ve EİE'nin yaptığı güneş enerjisi ölçümü bulunmamaktadır. Model vasıtasıyla hesaplanan radyasyon değerlerinin ise, saha ölçümleri ile tespit edilen radyasyon değerlerinden  $\pm\%5$  civarında farklı olduğu bildirilmektedir [21]. Bu durumda, bulunulan bölgenin güneş enerjisi potansiyeline tam olarak ulaşılacak şekilde yerinde ve uzun süreli ölçümler yapılmalıdır.

## 2.4. GÜNEŞ RADYASYONU ÖLÇÜMÜ

Dünya atmosferinin dışında, güneş radyasyonunun şiddeti, sabit ve  $1370 \text{ W/m}^2$  değerindedir. Bu değer, güneş enerjisi sabiti olarak adlandırılır. Güneş ışınları, atmosferi geçerken spektrumları önemli ölçüde değişikliğe uğrar. Bulutsuz ve güneşli bir havada bile, güneş ışınları atmosferi geçerken su buharı, oksijen, karbondioksit, ozon, azot, metan gibi gaz moleküllerinin yanında aerosol ve toz zerrecikleri tarafından soğurularak, yeryüzüne ancak atmosfer dışındaki enerjinin %70'i ulaşır [22].

Yeryüzüne ulaşan toplam (global) güneş radyasyonunun; direk güneş radyasyonu ve yansıyan güneş radyasyonu olmak üzere iki bileşeni vardır. Direk radyasyon, Güneş'ten doğrudan yeryüzüne gelen ışınlardır. Yansıyan radyasyon, bulutlara, havadaki parçacıklara ya da coğrafik etkenlere çarparak yeryüzüne ulaşan güneş radyasyonudur.

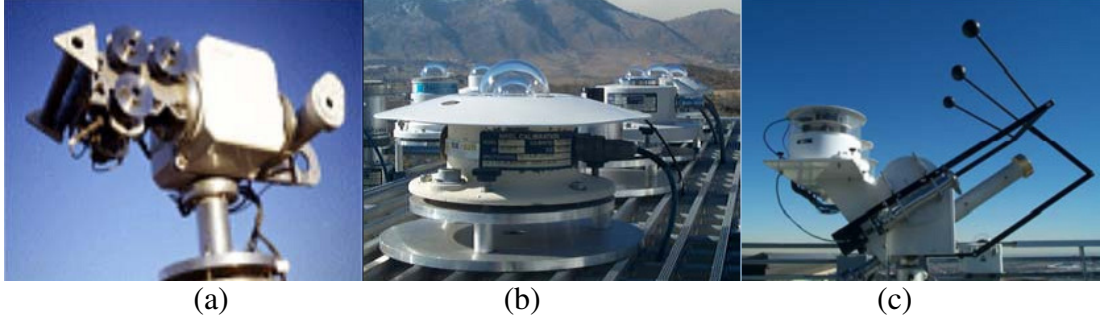
Tam teşekkülü bir güneş radyasyonu ölçüm istasyonunda toplam (global) güneş radyasyonu, direk güneş radyasyonu, yansıyan güneş radyasyonu ölçümleri ve bazı meteorolojik parametreler ölçülmektedir.

Toplam (global) güneş radyasyonu; pyranometre cihazı ile yapılır. Pyranometre'ler düzlem yüzeyindeki güneş radyasyonu veya ışık verici cihazlardan gelen radyasyonu ölçmek için tasarlanmış radyometrelerdir. Toplam radyasyon ölçümünde kullanılan pyranometre, üzerindeki tüm yarı küreyi görme ( $180^\circ$  lik görüş açısına sahip) ve hem güneş hem de gökyüzünden (yansıyarak) gelen toplam radyasyona cevap verme özelliğine sahiptir (Şekil 2.3 (b)).

Yansıyan güneş ışığı, takip edici bir top altındaki gölgelenmiş pyranometre cihazı ile ölçülür. Pyranometre güneş takip edici top altına yerleştirilerek direk güneş radyasyonu engellenir ve sadece yansıyan güneş radyasyonu ölçülür (Şekil 2.3 (c)).

Direk Güneş ışığı, güneşi takip eden bir izleyici üzerindeki Pyrheliometre cihazı ile ölçülür. Pyrheliometre, direk güneş radyasyonunu (normal düzlem boyunca hareket

eden) ölçmek için tasarlanmış, 5° ile görüş alanı sınırlandırılmış bir cihazdır (Şekil 2.3 (a)).



Şekil 2.3. Güneş radyasyonu ölçüm cihazları. a) Direkt radyasyon ölçüm cihazı (Pyrheliometre). b) Toplam (global) radyasyon ölçüm cihazı (Pyranometre). c) yansayan radyasyon ölçüm cihazı (gölgelemiş pyranometre).

Toplam, yansayan ve direkt radyasyon değerlerini ölçerek, bölgenin güneş enerjisi potansiyelini tespit edilir. Bu radyasyon büyüklüklerinden herhangi ikisini ölçerek, ölçülmemiş olan üçüncü değer, model vasıtasıyla kabul edilebilir doğrulukla hesaplanabilir. Çoğu istasyonda yalnızca toplam radyasyon ölçülmektedir. Bu hem yansayan hem de direkt solar radyasyonu hesaplamayı gerektirir. Bu durumda elde edilen değerler, bu değerlerin ölçülme durumuna göre daha az doğrudur [20]. Karabük üniversitesi güneş enerjisi ölçüm laboratuvarında ise yalnız toplam güneş enerjisi ölçümleri yapılmıştır.

## 2.5. DÜNYADAN VE TÜRKİYE'DEN GÜNEŞ ENERJİSİ ÖLÇÜM LABORATUARLARI ÖRNEKLERİ

Dünyanın birçok yerinde meteoroloji istasyonlarında veya üniversite bünyesinde güneş radyasyonu ölçümleri yapılmaktadır.

Amerika'da, yenilenebilir enerji araştırmalarının yapıldığı NREL adlı kuruluşta, çok detaylı bir şekilde, farklı birçok cihazla güneş radyasyonu ölçümleri yapılmaktadır [23]. Yine Amerika'da Humbolt State Üniversitesi'nde güneş radyasyonu ölçümleri yapılmaktadır ve sonuçlar NREL ile paylaşılmaktadır [16].



EİE, ülkemizin güneş enerjisi potansiyelini belirlemek için, DMİ ile işbirliği içinde yeni bir proje başlatmıştır. Bu proje kapsamında şu ana kadar 13 istasyon yerleştirilmiştir. Bu istasyonlardan alınan ölçümlerden yararlanarak ve DMİ'nin verileri de kullanılarak bir model geliştirilmiş, 58 il için güneş ışıını ve güneşlenme süreleri hesaplanmıştır [24].

Muğla Üniversitesi güneş pilleri ile elektrik üretimi konusunda oldukça ciddi adımlar atmış ve başta rektörlük binasının ön cephesine olmak üzere yerleşke içinde pek çok alana güneş pili uygulaması yapmıştır. Türkiye'deki binaya entegre şebeke bağlantılı en büyük PV sistem uygulaması Muğla Üniversitesi Rektörlük Binası'nda cephe kaplaması olarak gerçekleştirilmiştir. Muğla Üniversitesi'nde, güneş enerjisi ölçüm laboratuvarı da bulunmaktadır. Üniversite bünyesindeki Temiz Enerji Kaynakları Araştırma ve Geliştirme Merkezi, bölgeye ait güneş enerjisi ve bütün meteorolojik verileri (çevredeki rüzgar potansiyeli ölçümleri dahil) belirleyebilen bir meteoroloji istasyonuna sahiptir. Muğla ili sınırları içerisinde linyit kömürüne dayalı termik santrallerden açığa çıkan ve çevreye yayılan gaz ve parçacıklarının çevre kirliliğine olan etkisini güneş ışıınının değişik dalga boylarındaki spektral analizi yoluyla belirleyebilmek için güneş ışıınının spektral analizi 200-1100 nm arasında her biri farklı dalga boyu aralığında yapılmaktadır. Muğla üzerinde bulunan toplam O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> ve aerosollerin dağılımının günlük ve aylık değişimleri izlenmektedir. [25].

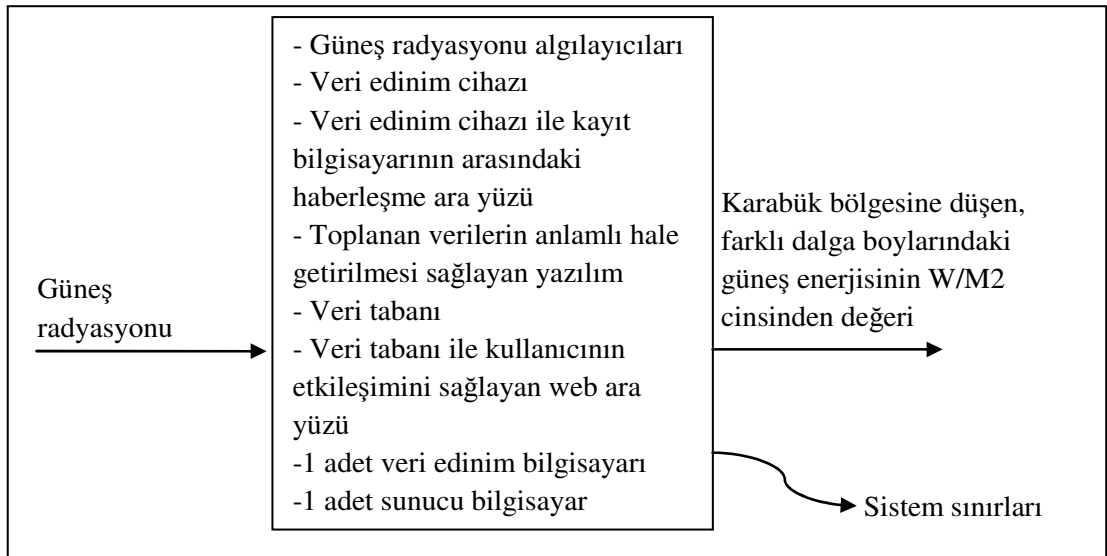
Süleyman Demirel Üniversitesi Yenilenebilir Enerji Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi bünyesinde yürütölen "Isparta ili temiz enerji potansiyelinin belirlenmesi" adlı proje çerçevesinde, üniversite yerleşkesi içinde güneş radyasyonu, rüzgar hızı, basınç ve sıcaklık ölçümleri yapılmaktadır [26].

### BÖLÜM 3

#### GÜNEŞ ENERJİSİ ÖLÇÜM LABORATUARI İÇİN VERİ EDİNİM, DEPOLAMA VE SUNMA SİSTEMİ

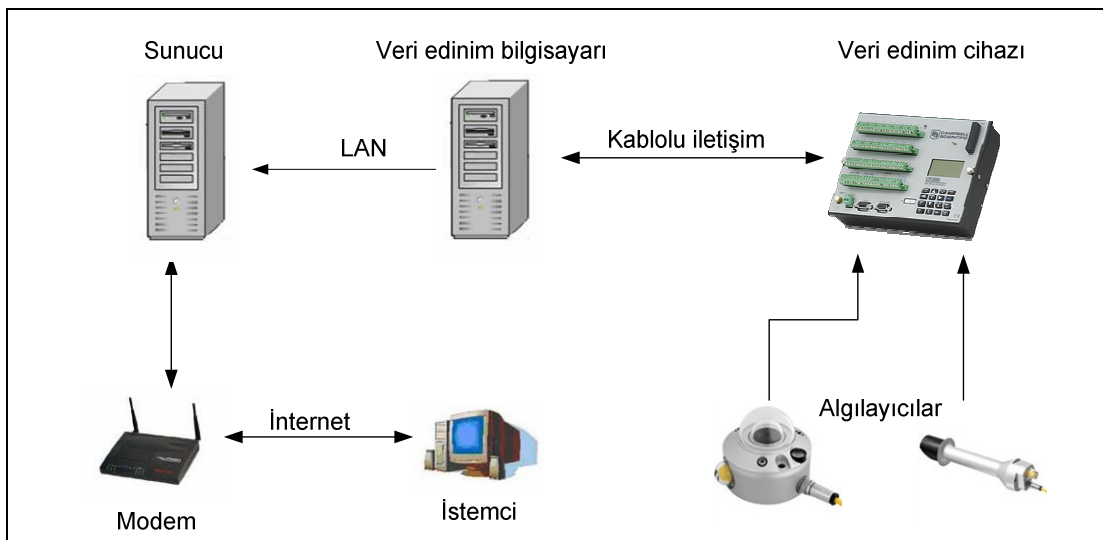
Sistemimizin amacı; Karabük Üniversitesi güneş enerjisi ölçüm laboratuvarında Karabük'e ulaşan güneş radyasyonu değerlerinin ölçülmesi, ölçülen değerlerin kayıt altında tutularak üzerinde çalışma imkânı sağlanması, uzun süreli ölçüm alınarak Karabük'e gelen güneş radyasyonunun değişimlerinin gözlemlenmesi, Karabük ilinin güneş enerjisi potansiyelinin hesaplanması ve güneşten ne kadar yararlanabileceğinin ortaya konması ve ölçülen anlık ve geçmiş tarihli değerlerin internet vasıtasıyla sunulması olarak belirlenmiştir.

Şekil 3.1'de Karabük Üniversitesinde kurulması düşünülen laboratuvarın blok diyagramı görülmektedir. Yukarıda belirtilen sistemin amacı doğrultusunda, girdileri ve çıktıları belirlenmiş, gereken sistem parçaları tespit edilip sistem sınırları içerisinde gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Güneş enerjisi ölçüm laboratuvarı veri edinim, depolama, sunma sistemi.

Karabük Üniversitesi'nde, güneş enerjisi ölçüm laboratuvarı için, mühendislik binasının damı ve üst katında bir mekân tahsis edilmiştir. Laboratuvar bünyesinde ölçülen büyüklükler; mor ötesi dalga boyu güneş radyasyonu, kızıl ötesi dalga boyu güneş radyasyonu, yeşil dalga boyu güneş radyasyonu, görünen dalga boyu güneş radyasyonu ve toplam (global) güneş radyasyonu büyüklükleridir. Bu büyüklüklerin ölçümünde kullanılan algılayıcılar Karabük Üniversitesi'nde geliştirilmiştir. Algılayıcıların ürettiği sinyalleri bilgisayara almak amacıyla, Karabük üniversitesinde geliştirilen, mikrodenetleyici tabanlı veri edinim cihazı kullanılmaktadır. Veri edinim cihazı vasıtasıyla 3 saniyede bir toplanan ölçüm değerleri, usb haberleşme ara yüzü aracılığıyla laboratuvardaki veri edinim bilgisayarına aktarılmaktadır. Veri edinim bilgisayarına alınan veriler, geliştirilen bir yazılım ile anlamlandırılıp, tasarlanan veri tabanına kaydedilmektedir. Laboratuvarda ölçülen büyüklükleri gözlemek için internet sayfası tasarlanmıştır. İnternet sayfasında, kullanıcılar, ölçülen büyüklükleri anlık olarak görebilmekte, bulunulan gün içindeki ölçüm değişikliklerini çizgi grafik olarak gözlemleyebilmektedir. Ayrıca kullanıcılar, geçmiş tarihli değerlere yıllık, aylık, günlük olarak üç farklı şekilde ulaşabilmektedir. Kullanıcı görüntülemek istediği tarihli verileri, çizgi veya histogram grafik olarak inceleyebilmektedir. Ayrıca internet yazılımı günlük güneşlenme süresini, aylara düşen güneşlenme sürelerini kullanıcıya sunmaktadır. Sistemin genel yapısı Şekil 3.2'de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Laboratuvar sisteminin genel yapısı.

Kurulan sistemi 4 adımda inceleyeceğiz.

- 1) Ölçülecek büyüklükler ve algılayıcılar
- 2) Veri edinim cihazı
- 3) Verilerin bilgisayara alınması ve veri tabanına kaydedilmesi
- 4) Kaydedilen verilerin sunulması

### 3.1. ÖLÇÜLECEK BÜYÜKLÜKLER VE ALGILAYICILAR

Karabük Üniversitesi bünyesinde kurulan enerjisi ölçüm laboratuvarında, farklı dalga boylarındaki güneş radyasyonu ölçümleri yapılmaktadır.

Gelen güneş radyasyonunu ölçmek amacıyla, farklı dalga boylarında cevap veren algılayıcılar kullanılmaktadır. Kullanılan algılayıcıların tasarımı ve gerçekleştirilmesi Karabük Üniversitesinde yapılmıştır. Tasarlanan algılayıcıların kalibrasyonu, Ortadoğu Teknik Üniversitesi laboratuvarlarında yapılmıştır. Sistemde, görünen bölge, mor ötesi, kızıl ötesi, yeşil ve tüm spektral (global) dalga boylarına cevap veren algılayıcılar kullanılmıştır. Kullanılan algılayıcılar Şekil 3.3’de görülmektedir.

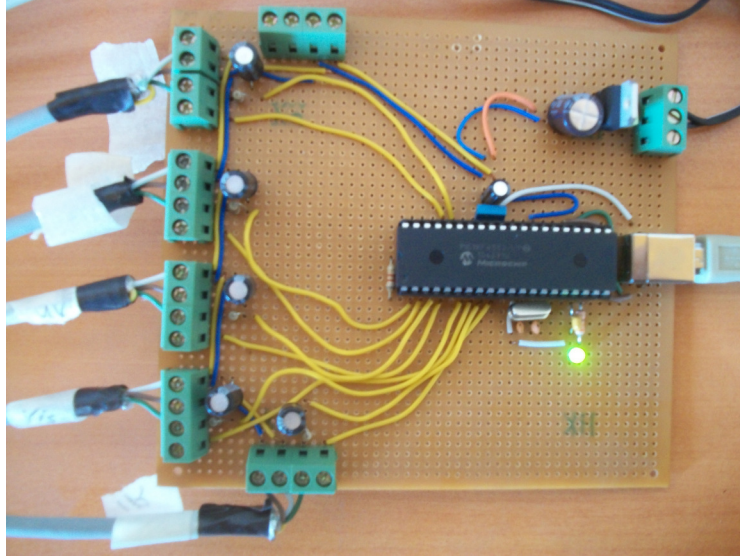


Şekil 3.3. Güneş radyasyonu algılayıcıları.

Farklı dalga boylarına cevap veren algılayıcılar kullanılarak, gelen güneş ışınlarının enerjilerinin, dalga boylarındaki dağılımı ortaya çıkacaktır. Ayrıca farklı dalga boylarındaki güneş radyasyonunun, meteorolojik koşullardan nasıl etkilendiği gözlemlenebilecektir.

### 3.2. VERİ EDİNİM CİHAZI

Veri edimin cihazı, gerçek dünya sinyallerini ölçmek ve kaydetmek ve bir sistemin veya bir sürecin kontrolünü sağlamak üzere bu sinyalleri işlemek için kullanılır. Karabük üniversitesi güneş enerjisi ölçüm laboratuvarında kullanılan algılayıcılardan gelen verileri toplamak amacıyla, Karabük üniversitesinde tasarlanan ve gerçekleştirilen mikrodenetleyici tabanlı veri edinim cihazı kullanılmıştır. Cihaz sistemin ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde tasarlanmıştır. Kullanılan veri edinim cihazı Şekil 3.4'de görülmektedir.

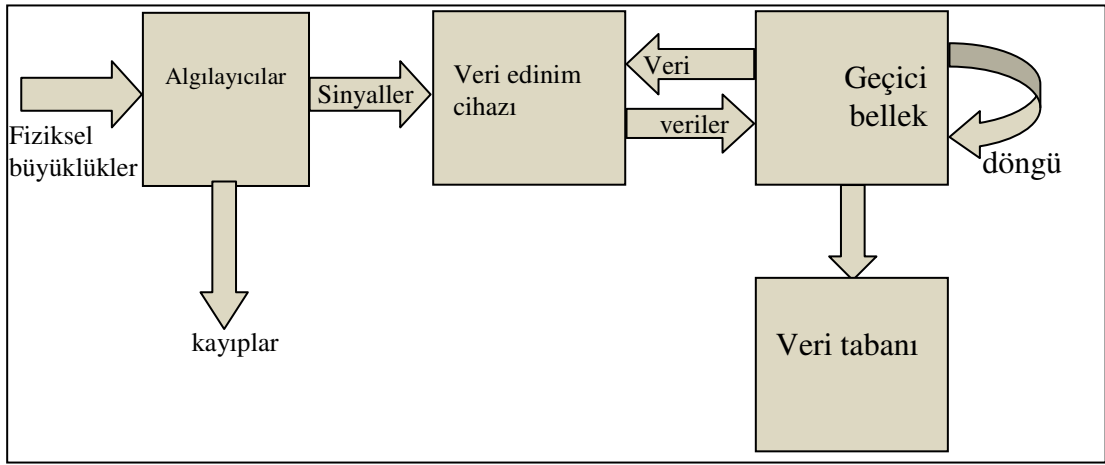


Şekil 3.4. Veri edinim cihazı.

Mikrodenetleyici olarak PIC18F4553 modeli tercih edilmiştir. 12 bitlik analog dijital çözünürlüğe sahiptir. 13 adet analog girişi bulunmaktadır. Bilgisayar ile USB ara yüzü vasıtasıyla haberleşmektedir.

### 3.3. VERİLERİN BİLGİSAYARA ALINMASI VE VERİTABANINA KAYDEDİLMESİ

Veri edinim cihazları ile örneklenen verilerin bilgisayara alınmasında, USB haberleşme ara yüzünden yararlanılmıştır. C# programlama dili ile yazılan program aracılığıyla, güneş algılayıcıları için kullanılan veri edinim cihazı tarafından sayısallaştırılan veriler, bilgisayara alınmış ve veri tabanına kaydedilmiştir. Yazılımın blok diyagramı Şekil 3.5’deki gibidir.

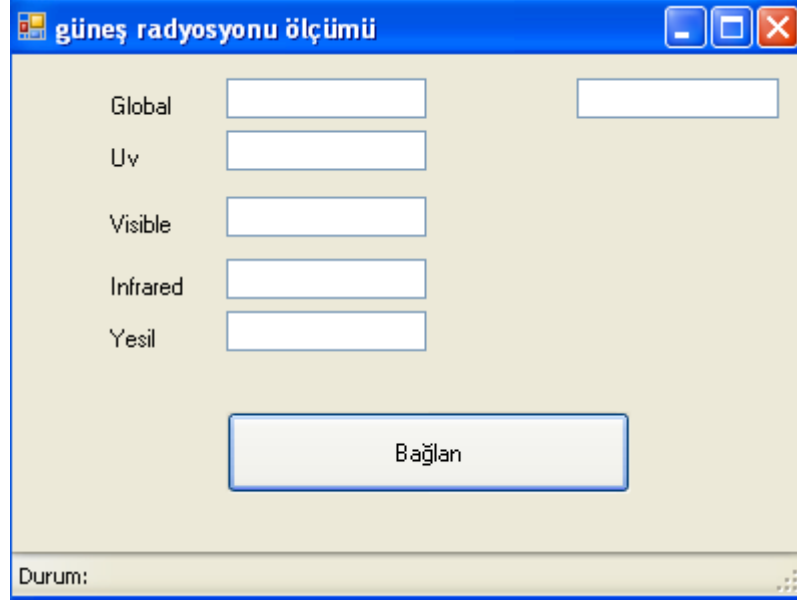


Şekil 3.5. Veri tabanı kayıt programının blok diyagramı.

#### 3.3.1. Veri Tabanı Kayıt Programı

Visual Studio 2008 programı kullanarak, c# dili ile yazılan veri edinim programının, veri edinim işlemi başlatılmadan önceki ekran görüntüsü Şekil 3.6’da görülmektedir [27,28].

Program ekranında, ölçülen büyüklüklerin isimleri ve 3 saniyede bir ölçülen değerlerinin görüntülenmesine olanak sağlayan kutucuklar görülmektedir. Program ekranının sağ üst köşesinde, saatin görüntülenmesi için kutucuk konulmuştur. Ekranın en altında bağlantının kurulduğunu veya koptuğunu gösteren durum çubuğu yer almaktadır. Ekranda görülen “Bağlan” düğmesine basılarak veri edinim işlemi başlatılır.

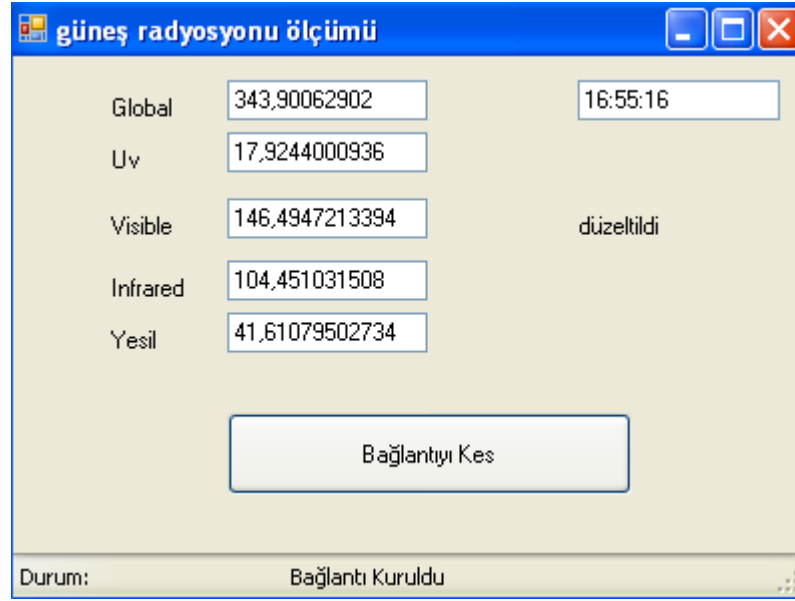


Şekil 3.6. Veri tabanı kayıt programının ekran görüntüsü.

Veri edinim işleminin başlamasının ardından, veri transferini kontrol eden zamanlayıcı, 3 saniyelik süre dolduğunda, yazılımdaki veri transfer fonksiyonunu tetikler. Veri transfer fonksiyonu, veri edinim cihazına, ölçüm değerlerini almak için haber iletir. Veri edinim cihazı, bilgisayardan gelen haberi aldığıında, cihaza bağlı olan algılayıcıları örnekler ve elde ettiği değerleri hexadecimal formata çevirir. Veri edinim cihazı, ölçüm değerlerini hexadecimal biçimde bilgisayara gönderir.

Hexadecimal biçimde bilgisayara alınan ölçüm değerleri, öncelikle tam sayıya çevrilir. Tam sayıya çevrilen ölçüm değerleri, uygun kalibrasyon değerleri ile çarpılarak, ölçülen büyüklüklerin birimine uygun şekle ( $w/m^2$ ) dönüştürülür ve değişkenlere atanır. Bu değişkenlerdeki değerler, ekrandaki ilgili kutucuklarda gösterilir (Şekil 3.7).

Yazılım aracılığıyla, 3 saniyede bir ölçüm değerleri bilgisayara alınmasına rağmen bu değerler hemen veri tabanına kaydedilmez. Bir dakika boyunca ölçüm değerleri bilgisayara alınır ve bunların ortalamaları hesaplanır. Bir dakikalık süre dolduğunda, yazılım, kayıt fonksiyonunu icra etmeye başlar. Kayıt fonksiyonu, hesaplanan ortalama değerlerini, veri tabanı kaydına uygun biçime dönüştürür. Yazılım veri tabanına bağlanır. Ölçüm değerlerini, veri tabanındaki değerler tablosuna, saat ve tarih bilgisini de ekleyerek kaydeder.



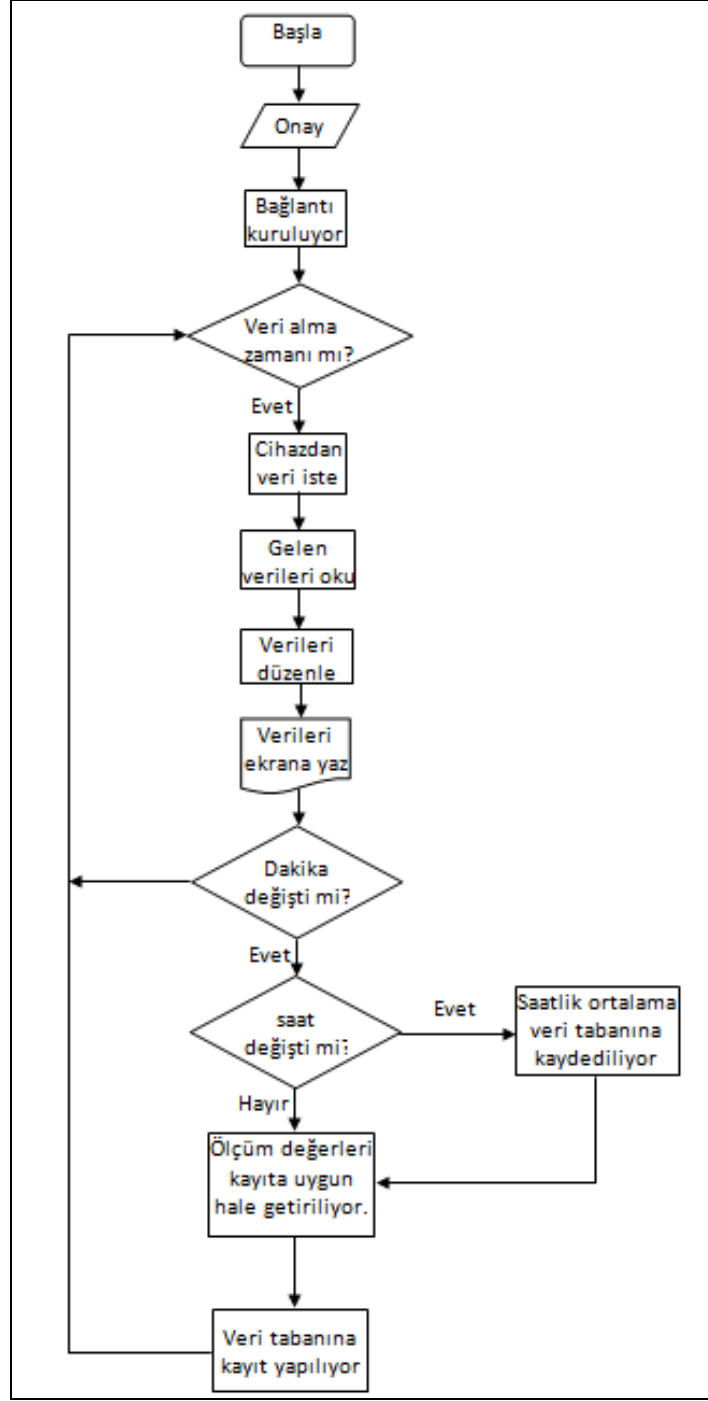
Şekil 3.7. Veri tabanı kayıt programının işlem sırasındaki ekran görüntüsü.

Ayrıca kayıt fonksiyonu, veri tabanına dakikalık yapılan kayıtlardan saatlik ortalamayı hesaplayabilmek için, şu anki saatle bir önceki kayıttın saatini karşılaştırır. Örneğin önceki kayıt 11:59, şimdiki 12:00 olduğu takdirde saat değişmiştir ve ortalama fonksiyonu devreye girer. Yazılım, veri tabanındaki değerler tablosuna bağlanır. Değerler tablosundan bir önceki saatteki kayıtlı değerlerin ortalaması hesaplanır ve ortalamalar tablosuna saat ve tarih bilgisi ile kaydedilir.

Ayrıca program aracılığıyla güneşlenme süreleri hesap edilmektedir. Dünya Meteoroloji Organizasyonu'na göre, verilen bir periyot için güneşlenme süresi toplam (global) radyasyonun  $120 \text{ W/m}^2$ 'yi geçen alt periyotlarının toplamı olarak ifade edilir [29]. Veri tabanındaki global güneş radyasyonu kayıtlarından,  $120 \text{ W/m}^2$  değerinin üzerindeki radyasyon değerlerinden, güneşlenme süresi hesaplanıp veri tabanına kaydedilmektedir. Böylece, güneşlenme süresi değerleri, ölçüm yapılan bölge için elde edilmiş olur.

Program yukarıda anlatılan şekilde sonsuz döngü içinde çalışmaktadır. Programın akış diyagramı Şekil 3.8'de görülmektedir.





Şekil 3.8. Veritabanı kayıt programının akış diyagramı.

### 3.3.2. Laboratuvar İçin Tasarlanan Veri Tabanı

Anlık verileri sunmak, uzun süre kayıt altına alınan verileri analiz etmek, grafiklerini çizmek, Karabük'e gelen güneş radyasyonu miktarındaki mevsimlere, yıllara göre değişmeyi ortaya koymak için ölçülen değerler bilgisayara alınıp veri tabanına

kaydedilmektedir. Microsoft firmasının Sql Server 2005 veri tabanı yönetim sistemi kullanılarak, sisteme uygun veri tabanı tasarlanmıştır [30].

Düzgün tasarlanmış bir veritabanı, güncel ve doğru bilgilere erişimimizi sağlar. Güneş enerjisi ölçüm laboratuvarı için tasarladığımız ve hayata geçirdiğimiz veri tabanı, tasarımı hususunda karmaşık bir yapıya sahip değildir. Her tablo kendi içinde değerlendirilmektedir. Tablolara sürekli yeni veriler dâhil olmaktadır ve veri tabanı güncellenmektedir. Bir coğrafyadaki güneş enerjisi potansiyelini ve meteorolojik koşulları tespit etmek için uzun süre ölçüm alınacağı göz önünde bulundurulursa veri tabanının sürekli büyüyeceği aşikârdır. Bundan dolayı veri tabanı sorgulama işlemlerinin daha kolay yapılacağı şekilde tasarlanmalıdır.

Ölçüm laboratuvarında kullanılan veri tabanında, dakikalık verilerin ve bunların ortalamalarının bulunduğu iki ayrı tablo grubu bulunmaktadır. Her ölçüm bulunulan yılın tablosuna kaydedilir. Örneğin kayıt programı, 1 dakikalık ölçüm verisini “degerler\_2011” tablosuna kaydetmektedir. Degerler tablosundan hesaplanan ortalamalar ise “ortalamar\_2011” tablosuna kaydedilmektedir. Dikkat edilirse, tablo isimlerinin en sonu, bulunulan yılı göstermektedir ve kayıt programı ölçüm değerlerini bulunulan yıla ait tabloya kaydedecektir. Bu şekilde tablo boyutlarının sınırlandırılması ve sorgulama sisteminin kolaylaştırılması amaçlanmaktadır.

Ölçüm değerlerinin kayıtlarının yapıldığı degerler tablosunda, panel, hava, global, infrared, uv, green, visible, saat ve tarih sütunları bulunmaktadır. Ortalamalar tablosunda ise, yukarıda sayılan sütunlara ek olarak, güneşlenme sütunu bulunmaktadır. Ayrıca kayıtların düzenli devam etmesi amacıyla, veri tabanına “id” sütunu ismiyle “primary key” tanımlanmıştır. Şekil 3.9’da veri tabanı tasarım ekranı görülmektedir.

Şu anda veri tabanındaki 1 aylık kayıtların 4 megabayt civarında bir alan kapladığı görülmektedir. Bu şekilde bir senelik kayıtlarımız 50 megabayt civarında olacaktır.

	Column Name	Data Type	Allow Nulls
🔑	id	int	<input type="checkbox"/>
	hava	float	<input checked="" type="checkbox"/>
	panel	float	<input checked="" type="checkbox"/>
	global	float	<input checked="" type="checkbox"/>
	uv	float	<input checked="" type="checkbox"/>
	infrared	float	<input checked="" type="checkbox"/>
	green	float	<input checked="" type="checkbox"/>
	visible	float	<input checked="" type="checkbox"/>
	saat	char(5)	<input checked="" type="checkbox"/>
	tarih	char(10)	<input checked="" type="checkbox"/>
	guneslenme	float	<input checked="" type="checkbox"/>

Şekil 3.9. Veri tabanı tasarım ekranı.

Ölçüm kayıtlarının güvenliği için, kayıtlar iki ayrı bilgisayara yapılmaktadır. Kayıtlar, eş zamanlı olarak veri edinim bilgisayarına ve üniversitenin bilgi işlem merkezindeki sunucu bilgisayara yapılmaktadır. Sunucu bilgisayardaki veri tabanı, ölçüm değerlerinin internet üzerinden sunulmasında kullanılacaktır. Kayıtların yapıldığı diğer bilgisayar laboratuvarında bulunmaktadır.

Veri tabanının güvenliği hususunda sql server'in birçok güvenlik önlemi vardır. Kayıtların yedeklenmesi için, sql server veri tabanı yönetim sisteminin "tasks" sisteminden yararlanılmıştır. Sql server'e, belirli sürelerde otomatik olarak veri tabanının yedeğini alması için görev tanımlanmıştır. Bu şekilde eski kayıtların sayısı çoğaltılarak güvenliği artırılmıştır.

Şekil 3.10'da dakikalık kayıtlara Şekil 3.11'de ortalamalara örnek görülmektedir.

id	hava	panel	global	uv	infrared	green	visible	saat	tarih
34	9999	9999	810,4	46,2	252,2	104	356,4	11:25	09.08.2011
35	9999	9999	810,9	46,2	252,4	104	356,8	11:26	09.08.2011
36	9999	9999	809,6	46,2	252	103,8	356,2	11:27	09.08.2011
37	9999	9999	810,4	46,2	252,3	103,9	356,5	11:28	09.08.2011
38	9999	9999	812,7	46,4	252,9	104,2	357,6	11:29	09.08.2011
39	9999	9999	814,5	46,5	253,4	104,5	358,4	11:30	09.08.2011
40	9999	9999	816	46,7	253,8	104,7	359,1	11:31	09.08.2011
41	9999	9999	817,5	46,7	254,2	104,9	359,7	11:32	09.08.2011
42	9999	9999	818,9	46,8	254,6	105,1	360,3	11:33	09.08.2011
43	9999	9999	820,1	46,9	255	105,2	360,9	11:34	09.08.2011
44	9999	9999	821,1	47	255,2	105,3	361,3	11:35	09.08.2011
45	9999	9999	822,2	47,1	255,7	105,5	361,9	11:36	09.08.2011
46	9999	9999	822,7	47,1	255,9	105,5	362,2	11:37	09.08.2011
47	9999	9999	824,9	47,3	256,4	105,8	363	11:38	09.08.2011

Şekil 3.10. Değerler tablosundan kayıt örnekleri.

id	hava	panel	global	uv	infrared	green	visible	saat	tarix	guneslenme
175	9999	9999	0,5	0,1	0,2	0,2	0,2	00:00	17.08.2011	0
176	9999	9999	0,5	0,1	0,2	0,2	0,2	01:30	17.08.2011	0
177	9999	9999	0,6	0,1	0,2	0,2	0,2	02:30	17.08.2011	0
178	9999	9999	0,7	0,1	0,2	0,2	0,2	03:30	17.08.2011	0
179	9999	9999	0,7	0,1	0,2	0,2	0,3	04:30	17.08.2011	0
180	9999	9999	1,2	0,1	0,4	0,2	0,5	05:30	17.08.2011	0
181	9999	9999	57,3	2,3	22,2	5,4	20,9	06:30	17.08.2011	4
182	9999	9999	208,6	9,3	71,8	24,3	85,1	07:30	17.08.2011	60
183	9999	9999	376,4	19,1	121,8	46,6	161,5	08:30	17.08.2011	60
184	9999	9999	539,7	30,7	169,8	69,2	238,1	09:30	17.08.2011	60
185	9999	9999	682,3	41,1	211,4	89,2	303,8	10:30	17.08.2011	60
186	9999	9999	777,9	48,2	239,6	102,3	347,7	11:30	17.08.2011	60
187	9999	9999	821,2	51,6	251	108,2	368,6	12:30	17.08.2011	59
188	9999	9999	789,8	49,1	241,1	103,5	353,9	13:30	17.08.2011	60
189	9999	9999	656,5	39,5	200,8	84,3	290,8	14:30	17.08.2011	60
190	9999	9999	580,1	34	175,6	73,8	255,9	15:30	17.08.2011	60
191	9999	9999	424,8	24,7	128,1	53,9	188,2	16:30	17.08.2011	59
192	9999	9999	358,4	18,2	108,6	44	155,5	17:30	17.08.2011	60
193	9999	9999	183,5	8	57,7	20,7	74,8	18:30	17.08.2011	53
194	9999	9999	16,9	1,4	4,1	2,6	9	19:30	17.08.2011	0
195	9999	9999	0	0	0	0,1	0	20:30	17.08.2011	0
196	9999	9999	0	0	0	0,1	0	21:30	17.08.2011	0
197	9999	9999	0	0	0	0,1	0	22:30	17.08.2011	0
198	9999	9999	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	23:30	17.08.2011	0

Şekil 3.11. Ortalamalar tablosundan kayıt örnekleri.

### 3.4. KAYDEDİLEN VERİLERİN SUNULMASI

Ölçülen güneş enerjisi ve sıcaklık değerlerine ulaşmak, üzerinde çalışmak amacıyla, anlık ve geçmiş tarihli verilerin sunulması amaçlanmaktadır. Verilerin sunulmasında internet ortamından faydalanılmıştır.

Karabük üniversitesindeki güneş enerjisi ölçüm laboratuvarındaki çalışmalarını ve ölçülen radyasyon değerlerini araştırmacılara ve halka sunmak amacıyla web uygulaması geliştirilmiştir. Uygulama Visual Studio 2008 programını kullanarak asp.net dili ile yazılmıştır [27,31]. Uygulamada laboratuvarımız hakkında genel bilgi, anlık ölçüm değerleri, geçmiş veriler ve fotoğraflar bulunmaktadır.

Laboratuvarımız için tasarlayıp hayata geçirdiğimiz web sayfası 4 bölümden oluşmaktadır. Siteye <http://muh.karabuk.edu.tr/elektrikelektronik/lab/giris.aspx> adresinden ulaşılabilir.

Laboratuvarımızın web sayfasındaki “Ölçüm Laboratuvarı” bölümünde, yapılan çalışmalar ve ölçümler hakkında genel bilgiler bulunmaktadır (Şekil 3.12).



# KARABÜK ÜNİVERSİTESİ

## GÜNEŞ ENERJİSİ ÖLÇÜM LABORATUARI



**ÖLÇÜM LABORATUARI**

**ANLIK VERİLER**

**GEÇMİŞ VERİLER**

**Günlük Veriler**

**Aylık Veriler**

**Yıllık Veriler**

**FOTOĞRAFLAR**

Bilindiği üzere yeryüzüne varan güneş enerjisi varış yöntemi ve ölçülmesi mevsimsel değişiklik gösterdiği gibi yıldan yıla da, aynı mevsimler için farklı miktarlarda enerji ölçülebilmektedir. Bu nedenle değişik ölçüm cihazlarının, uzun zamanlar (yıllar) için ölçüm yapması tavsiye edilmektedir. Güneş enerjisinin yanı sıra basınç, rüzgar, ve sıcaklık gibi ölçümlerde yapılması gerekmektedir. Bu ölçümleri depolamak, depolanmış verileri işlemek ve sorgulamak için uygun bir veri edinim sistemi, donanımı ve yazılımlarıyla tasarlanması gerekmektedir. Bu verilerin sorgulanması sonucu en uygun PV( teknoloji seçimi ve ekonomik değerlendirilmesi) sistemi tasarlanabilecektir.

Karabük Üniversitesi kampusunda kurulacak güneş enerjisi ölçüm laboratuarı için gereksinimlerine göre uygun veri edinim kriterleri saptanacak.Piyasada ve literatür de var olan veri edinim (donanım ve yazılım olarak) incelendikten sonra konuyla ilgili bir seminer verilerek uygun sistem seçim önerileri savunulacaktır. Daha sonra seçilen sistem var olan ölçüm laboratuarı cihazlarıyla çalışabilmesi için uygun ara yüzler geliştirilecek, uygun yazılımlar hazırlanacak ve gerçek veri toplayarak, işleyerek, uygulama yapılacaktır. Karabük Üniversitesi Kampus mevkinde, veri toplama süresi içinde düşen güneş enerjisi miktar ve anlamı yayımlanacaktır.

Şekil 3.12. İnternet sayfası giriş ekranı.

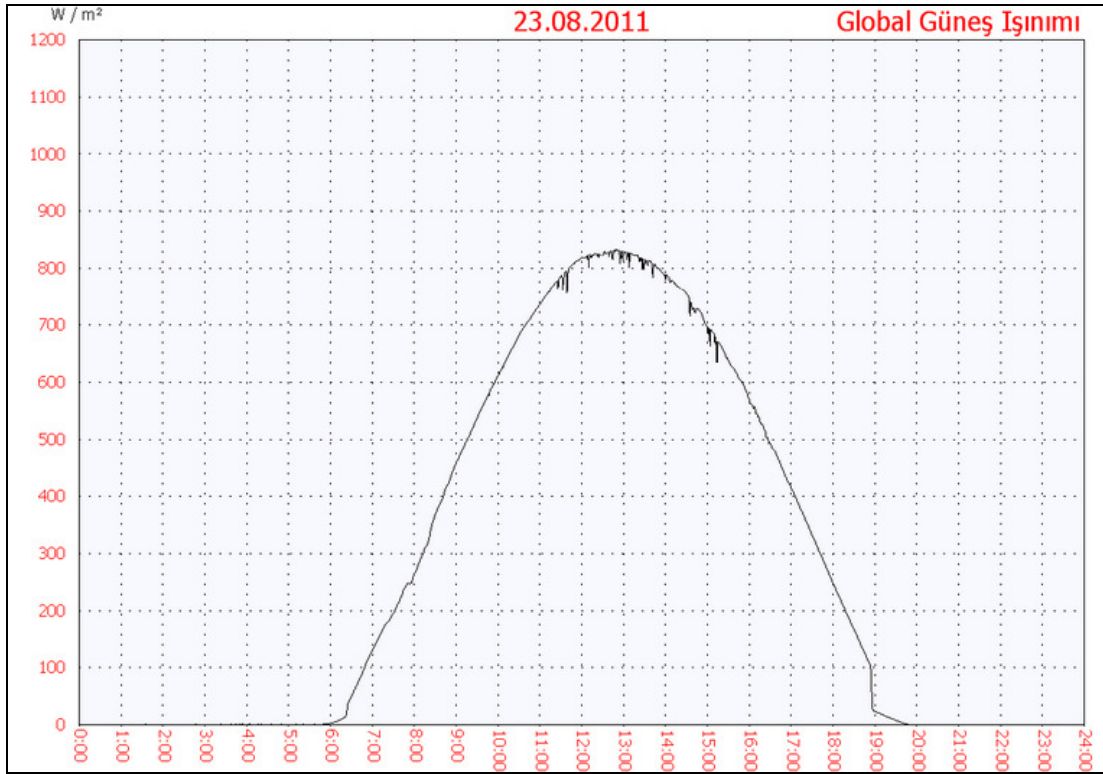
“Anlık veriler” sayfasında, laboratuvar bünyesinde ölçülen hava ve panel sıcaklığı, global, kızıl ötesi, morötesi, yeşil dalga boyu ve görünen dalga boyu radyasyon büyüklüklerinin anlık değerleri sunulmuştur. Sayfanın üst kısmında tarih ve saat bilgileri bulunmaktadır (Şekil 3.13).

ANLIK DEĞERLER			
23.08.2011 15:49			
<b>HAVA SICAKLIĞI</b>		<b>PANEL SICAKLIĞI</b>	
	9 °C		9 °C
<b>GLOBAL GÜNEŞ IŞINIMI</b>		<b>MOR ÖTESİ GÜNEŞ IŞINIMI</b>	
	0,5 W / M <sup>2</sup>		0,1 W / M <sup>2</sup>

Şekil 3.13. Anlık veriler sayfası.

Değerlerin sunulabilmesi için öncelikle yazılım, veri tabanını sorgulamak için mevcut güne ait tarih bilgisi içeren bir sorgu cümlesi türetir. Ayrıca veri tabanındaki verileri alabilmek için, değişken olarak liste elemanları tanımlanır. Yazılım, sunucu bilgisayardaki veri tabanına bağlanır. Türetilen sorgu cümlesi vasıtasıyla, değerler tablosundan, bulunulan güne ait bütün değerler okunur ve ilgili değişkenlere atanır. Bu durumda, atama yapılan listelerin son elemanları, veri tabanına son girilen kayıtlardır ve anlık değerleri göstermektedir. Listelerin son elemanları, sayfadaki kendisine ayrılmış bölümde yayınlanır. Bu işlem her dakika tekrar edilir. Bu şekilde kullanıcıların anlık verilere ulaşması sağlanır.

Ayrıca “Anlık Veriler” sayfasında, ölçülen büyüklük değerlerinin, gün içerisindeki değişimleri çizgi grafik ile gösterilmiştir. Veritabanında, bulunulan gün içindeki, saat 00:00 ile anlık saat arasındaki değerler çizgi grafik ile gösterilmektedir. Anlık değerler sayfası bir dakikalık periyotlar ile güncellenmektedir. Grafikler tekrar çizdirilmektedir (Şekil 3.14).



Şekil 3.14. Günlük değerleri gösteren çizgi grafik.

Grafik çizdirmek için geliştirilen yazılımın algoritması aşağıdaki gibidir.

- 1) Grafiğin çizileceği resim tuvali tanımlanıyor.
- 2) Grafiğin çerçevesi çiziliyor.
- 3) Grafiğin arka alanı boyanıyor.
- 4) Grafiğin üstüne, değerlerin hangi tarihe ait olduğu yazılıyor.
- 5) Grafiğin altına, X ekseninin birimi yazılıyor.
- 6) Grafiğin sağ üst köşesine, grafiğin adı yazılıyor.
- 7) Grafiğin sol üst köşesine Y ekseninin birimi yazılıyor.
- 8) Döngü aracılığıyla grafiğin X eksenine paralel olan ızgaraları çiziliyor.
- 9) Y eksenini ölçeklendiriliyor.
- 10) Döngü aracılığıyla grafiğin Y eksenine paralel olan ızgaraları çiziliyor.
- 11) X eksenini ölçeklendiriliyor.
- 12) Grafiği çizilecek büyüklüğün değerlerinin bulunduğu dizinin ilk verisinin zamanına göre, grafiğin başlangıç noktasını tespit ediliyor.
- 13) Değerlerin bulunduğu dizinin boyutu adedince döngüye giriliyor.
- 14) Dizinin elemanlarının değerlerine göre grafik çiziliyor.
- 15) Grafiği bilgisayara resim olarak kaydediliyor.

Laboratuvarın veri tabanındaki geçmiş tarihli verilere, günlük veriler, aylık veriler, yıllık veriler olarak üç farklı şekilde ulaşılabilmektedir.

“Günlük veriler” sayfasında, istenilen büyüklüğe dair seçilen bir günün değerlerine, kullanıcının isteğine göre çizgi veya histogram grafik şeklinde ulaşılabilmektedir. Kullanıcı öncelikle, görüntülemek istediği büyüklüğü seçer. Ardından grafiğin çizgi grafik veya histogram grafik olacağına karar verir. Kullanıcı grafik seçim kutucuklarının altında bulunan takvimden, değerlerine ulaşmak istediği günü seçtiğinde o güne ait grafik ve günlük ortalama, takvimin altında görüntülenir (Şekil 3.15). Ayrıca global güneş enerjisine ait değerler görüntülenmek istendiğinde, seçilen güne ait güneşlenme süresi de görüntülenmektedir.

Karabük Üniversitesi güneş enerjisi ölçüm laboratuvarında ölçülen büyüklüklerin, ölçüm yapılmış olan tarihlerdeki günlük değerlerine ulaşabilirsiniz.

Görüntülemek istediğiniz büyüklüğü seçiniz:

- Hava Sıcaklığı
- Panel Sıcaklığı
- Global Güneş Işınımı
- Mor Ötesi Güneş Işınımı
- Görünen Dalga Boyu Güneş Işınımı
- Kızıl Ötesi Dalga Boyu Güneş Işınımı
- Yeşil Dalga Boyu Güneş Işınımı

Grafik türünü seçiniz:

- Çizgi Grafik
- Histogram Grafik

Görüntülemek istediğiniz tarihi seçiniz:

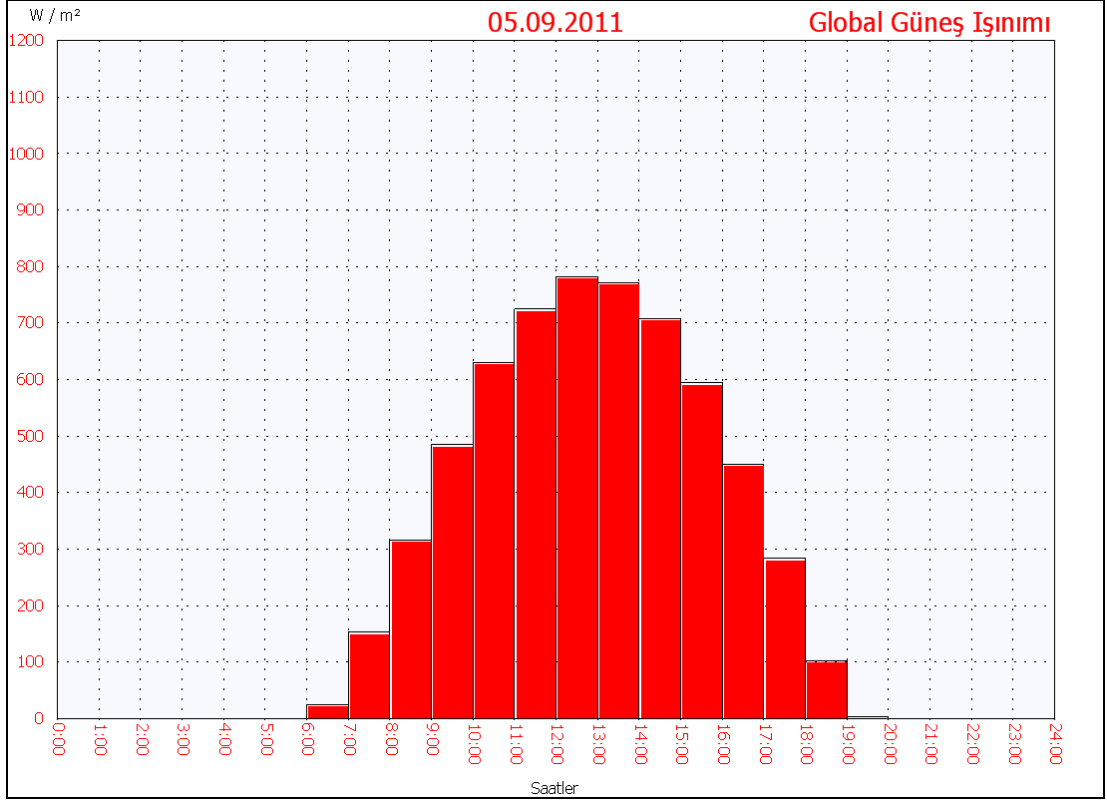
Aug	September 2011						Oct
Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	
<u>28</u>	<u>29</u>	<u>30</u>	<u>31</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	
<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>	
<u>11</u>	<u>12</u>	<u>13</u>	<u>14</u>	<u>15</u>	<u>16</u>	<u>17</u>	
<u>18</u>	<u>19</u>	<u>20</u>	<u>21</u>	<u>22</u>	<u>23</u>	<u>24</u>	
<u>25</u>	<u>26</u>	<u>27</u>	<u>28</u>	<u>29</u>	<u>30</u>	<u>1</u>	
<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>	

Şekil 3.15. Günlük veriler sayfası seçim ekranı.

Histogram grafiğin çiziminde, görüntülenmek istenen günün ortalama değerlerinden yararlanılır. Örnek olarak; Şekil 3.16'daki grafikte görülen, saat 9:00 ile 10:00 arasındaki değer, saat 9:00 ile 10:00 arasındaki 1 dakikalık periyotlarla kaydedilen verilerin saatlik ortalamasıdır. Veri tabanı kayıt programı aracılığıyla, ölçüm değerlerinin veri tabanına kaydedildiği esnada, bu değerler hesaplanmış ve ortalamalar tablosuna kaydedilmiştir. Histogram grafiklerin çiziminde, ortalamalar tablosundan yararlanılmıştır.

Eğer kullanıcı, takvimden, ölçüm yapılmamış bir günü seçerse, “istenilen tarihe dair kayıt bulunmamaktadır” şeklinde uyarı almaktadır.





Şekil 3.16. Saatlik ortalamaları gösteren histogram grafik.

“Aylık veriler” sayfasında, kullanıcı görüntülemek istediği büyüklüğün bir aylık ortalama değerlerine, histogram grafik şeklinde ulaşabilmektedir. Kullanıcı sayfayı açtığı anda, internet yazılımı veri tabanına bağlanır ve hangi yıllarda kayıt alındığını tespit eder. Kayıt alınan yılların listesi ekranda görüntülenir. Kullanıcı yılı seçtiğinde, yazılım veri tabanına bağlanır ve seçilen yılda hangi aylarda kayıt yapıldığını tespit eder. Kayıt yapılan ayların listesi ekranda gösterilir. Kullanıcı değerlerini görüntülemek istediği ayı seçtikten sonra “tarihli verileri göster” düğmesine tıklayarak grafiğe ulaşabilir (Şekil 3.17).

“Aylık veriler” sayfasında görüntülenen histogram grafiğinin çiziminde, saatlik değerlerin aylık ortalamalarından yararlanılır. “tarihli verileri göster” düğmesine tıkladığında yazılım veri tabanındaki ortalamalar tablosuna ulaşır. Burada kayıtlı olan saatlik ortalamalardan yararlanarak aylık ortalamayı hesaplar. Örneğin; saat 9:00 ile saat 10:00 arasındaki ölçülmüş değerlerin ortalaması, ortalamalar tablosunda 9:30 olarak görülür. Bir aydaki tüm günlerdeki 9:30 saatindeki verilerinin ortalaması

hesaplanır. Çıkan sonuç istenilen aydaki 9:00 – 10:00 saatlerinin aylık ortalamasıdır. Bu algoritma ile tüm saatlerin ortalamaları hesaplanarak grafik çizilir.

Karabük üniversitesi güneş enerjisi ölçüm laboratuvarında ölçülen büyüklüklerin aylık ortalamaları histogram grafik halinde gözlemlenebilmektedir.

Görüntülemek istediğiniz büyüklüğü seçiniz:

- Hava Sıcaklığı
- Panel Sıcaklığı
- Global Güneş Işınımı
- Mor Ötesi Güneş Işınımı
- Görünen Dalga Boyu Güneş Işınımı
- Kırmızı Ötesi Dalga Boyu Güneş Işınımı
- Yeşil Dalga Boyu Güneş Işınımı

Yıl seçiniz:  2011

Ay seçiniz:  08  09

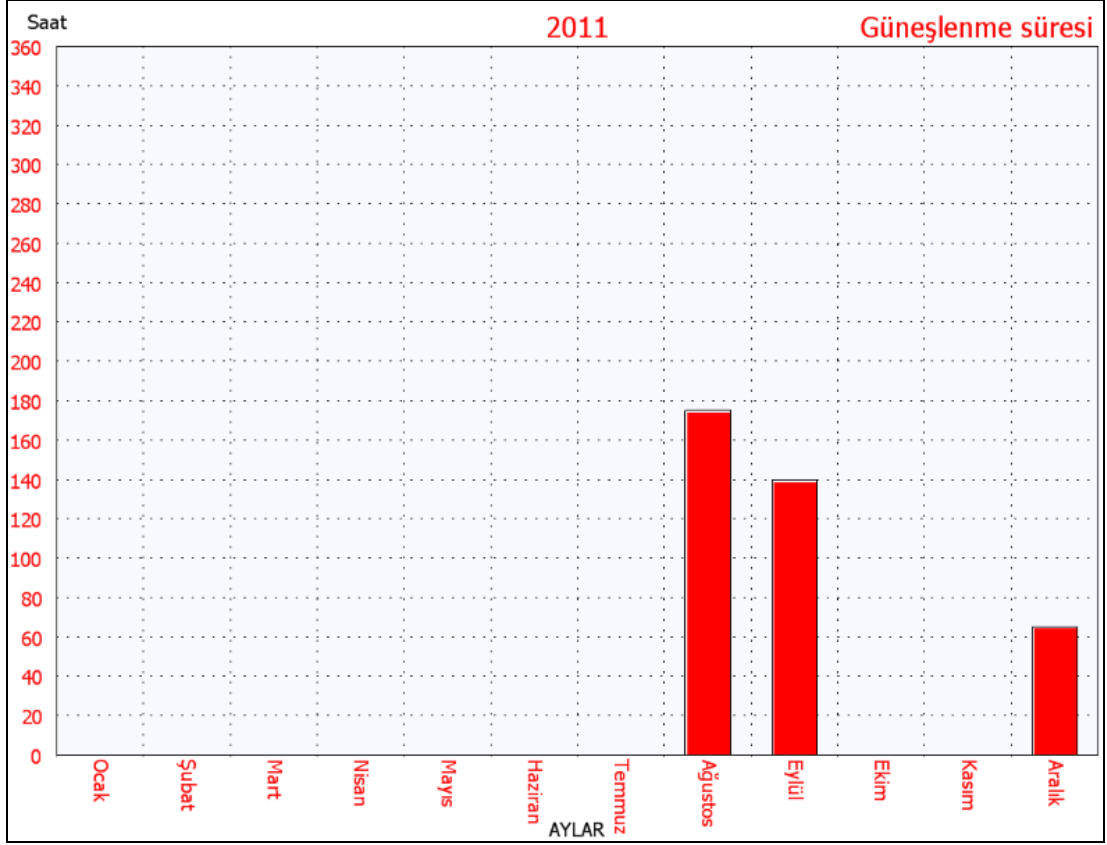
08.2011

Şekil 3.17. Aylık veriler sayfası seçim ekranı.

“Yıllık veriler” sayfasında, kullanıcı, seçtiği yıla ait saatlere göre ölçüm değerlerine veya aylara göre ölçüm değerlerine histogram grafik şeklinde ulaşabilir. Kullanıcı sayfayı açtığı anda, internet yazılımı veri tabanına bağlanır ve hangi yıllarda kayıt alındığını tespit eder. Kayıt alınan yılların listesi ekranda görüntülenir. Kullanıcı yılı ve grafik türüne seçip “değerleri göster” düğmesine tıklayarak grafiklere ulaşabilir.

Saatlere göre ölçüm değerleri grafiğinde, saatlik değerlerin yıllık ortalamalarından yararlanılır. Örneğin grafikte saat 9:00 ile 10:00 arasında görülen değer bir sene boyunca saat 9:00 ile 10:00 arasında ölçülen değerlerin ortalamasıdır.

Aylara göre ölçüm değerleri grafiğinde, seçilen büyüklüğün aylara göre değişimi gözlemlenmektedir. Global güneş ışınımı büyüklüğünün grafiği gözlemlenmek istendiğinde, aylara düşen güneşlenme süresine de grafiksel olarak ulaşılabilir (Şekil 3.18).

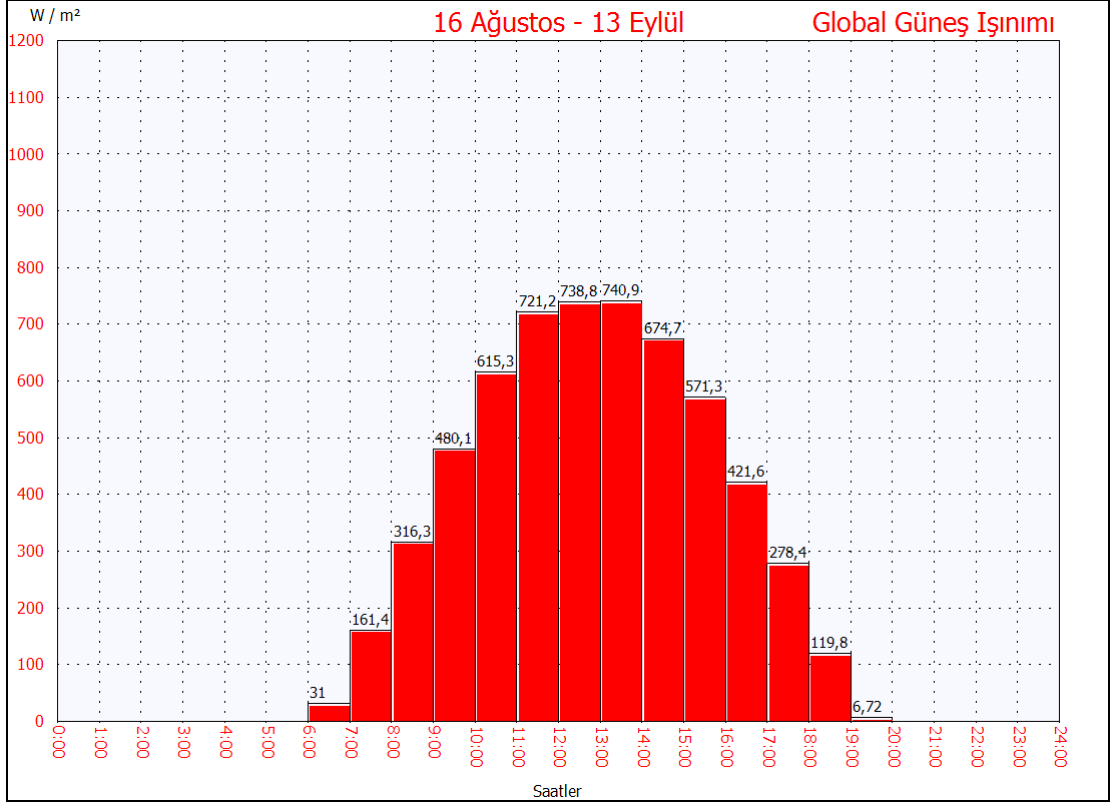


Şekil 3.18. Aylara düşen güneşlenme süreleri.

Ayrıca kullanıcı global güneş ışınımı büyüklüğünü gözlemlemek istediğinde, senelik ortalama güneş ışınımı ve toplam güneşlenme süresine de ulaşabilmektedir.

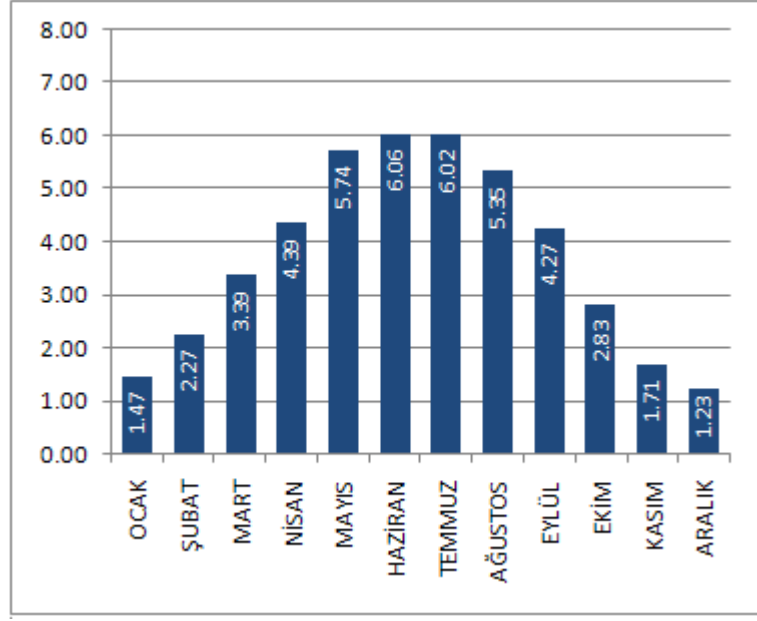
### 3.5. ÖLÇÜLEN DEĞERLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

Bilindiği gibi EİE'nin ve DMİ'nin ortaklaşa çalışması ile hazırlanan global radyasyon haritasındaki Karabük için belirlenen değer, model vasıtasıyla hesaplanmıştır. Laboratuvar da ölçtüğümüz değerler ile EİE'nin model vasıtasıyla Karabük için hesapladığı değerler karşılaştırılmış ve aralarındaki fark gözlemlenmiştir. Şunu da hatırlatmak gerekir ki; bir bölgenin güneş enerjisi potansiyelinin belirlenmesi için uzun süreli ölçümler alınması gerekmektedir. Bundan dolayı yaptığımız ölçüm sonuçları ile model sonuçlarının karşılaştırılması işlemine ön değerlendirme olarak bakılması gerekmektedir. Şekil 3.19'da 16 Ağustos ile 13 Eylül tarihleri arasında laboratuvar da ölçülen global güneş radyasyonunun ortalaması görülmektedir.



Şekil 3.19. 16.08 – 13.09 tarihleri arasında ortalama global güneş radyasyonu.

Güneş enerjisi ölçüm laboratuvarında, 16 Ağustos ile 13 Eylül tarihleri arasında yapılan global güneş radyasyonu ölçümleri sonucunda, Karabük bölgesi için bu tarihlerde, metrekareye günlük  $5840 \text{ W/m}^2$  şiddetinde güneş radyasyonu düştüğü tespit edilmiştir. Metrekareye düşen güneş enerjisi ise  $5,84 \text{ kWh/m}^2$  dir. Standart test koşullarına indirgenmiş güneşlenme süresi 5 saat 50 dakikadır. Aydınlanma süresi ise 10 saat 50 dakikadır. EİE'nin aynı tarihlerde Karabük için bildirdiği güneş enerjisi ise  $4,80 \text{ kWh/m}^2$ , Standart test koşullarına indirgenmiş güneşlenme süresi 4 saat 50 dakikadır [32]. Şekil 3.20'de EİE'nin bildirdiği radyasyon değerleri görülmektedir.



Şekil 3.20. Karabük için global güneş radyasyonu değerleri [32].

Ölçüm laboratuvarında 9 – 31 Aralık tarihlerinde yapılan ölçümlere göre günlük ortalama  $1121 \text{ W/m}^2$  şiddetinde global güneş radyasyonu tespit edilmiştir. Metrekareye düşen güneş enerjisi ise ortalama  $1,12 \text{ kWh/m}^2$  dir. Standart test koşullarına indirgenmiş güneşlenme süresi 1 saat 7 dakikadır. Aydınlanma süresi ise 3 saattir. Şekil 3.20’de de görüldüğü gibi EİE’nin aynı tarihlerde Karabük için bildirdiği güneş enerjisi  $1,23 \text{ kWh/m}^2$ , Standart test koşullarına indirgenmiş güneşlenme süresi 2 saat 58 dakikadır [32].

Aralık ayında yapılan ölçümler ile model sonuçlarının birbirine yakın olduğu fakat 16 Ağustos – 13 Eylül döneminde yapılan ölçümler ile model sonuçlarının birbirinden uzak olduğu görülmektedir. Daha net sonuçlar ortaya koyabilmek için uzun süreli ölçümler alınması gerekmektedir.

## BÖLÜM 4

### GÜNEŞ ENERJİSİ GRAFİKLERİNE İSTATİSTİKSEL YAKLAŞIM

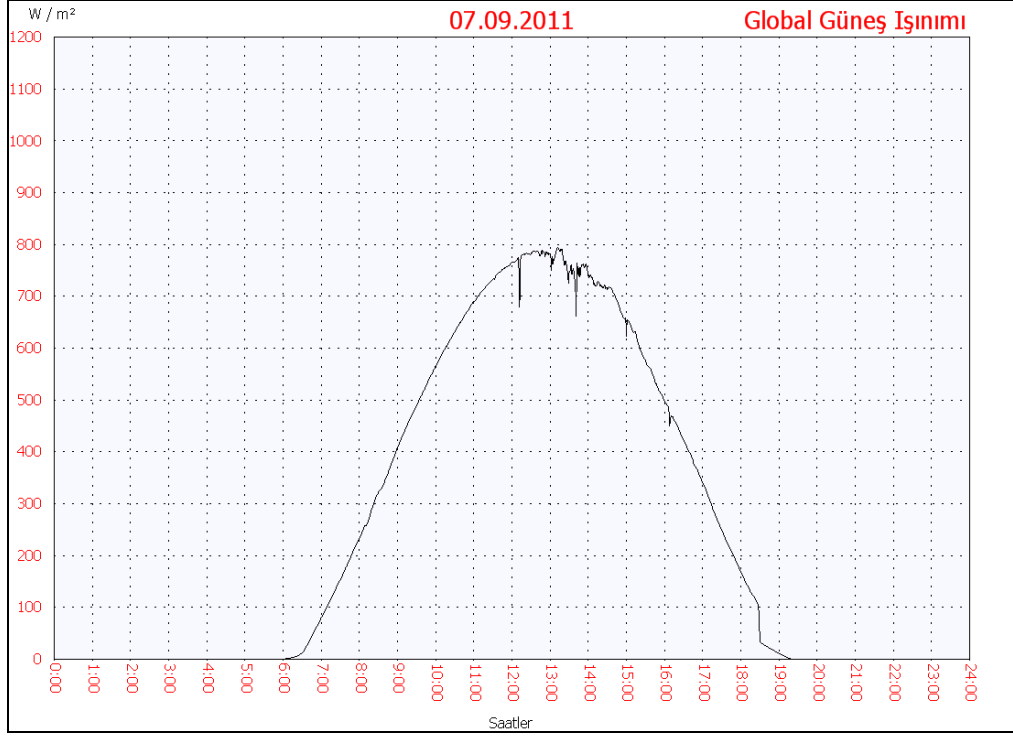
Bu bölümde, günlük güneş radyasyonu grafiklerinde görülen ani değişimlerin, güneş enerjisi grafiklerini nasıl etkilediği ve bu anlık değişimlere karşı enerji hesaplamalarında nasıl davranılması gerektiği araştırılmıştır.

Ayrıca güneş enerjisi grafikleri hesaplanırken, mevcut güneş enerjisini en iyi gösteren saat aralıklarının tespiti üzerine çalışılmıştır.

#### 4.1. GÜNEŞ RADYASYONU ÖLÇÜMLERİNDEKİ ANI DEĞİŞİMLER

Tam açık günlerin güneş radyasyonu grafikleri incelendiğinde; güneş radyasyonu değerlerinde, güneşin doğduğu saatten öğle saatine kadar düzgün bir artış, öğle saatlerinde birbirine yakın değerler ve öğle saatlerinden güneş batımına kadar düzgün bir azalış ile karşılaşılır. Fakat bazı tam açık günlerin grafiklerine baktığımızda, anlık olarak beklenenden tamamen farklı değerlerle karşılaşabilmekteyiz. Bir dakikalık keskin düşüşler göze çarpabilmektedir. Şekil 4.1'de 7 Eylül tarihli grafikte bu durum gözlemlenmektedir. Bu beklenmedik değerlerin, ortalama hesaplamalarında kullanılmasının uygunluğu araştırılmıştır.

Veri kümesinde genel eğilimin oldukça dışına çıkan ya da diğer değerlerden oldukça farklı olan değerlere aşırı değerler (outliers) denir. Aşırı değerler; hatalı veri girişi, yanlış kodlama, her zaman ortaya çıkmayan bir olayın görülmesi, vb. nedenlerle ortaya çıkabilir. Aşırı gözlem, hatalı veri girişi ya da yanlış gözlemden dolayı meydana gelmişse, bu durum veri kümesinin temizlenmesi aşamasında düzeltilmelidir. Eğer aşırı gözlem her zaman ortaya çıkmayan bir olay ise, araştırmacı bu verinin kümeye dâhil edilip edilmeyeceğine karar vermelidir. Araştırmacının kararına göre aşırı değer veri kümesinden silinebilir [33].



Şekil 4.1. 07.09.2011 tarihli değerleri gösteren çizgi grafik.

Veri kümesindeki genel eğilimden farklı değerler, aşırı değer olup olmadığına karar vermek için farklı metotlar kullanılmaktadır. En sıklıkla tercih edilen metot standart sapma metodudur. Bu metot; veri kümesinin ortalamasından  $3 \times$  standart sapmadan daha uzakta bulunan değerler, aşırı değerler olarak algılanır. Eğer;

$$x_i > x_{\text{ortalama}} + 3 \times s.\text{sapma} \quad \text{veya} \quad x_i < x_{\text{ortalama}} - 3 \times s.\text{sapma} \quad (4.1)$$

ise,  $x_i$  değeri aşırı değerdir.

Veri kümesindeki örnek sayısı yeterli büyüklükteyse ve aşırı değerler çok değil ise (bir ya da birkaç tane) tespit edilen aşırı değerler veri kümesinden çıkarılabilir [34].

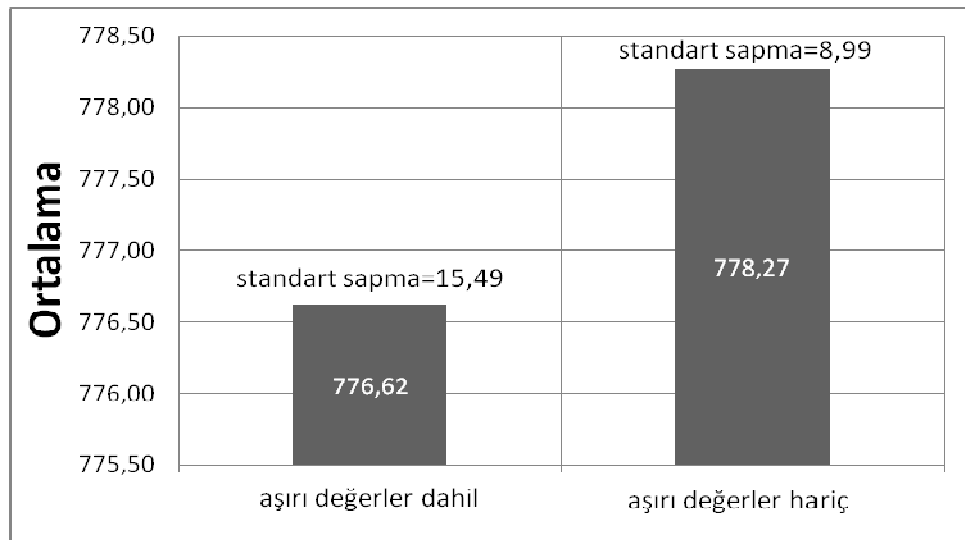
Saatlik ortalamaların ve enerji grafiklerinin hesaplanmasında, dakikalık verilerin oluşturduğu kümeden yararlanılmaktadır. Bu veri kümesinde, yeterli sayıda örnek bulunduğu için, tespit edilen aşırı değerler veri kümesinden çıkartılmaktadır. Şekil 4.2’de 07.09.2011 tarihinde saat 12:00 – 13:00 arasındaki değerler, yukarıdaki işlemlere bir örnek olarak sunulmuştur.

763,1	12:01
764,1	12:02
765,3	12:03
765,5	12:04
.	.
.	.
749	12:14
679,3	12:15
755	12:16
.	.
.	.
786,7	12:57
784,2	12:58
781,6	12:59

Şekil 4.2. 07.09.2011 tarihinde saat 12:00 – 13:00 arasındaki değerler.

Değerler saat 12:00 ile 13:00 arasında birbirine yakın şekilde değişmesine rağmen saat 12:15'te veri kümesinin genel dağılımından farklı bir değer gözlemlenmektedir. Veri kümesinin ortalaması 776,62 ve standart sapması 15,49 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan bu değerler kullanılarak, 12:15'te görülen 679,3 değerinin aşırı değer olduğu tespit edilmiştir.

Bu aşırı değer, veri kümesinden çıkarılarak, veri kümesinin ortalaması tekrar hesaplandığında, ortalamanın 778,27, standart sapmanın 8,99 olduğu görülmektedir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Aşırı değerlerin ortalama ve standart sapmaya etkisi.

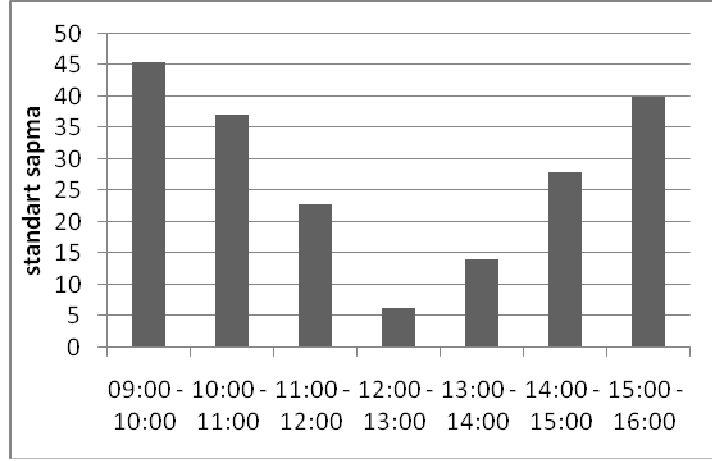


Yukarıdaki örnekte de görüldüğü gibi, aşırı değerlerin atılması ile hesaplanan standart sapmalar daha küçüktür. Bu şekilde elde ettiğimiz ortalama değerlerinde, ortalamanın hesaplandığı veri kümesi, ortalamanın çevresinde toplanmaktadır. Standart sapma değerlerinin daha küçük elde edilmesi ile doğruluk oranı daha yüksek saatlik ortalama ve enerji grafikleri elde edilmektedir. Aşırı değerlerin atılmasıyla elde edilen saatlik ortalamalar ve enerji grafikleri daha kararlı olacak ve mevcut güneş enerjisi potansiyelini daha iyi temsil edecektir.

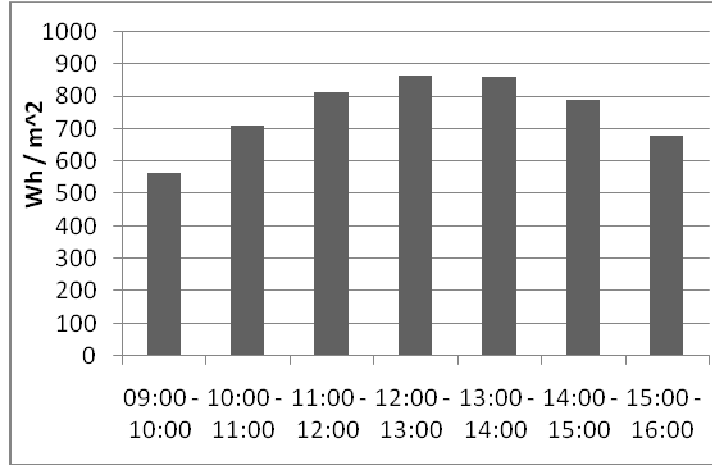
#### **4.2. GÜNEŞ ENERJİSİ HESAPLAMALARI İÇİN EN UYGUN ZAMAN DİLİMLERİ**

Güneş enerjisi hesaplamalarında, farklı birer saatlik zaman dilimleri gözlemlenerek, hangi saat diliminde hesaplanan güneş enerjisi değerinin standart sapmasının daha düşük olduğu ve hangi saat diliminin kullanımının daha uygun olabileceği araştırılmıştır.

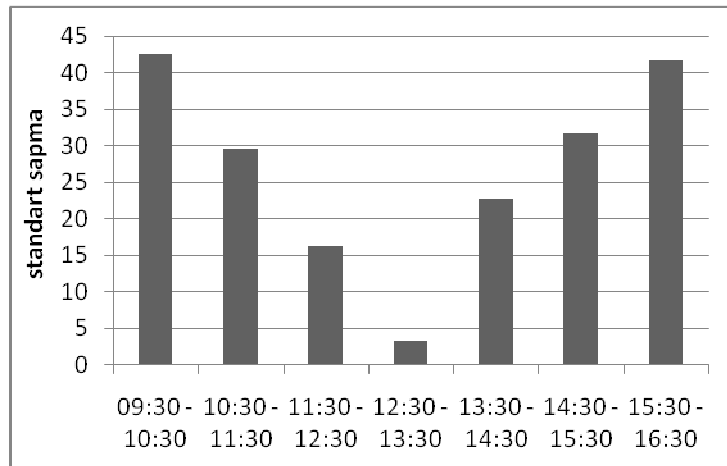
Hangi birer saatlik zaman dilimleri mevcut güneş enerjisini daha iyi temsil edeceğini belirlemek için 10.08.2011 ile 17.09.2011 tarihi arasındaki tespit edilen tam açık günlerin grafikleri üzerinde çalışılmıştır. 10, 20, 23 Ağustos, 5, 8, 9, 11,12 13 Eylül, tarihlerinde, saat başlarını başlangıç noktası olarak bir saatlik dilimler ve saat ortalarını (30. dakikaları) başlangıç noktası olarak bir saatlik dilimler göz önünde bulundurularak güneş enerjisi değerleri ve standart sapma değerleri hesaplanmış, grafikleri çizdirilmiştir. Aşağıda 10.08.2011 ve 11.09.2011 tarihli standart sapma ve enerji grafikleri görülmektedir (Şekil 4.4 – 4.11).



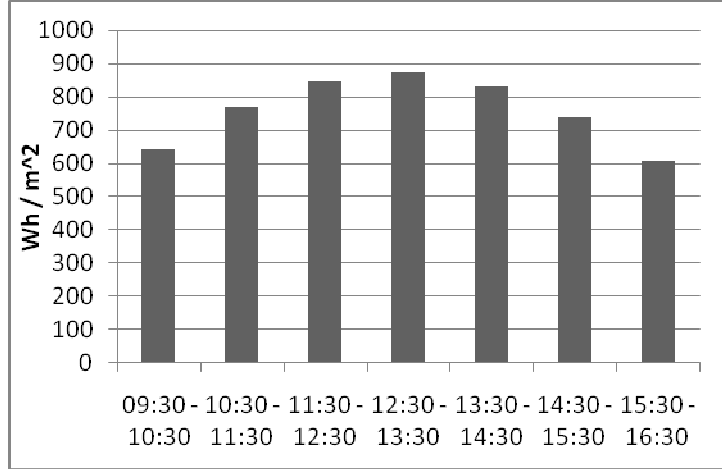
Şekil 4.4. 10 ağustos günü saat başları dikkate alınarak hesaplanan standart sapmalar.



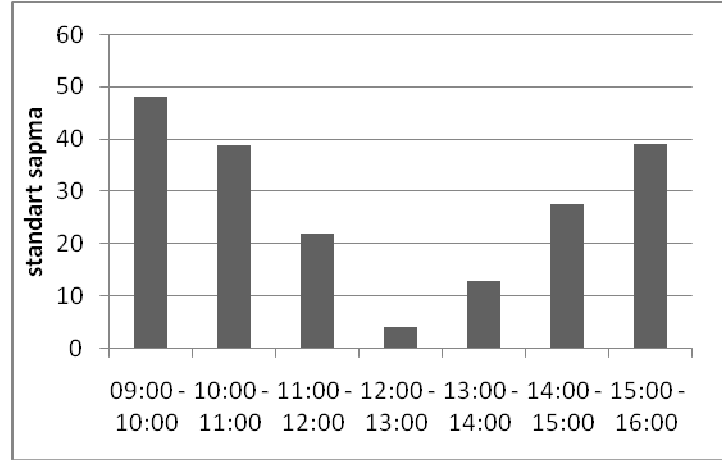
Şekil 4.5. 10 Ağustos günü saat başları dikkate alınarak hesaplanan ortalamalar.



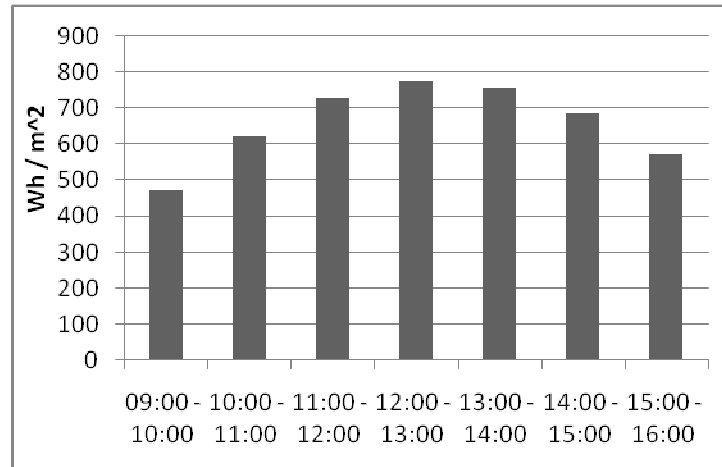
Şekil 4.6. 10 ağustos günü saat ortaları dikkate alınarak hesaplanan standart sapmalar



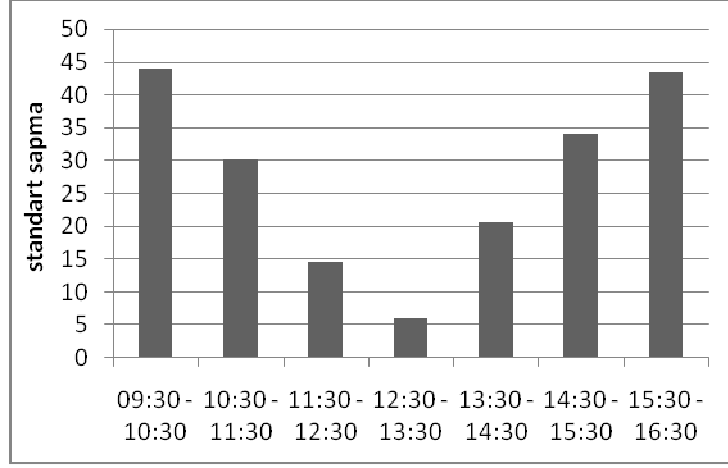
Şekil 4.7. 10 Ağustos günü saat ortaları dikkate alınarak hesaplanan ortalamalar.



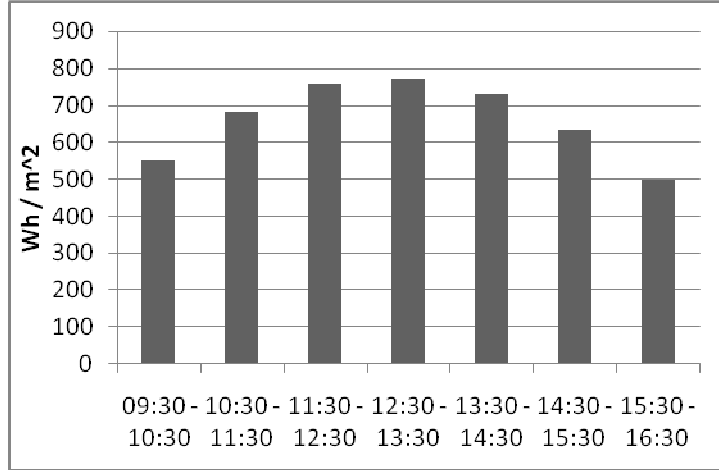
Şekil 4.8. 11 Eylül günü saat başları dikkate alınarak hesaplanan standart sapmalar.



Şekil 4.9. 11 Eylül günü saat başları dikkate alınarak hesaplanan ortalamalar.



Şekil 4.10. 11 Eylül günü saat ortaları dikkate alınarak hesaplanan standart sapmalar.



Şekil 4.11. 11 Eylül günü saat ortaları dikkate alınarak hesaplanan ortalamalar.

10.08.2011 ile 17.09.2011 tarihleri arasında incelenen 8 günlük grafikler incelendiğinde, güneşin yükselme zamanlarında ve tepe noktasında saat ortaları dikkate alınarak hesaplanan enerji değerlerinin standart sapmalarının daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Güneşin alçalma saatlerinde ise saat başları dikkate alınarak hesaplanan enerji değerlerinin standart sapmalarının daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Fakat toplam standart sapma, saat ortalarında az bir farkla daha düşük görülmektedir.

Sonuç olarak yılın bu aylarında, güneş enerjileri, saat ortaları (30. dakikalar) dikkate alınarak hesaplandığında standart sapma miktarları açısından daha az hatalı bir yaklaşım olacağı anlaşılmaktadır.

## BÖLÜM 5

### SONUÇLAR

Bu çalışmada Karabük bölgesi için günlük güneş enerji miktarlarını kaydetmek üzere bir veri edinim ve depolama sistemi tasarlanıp çalıştırılmıştır. Depolanan veriler kamu yararı için internet üzerinden uzaktan erişim amacıyla uygun yazılım tasarımı yapılarak erişime açılmıştır. Güneş enerjisi ile ilgili uygulamalar planlanırken, sadece güneş enerjisi ile ilgili yüzeysel bilgilere değil, aksine uygulamanın planlandığı coğrafyadaki güneş enerjisi potansiyeli hakkında detaylı bilgilere ulaşılmalıdır. Yeryüzüne varan güneş enerjisi varış yöntemi ve ölçülen değerler mevsimsel değişiklik gösterdiği gibi yıldan yıla da, aynı mevsimler için farklı miktarlarda enerji değerleri gözlemlenebilmektedir. Bu sebeplerden dolayı, mümkün teknik uygulamaları saptamak ve uygulamanın yapılacağı coğrafyanın güneş enerjisi potansiyelini tespit etmek için güneş radyasyonu değerleri gözlemlenmelidir. Gözlemler uzun süreli ve istikrarlı olmalıdır.

Karabük üniversitesinde kurulan güneş enerjisi ölçüm laboratuvarı ile Karabük coğrafyasının güneş enerjisi potansiyelinin ortaya çıkması beklenmektedir. Bu çalışmada 50 günlük gözlemlerden yararlanılmıştır. Uzun süreli ölçümler alınarak Karabük'ün güneş enerjisinden nasıl ve ne kadar yararlanacağı ortaya çıkacaktır. Güneş enerjisi ölçüm sonuçlarının internetten sunulması ile Karabük halkı ve diğer ilgililer güneş enerjisi potansiyeli hakkında bilgilendirilecektir.

Ayrıca bu çalışma ile bölgesel güneş enerjisi potansiyeli ölçümlerinin düşük maliyetlere yapılabileceği gösterilmiştir. Bilindiği gibi Türkiye global radyasyon haritasındaki bazı illerin güneş radyasyon değerleri tamamen model vasıtasıyla belirlenmiştir. Bu çalışma ile her ilde kolaylıkla ölçüm alınabileceği ve Türkiye'nin gerçek güneş enerjisi potansiyelinin belirlenebileceği gösterilmektedir.

Bu çalışma ile Karabük ilinde, güneş enerjisi potansiyeli hakkında bilinçlenme olması beklenmektedir. Ayrıca çalışmanın, güneş enerjisi uygulamaları için uygun sonuçlar çıktığı takdirde, yatırımcıları bu konuda teşvik etmesi beklenmektedir.

Bu çalışma Karabük bölgesi için toplam günlük güneş enerjisi veri edinimi açısından bir başlangıçtır. Veri edinim sistemi tam otomasyona sokularak uzun yıllar için veri toplayacak ve paylaşacak duruma getirilmesi için yol göstermesi bakımından önemlidir. Konuyla ilgili gelecekteki çalışmalarda sistem kalıcı mekânına erişmesi, geliştirilmesi ve bakımı için çalışmalar yapılmalıdır.

## KAYNAKLAR

1. U.S. Energy Information Administration, “International energy outlook 2010”, *DOE/EIA-0484*, Washington, 9-21 (2010).
2. Varınca, K. B. ve Gönüllü, M. T., “Türkiye’de güneş enerjisi potansiyeli ve bu potansiyelin kullanım derecesi, yöntemi ve yaygınlığı üzerine bir araştırma”, *I. Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi*, Eskişehir, 270-275 (2006).
3. Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, “Enerji raporu 2010”, *DEK-TMK 0017/2010*, Ankara, 101-102 (2010).
4. Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, “Enerji raporu 2010 sunumu”, *DEK-TMK*, Ankara, 3-17 (2010).
5. Mukaro, R. and Carelse, X. F., “A microcontroller-based data acquisition system for solar radiation and environmental monitoring”, *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 48 (6): 1232-1238 (1999).
6. Koutroulis, E. and Kalaitzakis, K., “Development of an integrated data-acquisition system for renewable energy sources systems monitoring”, *Renewable Energy*, 28: 139–152 (2003).
7. Koçak, M., Selam, S. O. ve Keskin, V., “Tug - Tübitak ulusal gözlemevi meteoroloji sistemi”, *XIV. Ulusal Astronomi Kongresi*, Kayseri, 220-223 (2004).
8. Machacek, J., Prochazka, Z. and Drapela, J., “System for measuring and collecting data from solar-cell systems”, *Electrical Power Quality and Utilisation*, Barcelona, 702-705 (2007).
9. Sorribas, J., Del Río J., Trullols, E. and Lázaro A., M., “Meteorological data distribution system using remote method invocation technology”, *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 55 (5): 1794-1803 (2006).
10. Dursun, M. ve Yılmaz, E., “Design and application of internet based solar pump and monitoring system”, *Journal of Applied Sciences*, 8 (16): 2859-2866 (2008).
11. Yıldırım, T., “Güneş ve rüzgâr enerjisi veri toplama sisteminin geliştirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 19-83 (2008).

12. Prochazka Z. and Machacek J., “System for processing, vizualizaition and data storage”, *2008 International Conference Modern Technique and Technologies*, Russia, 41-44 (2008).
13. Balan, M. C., Damian, M. and Jantschi, L., “Preliminary results on design and implementation of a solar radiation monitoring system”, *Sensors*, 8: 963-978 (2008).
14. Demirtaş, M., Bayındır, R., Demirbaş, Ş. ve Sefa, İ., “Mikrodenetleyici tabanlı meteoroloji istasyonu uygulaması”, *5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu*, Karabük, 461-464 (2009).
15. Juca, S. C. S., Carvalho, P. C. M. and Brito, F. T., “A low cost concept for data acquisition systems applied to decentralized renewable energy plants”, *Sensors*, 11: 743-756 (2011).
16. İnternet: Humboldt State Üniversitesi “Solar Monitoring Project”, <http://resu.humboldt.edu/?q=node/259> (2011).
17. Dinçer, F., “Türkiye’de güneş enerjisinden elektrik üretimi potansiyeli - ekonomik analizi ve AB ülkeleri ile karşılaştırmalı değerlendirme”, *KSU. Journal of Engineering Sciences*, 14 (1): 8-17 (2011).
18. İnternet: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı “Güneş” <http://www.enerji.gov.tr/index.php?dil=tr&sf=webpages&b=gunes&bn=233&hn=&nm=384&id=40695> (2011).
19. Gökdağ, M., “Karabük ve civarı için güneş enerjisi ölçümleri ve spektrum analizleri için sistem ve yöntem tasarımı”, Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük, 8-19 (2011).
20. İnternet: Elektrik İşler Etüt İdaresi “Karabük İli Güneş Kaynak Bilgileri” <http://www.eie.gov.tr/duyurular/YEK/gepa/KARABUK-GEPA.pdf> (2011).
21. İnternet: NREL “Solar Radiation Measurements” <http://www.nrel.gov/docs/gen/fy04/36831p.pdf> (2011).
22. Karamanav, M., “Güneş enerjisi ve güneş pilleri”, Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya, 1-5 (2007).
23. İnternet: National Renewable Energy Laboratory “NREL Solar Radiation Research Laboratory” [http://www.nrel.gov/midc/srri\\_bms/](http://www.nrel.gov/midc/srri_bms/) (2011).
24. İnternet: Elektrik İşleri Etüt İdaresi “EİE'nin Güneş Enerjisi Çalışmaları” <http://www.eie.gov.tr/turkce/YEK/gunes/eiegunes.html> (2011).
25. İnternet: Muğla Üniversitesi “Laboratuarlar” <http://mutek.mu.edu.tr/laborat.html> (2011).



26. İnternet: Süleyman Demirel Üniversitesi “Yenilenebilir Enerji Kaynakları Araştırma ve Uygulama Merkezi” [http://yekarum.sdu.edu.tr/index.php?dosya=isp\\_temiz\\_en.php](http://yekarum.sdu.edu.tr/index.php?dosya=isp_temiz_en.php) (2011).
27. Uysal, M., “Microsoft Visual C#.net ile Yazılım Geliştirme 1. baskı”, *Beta Yayınları*, İstanbul, 50-400 (2003).
28. Özdemir, S., “C#.net 2008 ve Asp.net 1. baskı”, *Nirvana Yayınları*, İstanbul, 1-400 (2008).
29. İnternet: World Meteorological Organization “Measurement Of Sunshine Duration” <http://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/publications/CIMO-Guide/CIMO%20Guide%207th%20Edition,%202008/Part%20I/Chapter%208.pdf>. (2011).
30. Özkan, Y., “Veri Tabanı Sistemleri 1. baskı”, *Alfa Yayınları*, İstanbul, 1-230 (2003).
31. Demirkol, Z., “C# ile Asp.net 4. baskı”, *Pusulula Yayıncılık*, İstanbul, 400-450 (2010).
32. İnternet: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı “EİE Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası” <http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/pages/78.aspx> (2011).
33. ALPAR, R., “Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistiksel Yöntemlere Giriş 1 2. baskı”, *Nobel Yayın Dağıtım*, Ankara, 88-95 (2003).
34. Üçkardeş, F., Şahinler, S. ve Efe, E., “Aykırı gözlemlerin belirlenmesinde kullanılan bazı istatistikler”, *KSÜ Doğa Bil. Derg.*, 13 (1): 42-45 (2010).

## **ÖZGEÇMİŞ**

Abdullah Talha SÖZER 1986 yılında Isparta’da doğdu; ilköğrenimini aynı şehirde tamamladı. Orta öğrenimini İstanbul Kartal Anadolu İmam Hatip Lisesi’nde, lise öğrenimini Isparta Mürşide Ermumcu Anadolu Öğretmen Lisesi’nde tamamladı. 2004 yılında Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Elektronik Mühendisliği Bölümü’nde öğrenime başlayıp 2009 yılında mezun oldu. 2009 yılında Karabük Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği bölümüne araştırma görevlisi olarak girdi. Halen Karabük Üniversitesi’ndeki görevine devam etmektedir.

### **ADRES BİLGİLERİ**

Adres : Karabük Üniversitesi  
Mühendislik Fakültesi no:222  
Balıklarkayası Mevkii / KARABÜK

Tel : (544) 463 73 55  
E-posta : talhasozer@hotmail.com