GAZİ ÜNİVERSİTESİ

Gazi

1926

GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİNİN BÖLGESEL ANALİZİ VE ENERJİ ÜRETİM SİSTEMLERİNE UYARLANMASI

Erhan ARSLAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE BİLİMLERİ ANABİLİM DALI

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HAZİRAN 2015

Erhan ARSLAN tarafından hazırlanan "GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİNİN BÖLGESEL ANALİZİ VE ENERJİ ÜRETİM SİSTEMLERİNE UYARLANMASI" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ / OY ÇOKLUĞU ile Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Bilimleri Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Hüseyin TOPAL

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum. ……

Başkan : Doç. Dr. Cemil YAMALI

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum. ……

Üye : Doç. Dr. A.Gamze YÜCEL IŞILDAR

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum. ……

Tez Savunma Tarihi: ...../……/……

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

……

Prof. Dr. Şeref SAĞIROĞLU

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Erhan ARSLAN

30.06.2015

GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİNİN BÖLGESEL ANALİZİ VE ENERJİ ÜRETİM SİSTEMLERİNE UYARLANMASI

(Yüksek Lisans Tezi)

Erhan ARSLAN
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Mayıs 2015

ÖZET

Gün geçtikçe artan enerji talebi, tükenmek üzere olan fosil yakıtlar, bu fosil yakıtların kullanımı sonucu meydana gelen atmosferdeki kirlilik, küresel ısınmanın sonuçlarından doğan zararlar, artan çevre kirliliği vb. unsurlar, yenilenebilir ve sürdürülebilir enerji kullanımını zorunlu hale getirmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının en önemlilerinden olan güneş enerjisi ise, günümüzde elektrik ve enerji üretimi, tıp, turizm, ziraat ve endüstri gibi sayısız alanda kullanılabilen bir kaynaktır. Güneş enerjisinin enerji üretiminde kullanılması, yatırım maliyetinin çok kısa bir zamanda karşılanması ve fosil kaynakların tersine çevreye olumsuz etkisi bulunmaması tercih sebepleri arasındadır. Bu çalışmada yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan güneş enerjisinin Türkiye'deki mevcut potansiyeli araştırılmış, güneş enerjisinden aktif olarak yararlanabilmek için güneş kollektörlerinin ısıl performansları araştırılmıştır. Bu bağlamda, güneş ışınım şiddetini belirlediğimiz bölgede kullanılacak olan kollektörün nitelikleri ile birlikte sıcak su temini ve kızgın buhar temini için kaç adet kollektör kullanılması gerektiğini tespit edebilmek için bir hesaplama yöntemi geliştirilmiştir. Daha önce yapılan çalışmalarda güneş enerjisi atlasının oluşturulmasında seçilen veri setlerinin, istasyon seçiminin ve güneş ışınım şiddeti değerlerindeki eksik veya hatalı hesaplamalardan dolayı çalışmada özgün bir güneş enerjisi potansiyel atlası oluşturulmuştur. Bunun için, Meteoroloji Genel Müdürlüğü veri arşiv sisteminden 1990-2006 yılları arasındaki günlük güneş ışınım şiddeti ve güneşlenme süresi verileri alınmıştır. Güneş ışınım şiddeti için 164 adet, güneşlenme süresi için 197 adet istasyon verisi kullanılmıştır. Bu çalışmada, ülkemizin sahip olduğu yenilebilir ve sürdürülebilir enerji potansiyeline vurguda bulunulmuş; Avrupa ve bu teknolojiyi kullanan diğer dünya devletlerinde olduğu gibi, Türkiye'nin de halihazırda sahip olduğu güneş enerji potansiyelini optimal düzeyde kullanması durumunda ülkenin enerjide dışa bağımlılığının azalacağının altı çizilmiştir.

Bilim Kodu : 903.1.038
Anahtar Kelimeler : Güneş Enerjisi potansiyeli, düzlem kollektör,
Sayfa Adedi : 109
Tez Danışmanı : Doç. Dr. Hüseyin Topal

THE SOLAR ENERGY POTENTIAL OF REGIONAL ANALYSISAND ADAPTATION OF PRODUCTION SYSTEMS

(M. Sc. Thesis)

Erhan ARSLAN

GAZİUNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

May 2015

ABSTRACT

The increasing energy demand, running out of fossil fuels and the atmospheric pollution resulting from using them, negative consequences of global warming, increasing environmental pollution, etc. makes the renewable and sustainable energy use necessary. The solar energy, which is nowadays regarded as one of the most important type of renewable energy, became an indispensible resource that can be used in many areas such as electricity generation, medicine, tourism, agriculture and industry. Meeting the cost of investment in a short time and causing no damage to the environment appears to be the outstanding benefits of solar energy. In this study, the available solar energy potential of Turkey and the thermal performance of solar collectors is investigated in order to benefit from solar energy optimally. In this context, a calculation method is developed for determining the qualifications, and also amount of collectors to be used for getting hot water and superheated steam in the region where solar radiation have already been designated. Additionally, an original solar energy potential atlas (i.e. *sepa*) for Turkey was created in the study. For doing this, daily solar radiaton data and sunshine duration data between the years 1990-2006 obtained from the database of Turkish State Meteorological Service are used. In this study, it is emphasized that Turkey country has a genuine renewable and sustainable energy potential, and that the energy dependancy of Turkey for foreign countries will decrease, if the country uses the solar energy potential optimally in the same manner that some countries using this technology in Europe and in the rest of the world.

Science Code : 903.1.038
Key Words : Solar Energy Potantial, parabolic collector
Page number : 109
Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Hüseyin TOPAL

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca bana her türlü çalışma ortamı, bilgi ve desteği sunan tecrübelerinden yararlanmamı sağlayan ve daha önemlisi, sonsuz sabır gösteren tez hocam Sayın Doç. Dr. Hüseyin TOPAL' a, yazım kuralları konusunda yardımcı olan iş arkadaşlarım Dr. Mehmet Kürşad ATALAR ve Kenan YÜKSEL'e, sonsuz desteği esirgemeyen, her zaman yanımda olduğunu bana hissettiren, varlığıyla beni daima mutlu eden bir tanecik eşim Nurgül ARSLAN'a teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET iv

ABSTRACT v

TEŞEKKÜR vi

İÇİNDEKİLER vii

ÇİZELGELERİN LİSTESİ ix

ŞEKİLLERİN LİSTESİ x

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ xi

1. GİRİŞ 1

2. LİTERATÜR TARAMASI 3

3. GÜNEŞ ENERJİSİ VE ENERJİ ÜRETİM SİSTEMLERİNDE KULLANILMASI 13

3.1. Dünyada Güneş Enerjisi Kullanımı 14

3.1.1. ABD güneş enerjisi potansiyeli 15

3.1.2. Avrupa birliği ve güneş enerjisi potansiyelinin kurulu gücü 17

3.2. Türkiye'de Güneş Enerjisi ile İlgili Gelişmeler 19

3.2.1. Türkiye'de güneş kollektörü üretim kapasitesi 19

3.3. Güneş Enerjisinden Isıl Yollarla Yararlanılması 23

3.3.1. Güneş enerjili ısıl sistemler 24

3.3.2. Güneş enerjili elektrik sistemleri 26

3.4. Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemleri (GESIS) 26

3.4.1. Düzlem kollektörler 28

3.4.2. İzleyici kollektörler 30

3.4.3. Parabolik kollektörler 30

3.4.3. Eğik kollektörler 32

Sayfa

3.4.4. Güneş havuzları 33

3.4.6. Termik sistemler 33

3.5. Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi 33

3.5.1. Fotovoltaik sistemler (pv) kullanılarak elektrik enerjisi üretimi 36

3.5.2. PV/T hibrit kollektörler 39

3.6. Güneş Enerjisi ile Proses Buhar Üretimi Uygulamaları 40

3.7. Güneş Enerjisi ile Soğurmalı Soğutma Sistemi Uygulamaları 41

4. TÜRKİYE'DE GÜNEŞ ENERJİSİ VE ENERJİ SİSTEMLERİNE UYARLANMASI 45

4.1. Özgün Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlasının Oluşturulması 45

4.1.1. Seçilen yöntemin belirlenmesi 45

4.1.2. Verilerin toplanması 46

4.1.3. Verilerin görsel hale getirilmesi 47

4.1.4. Ters mesafe yöntemi (IDW) 48

4.1.5. Kriging yöntemi 48

4.2. Kollektör Adedinin Belirlenmesi 50

4.3. Bulgular 51

4.2.1. Isı enerjisi ihtiyacı için hesaplama örneği 62

4.3.2. Hesaplama ve sonuçlar 63

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 67

KAYNAKLAR 69

EKLER 73

ÖZGEÇMİŞ 109

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 2.1. Türkiye'nin aylık ortalama güneşlenme radyasyonu ve süresi..... 4

Çizelge 3.1. Yıllara göre güneş enerjisi üretimi (yıl güneş enerjisi üretimi (bin TEP) 20

Çizelge 3.2. Türkiye'de bölgelere göre konutların güneş enerjili su isıtma sistemlerine sahiplik oranları..... 24

Çizelge 4.1. Regresyon analizi sonuçları 50

Çizelge 4.2. Türkiye bölgesel güneş ışınım şiddeti ve güneşlenme süreleri 52

Çizelge 4.3. Türkiye'nin aylık olarak güneşlenme süreleri 52

Çizelge 4.4. Türkiye ortalama güneşlenme süresinin aylık olarak karşılaştırılması 54

Çizelge 4.5. Türkiye ortalama güneş ışınım şiddetinin aylık olarak karşılaştırılması 54

Çizelge 4.6. Adıyaman ilinin güneşlenme şiddeti değerlerinin karşılaştırılması 55

Çizelge 4.7. Van ili GEPA'ya ait aylık güneş ışınım şiddeti ve sürelerinin grafiksel gösterimi 56

Çizelge 4.8. Van ili Kriging metoduyla güneş ışınım şiddeti ve sürelerinin grafiksel gösterimi 56

Çizelge 4.9. Van Gürpınar ilçesi güneş ışınım şiddeti değerlerinin karşılaştırılması 58

Çizelge 4.10. Van Gürpınar ilçesi ocak ayı için kollektör hesabı..... 61

Çizelge 4.11. Van Gürpınar ilçesi haziran ayı için kollektör hesabı 62

Çizelge 4.12. Hesaplamalarda kabul edilen değerler 63

Çizelge 4.13. Günlük ve aylık ısı enerjisi ihtiyacı ve kollektör sayısı değerleri..... 64

Çizelge 4.14. Günlük ve Aylık ısı enerjisi ihtiyacı ve kollektör sayısı değerleri Excel değerleri 65

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil		Sayfa
Şekil 2.1.	Türkiye'nin güneş enerji potansiyeli atlası	4
Şekil 2.2.	Türkiye'de güneş enerjisi potansiyel tesisleri için uygun yerler	6
Şekil 2.3.	Güneş enerjili ve lpg'li buhar kazanı destek sistemli soğutma ve buhar termal akış şeması	10
Şekil 3.1.	Son 30 yıldaki enerji kaynaklarının potansiyel olarak karşılaştırılması	14
Şekil 3.2.	Dünya'da yüksek güneş ışınımına sahip bölgeler	15
Şekil 3.3.	2000 Yılı itibariyle dünyada yenilenebilir kaynaklarının dağılımı.	16
Şekil 3.4.	Güneş enerjisi sistemleri	27
Şekil 3.5.	Düzlem kollektörün kesiti	29
Şekil 3.6.	Farklı türdeki düzlem kollektörler	30
Şekil 3.7.	Çizgi odaklamalı sistemin prensip şeması	34
Şekil 3.8.	Çizgi odaklamalı sistemin uygulaması	34
Şekil 3.9.	Nokta odaklamalı yoğunlaştırma sistemin prensip şeması	34
Şekil 3.10.	Nokta odaklamalı yoğunlaştırma sistemin uygulaması	35
Şekil 3.11.	Noktasal Odaklamalı Kule sisteminin Prensip Şeması	35
Şekil 3.12.	Fresnel Aynalı Sistemler	35
Şekil 3.13.	Fotovoltaik pillerin şematik gösterimi	39
Şekil 3.14.	Güneş enerjisiyle çalıştırılan bir soğurmalı soğutma sistemi ve ekipmanların işletme akış şeması.	44
Şekil 4.1.	UYAOGGS ArcGIS programı ara yüzü gösterimi	48
Şekil 4.2.	ArcGIS programıyla interpolasyon yöntemi aşamaları	49
Şekil 4.3.	Türkiye güneş enerjisi potansiyeli atlası (GEPA) Van-Gürpınar ilçesi	57
Şekil 4.4.	Van ili Gürpınar ilçesinin Kriging İnterpolayon metoduyla gösterimi	58
Şekil 4.5.	SOLARGIS yatay yüzeye gelen global radyasyon	60
Şekil 4.6.	Türkiye global güneşlenme haritası Kriging metoduyla gösterimi	60

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	**Açıklamalar**
%	Yüzde
°C	Derece santigrat
€	Euro
$	Dolar

Kısaltmalar	**Açıklamalar**
AB	Avrupa Birliği
ArcGIS	Coğrafi Bilgi Sistemi
COP	Üretilen Soğuğun Harcanan Enerjiye Oranı
CrNi	Krom Nikel
CSP	Konsantre Güneş Enerjisi
DC	Direct Current (Direk Akım)
DMİ	Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü
DNI	Doğrudan Normal Işınlama
EİE	Elektrik İşleri Etüt İdaresi
EPBD	Binaların Enerji Performans Yönergesi
EREC	Avrupa Birliği Yenilenebilir Enerji Konseyi
EUMETSAT O&SI SAF	Avrupa Metetorolojik Uydu İşletme Teşkilatı
GESIS	Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemleri
GHI	Global Yatay Radyasyon
GUNSID	Güneş ışınım şiddeti
GUNSUR	Güneşlenme Süresi
GEPA	Güneş Enerjisi PotansiyeliAtlası
GW	Gigawatt
GWR	Coğrafi Ağırlıklı Regresyon
IDW	Ters Mesafe Yöntemi
IRSR	Işınımı Referans Kaydedici

ITRE	Sanayi, Ulaşım, Araştırma ve Enerji Komitesi
KOSGEB	Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeleri Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı
kW	Kilo Watt
LED	Light Emitting Diode
LiBr	Lityum Bromür
MAM	Marmara Araştırma Merkezi
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
MWp	Megawatt
OECD	Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı
P	Basınç, bar
PV	Fotovoltaik
PV/T	Fotovoltaik /Termal
PVGIS	Fotovoltaik Coğrafi Bilgi Sistemi
RMSE	Root Mean Squared Error
SOLEMI	Solar Energy Mining
TEP	Ton Eşdeğer Petrol Hesaplaması
TİDEB	Teknoloji İzleme ve Değerlendirme Başkanlığı
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
YEK	Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kanunu
YEGM	Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü
UYAOGGS	Uzun Yıllar Aylık Ortalama Günlük Güneşlenme Süresi
WMO	Dünya Meteoroloji Organizasyonu
YEK	Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kanunu
YEGM	Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü

1. GİRİŞ

Dünyanın en önemli enerji kaynağı güneştir. Güneşin ışınım enerjisi, yer ve atmosfer sistemindeki fiziksel oluşumları etkileyen başlıca enerji kaynağıdır. Dünyadaki madde ve enerji akışları güneş enerjisi sayesinde mümkün olabilmektedir. Doğal enerji kaynaklarının pek çoğunun kökeni olan güneş enerjisinden, ısıtma ve elektrik elde etme gibi amaçlarla doğrudan yararlanılmaktadır. Enerji bugün sahip olduğumuz medeniyetin temel taşlarından birini oluşturmaktadır. Kalkınmanın ve gelişmişliğin bir göstergesi durumundadır. Ancak, kalkınma çabaları ve mevcut enerji üretim ve tüketim yöntemleri ile yerine yenisi konulamayacak enerji kaynaklarımız tüketilmekte ve çevre kirliliği meydana getirilmektedir. Bu kaynakların kısıtlı olması ve çevreye verdiği zararlardan dolayı çevreyle uyumlu kaynakların araştırılması ve geliştirilmesi gerekmektedir. Aralarında güneş enerjisinin de bulunduğu yenilenebilir enerji kaynakları geliştirilmeyi bekleyen enerji kaynaklarından birisidir. Güneş enerjisi, sahip olduğu potansiyel ve kullanım kolaylığı ile diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına kıyasla daha kolay bir şekilde yaygınlaşabilecek bir fırsata sahiptir. Türkiye ise hâlihazırda güneş kuşağında olmasına rağmen sahip olduğu potansiyeli yeterli derecede etkin ve yaygın bir şekilde kullanamamaktadır [1].

Ülkemizin fosil enerji kaynakları bakımından yetersiz olması ve fosil yakacakların neden olduğu kirlilik problemi dünyadaki gelişmelere paralel olarak ülkemizi yeni enerji kaynakları arayışına zorlamıştır. Araştırmacılar mevcut enerji kaynaklarının daha verimli kullanılması için çalışmalar yaparken bir yandan da yenilenebilir enerji kaynaklarında da çözüm arayışları için özveriyle çalışmaktadırlar. Yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneş enerjisi, ülkemiz için en baskın enerji üretim kaynakları arasındadır [2].

Dünyanın ana gündem maddesi olan ve uzun yıllar daha gündemde kalacak olan enerji, dünya için olduğu gibi ülkemiz için de çok önemli bir sorundur. Ülkemiz, enerjide büyük oranda dışa bağımlı olarak her yıl milyarlarca dolar harcayarak enerji ithal etmektedir. Türkiye, avantajlı coğrafi konumu nedeniyle sahip olduğu güneş enerjisi için yüksek bir potansiyele sahiptir. 1966-1982 dönemi Devlet Meteoroloji İşleri (DMİ) tarafından ölçülen verilere göre, Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) Türkiye'nin ilk güneş enerjisi potansiyeli atlasını oluşturmuştur[3].

Bu çalışmada, ülkemizin sahip olduğu güneş enerjisi ışınım şiddetini belirlemek için, ArcGIS programı yardımıyla Kriging İnterpolasyon yöntemi kullanılarak özgün bir güneş enerji potansiyeli atlası oluşturulmuştur. Bunun nedeni, daha önce oluşturulan güneş enerjisi potansiyeli atlaslarında yapılan istasyon seçimi ve veri setlerinin hatalı olduğunun düşünülmesidir. Yapılan çalışmada güneş ışınım şiddetini ölçen Aktinograf verileri, veri seti olarak da sadece global güneşlenme radyasyonu verileri kullanılmıştır. Bunun için Meteoroloji Genel Müdürlüğü Veri Arşiv sisteminden (TÜMAS) alınan 1990-2006 yılları arasındaki veriler kullanılmıştır. Güneş Enerji potansiyelini hesaplamak için 164, güneşlenme süresini hesaplayabilmek için 197 adet istasyon verisi kullanılmıştır. Daha önce yapılan çalışmalarla karşılaştırmak amacıyla, Türkiye'nin en çok güneş ışınım şiddetine sahip bölgelerinden biri olan Van-Gürpınar ilçesi pilot bölge olarak seçilmiştir. Yapılan karşılaştırmada, elde edilen değerlerin, daha önceki çalışmalara göre daha düşük olduğu saptanmıştır.

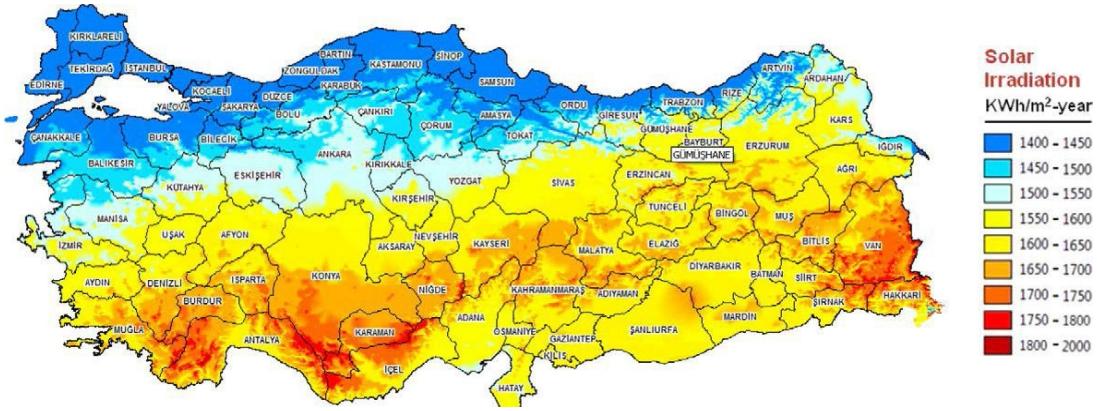
Çalışmada tüm bunlara ek olarak, ülkemizin sahip olduğu güneş enerjisinden aktif olarak faydalanabilmek amacıyla, seçilen bir bölgede sıcak su temini ve kızgın buhar üretmek amacıyla gerekli kollektör sayısını hesaplamak için bir hesaplama yöntemi geliştirilmiş, bunun için Excel programı kullanılmıştır. Elde edilen bulguların verifikasyonunu sağlamak için, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü'nün seçtiği pilot çalışma olan Çorum ilindeki bir lisede yapılmış olan örnek çalışmayla karşılaştırılmıştır. Çalışmada hesaplanan güneş ışınım şiddeti ve güneşlenme sürelerinin değerleri önceki çalışmalardan daha düşük olarak hesaplanması nedeniyle, gerekli olan kollektör sayısı YEGM'nin yaptığı çalışmadan adet olarak daha fazla hesaplanmıştır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Mevcut kaynaklarda daha önce güneş enerjisi potansiyeli atlası hem dünyada hem de ülkemizde çeşitli yöntemlerle elde edilmiştir. Güneş enerjisi atlasını oluşturmak için çeşitli yöntemler kullanılmış, genel anlamda ölçüm istasyon verilerinin interpole edilerek istasyonun bulunmadığı bölgelerde bilgi sahibi olunmaya çalışılmıştır. Ayrıca, uydu verilerinden de türetilerek atlaslar yapılmaya çalışılmıştır. Ülkemizde de yapılan güneş enerjisi potansiyeli atlasları çalışmalarında daha çok ölçüm istasyon verileri interpole edilerek elde edilmeye çalışılmıştır.

Güneş enerjisi potansiyelini belirlemek için Elektrik İşleri Etüt İdaresi 5 farklı bölgede veri toplama sistemi kurmuştur. 1983'te yapılan çalışmaya göre ortalama günlük güneş ışınım şiddeti 306 cal/cm^2, güneşlenme süresi 7,2 saat/gün olarak belirlenmiştir. EİE'nin yaptığı çalışmada bölgelere göre solar radyasyon ve güneşlenme süresi değerleri hesaplanmıştır. Buna göre Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin ortalama güneş ışınım şiddeti 344,8 cal/cm^2 ve güneşlenme süresi 8,2 saat/gün ile en uygun bölge olarak gösterilmektedir [4].

Daha sonra MGM 1966-1982 yılları arasında verileri kullanarak Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli atlasını oluşturmuştur. MGM'nin çalışmasına göre Türkiye'nin 2640 (7,2 saat/gün) ortalama toplam güneşlenme süresine, 1311 kWh/m^2.yıl (3,6 kWh/m^2.gün) ortalama yıllık toplam güneş ışınım şiddetine sahip olduğu hesaplanmıştır. Ayrıca, 1971 ve 2000 yılları arası 157 hava istasyonu ile ölçülen güneşlenme süresi ve ışınım verileri kullanılarak Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyeli modellenmiştir. Bu modele göre Türkiye'nin ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2573 saat (7 saat/gün) ve ortalama yıllık toplam radyasyon 1474 kWh/m^2.yıl (4 kWh/m^2.gün) olarak hesaplanmıştır. En sonunda ise 2010 yılında, EİE 1985 ile 2006 yılları arasındaki 156 adet istasyondan ölçülen uzun vadeli verileri kullanarak Şekil 2.1'de görülen Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlasını modellemiştir. Modele göre ise Türkiye'nin 2738 s (7,5 saat/gün) yıllık toplam güneşlenme süresi ve 1527 kWh/m^2.yıl (4,2 kWh/m^2.gün) yıllık ortalama güneş radyasyona sahip olduğunu göstermiştir. Daha önce yapılan çalışmalara ek olarak seçilen bölgedeki mevcut güneş enerjisinden elektrik üretimi için gerekli olan PV tipi kollektörlerin alanı da hesaplanmıştır.



Şekil 2.1. Türkiye'nin güneş enerji potansiyeli atlası [2].

Türkiye'de güneş ışınım şiddetinin yıllık ortalaması 3,7 kWh/m^2.gün ile 1,5 kWh/m^2.gün arasında değişir. Bölgelerin yıllık ortalaması ise Çizelge 2.1'de de görüldüğü gibi 4,0 kWh/m^2.gün olduğu görülmektedir. Türkiye'nin aylık güneş ışınım şiddeti ve güneşlenme süreleri Çizelge 2.1'de verilmiştir. Türkiye'nin en yüksek güneş ışınım şiddeti ve güneşlenme süresi Temmuz ayında ölçülmüştür. Ek olarak, güneş ışınım şiddetinin ve güneşlenme süresinin en yüksek olduğu bölgenin Güneydoğu Anadolu Bölgesi olduğu hesaplanmıştır [2].

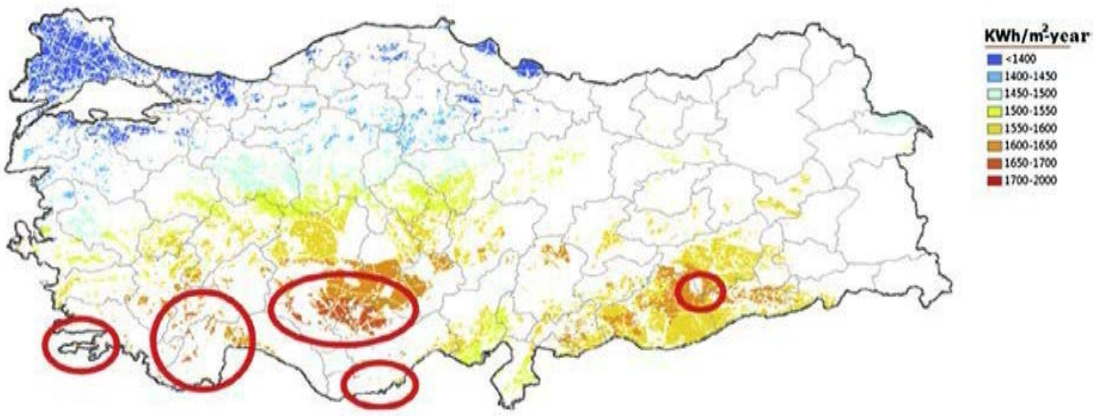
Çizelge 2.1. Türkiye'nin aylık ortalama güneşlenme radyasyonu ve süresi [2].

Aylar	Aylık Toplam Solar Radyasyon (kWh/m^2.ay)	Güneşlenme süresi(saat/ay)
OCAK	59,7	106,9
ŞUBAT	76,6	135,2
MART	116,8	170,2
NİSAN	139,1	203,5
MAYIS	171,5	260,5
HAZİRAN	186,9	318,1
TEMMUZ	193,4	339,3
AĞUSTOS	174,8	322,3
EYLÜL	140,3	277,9
EKİM	100,0	200,6
KASIM	64,7	142,0
ARALIK	50,0	96,3
Toplam	1473,8	2572,8
Ortalama	4 kWh/m^2.gün	7 saat/gün

Varınca ve Gönüllü'nün (2006) yaptığı çalışmaya göre, Türkiye'de yılda birim metre kareden ortalama olarak 1100 kWh'lik güneş enerjisi üretilebilir. Türkiye'nin en fazla güneş enerjisi alan bölgesi Güneydoğu Anadolu Bölgesi olup, bunu Akdeniz Bölgesi izlemektedir. Güneş enerjisi üretiminin yok denecek kadar az olduğu Karadeniz bölgesi dışında yılda birim metre kareden 1100 kWh'lik enerji üretilebilir. Buna göre Türkiye'de toplam olarak yıllık alınan enerji miktarı ise yaklaşık 1015 kW saat kadardır. Ancak, bu değerlerin, Türkiye'nin gerçek potansiyelinden daha az olduğu, daha sonra yapılan çalışmalar ile anlaşılmıştır. Aylık ortalama günlük güneşlenme şiddeti ve sürelerinin diğer çalışmalardan daha düşük değerlerde olduğu saptanmıştır. Örneğin, en yüksek ışınım şiddetinin olduğu Temmuz ayının 175,38 kWh/m^2.ay, GEPA'da ise bu değerin 193,4 kWh/m^2.ay olduğu saptanmıştır. Ayrıca, en fazla ışınım şiddetine sahip olan bölgenin Güneydoğu Anadolu Bölgesi olduğu belirlenmesine karşın, değerlerin benzer şekilde diğer çalışmalardan daha düşük olduğu hesaplanmıştır[1].

Şensoy, S. ve arkadaşlarının (2009) MGM'nin 1971-2000 yılları arası verilerini kullanarak GWR yöntemi ile elde ettiği haritaya göre, yıllık ortalama güneşlenme süresi 2573 saat (7 saat/gün), toplam güneş ışınım şiddeti 1474 kWh/m^2.yıl (4 kWh/m^2.gün) olarak ölçülmüştür. Niğde, Karaman, Van, Afyon ve Burdur'un tahmin edilen değerin altında, Tekirdağ, Balıkesir, Bursa, Kocaeli, İzmir, Aydın, Denizli, Eskişehir, Kastamonu, Sivas, Giresun, Trabzon, Rize, Elazığ, Adıyaman, Şanlıurfa, Gaziantep ve Iğdır'ın tahmin edilen değerlerin üzerinde olduğu, diğer yerlerin ise model sonuçlarına uygun değerler verdiği saptanmıştır [5].

Benli H.'ye (2013) göre, Türkiye yüksek güneş enerjisi potansiyeline sahip olduğu halde bu enerjiyi düz kollektörler yardımıyla kıyı bölgelerde sadece sıcak su temini için kullanmaktadır. Türkiye'de güneş ışınım şiddetinin 1650 kWh/m^2 olduğu ve güneş enerjisi için uygun olan yerler Şekil 2.2'de verilmiştir. Türkiye'nin sahip olduğu 380 milyar kWh/yıl güneş enerjisi, yaklaşık olarak 56.000 MW doğalgaz santraline eşittir. Bu durum ülke ekonomisine 600 milyon $'lık bir katkı sağlayabilir [6].



Şekil 2.2. Türkiye'de güneş enerjisi potansiyel tesisleri için uygun yerler [6].

Dinçer (2011) Türkiye'nin en fazla güneş enerjisi alan bölgelerini belirlemek için yaptığı çalışmada en çok enerji alan bölgenin Güneydoğu Anadolu Bölgesi olduğunu, bunu Akdeniz Bölgesi'nin izlediğini belirtmiştir. Türkiye'de bulunan yaklaşık 18 milyon konuttan 4 milyonu, çeşitli şekillerde güneş enerjisinden yararlanmaktadır. Ücretsiz enerji sağlayan güneş enerjisinin enerji maliyetlerine katkısı ise 600 milyon $ seviyesindedir. Uzmanlar, Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyelini yeterli seviyede kullanabilmesi durumunda, 3,5 milyar $'lık bir tasarruf sağlanacağını belirtilmektedir [2].

Kaygusuz'a (2011) göre ise genellikle Türkiye'nin güneş enerjisi açısından zengin bir ülke olduğu söylense de bölgeden bölgeye çeşitlilik gösteren bir ülkedir. Doğrudan normal güneşlenme (DNI) batı güneydoğu kesimlerde 2 kWh/m^2.gün, batı kesimlerde 9 kWh/m^2.gün arasında değişim göstermektedir. Mükemmel güneş radyasyonu olan bölgeler 1800 kWh/m^2'den yüksek, yani yaklaşık 5 kWh/m^2.gün, olan yerler, daha cazip değere getirilmiş elektrik fiyatları sunabilir. Ayrıca, bu faktörün normalde güneş sistemi maliyetleri üzerinde önemli etkisi vardır. Türkiye'nin güneydoğu bölgeleri bu ihtiyacı karşılayabilir. İç Anadolu'da Konya, Güneyde Adana ve Güneydoğu'da Urfa en iyi DNI değerlerine sahip şehirlerdir. Dahası, bu teknoloji sıfır-emisyon sağlamak ve CO_2 salınımını azaltmak için çok büyük avantajlar sağlamaktadır [7].

Dünyada da benzer şekilde güneş enerji potansiyeli atlası belirleme çalışmaları yapılmıştır. İstasyon verilerinin interpole edilerek elde edilmesine ek olarak uydu verilerinden türetilerek güneş enerjisi potansiyeli atlası yapılabildiği görülmektedir.

Nakomcic-Smaragdakis ve diğerleri (2012), seçilen bölgedeki (Sırbistan ve Hırvatistan'ın Pannonian Bölgesi) güneşlenme veritabanını meteoroloji uydularından elde edilen bulut maskesi ve ortalama atmosferik kirlilik verileriyle oluşturmuştur. Yıllık yaklaşık olarak, Kuzey Hırvatistan için 1300 kWh/m^2, Güney Sırbistan için 1400 kWh/m^2 Güney Hırvatistan için 1750 kWh/m^2, Kuzey Sırbistan için 1850 kWh/m^2 olarak hesaplanmıştır. Yıllık toplam ışınım şiddetini hesaplamak için pilot şehirler seçilmiş ortalama aylık güneş radyasyonunun en yüksek olduğu ayın Temmuz, en düşük ayın ise Aralık olduğu hesaplanmıştır. Yıllık ortalama güneş radyasyonunun bölgenin, coğrafik koordinatlarına, rakım ve iklim koşullarına bağlı olduğu belirtilmiştir. Sonuç olarak, Sırbistan ve Hırvatistan'ın Pannonian Bölgesi enerji segmentinde mevcut yenilenebilir enerji kaynaklarına olan yatırımın, fosil yakıt piyasasına olan enerji bağımlılığını azaltmak için kullanılabileceği söylenmiştir[8].

Uydu verilerinden elde edilerek türetilen güneş enerjisi atlaslarındaki güneş ışınım şiddeti ve güneşlenme süreleri değerleri, bu çalışmadaki değerler ile hem benzerlik hem farklılıklar göstermiştir. Bu çalışmadaki değerler ve şekiller sonuçlar bölümünde irdelenmiştir. Literatürde buna benzer çalışmalar yer almaktadır.

Taele ve arkadaşları (2007) tarafından, seçilen bir bölge (Lesotho bölgesi) için mevcut radyasyon verilerinin kapsamlı bir analizi yapılmıştır. Bu analizlerdeki sonuçlara göre güneş radyasyonu düşük olsa da, ülkenin 300 gün gibi bol güneşli bir süreye sahip olduğu belirlenmiştir. Yatay bir yüzey üzerinde 20-24 MJ/m^2/gün gibi yüksek bir ortalama radyasyon rejimi görülmektedir. Güneş radyasyonunun Aralık ayında 19,03 ile 28,44 MJ/m^2/gün, Haziran ayında ise 10,30-13,48 MJ/m^2/gün olduğu hesaplanmıştır. Yıllık toplam güneşlenme radyasyonun 5700 ila 7700 MJ/m^2 arasında değiştiği, hatta kış aylarında bile nadiren 10 MJ/m^2'ün altına düştüğü saptanmıştır. Bu hesaplamalardan ve yapılan varsayımlardan da anlaşılacağı üzere, Lesotho yıllık 454-1049 kWp güneş enerji potansiyelini 26754 ila 61533 hanede kullanabilir ve yıllık yaklaşık 11 ila 25 milyon $'lık bir pazar elde edilebileceği belirtilmiştir [9].

TMMOB raporuna göre, DEK-TMK Türkiye Enerji Raporu 2009'da bu konuda şu saptamalar yer almaktadır. Türkiye'nin en fazla güneş enerjisi alan yerleri güney kısmı olup, başta Güneydoğu Anadolu Bölgesi, Akdeniz Bölgesi ve Güney Ege Bölgesi olarak

sıralanabilir. Güney ve batı kısımları en yüksek potansiyele sahiptir. Bu potansiyele rağmen halen şebekeye bağlı büyük ölçekli güneş-PV santrali bulunmamaktadır. Güneş pilleri (güneş-PV) ülkemizde çoğunluğu Orman Gözetleme Kuleleri, Türk Telekom, deniz fenerleri, üniversite ve kurumlar başta olmak üzere bazı yerlerde küçük güçlerin karşılanmasında ve araştırma amaçlı, otoyol ve park aydınlatmasında, su pompalama ve su arıtma sistemlerinde küçük güçlerde çatılarda veya binaya entegre olarak kullanılmaktadır. Halen kullanılmakta olan güneş pili sistemlerin toplam kapasitesi 3000 kW'tır. Binaya entegre şebekeye bağlı güneş-PV uygulamaları küçük ölçekte bazı sistemlerde kullanılmakta olup bu sistemlerin toplam gücü yaklaşık 1500 kW'tır. Ülkemizde, 22 milyon konut içinde yalnızca 3,5-4 milyon konutta güneş enerjili sıcak su sistemi bulunduğu tahmin edilmektedir. Bu sistemlerin ülkemize enerji getirisi yaklaşık olarak 500-600 milyon $'dır. Oysa bu sistemlerin yaygınlaştırılmasıyla yalnızca bu alandan 3-3,5 milyar $ daha ısıl enerji katkısı gerçekleşebilir. Güneşe dayalı elektrik üretiminde son yıllarda kaydedilen çok hızlı gelişmeler, yatırım maliyetlerinde de ciddi düşüşleri gündeme getirmiştir [10].

WMO Raporuna göre: güneşlenme süresi terimi, açık gökyüzünde güneş diskinin parlaklığı ile ya da iyi seçilen bir insan gözü ile ışıklı nesnelerin arkasındaki gölgelerin görünümü ile gözlemlenebilir. İki ayrı terim gibi görünüyor olsa bile, güneşlenme süresi terimi enerjinin diğer dalga boylarından daha çok görünür radyasyonla ilgilidir. Güneş ışığının özel bir lens tarafından siyah bir kâğıt üzerine düşürülerek, Campell-Stoke kaydedicisi tarafından, konsantre olup olmadığını anlamak mümkündür. Bu kaydedici 1880 yılında meteoroloji istasyonlarına tanıtılmış ve hala birçok ağda kullanılmaktadır. Özel parçaların boyutları ve kalitesi hakkında hiçbir uluslararası düzenlenme olmadığından farklı güneşlenme süreleri değerleri ölçülmüştür. Campell-Stoke kaydedicisi dünya çapında verileri homojenize etmek için özel bir tasarım geliştirmiştir. Güneş Işınımı Referans Kaydedici (IRSR) olarak WMO tarafından tavsiye edilmiştir. Farklı istasyonlardaki araştırmalar kart yazmanı için eşik ışınımın 70-280 W/m^2 olması gerektiğini göstermiştir. Daha sonraki araştırmalar, özellikle Fransa'daki IRSR'lerin eşik ışınımın 120 W/m^2 olması gerektiğini göstermiştir [11].

Uçkan (2006) bir eğitim kampüsü ve şehir merkezinde piranometre aletiyle ayrı ayrı ölçümler yapmıştır. Eğitim kampüsündeki değerlerin, şehir merkezindeki değerlerden daha yüksek olduğunu saptamıştır. Aradaki farklılığın nedenini çevre koşullarına ve eğitim kampüsü içindeki gölden yansıyan güneş ışınlarının sebep olduğuna dikkat çekmiştir [12].

Güneş enerjisinin zamansal ve alansal dağılımının sağlıklı olarak tespiti ancak çok sayıda güneş enerjisi ölçüm istasyonunun ülke genelinde homojen dağılmış olması ve uzun süre (20-30 yıl) güvenilir ölçümler ile mümkündür [12, 13].

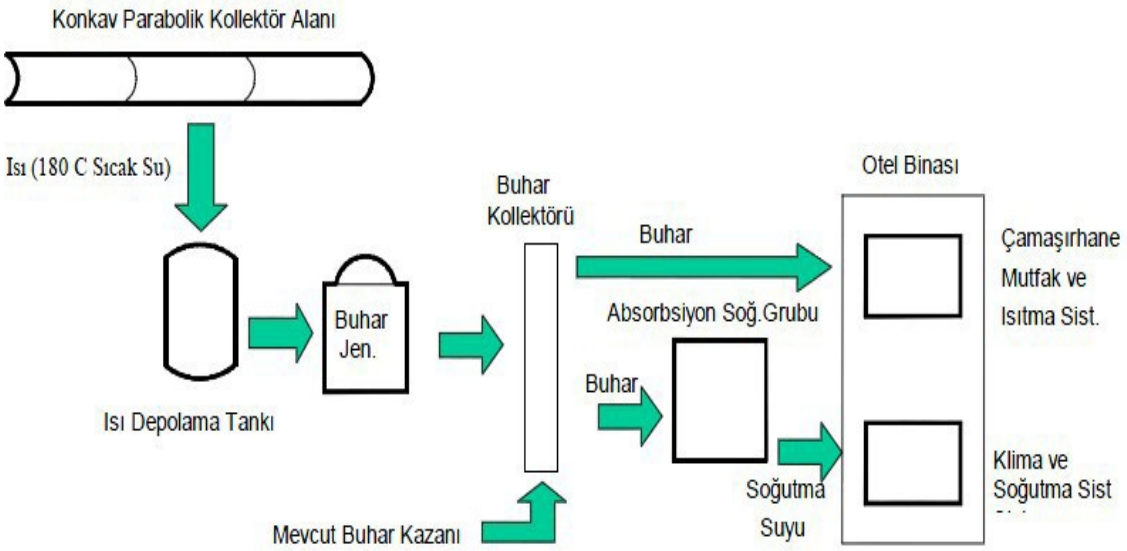
Pillot ve arkadaşları (2013) Cibuti şehri için uydu ürünlerini kullanarak (EUMETSAT O-SAF SI) güneş enerjisi potansiyelini yapmıştır. Cibuti şehrinin 2010 yılı boyunca güneşlenme şiddeti 2100 kWh/m^2 olarak ölçülmüştür. Çalışmanın sonucunda tahmin edilen değerler ile ölçülen değerler arasında farklılıkların düşük olduğu saptanmıştır [14].

Kaygusuz ve Sarı (2003). Türkiye'nin bulunduğu enlem itibariyle güneşlenme şiddeti ve güneşlenme süresi açısından zengin bir ülke olduğunu vurgulamıştır. Buna göre Türkiye'nin, günlük 3,6 kWh/m^2 ışınım şiddetine, yıllık olarak 2640 saat güneşlenme süresine sahip olduğu belirtilmiştir. Ancak, bu enerjinin sadece Türkiye'nin güney bölgelerinde sıcak su temini için kullanıldığının altı çizilmiştir [15].

1998'de yapılan bir çalışmaya göre, Arap dünyasının ilk güneş radyasyonu atlası oluşturulmuştur. Çalışmada aylık ortalama güneşlenme süresi ile global difüz radyasyon olmak üzere iki temel öğe baz alınmıştır. Bu atlasın oluşturulmasında 280 istasyonun 10 yıllık verilerden yararlanılmıştır. Ayrıca, 16 Arap devletinin 207 şehrinde olmak üzere doğrudan, difüz ve global güneş radyasyonunu ile güneşlenme süresinin aylık ortalamarını içeren yararlı çizelgelerine yer verilmiştir. Global güneş radyasyonunun maksimum kaydedilen yıllık ortalama değeri Nouakchott (20°56'N, 17°20'E) 6,7 kWh/m^2.gün olmuştur. Moritanya, 6,6 kWh/m^2.gün (36°11'N, 5°31'E) iken Cezayir ve Musul'da (43°N, 36°E), en düşük yıllık ortalama global güneş radyasyonu 4,1 kWh/m^2.gün kaydedilmiştir. Ayrıca, Arap dünyasında en yüksek yıllık ortalama güneşlenme süresi 10,7 saat ile Mısır Aswan (23°58'N, 32°47'E) en düşük yıllık ortalama güneşlenme süresi Tunus'ta (36°50'N, 10°14'E) kaydedilmiştir [16].

Kazım (2007). 'ye göre Birleşik Arap Emirlikleri petrol zengini bir ülke olarak bilinmesine karşın 2006 dan beri yenilenebilir enerji sektöründe çeşitli faaliyetlerde bulunmuştur. Bu durum, yenilenebilir enerji haritasında tamamen farklı bir durum oluşturmuştur.Artan populasyonun enerji ihtiyacına ve su ihtiyacına karşılık bulabilmek için bu tür aktivitelerde bulunulması gerekmektiğini savunmuştur [17].

Sarıgerme'deki bir otelde TÜBİTAK-TİDEB proje desteği kapsamında yapılan uygulamada, 20-24 adet parabolik kollektör kullanılarak 116 kW'lık soğutmanın güneş enerjisi tarafından karşılanması hedeflenmiştir. Şekil 2.3'de akış şeması verilen sistemin tasarımı Türkiye'de yapılmıştır. Özel bir yazılımla kollektörlerin gün boyu 270° açısal hareket yaparak güneşi takip etmesi sağlanmıştır. Böylece kollektörün gün boyunca güneş ışınlarını dik olarak alması sağlanarak sistemin performansı arttırılmaya çalışılmıştır. Geceleri güneş ışınımının hiç olmaması sebebiyle, kollektörden elde edilen kızgın suyun depolanacağı bir ısı depolama tankı da sisteme yerleştirilmiştir. Böylece geceleri kullanılan elektrik enerjisine daha düşük bedeller ödenmesini ve işletme giderlerinden tasarruf edilmesini sağlanmaya çalışılmıştır [18].



Şekil 2.3. Güneş enerjili ve lpg'li buhar kazanı destek sistemli soğutma ve buhar termal akış şeması [18].

Manisa bölgesi (38°88'N, 27°26'E), PVGIS programı kullanılarak ışınım şiddetleri hesaplanan bu pilot çalışma ile analizlerin diğer kent ve yerleşim yerlerine uyarlanmasına yönelik pratik altyapının oluşturulması hedeflenmiştir. Çalışmada, 1000 adet direk kullanılarak yapılacak olan yol aydınlatma sisteminde, her bir direkte 2 adet 250 W'lık ampüllerin yerine LED lambaların kullanılması durumunda maliyetleri, güç tüketimleri, enerji sarfiyatı ve parasal değeri hesaplanmıştır. Sistem kayıpları üzerinde durulmamıştır. Sonuçlar değerlendirilerek çevre yönünden avantajları ile beraber LED lambaların PV (fotovoltaik) güneş panelleriyle enerji beslemesinin yapıldığı varsayılmış, gerekli olacak PV panellerin özellikleri, yatırım gereksinimleri ve tutarları dikkate alınarak yapılabilirliği ile sağlayacağı faydalar analiz edilmiştir. LED aydınlatmalı lambaların kullanılması ve PV

kollektörlerden elde edilen enerjiyle LED aydınlatmanın sağlanması durumunda elde edilecek tasarrufu hesaplanmıştır. Maliyet analizi ve fizibilite çalışması yapılırken LED sistemi ve PV elektrik tüketimleri hesaplanmış, bu değer birim elektrik fiyatı ile çarpılarak yıllık toplam elektrik gideri hesaplanmıştır. Yıllık ampul maliyeti payı ve toplam elektrik tüketim maliyeti toplanıp, yıllık toplam maliyet elde edilmiştir. Bu alternatif ekonomik ömrünü tamamladığında net bugünkü değeri 1744,371 YTL olan bir tasarruf sağlamış olacaktır [19].

Bir eğitim kampüsü için hibrid sistem ile entegre şekilde tasarlanan güneş enerjisi ile ilgili çalışmada, saatlik güneş ışınım yoğunluğu amprik formüller üretilmiş, % 14 verimle çalışan PV kollektörlerinin optimum açıyla yerleştirilen temel kollektörler esas alınmıştır. Kampüsün konumu ve fotovoltaik sistemlerim kapasitesindeki artışı ile maliyetteki artışı gibi parametreler değerlendirildiğinde sistemin kampüs için pahalı bir yenilenebilir enerji kaynağı olduğu düşünülmüş ve alternatif olarak rüzgar enerjisiyle entegre bir sistem düşünülmüştür. Sonuç olarak, tasarımın rüzgâr enerjisiyle entegre olarak kullanıldığında net kar oranının 3000 $ olduğunu vurgulanmıştır [20].

Isparta'da 2000 kW elektrik gücünü güneş kuleleri aracılığıyla karşılamak üzere yapılan bir uygulamada, çalışma akışkanı olarak su/buhar kullanılmasıyla 440° kızgın buhar elde edilmesi amaçlanmıştır. Tasarlanan güneş enerjisi elektrik santrali projesi, Nisan ayı şartlarına göre hazırlanmıştır. Isparta'da bütün aylar için yapılan difüz ve direkt güneş radyasyonu ile heliostat yüzey hesaplamaları tasarlanan santralin Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül aylarında sadece güneş enerjisi ile elektrik ihtiyacını karşılayacağı hesaplanmıştır. Diğer aylarda ise güneş enerjisine ilave olarak diğer enerji türleri kullanılarak eksik enerji giderilecektir. Yapılan güneş radyasyonu hesaplamaları sonucu 2000 kW ortalama gücü için 13 000 m^2 sabit yansıtıcı yüzey kullanılması planlandığından, Mayıs için, santralin yaklaşık ilk yatırım maliyeti 400 000 $ olarak hesaplanmıştır. Yıllık elektrik tüketimi 500 000 kWh olan sistemin elektrik ihtiyacını temin etmek için böyle bir güneş enerjisi elektrik santrali kurulması durumunda kendisini yaklaşık 15 yılda amorti edeceği hesaplanmıştır. Bu yüzden en avantajlı yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan güneşten faydalanılarak güneş elektrik santrali kurulması çalışmalarına bir an önce başlanması gerekmektedir [21].

3. GÜNEŞ ENERJİSİ VE ENERJİ ÜRETİM SİSTEMLERİNDE KULLANILMASI

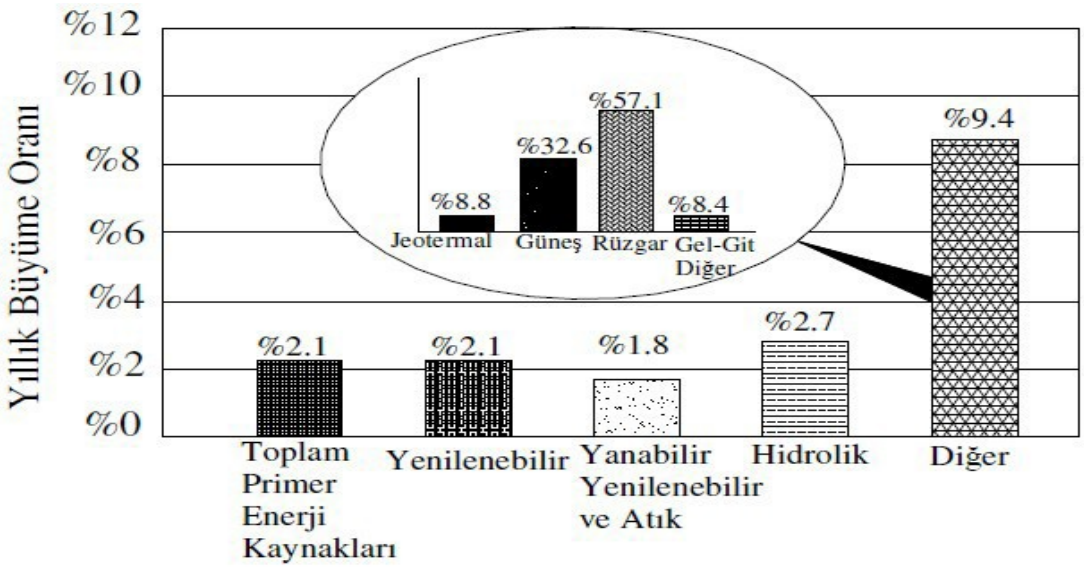
İnsanlık tarihi boyunca güneş enerjisinin kullanılmasına ek olarak ürün yetiştirme, giysilerin kurutulması gibi birçok örneği içerir, diğer işlerin gerçekleştirilmesi için de yöntemler geliştirilmiştir. Soğuk binaların ısıtılması, yerel ve endüstriyel uygulamalar için buhar temini, yüzme havuzlarının ısıtılması, soğutma sistemlerine enerji sağlanması, pompa ve motorlara güç verilmesi, içme suyu için arıtma yapılması, elektrik elde edilmesi gibi birçok örnek verilebilmektedir. Fosil yakıtlara alternatif birçok enerji türü vardır. Dikkat edilmesi gereken durum gereksinime göre enerji kaynağının özelleştirilmesidir. Ekonomi, çevre ve güvenlik temel hedefler olarak seçilmelidir. Bu gibi etkenler göz önünde tutulduğunda güneş enerjisi alternatif enerji kaynakları içinde daha pahalı olmasına rağmen daha fazla tercih edilen bir yöntemdir [22].

Güneş'in çeşitli yöntemler ile ölçülen sıcaklığı 5800 santigrat derecedir. Böylesine sıcak bir cismin gücü, yani bir saniyede yaydığı ışıma enerjisi, yaklaşık 4 x 1023 kW tır. Bu 100 W'lık 400 trilyon çarpı bir trilyon ampul gücüne denktir. Atmosferin dış yüzeyine ulaşan enerji 173104 kW değerindeyken, yeryüzüne ulaşan değer 1395 kW'a düşmektedir. Yeryüzüne ulaşabilen ışınımın değerinin bu kadar düşük olmasının nedeni, atmosferdeki karbondioksit, su buharı ve ozon gibi gazların ışınımı absorbe etmelerinin yanı sıra kat etmesi gereken yolun uzunluğudur. Dış yüzey sıcaklığı 6000 K olarak kabul edilen ve bilinen en büyük siyah cisim olan güneşin yaydığı ışınımın yeryüzüne % 70 kadarı ulaşır. Bu eksilmeler ortaya çıkmadan önce, atmosferin dışında ışınım değeri 1367 W/m^2'dir ve bu değer güneş sabiti olarak alınır. Pratikte yeryüzüne ulaşan güneş ışınım değeri 1000 W/m^2 olarak kabul edilmektedir [23, 24].

Havanın açık olduğu bir günde bile güneş ışınlarının ancak % 70 kadarı yeryüzüne ulaşır. Bulutlu bir günde güneş ışınlarının büyük bir bölümü, saçılmış ışınlardan oluşurken, bulutsuz güneşli bir günde güneş enerjisinin büyük bir bölümü doğrudan ışınlardan oluşacaktır. Doğrudan ve yayılmış ışınım toplamı, küresel ışınım olarak adlandırılır. Fotovoltaik sistemlerin seçiminde, güneş ışınım verileri çok büyük önem taşır. Güneş enerjisi, daha çok binalarda ısıtma, soğutma ve sıcak su elde etmek için kullanılmaktadır. Sıcak su elde etmek amacıyla kullanım, en yaygın olan kullanım

biçimidir. Isıtma amacıyla kullanım, ısıyı depolama tekniklerinin gelişimiyle daha verimli kullanılır hale gelecektir. Soğutma ise yıllık güneşlenme zamanının uzun olduğu bölgelerde verimli olmaktadır [23].

Şekil 3.1'de dünyadaki enerji kaynaklarının son 30 yıldaki potansiyel karşılaştırılması verilmiştir. Buna göre, son 30 yılda, yenilenebilir enerji kaynakları tüm dünyada kullanılan enerjinin sadece % 9,4'ünü oluşturmuş, güneş enerjisi ise yenilenebilir enerjinin % 32,6 oranıyla ikinci sırada yer almaktadır [12].



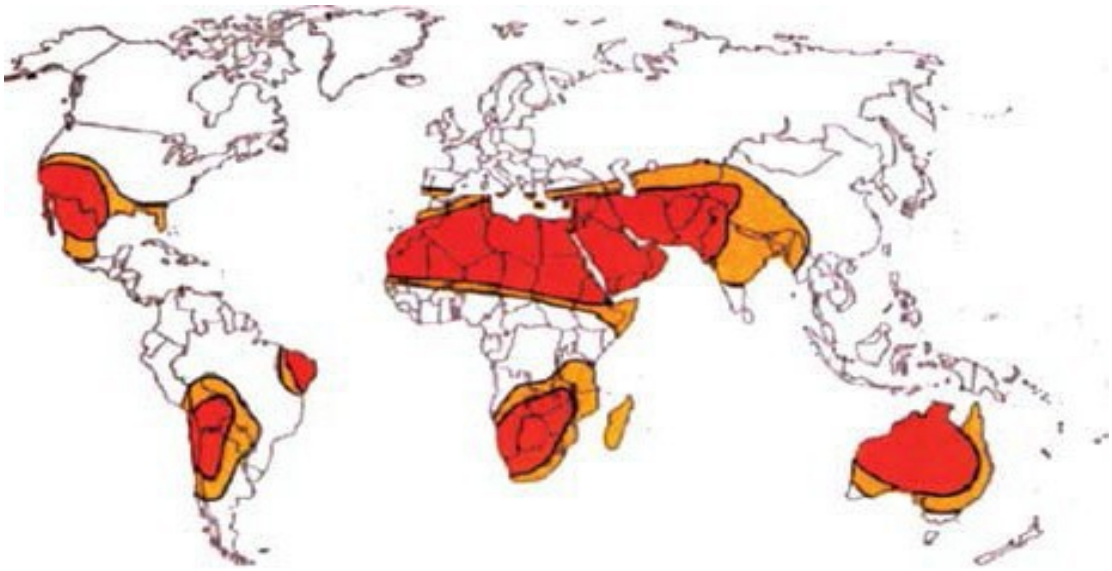
Şekil 3.1. Son 30 yıldaki enerji kaynaklarının potansiyel olarak karşılaştırılması [12].

3.1. Dünyada Güneş Enerjisi Kullanımı

Dünyadaki yıllık enerji tüketiminin yaklaşık olarak $125x10^{12}$ kWh olduğu düşünülürse, güneşten bir yılda alınan enerji bu miktarın 7500 katıdır. Bu oran bölgeden bölgeye farklılık gösterebilir. Dünyanın bazı yerlerinde bu oran yıllık miktarın üstünde olmasına karşın, güneş enerjisi ekonomik nedenlerden dolayı bir enerji kaynağı olarak kullanılamamaktadır. Tüm bunlara rağmen güneş alan bölgelerde güneş enerjisi önemli bir enerji kaynağı olarak ekonomik bütçeye katkı sağlayabilecek durumdadır [25].

Dünyanın dönüşü, güneş yörüngesinin asimetrik oluşu ve atmosferin yapısı gibi nedenler güneş enerjisinin yeryüzüne ulaşmasını engellemektedir. Bu enerjisinin bir bölgedeki miktar ve kalitesi oraya yapılacak güneş enerjisi sistemleri için büyük önem taşımaktadır.

Dünya'daki güneş ışınımının kuvvetli olduğu bölgeler Şekil 3.2'de verilmiştir [24].



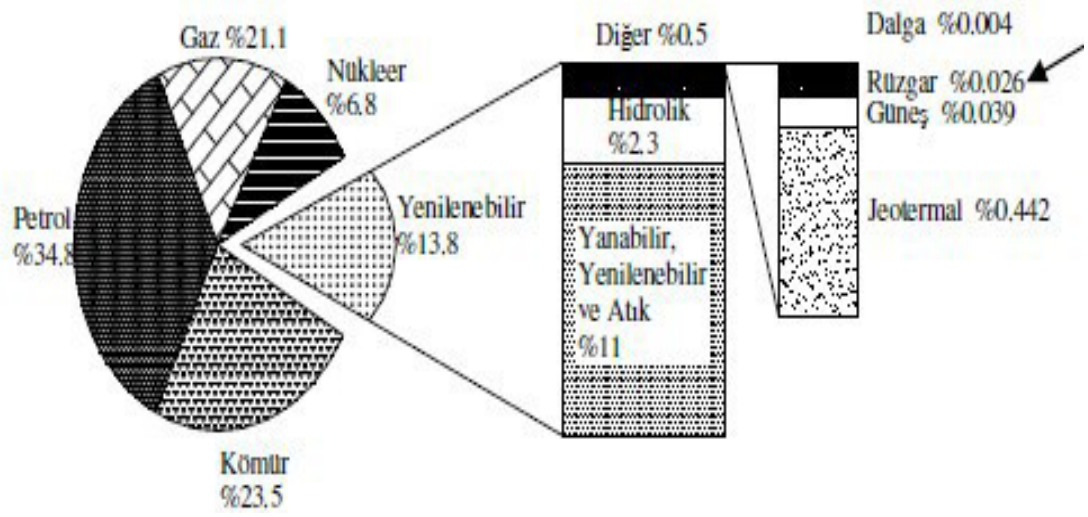
Şekil 3.2. Dünya'da yüksek güneş ışınımına sahip bölgeler [24].

3.1.1. ABD güneş enerjisi potansiyeli

2050 yılına kadar ülkenin elektrik enerjisinin % 69'unun güneş enerjisi santrallerinden karşılanması hedeflemektedir. Bu değişiklik, sera gazı emisyonlarını büyük ölçüde frenleyecektir. Ancak, halen bir taraftan kömür, petrol ve doğalgaz ile çalışan enerji santralleri ve modern yaşamın ayrılmaz parçası olan benzinli araçlar atmosfere milyonlarca ton sera gazı ve zararlı parçacıklar yayarken, diğer taraftan insanlar küresel ısınma ile nasıl baş edeceklerini düşünmektedirler. Bilim adamları, mühendisler, ekonomistler ve politikacılar, fosil yakıt tüketimini ve emisyonunu az da olsa azaltacak çeşitli çözümler üretme çabasında olmasına karşın bu çözümlerden hiçbirisi mevcut devasa sorunu çözebilecek potansiyele sahip değildir. Fosil yakıt kıskacından kurtulmak için köklü değişikliklere gereksinim duyan ABD yönetimi, en akılcı çözümün güneş enerjisinde olduğu görüşünü tartışmaktadır. Duruma çarpıcı bir örnek verilecek olursa, Amerika'da sadece elektrikli su ısıtıcılarının kullanımı için güneş enerjisiyle elektrik üretimi sağlanırsa bu durumdan yaklaşık 100 GW'lık bir enerji tasarrufu sağlanabilir. ABD'de 2007 yılında tüketilen enerjinin % 7'si yenilenebilir enerjiden karşılanmıştır [24, 25].

2000 yılı itibariyle Dünyadaki toplam primer enerji kaynakları 9958 Milyon TEP olup bunun %13,8'ini yenilenebilir enerji kaynakları oluşturmaktadır. Bu oranın %11'ini

biokütle, %2,3'ünü hidrolik ve %0,05'ini diğer yenilenebilirler (rüzgar, güneş, jeotermal, dalga vb.) oluşturmaktadır. Şekil 3.3'de 2000 yılı itibariyle yenilenebilir enerji kaynakların dağılımı verilmiştir. Şekil 3.3'de de görüleceği gibi bu oranın sadece % 0,039'u güneş enerjisinden sağlanmıştır



Şekil 3.3. 2000 Yılı itibariyle dünyada yenilenebilir kaynaklarının dağılımı [12].

Biokütlenin toplam yenilenebilirler içindeki büyük payı nedeniyle Asya, Latin Amerika ve Afrika gibi OECD üyesi olmayan ülkeler, yenilenebilir enerji kullanıcılarının son kullanıcısı konumundadır. Bu ülkeler yenilenebilir enerji kullanıcıları olarak önemli bir konumdadır. Dünyadaki elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılımı ise; kömür % 39, nükleer % 17, gaz % 17, petrol % 8 ve yenilenebilir enerjiler % 9'dur. 2000 yılında yenilenebilirlerden üretilen elektriğin % 92'lik bölümü hidrolik santrallerden üretilmiş olup bunu biokütle (% 5) izlemektedir. Çok hızlı gelişen jeotermal, güneş ve rüzgâr ise elektrik üretiminin % 3'den daha azını karşılamaktadır [12].

ABD güneş enerjisinden yararlanma konusunda çok şanslı durumdadır. Çünkü ülkenin büyük bir bölümü güneş ışığından yeterince yararlanmaktadır. Örneğin yalnızca güneybatıda güneş enerjisi ile çalışacak santrallerin kurulması için 650 bin kilometre karelik bir alan bulunmaktadır. Bu bölge 4500 katrilyon Btu güneş ışını almaktadır. Şayet bu ışının % 2,5'luk bir oranı elektriğe dönüştürülebilseydi, ülkenin 2006 yılındaki toplam elektrik enerjisi tüketimi karşılanabilecekti. ABD'nin güneş enerjisine geçmesi için, çok geniş bir toprak parçasını PV paneller ve güneş ışığını odaklayan aynalar için ayırması gerekmektedir. Ayrıca enerjinin ülkenin dört bir yanına taşınması için doğru akım (DC) nakil ana hatlarının kurulması da düşünülmektedir. Eğer rüzgâr, biokütle ve jeotermal

enerji de aynı anda devreye girerse, yenilenebilir enerji 2100 yılına kadar ülkenin elektrik gereksiniminin % 100'ünü ve toplam enerji gereksiniminin % 90'ını karşılayabilecek potansiyele sahiptir. Federal hükümetin 2050 yılında tamamlanması düşünülen planın finansmanı için yaklaşık 400 milyar $'a ihtiyacı bulunmaktadır. Bu çok büyük bir yatırım olarak düşünülse de kısa zamanda daha büyük bir miktarda getiri sağlayacaktır. Bilindiği gibi güneş santralleri çok az fosil yakıt tüketir veya hiç tüketmez. Bu da her yıl milyarlarca doların tasarruf edileceği anlamına gelir. Altyapının kurulmasıyla, kömürle çalışan yaklaşık 300 santral, doğalgaz ile çalışan daha büyük 300 santral ve bunların tükettiği yakıt devre dışı kalacaktır. Plan, kısaca, ithal petrole olan bağımlılığı tümüyle ortadan kaldırılmasını ve ABD'nin dış ticaret açığının azaltılarak, Ortadoğu'daki siyasi tansiyonun düşürülmesini öngörmektedir. Bu arada güneş teknolojisi kirlilik yaratmadığı için de enerji santrallerinden 1,7 milyar ton, benzinli taşıtlardan 1,9 milyar ton sera gazı emisyonu ortadan kaldırılacak ve 2050 yılında ABD'nin karbon dioksit emisyonu 2005 yılındaki emisyonunun % 65 altına indirilecektir. Bu da küresel ısınmanın frenlenmesi açısından önemli bir gelişme olacaktır. ABD'de yenilenebilir enerjiden en iyi şekilde yararlanabilmek için çalışmalar devam etmektedir. Son yıllarda PV pili ve modüllerin üretim maliyetinin büyük ölçüde düşmesi nedeniyle geniş ölçekli kullanım yolu açılmıştır. Farklı pil çeşitleri bulunmasına karşın, bugün en ucuzu ince kadmiyum tellür tabakalarından yapılan pillerdir. 2020 yılına kadar kilovat saat başına elektriği 6 sente mal etmek için kadmiyum tellür modüllerin verimliliğinin % 14'lere çıkarılması gerekmektedir. Şu andaki modüllerin verimliliği % 10 civarında bulunmaktadır. Verimliliğin artırılması çalışmaları devam ederken, teknolojik gelişmeler de bu süreci hızlandırmaktadır. Ticari verimlilik son 12 ayda % 9'dan % 10'a çıkmış bulunmaktadır. Modüller geliştirildikçe çatılara yerleştirilen PV pillerinin ev sahipleri için giderek ucuzlayacağı da bir gerçektir [24].

3.1.2. Avrupa birliği ve güneş enerjisi potansiyelinin kurulu gücü

Küresel sera gazı emisyonlarını 2000 sonrasında azaltmaya yönelik yasal yükümlülükler getiren Kyoto Protokolü'ne göre, gelişmiş taraf ülkeler sera gazlarının insan kaynaklı CO_2 eşdeğer emisyonlarını 2008-2012 döneminde 1990 düzeylerinin en az % 5 altına indirmekle yükümlüdürler. AB, hem birlik olarak hem de üye ülkeler açısından % 8'lik bir azaltma sağlayacağını kabul etmiştir. AB önemli yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeline sahip olmakla beraber ülkelere göre eşit dağılım ve yeterli kullanım göstermemektedir. Mevcut durumda AB içinde ortalama olarak toplam enerji tüketiminin

% 6'sı yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanabilmektedir. Yenilenebilir enerjinin AB elektrik üretimindeki payı ise 2002 yılı itibariyle ortalama % 14'dür[12].

Yapılan son değişikliklerden sonra, Avrupa Birliği Yenilenebilir Enerji Yönergesinin son haline göre üye ülkelerin zorunlu ulusal hedefler belirlemesi ve 2020 yılına kadar enerji ihtiyaçlarının % 20'sini, ulaşım sektöründe ise %10'unu yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılamaları gerekmektedir. Bu yönergeyle ayrıca enerji verimliliğinin % 20 oranında artırılması ve CO_2 salınımının da % 20 oranında azaltılması önerilmektedir. Yönerge, ülkelerin yenilenebilir enerji teknolojileri konusunda eylem planları oluşturmalarını ve bu teknolojilerin kullanımının yaygınlaştırılması için idari, hukuki ve finansal düzenlemeler yapmalarını ve halkın bilgilendirilmesini öngörmektedir. EREC, 2020 yılı itibari ile AB enerji ihtiyacının % 20'sinin yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanması önerisinde etken olmuştur. 13 Nisan 2000 tarihinde kurulan EREC biyoenerji, jeotermal, okyanus, küçük hidroelektrik, güneş elektrik, güneş ısıl ve rüzgâr enerjisi sektörlerinde faaliyet gösteren Avrupalı yenilenebilir enerji sanayi, ticaret ve araştırma kurumlarını bir araya getiren bir üst organizasyondur. Bu sayede EREC 40 milyar €'luk bir ciroyu temsil etmekte ve 450 000 civarında kişiye iş imkânı sağlamaktadır. Ayrıca, 31 Mart 2009'da, Brüksel'de Avrupa Yenilenebilir Enerji Konseyinde, Sanayi, Ulaşım, Araştırma ve Enerji Komitesi'nin (ITRE) hazırladığı Binaların Enerji Performans Yönergesi (EPBD) kabul edilmiştir. ITRE raporunda 2018 yılına kadar bitirilmiş yeni binaların net sıfır emisyonlu olması gerektiği belirtilmektedir. Avrupa Birliği'nin 2020 yılı yenilenebilir enerji Yol Haritasındaki % 20 yenilenebilir enerji hedefine ulaşılması için araştırma ve geliştirme çalışmalarının hızlandırılması, halkın bilinçlendirilmesi ve yatırımların artması için özel sektörün desteklenmesi gerekmektedir.

AB enerji ithalatını, ekonomisinin kabul edebileceği düzeye çekmek için, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmiştir. Rüzgâr enerjisinde olduğu gibi güneş enerjisinde de ciddi yatırımlar gerçekleştirilmiştir. 2008 sonu itibarıyla Avrupa Birliği'nin toplam fotovoltaik kurulu gücü 9533,3 MWp değerine yükselmiştir. 2008 yılında 2007'ye göre iki kattan fazla büyüyen dünya fotovoltaik pazarına Almanya ve İspanya liderlik etmişlerdir. Ancak 2009 yılında Avrupa'nın büyüme beklentileri küresel finans krizi ve İspanya pazarındaki yavaşlama nedeniyle sekteye uğramıştır. 2008 yılı sonunda dünyadaki toplam fotovoltaik kurulu gücün % 80'i Avrupa Birliği'ndedir. 2008 yılında Avrupa Birliği ilk tahminlere göre 2007'de 1825,6 MWp olan yıllık kurulum seviyesini iki kattan fazla (% 151,6) arttırarak

4592,3 MWp'e çıkarmıştır. Bu ek kapasite artışı ile Avrupa çapındaki kapasite 9533,3 MWp'e ulaşmıştır. Sadece İspanyol piyasasındaki nefes kesici artış bile Avrupa fotovoltaik pazarına büyük oranda ivme kazandırırken, Alman piyasasının istikrarlı büyümesi, daha az oranda da İtalyan, Çek, Portekiz, Belçika ve Fransız piyasalarındaki artışlar bu yüksek performansa katkıda bulunmuştur.

3.2. Türkiye'de Güneş Enerjisi ile İlgili Gelişmeler

Ülkemiz, coğrafi konumu nedeniyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli açısından birçok ülkeye göre şanslı durumdadır. Türkiye'nin üzerine gelen güneş enerjisinin bütününün enerji üretim amacıyla kullanılması söz konusu olamaz. Ancak genel enerji bilançosu için brüt güneş enerjisi potansiyeli, alınan güneş enerjisinin % 2,5'i kadar olup, 24x1015 kWh/yıl düzeylerindedir. Teknolojik kısıtlar altında teknik potansiyel ise 278 milyar kWh/yıl olarak tahmin edilmektedir. Teknik potansiyelin % 18'i kadar olan 50 000 GWh/yıl Türkiye'nin uzun dönemde elektrik üretiminde hedefleyebileceği güneş enerjisi teknik potansiyeli varsayılabilir [24].

3.2.1. Türkiye'de güneş kollektörü üretim kapasitesi

Türkiye'nin güneş kollektörü üretim kapasitesi yaklaşık olarak 2,5 milyon m^2'dir. Yaklaşık olarak üretim miktarı ise; 1,5-2 milyon m^2'dir. Türkiye'de, buhar (CSP) ve sıcak hava üretimi için güneş kollektörlerinin seri üretimi söz konusu değildir. Sipariş durumunda üretilebilmektedir. Türkiye güneş kollektörü üretiminde dünyada ikinci, kullanımında ise üçüncü büyük tüketici durumundadır. Türkiye'de, en yaygın kullanılan güneş enerjili sıcak su üretim sistemleri, doğal dolaşımlı, deposu yüksekte, ucuz, düşük verimli ve çirkin görüntülü sistemlerdir. Bu sistemlerin yerine, pompalı, deposu aşağıda, yüksek verimli sistemler kullanıldığında, bu sistemlerin maliyetleri % 50 civarında artmakla birlikte, bu sistemlerin ısıl verimleri % 35 civarında yükselmektedir. Bu iyileşmenin yanı sıra, binaların tepesindeki çirkin görüntüler de ortadan kalkmaktadır. Kamunun bu tür sistemlerin yaygınlaşması için, direk veya dolaylı teşvikler ya da yönlendirmelerde bulunması gerekmektedir. Türkiye'de, kullanılan güneş kollektörlerinin sayısı 2000-2011 yılları için, 2000 yılındaki ekonomik krizden dolayı, yakıt fiyatlarının artışıyla artan satışlar, döviz ve yakıt fiyatlarının düşmesiyle azalmıştır. 2004 yılından sonra azalan satışlar, 2010 ve 2011 yıllarında tekrar artmaya başlamıştır. Türkiye'de, 2005

yılından itibaren çok kullanılan vakum tüplü güneş enerjisi sistemlerinin, 2009, 2010 ve 2011 yıllarında kullanımı hızla yükselmiştir. İlk yıllarda uzak doğudan ithal edilen bu sistemler, Türkiye'de de üretilmektedir [26].

Ülkemizde güneş kollektörünün, yıllık üretim miktarı yaklaşık 750 bin m^2'dir ve bu üretimin bir kısmı da ihraç edilmektedir. Güneş enerjisinden yıllık ısı enerjisi üretimi yaklaşık 420 bin TEP civarındadır. Bu haliyle ülkemiz dünyada kayda değer bir güneş kollektörü üreticisi ve kullanıcısı durumundadır. Güneş kollektörlerinin ürettiği ısıl enerjinin birincil enerji tüketimine katkısı yıllara göre Çizelge 3.1'de verilmiştir. Avrupa bu teknolojinin önde giden kuruluş lideridir. Çünkü araştırma ve geliştirmede aktif rol almışlardır. Türkiye'nin bu ülkeleri izlemesi, teknolojiyi özümsemesi ve hızla güneş enerjisi uygulamalarını başlatması gerekmektedir. Çünkü ülkemiz konumu itibariyle Avrupa ülkelerine göre güneş enerjisi bakımından çok daha zengindir. Türkiye'nin ortalama 2640 güneş saat/yıl'ı birçok Avrupa ülkesinin ise 1500 güneş saat/yıl'ı (290-105 W/m^2) vardır [24].

Çizelge 3.1. Yıllara göre güneş enerjisi üretimi (yıl güneş enerjisi üretimi (bin TEP)

1998	210
1999	236
2000	262
2001	290
2004	375
2007	420

Türkiye'deki güneş enerjisi sektörünün gelişimi aşağıdaki gibi özetlenebilir;

- 1960: Güneş enerjisinin alternatif enerji kaynağı olarak kullanılabileceğinin gündeme gelmesi
- 970: Güneş enerjisinin özellikle ısıl amaçlı kullanımına öncelik verilmiştir.
- 1978: Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsünün kurulmuştur.
- 1980: Güneş enerjisi ısıl amaçlarla konutlarda kullanıma başlanmıştır. Çeşitli araştırma laboratuarlarında güneş enerjisi araştırmaları başlatılmıştır. 1980'li yılların ortalarında üniversitelerde güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretimine yönelik küçük ölçekli pilot çalışmalar başlatılmıştır.

- EİE bünyesinde kurulan Enerji Kaynakları Etüt Dairesi güneş pilleri ile ilgili çalışmalara başlamıştır.
- 1988: Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü'nde PV güç sistemi destekli su pompası pompası sisteminin kurulması (Türkiye'de bu alandaki ilk uygulama olmuştur).
- Isıl uygulamalar için güneş kollektörlerinin endüstriyel kullanımı yaygınlaşmıştır.
- 1998: EİE tarafından ülkemizdeki ilk şebeke bağlantılı fotovoltaik güç sistemi, 4,8 kWp gücü ile Didim'de kurulmuştur.
- 1990'lı yılların sonları: Telekomünikasyon sistemlerinde kullanılmak için fotovoltaik güç üniteleri kurulmuştur. Bu alanda kurulan toplam güç 50 kWp olmuştur
- 2001: Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü, ülkemiz koşullarında güneş pillerinin üretimini sağlamak için üretim süreçlerini hayata geçirip basitleştirmek ve maliyeti düşürmek amacıyla organik boya duyarlı güneş pilleri üzerine üretim, araştırma ve geliştirme çalışmalarını başlatmıştır.
- Berke Barajı'ndaki bazı birimlerin devreye alma enerjisi için 14 kWp'lik fotovoltaik sistem kurulmuştur.
- 2002: Bu tarihe kadarki en büyük şebekeye bağlı fotovoltaik santral 10,4 kWp güçle Muğla Üniversitesinde kurulmuştur.
- 2004: Muğla Üniversitesi toplam fotovoltaik kapasitesini 54 kWp'e çıkarmıştır.
- 2005: Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü İzmir'de şebekeye bağlı 22,4 kWp gücünde santral kurmuştur.
- TÜBİTAK, Türkiye'deki üniversitelerde bu alanda ilgi oluşturmak amacıyla üniversiteler arası güneş enerjisi ile çalışan araba yarışını (Formula-Güneş Arabaları Yarışı) başlatmıştır. TÜBİTAK, üniversite öğrencilerine güneş elektrik enerjisini tanıtmak amacıyla sonraki yıllarda da bu güneş arabası yarışlarını sürdürmüştür.
- 2006: Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü, Türkiye'deki üniversitelerde bu alanda bir ilk olan ve birim hücrelerden güneş panelleri üretimine olanak sağlayan Fotovoltaik Modül Üretim Laboratuvarı'nı kurmuştur.
- Bir Türk firması (Akkanat Teknoloji A.Ş.) 5 MWp/yıl kapasite ile İstanbul'da fotovoltaik modül üretimine başlamıştır (Üretici halen üretimini durdurmuş bulunmaktadır).
- Fore Enerji tarafından Fethiye Hillside Tatil Köyü'ne 5,6 kWp gücünde fotovoltaik sistem kurulmuştur. Bu sistem sayesinde ters ozmoz yöntemiyle deniz suyundan günde 2 m^3 temiz su elde edilebilmektedir.

- 2007: Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü güneş pillerinden laminasyon tekniğiyle güneş modülleri üreterek fotovoltaik güç kapasitesini arttırmaktadır. Toplam fotovoltaik kapasite 24 kWp'e ulaşmıştır. Şebekeye bağlı fotovoltaik güç sistemleri yıl boyunca izlenip incelenmektedir. Fotovoltaik sistemin 14 kWp'lik bir bölümü 2007 sonunda yeni bir ada hibrit fotovoltaik sistemi olarak tekrar düzenlenmiştir.
- İlk Fotovoltaik-Rüzgâr-Dizel güç sistemi Girasolar Ltd. tarafından bir adaya kuruldu. Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü de projeye katkıda bulundu. Proje şebeke bağlantısı olmayan bir adada (Fethiye-Kızılada) gerçekleştirildi. Adada bir restoran ihtiyacı olan enerjiyi bu sistemden sağlamaktadır. (17,5 kWp çok kristalli güneş modülleri, 15 kWp rüzgâr türbini, 35 kVA dizel generatör, 48 V 3000Ah akükapasitesi.
- Mart 2007'de Enerji Bakanı Pamukkale Üniversitesi, Denizli'de "Temiz Enerji Evi"'ni açmıştır. Ev hidrojen üretimi için de kullanılabilen toplam 5 kWp kurulu güce sahip bulunmaktadır.
- Marmaris ve Kuşadası'ndaki TESCO-KİPA süpermarketlerine 30 kWp gücünde şebeke bağlantılı fotovoltaik sistemler (toplamda 60 kWp fotovoltaik sistem) Enisolar Ltd. tarafından kurulmuştur. Bazı ilgi çekici küçük fotovoltaik uygulamalar 2007'de Enisolar Ltd. tarafından hayata geçirilmiştir.
- Tübitak, Gebze'de bir ada sistem olan yenilenebilir hidrojen gösteri parkının kurulumunu gerçekleştirmiş, bu projede Ege Üniversitesi Güneş Enstitüsü Tübitak-MAM ile birlikte çalışmıştır. Otonom sisteminde, fotovoltaik, rüzgâr, yakıt hücresi hibrit parçaları bulunmaktadır.
- Türk Telekom telekomünikasyon sistemleri için 250 kWp gücünde bir fotovoltaik sistem kurmaya karar vermiş ve Aneltech Ltd. firması bu fotovoltaik sistemleri 2007'de kurmaya başlamıştır. GSM telekomünikasyon sistemleri için bazı küçük fotovoltaik sistemlerin kurulumu gerçekleştirilmiştir.
- Yerel idareler ve belediyeler, küçük ölçeklerde aydınlatma vb. uygulamalar için fotovoltaik güç sistemi uygulamalarını arttırmaya başlamıştır.
- Temiz Enerji Vakfı, Ankara ili Elmadağ ilçesi Süleymanlı Köyü'nde güneş enerjili su pompalama sistemini yapmıştır.
- 2008: Muğla Üniversitesi Rektörlük binasında Türkiye'nin güneş enerjisinden elektrik enerjisi üreten ilk binaya entegre fotovoltaik cephe kaplaması uygulaması gerçekleştirildi.

- 40 kWp gücündeki sistemle birlikte Muğla Üniversitesi toplam 94 kWp şebeke bağlantılı güçle Türkiye'nin en büyük fotovoltaik parkı durumuna geldi.
- Aneltech firması tarafından yıl içinde Türk Telekom için 22 ayrı şehirde toplam 310 kWp fotovoltaik sistem kurulumu gerçekleştirildi. Yine aynı firma tarafından Unilever, Areva, Turkcell, Yozgat Çimento gibi şirketlere fotovoltaik sistemler kuruldu. Bunlardan bir örnek olmak üzere Çeşme Yarımadası'nda bir GSM baz istasyonu için Çeşme Özpamir Sitesi'ne 6,4 kWp fotovoltaik ve 2 kW rüzgâr olmak üzere toplam 8,4 kWp gücünde bir hibrit sistem kurulmuştur.
- Fore Enerji, Adapazarı'ndaki Toyota Fabrikası'na 14 kWp şebeke bağlantılı PV sistemini kurmuştur.
- Zorlu Grubu'na bağlı Hitit Solar Enerji şirketi tarafından grubun Manisa'daki tesislerinde parabolik oluk tipi bir güneş ısıl sistemi başarıyla test edilmiştir. Şirket bu uygulamaya dayalı projeler geliştirmek için çalışmalara başlamıştır.
- Diyarbakır Belediyesi'ne bağlı Diyarbakır Güneş Evi toplam 3,88 kWp fotovoltaik kurulu güçle açılmıştır.
- Diyarbakır'da Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi'nde 960 Wp gücündeki PV sistemle çalışan damla sistemi Temiz Enerji Vakfi ve Ekosolar şirketi tarafından hizmete açılmıştır.
- Mersin'in Emirler köyünde 720 Wp gücünde bir fotovoltaik sistemle çalışan sulama sistemi Öztunç Mühendislik tarafından devreye alınmıştır.
- 2009: Tunçmatik firması Güneş Sigorta'nın İstanbul Esentepe'de bulunan Genel Müdürlük binasına 10 kWp gücünde PV sistemini kurmuştur.
- Aneltech firması PV üretim tesisi kurma çalışmalarına başladı. 2009 yılında 13,5 MWp/yıl kapasiteli bir modül geliştirmiş, 2010 yılı sonrasında hücre geliştirme faaliyetlerine başlamış ve üretime geçmiştir. Ayrıca şirket 2009 yılı içinde EPDK'dan 10,5 MW'lık santral için üretim lisansı almayı planlamıştır.
- Devam etmekte olan ölçüm çalışmalarının sonucunda, Türkiye güneş enerjisi potansiyelinin eski değerlerden % 20-25 daha fazla çıkması beklenmektedir [24].

3.3. Güneş Enerjisinden Isıl Yollarla Yararlanılması

Türkiye, güneş enerjisi sistemlerini üreten büyük bir sanayiye sahiptir. 2012 yılı sonu itibarıyla Türkiye'de, 18-20 milyon m^2 güneş kollektörüne sahip güneş enerjisi sistemi bulunmaktadır. Mevcut güneş enerjili sıcak su üretme sistemleri, bugünkü petrol fiyatlarıyla

Türkiye ekonomisine yılda 1 milyar $ civarında katkıda bulunmaktadır. Türkiye'de, konutların % 18-20'sinde yani 3,5-4 milyonunda güneşli su ısıtma sistemi bulunmaktadır. Türkiye'de, bölgelere göre, konutların güneş enerjisine sahiplik oranları Çizelge 3.2'de görülmektedir. Türkiye'de, Akdeniz, Ege, Güneydoğu ve İç Anadolu bölgeleri en fazla güneşli su ısıtma sistemlerini kullanan bölgelerdir. Karadeniz ve Marmara bölgeleri en az kullanan bölgelerdir. Türkiye'de, güneş enerjili su ısıtma sistemleri üretiminde, önde gelen bölgeler, İç Anadolu, Akdeniz ve Ege bölgeleridir [26].

Çizelge 3.2. Türkiye'de bölgelere göre konutların güneş enerjili su isıtma sistemlerine sahiplik oranları[26].

Bölgeler	Sahiplik Oranları
Akdeniz	70
Ege	45
Güneydoğu Anadolu	40
İç Anadolu	25
Doğu Anadolu	15
Marmara	5
Karadeniz	5

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

3.3.1. Güneş enerjili ısıl sistemler

Bu sistemlerde öncelikle güneş enerjisinden ısı elde edilir. Isı enerjisi doğrudan kullanılabileceği gibi elektrik üretiminde de kullanılabilir. Güneş enerjisi uygulamaları elde edilen sıcaklık değerlerine göre;

Düşük sıcaklık (20-100°C) uygulamaları; Bu uygulamada düzlem kollektör kullanılır. Bazı uygulamalar, konutların ısıtılması, sera ısıtması, tarım ürünlerinin kurutulması, yüzme havuzlarının ısıtılması, güneş ocakları ve fırınları, arı su elde edilmesi, tuz üretimi şeklinde sıralanabilir.

Orta sıcaklık (100-300°C) uygulamaları; Orta sıcaklık uygulamalarında, güneş ışınımının yansıtılarak veya kırılarak bir noktaya veya eksene yoğunlaştırıldığı odaklı toplayıcılar kullanılır. Sanayi için gerekli sıcak su veya buharın temini, büyük soğutma ve ısıtma sistemleri, odaklı toplayıcıların uygulama alanlarından bazılarıdır. Bu uygulamalarda, genellikle güneşi takip eden mekanizmalara ihtiyaç vardır. Orta sıcaklık uygulamalarında genellikle kullanılan parabolik oluk tipi ışın yoğunlaştırıcılarda, odak çizgisi boyunca konumlandırılan soğurucu boru içerisinden geçen iş akışkanı, soğurulan ışınım enerjisini alarak akışkan sıcaklığının yükselmesine neden olur. Parabolik yüzeye yapıştırılan (kaplanan) yüksek ışın yansıtma değerli yansıtıcı yüzeyden yansıyan ışın, boru çevresindeki cam örtüden geçerek emici (soğurucu) boru üzerine düşer. Bu ışınların büyük bir bölümü emiciliği yüksek, yansıtıcılığı düşük ışıma özelliğindeki seçici yüzey kaplı boru tarafından emilerek, güneşsel ısı olarak, iş akışkanına aktarılırken, kalan bölümü de borudan yansıyarak camdan dış ortama kaçar. Burada cam kılıfın en önemli görevi, dış hava sıcaklığına oranla sıcaklığı çok yüksek olan emici boru yüzeyinden çevreye olan ısı transferi kayıplarını azaltmaktır.

Güneş ışınımından yararlanılarak 300°C'nin üzerinde sıcaklık elde edilen sistemlerde; "heliostat" adı verilen, geniş bir alana gelen güneş ışınımını, güneşi izleyerek bir noktaya odaklayan sistemlerden yararlanılır. Güneş fırınları ve güneşsel güç sistemlerinde yansıtıcı olarak aynalardan yararlanılmakta ve 3500°C sıcaklığa kadar çıkılabilmektedir. Fransa ve Amerika'da bulunan güneş fırınlarında metallerin eritilmesi, kesilmesi ve kalıplanması yapılmaktadır. Yüksek sıcaklıkta buhar elde edilerek bir türbin aracılığıyla elektrik üretilen güneşsel güç sistemlerinin uygulamaları da mevcut olup, üzerinde yoğun çalışmalar yapılmaktadır. Orta sıcaklık uygulamalar, endüstriyel kullanım için buhar üretimi ve elektrik üretimi, büyük ısıtma-soğutma sistemleri için uygulamada kullanılır.

Yüksek sıcaklık (>300°C) uygulamaları; Parabolik oluk tipi güneş kollektörlerinden oluşan sistemlerde elde edilen yüksek basınç ve sıcaklıktaki (12 atm. ve 180°C) kızgın su kullanılarak yapılan başlıca uygulamalar proses buhar üretimi ve soğurmalı soğutmadır. Bu uygulamalar, parabolik çanak ve merkezi alıcılarla elektrik üretiminde kullanılabilir.

Yukarıdaki uygulamalarda güneş ışınımı bir ısı değiştiricisi aracılığıyla bir akışkana (su, hava, halojenli hidrokarbonlar vs.) aktarılır ve sıcaklığı artan akışkan uygulama amacına göre depolanır veya sisteme doğrudan gönderilir [18, 27].

3.3.2. Güneş enerjili elektrik sistemleri

Fotovoltaik güneş pili (PV) olarak anılan bu sistemler güneş ışığını (ısısını değil) elektrik enerjisine çeviren sistemlerdir.

3.4. Güneş Enerjili Su Isıtma Sistemleri (GESIS)

Güneş enerjisi, en çok ve yaygın olarak sıcak su üretiminde kullanılmaktadır. Güneş enerjili su ısıtma sistemleri hazırlanacak suyun kullanma yerine, suyun ısıtılma şekline, sistemdeki suyun dolaşımına ve amacına göre değişiklik gösterirler.

Vakum tüplü kollektörler: Vakum tüplü (direkt ve endirekt) ve ısı borulu (heat pipe) vakum tüp olmak üzere iki tipi mevcuttur. Direkt akışlı vakum tüpte ısıtıcı akışkan vakum tüpün içinde doğrudan dolaşır.

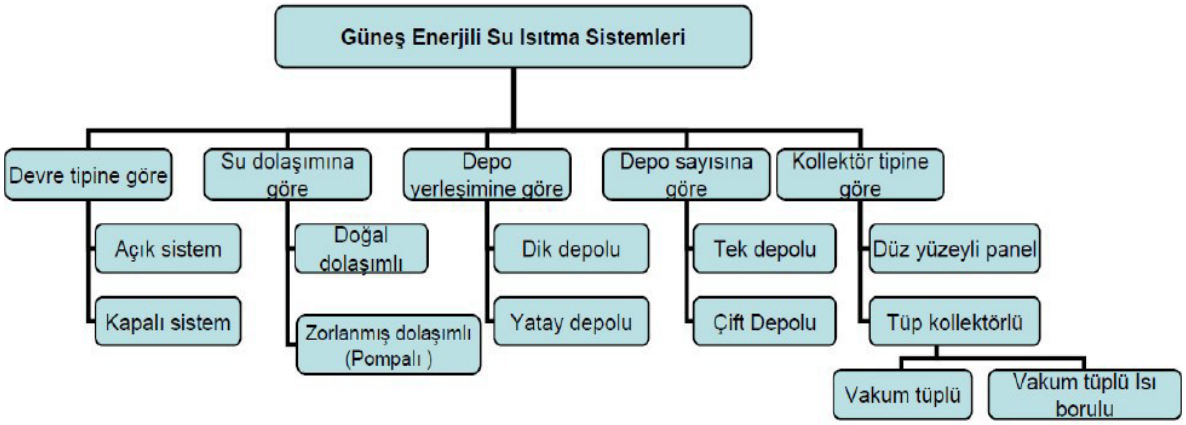
Endirekt akışlı vakum tüplü GESIS: Endirekt akışlı vakum tüpte ise ısıtıcı akışkan vakum tüp içerisinden geçirilen bakır borular içerisinden geçirilir.

Isı borulu vakum tüplü GESIS: Isı borulu vakum tüpte ise ısı borusunun kondenser üst ucu manifolta yerleştirilerek ısısını buradan geçen ısıtıcı akışkana bırakır. Isı çubuklu vakum tüp yukarıda bahsedildiği gibi, iç içe geçmiş ve aralarındaki hava vakum edilmiş iki adet cam tüpten oluşmaktadır. Buna ek olarak tüpün içerisine bakır bir ısı çubuğu yerleştirilmiştir. Vakum tüp içerisindeki bakır ısı çubuğu, ısıyı uç kısmındaki yoğunlaşma çubuğu bölümüne iletir ve ısı bu kısımdan suya aktarılır. Bakır ısı çubuğu iki adet alüminyum ısı transfer kanadının arasına yerleştirilerek cam vakum tüpün merkezine yerleştirilmiştir. Alüminyum kanatlar, hem bakır ısı çubuğu hem de vakum tüpün iç yüzeyi ile temas alanının maksimize edilmesi için kalıpta özel forma sokulmuştur. Bu özel form bakır ısı çubuğuna ve dolayısıyla da suya yapılan ısı transferini büyük oranda artırmaktadır. Bakır ısı çubuğunun iç kısmı deliktir ve bu boşlukta ısı transfer sıvısı dolaşmaktadır. Bu sıvı bakır ısı çubuğunun merkezindeki boşluğa enjekte edilirken aynı zamanda içerideki hava da $4x10^6$ Pa derecesinde vakum edildiği için 25-30°C gibi çok düşük sıcaklıklarda dahi içerideki sıvı buharlaşabilir. Bakır ısı çubuğu ısındığında buharlaşan sıvı, yoğunlaşma çubuğu bölümüne doğru yükselmeye başlar ve bu bölümde ısı suya transfer edilir. Kaybedilen ısı sebebiyle buhar yoğunlaşarak sıvı hale döner ve aynı

döngüyü tekrar gerçekleştirmek üzere bakır çubuğunun tabanına doğru geri döner [27].

GESIS'ler, güneş enerjisini toplayan kollektörler, ısınan suyun toplandığı depo ve bu iki kısım arasında bağlantıyı sağlayan yalıtımlı borular, gerekirse pompa ve kontrol edici gibi sistemi tamamlayan elemanlardan oluşmaktadır. GESIS çeşitleri Şekil 3.4'te verilmiştir.

Türkiye'nin uygun güneş kuşağı ve doğalgaz taşınım güzergâhı üzerinde olması, güneşsel ısı yükleri ile soğutma ısı yüklerinin çakışması nedeniyle, doğalgaz destekli güneş enerjili soğurmalı soğutma sistemlerinin Türkiye ekonomisi yönünden uygunluğunun derinliğine araştırılması gereklidir.



Şekil 3.4. Güneş enerjisi sistemleri

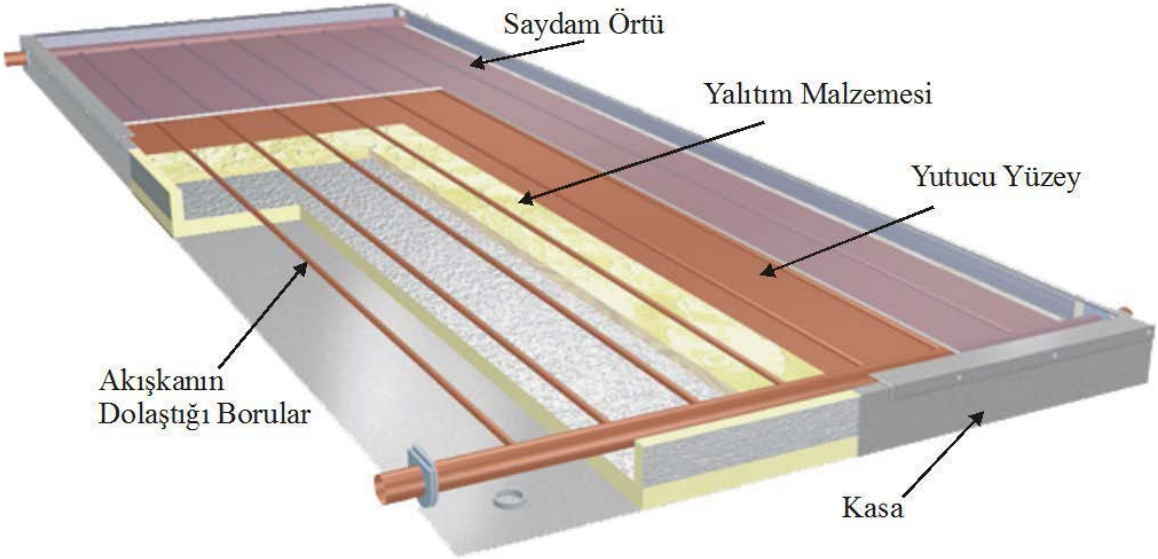
Bu uygulamalarda soğutma yükü ve güneşsel ışın şiddeti aynı fazda olup birlikte artması, bu tür uygulamaların ekonomik olmasını destekler. Alışılmış soğurmalı soğutma sistemlerinde (tek etkili) üretilen soğuğun harcanan enerjiye oranı yaklaşık 0,7-0,9 dolayındadır. Güneş enerjili soğurmalı soğutma sistemlerinin ekonomik yönden uygun olabilmesi, COP değerleri, tek etkili sistemlerin yaklaşık iki katı olan, çift etkili soğurmalı soğutma sistemlerinin kullanılmasını gerektirir. COP değerinin iki kat artması ile soğurmalı soğutma sisteminin ısı girdisi, dolayısıyla da güneşsel ısıyı sağlayan kollektör sayısı yarıya düşer. Bu da toplam yatırım maliyetinin yaklaşık % 40 azalmasına neden olur. Çift etkili soğurmalı soğutma sistemleri sadece yüksek sıcaklıkta buhar ile çalıştırılabildiği için, buhar üretiminde kullanılabilecek yüksek sıcaklık ve ekserjide kızgın su üreten, parabolik oluk tipi güneş kollektörlerinin kullanımı en ekonomik çözüm olmaktadır. Bu nedenle çift etkili soğurmalı soğutma uygulamalarında, güneşselrejenerasyon ısısı üreten parabolik oluk

tipi kollektör sistemleri ile ilgili AR-GE çalışmaları yapılmalıdır. Çift etkili soğurmalı soğutma grubunun kullanımı, güneş enerjisi ile soğutma yapılmasını avantajlı kılar. Türkiye'deki enerji krizi ve yükselen elektrik ve LPG giderleri göz önüne alındığında, güneşli günlerin 300 günden fazla olduğu Akdeniz Bölgesi'ndeki oteller ve buhar ihtiyacı olan endüstriyel tesislerde, parabolik oluk tipi kollektörlerle toplanan güneş enerjisi ile buhar ve soğutma uygulamaları ekonomik olacaktır. Ayrıca bu uygulamalarda güneş enerjisinin kullanımı ile çevreye atılan emisyonlar da azaltılacaktır. Bunu sağlamak üzere bir yandan sistemdeki en yüksek maliyete sahip olan parabolik oluk tipi güneş kollektörlerinin performansını yükseltecek çalışmalar yapılırken, diğer taraftan da üretim maliyetini düşürecek çalışmalar yapılmaktadır [18].

3.4.1. Düzlem kollektörler

Düzlem kollektörler genel olarak saydam örtü (cam), enerji toplayan yüzey (panel-absorber), yutucu yüzeye bağlanmış ısı taşıyıcı borular, yalıtım malzemesi ve kasadan ibarettir.

Kollektörler galvaniz, alüminyum, bakır ve selektif yüzeyli olarak isimlendirilmekte olup burada kastedilen kollektörün kasası değil panel çeşididir [27]. Kollektörler iki önemli prensibe dayalı olarak çalışmaktadır. Bunlar, Güneş radyasyonunu emen siyah bir yüzey ve ısıyı tutmak için gereken camdır. Şekil 3.5'te en yaygın olarak kullanılan düzlem kollektörün kesiti bulunmaktadır. Yüzeyi güneş enerjisi kazanımı için solar radyasyon yönüne dik olmalıdır. Suyun ısıtılması için, güneş ışınları bu cam yüzeyden geçip siyah metal tarafından emilmelidir. Isı yalıtımı sağlandığı için ısının çoğunu tutar. Su, içindeki ısı ile kullanılacak olan yere doğru hareket eder. Bu sistem, sıcak suyun kendisinden daha soğuk olan suyun bir miktar hareket etmesi ilkesiyle açıklanabilir. Bu durumu Şekil 3.5'teki termosifon örneğinde de görebiliriz. Toplayıcı, ısınan suyu tankın dışındaki boruya iter. Isınan bu sıcak su, daha sonra tankın içindeki soğuk suyla yer değiştirerek soğuk suyu dışarı iter. Bu ısı kaynaklı sirkülâsyon, aşağı itilen ve yuvarlak toplayıcıya gelen su ile tamamlanır [28].



Şekil 3.5. Düzlem kollektörün kesiti

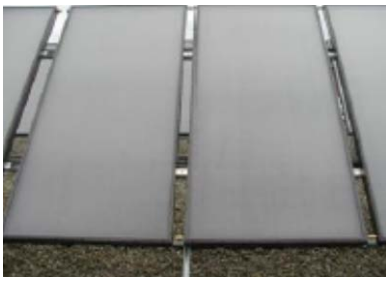
Farklı çeşitlerdeki kollektör türleri Şekil 3.6'da verilmiştir. Bunların arasında Havuz suyunun sıcaklığını birkaç derece arttırmak için en uygun olanı sırsız panellerdir. Düz plaka kollektörleri yerli üretimde genellikle tek camlı, ancak ilave olarak ikinci bir cam takılabilir. Daha fazla cam panelin kullanılması, ısının cam paneller arasında daha çok absorbe edilmesini sağlar. Cam panellerin arasındaki duvarların siyah renkte seçimi, ışığın daha çok emilmesini sağlamak açısından önemlidir. Genel anlamda çoğu siyah yüzeyler ışınımın % 10'unu yansıtır. Diğer yandan düzlemsel kollektörler sadece ısıtma amaçlı kullanılmaktadır. Bu düzlem kollektörlere bu tip ısı üretimi ve aynı zamanda elektrik üretimi için bir fotovoltaik pil bağlanır. Yutucu plaka, her tüpün merkezine doğru bir metal şeritle bağlanmıştır. Tüpün içindeki vakum, konvektif ısı kayıplarını önler. Uygulamada kollektörlerin, güneş enerjisini maksimum düzeyde enerjiye dönüştürebilecek, hareket etmeyecek şekilde bulunması gerekir. Bu yüzden, kollektörün ön yüzü kuzey yarımkürede güneye, güney yarımkürede kuzeye bakacak şekilde konumlandırılmalıdır. Pratik olarak, düşük enlemlerde kollektör açısı neredeyse enlem açısına eşdeğerdir, ancak 10° ve 40°N ile 40°S enlemlerinde artar. Tüm bu düzenlemeler, düzlem kollektörlerin topoğrafik ve meteorolojik şartlara bağlı olarak 40-80°C derece gibi tipik sıcaklıklara ulaşması için yapılır [28].

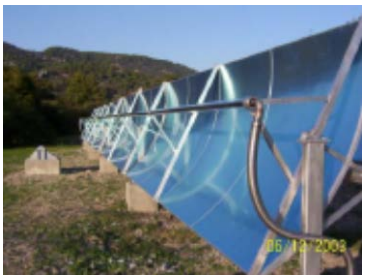
Sırsız düz plaka

Çift camlı düz plaka

Boşaltılmış Tüp

Sıcak hava güneş kollektörü


Tek camlı düz plaka


Parabolik oluk

Şekil 3.6. Farklı türdeki düzlem kollektörler

3.4.2. İzleyici kollektörler

Mantıksal olarak, birim yüzeye gelen güneş radyasyonunu maksimum seviyede tutmak için toplayıcıların radyasyon yönüne dik olarak yönlendirilmeleri gerekmektedir. Bir gün boyunca, radyasyonu maksimum seviyede tutmak için kollektörleri gündüz saatleri boyunca toplayıcı yüzeye tutmak mümkündür. Teorik olarak, hareketli kolektörlerin düzlem kollektörlere göre günde $\pi/2$ kadar daha fazla enerji sağladığını söylemek mümkündür. Ancak uygulamada bu durum daha iyi güneş kuşağı ve daha iyi radyasyon alınması durumunda yaklaşık 1,5 katıdır [28].

3.4.3. Parabolik kollektörler

Parabolik kollektör, doğrusal bir alıcı üzerine direkt güneş radyasyonu konsantre eden hareketli bir parabolik yansıtıcı kullanan hat-odaklama sistemidir. Daha fazla sıcaklığa ihtiyaç duyulursa bu kollektörler belli noktalarda güneş radyasyonunu, bir ayna ve lens yardımıyla, odaklamak için yüzeyi eğri olarak üretilmelidir. Odaklayıcı kolektörler küresel parabolik ya da doğrusal parabolik şeklinde olabilirler. Parabolik ayna kollektörleri solar radyasyonu belli bir noktada toplayabilir, bu yüzden konsantrasyon oranı doğrusal parabolik aynalı kollektörlerde 200 iken, parabolik aynalı kollektörlerde 40 000

civarındadır. Düzlem kollektörler kenara yayılan difüz güneş ışınımını kollektör yüzeyine yaymasına rağmen, odaklayıcı kollektörler güneş ışınımını bir noktaya toplayarak enerjiye dönüşmesini sağlar [28, 31].

Parabolik oluk tipi güneş kollektöründe, emici boru üzerinde ideal odaklama, güneşten gelen direkt ışınların, kollektör açıklık alanının normali ile çakışması durumunda oluşur. Bunun için kollektör sisteminin güneşi iki eksende takip etmesi gerekir. Güneşin iki eksende izlenmesinin karmaşık ve pahalı olması nedeniyle, özellikle 100-300°C arasındaki orta sıcaklık uygulamalarında tek eksende, doğu-batı yönünde güneş izlenmesi ekonomik yönden uygun olmaktadır [18].

Odaklayıcı kollektörlerin bir diğer dezavantajı optimal fayda sağlamak için güneş ışığını takip etmesidir. Odaklayıcı kollektörler sıcaklığı 300-6000°C'ye kadar yükseltir. Bu kollektörler odak kollektör yüzeyi ile denkliği sağlamak için yeterli hassasiyette hizalanmalıdır. Ne kadar doğru hassasiyette hizalanırsa, o derecede daha büyük konsantrasyon derecesi elde edilir. Düz odaklı toplayıcılar, üzerine düşen güneş radyasyonunu merkezine inen bir boruda toplayarak buhar oluşumunda kullanılmak üzere elektrik üretmek amacıyla kullanılır. Maksimum verimi sağlamak için, çukur, güneş ışığını takip edecek şekilde tasarlanmalıdır. Odaklayıcı kollektörler güneş ışınını izleyip, buhar üretmek için kullanılır. Eğer, güneş radyasyonu bir ayna ya da lens yardımıyla odaklanırsa, suyun sıcaklığı kaynama noktasına ulaşabilir ve aşabilir. Bu durumda buhar üretimi için gerekli sıcaklığa ulaşıldığından, mekanik sistem buhar üretimine geçebilir. Bu yüzden kollektörlere yüksek sıcaklıklı kollektörler de denilmektedir. Kollektör aynasına paralel gelen güneş ışığı, odaklayıcı ayna tarafından bir noktada toplanır.

Merkezi elektrik üretiminde bir diğer teknoloji ise güneş termik gücüdür. Bunlar, güneş ışınımını yağ dolu bir tüp üzerinde büyük aynalı sistemler yardımıyla odaklayıp, suyu kritik sıcaklığına ulaştırarak elektrik türbininde elektrik üretmek amacıyla kullanılır. Kaliforniya Eyaleti'nin 3 mil güneyinde, 1980 den beri yaklaşık 170 000 eve 350 MW elektrik bu sistemle sağlanmaktadır. Özellikle kirlilik alarmı verilen bölgelerde güneş termik santralleri kirliliğin azaltılması için gerekli ve yeterli bir enerji kaynağıdır. Yeterli enerji üretmek amacıyla güneş termik santralleri güneş ışınımının yoğun olduğu kurak bölgelerde direk güneş radyasyonunu kullanmak amacıyla kullanılmalıdır. Güneş termik santralinden elektrik üretmenin bir diğer yolu içinden su akan metal borular üzerine güneş

ışınımı yoğunlaştırarak, buhar elde etmektir. Elde edilen buhar bir türbini çalıştırmak için kullanılabilir [28].

Parabolik Kollektörler çeşitleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

Parabolik Açılı Aynalar: 30° ile 150° açı ile tek eksende güneşi izlemektedirler. En çok kullanılan termik sistemlerin başında yer almaktadır.

Parabolik Geniş Tabaklar: Küçük alanlar için uygulanmakta olup, güneş ışınlarının tabak şeklindeki aynaların ortasındaki spotlara yansıtılması ve bu spotların içinden geçen suyun ısıtılması prensibi ile çalışmaktadır.

Döşenmiş Aynalar: Parabolik açılı aynaların çalışma prensibine benzer şekilde çalışmakta olup, bu teknolojide aynalar yere yakın şekilde yatay olarak monte edilmektedir. Küçük alanlarda uygulanmakta olup, fazla örnek uygulaması yoktur.

Güneş Kuleleri: 5000 ile 10 000 adet arasındaki küçük aynaların kulenin tepesindeki bir güneş ışını toplayıcısına gönderilerek ve bu toplayıcının içerisinden geçirilen suyun buhar haline getirilmesi prensibi ile çalışmaktadır. Kule yüksekliği (50-150 m arasında) güneşin geliş açısına ve tesisin büyüklüğüne göre değişmektedir. Yansıtıcı paneller güneşi iki eksende izleyebilmektedirler. En çok kullanılan termik sistemler içerisinde ikinci sırada yer almaktadır [29].

3.4.3. Eğik kollektörler

Bu kollektörden maksimum güneş enerjisi faydası elde etmek için yüzeyinin eğik olması gerekir. Eğim açısı hem bulunulan enleme hem de yılın hangi günü olduğuna bağlıdır. Örneğin, Mart ve Eylül aylarında öğle vakitlerinde güneş açılarının gelme açısı enlem açısına dik ve eşit gelmektedir. Yaz aylarında maksimum faydanın sağlanması için kollektör yüzeyini daha yatay, kış aylarında ise güneşe daha dik olarak konumlandırmalıdır [28].

3.4.4. Güneş havuzları

Düzlem kollektörlerin yerine, termik elektrik üretimi için güneş havuzları kullanılmaktadır. Bu havuzlarda tuzlu suyun altta, tatlı suyun üstte olması gerekmektedir. Farklı yoğunluktaki tuz konsantrasyonları bir gradyana neden olur. Solar ışınım havuzun dibinde direk olarak emilir. Sıcak ve tuzlu, tatlı sudan daha ağır olduğu için yükselemez ve tatlı suyu üzerinde taşır. Bu nedenle üst tabakadaki tatlı su yalıtkan görevi görür ve alt tarafta bulunan suyun sıcaklığının 90°C ye kadar yükselmesini sağlar. Güneş havuzlarının en önemli avantajı, gölet suyunun büyük bir termal ısı kütlesi gibi davranması ve gece-gündüz gerektiğinde elektrik üretiminde kullanılabilmesidir. Ancak bununla birlikte, izolasyonu ve uygun tuz gradyanını sağlamak için büyük miktarda tatlı suya ihtiyaç duyulduğu unutulmamalıdır [28].

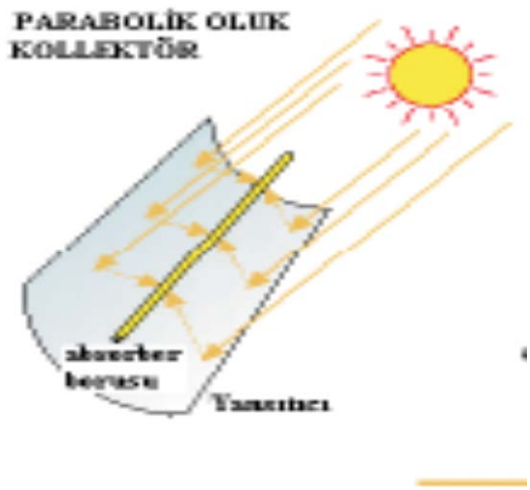
3.4.6. Termik sistemler

Güneş ışınlarını odaklayan büyük aynalar yardımı ile bir merkezde toplayarak ve o merkezdeki borular içinden geçirilen su veya sıvıların ısıtılması ile elde edilen borularda 100- 150°C ile buhar türbinlerinde 1500-2000°C sıcaklığa sahip su buharının buhar türbinlerinde elektrik enerjisine dönüştürülmesi prensibi ile çalışmaktadır. Buradaki buhar miktarı ve sıcaklığı tesis kapasitesi için önemlidir. Termik sistemlerde çoğunlukla su ile birlikte sıcaklığı koruması için erişim nitrat tuzu kullanılmaktadır [29].

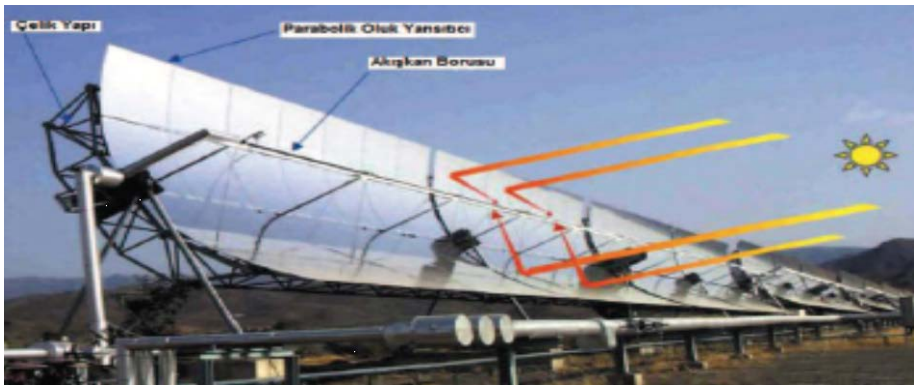
3.5. Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi

Güneşten ısıl yollarla ve PV sistemler aracılığıyla elektrik enerjisi elde etmek mümkündür. Güneş enerjisinden ısıl yoldan elektrik enerjisi üretimi ışınım odaklamalı sistemler ve ışınım yansıtmalı sistemler olarak iki yöntemle yapılmaktadır. Işınım odaklamalı sistemler, çizgisel (silindirik-CSP) ve noktasal odaklamalı sistemlerdir. Şekil 3.7'de, çizgisel odaklamalı sistemin prensip şeması, Şekil 3.8'de uygulaması görülmektedir. Noktasal odaklı sistemde, yüzeye gelen ışınım, Şekil 3.9'da görüldüğü gibi yüzeyin karşısındaki bir noktaya odaklanmaktadır. Şekil 3.10'da, noktasal odaklamalı sistem uygulaması görülmektedir. Işınım yansıtmalı sistemler, Şekil 3.12'de prensip şeması verilen Fresnel aynalı sistemlerdir. Fresnel aynalı sistemde, geniş yüzeye gelen ışınım, yüzeyin gerisindeki

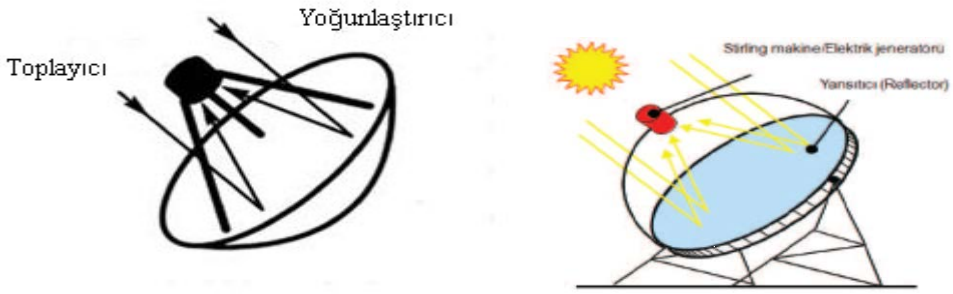
bir noktaya odaklanmaktadır. Böylece yüksek sıcaklık elde edilmektedir. Isıl sistemlerle güneşten elektrik enerjisi üretimi, günümüzde büyük kapasiteler için uygundur [28].



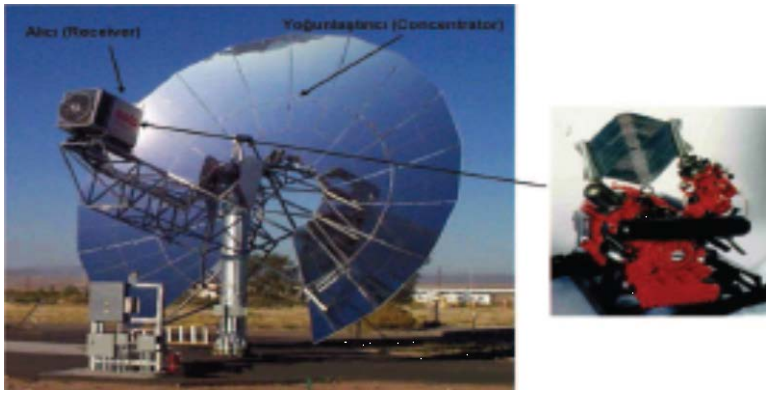
Şekil 3.7. Çizgi odaklamalı sistemin prensip şeması



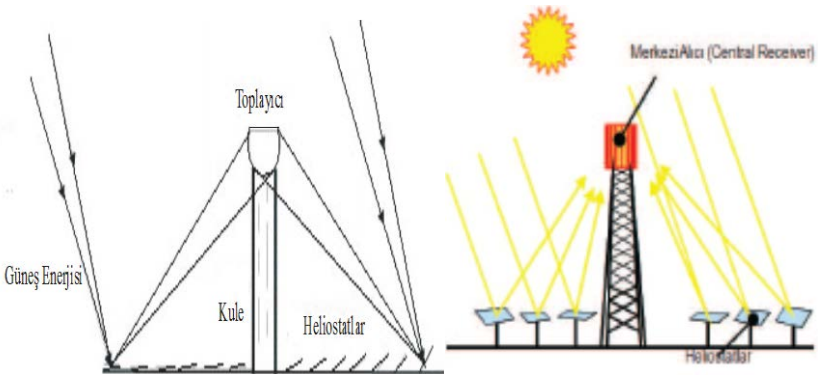
Şekil 3.8. Çizgi odaklamalı sistemin uygulaması



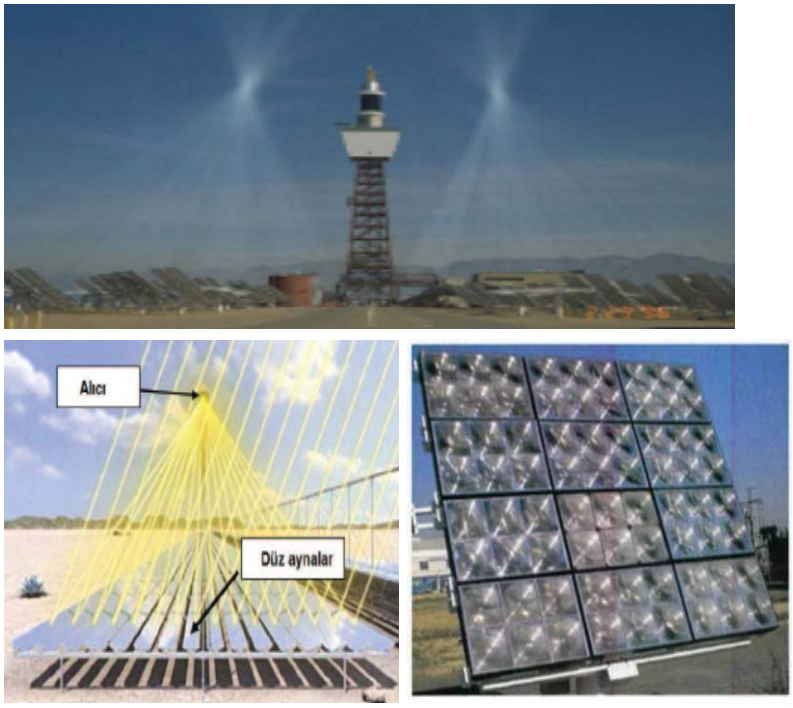
Şekil 3.9. Nokta odaklamalı yoğunlaştırma sistemin prensip şeması



Şekil 3.10. Nokta odaklamalı yoğunlaştırma sistemin uygulaması



Şekil 3.11. Noktasal Odaklamalı Kule sisteminin Prensip Şeması



Şekil 3.12. Fresnel Aynalı Sistemler

3.5.1. Fotovoltaik sistemler (pv) kullanılarak elektrik enerjisi üretimi

Güneş radyasyonundan elde edilen enerjiyi, Direkt Akımlı (DC) elektrik enerjisinden, küçük çapta kullanmak veya şebekeye vermek için Alternatif Akımlı (AC) elektrik enerjisine çeviren sistemlerdir. Bahçe Uygulaması, Çatı Uygulaması, Aydınlatma, Su Isıtma, Sulama, Elektrik Depolamalı Çatı Kiremidi Uygulamaları ve Şebeke Bağlantı Uygulamalarında kullanılan ve ilerde nano-teknojinin gelişimine bağlı olarak birçok elektronik eşyada kullanılacak olan bir teknolojidir. Bilim insanları termik santrallere göre daha düşük olan Elektrik Enerjisi Çevirim Oranını daha yüksek tutabilmek için çalışmalar yapmaktadır. ABD'deki bir üniversitede yapılan bir labavatuar çalışmasında, elektrik enerjisini % 80 oranında elektrik enerjisine çevirecek bir madde bulunduğu açıklanmış olup, üretimine 2012'den sonra başlanacağı haber kanallarından duyurulmuş ve uluslararası bilim dergilerinde yayınlanmıştır. Bu da, geleceğin güneş teknolojileri, güneş pilleri üzerine yoğunlaşacağını göstermektedir. Bu güneş pillerinin ham maddesini ise, Silis İçerikli Tekli ve Çoklu Kristalli Silikon, İnce Film Şeritleri, Kadmiyum Tellurit oluşturmaktadır [29]. Güneş pilleri (fotovoltaik diyotlar) üzerine ışınım geldiğinde, güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine çeviren cihazlardır. Pilin verdiği elektriğin kaynağı, yüzeyine gelen güneş enerjisidir. Günümüzde PV sistemlerden üretilen elektrik enerjisi, ısıl sistemlerden üretilene göre daha ucuz olduğu için, güneş elektriğinde PV sistemler ön plana geçmiştir. 2010 yılının sonu itibarıyla dünya genelinde toplam kurulu kapasite 67 400 MW'a ulaşmıştır. Bu miktar son yıllarda ortalama % 30 civarında büyüme göstermiştir. Bu sebepten dolayı son yıllarda PV üretimine büyük yatırımlar yapılmıştır.

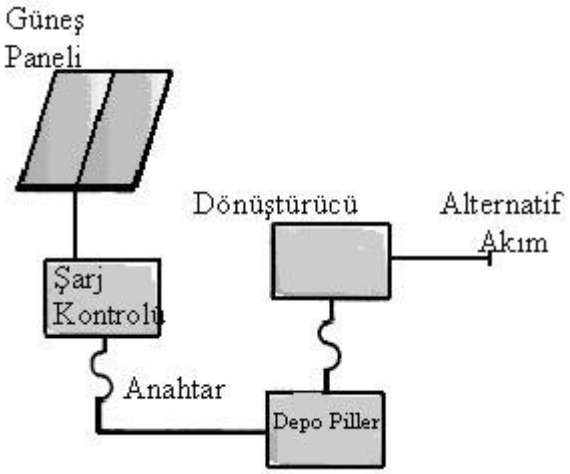
2008 yılında başlayan ekonomik kriz sebebiyle PV sistemlerde teşviklerin kalkmasından dolayı PV'lerin fiyatları hızla düşerek Watt başıma PV fiyatı 0,5 €'ya kadar inmiştir. En büyük kullanıcı ülkeler, Almanya, İspanya, İtalya ve ABD'dir. En fazla güneş pili üretimi Çin ve Tayvan'da gerçekleşmiştir. Güneş pilleri, zemine sabitlenebildiği gibi iki ya da üç eksende hareket ettirilebilmektedir. Güneş pillerinin daha iyi ışınım alması için hareket ettirilmesi verimini % 34'e kadar arttırabilmektedir. Güneş pilleri değişik tip ve özelliklere sahiptir. Üretim teknolojisine göre birinci, ikinci ve üçüncü nesil güneş pilleri olarak adlandırılmaktadır. Kullanılan güneş pillerinin % 83'ü birinci nesil silikon esaslı güneş pilleridir. Günümüzde güneş pillerinin ulaşılan en yüksek verim değeri % 43,5'dir. Türkiye'de 2012 yılı sonu itibarıyla tahminen 10 MW'lik kurulu güneş pili mevcuttur. Bu sistemler, genelde şebekeden bağımsız olarak çalışan, sinyalizasyon, aydınlatma, katodik

koruma, haberleşme gibi sistemlerdir. İlan edilen teşvikli fiyatlar ve 10 yıllık garantisiyle bugünlerde hızlı bir artış beklenmektedir. 29.12.2011 tarih ve 6094 sayılı YEK Kanunu ile 2013 yılının sonuna kadar bazı iller için lisanslı elektrik kapsamında belli kapasitelerde PV sistemlerinin toplam 600 MW'lik kurulumu öngörülmektedir. Yeni yasal düzenleme ile PV ve ısıl sistemlerin üretiminde yerli malzemeler kullanıldığında 13,3 $/kW olarak ilan edilen fiyatın, 20 $/kW'a kadar yükseltilmesi söz konusudur [26].

PV' ler ya da solar hücreler direk olarak güneş ışığını elektriğe çevirirler. Fotonlar, silikon gibi bazı yarı iletken materyallere çarptığı zaman, özel olarak üretilmiş ön ya da arka yüzey arasında potansiyel farkı meydana getirmesi için elektronları açığa çıkarırlar. Gerilim oluşturması için hücreler bir panel üzerinde bir araya getirilmiştir. En gelişmiş foton üretim teknolojisi solar hücrelerin yarı iletkenler üzerinde PV etkilerinin nasıl olduğunu uygulamak için kullanılır. Solar hücreler sahip oldukları büyük potansiyel yüzünden yeni enerji teknolojisinde standart taşıyıcılardır. Enerji üreten sistemlerin başarıları, solar hücreler de dâhil, maliyeti ne kadar düşürdüklerine bağlı olarak değişir. Bu sistemlerin, hem depolama aygıtı olarak, hem de geleneksel tesislere ek olarak kullanılabilme özelliğine bir arada sahip olmaları gerekmektedir. Yüksek maliyetleri yüzünden enerji üretme sistemlerinde hala pratik olarak kullanılamamaktadırlar. Merkezi güneş üretim tesisleri deneysel gelişmelere ve büyük alanlara ihtiyaç duymaktadır. Güneş ışınımından, mevcut teknolojiyle $10m^2$'lik bir PV panelinden 1 kW'lık elektrik üretilebilmektedir. Bu durum, nükleer güç sistemleri için düşünüldüğünde yüzlerce kilometrekarelik güneş panellerine ihtiyaç duyulduğu anlamına gelmektedir. Örneğin, küresel anlamdaki enerjiyi karşılamak için yaklaşık 220 000 km^2'lik bir alana ihtiyaç duyulmaktadır. Bazı bilim adamları, uzaya uydular yerleştirerek, güneş ışınlarını mikrodalgalar halinde yeryüzüne indirip elektriğe dönüştürerek bu alanın % 75 oranında azalacağını söylemektedirler. Şu anda, araştırmacılar için güneş hücreleri hem fiyat hem de verimlilik açısından daha makul durumdadır. Ne yazık ki, yüksek maliyet ve düşük verimlilik birbirini dışlayıp negatif şekilde etkilemektedir. Fotovoltaik piller farklı yarı iletken malzemelerin iki ince tabakası arasında (pozitif p ve negatif n) bir kavşak görevi görmektedir. Bir ışık fotonu bir elektron saçağı tarafından emildiğinde, elektronun enerjisi fotonunun enerji miktarını arttırır. Eğer foton enerjisi, yarı iletken bant arasındaki enerjiye eşit veya fazla ise, fazla enerji elektronun serbest olarak hareket etmesine ya da elektronun sıçramasına neden olacaktır. Ancak, elektron enerjisi sıçrayamıyorsa da serbest hareketi yeterli miktarda değilse, bu enerji sıcaklığın artması için kinetik enerjiye dönüşür. Şekil 3.13'te fotovoltaik pillerin şematik olarak gösterimi sağlanmaktadır.

PV paneller katı halde bulunduklarından ve sağlam yapılarından dolayı uzun yıllar kullanılabilir. Yaygın olarak kullanılan, kristalin ve polikristalin tipteki güneş pilleridir. Verimlilikleri artarken maliyetleri düşme eğilimindedir. Fotovoltaik melez güneş panelleri (PV/T) soğutma amacıyla birkaç adet PV tipi güneş panellerinin bir araya getirilmesiyle oluşur. Bu durum hem elektriksel enerjinin hem de termal enerjinin aynı anda üretimine izin verir. Güneş hücrelerinin düşük sıcaklıklarda çalışması sayesinde, elektrik dönüşüm verimliliği, ısıtma amacıyla kullanılabilecek termal enerji üretiminde artış olduğu gözlenmektedir. Fotovoltaik Pillerin üretiminde diğer maddeler de kullanılabilir ancak, genellikle silikon maddeler ile üretilmektedirler. N-tipi yarı iletken maddeler (genellikle fosfor), silikonu kristalize etmek için, serbest haldeki elektronun enerji üretimine p-tipi yarı iletken maddelere (genellikle boron) oranla daha fazla katkıda bulunduğu için daha çok kullanılmaktadır.

Son yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretimi, küresel talep ve güç kaynağı arasında bir köprü görevi görmüştür. Fotovoltaik piller kullanılarak enerji eldesi olumlu koşullar sunmasıyla beraber en umut verici olanı gibi görünmektedir. Son 25 yıl içerisindeki kapsamlı araştırmalar maliyetin azaltılmasına ve yüksek verimin elde edilmesini olanak sağlamıştır. Kompleks fotovoltaik piller kullanılarak güneş enerjisinden elektrik eldesi ilk olarak 1950'li yıllarda ortaya çıkmıştır. Fotovoltaik pillerin son 5 yıl içerisinde gelişim göstererek elektrik üretimine katkı sunmasıyla, bu pillerin prototipinin gelişmesi % 14 oranında arttırmıştır. Fotovoltaik pillerin maliyetinde büyük oranda düşüş olmasına rağmen, hala fosil yakıtlardan 4 ila 6 kat daha pahalı konumdadır. Bu cihazlar evlerde zaten ekonomik olarak büyük katkı sunmaktadır. Bu teknolojinin kırsal alanlarda, doğal bitki örtüsü bulunan mesafelerden uzak, ekonomik anlamda kullanılabilen bir enerji kaynağı olması beklenmektedir. Örneğin çöl alanları güneş enerjisinden enerji üretmek için en uygun alanlardır. Belki günün birinde gelecekte bir gün çöl alanları bugün nükleer güç eldesi için kullanılan kömür ve diğer fosil yakıtların yerine kullanılan alanlar olabilir [28,25,33].



Şekil 3.13. Fotovoltaik pillerin şematik gösterimi

Kollektör verimine etki eden faktörler:

- Güneş Işınımı Şiddeti
- Çevre Sıcaklığı
- Rüzgâr Hızı
- Kollektörün Konstrüksiyonu
- Saydam Örtü (Cam) Özellikleri
- Yutucu Yüzeyin Işınım Yutma ve Yayma Değerleri
- Yutucu Yüzeyin Kalınlığı ve Isı İletkenliği
- Yalıtım Malzemesinin Cinsi, Kalınlığı ve Isı İletkenliği
- Sıvı kollektörlerinde panel performansını etkileyecek önemli hususlar şunlardır:
- Akışın dengelenmesi
- Emici plaka ile ısı akış kanallarının entegrasyonu
- Emici plakanın ön yüzünü düzgün yapmak
- Korozyondan korunma
- Konstrüksiyonun fazla kaynak işlemi gerektirmeyecek biçimde olması [27].

3.5.2. PV/T hibrit kollektörler

Fotovoltaik ve termal su ısıtma kollektörünün birleştirilmiş halidir. Güneş pilleri, güneşten gelen enerjinin yaklaşık % 15'ni elektrik enerjisine dönüştürebilirler, kalan enerjinin büyük bir kısmı ısı enerjisine dönüşerek güneş pilinin ısınmasına neden olur. Güneş pilindeki her 1°C sıcaklık artışı elektrik üretimini % 0,45 düşürmektedir. Güneş pillerinin ideal çalışma sıcaklığı 25°C olarak hesaplanırken (sıcaklığın daha da düşük olması verimi

artırmaktadır), ortam sıcaklığı 25°C olan bir bölgede çalışan güneş pili 45°C'ye çıkmaktadır (güneş pilinin sıcaklığı; ortam sıcaklığına, nem ve rüzgâr miktarına bağlıdır). Bu durum karşısında güneş pillerinin kazandığı bu ısıdan faydalanmak ve güneş pilini soğutmak amacı ile hibrit sistemler geliştirilmiştir. Bu sayede hem elektrik, hem de sıcak su/hava sağlanmış olur. Bir yandan güneş pilinin soğutulması ile verim artışı sağlanırken, diğer yandan ısı enerjisi kullanılabilir bir hal alır. Fotovoltaik modülün altına bütünleşmiş su veya hava kanalları ile modül soğutulur. Su kanalları ile bütünleşik panellerde bulunan suyun, pompa yardımı ile sirkülâsyonu yapılır (zorlanmış dolaşımlı). Hava kanalları bütünleşik sistemlerde ise ısıtılan havanın enerjisi, enerji transfer ünitesi ile suya aktarılır ve ısıtılan hava doğrudan iç ısıtmada kullanılır. Modül sıcaklığını azaltarak, artan elektrik eldesi ve aşırı ısınmadan dolayı meydana gelebilecek olası hataları önleme (Ortam sıcaklığı 20°C olan bir bölgede, 50°C'ye ulaşmış bir güneş pili % 15 verimsiz çalışır). Fiyat olarak normal fotovoltaik sistemlerden % 25 daha maliyetlidir fakat kendilerini kısa süre içerisinde amorti edebilir. Fotovoltaik termal kollektörler su ve hava ısıtma olarak iki tipte imal edilirler[27].

3.6. Güneş Enerjisi ile Proses Buhar Üretimi Uygulamaları

Güneş enerjili ısıl sistemler, güneş enerjisini birincil enerji kaynağı olarak kullanan Rankine çevrimine dayalıdır. Güneş santrali, parabolik kollektörlerden oluşur. Güneşi iki boyutlu olarak takip eden yansıtıcı yüzeyler ile güneş ışınlarını odaklayarak, çelik boru üzerinde yoğunlaştıran kollektörler, kolonlar üzerine kurulmuş olup, esnek hortumlarla birbirlerine bağlanmışlardır. Verimi arttırmak ve ısı kaybını en aza indirmek için, alıcı yüzey olarak kullanılan ve özel bir maddeyle kaplı olan bu çelik boru, içi vakumlanmış bir cam tüp içine yerleştirilmiştir. Boruların içinden geçirilen ısı transfer akışkanı (sentetik yağ), 380°C civarına kadar ısıtılmakta ve sistem boyunca dolaştırılarak türbin jeneratörü için gerekli buharı üretmektedir.

Yüksek performanslı parabolik oluk tipi kollektörleriyle sağlanan 180°C sıcaklıkta ve 12 atm. basınçta kızgın suyun ısıtıcı akışkan olarak kullanıldığı buhar jeneratöründen elde edilen buharın kullanılabileceği uygulamalar aşağıda sıralanmıştır [18, 30].

- Kullanım amacıyla sıcak su elde edilmesi,
- Yüzme havuzunun ısıtılması,
- Mahal ısıtması, özellikle düşük sıcaklıkların yeterli olduğu yerden ısıtma sistemleri kullanılarak daha yüksek performansla yapılabilir. Ancak sadece mahal ısıtması yapılması, ısıtma ihtiyacının arttığı durumda güneş ışınımının azalması ve bunun sonucunda fazla miktarda kollektör alanı gerektirmesi sebebiyle ekonomik değildir. Mahal ısıtması kombine sistemlerde yük dağılımının tüm yıla yayılması amacıyla kullanıldığı zaman, kurulan sistemden tüm yıl boyunca birçok farklı uygulamada faydalanılması sebebiyle ekonomik olabilir.
- Endüstriyel tesisler için yüksek kalite ve sıcaklıktaki proses buhar, sisteminin başlıca uygulamalardır. Proses buhar;
- Endüstriyel mutfak ve çamaşırhanelerin yanı sıra, turistik tesislerin mutfak ve çamaşır hanelerindeki buhar ihtiyacının sağlanması,
- Kurutulmuş gıda üretiminde ve gıdaların temizlenmesinde,
- Metalürji ve kimyasal işlemlerde,
- Büyük et kombinaları ve pişirilmiş gıda üretim tesislerinde, gıdaların ön pişirilmesinde,
- Tuğla ve gaz beton yapı malzemelerinin fırınlanması ve kurutulmasında,
- Tekstil sektöründe boyahanelerin kurutma fırınında ve birçok uygulamada kullanılabilir. Ayrıca yüksek kaliteli buhar ile elektrik elde edilebilmektedir. ABD'de bu amaçla kurulmuş birçok tesis bulunmaktadır.

Güneş enerjisi ile elektrik üretiminin suyun bulunmadığı ancak güneş ışınımının kuvvetli olduğu çöl ve çöl benzeri, arazi değerinin düşük olduğu kurak alanlarda uygulanabilirliği yüksektir.

Türkiye'de Konya Ovası'nın çorak bölümleri bu amaca en uygun alanlardır [18].

3.7. Güneş Enerjisi ile Soğurmalı Soğutma Sistemi Uygulamaları

Güneş Enerji kollektörleri güneş enerjisini çeşitli bileşenlerle konfigüre edip, ısı transferinin konveksiyon yoluyla yayılmasını sağlayarak, güneş enerjisini depolamak için kullanılan güneş enerjisi sistemlerinin en önemli bileşenleridir. Bu kollektörler çok sıcak suyun üretiminde kullanıldığı gibi soğutma sistemleri için de kullanılabilirler.
Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de sıcak su üretimi vb. için bu sistemler

kullanılmaktadır. Güneş enerjisiyle soğutma sistemleri genellikle termal güneş kollektörleri, ısı depolama biçimi, termal olarak tahrik edilen soğutma cihazı, dağıtım sistemi ve bir back-up sistemiyle oluşmaktadır. LiBr su emme döngüsü çifti, LiBr (emici) ve su (soğutucu) sıvılarından oluşur. Suyu buharlaştırmak ve çözeltiden LiBr'u ayırmak için kullanılan ısı jeneratörden temin edilir. Buhar kondansatör içinde soğutulur ve LiBr düşük soğutma içeriğine sahip bir çözelti olarak emiciye nakledilirken daha sonra buharlaştırıcıya geçer [32, 34].

Soğurmalı soğutma çevrimleri, birincil (soğutucu) ve ikincil (emici) akışkan olarak adlandırılan, iki farklı akışkandan meydana gelen çevrim akışkanı (iş akışkanı çözeltisi) ve ısı enerjisi ile çalışan sistemlerdir. Buharlaştırıcıda buharlaşan akışkan birincil akışkan olup, soğutucu görevi yapmaktadır, bu akışkanın çevrimi gerçekleştirebilmesi için ikinci bir akışkan tarafından emilmesi (absorbe edilmesi) gerekir. Soğurmalı soğutma sistemleri, ayıraçlarına sağlanan ısı girdisiyle çalışırlar. Bu çoğunlukla, tek etkili sistemlerde 80-130°C sıcak/kızgın su veya maksimum 1 atm'deki düşük basınçlı buhardır. Bu tip sistemlerin soğutma etkinlik katsayı değeri 0,7'yi aşmamakta olup, ancak tesiste ısı girdisi için yeterli atık ısı varsa ekonomik olabilmektedir. Günümüzde atık ısı olarak, doğal yer altı sıcak su kaynakları ve son zamanlarda da imalat ve proseslerin sonucu veya kojenerasyon sistemlerinin çıktısı olan, egzoz gazları ve ceket soğutma suyu ile bir eşanjörde üretilen kızgın su kullanılmaktadır. Dolayısıyla sadece soğutma yapmak amacıyla turistik tesis veya endüstriyel tesislerde soğurmalı soğutma gruplarının kullanımı, yüksek ilk yatırım maliyeti ve yakıt ile üretilecek kızgın su ve buharın yüksek işletme maliyeti sebebiyle tercih edilmemektedir [18].

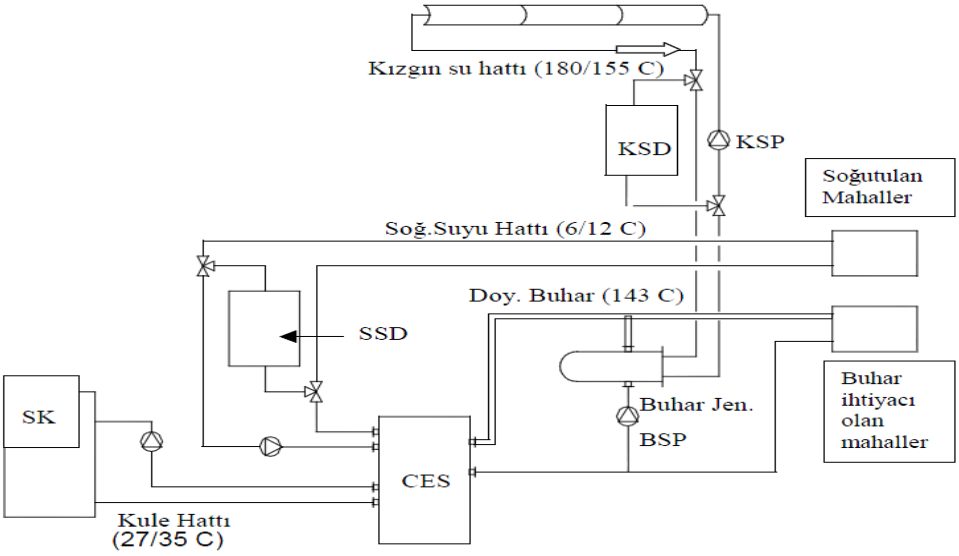
Hesaplamalar, atık ısı yerine, yenilenebilir enerji kaynağı olan güneş enerjisi destekli soğurmalı soğutma sistemlerinin, ısıtma ve soğutmada güneş enerjisinden yararlanılmasını mümkün kılabileceğini göstermektedir. Özellikle soğutma uygulamalarında, soğutma ihtiyacındaki artışın güneş ışınımının artışı ile aynı doğrultuda olması sebebiyle, uygun sistemlerin kurulması güneş enerjisi ile soğutma yapılmasını ekonomik yapacaktır. Nitekim Amerika, İspanya, Kuzey Afrika, Orta Doğu gibi ülkelerde birden fazla parabolik sistemin bir arada kullanımıyla güç tesisleri kullanımı yaygınlaşmaktadır [18, 35].

Ancak gerek literatürde yer alan araştırmalarda ve gerekse ticari olarak yapılan uygulamalarda, enerji toplayıcı olarak düz güneş kollektörleri kullanılmıştır. Bu

kollektörlerde elde edilen su, sıcaklığı en iyi teknolojiler kullanılsa da 120°C'yi geçememekte ve ancak COP değeri düşük tek etkili soğurmalı soğutma grupları çalıştırılabilmektedir. Sistemin ekonomik olması için tüm sistem performansının yükseltilmesi gerekli olup, ısı depolama yapılması, ısıl kayıpların azaltılması, kollektör ve kollektör alanlarının doğru boyutlandırılması gereklidir.

Güneş enerjisiyle elektrik üreterek, mekanik soğutma yapılması da mümkündür. Ancak soğurmalı soğutma sistemleriyle karşılaştırıldığında kesinlikle ekonomik değildir. Güneş enerjisi yatırımlarının ilk yatırım maliyeti çok yüksektir. İşletme giderleri diğer konvansiyonel sistemlere göre az olmasına rağmen COP değeri düşük cihazlarla istenilen soğutma ihtiyacını karşılamak için büyük kapasiteli cihazlar seçilmeli ve bu da güneş kollektörü miktarının ve ilk yatırım maliyetinin artmasına sebep olmaktadır. Dolayısıyla sistemi ekonomik yapabilmek için, öncelikle COP değerinin yükseltilmesi gereklidir. Bu konuda son yıllarda yapılan çalışmalar sonucu imal edilen çift etkili soğurmalı soğutma gruplarıyla COP değeri 1,4'e kadar çıkmaktadır. Bu da gereksinim duyulan ayrıştırma ısıl kapasitesinin, yarıya düşürülebilmesini ve buna bağlı olarak toplayıcı alanının da yarıya düşürülerek, ilk yatırım maliyetinin yaklaşık olarak % 50 oranında azalmasını sağlamaktadır. Ancak çift etkili soğurmalı soğutma gruplarının ayıracına sağlanan ısı girdisinin yüksek sıcaklıkta ve basınçta (4-8 atm), buhar olması gerekmektedir. 4 atm'de doymuş buhar sıcaklığının yaklaşık olarak 143°C olması, bu sıcaklıkta buharı üretmek için daha yüksek sıcaklıkta buhar veya kızgın suyun temin edilmesi ihtiyacını doğurmaktadır. Günümüzde yaygın olarak kullanılan düz güneş kollektörleri ile maksimum 110-120°C kızgın su elde edilebildiğinden, daha yüksek sıcaklıklara çıkabilmek için yoğunlaştırıcı güneş kollektörlerine ihtiyaç duyulmuştur.

Tasarımı ve prototip imalatı yapılan parabolik oluk tipi güneş kollektörleri ile 12 atm. 180 °C'de kızgın su elde edilebilmektedir. Dolayısıyla elde edilen bu özelliklerdeki kızgın su ile bir buhar jeneratöründe 143°C doymuş buhar rahatlıkla elde edilebilir. Bu konuda yapılan ön çalışmalarda, uygun kızgın su ve buhar debilerinde, kızgın su devresinin 180/155°C, buhar devresinin ise 143/95°C olarak çalışabileceği görülmüştür. Güneş enerjisiyle üretilen kızgın su kullanılarak elde edilen 143°C doymuş buhar çift etkili LiBr-H_2O soğurmalı Soğutma sisteminin ayıracına ısı girdisi olarak verilir. Böylelikle tahrik edilen soğurmalı soğutma sistemi, gereksinim duyulan soğutma ihtiyacını karşılar. Güneş enerjisiyle çalıştırılan bir soğurmalı soğutma sistemi ve gerekli donanımların işletme akış şeması Şekil 3.14'te verilmiştir [18].



Şekil 3.14. Güneş enerjisiyle çalıştırılan bir soğurmalı soğutma sistemi ve ekipmanların işletme akış şeması.

(POT: parabolik oluk tipi güneş kollektörü, KSD: kızgın su deposu, KSP: kızgın su pompası, SSD: soğutma suyu deposu, SK: soğutma kulesi, ÇES: çift etkili soğutma grubu, BSP: besi suyu pompası) [18].

Güneş enerjisi destekli soğutma uygulamalarında bugüne kadar farklı tiplerde kollektörler kullanılmıştır. Bunlar düz ve vakum tüplü kollektörlerle çalıştırılan absorbsiyonlu (soğurmalı) ve adsorbsiyonlu soğutma makineleridir. Yaygın olarak kullanılmakta olan tek etkili soğurmalı soğutma makineleri, genelde düz kollektörlerle tahrik edilmektedir. Düz kollektörlerle ulaşılabilen sıcaklıklar 80-110°C arasında olup, sıcaklık yükseldikçe kollektör verimi azalmaktadır. Yapılan pazar araştırmalarında 80°C'nin altındaki sıcaklıklarda tahrik edilen tek etkili soğurmalı soğutma makinelerinin kabul edilebilir yatırım maliyetlerine sahip olmadığı görülmüştür. Bu nedenle soğutma uygulamalarında düz kollektörlerin kullanımı yaygınlaşmamıştır. Vakum tüplü kollektörler ise parabolik oluk tiplerle kıyaslandığında çok pahalı olması sebebiyle yatırım maliyetini yükseltmekte ve parabolik oluk tipi kollektörlerin ulaştığı sıcaklıklara ulaşamamaktadır [18].

4. TÜRKİYE'DE GÜNEŞ ENERJİSİ VE ENERJİ SİSTEMLERİNE UYARLANMASI

Yapılan çalışmada temel olarak iki amaç üzerinde durulmuştur. Bunlardan ilki, özgün bir güneş enerjisi potansiyeli atlasının oluşturulmaya çalışılması, diğeri ise belirli bir bölgede sıcak su ve kızgın buhar temini için gerekli kollektör adedinin hesaplanmasıdır. Güneş enerjisi potansiyeli atlası oluşturulurken seçilen adımlar ve bu atlasın oluşturulmasının nedeni aşağıdaki başlıklarda açıklanmıştır.

4.1. Özgün Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlasının Oluşturulması

Daha önce EİE tarafından oluşturulan GEPA'da belirli bölgelerde görülen eksik veya hatalı veriler tespit edilip bunların nedenleri bu çalışmada incelenmiştir. Çalışmada güneş enerjisinin aktif olarak kullanılması amaç edinildiğinden, seçili bölgedeki güneş ışınım şiddeti değerinin doğruluğu önem taşımaktadır. Güneş enerjisini ısı enerjisine çeviren kollektör sayısının hesaplanmasında ışınım şiddeti değerlerinin doğruluğunun kollektör sayısını etkilemesinin yanı sıra maliyet üzerinde de farklı sonuçlar elde edilmesinden dolayı, çalışmada belirlenen bir yöntemle özgün bir güneş enerjisi potansiyel atlası oluşturulmasına karar verilmiştir. Sonuç olarak yeni bir güneş ışınım şiddeti haritası elde edilmiştir. Her ay için ayrı ayrı yapılan bu haritalar EK-3'te verilmiştir.

4.1.1. Seçilen yöntemin belirlenmesi

Mevcut kaynaklardaki güneş enerji potansiyeli atlasları, özellikle Türkiye için en son EİE tarafından oluşturulan GEPA incelenmiş, görülen eksiklikler ve hatalar bu çalışmada giderilmeye çalışılmıştır. Daha önce yapılan çalışmalardan farklı olarak, güneş enerjisi potansiyeli hesaplama işlemi bu çalışmada farklı bir yaklaşımla yapılmaya çalışılmıştır. Seçilen yöntem belirlenirken, veri seçimine, verilerin alındığı istasyon tipine, verilerin ölçüldüğü aletlerin çalışma prensibine dikkat edilmiştir. Özellikle istasyon verileri ve bu değerlerin kayda geçirilme tekniğinin bilinmesi bu noktada önem kazanmaktadır. Ayrıca, istasyon veri tipinin belirlenmesinde, seçilen istasyondaki gözlemlerin nasıl yapıldığı, istasyon konumunun çeşitli nedenlerle değişip değişmediği, uluslararası çalışmalarda bu verilerin tutarlılığının kabul edilip edilmediği gibi özellikler araştırılmış, bu özellikleri

barındırmayan istasyon verilerine çalışmada yer verilmemiştir. Örneğin, ECMWF'in kendi model çalışmalarına dâhil etmediği istasyonlar ve istasyonların ölçümleri bu çalışmada da yer almamaktadır. Çalışmada yer alan istasyonlar, 45 uluslararası kodlarıyla, enlem ve boylamları ile beraber EK-1 ve EK-2'de verilmiştir. Özgün güneş enerjisi potansiyeli atlasının oluşturulmasının nedeni çalışmada kullanılacak olan hesap ve yöntemlerde güneş ışınım şiddeti değerlerinden yararlanabilmektir. Ayrıca, çalışmada daha önce oluşturulan güneş enerjisi potansiyeli atlaslarıyla karşılaştırma yapılmış, böylece çalışmanın verifikasyonu sağlanmıştır. Güneş enerjisi potansiyeli atlası oluşturulurken seçilen istasyonların ve veri setlerinin nesnelliğinin önemi üzerinde durulmuştur. Bu çalışmada, güneş atlasının oluşturulması işleminde global güneşlenme radyasyonunu ölçen aletlerden biri olan Aktinografın ölçüm değerleri kullanılmıştır. Bunun nedeni, Aktinograf aletinin gün içerisindeki bulutluluk, hava kirliliği, gölgelenme vb. gibi ışınım şiddetini etkileyecek faktörleri dikkate alarak günün sonunda kümülatif sayısal bir ölçüm değerini kayda geçirmesidir. Buna karşın, güneş ışınım şiddetini ölçen diğer bir alet olan Piranometre ise bu faktörleri dikkate almadan gün sonunda o günkü en yüksek ışınım şiddeti değerini kayda geçirmektedir. Bu yüzden, çalışmada daha doğru sonuçlar vereceği düşünülen Aktinograf ölçüm verileri tercih edilmiştir.

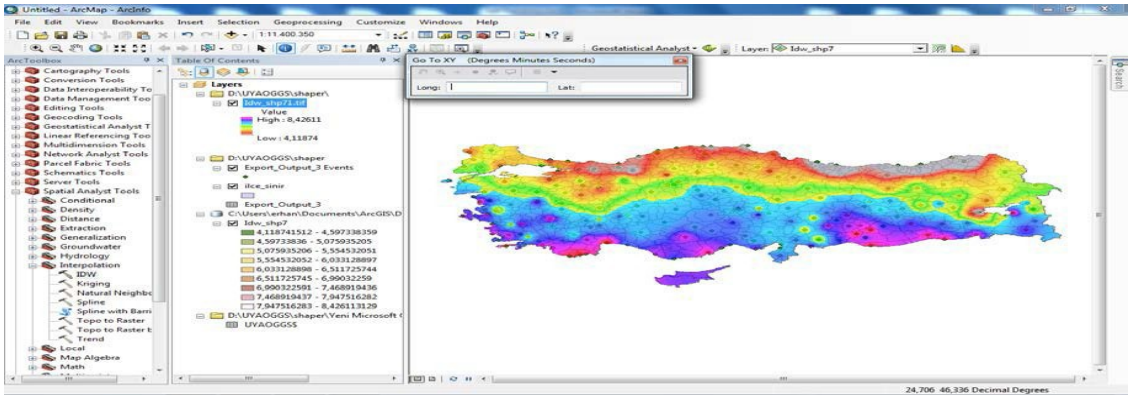
4.1.2. Verilerin toplanması

Çalışmaya dahil edilen yıl aralığı 1990-2006 periyodunu kapsamaktadır. 2006 yılından sonraki verilerin alınmamasının nedeni ise MGM'nin 2006'dan sonra Samsun-Hatay hattının batısına otomatik istasyon kurduğu için manüel rasatları sonlandırmış olmasıdır. Ancak, bu hattın doğusunda kalan istasyonlarda hala manüel rasatlar devam etmektedir. İlerleyen yıllarda hem otomatik istasyon hem de manüel rasatların veri arşivlerinde kayıtlı olmasının tutarsızlığa neden olacağı düşünüldüğünden 2006'dan sonraki ölçüm verileri çalışmaya dâhil edilmemiştir. Türkiye'nin sahip olduğu güneş enerji potansiyelini belirlemek için MGM' den alınan veriler uzun yıllar günlük ortalama haline getirilmiştir. Daha sonra, ArcGIS programı yardımıyla, özgün bir güneş enerjisi potansiyeli atlası oluşturularak, güneşlenme ışınım şiddeti ve güneşlenme süresi verileri görsel hale getirilmiştir. Her ay için farklı olarak elde edilen güneşlenme şiddeti haritaları EK-3'te verilmiştir.

4.1.3. Verilerin görsel hale getirilmesi

ArcGIS, coğrafi bilgi ve harita ile çalışan bir yazılım türüdür. Sayısal verilerin kullanılarak harita oluşturulması ve bu haritalardan Coğrafi Bilgi Sistemi'nde depolanan veriler üzerinde konuma dayalı bilgi verebilmek için coğrafi verinin sorgulanması, görüntülenmesi ve analizler ile sorgulama yapma imkânı sağlayan hem çevrimiçi hem de çevrimdışı çalışmayı sağlayan bir yazılım türüdür. Konumsal analiz işlemlerinde, mevcut girdilerden yararlanılarak, yeni bilgi kümeleri üretilir. Verilerin hassasiyeti raster verilerde pixel boyutuyla orantılı olduğu için hassas çalışmalarda veri kayıplarına neden olabilir. Vektörel veri formatında grafik objeleri tanımlayan öznitelik bilgilerine ulaşma ve güncelleme daha kolaydır. ArcGIS, Coğrafi Bilgi Sistemi konusunda, masaüstü, server, web kullanıcıları ve arazi çalışanları için ölçeklendirilebilir bir yapı sunmaktadır. (Şekil 4.1) Coğrafi Bilgi Sistemi kullanıcılarının, coğrafi veriyi kullandıkları, yönettikleri ve yayınladıkları birincil platformdur. Bu platformda kullanıcılar, haritalama, veri yayınlama, analiz, veri tabanı yönetimi ve coğrafi bilginin paylaşımı gibi sınırsız işlemi bir arada gerçekleştirebilmektedirler. ArcGIS Desktop yazılımları ArcMap, ArcCatalog, ArcGlobe, ArcScene, ArcToolbox ve Model Builder gibi uygulama ve ara yüzlere sahiptir. ArcMap, mevcut grafik ve sözel verilerin görüntülenmesi, güncellenmesi, sorgulanması, analiz edilmesi, grafiklerinin oluşturulması ve raporlanması işlevleri ile kullanıcıya, yüksek kalitede kartografik sunumlar sağlamaktadır.

Yapılan çalışmada istasyon ölçümlerinin bulunmadığı bölgelerde güneş ışınım şiddetinin belirlenebilmesi için interpolasyon yöntemlerinden yararlanılmıştır. Çalışmada iki yöntem üzerinde araştırılma yapılmış, daha iyi sonuçlar verebileceği için Kriging İnterpolasyon yöntemi seçilmiştir. Bu yöntemler ile elde edilen haritanın ArcGIS programı içerisindeki ara yüzü Şekil 4.1'de verilmiştir. Şekildeki mor renkler en yüksek güneşlenme süresi değerlerini gösterirken, gri tonlar düşük değerleri göstermektedir.



Şekil 4.1. UYAOGGS ArcGIS programı ara yüzü gösterimi

Antalya ve çevresi, Mersin ve Karaman çevreleri ile Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin güney ve batı kesimlerindeki güneşlenme süresinin Türkiye'nin en yüksek değerlere sahip olduğu, Doğu Karadeniz kıyı kesiminin ise en düşük değerlere sahip olduğu Şekil 4.1'de anlaşılmaktadır.

4.1.4. Ters mesafe yöntemi (IDW)

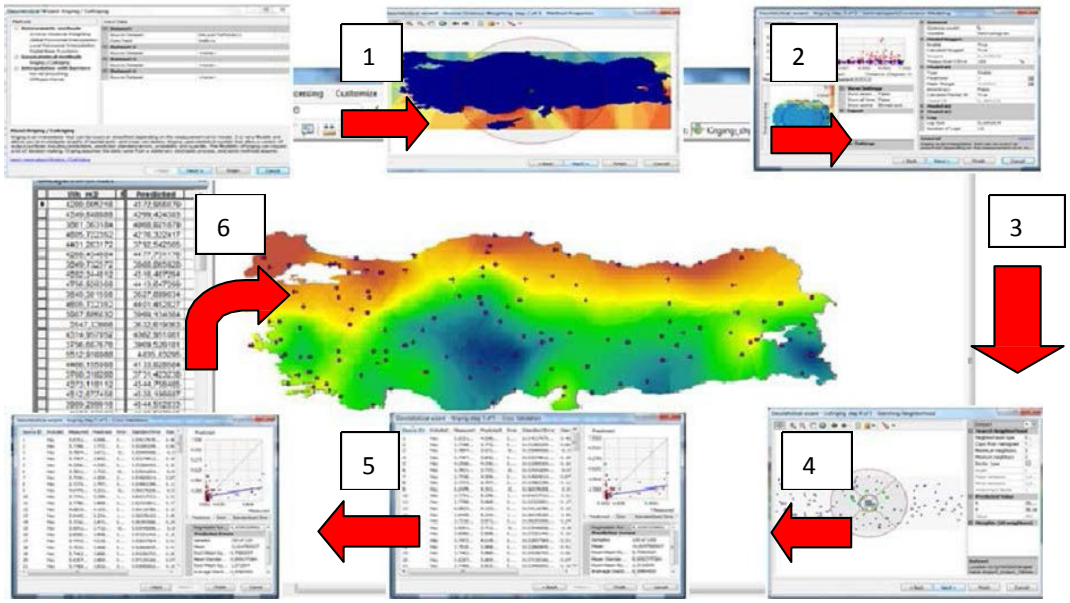
IDW interpolasyonu, bir noktadan uzaklaştıkça yakına nazaran benzer özelliklerin azalacağı varsayımından yola çıkar. Ölçümü olmayan herhangi bir yer için değer öngörürken IDW öngörülecek yeri çevreleyen yerlerin bilgisini kullanır. Bu ölçülmüş değerler öngörüsü yapılacak yere en yakın değerler olup, öngörüsü yapılan yeri daha uzak yerlere göre daha çok etkiler. Böylece, IDW ölçülmüş her bir noktanın uzaklıkla azalan lokal bir etkisi olduğunu varsaymaktadır. Öngörüsü yapılacak olan yere daha yakın olan noktaların ağırlıkları daha uzak olan noktalara göre daha fazladır. IDW yöntemi de topografik etkileri göz önüne almaz [36].

4.1.5. Kriging yöntemi

Seçilen bir bölgede istasyon bulunmaması durumunda bu bölgedeki güneş ışınım şiddeti ve güneşlenme süresi değerleri hakkında bilgi sahibi olabilmek için interpolasyon yöntemine başvurulmuştur.

Kriging interpolasyon yöntemi, bilinen yakın noktalardan alınan verileri kullanarak, diğer noktalardaki verilerin optimum değerlerini kestiren bir interpolasyon yöntemidir. Bu yöntemin ArcGIS programı içerisindeki aşamaları Şekil 4.2'de verilmiştir. Kriging

interpolasyon, yarıvaryogram yapısal özellikleri kullanarak örneklenmiş noktalardaki konumsal değişikliklerin yansız tahmininin en uygun şekilde yapıldığı bir tekniktir. Kriging interpolasyonu diğer yöntemlerden ayıran önemli bir özelliği, tahmin edilen her bir nokta veya alan için bir varyans değerinin hesaplanabilmesidir ki bu tahmin edilen değerin güven derecesinin bir ölçüsüdür. Kriging uzay bilgisinin kaybolmasına izin vermeyen bir jeoistatistiksel yöntemdir. Yukarıda adı geçen yöntemlere göre daha zor olmasına rağmen özellikle düşük yoğunluklu ve düzensiz dağılmış istasyon ağlarından elde edilen veriler için oldukça uygundur. Nitekim Kriging pek çok araştırmacı tarafından tercih edilen bir yöntemdir [37-40, 42-44].



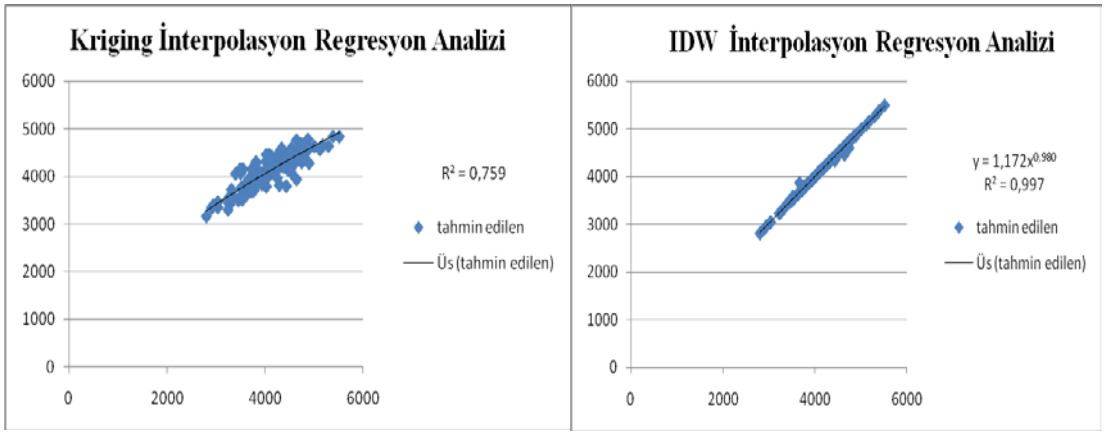
Şekil 4.2. ArcGIS programıyla interpolasyon yöntemi aşamaları

Ölçülmüş istasyon verilerinin bulunmadığı noktalardaki ışınım şiddeti verisi hakkında bilgi sahibi olmak için mevcut verilerden Kriging interpolasyon ve Lineer interpolasyon yöntemi kullanılarak bu bölgelere değerler atanmıştır. Kriging ve IDW interpolasyon yöntemlerinin regresyon analizi sonuçları Çizelge 4.1'de de görüldüğü gibi ayrıca karşılaştırılmış, regresyon katsayısının daha uygun olduğu Kriging metodunun daha iyi sonuçlar verebileceği saptanmıştır.

Meteoroloji istasyonlarından alınan sıcaklık, rüzgâr hızı, güneş ışınımı değerleri bilindiği üzere dünyanın her noktasında yerkürenin jeofizik yapısından ötürü kullanılamaz. En gelişmiş ülkelerde dahi simülasyon sonuçları ile elde edilen değerler yerel sonuçlarla

elde edilen değerlerden farklılıklar göstermektedir. Bu tür durumlarda interpolasyon, regresyon ya da ortalama değerler kullanmak suretiyle gerçeğe yakın değerlere ulaşmak mümkündür. Ancak bu teknikler kullanırken ölçüm yapan istasyonların birbirlerine göre konumlarının 30 km aralığını geçmemesi gerekmektedir. Ancak şu da unutulmamalıdır ki; enerji sistemlerinin analizinde ortalama sonuçlar saatlik değerlerin önem kazandığı uygulamalarda yetersiz kalmaktadır [41].

Çizelge 4.1. Regresyon analizi sonuçları



4.2. Kollektör Adedinin Belirlenmesi

Çalışmada yer alan bir diğer amaç ise seçilen bir bölge için (XY koordinatı verilen yer) sıcak su temini veya kızgın buhar elde etmek için kaç adet kollektör kullanılması gerektiği sorusuna yanıt bulmaktır. Bu hesaplamayı yapmak amacıyla, istasyonun bulunmadığı noktalarda güneş ışınım şiddeti değeri hakkında bilgi sahibi olabilmek için Excel programı yardımıyla lineer interpolasyon yöntemi kullanılmıştır. Böylece, enlem ve boylamı verilen bir noktada sıcak su veya kızgın buhar elde edebilmek için kaç adet kollektör gerektiği hesaplanmaya çalışılmıştır.

Parabolik güneş kollektörlerinde optik kayıpların analiz edilebilmesi gerçekten zor ve önemli bir aşamadır. Bu aşamada üretilecek olan denklemler her zaman ve her durumda geçerli değillerdir. Bunun en temel nedeni bu verim ifadesinin belli varsayımlar ile oluşturulmasıdır [41].

Yapılan çalışmada bu hesaplama yöntemi için iki adet kollektör tipi seçilmiştir. Sıcak

suyun elde edilebilmesi için kullanılacak olan kollektör tipi düzlem kollektör; kızgın buhar elde edilebilmesi için ise parabolik kollektör tipi seçilmiştir. Bu çalışmada, YEGM'nin standart özellikteki bir kollektör için yaptığı kabuller baz alınmıştır. Kullanılan kollektörlerin özellikleri ve projede yer alan kabuller Ek-4' te sunulmuştur.

4.3. Bulgular

Yapılan çalışmada, Türkiye'nin 1990-2006 yılları arasındaki güneş ışınım şiddetini ölçen 164, güneşlenme süresini ölçen 197 istasyondan (Sinoptik, Büyük ve Küçük Klima İstasyonları) alınan verilerin ortalama sonuçları kullanılmıştır. Hatalı görünen istasyonlar çıkarılmıştır. Buna göre veriler incelendiğinde UYAOGGS 7,08 saat/ gün, yıllık toplam güneşlenme süresi ise 2583 saattir. Uzun yıllar güneş ışınım şiddeti için 164 istasyondan alınan veriler incelendiğinde Türkiye'nin yıllık güneş ışınım şiddeti 1511 kWh/m^2.yıl (4,10- 4,34 kWh/m^2.gün) olarak hesaplanmıştır. Oysaki 1966-1982 dönemini kapsayan DMİ çalışmasına göre [3] 1311 kWh/m^2.yıl (3,6 kWh/m^2.gün), güneşlenme süresi ise 7,2 saat/gün, yıllık toplam 2640 saat olarak hesaplanmıştır. 1985-2006 dönemini kapsayan GEPA'da ise 2738 saat (7,5 saat/gün) yıllık toplam güneşlenme süresi ve 1527 kWh/m^2.yıl (4,2 kWh/m^2.gün) yıllık ortalama güneş radyasyona sahip olduğu hesaplanmıştır.

Ülkemizin bölgesel bazdaki güneş ışınım şiddeti ve güneşlenme süreleri değerlerini hesaplamak için TÜMAS'tan uzun yıllar aylık ortalaması hesaplandıktan sonra istasyon numarasına göre aynı bölge içerisindeki istasyonlar gruplandırılarak Çizelge 4.2'deki değerler elde edilmiştir. Buna göre, en yüksek değerlere (1620 kWh/m^2.yıl, 381 cal/cm^2, 2684 saat/yıl) sahip bölgenin daha önceki çalışmalara benzer olarak Güneydoğu Anadolu Bölgesi olduğu görülmektedir. Ancak önceki çalışmalarda [3] Doğu Anadolu Bölgesi'nin, İç Anadolu Bölgesi'nden daha yüksek güneş ışınım şiddeti değerlerine sahip olduğu görülürken, bu çalışmada İç Anadolu Bölgesi'nin ışınım şiddetinin Doğu Anadolu Bölgesi'nden daha yüksek olduğu görülmektedir. GEPA çalışmasında da Güneydoğu Anadolu bölgesi en yüksek ışınıma sahipken, bunu Akdeniz Bölgesi izlemiş ve en düşük ışınım şiddeti ve güneşlenme süresinin Karadeniz Bölgesi'ne ait olduğu gözlenmiştir. Yapılan çalışmada da, bu durum benzer şekildedir. Ancak, bazı bölgeler arasındaki bulguların farklı olduğu gözlemlenmiştir. İç Anadolu Bölgesi GEPA çalışmasında 1481 kWh/m^2.yıl ve 2563 saat/yıl olarak hesaplanmış olmasına karşın, yapılan çalışmada 1605 kWh/m^2.yıl ve 2585 saat/yıl olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.2. Türkiye bölgesel güneş ışınım şiddeti ve güneşlenme süreleri

Bölge	Toplam Ortalama Güneş Enerjisi	Toplam Ortalama Güneş Enerjisi	Ortalama Güneşlenme Süresi
	kWh/m^2.yıl	cal/cm^2	saat/yıl
Güneydoğu Anadolu	1620	381	2864
Akdeniz	1612	360	2784
Doğu Anadolu	1577	371	2625
İç Anadolu	1605	377	2585
Ege	1520	357	2764
Marmara	1341	316	2346
Karadeniz	1303	307	2110

Bu çalışmada ülkemizin aylık bazdaki güneşlenme sürelerini hesaplamak için her yılın aylık ortalaması hesaplanmış, daha sonra ayların aritmetik ortalaması alınarak uzun yıllar aylık ortalama haline getirilmiştir. Bu sonuçlar Çizelge 4.3'te verilmiştir. GEPA çalışmasına benzer olarak en yüksek güneşlenme sürelerinin yaz aylarında olduğu görülürken, en düşük güneşlenme sürelerinin ise kış aylarında olduğunu söylemek mümkündür. Yapılan çalışmada, en yüksek güneşlenme süresinin Temmuz ayında 345 saat/ay, en düşük güneşlenme süresinin ise 100 saat/ay ile Aralık ayında olduğu görülmektedir. Yıllık toplam güneşlenme süresinin ise 2583 saat olduğu yapılan çalışmadan anlaşılmaktadır.

Çizelge 4.3. Türkiye'nin aylık olarak güneşlenme süreleri

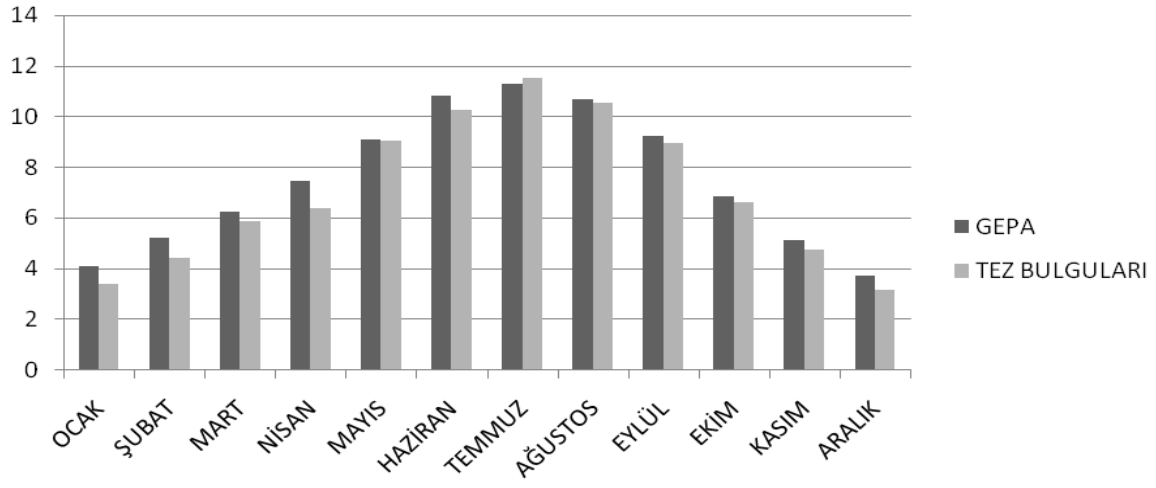
Ocak	106 saat/ay	Temmuz	345 saat/ay
Şubat	124 saat/ay	Ağustos	327 saat/ay
Mart	175 saat/ay	Eylül	268 saat/ay
Nisan	198 saat/ay	Ekim	205 saat/ay
Mayıs	272 saat/ay	Kasım	143 saat/ay
Haziran	319 saat/ay	Aralık	100 saat/ay
Toplam: 2583 saat/ay			

Yapılan hesaplamalarda, güneşlenme süresi ve güneş ışınım şiddeti değerleri GEPA'ya göre farklılık göstermektedir. Bu çalışmada, güneşlenme süresi 2583 saat/yıl (7,08 saat/gün) olarak hesaplanmışken, GEPA'da ise 2738 saat (7,5 saat/gün) olarak hesaplanmıştır. Benzer şekilde güneş ışınım şiddeti değerlerinde de farklılıklar tespit edilmiştir. Sadece Kış aylarında güneş ışınım şiddeti değerleri GEPA çalışması değerlerinden fazla çıkmış, diğer mevsimlerde yer alan aylardaki güneş ışınım şiddeti değerleri ise daha düşük çıkmıştır. Aerosol, su buharı, Rayleigh saçılması, ozon, O_2, ve CO_2 gibi açık gökyüzünde güneşin zenit açısını etkilyen çeşitli atmosferik etkenlerdir. Bu değişkenler, çeşitli oranlarda güneş ışınım şiddetinin yeryüzüne ulaşmasını engeller [45]. Yapılan çalışmada, güneş ışınım şiddetini ölçen aletlerin (Aktinograf, Piranometre vb.) kalibrasyonu düzgün yapılmadığından veya başka nedenlerden dolayı bu değerler farklılıklar göstermiştir. Bu noktada, farklı değerlerin nedeninin söylenebilmesi için, Aktinografın, güneş ışınım şiddetini kümülatif bir değer olarak hesapladığını unutmamak gerekir. Yani gün doğumundan gün batımına kadar geçen sürede her saat başı için bir değer atayarak, gün sonunda aritmetik bir değer olarak kayda geçirir. Piranometre ise günün en yüksek ışınım şiddeti değerini kayda geçiren bir alettir.

Bulutlanma, toz, hava kirliliği vb. edenlerden ötürü güneş ışınım şiddetine etki eden faktörlerden dolayı bazı günlerde ölçülen değerin daha düşük olabileceği düşünülüp, kayda geçirilen verilerden sağlıklı sonuçlar elde edilmeyeceği düşünüldüğünden Piranometre ölçümleri çalışmada yer almamaktadır.

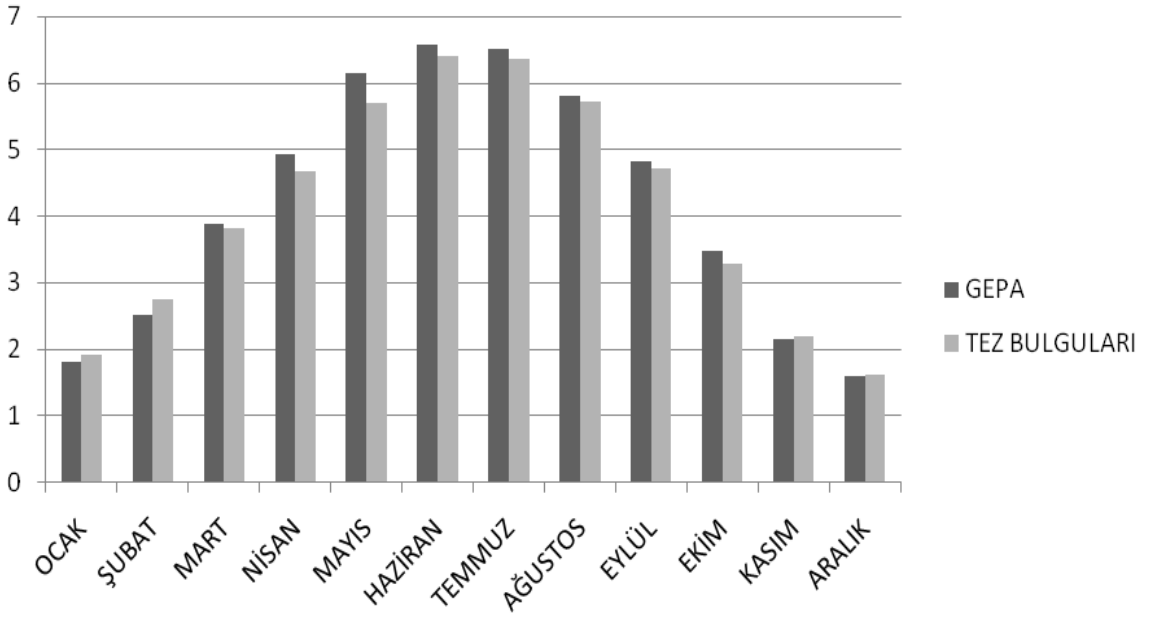
Çizelge 4.4'te Türkiye'nin aylık bazda güneşlenme süresi değerleri GEPA ve çalışmada elde edilen karşılaştırılmıştır. Buna göre, en yüksek değerin ölçüldüğü ay olan Temmuz ayındaki güneşlenme süresi değerinin GEPA' da 11,31 saat; yapılan çalışmada ise 11,51 saat olduğu görülmektedir. GEPA çalışmasında yer alan değerler genel olarak daha fazla ölçülmüş olmasına karşın, çalışmada elde edilen değerlerin daha küçük olduğu saptanmıştır. Bunun nedeni ise, çalışmada kullanılan değerlerde seçilen istasyon verilerinin GEPA'ya göre daha hassas seçilmesidir. Ayrıca çalışmada kullanılan global güneşlenme radyasyonu verilerini ölçen aktinograf verilerinin diğer aletlere göre daha hassas ölçüm yaptığı düşünülmektedir.

Çizelge 4.4. Türkiye ortalama güneşlenme süresinin aylık olarak karşılaştırılması



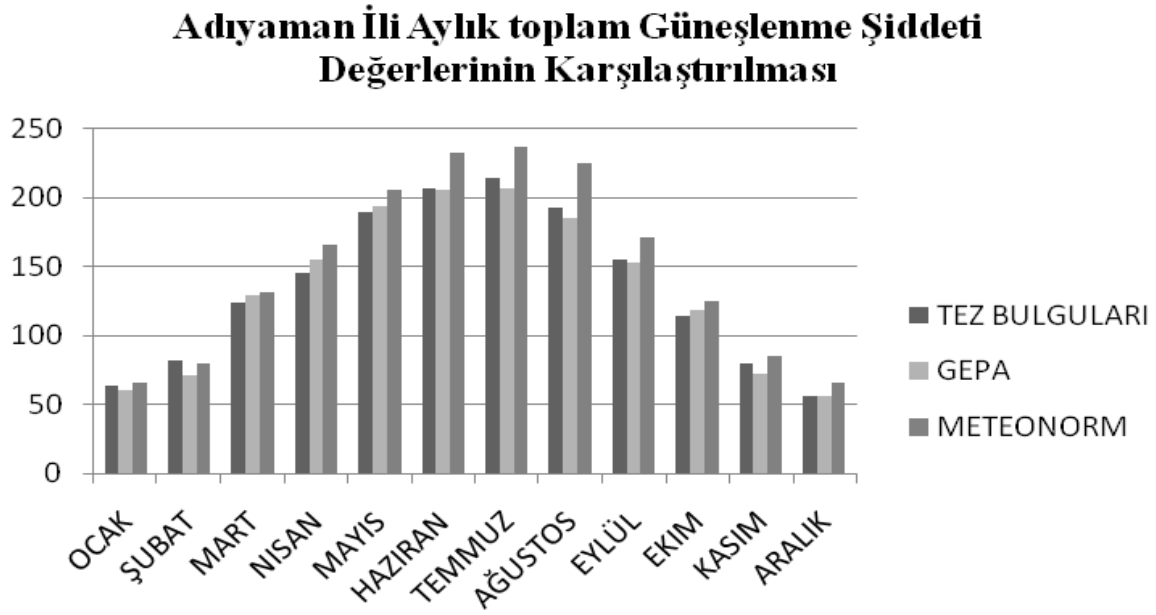
Çizelge 4.5'te ise Türkiye'nin ortalama güneş ışınım şiddeti değerlerinin GEPA ve çalışmada elde edilen değerler karşılaştırmalı olarak yer almaktadır. Güneşlenme süresi verilerine benzer olarak, güneş ışınım şiddeti değerleri GEPA çalışmasında, çalışmada elde edilen değerlere göre daha yüksek olduğu saptanmıştır. Güneş ışınım şiddetinin en yüksek ölçüldüğü ay olan Haziran ayında GEPA'da 6,57, yapılan çalışmada ise 6,41 kWh/m^{2}yıl olarak ölçüldüğü görülmektedir.

Çizelge 4.5. Türkiye ortalama güneş ışınım şiddetinin aylık olarak karşılaştırılması



Çizelge 4.6'da çalışmada yer alan değerlerin verifikasyonun sağlanması ve örneklerin geliştirilebilmesi için, dünya çapında 8325 adet meteoroloji istasyonunun 1961-1990 arasındaki verileri interpole ederek global güneşlenme şiddetini ölçen METEONORM 6.1 programının ve GEPA çalışmasının verileriyle karşılaştırılmıştır. Bu örnekte Adıyaman ili pilot bölge olarak seçilmiştir. Bunun nedeni, METEONORM 6.1 programında bu ile ait bazı aylardaki değerlerde farklılıklar tespit edilmiş olmasıdır. METEONORM 6.1 programı güneş ışınım şiddeti değerlerini aylık toplam olarak sunucuya sağladığından dolayı çalışmada yer alan değerler ve GEPA değerleri günlük ışınım şiddeti değerlerini ilgili ayın gün sayısı ile çarpılarak elde edilmiş ve aylık toplam olarak karşılaştırılmıştır. Çizelge 4.6'da güneş ışınım şiddeti değerlerinin Adıyaman ilinde METEONORM 6.1 programında, GEPA ve çalışmada yer alan değerlere göre daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.6. Adıyaman ilinin güneşlenme şiddeti değerlerinin karşılaştırılması

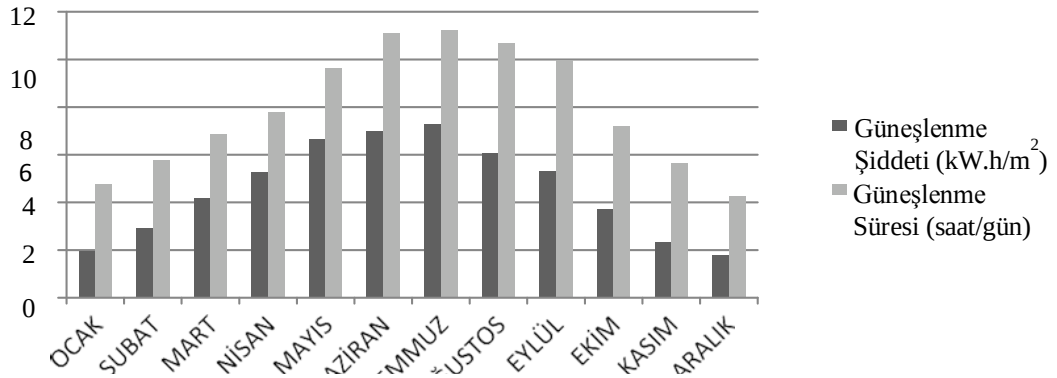


Buna göre en fazla güneş ışınım şiddeti değerinin Haziran ayında 213 kWh/m^2.ay, METEONORM 6.1 programında 227 kWh/m^2.ay olarak olduğu gözlemlenirken, GEPA'da Temmuz ayında 222 kWh/m^2.ay olduğu Çizelge 4.6'dan saptanmıştır.

Türkiye'nin en yüksek güneş ışınım şiddeti değerine sahip yerlerinden biri olan Van Gürpınar ilçesi pilot bölge olarak seçilmiş, GEPA'ya ait değerler Çizelge 4.7'de verilmiştir. GEPA'ya ait değerlerden en yüksek güneş ışınım şiddeti değerinin Temmuz

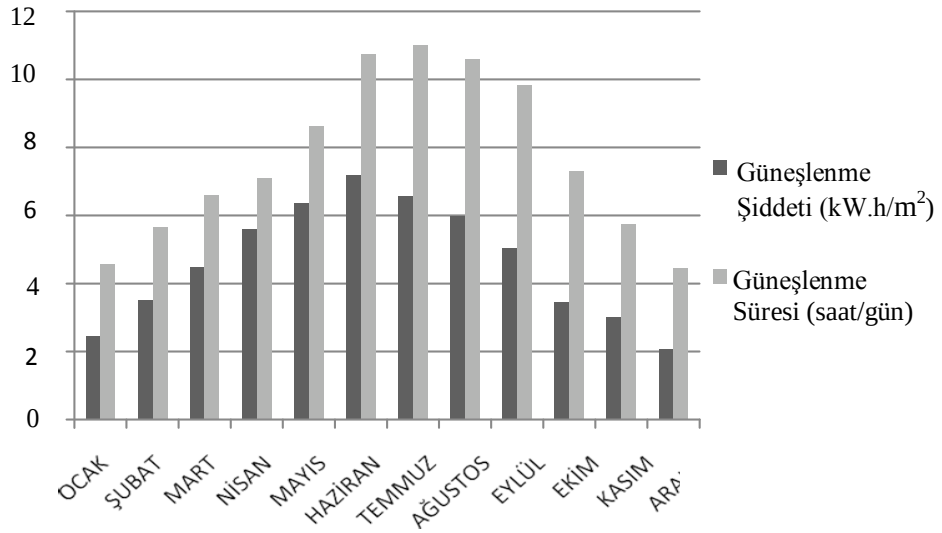
ayında günlük 7,3 kWh/m^{2}olarak hesaplandığı görülmektedir. Güneşlenme süresi değerinin ise yine Temmuz ayında en yüksek değerde günlük 11,22 saat/gün olarak hesaplandığı çizelgeden anlaşılmaktadır.

Çizelge 4.7. Van ili GEPA'ya ait aylık güneş ışınım şiddeti ve sürelerinin grafiksel gösterimi



Yapılan çalışmaya ait güneş ışınım şiddeti değerleri ise Çizelge 4.8' de verilmiştir. Buna göre yapılan çalışmada ise en yüksek güneş ışınım şiddetinin Haziran ayında 7,2 kWh/m^2, güneşlenme süresinin ise Temmuz ayında 11 saat/gün olduğu görülmektedir.

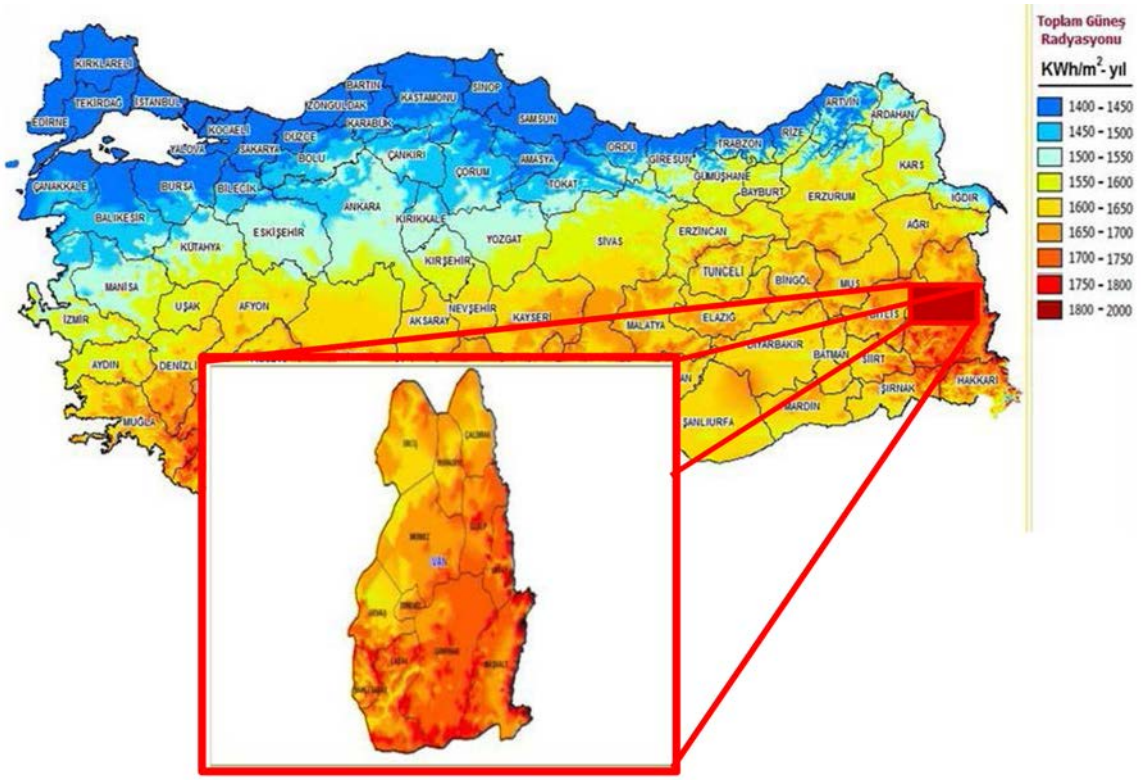
Çizelge 4.8. Van ili Kriging metoduyla güneş ışınım şiddeti ve sürelerinin grafiksel gösterimi



Ayrıca, değerler arasındaki farklılığı ortaya koyan her iki haritaya ait görseller Şekil 4.3 ve Şekil 4.4'de görülmektedir. Şekilde de görüleceği üzere yapılan çalışmadaki farklılıklar göze çarpmaktadır. Örneğin, GEPA'da Karadeniz sahil şeridi ve Trakya kesiminin aynı güneşlenme şiddetine sahip olduğu görülürken, yapılan çalışmada bu bölgelerdeki

güneşlenme şiddetinin farklı olduğu saptanmıştır. Bu farklılığı daha iyi ifade edebilmek için pilot bölge olarak belirlenen Van Gürpınar ilçesinin güneşlenme şiddeti değerleri ayrı ayrı olarak gösterilmiştir.

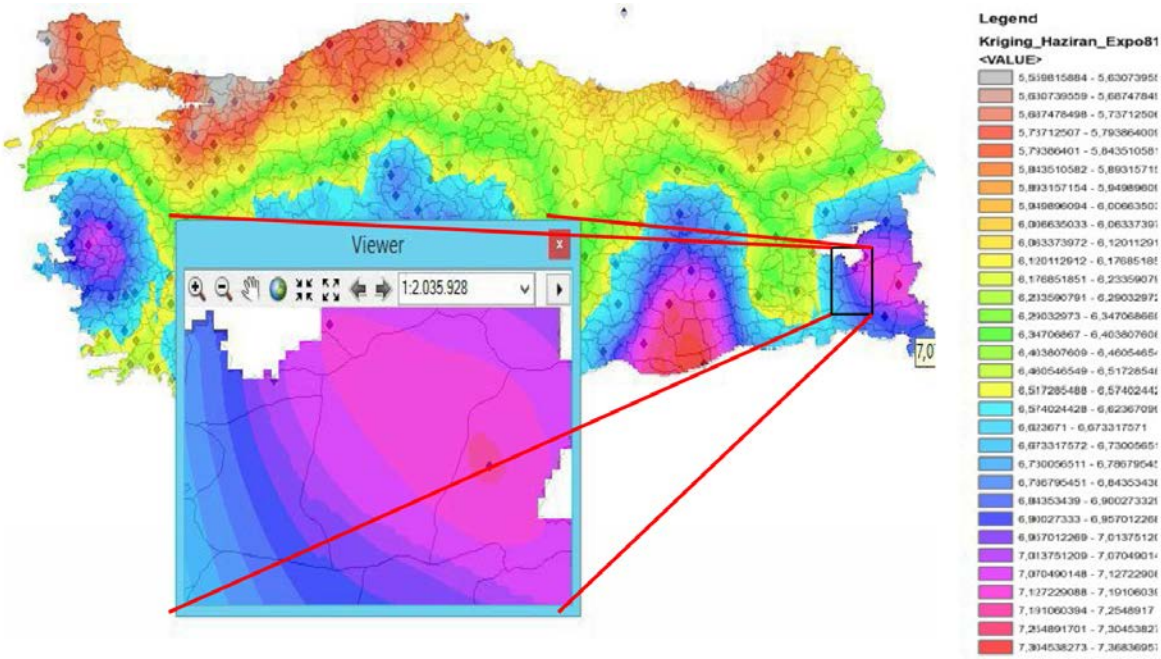
GEPA çalışmasında güneş ışınım şiddeti en yüksek değerleri daha çok ülkemizin güney kesimlerinde yoğunlaşmış, Batı Akdeniz'in iç kesimleri, Karaman-Niğde ile Van çevrelerinin en fazla ışınım şiddeti değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Karadeniz sahil kesimi, Marmara ve Trakya ile neredeyse aynı güneş ışınım şiddeti değerine sahiptir. Ülkemizin en düşük ışınım şiddeti değerlerinin de Marmara ve Karadeniz sahil kesiminde olduğu görülmektedir. Ege Bölgesi'nin iç kesimlerine bakıldığında Manisa ve Kütahya çevrelerinin bölgenin diğer kesimlerine göre daha düşük ışınım şiddeti değerine sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 4.3.Türkiye güneş enerjisi potansiyeli atlası (GEPA) Van-Gürpınar ilçesi [46]

Şekil 4.4'de ise çalışmaya ait Haziran ayının güneşlenme şiddeti haritası görülmektedir. Çalışmaya ait olan değerlere bakıldığında ise, GEPA'ya göre daha farklı olduğu görülmektedir. Karadeniz sahil kesiminin, Marmara bölgesi ile Trakya bölümünün farklı değerlerde olduğu görülmektedir. Kocaeli ve Sakarya civarındaki düşük güneş ışınım

şiddeti değerlerinin ise bu bölgedeki sanayiden kaynaklı hava kirliliği sonucu güneş ışınlarının yansımaya maruz kalmasından kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Kriging yönteminin hassas hesaplamalar yaptığı bu durumdan anlaşılmaktadır.



Şekil 4.4. Van ili Gürpınar ilçesinin Kriging İnterpolayon metoduyla gösterimi

Çizelge 4.9'da Kriging interpolasyonuyla elde edilen değerlerin Ocak, Şubat, Mart, Nisan, Ekim, Kasım ve Aralık aylarında daha yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir. Yani, Sonbahar, Kış ve İlkbahar aylarında bu değerlerin daha yüksek, Yaz mevsiminde daha düşük değerlere sahip olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.9. Van Gürpınar ilçesi güneş ışınım şiddeti değerlerinin karşılaştırılması

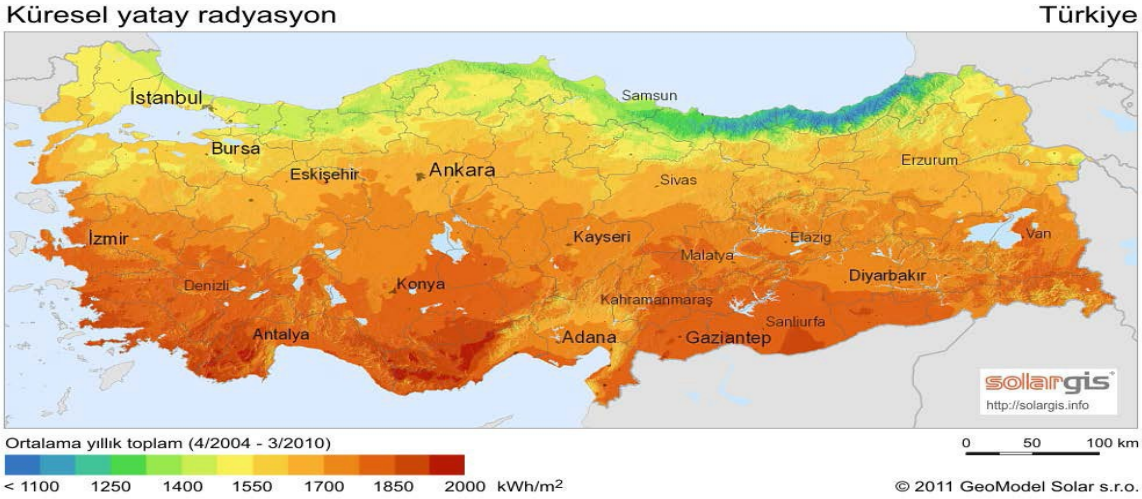
	GEPA (kw/m^2.gün)	Kriging İnterpolasyon (kw/m^2.gün)	neer Regresyon (kw/m^2.gün)
OCAK	1,93	2,44	2,05
ŞUBAT	2,90	3,47	2,96
MART	4,37	4,45	4,03
NİSAN	4,72	5,54	4,83
MAYIS	7,04	6,33	5,85

Çizelge 4.9 (Devam). Van Gürpınar ilçesi güneş ışınım şiddeti değerlerinin karşılaştırılması

	GEPA (kw/m^2.gün)	Kriging İnterpolasyon (kw/m^2.gün)	neer Regresyon (kw/m^2.gün)
HAZİRAN	7,27	7,18	6,65
TEMMUZ	7,53	6,57	6,53
AĞUSTOS	6,05	5,97	5,90
EYLÜL	5,28	5,03	4,92
EKİM	3,33	3,45	3,44
KASIM	2,39	2,95	2,30
ARALIK	1,72	2,04	1,71

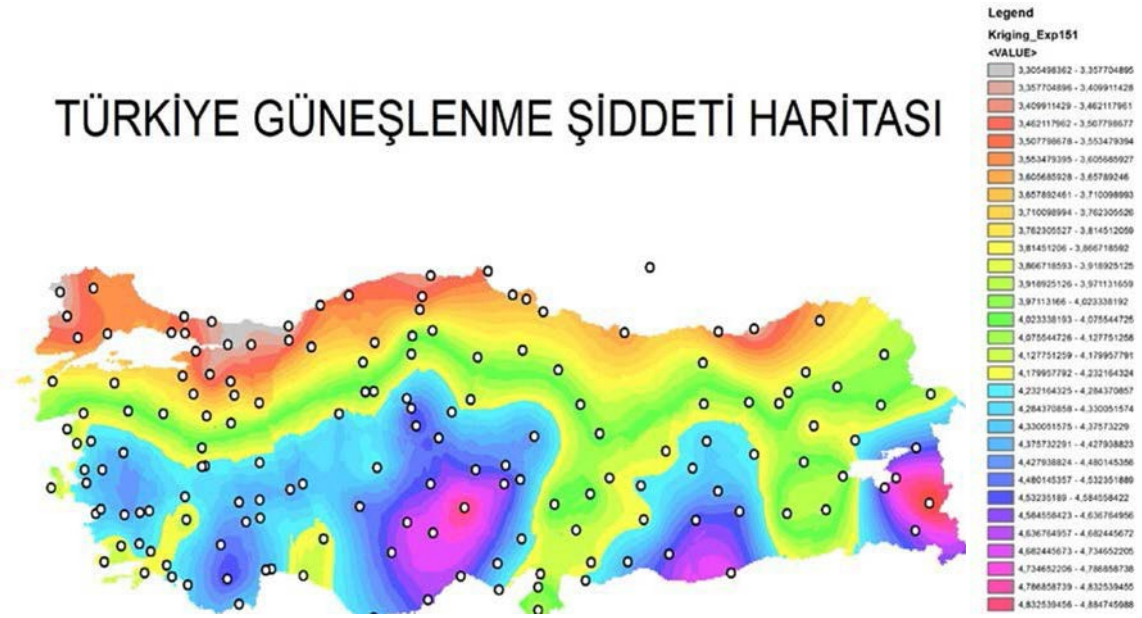
Bu çalışmadaki güneş enerjisi potansiyeli atlasının verifikasyonunun sağlanması için hesaplanan değerler, daha önce MSG uydu datalarından türetilerek oluşturulan SOLARGIS atlası ile karşılaştırılmıştır. Aşağıdaki şekillerde (Şekil 4.5 ve Şekil 4.6) hem SOLARGIS atlası, hem de çalışmaya ait olan güneş ışınım şiddeti haritası ile yer almaktadır.

SOLARGIS Atlası yıllık toplam güneşlenme şiddetini ölçerken, yapılan çalışmada günlük güneşlenme şiddeti ölçülmüştür. Değerlerin karşılaştırılabilmesi için bu çalışmadaki güneşlenme şiddeti değerleri 365 ile çarpılarak sonuçlar karşılaştırılmıştır. Buna göre, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde, özellikle Diyarbakır ve çevresi SOLARGIS atlasına göre yıllık toplam 1850 kWh/m^2.yıl olarak ölçülmesine karşın, yapılan çalışmada 1500 kWh/m^2.yıl olarak ölçüldüğü gözlemlenmiştir. Buna karşın, Van ve çevresinin SOLARGIS atlasındaki değeri 1500-1600 kWh/m^2.yıl civarlarında olduğu gözlemlenirken, bu çalışmada yaklaşık 1850 kWh/m^2.yıl olduğu saptanmıştır.



Şekil 4.5. SOLARGIS yatay yüzeye gelen global radyasyon [47]

Türkiye'nin güneybatı kesimlerinin SOLARGIS Atlası'nda yer alan değerlerinin, yapılan çalışmaya göre daha yüksek değerlerde olduğu gözlemlenmiştir. İzmir ve çevrelerinin SOLARGIS Atlası'ında yer alan değerinin yaklaşık 1850 kWh/m^{2}olduğu gözlemlenirken, yapılan çalışmada bu ile ait değerin 1500 kWh/m^2 olduğu saptanmıştır.



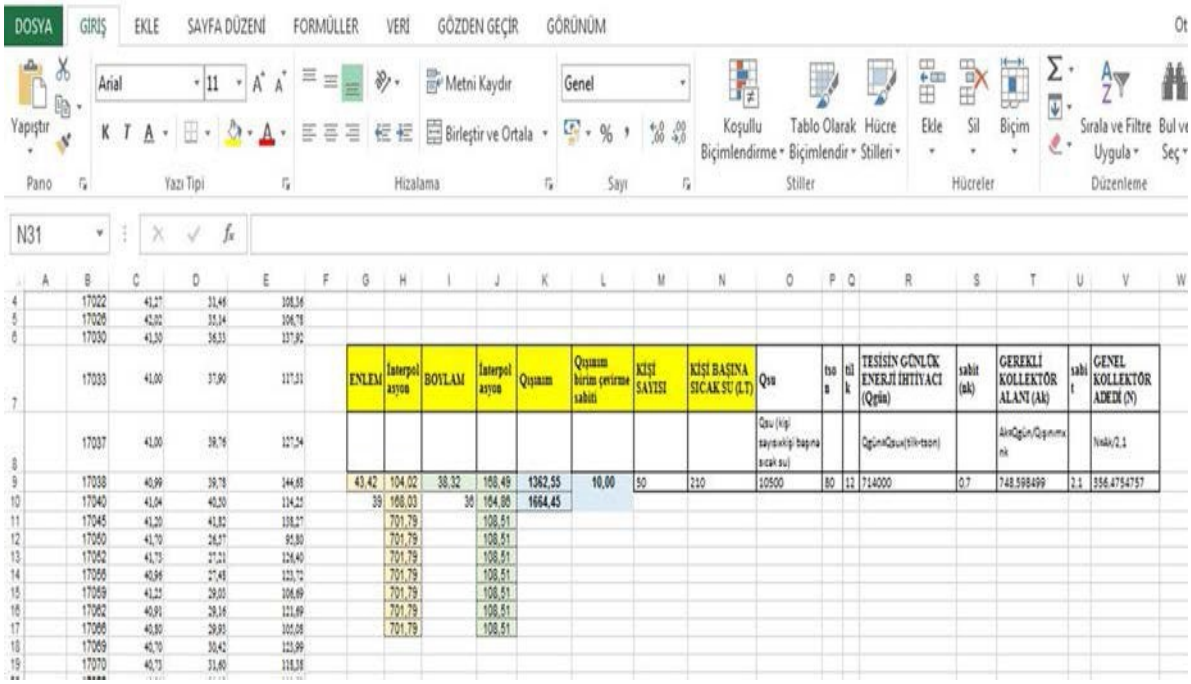
Şekil 4.6. Türkiye global güneşlenme haritası Kriging metoduyla gösterimi

Meteorolojik hadiselerin model çalışmalarının hem kısa vade hem de uzun vade tahmini daima en kötü senaryoya göre hazırlanmaktadır. Model çalışmaları ve kullanılan

yöntemler bu temel üzerine dayandırılarak yapılmaktadır. Çalışmada en kötü duruma göre, yani ihtiyaç duyulan enerjinin maksimum olduğu varsayılarak Excel çalışmasında lineer interpolasyon yöntemi seçilmiştir. Bu nedenden dolayı, kollektör sayısını hesaplamak için yapılan Excel çalışmasında hesaplanan güneş ışınım şiddeti değerinin genel anlamda diğer yöntemlere göre daha düşük olduğu görülmektedir.

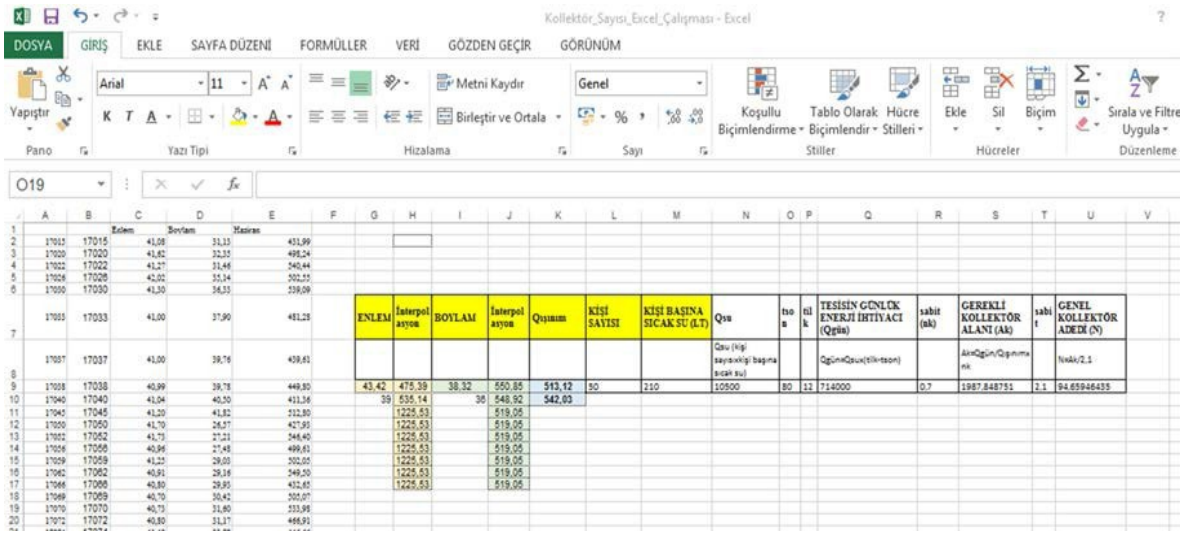
Türkiye'nin en çok güneş ışınımı alan bölgelerinden biri olan Van-Gürpınar ilçesinin örnek hesaplaması Excel programının ara yüzü Çizelge 4.10 ve Çizelge 4.11'de verilmiştir. Bu çizelgelerde enlemi ve boylamı verilen bir noktanın sıcak su temini için gereken düzlem kollektör adedi hesaplanmaya çalışılmıştır. Van Gürpınar İlçesi (43,42°D 38,32°K) için Ocak ayındaki 10.500 litre Suyu 12°C'den 80°C'ye çıkarmak için kaç adet düzlem kollektör gerektiği sorusuna cevap aranmıştır. Ocak ve Haziran ayı için örnek hesaplamanın olduğu programın ara yüzü Çizelge 4.10 ve Çizelge 4.11'de verilmiştir. Tüm aylar için yapılan hesaplamaların ara yüz görüntüsü ise EK-5'te verilmiştir.

Çizelge 4.10. Van Gürpınar ilçesi ocak ayı için kollektör hesabı



ENLEM	İnterpolasyon	BOYLAM	İnterpolasyon	Qışınım	Qışınım birim çevirme sabiti	KİŞİ SAYISI	KİŞİ BAŞINA SICAK SU (LT)	Qsu	tsu	til k	TESİSİN GÜNLÜK ENERJİ İHTİYACI (Qgün)	sabit (nk)	GEREKLİ KOLLEKTÖR ALANI (Ak)	sabit	GENEL KOLLEKTÖR ADEDİ (N)
								Qsu (kişi sayısı×kişi başına sıcak su)			Qgün=Qsu×(tili-tsu)		Ak=Qgün/Qışınım×nk		N=Ak/2,1
43,42	104,02	38,32	168,49	1362,55	10,00	50	210	10500	80	12	714000	0,7	748,598499	2,1	356,4754757
39	168,03	36	164,86	1664,45											
	701,79		108,51												
	701,79		108,51												
	701,79		108,51												
	701,79		108,51												
	701,79		108,51												
	701,79		108,51												
	701,79		108,51												

Çizelge 4.11. Van Gürpınar ilçesi haziran ayı için kollektör hesabı



ENLEM	Interpolasyon	BOYLAM	Interpolasyon	Qışınım	KİŞİ SAYISI	KİŞİ BAŞINA SICAK SU (LT)	Qsu	tson	tilk	TESİSİN GÜNLÜK ENERJİ İHTİYACI (Qgün)	sabit (ak)	GEREKLİ KOLLEKTÖR ALANI (Ak)	sabit	GENEL KOLLEKTÖR ADEDİ (N)
							Qsu (Kişi sayısı×kişi başına sıcak su)			Qgün=Qsu(tilk-tson)		Ak=Qgün/Qışınım		N=Ak/2,1
43,42	475,39	38,32	550,85	513,12	50	210	10500	80	12	714000	0,7	1987,848751	2,1	94,65946435
39	535,14	38	548,92	542,03										
	1225,53		519,05											
	1225,53		519,05											
	1225,53		519,05											
	1225,53		519,05											
	1225,53		519,05											
	1225,53		519,05											
	1225,53		519,05											

Yapılan hesaplamalar sonucunda, Van-Gürpınar İlçesinde 10500 litrelik 12 derecelik musluk suyunun 80 derecede kullanılabilmesi için Ocak Ayında yaklaşık 356 adet; Haziran ayında ise 94 adet kollektöre ihtiyaç duyulduğu görülmektedir. Kış aylarında sıcak su eldesi için güneş enerjisinin tek başına yeterli olmadığı bu örnekten de anlaşılmış, güneş enerjisi ısıl sistemlere ek olarak diğer yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılması gerektiği saptanmıştır. Ancak, yaz aylarında sadece güneş enerjisi ısıl sistemlerin kullanılmasının yeterli olduğunu söylemek mümkündür.

4.2.1. Isı enerjisi ihtiyacı için hesaplama örneği

Bu çalışmada, XY koordinatları verilen bölgede sıcak su temini için ihtiyaç duyulan kollektör sayısının hesaplanması amacıyla Excel programı ile bir hesaplama yöntemi geliştirilmiştir. Çalışmadaki sonuçların verifikasyonunu sağlamak amacıyla daha önce YEGM'nin Çorum ili Mehmetçik Anadolu Lisesi'nde yaptığı çalışmayla karşılaştırılmıştır. YEGM'nin, seçilen pilot bölgenin sıcak su ihtiyacını güneş enerjili ısıl sistemlerle karşılamak için yaptığı proje kabulleri EK-6'te verilmiştir. Ayrıca, YEGM'nin hesaplama yönteminde kabul ettiği değerler Çizelge 4.12'de tablo olarak verilmiş, ihtiyaç duyulan enerji ve kollektör adedi Çizelge 4.13'te tablo olarak verilmiştir. Excel hesaplama yönteminde de bu değerler kabul edilmiş, elde edilen sonuçlar Çizelge 4.14'te verilmiştir.
Hesaplama yapılabilmesi için gerekli teknik bilgiler verilmediğinden bazı sayısal değerler standartlara uygun olarak sabit kabul edilmiştir.

- Pansiyon binası için çamaşırhane, banyo, mutfak sıcak su ihtiyaçları dikkate alınmış olup bina ısıtması için mevcut ısıtma sistemi güneş enerjisi sistemi ile desteklenmelidir.
- Günlük sıcak su tüketimi kişi başına 50 litre alınmıştır.
- Kullanılacak kollektörler bakır borulu, seçici yüzeyli ve prizmatik camlı olarak kabul edilmiş ve sistemde paralel veya seri bağlanması halinde kollektör ısıl performans verimi % 70 olarak kabul edilmiştir.
- Kollektör açıklık alanı 2 m^2 olarak kabul edilmiştir.
- Kollektöre en uygun eğim açısı yaz ve kış farklı değerler aldığı için, sistemin montajında kollektör eğim açısı ile aynı değer olarak kabul edilmiştir.
- Pansiyon mevcudu 210 kişi olarak kabul edilmiştir.
- Çorum ilinin Ocak ve Aralık ayları güneş ışınım şiddeti düşük ve bu aylarda güneşlenme süresi değerleri az olduğu için hesaplamalarda dikkate alınmamıştır.

Şubat, Mart, Ekim, Kasım ayları dışında kalan her bir ay için kullanılacak kollektör sayısı, söz konusu dört ay için gerekli olan kollektör sayısından daha az olduğu için toplam kollektör sayısı Şubat, Mart, Ekim ve Kasım ayları kollektör sayılarının ortalaması alınarak hesaplanmıştır.

4.3.2. Hesaplama ve sonuçlar

Çalışmadaki hesaplamalarda kabul edilen değerler ve aşağıda formülü verilen denklem ile yapılan hesaplamalar ve sonuçları Çizelge 4.12 ve 4.13'de verilmiştir. Şubat, Mart, Ekim, Kasım ayları kollektör sayıları ortalamasına göre sistem için toplam 83 adet düzlemsel güneş kollektörüne ihtiyaç olduğu hesaplanmıştır.

Isı Enerjisi: (m) x (Cp) x (Δt) : (suyun kütlesi) x (suyun özgül ısısı) x (sıcaklık farkı)

Çizelge 4.12. Hesaplamalarda kabul edilen değerler

Aylar	Gün Sayısı	Kollektör Isıl PerformansVerimi	Kişi Sayısı	Kişi Başı Günlük Sıcak Su İhtiyacı	İstenilenSuyun sıcaklığı	Kollektör Açıklık Alanı
OCAK	31	% 70	210	50 lt	45°	2
ŞUBAT	28	% 70	210	50 lt	45°	2
MART	31	% 70	210	50 lt	45°	2
NİSAN	30	% 70	210	50 lt	45°	2

Çizelge 4.12 (Devam). Hesaplamalarda kabul edilen değerler

Aylar	Gün Sayısı	Kollektör Isıl PerformansVerimi	Kişi Sayısı	Kişi Başı Günlük Sıcak Su İhtiyacı	İstenilenSuyun sıcaklığı	Kollektör Açıklık Alanı
MAYIS	31	% 70	210	50 lt	45°	2
HAZİRAN	30	% 70	210	50 lt	45°	2
TEMMUZ	31	% 70	210	50 lt	45°	2
AĞUSTOS	31	% 70	210	50 lt	45°	2
EYLÜL	30	% 70	210	50 lt	45°	2
EKİM	31	% 70	210	50 lt	45°	2
KASIM	30	% 70	210	50 lt	45°	2
ARALIK	31	% 70	210	50 lt	45°	2

Çizelge 4.13. Günlük ve aylık ısı enerjisi ihtiyacı ve kollektör sayısı değerleri

Aylar	Güneş Işınım Şiddeti	Güneş Işınım Şiddeti	Şebeke Suyu Sıcaklığı	Günlük Sıcak su Enerjisi	Aylık Sıcak Su enerjisi	Kollektör Sayısı
Yer: (40,32° -	kWh/m^2.gün	kcal/m^2.gün	^{o}C	kcal	kcal	Adet
OCAK	2,59	2227,40	7,80	390 600	12 108 600	125
ŞUBAT	3,22	2769,20	6,80	401 100	11 230 800	103
MART	4,15	3569,00	8,30	385 350	11 945 850	77
NİSAN	4,51	3878,60	11,50	351 750	10 552 500	65
MAYIS	5,05	4343,00	15,50	309 750	9 602 500	51
HAZİRAN	5,41	4652,60	19,50	267 750	8 032 500	41
TEMMUZ	5,52	4747,20	22,80	233 100	7 226 100	35
AĞUSTOS	5,58	4798,80	24,60	214 200	6 640 200	32
EYLÜL	5,31	4566,60	23,10	229 950	6 898 500	36
EKİM	4,12	3543,20	18,70	276 150	8 560 650	56
KASIM	2,85	2451,00	14,90	316 050	9 481 500	92
ARALIK	2,33	2003,80	10,50	362 250	11 229 750	129

Çizelge 4.14. Günlük ve Aylık ısı enerjisi ihtiyacı ve kollektör sayısı değerleri Excel değerleri

Aylar	Güneş Işınım Şiddeti	Güneş Işınım Şiddeti	Şebeke Suyu Sıcaklığı	Günlük SıcaksuEnerjisi	Aylık Sıcak Su enerjisi	Kollektör Sayısı
(40,32°-34,56°)	kWh/m^2.gün	kcal/m^2.gün	^{o}C	kcal	kcal	Adet
OCAK	1,80	1546,51	7,80	390 600	12 108 600	180
ŞUBAT	2,62	2248,20	6,80	401 100	11 230 800	127
MART	3,66	3150,20	8,30	385 350	11 945 850	87
NİSAN	4,51	3883,60	11,50	351 750	10 552 500	65
MAYIS	5,55	4775,50	15,50	309 750	9 602 500	46
HAZİRAN	6,26	5383,40	19,50	267 750	8 032 500	36
TEMMUZ	6,24	5383,30	22,80	233 100	7 226 100	31
AĞUSTOS	5,58	4794,80	24,60	214 200	6 640 200	32
EYLÜL	4,55	3907,80	23,10	229 950	6 898 500	42
EKİM	3,10	2668,90	18,70	276 150	8 560 650	74
KASIM	2,05	1762,70	14,90	316 050	9 481 500	128
ARALIK	1,52	1284,20	10,50	362 250	11 229 750	201

Yukarıdaki çizelgelerde koordinatı verilen bölge için yapılan Excel çalışmasındaki hesaplama yönteminden faydalanılıp, gerekli kollektör adedi tekrar hesaplanmıştır. Çıkan sonuçlar YEGM'nin sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Buna göre, Ocak, Şubat, Mart, Ekim, Kasım ve Aralık aylarındaki hesaplamalarda gereken kollektör adedinin daha fazla olduğu görülmektedir. Bunun nedenini tespit edebilmek amacıyla YEGM'nin çalışmasında yaptığı açıklamaya bakıldığında:

Çorum ilinin *Ocak* ve *Aralık* ayları güneş ışınım şiddeti değerleri düşük ve bu aylarda güneşlenme süresi az olduğu için hesaplamalarda dikkate alınmamıştır.
Şubat, Mart, Ekim, Kasım ayları dışında kalan her bir ay için kullanılacak kollektör sayısı, söz konusu dört ay için gerekli olan kollektör sayısından daha az olduğu için toplam kollektör sayısı *Şubat, Mart, Ekim ve Kasım* ayları kollektör sayılarının ortalaması alınarak hesaplanmıştır.

Ayrıca, okul binasının ısıtılması, sadece güneş enerjisi kullanılarak sağlanamayacağı için doğalgaz ile ısıtmaya devam edilmelidir.

YEGM yaptığı çalışmada ihtiyaç duyulan kollektör adedini *Şubat, Mart, Ekim ve Kasım* aylarında güneş ışınım şiddetinin hesaplayarak bulmamıştır. Belirtilen dört ay için diğer ayların ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Dolayısıyla YEGM'nin yaptığı çalışmada kullanılan yöntemin gözden geçirilmesi gerektiğini söylemek mümkündür. Yapılan çalışmada kullanılan değerlerin daha iyi sonuçlar verebileceğini söylemek mümkündür. Yapılan Excel lineer interpolasyon yöntemi hesaplamasında Şubat, Mart, Ekim ve Kasım ayları için gerekli olan kollektör adedi YEGM çalışmasındakinden daha fazla çıkmasına karşın; gerekli kollektör adedinin Mayıs, Haziran, Temmuz ve Eylül aylarında daha az, Nisan ve Ağustos aylarında ise aynı olduğu anlaşılmıştır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çalışmada, özgün bir güneş enerji potansiyeli atlası ArcGIS Programı yardımıyla MGM'nin 1990-2006 yılları arasındaki Büyük, Küçük Klima ve Sinoptik istasyonların güneş ışınım şiddeti ve güneşlenme süreleri değerleri kullanılarak oluşturulmuştur. Hatalı görülen değerler çıkartılmış, bu verilerin nesnelliğine özen gösterilmiştir. IDW ve Kriging interpolasyon yöntemleri karşılaştırılmış, daha iyi sonuçlar elde edileceği düşünülen Kriging İnterpolasyon yöntemi uygulanmıştır. Tüm aylar için ayrı ayrı hesaplamalar yapılarak, güneş ışınım şiddeti değerlerini gösteren haritalar oluşturulmuştur. Çalışmada elde edilen değerler daha önce yapılan çalışmalarla (GEPA, METEONORM, SOLARGIS) karşılaştırılmıştır. Pilot bölge olarak belirlenen Türkiye'nin en yüksek ışınım şiddetine sahip bölgelerinden biri olan Van çevresinin SOLARGIS Atlasındaki güneş ışınım şiddeti değerinin, bu çalışmada bulunan değerden daha düşük olduğu gözlemlenirken, Diyarbakır çevrelerinin güneş ışınım şiddeti değerinin ise bu çalışmaya göre daha yüksek değere sahip olduğu saptanmıştır. Ayrıca, daha önce EİE'nin oluşturduğu GEPA çalışmasındaki değerler pilot bölge olarak belirlenen Van-Gürpınar ilçesinin değerleri ile karşılaştırılmış, bu çalışmadaki değerlerin Ocak, Şubat, Mart, Nisan, Ekim, Kasım ve Aralık aylarında daha yüksek olduğu görülmüştür. Yani, Sonbahar, Kış ve İlkbahar aylarında bu değerlerin daha yüksek, Yaz mevsiminde daha düşük değerlere sahip olduğu görülmüştür. Bunun nedeni, öncelikle seçilen verilerin istasyon tipi, verilerin alındığı periyot, güneş ışınım şiddetini ölçen aletlerin ölçüm farklılığı, seçilen interpolasyon yönteminin farklı olması gibi etkenlerdir.

Bu çalışmadan yararlanılarak, enlem-boylamı verilen bir noktadaki güneş ışınımı şiddetini kullanarak istenilen sıcaklıkta sıcak suyun elde edilmesi için kaç adet kollektör kullanılması gerektiği hesaplanmıştır. Ayrıca, kızgın buhar üretmek isteyen bir sanayi tesisinin kaç adet parabolik kollektör kullanması gerektiği de bulunmuştur. Bu hesaplamaları yapabilmek için Excel programından yararlanılmıştır. Excel'de hesaplama yöntemi olarak Lineer interpolasyon yöntemi kullanılmıştır. Bu durum, ArcGIS'te oluşturulan güneş enerjisi atlasından farklı sonuçlar bulunmasına neden olmuş, Excel'de elde edilen sonuçlar daha düşük çıkmıştır. Bunun nedeni ise Kriging ve Lineer interpolasyon yöntemlerinin değerleri birbirinden farklı olarak interpole ediyor olmasıdır.

Excel’de yer alan hesaplamalar, daha önce YEGM’nin yaptığı çalışmalar örnek alınarak yapılmıştır. Bu çalışmada, kişi sayısındaki yoğunluk durumu, sıcak suyu elde etmek için gereken enerji miktarı, doluluk oranına göre harcanacak su miktarı ve bunların temini için gerekli düzlem kollektör adedi hesaplanmıştır.

Ayrıca, uzun yıllar ortalama güneşlenme süresi ve güneş ışınım şiddeti değerleri hem aylık olarak, hem bölgesel bazda incelerek, daha önce yapılan GEPA değerleri ile karşılaştırılmış, çıkan sonuçlar değerlendirilmiştir. Sonuçların çalışma ile uyumlu olduğu gözlemlenmiş, ancak çalışmada elde edilen değerlerin GEPA'ya göre nispeten daha düşük olduğu gözlemlenmiştir.

Çalışmada, YEGM’nin daha önce Çorum ilindeki bir lisede sıcak su temini için gerekli olan kollektör adedini hesapladığı çalışmaya benzer şekilde bir uygulama yapılmış, aynı bölge için ihtiyaç duyulan kollektör adedi tekrar hesaplanmıştır. Buna göre, yapılan Excel lineer interpolasyon yöntemi hesaplamasında Şubat, Mart, Ekim ve Kasım ayları için gerekli olan kollektör adedi YEGM çalışmasından daha yüksek çıkmasına karşın; gerekli olan kollektör adedinin Mayıs, Haziran, Temmuz ve Eylül aylarında daha düşük, Nisan ve Ağustos aylarında ise aynı olduğu görülmüştür. Sonuç olarak, seçilen bir bölgede özellikle kış mevsiminde sıcak su temini için sadece güneş enerjisi ısıl sistemlerin yeterli olmayacağı, bununla beraber doğalgaz ile ısıtmaya devam edilmesi gerektiği düşünülmektedir. Yapılan çalışmada ülkemizin sahip olduğu güneş enerji potansiyelinin belirlenmesi için farklı bir yöntemle yapılmaya çalışılmıştır. Buna ek olarak, seçilen bir bölgede güneş ışınım şiddetini direkt olarak elektrik enerjisine çeviren PV kollektörlerinin adedi de hesaplanabilir. Çalışmada buna yer verilmemesinin nedeni, güneş enerjisinden ısıl yollarla yararlanılmasının düşünülmesidir.

KAYNAKLAR

1. Varınca, K. B., Gönüllü, M. T. (2006). Türkiye'de Güneş Enerji Potansiyeli ve Bu Potansiyelin Kullanım Derecesi, Yöntemi ve Yaygınlığı Üzerine Bir Araştırma.*1. Ulusal Güneş ve Hidrojen Kongresi*, Eskişehir.

2. Dinçer, F. (2011). Türkiye'de Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi Potansiyeli-Ekonomik Analizive AB Ülkeleri ile Karşılaştırmalı Değerlendirme. *KSU Mühendislik Dergisi*, 14(16), 8-17.

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

4. Ediger, V. Ş., Kentel, E. (1999). Renewable energy potential as an alternative to fossil fuels in Turkey.*Energy Conversion and Management*, 40(40), 743-755.

5. Sensoy, S., Ulupınar, Y., Demircan, M., Alan, İ., Akyürek., Z., Bostan, A. P. (2007) *''Modeling Solar Energy Potential In Turkey''*

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

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

8. Namkocic-Smaragdakis, B.,Sljivac, D., Katic, V., Stajic, T., Cepic, Z., Topic, D., Vukobratovic, M. (2012). *Solar Energy Potential in Pannonian Part of Serbiaand Croatia.* Development of Power Engineering in Croatia, Croatia.

9. Taelea, B.M.,Gopinathan, K.K., Mokhuts'oane L. (2007). The potential of renewable energy technologies for rural development in Lesotho. *Renewable Energy*, 32(32), 609- 622.

10. Makine Mühendisleri Odası, *TMMOB, ''Türkiye'nin Enerji Görünümü MMO/2010/528'', Ankara*, 74-77, Mart (2010).

11. World MeteorologicalOrganization. (2006). *ToMeteorological Instruments andMethods of Observation*. Switzerland: Secretariat of the World MeteorologicalOrganization,Geneva, I.8-1-I.8-4.

12. Uçkan, İ. (2006). *Y.Y.Ü. KAMPÜSÜ ve VAN SEH*, Yüksek Lisans Tezi, YÜZÜNCÜ YIL ÜN FEN B, Van, 1-88.

13. Anonim, 1983. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Zamansal ve Alansal Dağılımı. Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü Yay. No: 83-29 s, Ankara.

14. Pillot, B., Muselli, M., Poggi, P., Haurant, P., Hared, I. (2013). Solar energy potential atlas for planning energy system off-grid electrification in the Republic of Djibouti.*Energy Conversion and Management*, (69), 131-147.

15. Kaygusuz, K., Sarı, A. (2003). Renewable energy potential and utilization in Turkey.*Energy Conversion and Management*, 44(44), 459-478.

16. Alnaser, W.E., Eliagoubi, B., Al-Kalak, A., Trabelsi, H., Al-Maalej, M., El-Sayed, H.M., Alloush, M. (2004). First solar radiation atlas for the Arab world.*Renewable Energy*, (29), 1085-1107.

17. Kazim, A. (2007). Assessments of primary energy consumption and its environmental consequences in the United Arab Emirates. Renewable and Sustainable Energy Reviews;11:426-46.

18. Çolak, L., Durmaz, A. (2003). *Güneşi Takip Eden Parabolik Oluk Tipi Güneş Kollektörleri İle Buhar Üretimi Ve Absorbsiyonlu Soğutma Sistemi Uygulaması.*VI. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Ve Sergisi, İzmir.

19. Eliiyi, T.D., Çaylan, T. (2008). Güneş Enerjisi ve Led ile Etkin Enerji Kullanımı: Yol Aydınlatmalarına Yönelik Bir Uygulama. *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, 19(2), 2-15.

20. Yılmaz, P., Hocaoğlu, H., M., Konukman, Ş., A. Bir Eğitim Kampüsü İçin Yenilenebilir Enerji Poatansitelinin Değerlendirilmesi

21. Selbaş, R., Yakut, K. A., Şencan, A. (2003). Güneş Kulesi Modeli İle Elektrik Enerjisi Üretimi İçin Bir Uygulama. *Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 9(2), 179-184.

22. Kalogirou, A. (2004, Şubat, 10). Solar thermal collectors and applications. Progress In Energy And Combustion Science.

23. Karamanav, M. (2007). *Güneş Enerjisi Ve Güneş Pilleri Yüksek Lisans Tezi Elektronik Öğretmeni Mustafa Karamanav Enstitü Anabilim Dalı: Elektronik Bilgisayar Eğitimi Tez Danışmanı: Prof. Dr. Abdullah Ferikoğlu Mayıs,* Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 2-80.

24. Ateş, B.M., Demir, H., Üresin, E., Tunç, Ş., Erdi, E. (Editörler). (2009). *Dünya'da Ve Türkiye'de Güneş Enerjisi*, İstanbul: Ekc Form Ofset, 2-193.

25. Katırcıoğlu, İ. (2011). Clean and sustainable energy policies in Turkey I. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(15), 5111-5119.

26. Altuntop, N., Erdemir, D. (2013). Dünyada ve Türkiye'de Güneş Enerjisi ile ilgili Gelişmeler. *Mühendis ve Makina*, 4(639), 69-77.

27. Abuşka, M. (2013). Güneş Enerjisi Ve Uygulamalari Dersi Notlari- II. *Akhisar Meslek Yüksek Okulu.*

28. Şen, Z. (2008). *Solar Energy Fundamentals and Modeling Techniques.* (36). London/England: 2008 Springer-Verlag London Limited, 246-255.

29. Teknodan. (2010). *Güneş Enerjisi Sistemleri Danışmanlık Hizmetleri*. İstanbul: Teknodan Teknoloji Danışmanlığı ve Proje Üretimi, 16-27.

30. Yeşilata, B., Bulut, H., Çetiner, C., Ersavaş, A. (2011). Termal Güneş Enerjisi Teknolojileri ve GAP Bölgesine Yönelik Fırsatlar. *Mühendis ve Makina*, 52(622), 47-47- 56.

31. Hoffschmidt, B., Alexopoulos, S., Göttsche, J., Sauerborn, M., Kaufhold O. (2012) High Concentration Solar Collectors, Aachen University of Applied Sciences, Jülich.

32. Bvumbe, Tatenda.J. ve Inambao, L. Freddie. (2013). Operational evaluation of the performance of a solar powered absorption system in Pretoria.*Journal of Energy in Southern Africa*, 24(3), 27-27-28.

33. Luca, A., Tagliafico, A.L., Scarpa, F., Rosa, De. M. (2013). Dynamic thermal models and CFD analysis for flat-plate thermal solar collectors.*Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 30(2014), 526-537.

34. Doğan, H. (2013). Designing, Manufacturing and Performance Experiment of Corrugated-Duct and Heating-Purpose Solar Energy Collector. *Isı BilimiveTekniğiDergisi*, 33(1), 79-85.

35. Montes, M.J., Aba´nades, A., Martı´nez-Val, J.M., Valde´s, M. (2009). Solar multiple optimization for a solar-only thermal power plant, using oil as heat transfer fluid in the parabolic trough collectors.*Solar Energy*, 83(2009), 2165-2176.

36. Goovaerts, P. (2000). Geostatistical Approaches for Incorporating Elevation into the Spatial Interpolation of Rainfall, *J Hydrol*., 228, 113-129.

37. Delfiner, P., Delhomme, J. P. (1973). Optimum Interpolation by Kriging, Displayand Analysis of Spatial Data, ed: Davis J. C., McCullagh M. J., Nato Advanced StudyInstitute, John WileyandSons, London.

38. Tabios, G. Q., Salas, J. D. (1985). A Comparative Analysis of Techniques for Spatial Interpolation of Precipitation, *Water Resources Bulletin*, 21(3), 265-380.

39. Lebel, T., Bastin, G., Obled, C., Creutin J.D. (1987). On theAccuracy of Areal Rainfall Estimation: a Case Study. *Water Resour Res,* 23(11), 2123-2134.

40. Saveliev, A.A., Mucharamova, S.S., Piliugin, G.A. (1998). Modeling of the Daily Rainfall Values Using Surface Under Tensionand Kriging., *J. Geogr. Inf. Decis. Anal.*,22, 52-64.

41. Kartal, Y. (2007). *Parabolik Yansıtıcı Yüzeyli Yoğunlaştırıcı Güneş Kolektörü Tasarımı Yüksek Lisans Tezi Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı: Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Hüseyin GÜNERHAN Şubat,* İzmir, 1-115.

42. Campling, P., Gobin, A., Feyen J. (2001). Temporal and Spatial Rainfall Analysis Across a Humid Tropical Catchment, *Hydrol Process,* 15, 359-375.

43. Lloyd, C. D. (2005). Assessing the Effect of Integrating Elevation Data Into the Estimation of Monthly Precipitation in Great Britain. *J Hydrol* 308, 128-150.

44. Cheng, Q., Ko, C., Yuan, Y., Ge, Y., Zhang, S. **(**2006). GIS Modeling for predicting river run off volume in ungauged drainages in Greater Toronto Area, Canada, *Computers and Geosciences,* 32:1108-1119.

45. Schilings, C., Mannstein, H., Meyer, R. (2004), Operational Method For Deriving Hihg Resolution Direct Normal İrradience From Sattelite Data, *Solar Energy,* 76 (2004) 475-484.

46. http://www.eie.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx

47. http://solargis.info/imaps/#loc=38.68551,36.914063&c=37.4138,34.573974&z=6

EKLER

EK-1. İstasyonlara ait aylık ortalama güneşlenme süreleri (saat)

İSTASYON	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK
17015	61,620	77,870	127,57	148,67	210,67	269,34	298,71	283,22	218,32	149,20	93,71	60,99
17020	64,520	87,260	134,70	165,84	231,53	271,46	303,44	281,86	220,42	166,78	103,66	70,14
17022	66,520	82,830	140,51	164,56	239,67	290,47	324,20	296,28	225,36	156,16	98,04	66,68
17024	69,850	81,220	124,97	146,83	216,89	277,21	311,11	275,19	203,25	144,55	98,77	68,77
17026	67,930	89,300	129,54	153,58	212,11	263,51	294,90	268,10	198,75	147,42	98,35	63,64
17030	90,700	100,98	126,43	153,40	207,06	263,23	292,11	274,08	209,03	152,27	124,79	92,64
17070	56,870	82,410	129,07	161,81	223,41	256,19	283,68	267,67	193,74	139,72	95,13	49,52
17072	50,980	75,810	122,04	158,34	218,95	262,54	280,66	256,27	194,87	141,94	86,85	52,44
17074	67,270	102,70	143,83	168,81	234,95	260,52	312,58	294,45	208,15	172,06	111,27	55,77
17083	79,180	100,44	146,10	183,89	241,23	285,27	323,32	312,25	230,08	180,22	125,00	76,54
17084	77,850	96,020	152,92	185,40	242,29	282,31	320,21	314,05	248,21	181,16	116,75	69,91
17085	65,520	84,200	139,20	171,34	233,39	277,14	309,35	289,34	226,25	154,52	99,03	60,73
17086	85,360	106,05	149,65	180,17	229,85	259,53	274,87	292,05	248,67	187,09	127,83	81,74
17602	71,090	97,540	138,93	161,34	229,61	276,12	314,36	292,83	227,95	177,41	116,15	80,39
17604	51,180	97,170	138,21	168,05	227,85	279,46	323,99	290,33	216,54	150,58	96,13	49,28
17606	63,510	80,350	116,43	146,78	225,15	276,80	303,47	256,87	174,51	132,94	91,13	55,44
17618	63,760	99,450	142,68	167,88	230,47	267,46	309,02	288,56	216,04	167,51	109,50	62,76
17622	86,990	95,920	131,00	160,91	216,92	265,87	295,44	271,96	207,84	150,86	120,55	90,28
17624	77,830	91,960	117,99	147,16	202,11	249,96	254,41	248,64	192,85	141,00	111,74	77,74
17650	98,670	118,62	166,35	180,25	234,59	268,13	311,36	295,28	244,86	195,94	141,95	99,27
17652	66,000	100,58	155,31	183,97	234,13	262,54	315,56	292,53	234,21	165,05	113,29	63,63
17683	83,010	106,44	145,39	185,03	254,83	292,65	329,73	307,59	240,17	175,59	132,10	73,88
17050	77,220	119,49	155,40	192,31	269,67	308,33	337,95	317,51	230,56	156,05	97,76	66,39
17052	107,67	123,87	179,50	186,05	288,60	300,67	336,18	323,78	251,51	170,19	117,11	69,44
17056	87,530	110,57	146,16	182,37	252,04	284,80	312,07	287,59	224,91	160,58	105,90	77,67
17059	70,750	88,070	133,78	155,21	233,80	279,54	308,88	280,09	206,13	135,75	93,59	61,18
17062	63,650	82,170	160,95	180,28	258,31	300,38	334,64	293,46	230,05	161,46	95,32	66,92

EK-1 (Devam). İstasyonlara ait aylık ortalama güneşlenme süreleri (saat)

İSTASYON	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK
17066	68,940	86,970	131,03	161,36	220,07	265,60	287,80	263,73	209,10	143,18	98,26	67,61
17069	71,660	87,830	125,51	150,34	209,56	248,84	274,74	252,34	197,50	144,42	98,55	72,14
17088	24,330	102,91	146,03	177,88	235,01	276,35	306,93	303,37	228,67	166,02	49,47	
17110	97,180	132,22	185,20	222,40	308,86	363,75	384,10	354,83	270,52	192,15	117,81	80,61
17112	103,84	135,19	177,42	212,66	297,26	330,69	361,44	353,52	266,13	197,63	130,88	84,11
17114	85,040	103,29	153,99	186,62	273,93	317,31	345,06	309,67	244,87	170,10	117,33	62,59
17116	93,470	95,280	140,99	168,68	254,21	303,45	337,13	302,29	223,46	162,58	113,73	73,26
17120	102,18	113,95	156,13	179,76	252,68	298,07	325,80	305,84	246,01	183,04	131,25	90,34
17145	114,14	129,05	187,30	199,56	283,35	324,71	353,93	332,51	264,03	203,98	132,32	95,97
17150	83,020	106,28	164,18	184,89	289,70	333,88	370,78	338,80	244,35	189,58	116,13	71,17
17175	112,87	134,94	196,79	217,73	303,19	361,62	383,89	356,25	279,42	209,62	135,44	87,96
17674	80,280	96,470	151,62	174,06	250,53	300,51	325,55	295,32	231,08	159,44	103,89	69,69
17608	83,830	115,30	156,21	191,04	258,35	294,47	329,57	312,97	243,34	166,07	96,15	59,22
17610	68,290	86,850	128,20	167,10	243,02	295,18	318,32	290,38	204,41	145,13	92,51	57,18
17632	91,720	117,63	163,61	199,73	273,32	312,81	338,99	326,62	245,19	172,16	106,36	77,05
17634	96,690	125,84	170,71	198,62	275,12	310,32	343,86	315,63	245,80	170,98	112,52	87,40
17636	91,590	114,43	155,48	190,65	277,83	320,04	352,70	317,03	233,25	169,06	116,19	77,80
17695	101,34	103,63	157,71	172,41	258,72	309,27	348,56	326,35	253,98	187,51	121,16	78,00
17700	119,08	120,43	173,05	180,05	250,68	300,82	327,89	316,51	250,41	191,17	139,27	99,16
17702	79,220	102,14	144,62	168,06	238,87	290,14	321,39	298,83	232,21	168,48	121,64	73,61
17824	150,77	145,67	193,79	208,27	294,47	352,25	374,16	355,50	285,49	230,92	176,35	126,40
17850	150,97	151,81	200,66	215,11	292,19	343,36	362,09	344,89	289,23	238,31	173,28	125,13
17854	121,45	132,14	205,86	222,61	285,17	322,93	339,58	333,25	277,05	205,68	135,04	100,31
17860	133,23	134,72	192,02	206,86	266,18	324,60	342,61	330,29	278,27	219,87	153,44	124,57
17862	129,01	140,82	190,37	201,40	269,25	318,17	345,63	335,37	278,01	215,82	158,67	118,93
17884	149,79	159,86	207,71	224,62	300,18	343,48	360,85	346,29	289,54	243,96	175,13	128,51
17180	144,37	152,32	200,66	227,50	318,79	368,71	389,98	362,46	286,18	231,06	164,12	124,83
17184	114,54	128,35	188,94	203,86	276,07	313,57	338,70	323,85	279,81	215,54	137,97	91,16

EK-1 (Devam). İstasyonlara ait aylık ortalama güneşlenme süreleri (saat)

İSTASYON	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK
17186	91,540	114,23	180,55	198,31	272,77	327,00	350,92	329,37	269,35	207,21	121,75	69,20
17190	79,390	111,15	154,00	172,74	244,94	290,33	340,84	328,16	247,17	194,98	135,88	64,89
17220	141,10	146,85	206,91	216,97	309,56	359,01	379,70	353,91	285,63	231,59	165,35	118,64
17221	119,16	144,42	208,51	235,65	312,13	358,52	379,34	353,69	285,36	229,30	147,10	103,91
17232	139,80	149,83	214,99	233,99	313,12	362,58	379,77	357,31	295,18	235,21	163,69	124,81
17233	124,38	164,37	217,49	241,20	310,37	355,47	366,73	348,27	292,67	243,79	160,94	95,49
17234	139,82	141,18	196,49	215,50	287,74	330,32	348,11	335,72	273,54	216,38	152,41	122,21
17237	115,74	131,68	181,33	199,80	287,68	340,76	365,86	337,60	270,61	205,04	142,18	95,14
17290	151,39	152,84	196,20	221,94	285,83	312,48	329,19	321,95	265,93	223,33	171,87	136,59
17292	128,15	138,75	190,41	207,24	259,09	290,50	308,26	320,80	279,21	225,04	153,07	105,07
17294	164,85	162,73	217,33	235,66	303,50	338,19	354,44	340,67	292,13	243,22	184,65	148,56
17296	140,90	158,56	217,87	235,48	306,75	342,72	359,71	344,44	294,68	242,11	168,77	121,32
17297	160,53	169,05	215,06	235,63	329,60	368,11	380,58	356,63	292,73	243,59	178,28	137,71
17298	129,15	143,21	197,84	218,59	291,78	327,27	345,28	330,92	275,65	222,28	151,71	113,18
17704	98,330	112,81	159,84	172,02	244,16	290,16	325,55	305,32	246,48	193,24	128,08	84,63
17742	133,31	141,41	194,27	209,20	291,82	333,73	361,05	341,39	281,21	222,60	152,30	113,84
17746	131,96	131,25	184,69	203,68	292,58	351,35	378,45	354,54	284,46	225,85	163,56	117,00
17750	117,34	117,98	168,39	178,41	239,00	285,63	310,94	297,10	251,88	193,64	138,90	97,89
17080	67,260	99,410	167,03	182,34	245,70	285,47	324,56	302,40	247,74	191,19	111,12	61,12
17090	79,850	100,06	157,64	187,49	257,88	324,12	371,04	363,41	290,10	200,35	120,03	69,85
17123	83,760	106,98	168,47	190,07	267,39	310,89	346,63	330,42	262,38	193,28	129,80	71,28
17128	81,430	114,69	172,29	194,24	270,45	314,08	355,52	340,56	265,79	213,25	134,18	71,68
17129	81,790	119,61	170,58	195,23	282,02	322,06	364,38	340,06	274,04	205,80	138,44	77,49
17130	81,280	112,59	177,24	197,72	271,19	317,65	354,08	334,43	273,12	206,41	130,14	77,30
17135	85,500	116,39	174,99	202,00	277,19	322,71	362,48	343,08	275,58	211,27	134,79	78,40
17140	96,600	117,29	166,91	197,30	265,48	317,05	354,99	344,51	270,47	211,36	144,61	90,73
17160	97,390	118,51	180,55	201,34	276,23	325,36	372,80	351,11	287,00	222,88	154,35	102,13
17162	99,950	110,21	164,53	196,67	243,31	291,80	327,58	330,43	270,77	208,56	138,21	85,56

EK-1 (Devam). İstasyonlara ait aylık ortalama güneşlenme süreleri (saat)

İSTASYON	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK
17191	93,840	126,40	179,10	211,93	283,02	319,47	355,25	344,21	267,18	204,15	149,36	97,45
17192	100,23	127,51	185,00	212,02	291,16	343,71	382,10	366,29	294,73	229,82	152,66	104,04
17193	99,560	111,13	172,62	196,85	270,83	326,86	372,84	359,41	285,87	207,40	140,38	87,83
17196	96,030	115,56	158,42	188,72	259,48	320,35	372,70	356,87	265,80	210,01	138,93	82,54
17239	94,260	124,65	181,14	203,18	265,43	308,39	345,18	330,29	272,04	205,22	145,63	87,62
17244	102,13	133,75	194,75	214,48	267,43	308,78	343,12	336,78	286,35	230,28	158,28	104,14
17246	103,67	124,19	198,37	236,70	309,57	363,14	397,90	373,66	307,37	237,81	160,86	103,19
17248	93,990	120,95	188,27	217,96	286,78	335,26	370,60	365,21	302,35	230,70	148,04	93,17
17250	123,32	139,34	189,50	209,57	277,46	336,27	377,21	353,83	297,14	235,28	164,27	118,68
17646	90,340	109,24	160,79	176,55	241,73	283,69	330,94	313,79	243,12	180,73	129,06	83,56
17648	94,180	112,23	170,79	183,79	244,12	279,17	324,55	307,53	247,72	187,17	134,74	87,12
17664	76,340	94,030	138,40	155,82	235,98	282,10	322,49	275,97	211,00	163,36	109,89	67,15
17678	69,110	95,380	153,20	162,95	244,79	296,59	319,67	291,33	219,53	167,45	119,41	68,24
17679	83,870	109,38	194,22	204,39	276,08	294,92	347,41	315,54	263,28	202,65	160,42	88,36
17712	74,730	112,51	157,12	193,85	262,78	313,91	353,14	335,25	264,44	200,79	127,28	69,77
17728	86,450	116,25	176,33	199,51	266,95	307,51	349,78	335,58	273,14	209,31	140,60	84,77
17730	91,670	124,63	182,71	204,10	279,01	322,77	363,56	341,98	279,27	212,68	147,69	90,46
17732	97,240	108,22	180,97	204,83	268,42	319,58	357,85	343,34	274,38	197,65	138,27	91,64
17740	98,02	119,59	151,26	182,51	264,10	328,55	357,38	341,02	278,28	200,11	141,40	79,42
17756	98,400	122,99	185,88	212,09	282,34	327,67	368,80	353,54	288,08	217,05	156,76	98,94
17762	92,220	110,39	156,78	189,26	258,19	318,42	359,40	350,99	282,97	209,34	133,46	84,20
17798	102,20	120,24	176,68	206,32	280,02	325,34	362,18	345,48	276,27	195,90	143,76	97,36
17802	113,52	125,58	166,99	197,68	264,41	322,31	361,63	350,45	282,51	216,47	147,44	100,71
17832	99,650	127,58	181,54	208,52	278,88	328,07	363,39	341,91	270,60	209,06	149,09	98,85
17833	114,88	141,25	185,11	208,27	280,13	332,23	387,78	360,99	293,66	218,67	170,60	115,98
17835	100,72	124,03	174,66	198,56	268,15	330,10	371,99	355,02	285,93	213,58	147,96	101,65
17836	121,25	134,67	183,00	208,43	274,03	335,88	376,74	361,27	293,21	224,44	162,28	117,40
17837	102,46	125,36	175,89	200,84	260,62	309,61	362,33	355,68	290,53	221,58	140,32	92,64

EK-1 (Devam). İstasyonlara ait aylık ortalama güneşlenme süreleri (saat)

İSTASYON	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK
17898	97,000	126,04	191,41	213,08	271,53	318,39	345,36	324,15	276,48	217,30	150,16	97,77
17902	89,240	123,76	188,83	227,21	289,38	336,57	369,17	357,52	296,70	220,08	140,61	83,23
17094	93,900	115,13	150,79	160,27	220,75	267,73	298,16	283,30	239,87	190,21	125,56	84,97
17096	87,230	103,90	140,82	167,62	239,87	304,33	332,85	324,69	250,28	189,37	130,14	80,77
17097	100,17	119,54	157,54	178,83	236,31	279,75	320,14	317,69	249,19	191,70	136,47	95,55
17099	58,050	80,920	125,82	165,61	243,71	307,10	324,57	315,93	277,98	201,74	121,03	50,11
17100	85,150	127,27	172,40	177,12	246,16	299,62	319,59	316,52	262,09	198,71	137,93	68,92
17165	104,68	116,53	169,10	188,73	277,10	342,54	371,75	353,85	297,44	218,76	154,78	99,94
17172	155,18	160,69	205,89	222,89	296,10	361,66	377,79	369,53	317,67	237,54	179,21	134,49
17199	110,45	132,03	188,26	214,60	292,40	348,00	379,47	366,67	308,76	235,48	154,97	105,48
17201	96,450	126,86	178,80	207,37	298,54	360,88	390,41	368,70	308,01	228,22	149,58	85,55
17203	101,29	129,60	155,16	157,12	240,84	296,46	307,15	294,60	257,35	194,15	137,38	97,82
17204	58,240	76,320	145,75	199,79	287,92	346,37	374,08	369,87	308,41	213,85	115,09	
17210	110,53	121,07	177,94	198,93	289,14	354,68	378,28	356,94	306,85	224,78	157,93	102,97
17285	123,73	147,55	194,36	198,98	281,58	361,23	380,81	361,03	306,75	229,83	165,48	122,89
17688	122,48	136,06	163,12	171,23	211,92	247,74	269,11	278,65	241,92	174,89	134,02	105,75
17718	95,260	114,46	164,16	180,28	258,71	319,61	352,37	335,17	281,92	204,19	136,54	94,26
17768	98,240	107,84	169,33	190,78	268,33	335,13	356,03	329,23	279,79	195,13	134,09	89,17
17776	108,06	116,32	157,88	179,51	263,12	329,08	357,26	343,77	291,63	206,05	149,74	106,95
17780	54,590	82,290	128,69	171,51	254,98	294,39	314,11	290,62	245,26	178,36	116,03	62,93
17786	130,78	136,75	179,03	189,73	256,70	309,32	316,97	300,50	264,50	193,78	150,80	125,89
17790	133,77	134,31	193,26	201,32	273,70	335,24	367,80	336,46	277,69	219,17	151,65	107,77
17804	100,07	121,58	172,85	201,80	285,24	346,43	372,84	353,81	293,22	216,67	147,90	95,81
17806	94,220	116,55	168,99	198,39	285,51	342,99	366,16	356,81	294,43	210,43	140,06	87,38
17812	106,61	118,07	167,14	194,13	254,32	299,99	312,09	312,80	266,51	195,99	135,41	101,96
17842	98,320	119,81	182,54	210,38	292,13	359,34	391,71	370,52	306,49	221,92	148,91	110,85
17852	130,70	141,31	175,32	198,63	260,41	306,21	313,48	302,82	262,27	200,88	149,03	119,50
17871	120,20	148,79	190,95	217,25	287,87	349,98	372,30	360,06	304,95	233,03	171,83	136,88

EK-1 (Devam). İstasyonlara ait aylık ortalama güneşlenme süreleri (saat)

İSTASYON	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK
17872	109,70	141,91	195,28	215,76	300,04	367,77	391,09	366,38	304,15	229,96	155,62	105,34
17880	142,08	158,08	204,84	213,25	267,43	322,20	328,57	328,97	295,01	226,13	172,50	137,81
17910	125,17	143,64	200,63	228,86	320,38	363,09	380,98	359,28	312,57	237,93	166,56	128,55
17911	107,07	129,99	198,55	233,12	320,07	384,62	396,79	369,53	311,56	225,04	156,83	114,17
17238	117,81	142,77	185,55	202,31	277,60	332,83	356,13	338,03	268,19	223,50	159,96	97,41
17240	125,39	143,91	192,01	209,86	275,25	339,12	364,81	351,40	289,14	228,86	167,75	110,81
17255	105,23	116,24	172,13	196,17	266,17	311,07	334,05	316,12	268,43	213,68	133,55	98,55
17300	166,69	178,17	220,10	241,83	316,22	356,54	374,42	357,48	294,33	252,16	194,86	157,03
17320	142,59	157,65	213,58	238,84	289,14	303,59	316,63	318,05	294,48	244,84	181,61	134,04
17330	154,31	165,91	223,21	239,60	302,95	322,71	340,83	333,59	301,51	253,84	188,04	144,48
17340	153,84	158,91	211,13	223,75	278,42	305,57	314,81	312,73	282,56	245,13	185,12	148,76
17351	141,37	142,06	181,54	198,08	281,03	305,74	314,21	305,00	256,40	224,80	169,90	133,66
17370	132,66	141,24	193,83	207,13	287,01	308,98	291,09	277,51	259,39	228,53	168,28	129,65
17372	100,56	128,80	186,24	217,37	309,07	347,00	361,41	345,36	293,95	226,76	149,99	107,52
17375	145,36	162,03	214,59	241,48	307,69	348,33	363,37	339,48	289,42	248,79	182,26	133,01
17380	139,20	151,02	223,58	203,19	321,77	355,75	369,48	346,26	286,81	246,75	196,95	149,43
17826	89,250	119,59	189,60	209,49	265,07	324,31	346,76	331,16	279,51	201,24	117,97	67,40
17828	125,49	135,58	185,27	206,51	268,85	311,85	347,90	338,78	281,00	218,98	158,69	114,95
17866	108,55	125,58	185,87	210,15	282,54	341,75	375,58	349,71	295,03	230,05	156,02	99,33
17870	84,900	115,76	179,23	203,85	264,43	306,57	340,25	335,66	288,00	215,84	130,73	78,35
17886	140,56	149,07	201,45	212,66	283,63	330,01	347,97	336,94	287,86	235,42	170,57	115,08
17892	100,43	129,72	193,23	217,23	268,70	324,67	334,65	325,87	277,70	208,15	126,01	84,79
17908	119,58	150,89	200,86	160,74	264,79	301,97	300,08	284,06	269,78	225,03	180,33	137,98
17924	139,25	150,07	204,22	213,15	280,59	326,34	343,10	325,41	282,98	238,88	156,30	118,42
17926	161,19	171,06	217,73	226,11	272,76	322,74	336,67	336,68	294,21	244,57	185,04	146,07
17936	153,27	155,70	188,19	199,24	266,68	302,66	317,78	298,17	265,23	236,13	183,24	148,43
17954	138,93	154,72	210,97	232,15	292,84	324,96	340,03	323,80	279,80	231,95	163,58	114,52
17958	146,97	160,98	208,45	228,20	291,17	320,90	337,48	331,80	291,80	240,80	186,84	142,30
17962	137,11	140,90	191,06	205,85	281,24	304,26	287,34	282,11	261,08	226,09	170,44	134,21

EK-1 (Devam). İstasyonlara ait aylık ortalama güneşlenme süreleri (saat)

İSTASYON	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK
17970	151,67	160,50	220,85	247,04	328,91	369,96	388,00	363,23	303,74	238,70	189,10	144,85
17974	144,53	157,16	215,67	232,19	304,37	338,02	356,83	329,05	287,95	242,96	177,14	136,27
17981	142,87	148,62	212,99	229,33	305,27	326,53	338,37	324,55	287,53	232,31	175,53	140,32
17847	123,47	125,22	172,79	196,82	289,02	349,17	365,11	330,22	262,57	202,66	148,33	119,85
17912	122,92	129,40	179,79	218,06	302,67	359,72	375,98	361,10	299,26	218,37	158,36	119,88
17914	121,39	151,12	207,86	233,34	347,19	382,87	397,80	366,78	317,92	233,39	183,07	137,03
17944	124,29	153,78	217,66	200,06	321,48	375,91	402,63	368,91	314,26	228,73	189,83	150,53
17948	124,40	121,45	199,85	210,12	310,88	358,33	346,90	305,93	313,88	224,11	201,20	132,55
17950	136,02	144,60	197,85	219,95	307,78	363,13	377,40	365,45	312,58	234,41	174,91	150,59
17964	121,36	124,77	175,63	210,66	278,12	319,55	338,47	344,73	272,59	219,70	156,64	127,64
17966	115,17	134,58	197,44	223,78	296,68	333,62	352,91	337,72	296,16	236,81	160,91	115,20
17980	128,28	162,75	201,50	232,07	330,96	382,39	390,17	366,79	313,65	238,43	184,56	136,83
17261	109,96	121,61	168,82	193,65	245,52	284,61	298,22	291,86	252,47	217,31	158,67	115,71
17262	117,98	138,83	194,00	224,06	290,67	339,32	357,06	346,42	300,88	236,32	166,12	124,64
17265	124,38	129,78	189,17	218,72	301,84	354,38	377,10	355,57	297,95	230,24	167,58	129,81
17270	126,03	136,49	194,11	219,57	305,49	361,18	372,80	344,57	289,90	226,93	172,41	119,18
17275	137,50	141,23	192,60	221,76	319,20	383,70	396,61	371,12	314,87	237,44	179,62	140,23
17280	124,82	131,84	174,41	202,91	303,60	367,24	383,84	361,73	291,27	228,18	170,25	117,11
17282	102,92	124,40	177,33	212,44	302,75	368,44	384,85	360,13	307,09	217,32	155,43	
UYOGS	105,51	124,07	175,73	198,32	271,65	318,66	345,20	327,65	268,29	205,38	142,93	98,73
	3,4000	4,4300	5,8600	6,4000	9,0500	10,280	11,510	10,570	8,9400	6,6300	4,7600	3,1800

EK-2 İstasyonlara ait aylık ortalama güneşlenme şiddeti(kwh/m^2-gün)

İstasyon	İstasyon Adı	Enlem	Boylam	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK
17015	AKÇAKOCA	41,09	31,14	1,09	1,70	2,52	3,29	4,29	5,02	5,14	4,61	3,68	2,31	1,36	0,91
17020	BARTIN	41,62	32,36	1,36	2,08	3,04	4,05	5,25	5,79	5,86	5,12	3,97	2,68	1,67	1,18
17022	ZONGULDAK	41,45	31,78	1,26	1,97	3,05	4,25	5,51	6,29	6,30	5,45	4,27	2,73	1,59	1,12
17026	SINOP	42,03	35,15	1,24	2,03	3,04	4,02	5,06	5,84	5,84	5,01	3,87	2,55	1,59	1,05
17030	SAMSUN	41,34	36,26	1,60	2,32	3,23	4,24	5,35	6,27	6,36	5,56	4,23	2,76	1,91	1,39
17033	ORDU	40,98	37,89	1,36	2,08	2,90	3,87	4,87	5,60	5,08	4,49	3,62	2,47	1,68	1,14
17037	17037	39,76	41	1,48	2,16	2,95	3,79	4,58	5,11	4,62	4,02	3,44	2,47	1,71	1,27
17038	TRABZON	41	39,78	1,68	2,24	3,14	3,77	4,98	5,23	4,94	4,37	3,50	2,48	1,92	1,53
17040	RIZE	41,04	40,5	1,33	2,01	2,85	3,74	4,45	4,78	4,03	3,61	3,16	2,22	1,52	1,15
17045	ARTVIN	41,18	41,82	1,61	2,40	3,53	4,39	5,35	5,96	5,57	4,99	4,19	2,82	1,81	1,35
17050	EDIRNE	41,68	26,55	1,11	1,84	2,58	3,58	4,43	4,98	4,94	4,26	3,36	2,07	1,28	0,95
17052	KIRKLARELI	41,74	27,22	1,47	2,08	3,24	4,65	6,29	6,35	6,58	6,35	4,65	2,55	1,96	1,12
17056	TEKIRDAG	40,96	27,5	1,44	2,19	3,11	4,17	5,22	5,81	5,85	5,08	4,07	2,61	1,64	1,15
17059	KUMKÖY-KIL	41,25	29,04	1,24	2,03	2,98	4,21	5,09	5,84	5,82	4,99	3,87	2,30	1,51	1,02
17062	Göztepe	40,97	29,06	1,42	2,16	3,34	4,42	5,68	6,39	6,31	5,38	4,35	2,83	1,73	1,19
17066	KOCAELI	40,77	29,92	1,22	1,79	2,67	3,51	4,46	5,03	4,98	4,35	3,60	2,35	1,49	1,03
17069	SAKARYA	40,77	30,39	1,44	2,16	3,03	4,03	5,10	5,87	5,86	5,16	4,09	2,70	1,74	1,21
17070	BOLU	40,73	31,6	1,38	2,12	3,20	4,52	5,76	6,21	6,95	6,28	4,59	2,88	2,03	1,27
17072	DUZCE	40,84	31,15	1,28	2,02	2,81	3,75	4,72	5,43	5,38	4,77	3,75	2,46	1,58	1,07
17074	KASTAMONU	41,37	33,78	1,39	2,22	3,20	3,91	4,72	5,19	5,30	4,74	3,73	2,57	1,61	1,10
17080	CANKIRI	40,61	33,61	1,73	2,62	3,97	4,72	5,77	6,49	6,57	5,88	4,85	3,38	2,12	1,49
17084	CORUM	40,55	34,94	1,75	2,63	3,67	4,59	5,55	6,21	6,31	5,70	4,60	3,14	2,05	1,42
17085	AMASYA	40,67	35,84	1,58	2,37	3,49	4,51	5,59	6,23	6,30	5,61	4,45	2,93	1,81	1,26
17086	TOKAT	40,33	36,56	1,84	2,67	3,68	4,54	5,68	6,40	6,16	5,78	4,77	3,29	2,15	1,54
17088	GUMUSHANE	40,46	39,47	1,57	3,12	4,28	5,02	5,97	6,94	7,02	6,38	5,01	3,33	1,79	1,19
17090	SIVAS	39,74	37	1,81	2,68	3,61	4,41	5,46	6,36	6,53	5,90	4,79	3,30	2,13	1,44
17094	ERZINCAN	39,75	39,49	2,01	2,90	4,02	4,77	5,64	6,33	6,15	5,57	4,71	3,22	2,09	1,69
17096	ERZURUM M.	39,95	41,19	2,47	3,44	4,47	4,69	5,54	6,45	6,43	5,82	4,97	3,47	2,44	1,98
17097	Kars	40,6	43,11	2,25	3,13	4,18	4,56	5,31	6,17	5,97	5,45	4,49	3,13	2,20	1,82

EK-2 (Devam). İstasyonlara ait aylık ortalama güneşlenme şiddeti(kwh/m^2-gün)

İstasyon	İstasyon Adı	Enlem	Boylam	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK
17099	AGRI	39,73	43,05	1,80	2,69	3,60	4,09	5,24	6,11	5,92	5,44	4,59	3,04	1,95	1,38
17100	IGDIR	39,92	44,05	1,76	2,72	3,81	4,46	5,45	6,24	6,02	5,46	4,52	3,11	2,10	1,41
17112	CANAKKALE	40,14	26,4	1,68	2,53	3,67	4,67	5,73	6,37	6,32	5,81	4,72	3,19	2,02	1,38
17116	BURSA	40,23	29,01	1,74	2,40	3,41	4,25	5,44	6,11	6,20	5,38	4,32	2,92	1,89	1,37
17118	YENİŞEHIR M.	40,26	29,56	1,07	1,60	2,39	3,09	3,82	4,28	4,52	3,78	3,11	1,97	1,29	1,06
17119	YALOVA	40,66	29,28	1,27	2,10	3,23	4,42	5,69	6,37	6,35	5,54	4,32	2,76	1,56	0,99
17120	BILECIK	40,14	29,98	1,73	2,45	3,44	4,23	5,38	6,04	6,00	5,32	4,34	2,93	1,97	1,44
17123	17123	30,52	39,8	1,49	2,19	3,05	3,73	4,61	5,25	5,36	4,78	3,99	2,72	1,78	1,18
17126	ESKİŞEHIR	39,77	30,55	0,73	2,05	3,46	4,46	5,65	6,33	6,59	5,90	4,17	2,35	1,10	0,83
17129	ETIMESGUT	39,96	32,69	1,57	2,41	3,52	4,36	5,46	6,02	6,08	5,43	4,41	3,03	1,95	1,34
17130	ANKARA	39,97	32,86	1,72	2,55	3,75	4,62	5,76	6,47	6,62	5,90	4,81	3,28	2,05	1,45
17135	KIRIKKALE	39,84	33,52	1,73	2,62	3,76	4,62	5,68	6,36	6,52	5,89	4,80	3,30	2,07	1,43
17140	YOZGAT	39,82	34,8	1,91	2,75	3,75	4,54	5,51	6,24	6,45	5,73	4,57	3,21	2,10	1,52
17145	Edremit	39,59	27,02	2,06	2,83	4,22	5,17	6,44	7,12	7,11	6,28	5,18	3,57	2,31	1,68
17150	BALIKESIR	39,63	27,92	1,62	2,38	3,73	4,59	6,19	6,89	6,90	6,03	4,73	3,25	1,95	1,43
17152	17152			1,48	2,15	3,15	4,12	4,96	5,74	5,73	5,24	4,33	2,75	1,75	1,09
17155	KUTAHYA	39,42	29,99	1,64	2,53	3,67	4,63	5,67	6,48	6,50	5,78	4,58	2,96	1,94	1,35
17160	KIRSEHIR	39,16	34,16	2,20	3,20	4,32	5,18	6,21	6,79	6,96	6,19	5,19	3,74	2,53	1,92
17162	GEMEREK	39,19	36,08	2,57	3,62	4,73	5,53	6,46	7,31	7,60	6,83	5,62	4,07	2,67	2,04
17165	TUNCELI	39,11	39,54	2,11	3,00	4,01	4,80	6,18	7,33	7,26	6,52	5,43	3,69	2,38	1,75
17172	Van	38,47	43,35	2,80	3,87	4,91	5,74	6,89	7,86	7,61	6,94	5,91	4,16	2,95	2,39
17175	AYVALIK	39,31	26,69	1,57	2,33	3,60	4,67	5,77	6,49	6,35	5,66	4,61	3,02	1,85	1,31
17180	DIKILI	39,07	26,89	1,84	2,56	3,70	4,59	5,60	6,20	6,07	5,43	4,54	3,13	2,04	1,53
17184	AKHISAR	38,91	27,82	2,19	2,98	4,28	5,23	6,48	7,24	7,18	6,41	5,34	3,77	2,49	1,78
17185	USAK	38,68	29,47	2,03	2,58	4,21	5,32	6,67	6,32	7,34	6,74	5,24	3,35	2,69	1,61
17186	MANISA	38,62	27,4	1,66	2,21	3,69	4,69	6,67	7,50	7,22	6,50	4,89	3,56	1,89	1,26
17188	UŞAK	38,67	29,4	2,18	2,82	3,93	5,01	6,12	7,02	6,94	6,38	5,27	3,68	2,35	1,84
17190	AFYONKARA	38,74	30,56	2,00	2,91	4,12	5,02	5,99	6,72	6,81	6,12	5,02	3,48	2,38	1,66

EK-2 (Devam). İstasyonlara ait aylık ortalama güneşlenme şiddeti(kwh/m^2-gün)

İstasyon	İstasyon Adı	Enlem	Boylam	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK
17191	CIHANBEYLI	38,65	32,92	1,86	2,71	3,58	4,26	5,05	5,53	5,54	4,96	4,07	2,98	2,13	1,58
17192	AKSARAY	38,37	34	2,25	3,17	4,24	5,05	5,94	6,54	6,58	5,95	5,00	3,68	2,60	1,97
17196	Kayseri	38,69	35,5	1,96	2,83	3,79	4,58	5,40	6,15	6,47	5,79	4,80	3,35	2,23	1,68
17199	Malatya	38,34	38,22	1,97	2,97	4,07	4,98	6,09	6,90	6,93	6,36	5,27	3,64	2,31	1,61
17201	ELAZIĞ	38,64	39,26	1,85	2,83	3,82	4,73	5,84	6,82	6,67	5,94	4,97	3,45	2,22	1,51
17203	BINGOL	38,88	40,5	2,04	2,99	3,96	4,68	6,01	7,13	7,02	6,34	5,12	3,40	2,16	1,69
17204	MUS	38,75	41,5	1,85	2,71	3,68	4,51	5,54	6,37	6,30	5,77	4,95	3,38	2,01	1,40
17205	TATVAN	38,5	42,28	1,26	2,01	3,08	4,08	5,07	6,01	5,76	4,95	3,72	2,21	1,30	1,02
17207	17207	42,1	38,4	1,73	2,65	3,90	4,41	5,34	6,45	6,28	5,75	5,01	3,16	1,81	1,32
17210	SIIRT	37,93	41,94	1,84	2,65	3,61	4,53	5,59	6,26	6,00	5,44	4,62	3,22	2,19	1,61
17220	IZMIR	38,39	27,08	2,13	2,89	4,15	5,08	6,27	7,01	6,90	6,21	5,16	3,69	2,47	1,78
17221	ÇEŞME	38,3	26,37	1,74	2,48	3,56	4,62	5,59	6,27	6,21	5,50	4,52	3,12	2,03	1,44
17232	KUŞADASI	37,86	27,27	2,33	3,20	4,51	5,56	6,66	7,42	7,12	6,30	5,36	3,93	2,64	1,95
17234	AYDIN	37,84	27,84	2,21	2,89	4,22	5,20	6,37	7,13	7,11	6,45	5,37	3,74	2,47	1,84
17237	DENIZLI	37,76	29,09	1,59	2,23	3,22	4,04	4,91	5,64	5,52	4,82	3,95	2,75	1,84	1,33
17238	BURDUR	37,72	30,29	2,25	3,11	4,31	5,26	6,38	7,26	7,19	6,48	5,42	3,92	2,71	1,84
17239	AKŞEHIR	38,37	31,43	2,03	2,96	4,05	4,96	5,84	6,63	6,70	5,98	4,89	3,40	2,36	1,70
17240	ISPARTA	37,78	30,57	2,03	2,77	3,61	4,29	4,95	5,67	5,59	5,13	4,34	3,21	2,28	1,71
17244	KONYA M.	37,98	32,57	2,33	3,39	4,62	5,54	6,44	7,26	7,36	6,68	5,56	4,01	2,74	2,02
17246	KARAMAN	37,19	33,22	2,27	3,19	4,44	5,52	6,41	7,19	7,12	6,49	5,50	3,91	2,65	1,94
17248	EREĞLİ	37,53	34,05	2,12	3,09	4,26	5,19	6,19	7,05	7,07	6,50	5,50	3,85	2,47	1,78
17250	NIGDE	37,96	34,68	2,83	3,86	5,06	6,00	7,08	7,99	8,11	7,36	6,23	4,49	3,12	2,44
17255	K.MARAS	37,58	36,92	1,86	2,68	3,96	5,01	6,30	7,20	7,22	6,36	5,27	3,59	2,29	1,61
17261	GAZIANTEP	37,02	37,22	1,65	2,35	3,40	4,33	5,28	6,07	6,03	5,46	4,58	3,23	2,12	1,43
17262	KILIS	36,71	37,11	2,21	3,08	4,29	5,35	6,35	7,15	7,01	6,30	5,39	3,96	2,70	1,91
17265	ADIYAMAN	37,76	38,28	1,75	2,42	3,38	4,30	5,22	5,84	5,71	5,18	4,44	3,11	2,11	1,53
17270	SANLIURFA	37,16	38,79	2,19	3,06	4,36	5,43	6,58	7,49	7,21	6,51	5,47	3,97	2,71	1,92
17280	DİYARBAKIR	37,9	40,2	2,23	3,17	4,38	5,47	6,75	7,73	7,47	6,75	5,74	4,07	2,73	1,96

EK-2 (Devam). İstasyonlara ait aylık ortalama güneşlenme şiddeti(kwh/m^2-gün)

İstasyon	İstasyon Adı	Enlem	Boylam	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK
17282	BATMAN	37,86	41,16	1,55	2,28	3,17	3,99	4,95	5,53	5,23	4,81	4,10	2,84	1,96	1,34
17285	HAKKARI	37,57	43,74	2,41	3,36	4,43	4,91	5,81	6,58	6,26	5,71	4,95	3,52	2,53	2,02
17290	BODRUM	37,03	27,44	2,15	2,90	3,94	4,92	5,82	6,43	6,18	5,51	4,67	3,51	2,45	1,88
17292	MUGLA	37,21	28,37	2,09	2,78	3,86	4,83	5,77	6,48	6,30	5,74	4,86	3,50	2,35	1,67
17294	Dalaman	36,77	28,8	2,16	2,89	4,05	4,95	5,83	6,41	6,16	5,58	4,76	3,49	2,45	1,78
17296	FETHIYE	36,63	29,12	2,19	3,01	4,20	5,06	5,98	6,59	6,42	5,80	4,96	3,62	2,47	1,81
17298	MARMARIS	36,84	28,25	1,99	2,73	3,82	4,73	5,79	6,43	6,23	5,62	4,68	3,38	2,28	1,63
17300	ANTALYA M.	36,91	30,8	2,41	3,35	4,51	5,49	6,43	7,27	7,01	6,33	5,41	3,95	2,70	2,05
17302	ANTALYA	36,89	30,68	2,35	2,61	3,91	5,15	5,44	6,26	6,11	5,62	5,26	3,57	2,24	2,08
17320	ANAMUR	36,07	32,86	2,18	2,97	4,16	5,09	5,93	6,29	6,07	5,53	4,87	3,68	2,55	1,86
17330	SILIFKE	36,38	33,94	2,54	3,37	4,58	5,49	6,48	6,91	6,74	6,12	5,32	4,10	2,92	2,24
17340	MERSIN	36,78	34,6	2,46	3,35	4,65	5,56	6,51	7,04	6,86	6,29	5,42	4,05	2,82	2,12
17351	Adana	37	35,34	2,19	2,97	4,06	4,90	5,92	6,42	6,27	5,70	4,83	3,63	2,53	1,90
17370	İSKENDERUN	36,59	36,15	1,85	2,54	3,60	4,40	5,29	5,75	5,33	4,82	4,22	3,10	2,15	1,65
17372	Antakya	36,2	36,15	1,45	2,21	3,26	4,19	5,13	5,62	5,48	4,99	4,10	2,93	1,92	1,37
17375	FINIKE	36,3	30,15	2,17	2,93	3,99	4,95	5,71	6,13	5,89	5,32	4,59	3,46	2,47	1,87
17606	Bozkurt	41,96	34	1,16	1,84	2,72	3,77	4,91	5,74	5,70	4,71	3,57	2,32	1,46	0,93
17608	Uzunköprü	41,26	26,69	1,33	2,12	3,03	4,06	5,03	5,61	5,59	4,99	3,87	2,50	1,51	1,08
17610	Şile	41,17	29,6	1,20	1,90	2,91	3,87	4,95	5,67	5,61	4,94	3,83	2,38	1,48	1,04
17618	Devrekani	41,6	33,83	1,63	2,43	3,38	3,90	4,70	5,27	5,35	4,72	3,73	2,61	1,74	1,33
17622	Bafra	41,55	35,92	1,48	2,21	3,03	4,20	5,10	5,92	5,87	5,05	3,91	2,60	1,78	1,30
17623	Alaçam	41,63	35,64	1,60	2,45	3,43	4,44	5,38	6,13	5,95	5,28	4,21	2,79	1,72	1,36
17634	Malkara	40,89	26,91	1,35	2,12	3,02	3,83	4,80	5,25	5,29	4,66	3,72	2,40	1,51	1,12
17636	Florya	40,98	28,79	1,41	2,09	3,14	4,21	5,31	5,84	5,77	4,98	4,00	2,60	1,68	1,17
17646	Çerkeş	40,81	32,88	1,63	2,26	3,11	3,62	4,38	4,86	4,96	4,42	3,57	2,41	1,69	1,40
17648	Ilgaz	40,92	33,63	2,16	3,09	4,37	5,05	6,16	6,82	7,06	6,37	5,24	3,67	2,49	1,78
17650	Tosya	41,01	34,04	1,92	2,74	4,00	4,76	5,86	6,45	6,73	6,02	4,88	3,39	2,21	1,63
17664	Kızılcahamam	40,47	32,64	1,86	2,68	3,76	4,50	5,64	6,29	6,52	5,68	4,57	3,20	2,17	1,50

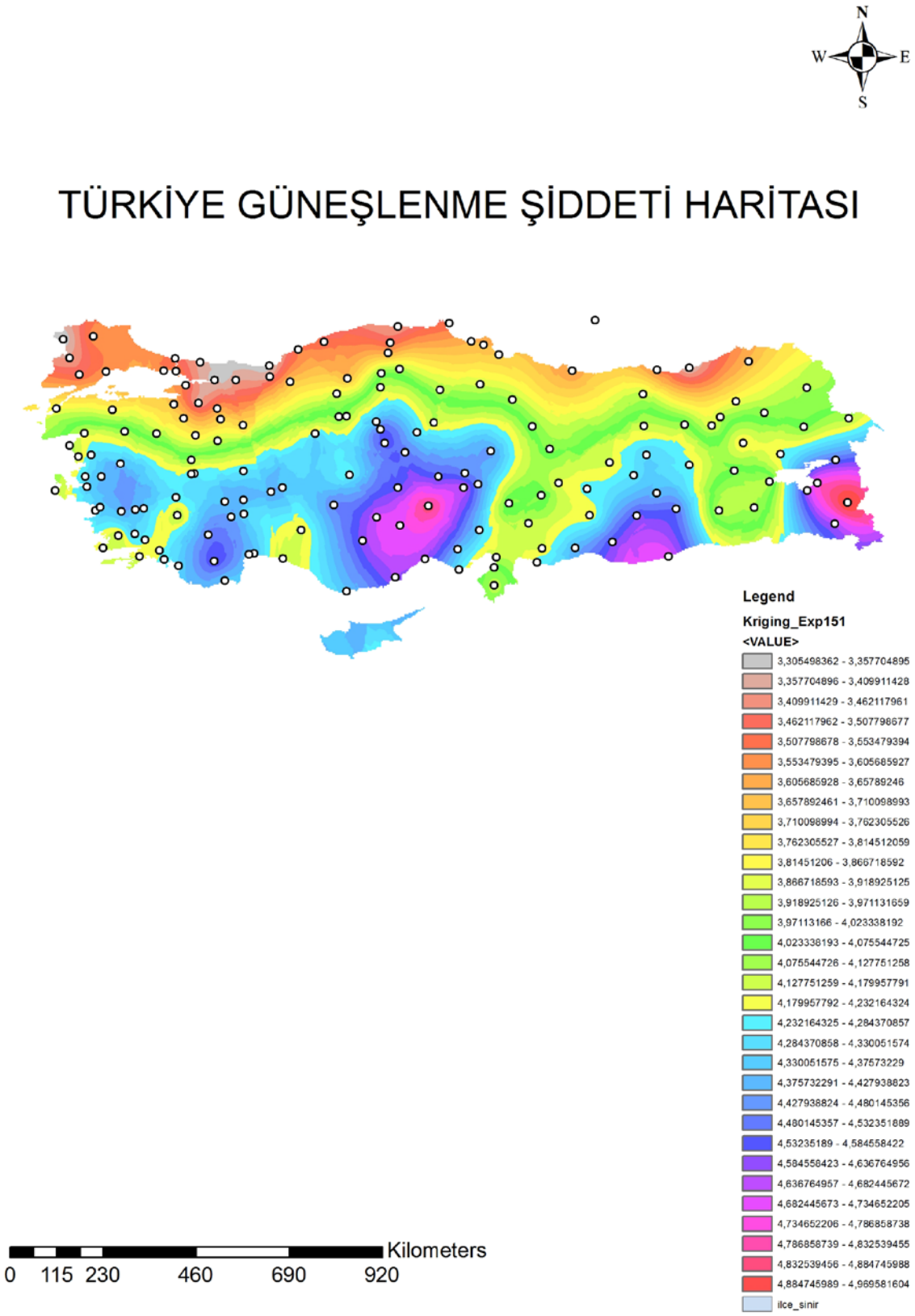
EK-2 (Devam). İstasyonlara ait aylık ortalama güneşlenme şiddeti(kwh/m^2-gün)

İstasyon	İstasyon Adı	Enlem	Boylam	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK
17674	Gönen	40,11	27,64	1,51	2,24	3,25	4,21	5,38	6,11	6,04	5,27	4,26	2,73	1,79	1,21
17678	17678			1,36	1,91	2,73	3,46	4,35	4,91	4,90	4,41	3,58	2,36	1,52	1,06
17688	Tortum	40,3	41,54	2,07	3,00	3,91	4,36	5,02	5,69	5,76	5,31	4,31	3,00	2,09	1,70
17690	Horasan	40,04	42,17	2,04	2,94	3,94	4,41	5,09	5,91	5,76	5,27	4,42	3,12	2,18	1,63
17695	Keleş	39,92	29,23	1,79	2,47	3,59	4,20	5,46	6,20	6,39	5,71	4,57	3,10	2,00	1,45
17700	Dursunbey	39,58	28,63	1,83	2,54	3,57	4,26	5,38	6,14	6,18	5,51	4,52	3,19	2,16	1,48
17702	Bozüyük	39,9	30,05	1,89	2,68	3,66	4,44	5,53	6,32	6,28	5,55	4,45	3,00	2,13	1,56
17704	Tavşanlı	39,54	29,49	1,71	2,40	3,34	4,09	5,09	5,73	5,79	5,15	4,16	2,81	1,86	1,37
17718	Tercan	39,78	40,39	2,37	3,30	4,22	4,67	5,72	6,65	6,66	6,04	5,02	3,44	2,33	1,90
17728	Polatlı	39,58	32,16	2,15	3,10	4,37	5,36	6,55	7,29	7,36	6,53	5,36	3,72	2,51	1,83
17730	Keskin	39,67	33,61	2,54	3,63	4,84	5,75	6,94	7,74	7,90	7,08	5,84	4,16	2,88	2,09
17732	Çiçekdağı	39,61	34,42	2,05	2,93	3,93	4,75	5,73	6,49	6,54	5,90	4,80	3,39	2,32	1,75
17740	Hınıs	39,37	41,7	2,67	3,73	4,82	5,30	6,27	7,27	7,20	6,54	5,41	3,70	2,53	2,10
17742	Bergama	39,11	27,17	1,98	2,75	4,12	5,08	6,36	7,13	7,10	6,26	5,11	3,61	2,33	1,63
17750	Gediz	38,99	29,4	1,95	2,56	3,69	4,53	5,55	6,22	6,15	5,67	4,65	3,18	2,11	1,50
17756	Kaman	39,37	33,71	2,49	3,52	4,67	5,64	6,73	7,42	7,61	6,82	5,70	4,08	2,77	2,04
17762	Kangal	39,24	37,39	2,05	2,99	3,74	4,17	4,93	5,64	5,73	5,36	4,36	3,01	2,03	1,59
17766	Ağın	38,94	38,72	2,35	3,28	4,09	4,51	5,22	6,04	5,87	5,30	4,54	3,24	2,27	1,74
17780	Malazgirt	39,13	42,53	2,33	3,38	4,23	4,78	5,93	6,86	6,67	5,96	4,96	3,49	2,35	1,83
17786	Muradiye	38,99	43,76	2,55	3,45	4,51	4,92	5,93	6,78	6,39	5,85	5,03	3,49	2,47	2,09
17789	Menemen	38,62	27,04	2,07	2,51	3,63	4,75	6,56	7,00	7,22	6,02	4,78	3,32	2,35	1,78
17790	17790	27,22	38,5	1,81	2,34	3,31	4,00	4,90	5,52	5,44	4,88	4,03	2,90	1,99	1,48
17824	Güney	38,15	29,06	2,36	3,01	4,11	4,93	5,91	6,71	6,71	6,11	5,12	3,70	2,61	1,88
17826	Senirkent	38,1	30,56	2,13	3,12	4,39	5,32	6,21	7,03	7,10	6,44	5,29	3,64	2,40	1,65
17828	Yalvaç	38,28	31,18	2,46	3,28	4,37	5,23	6,22	7,04	7,13	6,45	5,42	3,88	2,75	2,07
17835	Ürgüp	38,62	34,91	2,22	3,05	4,06	4,76	5,69	6,52	6,71	6,05	4,99	3,53	2,49	1,89
17836	Develi	38,37	35,47	2,66	3,71	4,86	5,90	7,08	8,03	8,22	7,41	6,06	4,27	2,91	2,24
17837	Tomarza	38,45	35,79	2,46	3,42	4,29	4,90	5,76	6,57	6,91	6,25	5,15	3,67	2,51	2,05

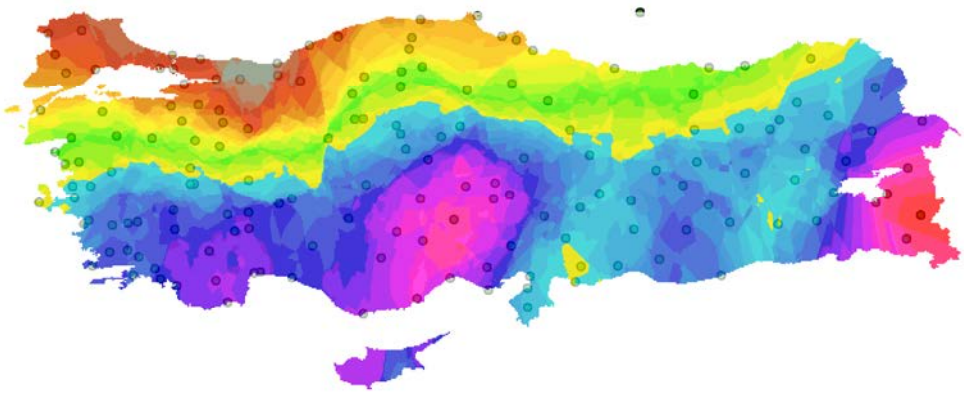
EK-2 (Devam). İstasyonlara ait aylık ortalama güneşlenme şiddeti(kwh/m^2-gün)

İstasyon	İstasyon Adı	Enlem	Boylam	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK
17842	Balaban	38,47	37,59	2,17	3,12	4,15	5,07	6,08	7,09	7,27	6,56	5,34	3,69	2,36	1,75
17847	Ergani	38,25	39,77	2,13	2,67	3,64	4,55	5,76	6,82	6,57	5,76	4,86	3,42	2,16	1,56
17850	Sultanhisar	37,88	28,15	2,29	3,04	4,27	5,06	6,22	6,93	6,76	6,26	5,30	3,83	2,63	1,91
17852	Gevaş	38,3	43,12	2,67	3,65	4,69	5,54	6,46	7,33	7,07	6,50	5,46	3,70	2,65	2,24
17854	Selçuk	37,94	27,37	1,81	2,55	3,80	4,72	5,80	6,47	6,36	5,70	4,70	3,15	2,01	1,45
17860	Nazilli	37,91	28,34	2,20	2,91	4,12	5,04	5,86	6,72	6,58	6,06	5,15	3,67	2,50	1,80
17862	Dinar	38,06	30,15	2,21	2,96	4,04	4,76	5,73	6,61	6,66	6,10	5,05	3,52	2,50	1,85
17866	Göksun	38,02	36,48	1,95	2,49	3,35	3,79	4,49	5,21	5,23	4,70	3,90	2,75	1,83	1,40
17870	Elbistan	38,2	37,2	1,84	2,79	3,63	4,39	5,18	5,73	5,64	4,97	4,21	3,03	2,07	1,50
17880	Başkale	38,04	44,02	3,25	4,46	5,74	6,30	7,05	7,89	7,60	7,09	6,17	4,38	3,26	2,83
17884	Milas	37,3	27,78	1,67	2,27	3,24	4,08	4,92	5,51	5,30	4,69	3,90	2,73	1,85	1,40
17886	Yatağan	37,34	28,14	2,54	3,38	4,62	5,56	6,59	7,49	7,35	6,61	5,65	4,15	2,87	2,05
17892	Tefenni	37,32	29,78	2,34	3,31	4,62	5,55	6,44	7,28	7,19	6,59	5,68	4,00	2,63	1,93
17898	Seydişehir	37,43	31,85	1,88	2,72	3,68	4,52	5,16	5,77	5,74	5,18	4,35	3,17	2,15	1,56
17902	Karapınar	37,71	33,53	2,32	3,34	4,59	5,62	6,60	7,36	7,40	6,76	5,71	4,08	2,77	1,97
17908	Kozan	37,43	35,82	2,19	2,88	4,07	4,96	5,96	6,52	6,40	5,84	5,03	3,72	2,66	2,01
17912	Siverek	37,75	39,33	2,26	3,07	4,24	5,32	6,61	7,57	7,31	6,61	5,48	3,85	2,66	1,96
17924	Köyceğiz	36,97	28,69	2,33	2,62	4,03	4,77	5,61	6,39	6,15	5,60	4,77	3,42	2,41	1,83
17952	ElmalI	36,74	29,91	2,46	3,33	5,02	5,83	6,56	7,18	7,76	7,03	5,91	3,84	3,15	2,19
17954	Manavgat	36,79	31,44	1,86	2,74	3,83	4,68	5,58	6,02	5,83	5,26	4,60	3,37	2,24	1,56
17962	Dörtyol	36,82	36,2	2,24	3,03	4,17	5,11	6,12	6,74	6,38	5,95	5,01	3,73	2,62	2,00
17966	Birecik	37,03	37,96	2,22	3,05	4,30	5,20	6,22	6,93	6,73	6,09	5,23	3,81	2,69	1,96
17968	CeylanpınarTig	36,84	40,03	2,35	3,07	4,46	5,48	7,12	7,94	7,72	6,61	5,18	4,17	3,04	2,32
17981	Karataş	36,55	35,37	2,20	2,93	4,10	5,09	6,01	6,48	6,35	5,77	4,89	3,59	2,56	1,89

EK-3. ArcGIS Programıyla elde edilen güneşlenme şiddeti haritaları



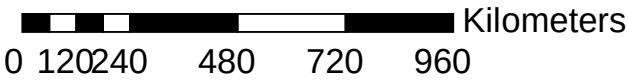
OCAK AYI GÜNEŞLENME ŞİDDETİ HARİTASI



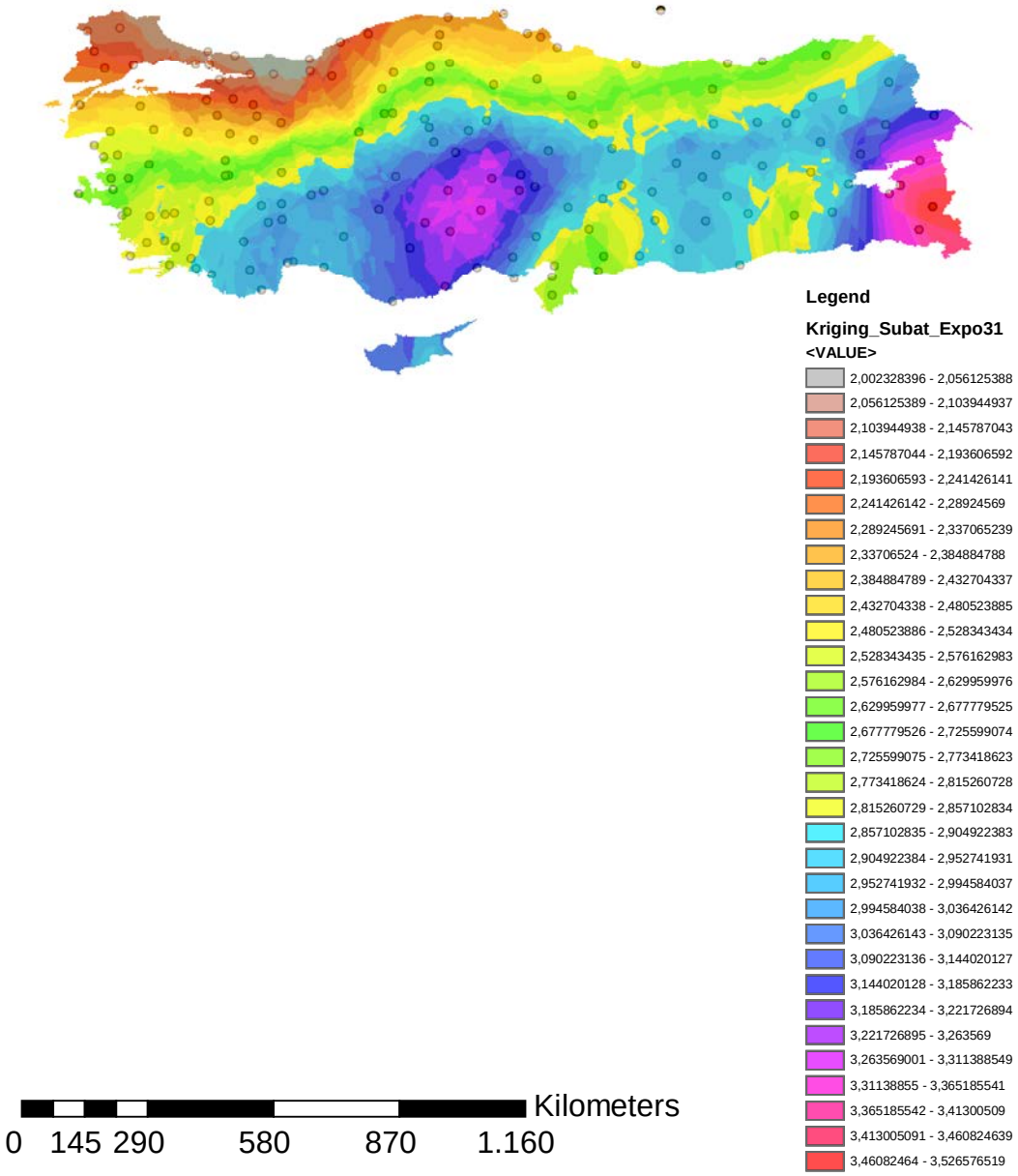
OCAK AYI GÜNEŞLENME ŞİDDETİ HARİTASI

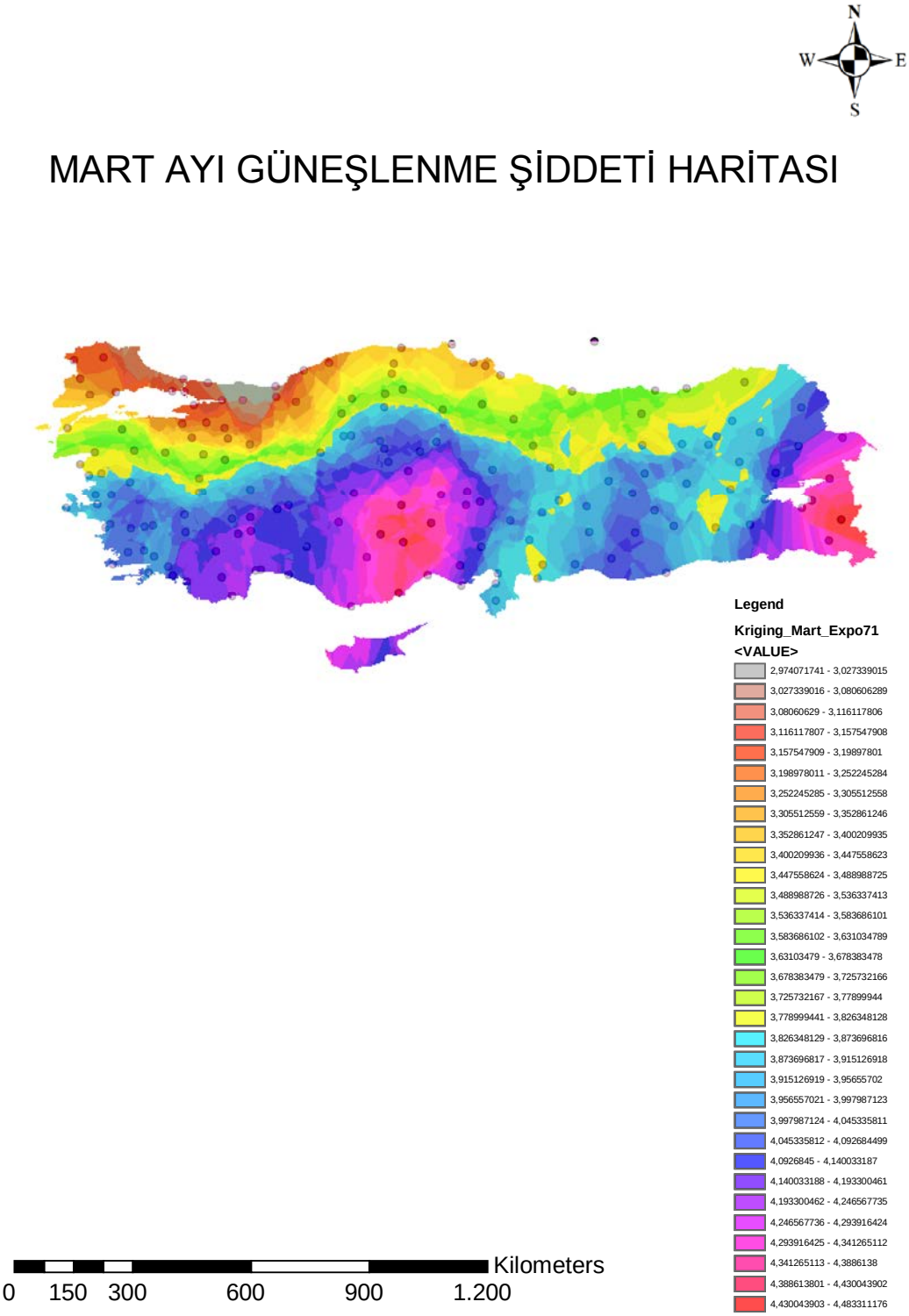
<VALUE>

- 1,282270432 - 1,310005244
- 1,310005245 - 1,346984994
- 1,346984995 - 1,388587213
- 1,388587214 - 1,425566963
- 1,425566964 - 1,462546713
- 1,462546714 - 1,499526463
- 1,499526464 - 1,536506213
- 1,536506214 - 1,573485963
- 1,573485964 - 1,610465714
- 1,610465715 - 1,647445464
- 1,647445465 - 1,684425214
- 1,684425215 - 1,721404964
- 1,721404965 - 1,758384714
- 1,758384715 - 1,795364464
- 1,795364465 - 1,832344214
- 1,832344215 - 1,869323964
- 1,869323965 - 1,910926183
- 1,910926184 - 1,952528402
- 1,952528403 - 1,984885683
- 1,984885684 - 2,017242965
- 2,017242966 - 2,049600246
- 2,049600247 - 2,086579996
- 2,086579997 - 2,123559746
- 2,123559747 - 2,155917027
- 2,155917028 - 2,192896778
- 2,192896779 - 2,229876528
- 2,229876529 - 2,271478746
- 2,271478747 - 2,308458497
- 2,308458498 - 2,336193309
- 2,33619331 - 2,36855059
- 2,368550591 - 2,410152809
- 2,41015281 - 2,460999966



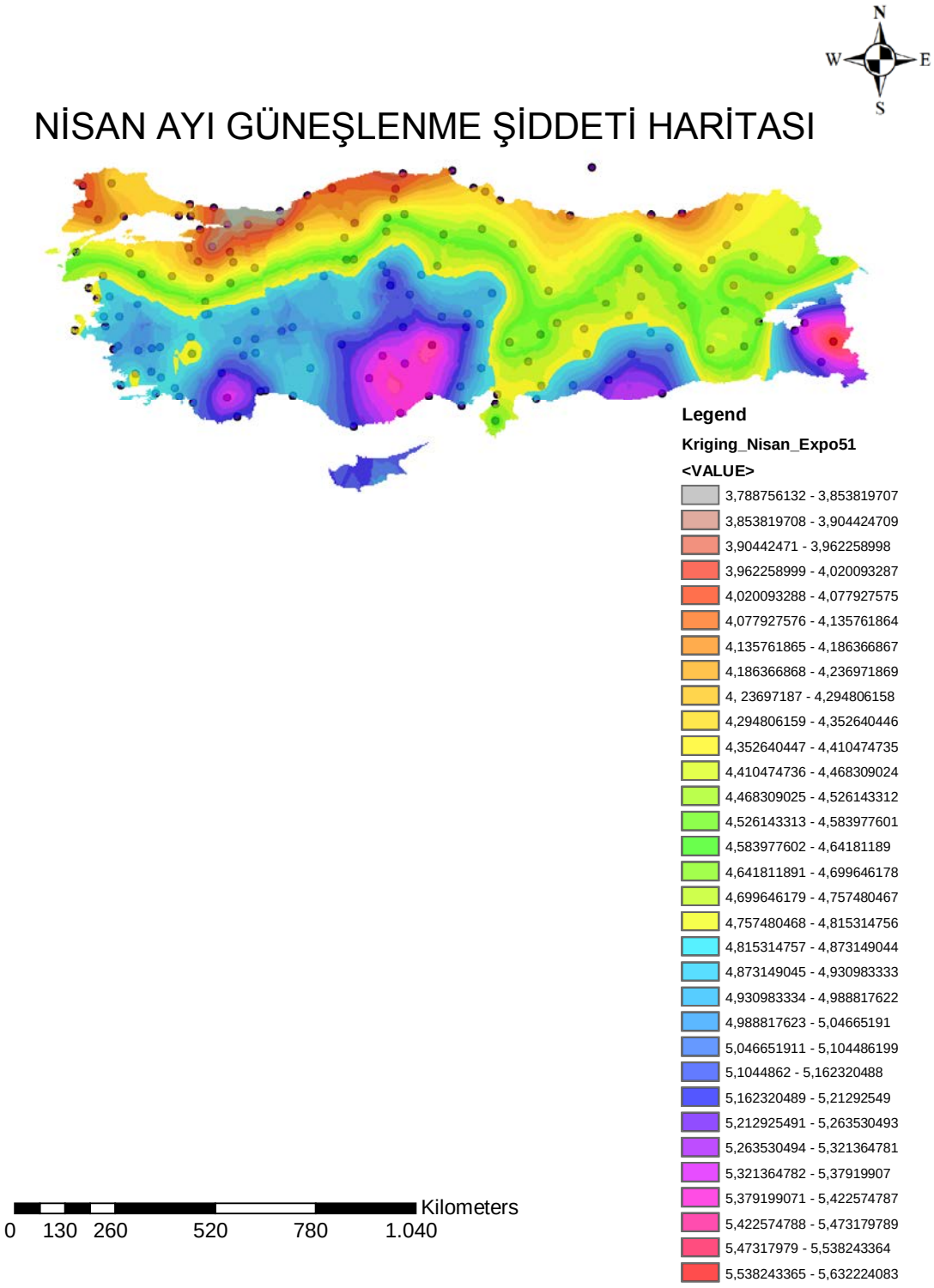
ŞUBAT AYI GÜNEŞLENME ŞİDDETİ HARİTASI



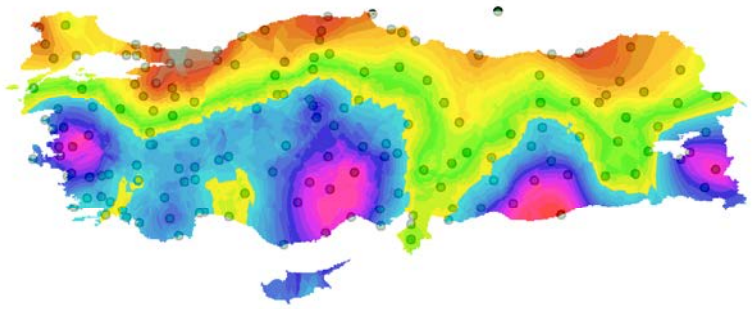


MART AYI GÜNEŞLENME ŞİDDETİ HARİTASI

NİSAN AYI GÜNEŞLENME ŞİDDETİ HARİTASI



MAYIS AYI GÜNEŞLENME ŞİDDETİ HARİTASI



Legend

Kriging_Mayıs_Expo91

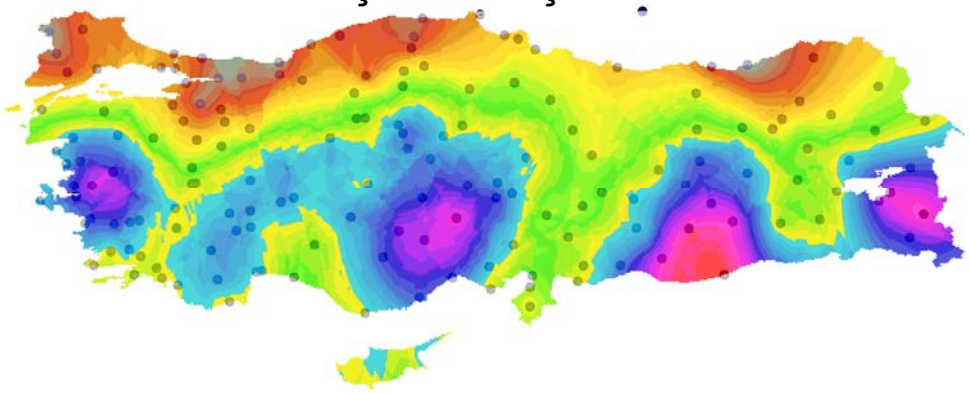
<VALUE>

- 4,876298904 - 4,934442447
- 4,934442448 - 4,986125596
- 4,986125597 - 5,037808746
- 5,037808747 - 5,089491895
- 5,089491896 - 5,141175044
- 5,141175045 - 5,192858193
- 5,192858194 - 5,244541342
- 5,244541343 - 5,296224491
- 5,296224492 - 5,34790764
- 5,347907641 - 5,393130396
- 5,393130397 - 5,438353151
- 5,438353152 - 5,490036301
- 5,490036302 - 5,54171945
- 5,541719451 - 5,593402599
- 5,5934026 - 5,645085748
- 5,645085749 - 5,696768897
- 5,696768898 - 5,748452046
- 5,748452047 - 5,800135195
- 5,800135196 - 5,851818345
- 5,851818346 - 5,903501494
- 5,903501495 - 5,955184643
- 5,955184644 - 6,006867792
- 6,006867793 - 6,058550941
- 6,058550942 - 6,11023409
- 6,110234091 - 6,16191724
- 6,161917241 - 6,21360039
- 6,21360039 - 6,258823144
- 6,258823145 - 6,3040459
- 6,304045901 - 6,342808262
- 6,342808263 - 6,394491411
- 6,394491412 - 6,452634954
- 6,452634955 - 6,523699284

Kilometers

0 195 390 780 1.170 1.560

HAZİRA AYI GÜNEŞLENME ŞİDDETİ HARİTASI



Legend

Kriging_Haziran_Expo81

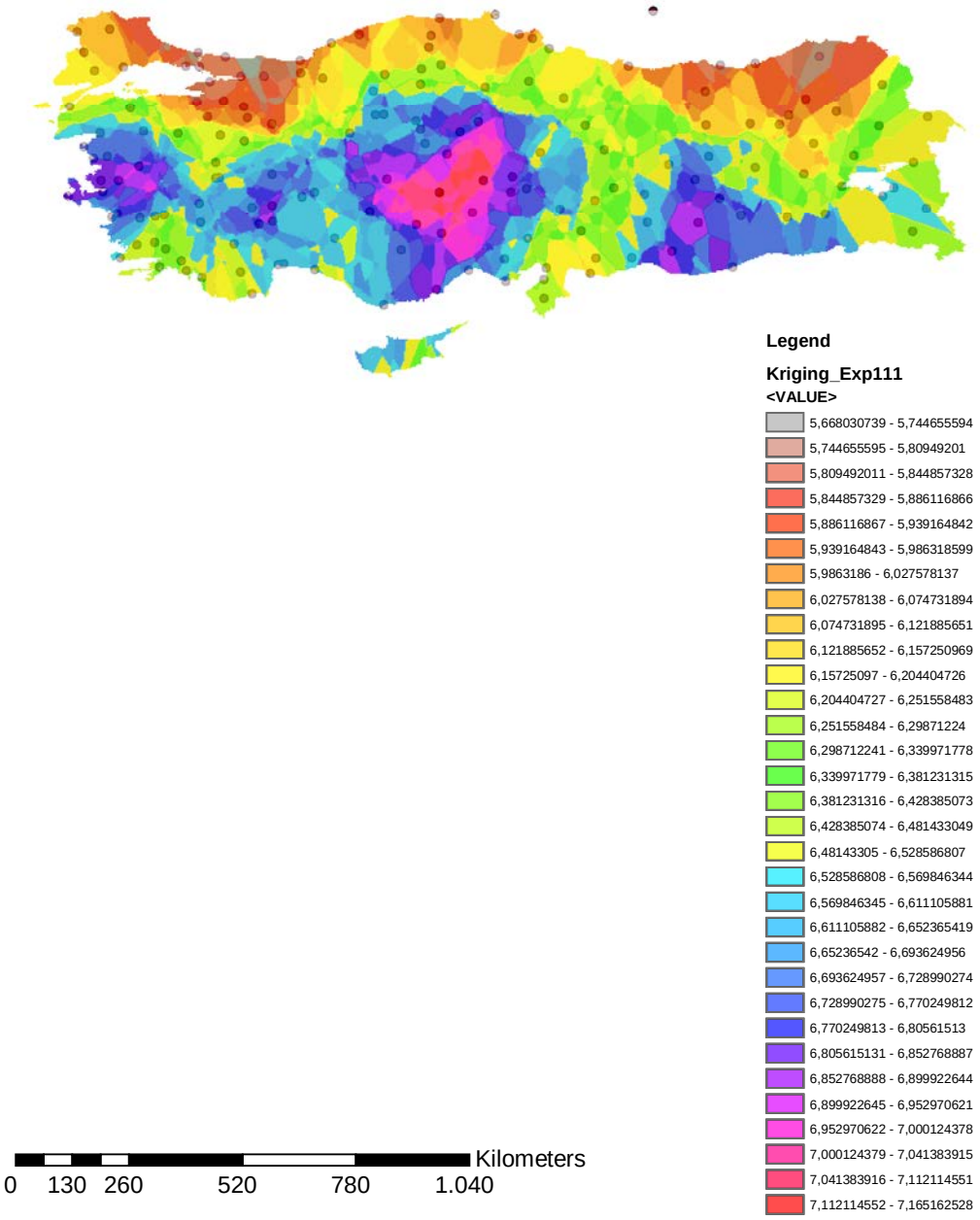
<VALUE>

- 5,559815884 - 5,630739558
- 5,630739559 - 5,687478497
- 5,687478498 - 5,737125069
- 5,73712507 - 5,793864009
- 5,79386401 - 5,843510581
- 5,843510582 - 5,893157153
- 5,893157154 - 5,949896093
- 5,949896094 - 6,006635032
- 6,006635033 - 6,063373971
- 6,063373972 - 6,120112911
- 6,120112912 - 6,17685185
- 6,176851851 - 6,23359079
- 6,233590791 - 6,290329729
- 6,29032973 - 6,347068669
- 6,34706867 - 6,403807608
- 6,403807609 - 6,460546548
- 6,460546549 - 6,517285487
- 6,517285488 - 6,574024427
- 6,574024428 - 6,623670999
- 6,623671 - 6,673317571
- 6,673317572 - 6,73005651
- 6,730056511 - 6,78679545
- 6,786795451 - 6,843534389
- 6,84353439 - 6,900273329
- 6,90027333 - 6,957012268
- 6,957012269 - 7,013751208
- 7,013751209 - 7,070490147
- 7,070490148 - 7,127229087
- 7,127229088 - 7,191060393
- 7,191060394 - 7,2548917
- 7,254891701 - 7,304538272
- 7,304538273 - 7,368369579

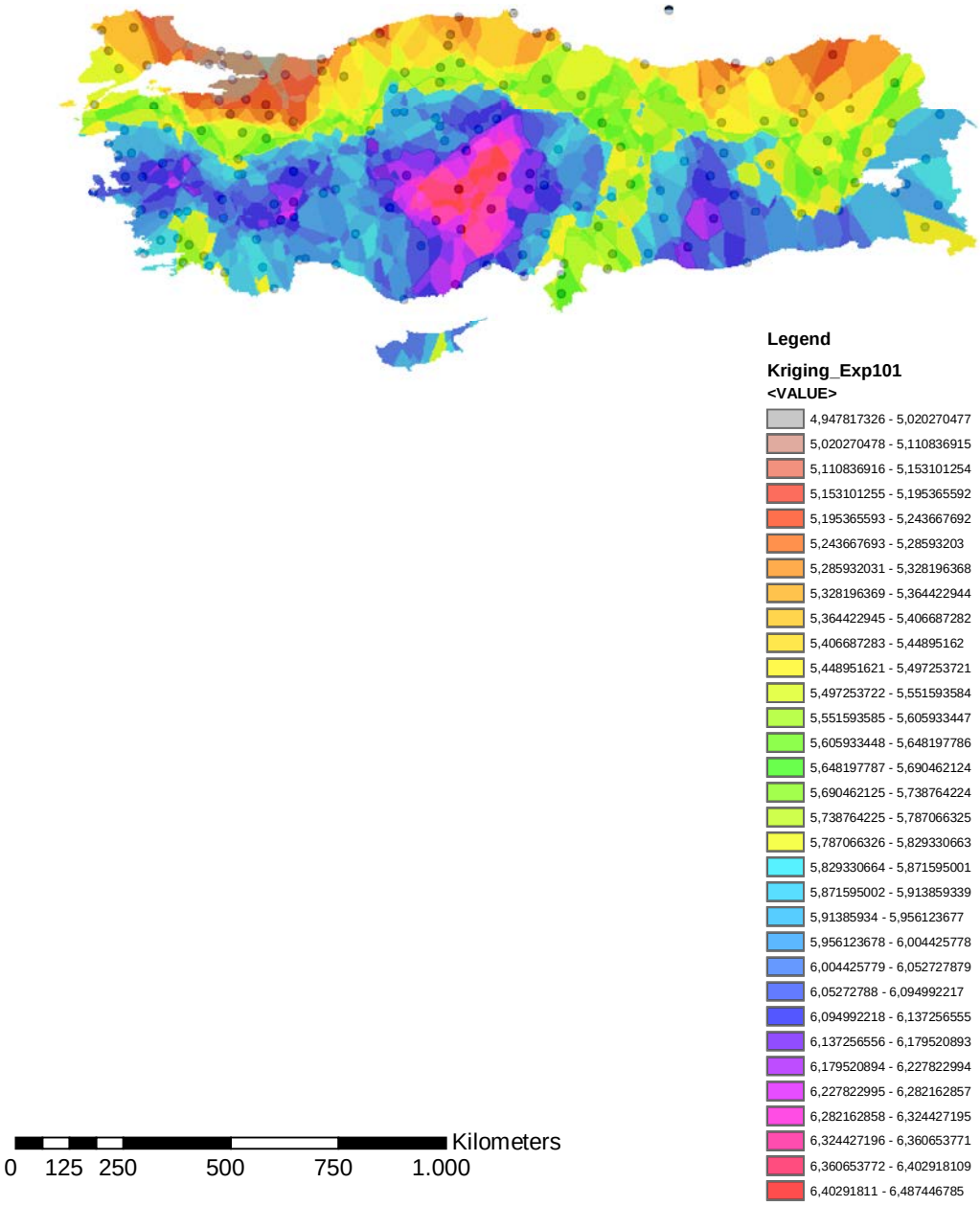
Kilometers

0 125 250 500 750 1.000

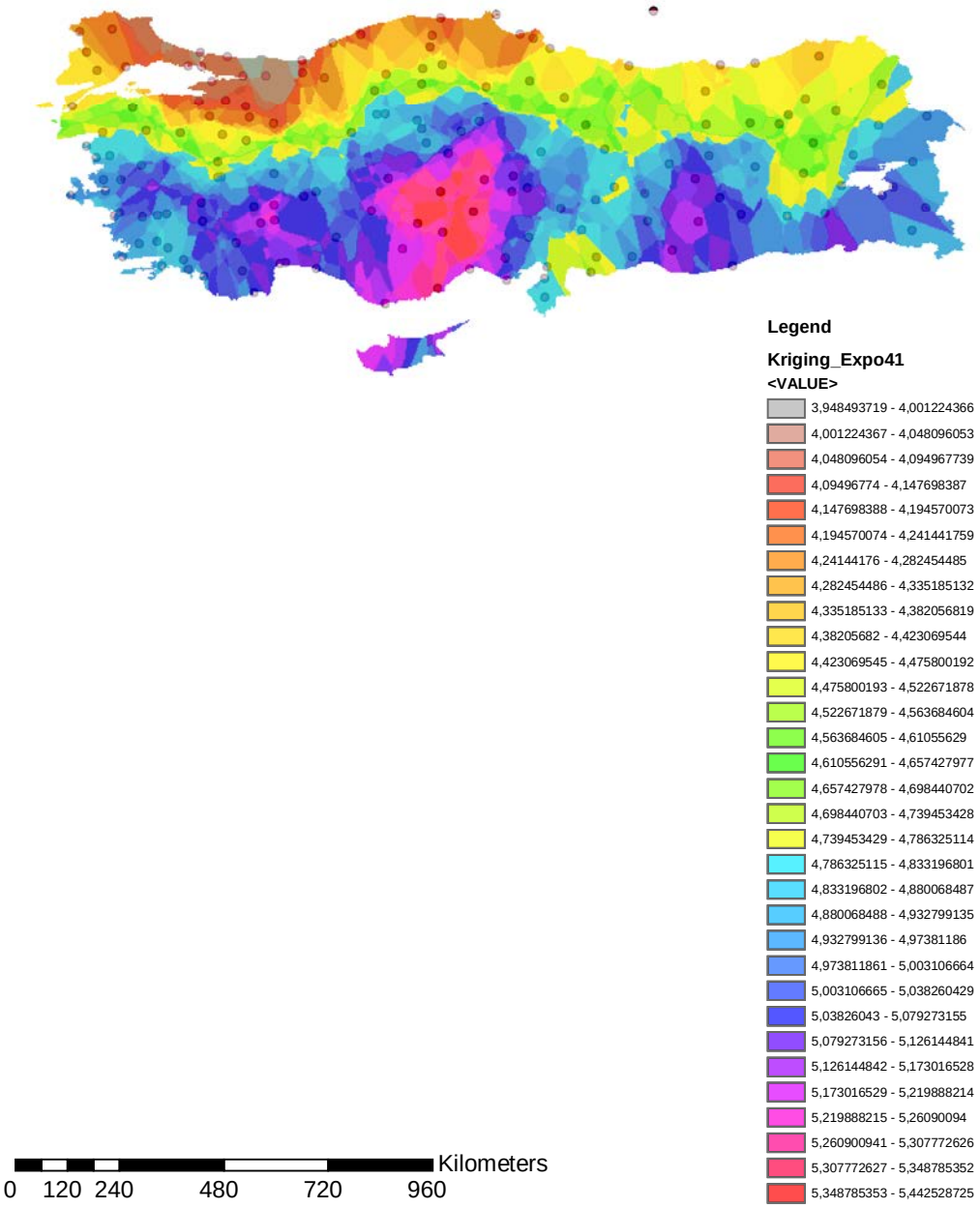
TEMMUZ AYI GÜNEŞLENME ŞİDDETİ HARİTASI



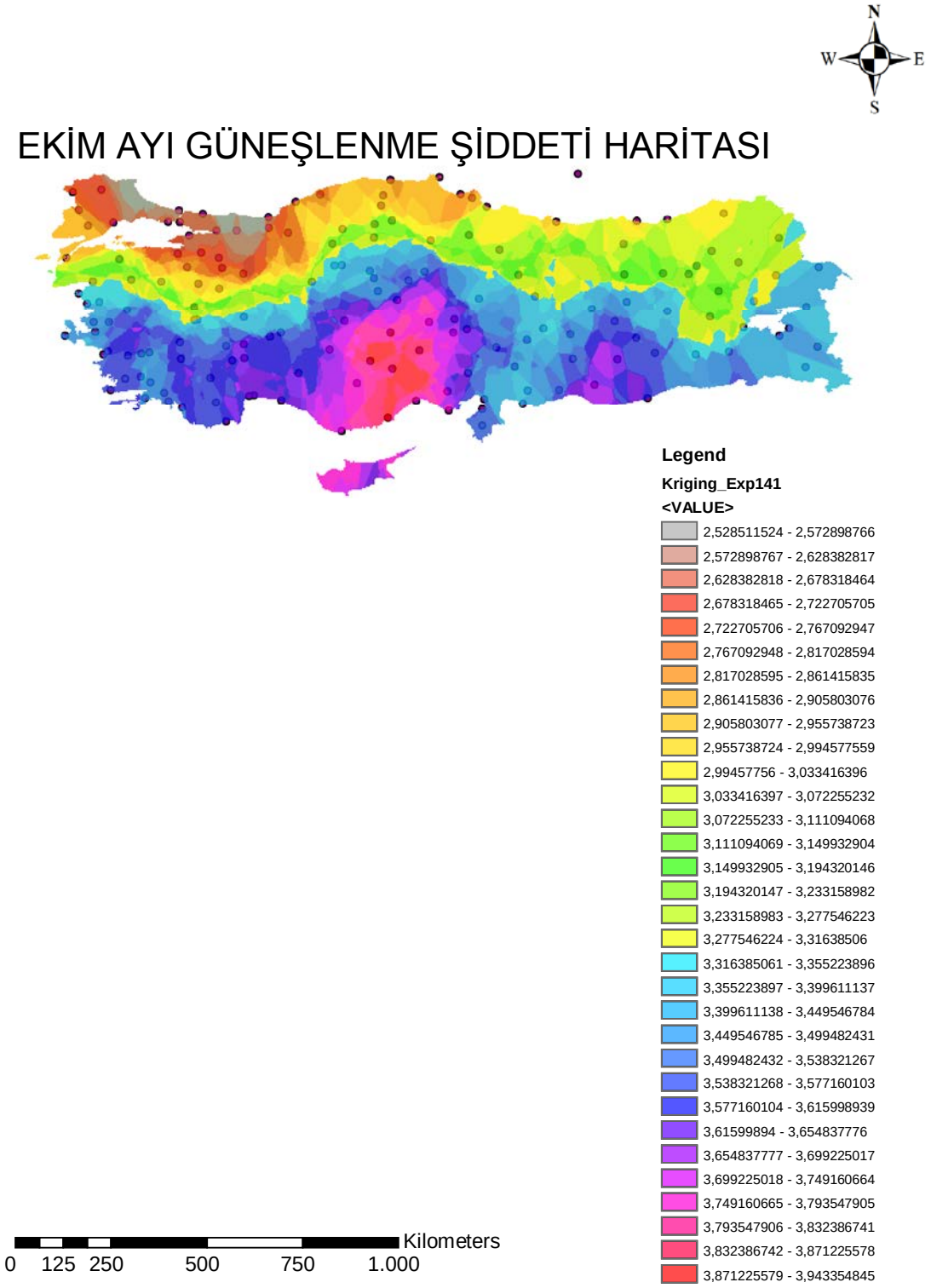
AĞUSTOS AYI GÜNEŞLENME ŞİDDETİ HARİTASI

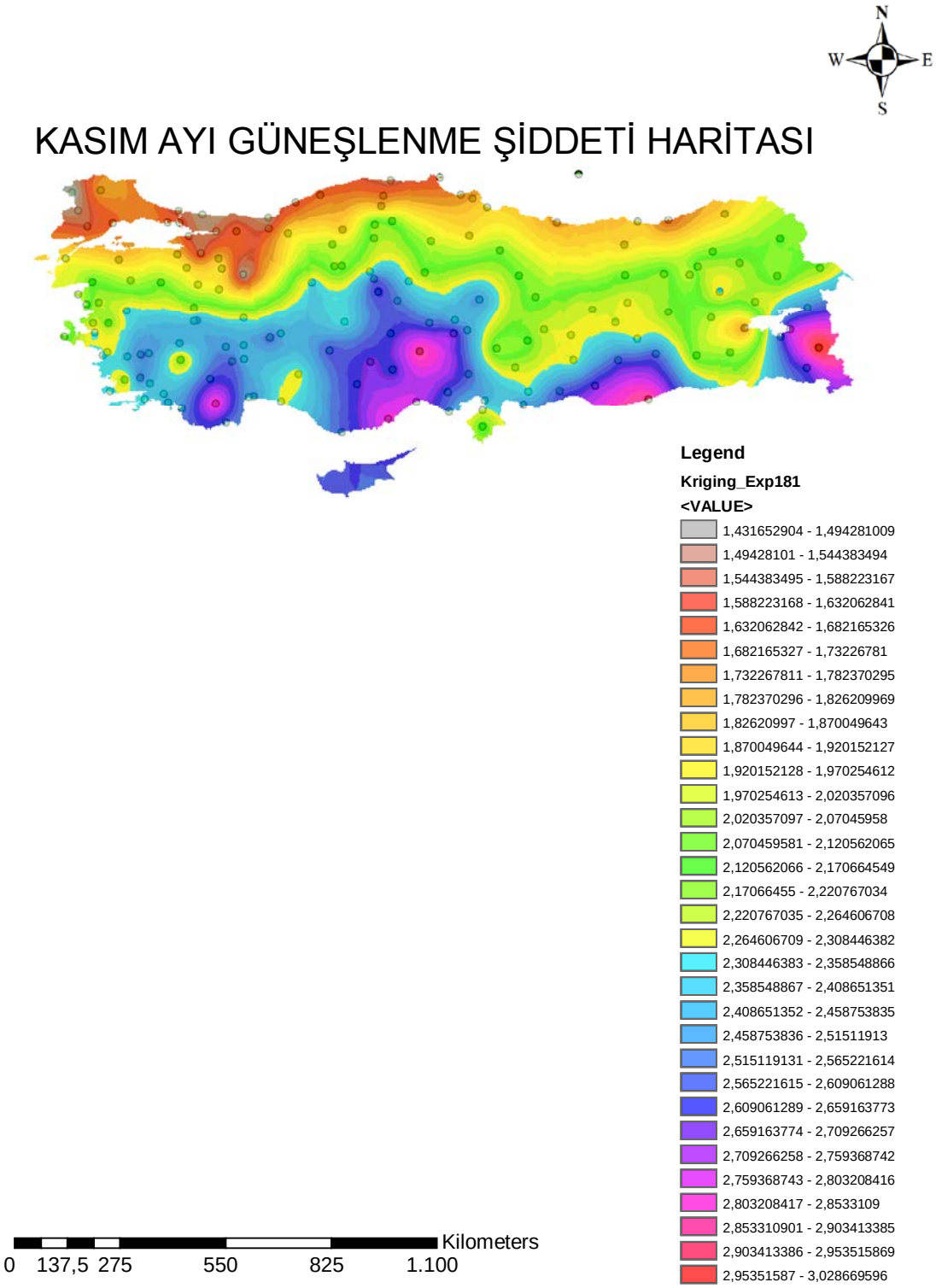


EYLÜL AYI GÜNEŞLENME ŞİDDETİ HARİTASI

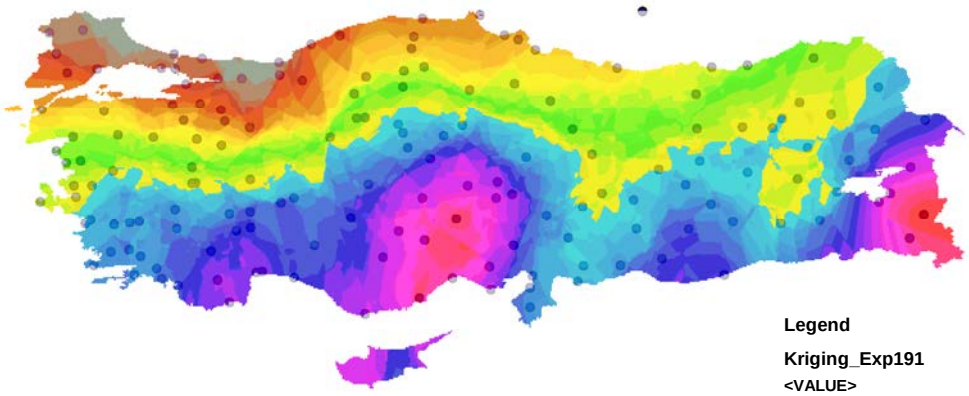


EKİM AYI GÜNEŞLENME ŞİDDETİ HARİTASI




N
W
E
S
KASIM AYI GÜNEŞLENME ŞİDDETİ HARİTASI
Legend
Kriging_Exp181
<VALUE>
1,431652904 - 1,494281009
1,49428101 - 1,544383494
1,544383495 - 1,588223167
1,588223168 - 1,632062841
1,632062842 - 1,682165326
1,682165327 - 1,73226781
1,732267811 - 1,782370295
1,782370296 - 1,826209969
1,82620997 - 1,870049643
1,870049644 - 1,920152127
1,920152128 - 1,970254612
1,970254613 - 2,020357096
2,020357097 - 2,07045958
2,070459581 - 2,120562065
2,120562066 - 2,170664549
2,17066455 - 2,220767034
2,220767035 - 2,264606708
2,264606709 - 2,308446382
2,308446383 - 2,358548866
2,358548867 - 2,408651351
2,408651352 - 2,458753835
2,458753836 - 2,51511913
2,515119131 - 2,565221614
2,565221615 - 2,609061288
2,609061289 - 2,659163773
2,659163774 - 2,709266257
2,709266258 - 2,759368742
2,759368743 - 2,803208416
2,803208417 - 2,8533109
2,853310901 - 2,903413385
2,903413386 - 2,953515869
2,95351587 - 3,028669596
Kilometers
0 137,5 275 550 825 1.100

ARALIK AYI GÜNEŞLENME ŞİDDETİ HARİTASI



Legend

Kriging_Exp191

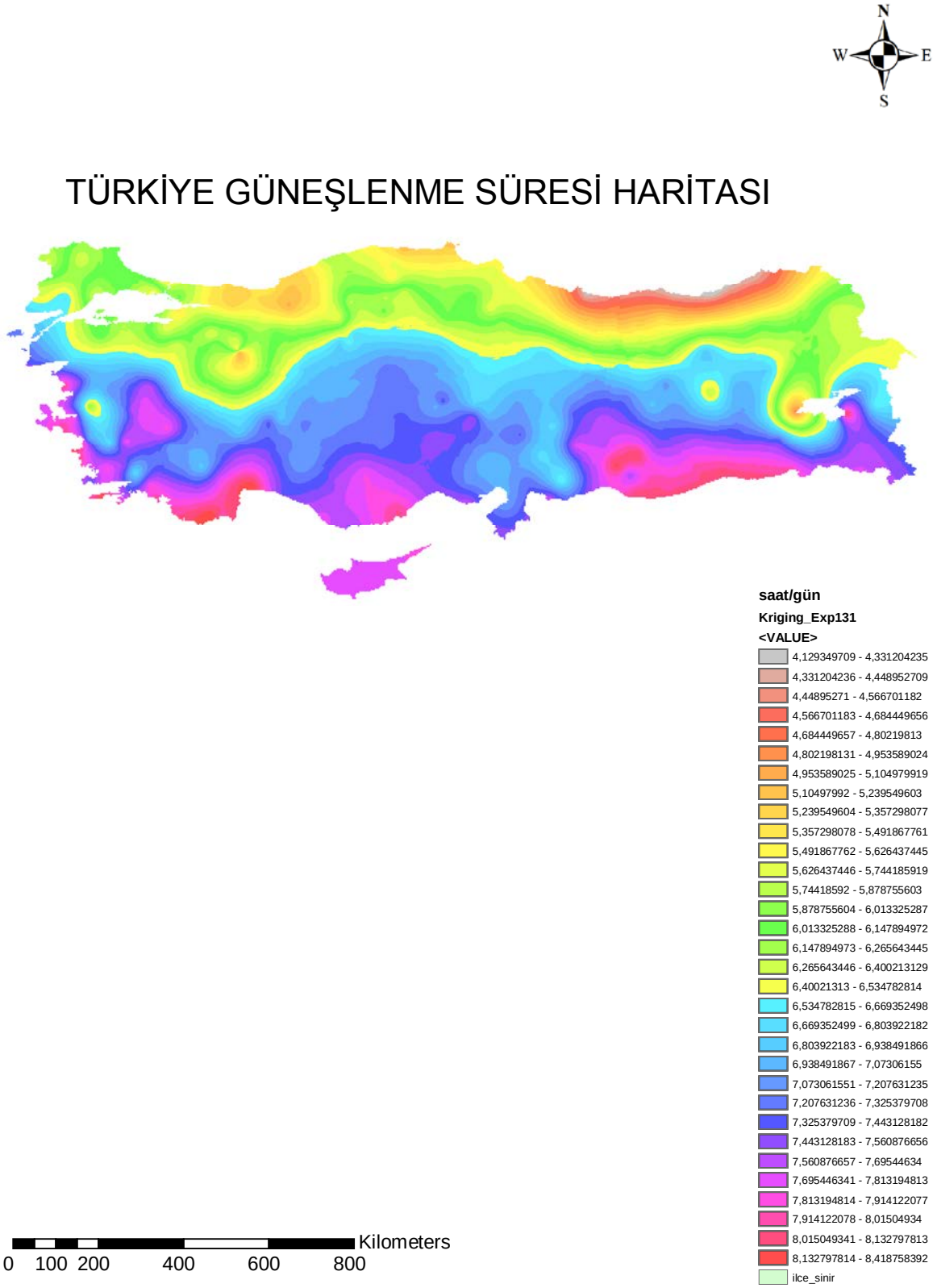
<VALUE>

- 1,096338391 - 1,127137064
- 1,127137065 - 1,154085903
- 1,154085904 - 1,184884575
- 1,184884576 - 1,215683248
- 1,215683249 - 1,246481921
- 1,246481922 - 1,277280593
- 1,277280594 - 1,308079266
- 1,308079267 - 1,338877939
- 1,33887794 - 1,369676611
- 1,369676612 - 1,400475284
- 1,400475285 - 1,431273957
- 1,431273958 - 1,46207263
- 1,462072631 - 1,492871302
- 1,492871303 - 1,523669975
- 1,523669976 - 1,554468648
- 1,554468649 - 1,58526732
- 1,585267321 - 1,616065993
- 1,616065994 - 1,646864666
- 1,646864667 - 1,677663338
- 1,677663339 - 1,704612177
- 1,704612178 - 1,73541085
- 1,735410851 - 1,766209522
- 1,766209523 - 1,800858029
- 1,80085803 - 1,831656702
- 1,831656703 - 1,862455375
- 1,862455376 - 1,893254047
- 1,893254048 - 1,92405272
- 1,924052721 - 1,958701227
- 1,958701228 - 1,989499899
- 1,9894999 - 2,016448738
- 2,016448739 - 2,043397577
- 2,043397578 - 2,078046083

Kilometers

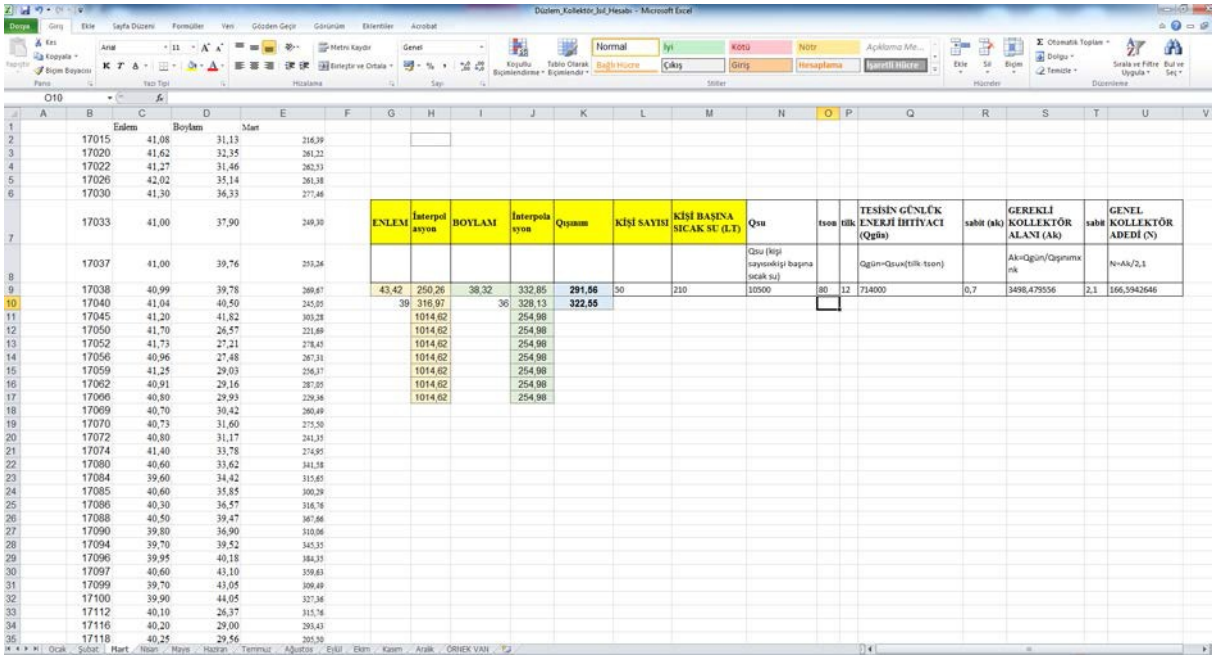
0 145 290 580 870 1.160

EK-4. ArcGIS Programıyla elde edilen güneşlenme süresi haritası



EK-5. Van Gürpınar ilçesinin aylık kollektör hesabı Excel arayüzü

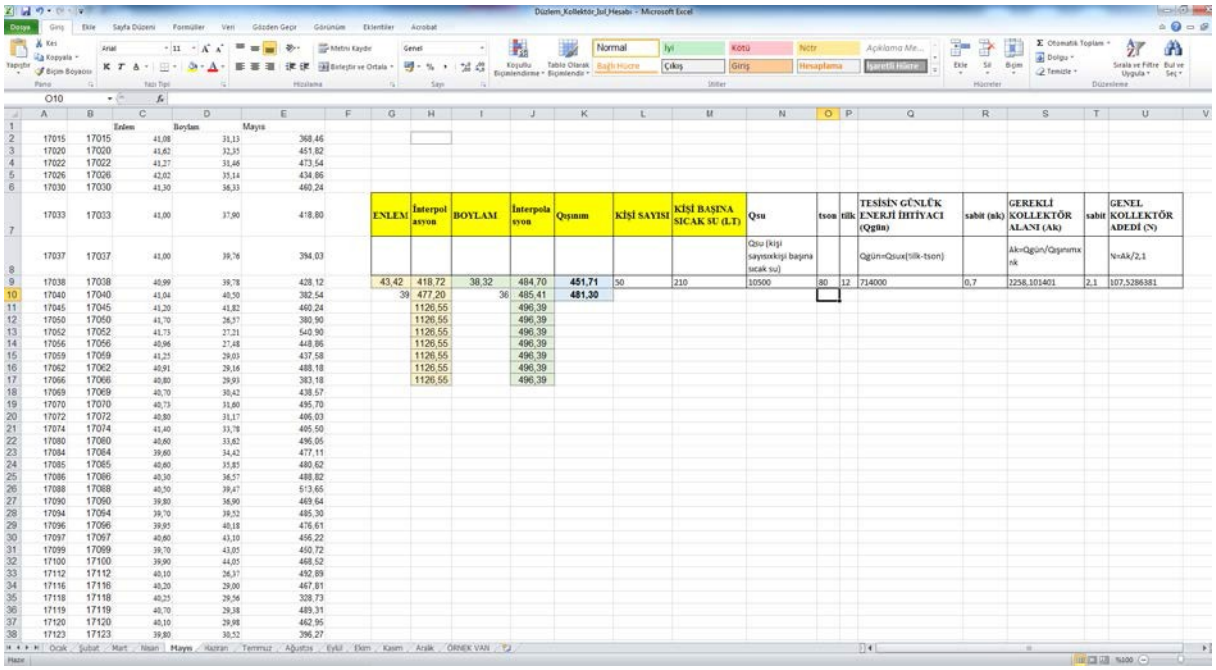
Ocak ayı için gereken kollektör adedini gösteren Excel programının arayüzü



	Enlem	Boylam	Mart
17015	41,08	31,13	216,39
17020	41,62	32,35	261,22
17022	41,27	31,46	262,53
17026	42,02	35,14	261,38
17030	41,30	36,33	277,46
17033	41,00	37,90	249,30
17037	41,00	39,76	293,24
17038	40,99	39,78	269,67
17040	41,04	40,50	245,05
17045	41,20	41,82	303,28
17050	41,70	26,57	221,69
17052	41,73	27,21	278,45
17056	40,96	27,48	267,31
17059	41,25	29,03	256,37
17062	40,91	29,16	287,05
17066	40,80	29,93	229,36
17069	40,70	30,42	260,49
17070	40,73	31,60	275,50
17072	40,80	31,17	241,35
17074	41,40	33,78	274,95
17080	40,60	33,62	341,58
17084	39,60	34,42	315,65
17085	40,60	35,85	300,29
17086	40,30	36,57	316,76
17088	40,50	39,47	367,66
17090	39,80	36,90	310,06
17094	39,70	39,52	345,35
17096	39,95	40,18	384,35
17097	40,60	43,10	359,63
17099	39,70	43,05	309,49
17100	39,90	44,05	327,36
17112	40,10	26,37	315,76
17116	40,20	29,00	293,43
17118	40,25	29,56	205,30

ENLEM	İnterpolasyon	BOYLAM	İnterpolasyon	Qışınım	KİŞİ SAYISI	KİŞİ BAŞINA SICAK SU (LT)	Qsu	tson	tilk	TESİSİN GÜNLÜK ENERJİ İHTİYACI (Qgün)	sabit (ak)	GEREKLİ KOLLEKTÖR ALANI (Ak)	sabit	GENEL KOLLEKTÖR ADEDİ (N)
							Qsu (kişi sayısı×kişi başına sıcak su)			Qgün=Qsu×(tilk-tson)		Ak=Qgün/Qışınım×nk		N=Ak/2,1
43,42	250,26	38,32	332,85	291,56	50	210	10500	80	12	714000	0,7	3498,479556	2,1	166,5942646
39	316,97	36	328,13	322,55										
	1014,62		254,98											
	1014,62		254,98											
	1014,62		254,98											
	1014,62		254,98											
	1014,62		254,98											
	1014,62		254,98											
	1014,62		254,98											
	1014,62		254,98											

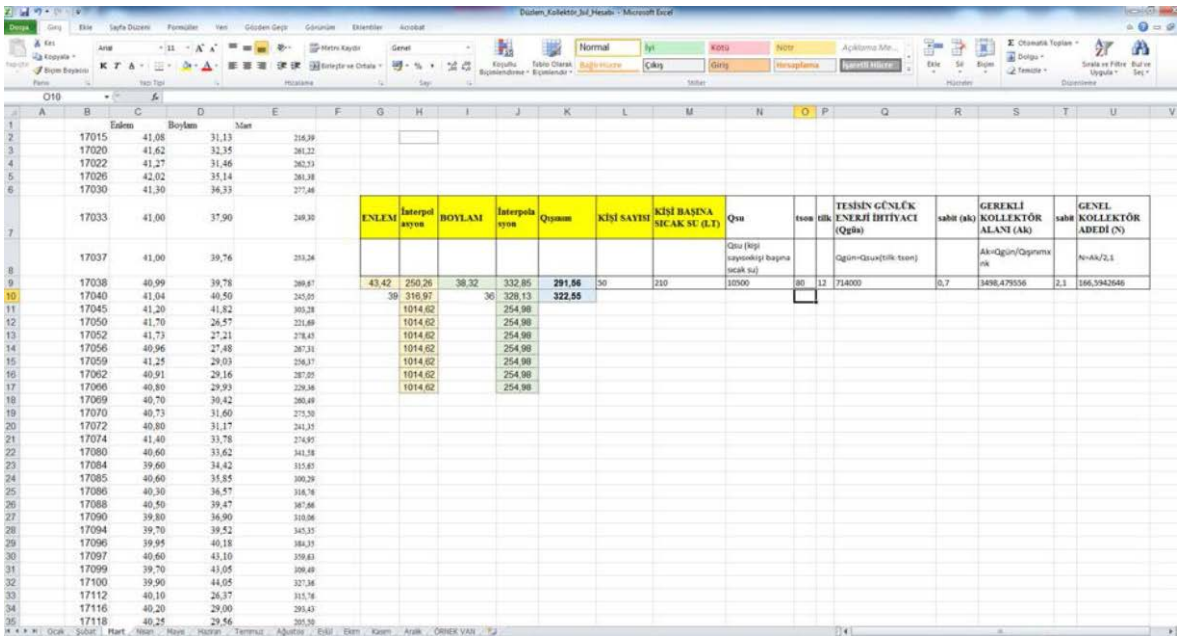
Şubat ayı için gereken kollektör adedini gösteren Excel programının arayüzü



		Enlem	Boylam	Mayıs
17015	17015	41,08	31,13	368,46
17020	17020	41,62	32,35	451,82
17022	17022	41,27	31,46	473,54
17026	17026	42,02	35,14	434,86
17030	17030	41,30	36,33	460,24
17033	17033	41,00	37,90	418,80
17037	17037	41,00	39,76	394,03
17038	17038	40,99	39,78	428,12
17040	17040	41,04	40,50	382,54
17045	17045	41,20	41,82	460,24
17050	17050	41,70	26,57	380,90
17052	17052	41,73	27,21	540,90
17056	17056	40,96	27,48	448,86
17059	17059	41,25	29,03	437,58
17062	17062	40,91	29,16	488,18
17066	17066	40,80	29,93	383,18
17069	17069	40,70	30,42	438,57
17070	17070	40,73	31,60	495,70
17072	17072	40,80	31,17	406,03
17074	17074	41,40	33,78	405,50
17080	17080	40,60	33,62	496,05
17084	17084	39,60	34,42	477,11
17085	17085	40,60	35,85	480,62
17086	17086	40,30	36,57	488,82
17088	17088	40,50	39,47	513,65
17090	17090	39,80	36,90	469,64
17094	17094	39,70	39,52	485,30
17096	17096	39,95	40,18	476,61
17097	17097	40,60	43,10	456,22
17099	17099	39,70	43,05	450,72
17100	17100	39,90	44,05	468,52
17112	17112	40,10	26,37	492,89
17116	17116	40,20	29,00	467,81
17118	17118	40,25	29,56	328,73
17119	17119	40,70	28,38	489,31
17120	17120	40,10	29,98	462,95
17123	17123	39,80	30,52	396,27

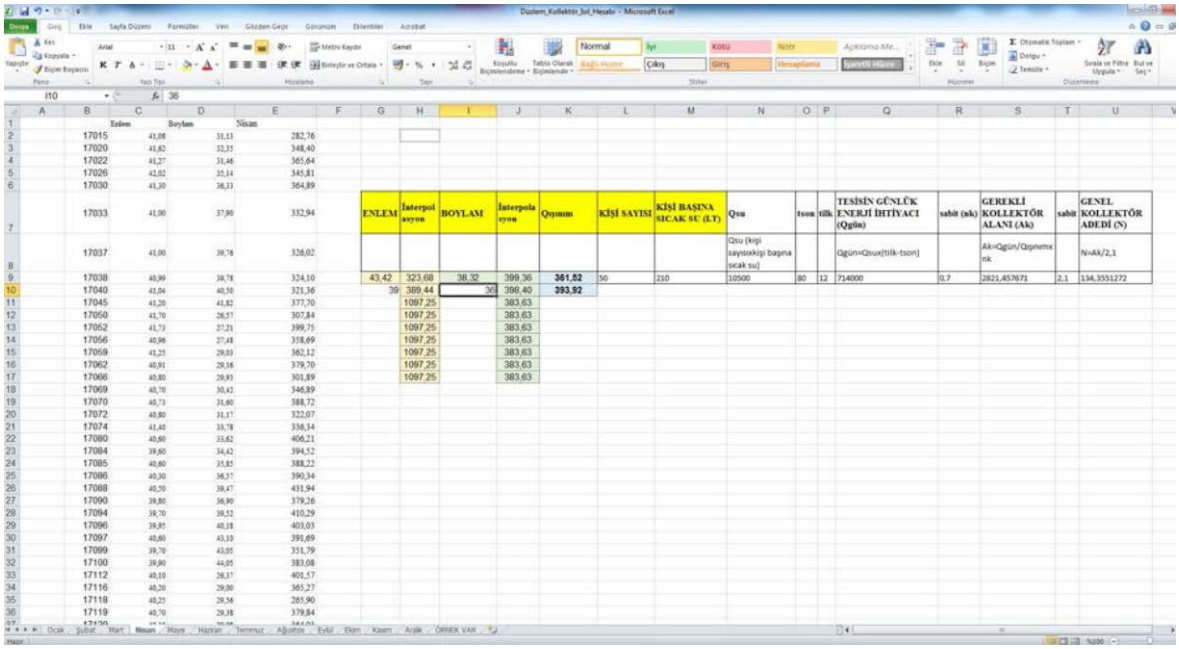
ENLEM	İnterpolasyon	BOYLAM	İnterpolasyon	Qışınım	KİŞİ SAYISI	KİŞİ BAŞINA SICAK SU (LT)	Qsu	tson	tilk	TESİSİN GÜNLÜK ENERJİ İHTİYACI (Qgün)	sabit (ak)	GEREKLİ KOLLEKTÖR ALANI (Ak)	sabit	GENEL KOLLEKTÖR ADEDİ (N)
							Qsu (kişi sayısı×kişi başına sıcak su)			Qgün=Qsu×(tilk-tson)		Ak=Qgün/Qışınım×nk		N=Ak/2,1
43,42	418,72	38,32	484,70	451,71	50	210	10500	80	12	714000	0,7	3258,101401	2,1	107,5286381
39	477,20	36	485,41	481,30										
	1126,55		496,39											
	1126,55		496,39											
	1126,55		496,39											
	1126,55		496,39											
	1126,55		496,39											
	1126,55		496,39											
	1126,55		496,39											

Mart ayı için gereken kollektör adedini gösteren Excel programının arayüzü



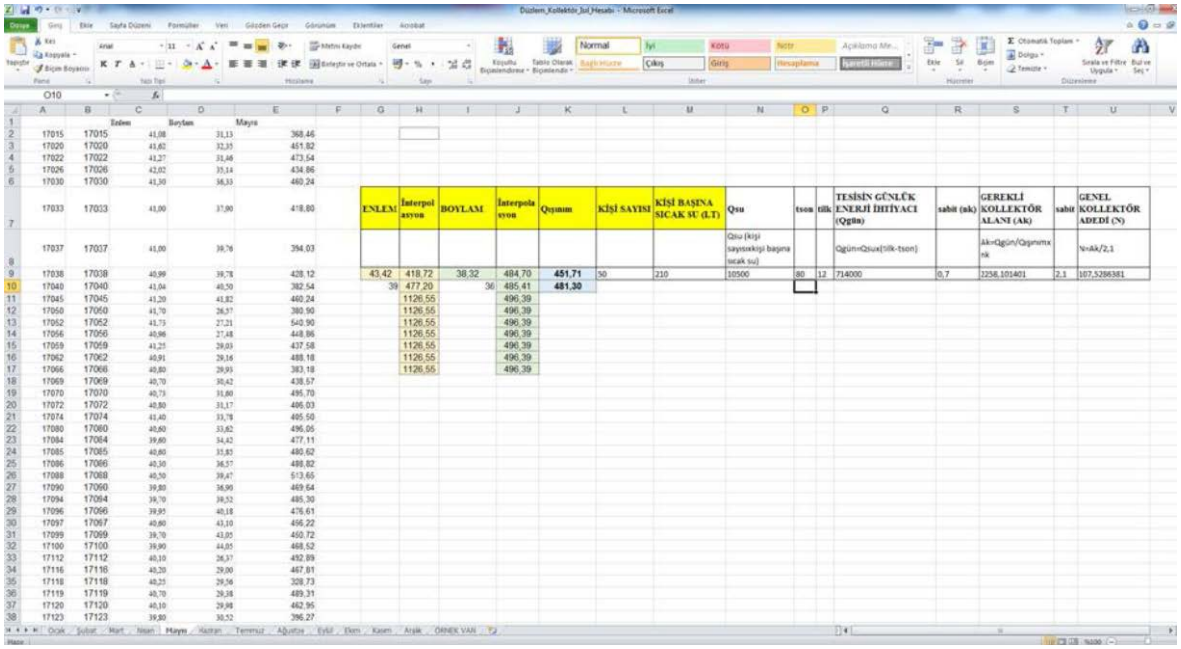
ENLEM	İnterpolasyon	BOYLAM	İnterpolasyon	Qışınım	KİŞİ SAYISI	KİŞİ BAŞINA SICAK SU (LT)	Qsu	tson	tilk	TESİSİN GÜNLÜK ENERJİ İHTİYACI (Qgün)	sabit (ak)	GEREKLİ KOLLEKTÖR ALANI (Ak)	sabit	GENEL KOLLEKTÖR ADEDİ (N)
							Qsu (kişi sayısınkişi başına sıcak su)			Qgün=Qsux(tilk-tson)		Ak=Qgün/Qışınımxnk		N=Ak/2,1
43,42	250,26	38,32	332,85	**291,56**	50	210	10500	80	12	714000	0,7	3498,479556	2,1	166,5942646
39	316,97	36	328,13	**322,55**										
	1014,62		254,98											
	1014,62		254,98											
	1014,62		254,98											
	1014,62		254,98											
	1014,62		254,98											
	1014,62		254,98											
	1014,62		254,98											

Nisan ayı için gereken kollektör adedini gösteren Excel programının arayüzü



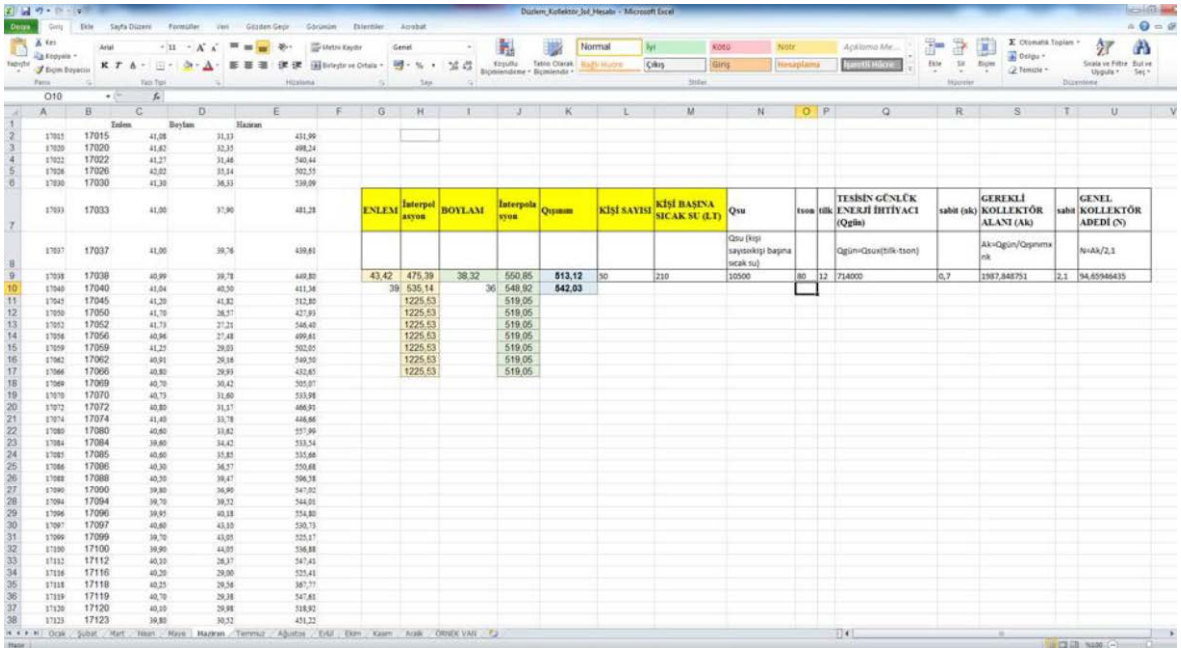
ENLEM	İnterpolasyon	BOYLAM	İnterpolasyon	Qışınım	KİŞİ SAYISI	KİŞİ BAŞINA SICAK SU (LT)	Qsu	tson	tilk	TESİSİN GÜNLÜK ENERJİ İHTİYACI (Qgün)	sabit (ak)	GEREKLİ KOLLEKTÖR ALANI (Ak)	sabit	GENEL KOLLEKTÖR ADEDİ (N)
							Qsu (kişi sayısınkişi başına sıcak su)			Qgün=Qsux(tilk-tson)		Ak=Qgün/Qışınımxnk		N=Ak/2,1
43,42	323,68	38,32	399,36	**361,52**	50	210	10500	80	12	714000	0,7	2821,457671	2,1	134,3551272
39	389,44	36	398,40	**393,92**										
	1097,25		383,63											
	1097,25		383,63											
	1097,25		383,63											
	1097,25		383,63											
	1097,25		383,63											
	1097,25		383,63											
	1097,25		383,63											

Mayıs ayı için gereken kollektör adedini gösteren Excel programının arayüzü



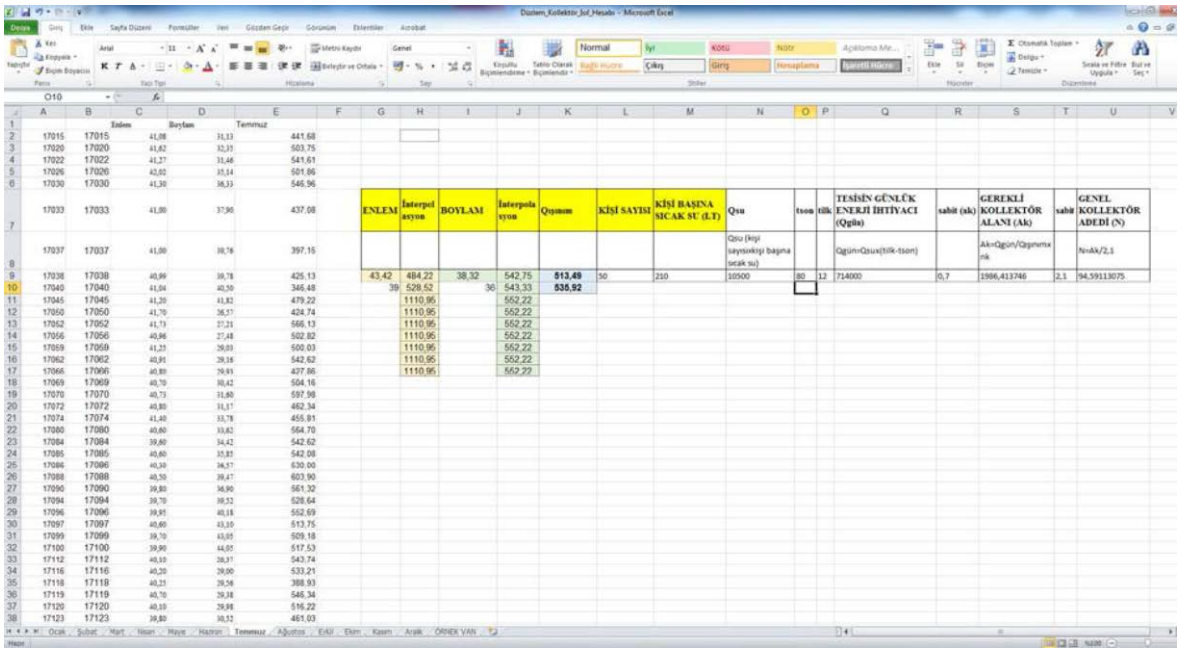
ENLEM	İnterpolasyon	BOYLAM	İnterpolasyon	Qşınım	KİŞİ SAYISI	KİŞİ BAŞINA SICAK SU (LT)	Qsu	tson	tilk	TESİSİN GÜNLÜK ENERJİ İHTİYACI (Qgün)	sabit (nk)	GEREKLİ KOLLEKTÖR ALANI (Ak)	sabit	GENEL KOLLEKTÖR ADEDİ (N)
							Qsu (kişi sayısınkişi başına sıcak su)			Qgün=Qsux(tilk-tson)		Ak=Qgün/Qşınımxnk		N=Ak/2,1
43,42	418,72	38,32	484,70	451,71	50	210	10500	80	12	714000	0,7	1258,101401	2,1	107,5286381
39	477,20	36	485,41	481,30										
	1126,55		496,39											
	1126,55		496,39											
	1126,55		496,39											
	1126,55		496,39											
	1126,55		496,39											
	1126,55		496,39											
	1126,55		496,39											

Haziran ayı için gereken kollektör adedini gösteren Excel programının arayüzü



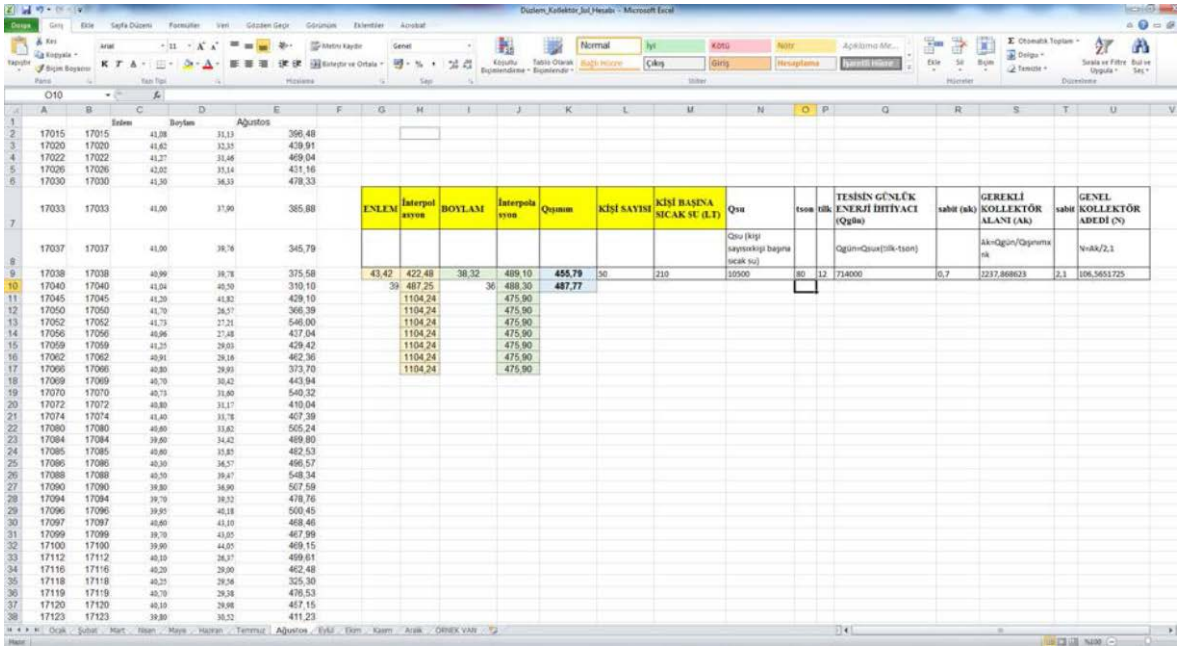
ENLEM	İnterpolasyon	BOYLAM	İnterpolasyon	Qşınım	KİŞİ SAYISI	KİŞİ BAŞINA SICAK SU (LT)	Qsu	tson	tilk	TESİSİN GÜNLÜK ENERJİ İHTİYACI (Qgün)	sabit (nk)	GEREKLİ KOLLEKTÖR ALANI (Ak)	sabit	GENEL KOLLEKTÖR ADEDİ (N)
							Qsu (kişi sayısınkişi başına sıcak su)			Qgün=Qsux(tilk-tson)		Ak=Qgün/Qşınımxnk		N=Ak/2,1
43,42	475,39	38,32	550,85	513,12	50	210	10500	80	12	714000	0,7	1387,848751	2,1	94,65946435
39	535,14	36	548,92	542,03										
	1225,53		519,05											
	1225,53		519,05											
	1225,53		519,05											
	1225,53		519,05											
	1225,53		519,05											
	1225,53		519,05											
	1225,53		519,05											

Temmuz ayı için gereken kollektör adedini gösteren Excel programının arayüzü



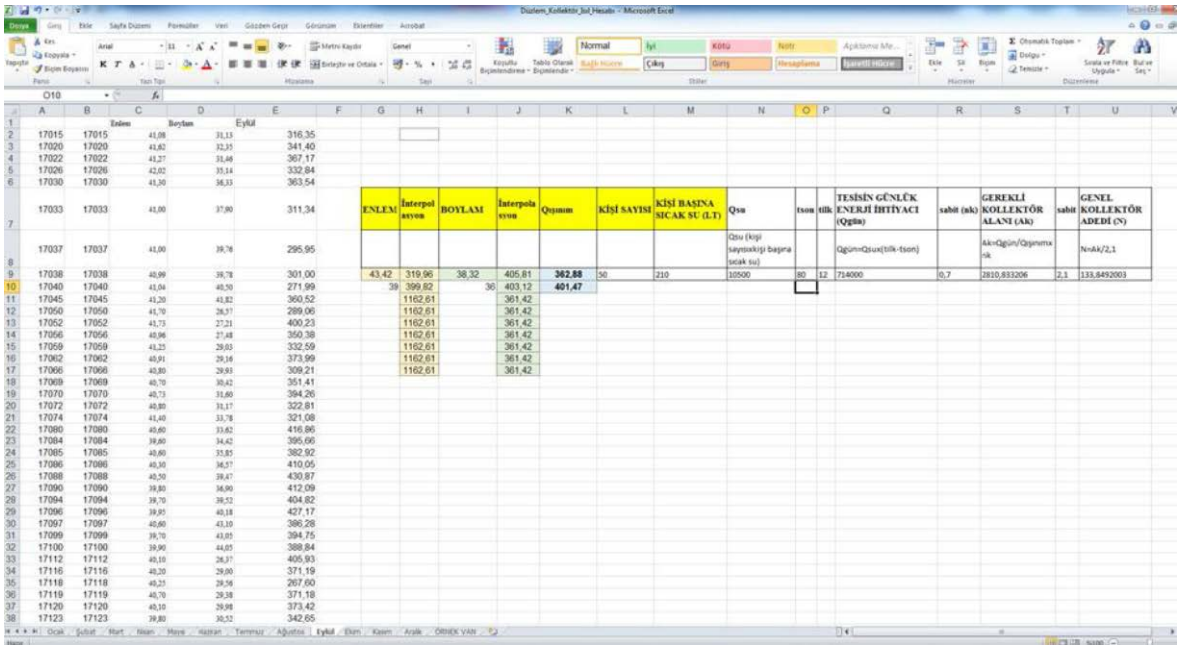
ENLEM	İnterpolasyon	BOYLAM	İnterpolasyon	Qışınım	KİŞİ SAYISI	KİŞİ BAŞINA SICAK SU (LT)	Qsu	tson	tilk	TESİSİN GÜNLÜK ENERJİ İHTİYACI (Qgün)	sabit (ak)	GEREKLİ KOLLEKTÖR ALANI (Ak)	sabit	GENEL KOLLEKTÖR ADEDİ (N)
							Qsu (kişi sayısıkişi başına sıcak su)			Qgün=Qsux(tilk-tson)		Ak=Qgün/Qgnxmxnk		N=Ak/2,1
43,42	484,22	38,32	542,75	**513,49**	50	210	10500	80	12	714000	0,7	1986,413746	2,1	94,59113075
39	528,52	36	543,33	**535,92**										
	1110,95		552,22											
	1110,95		552,22											
	1110,95		552,22											
	1110,95		552,22											
	1110,95		552,22											
	1110,95		552,22											
	1110,95		552,22											

Ağustos ayı için gereken kollektör adedini gösteren Excel programının arayüzü



ENLEM	İnterpolasyon	BOYLAM	İnterpolasyon	Qışınım	KİŞİ SAYISI	KİŞİ BAŞINA SICAK SU (LT)	Qsu	tson	tilk	TESİSİN GÜNLÜK ENERJİ İHTİYACI (Qgün)	sabit (ak)	GEREKLİ KOLLEKTÖR ALANI (Ak)	sabit	GENEL KOLLEKTÖR ADEDİ (N)
							Qsu (kişi sayısıkişi başına sıcak su)			Qgün=Qsux(tilk-tson)		Ak=Qgün/Qgnxmxnk		N=Ak/2,1
43,42	422,48	38,32	489,10	**455,79**	50	210	10500	80	12	714000	0,7	2237,868623	2,1	106,5651725
39	487,25	36	488,30	**487,77**										
	1104,24		475,90											
	1104,24		475,90											
	1104,24		475,90											
	1104,24		475,90											
	1104,24		475,90											
	1104,24		475,90											
	1104,24		475,90											

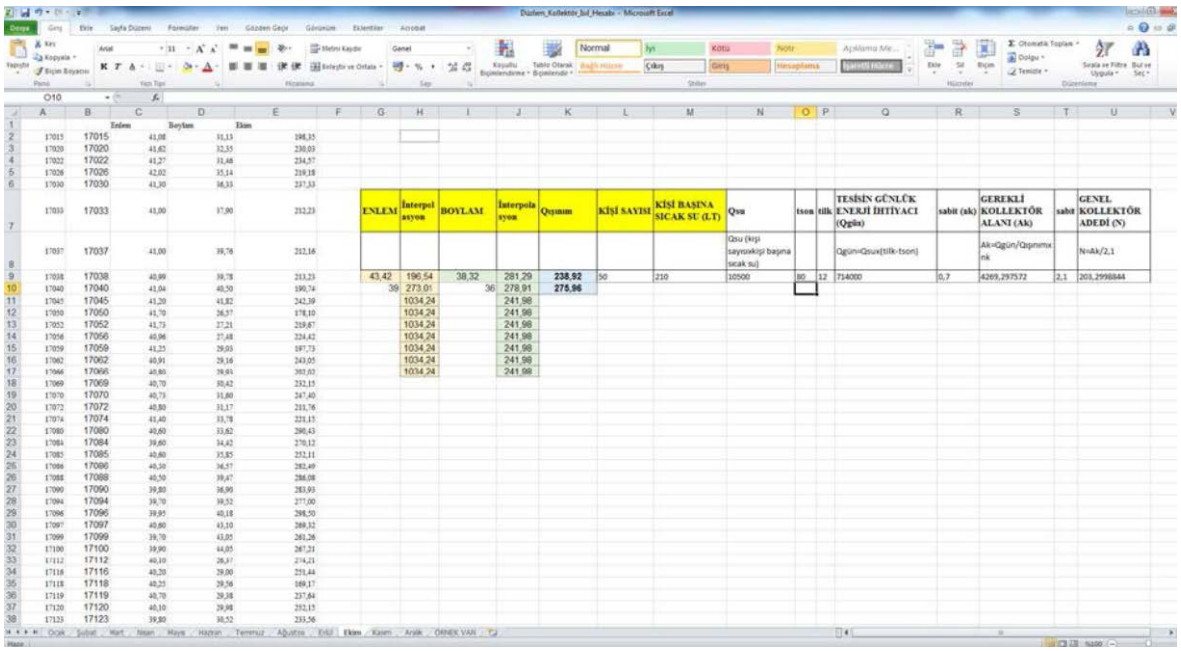
Eylül ayı için gereken kollektör adedini gösteren Excel programının arayüzü



	A	B	C	D	E
1		Enlem		Boylam	Eylül
2	17015	17015	41,08	31,13	316,35
3	17020	17020	41,62	32,35	341,40
4	17022	17022	41,27	31,48	367,17
5	17026	17026	42,02	35,14	332,84
6	17030	17030	41,30	36,33	363,54
7	17033	17033	41,00	37,80	311,34
8	17037	17037	41,00	39,78	295,95
9	17038	17038	40,99	39,78	301,00
10	17040	17040	41,04	40,50	271,99
11	17045	17045	41,20	41,82	360,52
12	17050	17050	41,70	26,57	289,06
13	17052	17052	41,73	27,21	400,23
14	17056	17056	40,96	27,48	350,38
15	17059	17059	41,25	29,03	332,59
16	17062	17062	40,91	29,16	373,99
17	17066	17066	40,80	29,93	309,21
18	17069	17069	40,70	30,42	351,41
19	17070	17070	40,73	31,60	394,26
20	17072	17072	40,80	31,17	322,81
21	17074	17074	41,40	33,78	321,08
22	17080	17080	40,60	33,62	416,86
23	17084	17084	39,60	34,42	395,06
24	17085	17085	40,60	35,85	382,92
25	17086	17086	40,30	36,57	410,05
26	17088	17088	40,50	39,47	430,87
27	17090	17090	39,80	36,90	412,09
28	17094	17094	39,70	39,52	404,82
29	17096	17096	39,95	40,18	427,17
30	17097	17097	40,60	43,10	386,28
31	17099	17099	39,70	43,05	394,75
32	17100	17100	39,90	44,05	388,84
33	17112	17112	40,10	26,57	405,93
34	17116	17116	40,20	29,00	371,19
35	17118	17118	40,25	29,56	267,60
36	17119	17119	40,70	29,38	371,18
37	17120	17120	40,10	29,98	373,42
38	17123	17123	39,80	30,52	342,65

	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
7	ENLEM	İnterpolasyon	BOYLAM	İnterpolasyon	Qışınım	KİŞİ SAYISI	KİŞİ BAŞINA SICAK SU (LT)	Qsu	tson	tilk	TESİSİN GÜNLÜK ENERJİ İHTİYACI (Qgün)	sabit (ak)	GEREKLİ KOLLEKTÖR ALANI (Ak)	sabit	GENEL KOLLEKTÖR ADEDİ (N)
8								Qsu (kişi sayısı x kişi başına sıcak su)			Qgün=Qsu x (tilk-tson)		Ak=Qgün/Qışınım x rk		N=Ak/2,1
9	43,42	319,96	38,32	405,81	**362,88**	50	210	10500	80	12	714000	0,7	2810,833206	2,1	133,8492003
10	39	399,82	36	403,12	**401,47**										
11		1162,61		361,42											
12		1162,61		361,42											
13		1162,61		361,42											
14		1162,61		361,42											
15		1162,61		361,42											
16		1162,61		361,42											
17		1162,61		361,42											

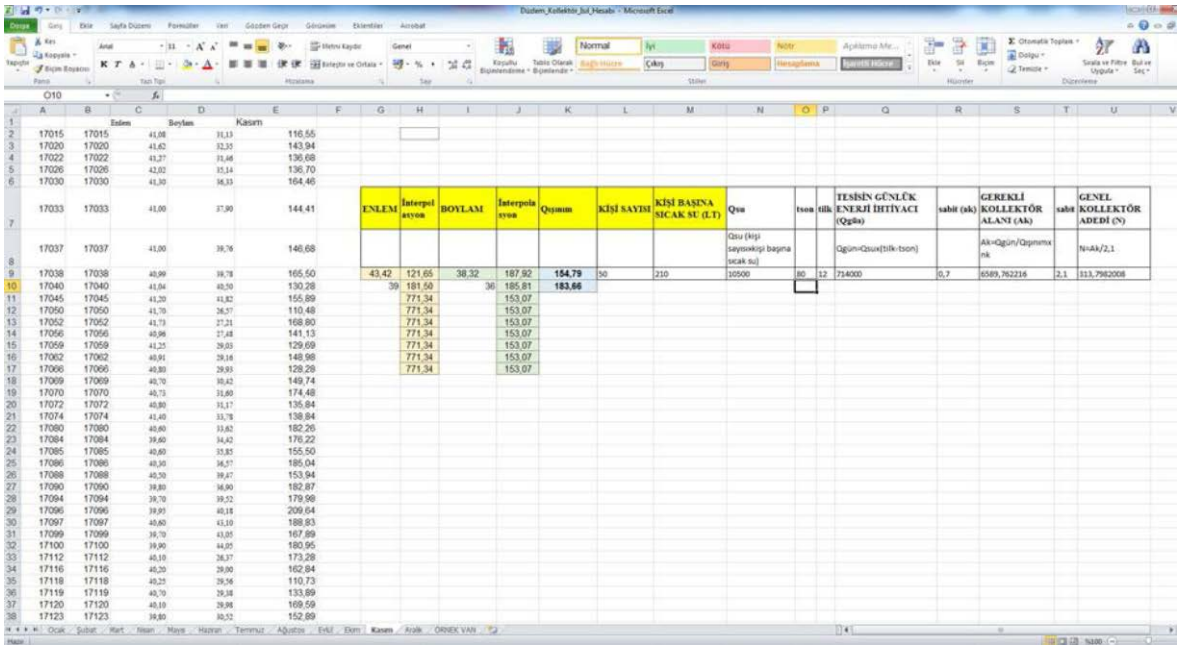
Ekim ayı için gereken kollektör adedini gösteren Excel programının arayüzü



	A	B	C	D	E
1		Enlem		Boylam	Ekim
2	17015	17015	41,08	31,13	198,35
3	17020	17020	41,62	32,35	230,03
4	17022	17022	41,27	31,48	234,57
5	17026	17026	42,02	35,14	219,18
6	17030	17030	41,30	36,33	237,33
7	17033	17033	41,00	37,80	212,23
8	17037	17037	41,00	39,78	212,16
9	17038	17038	40,99	39,78	213,23
10	17040	17040	41,04	40,50	190,74
11	17045	17045	41,20	41,82	242,39
12	17050	17050	41,70	26,57	178,10
13	17052	17052	41,73	27,21	259,87
14	17056	17056	40,96	27,48	224,42
15	17059	17059	41,25	29,03	197,73
16	17062	17062	40,91	29,16	243,05
17	17066	17066	40,80	29,93	202,03
18	17069	17069	40,70	30,42	232,15
19	17070	17070	40,73	31,60	247,40
20	17072	17072	40,80	31,17	213,78
21	17074	17074	41,40	33,78	221,15
22	17080	17080	40,60	33,62	290,43
23	17084	17084	39,60	34,42	270,12
24	17085	17085	40,60	35,85	252,11
25	17086	17086	40,30	36,57	282,49
26	17088	17088	40,50	39,47	286,08
27	17090	17090	39,80	36,90	283,93
28	17094	17094	39,70	39,52	277,00
29	17096	17096	39,95	40,18	298,50
30	17097	17097	40,60	43,10	269,32
31	17099	17099	39,70	43,05	261,26
32	17100	17100	39,90	44,05	267,21
33	17112	17112	40,10	26,57	274,23
34	17116	17116	40,20	29,00	251,44
35	17118	17118	40,25	29,56	189,17
36	17119	17119	40,70	29,38	237,64
37	17120	17120	40,10	29,98	232,15
38	17123	17123	39,80	30,52	233,56

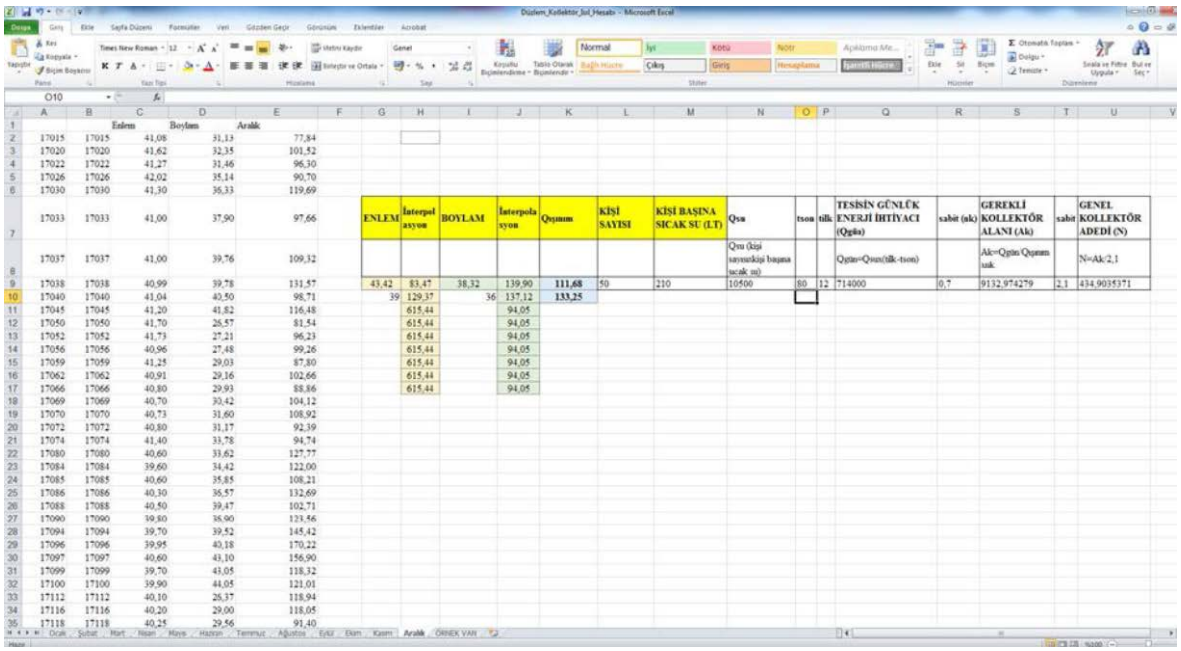
	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
7	ENLEM	İnterpolasyon	BOYLAM	İnterpolasyon	Qışınım	KİŞİ SAYISI	KİŞİ BAŞINA SICAK SU (LT)	Qsu	tson	tilk	TESİSİN GÜNLÜK ENERJİ İHTİYACI (Qgün)	sabit (ak)	GEREKLİ KOLLEKTÖR ALANI (Ak)	sabit	GENEL KOLLEKTÖR ADEDİ (N)
8								Qsu (kişi sayısı x kişi başına sıcak su)			Qgün=Qsu x (tilk-tson)		Ak=Qgün/Qışınım x rk		N=Ak/2,1
9	43,42	196,54	38,32	281,29	**238,92**	50	210	10500	80	12	714000	0,7	4269,297572	2,1	203,2998844
10	39	273,01	36	278,91	**275,96**										
11		1034,24		241,98											
12		1034,24		241,98											
13		1034,24		241,98											
14		1034,24		241,98											
15		1034,24		241,98											
16		1034,24		241,98											
17		1034,24		241,98											

Kasım ayı için gereken kollektör adedini gösteren Excel programının arayüzü



ENLEM	İnterpolasyon	BOYLAM	İnterpolasyon	Qışınım	KİŞİ SAYISI	KİŞİ BAŞINA SICAK SU (LT)	Qsu	tson	tilk	TESİSİN GÜNLÜK ENERJİ İHTİYACI (Qgün)	sabit (ak)	GEREKLİ KOLLEKTÖR ALANI (Ak)	sabit	GENEL KOLLEKTÖR ADEDİ (N)
							Qsu (kişi sayısı×kişi başına sıcak su)			Qgün=Qsu×(tilk-tson)		Ak=Qgün/Qışınım×nk		N=Ak/2,1
43,42	121,65	38,32	187,92	154,79	50	210	10500	80	12	714000	0,7	6589,762216	2,1	313,7962008
39	181,50	36	185,81	183,66										
	771,34		153,07											
	771,34		153,07											
	771,34		153,07											
	771,34		153,07											
	771,34		153,07											
	771,34		153,07											
	771,34		153,07											

Aralık ayı için gereken kollektör adedini gösteren Excel programının arayüzü



ENLEM	İnterpolasyon	BOYLAM	İnterpolasyon	Qışınım	KİŞİ SAYISI	KİŞİ BAŞINA SICAK SU (LT)	Qsu	tson	tilk	TESİSİN GÜNLÜK ENERJİ İHTİYACI (Qgün)	sabit (ak)	GEREKLİ KOLLEKTÖR ALANI (Ak)	sabit	GENEL KOLLEKTÖR ADEDİ (N)
							Qsu (kişi sayısı×kişi başına sıcak su)			Qgün=Qsu×(tilk-tson)		Ak=Qgün/Qışınım×nk		N=Ak/2,1
43,42	83,47	38,32	139,90	111,68	50	210	10500	80	12	714000	0,7	9132,974279	2,1	434,9035371
39	129,37	36	137,12	133,25										
	615,44		94,05											
	615,44		94,05											
	615,44		94,05											
	615,44		94,05											
	615,44		94,05											
	615,44		94,05											
	615,44		94,05											

EK-6. Bu çalışmada kullanılan Kollektörün Özellikleri ve Hesaplama Yöntemleri

Kollektör tipi, STANDARTLİNEL

Özellikler: Standart olarak temperli camdır. Sellektif yüzeyli paneller düşük demir oksitli camlıdır. UV ışınlara dayanıklı EPDM conta ve fitiller Elektrostatik toz boyalı kası ve cıta shring ambalajlı. Alüminyum folyo kaplı Monoblok Poliüretan izolasyon

• Otomatik makinede yıkanmış cam.

• Panel Cinsi

• XBS 11(Bakır boru-Bakır kanatlı-Selektif yüzeyli 11 borulu)

Teknik özellikleri

• Ebat; 1215x1906 mm

• Sıvı Kapasitesi, 4,7 lt.

• Test basıncı; 9 Bar

• Çalışma basıncı; 6 Bar

Proje kabulleri

• Kollektör verimi sabit η= % 70 alındı

• Kollektör eğimi yıl boyunca sbt alındı

• Pompa verimi η=% 70 alındı

• Boru sürtünme dirençleri toplam % 15 alındı.

• Bina yüksekliği 40m metre alındı

• Depolama tankı hesabında 1 m^2 kollektör alanı için 60 lt alındı

• Kullanılan kollektör XBS 11(Bakır boru-Bakır kanatlı-selektör yüzeyi 11 borulu)

• Bir adet kollektör alanı 2,1 m^2 alındı

• Pompa debisi hesabında 1m2kollektör için 60 lt alındı

• Genleşme deposu hesabında kollektör başına 3 lt alındı

Hesap Yöntem:

Çalışmada sıcak suyun temini için kullanılan yöntem şu şekildedir:

• Tesisin toplam sıcak su ihtiyacı (Qsu) (lt/gün)

Qsu = Kişi sayısı x kişi başına sıcak su

• Tesisin günlük enerji ihtiyacı (Qgün) (lıCul/gün)

Q gün= Qsu (tis-tşep)

• Toplam gerekli kollektör alanı (Ak)

Ak = Qgün/(Qışınım x*η*)

• Genel kollektör adedi (N)

N= Ak/Akol

Tüm bu kabullere göre excel programında yapılan makro işlevi ile enlem ve boylamı verilen bir bölgede sıcak su elde etmek veya kızgın buhar elde etmek için yukardaki özelliklere sahip olan kollektörden kaç adet kullanılması gerektiği hesaplanmaya çalışılmıştır.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı	: ARSLAN, Erhan
Uyruğu	: T.C.
Doğum tarihi ve yeri	: 1985, Diyarbakır
Telefon :	: 0531 741 22 62
Faks	: 0312 302 25 33
e-mail	: erhana1985@gmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	İstanbul Teknik Üniversitesi /Meteoroloji Müh.	2011
Lise	Birlik Lisesi	2003

İş Deneyimi

Yıl	Çalıştığı Yer	Görev
2010	Atatürk Havalimanı	Stajyer
2010	Devlet Su işleri	Stajyer
2010	THY Teknik	Stajyer
2011	Esenboğa Havalimanı	Mühendis
2011	Meteoroloji Genel Müdürlüğü (Halen)	Mühendis

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Paraşütle atlayış, bağlama çalmak, tarihi yerleri ziyaret etmek.

GAZİ GELECEKTİR...