



T.C.
MUŞ ALPARSLAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MUŞ İLİNDE GÜNEŞ ENERJİSİ
POTANSİYELİNİN ANALİTİK HİYERARŞİ
SÜRECİ YÖNTEMİ (AHP) İLE
BELİRLENMESİ

Mahmut ÖZÇELİK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Nükleer Enerji ve Enerji Sistemleri Anabilim
Dalı

Mart-2022
MUŞ
Her Hakkı Saklıdır



T.C.
MUŞ ALPARSLAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MUŞ İLİNDE GÜNEŞ ENERJİSİ
POTANSİYELİNİN ANALİTİK HİYERARŞİ
SÜRECİ YÖNTEMİ (AHP) İLE
BELİRLENMESİ**

Mahmut ÖZÇELİK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Nükleer Enerji ve Enerji Sistemleri Anabilim
Dalı**

Danışman: Dr. Öğretim Üyesi Ömer ARSLAN
İkinci Danışman: Dr. Öğretim Üyesi İskender DÖLEK

Mart-2022
MUŞ
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL ve ONAYI

Mahmut ÖZÇELİK tarafından hazırlanan “Muş İlinde Güneş Enerjisi Potansiyelinin Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemi (AHP) ile Belirlenmesi” adlı tez çalışması 10/03/2022 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Nükleer Enerji ve Enerji Sistemleri Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Doç. Dr. Esen DURMUŞ
Fırat Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi,
Coğrafya Bölümü

.....

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Ömer ARSLAN
Muş Alparslan Üniversitesi,
Mühendislik-Mimarlık Fakültesi,
Makine Mühendisliği Bölümü

.....

Üye

Dr. Öğr. Üyesi İskender DÖLEK
Muş Alparslan Üniversitesi,
Türkçe Eğitimi ve Sosyal Bilimler Bölümü

.....

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Selman ASLAN
Muş Alparslan Üniversitesi,
Teknik Bilimler MYO,
Ulaştırma Hizmetleri Bölümü

.....

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Hasan Ali AYGÖR
Muş Alparslan Üniversitesi,
Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü

.....

Yukarıdaki sonuç;
Enstitü Yönetim Kurulu/...../..... Tarih ve/..... nolu kararı
ile onaylanmıştır.

Bu tez çalışması Muş Alparslan Üniversitesi BAP birimi tarafından BAP-21-
MMF-4902-01 nolu proje ile desteklenmiştir.

Dr. Öğr. Üyesi İskender DÖLEK bu tez çalışmasının ikinci danışmanıdır.

Doç. Dr. Sedat BOZARI
FBE Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Mahmut ÖZÇELİK

10.03.2022

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MUŞ İLİNDE GÜNEŞ ENERJİSİ POTANSİYELİNİN ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ YÖNTEMİ (AHP) İLE BELİRLENMESİ

Mahmut ÖZÇELİK

**Muş Alparslan Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Nükleer Enerji ve Enerji Sistemleri Anabilim Dalı**

**Danışman: Dr. Öğretim Üyesi Ömer ARSLAN
İkinci Danışman: Dr. Öğretim Üyesi İskender DÖLEK**

Günümüzde fosil yakıtların neden olduğu çevre sorunlarına duyarlılık artmasına rağmen bu yakıtların yerine geçecek güvenilir ve temiz bir enerji kaynağı bulunamaması nedeniyle fosil yakıtlar kullanılmaya devam edilmektedir. Çevre dostu yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam enerji üretimindeki payı artmasına rağmen henüz arzu edilen seviyelere ulaşamamıştır.

Hızlı bir gelişme gösteren ülkemizin enerji ihtiyacının artması, cari açığı düşürme çabası ve enerjide dışa bağımlılığı azaltma gerekliliğinden dolayı enerji kaynakları arz çeşitliliğinin çoğaltılması ihtiyacından dolayı yenilenebilir enerji kaynaklarına olan talep artmaktadır. Bu kaynakların önde gelenlerinden biri düşük maliyetli ve çevre dostu olan güneş enerjisidir. Güneş enerjisi potansiyelini belirleyen iki önemli parametre vardır. Bu parametreler yıllık ortalama global radyasyon değeri ve yıllık ortalama güneşlenme süresidir. Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyelinin oldukça yüksek olduğu ve buna bağlı olarak son yıllarda güneş enerjisinin toplam enerji üretimi içindeki payı artmaktadır. Ancak güneş enerjisi potansiyeli bölgelere göre farklılıklar göstermektedir. Güneydoğu Anadolu Bölgesi güneş enerjisi potansiyeli en yüksek olan bölgedir. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ni Akdeniz Bölgesi izlemektedir. Doğu Anadolu Bölgesi ise 3'üncü sırada gelmektedir. Doğu Anadolu Bölgesi'ndeki illerde kış aylarının genelde sert geçmesinden dolayı yıllık ortalama güneşlenme süresi düşüktür.

Bu çalışmada Doğu Anadolu'nun Yukarı Murat-Van Bölümünde yer alan Muş ilinin güneş enerjisi potansiyelinin teorik potansiyeli belirlenmeye çalışılacaktır. Muş ili güneş radyasyonu değeri açısından Doğu Anadolu Bölgesi'nde 7'nci sırada ve güneşlenme süresi açısından ise 9'uncu sırada yer almaktadır. İlde artan sanayileşme ve kentleşme çabaları ilin enerjiye olan ihtiyacını daha da artırmaktadır. Güneş enerjisi potansiyelinin belirlenmesi ve sürdürülebilir bir gelişim sağlanması gelecek nesiller açısından önem arz etmektedir. İlin güneş enerjisi potansiyelini belirlemek için doğal faktörler kullanılarak sonuç haritası elde edilmiştir. Bu kapsamda Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) destekli Çok Kriterli Karar Verme (ÇKV) Yöntemlerinden biri olan AHP yöntemi kullanılarak güneş enerjisi potansiyeli belirlenmiştir. Bu çalışmada ortalama sıcaklık, güneşlenme süresi, global radyasyon, eğim, bakı ve yükselti parametreleri kullanılarak Muş ilinin güneş enerjisi potansiyeli belirlenerek Coğrafi Bilgi Sistemleri ile (CBS) güneş enerjisi haritası oluşturulmuştur. Çalışmada Muş ilinin güneş enerjisi potansiyeli üzerinde eğim ve bakı unsurlarının daha belirleyici olduğu görülmüştür. Sonuç olarak İlin güney ve güneydoğusu güneş enerjisi potansiyelinin en yüksek olduğu yerlerdir. Benzer şekilde Korkut ve Varto ilçelerinin kuzeyi de güneş enerjisi potansiyeli bakımından yüksek kesimlere karşılık gelmektedir. Güneş enerjisi potansiyelinin düşük olduğu alanlar ise Bulanık ve Malazgirt ilçeleri arasında kalan kesimlerdir.

Bu çalışmanın Muş'ta güneş enerjisi alanında yapılabilecek araştırmalar için önemli bir kaynak aynı zamanda güneş enerjisi yatırımcıları için de iyi bir rehber işlevi göreceği düşünülmektedir.

2022, 56 Sayfa

Anahtar Kelimeler: Dünya, Türkiye, Muş, Güneş Enerjisi, Analitik Hiyerarşi Prosesi

ABSTRACT

MS THESIS

DETERMINATION OF SOLAR ENERGY POTENTIAL IN MUŞ BY ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS METHOD (AHP)

Mahmut ÖZÇELİK

**Muş Alparslan University
Natural and Applied Science
Department of Nuclear Energy and Energy Systems**

**Advisor: Assist Prof. Ömer ARSLAN
Co-Advisor: Assist Prof. İskender DÖLEK**

Today, although the sensitivity to environmental problems caused by fossil fuels has increased, fossil fuels continue to be used due to the problem of not finding a reliable clean energy substitute source to replace these fuels. Although the share of environmentally friendly renewable energy sources in total energy production has increased, the desired levels have not been reached yet.

The interest in local renewable energy sources is increasing due to the increase in the energy need of our rapidly developing country, the effort to reduce the current account deficit and the need to reduce foreign dependency in energy, due to the need to increase the diversity of energy sources. Solar energy, which is a low-cost and environmentally friendly energy, is one of the leading renewable energy sources. There are two important parameters that determine the solar energy potential. These parameters are the annual average global radiation value and the annual average sunshine duration. Turkey's solar energy potential is quite high and accordingly, the share of solar energy in total energy production has been increasing in recent years. However, the solar energy potential differs according to the regions. Southeastern Anatolia Region is the region with the highest solar energy potential. Southeastern Anatolia Region is followed by the Mediterranean Region. Eastern Anatolia Region comes in the 3rd place. Due to the harsh winters in the provinces in the Eastern Anatolia Region, the average annual sunshine duration is low.

In this study, the theoretical potential of the solar energy potential of Muş province, located in the Upper Murat-Van section of Eastern Anatolia Region, will be tried to be determined. The city of Muş ranks 7th in the Eastern Anatolia Region in terms of solar radiation value and 9th in terms of sunshine duration. Increasing industrialization and urbanization efforts in the province further increase the province's need for energy. In this study, solar energy potential of Muş province was determined by using average temperature, sunshine duration, global radiation, slope, aspect and elevation parameters and a solar energy map was created with Geographic Information Systems (GIS). In the study, it was seen that the slope and aspect factors were more decisive on the solar energy potential of Muş province. As a result, the areas in the south and southeast of the province are the places with the highest solar energy potential. In addition to these, the areas to the north of Korkut and Varto districts also constitute areas with high solar energy potential. It has been determined that the solar energy potential is lower in the areas between Bulanık and Malazgirt districts.

It is thought that this study will serve as an important source for researches in the field of solar energy in Muş and also a good guide for solar energy investors.

2022, 56 Pages

Keywords: World, Turkey, Muş, Solar Energy, Analytical Hierarchy Process

ÖNSÖZ

Küresel ısınma ve artan etkilerinin ciddi anlamda hissedilmeye başlandığı günümüzde çeşitli uluslararası anlaşmalarla (Kyoto, Paris Antlaşmaları vb.) fosil yakıtların kullanımı sınırlandırılmaya çalışılmaktadır. Ülkeler alternatif ve yenilenebilir enerji kaynaklarını devreye sokmaya çalışmaktadır. Ülkemiz de tüm bu yaşanan bu gelişmeleri takip etmeye ve çözüm üretmeye çalışmaktadır.

Bir yandan yaşanan gelişmelere (sanayi, teknoloji, nüfus artışı vb.) bağlı olarak enerji ihtiyacımız artarken, diğer taraftan enerji ihtiyacının karşılanmasına yönelik çalışmalar da son yıllarda büyük bir hız kazanmıştır. Yapılan birçok çalışmada gelişen sanayi ile birlikte artan nüfusumuzdan dolayı gelecekte de enerjiye olan talebin artarak devam edeceği belirtilmektedir. Geleceğe yönelik yapılan birçok projeksiyonda bu duruma vurgu yapılmaktadır.

Ülkemiz kendi enerjisini üreten ama enerji kaynağı olarak dışa bağımlı bir yapıya sahiptir. Bu çalışmada Muş ilinin teorik güneş enerjisi potansiyeli Analitik Hiyerarşi Yöntemi ile hesaplanmaya çalışılmıştır. Çalışmanın sonuçları itibariyle Muş ilinde güneş enerjisi alanında yapılacak yatırımlar için yönlendirici ve teşvik edici bir işlev göreceği düşünülmektedir.

Bu çalışma Muş Alparslan Üniversitesi (MAUN) Fen Bilimleri Enstitüsü Disiplinlerarası Nükleer Enerji ve Enerji Sistemleri Anabilim Dalı bünyesinde Yüksek Lisans Tez çalışması olarak gerçekleştirilmiştir. Analizlerin yapılmasında Muş Alparslan Üniversitesi BAP Birimi tarafından sağlanan malzeme desteği çalışmanın daha kısa sürede tamamlanmasına büyük katkı sunmuştur. Çalışmanın Muş ilinde güneş enerjisi alanında yapılacak yatırımlar için yönlendirici ve teşvik edici bir işlev göreceğine inanılmaktadır.

Tez çalışmamın yürütülmesinde ve hazırlanmasında her konuda bildiklerini paylaşarak değerli katkılarını sağlayan tez danışmanım Dr. Öğretim Üyesi Ömer ARSLAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarımda katkısı olan gerek derslerinde gerekse ders dışında değerli vakitlerini ayırıp, kıymetli bilgilerini esirgemeyen MAUN Afet Yönetim Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde görev yapan ve aynı zamanda 2'nci danışmanım olan Dr. Öğretim Üyesi İskender DÖLEK'e teşekkürü bir borç bilirim.

Mahmut ÖZÇELİK
MUŞ-2022

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
1.1 Yenilenebilir Enerji Kaynağı Olarak Güneş Enerjisi	3
1.2 Dünya’da güneş enerjisi.....	3
1.3 Dünyada güneş enerjisi üretimi ve kullanımı	5
1.4 Türkiye’de güneş enerjisi.....	7
1.5 Türkiye’de güneş enerjisi üretimi ve kullanımı	11
1.6 Muş ilinin güneş enerjisi.....	13
1.7 Muş ilinin güneş enerjisi potansiyeli	13
1.8 Muş ili güneş enerjisi santralleri	14
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	16
3. MATERYAL ve YÖNTEM	21
3.1 CBS Aracılığıyla İlin Reel Güneş Haritalarının Oluşturulması.....	24
3.1.1 Güneş enerjisi verimliliğinde rol oynayan parametreler.....	25
3.1.1.1 Sıcaklık	25
3.1.1.2 Güneşlenme süresi	28
3.1.1.3 Eğim.....	31
3.1.1.4 Bakı.....	33
3.1.1.5 Yükselti.....	35
3.1.1.6 Global güneş radyasyonu	37
3.1.1.7 Potansiyel güneş enerjisi haritasının oluşturulması	40
4. SONUÇ ve ÖNERİLER	46
KAYNAKLAR	51

SİMGELER ve KISALTMALAR

Simgeler

GW	: Gigawatt
MW	: Megawatt
GWh	: Gigawatt Saat
kWh	: Kilowatt Saat
PV	: Fotovoltaik
KCAL	: Kilokalori
M	: Metre
⁰ C	: Santigrat Derece
%	: Yüzde
λ	: Lambda
n	: Parametre Sayısı

Kısaltmalar

IRENA	: Uluslararası Enerji Ajansı
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
AEA	: Avrupa Enerji Ajansı
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme
ÇÖKA	: Çok Ölçütlü Karar Analizi
AHP	: Analitik Hiyerarşi Prosesi
GEPA	: Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası
GES	: Güneş Enerji Sistemi
YEK	: Yenilenebilir Enerji Kaynakları
ETKB	: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
YEGM	: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü
ÇED	: Çevre Etki Değerlendirme
YSA	: Yapay Sinir Ağları
EİGM	: Enerji İşleri Genel Müdürlüğü
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
TRB	: Transportation Research Board
TEP	: Ton Eşdeğer Petrol
YEKA	: Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları
YEKDEM	: Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması
REN21	: Renewable Energy Policy Network for the 21 st Century
EİEİGM	: Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü
IDW	: Inverse Distance Weighting
PTC	: Parabolik Oluk Kolektör
LFR	: Doğrusal Fresnel Reflektör
CSR-MS	: Merkezi Alıcı Sistem-Eritilmiş Tuz
CRS-SHS	: Merkezi Alıcı Sistem -Kızgın Buhar
PDS	: Parabolik Çanak Sistemleri
ANP	: Analytic Network Process
PROMETHEE Evaluation	: Preference Ranking Organization Method for Enrichment
VIKOR	: Kriterijumska Optimizacija Kompromisno Resenje

UOG	: Açık Devre Gerilimi
ISR	: Kısa Devre Akımı
SWOT	: Stenght Weaknsses Oportunities Threads
WEC	: World Energy Council
CETC	: China Electronics Tecnology Group Corporation
RES	: Rüzgar Enerji Santralleri
CSP	: Consantre Solar Power
MYO	: Meslek Yüksekokulu
GIS	: Geographical Information Systems
DEM	: Digital Elevation Model
PTC	: Parabolik Oluk Kollektör
UYEEP	: Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı
IDW	: Inverse Distance Weighting
GMKA	: Güney Marmara Kalkınma Ajansı
CI	: Consistency Index
RI	: Random Index
CR	: Consistency Random

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Dünya güneş enerjisi potansiyel haritası	4
Şekil 1.2 2020 PV kapasiteleri.....	6
Şekil 1.3 Türkiye güneşlenme süresi dağılım haritası	9
Şekil 1.4 Türkiye güneş enerjisi potansiyeli haritası	10
Şekil 1.5 Türkiye’deki güneş enerji santrallerinin coğrafi bölgelere göre dağılışı.....	12
Şekil 1.6 Muş ili güneş enerjisi potansiyeli haritası	14
Şekil 3.1a Global radyasyon değerleri ve istasyonlar.....	21
Şekil 3.1b Kriging yöntemi ile oluşturulan radyasyon haritası.....	21
Şekil 3.2 İş akış şeması.....	23
Şekil 3.3 Kriking yöntemi ile üretilen Muş iline ait sıcaklık haritası.....	26
Şekil 3.4 Kriking yöntemi ile üretilen Muş iline ait güneşlenme süresi haritası.....	30
Şekil 3.5 Muş ili aylık bazda ortalama günlük güneşlenme süreleri.....	31
Şekil 3.6 Muş ili eğim haritası.....	33
Şekil 3.7 Muş ili bakı haritası.....	35
Şekil 3.8 Muş iline ait sınıflandırılmış yükselti haritası.....	37
Şekil 3.9 Muş ili yıllık ortalama global güneş radyasyonu dağılımı.....	39
Şekil 3.10 Muş ili aylık bazda ortalama global radyasyon değerleri.....	40
Şekil 3.11 Muş ili yıllar bazında ortalama global radyasyon değerleri.....	41
Şekil 4.1 Muş ilinin güneş enerjisi verimlilik haritası.....	47
Şekil 4.2 Muş ili güneş enerjisi uygunluk grafiği.....	48

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1 Global güneş radyasyon miktarı.....	5
Çizelge 1.2 Ükelere göre dünyada güneş enerji santrali kurulu gücü.....	7
Çizelge 1.3 Muş ili güneş enerji santralleri.....	15
Çizelge 3.1 AHP karşılaştırma ölçeği.....	22
Çizelge 3.2 Muş ilinin sıcaklık değerleri ve kapladıkları alan.....	27
Çizelge 3.3 Muş iline ait uzun yıllar ortalama sıcaklık, güneşlenme ve güneşli gün sayısı.....	28
Çizelge 3.4 Türkiye'nin aylık ortalama güneş enerjisi potansiyeli ve aylara göre günlük ortalama güneşlenme süreleri.....	29
Çizelge 3.5 Muş ilinin güneşlenme süresi değerleri ve kapladıkları alan.....	30
Çizelge 3.6 Muş ilinin eğim değerleri ve kapladıkları alan.....	33
Çizelge 3.7 Muş ilinin bakı değerleri ve kapladıkları alan.....	35
Çizelge 3.8 Muş ilinin yükselti değerleri ve kapladıkları alan.....	36
Çizelge 3.9 Muş ilinin global güneş radyasyonu değerleri ve kapladıkları alan.....	39
Çizelge 3.10 İkili karşılaştırma matrisi.....	42
Çizelge 3.11 Normalleştirme matrisi.....	42
Çizelge 3.12 Randomconsistency (Rasgele Tutarlılık) RI.....	45

1. GİRİŞ

Enerji, iş yapabilme potansiyeli olarak tanımlanabilen, tepkimeler sonucunda ortaya çıkan ve iş yapma kapasitesi olan, farklı formlara dönüşebilen genel bir kavramdır. Enerji kaybolmaz ancak bir formdan başka bir forma dönüşür (Yılmaz, 2018). Enerji üretim için temel bir girdidir ve toplumun refah seviyesinin yükselmesi için temel bir unsurdur (Koç ve Kaya, 2014).

Enerji, günümüzde sürdürülebilirlik açısından vazgeçilmez bir unsur haline gelmiştir. Bu şekliyle enerji arz güvenliği bütün toplumlar için büyük önem arz etmektedir (Sevim, 2012). Aynı zamanda enerji insan hayatının her aşamasında var olan en temel unsurlardan biridir ve gelişmişliğin göstergelerinden biridir. Enerji bir ülkenin temel girdisidir. Enerji politikasının temel amacı, arz güvenirliliği yüksek, güvenli, maliyeti düşük ve çevreye minimum zarar enerjinin temin edilmesidir (Çalışkan, 2009).

Enerji, günümüzde sahip olduğumuz medeniyetin ve alıştığımız yaşam kalitesinin temel taşlarından birini oluşturmaktadır. Dünyada refah seviyesinin yükselmesiyle konforu sağlayan cihazların sayısının artması ve küresel nüfusun hızlı bir şekilde artışı enerjiye olan talebi arttırmaktadır. Özellikle Çin ve Hindistan gibi dünyanın kalabalık ülkelerinin sanayilerinin gittikçe ivme kazanması enerji talebinin küresel ölçekte de artmasına neden olmaktadır.

Dünya’da enerji üretiminde bugün olduğu gibi gelecekte de fosil yakıtların en fazla kullanılan kaynak olması (2040 yılında elektrik üretiminde fosil yakıtların %44’lük paya sahip olacağı öngörülmektedir), bu kaynaklara belirli ülkelerin sahip olması (Dünyada petrolün %17’sinin Venezuela’da, kömürün ise %47’sinin Çin’de üretilmesi gibi) ya da bazı ülkelerin tekelinde bulunması, fosil yakıtların kullanımıyla çevresel sorunların artması vb. nedenlerden dolayı enerji kaynakları ve enerji üretiminde yeni paradigmlar oluşmaya başlamıştır. Bunun sonucunda da birçok ülkede temiz enerji kaynakları olarak da ifade edilen yenilenebilir enerji kaynaklarına büyük ilgi ve talep oluşmaya başlamıştır.

Yenilenebilir kavramı, doğada bulunan doğal kaynaklardan elde edilebilen, doğanın sayesinde sürekli ilave edilebilen ve kendini sürekli yenileyen anlamına gelmektedir. Yenilenebilir enerji kavramı ise doğada olan ve kesintisiz olarak elde edilebilen, kaynağı sınırsız enerji olarak ifade edilebilir. Son yıllarda dünyanın enerjiye

olan gereksinimi artış göstermiştir. Bu yüzden yenilenebilir enerji kaynaklarıyla ilgili yapılan araştırmalar hız kazanmıştır (Sevilgen ve Kılıç, 2013).

Yenilenebilir enerji kaynaklarının gelecekteki enerji üretimindeki payına yönelik olarak yapılan projeksiyonlarda yenilenebilir enerjinin payı 2040 yılına kadar %43'e yükselmesi beklenmektedir (Behçet ve ark; 2013).

Jeotermal, hidroelektrik, rüzgâr, güneş ve biyokütle gibi yenilenebilir enerji kaynakları arasında potansiyeli yüksek olan güneş enerjisi dünyanın en önemli enerji kaynağı olarak düşünölmektedir. Ülkemiz güneş enerjisi, hidrolik, rüzgâr, biyokütle ve jeotermal enerji gibi birçok yenilenebilir enerji kaynağı açısından yüksek potansiyele sahip ölkelerden biridir (Mutlu, 2012).

Ülkemizde son yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarının her bir çeşidinden enerji üretimi gerçekleştirilmede ciddi artışlar sağlanmasına rağmen yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretim payı ülkenin hali hazırdaki potansiyeline göre düşüktür. Son yıllarda enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi ve üretilmesi kapsamında özel sektörün de enerji alanında yatırım yapmasını teşvik eden yasal düzenlemelere gidilerek özellikle yenilenebilir enerji üretiminde yeni teknolojileri ülke içinde üretmeye yönelik adımlar ve stratejiler geliştirilmeye başlanmıştır. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması (YEKDEM) yatırımlarından faydalanmak isteyen güneş enerjisi üretim tesislerinin 31.12.2020 tarihine kadar faaliyete girme koşulunda esas olan sürenin, 30.06.2021 tarihine kadar uzatılması bunlardan sadece biridir.

Türkiye'de Aralık 2020 itibariyle rüzgâr enerjisi kurulu gücü 8.832 MW, güneş enerjisi kurulu gücü ise 6.667 MW kapasitesine ulaşmıştır. Bu kapsamda; RES ve GES ile üretilen elektrik, enerji santrallerinden elde edilen elektrik enerjisinin toplam enerji arzı içindeki oranı ciddi bir artış göstermiştir (Yıldız ve ark; 2020).

Türkiye güneş ışınımı şiddeti fazla olduğu halde, teknik olarak potansiyel bakımından daha düşük potansiyele sahip ölkelerin gerisinde yer almaktadır.

Karadeniz ve Marmara Bölgeleri dışındaki bölgelerde güneş enerjisi potansiyeli son derece yüksektir. Ülkemiz dünyanın önde gelen güneş enerjisi üreticilerinden biri olan Almanya'nın oldukça üstünde bir güneş enerjisi potansiyeline sahiptir. Coğrafi konum, iklim, yeryüzü şekilleri, mevsimler, arazinin kullanım amaçları gibi faktörler ülkemizin güneş enerjisi kullanım potansiyelini sınırlandıran önemli etmenlerdir.

Muş ili yenilenebilir enerji potansiyeli zengin bir ildir. Ancak ilimiz bu enerji potansiyelinin çok az bir kısmını değerlendirebilmektedir. Muş ilinin güneş enerjisi

potansiyeli değerleri Türkiye ortalamasının üzerindedir ve güneş enerjisi potansiyeli açısından son derece avantajlı durumdadır.

Bu tezin amacı, Muş ilinin güneş enerjisi potansiyelini teorik olarak hesaplayıp kilini enerji ihtiyacının karşılanabileceğini ortaya koymaktır. Bu bağlamda; söz konusu çalışma hem ilin enerji ihtiyacını gidermek hem de temiz ve sürekli yenilenebilen güneş enerjisinden faydalanmaktır. Bu çalışma; 1. Giriş, 2. Kaynak Araştırması, 3. Materyal ve Yöntem, 4. Sonuç ve Öneriler bölümlerinden oluşmaktadır. Tezin giriş bölümünde enerji, yenilenebilir enerji ve güneş enerjisinden bahsedilmiştir.

1.1 Yenilenebilir Enerji Kaynağı Olarak Güneş Enerjisi

Doğrudan güneşin yaydığı ısı ve ışıktan elde edilen enerji; güneş enerjisi olarak ifade edilmekte ve dünyada yaygın olarak kullanılmaktadır. Güneş enerjisi dünyada en fazla mevcut olan enerji kaynağıdır. Bu enerji yaygın olmakla birlikte hem sürdürülebilir hem de yenilenebilir bir özelliğe sahiptir (Budak ve ark; 2020).

Güneş enerjisi ülkemiz ve bölgemiz için potansiyeli en yüksek olan alternatif enerji kaynaklarından biridir. Güneş enerjisinin çevreye dost, tükenmeyen bir enerji olması, kolay bir şekilde kullanılabilmesi, yüksek potansiyele sahip olması, atık bırakmaması, kendini sürekli yenilemesi gibi özellikleri sayesinde diğer temiz ve tükenmez enerji kaynaklarına göre kullanımı hızlı bir şekilde yaygınlaşmaktadır. Bu nedenle ülkemiz için güneş enerjisi büyük önem arz etmektedir.

Diğer enerji kaynakları ile karşılaştırıldığında güneşten elektrik enerjisi üretmek, diğer enerji kaynaklarına göre gelecekte daha cazip hale gelecektir (Taktak ve İl, 2018).

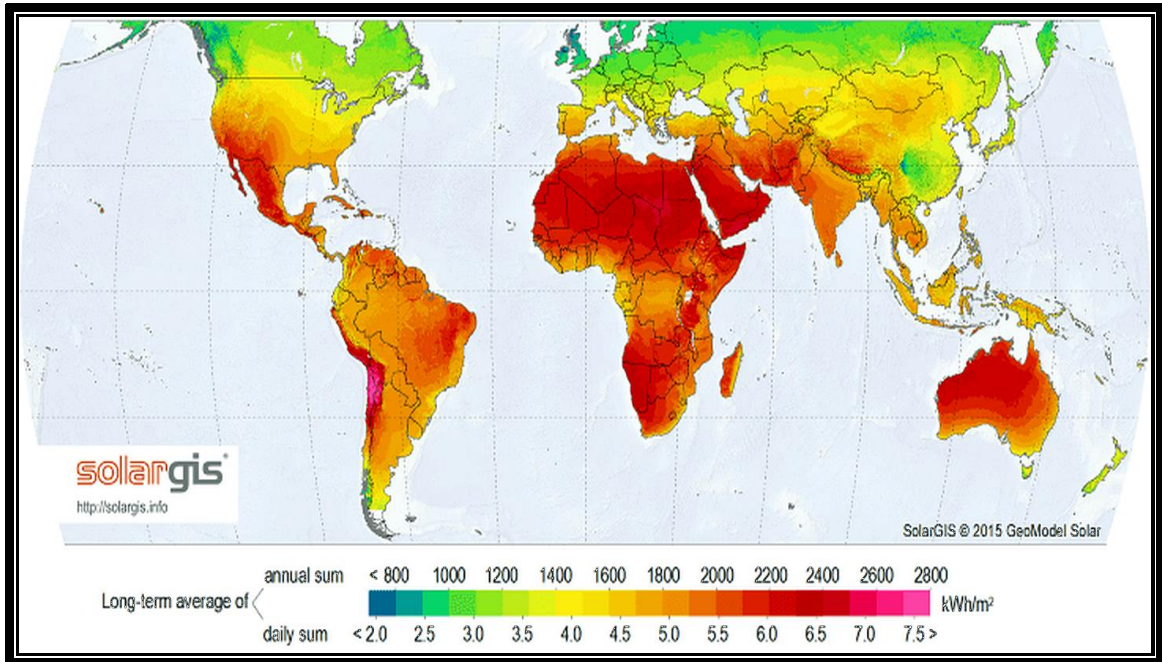
Sürdürülebilir (yenilenebilir) enerji kaynaklarından olan güneş enerjisinin miktarı, saat, gün ve mevsime göre değiştiğinden elektrik üretiminde verim de farklılık göstermektedir. Bundan dolayı talep ve enerji güvenliğini sağlamak amacıyla elektrik enerjisi depolama teknolojileri de gelişmeye başlamıştır. Bu teknolojiler sayesinde çevreci ve güvenilir enerjinin depolanması ile üretilen elektrik enerjisinin israfı önlenmiştir.

1.2 Dünya’da Güneş Enerjisi

Güneş çok büyük miktarda enerjiyi güneş sistemine yaymakta ve yaklaşık olarak $3,9 \times 10^{26} \text{W}$ güç ile dünyadaki tüm enerji ihtiyacını karşılayacak enerji kapasitesine sahiptir.

Güneş enerjisinin çok az bir kısmı dünya yüzeyine ulaşmaktadır. Güneşten gelen enerjinin %51'i yeryüzüne doğrudan ulaşır ve yeryüzünde tutulur. Bu enerjinin %20'si bulutlardan geri yansımakta, %19'u atmosfer ve bulutlar tarafından tutulmaktadır. Kalan enerjinin %6'sı atmosferden, %4'ü ise yeryüzüne çarparak geri yansımaktadır.

Normal şartlar altında yeryüzüne düşen ortalama güneş enerjisi Planck sabiti (Planck's Constant) olarak adlandırılmakta ve yaklaşık olarak 1.37 kWh/m^2 olarak kabul edilmektedir. Ancak dünya üzerinde güneş enerjisinden maksimum faydalanan sahalar ekvatorun 45° kuzey ve 45° güney enlemleri arasında yer alan bölgelerdir. "Dünya Güneş Kuşağı" adı da verilen bu bölgeler yıl içinde güneş ışınlarını diğer yerlere göre daha büyük açılarla aldıkları gibi yıl içinde 2000-3500 saat aralığında değişen güneşlenme sürelerine sahiptirler. Bu enlemler arasında kalan yerlerde güneş enerjisi potansiyeli de $3,5-7 \text{ kWh/m}^2/\text{gün}$ aralığında iken kurak bölgelerde bu potansiyel $2000-2500 \text{ kWh/m}^2$ aralığındadır. Kutuplara yakın enlemlerde ise $1000-1500 \text{ kWh/m}^2$ aralığında değişmektedir. Bu durum güneşlenme süresinin ekvatorun kutuplara doğru bariz bir şekilde azaldığını göstermektedir (Şekil 1.1)



Şekil 1.1 Dünya güneş enerjisi potansiyel haritası (Global Solar Atlası, 2021).

Çizelge 1.1 Global güneş radyasyon miktarı (Aksungur ve ark; 2013).

Bölge	kWh/m ²
Kuzey Avrupa	800
Orta Avrupa	1000
Akdeniz Bölgesi	1700
Ekvator	2200

Dünya üzerinde yer alan bölgelerin global radyasyon miktarları farklılık göstermektedir. Bu farklılık enleme göre değişiklik göstermektedir. Daha lokal bazda güneş enerjisi potansiyeli incelendiğinde ekvatorda global güneş radyasyon miktarı 2200 kWh/m², Akdeniz Bölgesi'nde 1700 kWh/m², Orta Avrupa'da 1000 kWh/m², Kuzey Avrupa'da ise 800 kWh/m² civarındadır (Çizelge 1.1).

Dünya genelinde güneş enerjisi ile üretilen elektrik enerjisi kurulu gücü, 2020 yılı sonu itibariyle 574,316 GW'a ulaşmış ve önceki yıllara göre önemli bir büyüme kaydetmiştir. Güneş enerjisi üretimi ve kullanımı ülkelerin gelişmişlik seviyesi ve teknoloji alt yapılarına göre de farklılık gösterir. Örneğin; Çin, Amerika Birleşik Devletleri, Japonya ve Almanya güneş enerjisi üretiminde önde gelen ülkeler oldukları gibi güneş enerjisi teknolojisinde de liderlerdir. Dünya Enerji Konseyi (WEC) 2020 yılı verilerine göre de fotovoltaik (PV) kapasite kurulumları ile Almanya, Çin, Japonya, İtalya ve Amerika Birleşik Devletleri önemli güneş enerjisi kullanıcı ülkelerdir.

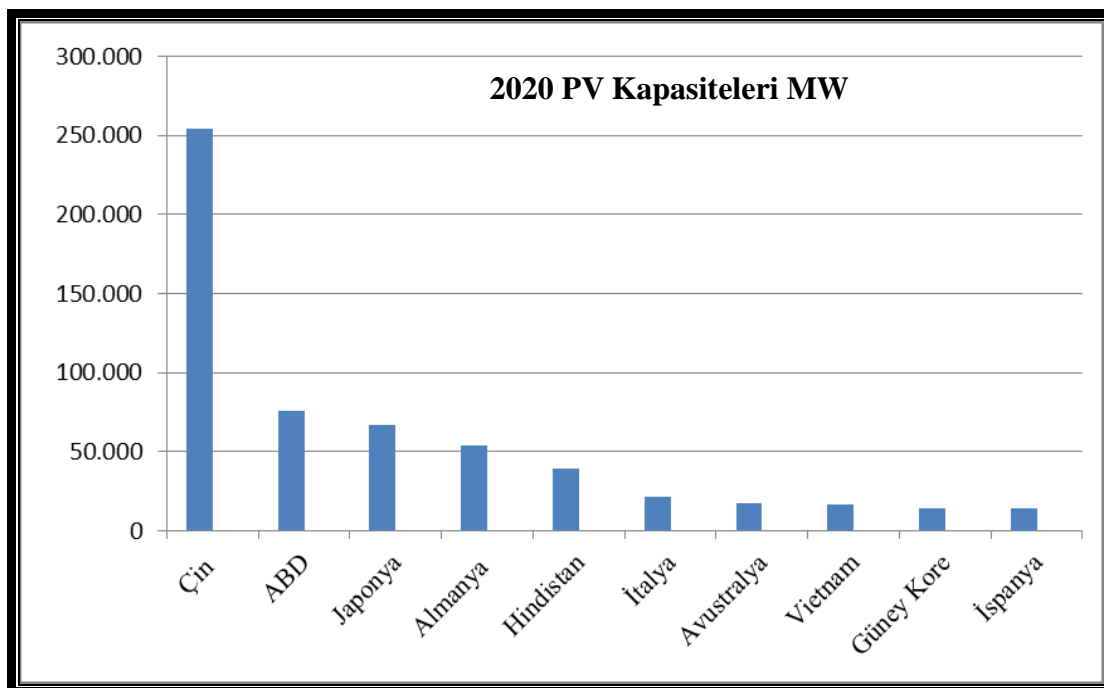
Artan çevre sorunları ile enerjiye olan talebin her geçen gün artması gelecekte de güneş enerjisi üretimi ve kullanımını daha cazip hale getirecektir. Önümüzdeki 20 yıl içerisinde enerji piyasasındaki hareketliliğini hatırı sayılır derecede artıracak olan güneş enerjisinin küresel ölçekte gerçekleşecek olan kapasite artışının %35'ine denk gelmesi öngörülmektedir. Bu duruma bağlı olarak dünya çapında yapılacak olan enerji yatırımlarının ise %30'una denk gelmesi öngörülmektedir.

1.3 Dünyada Güneş Enerjisi Üretimi ve Kullanımı

Güneş enerjisi için kurulum bileşenlerinin fazla olması bir yandan maliyetin yüksek olmasını etkilerken diğer yandan ise izlenen politikalar ile düzenleyici ve denetleyici teşvikler sayesinde kurulum ekipmanlarının çokluğu ve teknoloji alanında gerçekleşen gelişmeler maliyetin düşmesine etki etmektedir (WEC, 2020).

Dünya genelinde kullanılan elektriğin %3'ü güneş enerjisi sistemleri ile karşılanmaktadır. Bu oran üretilen enerjinin %6'sına denk gelmektedir (WEC, 2020). Ancak güneş enerjisi üretimi güneş enerjisi potansiyelinin düşük olduğu Çin, ABD ile Almanya, İspanya ve İtalya gibi Avrupa ülkelerinde fazla iken, güneş enerjisi potansiyelinin fazla olduğu Afrika ülkelerinde güneş enerjisi üretimi düşüktür.

Dünya Enerji Konseyi (WEC) 2020 yılı verilerine göre geçen son on yılda fotovoltaiik (PV) kapasite kurulumları ile Almanya, Çin, Japonya, İtalya ve Amerika Birleşik Devletleri önemli güneş enerjisi kullanıcı ülkelerdir.



Şekil 1.2 2020 Yılıının en iyi solar pv kapasiteleri (WEC, 2020).

Şekil 1.2'de görüldüğü gibi ülkelerin fotovoltaiik güneş enerjisi sistemleri kurulum kapasitelerine göre %44'lük oran ile Çin lider pozisyonundadır. İlk sırada yer alan Çin'i sırası ile Amerika Birleşik Devletleri (ABD) (%13), Japonya (%11), Almanya (%9), Hindistan (%6), İtalya (%4), Avustralya (%3), Vietnam (%3), Güney Kore (%2) ve İspanya (%2) izlemektedir. Kalan %3'lük oran ise dünyanın diğer ülkelerini oluşturmaktadır.

Çizelge 1.2 Ülkelere göre dünyada güneş enerji santrali kurulu gücü (Enerji Atlası, 2021).

S. No	Ülke	Güncelleme	Kurulu Güç (MW)
1	Çin	Aralık, 2020	254.355
2	Amerika Birleşik Devletleri	Aralık, 2020	75.572
3	Japonya	Aralık, 2020	67.000
4	Almanya	Aralık, 2020	53.783
5	Hindistan	Aralık, 2020	39.211
6	İtalya	Aralık, 2020	21.600
7	Avustralya	Aralık, 2020	17.627
8	Vietnam	Aralık, 2020	16.504
9	Güney Kore	Aralık, 2020	14.575
10	İspanya	Aralık, 2020	14.089
11	Birleşik Krallık	Aralık, 2020	13.563
12	Fransa	Aralık, 2020	11.733
13	Hollanda	Aralık, 2020	10.213
14	Brezilya	Aralık, 2020	7.881
15	Türkiye	Mayıs, 2021	7.170
16	Güney Afrika	Aralık, 2020	5.990
17	Tayvan	Aralık, 2020	5.817
18	Belçika	Aralık, 2020	5.646
19	Meksika	Aralık, 2020	5.644
20	Ukrayna	Aralık, 2020	5.360

Çizelge 1.2’de küresel ölçekte güneş enerjisi kurulu gücü yüksek olan ülkeler listelenmiştir. Dünyada ülkelerin 2020 yılı aralık ayı itibariyle güneş enerjisi santrali kurulu gücü incelendiğinde 254.355 MW’lık kurulu gücü ile Çin birinci sırada yer almaktadır. Çin’i 75.572 MW’lık kurulu gücü ile Amerika Birleşik Devletleri izlemektedir. 3’üncü sırada ise 67.000 MW’lık kurulu güç ile Japonya gelmektedir. Ülkemiz ise Mayıs 2021 itibariyle güneş enerjisi sıralamasında 7.170 MW’lık kurulu gücü ile 15’inci sırada yer almaktadır.

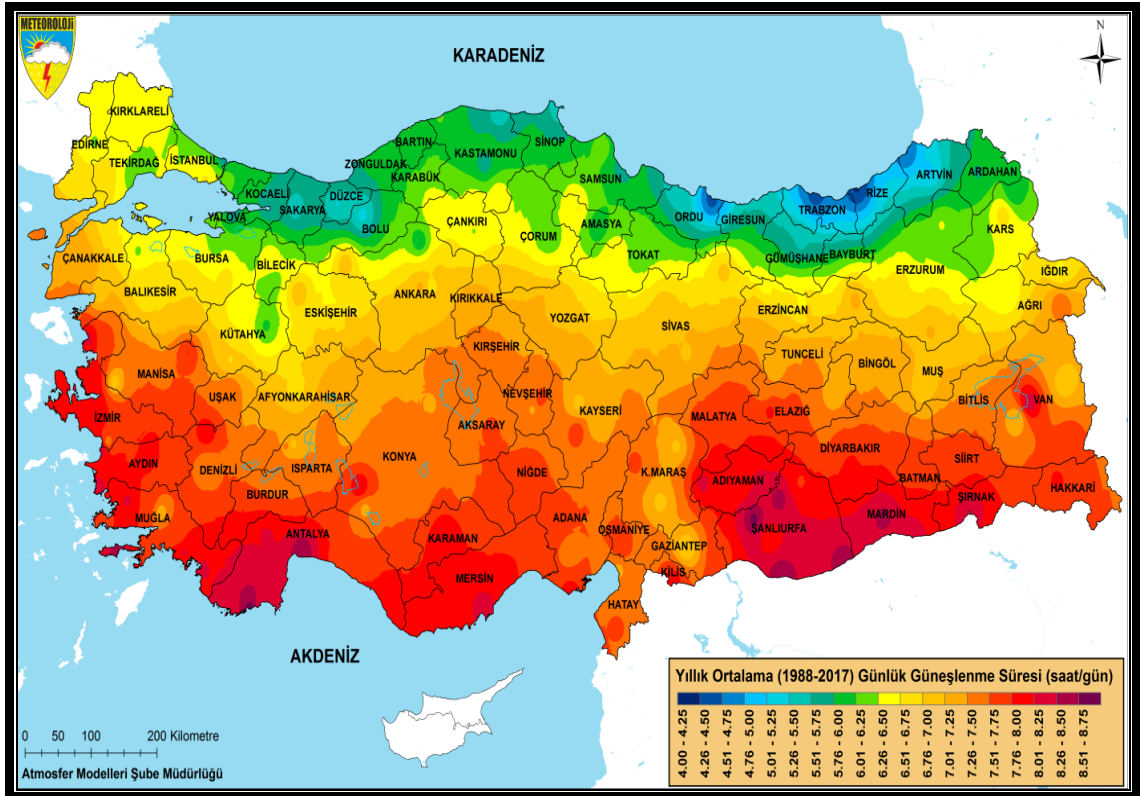
1.4 Türkiye’de Güneş Enerjisi

Güneş enerjisinden yararlanma konusunda, coğrafi konum en önemli etkenlerden biridir. Özellikle güneş enerjisi santrallerinden alınan verim bakımından, coğrafi konumdan kaynaklı olarak güneşlenme süresi ışınım şiddetini de etkilediği için bazı ülkeler coğrafi konumları sayesinde daha avantajlı durumdadır. “Güneş Kuşağı” olarak adlandırılan ve ülkemiz topraklarının önemli bir kısmının da içerisine dâhil olduğu sahalar, güneş enerjisinden en iyi faydalanan bölgeler olarak

değerlendirilmektedir. Matematik konumundan dolayı ülkemiz güneş ışınımı açısından oldukça elverişlidir. Güneş enerjisinden faydalanma potansiyeli de oldukça yüksektir.

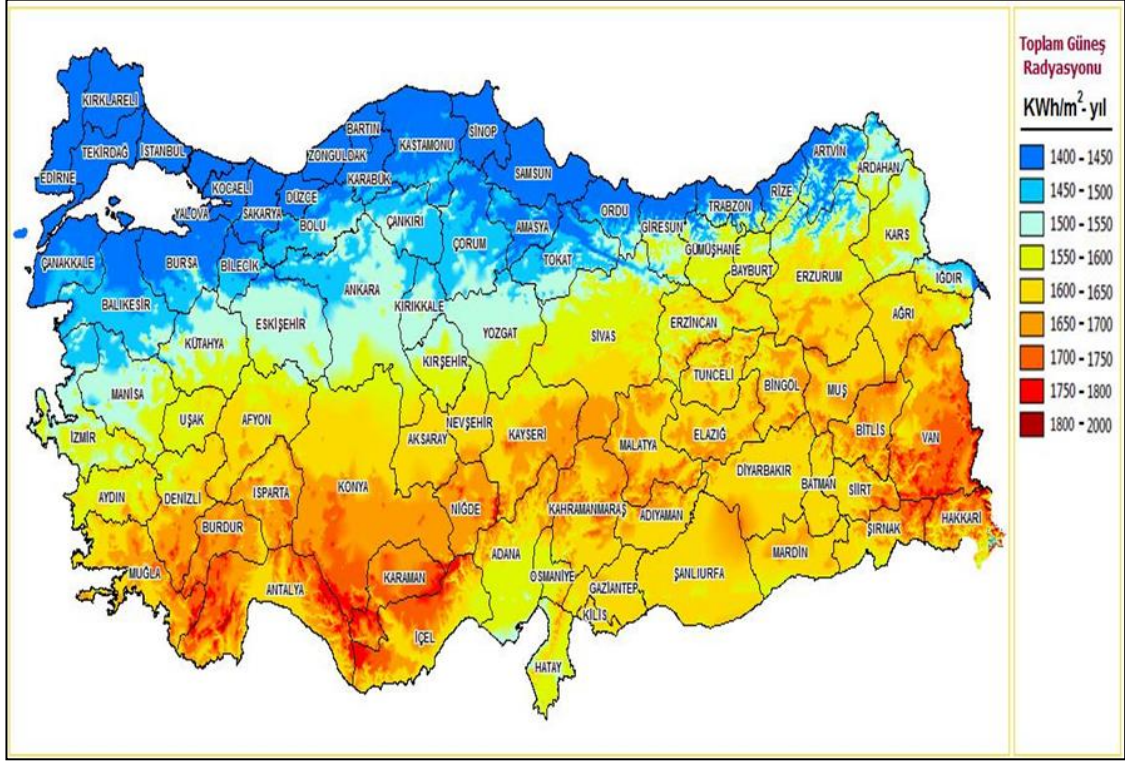
Türkiye’de ortalama güneşli gün sayısı yaklaşık olarak 110 gündür. Ülkemiz 1,527 kWh/m² güneş enerjisi üretebilecek kapasiteye sahiptir. Avrupa ülkeleri ile kıyaslandığında Türkiye, güneşlenme süresi ve güneş ışınım şiddeti açısından ön plana çıkmaktadır. Almanya’da bu değer 1000-1300 kWh/m² civarındadır. Ülkemizin yüzey alanına düşen toplam güneş enerjisi, dünya yüzeyine düşen toplam güneş enerjisinin %0,6’sına denk gelmektedir. Bu değer enerji miktarı ile hesaplandığında 8,58x10¹⁴J/s’ye eşdeğerdir. Yıllık toplam enerji potansiyeli petrol eşdeğeri (TEP) cinsinden hesaplandığında 36,2 milyon petrol eşdeğerine tekabül etmektedir (EİEİGM, 2012).

Bu yüzden ülkemizde kurulacak güneş enerji santrallerinden alınacak verimin de oldukça yüksek olması beklenilmektedir (Enerji Atlası, 2021). Bir bölgenin güneş enerjisi potansiyeli tahlil edildiğinde; teknik, teorik ve gerçekleştirilebilecek potansiyel büyüklüğünün tespit edilmesi gerekmektedir. Toplam arz temelinde bir teknolojinin mümkün olan maksimum uygulamasını dikkate alan potansiyel, teorik potansiyel olarak ifade edilebilir. Kısıtlamaları da dikkate alan teorik potansiyele kıyasla daha düşük olan potansiyel ise teknik potansiyel olarak ifade edilebilir. Uygulanabilir (gerçekleştirilebilir) potansiyel, teknik kısıtlamalarla birlikte tüm kanuni şartların yerine getirilmesi, ekonomikliğini ve aynı zamanda rakip kullanım alanlarını da önemsemektedir (Yıldırım, 2020). Ülkemizin bütün bölgeleri güneş enerjisi potansiyeli açısından elverişli olmakla birlikte, güneş enerjisi potansiyeli bölgelere göre farklılık gösterir. En fazla güneş enerjisi alan bölgelerimiz sırasıyla Güneydoğu Anadolu, Akdeniz ve Doğu Anadolu Bölgeleri’dir.



Şekil 1.3 Türkiye güneşlenme süresi dağılım haritası (EİEİGM, 2021).

Şekil 1.3'te Türkiye genelindeki güneşlenme süresi dağılım haritası gösterilmiştir. Yukarıdaki haritada görüldüğü gibi kırmızı ve tonlarıyla gösterilen yerler güneşlenme açısından verimli bölgelerdir. Sarı ve tonları ile gösterilen yerler orta düzeyde verimli yerlerdir. Yeşil ve yeşil tonları ile mavi ve mavi tonları ile gösterilen yerler ise güneşlenmenin az olduğu yerlerdir. Güneydoğu Anadolu Bölgesi, Akdeniz Bölgesi, Ege Bölgesi'nin büyük bölümü, İç Anadolu Bölgesi'nde batı doğu uzantılı ince bir hat ve yine Doğu Anadolu Bölgesi'nin güney kesimleri de güneşlenme süreleri açısından elverişli alanlardır.



Şekil 1.4 Türkiye güneş enerjisi potansiyeli haritası (Enerji Atlası, 2021)

Güneş enerjisi potansiyelinin yüksek olmasını belirleyen en önemli faktörlerin başında global güneş radyasyonu ve günlük güneşlenme süreleri gelmektedir. Şekil 1.4'te gösterilen haritaya göre Türkiye'nin senelik ortalama güneşlenme süresi 2737 saattir. Günlük ortalama güneşlenme zamanı ise 7.5 saattir. Güneş enerjisinin farklı değişkenlerine göre, yıl içinde 1 m²'lik bölgeye gelen toplam güneş enerjisi değeri 1527 kWh'dir. Günlük güneş enerjisi ortalaması ise 4.2 kWh/m² olduğu tespit edilmiştir. Bu durumda güneş enerjisi potansiyel atlasına göre ülkemizin kuzeydoğusunda yer alan en uç nokta ile güney batısında yer alan uç noktası arasındaki güney kesiminde kalan alanların kuzeyde kalan alanlar ile kıyaslandığında güneşi daha fazla aldığı görülmektedir.

Enerji kaynak çeşitliliğini arttırmak ve kaynak temini açısından mümkün olduğunca dışa bağımlılığımızı azaltmak amacıyla yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım oranlarının daha fazla artırılmasına gereksinim vardır.

Ülkemizde son birkaç yıldır fotovoltaik (PV) güneş pilleri sektörünün önem kazanması ile ileriye yönelik umut aşıl原因 gelişmeler neticesinde fotovoltaik (PV) güneş pilleri enerji sektörünün odağında yer almaktadır.

1.5 Türkiye’de Güneş Enerjisi Üretimi ve Kullanımı

Dünyada güneş enerjisi alanında önemli değişimler yaşanmaktadır. Buna bağlı olarak da geleceğe yönelik birçok değerlendirme yapılmaktadır. Enerji ile ilgili yapılan projeksiyonlarda güneş enerjisi dönüşümünün küçük ölçekli fotovoltaik (PV) sistemler sayesinde gerçekleşeceği beklenmektedir.

Türkiye’de reel anlamda, 2021-2030 yılları arasında ise lisanslı ve lisanssız güneş enerjisi sistemleri için 7,4 milyar ABD doları civarında bir yatırım yapılacağı öngörülmektedir. İlave kararlar alınmadığı ve güneş enerjisi sektörü mevcut şartlarda kendi akışına terk edildiği takdirde, 2030 yılına gelindiğinde güneş enerjisi sistemlerinin (kömür ve hidroelektrik enerjisi kaynakları ile kıyaslandığında) ülkemizin %5’ten fazla enerji ihtiyacını karşılayamayacağı tahmin edilmektedir.

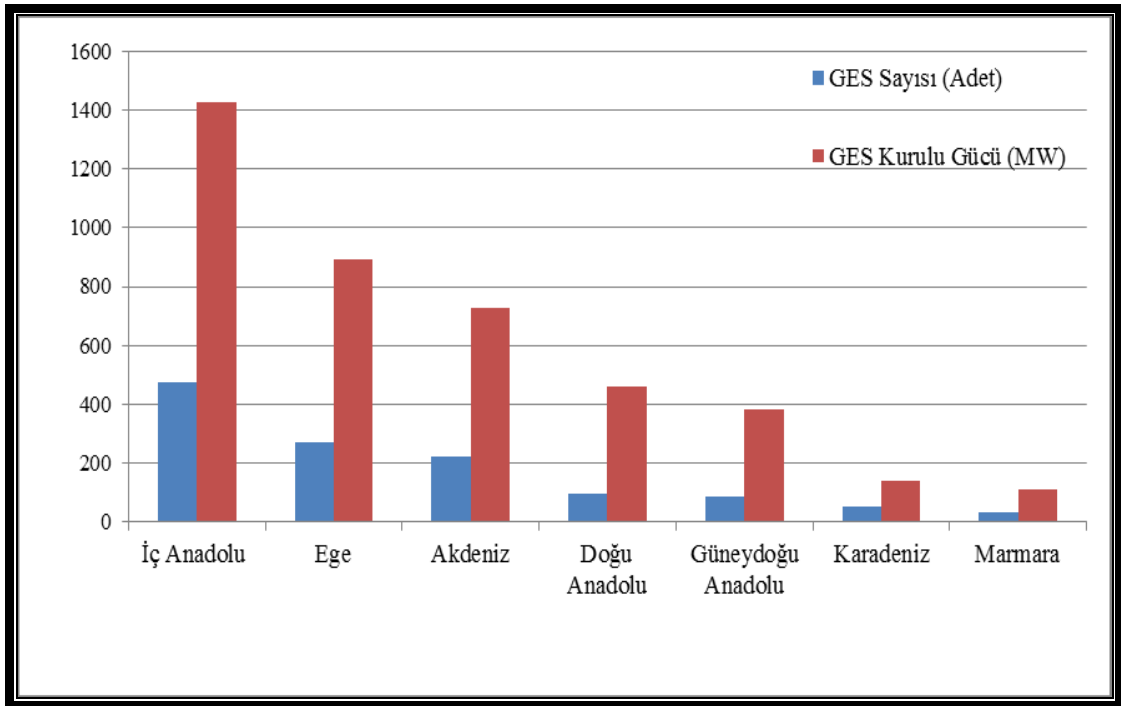
2040 yılı itibariyle ülkemizin güneş enerjisi kurulum kapasitesinin 40 GW’ı aşması ve toplam kurulu kapasitenin neredeyse %30’una ulaşması öngörülmektedir. Bu doğrultuda ülkemizin güneş enerjisi kurulu güç sektöründeki kapasite artırımının tahminen 2021-2030 yılları arasında 1/3’ünü güneş enerjisi kurulumunun oluşturacağı beklenmektedir. Enerjide kapasite artışında geri kalan kısmını ise kömür ve nükleer enerjinin oluşturacağı tahmin edilmektedir.

Ülkemiz, 2014’te güneş enerjisi kurulu gücü 40 MW iken, 2015’te bu miktar 249 MW, 2016 yılında 830 MW, 2021 yılı kasım ayı sonu itibariyle güneş enerjisi kurulu gücü 7.659 MW’a ulaşmıştır (Enerji Portalı, 2022). Buna göre ülkemizin 2023 yılı güneş enerjisi kurulu gücü hedefi 15 GW seviyesine ulaşmaktır.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) geniş ölçekli yatırımlar için 2016 yılında Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları (YEKA) modelini geliştirmiştir. İlk Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları (YEKA) ihalesi 2017 yılında Konya’nın Karapınar ilçesinde kurulan “Karapınar Güneş Enerjisi Santrali (GES)” için yapılmıştır. Santral elektrik üretimine geçmiştir. 2018 yılında Türkiye’de güneş enerjisinden elektrik üretimi 7.447,3 GWh’ye yükselmiştir (Alper, 2019).

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’nın hazırladığı 2019-2023 Stratejik Plan’a göre, elektrik enerjisi kurulu gücünün yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam kurulu güce oranı %59’dan %65’lere kadar yükseltilmesi amaçlanmaktadır (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2020).

Ülkemizde güneş enerjisi santrallerinin en fazla olduğu bölge İç Anadolu Bölgesidir (Şekil 1.5). İkinci sırada Ege Bölgesi, üçüncü sırada Akdeniz Bölgesi, dördüncü sırada Doğu Anadolu Bölgesi, beşinci sırada Güneydoğu Anadolu Bölgesi altıncı sırada Karadeniz Bölgesi, yedinci yani son sırada ise Marmara Bölgesi gelmektedir. Bu durum güneş enerjisi santrallerinin kurulumunda güneş enerjisi potansiyelinin çok fazla dikkate alınmadığı, sermaye, güvenlik sorunları gibi özelliklerin santrallerin kurulmasında öne çıkan faktörler olarak düşünülebilir.



Şekil 1.5 Türkiye'deki güneş enerji santrallerinin coğrafi bölgelere göre dağılışı grafiği

Ülkemizde güneş enerjisi yaygın olarak sıcak su ve gıda kurutmada kullanılmaktadır. Son yıllarda yaşanan gelişmelere rağmen ülkemizin güneş enerjisinden elektrik üretme konusundaki çalışmaları yeni sayılır. Yakın zamana kadar çatıların üstüne yerleştirilen paneller sayesinde güneş enerjisinin termal enerjiye dönüştürülmesi sonucu sıcak su elde etme amacı ile faydalanılmıştır. Ayrıca bahçe ve parkların aydınlatmasında, trafik amaçlı uyarı ve yol levhalarında güneşten sağlanan elektrikten yararlanılmıştır.

Türkiye'de son yıllarda güneş enerjisinin kullanılması ve geliştirilmesi konusunda yoğun bir çaba sarf edilmekte, enerji politikaları geliştirilmekte, kanunlar

çıkarılmaktadır. Yakın bir gelecekte ülkenin enerji ihtiyacının karşılanması noktasında güneş enerjisi oldukça önemli bir yere sahip olacaktır.

1.6 Muş İlinde Güneş Enerjisi

Muş ilinin güneş enerjisi potansiyeli yüksek olup ilin enerji ihtiyacının karşılanmasına büyük katkı yapacağı düşünülmektedir. Bu enerji yeni iş olanakları oluşturacağından ilin düşük istihdamına da büyük katkı sağlayacaktır. Çalışmanın bu bölümünde ise Muş ilinin güneş enerjisi potansiyeli, Muş ilindeki güneş enerjisi santralleri gibi konular üzerinde durulmaktadır.

1.7 Muş İlinin Güneş Enerjisi Potansiyeli

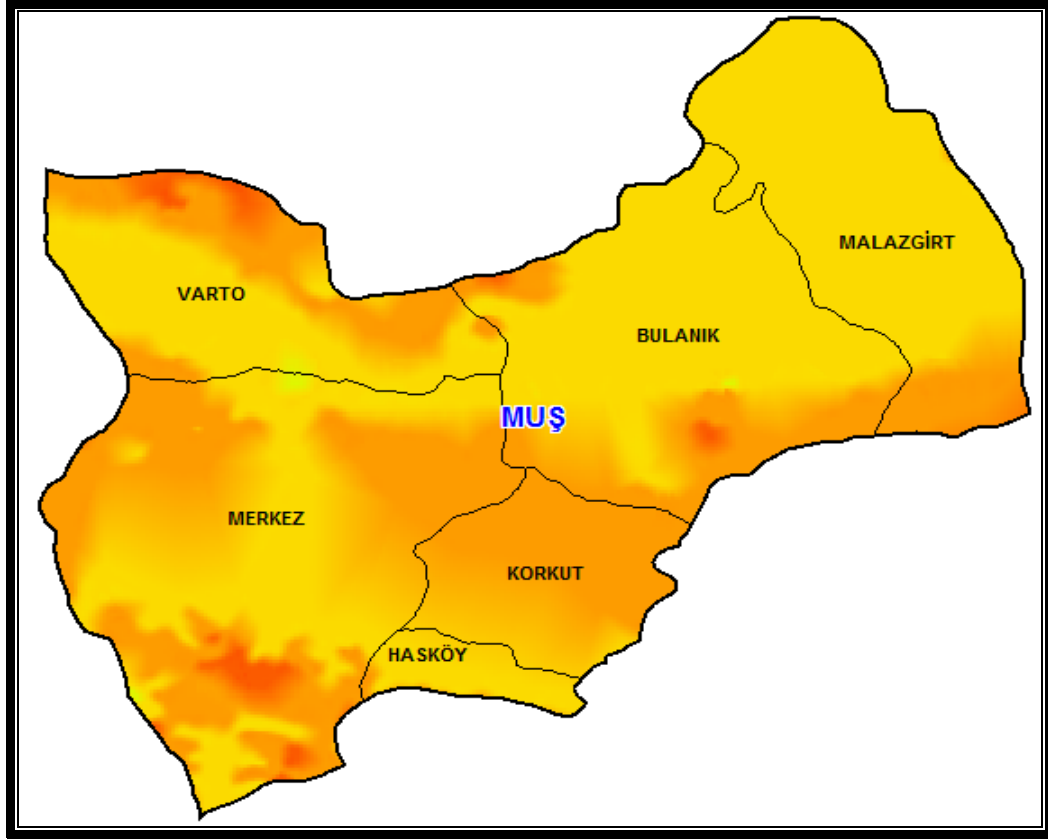
Muş ili, kuzeyde Erzurum, güneyde Bitlis ve batıda da Bingöl illeriyle komşudur. Muş ili Türkiye'nin en karasal iklimine sahiptir. Mevsimler arasında sıcaklık farkının en fazla olduğu ildir. Muş ilinde morfolojik açıdan dağlık kütleler tarafından sınırlandırılmış Türkiye'nin üçüncü büyük ovası olan Muş ovası yer almaktadır. Bunun dışında ilde Bulanık, Liz ve Malazgirt ovaları bulunmaktadır.

İlin yıllık güneşlenme süresi 3247 saattir. Yaklaşık aynı enlem aralığında yer almasına rağmen Van ilinden daha düşük güneşlenme süresine sahiptir. Kış mevsiminde özellikle soğuyup ağırlaşan hava ile temas eden daha sıcak hava kütlelerinin etkileşimi ile ya da radyasyon sonucu oluşan sis, güneşlenme süresinin Van ilinden daha az olmasına neden olmaktadır (Saha analizi).

Yıllık 3247 saatlik güneşlenme süresi günlük bazda hesaplandığında ortalama dokuz saate denk gelmektedir. Yıl içinde 403 saat ile temmuz ayında maksimum değerlere ulaşmaktadır. Ocak ayında 162 saat olan güneşlenme süresi il için minimum güneşlenme süresine karşılık gelmektedir (Climate-Data.Org., 2021). Ortalama yıllık ışınım şiddeti 1591 kWh/m²-yıl (günlük ise 3,6 kWh/m²) olduğu belirlenmiştir (Şenol, 2012).

Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA) verilerine göre Muş ilinde yıllık bazda ortalama günlük güneşlenme süresi 7,36 saat ile iyi bir potansiyele sahiptir. Yapılan ölçümlerde Muş ilinin topraklarına yıl içinde düşen toplam güneş enerjisi miktarı 2,686,40 kWh/m²-yıl, günlük ortalama global radyasyon miktarı ise 4.36 kWh/m²-gündür.

Bu değerler, yine de Muş ilinin hem yıllık güneşlenme süresi hem de yıllık global radyasyon değerleri bakımından ülke ortalamasının üzerinde olduğunu göstermektedir.



Şekil 1.6 Muş ili güneş enerjisi potansiyeli haritası (EİGM, 2021).

Şekil 1.6’da Meteoroloji Genel Müdürlüğü sayfasından alınan Muş ili’nin güneş enerjisi potansiyel haritası gösterilmiştir. Bu haritada il’in güneş enerjisi potansiyelinin yüksek olduğu alanlar turuncu ve tonları ile gösterilmiştir. Bu haritada şekil 4.1’de gösterilen Muş ilinin güneş enerjisi verimlilik (sonuç) haritası birbirine paralel olmakla birlikte CBS ortamında elde edilen sonuç haritasında ölçek büyütürük daha detaylı bilgiler elde edilmiştir.

1.8 Muş İli Güneş Enerjisi Santralleri

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’nın 11.08.2011 tarihinde Resmi Gazete’de yayınlanan “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun” kapsamında 2013 yılı sonu itibariyle 600 MW güç kapasitesine sahip güneş enerji santrali (GES) kurulacak iller belirlenmiştir. Söz konusu

yatırım yirmi sekiz ile tahsis edilmiştir. Bu 600 MW'lık güneş enerjisi yatırım payı içinde en yüksek 92 MW ile Konya iline ardından 77 MW ile Van iline en yüksek ikinci pay ayrılmıştır. TRB2 Bölgesi olarak adlandırılan Van; Bitlis, Muş ve Hakkâri illerine ise 123 MW güç kapasitesi tahsis edilmiş, bu şekliyle Türkiye'nin en yüksek güneş enerjisi payı alan ikinci bölgesi olmuştur. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının 2019 Yılı Faaliyet Raporuna göre, TRB2 Bölgesinde 21 MW Hakkâri iline, 16 MW Bitlis iline ve 9 MW'lık yatırım payı ise Muş iline verilmiştir.

Çizelge 1.3 Muş ili güneş enerji santralleri (Enerji Atlası, 2021).

Yapım Aşamasında Güneş Enerji Santralleri			
Santral Adı	İl - İlçe	Firma	Kurulu Güç
Yurt Çimento Güneş Enerji Santrali	Muş, Merkez	Yurt Çimento	8,00 MW
Ado Enerji Muş Güneş Enerji Santrali	Muş, Merkez	Ado Enerji	1,00 MW
Önlisans Alınan Güneş Enerji Santralleri			
Santral Adı	İl – İlçe	Firma	Kurulu Güç
Alparslan Güneş Enerjisi Santrali	Muş	Enerjisa	9,00 MW

Çizelge 1.3'te görüldüğü gibi Muş ilinde aktif olan güneş enerjisi santrali bulunmamaktadır. Muş'ta yapım aşamasında olan ve ön lisans alınan güneş enerjisi santralleri mevcuttur. Muş merkezde yapım aşamasında olan 8,00 MW güce sahip Yurt Çimento Güneş Enerji Santrali ve 1,00 MW güce sahip Ado Enerji Muş Güneş Enerji Santralleri yapım aşamasında 9 MW'lık kapasite gücüne sahip Enerjisa firmasına bağlı Alparslan Güneş Enerjisi Santrali için ön lisans alınmıştır. Bu verilere göre (Çizelge 1.3) Muş ilinin toplam güneş enerjisi kurulu gücü 18 MW olarak gözükmektedir. Bu açıdan bakıldığında Muş güneş enerji santralleri ve üretimi açısından oldukça düşük bir paya sahip olmakla birlikte söz konusu alandaki ilerleme çabaları önemsenmektedir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Çalışmanın bu bölümünde literatür taranarak güneş enerjisi ve güneş enerjisi potansiyeli ile ilgili yapılan çalışmalar ve bu çalışmaların içeriklerine değinilmiştir.

Kum ve arkadaşları (2019), yaptıkları çalışmada nüfus bakımından Türkiye'nin altıncı büyük ili olan Gaziantep ili hem Güneydoğu Anadolu Bölgesi hem de Ortadoğu'nun sanayisi açısından bir lokomotif işlevi göreceğini öne sürmüşlerdir. Bu duruma bağlı olarak ilin enerjiye olan ihtiyacı bölgedeki diğer illere nazaran daha fazladır. Bu çalışmada; 1-Arazi kullanımı, 2-Trafolara uzaklık, 3-Ortalama sıcaklık, 4-Global güneşlenme, 5-Güneşlenme süresi, 6-Eğim, 7-Bakı ve son olarak 8-Ulaşım ağlarına uzaklık gibi parametreler kullanılarak Gaziantep ilinin güneş enerjisi açısından verimli olan sahaların haritası çıkarılmıştır. Bu haritanın elde edilmesinde çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemlerinden biri olan Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY) kullanılmıştır. Bu yöntem ile elde edilen sonuca göre ilin arazisinin yaklaşık %8'inin güneş enerjisinin çok uygun ve verimli olduğu alanları oluşturduğunu ortaya koymuşlardır. İlin arazisinin %44'ünün ise uygun durumda olduğu tespit edilmiştir.

Kılıç ve Kumaş (2016), "Burdur İli Güneşlenme Değerlerinin Yapay Sinir Ağları Metodu İle Tahmini" konulu çalışmalarında yapay sinir ağları (YSA) metodu ile Burdur iliinin ilerideki aylık bazda ortalama güneşlenme süresi ışınım şiddeti değerlerini öngörmeye çalışmışlardır. Güneş enerjisi potansiyelini hesaplamak amacıyla gerek duyulan güneşlenme şiddeti ışınım değerlerini Türkiye Meteoroloji Enstitüsünden almışlardır. Yapılan çalışma sonucunda güneşlenme süresi değerleri ile ilgili verilerin hesaplanması ve bu verilerin elde edilmesi için formül türetmişlerdir. Bu çalışma ile güneş enerjisi potansiyeli anlamında Burdur ili için yapılacak çalışmalara yardımcı olabileceğini savunmuşlardır.

Kaynar (2020), "Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Güneş Enerjisinin Amasya İlindeki Potansiyeli" konulu çalışmasında güneş enerjisi potansiyeli ülke ortalamasının altında olan ve Karadeniz Bölgesi'nin bir ili olan Amasya'nın diğer şehirlerle ve bu bölgedeki birçok il ile kıyaslandığında güneş enerjisi potansiyelinin yüksek olduğunu ve bu potansiyelin araştırılmasını önermiştir.

Şahan ve Okur (2016), "Akdeniz Bölgesi'ne Ait Meteorolojik Veriler Kullanılarak Yapay Sinir Ağları Yardımıyla Güneş Enerjisinin Tahmini" konulu çalışmasında (YSA) modeli kullanarak Akdeniz Bölgesi'nde yer alan sahalar içerisindeki 14 yerleşkeyi seçmişlerdir. Seçilen bu yerleşkelere ait ortalama aylık güneş

ışınım şiddetini tahmin etmek amacıyla yapay sinir ağı (YSA) temelli bir model sayesinde güneş enerjisinin tahmini çalışmalarında gerçek verilere çok yakın değerler elde etmişlerdir. Böylece yapay sinir ağı (YSA) modelinin tüm coğrafi bölgelerde kullanılacak parametrelerle uygun olduğunu tespit etmişlerdir. Geliştirmiş oldukları YSA modelinin başka yerleşim yerleri ve farklı durumları tespit etmek ve bu modelin tahmin etmede kullanılabileceğini önermişlerdir.

Behçet ve arkadaşları (2013), “Adıyaman İlinin Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Kullanımı” konulu çalışmalarında, Adıyaman ilinin sahip olduğu yenilenebilir enerjisi kaynaklarından olan güneş enerjisi potansiyeli ve kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Adıyaman ilinin temiz ve sonsuz enerji kaynaklarından güneş enerjisi potansiyeli ile bu potansiyelden yararlanarak üretim teknolojileri açısından ilin önemini araştırmışlardır. Böylece Adıyaman ilinin enerji potansiyelinden yararlanarak üretim teknolojileri alanındaki bu potansiyelinin kullanılma yöntemleri üzerinde durmuşlardır.

Bektaş ve Yılmaz (2014), “Aksaray İlinin Güneş Enerjisi Potansiyelinin İncelenmesi” konulu çalışmasında 100 kWh kurulu gücü olan Aksaray Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu (MYO)’daki aydınlatma sisteminin elektrik ihtiyacını güneş enerjisi destekli bir sistem ile karşılanmasını araştırmışlar ve aynı zamanda bu kurulu gücün maliyet hesabını da yapmışlardır. Sistemin Aksaray ili için verimli olup olmadığını incelemişlerdir.

Gül ve Çelik (2017), ANFIS kullanılarak “Tunceli İli İçin Global Güneş Radyasyonu Tahmini” konulu çalışmalarında Tunceli ili için ay ve gün bazında global güneş radyasyonunun ortalamasına yakın veriler bulmak için adaptif ağ tabanlı olan bulanık çıkarım sistemi ile çalışan (Adaptive-Network Based Fuzzy Inference Systems) bir model önermişlerdir. Maliyeti az olan global güneş radyasyonunu tahmin etmek amacıyla yapay zeka konusunda ve yazılım tabanlı bir sistem olan ve farklı tahmin tekniklerini önermişlerdir. Bu model ile mevcut verilerin kullanılmasıyla iyi sonuçlar verdiğini ortaya koymuşlardır.

Özcan ve arkadaşları (2017), “CSP Teknolojisine Sahip Güneş Enerjisi Santrallerinin Kombine ANP-PROMETHEE Yaklaşımı İle Seçimi” konulu çalışmalarında, hükümetin stratejik hedeflerinden biri olan güneş enerjisi ile ilgili hedeflerini baz almışlardır. Bu hedefler doğrultusunda Yoğunlaştırılmış Güneş Enerjisi (CSP) teknolojileri yardımı ile bazı kriterler öne sürmüşlerdir. Söz konusu kriterlerden yararlanarak ANP (Analytic Network Process) yöntemi ile kendi aralarında bir sıralama

algoritması oluşturulmuştur. Aynı zamanda PROMETHEE (The Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation) yönteminin uygulanması ile Türkiye şartlarında öncelikli sıralaması elde edilen CSP teknolojisi ile belirlenen beş kriter öncelik sıralamasına göre düzenlenmiştir.

Özsoy ve Acar (2017), “Isparta’nın Senirkent İlçesinde Güneş Enerjisi Potansiyeli Üzerine Bir Araştırma” konulu çalışmalarında Isparta’nın Senirkent İlçesindeki veri analizinin yapıldığı saatlerde güneş, kurulu olan bir panelin yüksüz iken uygulanan ve bu uygulama sonucunda elde edilen açık ve kısa devre akımı değerlerinden oluştuğunu ortaya koymuşlardır. Çalışmada sonsuz temiz enerji kaynaklarından güneş enerjisini piller yardımıyla elektriğe çevirerek akülerde depolanacağını ortaya koymuşlardır. Böylece bu aküler sayesinde bu enerjinin kullanım faydaları üzerinde durmuşlardır. Güneş enerjisini kullanarak elektrik üretebilen güneş paneli sistemini tasarlamışlardır.

Pınar ve arkadaşları (2020), “Türkiye’deki Rüzgar Enerji Santralleri Dağılımının Coğrafi Perspektifle İncelenmesi” konulu çalışmalarında, Türkiye genelindeki güneş enerji santralleri, birçok faktör göz önünde bulundurularak dağılımının yapıldığını ortaya koymuşlardır. Bu dağılım incelendiğinde belli alanlarda yoğunlaşmalar olduğu saptanmıştır. Bu çalışmada, ülkemizin ihtiyacının büyük bölümünü karşılama potansiyeli olan güneşten elektrik üretme ile ilgili gelişmeler olmakla beraber yeterli düzeyde yararlanılmadığını ortaya koymuşlardır. Güneşten elektrik üretmek için kurulacak santrallerin saha çalışmasıyla ilgili herhangi bir sorun olmadığını da ortaya koymuşlardır.

Altıntaş (2012), “Dünya’da Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Güneş Enerjisinin Elektrik Üretimi Açısından, Ekonomik Etkileri: Avrupa Birliği ve Türkiye Uygulamaları” konulu çalışmasında güneş enerjisini elektrik enerjisine çevirmenin önemini vurgulamak için, Avrupa Birliği ve Türkiye’deki uygulamalarını değerlendirmeye ve elektrik enerjisi sektöründe güneş enerjisine olan ihtiyacı bu alandaki yatırımlarla üretimin artırılmasının önemini vurgulamaya çalışmıştır.

Ceylan (2019), “Türkiye’nin Güneşlenme Potansiyelinin Analizi ve Güneş Enerjisinin Enerji Politikasındaki Yeri” konulu tezli yüksek lisans çalışmasında ülkemizin güneş enerjisi potansiyeli ve bu potansiyeli değerlendirme olanakları araştırmıştır. Şekiller ve tablolar yardımıyla ülkemizin enerji politikası çerçevesinde çeşitli kaynaklardan faydalanarak güneş enerjisini açıklamaya çalışmıştır. Ayrıca, güneş

enerjisinin kurulumunun ve kurulum maliyetleri ile ilgili örnek projelerin tanıtımının önemli olduğuna kanaat getirmiştir. Bu çalışmanın sonuç bölümünde; ülkemizin belirlediği hedeflere ulaşabilmesi için güneş enerjisinin yaygın kullanımı amacıyla, çözüm ve önerilerde bulunulmuştur.

Yılmaz (2018), “Enerji Güvenliği Kavramı: 1973 Petrol Krizi Işığında Bir Tartışma” konulu çalışmasında yenilenebilir enerji kaynaklarının fizibilite, maliyet ve ekonomik etki analizlerini yapmıştır. Bu çalışmada, “SWOT Analiz” yöntemi ile Türkiye’nin enerji potansiyeli ve bu potansiyelin kullanılabilirliği incelenmiş ve yöntem sayesinde güneş enerjisi potansiyeli konusunda önemli bir katkı sunmuştur.

Aslan ve arkadaşları (2021), “Adıyaman İlinin Yenilenebilir Enerji Potansiyelinin Belirlenmesi Üzerine Bir Değerlendirme” konulu çalışmalarında; Adıyaman ilinin temiz enerjiden elektrik enerjisi elde etme potansiyeli toplamı 251.252 MW/yıl olduğunu ortaya koymuşlardır. Biyogazdan elde edilen enerji potansiyelinden yıl içinde teorik olarak üretilebilecek elektrik enerjisinin ise 1.330 MW/yıl olduğunu tespit etmişlerdir.

Dinçer (2011), “Türkiye’de Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi Potansiyeli-Ekonomik Analizi ve AB Ülkeleri ile Karşılaştırmalı Değerlendirme” konulu çalışmasında Türkiye’nin güneş enerjisi potansiyelini dikkate alarak bir çalışma yapmışlardır. Bu durumu Avrupa Birliği ülkeleri ile karşılaştırmalı bir şekilde analiz ederek güneş enerjisinden elde edilen elektrik enerjisi ile ilgili üretimi ile ilgili maliyet analizi yapmıştır.

Taşkın ve Korucu (2014) yaptıkları çalışmada; Türkiye’nin güneş enerjisi potansiyeli bakımından en yüksek değerlere sahip ikinci bölgesi olan Akdeniz Bölgesi’nde yer alan Kahramanmaraş ili ve merkez ilçelerinin ölçüm istasyonlarında piranometre adı verilen ölçüm cihazı ile güneş enerjisi potansiyelini belirlemişlerdir. Bu çalışma sonucunda Kahramanmaraş ilinin yıl içinde toplam 2918 saat güneşlenme süresine sahip olduğunu belirlemişlerdir. Aynı zamanda 1608 kWh/m²-yıl ışınlam şiddetine sahip olduğu belirlenmiştir. Bu güneş enerjisi potansiyelinin hem sıcak su elde edilmesi hem de başka alanlarda da kullanılabileceğini öne sürmüşlerdir.

Geçen (2019), ülkemizin en güneyinde yer alan Hatay’ın güneş enerjisi potansiyelini belirlemeye çalışmıştır. Çalışmada Hatay ilinde güneş enerjisi santrali kurulacak uygun alanların tespit edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada Hatay ilinin güneş enerjisi potansiyelinin yüksek olduğu alanları Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) destekli

Çok Ölçütlü Karar Analizi (ÇÖKA) yöntemiyle tespit etmeye çalışmıştır. Bu çalışmada Hatay ilinde güneş enerjisi potansiyelini belirlemek amacıyla uygun alanları tespit etmek için on üç parametre kullanılmıştır. Bu parametreler; 1-Bakı, 2-Eğim, 3-Yollara Uzaklık, 4-Elektrik İletim Hatlarına Uzaklık, 5-Trafo Merkezlerine Uzaklık, 6-Yerleşmelere Uzaklık, 7-Akarsulara Uzaklık, 8-Göllere Uzaklık, 9-Fay Hatlarına Uzaklık, 10-Taş Ocaklarına Uzaklık, 11-Kuş Göç Güzergâhlarına Uzaklık, 12-Toprak Grupları, 13-Bitki Örtüsü gibi parametrelerdir. Her bir parametre ayrı bir katman olarak ele alınmıştır. Çalışmada güneş enerjisi açısından Türkiye'nin ve Hatay ilinin önemli bir güneş enerjisi potansiyeline sahip olduğu sonucuna varmıştır.

Yalçın ve Yüce (2020), yaptıkları çalışmada; uzaktan algılama, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) destekli Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemini kullanarak Burdur ilinin potansiyel Güneş Enerjisi Santralleri (GES) için uygun olan yatırım alanlarını belirlemişlerdir.

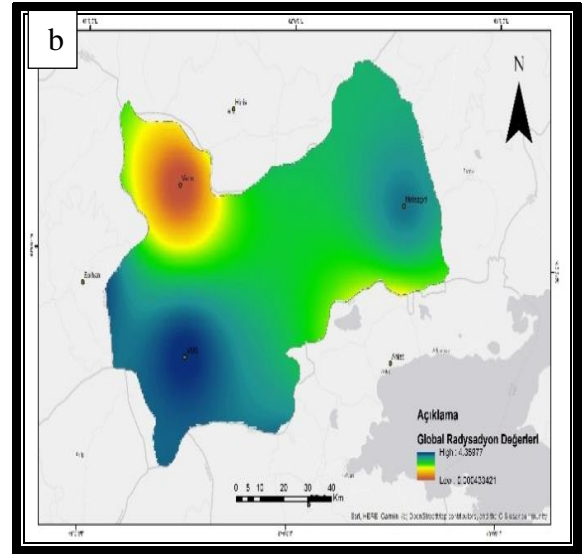
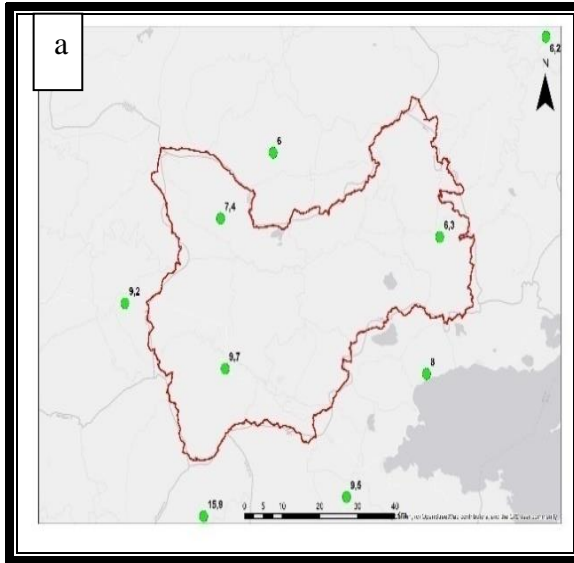
Uyan (2016), yaptığı çalışmada; Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) destekli Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden biri olan Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) kullanılarak Konya'nın Çumra ilçesinde kurulabilecek güneş enerjisi santrali için uygun alanları belirlemek amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Bu yöntem ile çalışma sonucunda elde ettiği verilere göre %1,5 gibi bir oran güneş enerjisi santral kurulumu yapılabilmesi için çok uygun alanları oluşturmaktadır. %26'lık bir oran orta seviyede uygun iken, geriye kalan %11'lik bir oran ise güneş enerjisi potansiyelinin düşük olduğu alanları oluşturmaktadır.

Balo (2018), yaptığı çalışmada, yenilenebilir enerji kaynakları arasında en büyük potansiyele sahip olan güneş enerjisi yardımıyla Çanakkale ilinde kurulması planlanan bir fotovoltaik güneş enerjisi sistemi için MATLAB programı destekli olarak hesaplanmaya çalışılmıştır. Yıl içinde global güneş radyasyonunun en yüksek olduğu değerler ve bu yüksek değerlerin hangi günler gerçekleştiğini tespit edilerek tasarlanan bir fotovoltaik güneş enerjisi sistemi için verimlilik ve sürdürülebilirlik potansiyelini değerlendirmiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışmada Muş ilinin potansiyel güneş enerjisi belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak bazı tematik haritalar üretilmiştir. Tematik haritaların üretilmesinde ArcGIS 10.5 programı kullanılmıştır.

Bu çalışmada kullanılan bazı tematik haritalar Digital Elevation Models (DEM)'den üretilirken (yükseklik, eğim, bakı, gibi) bazı veriler ise (Global güneş radyasyonu, güneşlenme süresi, sıcaklık) bazı işlemler sonrasında vektör (noktasal veri) raster veriye dönüştürülmüştür. ArcGIS 10.5 programı içerisinde ArcMap uygulaması altında yer alan Spatial Analys eklentisindeki, Enterpolasyon uzantısı içerisindeki geoistatistiksel bir yöntem olan noktalar arasındaki ara değerleri de bulmaya yarayan Kriging aracı kullanılmıştır. Bu yöntem sayesinde değeri bilinen noktasal verilerin komşu bölgelerinde de değer atamaları yapılabilmektedir. Böylece Noktasal veriler arasındaki boşluklar doldurulmuştur. Analizlerde kullanılmak üzere raster haritalar üretilmiştir (Şekil 3.1a, 3.1b).



Şekil 3.1a Global radyasyon değerleri ve istasyonlar **Şekil 3.1b** Kriging yöntemi ile oluşturulan ara değerlerin de doldurulduğu global radyasyon haritası

Şekil 3.1a'da Muş ili ve çevresinde bulunan meteoroloji istasyonları gösterilmiştir. Bu haritada da görüldüğü gibi Muş ilinin sınırları içerisinde üç ölçüm istasyonu bulunmaktadır. Bu ölçüm istasyonları Muş merkez ile Varto ve Malazgirt

ilçelerinde bulunmaktadır. Diğer istasyonlar ise Bitlis merkez, Ahlat ilçesi, Bingöl ili, Batman ili ve Erzurum ilinin Hınıs ilçesinde bulunmaktadır.

Şekil 3.1b’de ise Kriging yöntemi ile oluşturulan ara değerlerin de doldurulduğu global güneş radyasyon haritası verilmiştir.

Muş iline ait potansiyel güneş enerjisinin belirlenmesinde AHP (Analitik Hiyerarşik Prosesing) yöntemi kullanılmıştır. AHP yönteminin kullanılabilirliği birçok araştırmacı tarafından ortaya konulmuştur. Bu yöntem CBS ile entegre edilerek kullanıldığında mekânsal alanların seçiminde doğruluk oranı yüksek ve hızlı kararlar almaya olanak sağlamaktadır. Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) amaç doğrultusunda kriterleri dikkate alarak alternatifleri ortaya koyan ve bu alternatifler içerisinde en uygun seçimi yapmayı hedefleyen bir karar verme yöntemidir (Dağlı ve Çağlayan, 2016).

AHP nitel ve nicel verilerin bir arada kullanılabilirdiği deneyim ve gözlemlerin de çalışmaya dahil edilebildiği, uzman görüşlerine de yer veren bir yöntemdir. Bu çalışmada da tez danışmanlarının görüşleri parametrelere ait değere atamalarında kullanılmıştır. AHP ile karmaşık problemler basitleştirilebilir. Çözümüne yönelik bir model oluşturularak çözüm için kullanılan parametrelerin de matematiksel olarak tutarlılıkları da değerlendirilebilir.

Çok Kriterli Karar Verme Problemlerinden olan Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) Yöntemi 1977 yılında Saaty tarafından karar verme problemlerinin çözümünde kullanılabilir bir yöntem olarak geliştirilmiştir. Saaty tarafından geliştirilen bu ölçek bu çalışmada parametreler karşılaştırılırken kullanılmıştır. Analitik Hiyerarşi Yöntemi çalışmalarında kullanılan bu referans ölçek; ilgisiz veya eşit önem ifade eden 1’den en kuvvetli tercih veya mutlak önem olan 9’a kadar sıralanmaktadır. Bu yöntemde göre çift sayılar ara değerleri yani uzlaşma gerektiren durumlarda kullanılmaktadır (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1 AHP karşılaştırma ölçeği (Saaty, 1977).

Önem Derecesi	Tanımlama
1	Eşit derecede önemli
3	1. Ölçüt 2. Ölçüte göre biraz daha önemli
5	1. Ölçüt 2. Ölçüte göre fazla önemli
7	1. Ölçüt 2. Ölçüte göre çok fazla önemli
9	1. Ölçüt 2. Ölçüte göre olası en kuvvetli öneme sahip veya tercih ediliyor
2,4,6,8	Ara değerler, uzlaşma gereken durumlarda kullanılmaktadır

Muş ilinin güneş enerjisi potansiyelinin belirlenmesine yönelik olarak oluşturulan modelin şekillenmesinde Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemi kullanılmıştır. Her bir adıma ait işlemler aşağıdaki gibi özetlenebilir.

1'inci adımda karar verme problemi tanımlanmalıdır.

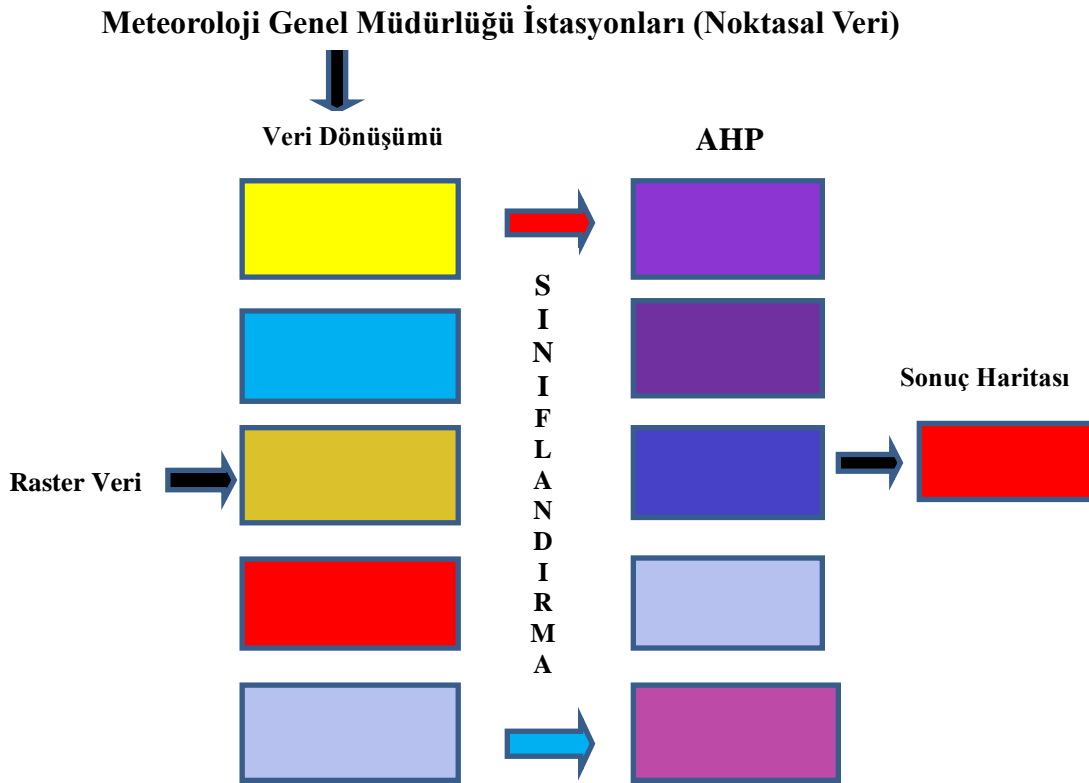
2'nci adımda kriterler arasındaki hiyerarşik yapı belirlenmelidir.

3'üncü adımda normalizasyon işlemi yapılmalıdır.

4'üncü adımda tutarlılık değeri olan CR'nin hesaplanması işlemi yapılmalıdır.

5'inci adımda her bir kriterin ağırlık değeri belirlenmelidir.

Karar verme problemi tanımlandıktan sonra kullanılan kriterler arasında karşılaştırma matrisi oluşturulmaktadır (Çizelge 3.1). Sonraki aşamada ise faktörlerin önem dereceleri belirlenmektedir. Tutarlılık durumları belirlendikten sonra her bir parametre önem derecesine göre işleme tabi tutulmaktadır. Bu çalışmada kullanılan her bir parametre Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemiyle hesaplanan ve çizelge 3.1'de gösterilen önem ölçeği baz alınarak belirlenen evrelere göre hesaplanmıştır. Hesaplama çizelge 3.1'de gösterilen önem derecelerine göre ArcMAP programında Raster Calculater uzantısı kullanılarak işleme tabi tutulmuştur. Bu uzantı sayesinde Muş iline ait Potansiyel Güneş Enerjisi haritası oluşturulmuştur.



Şekil 3.2 Veri Üretim Aşamaları ve İş Akış Şeması

Şekil 3.2’de veri üretim aşamaları ve iş akış şeması verilmiştir. DEM verisinden elde edilen her bir parametre için kendi içerisinde yeniden değer atamasının yapılarak raster veri formatına dönüştürüldükten sonra kendi içlerinde yeniden sınıflandırılmıştır. Bu şekilde de görüldüğü gibi sonuç haritasının elde edilmesinde izlenecek yöntem gösterilmiştir. Meteoroloji Genel Müdürlüğü ölçüm istasyonlarından noktasal veriler elde edilmiştir. Daha sonra elde edilen bu veriler Raster Veri sayesinde dönüştürülmektedir. Dönüştürülen bu veriler sınıflandırıldıktan sonra sonuç haritası elde edilmektedir (Şekil 3.2).

3.1 CBS Aracılığıyla İlin Reel Güneş Haritalarının Oluşturulması

Bu tezin temel amaçlarından biri Muş iline ait potansiyel güneş enerjisinin ve bu potansiyelin mekânsal yansımalarının (harita) belirlenmesidir. Bu çalışmada sonuç haritalarının üretilmesinde kullanılan parametrelere ait alt sınıflara ait değer atamasında tez danışmanlığını yürüten öğretim üyelerinin görüşlerine başvurulmuştur. Bu uzman kişilerin görüşleri doğrultusunda ikili karşılaştırma matrisi yapılarak sonuçlar elde edilmiştir. Muş ilinin güneş enerjisi potansiyelini belirlemek amacıyla literatürde mevcut olan benzer çalışmalar taranmıştır. Bu çalışma sonucunda teorik olarak güneş enerjisi potansiyelinin belirlenmesi amacıyla kullanılan parametrelerin sonucunda elde edilen veriler yardımıyla belirlenmeye çalışılmıştır.

Literatürde kullanılan bazı parametrelerin daha çok yer seçimine yönelik çalışmalarda daha anlamlı olabileceği (trafolara uzaklık vb.) bu nedenle daha çok doğal faktörlere (eğim, bakı, güneşlenme süresi, global güneş radyasyonu, sıcaklık ve yükseklik) yer verilmiştir.

Muş ilinin potansiyel güneş enerjisinin belirlenmesinde kullanılacak her bir parametre sayısallaştırılmış ve önem dereceleri Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemindeki adımlara uygun bir şekilde hesaplanmıştır (Çizelge 3.1).

Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) Yöntemi ile elde edilen değerlere göre yeniden sınıflandırılarak (Reclasify) her bir parametreye ait haritalar Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ortamına aktarılmıştır. Güneşlenme, global radyasyon, sıcaklık verilerinin üretilmesinde ise MGM’ye ait ölçüm değerleri kullanılmıştır.

Meteoroloji istasyonlarından alınan ölçüm değerleri Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ortamına nokta bazlı olarak işlenmiş, Kriging ve Inverse Distance Weighting (IDW)

yöntemi sayesinde istasyonlar arasında yer alan boşluklar da doldurulmuştur (Şekil 3.1a). Bu işlem ile CBS ortamında analizlere dahil edilebilecek formata dönüştürülmüştür (Şekil 3.1b).

Muş ilinin güneş enerjisi potansiyelini belirlemek için altı parametre kullanılmıştır. Bu parametrelerden yükselti, eğim ve bakı parametrelerine ait haritaların üretilmesinde 1/25.000 ölçeği ile elde edilen topografya haritaları, bilgisayar ortamına aktarılarak sayısallaştırılmıştır. Bu verilerden 10x10 m çözünürlükte Digital Elevation Model (DEM) verisi üretilerek elde edilmiştir. Eğim, bakı ve yükselti değerleri 10x10 m. hücre boyutunda üretilen DEM verisinden elde edilmiştir.

DEM verisi ile üretilen her bir parametreye kendi içerisinde yeniden değer ataması yapılmıştır. Bu değer ataması sonucunda elde edilen bilgiler raster veri formatına dönüştürüldükten sonra (tif formatında hücre bazlı veri) kendi içlerinde yeniden sınıflandırılmıştır. Bu veriler ArcMap programında Spatial Analyst Tools Modülünde, Map Algebra uzantısı ve AHP yöntemi ile hesaplanan çizelge 3.1'deki değerlere göre işleme tabi tutulmuştur.

3.1.1 Güneş enerjisi verimliliğinde rol oynayan parametreler

Ülkemiz matematik konumu sayesinde sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli ile dünyada öncü ülkeler arasında yer almaktadır. Güneş enerjisi verimliliğinde rol oynayan birçok parametre olmakla birlikte, özellikle güneşlenme süresi ve global güneş radyasyon miktarı son derece önemlidir.

Bu çalışmada, Muş ilinin güneş enerjisi potansiyelini belirlemek için altı parametre kullanılmıştır. Bu parametreler yükselti, bakı, eğim, sıcaklık, global güneş radyasyonu ve güneşlenme süresidir.

3.1.1.1 Sıcaklık

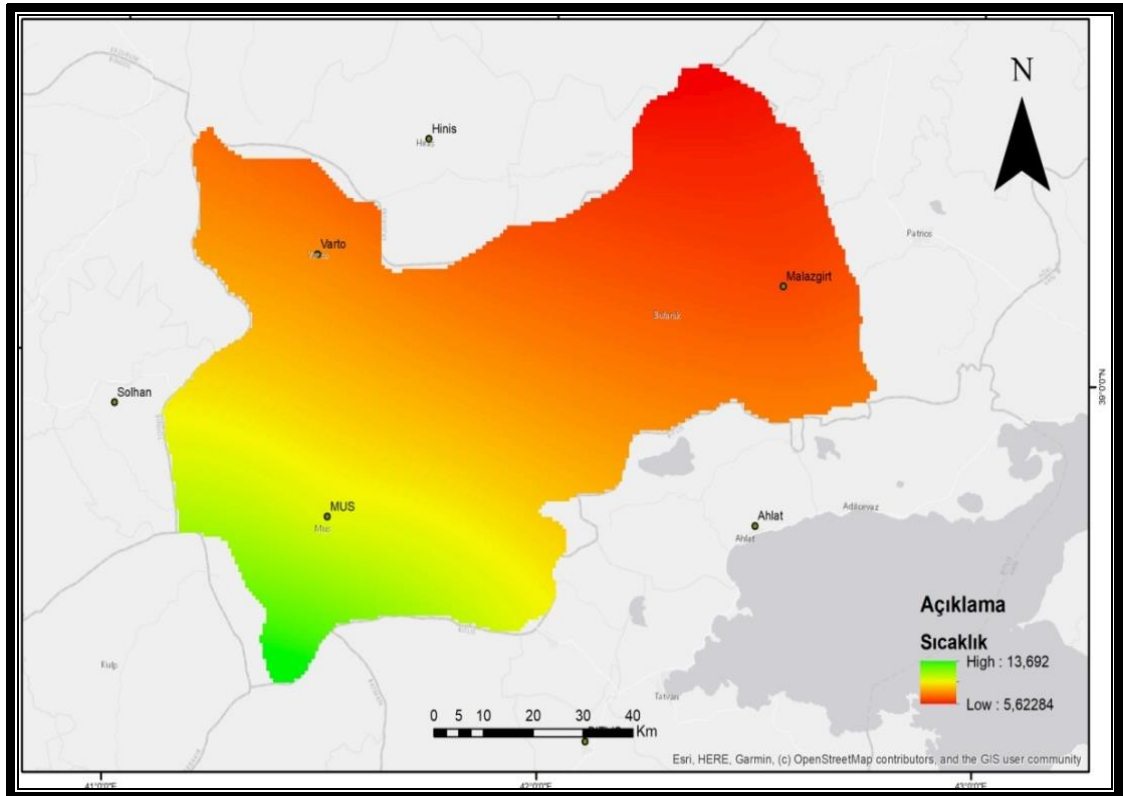
Sıcaklık, bir cismin kütesinde bulunan moleküllerin sahip olduğu kinetik enerji ile elektromanyetik dalgalar halinde çevreye yaptığı etki sonucunda ortaya çıkan ve ölçü birimi °C ile ifade edilen bir değerdir.

Sıcaklık terimi günlük hayatımızda sıkça kullanılan bir terimdir. Hava sıcaklığı, su sıcaklığı ve buna benzer birçok faktör yaşam standartlarımızı en çok etkileyen faktörlerin başında gelir (Gönençgil, 2010).

Türkiye'nin en karasal iklimine sahip olan Muş ili (Erinç 1958, Dölek, 2021), yağış rejimi olarak bazı dönemler Akdeniz iklim özellikleri gösterse de yükselti, yer şekilleri (etrafının dağlarla çevrili olması), denizden uzaklık gibi faktörler iklimin karasal özellikler göstermesinin en önemli nedenidir.

Köppen-Geiger'in iklim sınıflandırmasına göre Muş ili soğuk iklimlerden (D); kışı soğuk, yazı sıcak ve kurak karasal iklimi (DSB) sınıfında yer almaktadır (MGM, 2016). Çizelge 3.3'de Meteoroloji Genel Müdürlüğü sayfasından Muş ilinin 1964-2020 yılları arasındaki sıcaklık değerleri alınmıştır. İlin ortalama sıcaklığı 9.7°C civarındadır. Yıl içinde ilin sıcaklığının en yüksek ve en düşük olduğu aylar gösterilmiştir. İlin aylık bazda günlük güneşlenme süreleri verilmiştir. Bu tabloda ayrıca ilin aylık bazda ortalama yağış miktarı ve toplam yağış miktarı da gösterilmiştir.

Muş ilinin aylık ortalama sıcaklık değeri 7.3 ile 25.0 arasında değişmektedir. Yıllık sıcaklık değerleri ise kent merkezinde 9.7°C civarındadır. Bu değer, güneye doğru gidildikçe artış göstermektedir (MGM, 2021).



Şekil 3.3 Kriging yöntemi ile üretilen Muş iline ait sıcaklık haritası

Şekil 3.3'te Kriging yöntemi ile üretilen Muş iline ait sıcaklık haritası verilmiştir. Harita incelendiğinde açık yeşil ile gösterilen alanlarda yani ilin güneydoğu kuzeybatı yönünde sıcaklık değerlerinin yüksek olduğu görülmektedir. Sarı ile gösterilen alanlarda yani ilin merkez ve çevresi ile Hasköy ve Korkut ilçeleri ve çevresinde orta düzeyde sıcaklık değerleri hakim iken açık kırmızı ve kırmızı ile gösterilen alanlarda yani ilin kuzey ve kuzeydoğusunda yer alan Varto ilçesi ile Bulanık ve Malazgirt ilçelerinin büyük bir kesiminde sıcaklık değerlerinin düşük olduğu görülmektedir. Muş ilinin güneşlenme süresi ve sıcaklık değerleri karşılaştırıldığında bu parametrelerin birbirine paralel olduğu görülmektedir. Yani güneşlenme süresi arttıkça sıcaklık da artmaktadır. Çizelge 3.2'te Muş ilinin sıcaklık değerleri gösterilmiştir. Çizelge incelendiğinde sıcaklığın yüksek olduğu hücresel alanların oran olarak düşük olduğu görülmektedir. Çizelge 3.2 incelendiğinde Muş ilinin sıcaklık değerlerinin 7-9 °C aralığındaki oranın %43,80 ile en fazla yer kapladığı görülmektedir. Buna karşılık ilin 10-13 °C aralığındaki sıcaklık değerlerinin tüm alan içerisindeki oranı %0,62 ile çok düşük bir paya sahiptir (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2 Muş ilinin sıcaklık değerleri ve kapladıkları alan

Alt Önem Değeri	Sıcaklık (°C)	Count (Miktar)	Oran (%)
1	5-6	1260	7,42
2	6-7	4047	23,83
3	7-9	7439	43,80
4	9-10	4132	24,33
5	10-13	106	0,62

Meteoroloji Genel Müdürlüğü sayfasından alınan Muş iline ait iklim değerleri Çizelge 3.3'te gösterilmiştir. Bu değerler 1964-2020 yılları arasını kapsamaktadır. Bu çizelgedeki verilere bakarak Muş ilinin uzun yıllara ait iklim değerleri hakkında bilgi elde edilmektedir (MGM, 2021).

Çizelge 3.3 Muş iline ait uzun yıllar ortalama sıcaklık, güneşlenme ve güneşli gün sayısı (MGM, 2021)

Muş	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ölçüm Periyodu (1964-2020)													
Ortalama Sıcaklık (°C)	-7.1	-5.7	1.0	9.0	14.7	20.0	24.9	24.9	20.0	12.7	4.6	-2.7	9.7
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	-3.0	-1.1	5.9	14.7	21.2	27.4	33.0	33.1	28.2	19.8	9.8	1.0	15.8
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-10.7	-9.5	-2.8	4.2	8.7	12.6	16.9	16.9	12.2	6.8	0.5	-5.8	4.2
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	1.8	2.8	4.2	5.6	7.8	10.1	10.7	10.4	9.1	6.2	3.6	1.8	74.1
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	13.7	12.3	14.2	14.5	14.1	6.4	2.0	1.5	3.0	9.3	9.8	12.7	113.5
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	90.4	98.3	104.0	104.7	69.1	27.6	7.6	5.5	15.8	64.2	89.6	90.7	767.5
Ölçüm Periyodu (1964-2020)													
En Yüksek Sıcaklık (°C)	10.2	15.0	22.8	30.0	31.2	37.4	41.6	41.2	37.0	30.6	21.6	16.0	41.6
En Düşük Sıcaklık (°C)	-32.6	-34.4	-31.4	-10.2	-2.4	2.2	3.6	8.0	0.0	-3.0	-25.8	-32.0	-34.4

3.1.1.2 Güneşlenme süresi

Güneşlenme süresi; Dünya Meteoroloji Örgütü'nün tanımına göre belirli bir zaman diliminde birim alana gelen ve doğrudan global güneş radyasyon miktarının 120 W/m^2 'yi geçtiği sürelerin toplamı olarak ifade edilir. Güneşlenme süresi, yere ışınım yoluyla günlük, aylık ya da yıllık olarak ortalama düşen sürenin saat cinsinden ifade edilmesidir. Güneşlenme şiddeti cal/cm^2 olarak hesaplanır. Güneşlenme süresinin birimi saattir.

Güneşlenme süresi üzerinde enlem faktörünün de önemli bir etkisi vardır. Güneşlenme süresi ile sıcaklık doğru orantılıdır. Yani güneşlenme süresi arttıkça sıcaklık da artmaktadır. Bu durum güneş enerjisi potansiyelinin de yükselmesini sağlamaktadır. Bu nedenle bu çalışmada güneşlenme süresi Muş ilinin potansiyel güneş enerjisinin kullanılmasında bir parametre olarak kabul edilmiştir. Muş ilinde güneşlenme süresi aylık ortalama 70-83 saat aralığındadır. İlin güneşlenme şiddeti

sıcaklık ve güneşli gün sayısına bağlı olarak kent merkezinde bu değer az iken ilin güneyinde bu değerler maksimum seviyeye yükselmektedir. Bu değerler ilin kuzeyinde ve güneybatısında maksimum değerlere ulaşmaktadır.

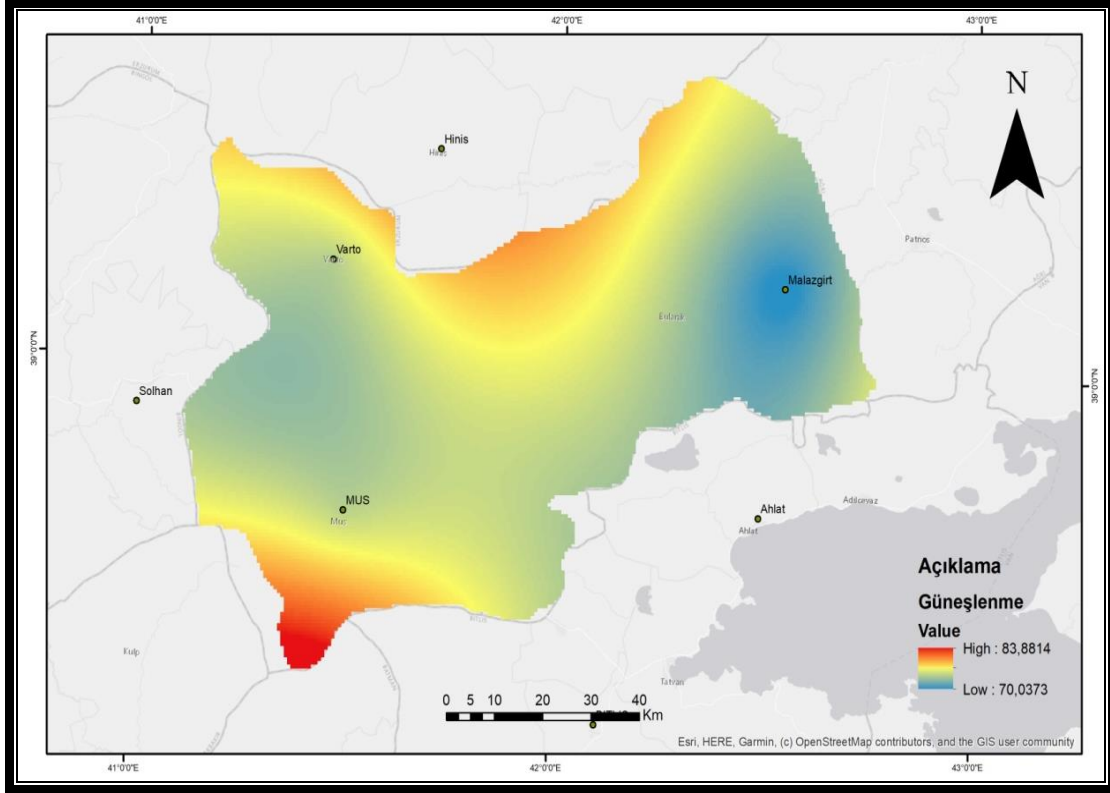
Yıl içerisinde bulutlu gün sayısının az olmasına rağmen; Muş merkezde yerel koşullardan dolayı oluşan yoğun sisten kaynaklı olarak özellikle kış ayları için güneş enerjisinden faydalanma olanakları düşmektedir.

Bu çalışma sonucunda elde edilen aylık güneşlenme süresi ve ortalama sıcaklıkların il genelinde birbirine yakın olduğundan dolayı alt kriter ve genel olarak Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ağırlık değerlerinin düşük olması sonucunu doğurmuştur.

Çizelge 3.4 Türkiye'nin aylık ortalama güneş enerjisi potansiyeli ve aylara göre günlük ortalama güneşlenme süreleri (Güneş Sistemleri, 2021)

Aylar	Aylık Toplam Güneş Enerjisi kWh/m ² -Gün	Güneşlenme Süresi Saat/Gün
Ocak	1,67	3,32
Şubat	2,26	4,11
Mart	3,12	5,32
Nisan	4,07	6,57
Mayıs	4,96	9,10
Haziran	5,63	10,48
Temmuz	5,66	11,77
Ağustos	5,11	11,06
Eylül	4,11	9,33
Ekim	2,90	6,90
Kasım	2,03	5,23
Aralık	1,51	3,32
Toplam	43,02	86,53
Ortalama	3,58	7,2

Çizelge 3.4'te Muş ilinin aylık toplam günlük güneş enerjisi miktarı ile aylara göre günlük ortalama güneşlenme süreleri miktarları gösterilmiştir. Bu çizelgeye bakıldığında ay bazında en düşük değerler aralık ayında en yüksek değer ise temmuz ayında ölçülmüştür. Bu haliyle bile Türkiye'nin güneşlenme sürelerinin yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 3.4 Kriging yöntemi ile üretilen Muş iline ait güneşlenme süresi haritası

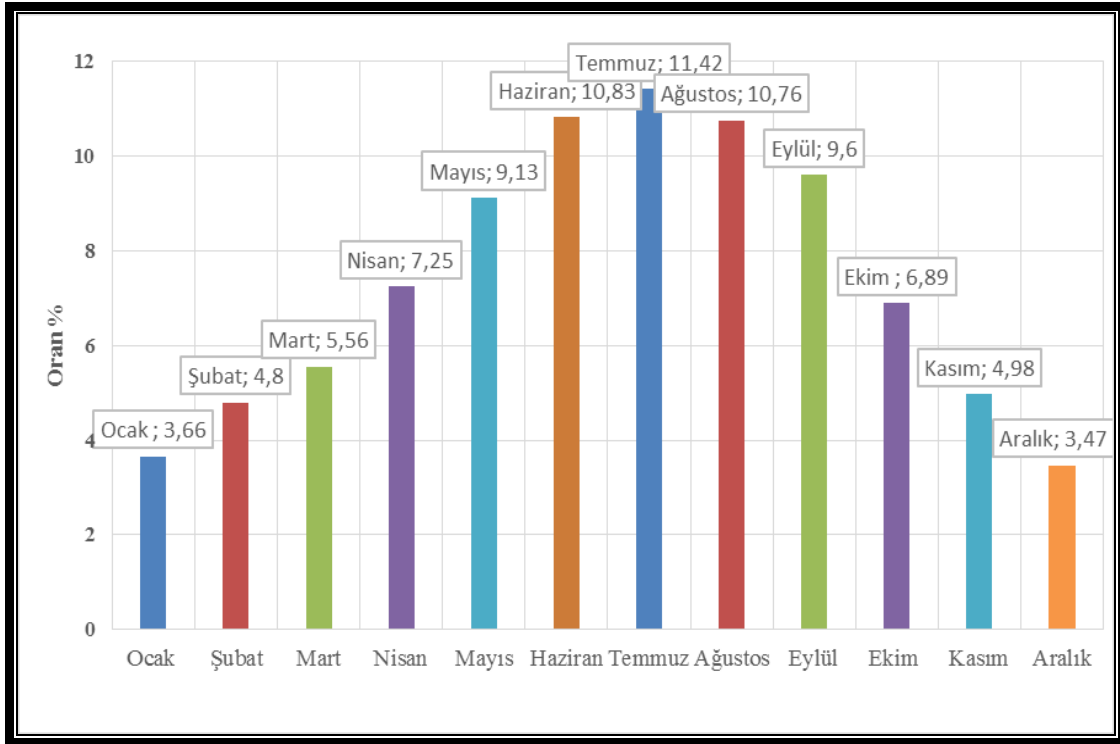
Şekil 3.4'te Kriging yöntemi ile üretilen Muş iline ait güneşlenme haritası verilmiştir. Bu haritaya göre ilin güneybatısında kalan (kırmızı ile gösterilen) alanlarda güneşlenme sürelerinin yüksek olduğu görülmektedir. Sarı ve tonları ile gösterilen alanlarda güneşlenme süreleri orta düzeyde iken, mavi ve tonları ile gösterilen alanlarda ise güneşlenme sürelerinin düşük olduğu görülmektedir.

Çizelge 3.5 Muş ilinin güneşlenme süresi değerleri ve kapladıkları alan

Alt Önem Değeri	Güneşlenme Süresi	Count (Miktar)	Oran (%)
1	70-72	1211	7,42
2	72-76	4914	28,93
3	76-78	6947	40,90
4	78-83	3877	22,83
5	83>	35	0,21

Çizelge 3.5'te Muş ilinin güneşlenme süresi değerleri gösterilmiştir. İlin güneşlenme süresi değerlerini gösteren çizelgeye göre 76-78 aralığındaki değerlerin oranı %41 civarındadır. İlin en yüksek güneşlenme süresi olan 83 saat ve üzerindeki

değerlere sahip olan alanın ilin sadece %0,21'ine denk gelmektedir (Çizelge 3.5). Çizelgeye göre güneşlenme süreleri 3.5'te Kriging yöntemi ile üretilen Muş iline ait güneşlenme haritasına paralel olduğu görülmektedir.



Şekil 3.5 Muş ili aylık bazda ortalama günlük güneşlenme süreleri

Şekil 3.5'te Muş ilinin ortalama aylık güneşlenme süreleri saat cinsinden verilmiştir. Güneşlenme süresinin yıl içinde en fazla olduğu ay temmuzdur. Muş ilinin aylık ortalama güneşlenme süresi miktarı 7.36 saat/gündür. Yıllık ortalama güneşlenme süresi miktarı ise (7,36x365) işlemi sonucunda elde edilen 2.686,40 saat/yıllık değere tekabül etmektedir. Bu değer Muş ilinin güneşlenme süresinin ülke ortalamasının üzerinde olduğunu göstermektedir (Şekil 3.5). Muş ilinin genelinde ortalama güneşlenme süresi 2686,40 saat/yıl'dır. Bu değer özellikle ilin güney kesimlerinde 2686,40 saat/yılın üzerine çıktığı görülmektedir (GEPA, 2022).

3.1.1.3 Eğim

Dönenceler dışında yer alan Muş iline güneş ışınları yıl içinde hiç bir zaman dik açı ile gelmez. Bir bölgeye güneş ışınlarının geliş açısı ve o bölgeye ulaşan enerji miktarı arasında doğru orantı vardır. Yani güneş ışınlarının yüksek açıyla geldiği

yerlerde enerji miktarı da fazladır. Bu nedenle döneceler dışında yer alan Muş iline yıl içerisinde güneş ışınları 21 haziranda en yüksek seviyesinde gerçekleşmektedir.

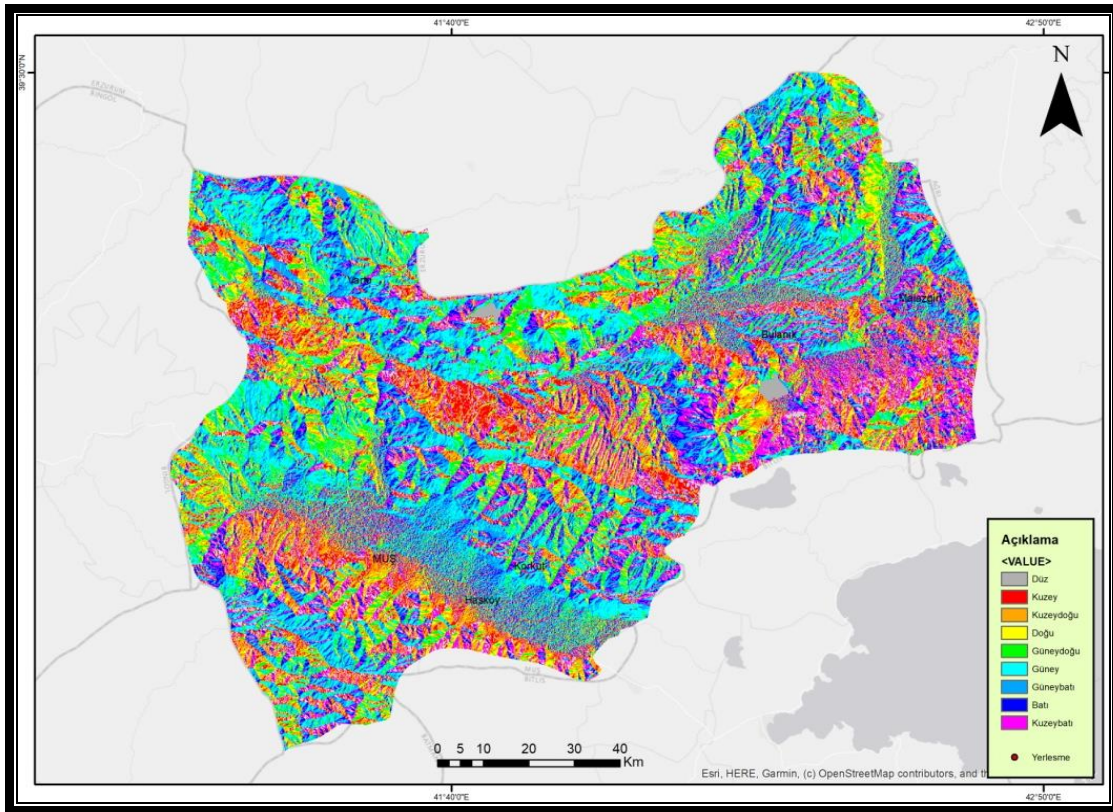
Muş ilinde eğim değerlerinin fazla olması güneş ışınlarının yere gelme açısını da etkilemektedir. Yeryüzünün eğimli ve pürüzlü olması da güneş enerjisi santrallerinin kurulumu için yer seçiminde önemli bir faktördür. Santral kurulumunda maliyeti düşürmek için eğimin az olması önemli bir husustur. Eğimin artması maliyetin de artmasına sebep olmaktadır. Güneş enerjisi santrallerinin yer seçiminde optimum topografik koşullar eğimin az olduğu yani düz ve düze yakın bölgelerdir. Literatüre göre eğim değerlerinin %1-5° arasında olması tercih edilmektedir. Güneş enerjisi santralının kurulacağı bölgenin doğu ve batı bölgelerinde güneşi engelleyecek çapta ağaç ve yapı olmamasına, tarımsal arazi olmamasına yani arazinin atık durumda olmasına dikkat edilmelidir. Muş ilinin arazi yapısına bakıldığında özellikle ilin belli bir kısmı yüksek platolardan oluştuğu görülmektedir. Eğim parametresi kendi içinde alt değerlere ayrılmıştır. Ülkemiz dönenceler dışında güneş ışınlarını yılın hiçbir zamanında dik olarak almamaktadır. Muş ilinin en güneyi yıl içinde güneş ışınlarını en büyük açı olan 74° (derece) 43' (dakikalık) açı ile alır. Eğimin artması bir noktaya kadar gelme açısını olumlu etkiler. Bir noktadan sonra artan eğim gelme açısını olumsuz etkiler. Bu nedenle eğim parametresi artan–azalan mantığı içerisinde sınıflandırılarak alt eğim derecelerine değer ataması yapılmıştır.

Bu yüksek düzlükler güneş enerjisi potansiyeli için uygun sahaları oluşturmaktadır. Şekil 3.6'da görüldüğü gibi sadece ilin güneyindeki yüksek Kurtik Dağı ile yine Diyarbakır iline bağlı Kulp ilçesine giden yol güzergâhındaki eğim değerlerinin yüksek olduğu görülmektedir.

Çizelge 3.6'da Muş ilinin eğim değerleri gösterilmiştir. Çizelgeye bakıldığında eğimin az olduğu alanların yani 0-4 arasındaki eğim değerlerine sahip olan alanların yaklaşık olarak ilin topraklarının toplam alanının %35'ine karşılık geldiği görülmektedir. Yine eğim değerleri 4-10 arasında olan alan ilin toplam alanının %25'ine denk gelmektedir. Yani eğim faktörü açısından değerlendirildiğinde güneş enerjisi için Muş ilinin ortalama %60'ına yakın bir oranın eğim değerlerinin %10'dan düşük olduğu ve güneş enerjisi santral kurulumu açısından elverişli olduğu görülmektedir (Çizelge 3.6).

4.1.1.4 Bakı

Çalışmada yer alan önemli parametrelerin bir diğeri ise bakı faktörüdür. Muş ilinin geneli düşünüldüğünde Muş Merkez ve çevresinde yer alan Muş Ovası, Malazgirt ve Bulanık ilçelerinin çevresindeki alanlar dışında kalan sahaların büyük ölçüde engebeli olması bakı faktörünün etkisini de önemli ölçüde arttırmaktadır. Literatüre göre güneş enerjisi potansiyelinin belirlenmesinde bakı faktörünün göz ardı edilemeyeceği belirtilmektedir. Kuzey yarım kürenin orta ve kutuplara yakın enlemler arasında yer alan ülkelerde güney yamaçlara bakan alanlar güneş ışınlarını daha büyük açıyla aldığı için bu ülkelere yapılacak güneş enerjisi santrallerinin kurulması daha kolaydır. Güneş enerjisi kurulumu için gerekli ekipmanlardan olan güneş panellerinin kurulumunun kolay bir şekilde kurulması için belli bir açı dahilinde gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Panellerin güneye bakan doğrultuda eğimli hale getirilmesiyle güneş enerjisinden maksimum seviyede faydalanma imkanı sağlanacağından dolayı düz ve düze yakın bölgeler tercih edilirken, potansiyel enerji miktarının hesaplanmasında güneye bakan yamaçların daha verimli olduğu değerlendirilmektedir. Muş ili kuzey yarım kürede döneceler dışında yer aldığı için yılın hiç bir döneminde güneş ışınlarını dik açı ile almaz. Güneye bakan yamaçlar güneş ışınlarını daha büyük açı ile alır. Bununla birlikte yükseltinin de kuzey ve güneye doğru artması ildeki arazilerin büyük kısmının doğu-batı yönlü uzanmasında etkili olmuştur.



Şekil 3.7 Muş ili bakı haritası

Şekil 3.7’de Muş ilinin bakı değerlerini gösteren harita verilmiştir. Şekil 3.7’de görüldüğü gibi eğim parametresinde olduğu gibi Muş ilinin bakı faktörü açısından değerlendirildiğinde bakı için elverişli alanların ilin güney yamaçları olduğu ve bu alanların ilin çevresinde ve doğu batı doğrultusunda uzandığı görülmektedir. Şekilde görüldüğü gibi Muş ilinin güney yamaçlarına bakan alanların yani açık mavi ile gösterilen alanların doğu-batı doğrultusunda uzandığı ve ilin geneline düzensiz bir şekilde dağıldığı görülmektedir (Şekil 3.7).

Çizelge 3.7 Muş ilinin bakı değerleri ve kapladıkları alan

Alt Önem Değeri	Bakı	Count (Miktar)	Oran
1	Düz 1	34	4,074
2	Kuzey 2	32351360	38,772
3	Doğu 3	9366136	11,225
3	Batı 4	32135409	38,513
5	Güney 5	9586415	11,489

Çizelge 3.7 Muş ilinin bakı değerleri gösterilmiştir. Bu tabloya bakıldığında güneş ışınlarının açık mavi ile gösterilen ve güneye bakan yamaçlara daha dik açıyla geldiği görülmektedir. Yani güneş enerjisi potansiyelinin yüksek olduğu alanlardır. Bu harita incelendiğinde bakı faktörünün Muş ili için oldukça düzensiz bir dağılım gösterdiği görülmektedir. Çizelge 3.7'e göre tüm alan içerisinde ilin topraklarının yaklaşık olarak %50'sinin doğu-batı istikametinde uzandığı görülmektedir. İldeki toprakların güney yamaçlarına bakan alanın tüm alan içerisindeki oranı %11 civarındadır. Bu durum Muş ilinin güneş enerjisi potansiyeli için bakı faktörünün önemli olduğunu göstermektedir (Çizelge 3.7).

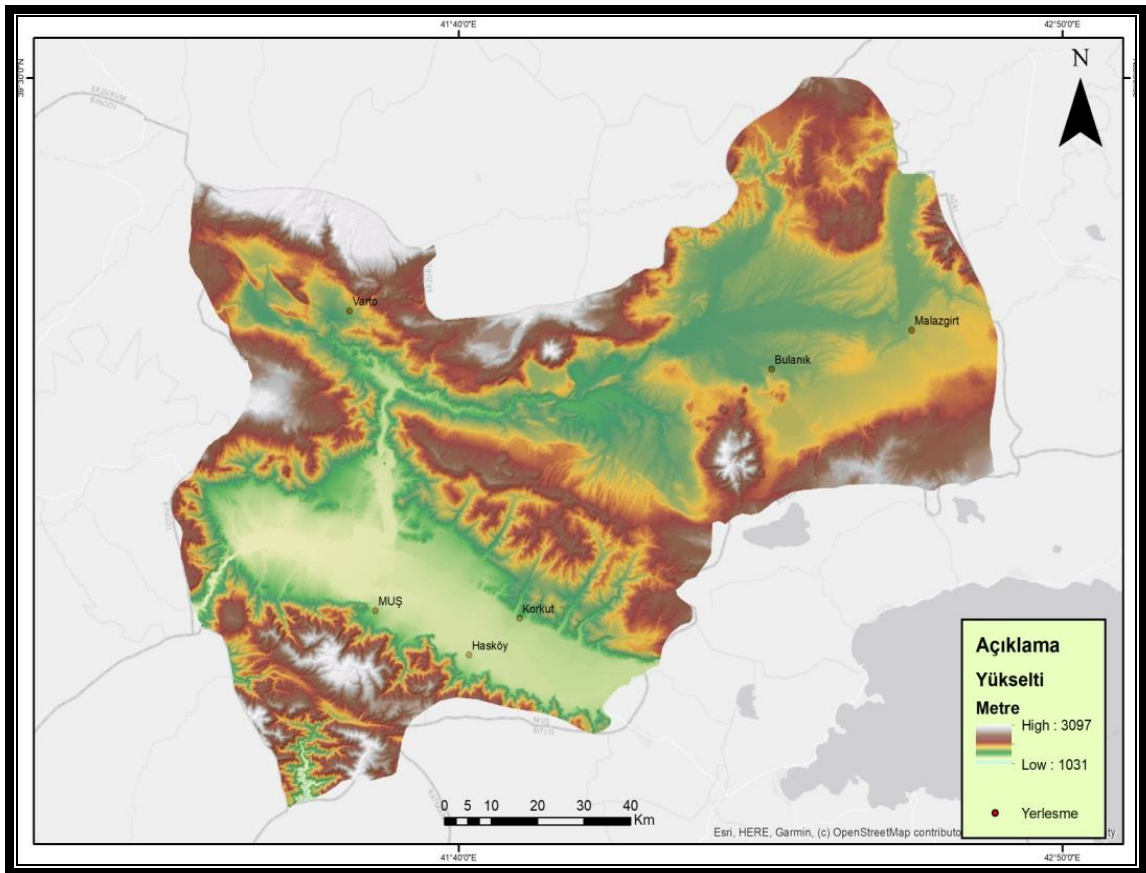
3.1.1.5 Yükselti

Güneş enerjisi potansiyelinin belirlenmesinde yükselti parametresi önemli bir faktördür. Yükseltiye bağlı olarak iklim ve dolayısıyla güneşlenme süresi de değişebilmektedir. Yükselti faktörü, güneş enerjisi santrallerinin kurulumunda hem panellerin montaj edilmesini hem de ulaşım şartlarını olumsuz etkilemektedir. Yükseltinin minimum olduğu sahalarda ulaşım olanaklarının daha kolay sağlandığı ve güneş panellerinin kurulumunun daha rahat gerçekleştirilebildiği bir gerçektir. Yükselti değerlerinin fazla olduğu bölgelerde ise hem güneş panellerinin kurulumu hem de bakım ve onarım için yapılacak iş ve işlemleri zorlaştırmaktadır. Güneş enerjisi santrallerinden üretilen elektrik enerjisinin ana şebekeye aktarılması açısından enerji nakil hatlarına yakın olması önem arz etmektedir. Bu durumda, yükselti değerlerinin arttığı alanlarda enerji nakil hatları daha az olduğu ya da hiç olmadığı için bu alanlara güneş enerjisi santrallerinin kurulması maliyeti yükselttiğinden çok fazla tercih edilmemektedir (Pınar ve ark; 2020).

Çizelge 3.8 Muş ilinin yükselti değerlerini ve kapladıkları alan

Alt Önem Değeri	Yükselti (m)	Count (Miktar)	Oran (%)
1	1036-1411	13928983	16,693
2	1411-1600	24254248	29,068
3	1600-1850	24920709	29,866
4	1850-2200	20335394	24,371
5	2200-2882	20	2,396

Çizelge 3.8’de Muş ilinin yükselti değerleri verilmiştir. Yükselti değerlerinin 1036-1411 aralığında olduğu yani yükseltinin az olduğu alanlar Muş ilinin toplam alan içerisinde yaklaşık olarak %17’lik kısmını oluşturmaktadır. Muş ilinin yükselti değerlerinin fazla olduğu 2200-2882 yükselti aralığı ilin sadece %2’lik bir oranına tekabül etmektedir. Yükseltinin orta düzeyde olduğu 1411-1850 aralığındaki yükselti değerlerinin oranı ise ilin toplam alanının %58’ine denk gelmektedir. Bu da ilinin yükselti değerlerinin fazla olduğu alanların büyük bir kısmını kapsadığı görülmektedir (Çizelge 3.8.)



Şekil 3.8 Muş iline ait sınıflandırılmış yükselti haritası

Şekil 3.8’de Muş iline ait sınıflandırılmış yükselti değerlerini gösteren harita verilmiştir. Bu haritaya bakıldığında Muş ilinin kuzeyi yani Varto ilçesi ile güney hatlarında yükseltinin fazla olduğu görülmektedir. İlin topraklarının orta kısımlarındaki bazı bölgeler, güneybatı, kuzeydoğu ve güneydoğusunun beli kesiminde yüksek olduğu görülmektedir. Yükselti güneş enerjisi kurulumu için olumsuz bir durum arz etmektedir. Fakat güneş ışınları için avantaj sağlamaktadır. Yüksekliğin az olduğu alanlar ise güneş

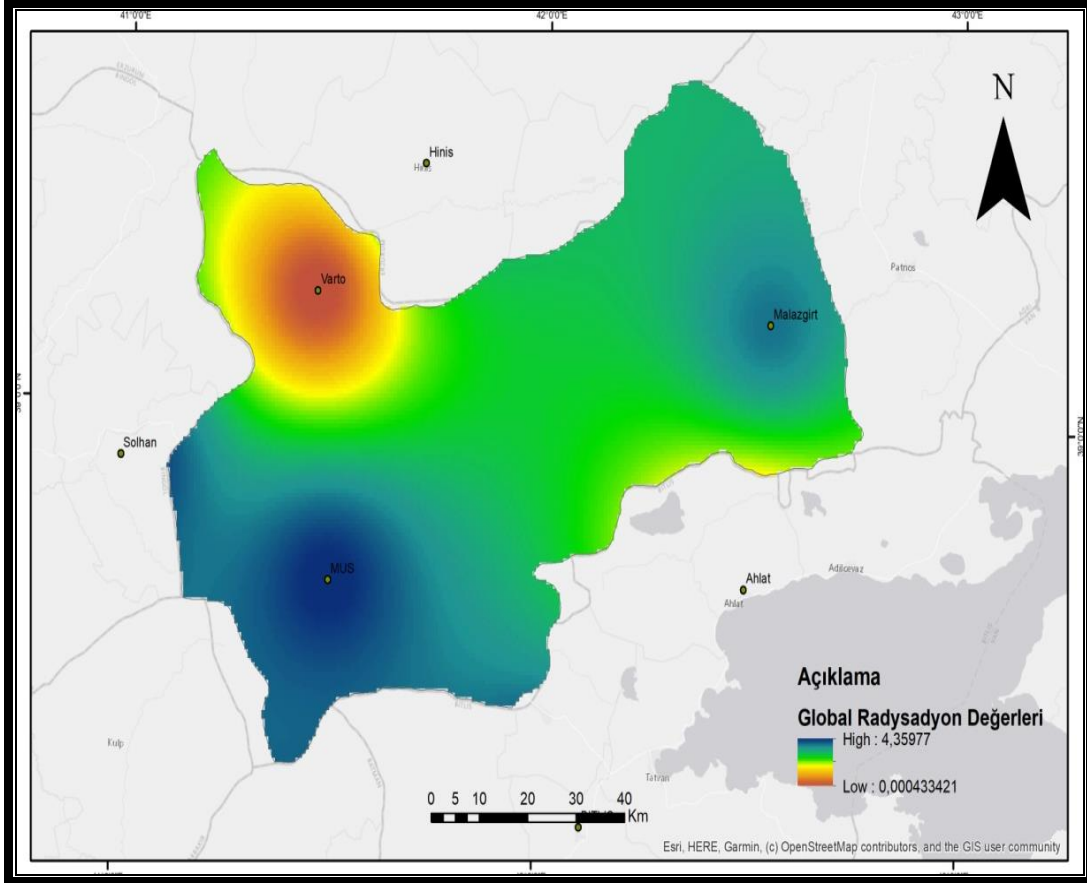
enerjisi santral kurulumu açısından avantaj sağlamaktadır. Şekil 3.8'deki Muş ilinin yükselti haritası incelendiğinde koyu yeşil ve açık yeşil ile gösterilen sahaların geniş yer kapladığı görülmektedir. Bu renk tonları ile gösterilen bölgelerde yükselti az olduğundan güneş enerjisi santrallerinin kurulumu kolay ve az maliyetlidir. Koyu yeşil, kahverengi ve tonlarıyla gösterilen alanlarda yükselti fazla olduğundan ve maliyeti arttırdığından güneş enerjisi santral kurulumunun zahmetli olduğu bilinmektedir.

3.1.1.6 Global güneş radyasyonu

Güneş enerjisi potansiyelinin belirlenmesinde önemli bir etkiye sahip olan diğer bir parametre ise global güneş radyasyonudur. Global güneş radyasyonu güneş enerjisinin dünya yüzeyine ulaşan bir enerji şeklidir (Bitirgen, 2018). Işınım şiddeti global güneş radyasyonu olarak da bilinir. Radyasyon; güneşin bir metre karelik (1 m^2) alana taşıdığı veya bir metre karelik alana düşen enerji miktarıdır. Diğer bir ifade ile yüzey alana düşen global güneş radyasyon değerini ifade eder. Güneşten gelen ışınlar iki değişik şekilde yeryüzüne ulaşmaktadır. Bu da doğrudan ve yansıma yolu ile olmaktadır. Güneşin kaynağından çıkarak atmosferde herhangi bir enerji kaybına uğramadan direk dünyanın yüzeyine ulaşan ışınım tipi “direk radyasyon” olarak ifade edilmektedir. Bulutlar, sis, atmosferde bulunan parçacıklar ve yeryüzü şekilleri gibi faktörler sebebiyle kırılmaya uğrayarak tekrar yeryüzüne ulaşan radyasyon ise “difüz radyasyon” olarak ifade edilmektedir. Global radyasyon ise yukarıda bahsedilen radyasyon çeşidinin toplamı olarak ifade edilmektedir. Diğer bir ifade ile yüzeye ulaşan toplam radyasyonu ifade eder. Birimi W/m^2 'dir. Radyasyon değerleri ölçümü, pyranometre adı verilen cihazlar sayesinde yapılmaktadır (Kökey, 2013).

İllere ait global radyasyon değeri koordinatlı şekilde ArcMap programında tanımlanmıştır. Inverse Distance Weigting (IDW), ters mesafe ağırlıklandırma yöntemi sayesinde istasyonlar arasındaki boşlukların da doldurulduğu bir raster haritaya dönüştürülmüştür. Bir bölgeye gelen global güneş radyasyonu; atmosfer dışına gelen radyasyonun hesaplanması ve yeryüzüne ulaşan kısmının ampirik modellerle tahmin edilmesi yoluyla belirlendiği belirtilmektedir (Külcü, 2019). Şekil 3.9'daki haritada Muş ilinin global güneşlenme radyasyon haritası verilmiştir. Bu harita incelendiğinde Muş merkez ve çevresi ile ilin güney kesimlerindeki sahalar ve Malazgirt ilçesinin çevresindeki alanların mavi ile gösterildiği görülmektedir. Bu alanlarda global güneş radyasyonu yüksektir. Yine ilin iç kesimlerinin olduğu geniş bir alanın yeşil ile

gösterildiği görülmektedir. Bu alanlarda global güneş radyasyonu orta düzeydedir. Varto ilçesi ve çevresinde yer alan sarı ve yeşil ile gösterilen alanlarda ise global güneş radyasyonunun düşük olduğu görülmektedir. Muş ilinin geneli düşünüldüğünde global radyasyon değerleri açısından avantajlı olduğu görülmektedir.



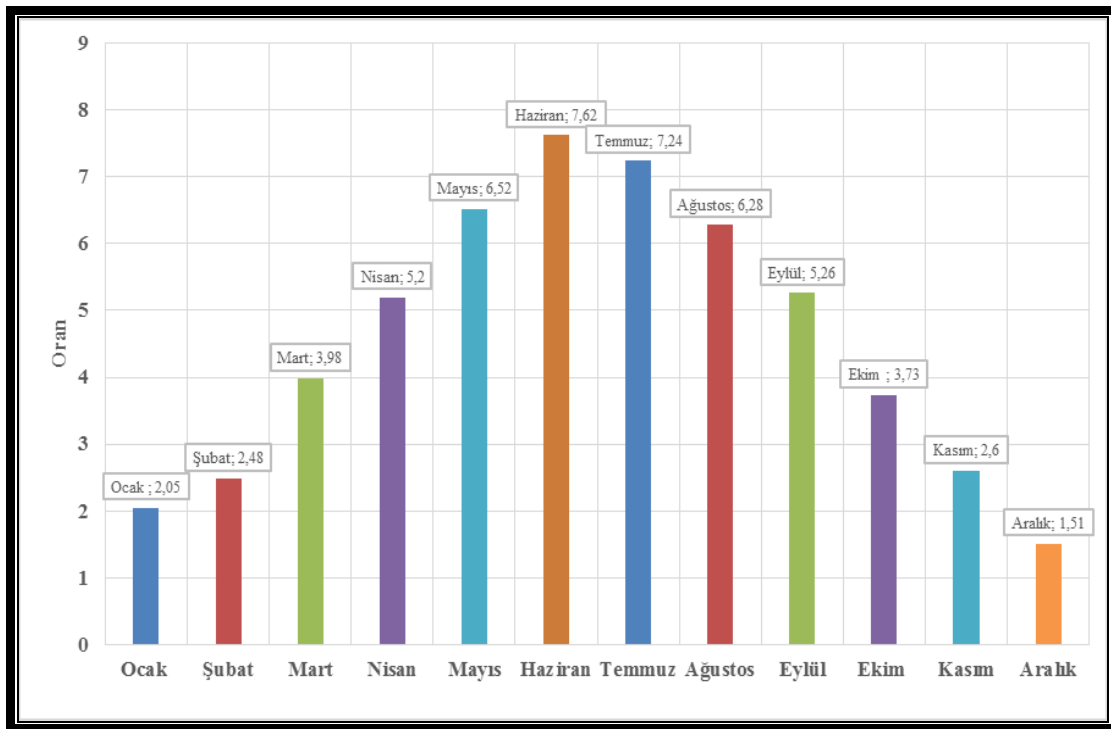
Şekil 3.9 Muş ili yıllık ortalama (2004-2018) global güneş radyasyonu dağılımı

Şekil 3.9’da Muş ili yıllık ortalama (2004-2018 yılları arası) global güneş radyasyonu dağılımını gösteren harita verilmiştir. Bu haritaya bakıldığında global güneş radyasyonunun yüksek olduğu alanlar ilin güney kısmının büyük çoğunluğu ve yine ilin doğu kesiminin yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir.

Çizelge 3.9 Muş ilinin global güneş radyasyonu değerleri ve kapladıkları alan

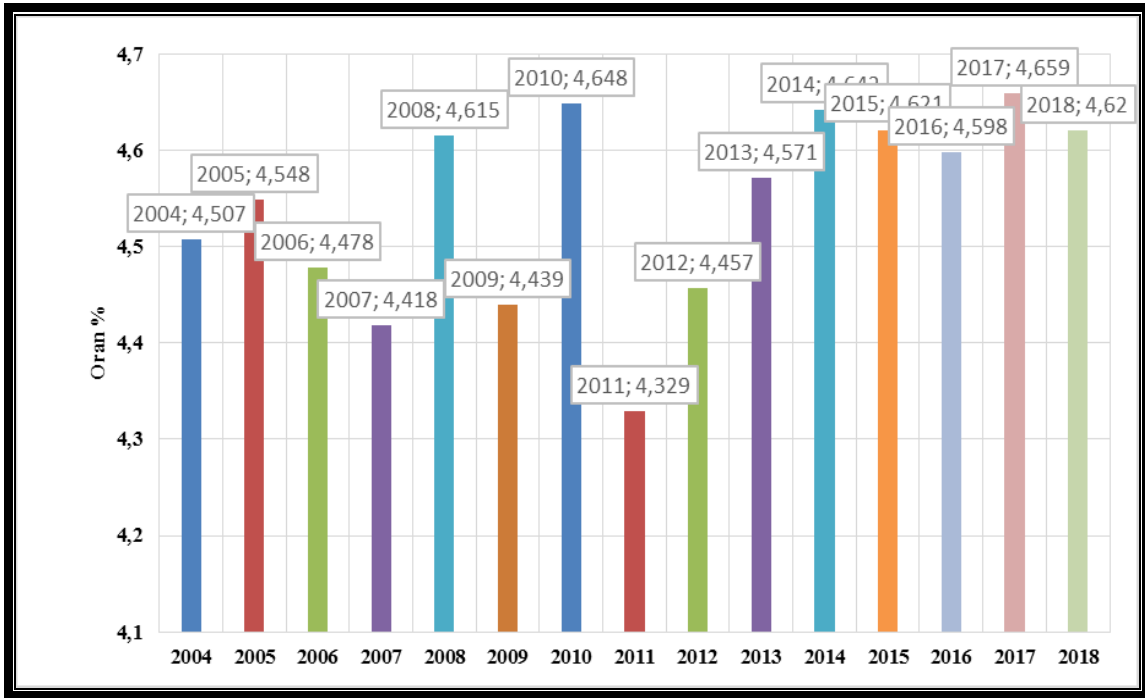
Alt Önem Ölçeği	Global Radyasyon Değeri- kWh/m ² -yıl	Count (Miktar)	Oran (%)
1	996-1422	1476288600	17,037
2	1422-1667	3252830900	37,539
3	1667-1937	2269337600	26,189
4	1937-2314	1322489300	15,262
5	2314-3091	344062100	3,9707

Çizelge 3.9’da Muş ili yıllık ortalama global güneş radyasyonu dağılımını gösteren çizelge sınıflandırılarak verilmiştir. Global güneş radyasyon değerlerinin 2314-3091 kWh/m²-yıl olduğu yani yüksek değerlere sahip alanların ilin çok küçük bir kısmını yani yaklaşık olarak %4’lük kısmını kapsamaktadır. Global güneş radyasyon değerlerinin 1937-2314 aralığında olduğu alanların ilin toplam alanının %15’lik kısmını oluşturduğu ve orta düzeyde elverişli olduğu görülmektedir. Sonuç olarak Muş ilinin %19’luk kısmının global güneş radyasyon değerleri açısından yüksek olduğu görülmektedir (Çizelge 3.9).



Şekil 3.10 Muş ilinin aylık bazda ortalama global radyasyon değerleri

Yukarıdaki şekil 3.10’da gösterilen Muş ilinin yıl içinde aylık ortalama global radyasyon değerleri grafik şeklinde verilmiştir. Muş ilinin global radyasyon değerlerinin yıl içinde en yüksek olduğu aylar haziran ve temmuz aylarıdır. Muş ilinin aylık ortalama günlük ışınım şiddeti 4,36 kWh/m²-gündür. İlin yıllık ortalama toplam global radyasyon değeri ise (4,36x365) = 1591 kWh/m²-yıl değerine tekabül eder. Bu değerler Muş ilinin, güneş enerjisi radyasyon değeri bakımından Türkiye ortalamasının üzerinde olduğunu göstermektedir (Güneş Enerjisi Sektör Raporu, 2020).



Şekil 3.11 Muş ilinin yıllar bazında ortalama global radyasyon değerleri

Şekil 3.11’de Muş ilinin yıllar bazında (2004-2018) ortalama global radyasyon değerlerini gösteren grafik verilmiştir. Grafik incelendiğinde en yüksek değer 4,65 ile 2010 yılında, en düşük değer ise 4,32 ile 2011 yılında ölçüldüğü görülmektedir.

3.1.1.7 Potansiyel güneş enerjisi haritasının oluşturulması

Potansiyel güneş enerjisi haritalarının oluşturulurken öncelikli olarak ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmuştur. Bu ikili karşılaştırma matrisinde 6 parametre kullanılmıştır. B altı parametre; 1- Eğim, 2- Bakı, 3- Yükselti, 4- Güneşlenme Süresi, 5- Global Güneş Radyasyonu ve 6- Sıcaklık parametreleridir. Daha sonra aynı parametrelerle normalleştirme matrisi oluşturulmuştur. Normalleştirme matrisi

hesaplandıktan sonra parametrelerin yüzdeler oranları elde edilmiştir. Bu da her bir parametrenin toplam potansiyel içindeki ağırlık değerini göstermektedir.

Çizelge 3.10 ikili karşılaştırma matrisi

Parametreler	Eğim	Bakı	Yükselti	Güneşlenme Süresi	Global Güneş Radyasyonu	Sıcaklık
Eğim	1	3	3	4	3	3
Bakı	0,3	1	1	1,5	1,5	2
Yükselti	0,3	1	1	1,5	1,5	1,5
Güneşlenme Süresi	0,3	0,7	0,7	1	1	2,5
Global Güneş Radyasyonu	0,3	0,7	0,7	1	1	1,5
Sıcaklık	0,3	0,5	0,7	0,4	0,7	1
Toplam	2,6	6,8	7,0	9,4	8,7	11,5

Çizelge 3.10'da ana kriterlerin ikili karşılaştırmalarının yapıldığı ve ağırlık oranları gösterilmiştir. Bu tabloda yer alan sonuçlarda uzman görüşü alınarak ikili karşılaştırmalar yapılmıştır. Bu çizelge incelendiğinde her bir parametrenin diğer parametrelerle olan ikili karşılaştırma ve ağırlık değerleri ile ilgili bilgiler görülmektedir.

Çizelge 3.11 Normalleştirme matrisi

Parametreler	Eğim	Bakı	Yükselti	Güneşlenme Süresi	Global Radyasyon	Sıcaklık	Parametre Ağırlık Değeri	Parametrelerin Yüzdeler Oranı (%)
Eğim	0.387	0.439	0.428	0.426	0.346	0.261	2,287	38,121
Bakı	0.129	0.146	0.143	0.160	0.173	0.174	0,924	15,413
Yükselti	0.129	0.146	0.143	0.160	0.173	0.130	0,881	14,689
Güneşlenme Süresi	0.097	0.098	0.096	0.106	0.115	0.217	0,729	12,145
Global Güneş Radyasyonu	0.129	0.098	0.096	0.106	0.115	0.130	0,674	11,234
Sıcaklık	0.129	0.073	0.096	0.043	0.077	0.087	0,505	8,398
TOPLAM	1	1	1	1	1	1	6	100

Çizelge 3.11'de güneş enerjisi potansiyelini belirlemek için altı parametre ve bu parametrelere bağlı alt parametrelerin ağırlıklı sınıflandırılması ve ağırlık oranları

gösterilmiştir. Buna göre %38 ile eğim parametresi en büyük orana sahiptir. Eğimin hem güneş ışınlarının geliş açısı üzerindeki etkisi aynı zamanda Türkiye gibi dönenceler dışında yer alan ülkelerde güneş ışınlarının dik olarak gelmeyişi eğim arttıkça gelme açısının atması, güneş ışınlarının gelme açısı arttıkça sıcaklığın da genel de artması gibi faktörler eğim parametresinin daha önemli olmasına neden olan birkaç unsurdan biridir.

Eğimden sonra %15'lik orana sahip bakı parametresi gelmektedir (Çizelge 3.11). Ülkemiz kuzey yarım kürede yer aldığı için güneş ışınları güneye bakan yamaçlara daha büyük açılarla gelir. Bu yüzden bakı faktörü genelde ülkemiz ve özelde ise ilimiz için önem arz etmektedir.

Bakıdan sonra %14'lük orana sahip yükselti parametresi gelmektedir (Çizelge 3.11). Yükselti güneş enerjisi potansiyelinin yüksek olmasında olumlu etki yapmaktadır. Yükselti arttıkça güneş enerjisi potansiyeli de artmaktadır.

Yükseltiden sonra %12'lik orana sahip güneşlenme süresi parametresi gelmektedir (Çizelge 3.11). Türkiye kuzey yarım kürede yer aldığından güneş ışınları yıl içinde hiçbir zaman dik açıyla düşmez. Fakat literatürde dünya üzerinde 45 kuzey ve güney enlemleri arasında yer alan sahalar yani “güneş kuşağı” adı verilen sahalar güneş enerjisi potansiyeli için uygun sahaları oluşturduğundan ve ülkemiz de bu enlemler arasında yer aldığından güneşlenme süresi açısından avantajlı durumdadır.

Güneşlenme süresinden sonra %11'lik orana sahip global güneş radyasyonu parametresi gelmektedir (Çizelge 3.11). Güneşlenme süresi ile global güneş radyasyonu birbiriyle doğru orantılıdır. Yani güneşlenme süresi arttıkça global güneş radyasyonu da artmaktadır. Muş iliglobal güneş radyasyonu açısından elverişlidir.

Global güneş radyasyondan sonra %8'lik orana sahip sıcaklık parametresi gelmektedir (Çizelge 3.11). Muş ilinin sıcaklık değerleri yıl içinde ortalama 7°C ile 9°C derece arasında değişmektedir. Bu da ilin sıcaklık değerlerinin düşük olduğunu göstermektedir.

Bu çalışmada Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) destekli Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemi ile bir modelleme oluşturulmuştur. Bu model ile Muş ilinin güneş enerjisi potansiyeli hesaplanmıştır.

Daha sonra oluşturulan modelin tutarlılık analizleri yapılmıştır. Modelin tutarlılığı test edilirken tutarlılık indeksi ve tutarlılık oranları hesaplanmıştır. Bu hesaplamada ise aşağıda verilen yol izlenmiştir.

1. Adım: Önce Tutarlılık İndeksi (Consistency Index) (CI) değeri hesaplanmıştır.

2. Adım: Random Index (Rasgele Tutarlılık) (RI) değeri hesaplanmıştır.

Tutarlılık İndeksi (Consistency Index): $CI = \frac{\lambda - n}{n - 1}$ formülü kullanılarak hesaplanır.

Burada;

Lambda (λ) ortalamayı,

“n” ise kriter sayısını ifade eder.

Formüle yerleştirildiğinde

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1}$$

ise,

$$CI = \frac{\lambda - 6}{n - 6}$$

olur.

Buradan $CI = 0,039$

3. Adım: Bu adımda yani son olarak CR değeri hesaplanmıştır.

Tutarlılık Oranı (Consistency Random) : CI/RI'dir. Başka bir ifade edişle

$CR = \frac{CI}{RI}$ şeklinde yazılabilir.

Rasgele tutarlılık İndeksi kullanılan parametre sayısına göre değişir. Çizelge 3.1.1.6.4'te kullanılan parametre sayısına göre tutarlılık indeks değerleri gösterilmiştir. 6 parametre ile kullanıldığında Rasgele tutarlılık İndeksi 1.24 kabul edilir. Buna göre;

$$CR = \frac{0.039}{1.24}$$

ise,

Buradan,

$CR = 0.031$ bulunur.

CR tutarlılık oranı değeri 0.10'u geçmediği için model tutarlı ve uygulanabilir kabul edilmiştir. Çünkü CR değeri 0.10'u geçiyorsa tutarsızlık vardır ve tutarlı bir matris elde etmek için yargılar gözden geçirilip yeniden düzenlenmesi gerekir.

Bu değere göre sonuç haritasının üretilmesi için oluşturulan matriste (Çizelge 3.11) yer alan parametre ağırlık değerleri tutarlı ve kullanılabilir olduğu kabul edilebilir.

Çizelge 3.12 Randomconsisttency (Rasgele Tutarlılık) (RI)

Size of Matrix (Matrisin Boyutu)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Randomconsisttency	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Çizelge 3.12’de Randomconsisttency (Rasgele Tutarlılık) (RI) değerlerini gösteren matris verilmiştir. Bu matris 10 kategoriden oluşmaktadır. Çalışmada 6 parametre ile çalışıldığından tutarlılık değeri 1.24 olarak alınmıştır.

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

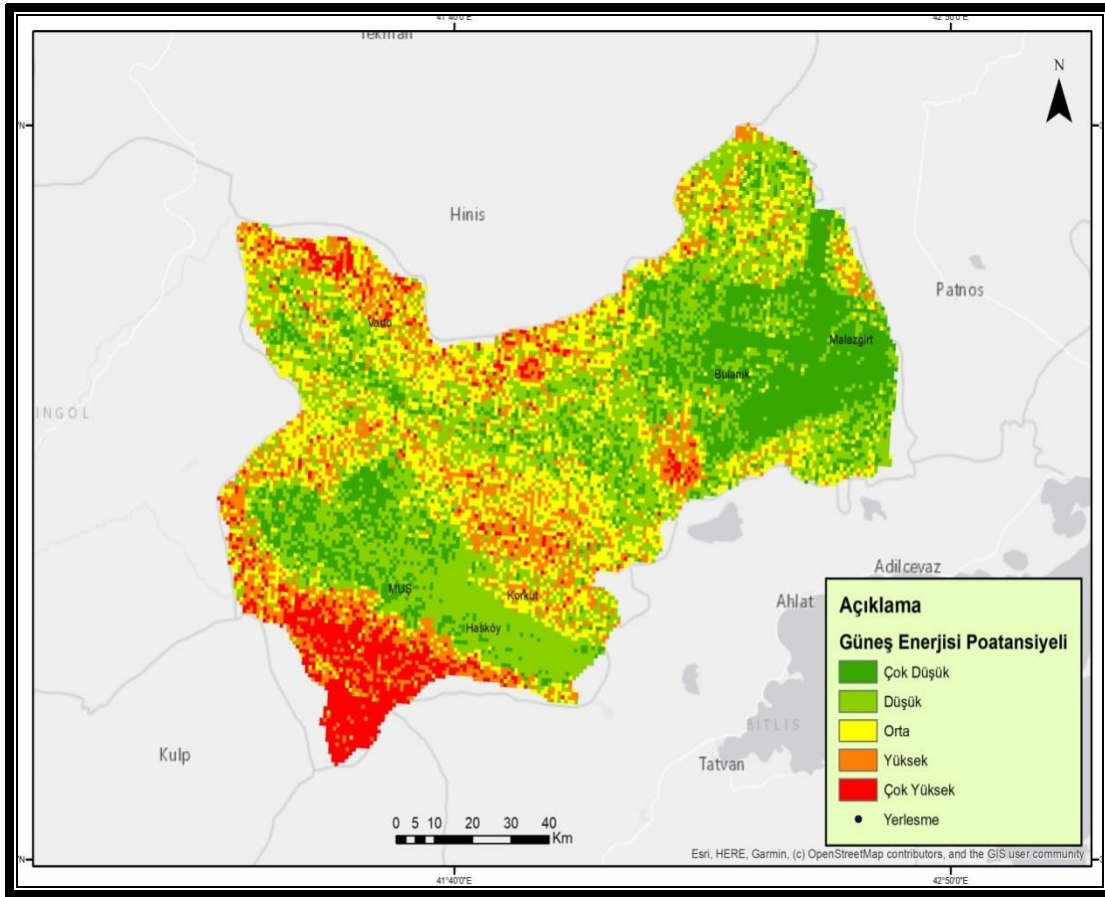
Bu çalışmada Muş ilinin güneş enerjisinin potansiyel açısından verimli olduğu alanlar belirlenmeye çalışılmıştır. Muş ili ile ilgili bu anlamda herhangi bir çalışma yapılmamıştır. Bu alanların mekânsal olarak karşılığı üretilen Muş ilinin güneş enerjisi verimlilik haritası ile gösterilmiştir (Şekil 4.1).

Muş ilinin güneş enerjisi verimlilik haritası, hem ucuz maliyetli enerji üretimi ve güneş enerjisine uygun alanların belirlenmesi, hem ekolojik zararların en aza indirilmesi ve hem de temiz ve sürdürülebilir bir enerji politikasına katkı sağlamak amacıyla coğrafi parametreler (eğim, bakı, sıcaklık, yükselti, güneşlenme süresi, global güneş radyasyonu) kullanılarak oluşturulmuştur.

Bu çalışmada belirlenen sahalara değişik kurumlar tarafından üretilen haritalarla uyumludur ama onlara göre daha büyük ölçekle çalışıldığı için daha detay içermektedir.

Muş ilinde güneş enerjisi verimliliğinin yüksek olduğu alanlar belirlenmiş; Güneş Enerjisi Sistemleri (GES) için yer seçimi çalışmalarında yönlendirici olabileceği düşünülmüştür.

Güneş enerjisi olumsuz çevresel etkileri minimum düzeyde temiz, yerel ve tükenmeyen bir kaynak olması ve ayrıca yenilenebilir enerji kaynakları içinde kurulum maliyetinin düşmesi gibi sebeplerle son yıllarda en fazla tercih edilen bir kaynaktır. Çevresel zararların en aza indirilmesi için arazi kullanımında doğru yerin tercih edilmesi ve bu sahaların mutlak suretle belli bir planlamaya tabi tutulması son derece önemlidir. Bu bağlamda üretim için öncelikli olarak enerji kaynak potansiyelinin belirlenmesi ve güneş enerjisi santrallerinin kurulacağı alanların coğrafi konumunun analizinin çok iyi yapılması için fiziki ve beşeri parametrelerin bir arada kullanılması gerekmektedir. Çünkü güneş enerjisi santralının ilk kurulum maliyeti yüksektir. Bu çalışma ile elde edilen verilerin ildeki güneş enerjisi santrallerinin kurulumunda maliyetlerin düşürülmesine katkı sunacağı düşünülmektedir.



Şekil 4.1 Muş ilinin güneş enerjisi verimlilik haritası

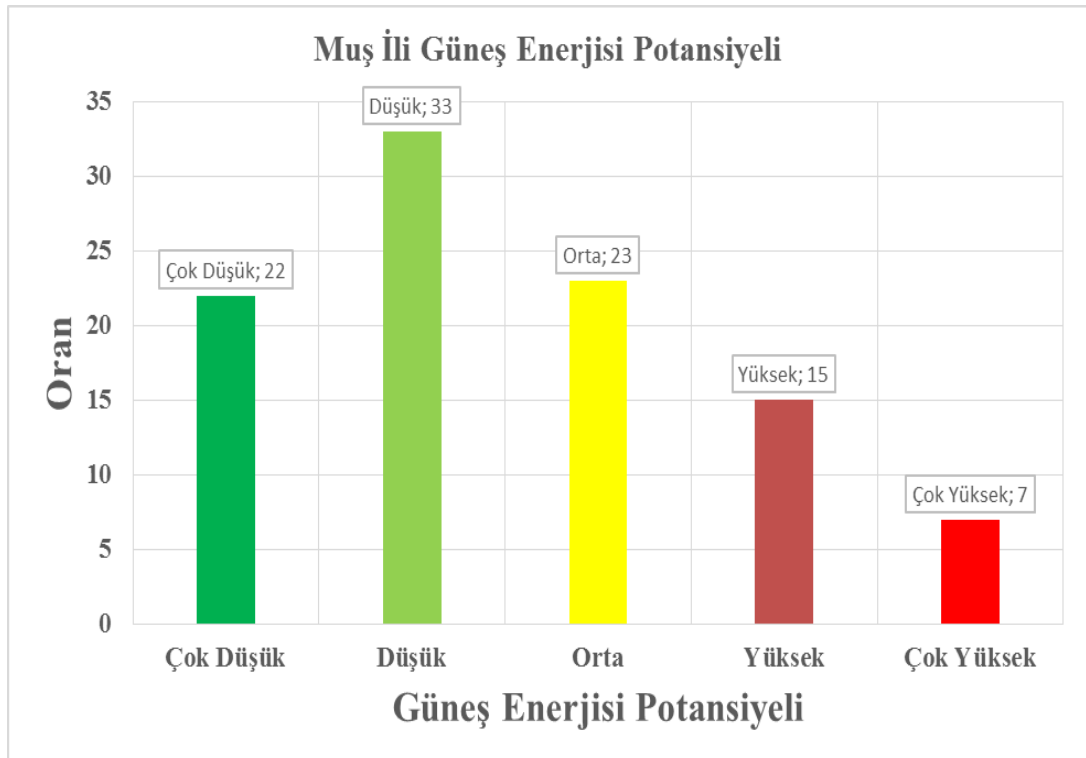
Şekil 4.1’de Muş ilinin güneş enerjisi verimlilik haritası gösterilmiştir. Bu haritaya göre Muş ilinin güneş enerjisi potansiyeli çok düşük, düşük, orta, yüksek, çok yüksek olmak üzere 5 seviyeye ayrılmıştır.

Şekil 4.1’de Muş ilinin güneş enerjisi verimlilik haritasına göre (kırmızı ile gösterilen alanlar–çok yüksek) güneş enerjisi potansiyelinin çok yüksek olduğu alanlardır. Buna göre ilin güneyindeki kuzeybatı-güneydoğu doğrultusunda yer alan bölgelerde güneş enerjisi potansiyeli çok yüksektir. Yine ilin kuzeyinde yer alan Varto ilçesinin kuzeydoğusunda yer alan ince bir hat şeklinde bu potansiyelin çok yüksek olduğu görülmektedir. Kent merkezinin doğusunda yer alan bölgelerde güneydoğu-kuzeybatı doğrultusunda turuncu ile gösterilen alanlarda ise güneş enerjisi potansiyelinin yüksek olduğu görülmektedir. İlin topraklarının orta kesimlerinde yer alan bölgelerde sarı ile gösterilen alanlarda ise güneş enerjisi potansiyelinin orta düzeyde elverişli olduğu görülmektedir. Kent merkezinin güney doğusunda yer alan ve açık yeşil ile gösterilen Hasköy ilçesinin çevresindeki alanlarda güneş enerjisi

potansiyelinin düşük olduğu görülmektedir. Kent merkezinin kuzey doğusunda yer alan az bir kesimde ve yine Malazgirt ve Bulanık ilçelerinin büyük bir kısmında güneş enerjisi potansiyelinin çok düşük alanları oluşturduğu görülmektedir.

Sonuç olarak şekil 4.1’de de görüldüğü gibi Muş ilinde güneydoğu-kuzeybatı doğrultusunda uzanan ve kırmızı ile gösterilen alanlar ile kent merkezinin doğusunun belli kesimlerinde ve Varto ilçesinin kuzeyi ve doğusunda yer alan alanlar güneş enerjisi potansiyelinin çok yüksek olduğu alanları oluşturmaktadır.

Muş ilinde güneş enerjisi verimliliği için **çok yüksek** alanların oranı toplam arazinin yaklaşık olarak % 7’sine denk gelmektedir. Muş ilinde güneş enerjisi verimliliği için **yüksek** alanların oranı toplam arazinin yaklaşık olarak %15’ine denk gelmektedir. Muş ilinde güneş enerjisi verimliliği için **orta** seviyede uygun olan sahaların toplam alana oranı ise %23’tür. Muş ilinde güneş enerjisi verimliliği için **düşük** seviyede uygun olan sahaların toplam alana oranı ise toplam arazinin yaklaşık olarak %33’ne denk gelmektedir. Sonuç olarak, Muş ilinin %22’si güneş enerjisi verimliliği açısından **çok düşük** alanları oluşturmaktadır.



Şekil 4.2 Muş ili güneş enerjisi uygunluk grafiği

Yenilenebilir enerji kaynakları (güneş, rüzgar, hidroelektrik, biyokütle vb.) bile çevresel birtakım sorunlar yaratabilmektedir. Bu anlamda çevreye olumsuz etkisi en az olan enerji kaynaklarından biri olan güneş enerjisinin dahi bazı olumsuz etkileri mevcuttur.

Sürdürülebilir kalkınmanın sağlanabilmesi için alternatif enerji kaynaklarından olan yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam enerji içerisindeki payının artırılması gerekmektedir.

Dünya üzerinde yer alan her bölgenin enerji çeşidi ve potansiyeli birbirinden farklıdır. Yani her bölgenin kendine has özelliği sayesinde o bölge için doğru tercih yapılarak yenilenebilir enerji kaynağını kullanarak üretim yapmak gerekmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan güneş enerjisinin kurulumu için yatırım maliyeti dışında başka bir ek yükü yoktur. Bunun da fosil kaynak fakiri olan ülkemiz ve ilimiz için bir fırsat olduğu aşikardır.

Ülkemiz fosil yakıt fakiri bir ülke olması dolayısıyla yeni kaynak arayışı büyük önem arz etmektedir. Bu da ülkemiz için sürdürülebilir ve çevreci bir özelliğe sahip güneş enerjisinin önemini arttırmaktadır. Muş ilinin güneş enerjisi potansiyelini belirlemek amacıyla ölçek büyütürken Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün verilerine ek olarak Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) sayesinde noktasal verilere ulaşılarak daha detaylı bilgiler elde edilmiştir. Bu çalışma ile Muş ilinin güneş enerjisi potansiyelinin yüksek olduğu alanlar belirlenmiştir. Bu çalışma ilde yapılacak güneş enerjisi santrali kurulumu ve yatırımlar için rehber işlevi göreceği düşünülmektedir. Coğrafi Bilgi Sistemleri sayesinde doğruluk oranı yüksek olan ve daha hızlı planlama yaparak güneş enerjisi potansiyelinin yüksek olduğu alanları belirlemek mümkün olmaktadır.

Ekolojik zararların en aza indirilerek çevresel birtakım olumsuzlukları ortadan kaldırılarak sürdürülebilir bir yaşam için uygun alanların belirlenmesi hayati öneme sahiptir.

Sosyo-ekonomik olarak ülkemizin geri kalmış illeri arasında yer alan Muş iline güneş enerjisi santrallerinin yapımını teşvik etmek amaçlanmaktadır. Bu duruma bağlı olarak hem enerji ihtiyacını gidermek hem istihdam yaratmak hem de göçü önlemek anlamında iyi bir sektör olacağı düşünülmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan güneş enerjisinin üretimi ve kullanımını teşvik etmek amacıyla devlet tarafından enerji şirketlerine mali yardımlar yapılmalıdır. Alım garantisi verilerek yatırım miktarı, süre ve fiyatlandırma anlamında

yatırımcıların özendirilmesi gerekmektedir. Bu destekleme sayesinde Muş ili için güneş enerjisi kurulumu açısından ilk kurulum maliyetinin düşürülmesi sağlanarak söz konusu dezavantaj ortadan kaldırılmalıdır. Enerji politikası çerçevesinde geri dönülmesi mümkün olmayan küresel ısınma ve hava kirliliği ile yaratacağı ekolojik zararlar en aza indirilebilir. Enerjinin daha verimli ve tasarruflu kullanımı desteklenerek karbon emisyonlarının azaltılması hedeflenmelidir. Bu durum yenilenebilir enerji kaynakları enerji arzı ve güvenliği konusunda çevreye duyarlı, temiz, sürdürülebilir ve dışa bağımlılığı azaltılmasına ve sürdürülebilirliğe katkı sağlayacaktır. Enerji temininde kaynak çeşitliliğini arttırmak amacıyla iklim ve enerji politikalarının birbirine paralel oluşturulması ve kalıcı çözümlerin üretilmesi gerekmektedir.

Ülkemizin halihazırda ulusal bir enerji politikası oluşturulamamıştır. Bu da ülkemizin dış politikasında etkili olmaktadır. Günümüzde küresel anlamda gittikçe önem kazanan enerji Türkiye'nin ekonomisi için yeni fırsatlar yaratacaktır. Diğer taraftan ise enerji ithalatına olan bağımlılıktan dolayı maliyeti yükseltmektedir.

Ülkemizin enerjide dışa olan bağımlılığı ortadan kaldırılması, doğal kaynakların korunması, çevre tahribatını minimuma indirilmesi amacıyla güneş enerjisi tesislerinin kurulumuna ağırlık verilmelidir.

Bu çalışmada Muş ilinde güneş enerjisi potansiyelinin yüksek olduğu alanlar belirlendiğinden dolayı, güneş enerjisi üreticisi firmalar tarafından rehber alınarak güneş enerjisi santrallerinin kurulumunda kolaylık sağlayacağı düşünülmektedir.

Sonuç olarak enerjinin dünyada olduğu gibi ülkemiz ve yerelde Muş ili için hem istihdam odaklı hem de enerji talebinin güneş enerjisinden karşılanması büyük önem arz etmektedir.

KAYNAKLAR

- Akbaş, Y., Gençtürk, E. 2013. Coğrafi bilgi sistemi kavramına metaforik bakış, *Dicle Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi*, (21), 179-196
- Akcan, E., Kuncan, M., Minaz, M. R. 2020. PVsyst yazılımı ile 30 kw şebekeye bağlı fotovoltaik sistemin modellenmesi ve simülasyonu, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (18), 248-261.
- Aksungur, K. M., Kurban, M., Filik, Ü. B. 2013. Türkiye'nin farklı bölgelerindeki güneş ışınım verilerinin analizi ve değerlendirilmesi, *Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu*, 3-6.
- Alcan, Ö., Esmer, Y., Algan, Y. 2021. SWOT analizi ve ahp yöntemi kullanılarak fotovoltaik sistemlerin konaklama işletmelerinde uygulanabilirliğine yönelik strateji geliştirme: Sinop ili örneği, *Sinop Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 9(2021) 360-375
- Alper, E., C. (2019), "Türkiye'nin Jeotermal Enerji Potansiyeli ve Ekonomik Analizi (Y. Lisans Tezi), *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa, 126.
- Altıntaş, A. (2018), "Dünya'da Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Güneş Enerjisinin Elektrik Üretimi Açısından, Ekonomik Etkileri: Avrupa Birliği ve Türkiye Uygulamaları", Doktora Tezi, *Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, 120.
- Anonim, 2021a, <http://muhendislikmimarlikf.alparslan.edu.tr/tr/news-detail/69/> [Erişim Tarihi: 10/12/2021].
- Anonim, 2021b, <http://www.gunessistemleri.com/potansiyel.php/> [Erişim Tarihi: 04/06/2021].
- Anonim, 2021c, <https://enerji.gov.tr/ejgm> [Erişim Tarihi: 06/06/2021].
- Anonim, 2021d, <https://gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/> [Erişim Tarihi: 10/01/2022].
- Anonim, 2021e, <https://gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/pages/49.aspx/> [Erişim Tarihi: 05/06/2021].
- Anonim, 2021f, <https://globalsolaratlas.info/> [Erişim Tarihi: 04/06/2021].
- Anonim, 2021g, <https://www.mgm.gov.tr/> [Erişim Tarihi: 04/06/2021].
- Anonim, 2021h, <https://tr.climate-data.org/> [Erişim Tarihi: 10/12/2021].
- Anonim, 2021ı, <https://www.enerjiatlas.com/gunes/> [Erişim Tarihi: 05/06/2021].
- Anonim, 2021i, <https://www.enerjiatlas.com/gunes-enerjisi-haritasi/turkiye/> [Erişim Tarihi: Tarihi: 04/06/2021].
- Anonim, 2021j, <https://www.enerjiatlas.com/sehir/mus/> [Erişim Tarihi: 08/05/2021].
- Anonim, 2021k, <https://www.enerjiatlas.com/ulkelere-gore-gunes-enerjisi.html/> [Erişim Tarihi: 04/06/2021].
- Anonim, 2021l, <https://www.enerjiportali.com/> [Erişim Tarihi: 10/01/2022].
- Anonim, 2021m, <https://www.mgm.gov.tr/> [Erişim Tarihi: 03/01/2020].
- Anonim, 2021n, <https://www.mgm.gov.tr/> [Erişim Tarihi: 07/02/2021].

- Anonim, 2021o, [https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx/\[Erişim Tarih: 04/06/2021\]](https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx/[Erişim Tarih: 04/06/2021]).
- Arca, D., Çıtıroğlu, H. K. 2020. Güneş enerjisi santral (GES) yapım yerlerinin CBS dayalı çok kriterli karar analizi ile belirlenmesi: Karabük örneği, *Geomatik Dergisi*, 7(1), 17-25.
- Aslan, M., Ulum, T., Türkmenler, H. 2021. Adıyaman ilinin yenilenebilir enerji potansiyelinin belirlenmesi üzerine bir değerlendirme, *Firat University Journal of Engineering*, 33(1), 263-274.
- Aşkın, Ö., Aşkın, U., 2019, Yenilenebilir enerji sektörlerinin istihdam yaratma potansiyeli genç işsizliğine çözüm olur mu?: Türkiye açısından bir değerlendirme, *In International Congress Of Energy Economy and Security*, Tokat, 66-77.
- Aydın, Ö., Öznehir, S., Akçalı, E. 2009. Ankara için optimal hastane yeri seçiminin analitik hiyerarşi süreci ile modellenmesi, *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14 (2), 69-86.
- Balo, F., 2018. Veri analizi modeli ile Çanakkale ili için güneş enerjisi potansiyelinin araştırılması. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 9(1), 143-152.
- Bedeloğlu, A., Demir, A., Bozkurt, Y., 2010. Fotovoltaik teknolojisi: Türkiye ve dünyadaki durumu, genel uygulama alanları ve fotovoltaik tekstiller, *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 4(2), 43-58.
- Behçet, R., Oral, H., Gül, H. 2013. Adıyaman ilinin güneş enerjisi potansiyeli ve kullanımı, *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi*, 3(2), 52-67.
- Bektaş, Y., Yılmaz, F., 2014, Aksaray İlinin Güneş Enerjisi Potansiyelinin İncelenmesi, XI. International HVAC+R Technology Symposium, 2014, Aksaray, 66-77.
- Bilhan, A., Eminökel, S. 2021. Nevşehir ili güneş enerji potansiyelinin analizi ve kurulu güneş enerji santralleri, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (24), 289-294.
- Bitirgen, K. (2018), "PV Dizilerinin Modellenmesi İçin Güneş Işınımı Tahmini ve ArcGIS Tabanlı Güneş Enerjisi Potansiyeli Hesabı", Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, 1-66.
- Bolat, M., Arifoğlu, U., Demiryürek, H. K. 2020. Lebit enerji güneş santralinin pvsyst programı ile analizi, *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 9(3), 1351-1363.
- Bölük, E., 2016, Köppen İklim Sınıflandırmasına Göre Türkiye İklimi, *T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü Araştırma Dairesi Başkanlığı Klimatoloji Şube Müdürlüğü*, 1-18
- Budak, A., D., Dönmez, B., Tamşen, F., E. (2020), "Çift Odaklı Parabolik Çanak Türü Güneş Yoğunlaştırıcısı", Bitirme Projesi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü*, Trabzon, 2-3
- Ceylan, Y. (2016), "Türkiye'nin Güneşlenme Potansiyelinin Analizi ve Güneş Enerjisinin Enerji Politikasındaki Yeri", Yüksek Lisans Tezi, *Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Bahçeşehir Üniversitesi, İstanbul, 130.

- Çalışkan, Ş. 2009. Türkiye'nin enerjide dışa bağımlılık ve enerji arz güvenliği sorunu, *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 25, 297.
- Çifci, A., Altundağ, E., 2017, Burdur Bölgesi Güneş Enerjisi Potansiyelinin Elektrik Üretiminde Kullanılabilirliği, *Mesleki Bilimler Dergisi (MBD)*, 6(2), 111-120.
- Dağlı, D., Çağlayan, A. 2016. Analitik hiyerarşi süreci ile optimal arazi kullanımının belirlenmesi: Melendiz çayı havzası örneği. *Türk Coğrafya Dergisi*, 66(2016), 83-92.
- Demiryürek, H. K., Arifoğlu, U., Bolat, M. 2020. Lebit enerji güneş santralının PVsyst programı ile analizi, araştırma makalesi, *BEÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 9(3), 1351-1363.
- Diñer, F., 2011, Türkiye'de güneş enerjisinden elektrik üretimi potansiyeli-ekonomik analizi ve AB ülkeleri ile karşılaştırmalı değerlendirme, *Kahramanmaraş Sütçü İmam University Journal of Engineering Sciences*, 14(1), 1-10.
- Dölek, İ., Avcı, V., Harunoğulları, M. 2018. Nüfusun ve yerleşmelerin yükseltiye göre değişimi: Muş ili örneği, *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(6), 1011-1022.
- Dönmez, F., 2019, T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Faaliyet Raporu, *ETKB* 1(3), Ankara, 1-235
- Durmuş, E., Dölek İ., 2019, Muş İl'inde Yerleşme Tiplerinin Coğrafi Dağılışı, *International Journal of Geography and Geography Education*, 39, 256-278.
- Geçen, R.. 2019. Hatay ilinde güneş enerjisi potansiyeli ve güneş enerjisi santrali kurulacak alanların belirlenmesi, *Turkish Studies-Social Sciences*,14(6), 3031-3054.
- Gönençgil, B., 2010, Klimatoloji (Atmosfer ve Sıcaklık) İstanbul Üniversitesi, Açık ve Uzaktan Eğitim Fakültesi, *Coğrafya Programı*, 1-308
- Güçlüer, D. (2010), "Güneş Enerjisi Santrali Kurulacak Alanların CBS-Çok Ölçütlü Karar Analizi Yöntemi İle Belirlenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü, Yıldız Teknik Üniversitesi*, İstanbul, 1-59.
- Gül, A., Karakoç, A., Rehimbeyli, S., 2017, Mekânsal planlama alan kullanım kararlarında güneş enerji santrallerinin yer seçimi kriterleri, In *5th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science*, Baku-Azerbaijan, 1-10
- Gül, M., Çelik, E. 2017. ANFIS kullanılarak tunceli ili için global güneş radyasyonu tahmini, *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 8(4), 891-899.
- Kapluhan, E. 2014. Enerji coğrafyası açısından bir inceleme: güneş enerjisinin dünya'daki ve Türkiye'deki kullanım durumu, *Coğrafya Dergisi*, (29), 70-98.
- Kaynar, N. K. 2020. Yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisinin amasya ilindeki potansiyeli, *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, 4(2), 48-54.

- Kılıç, B., Kumaş, K. 2016. Burdur ili güneşlenme değerlerinin yapay sinir ağıları metodu ile tahmini, *Teknik Bilimler Dergisi*, 6(1), 38-44.
- Kırbaç, İ., Çıfci, A., İşyarlar, B. 2013. Burdur ili güneşlenme oranı ve güneş enerjisi potansiyeli, *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 4(2), 20-23.
- Koç, E., Kaya, K. 2015. Enerji kaynakları–yenilenebilir enerji durumu, *Mühendis ve Makine Dergisi*, 56(668), 36-47.
- Koç, E., Şenel, M. C. 2013. Dünyada ve Türkiye’de enerji durumu-genel değerlendirme, *Mühendis ve Makine Dergisi*, 54(639), 32-44.
- Koçaslan, G. 2020. Dünyada ve Türkiye’de güneş, rüzgar ve jeotermalde güncel iktisadi görünüm, *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 13(2), 213-226.
- Kökey, İ., 2013, Güneş enerji santrallerinin kurulumunda güneş ölçümünün önemi ve Türkiye’de yasal mevzuat, *VIII. Ulusal Ölçüm Bilim Kongresi*, İzmir, 1-7
- Kum, G., Sönmez, M.E., Karabaş, M., 2019. Gaziantep ilinde güneş enerjisi potansiyelinin analitik hiyerarşi süreci yöntemi (AHP) ile belirlenmesi, *Journal of Geography*, 39, 61-72.
- Külcü, R. 2019. Global güneş radyasyonunun ampirik modellenmesinde kullanılacak yeni bir modelin geliştirilmesi ve çankırı ilinde uygulanması, *SDÜ Yekarum e-Dergi*, 4(2),1-8.
- Mutlu, Y. 2012. Türkiye’nin enerji potansiyeli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi açısından önemi, *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 4(2), 33–54.
- Özcan, E. C., Özcan, N. A., Eren, T. 2017. CSP teknolojisine sahip güneş enerjisi santrallerinin kombine ANP-PROMETHEE yaklaşımı ile seçimi, *Başkent Üniversitesi Ticari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 1(1), 18-44.
- Özdemir, B., Özcan, B., Aladağ, Z. 2017. Güneş enerjisi santrali kuruluş yerinin AHS ve VIKOR yöntemlerine dayalı bütünleşik yaklaşım ile değerlendirilmesi, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 33(2), 16-34.
- Özsoy, K., Acar, E. 2019. Isparta-Senirkent ilçesinde güneş enerjisi potansiyeli üzerine bir araştırma, *Teknik Bilimler Dergisi*, 7(1), 29-37
- Öztürk, M., Özek, N., Berkama, B. 2012. Isparta için aylık ortalama günlük global güneş radyasyonu tahmininde mevcut olan bazı modellerin karşılaştırılması, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 18(1), 13-27.
- Pınar, A., Buldur, A. D., Tuncer, T. 2020. Türkiye’deki rüzgar enerji santralleri dağılışının coğrafi perspektiften analizi, *Doğu Coğrafya Dergisi*, 25(43), 167-182.
- Sarı, V., Özyiğit, F. Y. 2020. Sivas ilinin farklı ilçelerinde şebeke bağlantılı güneş enerji santrallerinin tasarımı ve analizi, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (20), 425-437.
- Senol, R. 2012. Agricultural irrigation and solar energy, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 27, 519–526.

- Sevilgen, G., Kılıç, M. 2013. Yenilenebilir enerji kaynakları ve sürdürülebilirlik endeksi, *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 18(1), 69-79.
- Sevim, C. 2012. Küresel enerji jeopolitiği ve enerji güvenliği, *Journal of Yaşar University*, 7(26), 4378-4391.
- Şahan, M., Okur, Y. 2016. Akdeniz bölgesine ait meteorolojik veriler kullanılarak yapay sinir ağları yardımıyla güneş enerjisinin tahmini, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi*, 11(1), 61-71.
- Taktak, F., Ilı, M. 2018. Güneş enerji santrali (GES) geliştirme: uşak örneği, *Geomatik Dergisi*, 3(1), 1-21.
- Taşkın, O., Korucu, T. 2014. Kahramanmaraş ili güneş enerjisi potansiyeli ve kullanım olanakları, *Tarım ve Doga Dergisi*, 17(4), 12.
- Tecim, V. 1999. Bilgi teknolojilerinde yeni bir gelişme: coğrafi bilgi sistemleri ve bilgi sistemleri arasındaki yeri, *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14(1), 1-12
- Ulusoy, C. K. 2020. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımındaki gelişmeler; güneş enerji sistemleri ve finansman modelleri, *ASSAM Uluslararası Hakemli Dergi*, 6(13), 65-84.
- Uyan, M. 2017. Güneş enerjisi santrali kurulabilecek alanların AHP yöntemi kullanılarak CBS destekli haritalanması, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 23(4), 343-351.
- Ünal, Ö.F. 2012. Performans değerlemede analitik hiyerarşi prosesi (AHP) uygulamaları, *Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi* (I), 37-55.
- Varınca, K. B., Gönüllü, M. T. 2006. Türkiye’de güneş enerjisi potansiyeli ve bu potansiyelin kullanım derecesi, yöntemi ve yaygınlığı üzerine bir araştırma, *Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi*, Eskişehir, 1-6.
- Yağlı, H., Koç, Y. 2020. Gaziantep bölgesi için güneş enerjisinden elektrik üretiminde kurulacak panellerin optimum eğim açılarının belirlenmesi, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 475-483.
- Yalçın, C., Yüce, M. 2020. Burdur ilindeki mevcut güneş enerjisi santrallerinin (GES) mekansal uygunluğunun değerlendirilmesi, *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(2), 132-140.
- Yalçın, C., Yüce, M. 2020. Burdur’da güneş enerjisi santrali (GES) yatırımına uygun alanların CBS tabanlı AHP yöntemiyle tespiti, *Geomatik Dergisi*, 5(1), 50-50.
- Yeşil, M. A., T. C. Serhat Kalkınma Ajansı, TRA2 Bölgesi, 2015, Yeşil Enerji Kaynakları Sektör Raporu, *SERKA, Kars*, 1-84
- Yılandıcı, A. (2004), “Jeotermal Enerjili Sistemlerin Fizibilite Etüdü: Sarayköy Örneği”, Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Pamukkale Üniversitesi, Denizli, 1-142.
- Yıldırım, S. (2020), “Yenilenebilir Enerji Yatırımlarının Analitik Hiyerarşi Süreci İle Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Erciyes Üniversitesi, Kayseri, 181.

- Yıldızay, H. D., Aras, H., Yılmaz, V. 2014. Eskişehir’de rüzgar ve güneş enerjisi potansiyelinin belirlenmesi, *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 5(1), 49-58.
- Yılmaz, M. 2012. Türkiye’nin enerji potansiyeli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi açısından önemi, *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 4(2), 33-54.
- Yılmaz, S. S. (2018), “Türkiye’de ve Dünya’da Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Durumu”, Yüksek Lisans Tezi, *Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Hacettepe Üniversitesi, İstanbul, 149.
- Yılmaz, S., Kalkan, D. K. 2017. Enerji güvenliği kavramı: 1973 petrol krizi ışığında bir tartışma, *Uluslararası Kriz ve Siyaset Araştırmaları Dergisi*, 1(3), 169–199.