

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ TABANLI DESTEK VEKTÖR
MAKİNELERİ İLE GÜNEŞ ENERJİ SANTRALİ
OPTİMUM YER SEÇİMİ: ADIYAMAN ÖRNEĞİ**

**Hazırlayan
Zeynep ÇAPKURT**

**Danışman
Doç. Dr. Bülent BOSTANCI**

Yüksek Lisans Tezi

**Ocak 2023
KAYSERİ**

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ TABANLI DESTEK VEKTÖR
MAKİNELERİ İLE GÜNEŞ ENERJİ SANTRALİ
OPTİMUM YER SEÇİMİ: ADIYAMAN ÖRNEĞİ
(Yüksek Lisans Tezi)**

**Hazırlayan
Zeynep ÇAPKURT**

**Danışman
Doç. Dr. Bülent BOSTANCI**

**Ocak 2023
KAYSERİ**

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Zeynep ÇAPKURT

İmza



“Coğrafi Bilgi Sistemi Tabanlı Destek Vektör Makineleri İle Güneş Enerji Santrali Optimum Yer Seçimi: Adıyaman Örneği” adlı Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi’ ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Hazırlayan

Zeynep ÇAPKURT

Danışman

Doç. Dr. Bülent BOSTANCI

Harita Mühendisliği ABD Başkanı

Prof. Dr. Abdurrahman EYMEN

TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım boyunca bilimsel katkılarıyla beni aydınlatan, ilgi ve yardımlarını esirgemeyen Sayın Hocam Doç. Dr. Bülent BOSTANCI'ya, Tez İzleme Komitesinde bulunan Bölüm Başkanımız Prof. Dr. Abdurrahman EYMEN ve Dr. Öğretim Üyesi Ahmet Emin KARKINLI' ya teşekkür ederim.

Tez çalışması süresince desteklerini esirgemeyen, yorum ve eleştirileri ile beni aydınlatıp en büyük desteği sağlayan Arő. Gör. Tolga KAYNAK'a çok teşekkür ederim.

Ayrıca; çalışmalarıım süresince sabır göstererek beni daima destekleyen özellikle kız kardeşim Esra ÇAPKURT'a ve ablam Ayőe GÜNDÜZ'e, aileme, maddi ve manevi desteklerini her zaman arkamda hissettiğim yeğenlerime çok teşekkür ederim.

Zeynep ÇAPKURT

OCAK 2023, KAYSERİ

COĞRAFI BİLGİ SİSTEMİ TABANLI DESTEK VEKTÖR MAKİNELERİ İLE GÜNEŞ ENERJİ SANTRALİ OPTİMUM YER SEÇİMİ: ADİYAMAN ÖRNEĞİ

Zeynep ÇAPKURT

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi, Ocak 2023
Danışman: Doç. Dr. Bülent BOSTANCI

ÖZET

Türkiye'nin bulunduğu coğrafi konum nedeniyle enerji üretiminde güneş enerjisi önemli bir kaynak olarak tercih edilmiş ve kullanımı da giderek artmaya başlamıştır. Bu artıştan en doğru biçimde faydalanılabilmesi amacı ile Güneş enerji santralleri (GES) kurulumu için uygun alanların seçilmesi konusu gündeme gelmiştir. Bu çalışmada Adıyaman ilinde GES kurulumuna uygun alanların belirlenebilmesi için Güneş Enerji Potansiyeli (GEP), Eğim, Bakı, Yükseklik, Enerji Nakil Hattına Olan Uzaklık (ENHU), Trafo Merkezine Olan Uzaklık (TMU), Fay Hattına Olan Uzaklık (FHU), Su Alanlarına Olan Uzaklık (SAU), Karayolu Ağına Olan Uzaklık (KAU), Demiryolu Ağına Olan Uzaklık (DAU), Yerleşim Alanına Olan Uzaklık (YAU), Doğalgaz Hattına Olan Uzaklık (DHU) ve Koruma ve Orman Alanına Olan Uzaklık (KOAU) bağımsız değişken olarak ve bağımlı değişken olarak ise mevcut GES alanlarından toplam 1638 nokta ve GES kurulumu mümkün olmayan alanlardan aynı sayıda noktalar seçilerek bir mekânsal veritabanı Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) kullanılarak oluşturuldu. Daha sonra bu veriler modeli eğitmek ve doğrulamak için sırasıyla %70 ve %30'a rastgele bölündü. GES kurulum olasılığı çok uygun, uygun, orta, düşük ve en uygun alanları içeren haritanın belirlenebilmesi için Destek Vektör Makineleri (DVM) yöntemi kullanılmıştır. Eğitim aşamasında en iyi sonucu veren haritayı bulabilmek için çeşitli C ve γ değerlerini içeren 100 kombinasyon kullanılmıştır. Bu kombinasyonların performansı test verilerinin Genel Doğruluk (GD), İşlem Karakteristik Eğrisi (ROC) ve Eğri Altında Kalan Alan (AUC) değeri metriklerine göre değerlendirilmiş ve optimum C ve γ değerleri sırasıyla 10^6 ve 10^1 olarak bulunmuştur. Bu değerler kullanılarak elde edilen sonuç haritasına göre Adıyaman ilinin %39'u en az uygun ve % 28'i az uygun sınıflar olarak belirlenmiştir. Ayrıca, yaklaşık %8'nin orta uygun olduğu, %10'nun uygun olduğu ve geri kalan %15'nin en uygun olduğu görülmüştür. Bu çalışma kapsamında elde edilen en uygun ve uygun alanlarda kurulacak GES'in Adıyaman iline ekonomik, çevresel ve sosyal açıdan önemli katkılar sağlayacağı ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Güneş enerji santrali, coğrafi bilgi sistemi, destek vektör makineleri

**OPTIMUM SITE SELECTION FOR SOLAR POWER PLANT BASED ON THE
GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM WITH SUPPORT VECTOR
MACHINES: THE CASE OF ADIYAMAN**

Zeynep ÇAPKURT

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences

Master Thesis, Ocak 2023

Supervisor: Assoc. Prof. Bülent BOSTANCI

ABSTRACT

Due to Turkey's geographical location, energy saving solar energy has been preferred as an important resource and its use has started to increase gradually. Solar Energy Potential (SSP), Slope, Aspect, Height, Distance to Energy Transmission Line (DETL), Distance to Transformer Center Line (DTCL), Distance to Fault Line (DFL), Distance to Water Fields (DWF), Distance to Highway Network (DHN), Distance to Railway Network (DRN), Distance to Residential Area (DRA), Distance to Natural Gas (DNG) and Distance to Protection and Forest Area (DPFA) as independent and dependent variables. On the other hand, a spatial documents Geographic Information Systems (GIS) and Remote Sensing (UA) were commissioned by selecting 1638 points in total of the existing SES dimensions and the same number of points from the areas where SES installations are not possible. It was randomly divided into 30. Support Vector Machines (SVM) method was used to determine the map with very high probability of SES installation, high, medium, low and lowest areas. Training results best result 100 uses containing various C and γ values were used to find the map that gives the best value. The performance test data of these combinations were evaluated according to the General Accuracy (GD), Process Characteristic Curve (ROC) and Area Under the Curve (AUC) value metrics and optimum C and γ values were respectively evaluated. It was found as 106 and 101. According to the result table obtained by using these values, 39% of Adıyaman province was aimed as least suitable and 28% as less suitable classes. Also, values at which about 8% is moderately appropriate, 10% is appropriate, and the remaining 15% is optimal. The Adıyaman line of the SPP, which will establish the most suitable and suitable areas obtained within the scope of this study, has made significant contributions to its economic, growth and social content.

Keywords: Solar power plant, geographic information systems, support vector machines,

İÇİNDEKİLER

COĞRAFI BİLGİ SİSTEMİ TABANLI DESTEK VEKTÖR MAKİNELERİ SİSTEMİ İLE GÜNEŞ ENERJİ SANTRALİ OPTİMUM YER SEÇİMİ: ADİYAMAN ÖRNEĞİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK	ii
YÖNERGEYE UYGUNLUK.....	iii
KABUL VE ONAY	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ÖZET.....	vi
ABSTRACT.....	vii
İÇİNDEKİLER	viii
KISALTMALAR	xi
TABLolar LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİLLER LİSTESİ	xiv
GİRİŞ	1

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER ve LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Problemin Tanımı ve Metodolojisi	4
1.2. Çalışmanın Amacı	5
1.3. Literatür Taraması	6
1.4. Dünya’da Yenilenebilir Enerji ve Güneş Enerjisi	11
1.5. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji ve Güneş Enerjisi	15
1.6. Adıyaman İlinde Yenilenebilir Enerji ve Güneş Enerjisi.....	17
1.7. Güneş Enerji Santrali Kurulumu İçin Uygulanan Kanun ve Yasal Mevzuatlar	22
1.7.1. GES İle İlgili Kanunlar.....	22
1.7.2. Güneş Enerji Santrali Kurulumu için Yasal Süreç	26

2. BÖLÜM

MATERYALVEYÖNTEM

2.1. Materyal.....	28
2.2. Yöntem	30
2.2.1. Destek Vektör Makineleri	30
2.2.1.1. Doğrusal Destek Vektör Makineleri.....	31
2.2.1.1.1. Doğrusal Ayrılabilir Durum (Sert Sınır).....	31
2.2.1.1.2. Doğrusal Olarak Belirli Bir Oranda Ayrılabilen Veriler.....	34
2.2.1.2. Doğrusal Olmayan Destek Vektör Makineleri.....	37
2.2.1.3. Çekirdek Fonksiyonları (Kernel Functions)	38
2.2.1.3.1. Doğrusal Çekirdek Fonksiyonu.....	39
2.2.1.3.2. Polinomial Çekirdek Fonksiyonu	39
2.2.1.3.3. Sigma Çekirdek Fonksiyonu.....	39
2.2.1.3.4. Radyal Tabanlı Çekirdek.....	39
2.2.2. Model Geçerliliği	40

3. BÖLÜM

UYGULAMA ve BULGULAR

3.1. Çalışma Alanı	41
3.2. GES Uygun Yer Seçimi İçin Kullanılan Parametreler	42
3.2.1. Güneş Enerji Potansiyeli (GEP)	43
3.2.2. Eğim.....	43
3.2.3. Bakı.....	44
3.2.4. Yükseklik	45
3.2.5. Enerji Nakil Hattına Olan Uzaklık.....	45
3.2.6. Trafo Merkezlerine Olan Uzaklık	46
3.2.7. Fay Hattına Olan Uzaklık	47
3.2.8. Su Alanlarına Olan Uzaklık.....	47
3.2.9. Karayolu Ağına Olan Uzaklık	48
3.2.10. Demiryolu Ağına Olan Uzaklık	49
3.2.11. Yerleşim Alanlarına Olan Uzaklık	49

3.2.12. Doğal gaz Hattına Olan Uzaklık.....	50
3.2.13. Koruma (Sit) ve Orman Alanlarına Olan Uzaklık	51
3.3. Adıyaman İlinde GES Kurulacak Alanların Belirlenmesi.....	51

4. BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER.....	57
KAYNAKÇA	60
ÖZGEÇMİŞ.....	70



KISALTMALAR

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AHP	: Analitik Hiyerarşi Süreci
AUC	: Eğri Altında Kalan Alan
BEPA	: Biokütle Enerji Atlası
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
COLT	: Computational Learning Theory
COVID-19	: Koronavirüs Hastalığı
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi
ÇÖKA	: Çok Ölçütlü Karar Analizi
DAU	: Demiryolu Ağına Olan Uzaklık
DHU	: Doğalgaz Alanına Olan Uzaklık
DVM	: destek Vektör Makineleri
EİEB	: Enerji İhtisas Endüstri Bölgeleri
ELECTRE	: Uyum-Uyumsuzluk Yöntemi
ENHU	: Enerji Nakil Hattına Olan Uzaklık
ETKB	: Enerji Ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
EUROSTAT	: Avrupa İstatistik Ofisi
FAHP	: Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci
FHU	: Fay Hattına Olan Uzaklık
GD	: Genel Doğruluk
GEP	: Güneş Enerji Potansiyeli
GEPA	: Güneş Enerji Potansiyel Atlası
GES	: Güneş Enerji Santrali
HES	: Hidroelektrik Enerji Santrali
IEA	: Uluslararası Enerji Atlası
KAU	: Karayolu Ağına Olan Uzaklık
KKT	: Krush-Kuhn-Tucker
KOAU	: Koruma Alanına Olan Uzaklık
OSM	: Open Street Map
RBF	: Radyal Tabanlı İşlev Çekirdeği

REPA	: Rüzgar Enerji Atlası
RES	: Rüzgar Enerji Santrali
RMSE	: Kök Ortalama Karekök Hatası
ROC	: İşlem Karakteristik Eğrisi
SAU	: Su Alanlarına Olan Uzaklık
TEDAŞ	: Türkiye Elektrik ve Dağıtım Anonim Şirketi
TEİAŞ	: Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
TMU	: Trafo Merkezine Olan Uzaklık
TOPSIS	: İdeal Çözüme Benzerlik Halinde Tercih
UA	: Uzaktan Algılama
USGS	: ABD Jeoloji Araştırma Kurumu
VIKOR	: Çok Ölçütlü Uzlaşma Ve Çözüm
YAU	: Yerleşim Alanına Olan Uzaklık
YEK	: Yenilenebilir Enerji Kaynakları
YEKA	: Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanı
YSA	: Yapay Sinir Ağları

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1. Ülkelerin 2020 yılındaki kurulu güç değerleri	14
Tablo 2. YEK Güç Gelişimi(MW).....	16
Tablo 3. Yenilenebilir Elektrik Üretimini Yıllar içindeki Artışı	16
Tablo 4. Adıyaman'da kurulan yenilenebilir enerji santralleri	18
Tablo 5. Tez çalışmasında kullanılan parametreler ve kaynakları.....	28
Tablo 6. GES yer seçimi için yapılan çalışmalar ve yöntemleri.....	29
Tablo 7. GES yer seçimi için yapılan çalışmalarda kullanılan faktörler	29
Tablo 8. Çekirdek Fonksiyon Türleri.....	38
Tablo 9. GES kurulumu için uygun olmayan alanlar	52
Tablo 10. Çalışma da oluşturulan 100'lük model C ve γ değerleri	53
Tablo 11. GES kurulumu için belirlenen bölgelerin uygunluk sınıf ve dereceleri	55
Tablo 12. Kurulu GES'lerin uygunluk haritasına göre faktör bazında kıyaslanması	56

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.	Güneş enerjisinin yıllar içinde kullanım artış grafiği.....	13
Şekil 2.	Dünya GEP atlası	14
Şekil 3.	Türkiye GEP Haritası	17
Şekil 4.	Güneydoğu Anadolu bölgelerindeki illerin yıllık güneşlenme saatleri.....	20
Şekil 5.	Güneydoğu Anadolu bölgesindeki illerin güneş radyasyon değerleri	20
Şekil 6.	Adıyaman iline ait GEP haritası.....	21
Şekil 7.	Adıyaman ili ve ilçelerinin yıllık güneşlenme süreleri	21
Şekil 8.	GES kurulumu ile ilgili kanunlar	26
Şekil 9.	GES Lisanslandırma süreci	26
Şekil 10.	Lisansız Güneş Enerji Santrali Kurulum Aşamaları	27
Şekil 11.	DVM'nin temel ağ yapısı.....	31
Şekil 12.	DVM, en uygun hiper düzlem ve sınır.....	31
Şekil 13.	Doğrusal DVM.....	32
Şekil 14.	Çekirdek fonksiyonu yardımı ile doğrusal olmayan verinin doğrusal ayrılması	37
Şekil 15.	Adıyaman İli'nin Türkiye haritasındaki konumu.....	42
Şekil 16.	Adıyaman GEP haritası.....	43
Şekil 17.	Adıyaman ili eğim haritası	44
Şekil 18.	Adıyaman iline ait bakı haritası	44
Şekil 19.	Adıyaman iline ait yükseklik sınıflandırma haritası	45
Şekil 20.	Adıyaman iline ait ENHU haritası	46
Şekil 21.	Adıyaman ili TMU haritası	46
Şekil 22.	Adıyaman ili FHU haritası	47
Şekil 23.	Adıyaman iline ait SAU haritası	48
Şekil 24.	Adıyaman ili KAU haritası	48
Şekil 25.	Adıyaman ili DAU haritası	49
Şekil 26.	Adıyaman ili YAU haritası	50
Şekil 27.	Adıyaman ili DHU haritası	50
Şekil 28.	Uygulama sonucu oluşan ROC eğrileri ve AUC değerleri	54
Şekil 29.	Adıyaman uygulama sonucu GES kurulacak alanlar.....	54

GİRİŞ

Dünyada gündün güne artış gösteren insan nüfusu, sanayi ve teknoloji alanında meydana gelen gelişmeler ülkelerin enerji ihtiyacının artmasına neden olmuştur. Artan enerji ihtiyacı bu ülkeleri uzun süre kullanılabilecek, maliyeti az, çevreye zararın minimum olduğu ve alınacak verimin yüksek olacağı bir enerji kaynağı aramaya itmiştir. Söz konusu bu özellikler dikkate alındığında yenilenebilir enerji kaynakları ülkelerin ihtiyaçlarını karşılayacak kurtarıcı bir seçenek olmuştur [1].

Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması sonucunda bu enerjilerin; çevreye verdiği zararın az olduğu, ülkeleri enerji temin etme de dışa bağımlılıktan kurtardığı, maliyetinin daha düşük olduğu, doğadan direk elde edilebilme özelliği taşıdığı görülmüştür. Ayrıca petrol, doğalgaz vb. yenilenemez enerji kaynaklarına göre daha uzun ömürlü olması yenilenebilir enerjiye olan talebin daha da artmasına neden olmuştur [2].

Ülkemizde nüfus artışı, yakıt tüketiminin fazlalığı ve ülkeler arası çıkar çatışmaları kapsamında kısıtlı enerjinin elde edilmesi ve özellikle son zamanlarda dünya çapında yaşanan pandeminin sonucu olarak meydana gelen yasaklar dolayısı ile evde olan vatandaşların harcadığı enerji daha çok artmış ve ekonomik krizle beraber dışa bağımlılık artmıştır. Tüm bu sorunlarla başa çıkmak adına yenilenebilir enerji kaynağı arayışında olan ülkemiz için daha kapsamlı ve hızlı adımlar atılmaya başlanılmıştır. 2016 yılında ülkemizde yenilenebilir enerji de toplam kurulu gücün yaklaşık olarak 35 GW' olduğu belirlenmiştir. Ülke genelinde üretilen elektriğin düşük bir oranını yenilenebilir enerji kaynaklarının oluşturduğu görülür. Bu oran ülkemizde var olan yenilenebilir enerji potansiyeli ile karşılaştırıldığında ne yazık ki beklenen seviyede değildir. Türkiye güneş ve rüzgâr enerjisi gibi oldukça yüksek verim alınabilecek şartlara sahip olmasına rağmen istenilen enerji verimini henüz tam anlamıyla alamamıştır. Fakat yenilenebilir enerjiden maksimum seviye de verim alınabilmesi için stratejiler

geliştirilmiştir. Bu kapsam da Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETBK), “Daha Çok Yerli, Daha Çok Yenilenebilir” stratejisi doğrultusunda rüzgâr, güneş, hidrolik, jeotermal, biyokütle ve yerli kömür gibi yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarımızın enerji portföyündeki payını artırmak ve enerji ve tabii kaynaklar faaliyetlerini güvenli, çevreye daha az zararlı enerji elde etmek hedefiyle 2019–2023 Stratejik Planını yayınlamıştır [3].

2021 Yılı Yatırım Programı adı altında 7 adet proje ortaya konulmuş ve bu projeler için 184.621.000 TL ve kamulaştırma için 7.379.000 TL olmak üzere toplam 192.000.000 TL gibi yüksek bir bütçe ayrılmıştır. Bu bütçenin 178.441.625 TL’si harcanmış ve %93’lük bir gerçekleştirme oranı hedeflenmiştir [4].

Yenilenebilir enerji kaynaklarının en önemlileri hidrolik enerji, rüzgar enerjisi, güneş enerjisi, jeotermal enerji ve biyokütle enerjidir. Bu yenilenebilir enerji kaynakları arasında ülkemiz bulunduğu coğrafi konum sebebiyle GEP bakımından yüksek orana sahiptir. Güneş enerjisi; kurulum ve kullanım kolaylığı, çevreyi diğer enerji türlerine göre daha az kirletmesi ve zararlı atık oluşturamaması gibi özelliklere sahip bir enerji kaynağıdır. Aynı zamanda var olan güneş enerji potansiyelinden uygun bir şekilde faydalanılırsa ülkemizin enerji açısından dışa bağımlılığının istenilen seviyede en aza indirilebileceği öngörülmektedir. Bu kapsamda enerji ihtiyacının karşılanması için güneş ışığından elde edebilmek amacı ile GES kurulmaya başlanmıştır [5].

GES kurulmasında büyük çaptaki arazilere ihtiyaç duyulması ve bu alanların doğal ekolojik dengeyi bozmamaya özen gösterilerek seçilmesi dikkat edilmesi gereken önemli bir konu olmuştur. Bu durum göz önüne alındığında en yüksek verimin alınabileceği ve maliyetinin en az olabileceği alanlarda GES’in kurulmasına dikkat edilmesi gerekmektedir. GES’in kurulumunda GEP’in yüksek olması gerekmektedir. Fakat sadece bu faktörü baz alarak yer seçimi yapmak yanlış bir alanın seçilmesine neden olabilecektir. Çünkü en iyi verim alınabilmesi için birçok faktör göz önüne alınarak değerlendirmeler yapılmalıdır. Yükseklik, trafo merkezleri, enerji nakil hatlarına uzaklık, fay hatlarına uzaklık ve yerleşim alanlarına olan uzaklık gibi faktörlerde yer seçiminde değerlendirilmesi gereken başlıca faktörler olarak örneklendirilebilir [4-6].

Bu çalışmada amaç, Makine Öğrenme Algoritmalarından birisi olan DVM yönteminde girdi olarak çalışma alanına ait konumsal veriler olan GEP, eğim, bakı, yükseklik, ENHU, TMU, FHU, SAU, KAU, DAU, YAU, DHU ve KOAU faktörleri kullanılarak Adıyaman ilinde GES kurulumuna en uygun ve uygun alanların belirlenmesi ve mekansal olarak GES kurulabilecek yerlerin uygunluğunu belirten sonuç haritasının oluşturulmasıdır. Elde edilen sonuç haritası sayesinde Adıyaman ilinde kurulu olan GES'in konumlarının uyumlu olup olmadığı da karşılaştırılmıştır.



1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER ve LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Problemin Tanımı ve Metodolojisi

Son yıllarda küresel ısınma ve maddi kaynakların hızla tükenmeye başlaması, teknolojinin gelişimi ile enerji tüketiminin artması gibi nedenlerden dolayı enerji ihtiyacını karşılamak zor olmaya başlamıştır. Çünkü ülkelerin maddi kaynakları enerji talebini karşılayamaz olmuştur. Bu noktada devreye yenilenebilir enerjiye göre daha temiz, güvenli ve en önemlisi tüketilemeyen yenilenebilir enerji kaynakları dünya ülkelerinin var olabilmeleri için büyük önem taşımaya başlamıştır. Çünkü bu enerji türleri ülkelerin kalkınmasını, insan ihtiyaçlarının karşılanmasını ve diğer devletler arasında konumlarının iyileştirilmesini sağlamak için en doğru seçenek durumunda olmuştur. Özellikle yenilenebilir enerji kaynakları arasında sonsuz enerji imkanı sunabilecek kapasiteye sahip “Güneş Enerji Kaynağı” tüm ülkelerin dikkatini çekmeye başlamıştır. Güneş enerjisi diğer enerji türlerine kıyasla, havanın doğal dengesini bozmadan daha kolay bir şekilde enerjiye dönüştürebilen ve dünyanın gelecekteki enerji talebini sürdürülebilir bir şekilde karşılamak için kullanılan, maliyeti düşük, kurulması ve kullanımı kolay bir enerji türüdür [5-7].

Güneş enerjisi, ülkemizde güneşlenme gün sayısının fazla olduğu, GEP’in yüksek olduğu tüm bölgelerde bakım ve maliyetinin düşük olması, kurulum için gerekli işlemlerin diğer enerji türlerine göre daha kolay olması açısından rahatlıkla kullanılabilir konuma sahiptir. Ülkemizde var olan bu kapasite son zamanlarda fark edilerek yeni atılımlar yapılmıştır. Bu adımlardan bir tanesi güneş enerjisinden en iyi şekilde verim alabilmek için Güneş Enerji Potansiyel Atlası’nın (GEPA) oluşturulması olmuştur. Fakat GEPA özellikle GES’in kurulumu için tek başına yeterli olamamaktadır. Çünkü GEPA’dan sadece GEP verileri alınmaktadır. Ancak ihtiyaç

duyulan diğerk gerekli olan kısıtlamalar için bilgi alınmamaktadır. GES kurulması için gerek duyulan arazinin diğerk önemli özellikleri, belli standart faktörlerin bölgelere göre değışiklik gösterdiği, altyapı sorunları ve bunların detaylı incelenmesi gibi durumlardan dolayı tamamıyla GES kurulumu için uygun yerlerin bulunmasında sorunlar meydana getirmiştir. Bu sorunların en aza çekilmesi amacı ile GES kurulum için gerekli olan kavram ve teorik sistem kapsamında literatür taramaları incelenmiş, Dünya’da ve Türkiye’de konuyla alakalı yapılmış çalışmalar dikkate alınmıştır. Bu incelemeler sonucunda GES kurulabilecek alanların uygun yer seçimi için çok sayıda ölçütün değıerlendirmeye alındığı görülmüştür [6-8].

Çalışma alanı olarak seçilen Adıyaman ilinde GES kurulumu için uygun yerlerin belirlenmesinde bazı sorunlar ile karşılaşmıştır. Bu sorunlar, GES kurulan yerlerin yerleşim yerlerine olan yakınlığı, ilin yoğun bir koruma alanı bölgesinde olması, tarım arazilerinin yoğun olması gibi sıkıntılardır. Bu durumda kurulum aşamasında emek, zaman ve maddi kayıplara yol açabileceğı görülmüştür. Bu sorunların önüne geçmek ya da en aza indirebilmek için GES kurulumunda daha önceki tezlerde kullanılan faktörlerden farklı olarak başka kriterlere de yer verilmiştir. Bu kriterlerin analiz işlemleri CBS’ye dayalı, Makine Öğrenme Algoritmalarından birisi olan DVM yöntemi kullanılarak yapılmıştır. GES kurulumu yapılacak alanlar seçilirken mümkün olan en iyi konumu belirlemek için kapsamlı bir değıerlendirme süreci gerekmektedir. Bu çalışma kapsamında yapılan GES uygun yer seçiminin araştırmasında GEP, eğim, bakı, yükseklik, ENHU, TMU, FHU, SAU, KAU, DAU, YAU, DHU ve KOAU faktörleri kullanılarak analiz çalışması yapılmıştır.

1.2. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmada amaç, çalışma alanına ait GES kurulumunu etkileyen 13 faktör olan GEP, eğim, bakı, yükseklik, ENHU, TMU, FHU, SAU, KAU, DAU, YAU, DHU ve KOAU girdi olarak kullanılarak makine öğrenme tekniklerinden DVM yöntemi ile Adıyaman ilinde GES kurulumuna karşı çok yüksek duyarlılık gösterenden düşük duyarlılık gösterene doğru ilgili alanların belirlenmesi hedeflenmiştir.

1.3. Literatür Taraması

Uyan (2017), çalışmasında Konya ili Çumra ilçe sınırlarında GES kurulabilecek en uygun alanların nereler olacağını belirlerken yerleşim yerlerine uzaklık, arazinin yapısı (mera, marjinal arazi olma durumu), eğim, trafo merkezlerine uzaklık, enerji nakil hatlarından uzaklık, yol ve demir yollarına uzaklık faktörleri olmak üzere bu 8 kriteri baz alarak Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden biri olan Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yöntemini kullanmış ve CBS yardımıyla haritalanma işlemi yapmıştır [8].

Akkaş, Erten, Cam, İnanç (2017), çalışmalarında GES için uygun yer seçimi belirlemede Aksaray, Konya, Karaman, Nevşehir, Niğde illerini alternatif olarak kullanmış AHP, İdeal Çözümle Benzerlik Halinde Tercih (TOPSIS), Uyum-Uyumsuzluk Yöntemi (ELECTRE) ve Çok Ölçütlü Optimizasyon ve Uzlaşma Çözümü (VIKOR) yöntemlerini uygulamada kullanmış ve bütün bu yöntemler sonucunda en uygun ilin Karaman olduğuna karar verilmişlerdir [9].

Güçlüer (2010), tarafından yüksek lisans tezi olarak hazırlanan “Güneş Enerjisi Santrali Kurulacak Alanların CBS Çok Ölçütlü Karar Analizi (ÇÖKA) Yöntemi ile Belirlenmesi” adlı tez çalışmasında Konya ilinde GES kurulabilecek alanlar ÇÖKA yöntemi kullanılarak CBS ortamında belirlenmeye çalışılmıştır. Bu kapsamda uygun yer seçimi için Konya iline ait eğim, bakı, güneşlenme potansiyeli, koruma alanları, kuş göç yolları, yerleşim alanları, enerji nakil hatları, havayolu, karayolu, demiryolu, trafo merkezleri, fay hattına uzaklık, göller ve nehirler gibi faktörler baz alınarak uygun yerin hangi bölge olduğu belirlenmiştir [10].

Saner H. (2015), “Türkiye’de Güneş Enerjisi Santrallerinin Yer Seçimi ve Çevresel Etkileri: Karapınar ve Karaman Enerji İhtisas Endüstri Bölgeleri Örneklerinin Değerlendirilmesi” adlı yüksek lisans tezinde; güneş enerjisi için uygun yer seçim kriterlerini çevresel etkiler, faaliyetlerin verimliliği ve yasal çerçeveler açısından inceleyerek GES’in kurulması açısından uygun yer seçiminin belirlenmesinde ihtiyaç duyulan kriterler belirlenmiştir. Belirlenen ölçütler doğrultusunda Karapınar ve Karaman Enerji İhtisas Endüstri Bölgeleri’ni (EİEB)’ değerlendirerek karşılaştırma işlemi uygulanmıştır [11].

Obut (2016), tarafından yapılan “Göksun İlçesinde Güneş Enerjisi Santrali Kurulacak Alanların CBS yöntemi ile Belirlenmesi” adlı yüksek lisans tezinde çalışma alanı olarak Kahramanmaraş’ın Göksun ilçesi seçilmiştir. Bu çalışma kapsamında GES kurulabilecek alanların yer seçiminin belirlenmesinde ÇÖKA yöntemi kullanılmış ve bu kapsamda 12 faktör (GEP, eğim, bakı, arazi kullanımı, akarsu, göl, yerleşim alanları, ulaşım ağı, deprem fay hattı, maden alanları, elektrik hattı ve trafo merkezleri) belirlenip analizi yapılmıştır [12].

Akçay, M., (2019); Yaptığı çalışmada; ülkemizde güneş potansiyeli yüksek olan bölgelerde Antalya, Konya, Burdur, Mersin, Van ve Karaman illerinde AHP-TOPSIS yöntemini kullanarak bir çalışma yapmış ve yapılan çalışma sonucunda çalışma yapılan iller içinde GES kurulumuna en uygun yerlerin hangi alanlar olacağını belirlemek için alanları uygunluk derecelerine göre sıralama yaparak belirlemiştir [13].

Aslan, Ş. (2019), “Güneş Enerji Santrali Yer Seçiminde CBS Kullanımı: Kayseri İli Örneği” adlı çalışmada AHP yöntemini kullanarak, GES için uygun yerlerin belirlenmesinde GEP, eğim, bakı, TMU, ENH, akarsulara uzaklık, göllere uzaklık, YAU, karayollarına ve demiryoluna uzaklık faktörlerini kullanıp sınıflandırma işlem yapmıştır. Yaptığı uygulama sonucunda GES için en uygun yer seçimi için CBS ve AHP yönteminin kullanılmasının oldukça doğru ve güvenilir sonuçlar verdiğini belirtmiştir [14].

Miller A. ve Lumby B. (2012), “Utility Scale Solar Power Plants” adlı hazırlanmış olduğu çalışmada; güneş enerjisi projelerinin geliştirilmesi, yapımı ve finansmanında en iyi uygulamaların benimsenmesi Hindistan’da güneş enerjisi geliştiricilerini ve finansörleri teşvik etmesi umulmuştur. Bu çalışmada; proje geliştirme, yapım ve operasyonun çeşitli yönlerini gösterebilmek için çok sayıda vaka çalışması dahil edilmiştir [15].

Sun ve diğerleri (2018a), güneş radyasyonu tahmin yöntemlerini matematik ve istatistik tabanlı geleneksel yöntemler, sayısal hava tahmini ve makine öğrenmesi olmak üzere üç kategoriye ayırmışlardır. Matematik ve istatistik tabanlı geleneksel yöntemler; regresyon analizi, zaman serileri analizi, gri veya kara kutu teorisi, bulanık teori gibi kapsamları içermektedir. Veri madenciliğinin gelişmesiyle beraber makine öğrenmesi

tekniklerine olan talep de artış olmaya başlamıştır. Yapay sinir ağları (YSA), (DVM) ve sezgisel akıllı optimizasyon algoritmalarını çalışma kapsamında kullanmıştır [16].

Fan ve diğerleri (2019), küresel güneş radyasyonu tahmininde kullanılan ampirik ve makine öğrenmesi yöntemlerini kullanarak kapsamlı bir literatür taraması yapmıştır. Yaptığı bu incelemeler sonucunda Çin'in farklı iklim bölgelerinde küresel güneş ışınımı tahmininde 12 ampirik ve 12 makine öğrenmesi yöntemini kullanarak sonuç performanslarını karşılaştırmıştır. Elde ettiği sonuçlarda makine öğrenmesi modellerinin (RMSE: 2.055-2.751 MJm⁻² d⁻¹; R² : 0.839- 0.936) genellikle ampirik modellerden (RMSE: 2.118-3.540 MJm⁻² d⁻¹; R² : 0.834-0.935) daha iyi performans ortaya çıkardığını söylemiştir [17].

Ramedani et al. (2014), İran'ın Tahran eyaletinde beklenen güneş radyasyonu değerini belirleyebilmek için polinomial ve radyal tabanlı işlev çekirdeği (RBF) yöntemini kullanmıştır. Modeller için ürün seçimi yapılırken çalışılan alandaki meteorolojik veriler girdi verileri olarak seçilirken güneş radyasyonu çıktı verileri olarak seçilmiştir. Modelin performansının standart sapma ve korelasyon katsayısı (R) bazında değerlendirilmesini yapmış ve bu değerlendirmeler sonucunda RBF de eğitim oran 0.90 ve test 0.889 bulunurken polinomial da eğitim oranı 0.88 ve test 0.887 bulunmuştur. Radyal modelin, polinomial modeline göre daha başarılı sonuçlar verdiğini gözlemlemiştir [18].

Piri et al. (2015) , İran'daki Zahedan ve Bojnoord şehirlerinden elde edilen temel veriler Dünya'daki güneş radyasyonunu tahmin etmek için dikkate alınmış ve bu kapsamda DVM modeli önerilmiş ve bu modelde yer alan çekirdek fonksiyonlarda hem RBF hem de polinomial fonksiyonları kullanılmıştır. Günlük ortalama maksimum sıcaklık, minimum sıcaklık, bağıl nem ve güneşlenme süresi saatleri gibi çeşitli parametreler girdi olarak alınmış ve modeller Kök Ortalama Karekök Hatası (RMSE) ve R² ile beraber değerlendirmeye sokulmuştur. Yaptığı uygulamalar sonucunda DVM modellerinin güneş radyasyonu tahmininde ampirik modellere göre daha yüksek kapasiteye sahip olduğunu belirtmiştir [19].

Chen ve Li (2014), ölçümü yapılan meteorolojik değişkenler sonucunda güneş radyasyonunu tahmin edebilmek için 20 tane DVM modeli geliştirmiştir. Bu araştırma kapsamında Çin de bulunan 15 istasyondan toplanan güneş ışığı oranı, maksimum ve

minimum hava sıcaklığı, bağıl nem ve atmosferik su buharı basıncının farklı kombinasyonlarını içeren farklı parametreler girdi verileri olarak kullanılmış, yapılan analizler sonucunda DVM modelleme yaklaşımının güneş radyasyonunu tahmin etmede diğer uygulamalara göre daha doğru bir yaklaşım olduğunu gözlemlemiştir [20].

Pirisar (2019), “A Multi-Criteria GIS Analysis For Siting Of Utility-Scale Photovoltaic Solar Plants In County Kilkenny, Ireland” adlı yüksek lisans tezinde; (CBS) ve ÇÖKA esas olarak İrlanda'nın Kilkenny bölgesinde kamu hizmeti için yapılan ölçekli fotovoltaik güneş santralleri için potansiyel alanların hangi alanlar olacağına dair bir uygulama yapmıştır. Seçilen CBS tabanlı ÇÖKA yönteminde uygun alanların belirlenmesinde etkili olduğu fakat AHP yönteminin daha kolay anlaşılır ve hesabının daha kolay yapıldığını söylemiştir. Bununla birlikte AHP yönteminin daha doğru konum bilgisi için birtakım sınırlılıkları ortadan kaldıracak düzeyde geliştirilmesi gerektiğini de belirtmiştir [21].

A., Kengpol et al. Tayland'da sel durumunu önlemek için bir GES kurmayı önermiş bunun içinde ilk kez bir CBS kullanarak optimal saha durumunu belirlemek amacıyla çalışma yapılmıştır. Çalışmaya göre, Bulanık AHP ve TOPSIS kullanılarak belirli kriterlere sahip coğrafi faktörler dikkate alınarak bir sınıflandırma yapmak için ÇKKV modeli kullanılmıştır [22].

C., W., Thanh, T., D., N. Ai-T., Nguyen, J.-W. Wan “Multi-Criteria Decision Making (MCDM) Approaches for Solar Power Plant Location Selection in Vietnam” bu çalışmanın sonuçları, Vietnam'daki GES'in seçimi için kapsamlı bir karar verme sürecini içermektedir. Çalışma aynı zamanda karar vericiler için yeni bir esnek yaklaşım sağlarken, dünyanın birçok ülkesinde güneş enerjisi santrallerinin seçilmesi için pratik tavsiyeler vermektedir. Yapılan çalışma kapsamında Bulanık AHP VE TOPSIS yöntemi kıyaslanmış, elde edilen sonuçlar doğrultusunda TOPSIS yönteminin Bulanık AHP'den daha doğru sonuçlar verdiğini savunmuştur [23].

Asakereh et al., büyük ölçekli GES kurulumları için en uygun sahaları seçmek amacıyla, Khuzestan'da bir dizi arazi alternatifine öncelik vermek için GIS tabanlı bir Fuzzy-AHP tekniği uygulamıştır [24].

Sindu, Nehra, Luthra, GES için en uygun yer seçimi çalışmaları kapsamında sosyal, teknik, ekonomik ve çevresel kriterleri baz alarak Hindistan'da çalışmalar yapmışlardır. Bu çalışma için baz alınan kriterlere göre AHP ve TOPSIS yöntemleri kullanılarak GES için en uygun yerin hangi bölge olacağı belirlenmiştir [25].

Liu ve Lin, Çin'in güneybatı bölgesinde yer alan şehirlerden GES kurmak için uygun olan 4 şehir seçmiş ve bu şehirlere ait coğrafik, ekonomik ve çevresel özellikler baz alınarak gri kümülatif olasılık teorisi değer zinciri yaklaşımı kullanılarak GES için uygun yer seçimi yapmıştır [26].

Lozano, Cascales ve Lamata, çalışmalarında İspanya bölgesinde CBS kullanarak GES'e uygun yer seçimi için bazı alternatif alanlar belirlenmiş ve bu alanlarda ELECTRE yöntemi uygulanmıştır. Yapılan bu çalışmada kriter olarak tarım potansiyeli, eğitim, santral tesisinin kurulacağı alan, yollara olan mesafe, trafo merkezlerine olan mesafe, enerji nakil hatlarına olan mesafe, köy ve kasabalara mesafe, göç edilen merkezlere olan mesafe, güneş radyasyonu, ortalama sıcaklık değerleri baz alınarak uygun yer seçimi yapılmıştır [27].

Chen ve ark. (2013), gün içinde gelen güneş enerji kapasitesini tahmin etmek için DVM yöntemini kullanmıştır. Çin'in Liaoning eyaletinde güneş ışığına maruz kalınan süre hesaplanmıştır. DVM yönteminin güvenilir olması için çok sayıda istatistiksel kriterler kullanılmıştır. DVM yönteminin sağladığı doğruluğun diğer yapılan çalışmalarda kullanılan yöntemlerden daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür [28].

Olatomiwa ve ark. (2015a) tarafından, hibrit bir DVM yaklaşımı için güneşlenme süresi, maksimum ve minimum sıcaklık değerlerini işleme katarak güneş enerji radyasyon tahmini yapılmış ve DVM yönteminin YSA yöntemine göre daha uygun sonuçlar verdiği görülmüştür [29].

Piri ve ark. (2015), güneş enerji tahmini yapabilmek için DVM yöntemlerinden radyal ve polinomial çekirdek yöntemlerini kullanmışlardır. İran'daki Zahedan ve Bojnord'dan şehirlerinden alınan günlük ortalama maksimum sıcaklık, minimum sıcaklık, günlük ortalama bağıl nem ve güneşlenme süreleri girdi verileri olarak değerlendirilmiş ve radyal yöntemin daha doğru sonuçlar ortaya koyduğu görülmüştür [30].

1.4. Dünya’da Yenilenebilir Enerji ve Güneş Enerjisi

Endüstriyel gelişme, küresel değişimin getirdiği çevresel kirlilik, tüketim de oluşan artışı üretimin karşılamaması gibi nedenlerden dolayı dünyanın enerji ihtiyacına olan talebi önemli ölçüde artmıştır. Gelişmekte olan ülkelerin nüfusa olan katkısı sadece bir nesilde yaklaşık 2 milyarı bulduracak kadar önemli bir rakama ulaşmıştır. 21.Yüzyılda artan nüfusun doğal sonucu olarak da enerji talebi artmış ve bu talebi karşılamak için enerji sağlayacak yeni kaynak arayışları başlamıştır. Bu yüzden de dünya ülkeleri enerji sorunu ile baş edebilmek ve az maliyetli ama verimi yüksek enerji elde etmek için farklı yöntemler denemişlerdir [31]. Ekonomik gelişme ilerledikçe, enerjiye olan ihtiyaç da ekonomik büyüme ile orantılı olarak artmaktadır. Elektrik üretim kapasitesini artırmak için ülkeler teknolojilerini geliştirmeye, farklı teknik ve yöntemler üretmeye çalışmış olsalar dahi hala gelişmekte olan ülkelerin çoğunda insanlar, elektriğin olmadığı bölgelerde yaşamlarını devam ettirmeye çalışmaktadır. Çünkü; kullanılan yenilenemez enerji kaynakları sınırlı enerji kaynağıdır ve ne yazık ki ihtiyaç duyulan enerji talebini karşılayamamaktadır. Ayrıca, yenilenemeyen enerji kaynaklarının sürekli kullanımı dünya ekosistemine zarar vermekte, doğaya kalıcı hasarlar bırakmakta ve ağır doğal afetlere sebep olabilmektedir. Bu yüzden birçok ülke bu sorunlarla başa çıkabilmek için yenilenebilir enerji kullanmaya başlamıştır [32].

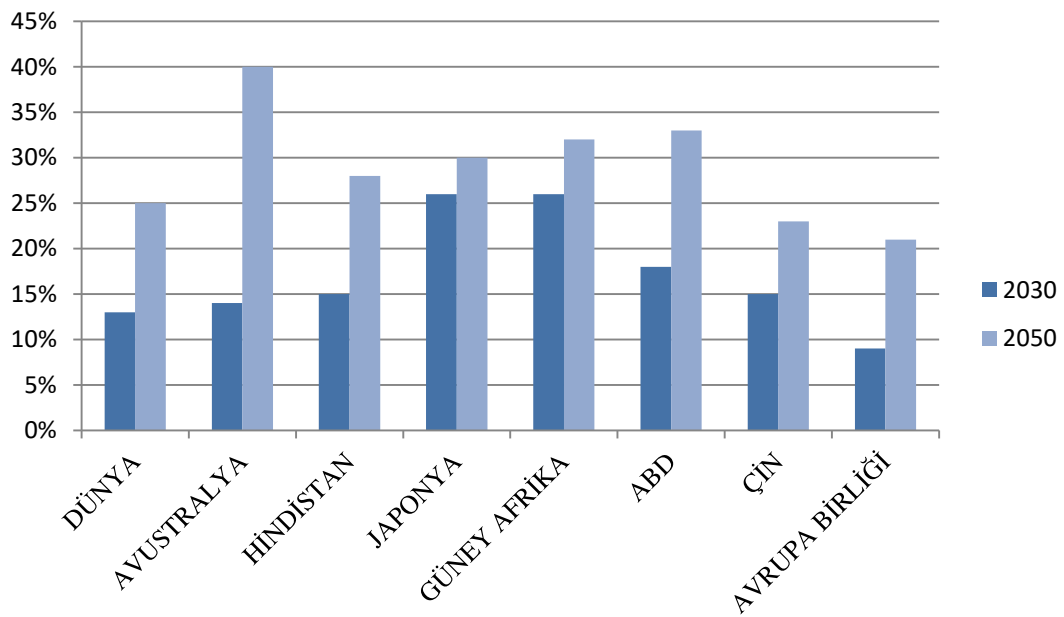
1973 yılında Arap-İsrail ülkeleri arasında temel sebebi petrol olan bir savaş meydana gelmiş bu da enerjinin bir dış politika aracı olduğunu ortaya koymuştur. İsrail, savaşta kendi tarafında yer almayan ülkelere petrol yasağı koymuştur. Bu durum, savaş sonucunda tüm ülkelerin kendi enerji kaynaklarını kendilerinin üretmesi gerektiği gerçeğini ortaya çıkarmış ve dünyada yenilenebilir enerji kaynağı kullanımı farkındalığı ortaya çıkmıştır [33]. Enerji kaynakları kullanım durumlarına göre yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynakları olarak ikiye ayrılır. Yenilenemez enerji kaynakları, zaman içerisinde tükenebileceği düşünülen enerji kaynaklarıdır [34]. Yenilenebilir enerji kaynakları ise maliyeti düşük, çevreye zararı daha az ve sonsuz bir verime ve kapasiteye sahip olan enerji kaynaklarıdır. Bununla birlikte değişmemiş veya değiştirilmemiş enerjiye de birincil enerji denir. Petrol, kömür, doğal gaz, nükleer enerji, hidroelektrik, biyokütle, dalga enerjisi, güneş enerjisi ve rüzgar birincil enerji kaynaklarıdır [35]. Bu birinci enerji kaynaklarının dönüştürülmesi ve işlenmesi sonucunda elde edilen enerjiye de ikincil enerji denilmektedir.

2016 yılının sonlarına doğru dünya genelinde yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan yatırımlara bakıldığında Çin, ABD, Brezilya, Almanya gibi ülkelerin bu konudaki yatırımları dikkat çekmiştir. Hindistan ve Birleşik Krallık 2016 yılında yenilenebilir enerjiye yatırımlar yapmaya başlayan ve gelişmiş ülkeleri takip altına alan ülke konumuna gelmiştir [36]. Günümüze geldiğimiz zamanda ise 2020 yılında yaşanan Koronavirüs hastalığı (COVID-19) nedeniyle pandemi sürecinde yaşanan krizlere rağmen güneş enerjisinden elde edilebilecek yenilenebilir enerji üretimi yadsınamayacak şekilde gelişme ve büyüme göstermeye devam etmiştir. Güneş kapasitesi 2020 yılında yaklaşık 238 GW olacak kadar yüksek bir oranda artış göstermiş ve bu durum diğer yıllardaki artış oranlarıyla kıyaslandığında %50'lik bir artış olduğu sonucunu ortaya çıkarmıştır. Gözlemlenen bu artış pandemi gibi ağır bir krize rağmen yenilenebilir enerjinin gelecekteki kullanımı, üretimi ve oluşturacağı verim açısından umut verici bir tablo ortaya koymuştur.

En büyük düşüş ise petrol de meydana gelmiştir. Yaşanılan COVID-19 süreci kapsamında dünya genelinde getirilen sokağa çıkma yasakları başta olmak üzere, güneş enerjisi üretiminin daha çevre dostu olması, maliyetinin düşük olması ekonomik kriz kapsamında daha çok tercih edilen enerji türü olmasına neden olmuştur [37]. Yenilenebilir enerjiye en büyük katkı sağlayan ülkeler arasında Çin birinci sırada yer alırken Amerika Birleşik Devletleri (ABD) ise 2. Sırada yer almaktadır [38]. Güneş enerjisi, GES'lerden elde edilen ve dünyanın ihtiyacı olan enerjiyi doğaya zararı az, temiz, güvenli ve maliyeti düşük bir şekilde sağlayan yenilenebilir enerji kaynağı olarak tanımlanır [39]. 2008 Aralık ayında oluşturulan Hava ve Enerji Paketi, iklim değişikliğini önlemek ve yenilenebilir enerji ile enerji verimliliğini artırmak için önlemler alınmaya başlanılmıştır. GEP, dünya üzerinde fiziksel olarak var olan güneş radyasyonu olarak isimlendirilebilir. Güneş enerjisinin oluşturacağı potansiyelin tahmin edebilmek için küresel çap da çalışmalar yapılmıştır. Güneş enerjisinin oluşturacağı bu potansiyel güçteki verimlilik için belli faktörlerin varlığı ya da yokluğu kıyaslanmış ve sonuca göre güneş potansiyelinin hesaplama işlemi yapılarak potansiyelden en verimli şekilde nasıl yararlanılacağına ortaya çıkacağı belirtilmiştir [39, 40]. 2010 yılında Güneş enerjisi alanında büyük değişimler başlamıştır. Küresel pazarda küçük bir yeri olmasına rağmen Almanya ve İtalya gibi ülkelerin kalkınmasında etkin rol almayı başarmıştır. Avrupa İstatistik Ofisi (Eurostat) verilerine göre Almanya (2,26 milyon

ton), İtalya (1,62 milyon ton) ve İspanya (0,7 milyonton) 2012 yılında en büyük güneş enerjisi üreticileri olarak gösterilmiştir. Bununla birlikte 2012 yılında Yunanistan, Birleşik Krallık ve Fransa gibi ülkelerin, güneş enerji üretimine uygunluk derecesi daha yüksek olmasına rağmen enerjiyi verimli kullanmada daha geride oldukları gözlemlenmiştir.

Günümüzde yapılan enerji elde etme çalışmaları incelendiğinde 2021 yılı ve sonrası için dünya çapında 115 gigawatt (GW) yani diğer tüm enerjilerden elde edilen enerji kapasitesinden daha fazla olacak derecede de enerji elde edileceği tahmin edilmiştir. Teknolojik gelişmeler doğrultusunda güneş enerjisi maliyetinin daha uyguna geleceği düşünülmektedir. 2030 yılına kadar güneş, dünyadaki elektriğin çoğunun kaynağı olmaya aday bir enerji türüdür. Bu durumun küresel ısınma sonucu oluşan iklim değişikliğinde ve bozulan ekolojik dengede düzeltmeler sağlanacağı öngörülmektedir. Aşağıdaki Şekil 1’de güneş enerjisinin diğer enerjiler ile kıyaslandığında 2030-2050 yılları arasındaki artış grafiği verilmiştir [41, 42].



Şekil 1. Güneş enerjisinin yıllar içinde kullanım artış grafiği

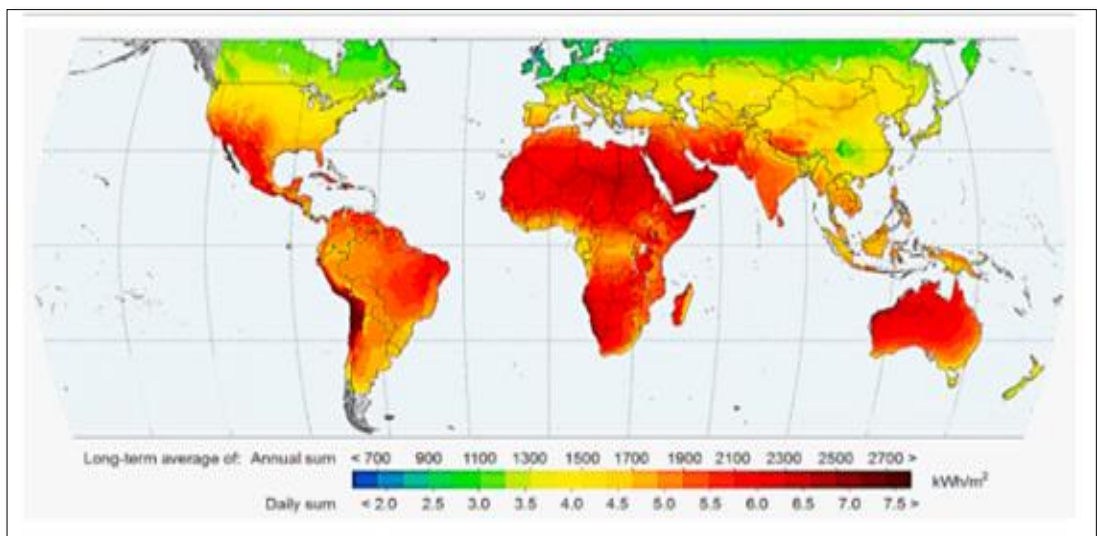
Uluslararası Enerji Ajansı'nın (IEA) verilerinin sonucuna göre, 2021 ile 2025 arasında küresel olarak güneş enerjisi veriminde en yüksek seviyelerin görüleceği belirtilmiştir. Dünya da güneş enerjisi elde etmek için yapılan çalışma ve yatırımlarda en çok dikkat çeken ülkeler Çin, ABD, Japonya, Almanya ve Hindistan olmuştur. Özellikle IEA'nın

Yenilenebilir Enerji 2020 raporuna göre Çin'in dünyanın en büyük kurulu güneş enerjisi filosuna sahip olduğu belirtilmiştir [38]. Bazı ülkelerin 2019 yılındaki güneş enerji santrali kurulu güç listesi Tablo 1'de verilmiştir [41].

Tablo 1. Ülkelerin 2020 yılındaki kurulu güç değerleri

Numara	Ülkeler	Yıl	Ay	Kurulu Güç
1	Çin	2020	Aralık	254.355
2	ABD	2020	Aralık	75.572
3	Japonya	2020	Aralık	67.000
4	Almanya	2020	Aralık	53.783
5	Hindistan	2020	Aralık	39.211
6	İtalya	2020	Aralık	21.600
7	Avustralya	2020	Aralık	17.627
8	Vietnam	2020	Aralık	16.504
9	Güney Kore	2020	Aralık	14.575
10	İspanya	2020	Aralık	14.089
11	Birleşik Krallık	2020	Aralık	13.563
12	Fransa	2020	Aralık	11.733
13	Hollanda	2020	Aralık	10.213
14	Brezilya	2020	Aralık	7.881
15	Türkiye	2020	Aralık	7.065

Aşağıdaki Şekil 2'de 2021 yılında dünyadaki ülkelerin GEP haritası verilmiştir [43].



Şekil 2. Dünya GEP atlası [43]

Son on yılda GES kurulumu uygun yer seçimi ve bu yerlerdeki mevcut enerjinin araştırılması bu çalışmaların ana alanlarından biri olmuştur. Özellikle çevresel, ekonomik ve sosyal faktörlerin, doğru analiz edilmesi ve incelenmesi, GES'in kurulma potansiyelinin uygun olabileceği yerlerin bulunması ve enerjinin depolanmasında elde edilecek veriyi en üst düzeye çıkarabilmek adına çalışmalar yapılmaya başlanılmıştır.

1.5. Türkiye'de Yenilenebilir Enerji ve Güneş Enerjisi

Ülkemizde özellikle pandemi döneminde yaşanan kısıtlamalar insanları evde vakit geçirmeye yönelttiği için enerji tüketiminde artış meydana getirirken, ekonomik açıdan ise yaşanan düşüş ve istihdam sorunlarını da beraberinde getirmiştir. Nüfus sayısında meydana gelen artış enerjiye duyulan ihtiyacı da beraberinde getirmiştir. Yaşanan bu olumsuz şartlar her ülkeyi uygun ve makul enerji arayışına yönlendirmiştir. Ülkemizde yaşanan bu enerji ihtiyacını karşılayabilmek için sahip olduğu doğal enerji kaynaklarını verimli şekilde kullanabilmenin çözüm yollarını araştırmaya yönelmiştir. Sahip olduğu coğrafi (Türkiye 36° – 42° güney paraleller ile 26° – 45° doğu meridyenleri) konum itibari ile ülkemiz farklı iklim ve bitki örtülerini bünyesinde bulunduran zengin coğrafya da yer almaktadır [44]. Bunun sonucu olarak da ülkemiz yenilenebilir enerji kaynakları açısından zengin bir kaynağa sahip olmuştur. Özellikle güneş, rüzgâr, hidroelektrik, biokütle, jeotermal gibi yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli açısından oldukça verimli bir alana sahiptir. Bu mevcut kaynaklar sayesinde elde edilecek enerji doğru kullanılır ise, ülkemize hem sosyal ve çevresel hem de ekonomik bağımsızlık anlamında büyük bir destek sağlayabileceği görülmektedir. Bu avantajların fark edilmesinden itibaren yenilenebilir enerjiye yönelimi teşvik eden hukuki, ekonomik ve teknik çalışmaların hızlı bir şekilde yapılabilmesi için atılımlar yapılmaya başlanmıştır. İlk olarak enerji elde edilmesinde santrallerin kolay kurulumu için kanun ve yönetmelikler çıkarılmış daha sonra düşük vergiler ile üretici teşvik edilerek yenilenebilir enerji kullanımının yaygınlaştırılması planlanmıştır. Bu plan doğrultusunda GEPA, Biokütle Enerjisi Potansiyel Atlası (BEPA), Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli Atlası (REPA) hazırlanmıştır. 1984 yılında yürürlüğe giren beşinci beş yıllık kalkınma planında yenilenebilir enerji konusuna değinilmiş ve kullanılması gerektiğinden bahsedilmiştir. Daha sonra yapılan diğer beş yıllık kalkınma planlarında ise hidrolik, jeotermal ve güneş enerjisi kullanımı ve enerji üretimi en fazla olan yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması ve bunun ülke genelinde yaygınlaştırılmasının önemi vurgulanmıştır [45].

2005 yılında yenilenebilir enerji ile ilgili ilk önemli adımlar atılmış ve “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretim Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun” çıkarılmıştır. 2010 yılında da Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının (YEK) ile gelişen sürece ayak uydurmak için özellikle yatırımcıyı teşvik edecek güncellemeler yapılmıştır. Günümüze kadar gelen süreçte ülkemizde yenilenebilir enerji kurulu gücü yıllar geçtikçe artış gösteren bir ivme kazanmıştır. Aşağıdaki Tablo 2’de yenilenebilir enerjide yıllar içinde meydana gelen kurulu güç kapasitesindeki gelişmeler gösterilmiştir [46].

Tablo 2. YEK Güç Gelişimi(MW)

Kaynak	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021/9
Hidroelektrik	22.289	23.643	25.868	26.682	27.273	28.291	28.503	30.984	31.447
Rüzgar	2.760	3.630	4.498	5.751	6.516	7.005	7.591	8.832	10.168
Güneş	0	40	310	833	3.421	5.063	5.995	6.667	7.534
Biyokütle	224	288	345	467	575	739	1.163	1.485	1.782
Jeotermal	311	405	624	821	1.064	1.283	1.515	1.613	1.650
Yenilenebilir Toplam	25.583	28.006	31.645	34.554	38.849	42.381	44.768	49.581	52.581

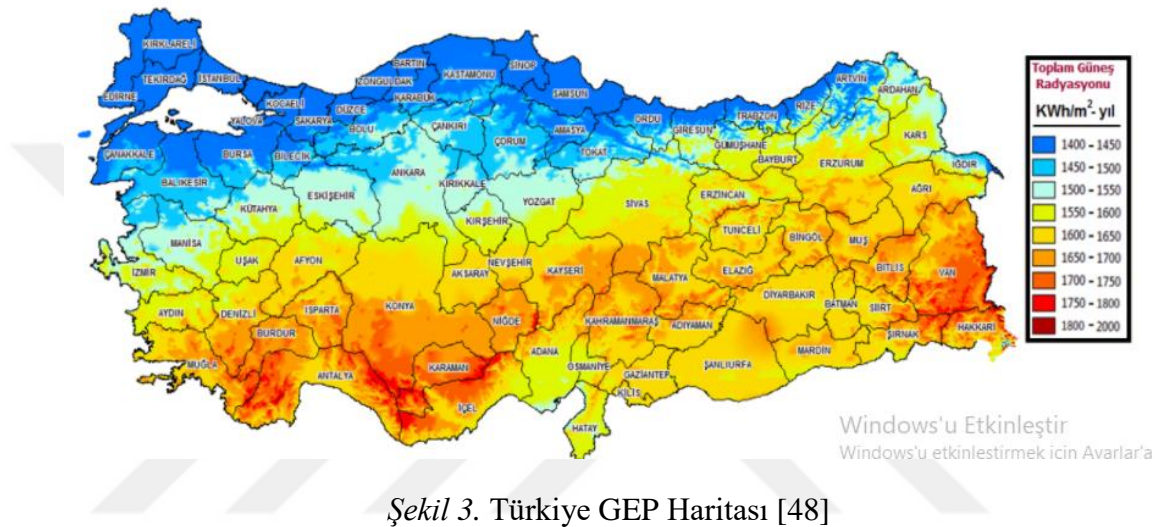
Aşağıdaki Tablo 3’te ise, Yenilenebilir Enerji Üretiminde yıllar içinde meydana gelen değişim gösterilmektedir [46].

Tablo 3. Yenilenebilir Elektrik Üretiminin Yıllar içindeki Artışı

Kaynak	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021/9
Hidroelektrik	67.146	67.231	58.219	59.939	88.886	78.095	45.481
Rüzgar	11.653	15.517	17.904	19.949	21.515	24.513	22.286
Güneş	194	1.043	2.889	7.800	10.542	11.977	10.755
Biyokütle	1.758	2.372	2.972	3.623	4.524	5.737	4.834
Jeotermal	3.425	4.819	6.128	7.431	8.230	9.316	7.406
Yenilenebilir Toplam	84.175	90.981	88.111	98.741	133.697	129.638	90.762

Türkiye kuzeyden güneye doğru güneş ışınlarının geliş açısı yüksek olan bir konumda bulunmaktadır. Bu konum ülkeyi güneş enerjisi potansiyeli açısından avantajlı duruma getirmektedir. Güneş enerjisi radyasyonu ve güneşli gün sayısı ülkemiz de bulunana bölgeler içinde en çok Güneydoğu Anadolu bölgesinde yüksek iken, Karadeniz bölgesinde en düşük seviyeye sahip durumdadır. Bu kapasitelerin daha net belli olması

açısından ETKB, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü tarafından İl Bazlı GEP Haritası üretilmiş ve resmi internet sayfasından bu atlas herkese açık olacak şekilde kullanıcılara sunulmuştur. Bölgeleri GEP açısından Güneydoğu Anadolu, Akdeniz, Doğu Anadolu, İç Anadolu, Ege, Karadeniz şeklinde sıralayabiliriz [47]. Türkiye'nin GEP haritası ışınım ve radyasyon verilerine göre güneş haritası Şekil 3'te gösterilmektedir [48].



Şekil 3. Türkiye GEP Haritası [48]

Ülkemiz, GEP açısından yüksek bir orana sahip olmakla birlikte bu avantajlı durumundan yıllar içinde ekonomik, hukuki ve teknik nedenlerden dolayı bu güçten tam anlamı ile faydalanabildiği söylenememektedir. Güneş enerjisi kullanımı açısından her yıl artış göstermesine rağmen diğer ülkeler baz alındığında enerji piyasasında istenilen verimi tam olarak elde edememiştir [49].

Türkiye GEPA'ya göre, ortalama yıllık toplam güneşlenme süresi 2741,07 saat olup ortalama yıllık toplam ışınım değeri 1527,46 kWh/m² olarak hesaplanmıştır [48].

1.6. Adıyaman İlinde Yenilenebilir Enerji ve Güneş Enerjisi

Adıyaman ili Güneydoğu Anadolu bölgesinde yer alması bakımından sahip olduğu yenilenebilir enerji kaynakları ile ülke ekonomisine katkı sağlayan illerden biri olmuştur. Özellikle yenilenebilir enerjilerden güneş enerjisi, rüzgar enerjisi ve hidroelektrik santralinden elektrik üretimi bakımından sağladığı verim yüksektir. Rüzgar enerjisi açısından bakıldığında; ilin ortalama rüzgâr hızı 2.4 m/sn. olduğu görülmüştür [50, 51]. Bir rüzgar enerji santrali (RES) yatırımlarının ekonomik açıdan

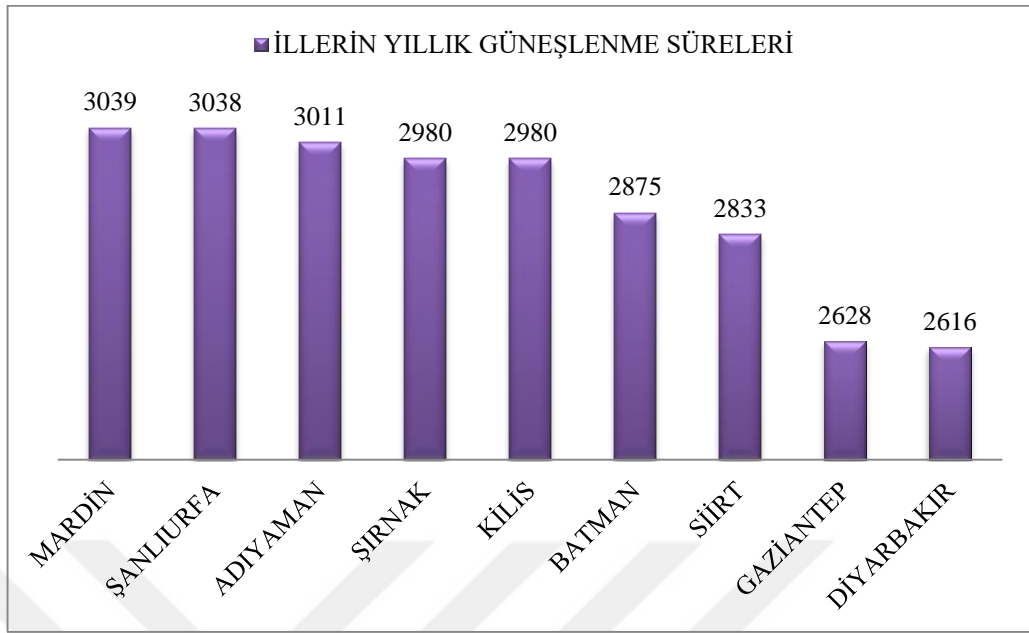
fayda sağlayabilmesi rüzgar hızının 7 m/s olması gerekmektedir [51, 52]. Bu ortalama hız Adıyaman ili için bakıldığında kuzey bölgelerinde yer alan ilçelerinin Gölbaşı, Tut, Sincik, Çelikhan ve Adıyaman Merkezinin kuzeyinin 6.5-7 m/s hız sınırı aralığında olduğu için rüzgar enerjisi açısından verimlilik sağlayacak uygun alanlar kapsamında olduğu ve bu yatırımlar için makul alanlar kapsamına girdiği söylenilebilir. Hidroelektrik enerji kaynakları açısından zengin bir bölge olan Adıyaman ili bünyesinde 17 adet Hidroelektrik Enerji Santrali (HES) bulundurmaktadır [51]. Jeotermal enerji potansiyeli bakımından verimli bir değere sahip olmayan Adıyaman da son zamanlarda sadece Kahta ilçesinde jeotermal enerji elde edebilmek için araştırma ve çalışmalara devam edilmektedir. Adıyaman da güneş enerjisinden elektrik üretimi ise, diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına göre daha ön plana çıkmaktadır. Özellikle ildeki GEPA (Şekil 4) bakıldığında bölge bazında güneşlenme süresi 2.961 saat/yıl, radyasyon değeri ise 1.595 kWh/m² yıl olarak ilk sırada yer almaktadır. Güneş enerjisi potansiyeli açısından 3. Sırada yer alırken, güneş radyasyonu değerler bakımından (Şekil 5) ise 2. Sırada yer almaktadır [48].

Tablo 4'te Adıyaman'da kurulan Yenilenebilir enerji santralleri kurulumları ve santrallerden elde edilen güç değerleri verilmiştir [53].

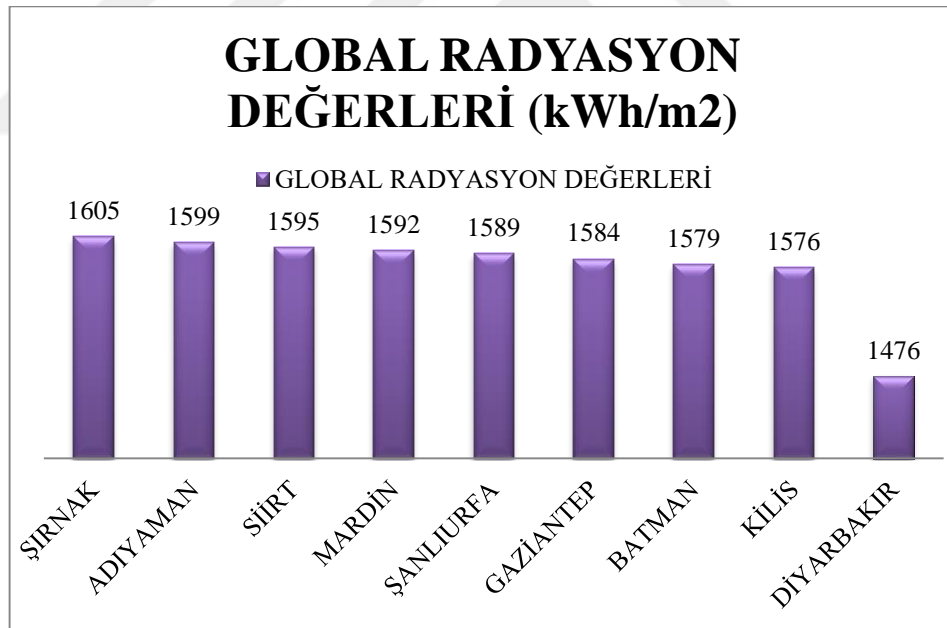
Tablo 4. Adıyaman'da kurulan yenilenebilir enerji santralleri [53].

İŞLETMEDEKİ ELEKTRİK SANTRALLERİ		
Santral Adı	Firma	Güç
Murat HES	Murat Hes Enerji	36
Pınar HES	Age Enerji	30
Burç Bendi ve HES	Akenerji	27
Sırımtaş HES	Tektuğ Elektrik	27
Sincik Rüzgar Santrali	Tektuğ Elektrik	25 MW
Doğankaya HES	Gülsan Holding	21 MW
Kandil Regülatörü ve HES	Kandil Elektrik	15 MW
Erkenek HES	Tektuğ Elektrik	13 MW
Adıyaman Çağlayan HES	Tektuğ Elektrik	10 MW
Özgüçlü GES	Özgüçlü Enerji	9,99 MW
Karakuş HES	Murat HES Enerji	8,22 MW
Gemciler Regülatörü ve HES	Adalı Enerji	7,98 MW

İncik Rüzgar Santrali	Tektuğ Elektrik	25 MW
Doğankaya HES	Gülsan Holding	21 MW
Kandil Regülatörü ve HES	Kandil Elektrik	15 MW
Erkenek HES	Tektuğ Elektrik	13 MW
Adıyaman Çağlayan HES	Tektuğ Elektrik	10 MW
Kahta HES	EY Enerji	7,12 MW
Bulam HES	Akenerji	7,03 MW
Şifrin Regülatörü ve HES		6,74 MW
Koruköy HES		3,03 MW
Kaleköy HES	Saf Enerji Elektrik Üretim	2,74 MW
DSİ Adıyaman Güneş Enerjisi Santrali	DSİ	2,00 MW
Seva Güneş Enerji Santrali		1,00 MW
Adıyaman Gölbaşı Güneş Enerji Santrali (GES)	Ahmet Dağılımı	1,00 MW
Ecoturca Adıyaman Güneş Enerji Santrali	Ecoturca	0,99 MW
Dehlevi Petrol Adıyaman Güneş Enerji Santrali	Dehlevi Petrol Harfiyat	0,99 MW
Kaplan Güneş Enerji Santrali	Gafur Kaplan	0,94 MW
Akmkent Güneş Enerjisi Santrali - GES	Akmkent Enerji	0,50 MW
Dağpen Plastik Güneş Enerjisi Santrali	Dağpen Plastik	0,50 MW
Cihan PVC Adıyaman GES	Cihan PVC İnş.	0,47 MW
GTC Dış Ticaret Adıyaman GES	GTC Dış Ticaret	0,40 MW
Akbulgur Gıda Güneş Enerjisi Santrali	Akbulgur Gıda	0,38 MW
Besni HES	Kayseri Büyükşehir Belediyesi	0,27 MW
Tekyılmaz Gıda Güneş Enerjisi Santrali	Tekyılmaz Gıda	0,19 MW
Adıyaman'daki diğer lisanssız GES'ler	Çeşitli Firmalar	115
Kahta HES	EY Enerji	7,12 MW
Bulam HES	Akenerji	7,03 MW
Şifrin Regülatörü ve HES		6,74 MW
Koruköy HES		3,03 MW
Kaleköy HES	Saf Enerji Elektrik Üretim	2,74 MW
DSİ Adıyaman Güneş Enerjisi Santrali	DSİ	2,00 MW



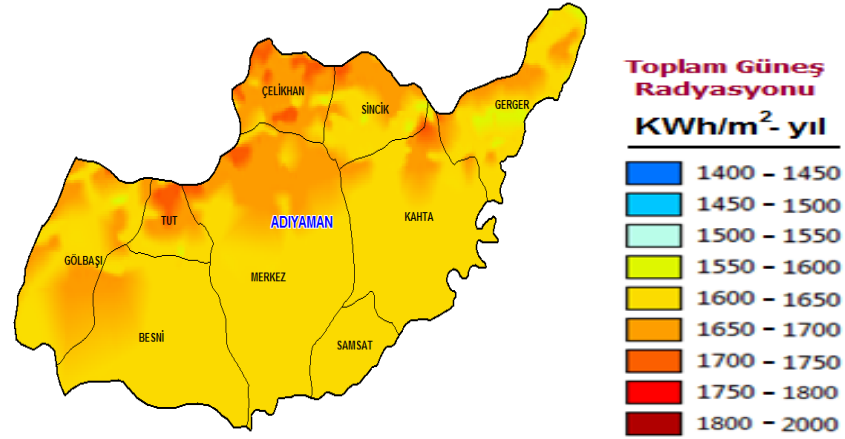
Şekil 4. Güneydoğu Anadolu bölgelerindeki illerin yıllık güneşlenme saatleri [48]



Şekil 5. Güneydoğu Anadolu bölgesindeki illerin güneş radyasyon değerleri [48]

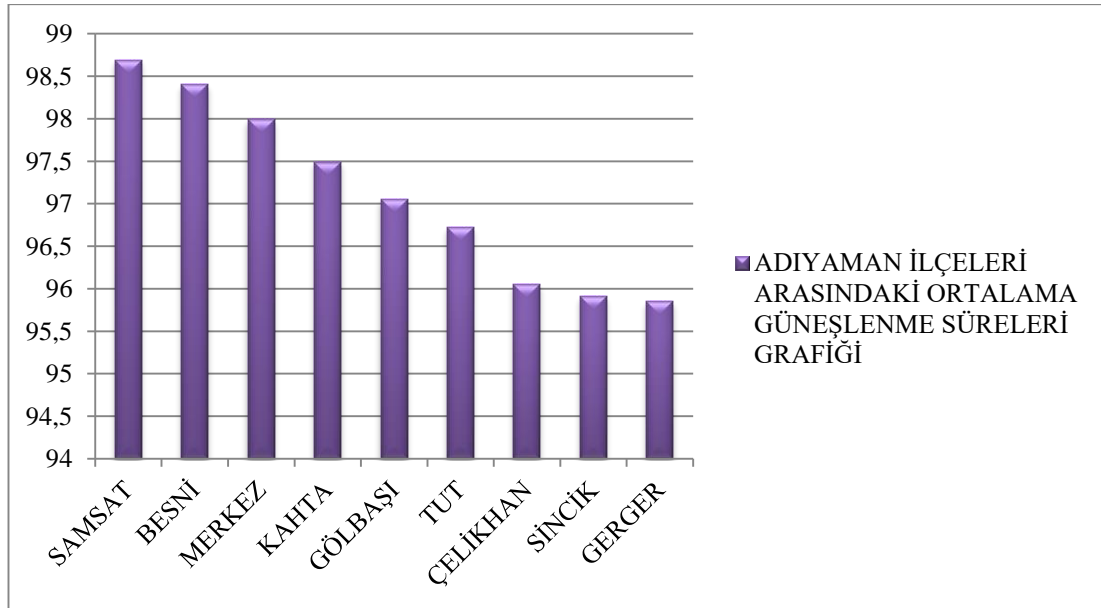
Adıyaman'da güneş enerji sistemlerinden en çok su ısıtma ve tarımsal amaçla faydalanılmaktadır. Özellikle son yıllarda tarımsal sulamanın artması nedeniyle sulamada kullanılacak elektrik maliyetini en aza indirdiği için güneş enerjisine olan ilgi ve ihtiyaçta artış görülmektedir. İlde yıl içinde Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında güneş enerjisinden oldukça yüksek verim alınırken, en düşük verim Ocak ve Aralık

aylarında alınmaktadır. Şekil 6' da GEPA'nın sitesinde herkese açık bir şekilde sunulan Adıyaman iline ait güneş enerji potansiyel haritası verilmiştir [48].



Şekil 6. Adıyaman iline ait GEP haritası [48]

Adıyaman'ın global güneş ışımalarının dağılımının ortalamasının üstünde bir değer aldığı söylenebilmektedir. Adıyaman ilindeki yıllık güneşlenme sürelerine bakıldığında Samsat ilçesi birinci sıradadır. Gerger ilçesi ise son sırada yer almaktadır. Aşağıdaki Şekil 7'de Adıyaman ilinin yıllık güneşlenme sürelerinin ilçe bazında dağılımı verilmiştir.



Şekil 7. Adıyaman ili ve ilçelerinin yıllık güneşlenme süreleri [48].

1.7. Güneş Enerji Santrali Kurulumu İçin Uygulanan Kanun ve Yasal Mevzuatlar

1.7.1. GES İle İlgili Kanunlar

5346 Sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun kapsamında güneş enerji santrallerinin kurulumu için uygun yerlerin belirlenmesi aşamasında uyulması gereken bazı yasal düzenlemeler vardır. Bu kapsamda Türkiye’de 2005 yılında 5346 sayılı “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun” yürürlüğe girmiştir.

Bu kanunun 4. Maddesinde,“ Kamu veya Hazine arazilerinde, Yenilenebilir enerji kaynak alanlarının kullanımını ve verimliliğini etkileyici imar planları düzenlenemez. Belirlenen yenilenebilir enerji kaynak alanları imar planlarına resen işlenmek üzere Bakanlık tarafından ilgili mercilere bildirilir.” ibaresi yer almaktadır.

Elektrik enerjisi üretimine yönelik yenilenebilir enerji kaynak alanlarının ilgili kurum ve kuruluşların görüşü alınarak belirlenmesi, derecelendirilmesi, korunması, kullanılması, bu alanları kullanacak tüzel kişilerde aranacak koşulların belirlenmesi, Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ) ve/veya ilgili dağıtım şirketi tarafından bağlantı ve sistem kullanımı hakkında görüş verilmesi ve kapasite tahsisi yapılması ile ilgili uygulamaya ilişkin usul ve esaslar Bakanlık tarafından çıkarılan yönetmelikle düzenlenir.

4737 sayılı Endüstri Bölgeleri Kanunu;

4342 sayılı Mera Kanunu; ‘‘bahsi geçen mera, yaylak, kışlak ile kamuya ait otlak ve çayır gibi taşınmazlar tahsis amacı değiştirilerek Hazine adına tescil edilir. Bu taşınmazlara ilişkin olarak, Maliye Bakanlığı tarafından bedeli karşılığında kiralama yapılır veya irtifak hakkı tesis edilir.’’ Kamu yararı dikkate alınarak bu yerlerde güneş enerji santrali kurulumu için vasıf değişikliği yapılması durumunda yasal süreç başlatılır. Mera alanlarının tahsis amacının değiştirilmesi ile ilgili bazı istisnai durumlar da bulunmaktadır. Bu istisnai durumlardan biri mera alanlarının kiralanabilmesi durumudur [11, 48].

Enerji Piyasası Düzenleme Kurumunun talebi üzerine, 4628 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu, 4646 sayılı Doğal Gaz Piyasası Kanunu ve 5015 sayılı Petrol Piyasası Kanunu

hükümlerine göre, petrol iletim faaliyetleri ile elektrik ve doğal gaz piyasası faaliyetleri için gerekli bulunduğu takdirde kullanım yerlerinin tahsis amacı değiştirilebilmektedir.

2872 Sayılı Çevre Kanunu: Kanun kapsamında çevrenin korunması, çevre kirliliğinin önlenmesi ve giderilmesi, sıfır atığın yaygınlaştırılması, döngüsel ekonomi ilkelerinin uygulanması ve iklim değişikliği ile mücadele edilmesi için uyulması zorunlu standartlar ile vergi, harç, katılma payı, yenilenebilir enerji kaynaklarının ve temiz teknolojilerin teşvik edilmesine dair maddeler bulunmaktadır.

2872 sayılı Çevre Kanunu'nun 10. uncu maddesine dayanılarak GES yer seçimini etkileyen Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği hazırlanmıştır. Güneş enerji santrallerinin yer seçiminde, gerekli detay ve içeriklerin belirlenmesi açısından önemli maddeler içeren yönetmeliklerden biridir. Çevresel etki yönetmeliği planlanan projelerin oluşturabileceği çevresel olumlu ve olumsuz durumların belirlenmesi, olumsuz etkilerin önlenmesi ya da en aza indirilmesi için ne tür önlemlerin alınabileceği hakkında bilgileri, seçilen alanlar ile alternatiflerin değerlendirilmesi ve projelerin uygulanmasının izlenmesi ve kontrolünde sürdürülecek çalışmalara dair konuları kapsayan bir yönetmeliktir. Yönetmelik, kurulu gücü 10 MW ve üstünde olan santralleri çevresel etki değerlendirmesi kapsamında tutmaktadır. 10 MW altında olan santralleri ise seçme eleme projeler listesinin içinde tutar ve bu yerlerin çevresel etki değerlendirmesi Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yapılmaktadır [11, 52].

Kanun kapsamında güneş enerji santrallerinin yer seçimini etkileyen bir diğer düzenleme ise Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğidir. Yönetmelik kapsamında içme ve kullanma suyu temin edilen rezervuarlar ve su kaynaklarının korunmasında, her kaynak ve havzaya ilişkin özel hükümler getirilmektedir. Bu alanlara ilişkin özel hüküm getirilinceye kadar ise su toplama havzalarında güneş enerji santrallerine ilişkin faaliyetlere izin verilmemektedir [11, 48]. Yönetmelikte tanımı yapılmış tampon bölgeler dışında tespiti yapılan ve yönetim planı hazırlanan sulak alanların mutlak ve hassas koruma bölgesi ile sürdürülebilir kullanım bölgesinde güneş enerji santrallerine ilişkin herhangi bir faaliyete izin verilmemektedir.

6831 Sayılı Orman Kanunu: Bu Kanun da güneş enerji santrali için belirli kısıtlamalar yer alsa da devlet ormanları üzerinde bulunması veya yapılmasında kamu yararı ve zaruret olması halinde, gerçek ve tüzel kişilere bedeli mukabilinde Çevre ve Orman

Bakanlığınca izin verilebilir hükmü bulunmaktadır. Devletçe yapılan ve/veya işletilenlerden bedel alınmaz hükmü gereğince santral kurulumu için ihtiyaç duyulduğunda orman alanlarının kullanımı sağlanılmaktadır

2873 Sayılı Milli Parklar Kanunu: Kanun güneş enerji santrallerinin yer seçiminde kısıtlayıcı bir yasal düzenleme niteliğindedir. Milli parklar, tabiat parkları, tabiat anıtları ve tabiatı koruma alanlarına ilişkin yasal kriterleri içermektedir. Bu alanlarda tabii ve ekolojik denge ve tabii ekosistemin bozulamayacağına, yaban hayatın tahrip edilemeyeceğine, bu alanların özelliklerinin kaybolmasına ve değişmesine neden olacak hiçbir yapı ve tesis kurulamayacağı ve işletilemeyeceğine ilişkin açık hükümler bulunmaktadır.

5403 Sayılı Toprak Koruma ve Arazi Kullanım Kanunu: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumunun talebi üzerine Elektrik Piyasası Kanunu uyarınca yenilenebilir enerji kaynak alanlarının kullanımı ile ilgili yatırımları toprak koruma projelerine uyulması şartı valilikler tarafından süreli olarak tarım dışı kullanımlara tahsis edilebilmektedir maddesi yer alır.

3083 Sulama Alanlarında Arazi Düzenlenmesine Dair Tarım Reformu Kanunu: Güneş enerji santrallerinin tarım alanlarıyla ilgili yer seçimi faktörünü etkileyen kanundur. Uygulama alanlarında bulunan tarım arazilerinin, zorunlu sebepler olmadıkça tarım dışı amaçlarla kullanılamayacağına ilişkin maddeler yer alır. Zorunlu durumlarda, uygulama alanlarındaki arazi, ilgililerin talebi ve müracaatı üzerine uygulamaya izin verecek kurumun izni ile tarım dışı amaçlarda kullanılabilir.

2863 Sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu: 271 Sayılı Tarihi Sitler, Arkeolojik Sitler, Kentsel Sitler alanlarında GES yapılmasına ve işletilmesine izin verilmemektedir ibaresi yer almaktadır.

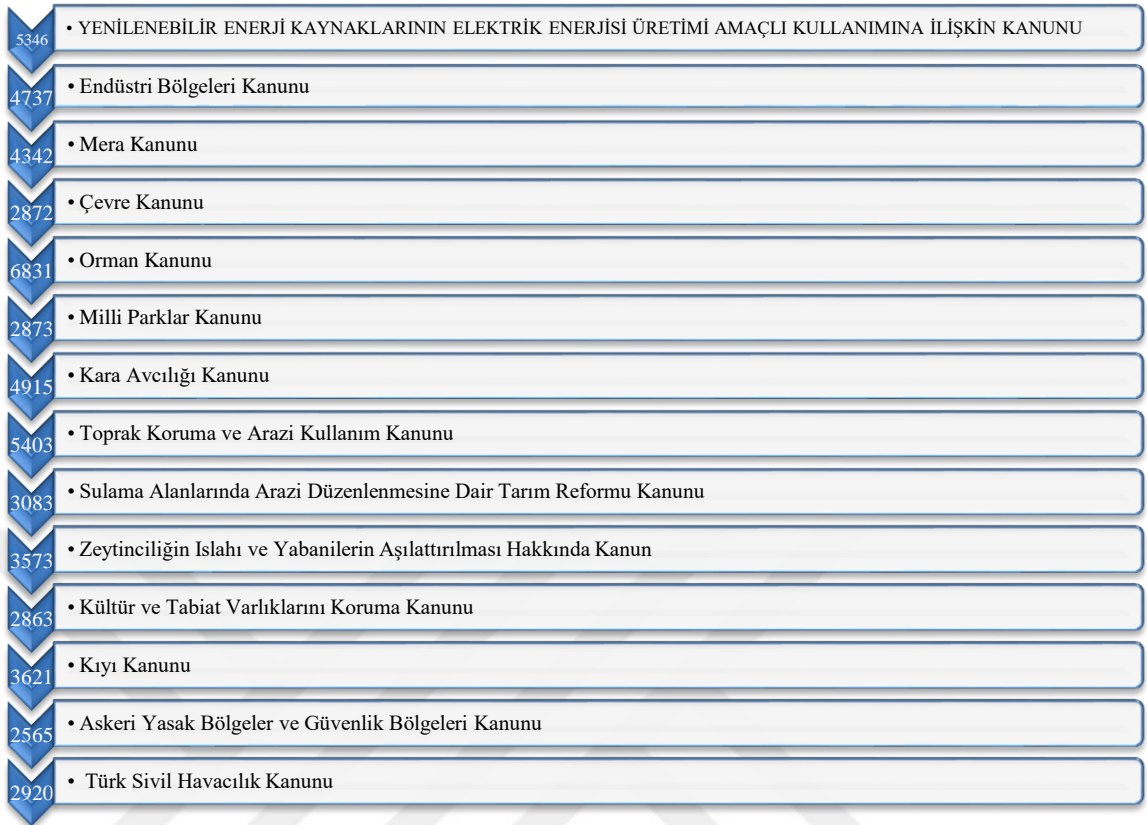
3621 Sayılı Kıyı Kanunu: Kıyı Kanunu: Devletin hüküm ve tasarrufu altındaki deniz, tabii ve suni göl ve akarsu kıyıları ile bu yerlerin etkisinde olan ve devamı niteliğinde bulunan sahil şeritlerini kapsamaktadır. Kanun kapsamda kıyı şeridinde ve kıyı kenar çizgisinden 100 m. derinlikteki sahil şeridinde güneş enerji santrallerinin yapılmasına ve işletilmesine izin verilmemektedir. 2018 yılında yapılan düzenlemeyle kıyıda imar planı kararı ile elektrik iletim hatlarının kurulumuna izin verilmektedir. Denizlerde imar planı

kararı ile ETBK tarafından yenilenebilir enerji kaynak alanı olarak ilan edilen alanlarda yenilenebilir enerji üretim santralleri yapılmasına izin verilmektedir. Kanun kapsamında kıyı şeridinde ve kıyı kenar çizgisinden 100 m. derinlikteki sahil şeridinde güneş enerji santrallerinin yapılmasına ve işletilmesine izin verilmemektedir.

2920 Sayılı Türk Sivil Havacılık Kanunu: Kanun kapsamında yürürlüğe koyulmuş Haberleşme, Seyrüsefer, Gözetim Sistemleri Mânia Kriterleri Hakkında Yönetmeliğe göre havaalanlarının ilk 3000 metrelik koruma bölgesinde herhangi bir yapı ve tesise izin verilmemektedir. 3000 metre dışında yapılacak yapı ve tesislere ilişkin kurallar ise Genel Müdürlüğün hazırladığı mânia planlarında belirlenmektedir.

Kanun kapsamında havaalanlarının ilk 3000 metrelik koruma bölgesinde herhangi bir yapı ve tesise izin verilmemektedir. 3000 metre dışında yapılacak yapı ve tesislere ilişkin kurallar ise Genel Müdürlüğün hazırladığı planlarında belirlenmektedir [11, 52].

Bu yasal düzenlemelere ek olarak güneş enerji santrallerinin yer seçimi için 3573 Sayılı Zeytinciliğin Islahı ve Yabancıların Aşılattırılması Hakkında Kanun, 2565 Sayılı Askeri Yasak Bölgeler ve Güvenlik Bölgeleri Kanunu 4915 Sayılı Kara Avcılığı Kanunları da GES kısıtlamaları ile ilgili kurallar içermektedir. Şekil 8’de GES kurulumunda dikkat edilmesi gereken kanunlar verilmiştir.



Şekil 8. GES kurulumu ile ilgili kanunlar

1.7.2. Güneş Enerji Santrali Kurulumu için Yasal Süreç

GES kurulacağı arazinin tespiti yapıldıktan sonra gerekli yasal izinlerin alınması gerekmektedir. Yasal izin süreci yaklaşık 4-6 ay sürmektedir [50]. Lisanslı güneş enerjisine dayalı elektrik üretim santrali için kurulum aşamaları Şekil 9’da verilmiştir.



Şekil 9. GES Lisanslandırma süreci.

GES kapasitesi 50 MW kurulu güçten fazla olan ön lisans başvurularına bir sınırlama getirilmiş ve GES üretim lisans başvurularına izin verilemeyeceği belirtilmiştir [52]. Güneş enerjisi sistemleri, 6446 Sayılı Elektrik Piyasası Kanununun“Lisanssız Yürütülebilecek Faaliyetler” başlıklı 14’üncü maddesi ile lisanssız yapılabilecek faaliyetlerin kullanım alanlarına dair haklar genişletilmiştir. Kanun ile lisanssız yürütülebilecek faaliyetler için belirlenen kurulu güç üst sınırı 500 KW’tan 1 MW’a yükselmiştir.

6446 sayılı Kanun uyarınca yürürlüğe konulan Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmeliğin “Bağlantı ve sistem kullanımı için başvuru” kısmında güneş enerjisine dayalı başvurularda Teknik Değerlendirme Raporu olumlu olanlara İlgili Şebeke İşletmecisi tarafından Bağlantı Anlaşmasına Çağrı Mektubu gönderilir.” düzenlemesi yer almıştır.

3154 sayılı Kanun ve Elektrik Tesisleri Proje Yönetmeliğinin verdiği yetki uyarınca tesis edilen 19973 sayılı (ETKB) işlemi ile; elektrik tesislerinin proje onay, kabul ve tutanak onay işlemleri hususunda kurum ve kuruluşların yetkilendirilmesine ilişkin “Yetkilendirilme Tablosu” yürürlüğe konulmuş, bu tabloya göre lisanssız üretim tesisi olan GES için Türkiye Elektrik ve Dağıtım Anonim Şirketi (TEDAŞ) yetkilendirilmiştir. Şekil 10’da lisanssız GES kurulum aşamaları verilmiştir [51, 53].

Lisansız Güneş Enerji Santrali Kurulum Aşamaları

- Şirketler, arazi yani zemine monte güneş enerjisi santrali veya çatı uygulaması yani çatı üzeri güneş enerjisi santrali için başvuru .
- Gıda Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğüne başvuru (Gıda Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğüne dilekçe verilir.)
- Mülkiyet marjinal tarım arazisi mi değil mi tespitinin yapılması
- Dağıtım Şirketine Ön Değerlendirme Başvurusu
- Dağıtım Şirketinin Teknik değerlendirme için Başvuru evraklarını YEGM’e gönderilmesi
- Dağıtım Şirketine bağlantı görüşü için başvuru
- Çağrı mektubunun alınması –TEDAŞ başvuru süresi (90 gün)
- TEDAŞ başvuru- TEDAŞ proje onay dosyasının hazırlanması (90 gün)
- TEDAŞ’a onay – Dağıtım şirketleri bağlantı anlaşması imzalanması (30 gün)
- Tesisin kurulması

Şekil 10. Lisansız Güneş Enerji Santrali Kurulum Aşamaları

2. BÖLÜM

MATERYALVEYÖNTEM

2.1. Materyal

Bu çalışmada Adıyaman ilinde güneş enerjisi santralleri kurulumu için uygun yer seçimine belirleyebilmek amacıyla Makine Öğrenme Algoritmalarından olan DVM yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada kullanılacak parametrelere karar verebilmek için literatür araştırması yapılmıştır. Aynı zaman da konu ile ilgili yapılan diğer çalışmalar incelenmiş ve özellikle de yakın tarih de yapılmış olan çalışmalar incelenerek GEP, eğim, bakı, yükseklik, ENHU, TMU, FHU, SAU, KAU, DAU, YAU, DHU ve KOAU olarak adlandırılan 13 faktör belirlenmiştir. Bu araştırmaya ait veriler, devlet kurumları ve açık kaynaklardan toplanmıştır. Tez çalışması kapsamında kullanılan parametreler ve veri kaynakları Tablo 5’te gösterilmektedir.

Tablo 5. Tez çalışmasında kullanılan parametreler ve kaynakları

Verilerin Elde Edildiği ve Alındığı Yerler	VERİ
TEDAŞ3. Bölge Müdürlüğü Kahramanmaraş	ENHU, TMU
Sayısal Yükseklik Modeli	Eğim, Bakı, Yükseklik, GEP
Adıyaman Akmercan Doğalgaz (Akmercan)	DHU
Adıyaman Kadastro Müdürlüğü	Koruma Alanları, İl Sınırı
Open Street Map (OSP)	KAU, DAU
Adıyaman İl Afet ve Acil Yardım Müdürlüğü	FHU
CORINE (Coordination of Information on The Environment-Çevresel Bilginin Koordinasyonu)	YAU, Orman Alanları

GES kurulumu yer seçimi için yapılan bazı çalışmalarda ve kullanılan yöntemler ve faktörler Tablo 6’ ve Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 6. GES yer seçimi için yapılan çalışmalar ve yöntemleri

YAPILAN ÇALIŞMALAR	SVM	AHP	TOPSİS	BAHP	ELECTRE	ÇKKV
Uyan (2017), (a)[8]		X				
Anwarzai M., A., Nagasaka, K., (2017) (b) [54]						X
Aslan, Ş. (2019), (c) [14]		X				
H.,Yousefi et al.(2018), (d) [55]					X	
Gerçek Y.(2018) (e) [6]		X				
Piri et al . (2015) (f)[19]	X					
Ramedani et al.(2014) (g) [18]	X					
Koca, H. (2019) [h] [56]					X	

Tablo 7. GES yer seçimi için yapılan çalışmalarda kullanılan faktörler

Kriterler	Yapılan Çalışmalar								Verileri Kullanım Sayısı
	a	b	c	d	e	f	g	h	
GEP			X		X			X	3
Güneş Radyasyonu		X		X		X	X		4
Eğim	X	X	X	X	X			X	6
Bakı		X	X		X				3
Yükseklik				X					1
ENH Uzaklık	X		X	X				X	4
Trafo Merkezine Uzaklık	X		X	X					3
Fay Hattına Olan Uzaklık				X					1
Doğalgaz Hattına Uzaklık					X				1
Yollara Olan Uzaklık	X	X	X		X			X	5
Su Alanlarına Olan Uzaklık		X	X	X	X			X	
Yerleşim Alanına Olan Uzaklık	X		X		X				
Koruma ve Sit Alanlarına Olan Uzaklık		X							
Arazi kullanımı	X			X				X	
Havaalanı		X							

2.2. Yöntem

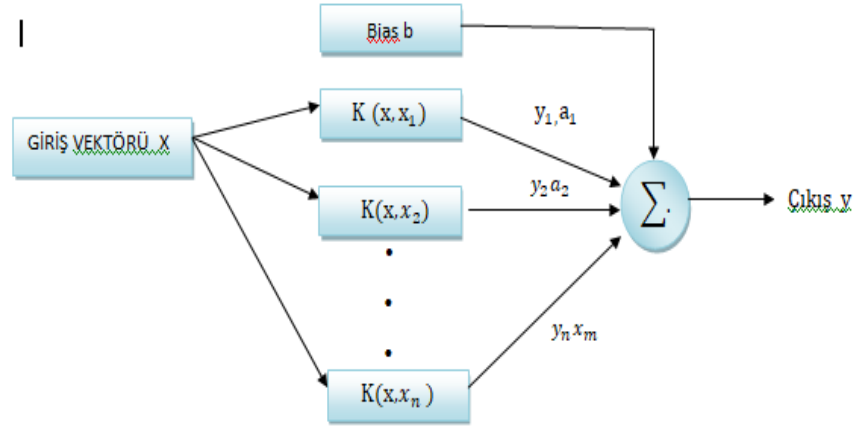
2.2.1. Destek Vektör Makineleri

DVM; İstatistiksel öğrenme algoritmasına bağlı olarak oluşturulan, sınıflandırma ve regresyon problemlerinin çözümünde kullanılan bir makine öğrenme algoritmasıdır [57]. DVM yöntemi sadece veriyi sınıflandırmak ile kalmaz aynı şekilde verilerin hangi sınıfa gideceği hakkında tahmin yürütülebilmesi için sınıflandırma işleminde de kullanılmaktadır [58]. DVM modeline ait ilk örnek algoritmalar R.A. Fisher tarafından 1936 yılında oluşturulmuştur [59]. Makine öğrenimi yöntemi alanındaki ilk ve en büyük adım Frank Rosenblatt'ın 1957'de icat ettiği "perceptron" adlı doğrusal sınıflandırma yöntemi ile atılmıştır [60].

1963'te Vapnik ve Lerner, DVM yönteminin temel basamağını oluşturmuşlardır. Elde edilen metot ile DVM algoritmasının doğrusal olmadığı görüşünü ortaya çıkarmışlardır [61]. 1964 ve 1974 yılında istatistiksel öğrenme teorisi alanı üzerine yapılan çalışmalar ve bu çalışmalar öncülüğünde DVM yöntemi geliştirilerek algoritmanın temel şeklinin oluşmasını sağlamışlardır [62]. DVM ile ilgili gelişme süreci 1960'lı yıllarda başlayıp 1970'li yıllara doğru yükselen bir gelişim ivmesi göstermiş ve 1990 yılından sonra bu gelişmeler başka araştırmacılarında dikkatini çekerek daha da artış göstermiştir [57]. Bunun bir sonucu olarak ilk kez (Computational Learning Theory) COLT konferansında tanıtılmış ve bu algoritma sistemlerde kullanılan şu an ki halini Cortes ve Vapnik'in (1995) çalışmaları sonucunda almıştır [63]. Marjın sınıflandırıcı algoritma ve daha sonra da regresyon uygulamalarında kullanılmak üzere DVM algoritmasının kullanım alanının genişlemesini sağlayacak çalışmaların temeli atılmıştır. Kısa bir süre içinde, DVM yöntemi diğer gelişmiş sınıflandırıcılar ile rekabet edebilir hale gelmiştir.

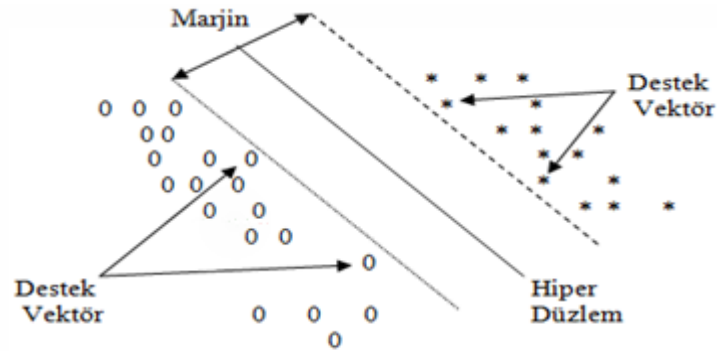
DVM; iki sınıflara ait verileri birbirinden en uygun şekilde ayıracak hiper düzlemlerin belirlenmesi prensibine dayanılarak oluşturulmuştur. İki sınıf arasındaki en iyi ayrımı yapan ve sınıflar arasındaki sınırın maksimum olmasını sağlayan ayırıcı düzlemi bulmaya çalışır [64]. İkili sınıflandırma probleminde iki destek hiper düzlemi arasındaki mesafeye "marj (margin)" denilir. DVM'ler sınıflandırma hatasını minimum yaparken aynı zamanda geometrik marjı (sınırı) en üst seviyeye çıkarmaktadır. Böylelikle iki sınıfın birbirine en yakın olduğu konumdaki sınıf sınırlarına eşit uzaklıkta olan bir karar yüzeyi bulunması sağlanır [65, 66].

DVM'nin bütünleyici parçaları girdi katmanı, çekirdek verilerin gizli katmanları ve çıktı katmanı olmak üzere üç ana bölümden oluşmaktadır. Şekil 11'de destek vektör makinelerinin temel ağ yapısı gösterilmektedir [67].



Şekil 11. DVM'nin temel ağ yapısı [67]

Şekil 12'de DVM'nin destek vektörler ve marj sınırlarının gösterimi verilmiştir [67].



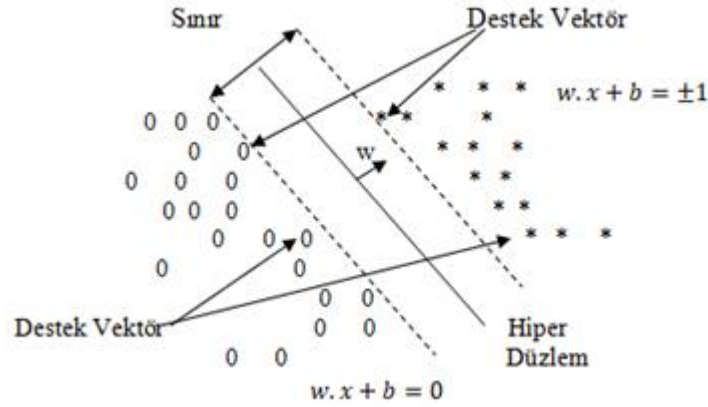
Şekil 12. DVM, en uygun hiper düzlem ve sınır [67].

2.2.1.1. Doğrusal Destek Vektör Makineleri

2.2.1.1.1. Doğrusal Ayrılabilir Durum (Sert Sınır)

DVM'nin en basit modelidir ve doğrusal ayrılabilir problemlerin çözümü olan destek vektör türüdür. Yalnızca doğrusal olarak ayrılabilen veriler üzerinde işlem yapabilmeyi sağladığı için günümüzde çok tercih edilen bir yöntem değildir [68]. Daha çok DVM

yapısının daha net anlaşılmasını sağlayacak bir atlık olarak kullanılmaktadır. Bu yöntemde amaç; sınıflandırma işlemi uygulanacak iki farklı sınıfa ait olan verilerin bir hiper düzlem sayesinde birbirinden sorunsuz bir şekilde ayrılmasını sağlamaktır [69].



Şekil 13. Doğrusal DVM [65, 67]

Bu verilerin düzgün bir şekilde ayrılabilmesi için sonsuz sayıda hiper düzlem bulunabilmektedir. Fakat sınıflandırma işlemi yapılırken asıl amaç her iki veri setine eşit uzaklıkta bulunan hiper düzlemi seçebilmektir. Çünkü seçilen düzlem herhangi bir veri setine daha yakın ya da daha uzak olması durumunda hata oranında artışa sebep olabilmektedir. Burada hangi düzlemin daha doğru olduğunu bulabilmek içinde maksimum marj sınıflandırıcılarından faydalanılır. Maksimum marj hiper düzlemini bulmak amacıyla, destek vektörleri oluşturulur. Daha sonra karar fonksiyonu belirlenir [67].

$X = (X_1, X_2, \dots, X_n) \in \mathbb{R}$ olsun ve $y_i \in \{-1, 1\}$, $i = 1, 2, \dots, n$ (kriter sayısı) ve $x_i \in \mathbb{R}^n$ şeklinde tanımlanır [68].

Hiper düzlemin iki yanında kalan, $y_i \in \{-1, +1\}$ sınıf etiketidir. Yani hiper düzlemin bir tarafında kalan etiketler $y_i = +1$, diğer tarafında kalan etiketler ise $y_i = -1$ olur [70].

Hiper düzlemin genel gösterimi;

$$w^T x_i + b = 0 \quad (1)$$

eşitliği ile ifade edilir ve karar fonksiyonu;

$$f(x) = w^T x_i + b \geq 1 \quad (2)$$

eşitliği şeklindedir [71]. Burada x bir vektör noktası, w ağırlık vektörü ve b yan (bias) olmak üzere bir sabit sayıdır. w ağırlık vektörü ayırıcı hiper düzleme dik normal vektördür, b sabiti ise hiper düzlemin orijinden ne kadar sapacağını belirler. Burada ağırlık vektörü;

$$|w_i \cdot x_i + b = 1|, \quad i : 1, \dots, n \text{ için} \quad (3)$$

Her x için hiper düzleme olan dik uzaklığı temsil etmektedir. Veriler farklı sınıflara ait olduğu için eşitlikler şu şekilde ifade edilir:

$$f(x^t) = w^t \cdot x_i + b \geq 1 \quad \text{durumunda} \quad y_i = +1 \quad (4)$$

$$f(x^t) = w^t \cdot x_i + b \leq -1 \quad \text{durumunda} \quad y_i = -1 \quad (5)$$

Marjın en yüksek değerine ulaşması için destek vektörlerinin ayırıcı düzleme olan uzaklığı yani $\|w\|$ değeri minimum yapmak için en uygun hiper düzlemin belirlenmesi için Eşitlik 6'daki optimizasyon çözümü yapılır. Eşitlik 7'de problemin çözümü sırasında dikkat edilmesi gereken kısıtlamalara göre işlem gerçekleştirilir [71].

$$\text{Min} \quad \frac{1}{2} \|w\|^2 \quad (6)$$

$$\text{Kısıtlar} \quad : y_i(w^t \cdot x_i + b) \geq 1 \quad i: 1, 2, \dots, n \quad (7)$$

Açıklama eşitlik numaraları en sağda olur.

ile ifade edilir. Burada Eşitlik (6) çözülecek problem ve Eşitlik (7) problemin çözümü sırasında kullanılan kısıtlardır. Bu optimizasyon problemi Eşitlik 8'de verilen Lagrange denklemleri kullanılarak çözülebilir. Problemin Lagrange formülasyonu ise,

$$L_p = \frac{1}{2} \|w\|^2 - \sum_{i=1}^N a_i y_i (w^T x_i + b) + \sum_{i=1}^N a_i$$

$$a_i \geq 0 \quad i: 1, 2, \dots, n \text{ olsun} \quad (8)$$

Eşitliği ile gösterilir [67, 72]. $a_i \geq 0$ değerleri pozitif Lagrange çarpanları olarak adlandırılır. Bu işlem eşitlik durumu olduğu zaman kullanılan bir yöntemdir. Fakat her zaman eşitlik sağlanması mümkün değildir. Bu yüzden eşitlik söz konusu olmadığında devreye Krush-Kuhn-Tucker (KKT) yöntemi girmektedir [57]. Fonksiyon w ve b

parametrelerine göre minimum değer alırken a_i Lagrange çarpanına göre maksimum değer alır. Lagrange yönetiminin $bwew$ ye göre birinci dereceden türevi alınır ve sıfıra eşitlenir. Buradaki amaç w ve b değerlerini minimize ederek a_i değerini maksimize eden asıl değerini bulmaktır. Eşitlik (8)'deki ifade KKT koşulları kullanılarak denklem dual problemine dönüştürülür. KKT koşulları:

$$\frac{\partial L_p}{\partial w} = 0 \rightarrow w = \sum_i a_i y_i x_i \quad (9)$$

$$\frac{\partial L_p}{\partial b} = 0 \rightarrow \sum_i a_i y_i = 0 \quad (10)$$

Eşitliğinde ifade edilir. Bu koşullar (8)'da yerine yazılırsa

$$\begin{aligned} L_{D=\frac{1}{2}} &= \frac{1}{2} w^t w - w^t \sum_{i=1}^n a_i y_i x_i + b \sum_{i=1}^n a_i y_i \sum_{i=1}^n a_i \sum_{i=1}^n a_i \\ &= \frac{1}{2} w^t w - w^t w + 0 + \\ &= \frac{1}{2} w^t w \sum_{i=1}^n a_i \end{aligned} \quad (11)$$

$$L_D = \sum_{i=1}^n a_i - \frac{1}{2} \sum_{i,j} a_i a_j y_i y_j x_i^t x_j, a_i \geq 0 \quad \forall_i \quad (12)$$

İfadesi elde edilmiş olur [72]. Sonuç olarak b ve w parametrelerinde çözüm için kullanılacak Eşitlik (11) ve (12)'de kullanılarak karar fonksiyonu belirlenebilir:

$$f(x) = (\sum a_i y_i x_i \cdot x) + b \quad (13)$$

Karar fonksiyonun bulunması ile beraber örneklerin hangi sınıfa ait olacağı belirlenebilir.

2.2.1.1.2. Doğrusal Olarak Belirli Bir Oranda Ayrılabilen Veriler

Gerçek hayatta var olan problemler göz önüne alındığında, lineer hatasız ayrılabilir bir hiper düzlem veri setlerinin tamamını karşılayamamaktadır. Çünkü gerçek veriler ile sınıflandırma işlemi yapıldığından bu durum veride gürültü veya yanlış veri girişlerine sebep olmaktadır. Farklı sınıflara atanan alternatiflerin lineer olarak ayrılacağı

durumlarda, yanlış sınıflandırmalara tolerans gösterilmesi gerekir [71]. Bu problemin çözümünü sağlayabilmek için yumuşak (soft) marjin yöntemi gündeme gelmiştir.

Yumuşak marjin kullanılarak birkaç gözlemin yanlış sınıflandırılmasının yanı sıra diğer bütün gözlemlerin daha iyi sınıflandırılmasını sağlayacak bir sınıflandırıcı seçilerek gözlemlerin yanlış taraf da olmasına izin verilir [57]. Bu durumda, ayırıcı düzleminin koşulları tanımlanırken ξ_i , $i=1, \dots, n$ pozitif gevşek değişkeni de koşul fonksiyonlarına eklenir. Tanımlanan değişkenler (ξ), optimum hiper düzlem de destek vektörler arasındaki sınırı maksimum yapar. Aynı zamanda hatalı sınıflandırılmış veri noktasını da minimum yapacak şekilde seçilir.

Sert marjinden elde edilen kısıtlara yani yukarıda verilen Eşitlik (4) ve (5) 'e gevşek değişken (ξ) eklenerek yeni kısıtlar aşağıdaki Eşitlik (14) elde edilmiş olur.

$$w^T x_i + b \geq 1 - \xi_i \quad \text{için,} \quad y_i = +1 \quad (14)$$

$$w^T x_i + b \leq -1 - \xi_i \quad \text{için,} \quad y_i = -1 \quad (15)$$

$$\xi_i \geq 0, \forall_i \quad (16)$$

yer alan $\xi_i = 0$, x_i doğru sınıflandırılmış, $\xi_i > 1$ ifadesi ise x_i ayırıcı hiper düzlemin yanlış sınıflandırılmış, $0 < \xi_i < 1$, x_i ifadesi ise hiper düzlemin doğru sınıflandırılmış fakat marjin içerisinde kalan gözlemleri tanımlamaktadır [57].

Marjin değerinin en büyük olması ve hatalı sınıflandırılmış verilerin ise en küçük olabilmesi için devreyekullanıcı tarafından bu dengeyi sağlayacak minimizasyon eşitliği C parametresi girerek eşitliğe eklenir. C parametresi, ξ değişkeninin büyük değer alması sonucu çözüme ceza vererek minimum koşulu sağlanmış olur [73].

$$\text{Min} \frac{1}{2} w^T w + C \sum_i^n \xi_i \quad (17)$$

$$\text{Kısıtlar} \quad (y_i(w^T \cdot x) + b) \geq 1 - \xi_i, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad \xi_i \geq 0 \quad (18)$$

Diğer bir şekilde ifade edecek olursak;

$$y_i(w^T \cdot x) + b \leq +1 - \xi_i \quad \xi_i \geq 0 \quad (19)$$

$$(w^t \cdot x) + b \leq -1 - \xi_i, \quad \xi_i \geq 0 \quad (20)$$

C parametresi Lagrange çarpanlarıyla doğrudan ilişkili olup Lagrange çarpanlarının bulunduğu en yüksek aralığı belirtmektedir. Lagrange çarpanları C parametresi ile şu şekilde $0 \leq \alpha_i \leq C$ gösterilir [64, 74]. C parametresinin eklenmesiyle birlikte Lagrange çarpanları aşağıdaki forma dönüşür. Amaç fonksiyonuna α_i ve μ_i Lagrange çarpanlarının eklenmesiyle en iyileme modelinin Lagrange fonksiyonu elde edilir [67, 72];

$$L_p = \frac{1}{2} \|w\|^2 + C \sum_i \xi_i - \sum_i a_i \{y_i w^t x_i + b\} - 1 + \xi_i - \sum_i \mu_i \xi_i \quad (21)$$

Bu noktada fonksiyon w , b ve ξ parametrelerine göre minimum değerini alırken α ve μ_i Lagrange çarpanlarına göre maksimum değerini alır. Bu formda oluşturulan problemi çözmek için KKT koşulları yeniden oluşturulur [72].

$$\frac{\partial L_p}{\partial w} = w - \sum_i a_i y_i x_i = 0 \quad (22)$$

$$\frac{\partial L_p}{\partial b} = - \sum_i a_i y_i = 0 \quad (23)$$

$$\frac{\partial L_p}{\partial \xi} = C - a_i - \mu_i = 0 \quad (24)$$

Primal değişkenlere (w , b ve ξ_i) göre bu Lagrange fonksiyonunun türevleri sıfırdır.

$$a_i - C - \mu_i = 0 \quad (25)$$

Bulunan bu kısıtlar ve değerler Lagrange çarpanlarında yerine koyularak işlem yapılırsa aşağıdaki dual problem ortaya çıkar.

$$L_D = \sum_i a_i - \frac{1}{2} \sum_{i,j} a_i a_j y_i y_j x_i x_j, \quad 0 \leq a_i \leq C, \forall_i \quad (26)$$

Amaç fonksiyonunun, doğrusal ayrılabilen durum için elde edilen fonksiyonla aynı olduğu görülmektedir. İki durum arasındaki tek fark $C = a_i + i$ ve $a_i, \mu_i \geq 0$ koşullarıyla sağlanan $0 \leq \alpha_i \leq C$ kısıtının eniyileme modeline eklenmesidir. Böylece α_i, μ_i Lagrange çarpanına bir üst sınır getirilmiş olur. Denklem çözümleri yapılmış tam olarak doğrusal ayrılama yani yumuşak ayrılma ile verilen karar fonksiyonu, hesaplanan destek vektörleri x_i ve a_i ağırlıklarıyla kullanılarak tekrar yazıldığında;

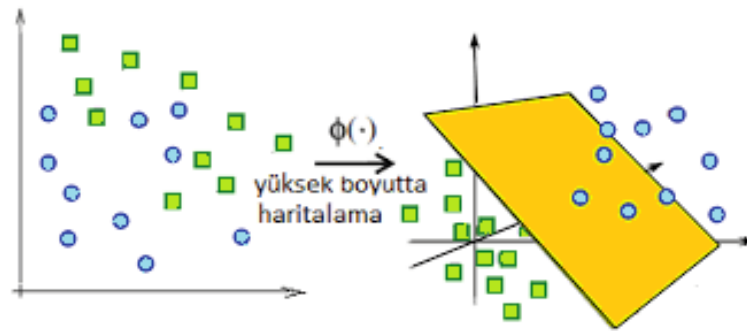
$$f(x) = \text{sign}((w \cdot xi) + b) = (\sum_{i=1}^n a_i y_i (x) \cdot (x_i) + b) \quad (27)$$

Eşitliğinin verileri elde edilerek veriler bu formüle göre sınıflandırma işlemine katılır.

2.2.1.2. Doğrusal Olmayan Destek Vektör Makineleri

DVM'nin en önemli özelliği doğrusal olmayan durumlarda, yapısında bulunan doğrusal durumun kolay bir şekilde doğrusal olmayan duruma dönüştürebilmesidir. DVM'yi doğrusal olmayan problemlere uyarlarken, doğrusal olan verilerin ayırt edilemediği durumlarda verileri orijinal girdi uzayından daha yüksek boyutlu bir uzayına doğrusal ayırma özelliğini kullanarak taşır. Bu işlemi gerçekleştirirken çekirdek (kernel) fonksiyonundan faydalanır [57, 75].

Çekirdek fonksiyonları sayesinde işlemler de tekrar çarpımları olmadan değerler fonksiyonda direkt yerine konularak nitelik uzayında değerlerin bulunması sağlanır. Bu durum yüksek boyuttaki nitelik uzayları ile uğraşmanın önüne geçer. Çekirdek fonksiyonları, eğitime aşamasında bir eğitim örneği için fonksiyon oluşturularak, değerler bulunduktan sonra örnek kalıp oluşturularak işlemlerin daha kolay hesaplanmasını sağlar. Yani x girdi vektörleri, yüksek boyutlu H özellik uzayına, $X \in R^n$ vektörlerini doğrusal olmayan $\Phi(x)$ haritalamasını kullanılarak haritalanır [76]. Aşağıdaki Şekil 14'te bir doğrusal olmayan DVM modeli aşağıdaki şekilde bir giriş uzayını özellik uzayına eşleme durumu sonucunda doğrusal ayrılabilirdiği daha yüksek boyutlu özellik uzayına taşınması durumu gösterilmektedir [77].



Şekil 14. Çekirdek fonksiyonu yardımı ile doğrusal olmayan verinin doğrusal ayrılması.

Doğrusal olmayan DVM karar fonksiyonu Eşitlik (28) 'da verilmiştir.

$$f(x) = \text{sign} (\sum_{i=1}^n a_i y_i \phi(x_i) \cdot \phi(x_j) + b) \quad (28)$$

DVM'nin eğitim aşaması, H uzayındaki verilerin $\phi(x) \cdot \phi(x_i)$ i çarpımları yerine çekirdek fonksiyonları getirerek dönüşüm işlemini gerçekleştirir. Bu iç çarpım K ile gösterilir ise,

$$K(x_i, x_j) = \phi^T(x_i) \cdot \phi(x_j) \quad (29)$$

İfadesine dönüşür. Sonuç olarak çekirdek tabanlı sınıflandırıcılara ait karar fonksiyonu aşağıdaki şekilde olur:

$$f(x) = \sum_{i=0}^n a_i y_i K(x_i, x_j) \quad (30)$$

Doğrusal olmayan DVM'nin de kullanılan çekirdek fonksiyonları Mercer Teoremi matematiksel kurala uymak zorundadır. Bu kural ile çekirdek fonksiyonları yüksek boyutta işlem yaparken daima fonksiyonların iki girdi vektörünün iç çarpımı olacak şekilde ifade edilmesini sağlar [78, 79].

2.2.1.3. Çekirdek Fonksiyonları (Kernel Functions)

Sınıflandırma problemlerinde hangi çekirdek fonksiyonlarının kullanılacağına karar vermek önemli bir sorundur. Çekirdek işlemi, iki vektör arasındaki nokta çarpımına bağlı olan herhangi bir girdi uzayını yüksek boyuta sahip özellik uzayına dönüştürür. Çünkü hangi çekirdek fonksiyonun hangi problemlerde kullanılacağına dair kesin parametreler bulunmamaktadır [50, 79]. Oysaki modelin doğruluğu ve daha kolay çözümü için parametre seçimi çok önemlidir. Bu yüzden genellikle çekirdek seçimi için en uygun yönteme karar vermede daha önce yapılan çalışmalara ve uygulama sonuçlarına göre karar vermek daha doğru olacaktır. Bu çalışmada kullanımı yaygın olan 4 farklı çekirdek fonksiyonuna yer verilmiştir. Bu fonksiyonlar doğrusal, polinomial, radyal tabanlı ve sigma çekirdek fonksiyonları şeklinde ayrılmaktadır. Her bir çekirdek yöntemi kendine göre vektörel noktaları üreterek yüksek boyuta dönüşüm yapmaktadır. Fonksiyon türleri Tablo 8'de gösterilmiştir [78].

Tablo 8. Çekirdek Fonksiyon Türleri

Çekirdek	Matematik Fonksiyon	Parametre
Doğrusal Çekirdek	$K(x_i, x_j) = x_i^t x_j$	-
Polinomial Çekirdek	$K(x_i, x_j) = (1 + x_i^t x_j)^p$	p
Radyal Tabanlı Çekirdek	$K(x_i, x_j) = e^{-\gamma \ x - x_i\ ^2}$	γ
Sigma Çekirdek	$K(x_i, x_j) = \tanh(b(x, y) + r)$	b, r

2.2.1.3.1. Doğrusal Çekirdek Fonksiyonu

En basit çekirdek türü olan doğrusal çekirdek fonksiyonu, sınıflandırılacak veri giriş uzayının doğrusal olarak ayrılabilir olduğu durumlar için kullanılan bir yöntemdir. Bu fonksiyon türünde, girdi uzayının özellik uzayına haritalanmasını sağlamak önemli bir faktör değildir. Doğrusal çekirdek fonksiyonları şu şekilde ifade edilir:

$$K(x_i, x_j) = x_i^t x_j \quad (31)$$

2.2.1.3.2. Polinomial Çekirdek Fonksiyonu

Genellikle DVM ve benzer yöntemler için doğrusal olmayan modellerin öğrenilmesinde kullanılan bir çekirdek türüdür. Çekirdek fonksiyon türleri içinde da kullanımı tercih edilen fonksiyonlardandır. Polinomial çekirdek fonksiyonunun formülü şu şekildedir:

$$K(x_i, x_j) = (1 + x_i^t x_j)^p \quad (32)$$

Bu işlemde iki parametre değeri vardır. Burada c sabit terim ve d polinomial derecesinin çekirdek parametresi olarak ifade edilir.

2.2.1.3.3. Sigma Çekirdek Fonksiyonu

Sigma çekirdek fonksiyonunda aşağıdaki denklem kullanılmaktadır.

$$K(x_i, x_j) = \tanh(b(x,y)+r) \quad (33)$$

2.2.1.3.4. Radyal Tabanlı Çekirdek

Radyal fonksiyonu daha az parametre içermekle birlikte matematik karmaşası da daha azdır. Çekirdek fonksiyonlarında haritalama ve özellik uzayın genellikle belirsizdir. Bu özelliği ile daha hızlı ve kolay sonuçlar ortaya çıkarır. Özellikle dağınık kümelenmelerde verimlilik, kararlılık ve basitlik açısından yüksek performans sağlar. Çünkü DVM 'de sınıflandırma işlemi yaparken tüm veri kümesini değil, yalnızca destek vektörlerinde depolanması gereken veri kadarını işleme alarak uygulamada kolaylık sağlar. Çekirdek fonksiyonlarında haritalama ve özellik uzayı genellikle belirsizdir. Sınıflandırma hatası olmayan eğitim setleri ile yüksek boyutlu bir uzay ve sınıflandırıcı üretmek için bir haritalama işlemini yapmayı mümkün kılabilir. Bu işlemi gerçekleştirirken problem karmaşıklığını en aza indirgeyerek parametre sayılarını az

tutar [80, 81]. RBF çekirdeği enterpolasyon özelliğinin matematiksel denklemi Eşitlik (34)' de verilmiştir.

$$K(x_i, x_j) = e^{-\gamma \|x - x_i\|^2} \quad (34)$$

2.2.2. Model Geçerliliği

Yorumlama aşamasında, çeşitli performans metrikleri kullanılarak modellerin (değişik ayarlamalar yapılması ortaya çıkan) hedef değişkenini tahmin etmedeki performansı ölçülür ve yorumlanır. OA, ROC eğrisi ve AUC en çok kullanılan performans ölçüm metriklerindedir. Bu performans metriklerinin hesaplamaları aşağıdaki karmaşık matrisine göre yapılabilmektedir.

Doğruluk analizinde OA, tüm doğru atanmış piksel sayısı/tüm pikseller sayısını ifade etmektedir [82, 83]. ROC eğrisi, bir ikili sınıflandırıcı yöntemin değişik kesim noktalarındaki tahmin performansını gösteren grafiksel bir yöntemdir. ROC eğrisi, doğru pozitif oranın (duyarlılık) yanlış pozitif oranına (1-özgüllük) karşı değişik kesim noktalarında çizilmesi ile oluşturulur (Şekil 16). AUC değeri ise ROC eğrisi altında kalan alanın hesaplanmasıyla elde edilmektedir. Eğer test sınıfları tam olarak ayırabiliyorsa, AUC 1'e eşit olmaktadır. ROC eğrisi $y=x$ doğrusu üzerindeyse AUC 0.5'e eşit olmaktadır. Bu durum ise testin sınıfları ayırmasama gücünün olmadığını ifade etmektedir. AUC değeri 1'e ne kadar yakın olursa yöntem o kadar iyi ayırmasama performansına sahip olur.

3. BÖLÜM

UYGULAMA ve BULGULAR

3.1. Çalışma Alanı

Adıyaman ili, Türkiye'nin Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Orta Fırat bölümünde yer almaktadır. Kuzey bölgesinde Anti-Toros Dağları yer alırken, güney bölgesinin Fırat Nehri ile çevrili olduğu görülür. Doğusunda Diyarbakır ili, batısında Kahramanmaraş ili, kuzeyinde Malatya ili, güney bölgesinde ise Gaziantep ve Şanlıurfa illeri ile bulunmaktadır. İlin doğusunda Torosların güneydoğu uzantısı olan Malatya dağları, güneydoğusunda Atatürk Baraj Gölü yer alır. Doğusundan Fırat Nehri ile çevrilidir. İlin kuzey kesimi genel anlamda dağlık ve engebeli iken güney kesiminde geniş ovalar bulunur. Adıyaman'ı doğudan batıya doğru bölen Anti Torosların kuzeyinde kalan dağlık bölgenin iklimi ile güneyinde kalan bölgenin iklimi birbirinden farklıdır. Güneyi, yazları kurak ve sıcak, kışları ılık ve yağışlı; kuzeyi yazları kurak ve serin, kışları yağışlı ve soğuktur. Doğu Anadolu ile Akdeniz Bölgeleri arasında köprü konumunda olan İlin iklimi, bu özelliği dolayısıyla bölgedeki diğer illerden farklıdır [84].

Atatürk Baraj Gölü alanının oluşmasından sonra, ilin ikliminde bir yumuşama ve nem oranında bir artış olmuştur. İlde hakim rüzgarlar kuzey, kuzeydoğu ve kuzeybatı istikametindedir. Adıyaman ili 37° 25'- 38° 10' kuzey enlemleri ile 37° 27' – 39° 15' doğu boylamları arasında yer almaktadır. Deniz seviyesinden yüksekliği 669 metredir. İl sınırları içerisindeki alan 7.614 km.2'dir. Merkez ilçenin alanı ise 1.702.km2'dir. İlin arazi yapısı kuzeyden güneye doğru alçalan engebeli bir görünüm arz etmektedir [85]. Adıyaman ilinin Türkiye'de yer aldığı konumu Şekil 15'de haritada kırmızı renk ile gösterilmektedir [86].



Şekil 15. Adıyaman İli'nin Türkiye haritasındaki konumu[86]

3.2. GES Uygun Yer Seçimi İçin Kullanılan Parametreler

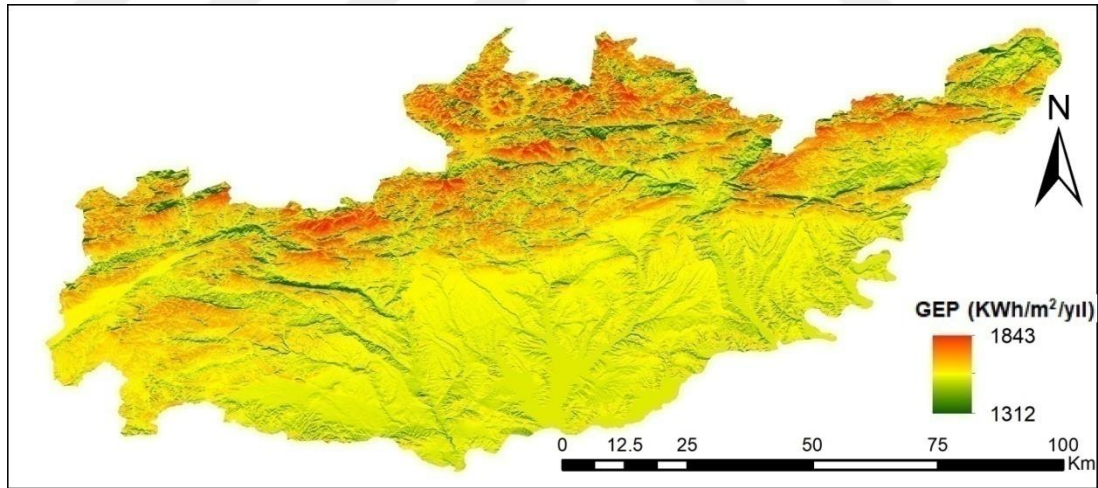
Literatür araştırması, kurumlardan elde edilen verilerin değerlendirilmesi ve uzman görüşleri çerçevesinde Adıyaman ili GES yer seçiminde etkili olacak 13 tane parametre belirlenmiştir. Bunlar:

- Güneş enerji potansiyeli
- Eğim
- Bakı
- Yükseklik
- Enerji nakil hattına uzaklık
- Trafo merkezine uzaklık
- Fay hattına uzaklık
- Su alanlarına uzaklık
- Karayolu ağına uzaklık
- Demiryolu ağına uzaklık
- Yerleşim alanlarına uzaklık
- Doğalgaz hatlarına uzaklık
- Koruma (sit) ve orman alanlarına uzaklık

Bu parametreler alt başlıklar halinde ayrı ayrı incelenmiş ve her bir parametre için raster haritalar oluşturulmuştur.

3.2.1. Güneş Enerji Potansiyeli (GEP)

GES'in kurulumunda öncelikle bölgenin GEP açısından verimli olup olmadığına bakılmalıdır. GEP'i düşük olan bir bölgeye santral kurmaya kalkmak harcanan kaynak ve emeğin boşa gitmesine neden olur. Adıyaman ili bulunduğu coğrafi konum nedeni ile güneşli gün sayısının ve güneş ışınlarının yüksek olduğu bir bölgede yer almaktadır. Bu durum Adıyaman ilinde GEP'in yüksekliğinin farkına varılmasını sağlamış ve buna bağlı olarak GES kurulumunun artmasına sebep olmuştur. GES için büyük çaplarda yatırımlar yapılmış ve hala da yapılmaya devam edilmektedir. GEP, GES'in kurulumu için tek başına yeterli olacak bir faktör değildir. Bunun dışında GES verimini etkileyen diğer faktörlerde göz önüne alınarak uygun bir alan seçilmelidir. Çalışma alanına ait GEP haritası CBS yazılımı olan ArcGIS yönteminden yararlanılarak KWh/m²/yıl biriminde elde edilmiştir [14].

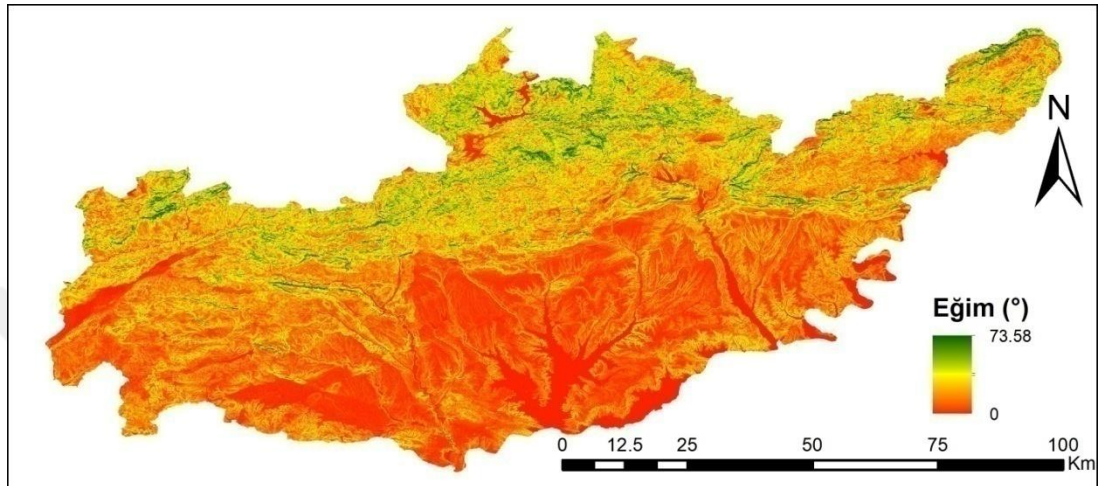


Şekil 16. Adıyaman GEP haritası

3.2.2. Eğim

Eğim, GES için en uygun yerin seçilmesinde bir başka ana faktördür. Eğim arttıkça araziden faydalanma potansiyeli azalış göstermektedir. Bu durum kurulumu yapılacak GES'in ulaşım ve yapım maliyetini büyük oranda etkilediği için eğimli alanlar tercih edilmemelidir. Eğimin yüksek olduğu yerlerde GES'in kurulumu için gerekli olan inşaat maliyetinin artması, kazı dolgu işlemleri yüzünden de zaman ve yatırım kayıplarının

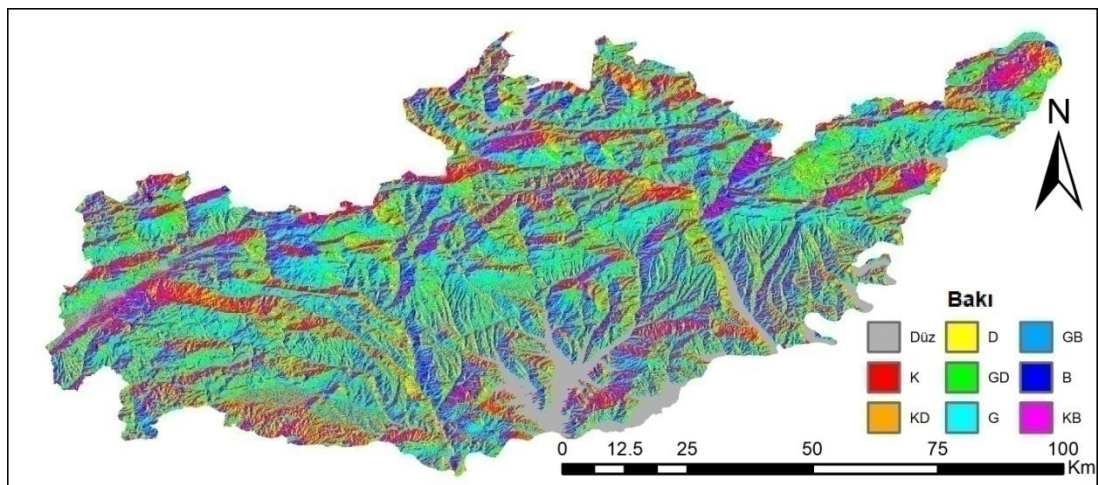
artmasına neden olacaktır [87]. Bu yüzden GES kurulurken eğim derecesinin düşük olduğu bölgelere kurulmasına dikkat edilmelidir. Adıyaman iline ait eğim haritası ArcGIS yazılımında girdi olarak yükseklik haritasından derece cinsinden elde edilerek oluşturulmuştur. Şekil 17’de oluşturulan eğim haritası verilmiştir.



Şekil 17. Adıyaman ili eğim haritası.

3.2.3. Bakı

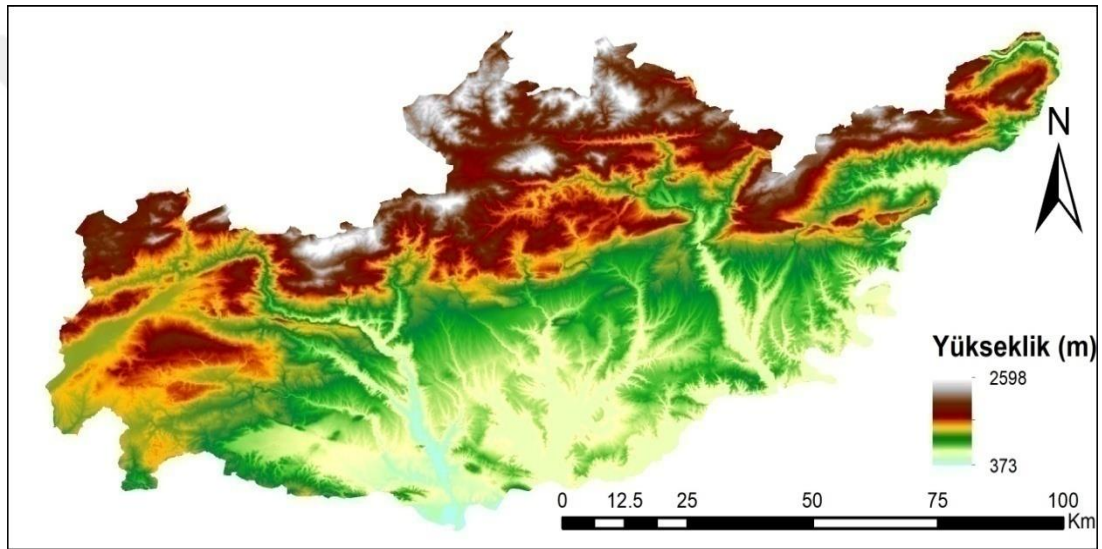
Bakı faktörü, GES’in uygun yerlere kurulması enerji verimliliği bakımından önemli bir etkiye sahiptir. GES kurulacak alanlarda uygun yönler güney ve düz yönlerdir [15]. Özellikle güney bölgeleri güneş ışığını daha fazla aldığı ve düz alanlar ise her yerde eşit güneş ışığı almasından dolayı GES kurmak için en ideal alanlar olmaktadır. Çalışma alanına ait yükseklik haritasından ArcGIS yazılımı kullanılarak bakı haritası 8 yön ve düz alan sınıflarına göre oluşturulmuş ve Şekil 18’de verilmiştir.



Şekil 18. Adıyaman iline ait bakı haritası

3.2.4. Yükseklik

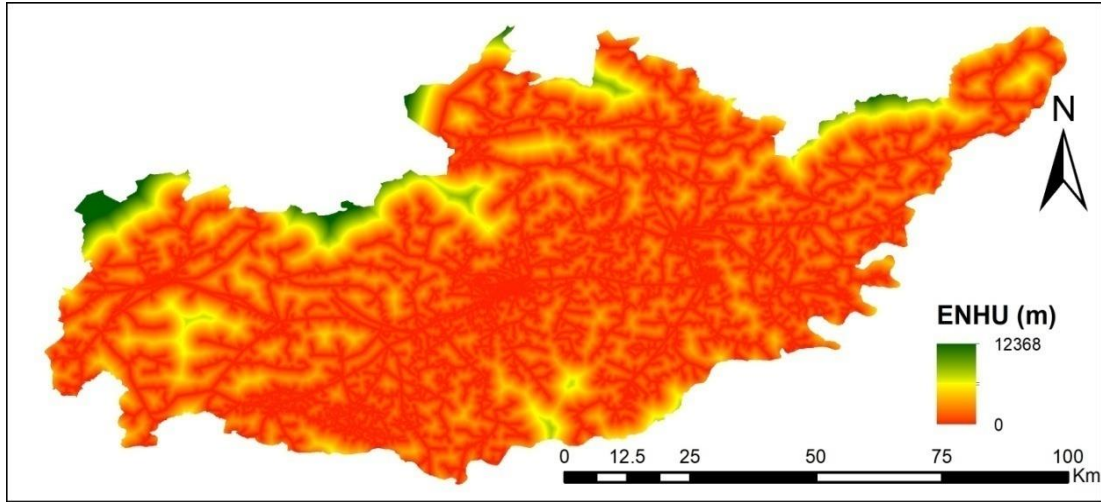
Yükseklik verisi GES kurulumu için gerekli olan GEP 'inden en uygun şekilde faydalanmak açısından önemli bir faktördür. Yüksekliğin fazla olduğu yerlerde güneş radyasyonu fazla olacağı için GEP de fazla olacaktır. Bununla birlikte yüksek olan bölgelerde kurulum ekipmanların taşınması ve personellerin ulaşımı durumları da göz önüne alınarak uygun alanlar seçilmelidir [16, 55]. Adıyaman ili yükseklik haritası ABD Jeoloji Araştırmaları Kurumu (USGS) web sitesinden temin edilmiş ve Şekil 19'da gösterilmiştir.



Şekil 19. Adıyaman iline ait yükseklik sınıflandırma haritası

3.2.5. Enerji Nakil Hattına Olan Uzaklık

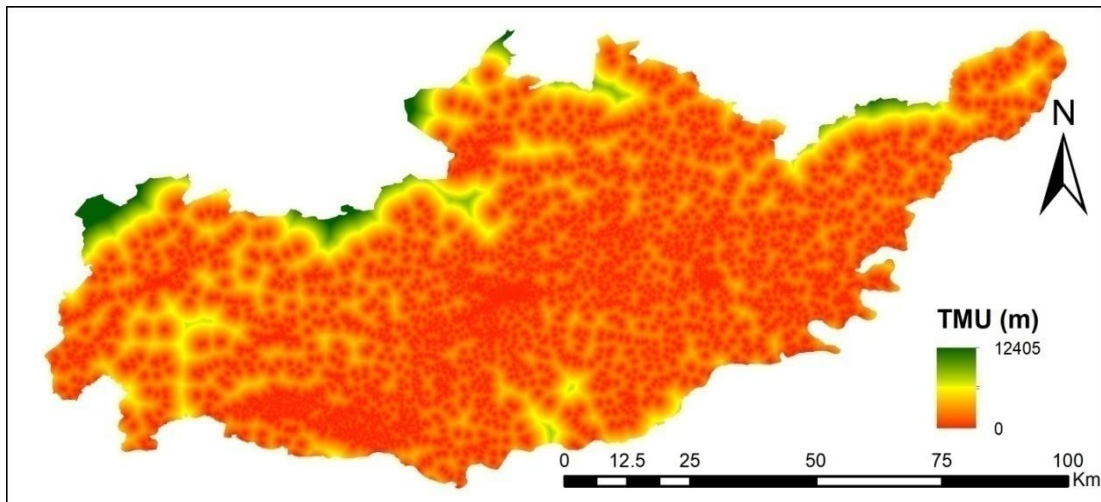
Enerji nakil hatları, GES kurulumunda dikkate alınacak kriterler arasında öncelik açısından üst sıralarda yer almaktadır. Çünkü GES için yer seçimi yapılırken elektriğin trafo merkezlerine kolay ve maliyeti düşük bir şekilde taşınması, iletim hatlarında meydana gelen kayıpların azalması ve ihtiyaç duyulan ekipman kurulumu, onarım ve bakım sorunlarının hızlı ve kolay bir şekilde gerçekleşmesi için enerji nakil hatlarına yakın olması tercih edilmelidir [6]. Çalışma alanına ait enerji nakil hatları ilgili kurumdan vektör (çizgi) formatında temin edilmiştir. Fakat bu verinin GES'e uygun yerlerin belirlenmesi açısından girdi verisi olarak kullanabilmesi için Öklid mesafesi yöntemi kullanılarak veriler metre cinsinden raster formata dönüştürülmüştür (Şekil 20)



Şekil 20. Adiyaman iline ait ENHU haritası

3.2.6. Trafo Merkezlerine Olan Uzaklık

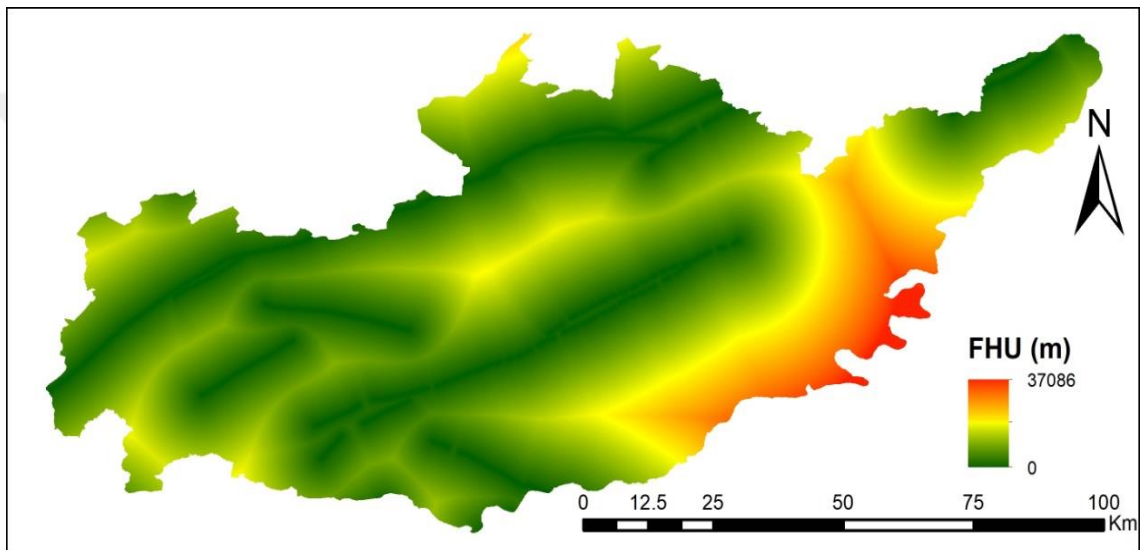
GES'de meydana gelen elektrik üretiminin kolay taşınması ve iletiminin sorunsuz gerçekleşmesi büyük önem taşımaktadır. GES trafo merkezlerine ne kadar yakın olursa iletim o kadar hızlı gerçekleşmektedir. Bu durum maliyetin azalmasını ve enerjiden alınacak verimin yüksek ve kolay olmasını sağlamaktadır [6]. Bu yüzden GES yer seçimi yapılırken trafo merkezlerine yakın olan bölgeler tercih edilmelidir. Trafo merkezlerine ait veriler TEDAŞ 3. Bölge Müdürlüğünden temin edilmiştir. Adiyaman iline ait trafo merkezleri vektör (nokta) formatında olan veriler, ArcGIS yazılımında Öklid mesafesi yöntemi uygulanarak ve raster formatında metre cinsinden elde edilerek mesafe haritası (Şekil 21) oluşturulmuştur.



Şekil 21. Adiyaman ili TMU haritası.

3.2.7. Fay Hattına Olan Uzaklık

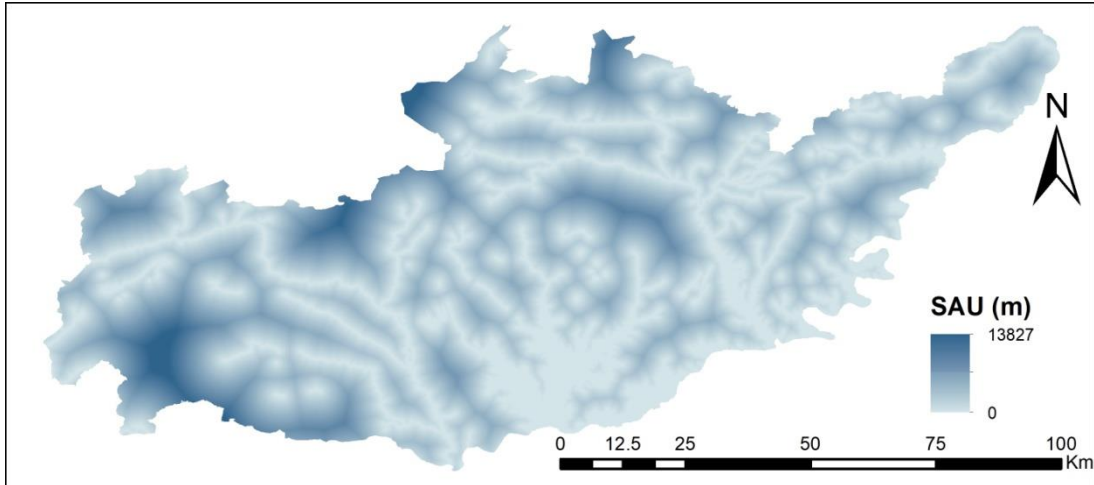
Adıyaman ili fay hatlarının aktif olduğu tektonik bir bölgede yer aldığı için GES kurulumunda fay hatları önemli bir kritere sahiptir. Bu yüzden GES kurulumu için yer tayini yapılırken fay hatlarından uzak alanların tercih edilmesi gerekmektedir [12]. Fay hatlarına olan mesafeyi gösteren haritayı elde etmek amacı ile Öklid mesafesi kullanılmıştır. Burada ilgili kurumdan alınan vektör (çizgi) formatındaki veriler raster formata dönüştürülerek elde edilmiştir (Şekil 22)



Şekil 22. Adıyaman ili FHU haritası

3.2.8. Su Alanlarına Olan Uzaklık

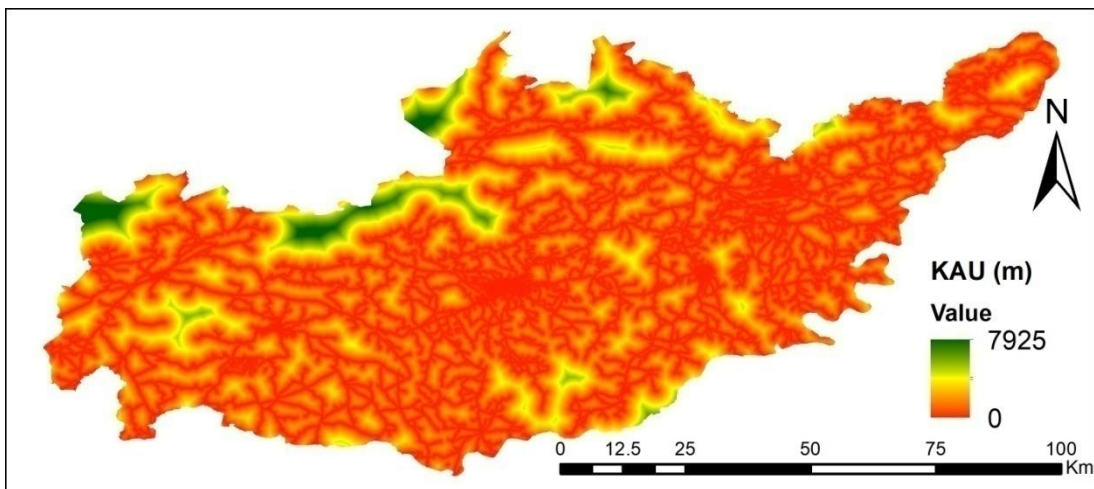
SAU, GES kurulumu için diğer önemli faktörlerden biridir. GES'den atılan atıkların meydana getirdiği kirlilikten akarsu ve göllerin etkilenmemesi, sel ve taşkınlardan korunmak için GES'in bu bölgelere çok yakın olması sorun yaratabilir [61]. Bununla birlikte güneş panellerinin temizliği için ihtiyaç duyulan su bölgelerine yakınlık GES için olumlu özellik göstermektedir. Adıyaman ilindeki su alanlarını gösteren vektör (polygon) formatındaki veriler, raster veri formatına Öklid mesafesi yöntemi ile metre biriminden dönüştürülmüştür (Şekil 23)



Şekil 23. Adıyaman iline ait SAU haritası

3.2.9. Karayolu Ağına Olan Uzaklık

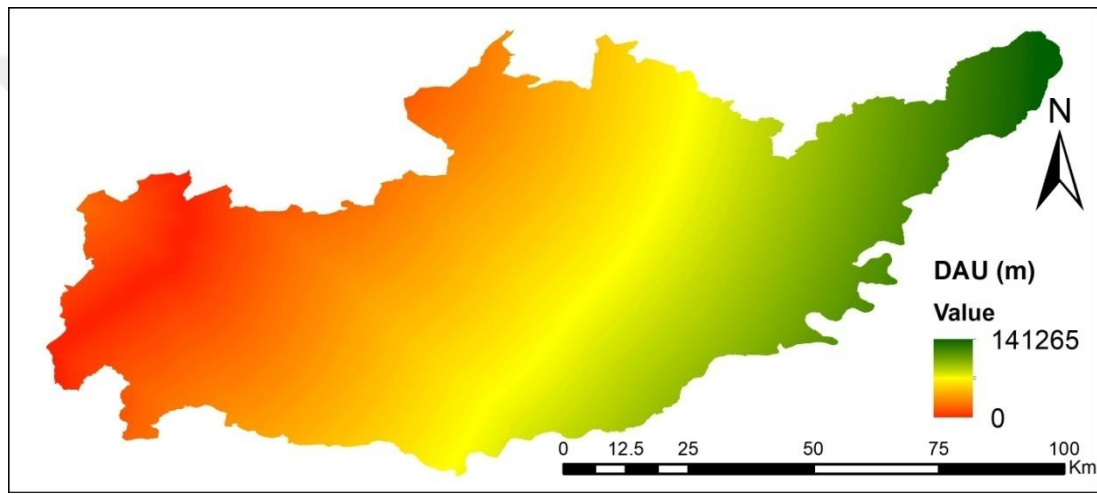
GES kurulumu için karayolu faktörü ulaşım kolaylığı ve maliyet açısından önemli bir faktördür. GES inşaatının maliyetinin az olması, kurulumda çalışacak personelin taşınmasında rahatlık sağlanması, ekipmanların kolay temin edilmesi açısından karayoluna yakın olması önemlidir. Özellikle var olan alt yapıyı kullanmak yeni yolların yapılması aşamasında emek, zaman ve maddi kaybı engelleyecektir [4]. Şekil 24’de Adıyaman iline ait demiryolu haritası gösterilmektedir. Open Street Map (OSM) sitesinden vektör (çizgi) formatında elde edilen Adıyaman ili karayolu verileri Öklid mesafesi yöntemi kullanılarak raster formatına metre birimi türünden dönüştürülmüştür.



Şekil 24. Adıyaman ili KAU haritası.

3.2.10. Demiryolu Ağına Olan Uzaklık

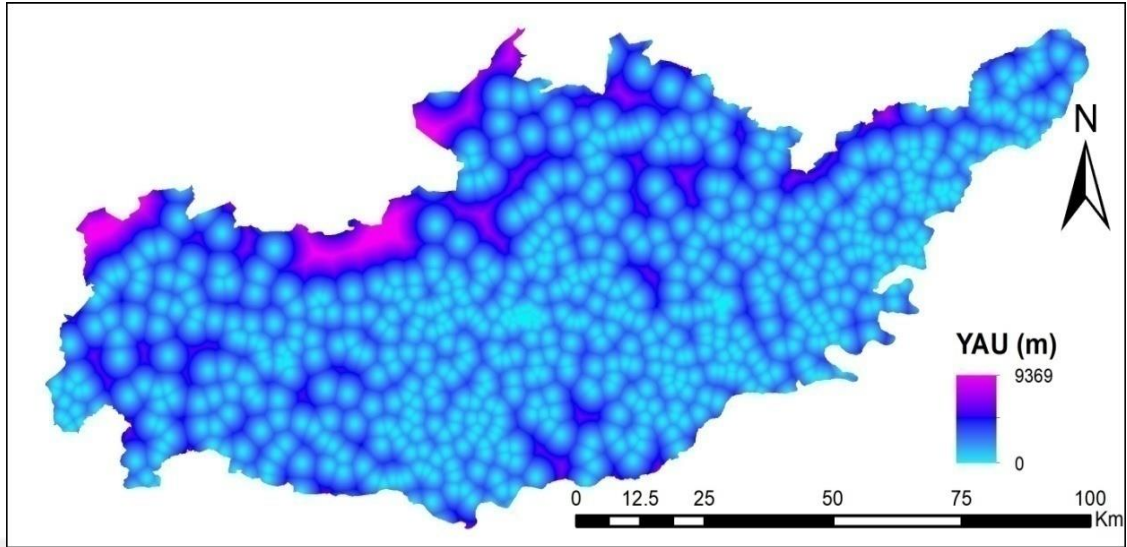
GES kurulumunda demiryolu faktörünün, karayolu faktöründe olduğu gibi ulaşım rahatlığı açısından önemi büyüktür. Bu nedenle GES kurulacak alanlar için demiryoluna yakın yerlerin seçilmesinin daha uygun olması gerektiği görülmektedir. Adıyaman ilinde demiryolu sadece Gölbaşı ilçesinden geçmekte ve il bazından büyük bir yere sahip olmamaktadır. Adıyaman ili demiryolu verisi vektör (çizgi) formatında olup OSM sitesinden temin edilmiştir. Bu veriler raster formatına dönüştürülerek ile ait mesafe haritası oluşturulmuştur (Şekil 25)



Şekil 25. Adıyaman ili DAU haritası.

3.2.11. Yerleşim Alanlarına Olan Uzaklık

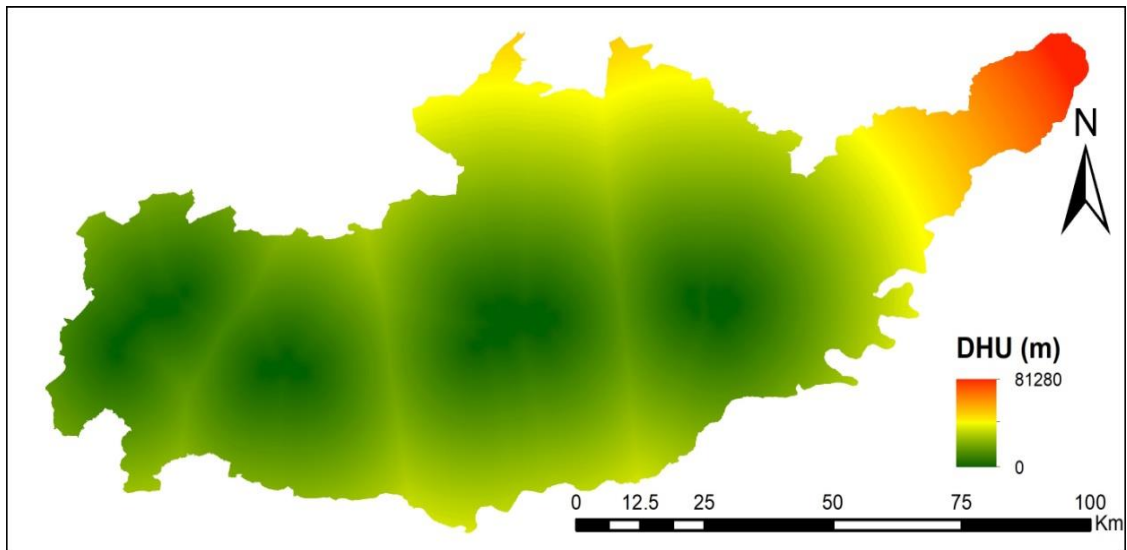
GES kurulumunda yerleşim faktörü şehrin gelişimi, enerjiye ulaşımın kolay olması açısından önemlidir. Yerleşim yerlerinin büyüme ve gelişme eğilimleri dikkate alınarak GES kurulumu yapılmalıdır. Yerleşim alanının çok yakınına kurulan GES zamanla gelişme gösteren şehrin içinde kaybolabilir. Bu durum GES'in tahrip olmasına, yüksek katlı binalar içinde güneş ışığından yeterince faydalanmamasına sebep olacak ve GES'den alınacak verimin düşmesine yol açacaktır [6]. Bununla birlikte yerleşim alanına yakınlık enerjinin dağıtımını kolaylaştırarak, enerji talebinin kolay ve hızlı olmasını sağlayacaktır. Adıyaman ilinin vektör(nokta) formatında olan yerleşim verisi Öklid mesafesi yöntemi kullanılarak raster formatında mesafe haritası metre cinsinden oluşturulmuştur (Şekil 26).



Şekil 26. Adıyaman ili YAU haritası

3.2.12. Doğal gaz Hattına Olan Uzaklık

GES yer seçiminde doğalgaz faktörü risk oluşturacak özellik taşıdığı için dikkat edilmesi gereken kriterlerden biridir. GES için uygun yer seçimi yapılırken doğal gaz hattında meydana gelecek tahribatların oluşturacağı zararlar göz önüne alınarak doğalgaz güzergâhına yakın yerler tercih edilmemelidir [6]. Adıyaman ilinin doğal gaz hattına olan mesafe haritası, ilgili kurumdan temin edilen vektör (çizgi) veri Öklid mesafesi yönteminde girdi olarak kullanılarak oluşturulmuştur (Şekil 27).

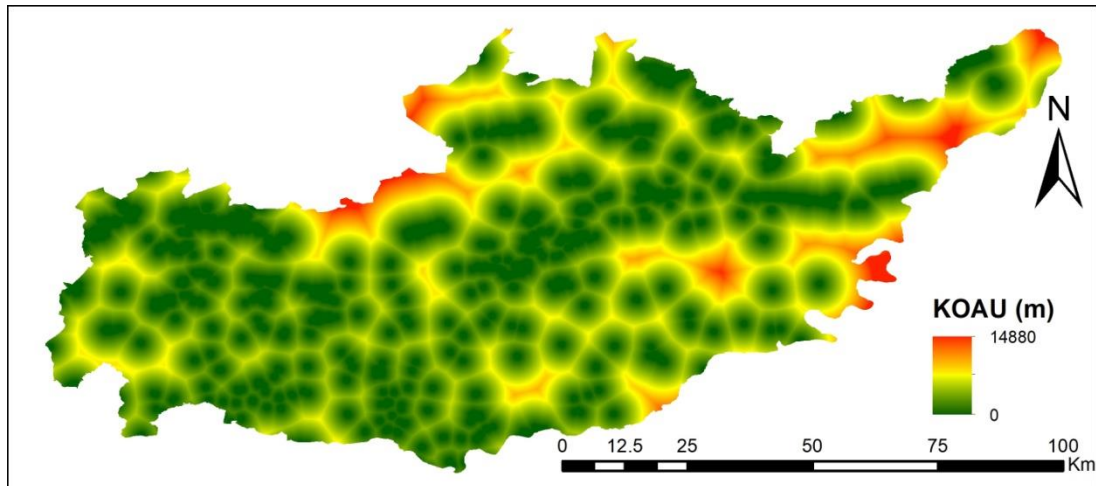


Şekil 27. Adıyaman ili DHU haritası.

3.2.13. Koruma (Sit) ve Orman Alanlarına Olan Uzaklık

Koruma alanları olan bölgeler GES kurulumu için ayırımı yapılması gereken özel bölgelerdir. Yüksek hassasiyete sahip olmaları, kültürel miras özelliği taşımaları ve ekolojikdengeyi sağlamak için önemli olmaları açısından dikkat edilmesi gereken bölgelerdir. GES kurulumu aşamasında zarar görmemeleri açısından kurulum için koruma alanlarına yakın olmayan yerler seçilmelidir. Adıyaman ili bulunduğu konum gereği birçok koruma alanına sahiptir. Bu alanlar şehrin büyük çoğunluğunu oluşturduğu için GES kurulumu açısından yüksek potansiyele sahip alan olmasına rağmen kısıtlı alanda yüksek verim elde edilecek çalışmalar yapmayı gerektirmiştir.

Orman alanları GES kurulumu için uygun alanlar olarak görülmemektedir. Bunun nedeni GES kurulumu için geniş alanlara ihtiyaç duyulmaktadır. Geniş alanların sağlanması için ağaçların ve çalılıkların kesilmesi gerekmektedir [55]. Bu durumda ekolojik dengenin bozulmasına sebep olur. Ayrıca ormanlık alana kurulacak GES fazla yağış ve gölgelenmeye maruz kalacakları için santrallerden istenilen verim sağlanmamış olacaktır. Bu yüzden GES kurulumunda bu faktörler dikkate alınarak uygun yer seçimi yapılmalıdır. Çalışma alanına ait KOAU haritası Şekil 27’de verilmiştir.



Şekil 27. Adıyaman ili KOAU haritası

3.3. Adıyaman İlinde GES Kurulacak Alanların Belirlenmesi

Çalışmada Adıyaman ilinde GES kurulabilecek uygun alanların tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda uygun alanları belirlemek için CBS, UA ve DVM’den faydalanılmıştır. Çalışma üç adımdan oluşmaktadır.

1. adımda, mevcut GES çevrilmiştir. Daha sonra GES kurulması mümkün olmayan alanlar Tablo 9'a göre seçilmiştir [6, 8, 10, 11, 14, 15, 48, 52, 55, 88, 89, 90, 91, 92].

Bu iki alan birleştirilerek bir veri tabanı oluşturulmuştur. Burada GES olan alanlar için "1" ve GES olmayan alanlar için ise "0" değeri atanmıştır.

Tablo 9. GES kurulumu için uygun olmayan alanlar

KRİTERLER	UYGUN OLMAYAN ALANLAR
GEP	1000-1300 kwh ($m^2.yıl$) 'den düşük olan alanlar
Eğim	%15 - %20 den büyük olan alanlar
Bakı	Kuzey, Kuzeydoğu, Kuzeybatı olan alanlar
Yükseklik	300 m 'den düşük olan alanlar
Enerji Nakil Hattına Olan Uzaklık	20000 m 'den uzak olan alanlar
Trafo Merkezlerine Olan Uzaklık	40000 m 'den uzak olan alanlar
Karayolu Ağına Olan Uzaklık	0-100 m arası ve 8000 m'den yüksek olan alanlar
Demiryolu Ağına Olan Uzaklık	0-100 m arası ve 8000 m'den yüksek olan alanlar
Yerleşim Alanına Olan Uzaklık	0-500 m 'den düşük olan alanlar
Fay hattına Olan Uzaklık	0-3000 m arasındaki alanlar
Doğalgaz Hattına Olan Uzaklık	0-500 m arasındaki alanlar
Su Alanlarına Olan Uzaklık	0-500 m arası ve 15000 m'den uzak olan alanlar
Koruma Orman Alanlarına Olan Uzaklık	Koruma alanında 0-500 m arasındaki alanlar Orman bölgeleri yasaklı alanlardır.

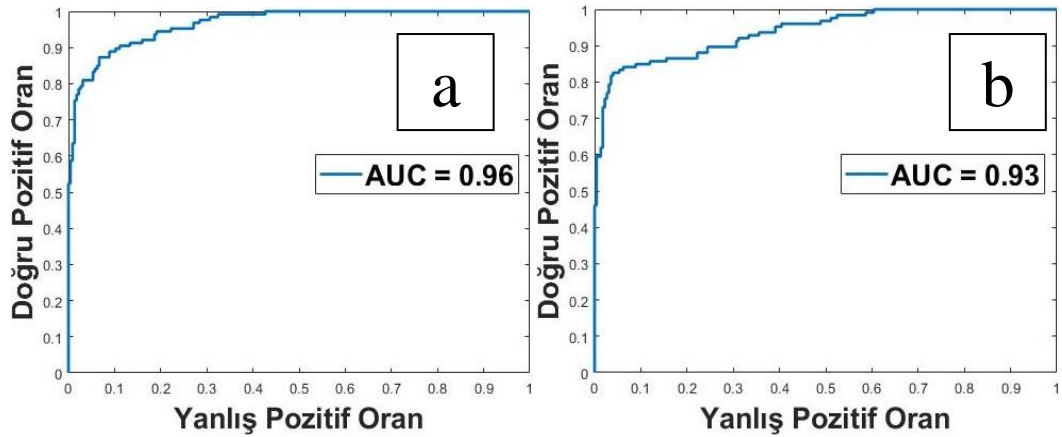
2. adımda girdi faktörleri oluşturulmuştur. Bu girdi faktörlerinden yüksekliğin elde edilmesinde UA'dan faydalanılmıştır. Bu raster veriden GEP, eğim ve bakı raster verilerinin elde edilmesi ve vektör tabanlı verilerin (trafo merkezi, enerji nakil hattı, su alanları, karayolu ve demiryolu ağı, fay hattı, yerleşim alanları, doğalgaz hattı ve orman ve sit alanları) piksel tabanlı formata dönüştürülmesi işlemi ise literatürde yaygın olarak kullanılan CBS tabanlı ArcGIS yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. İlk iki aşamada elde edilen veriler birleştirilerek literatürde yaygın olarak kullanılan ayrılabilirlik ölçüsüne göre modeli eğitmek ve modelin performansını değerlendirmek için sırasıyla eğitim (%70) ve test (%30) veri setleri olmak üzere bölünmüştür.

3. Adımda eğitim veri setleri DVM yönteminde eğitilerek, Adıyaman ilinin GES kurulumu için en uygun, uygun, orta uygun, az uygun ve en az uygun olarak sınıflandırılan alanları gösterilen harita elde edilmiştir. Bu işlemi gerçekleştirmek için dört farklı çekirdek fonksiyonundan (doğrusal, polinomial, radyal tabanlı fonksiyon, sigma) hangisinin seçileceğine karar verilmesi ve seçilen fonksiyona göre optimum

parametrelerin belirlenmesi en doğru sonucu veren haritayı elde etmek için gerekmektedir. RBF'nin diğer çekirdek fonksiyonlarından daha iyi sonuçlar ürettiği literatürde kanıtlanmıştır [80, 81]. Bu nedenle çalışmada RBF fonksiyonu tercih edilmiş ve optimum parametreleri (C, γ) seçmek için 100 model oluşturulmuştur. Bu modeller oluşturulurken C parametresi 10^{-1} 'den 10^7 'ar kat artırılarak 10^8 aralığında ve γ parametresi ise 10^{-5} 'den 10^4 'ar kat artırılarak 10^4 aralığında ele alınarak toplam 100 kombinasyon kullanılmıştır. Bu 100 model kullanılarak üretilen haritalardan en doğru sonucu verenin bulunması için haritaların test verileriyle karşılaştırılarak hata matrisleri elde edildi. Bu matrisler her bir modelin GD değerlerini hesaplamak için kullanıldı (Tablo 10). C 'si 10^6 ve γ 'sı ise 10^1 olan model kullanılarak üretilen haritanın bu değerlere göre en iyi sonucu verdiği tespit edilmiştir. Bu modelin en iyi sonucu vermesinin kontrolü için hem eğitim hem de test verilerinin ROC eğrileri ve AUC değerleri kullanılmıştır. Burada oluşturulan en iyi modelin ROC eğrilerinin sol üst köşeye çok yakın olduğu tespit edilmiştir (Şekil 28). Ayrıca bu modelin AUC değerlerinin (eğitim için 0.96 ve test için 0.93) diğer 99 modelin hem eğitim hem de test verilerine göre oluşturulan AUC değerlerinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu istatistiksel sonuçlar en iyi sonucu veren haritanın performansının kabul edilebilir olduğunu göstermiştir.

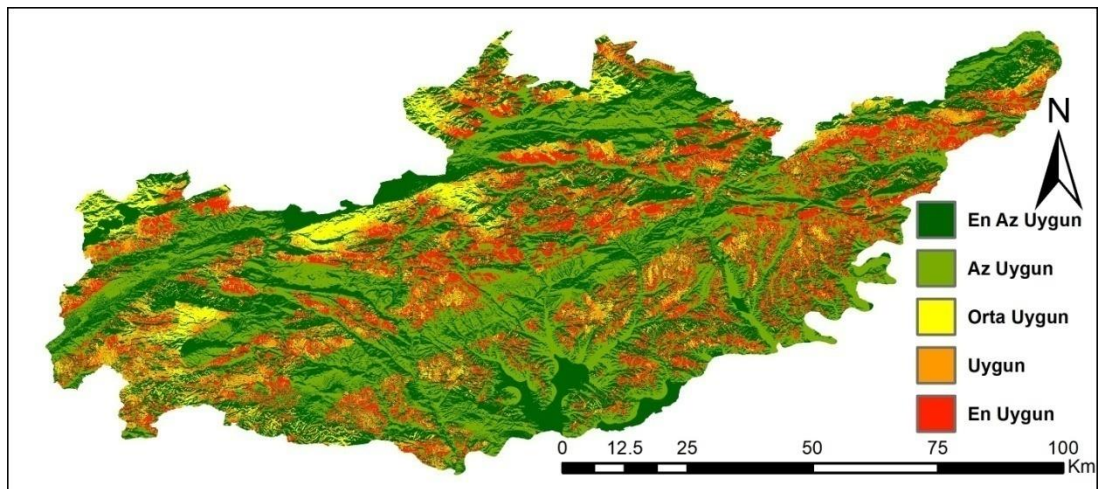
Tablo 10. Çalışma da oluşturulan 100'lük model C ve γ değerleri

C	γ	GD	C	γ	GD	C	γ	GD	C	γ	GD	C	γ	GD
10^{-1}	10^{-5}	0.63	10^1	10^{-5}	0.63	10^3	10^{-5}	0.63	10^5	10^{-5}	0.63	10^7	10^{-5}	0.63
10^{-1}	10^{-4}	0.63	10^1	10^{-4}	0.63	10^3	10^{-4}	0.63	10^5	10^{-4}	0.63	10^7	10^{-4}	0.63
10^{-1}	10^{-3}	0.63	10^1	10^{-3}	0.63	10^3	10^{-3}	0.63	10^5	10^{-3}	0.63	10^7	10^{-3}	0.63
10^{-1}	10^{-2}	0.63	10^1	10^{-2}	0.63	10^3	10^{-2}	0.63	10^5	10^{-2}	0.63	10^7	10^{-2}	0.63
10^{-1}	10^{-1}	0.63	10^1	10^{-1}	0.63	10^3	10^{-1}	0.63	10^5	10^{-1}	0.63	10^7	10^{-1}	0.63
10^{-1}	1	0.63	10^1	1	0.63	10^3	1	0.90	10^5	1	0.63	10^7	1	0.90
10^{-1}	10^1	0.75	10^1	10^1	0.84	10^3	10^1	0.88	10^5	10^1	0.89	10^7	10^1	0.88
10^{-1}	10^2	0.63	10^1	10^2	0.79	10^3	10^2	0.85	10^5	10^2	0.87	10^7	10^2	0.80
10^{-1}	10^3	0.63	10^1	10^3	0.63	10^3	10^3	0.79	10^5	10^3	0.84	10^7	10^3	0.82
10^{-1}	10^4	0.63	10^1	10^4	0.63	10^3	10^4	0.63	10^5	10^4	0.79	10^7	10^4	0.85
1	10^{-5}	0.63	10^2	10^{-5}	0.63	10^4	10^{-5}	0.63	10^6	10^{-5}	0.63	10^8	10^{-5}	0.63
1	10^{-4}	0.63	10^2	10^{-4}	0.63	10^4	10^{-4}	0.63	10^6	10^{-4}	0.63	10^8	10^{-4}	0.63
1	10^{-3}	0.63	10^2	10^{-3}	0.63	10^4	10^{-3}	0.63	10^6	10^{-3}	0.63	10^8	10^{-3}	0.63
1	10^{-2}	0.63	10^2	10^{-2}	0.63	10^4	10^{-2}	0.63	10^6	10^{-2}	0.63	10^8	10^{-2}	0.63
1	10^{-1}	0.63	10^2	10^{-1}	0.63	10^4	10^{-1}	0.63	10^6	10^{-1}	0.63	10^8	10^{-1}	0.63
1	1	0.62	10^2	1	0.63	10^4	1	0.63	10^6	1	0.63	10^8	1	0.90
1	10^1	0.78	10^2	10^1	0.87	10^4	10^1	0.90	10^6	10^1	0.92	10^8	10^1	0.88
1	10^2	0.63	10^2	10^2	0.82	10^4	10^2	0.88	10^6	10^2	0.87	10^8	10^2	0.80
1	10^3	0.63	10^2	10^3	0.63	10^4	10^3	0.85	10^6	10^3	0.81	10^8	10^3	0.84
1	10^4	0.63	10^2	10^4	0.63	10^4	10^4	0.63	10^6	10^4	0.85	10^8	10^4	0.84



Şekil 28. Uygulama sonucu oluşan ROC eğrileri ve AUC değerleri.

Çalışmada yapılan işlemlerin bir sonucu olarak üretilen uygunluk haritası Şekil 29’da verilmiştir. Bu harita, Adıyaman İli’nin yaklaşık %39’unun en az uygun ve % 28’inin az uygun sınıfları kapsadığı için ilin büyük bir kısmının GES’den yeterli düzeyde enerji elde edebilecek potansiyele sahip olmadığını göstermiştir. Ayrıca yaklaşık %8’lik bir bölümün orta uygunlukta olduğunu, %10’luk kısmının uygun olduğunu ve geri kalan %15’lik kısmının ise en uygun olduğunu göstermiştir. En uygun ve uygun alanlar çalışma alanının orta kesimler, doğu ve güneydoğu kesimlerinde yoğun olmasına rağmen, diğer kesimlerde de bu alanlar önemli ölçüde yer kapladığı için bu alanların konumuyla ilgili bir genelleme yapılamamıştır. Ayrıca bu alanların enerji hatlarına, trafo merkezlerine, ulaşım ağlarına ve su alanlarına yakın oldukları da bulunmuştur. Bunlara ek olarak, fay hatlarına, yerleşim alanlarına, doğal gaz ağlarına, orman alanlarına ve koruma alanlarına ise uzak olan alanlardan oluştuğu bulunmuştur.



Şekil 29. Adıyaman uygulama sonucu GES kurulacak alanlar

Çalışma alanının büyük bir kısmı az uygun ve en az uygun olan alanlardan oluştuğu için bu alanların konumuyla ilgili de bir genelleme yapılamamıştır. Bu durum Adıyaman İlinin Merkez, Kahta, Gerger ve Samsat ilçelerinin diğer bölgelerden daha yüksek oranda en uygun ve uygun alana sahip olmalarına sebep olmuştur. Çalışmada en az uygun ve az uygun olarak bulunan alanların eğimlerinin ve yüksekliklerinin çok yüksek olduğu ve önemli bir kısmının da kuzeye bakan (kuzey, kuzeybatı,) konumda olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca bu alanların konumlarının enerji hatlarına, trafo merkezlerine, ulaşım ağlarına ve su alanlarına göre uzakta olduğu ve fay hatlarına, yerleşim alanlarına, doğal gaz ağlarına, orman alanlarına ve koruma alanlarına göre ise yakında tespit edilmiştir. Bu sonuçlar ise Tut ilçesinin büyük bir kısmının az uygun ve en az uygun olan alanları içermesinden dolayı bu ilçenin Adıyaman'ın bütün ilçeleri arasında GES kurulumu için en uygun olmayan ilçe olarak tespit edilmiştir. Konu ile ilgili yapılan çalışmalar ve kurumların kısıtlamaları Tablo 9'a göre dikkate alındığında eğim derecesi 20 derece üstündeki alanlar, bakı yönü kuzey olan alanlar, karayolu ve demiryoluna uzaklığı 100 metre ve altında olan alanlar, yerleşim alanlarına uzaklığı 500 metre ve altındaki alanlar, akarsu ve göllere uzaklığı 500 metre ve altında olan alanlar, enerji nakil hatlarına ve trafo merkezlerine 20 km'den uzak olan alanlar ve fay hatlarına 3 km'den yakın olan alanlar uygun olmayan alan olarak gösterilmiştir. Çalışmamız sonucunda elde edilen sonuç haritasındaki az ve en az uygun bölgelerin bu kısıtlamalara uyum gösterdiği görülmektedir. Çalışma sonucunda elde edilen sonuç haritasında az ve en az uygun bölgelerin bu kısıtlamalara uyum gösterdiği görülmektedir. Ayrıca mevcut GES'in de en uygun ve uygun alanlarla uyum gösterip göstermediği incelenmiştir.

Çalışma alanına ait kurulu olarak 62 adet GES bulunmaktadır. Mevcut GES'lerin sonuç haritasında elde edilen uygun alanlar ile ilgili kıyaslamaları yapılmış ve hangi bölgelere düştüğü incelenmiştir. Sonuç haritasında GES kurulumu yapılacak bölgelerin uygunluklarına göre derecelendirmeleri Tablo 11'de verilmiştir.

Tablo 11. GES kurulumu için belirlenen bölgelerin uygunluk sınıf ve dereceleri

SINIFLANDIRMA TÜRLERİ	DERECESİ
En Az Uygun	1
Az Uygun	2
Orta Uygun	3
Uygun	4
En Uygun	5

Bu 62 adet GES elde edilen sonuç haritasında bulunan uygun alanlar ile kıyaslama yapıldığında 50 tanesinin uygun (4) ve en uygunluk (5), 7 tanesinin orta uygunluk (3), 3 tanesinin az uygun (2) ve 2 tanesinin de en az uygun(1) olan alanlar içerisinde bulunduğu bu incelemeler neticesinde tespit edilmiştir. Bazı GES'in uygun ve en uygunluk sınıflarının dışındaki alanlara denk gelmesinin nedeni veya nedenleri faktör bazında araştırılmış ve bu alanların hangi faktörle uyum göstermediği Tablo 12' de faktör bazında kıyaslamada verilmiştir.

Tablo 12. Kurulu GES'lerin uygunluk haritasına göre faktör bazında kıyaslanması

KRİTERLER	GES											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
GEP												
EĞİM	X			X	X						X	
BAKI	X	X	X						X	X		
ENHU												
TMU												
FHU					X	X	X					X
SAU	X	X	X	X		X	X		X			X
KYU	X	X	X	X	X		X	X	X			
DYU												
YAU	X	X	X					X		X	X	
DGHU		X										
KOAU												
GES Sınıflandırma Derecesi	En az uygun	En az uygun	Az uygun	Az uygun	Az uygun	Orta uygun	Orta uygun	Orta uygun	Orta uygun	Orta uygun	Orta uygun	Orta uygun

Tablo 12 incelendiğinde 1 numaralı GES'in eğim, bakı, SAU, KYU, YAU faktörleri ile uyumluluk göstermediği için sonuç haritasında en az uygun alan olan ve sınıflandırma derecesi 1 olan bölge içerisinde yer aldığı görülmüştür.

4. BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülkemizin konumu gereği sahip olduğu GEP'in farkına varılmasından sonra güneş enerjisine olan yatırım son yıllarda giderek artmaya başlamıştır. GEP' in doğru ve etkin kullanımının, enerji konusunda dışa olan bağımlılığını azaltarak ülkenin gelişimine büyük katkılar sağlayacağı söylenebilir. GES kurulum aşamasında harcanan kaynakların ve yapılan yatırımların boşa gitmemesi için kurulacak santralden yeterli oranda enerji elde edilebilmesi gerekmektedir. GEPA'da yer alan çalışma bölgesi Adıyaman ilinin GEP haritasına bakıldığında potansiyel yüksekliği açısından avantajlı olduğu görülmüştür. Adıyaman ilinin enerji potansiyelinin farkına varılması ile birlikte GES ile ilgili büyük yatırımlar yapılmaya başlanılmış ve yapılmaya devam edilmektedir. Fakat GES kurulması planlanan alanlar belirlenirken sadece GEP faktörünün yeterli olmadığı ve bu faktör dışında eğim, ENHU ve TMU gibi faktörlerinde kullanılması gerektiği literatürdeki birçok çalışmada gösterilmiştir. Bu tür faktörler herhangi bir alanın GES kurulumu için uygunluğunun değerlendirilmesinde girdi olarak uzman görüşlerine bağlı olan AHP, TOPSİS gibi yöntemlerde kullanılarak üretildiği konu ile geçmiş çalışmalarda gözlemlenmiştir. Bu yöntemler karmaşık problemleri basitleştiren bir yapıya sahiptirler. Fakat karar vericilerin yanlış değerlendirmeler yapması verilecek kararın da yanlış olmasına sebep olabilmektedir [77]. Bu nedenle subjektif yaklaşımdan kaçınmak için bu çalışmada çekirdek duyarlılığına sahip olmasına rağmen objektif bir yaklaşım olan DVM yöntemi kullanılmıştır. ÇKKV yaklaşımlarının dezavantajlarından kaçınmak mümkün değilken, DVM'nin optimum çekirdek fonksiyonu ve bu fonksiyonun optimum parametreleri seçilerek bu dezavantajından kaçınmak mümkün olabilmektedir. DVM'nin sınıflandırma işleminde kullanıcıya sağladığı avantajlar ise eğitim işlemini gerçekleştirirken sınıf ayrımını mümkün olan en iyi biçimde gerçekleştireceği için istenmeyen veriyi sınıflandırma dışı tutabilmesidir [93]. Aynı

zaman da bu durum veri kümelerinde sadeleştirme sağladığı için veri kümeleme işleminde kullanılan diğer yöntemlere oranla daha hızlı çalışmasını sağlamaktadır [94]. DVM'nin diğer yöntemler ile kıyaslandığı çalışmaların çoğunda bu yöntemin daha yüksek doğrulukta sonuçlar verdiği görülmüştür.

Bu çalışmada Adıyaman ilinin GES kurulumuna karşı uygunluğu UA, CBS ve DVM ile değerlendirilmiştir. 13 bağımsız kriterin (GEP, eğim, bakı, yükseklik, ENHU, TMU, FHU, SAU, KAU, DAU, YAU, DHU ve KOAU tematik haritaları birleştirilmiş ve oluşan bu haritada bağımlı değişkenlere denk gelen alanlar (1638(1)+1638(0)) belirlenerek 3276*13'lük bir girdi matrisi oluşturulmuştur. Bu matris bağımlı değişkenlerle birleştirilerek yeni bir matris oluşturuldu (3276*14) ve matrisin %70'i eğitim ve kalan %30'u ise test verileri olarak seçilmiştir. Eğitim verileri DVM'ni eğitip uygunluk haritasını elde etmek için kullanılmıştır. Bu aşamada veriler RBF Çekirdek fonksiyonunda farklı C ve γ değerlerine göre 100 model oluşturuldu ve bu modeller kullanılarak uygunluk haritaları elde edilmiştir. Bu haritalar 5 sınıfa (en uygun, uygun, orta uygun, az uygun ve en az uygun) ayrılmışlardır. Sonuç haritasında alansal olarak yaklaşık %39'unun en az uygun ve % 28'inin az uygun sınıfları kapsadığı için ilin büyük bir kısmının GES'den yeterli düzeyde enerji elde edebilecek potansiyele sahip olmadığı bulunmuştur. Ayrıca yaklaşık %8'lik bir bölümün orta uygunlukta olduğu, %10'luk kısmının uygun olduğunu ve geri kalan %15'lik kısmının ise en uygun olduğu görülmüştür. Modellerin performansı GD, ROC eğrileri ve AUC değerlerine göre değerlendirilmiştir. Modeller arasında C ve γ değerleri sırasıyla 10^6 ve 10^1 olan modelin bu istatistiki ölçütlere göre 0.92 olarak bulunan değer ile en iyi sonucu vermiştir. Bu en iyi modelin ROC eğrilerinin sol üst köşeye çok yakın olması ve AUC (eğitim için 0.96 ve test için 0.93) diğer eğitim hem de test verilerine göre en yüksek olduğu bulunmuştur. Bu sonuç uygulamanın bize başarılı olduğunu göstermiştir.

Yapılan bu çalışmada Adıyaman ilinde GEP açısından yüksek orana sahip bölgelerin yerleşim yerlerine, sulak alanlara, tarım alanlarına, sit ve orman alanlarına, fay hatlarına yakın yerlere denk geldiği gözlemlenmiştir. Bu durumun tam tersi olarak ise GES'lerin enerji nakil hatlarına, trafo merkezlerine, karayolları ağları gibi faktörlere uzaklıklarının en uygun alanların bulunmasında sonuç üzerinde değişimler oluşturmuştur [6]. Adıyaman ilinde GES bakımından en uygun ilçelerin Merkez, Kahta, Gerger ve Samsat olduğu sonucuna varılmıştır.

Bu çalışmanın yerel yönetimlere ve karar vericilere GES kurulacak alanların belirlenmesinde ciddi bir katkıda bulunması beklenmektedir. Ayrıca elde edilen bilgilerin yenilenebilir enerjiye yatırım yapma konusunda verimlilik ve sürdürülebilirlik sağlaması öngörülmekle birlikte gelecekte fosil yakıtı dayalı enerjiye bağımlılığın azaltılmasında da etkin rol alacağı düşünülmektedir. Fakat DVM yöntemi kullanılırken veri setinin kalitesi, eğitim ve test verisinin doğru seçimi model performanslarındaki sonuçlarda değişikliğe neden olmaktadır. Bu çalışma da literatürde en çok kullanılan %70'i eğitim ve %30'u ise test verilerini kullanarak C ve γ değerleri RBF yöntemi ile bulunmuştur. Fakat farklı veriler için her teknik de farklı sonuçlar vermektedir. Doğru tahmini bulabilmek için her tekniğe bağlı her faktör için deneme yanılma yöntemiyle değiştirilerek uygulanması gerekmektedir [95]. Bu tez kapsamında kullanılan faktörlere yeni faktörlerin giriş değeri olarak eklenmesi modelin başarısını arttıracaktır. Aynı zaman da gelişmiş bazı sınıflandırma yöntemleri veya derin öğrenme teknikleri kullanılması veya bu yöntemlerle geliştirilen hibrit yöntemlerin kullanılması sonucunda oluşturulan haritalar hem bilimsel hem de ekonomik açıdan yararlı olabilir.

KAYNAKÇA

1. Shafiee, S., Topal, E. 2009. When will fossil fuel reserves be diminished? **Energy policy**, **37**(1): 181-189.
2. Schou, P. 2000. Polluting non-renewable resources and growth. **Environmental and Resource Economics**, **16**: 211-227.
3. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2021. *2021 Yılı Faaliyet Raporu*. http://www.sp.gov.tr/upload/xSPRapor/files/BAGAC+enerji_21_fr.pdf, (Erişim Tarihi: Ocak 2023).
4. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2021). *2021 Yılı Faaliyet Raporu*. https://enerji.gov.tr//Media/Dizin/SGB/tr/Faaliyet_Raporlari/2021/ETKB2021FR.pdf (Erişim Tarihi: Ocak 2023).
5. Ayday, C., Yaman, N., Sabah, L., Höke O., 2016. Güneş Enerji Santrali Yer Seçiminde Açık Kaynak Kodlu Cbs Kullanımı-Eskişehir İl Örneği. İçinde: Uzaktan Algılama-Cbs Sempozyumu (UZAL-CBS) ss. 491-500. (Editörler: Maktav, D. ve Berberoğlu, S.). http://uzalcbs.org/wp-content/uploads/2016/11/2016_977.pdf.
6. Gerçek, Y., 2018. Güneş Enerji Santralleri İçin CBS İle En Uygun Yer Tayini: Malatya İli Örneği. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon, 78s.
7. Razykov, T. M., Ferekides, C. S., Morel, D., Stefanakos, E., Ullal, H. S., & Upadhyaya, H. M. 2011. Solar photovoltaic electricity: Current status and future prospects. **Solar energy**, **85**(8): 1580-1608.
8. Uyan, M., (2017). Güneş enerjisi santrali kurulabilecek alanların AHP yöntemi kullanılarak CBS destekli haritalanması. **Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi**, **23**(4): 343-351.
9. Akkaş, OP, Erten, MY, Çam, E., İnanç, N., 2017. Türkiye'nin İç Anadolu Bölgesinde Güneş Enerjisi Santrali İçin Optimal Yer Seçimi. **Uluslararası Fotoenerji Dergisi**, **2**: 1-13.

10. Güçlüer, D., 2010. Güneş Enerjisi Santrali Kurulacak Alanların CBS Çok Ölçütlü Karar Analizi Yöntemi ile Belirlenmesi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 59s.
11. Saner, H., 2015. Türkiye’de Güneş Enerjisi Santrallerinin Yer Seçimi ve Çevresel Etkileri: Karapınar ve Karaman Enerji İhtisas Endüstri Bölgeleri Örneklerinin Değerlendirilmesi, Ankara Üniversitesi, Doktora Tezi, Ankara, 215s.
12. Obut, Z., 2016. Göksun İlçesinde Güneş Enerjisi Santrali Kurulacak Alanların CBS Yöntemi İle Belirlenmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş, 71s.
13. Akçay, M., 2019. AHP-TOPSIS Hibrit Yöntemi ile Türkiye’de Güneş Enerjisi Santrali İçin Yer Seçimi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 121s.
14. Aslan, Ş., 2019. Güneş Enerji Santrali Yer Seçiminde CBS Kullanımı: Kayseri İli Örneği. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri, 77s.
15. Miller, A., Lumby, B. 2012. Utility scale solar power plants: a guide for developers and investors. Guidelines book written for IFC. World Bank Group, New Delhi, India.
16. Sun, S., Wang, S., Zhang, G., Zheng, J. 2018. A decomposition-clustering-ensemble learning approach for solar radiation forecasting. **Solar Energy**, **163**, 189-199.
17. Fan, J., Wu, L., Zhang, F., Cai, H., Zeng, W., Wang, X., Zou, H. 2019. Empirical and machine learning models for predicting daily global solar radiation from sunshine duration: A review and case study in China. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, **100**, 186-212.
18. Ramedani, Z., Omid, M., Keyhani, A., Shamshirband, S., Khoshnevisan, B., 2014. Potential of Radial Basis Function Based Support Vector Regression For Global Solar Radiation Prediction. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, **39**: 1005-1011.

19. Piri, J., Shamshirband, S., Petković, D., Tong, C. W., ur Rehman, M. H., 2015. Prediction Of The Solar Radiation On The Earth Using Support Vector Regression Technique. **Infrared Physics and Technology**, **68**: 179-185.
20. Chen, W., Fu, Z. J., Chen, C. S., 2014. Recent advances in radial basis function collocation methods (pp. 5-28). Heidelberg: Springer.
21. Ingrid Piirisaar. 2019 A multi-criteria GIS analysis forsiting of utility-scale photovoltaic solar plants in county Kilkenny, Ireland. Master degreethesis, 30 credits in Master in Geographical Information Science Department of Physical Geography and Ecosystem Science, Lund University12 S-223 62.
22. Kengpol, A., Rontlaong, P., Tuominen, M. 2013. A decision support system for selection of solar power plant locations by applying fuzzy AHP and TOPSIS: An empirical study.
23. Wang, C. N., Nguyen, V. T., Thai, H. T. N., Duong, D. H. 2018. Multi-criteria decision making (MCDM) approaches for solar power plant location selection in Viet Nam. **Energies**, **11**(6): 1504.
24. Asakereh, A., Soleymani, M., Sheikhdavoodi, M. J. 2017. A GIS-based Fuzzy-AHP method for the evaluation of solar farms locations: Case study in Khuzestan province, Iran. **Solar Energy**, **155**: 342-353.
25. Sindhu, S., Nehra, V., Luthra, S. 2017. Investigation of feasibility study of solar farms deployment using hybrid AHP-TOPSIS analysis: Case study of India. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, **73**: 496-511.
26. Liu, J., Xu, F., Lin, S. 2017. Site selection of photovoltaic power plants in a value chain based on grey cumulative prospect theory for sustainability: A case study in Northwest China. **Journal of Cleaner Production**, **148**: 386-397.
27. Sánchez-Lozano, J. M., García-Cascales, M. S., Lamata, M. T. 2016. GIS-based onshore wind farm site selection using Fuzzy Multi-Criteria Decision Making methods. Evaluating the case of Southeastern Spain. **Applied Energy**, **171**, 86-102.

28. Chen, J. L., He, L., Yang, H., Chen, Q., Ma, M. H., Wang, X. X., Xiao, Z. L. 2020. Coupling meteorological variables with moderate resolution imaging spectroradiometer atmospheric products for estimating global solar radiation. **Energy Conversion and Management**, **205**, 112383.
29. Olatomiwa, L., Mekhilef, S., Shamshirband, S., Mohammadi, K., Petković, D., Sudheer, C. 2015. A support vector machine–firefly algorithm-based model for global solar radiation prediction. **Solar Energy**, **115**: 632-644.
30. Piri, M., Niroomand, M., Hooshmand, R. A. 2015. A comprehensive reliability assessment of residential photovoltaic systems. **Journal of renewable and sustainable energy**, **7(5)**: 053116.
31. Shafiee, S., Topal, E. 2009. When will fossil fuel reserves be diminished?. **Energy policy**, **37(1)**: 181-189.
32. Koroneos, C., Spachos, T., Moussiopoulos, N. 2003. Exergy analysis of renewable energy sources. **Renewable energy**, **28(2)**, 295-310.
33. Kalkan, D. K., Yılmaz, S. 2017. Enerji Güvenliği Kavramı: 1973 Petrol Krizi Işığında bir Tartışma (Energy Security Concept: A Discussion in light of 1973 Oil Crisis). **Uluslararası Kriz ve Siyaset Araştırmaları Dergisi**, **1(3)**: 169-199.
34. Koç E., Şenel, M.C. 2013. Dünyada ve Türkiye’de enerji durumu-genel değerlendirme. **Mühendis ve Makina**, **54(639)**: 32-44.
35. Şenel, M.C., 2012. Rüzgâr Türbinlerinde Güç İletim Mekanizmalarının Tasarım Esasları–Dinamik Davranış,”Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi , Samsun, 202 s.
36. Gedik, H., Eraksoy, H., 2013. Renewable Energy: A Quick Guide to Turkish Regulatory Framework. http://www.gedikeraksoy.com/publications/Renewable_Energy_Legislation.pdf (Son Erişim Tarihi: Temmuz 2022).
37. BP. (2021). *Dünya Enerji İstatistikleri Raporu Özeti 12 Temmuz 2021*. <https://www.dunyaenerji.org.tr/bp-2021-dunya-enerji-istatistikleri-raporu-ozeti> (Son Erişim Tarihi: Temmuz 2022).

38. Energy, N.S., 2021. Top Five Countries With The Largest Installed Solar Power Capacity. NS Energy. <https://www.nsenenergybusiness.com/features/solar-power-countries-installed-capacity> (Son Erişim: Temmuz 2022).
39. der Europäischen Union, R., 2008. Energy/Climate Change–Elements of the Final Compromise. **Dokument en nummer, 17215(08):** 12-32.
40. Union, E., 2009. Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of Energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC. **Official Journal of the European Union, 5,** 2009.
41. Corpus Sigorta, <https://corpussigorta.com.tr/blog/is-dunyasi/yenilenebilir-enerjide-son-durum-80> (Son Erişim: Eylül 2021).
42. Asmelash, E., Prakash, G., Leme, R., Gallina, G. 2019. Irena 2019, Future of Solar Photovoltaic: Deployment, investment, technology, grid integration and socio-economic aspects (A Global Energy Transformation: paper), International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
43. Solar GIS, Global Horizontal Irradiation (GHI); 2014. http://solargis.info/doc/_pics/freemaps/1000px/ghi/SolarGIS-Solar-map-World-map-en.png (Son Erişim: Eylül 2022).
44. Yüksel, I., Kaygusuz, K. 2011. Renewable energy sources for clean and sustainable energy policies in Turkey. **Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15(8):** 4132-4144.
45. Teşkilatı, D.P. 2008. Dokuzuncu kalkınma planı (2007-2013): Bölgesel gelişme: Özel İhtisas Komisyonu raporu. Devlet Planlama Teşkilatı. OİK: 702, Teşkilatı, Ankara
46. Enerji Görünümü 2021, Kasım Dergi. <https://www.tskb.com.tr/i/assets/document/pdf/enerji-sektor-gorunumu-2021.pdf> (Son Erişim: Kasım 2022).
47. Enerji İşleri Genel Müdürlüğü (EİGM), 2008a. Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA). <http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator> (Son Erişim: Mart 2020).

48. Güneş Enerji Potansiyel Atlası, <https://gepa.enerji.gov.tr>, (Son Erişim: Şubat 2021).
49. Oral, M. 2020. Solar energy potential of Turkey and evaluation of PV applications in local scale: Case of Karabük province. **International Journal of Geography and Geography Education (IGGE)**, **42**(48), 2-503.
50. Büyükzeren, R., Altıntaş, H. B., Martin, K., Kahraman, A., 2015. Binalardaki fotovoltaik uygulamasının teknik, çevresel ve ekonomik incelenmesi: Meram Tıp Fakültesi Hastanesi örneği. **EMO Bilimsel Dergi**, **5**(10): 9-14.
51. Cebeci, S., 2017. Türkiye’de güneş enerjisinden elektrik üretim potansiyelinin değerlendirilmesi.(Uzmanlık Tezi), İktisadi Sektörler ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü. https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2022/08/Turkiyede_Gunes_Enerjisinden_Elektrik_Uretim_Potansiyelinin_Degerlendirilmesi-Seda_Cebeci.pdf (Son Erişim: Ağustos 2021).
52. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun (5346 S.K.), T.C. Resmi Gazete, 25819, 18 Mayıs 2005. <https://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.5346.pdf>. (Son Erişim: Ağustos 2021).
53. Türkiye Elektrik Piyasasında Güneş Enerji Santrallerinin (GES) Lisans Süreçleri. <https://hansu.av.tr/tr/turkiye-elektrik-piyasasinda-gunes-enerji-santrallerinin-ges-lisans-surecleri/> (Son Erişim: Temmuz 2022).
54. Anwarzai, M. A., Nagasaka, K., 2017. Utility-scale implemen table potential of wind and solar energies for Afghanistan using GIS multi-criteria decision analysis. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, **71**, 150-160.
55. Yousefi, H., Hafeznia, H., Yousefi-Sahzabi, A., 2018. Spatial Site Selection For Solar Power Plants Using A Gis-Based Boolean-Fuzzy Logic Model: A Case Study Of Markazi Province, Iran. **Energies**, **11**(7): 1648.
56. Koca H., 2019. Coğrafi Bilgi Sistemi Ve Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi İle Güneş Enerjisi Santralleri İçin Yer Seçimi Ve Değerlendirme: Menemen Örneği, Yıldız Teknik Üniversitesi , Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 56s.

57. Cortes, C., Vapnik, V., 1995. Support Vector Networks. **Machine Learning**, **20** (1): 273-297.
58. Vapnik, V., Vapnik, V., 1998. Statistical learning theory Wiley. **New York**, **1** (624): 2.
59. Fisher, R.A., 1936. The Use Of Multiple Measurements in Taxonomic Problems. **Annals Of Eugenics**, **7**(2), 179-188.
60. Rosenblatt, F., 1962. The Perceptron: A Probabilistic Model for Information Storage and Organization in the Brain. **Psychol. Rev.** **1958** (65): 386–408.
61. Schölkopf, B., Smola A.J. (2002). Learning with Kernels. MIT Press, 626s.
62. Vapnik V. and Chervonenkis A. 1974. Theory of Pattern Recognition in Russian.. Nauka, Moscow. (German Translation: Vapnik V. & Tschervonenkis A., Theorie der Zeichenerkennung),
63. Boser, B.E., Guyon, I.M., Vapnik, V.N., 1992. A Training Algorithm for Optimal Margin Classifiers. Proceedings of the Fifth Annual Workshop on Computational Learning Theory, Pittsburgh, **1992**: 144-152.
64. Vapnik, V.N., (2000). *The Nature of Statistical Learning Theory*. 2. Baskı, Springer-Verlag, New York.
65. İTÜ Veri Madenciliği Ders Notları, <http://www.ninova.itu.edu.tr/tr/dersler/bilisimenstitusu/195/bbl606/ek> (Son Erişim: Ekim 2022).
66. Clarke, B., Fokoue, E., Zhang, H. H., 2009. Principles and theory for data mining and machine learning. Springer Mathematics and Statistics Books 2009 English/International.
67. Kavzoglu, T., Colkesen, I., 2009. A Kernel functions Analysis For Support Vector Machines For Land Cover Classification. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, **11**: 352-359.
68. Sun, J., Li, H. 2012. Financial Distress Prediction Using Support Vector Machines: Ensemble vs. Individual. **Applied Soft Computing** **12**, (p. 2254-2265).

69. Kaya, K., 2016. Destek Vektör Makineleri Yardımıyla Tüketici Kredilerini Sınıflandırılması. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 135s.
70. Schölkopf, B., Smola, A.J., 2002. Learning with Kernels–Support Vector Machines Regularization, Optimization, and Beyond. London: The MIT press.
71. Cristianini, N., Shawe-Taylor, J., 2004. Kernel Methods for Pattern Analysis. United Kingdom: Cambridge University Press.
72. Fletcher, T. (2009). Support vector machines explained. Tutorial paper, 1-19. <http://www.tristanfletcher.co.uk/SVMExplained.pdf> (Son Erişim: Kasım 2022).
73. Burges, C. J. C. (1998). A Tutorial On Support Vector Machines For Pattern Recognition. **Data Mining And Knowledge Discovery**. 2: 121- 167.
74. Aydoğan, Ü., 2010. Destek Vektör Makinelerinde Kullanılan Çekirdek Fonksiyonların Sınıflama Performanslarının Karşılaştırılması. Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 82s.
75. Weston, J., Watkins, C., 1998. Multi-class support vector machines (pp. 98-04). Technical Report CSD-TR-98-04, Department of Computer Science, Royal Holloway, University of London, May.
76. Bertsekas, D.P., 1997. Nonlinear Programming. **Journal Of The Operational Research Society**, **48**(3): 334-334.
77. Tripathi, S., Srinivas, V.V., Nanjundiah, R.S., 2006. Downscaling of precipitation for climate change scenarios: A support vector machine approach. **Journal of Hydrology**, **330** (3-4): 621-640.
78. Tolun S., 2008. Destek Vektör Makineleri: Banka Başarısızlığının Tahmini Üzerine Bir Uygulama. İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul, 265 s.
79. Akşehirli, Ö., 2012. Tıbbi Araştırmalarda Destek Vektör Makinelerinin Kullanımı. Düzce Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Düzce, 145s.

80. Larsson, E., Lehto, E., Heryudono, A., Fornberg, B., 2013. Stable Computation Of Differentiation Matrices And Scattered Node Stencils Based On Gaussian Radial Basis Functions. **SIAM Journal on Scientific Computing**, **35**(4), A2096-A2119.
81. Cheng, C.H. 1996. Evaluating Naval Tactical Missile Systems by Fuzzy AHP Based on the Grade Value of Member ship Function. **European Journal of Operational Research**, **96**: 343-350.
82. Congalton, R. G., 1991. A Review of Assessing the Accuracy of Classifications of Remotely Sensed Data. **Remote Sensing Of Environment**, **37**(1): 35-46.
83. Jensen, J. R.i, 2005. Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective. Upper Saddle River, NJ: s Prentice Hall.
84. Adıyaman İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü. <https://adiyaman.ktb.gov.tr/TR-61344/cografya.html> (Son Erişim: Ocak 2023).
85. Kahta Turizm Danışma Bürosu. <https://kahtaturizmdanismaburos.ktb.gov.tr/TR-191696/genel-bilgiler.html> (Son Erişim: Ocak 2023).
86. <https://www.lafsozluk.com/2012/01/adiyaman-ilinin-turkiye-haritasindaki.html> (Son Erişim: Ocak 2023).
87. Şenlik, İ. 2017. Güneş Enerjisi Santrallerinin Yer Seçimi. **Elektrik Mühendisliği Dergisi**, **462**: 94- 98
88. TEİAŞ Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi Genel Müdürlüğü 11. İletim Tesis Ve İşletme Grup Müdürlüğü Kayseri, https://www.emo.org.tr/ekler/4546d484e137a6c_ek.pdf (Son Erişim: Ocak 2023).
89. Broesamle, H., Mannstein, H., Schillings, C., Trieb, F., 2001. Assessment of solar electricity potentials in North Africabased on satellite data and a geographic information system. **Solar Energy**, **70**(1): 1-12.
90. Resmî Gazete Sayı: 29186, 25 Kasım 2014. https://webdosya.csb.gov.tr/db/bilecik/menu/ced-yonetmeliği_20181003052043.pdf (Son Erişim: Ocak 2023).
91. Resmî Gazete Sayı: 31907, 29 Temmuz 2022. Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği

92. <https://www.ozturkclerormancilik.com/ges-orman-izinleri/> (Son Erişim: Ocak 2023).
93. Tabari, H., Kisi, O., Ezani, A., Talae, P. H., 2012. SVM, ANFIS, Regression And Climate Based Models For Reference Evapotranspiration Modeling Using Limited Climatic Data In A Semi-Arid Highland Environment. **Journal Of Hydrology**, **444**, 78-89.
94. Alqudsi, A., El-Hag, A., 2019. Application Of Machine Learning In Transformer Health Index Prediction. **Energies**, **12**(14), 2694.
95. Faizi, S. (2021). Kabil'in Hava Kalitesi Tahmininde Makine Öğrenmesi Algoritmalarının Kullanılması. Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Niğde, 93s.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Zeynep ÇAPKURT

Uyruğu: Türkiye (T.C)

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Lisans	Erciyes Üniversitesi Harita Mühendisliği,	2014
Lise	Kocasinan Anadolu Lisesi,	2007

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
2015-Halen	Milli Eğitim Bakanlığı	7

YABANCI DİL

İngilizce