

**GÜNEŞ ENERJİ SANTRALİ YER SEÇİMİNDE CBS TABANLI ÇOK
KRİTERLİ KARAR DESTEK SİSTEMİNİN UYGULANMASI
(ESKİŞEHİR İLİ ÖRNEĞİ)**

Seda CÖMERT TÜRKSEVEN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Zehra YİĞİT AVDAN

Eskişehir

Eskişehir Teknik Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Ağustos 2019

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Seda CÖMERT TÜRKSEVEN'nin "Güneş Enerji Santrali Yer Seçiminde Cbs Tabanlı Çok Kriterli Karar Destek Sisteminin Uygulanması (Eskişehir İli Örneği)" başlıklı tezi 09/08/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından değerlendirilerek "Eskişehir Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği"nin ilgili maddeleri uyarınca, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

<u>Jüri Üyeleri</u>	<u>Unvanı Adı Soyadı</u>	<u>İmza</u>
Üye (Tez Danışmanı)	: Dr. Öğr. Üyesi Zehra YİĞİT AVDAN
Üye	: Prof. Dr. Semra GÜNAY AKTAŞ
Üye	: Dr. Öğr. Üyesi Emrah PEKKAN

Prof. Dr. Murat TANIŞLI

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

ÖZET

GÜNEŞ ENERJİ SANTRALİ YER SEÇİMİNDE CBS TABANLI ÇOK KRİTERLİ KARAR DESTEK SİSTEMİNİN UYGULANMASI

(ESKİŞEHİR İLİ ÖRNEĞİ)

Seda CÖMERT TÜRKSEVEN

Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı

Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Ağustos 2019

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Zehra YİĞİT AVDAN

Gün geçtikçe sanayisi gelişen, nüfusu artan ve buna bağlı olarak enerji tüketimi hızlanan Ülkemiz enerji ihtiyacını karşılayabilmek için farklı kaynaklardan enerji üretmeye yönelmiştir. Fosil kaynaklardan üretilen enerji ile dışa bağımlılık artacağından yenilenebilir enerji kullanımı önemli hale gelmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneş enerjisi Türkiye'nin güneş potansiyeli açısından verimliliği göz önüne alındığında enerji üretmek için kullanılan önemli kaynak haline gelmiştir ve günümüzde yenilenebilir enerji kaynağı olarak güneş enerjisi oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır.

Yenilenebilir enerji sistemlerinin kurulumunda yer seçimi oldukça önemlidir. Ayrıca yer seçiminde kullanılacak yöntem karar vermekte önemli bir konudur. Bu çalışmanın amacı Eskişehir'de güneş enerji santrali için uygun olan alanların Çok Kriterli Karar Verme metodlarından Analitik Hiyerarşi Prosesi kullanılarak CBS yardımıyla analizlenmesi ve bununla birlikte var olan enerji santrallerinin yer seçimlerinin doğruluğunun belirlenmesidir.

Anahtar Sözcükler: Güneş Enerjisi, Çok Kriterli Karar Verme, Analitik Hiyerarşi Prosesi, Coğrafi Bilgi Sistemleri, Yer Uygunluk Analizi

ABSTRACT

GIS-BASED MULTI CRITERIA EVALUATION FOR SOLAR POWER PLANT SITE SELECTION IN ESKIŞEHİR, TURKEY

Seda CÖMERT TÜRKSEVEN

Department of Remote Sensing and Geographical Information System

Eskişehir Technical University, Institute of Graduate Programs, August 2019

Supervisor: Assist. Dr. Öğr. Üyesi Zehra YİĞİT AVDAN

Our country, whose industry is developing day by day, whose population is increasing and energy consumption is accelerating, has started to produce energy from different sources in order to meet its energy needs. The use of renewable energy becomes more important as the energy produced from fossil sources will increase with external dependence. Solar energy is from renewable energy sources solar energy potential of Turkey has become an important energy source used to produce Considering the efficiency and today is used quite widely in terms of solar energy as a renewable energy source.

Site selection is very important in the installation of renewable energy systems. It is also an important issue in deciding the method to be used in site selection. The aim of this study is to analyze the areas suitable for solar power plant in Eskişehir by using GIS Analytical Hierarchy Process which is one of the Multi Criteria Decision Making methods and to determine the accuracy of the location choices of the existing power plants.

Keywords: Solar Energy, Multi Criteria Decision Making, Analytic Hierarchy Process, Geographic Information Systems, Site Conformity Analysis

.../..../2019

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Eskişehir Teknik Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programı”yla tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

Seda CÖMERT TÜRKSEVEN

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam sürecinde hoşgörüsüyle, yardımıyla, bilgi ve tecrübesiyle her zaman yanımda olan danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Zehra YİĞİT AVDAN' a sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım. Tüm bilgi ve deneyimini benimle paylaşan ve yol gösteren, değerli vaktini bana yardımcı olmak için harcayan, sorunlarımla yakından ilgilenen ve çözüm üreten hocam Doç. Dr. Uğur AVDAN'a çok teşekkür ederim.

Bu çalışmanın yapılması sürecinde yardımı ve anlayışla beni destekleyen kurumum TEDAŞ Osmangazi Bölge Müdürlüğüne teşekkürü bir borç bilirim. Çalışma süresince bilgi paylaşımında bana hep destek olan OEDAŞ Genel Müdürlüğüne çok teşekkür ederim.

Hayatım boyunca her zaman arkamda olan yüksek lisansı bitirmem için beni hep destekleyen rahmetli olan canım babam ve her daim yanımda olan annem başta olmak üzere tüm aileme teşekkür ederim.

Tezimin hazırlık aşamasında yardımcı olan ve sabır gösteren eşim Harita Mühendisi Onur TÜRKSEVEN'e, sevgisiyle güç bulduğum minik oğlum Özgür TÜRKSEVEN'e çok teşekkür ederim.

Seda CÖMERT TÜRKSEVEN

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iii
ABSTRACT.....	iv
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ.....	v
TEŞEKKÜR	vi
TABLolar DİZİNİ.....	x
GRAFİKLER DİZİNİ	xi
GÖRSEL DİZİNİ.....	xii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
SİMGELER VE KISATMALAR DİZİNİ.....	xiv
1. GİRİŞ	1
1.1. Literatür Taraması	1
2. ENERJİ.....	4
2.1. Yenilenebilir Enerji.....	4
2.2. Dünya’da Durum	5
3. GÜNEŞ ENERJİ SANTRALLERİNDE YER SEÇİMİNİN YASAL DAYANAKLARI	7
4. GÜNEŞ ENERJİSİ.....	10
4.1. Güneş Enerjisinin Avantajları, Dezavantajları ve Çevresel Etkileri	10
4.2.1. Güneş potansiyel durumu	10
4.2.2. Arazinin toprak yapısı	11
4.2.3. Arazi cephesi.....	11
4.2.4. Arazi konumu	11
4.2.5. Arazinin fiziki yapısı.....	11
4.2.6. Marjinal tarım uygunluğu	11
4.2.7. Arazinin gölgeleme durumu	11

4.2.8. Arazinin hak sahipleri	11
4.2.9. Arazinin kirlenme ve tozlanma durumu	12
4.2.10. Arazinin enerji nakil hattı ile olan ilişkisi	12
4.2.11. Arazinin hava şartlarına uygunluğu.....	12
4.2.12. Arazinin ulaşım durumu.....	12
4.2.13. Arazi kuşların göç yolunda mı?	12
4.2.14. Arazinin belediyenin imar planındaki durumu.....	13
5. MATERYAL VE YÖNTEM.....	14
5.1. Veriler.....	14
5.2. Coğrafi Bilgi Sistemi ve Çok Kriterli Karar Verme	14
5.2.1. Çok kriterli karar verme	14
5.2.2. Analitik hiyerarşik yöntemi (AHP).....	17
5.2.3. AHP yönteminin işlem adımları.....	18
5.2.4. AHP analizi ve ağırlıkların elde edilmesi	23
6. BULGULAR.....	28
6.1. Çalışma Alanı	28
6.2. Yöntem	28
6.3. Analiz Verileri	29
6.4. Güneş Enerjisi Santrali Kurulacak Alanları Gösteren Haritalar	32
6.4.1 Güneş potansiyel durumu haritası.....	32
6.4.2. Bakı haritası.....	33
6.4.3. Eğim haritası.....	34
6.4.4. Yol haritası.....	35
6.4.5. Trafo haritası	36
6.4.6. Enerji nakil hattı haritası	37
6.4.7. Güneş enerji santrali yer seçimi uygunluk analizi sonuç haritası	38
7. SONUÇ	48

KAYNAKLAR..... 49

ÖZGEÇMİŞ



TABLULAR DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 2.1 Enerji türü – Enerji kaynağı.....	5
Tablo 5.1 Önem skala tablosu.....	19
Tablo 5.2 RI değerleri tablosu.....	22
Tablo 5.3 Matris tablosu	24
Tablo 5.4 Ağırlık tablosu	27
Tablo 6.1 Güneş potansiyeli durumu için sınıflandırma sonrası verilen puanlar	32
Tablo 6.2 Bakı için sınıflandırma sonrası verilen puanlar	33
Tablo 6.3 Eğitim için sınıflandırma sonrası verilen puanlar	34
Tablo 6.4 Yol için sınıflandırma sonrası verilen puanlar.....	35
Tablo 6.5 Trafo için sınıflandırma sonrası verilen puanlar.....	36
Tablo 6.6 Enerji nakil hattı için sınıflandırma sonrası verilen puanlar.....	37
Tablo 6.7 İlçelerin uygunluk tablosu	39
Tablo 6.8 İlçe uygunluk yüzde tablosu	40
Tablo 6.9 Güneş enerji santrali üretim tablosu	42

GRAFİKLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Grafik 6. 1 İlçelerin uygunluk alanları	40
Grafik 6. 2 İlçelerin uygunluk yüzdeleri.....	41



GÖRSEL DİZİNİ

Sayfa

Görsel 6. 1 Eskişehir ili yer buldu haritası 28



ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 3. 1 Güneş enerji santrali ile ilgili kanunlar	7
Şekil 5. 1 Karar analiz teknikleri	15
Şekil 5. 2 Çok kriterli karar verme yöntemi ve CBS ilişkisi	16
Şekil 5. 3 Çok kriterli karar verme yöntemi ve CBS ilişkisi	16
Şekil 5. 4 AHP ile çözümlenmesi için gereken aşamalar	18
Şekil 6. 1 Eskişehir ili ve ilçeleri eğim haritası	29
Şekil 6. 2 Eskişehir ili enerji nakil hattı haritası.....	30
Şekil 6. 3 Eskişehir ili trafo noktaları haritası	30
Şekil 6. 4 Eskişehir ili yol haritası.....	31
Şekil 6. 5 Eskişehir güneş potansiyeli durumu haritası	32
Şekil 6. 6 Sınıflandırma yapılan bakı haritası.....	33
Şekil 6. 7 Sınıflandırma yapılan eğim haritası	34
Şekil 6. 8 Sınıflandırma yapılan yol haritası	35
Şekil 6. 9 Sınıflandırma yapılan trafo haritası.....	36
Şekil 6. 10 Sınıflandırma yapılan enerji nakil hattı haritası	37
Şekil 6. 11 Uygunluk analizi haritası (il bazında)	38
Şekil 6. 12 Uygunluk analizi haritası(ilçe bazında).....	39
Şekil 6. 13 Sonuç haritası	42
Şekil 6. 14 Necati bey 2 GES panelleri	43
Şekil 6. 15 Sonuç haritası üzerinde Necati bey 2 GES panelleri.....	43
Şekil 6. 16 Fulya 1 GES panelleri	44
Şekil 6. 17 Sonuç haritası üzerinde Fulya 1 GES panelleri.....	44
Şekil 6. 18 Şems 1 GES panelleri.....	45
Şekil 6. 19 Sonuç haritası üzerinde Şems 1 GES panelleri	45
Şekil 6. 20 Rmz GES panelleri.....	46
Şekil 6. 21 Sonuç haritası üzerinde Rmz GES panelleri	46
Şekil 6. 22 Uhut GES panelleri	47
Şekil 6. 23 Sonuç haritası üzerinde Uhut GES panelleri.....	47

SİMGELER VE KISATMALAR DİZİNİ

- W : Ağırlık Vektörü
E : Temel Değer
 λ : Lamda
RI : Random Index
CI : Tutarlılık Göstergesi
GES : Güneş Enerjisi Santrali
ÇKKV : Çok Kriterli Karar Verme
CBS : Coğrafi Bilgi Sistemi
AHP : Analitik Hiyerarşik Prosesi
RES : Rüzgar Enerji Santrali

1. GİRİŞ

Bir ülkenin gelişmişlik göstergesinde sanayileşme ve ihracat tek ölçüt değildir. Gelişmişlik göstergesi olarak; ülke doğal kaynaklarının durumu, o coğrafyada yaşayan insanların durumu, o topraklarda yaşayan tüm canlıların genel yapısını içinde barındıran ölçülerle birlikte bir sentez olarak göz önüne sermesi gerekir. Bu nedenle her ülkenin gelişmişlik anlayışı ile beraberinde yatırım planlaması da farklı olur.

Enerji sosyal hayatın ve ekonominin en temel girdisidir. Çağımızda gelişen teknoloji ile birlikte enerji ihtiyacının artması, şunda kullanılan yakıt rezervinin her geçen gün biraz daha azalmasına ve en önemlisi küresel ısınma nedeniyle çevre kirliliğine sebep olmaktadır. Bu nedenle yenilenebilir enerji artık bir tercih noktası değil zorunluluk haline gelmiştir. Yenilenebilir enerji ile gündelik hayatımızda zaten var olan çeşitli ara kaynaklarla faydalı hale getirerek enerji ihtiyacımızı karşılayabilir ve bununla birlikte çevreye verdiğimiz zararı minimuma indirebiliriz.

Enerji kaynakları içinde güneş enerjisi ilk akla gelen enerji türü olup sonsuz ve tesis kurulumundan sonraki süreçte maliyetsiz bir enerji kaynağıdır. Ülkemizin coğrafi konumu itibarıyla güneş enerjisinden faydalanma süresi takvimsel olarak hem fazla hem de güneş potansiyeli yüksektir. Bu bağlamda güneş enerjisinin en faydalı şekilde kullanımı güneş enerjisi santralleridir. Güneş enerji santralleri (GES) kurulum sürecinde kurulum maliyetinin kısa sürede geri dönüş sağlanması ve santralin daha verimli olması için bir takım kıstaslar ve ölçütler yapılması gerekmektedir.

Bu çalışmanın amacı Eskişehir İli'nde Güneş Enerji Santralleri için uygun olan alanların çok kriterli karar verme (ÇKKV) metotları kullanılarak coğrafi bilgi sistemi (CBS) yardımıyla haritalandırılarak yer seçiminin yapılması, mevcut tesislerin doğruluğunun belirlenmesi ve yeni bir tesis kurulması durumunda en uygun alanın seçilebilmesidir.

1.1. Literatür Taraması

Günümüzde gelişen teknoloji ve artan enerji ihtiyacı yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını mümkün kılmaktadır. Ülkemizde yenilenebilir enerji kaynaklarından en çok kullanılanı ise güneş enerjisidir. Çünkü güneş potansiyeli açısından ülkemiz oldukça zengindir. Güneş enerjisinden az maliyetle çok fayda sağlamak için yer seçimi önemlidir. Yer seçimi çalışmasında en yaygın olan ÇKKV

yöntemlerinden analitik hiyerarşi prosesi yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem kullanılarak günümüze kadar birçok çalışma ortaya konulmuştur. Örnek çalışmalar aşağıda kısaca belirtilmiştir.

GÜÇLÜER. D., (2010) ; Bu çalışmanın genel amacı; Konya ilinde güneş enerji santrali kurulması için uygun alan belirleme işlemi çok ölçütlü karar analizi (ÇÖKA) ile yapılmıştır. Konya ili ülkemizin en büyük yüzölçümüne sahip ili olması ve güneş potansiyelin yüksek olması sebebi ile güneş enerji santrali bu bölge için uygun bir enerji üretim şeklidir (Güçlüer,2010).

AVDAN, U., (2011); Bu çalışmanın amacı; doğal afetlere özellikle depremlere karşı önlem almak için çok kriterli analiz yöntemlerinden biri olan AHP ile ağırlıklar oluşturularak afet (deprem) bilgi sisteminin analiz ve tasarımı yapılmıştır (Avdan, 2011)

ŞİMŞEK, A.B., (2014); Bu tezin amacı; çok kriterli karar analizi ve coğrafi bilgi sistemlerinin beraber kullanılarak rüzgar santralleri için yer seçiminde nasıl kullanılacağı gösterilmiştir (Şimşek, 2014)

SANER, H. S., (2015); Bu çalışmanın amacı; güneş enerji santralinin çevreye olan tüm etkilerinin Karapınar Enerji İhtisas Endüstri Bölgesindeki ve Karaman Enerji İhtisas Endüstri Bölgesindeki örneklerinin karşılaştırmalı olarak incelenmesi hedeflemiştir (Saner, 2015)

OBUT, Z., (2016) ; Bu çalışmanın amacı; coğrafi bilgi sistemi ile üretin veriler doğrultusunda Kahramanmaraş ili, Göksun ilçesinde risk oranı az, daha fazla verim alınabilecek alanlar belirleyerek güneş enerji santralinden maksimum verim almayı hedeflemiştir (Obut, 2016).

UYAN, M., (2016); Bu tezin amacı; Konya ili Çumra ilçe sınırlarında güneş enerji santrali kurulabilecek en uygun alanların ÇKKV metotları kullanılarak CBS yardımıyla haritalanmasıdır (Uyan, 2016)

DUMAN, M. H.,(2018); Bu çalışmanın amacı; Batı Akdeniz Bölgesinde güneş enerji santrali için uygun alanı yeni bir metod olan Best-Worst Metodu (BWM) ile kriterleri belirlenmiş, TOPSIS ve MOORA yöntemiyle alan belirleme çalışması yapmaktır (Duman, 2018).

AKÇAY, M., (2019); Bu çalışmanın amacı; ülkemizde güneş potansiyeli yüksek olan Antalya, Konya, Burdur, Mersin, Van ve Karaman illerinde AHP-TOPSIS yöntemi kullanılarak çalışma yapılan iler içinde uygunluk derecelerine göre sıralama yapılmasıdır (Akçay, 2019).

KOCA, H., (2019) ; Bu çalışmanın amacı; İzmir ili Menemen ilçesinde arazilerin eğiminin az olması sebebiyle Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi yöntemi kullanılarak uygun seviyeleri tespit çalışması yapmaktır (Koca, 2019)



2. ENERJİ

2.1. Yenilenebilir Enerji

Serbest halde, sürekliliği devam eden ve kullanıldıkça tükenmeyen enerji kaynağıdır. Günümüz de küresel ısınma ve çevresel sorunlar göz önüne alındığında yenilenebilir enerji önemli rol oynamaktadır.

Yenilenebilir enerji türleri;

- Hidrolik enerji
- Rüzgar enerjisi
- Jeotermal enerji
- Biyokütle enerji
- Hidrojen enerjisi
- Güneş enerjisi

olarak adlandırabiliriz. Bunları birer cümle ile tanımlamak gerekirse;

Hidrolik enerji; yükseklik farkı olan iki nokta arasında suyun akış hızından elde edilen enerji şeklidir. Eskiden tek bir türbin ile tek bir kaynaktan enerji üretilirken gelişen teknoloji ile bir su akış güzergahından bir çok türbin kurularak tek seferde daha fazla enerji elde edilebilmektedir.

Rüzgar Enerjisi ise atmosferik hareketler, yeryüzü coğrafyası gibi sebepler ile hava akımı oluşmasıyla rüzgar meydana gelir. Rüzgarın çeşitli tribünlerde değerlendirilerek elde edilen enerji çeşitlidir. Amaç ve ihtiyaçlara göre tribünlerin şekillerinde ve büyüklüklerinde farklılıklar göstermektedir. Örneğin geçmişte en ilkel zamanlarda bile buğday, arpa gibi tarım ürünlerinin öğütülmesinde rüzgar tribünleri kullanıldığı gibi günümüzde büyük tribünlerle rüzgar enerjisi santrali (RES) ile elektrik enerjisi üretilmektedir.

Jeotermal Enerji; yer altında bulunan farklı derinliklerde ortaya çıkan ısınan sıvıların verdiği enerji çeşididir. Örneğin ilimizde sıcak su kaynağı sadece termal için kullanılır iken komşu ilimiz olan Afyonkarahisar da konutlarda ısınma ve sıcak su ihtiyacı da bu şekilde sağlanmaktadır.

Biyokütle Enerjisi; esas kaynağı bitkisel ve hayvansal ürünler olup atıkların çeşitli şekillerde yakılarak enerji elde edilmesi işlemidir. Sanayileşen dünyada daha az yakıtla daha fazla enerji elde etmek amacıyla ihtiyaç duyulan enerji çeşididir. Biyokütle atıkların belli bir reaksiyon sonucunda büyük miktarda enerji ortaya çıkmaktadır.

Ayrıca hem yenilenebilir bir kaynak hem de çevreci bir kaynak olarak çevresel sorunlarla mücadelede önemli rol oynar.

Hidrojen Enerji; Fosil kaynaklardan veya su kaynaklarından elde edilmesi durumu hidrojen enerjisine yenilenebilir kılmaktadır. Doğal enerji olmamasına rağmen, sürdürülebilir enerji kaynağıdır.

Güneş Enerjisi; dünyadaki hayatın temelini oluşturan güneş sonsuz ve güçlü bir enerji kaynağıdır. İlk çağlardan beri herhangi bir aygıt olmaksızın kullanılan güneş ışınları günümüzde güneş panelleri sayesinde elde edilen güneş enerji santrallerinde elektrik enerjisi olarak karşımıza çıkmaktadır.

Tablo 2.1 *Enerji türü – Enerji kaynağı*

	<i>Yenilenebilir Enerji Kaynakları</i>	<i>Kaynak veya Yakıtı</i>
1	Güneş Enerjisi	Güneş
2	Rüzgar Enerjisi	Rüzgar
3	Biyokütle Enerjisi	Biyolojik artıklar
4	Jeotermal Enerji	Yer altı suları
5	Hidrolik Enerji	Nehirler
6	Hidrojen Enerjisi	Su ve Hidroksitler

2.2. Dünya’da Durum

Güneş enerjisi, yeryüzündeki fiziksel oluşumları etkileyen en önemli enerji kaynağıdır. Güneşten gelen güç dünya için sonsuz bir enerji kaynağıdır. “Dünyadaki tüm elektrik santrallerindeki gücün toplamı güneşten gelen gücün 61.000’de birinden azdır. Nükleer santrallerin ürettiği toplam güce bakıldığında ise güneşten gelen gücün 527.000 kat daha fazla olduğu görülmektedir. (Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, 2014)

19. yüzyılda bilim adamlarının araştırmaları sonucu bazı nesnelere güneş ışığı altında kalınca elektrik ürettiğini keşfetmişlerdir. Ve böylece güneş ışınlarını elektrığe çevirmek önemli bir araştırma konusu haline gelerek günümüze kadar devam etmiştir. İlk güneş hücresi 1893 yılında icat edilerek çeşitli alanlarda kullanılmaya başlanmış günümüzde de güneş enerjisi pilleri üretilerek gelişimini göstermiştir.

Güneşten dünyaya bir saatlik zaman diliminde ulaşan enerji dünyanın yaklaşık bir yıllık enerji ihtiyacını karşılayacak enerji düzeyinde olmaktadır. Güneş enerjisi, dünyadaki diğer enerji kaynaklarından ve dünya genelinde yıllık enerji tüketimin çok üstünde bir güce sahiptir.

2.3. Türkiye’de Durum

Türkiye coğrafi konumu ve farklı iklim çeşitliliği sayesinde enerji türü açısından zengin bir ülkedir. Mevcut yer altı zenginlikleri ve mevcut kaynakları ile birçok ülkeye enerji verebilecek bir konumdadır. Ayrıca ülkemizde düzenlenen yasa ve yönetmeliklerde yenilenebilir enerjiye teşvik sağlamaktadır.

Türkiye güneşlenme süresi sıralamasında çoğu gelişmiş ülkeden ön sırada yer almaktadır. Doğal ve sonsuz bir kaynak olan güneşe dayalı olarak kurulan güneş enerji santralleri de her geçen gün sayısı ülkemizde artmaktadır. Aynı zamanda da yapılan incelemeler ile söz konusu güneş enerji sistemi ile diğer kaynakların çevreye verdiği zararda engellenecektir.

3. GÜNEŞ ENERJİ SANTRALLERİNDE YER SEÇİMİNİN YASAL DAYANAKLARI

Güneş enerjisi santralleri için hazırlanmış olan mevzuatlar ve uygulama yönetmelikleri göz önüne alınarak yer seçimi yapılmalıdır. Konuyla ilgili olan kanunlar şu şekildedir; (Şekil 3.1)



Şekil 3.1 Güneş enerji santrali ile ilgili kanunlar

5346 Sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımın İlişkin Kanun: Bu Kanunun amacı; yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanımının yaygınlaştırılması, ekonomik ve güvenilir biçimde ekonomiye kazandırılması çevrenin korunmasıdır.

4737 Sayılı Endüstri Bölgeleri Kanunu: Bu Kanunun amacı endüstri bölgelerinin kurulması, yönetim ve işletilmesine ilişkin esasları düzenlemektir.

2872 Sayılı Çevre Kanunu: Bu Kanunun amacı, bütün canlıların ortak varlığı olan çevrenin, sürdürülebilir çevre olarak korunmasını sağlamaktır.

6831 Sayılı Orman Kanunu: Bu Kanunun amacı; orman alanlarında güneş enerji santrallerine ilişkin yatırımlar kısıtlanmakla birlikte kamu yararı olduğu durumlarda bu yatırımlar için orman alanlarının kullanılabilmesini sağlamaktadır.

2873 Sayılı Milli Parklar Kanunu: Bu Kanunun amacı, yurdumuzdaki milli değerlere sahip milli park alanlarının seçilip belirlenmesine, özellik ve karakterleri bozulmadan korunmasına ve yönetilmesine ilişkin esasları düzenlemektir.

4915 Sayılı Kara Avcılığı Kanunu: Sürdürülebilir av ve yaban hayatı için av ve yaban hayvanlarının doğal yaşam ortamları ile birlikte korunmaları amaçlanmaktadır.

4342 Sayılı Mera Kanunu: Bu Kanunun amacı; esas olarak halkın tarım ve hayvancılık alanında gelişmesini destekleyerek halkın ortak alanı olan mera kullanımını korumaktır. Ancak mera vasfı kalmamış alanlarda da kamu yararı göz önüne alınarak bu alanlarda güneş enerji santrali için vasıf değişikliği konusu hakkında yasal süreci düzenler.

5403 Sayılı Toprak Koruma ve Arazi Kullanım Kanunu: Tarım arazilerinin kullanım amacı, miras yolu ile daha küçük parçalara ayrılmasını engellemek ve tarımın gelişmesini sağlamak amacı ile düzenlenmiştir.

3083 Sayılı Sulama Alanlarında Arazi Düzenlenmesine Dair Tarım Reformu Kanunu: Bu Kanunun amacı; Toprağın verimli şekilde işlenmesi, işletilmesinin korunması, ekonomik verimin artırılması ve ekonomik verimin artmasıdır.

3573 Sayılı Zeytinciliğin Islahı ve Yabanilerin Aşılattırılması Hakkında Kanunu: Bu Yönetmelik; iklim açısından uygun bölgelerde ve zeytin yetiştiriciliğine elverişli topraklara zeytinlik kurulmasını sağlamak ve mevcut zeytinliklerde ürünün miktar ve kalitesini yükseltmek amacı ile hazırlanmıştır.

2863 Sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu: Bu Kanunun amacı; korunması gerekli taşınır ve taşınmaz kültür ve tabiat varlıkları ile ilgili tanımları

belirlemek, bu alanlarda ortaya çıkacak her hangi bir konuya esas durum olduğunda bunların ne şekilde ve hallerde korunmasının sağlanacağını düzenler.

3621 Sayılı Kıyı Kanunu: Bu Kanun, deniz, tabii ve suni göl ve akarsu kıyıları ile bu yerlerin etkisinde olan ve devamı niteliğinde bulunan sahil şeritlerinin doğal ve kültürel özelliklerini göz önüne alınarak korunması amacıyla düzenlenmiştir.

2565 Sayılı Askeri Yasak Bölgeler ve Güvenlik Bölgeleri Kanunu: Bu Kanunun amacı; yurt savunması, güvenliği ve gizliliği sağlamak için askeri sınırların kurulması, kaldırılması ve ya gerektiğinde genişletilmesini konularını düzenler.

2920 Sayılı Türk Sivil Havacılık Kanunu: Bu Kanunun amacı; hızlı bir gelişme havacılık sahasındaki faaliyetlerin ulusal çıkarlarımız ve uluslararası ilişkilerimize uygun bir şekilde düzenlenmesini sağlamaktır.

4. GÜNEŞ ENERJİSİ

4.1. Güneş Enerjisinin Avantajları, Dezavantajları ve Çevresel Etkileri

Güneş enerjisinin avantajları; doğal bir kaynak olup sonsuzdur. Ham madde maliyeti yoktur. Ülkemiz güneşlenme süresi anlamında elverişlidir ve çevresel zararı bulunmamaktadır. Dezavantajları ise, tüm yıl boyunca standart enerjisi yoktur. Mevsimsel ve gece-gündüz dönemsel olarak değişimler gösterir. İlk maliyeti oldukça fazladır. Orta ve küçük çaplı kurulan santraller için geri dönüş süresi uzundur ve gölgeleme durumlarında enerji kaybı yaşanır.

Güneş enerjisinin çevresel etkilerine bakıldığında herhangi bir zararlı gaz salınımı yoktur. Karbon ayak izi sıfırdır. Tarımsal amaçla üretimin yapılamadığı ya da ürün çeşitliliği olmayan alanlar seçilmesi durumunda bölgesel gelişime katkı sağlar. Gelişen teknoloji ile güneş enerji santralleri panelleri güneşin atmosfer olayı sonucu oluşan yağmur olayı ile kendini temizlemektedir. Büyük alanlarda görüntü farklılıkları oluşturmaktadır.

4.2. Güneş Enerjisi Santrallerinde Arazi Seçimi

Güneş enerji santrallerinde ana kıstas üretim ham maddesi olan güneşin, o bölgeye gelen güneşleme süresine ve gücüne dikkat etmek gerekir. Ancak bu durum bir zorunluluk olmaktan çok kurulan düzenden daha çok verim almayı sağlar. Örneğin santralin kurulacağı alanda eğim şartı olmamasına rağmen, eğim konusu tesisin kurulum maliyetini etkileyen bir faktördür. Güneş enerji santrallerini etkileyen parametreler güneş potansiyeli durumu, arazinin toprak yapısı, arazi cephesi, arazi konumu, arazinin fiziki yapısı, marjinal tarım uygunluğu, arazinin gölgeleme durumu, arazinin hak sahipleri, arazinin kirlenme ve tozlanma durumu, arazinin enerji nakil hattı ile olan ilişkisi, arazinin hava şartlarına uygunluğu, arazinin ulaşım durumu, arazi kuşların göç yolunda mı ve arazinin belediyenin imar planındaki durumudur.

4.2.1. Güneş potansiyel durumu

Güneş santrali için arazi seçiminde aranacak ilk şart güneş potansiyeli miktarıdır. Uygulama yapılacak alanın güneşlenme süresi yani güneş potansiyeli yüksek ise kurulan tesis verimi o derece artmaktadır. Bu tezin amacı da güneş potansiyelini destekleyen kriterleri oluşturarak uygun yer seçimi yapılması ve kurulacak tesisin doğru bir yatırım olmasını sağlamaktır.

4.2.2. Arazinin toprak yapısı

Seçim yapılacak zeminin yapısı inşaat maliyeti ve inşaat malzemeleri ulaşımı için önemlidir. Örneğin zemin yumuşak ise panel ayakları için ekstra beton pabuçlar gerekir için zemin kayalık ise panellerin sabitlenmesi için farklı ekipmanlar gerekmektedir.

4.2.3. Arazi cephesi

Güneşlenme açısının güney olması gerekmekte olup güneş süresini maksimumda tutmak gerekir.

4.2.4. Arazi konumu

Güneş enerjisi santrali için arazi seçiminde dikkat edilmesi gereken önemli hususlardan biride arazinin konumudur. Tesisin kurulacağı alan heyelan bölgesi, dere yatağı veya çevresel faktörlerden zarar görecekt yerlerde olmaması gerekir.

4.2.5. Arazinin fiziki yapısı

Arazinin fiziki yapısı ana unsur maddelerden olmayıp, yatırım maliyetini etkilen bir unsurdur. Örneğin ulaşımın zor olduğu sarp bir alana yapılan kepçe ve tır ulaşım bedeli, çalışma saati ile ana güzergaha yakın bir parselin bedeli bir değıldir. Ancak bu parsellerinde ilk yatırım bedeli olan satın alma yada kiralama bedelleri de aynı olamayacağı göz önüne alındığında bir maliyet orantısı kurmak gerekir.

4.2.6. Marjinal tarım uygunluğu

Tesis için seçilen parselin tarım durumu önemlidir. Bölgenin özel bir ürününe yada çok elverişli bir tarım arazisi ise marjinal tarım uygunluk izni alınamaz. Böyle bir durumda da güneş enerji santrali tesisi o parselde kurulamaz.

4.2.7. Arazinin gölgeleme durumu

Tesisin yapılması istenilen alanda etrafta parsel üzerine gölge yapma ihtimali olan sebepler olmadığına dikkat etmek gerekir. Söz konusu parselde plan yaptırırken ve etrafında var ise imar planına dikkat etmek gerekir. Bölge yapılaşma koşullarına dikkat etmek gerekir.

4.2.8. Arazinin hak sahipleri

Tesisin kurulması planlanan parsel ya da parseller üzerinde güncel tapu kayıtları üzerinden hak sahipleri ile gerekli görüşmeler yapılmalıdır. Tapu maliki güncel

olmadığı durumlarda intikal ve mirasçılar ile görüşmeler, anlaşmazlıklar süreç uzatan hususlardır.

4.2.9. Arazinin kirlenme ve tozlanma durumu

Güneş enerjisi santralının kurulması planlandığı parselin etrafından normal tozlanma miktarına ilave olarak etrafta farklı tesislerin olup, olmadığına dikkat etmek gerekir. Örneğin kum ocağı, maden sahası veya ağır yüklü kamyon güzergahı gibi ekstra tozlanmaya sebep olacak işletmeler olup, olmadığına dikkat edilmesi gerekir. Çünkü tozlanma paneller için önemli bir verim kaybı unsurudur.

4.2.10. Arazinin enerji nakil hattı ile olan ilişkisi

Güneş enerji santrali faaliyete geçmesi için ana enerji nakil hattı ile bir trafoya bağlanması gerekir. Ancak bu durumda santralin olduğu alan ile enerji nakil hattı arasında olan parsellerin muvafakat ya da kamulaştırma işlemlerinin yapılması gerekir. Daha sonra parsel ile enerji nakil hattı arasına direkler dikilerek bağlantı sağlanır.

4.2.11. Arazinin hava şartlarına uygunluğu

Güneş enerji santrali kurmadan önce bölgenin en az son bir yıllık hava durumu analizi incelenmeli ve yıl içinde yağmur, sislenme ve güneşlenme süreleri araştırılmalıdır.

4.2.12. Arazinin ulaşım durumu

Santrale konu olan parsel ya da parseller ana güzergahlardan uzak ise bu durum yatırımcı için maliyet yüksekliği olarak karşımıza çıkar. İlk kurulum bedeli tesisin ana elektrik hattına olan bağlantı masrafları gibi ulaşım bedeli etkiler.

4.2.13. Arazi kuşların göç yolunda mı?

Özellikle rüzgar enerjisi santrallerinde önemli bir konu olan göç yolu güneş enerji santralleri için önem arz eden bir husustur. Kuş türlerinin dışkılarında bulunan asidik maddeler güneş panellerine zarar verebilir, kullanım süresini azaltabilir. Güneş panelleri kendi kendine yağmurla temizlenebilir iken böyle bir durumda farklı temizleme yöntemleri gerekebilir.

4.2.14. Arazinin belediyenin imar planındaki durumu

Kurulması planlanan tesisin ilgili belediyesi ile görüşmeler yapılarak tesise uygun imar planı hazırlanması gerekir. 1/1000 uygulama imar planı ve 1/5000 nazım imar planı onaylatıldıktan sonra parsel üzerinde imalata başlanması gerekir.



5. MATERYAL VE YÖNTEM

5.1. Veriler

Bu çalışmada; sayısal yükseklik modeli kullanılarak bakı ve eğim haritası üretilmiştir. Bu harita üzerinden güneş enerji potansiyeli haritası yapılmış ve vektör veri halinde olan fay, yol, akarsu, yerleşim, enerji nakil hattı ve trafo haritaları raster veriye dönüştürülerek haritalar oluşturulmuştur. Bu haritaların oluşturulmasında ArcGIS programı ile CBS yazılımı kullanılmıştır.

5.2. Coğrafi Bilgi Sistemi ve Çok Kriterli Karar Verme

Coğrafi Bilgi Sistemi yapılan analizler sonucu karar verme yazılımıdır. Elimizdeki tercih yapacağımız konuya göre analizde etki edecek veriler belirlenir. Bu verilerin konum (x, y) ilişkisi ile birlikte, önem sıralarına göre CBS programı sayesinde analiz yapılmasını sağlar.

CBS analizi bize zaman kazandırır, doğru karar ve yatırım imkanı sağlar. CBS ve ÇKKV Yöntemlerinden AHP ile istenilen bilgiler belirli kriterlerden geçerek doğru karar verme sürecinde yardımcı olmaktadır. Örneğin güneş enerji santrallerinin yer seçimi için yapılacak bir çalışmada verilerin birbiri ile uyumlu olarak analiz edilmesinde en iyi yöntem CBS tabanlı ÇKKV dir.

Bu yöntemin kullanılabilmesi için ihtiyacımız olan verilerin eksiksiz olması gerekiyor. Ancak bu şekilde doğru analiz gerçekleşmiş olur.

5.2.1. Çok kriterli karar verme

Karar verme, en iyi çözümün bulunabilmesi için karar vericiler tarafından bulunan yöntemlerin araştırılması sürecidir. Karar analizi ise, problemin matematiksel, istatistiksel olarak değerlendirilerek sistematik işlemlerle sonuçlandırılmasıdır.

Karar analizi teknikleri grafikte de görüldüğü üzere Tek Amaçlı Karar Verme, Karar Destek Sistemleri ve Çok Kriterli Karar Verme olmak üzere 3 gruba ayrılır.

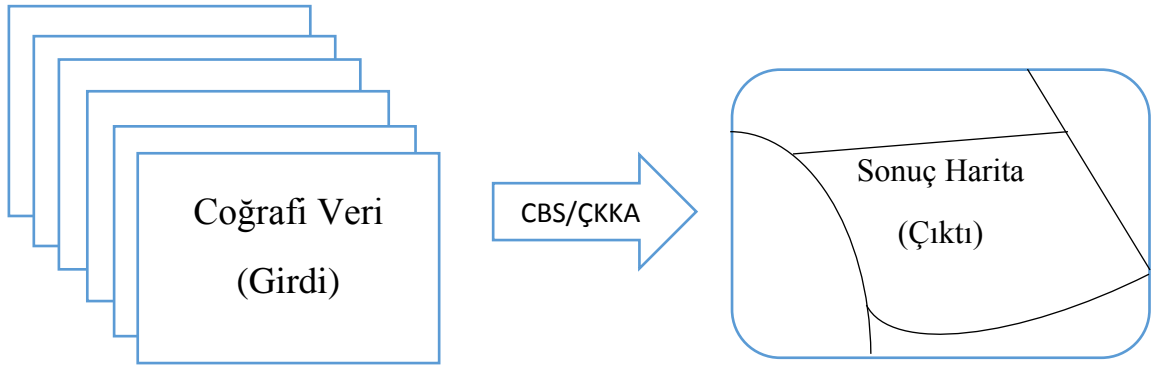
ÇKKV yöntemi kriterler arasında en yaygın olarak kullanılanıdır. ÇKKV, kriterler arasında değerlendirme, alternatifler arasında ise seçim yapma, gruplandırma ve sıralanmasını sağlayan yöntemdir. Bu yöntemde kendi içinde Çok Ölçütlü Karar Verme ve Çok Amaçlı Karar Verme olarak 2 gruba ayrılır.



Şekil 5.1 Karar analiz teknikleri

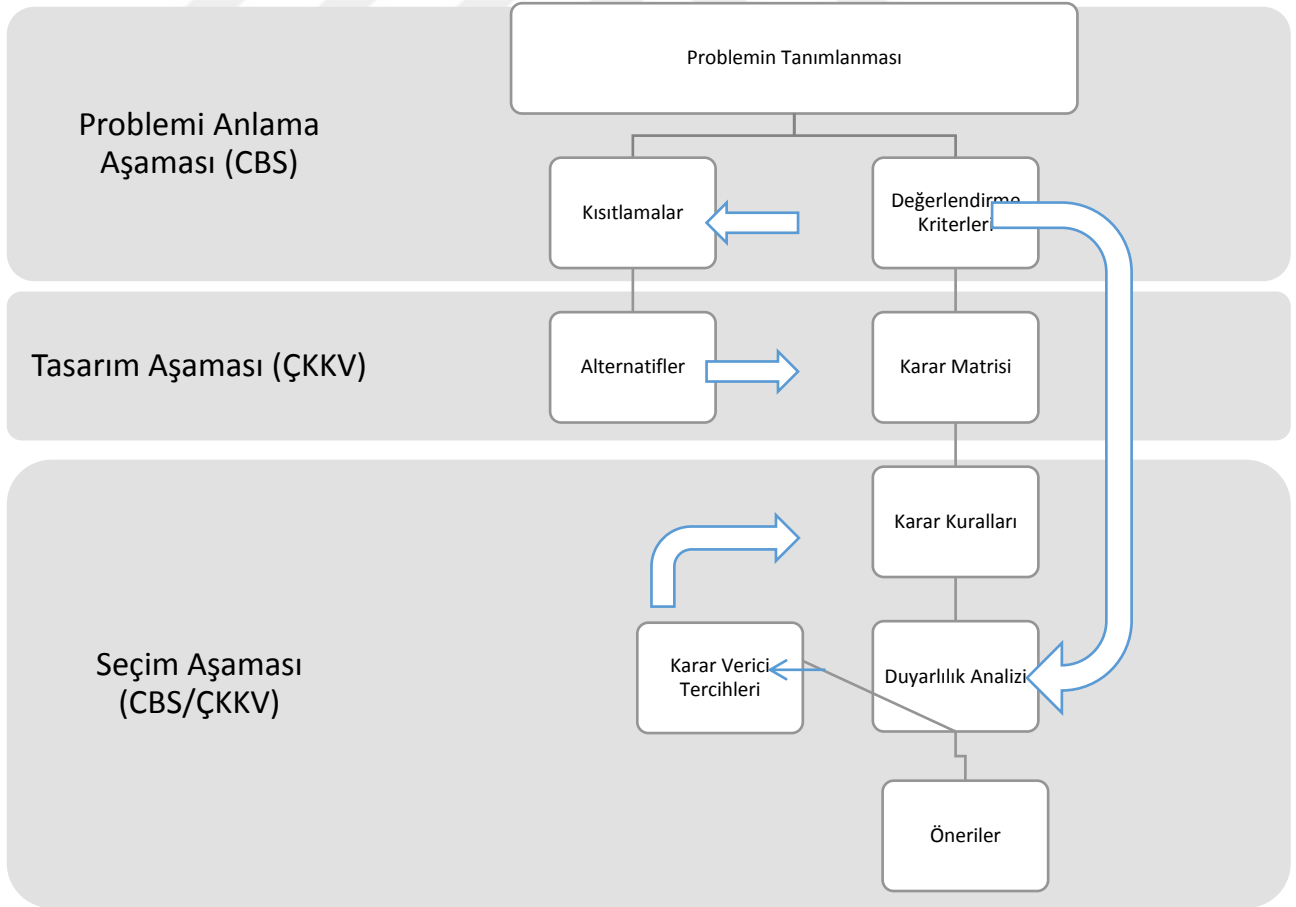
ÇKKV yöntemlerini kullanmaktaki amaç karmaşık veri sayısının fazla olduğu durumlarda problemin analiz edilebilmesi için karar verme mekanizmasını kontrol altında tutarak sonucu olabildiğince hızlı bir şekilde belirleyebilmektir. ÇKKV yöntemi belirlenen kriterlere göre değerlendirme yapan bir model olarak kabul edilir. Bu kriterler çok fazla sayıda ve farklı alanlarda olabileceğinden bu konuya hakim uzmanı tarafından değerlendirilmelidir. Temel amaç karmaşık olan verilerin sade ve anlaşılır duruma gelebilmesidir.

ÇKKV gerçekte mekânsal anlamda iki önemli kriter olan CBS ve ÇKKV nin bir arada kullanılmasıdır. CBS kullanılarak, verilerin elde edilmesi, işlenmesi depolanması analiz edilmesi düzenlenmesi yapılır. ÇKKV kullanılarak ise coğrafi veriler bir araya getirilip toplanarak karar verme aşamasında tercihlerin oluşturulmasıdır. CBS ve ÇKKV yöntemleri birbirlerini destekler ve problem çözümünde büyük kolaylık sağlar.



Şekil 5.2 Çok kriterli karar verme yöntemi ve CBS ilişkisi

ÇKKV yöntemi üç aşamada gerçekleşen bir süreçtir. Bu aşamalardan birincisi problemin tanımlanması, ikincisi problemin çözümüne yönelik tasarım yapma üçüncü aşama ise ortaya çıkan öneriler arasından en uygun olanını belirlemedir. Şekilde de görüldüğü üzere CBS teknikleri ilk aşamada, ÇKKV tekniği ikinci aşamada, CBS ve ÇKKV yöntemlerinden ikisi de üçüncü aşamada kullanılır.



Şekil 5.3 Çok kriterli karar verme yöntemi ve CBS ilişkisi

Güneş Enerji Santrallerinin yer seçimi işleminde kullanılan kriterlerin işlenmesi için alan uzmanı görüşü ışığında o alana ait kriterlerin ağırlıklandırılması gerekmektedir. Bu işlem çok kriterli analiz yöntemlerinden biri olan AHP ile yapılarak karar vericinin deneyimleri etkin bir şekilde değerlendirmeye alınarak, karmaşık problemler daha sade ve anlaşılır bir şekilde çözümlenerek aynı zamanda karşılaştırmaların tutarlılığı test edilmektedir. AHP yöntemi CBS ortamında oluşturulan sözel nitelikli verilerin sayısal hale getirilmesi olarak ifade edilir.

5.2.2. Analitik hiyerarşik yöntemi (AHP)

AHP yöntemi 1980 yılında Saaty tarafından geliştirilmiştir. 3 temel prensibe dayanır. Bunlar analiz, karşılaştırmalı karar verme ve önceliklerin sentezidir. AHP, kararı etkileyen faktörlerin yüzde dağılımlarını veren bir karar verme yöntemidir. AHP, belirlenen karar noktaları arasında birebir karşılaştırmaya dayanır. AHP yöntemi ile sayısal ve sözel ifadeler bir arada kullanılarak birlikte değerlendirilebilmektedir. Sözel olan veriler AHP yöntemi kullanılarak matematiksel bir dille anlatılmak istenmektedir. AHP, bireyin düşüncelerinin bilgisinin ve deneyiminin mantıksal bir şekilde rakamlarla ifade etmesidir. Buda AHP' nin en önemli özelliğidir.

AHP yöntemi ile CBS de kullanılan sözel verilerin karar verme açısından değerlendirilmesinde olanak sağlar. Bu yöntemde uzman görüşüne başvurusu karşılaştırılmanın doğru yapılması için büyük önem taşımaktadır.

AHP, ikili karşılaştırma ilkesine dayanır. Bunu 1 ve 9 rakamlarını kullanarak yapar. Bu yöntem ile birçok karmaşık problem çözüme kavuşturulur. AHP yönteminde ikili karşılaştırma yapıldığı için problemin çözümü için karar vermede karar vericinin rolü büyük önem taşır

AHP yöntemi, en yaygın kullanılan çok kriterli karar verme tekniklerinden biri olduğu için birçok avantajı da beraberinde getirmektedir. Sahip olduğu özellikler sayesinde birçok problemin çözümlenmesinde kolaylık sağlamaktadır. AHP yönteminin avantajları;

- AHP ile karar problemleri biçimsel olarak ifade edilir ve böylece karışıklık giderilerek daha basit bir yapıya kavuşturulur.
- AHP de ikili karşılaştırma sırasında karar vericinin kişisel görüşü kullanılır. Böylece sayısal verilerin yanında karar vericinin kendi fikir ve düşünceleri de önemli hale gelmektedir.

- Karar verici ikili karşılaştırma ile her bir elemanla ilgilenirken bir yandan da tüm elemanları düşünerek hareket etmesi gerekmektedir. Buda çalışmanın bütünlüğü ve sonucun tutarlı çıkması için önem arz etmektedir.
- Karar vericinin yaptığı karşılaştırmanın doğruluğunu test etmek mümkündür.

Çok ölçütlü karar problemlerinin araştırılmasında kullanılan AHP yöntemi karar vermede önemli bir araçtır. Bu yöntemle temel alınan ikili karşılaştırma yönteminin doğruluğu test edilebilir. AHP yöntemi karmaşık problemlerin çözümünde sağladığı basitlik, kullanım kolaylığı, yorumlanmasının rahatlığı ile her türlü probleme rahatlıkla uygulanır.

5.2.3. AHP yönteminin işlem adımları

Bir karar verme probleminin AHP ile çözümlenebilmesi için gerçekleştirilmesi gereken işlem aşamaları şekil 5.4 gösterildiği gibidir.



Şekil 5.4 AHP ile çözümlene yapılması için gereken aşamalar

Karar verme probleminin tanımlanması iki aşamadan oluşur. Birinci aşamada karar noktaları saptanarak ‘karar kaç sonuç üzerinden değerlendirilecektir?’ sorusuna cevap aranır. İkinci aşamada da karar noktalarını etkileyen faktörler saptanır. İkili karşılaştırmaların tutarlı ve mantıklı yapılabilmesi için sonucu etkileyecek olan faktörlerin sayısının doğru belirlenerek her bir faktörün detaylı tanımlarının yapılması gerekir. İkinci aşama olan faktörler arası karşılaştırma matrisi, $n \times n$ boyutlu bir kare matristir (Yaralıoğlu, K., 2011). Karşılaştırma matrisi (4.1) eşitliği şeklinde yapılır.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

(4.1)

Karşılaştırma matrisinin köşegeni üzerindeki bileşenler, yani $i = j$ olduğunda, 1 değerini alır. Böylece ilgili faktör kendisi ile karşılaştırılmaktadır. Matrisin diğer elemanları ikili karşılaştırma ile yapılır. Faktörlerin karşılaştırılması, birbirlerine göre sahip oldukları önem değerlerine göre birebir ve karşılıklı yapılır (Yaralıoğlu, K., 2011). Faktörlerin birebir karşılıklı karşılaştırılmasında tablo 5.1 de ki önem skalası kullanılır.

Tablo 5.1 Önem skala tablosu

Önem Değerleri	Değer Tanımları
1	Her iki faktörün eşit öneme sahip olması durumu
3	1. Faktörün 2. faktörden daha önemli olması durumu
5	1. Faktörün 2. faktörden çok önemli olması durumu
7	1. Faktörün 2. faktöre nazaran çok güçlü bir öneme sahip olması durumu
9	1. Faktörün 2. faktöre nazaran mutlak üstün bir öneme sahip olması durumu
2,4,6,8	Ara değerler

Örneğin, karşılaştırmayı yapan karar verici tarafından birinci faktör üçüncü faktöre göre daha önemli görünüyorsa, karşılaştırma matrisinin birinci satır üçüncü sütun bileşeni 3 değerini alacaktır. Tersisi durum söz konusu ise karşılaştırma matrisinin birinci satır üçüncü sütun bileşeni 1/3 değerini alacaktır. Aynı karşılaştırmada birinci faktörle üçüncü faktörün karşılaştırılmasında faktörler eşit öneme sahip oldukları yönünde tercih kullanılıyorsa bu durumda bileşen 1 değerini alacaktır. (Yaralıoğlu, K., 2011) Karşılaştırmalar, karşılaştırma matrisinin tüm değerleri 1 olan köşegeninin üstünde kalan değerler için yapılır. Köşegenin altında kalan bileşenler için ise doğal olarak (4.2) formülünü kullanmak yeterli olacaktır. (Yaralıoğlu, K., 2011)

$$a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}} \quad (4.2)$$

Tüm kriterler formül 4.1 de gösterilen şekilde düzenlenerek A matrisi elde edilir.

Diğer bir adım olan karşılaştırma matrisi faktörlerin birbirlerine göre önem seviyelerini belirli bir mantık içerisinde gösterir. Ancak bu faktörlerin bütün içerisindeki ağırlıklarını, diğer bir deyişle yüzde önem dağılımlarını belirlemek için, karşılaştırma matrisini oluşturan sütun vektörlerinden yararlanılır ve B sütun vektörü oluşturulur. (Yaralıoğlu, K., 2011)

$$B_i = \begin{bmatrix} b_{11} \\ b_{21} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ b_{n1} \end{bmatrix} \quad (4.3)$$

B sütun vektörü (4.4) formülünden yararlanılarak oluşturulur.

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (4.4)$$

B sütun vektörü, diğer değerlendirme faktörleri arasında tekrarlandığında faktör sayısı kadar elde edilir. n adet B sütun vektörü, bir matris formatında bir araya getirildiğinde, (4.5) eşitliğinde gösterilen C matrisi oluşturulacaktır.

$$C = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ c_{n1} & c_{n2} & \dots & c_{nn} \end{bmatrix} \quad (4.5)$$

(4.5) eşitliğindeki C matrisinden yararlanarak, faktörlerin birbirlerine göre önem değerlerini gösteren yüzde önem dağılımları elde edilebilir. Bunun için (4.6) formülünde gösterildiği gibi C matrisini oluşturan satır bileşenlerinin aritmetik ortalaması alınır ve Öncelik Vektörü olarak adlandırılan W sütun vektörü elde edilir.

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n c_{ij}}{n} \quad (4.6)$$

(4.7) eşitliğinde W ağırlık vektörü gösterilmiştir.

$$W = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ w_n \end{bmatrix} \quad (4.7)$$

AHP kendi içinde ne kadar tutarlı bir sistematiğe sahip olsa da sonuçların gerçekçiliği doğal olarak, karar vericinin faktörler arasında yaptığı birebir karşılaştırmadaki tutarlılığa bağlı olacaktır. AHP bu karşılaştırmalardaki tutarlılığın ölçülebilmesi için bir süreç önermektedir. Sonuçta elde edilen Tutarlılık Oranı (CR) ile, bulunan öncelik vektörünün ve dolayısıyla faktörler arasında yapılan birebir karşılaştırmaların tutarlılığın test edilebilmesi imkanını sağlamaktadır. CR değerinin hesaplamasının özünü, faktör sayısı ile Temel Değer adı verilen (λ) bir katsayının karşılaştırılmasına dayandırmaktadır. λ 'nın hesaplanması için öncelikle A karşılaştırma matrisi ile W öncelik vektörünün matris çarpımından (4.8) eşitliğinde gösterilen D sütun vektörü elde edilir. (Yaralıoğlu, K., 2011)

$$D = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ w_n \end{bmatrix} \quad (4.8)$$

D sütun vektörü ile W sütun vektörünün karşılıklı elemanlarının bölümünden her bir değerlendirme faktörüne ilişkin temel değer (E) oluşturulur. Bu değerlerin aritmetik ortalaması ise karşılaştırmaya ilişkin temel değeri (λ) oluşturulur.

$$E_i = \frac{d_i}{w_i} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (4.9)$$

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} \quad (4.10)$$

λ hesaplandıktan sonra Tutarlılık Göstergesi (CI), (4.11) eşitliğinden yararlanarak hesaplanabilir.

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} \quad (4.11)$$

Son aşamada ise CI, Tesadüfili Göstergesi (Random Index: RI) olarak adlandırılan ve Tablo 5.2' de gösterilen standart düzeltme değerine bölünerek (4.12) CR elde edilir. Tablo 5.2' den faktör sayısına karşılık gelen değer seçilir. Örneğin 5 faktörlü bir karşılaştırmada kullanılacak RI değeri Tablo 5.2' den 1.12 olacaktır.

Tablo 5.2 RI değerleri tablosu

N	RI	N	RI
1	0	8	1,41
2	0	9	1,45
3	0,58	10	1,49
4	0,90	11	1,51
5	1,12	12	1,48
6	1,24	13	1,56

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (4.12)$$

Hesaplanan CR değerinin 0.10 dan küçük olması karar vericinin yaptığı karşılaştırmaların tutarlı olduğunu gösterir. CR değerinin 0.10' dan büyük olması ya

AHP’ deki bir hesaplama hatasını ya da karar vericinin karşılaştırmalarındaki tutarsızlığını gösterir. (Yaralıoğlu, K., 2011)

CBS ortamında üretilen farklı kriter haritaları AHP yöntemi ile değerlendirilip sonuç bazlı haritalar elde edilebilmektedir. Bu açıdan bakıldığında ÇKKA yöntemlerinden biri olan AHP yöntemi kullanım rahatlığı açısından tercih edilen bir yöntem olarak görülmektedir. AHP yöntemi ile amaç ve özneliliklerden oluşan bir girdi verisini, ağırlıklar hesaplanarak amaca yönelik değer haritası elde edilir. (Avdan, U., 2011) AHP yöntemi ile CBS katmanlarına ağırlık belirlenerek katmanlara bu ağırlık değerleri atanmakta ve bütün katman haritalarının ortalaması alınarak sonuç haritası elde edilmektedir. (Avdan, U., 2011)

5.2.4. AHP analizi ve ağırlıkların elde edilmesi

Karar Verme Problemi Tanımlanır;

AHP yöntemi kullanılarak öncelikle karar verme probleminin tanımlanması gerekmektedir. Bu çalışmada problem güneş enerji santrallerinin yer belirlenmesi için uygun alanların belirlenmesidir. Bu kapsamda analiz yapılabilmesi için aşağıdaki kriterler değerlendirmeye alınacaktır. Bu kriterler;

- Eğitim
- Bakı
- Yol
- ENH
- Trafo
- Güneş Potansiyeli ’dir.

Faktörler Arası Karşılaştırma Matrisi Oluşturulur;

AHP yöntemiyle ikili karşılaştırmalar önem derecesine göre Tablo 5.1 karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda Tablo 5.3’deki gibi bir matris elde edilmiştir.

Tablo 5.3 *Matris tablosu*

	Eğim	Bakı	Yol	ENH	Trafo	Güneş Potansiyeli
Eğim	1	1/3	3	5	4	1/5
Bakı	3	1	4	6	5	1/3
Yol	1/3	1/4	1	4	3	1/6
ENH	1/5	1/6	1/4	1	1/3	1/6
Trafo	1/4	1/5	1/3	3	1	1/5
Güneş Potansiyeli	5	3	6	6	5	1

İkili karşılaştırma sonucunda A matrisi aşağıdaki gibi şekillenmiştir.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 1/3 & 3 & 5 & 4 & 1/5 \\ 3 & 1 & 4 & 6 & 5 & 1/3 \\ 1/3 & 1/4 & 1 & 4 & 3 & 1/6 \\ 1/5 & 1/6 & 1/4 & 1 & 1/3 & 1/6 \\ 1/4 & 1/5 & 1/3 & 3 & 1 & 1/5 \\ 5 & 3 & 6 & 6 & 5 & 1 \end{bmatrix}$$

Faktörlerin Yüzde Önem Dağılımları Belirlenir;

Faktörlerin birbirlerine göre önem seviyelerini belirli bir mantık içerisinde gösterilmesi karşılaştırma matrisiyle yapılır. Yukarıdaki matrsten (A matrisi) yararlanarak karşılaştırma matrisi aşağıdaki gibi elde edilmiştir. Her bir kriter için B matrisi (4.3) eşitliği yardımıyla ayrı ayrı hesaplanmıştır.

$$B_1 = \begin{bmatrix} 0.102 \\ 0.307 \\ 0.034 \\ 0.020 \\ 0.026 \\ 0.511 \end{bmatrix}, B_2 = \begin{bmatrix} 0.067 \\ 0.202 \\ 0.051 \\ 0.034 \\ 0.040 \\ 0.606 \end{bmatrix}, B_3 = \begin{bmatrix} 0.206 \\ 0.274 \\ 0.069 \\ 0.017 \\ 0.023 \\ 0.411 \end{bmatrix}, B_4 = \begin{bmatrix} 0.200 \\ 0.240 \\ 0.160 \\ 0.040 \\ 0.120 \\ 0.240 \end{bmatrix}, B_5 = \begin{bmatrix} 0.218 \\ 0.273 \\ 0.164 \\ 0.018 \\ 0.055 \\ 0.273 \end{bmatrix},$$

$$B_6 = \begin{bmatrix} 0.097 \\ 0.161 \\ 0.081 \\ 0.081 \\ 0.097 \\ 0.484 \end{bmatrix}$$

6 adet B sütun vektörü, bir matris formatında bir araya getirildiğinde ise aşağıda gösterilen C matrisi oluşturulacaktır.

$$C = \begin{bmatrix} 0.102 & 0.067 & 0.206 & 0.200 & 0.218 & 0.097 \\ 0.307 & 0.202 & 0.274 & 0.240 & 0.273 & 0.161 \\ 0.034 & 0.051 & 0.069 & 0.160 & 0.164 & 0.081 \\ 0.020 & 0.034 & 0.017 & 0.040 & 0.018 & 0.081 \\ 0.026 & 0.040 & 0.023 & 0.120 & 0.055 & 0.097 \\ 0.511 & 0.606 & 0.411 & 0.240 & 0.273 & 0.484 \end{bmatrix}$$

C matrisinden yararlanarak Öncelik Vektörü olarak adlandırılan W sütun vektörü elde (4.7) eşitliği yardımıyla edilir. W vektörü aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$W = \begin{bmatrix} 0.148 \\ 0.243 \\ 0.093 \\ 0.035 \\ 0.060 \\ 0.421 \end{bmatrix}$$

Toplam ağırlar toplamı 1 olacak şekilde kontrolü sağlanmıştır.

Faktör Kıyaslamalarındaki Tutarlılık Ölçülür;

AHP kendi içinde ne kadar tutarlı bir sistematığe sahip olsa da sonuçların gerçekçiliği karar vericinin faktörler arasında yaptığı birebir karşılaştırmadaki tutarlılığa bağlıdır. AHP, Tutarlılık Oranı (CR) hesaplamasının özünü, faktör sayısı ile Temel Değer adı verilen (λ) bir katsayının karşılaştırılmasına dayandırmaktadır. λ 'nın hesaplanması için öncelikle A karşılaştırma matrisi ile W öncelik vektörünün matris çarpımından D sütun vektörü elde edilir.

$$D = \begin{bmatrix} 1 & 1/3 & 3 & 5 & 4 & 1/5 \\ 3 & 1 & 4 & 6 & 5 & 1/3 \\ 1/3 & 1/4 & 1 & 4 & 3 & 1/6 \\ 1/5 & 1/6 & 1/4 & 1 & 1/3 & 1/6 \\ 1/4 & 1/5 & 1/3 & 3 & 1 & 1/5 \\ 5 & 3 & 6 & 6 & 5 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0.890 \\ 1.457 \\ 0.557 \\ 0.210 \\ 0.360 \\ 2.525 \end{bmatrix}$$

$$D = \begin{bmatrix} 1.007 \\ 1.710 \\ 0.593 \\ 0.219 \\ 0.366 \\ 2.959 \end{bmatrix}$$

Temel değer (E) (4.9) bağıntısı yardımıyla elde edilir. Bu değerlerin aritmetik ortalaması ise karşılaştırmaya ilişkin temel değeri (λ) verir.

$$E = \begin{bmatrix} 6.789 \\ 7.042 \\ 6.386 \\ 6.241 \\ 6.095 \\ 7.030 \end{bmatrix}$$

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} = 6.598$$

λ hesaplandıktan sonra Tutarlılık Göstergesi (CI), (4.10) eşitliğinden yararlanarak hesaplanabilir.

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} = 0.120$$

Son aşamada ise CI, Tesadüfilik Göstergesi Tablo 5.2' de gösterilen standart düzeltme değerine bölünerek CR elde edilir. Bu çalışmada toplamda 6 kriter olduğundan RI değeri 1.24 olarak alınmıştır.

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0.120}{1.24} = 0.096$$

Hesaplanan CR değerinin **0.10**'dan küçük olduğundan karar vericinin yaptığı karşılaştırmaların tutarlı olduğunu görülmüştür.

Değer Haritalarının Elde Edilmesi ve Normalleştirme;

Çalışma alanında değer haritası elde edebilmek için her bir kriter CBS katmanı şeklinde hazırlanmıştır. Bu aşamada her bir alan için ayrı ayrı Eğitim, Bakı, Yol, Enerji nakil hattı (ENH), Trafo, Güneş potansiyelinden gelen puanlar ayrı ayrı öznitelik bilgisi olarak eklenmesi gerekmektedir. Bu kriterlerin ağırlıkları Tablo 5.1' de verilmiştir.

Tablo 5.4 Ağırlık tablosu

Kriter Adı	Ağırlık (w)
Eğitim	0.148
Bakı	0.243
Yol	0.093
ENH	0.035
Trafo	0.060
Güneş Potansiyeli	0.421

6. BULGULAR

6.1. Çalışma Alanı

Eskişehir ili; Türkiye'nin İç Anadolu Bölgesinde yer alan, ortasından Porsuk Çayı geçen ve şehirde üç üniversitesi bulunmasıyla ideal bir öğrenci şehridir. Çevresinde Ankara, Bolu, Bilecik, Kütahya, Afyonkarahisar ve Konya şehirleri bulunmaktadır.



Görsel 6.1 Eskişehir ili yer buldu haritası

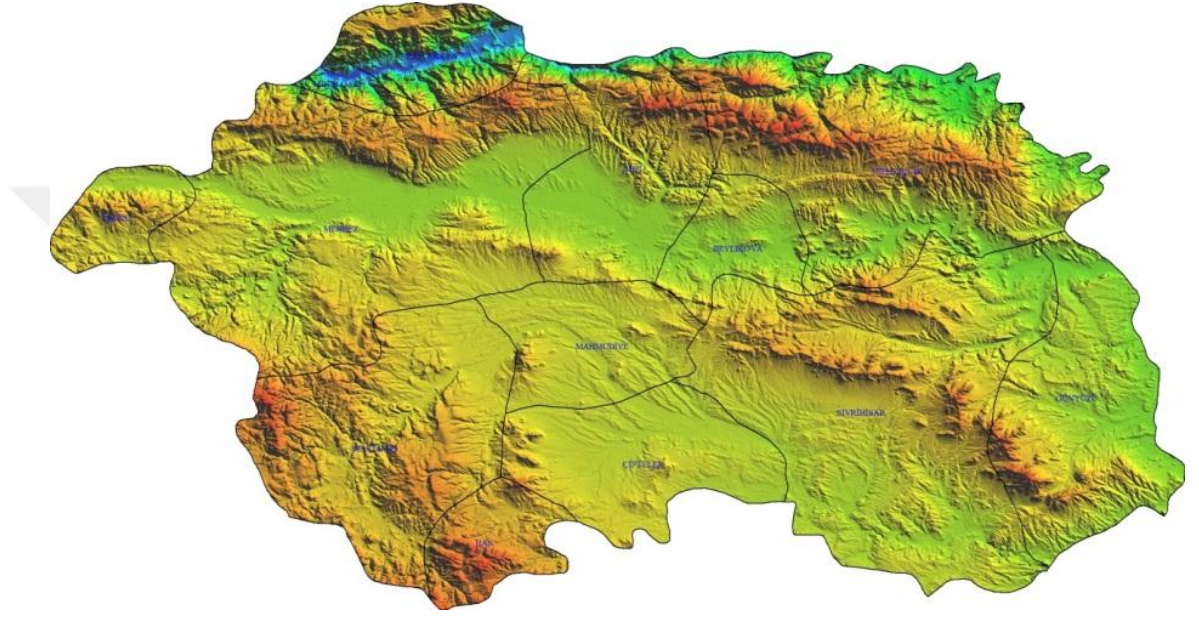
6.2. Yöntem

Bu çalışmada Eskişehir İli için Güneş Enerji Santrallerinin yer seçiminde en uygun alanın belirlenmesi CBS-ÇKKA yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Çalışma için belirlenen veriler CBS ortamında düzenlenmiştir. Uygulamaya başlamadan önce verilerin aynı koordinat sisteminde getirilerek vektör formatta bulunan veriler raster veriye dönüştürülmüştür ve ardından yeniden sınıflandırma yapılarak sonuçlandırılmıştır. Bu veriler öklit mesafesi yöntemi ile puanlandırılarak, en düşük değere 1 puan vererek standartlaştırılmıştır. Daha sonra veriler sınıflandırılarak 5 sınıfa ayrılmıştır. En uygun değere 5, en az uygun değere 1 puanı verilmiştir. Bu şekilde şekil 6.1 ile şekil 6.23 aralarında haritalarımız oluşmuştur ve sonuç haritamızda Eskişehir İlinde uygun olan güneş enerji santrali yapılacak alanlar belirlenmiştir.

6.3. Analiz Verileri

Güneş enerjisi santralının kurulması için birçok kriterin dikkate alınması gerekmektedir. Bu çalışmada kullanılan kriterler; güneş potansiyeli durumu, eğim, bakı, yol, enerji nakil hattı ve trafodur.

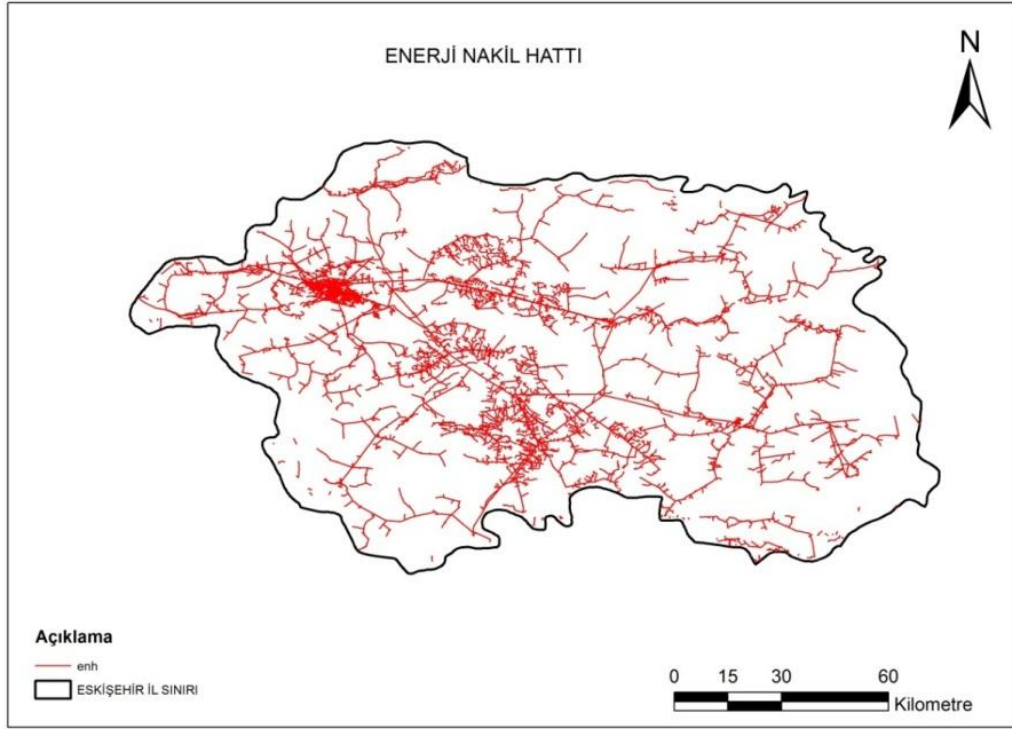
- Eğim



Şekil 6.1 Eskişehir ili ve ilçeleri eğim haritası

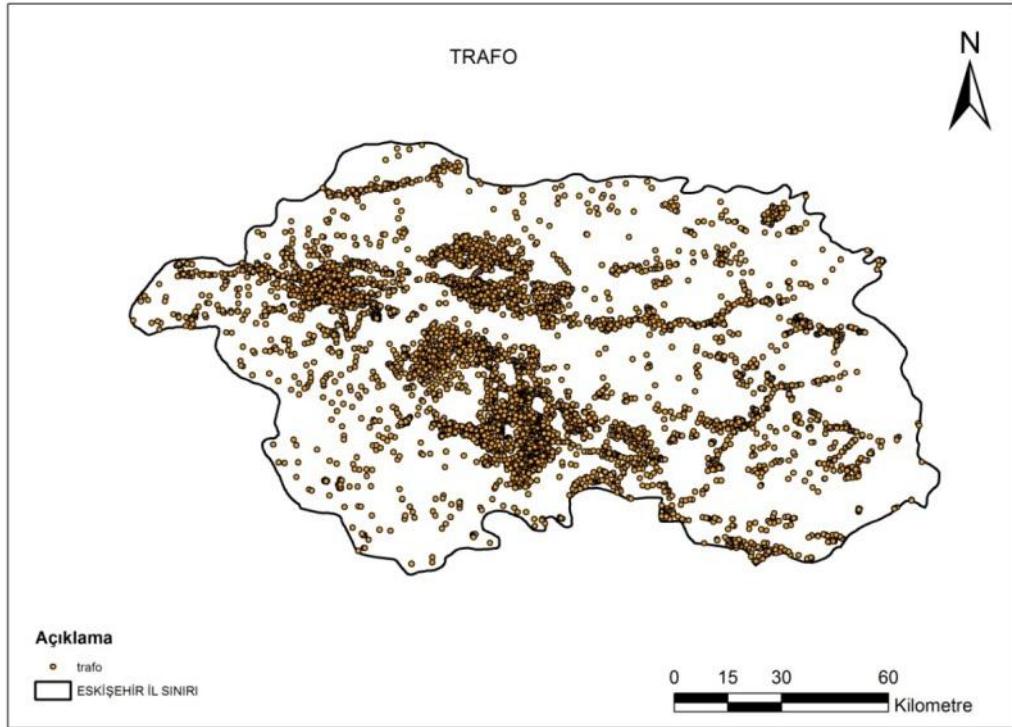
- Bakı
- Güneş potansiyeli

- Enerji nakil hattı



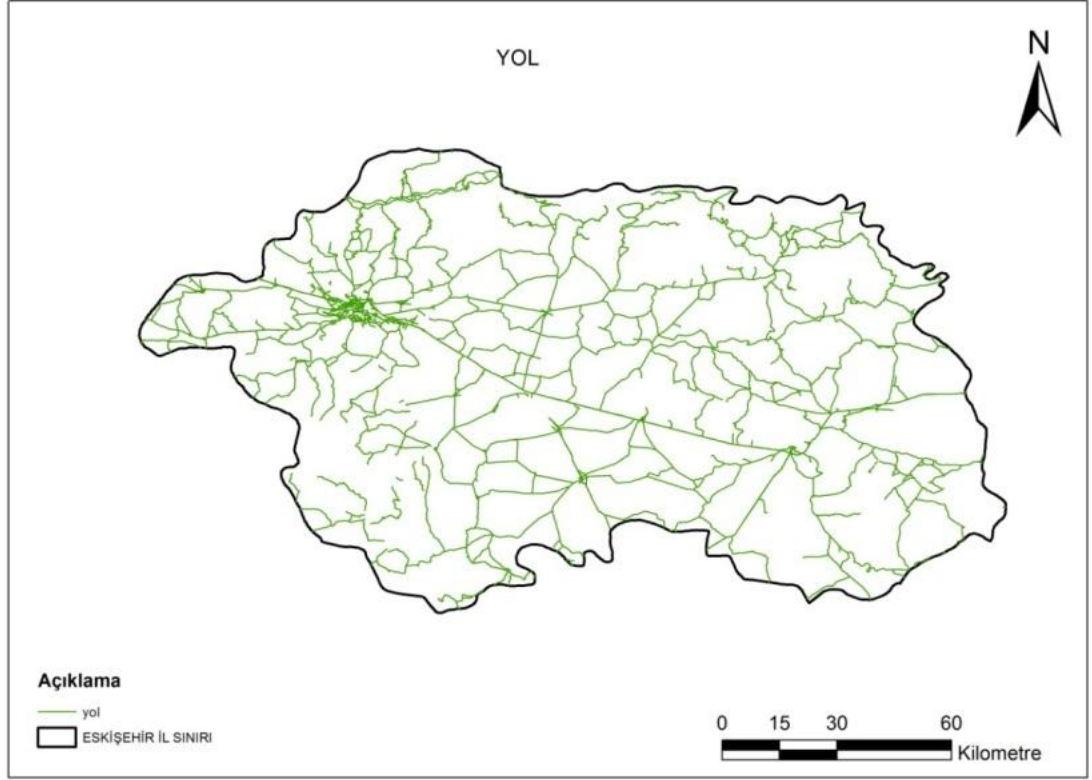
Şekil 6.2 Eskişehir ili enerji nakil hattı haritası

- Trafo



Şekil 6.3 Eskişehir ili trafo noktaları haritası

- Yol



Şekil 6.4 Eskişehir ili yol haritası

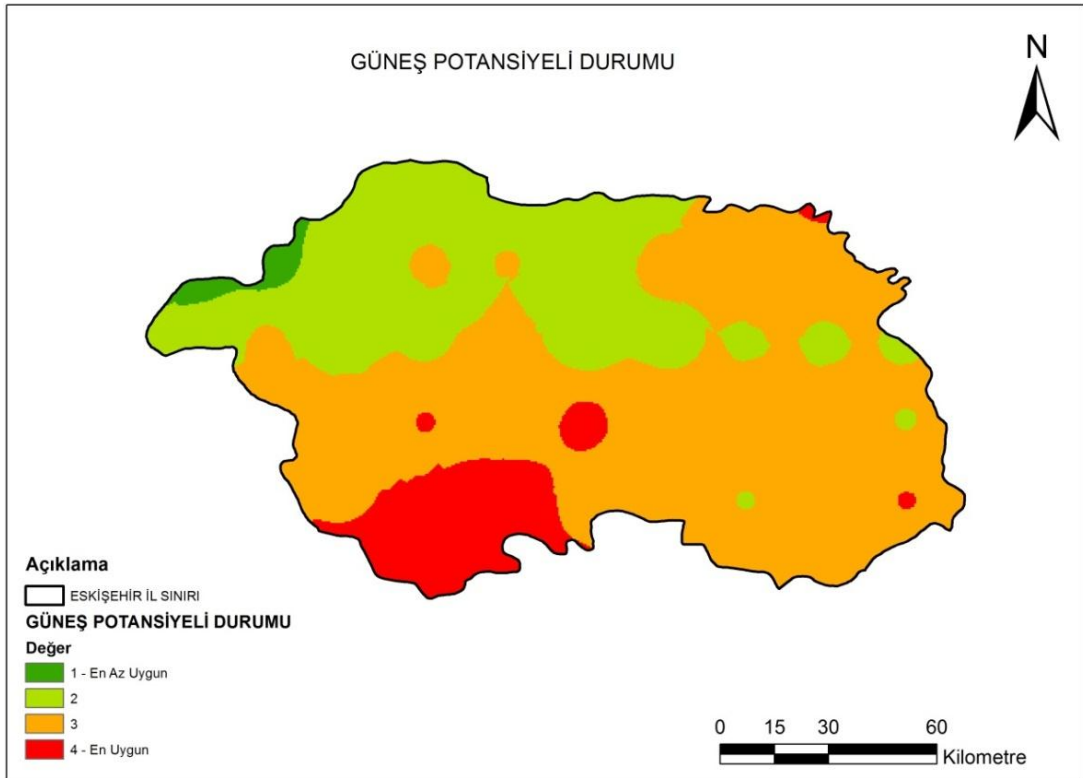
6.4. Güneş Enerjisi Santrali Kurulacak Alanları Gösteren Haritalar

6.4.1 Güneş potansiyel durumu haritası

Eskişehir il sınırı içindeki güneş potansiyel durumu haritası hazırlanılması için Meteoroloji Genel Müdürlüğünde belirlenen aralıklar kullanılmıştır. Bu harita belirlenen aralık mesafelerine göre 1 ila 4 puantaj sistemi ile numaralandırılmıştır. 1 numara en az uygun bölge, 4 numara ise en uygun bölgedir. Uygunluk puanlaması 4>3>2>1 şeklindedir. Yer seçimi açısından güneş potansiyeli yüksek olan alanlar uygun olarak belirlenmiştir.

Tablo 6.1 Güneş potansiyeli durumu için sınıflandırma sonrası verilen puanlar

Aralık (kWh/m ²)	Puan
4.11 – 4.20	1
4.21 – 4.30	2
4.31 – 4.40	3
4.41 – 4.50	4



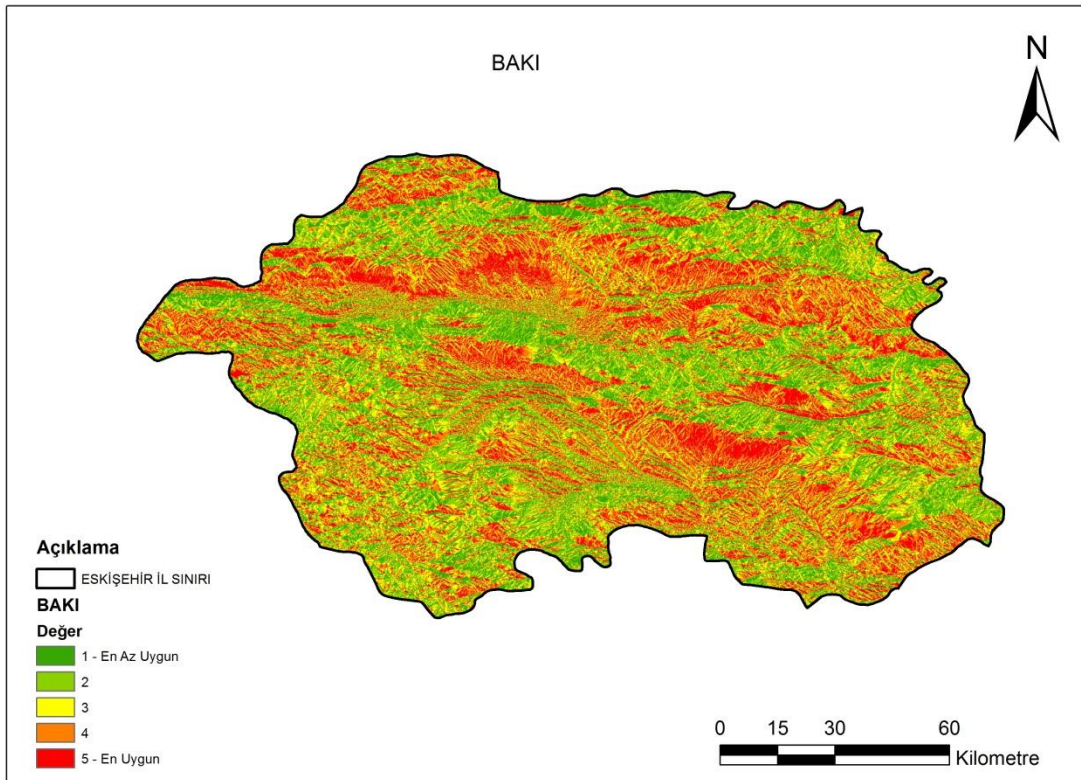
Şekil 6.5 Eskişehir güneş potansiyeli durumu haritası

6.4.2. Bakı haritası

Güneş Enerji Santrali kurulacak alanlarda uygun yönler doğu, batı ve güney yönleridir. Ancak daha çok düz ve güney yönlü alanlar tercih edilmelidir. Güney yönlü alanlar yüksek güneş potansiyeline sahip olduğu için bu durum göz önünde tutularak bakı haritası oluşturulmuştur. 1 numara en az uygun bölge, 5 numara ise en uygun bölgedir. Uygunluk puanlaması $5>4>3>2>1$ şeklindedir.

Tablo 6.2 Bakı için sınıflandırma sonrası verilen puanlar

Yön	Puan
Kuzey	1
Kuzeydoğu - Kuzeybatı	2
Doğu	3
Güneydoğu - Güneybatı	4
Güney	5



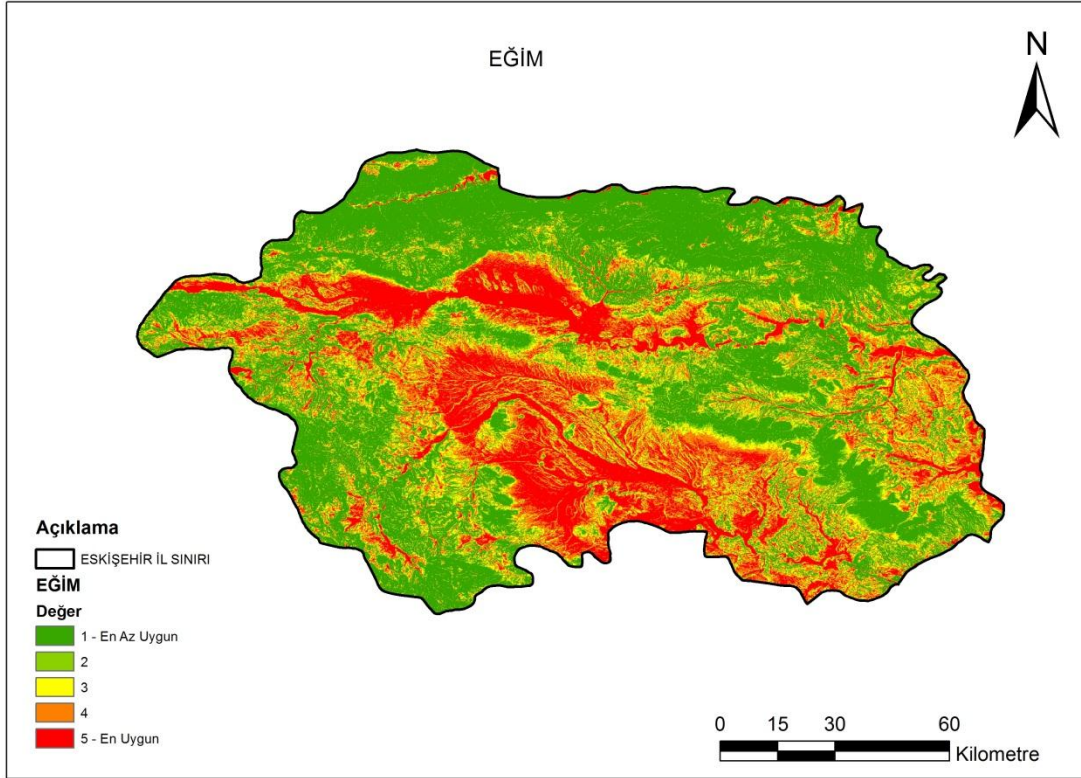
Şekil 6.6 Sınıflandırma yapılan bakı haritası

6.4.3. Eğim haritası

Güneş enerjisi kurulacak alanlarda eğim açısından uygun alan belirlenmesinde farklı görüşler olmakla birlikte literatür taramasında en uygun alanların eğimin az olduğu yani %1 ve %3 olan yerlerin olduğu görüşü ağır basmaktadır. Eğimin fazla olduğu yerlerde maliyette artacağı için yer seçimi açısından uygun görülmemektedir. Bu veriler doğrultusunda bakı haritası oluşturulmuştur. 1 numara en az uygun bölge, 5 numara ise en uygun bölgedir. Uygunluk puanlaması $5 > 4 > 3 > 2 > 1$ şeklindedir.

Tablo 6.3 Eğim için sınıflandırma sonrası verilen puanlar

Aralık (%)	Puan
%5 +	1
%4	2
%3	3
%2	4
%1	5



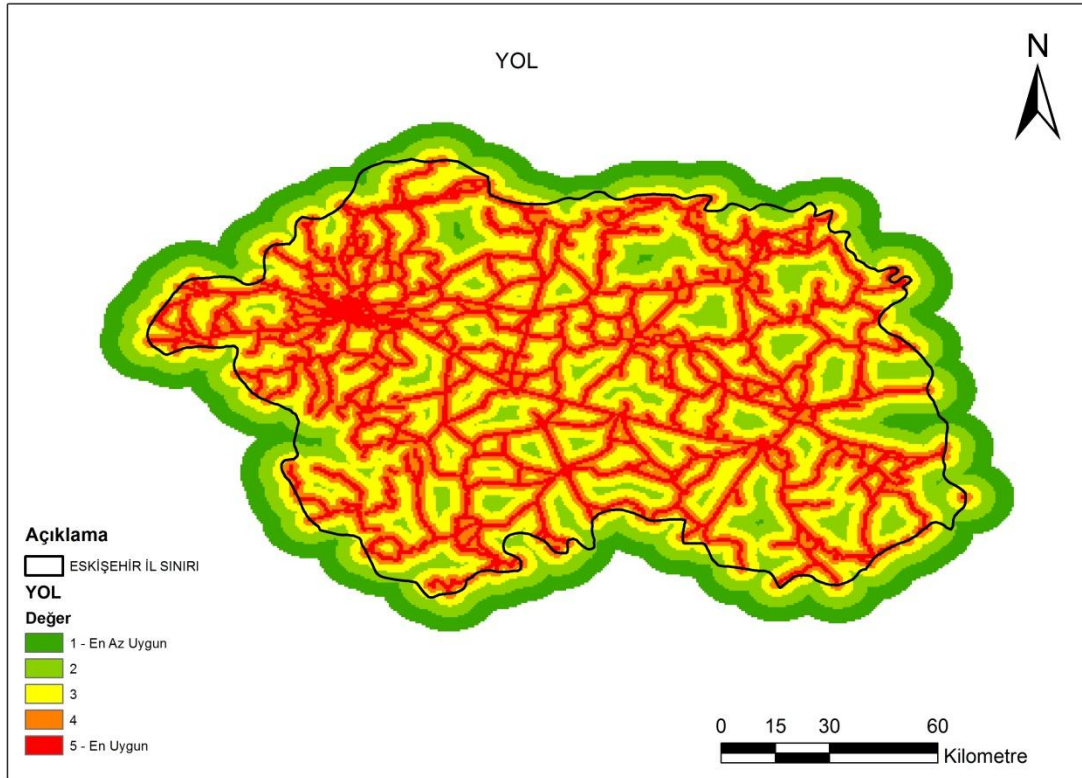
Şekil 6.7 Sınıflandırma yapılan eğim haritası

6.4.4. Yol haritası

Güneş enerji santrallerinin kurulumunda araçların kolaylıkla bulunulan bölgeye ulaşabilmesi için yola yakınlık tercih edilen bir kriterdir. Bölgede yolun olmayışı veya uzak oluşu maliyeti artıran bir durumdur. Bu bilgiler doğrultusunda Eskişehir ili yol haritası verisi kullanılarak çalışma için baz alınan değerler aralığında sınıflandırma haritası oluşturulmuştur. 1 numara en az uygun bölge, 5 numara ise en uygun bölgedir. Uygunluk puanlaması $5 > 4 > 3 > 2 > 1$ şeklindedir.

Tablo 6.4 Yol için sınıflandırma sonrası verilen puanlar

Aralık (m)	Puan
10500	1
6500	2
3500	3
1500	4
500	5



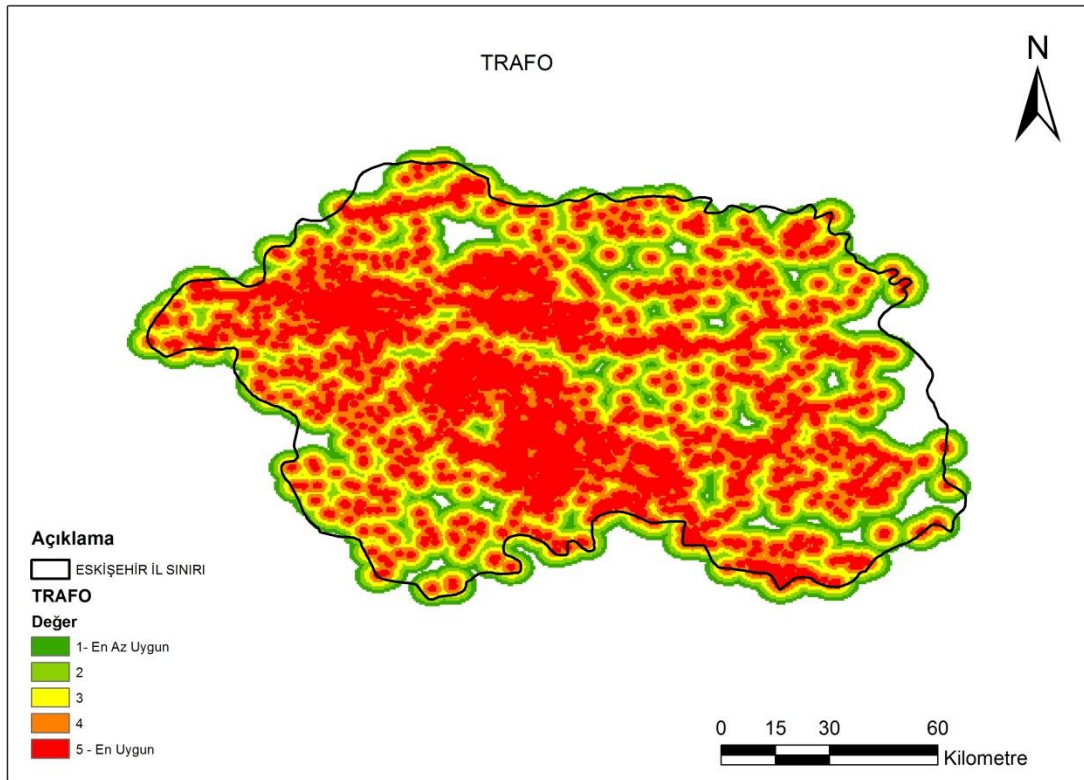
Şekil 6.8 Sınıflandırma yapılan yol haritası

6.4.5. Trafo haritası

Güneş enerji santrallerinin trafoya yakınlığı verimlilik açısından önemli bir kriterdir. Diğer faktörler ne kadar önemli olsa da trafo merkezine uzak kurulan santrallerden verim almak azalır ve enerji kaybı yaşanır. Eskişehir ili trafo merkezlerine ait veriler kullanılarak sınıflandırma yapılmış ve trafo haritası hazırlanmıştır. İl sınırı içine yapılan bu sınıflandırmada 1 numara en az uygun bölge, 5 numara ise en uygun bölgedir. Uygunluk puanlaması 5>4>3>2>1 şeklindedir.

Tablo 6.5 Trafo için sınıflandırma sonrası verilen puanlar

Aralık (m)	Puan
5000	1
4000	2
3000	3
2000	4
1000	5



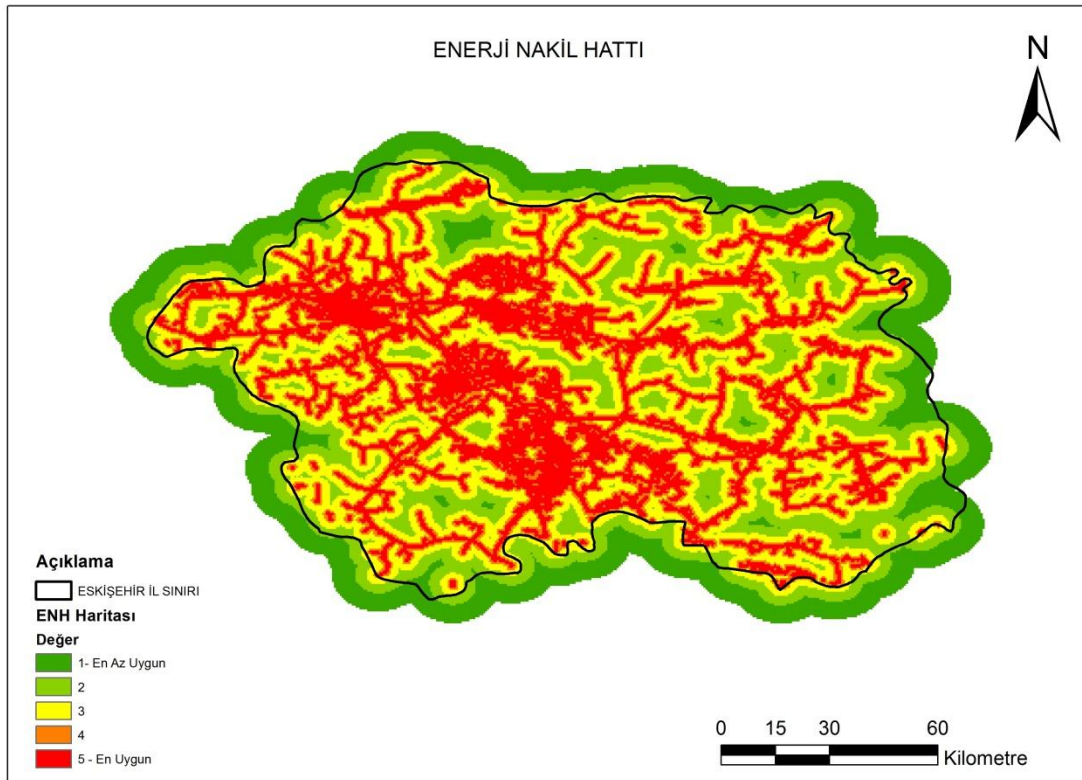
Şekil 6.9 Sınıflandırma yapılan trafo haritası

6.4.6. Enerji nakil hattı haritası

Güneş enerji santrali kurulacak olan bölgeye enerji nakil hattının uzak olması hem verimi azaltır hem de maliyeti arttırmaktadır. Enerji nakil hattına yakınlık verimi arttıran bir etkidir. Eskişehir ilinde kullanılan enerji nakil hatlarına ait veriler kullanılarak sınıflandırma yapılmış ve trafo haritası hazırlanmıştır. İl sınırı içine yapılan bu sınıflandırmada 1 numara en az uygun bölge, 5 numara ise en uygun bölgedir. Uygunluk puanlaması $5 > 4 > 3 > 2 > 1$ şeklindedir.

Tablo 6. 6 Enerji nakil hattı için sınıflandırma sonrası verilen puanlar

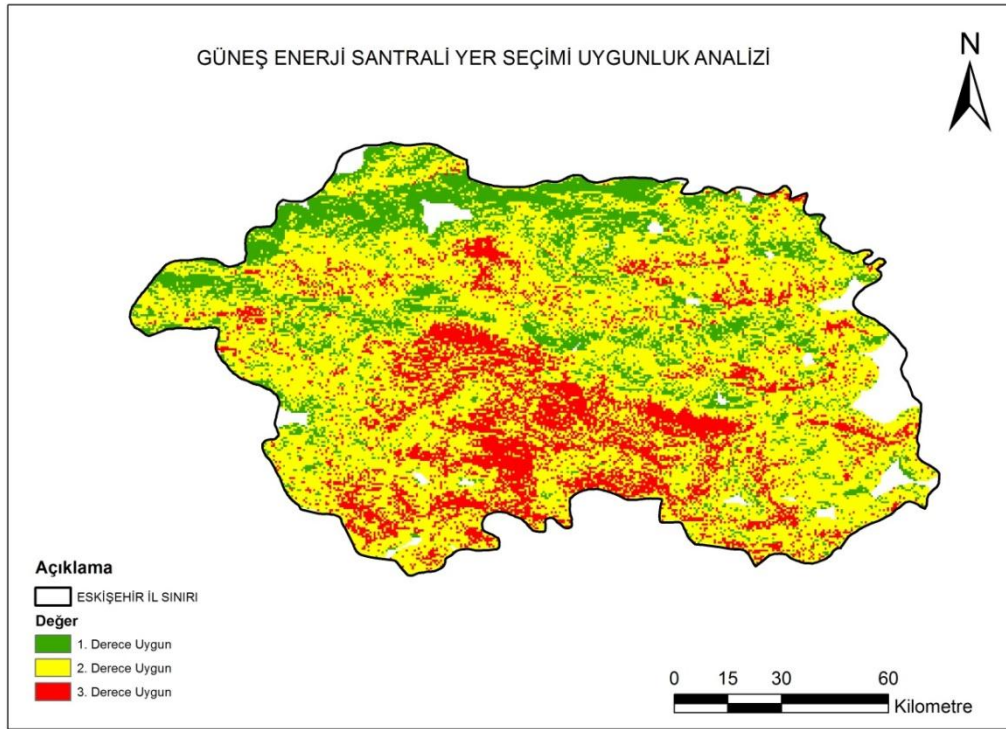
Aralık (m)	Puan
10000	1
5000	2
2500	3
1000	4
500	5



Şekil 6. 10 Sınıflandırma yapılan enerji nakil hattı haritası

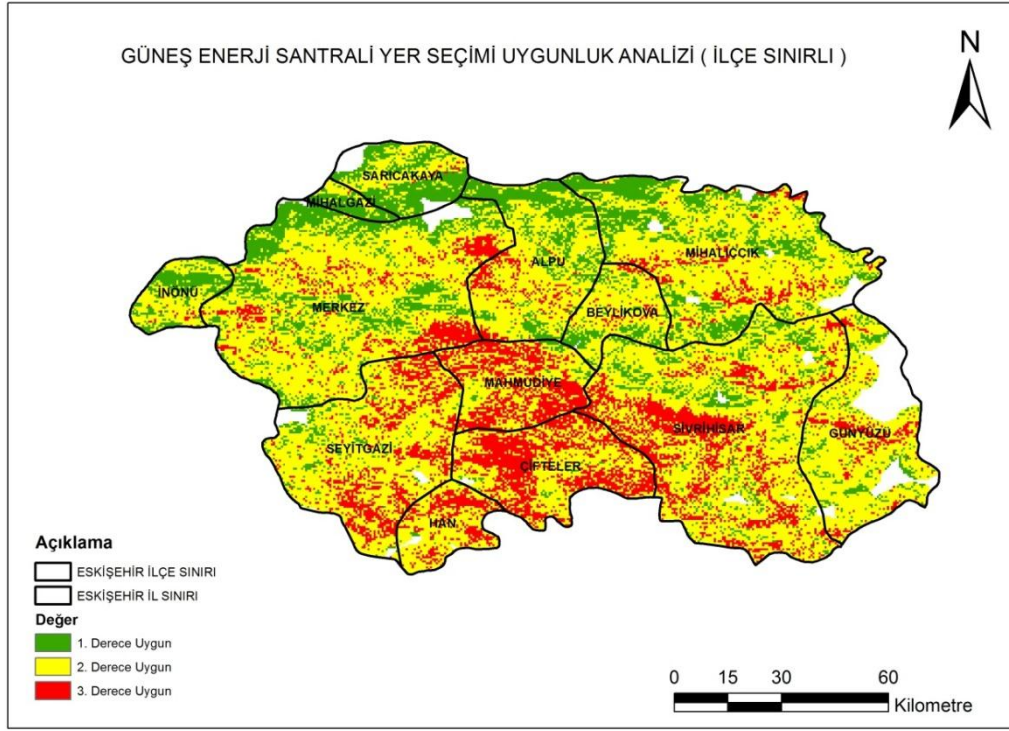
6.4.7. Güneş enerji santrali yer seçimi uygunluk analizi sonuç haritası

Eskişehir de güneş enerji santrali kurulabilmesi için uygun yer seçiminin belirlenmesinde güneş potansiyeli, yol, enerji nakil hattı ve trafo katmanları kullanılarak haritalar elde edilmiştir. Belirlenen aralıklarda sınıflandırma yapılarak katmanların birleştirilmesi sonucu tek bir raster harita oluşturulmuştur. Yapılan analiz sonucunda Eskişehir ili için Şekil 6.11’ de de görüldüğü üzere en uygun alanlar güney ve orta bölümlerdir. Bu bölgeler güneş potansiyeli açısından en uygun alanlardır. Tablo 5.4’ de ki ağırlıklandırma işleminde en yüksek ağırlık verisi 0.42 puan olan güneş potansiyelidir. En düşük ağırlık verisi ise 0.04 puanla enerji nakil hattıdır. Bu ağırlıklandırmanın sonucuna göre Güneş Enerji Santrali kurulacak alanlar belirlenmiştir. Bu şekilde sonuç haritası elde edilmiştir (Şekil 6.11).



Şekil 6. 11 Uygunluk analizi haritası (il bazında)

Elde ettiğimiz sonuç haritasını Eskişehir ilinin ilçeleri olarak değerlendirdiğimizde Şekil 6.12’ de hangi ilçenin kaç hektarlık kısmı hangi uygunluk derecesine geldiği Tablo 6.7’ de gösterilmiştir. Toplam 3. Derece uygun alan 243.025 hektarlık bir alandır.



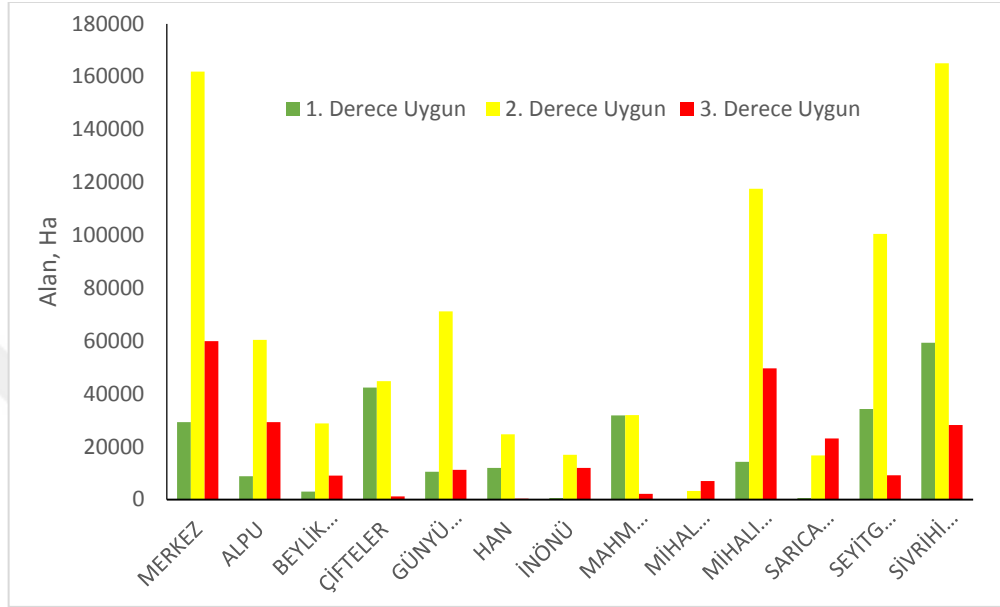
Şekil 6. 12 Uygunluk analizi haritası(ilçe bazında)

Tablo 6. 7 İlçelerin uygunluk tablosu

	3. Derece Uygun(Alan,Ha)	2. Derece Uygun(Alan,Ha)	1. Derece Uygun(Alan,Ha)
MERKEZ	59975	161950	29325
ALPU	29275	60400	8850
BEYLİKOVA	9125	28800	3000
ÇİFTELER	1200	44800	42425
GÜNYÜZÜ	11250	71250	10500
HAN	425	24675	11950
İNÖNÜ	12025	16975	675
MAHMUDİYE	2225	32025	31825
MİHALGAZİ	7100	3275	50
MİHALIÇCIK	49725	117650	14325
SARICAKAYA	23175	16750	650
SEYİTGAZİ	9250	100575	34275
SİVRİHİSAR	28275	165050	59350

İlçelere göre uygun alanlar Grafik 6.1' de gösterilmiştir.

Grafik 6.1 İlçelerin uygunluk alanları



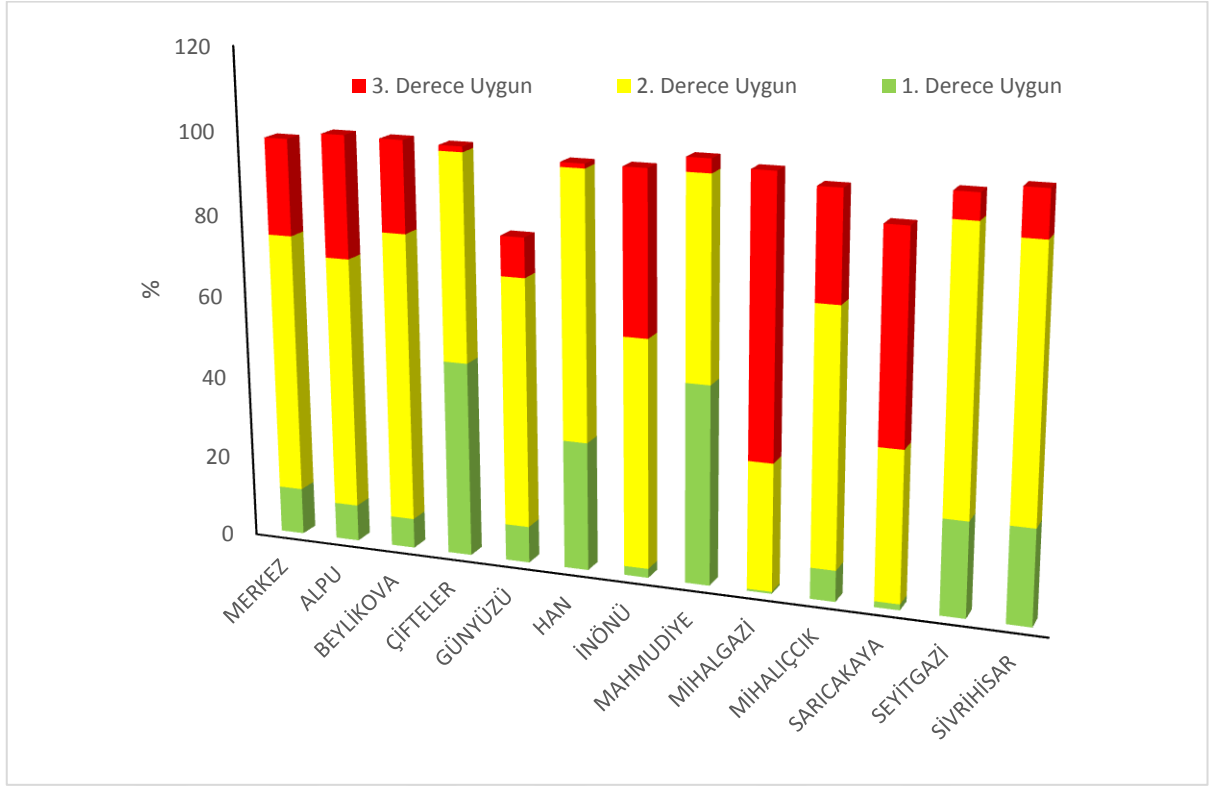
Örneğin grafikten okuyacak olursak Eskişehir ili, Merkez İlçesi 3. Derece uygun alanlar ortalama 60000 hektar civarındadır.

İlçelere göre uygun alanlar yüzdeler olarak değerlendirildiğinde Tablo 6.8' deki gibi bir sonuç elde edilmektedir.

Tablo 6.8 İlçe uygunluk yüzde tablosu

	3. Derece Uygun(%)	2. Derece Uygun(%)	1. Derece Uygun(%)	Alan(Ha)
MERKEZ	23.39118565	63.16302652	11.43720749	256400
ALPU	29.66058764	61.19554205	8.96656535	98700
BEYLİKOVA	22.20194647	70.0729927	7.299270073	41100
ÇİFTELER	1.343784994	50.16797312	47.50839866	89300
GÜNYÜZÜ	9.541984733	60.43256997	8.905852417	117900
HAN	1.112565445	64.59424084	31.28272251	38200
İNÖNÜ	39.29738562	55.47385621	2.205882353	30600
MAHMUDİYE	3.371212121	48.52272727	48.21969697	66000
MİHALGAZİ	66.98113208	30.89622642	0.471698113	10600
MİHALIÇCIK	26.17105263	61.92105263	7.539473684	190000
SARICAKAYA	50.49019608	36.49237473	1.416122004	45900
SEYİTGAZİ	6.208053691	67.5	23.0033557	149000
SİVRİHİSAR	11.03629977	64.42232631	23.16549571	256200

Grafik 6.2 İlçelerin uygunluk yüzdeleri



Örneğin Eskişehir İli, Merkez İlçesinde 3. Derece uygun alanlar ortalama yüzde 20-25 civarındadır (Grafik 6.2).

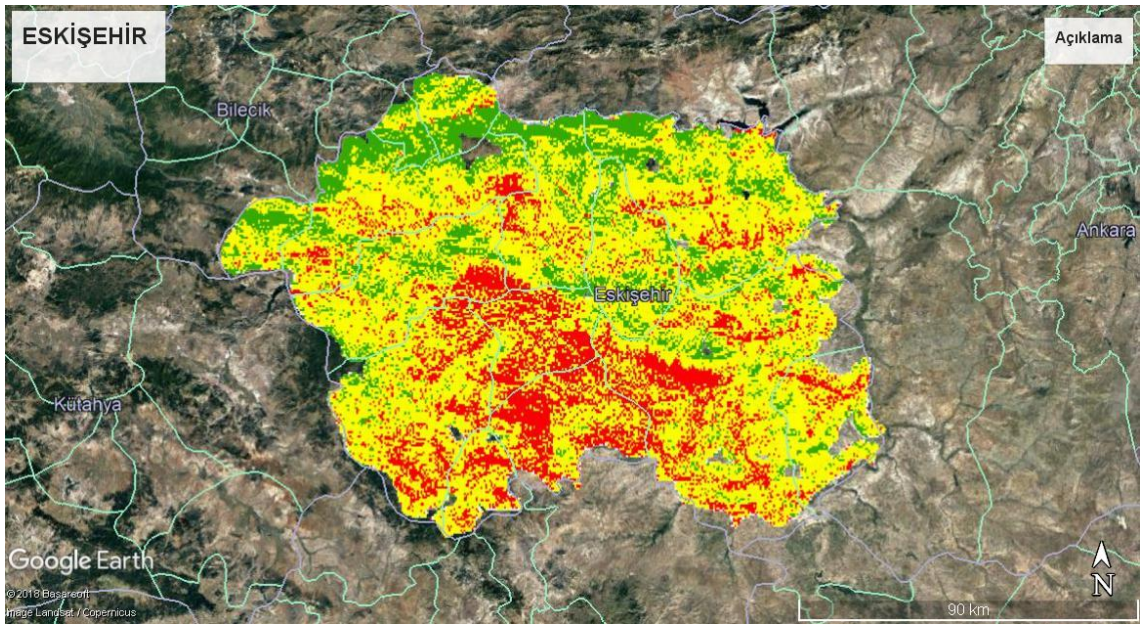
Tablolardan ve grafiklerden elde edilen sonuçlara göre Eskişehir İli, Mihalgazi ilçesi güneş enerji santrali için yüzde olarak en yüksek 3. Derece uygun alana sahiptir.

Elde ettiğimiz güneş enerji santrali sonuç haritası doğrultusunda 5 adet örnek GES projesi (Tablo 6.9) incelemesi yapılarak kurulan GES lerin doğru alanlarda olup olmadığına dair çalışma yapılmıştır. Yapılan değerlendirmede örnek GES lerin haritamızdaki 3. Derece ve 2. Derece uygun alanlarda olduğu görülmüştür. Böylece sonuç haritasından doğru sonuç elde edildiği belirlenmiştir.

Tablo 6.9 Güneş enerji santrali üretim tablosu

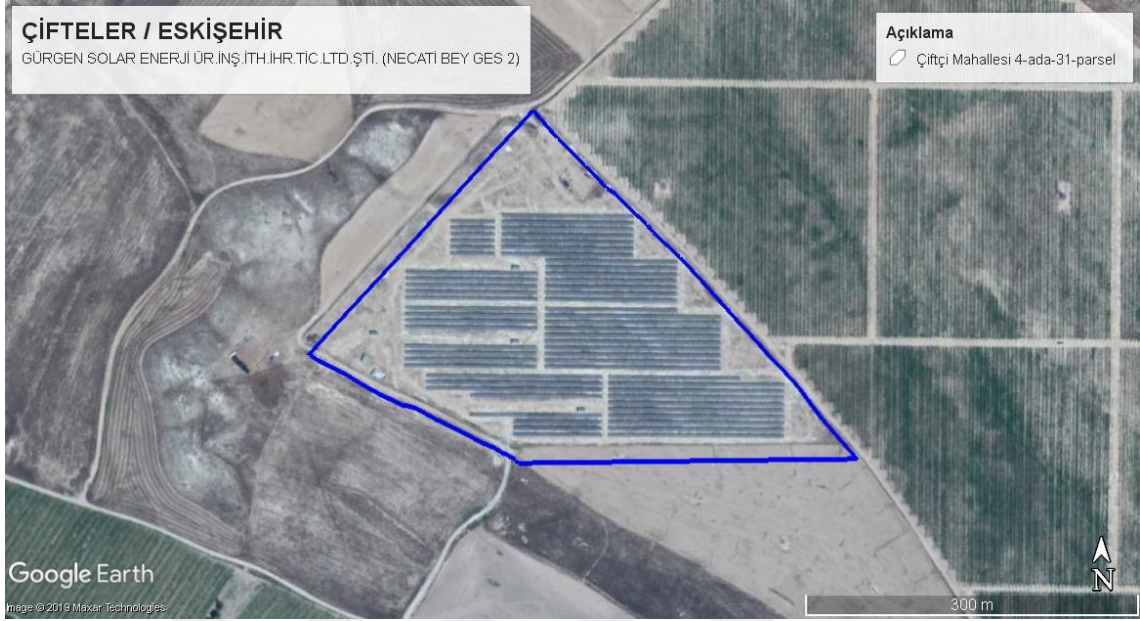
Tesisat No	Şirket/Firma Ünvanı	Ada/ Parsel	İlçe	Mahalle	Panel Sayı	Santral Tipi	KGÜÇ (MW)	Santral Çıkışı Brüt Üretim (kWh)	Normleştirme
1097952	GÜRGEN SOLAR ENERJİ ÜR.İNŞ.İTH.İHR.TİC.LTD.Ş Tİ. (NECATİ BEY GES 2)	4/31	ÇİFTELER	ÇİFTÇİ	4002	GÜNEŞ	0.986	1,842,509.33	460.3971327
1025365	FULYA 1 ENERJİ İNŞ.TAR.HAY.İTH.İHR.LT D.ŞTİ.	370/10	ÇİFTELER	YENİDOĞAN	4002	GÜNEŞ	0.986	1,842,428.40	460.3769115
723522	ŞEMS GES 1 ŞEMS 1 ENERJİ ÜRETİM SAN.TİC. VE A.Ş.	12133/360	TEPEBAŞI	EĞRİÖZ	4140	GÜNEŞ	0.99	1,596,151.88	385.5439312
1435883	RMZ ENERJİ TARIM VE HAYVANCILIK İNŞ.SAN.VE TİC.LTD.ŞTİ.	12140/133	TEPEBAŞI	EĞRİÖZ	4423	GÜNEŞ	0.986	1,514,789.08	342.4800079
499173	UHUT ENERJİ ÜRETİM SAN.VE TİC.A.Ş.	12140/132	TEPEBAŞI	EĞRİÖZ	4065	GÜNEŞ	0.99	1,098,042.05	270.1210455

Tablo 6.9' da belirtilen Eskişehir de üretimde olan GES lerin sadece 5 tanesi örnek olarak incelenmiştir. GES ler üretim sıralamasında en fazla olandan en aza doğru sıralanmıştır. Sonuç haritasının Google earth ile karşılaştırılması sonucu oluşan haritadan görüldüğü üzere GES lerin panel sayısının az olması üretimin fazla olmasını engelleyen bir durum değildir. Yer seçiminin öneminin büyük olduğu bu haritalarla ortaya çıkmıştır.



Şekil 6.13 Sonuç haritası

Gürgen Solar Enerji Ür.İnş.İth.İhr.Tic.Ltd.Şti. tarafından yapılan Necati Bey 2 GES adlı işletmeye ait panel ve uygunluk haritaları şekil 6.14 ve 6.15' de gösterilmiştir.



Şekil 6. 14 Necati bey 2 GES panelleri

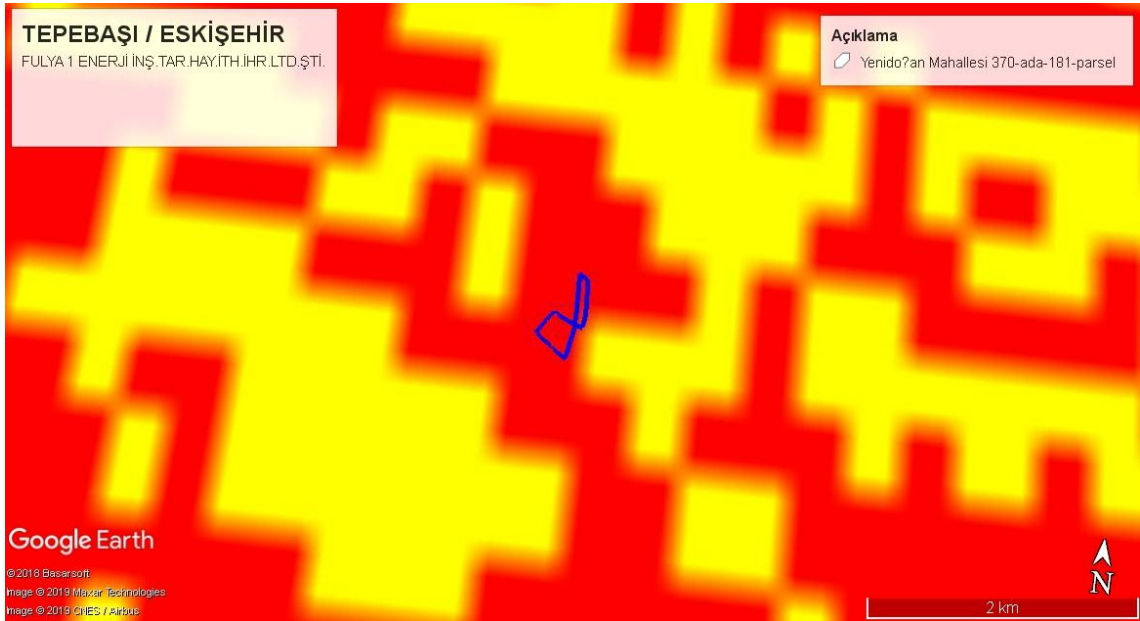


Şekil 6. 15 Sonuç haritası üzerinde Necati bey 2 GES panelleri

Fulya 1 Enerji İnş.Tar.Hay.İth.İhr.Ltd.Şti.tarafından yapılan Fulya 1 GES adlı işletmeye ait panel ve uygunluk haritaları şekil 6.16 ve 6.17' de gösterilmiştir.



Şekil 6.16 Fulya 1 GES panelleri

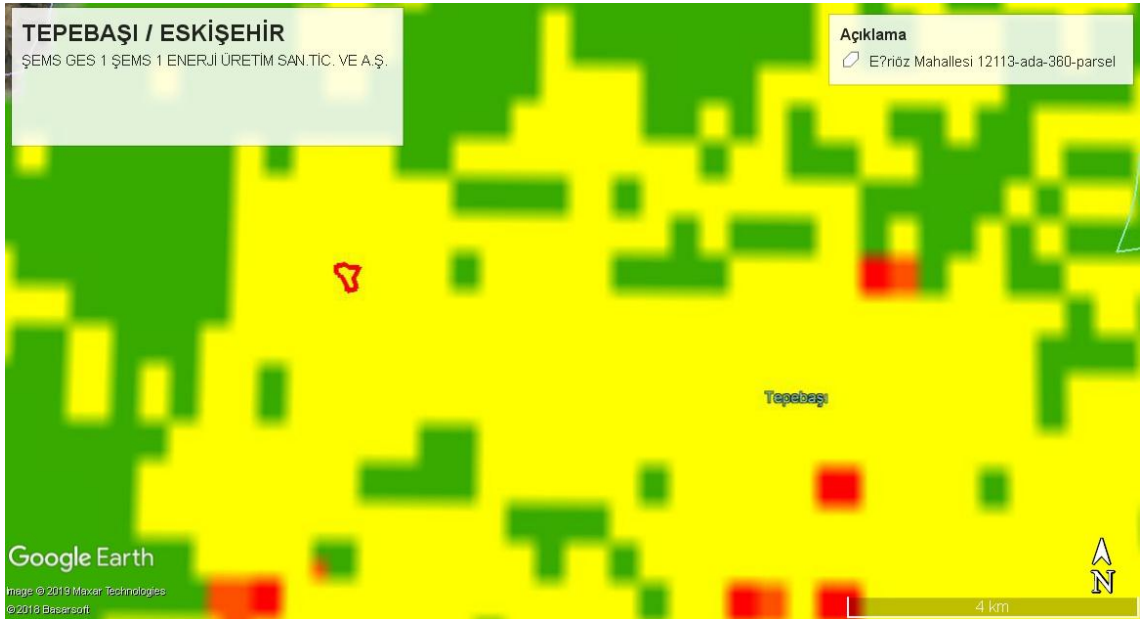


Şekil 6.17 Sonuç haritası üzerinde Fulya 1 GES panelleri

Şems GES 1 Şems 1 Enerji Üretim San.Tic. ve A.Ş. tarafından yapılan Şems 1 GES adlı işletmeye ait panel ve uygunluk haritaları şekil 6.18 ve 6.19' da gösterilmiştir.



Şekil 6. 18 Şems 1 GES panelleri

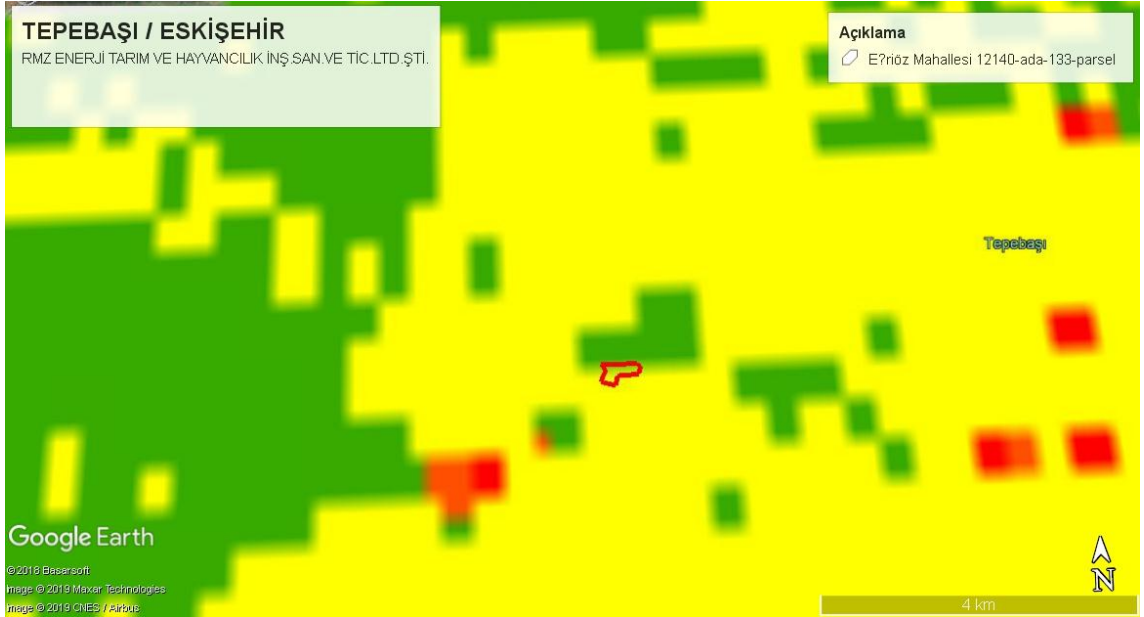


Şekil 6. 19 Sonuç haritası üzerinde Şems 1 GES panelleri

Rmz Enerji Tarım Ve Hayvancılık İnş.San.Ve Tic.Ltd.Şti..tarafından yapılan Rmz GES adlı işletmeye ait panel ve uygunluk haritaları şekil 6.20 ve 6.21' de gösterilmiştir.



Şekil 6. 20 Rmz GES panelleri

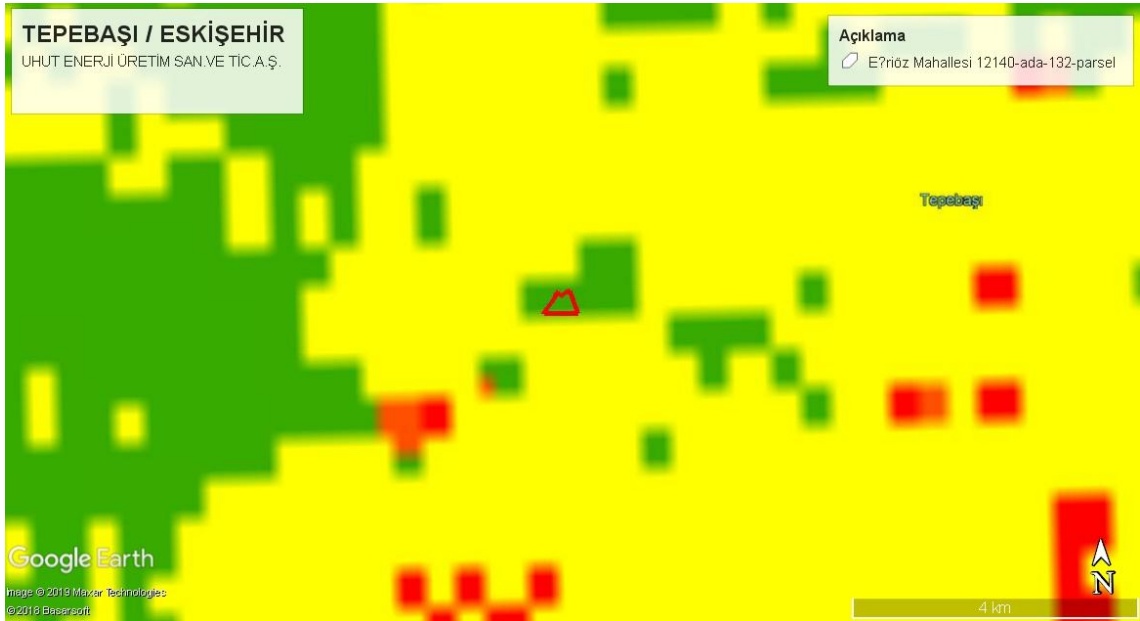


Şekil 6. 21 Sonuç haritası üzerinde Rmz GES panelleri

Uhut Enerji Üretim San. ve Tic.A.Ş. tarafından yapılan Uhut GES adlı işletmeye ait panel ve uygunluk haritaları şekil 6.22 ve 6.23' de gösterilmiştir.



Şekil 6.22 Uhut GES panelleri



Şekil 6.23 Sonuç haritası üzerinde Uhut GES panelleri

7. SONUÇ

Ülkemizde enerji ihtiyacı gün geçtikçe artmaktadır ve bu ihtiyacı karşılamak için kullanılan fosil kaynaklı yakıtlar enerjide dışa bağıllığı arttırmaktadır. Dışa bağıllığı azaltmak ve ülkemizin enerji ihtiyacının bir kısmını karşılayabilmek için son yıllarda doğal yenilenebilir kaynak olan güneş enerjisine ilgi oldukça fazladır. Yenilemeyen enerji kaynakları dışa bağıllığı arttırdığı ve pahalı olduğu için ülkemizde doğal yenilenebilir enerjileri kullanmak bir zorunluluk haline gelmiştir. Ayrıca ülkemizin hedefleri arasında olan tüketilen enerjilerin yenilenebilir enerjiden karşılanması güneş enerjisi santralleri yatırımı için özendirmiştir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneş enerjisi elektrik üretimi için en önemli enerji kaynağından birisidir. Ülkemiz güneş enerjisi potansiyeli açısından şanslı olup genel olarak Türkiye'deki iller güneş enerjisi santralleri için uygundur. Bu çalışmada ise Eskişehir İlinde güneş enerjisi santrallerinin yer seçimi için uygun alanların belirlenmesi ve örneklerle desteklenmesi amaçlanmıştır.

Eskişehir İlinde güneş enerjisi santrallerinin yer seçimi için ÇKKV yöntemleri ile CBS'nin birlikte kullanılarak ÇKKV yöntemlerinden biri olan AHP yöntemi ile yer seçimi yapılmıştır. Yer seçimi işlemi için kullanılan kriterlerin ikili karşılaştırmalar ile ağırlıkları belirlenmiştir. Kriterler belirlenirken literatür taraması yapılmış ve ayrıca uzman görüşleri alınarak 6 kriter kullanılmasına karar verilmiştir. Kullanılan kriterlerin belirlenen ağırlıklarına göre sonuç haritası elde edilmiştir. Sonuç haritamız örneklerle desteklenmiş ve güneş enerjisi santrallerinin panel sayısının az olması üretimin fazla olmasını engelleyen bir durum olmadığı ve yer seçiminin öneminin fazla olduğu kanaatine varılmıştır.

KAYNAKLAR

- Akçay, M. (2019). AHP-TOPSIS Hibrit Yöntemi İle Türkiye de Güneş Enerjisi Santrali İçin Yer Seçimi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı
- Avdan, U. (2011). Yerel Sismik Ağ Ve Mikrobölgeleme Verilerine Dayalı Afet (Deprem) Bilgi Sistemi İçin Bir Veri Tabanı Analiz Ve Tasarımı (Eskişehir İli Örneğinde), Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Ana Bilim Dalı Uzaktan Algılama ve CBS Programı Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, 2014
- Datta, A. ve Karakoti, Dr. İ. (2010). Solar Resource Assessment Using GIS & Remote Sensing Techniques, 11. ESRI India User Conference 2010
- Demirer, A. (2017). Güneş Enerjisi Santrali, Yer Seçimi Probleminin Analitik Hiyerarşi Prosesi Yardımı İle Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tez, Beykent Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Endüstri Mühendisliği Bilim Dalı
- Duman, M.H. (2018). Batı Akdeniz Bölgesinde Güneş Enerji santrali İçin Kuruluş Yeri Seçimi, Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Ana Bilim Dalı
- Engin, O., Sarucan, A. ve Baysal, M. E. (2018). Türkiye İçin Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri İle Yenilenebilir Enerji Alternatiflerinin Analizi, Journal of Social And Humanities Sciences Research, Vol:5 / Issue:23, 1223-1231
- Erkan, H. (2015). Güneş Enerji Santrali (GES) Yatırım Süreci ve Mevzuat, Güneş Enerjisi Sanayicileri ve Endüstrisi Derneği, <https://docplayer.biz.tr/1183329-Gunes-enerjisi-santrali-ges-yatirim-sureci-ve-mevzuat.html> Son Erişim: 12.11.2017
- Gerçek, Y. (2018). Güneş Enerji Santralleri İçin CBS İle En Uygun Yer Tayini: Malatya İli Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
- Güçlüer, D. (2010). Güneş Enerji Santrali kurulacak alanların CBS-Çok Ölçütlü Karar Analizi Yöntemi ile Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Uzaktan Algılama ve CBS Yüksek Lisans Programı

- Koca, H. (2019). Coğrafi Bilgi Sistemi ve Bulanık Analitik Hiyerarşi Projesi İle Güneş Enerjisi Santralleri İçin Yer Seçimi ve Değerlendirme: Menemen Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Ana Bilim Dalı Uzaktan Algılama ve CBS Programı
- Nişancı, R., Yıldırım, V., Özçelik, A.E., Rüzgar Enerjisi Üretim Alanlarının Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Belirlenmesi: Trabzon İli Örneği
- Obut, Z. (2016). Göksun İlçesinde Güneş Enerjisi Kurulacak Alanların CBS Yöntemi ile Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Ana Bilim Dalı
- Özdemir, B., Özcan. B. ve Aladağ Z. (2017). Güneş Enerji Santrali Kuruluş Yerinin AHS ve VIKOR Yöntemlerine Dayalı Bütünleşik Yaklaşım İle Değerlendirilmesi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi
- Öztürk, D. ve Batuk, F. (2007). Çok Sayıda Kriter ile Karar Vermede Kriter Ağırlıkları, Sigma Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 25, 86-98
- Saner, H.S. (2015). Türkiye’de Güneş Enerjisi Santralleri Yer Seçimi ve Çevresel Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Siyaset Bilimi ve Kamu Yönetimi Ana Bilim Dalı
- Şahin, A. D. (2009). 1. Türkiye Güneş Enerjisi Kursu, TMMOB Meteoroloji Mühendisleri Odası, 22-23 Ekim 2009, Ankara.
- Şenlik, İrfan., Güneş Enerjisi Santralleri Yer Seçimi, EMO MİSEM Daimi Komisyon Üyesi, http://www.emo.org.tr/ekler/38bccc4b92d0ddf_ek.pdf?dergi=1114 Son Erişim: 15.02.2019
- Şimşek, A.B. (2014). Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı Çok Kriterli Karar Analizinin Rüzgar Türbini Yer Seçim Probleminde Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Ana Bilim Dalı, Üretim Yönetimi ve Sayısal Yöntemler Bilim Dalı
- Ramachandra, T. V. (2006). Solar Energy Potantiel Assesment Using GIS, Energy Education Science and Technology 2007 Volume(issue) 18(2):101-114
- Toraman. D. (2008). Mekansal Çok Ölçütlü Karar Analizi:Ulaştırma için Güzergah Seçenekleri, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi
- Uyan, M. (2016). Güneş Enerji Santrali Kurulabilecek Alanların AHP Yöntemi Kullanılarak CBS Destekli Haritalanması, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi

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

Yaralıoğlu K. (2011). Analitik Hiyerarşi Prosesi, www.deu.edu.tr/userweb/k.yaralioglu/.../Analitik_Hiyerarshi_Proses.doc, Son Erişim: 02.08.2019

Yılmaz, M. (2012). Türkiye’nin Enerji Potansiyeli ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Açısından Önemi, Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi 4(2), 33-54 (2012)

Meteoroloji Genel Müdürlüğü, www.mgm.gov.tr (2019)

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, www.enerji.gov.tr (2019)

ÖZGEÇMİŞ

Adı-Soyadı : Seda CÖMERT TÜRKSEVEN
Yabancı Dil : İngilizce
Doğum Yeri ve Yılı : Malatya / 21.03.1986
E-posta : seda_comert_44@windowslive.com

Eğitim ve Mesleki Geçmişi:

- 2010, Karadeniz Teknik Üniversitesi Gümüşhane Mühendislik Fakültesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği
- 2010-2012, M.Akif Coşkun Lisanslı Harita ve Kadastro Bürosu
- 2012-2014, Cüneyt Koyun Lisanslı Harita ve Kadastro Bürosu
- 2014-Devam ediyor, TEDAŞ Genel Müdürlüğü

Mesleki Birlik/Dernek/Kuruluş Üyelikleri:

- 2009, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası