

**GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALİ KURULUMUNA UYGUN ALANLARIN
UZAKLTAN ALGILAMA VE CBS YÖNTEMLERİ İLE BELİRLENMESİ
(TÜRKİSTAN VE KARAGANDA, KAZAKİSTAN)**

Azhar KAIMBEKOVA

Yüksek Lisans Tezi

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Çevre Bilimleri Bilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Zehra YİĞİT AVDAN

Eskişehir

Eskişehir Teknik Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Ağustos 2020

ÖZET

GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALİ KURULUMUNA UYGUN ALANLARIN UZAKLTAN ALGILAMA VE CBS YÖNTEMLERİ İLE BELİRLENMESİ (TÜRKİSTAN VE KARAGANDA, KAZAKİSTAN)

Azhar KAIMBEKOVA

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Çevre Bilimleri Bilim Dalı

Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Ağustos 2020

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Zehra YİĞİT AVDAN

Geleneksel yöntemlerle üretilen enerji maliyetlidir ve çevreye fazla zarar verdiği için yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmenin daha da avantajlı olduğu gözlemlenmektedir. Kazakistan yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmeye başlamıştır fakat bu yönelim yeterli düzeyde değildir. Yüzölçümü oldukça büyük olan bu ülkenin tamamen yenilenebilir temiz enerji kaynaklarına yönelmeye imkânı vardır ve bu konuda tüm koşulları taşımaktadır. Günümüzde yenilenebilir enerji kaynaklarından en yaygın kullanılanlardan biriside güneş enerjisidir. Kazakistan, özellikle coğrafi konumu ve güneş alma yüzdesi bakımından güneş enerjisi için oldukça önemli bir potansiyele sahiptir.

Güneş enerjisi santrallerinin (GES) kurulumunda yer seçimi büyük bir rol oynamaktadır. Bu kapsamda güneş enerjisi santrallerinin yerlerinin belirlenmesi farklı kriterlere bağlıdır. Günümüzde bu kriterlerin analizi Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamında yapılabilmektedir.

Bu tez çalışmasının amacı CBS teknikleri ve karar analiz teknikleri kullanılarak güneş enerji santrallerinin uygun yer seçimi analizi yapılmasıdır. Çok Ölçütlü Karar Analizi (ÇÖKA) olarak literatürde en yaygın kullanılan Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemi seçilmiştir. Çalışmada kullanılan tüm veriler açık kaynaklardan elde edilen verilerdir. Çalışmada kullanılan verilerin çözünürlüğü yaklaşık olarak 1 km olduğundan elde edilen sonuçlar bölge açısından bir öngörü niteliğindedir.

Anahtar Sözcükler: GES, Yer Seçimi, CBS, ÇÖKA, AHP, Karaganda, Türkistan, Kazakistan

ABSTRACT

DETERMINATION OF SUITABLE AREAS FOR SOLAR POWER PLANT INSTALLATION BY REMOTE SENSING AND GIS METHODS (TURKISTAN AND KARAGANDA, KAZAKHSTAN)

Azhar KAIMBEKOVA

Department of Environmental Engineering

Programme in Environmental Sciences

Eskişehir Technical University, Institute of Graduate Programs, August 2020

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Zehra YİĞİT AVDAN

The energy which produced by traditional methods is costly and it turns out to be more advantageous to turn to renewable energy sources since it harms the environment. Kazakhstan has begun to turn to renewable energy sources, but it is not sufficient. This country, which has a huge surface area, has the opportunity to turn to completely renewable clean energy resources and has all the conditions in this regard. Nowadays, one of the most widely used renewable energy sources is solar energy. Kazakhstan has a great potential for solar energy, especially in terms of its geographical location in the southern regions.

Site selection plays a very important role in the installation of solar power plants. Determination of the location of solar power plants depends on different criteria. Analysis of these criteria can be done in GIS environment.

The purpose of this thesis study is to make appropriate site selection analysis of solar power plants using GIS techniques and decision support systems. As the multi criteria decision analysis (MCDA), the most widely used AHP method in the literature was chosen. All data used in the study are data obtained from open sources. Since the resolution of the data used in the study is approximately 1 km, the results obtained are predictive for the region.

Keywords: Solar Power Plants, Site Selection, GIS, MCDA, AHP, Karaganda, Turkistan, Kazakhstan

TEŞEKKÜR

Tezin oluşturulması süresinde beni her türlü yönlendiren, ilgi, duyarlılığı, bilgi ve tecrübesiyle her zaman yanımda olan değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Zehra Yiğit Avdan'a, tüm deneyimini benimle paylaşan ve yol gösteren, değerli zamanlarını benim için feda eden, anlayış ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen Sayın Doç.Dr. Uğur Avdan'a, tezimin şekil almasına yardımcı olan sevgili arkadaşım Ece Tuğba Mızık'a, ikili karşılaştırma matrisinin oluşumunda yardımcı olan Seda Türkseven'e sonsuz teşekkür ederim.

Hayatım boyunca sevgi ve desteklerini eksik etmeyen, her daim arkamda duran kıymetli aileme, manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan, beni motive eden tüm arkadaşlarıma şükranlarımı sunarım.

Azhar KAIMBEKOVA

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 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.

Azhar KAIMBEKOVA

İÇİNDEKİLER

Sayfa

BAŞLIK SAYFASI.....	i
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI.....	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR	v
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
TABLolar DİZİNİ.....	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xv
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Çalışmanın Amacı	2
1.2. Çalışmanın Sınırlılıkları	2
1.3. Literatür Taraması	2
2. GÜNEŞ ENERJİSİ.....	33
2.1. Güneş Enerjisinin Avantajları.....	34
2.2. Güneş Enerjisinin Dezavantajları	34
2.3. Güneş Enerjisi Santrallerinin Çevresel Etkileri	35
2.4. Güneş Enerjisi Yer Seçim Kriterleri	36
2.4.1. Güneş potansiyeli.....	36
2.4.2. Eğim	36
2.4.3. Arazinin bakı durumu.....	37
2.4.4. Yerleşim yerlerinden uzaklık	37
2.4.5. Su kaynaklarından uzaklık	37
2.4.6. Trafo merkezlerinden uzaklık.....	38
2.4.7. Yollara uzaklık	38
2.4.8. Arazinin toprak yapısı.....	38

2.4.9. Enerji nakil hattı.....	38
2.4.10. Hava şartları	38
2.5. Kazakistan'ın Enerji Durumu	39
2.5.1. Kazakistan'ın enerji kaynakları.....	39
2.5.1.1. Kömür	48
2.5.1.2. Petrol.....	49
2.5.1.3. Doğal gaz.....	51
2.5.1.4. Uranyum	53
2.5.2. Kazakistan'ın yenilenebilir enerji potansiyeli	54
2.5.2.1. Hidroelektrik	57
2.5.2.2. Güneş enerjisi.....	58
2.5.2.3. Rüzgar enerjisi	60
2.5.2.4. Biyoenerji	61
2.5.2.5. Kazakistan'ın sahip olduğu hidrokarbon rezervleri	62
2.5.3. Kazakistan'ın yeşil ekonomiye geçiş süreci.....	63
2.5.4. Kazakistan'ın güneş enerjisi potansiyeli	73
2.5.5. Kazakistan'daki mevcut güneş enerjisi santralleri.....	75
3. UZAKTAN ALGILAMA, COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ VE ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR ANALİZİ BAĞLANTISI	77
3.1. Uzaktan Algılama.....	78
3.2. Coğrafi Bilgi Sistemleri.....	79
3.3. Çok Kriterli Karar Analizi	79
4. MATERYAL VE METOT.....	82
4.1. Materyal	82
4.2. Metot.....	82
4.2.1. Analitik hiyerarşi prosesi metodu	82
4.2.2. AHP analizinin uygulanması.....	87
4.2.3. Çalışma alanı	93
4.2.3.1. Türkistan.....	93
4.2.3.2. Karaganda.....	93
4.2.4. Analiz verileri	96
5. BULGULAR	106

5.1. Türkistan Bölgesi İçin Güneş Enerjisi Santrali Kurulacak Alanları	
Gösteren Haritalar.....	106
5.1.1. Güneşlenme potansiyeli durumu haritası	106
5.1.2. Bakı haritası.....	107
5.1.3. Eğim haritası.....	108
5.1.4. Yol haritası.....	109
5.1.5. Su kaynakları haritası	110
5.1.6. Yerleşim yerleri haritası	111
5.1.7. Enerji nakil hattı haritası	112
5.1.8. Trafo haritası	113
5.2. Karaganda Bölgesi İçin Güneş Enerjisi Santrali Kurulacak Alanları	
Gösteren Haritalar.....	114
5.2.1. Güneşlenme potansiyeli durumu haritası	115
5.2.2. Bakı haritası.....	116
5.2.3. Eğim haritası.....	116
5.2.4. Yol haritası.....	117
5.2.5. Su kaynakları haritası	117
5.2.6. Yerleşim yerleri haritası	118
5.2.7. Enerji nakil hatları haritası.....	118
5.2.8. Trafo haritası	119
5.3. Güneş Enerji Santrali Yer Seçimi Uygunluk Analizi Sonuç Haritaları.....	119
6. SONUÇ	126
7. TARTIŞMA VE ÖNERİLER	127
KAYNAKÇA	128
EKLER	
ÖZGEÇMİŞ	

TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 1.1. Flora ve Fauna kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar	5
Tablo 1.2. Güneş potansiyeli kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar	6
Tablo 1.3. Yerleşim yerleri kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar	8
Tablo 1.4. Su kaynakları kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar	9
Tablo 1.5. Heyelan kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar	12
Tablo 1.6. Jeoloji kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar	12
Tablo 1.7. Eğim kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar	13
Tablo 1.8. Rekreasyon kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar	15
Tablo 1.9. Kayalık alanlar kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar	16
Tablo 1.10. Ormanlık alanlar kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar	16
Tablo 1.11. Yollara uzaklık kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar	17
Tablo 1.12. Şebekeye uzaklık kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar	20
Tablo 1.13. Toprak kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar	20
Tablo 1.14. Buz yükü bölgesi kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar	21
Tablo 1.15. Ortalama sıcaklık kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar	22
Tablo 1.16. Trafo merkezlerine uzaklık kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar	23
Tablo 1.17. Malyet faktörü kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar	24
Tablo 1.18. Çevresel faktör kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar	25
Tablo 1.19. İklimsel faktör kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar	26
Tablo 1.20. Coğrafi faktör kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar	27
Tablo 1.21. Deprem fay hattı kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar	27
Tablo 1.22. Kuş göç yolları kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar	28
Tablo 1.23. Yükseklik kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar	29
Tablo 1.24. Bakı durumu kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar	30
Tablo 1.25. GES yer seçimi çalışmalarında kullanılan diğer kriterler ile ilgili yapılan çalışmalar	30
Tablo 2.1. Kazakistan'ın Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Potansiyeli	55
Tablo 2.2. BDT ülkelerinde kuvarsit rezervleri	56
Tablo 2.3. Kazakistan'daki Hidroelektrik Santraller	57
Tablo 2.4. Kazakistan'ın doğal gaz ve petrol rezervleri	63
Tablo 2.5. Kazakistan'da Rüzgar Enerjisinin Gelişimi İçin Perspektif Bölgeler	66

Tablo 2.6. AİKB'nin Kazakistan'daki YEK Portföyü.....	72
Tablo 2.7. Kazakistan'ın mevcut GES'leri	75
Tablo 4.1. Kriterlerin önem derecesi tablosu	85
Tablo 4.2. Rassallık gösterge değerleri.....	87
Tablo 4.3. Matris tablosu	88
Tablo 4.4. Ağırlık tablosu	92
Tablo 5.1. Güneş potansiyeli durumu için sınıflandırma sonrası verilen puanlar	106
Tablo 5.2. Bakı için sınıflandırma sonrası verilen puanlar	107
Tablo 5.3. Eğitim için sınıflandırma sonrası verilen puanlar	108
Tablo 5.4. Yol için sınıflandırma sonrası verilen puanlar	109
Tablo 5.5. Su kaynakları için sınıflandırma sonrası verilen puanlar	110
Tablo 5.6. Yerleşim yerleri için sınıflandırma sonrası verilen puanlar	112
Tablo 5.7. Enerji nakil hattı için sınıflandırma sonrası verilen puanlar	113
Tablo 5.8. Trafo için sınıflandırma sonrası verilen puanlar	114
Tablo 5.9. Türkistan bölgesi için uygun alanlar	120
Tablo 5.10. Karaganda bölgesi için uygun alanlar	121

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Kazakistan GSYİH büyümesi	41
Şekil 2.2. Temel enerji tüketimi.....	42
Şekil 2.3. Toplam birincil yakıt ve enerji tüketimi, milyon ton	42
Şekil 2.4. Kazakistan'da elektrik sektörünün büyümesi	43
Şekil 2.5. Yakıt türüne göre elektrik üretimi	43
Şekil 2.6. Kazakistan'ın elektrik üretim kapasitesi	44
Şekil 2.7. Elektrik güç iletim şebekeleri	45
Şekil 2.8. Elektrik talebinin tahmini	45
Şekil 2.9. Sektöre göre nihai elektrik talebi	46
Şekil 2.10. Toplam sera gazı emisyonları	47
Şekil 2.11. Kömür üretimi ve tüketimi.....	48
Şekil 2.12. Ham petrol üretimi ve ihracatı	49
Şekil 2.13. Kazakistan'da petrol ve diğer sıvıların üretim ve tüketimi	51
Şekil 2.14. Doğal gaz üretimi, tüketimi ve yeniden enjekte edilen miktarlar	51
Şekil 2.15. Kazakistan'da boru gelişmeleri	52
Şekil 2.16. Uranyum üretimi	53
Şekil 2.17. Kazakistan'da uranyum madenciliği dinamikleri	54
Şekil 2.18. Kazakistan'da yıllık ortalama güneş radyasyonu	58
Şekil 2.19. Kazakistan'da yıllık ortalama güneş radyasyonu	59
Şekil 2.20. Kazakistan'ın rüzgâr potansiyeli.....	60
Şekil 2.21. Kazakistan petrol üretimi ve ihracatı.....	63
Şekil 2.22. Kazakistan'ın yeşil ekonomiye geçişinin zamanlaması	64
Şekil 2.23. Kazakistan'daki mevcut ve proje aşamasındaki GES'leri	76
Şekil 3.1. Karar analiz teknikleri	80
Şekil 3.2. Çok kriterli karar verme yöntemi ve CBS ilişkisi	81
Şekil 4.1. Hiyerarşi modeli	83
Şekil 4.2. AHP aşamaları	84
Şekil 4.3. Türkistan'ın lokasyon haritası	94
Şekil 4.4. Karaganda'nın lokasyon haritası	95
Şekil 4.5. Türkistan'ın bakı haritası.....	96
Şekil 4.6. Türkistan'ın eğim haritası.....	97

Şekil 4.7. Türkistan'ın yollar haritası	97
Şekil 4.8. Türkistan'ın su kaynakları haritası.....	98
Şekil 4.9. Türkistan'ın yerleşim yerleri haritası	98
Şekil 4.10 Türkistan'ın güneşlenme potansiyeli haritası	99
Şekil 4.11. Türkistan'ın enerji nakil hatları haritası	99
Şekil 4.12. Türkistan'ın trafo haritası	100
Şekil 4.13. Karaganda'nın bakı haritası	100
Şekil 4.14. Karaganda'nın eğim haritası	101
Şekil 4.15. Karaganda'nın yollar haritası	101
Şekil 4.16. Karaganda'nın su kaynakları haritası	102
Şekil 4.17. Karaganda'nın yerleşim yerleri haritası	102
Şekil 4.18. Karaganda'nın güneşlenme potansiyeli haritası	103
Şekil 4.19. Karaganda'nın enerji nakil hatları haritası	103
Şekil 4.20. Karaganda'nın trafoharitası	104
Şekil 4.21. İş akış şeması.....	105
Şekil 5.1. Türkistan'ın sınıflandırılmış güneşlenme potansiyeli durumu haritası.....	107
Şekil 5.2. Türkistan'ın sınıflandırılmış bakı haritası	108
Şekil 5.3. Türkistan'ın sınıflandırılmış eğim haritası	109
Şekil 5.4. Türkistan'ın sınıflandırılmış yol haritası	110
Şekil 5.5. Türkistan'ın sınıflandırılmış su kaynakları haritası	111
Şekil 5.6. Türkistan'ın sınıflandırılmış yerleşim yerleri haritası.....	112
Şekil 5.7. Türkistan'ın sınıflandırılmış enerji nakil hatları haritası.....	113
Şekil 5.8. Türkistan'ın sınıflandırılmış trafo haritası	114
Şekil 5.9. Karaganda'nın sınıflandırılmış güneşlenme potansiyeli haritası.....	115
Şekil 5.10. Karaganda'nın sınıflandırılmış bakı haritası	116
Şekil 5.11. Karaganda'nın sınıflandırılmış eğim haritası	116
Şekil 5.12. Karaganda'nın sınıflandırılmış yol haritası.....	117
Şekil 5.13. Karaganda'nın sınıflandırılmış su kaynakları haritası	117
Şekil 5.14. Karaganda'nın sınıflandırılmış yerleşim yerleri haritası.....	118
Şekil 5.15. Karaganda'nın sınıflandırılmış enerji nakil hatları haritası.....	118
Şekil 5.16. Karaganda'nın sınıflandırılmış trafo haritası.....	119
Şekil 5.17. Türkistan bölgesi için uygunluk analizi haritası	120
Şekil 5.18. Karaganda bölgesi için uygunluk analizi haritası.....	121

Şekil 5.19. Akbay santrali (Türkistan)	122
Şekil 5.20. Ochistnoy santrali (Türkistan).....	123
Şekil 5.21. Zadarya santrali (Türkistan).....	123
Şekil 5.22. Gülşat santrali (Karaganda)	124
Şekil 5.23. Akadyr santrali (Karaganda)	125
Şekil 5.24. Saran santrali (Karaganda).....	125



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AHP	: Analitik Hiyerarşi Prosesi
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AİKB	: Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası
AŞ	: Anonim Şirket
BDT	: Birleşmiş Devletler Topluluğu
BMKP	: Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
GEPA	: Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası
GSYİH	: Gayrisafi Yurt İçi Hasılat
GES	: Güneş Enerji Santralleri
CR	: Tutarlılık Oranı
CI	: Tutarlılık Göstergesi
ÇÖKA	: Çok Ölçütlü Karar Analizi
DG	: Doğal Gaz
DEM	: Sayısal Yükseklik Modeli
ETA	: Elektrik Tedarik Anlaşması
ENH	: Enerji Nakil Hatları
HÖF	: Hissedarlar Özel Fonu
İFM	: İskan ve Finans Merkezi
KÇV	: Küresel Çevre Vakfı
PV	: Fotovoltaik, Güneş Pilleri
PG	: Petrol Gazı
RES	: Rüzgar Elektrik Santralleri
RI	: Rassallık Gösterge Değerleri
SSO	: Sınırlı Sorumlu Ortaklık
SEGP	: Sürdürülebilir Enerji Gelişimi Eylem Planı
TTF	: Temiz Teknolojiler Fonu
UA	: Uzaktan Algılama
UGEE	: Ulusal Güneş Enerjisi Enstitüsü
YEK	: Yenilenebilir Enerji Kaynakları

YİF	: Yeşil İklim Fonu
λ	: Temel Değer
MI	: Milyon Ton
Mt	: Metrik Ton
MW	: Megawatt
TW	: Terawatt



1. GİRİŞ

Hızla büyüyen dünya nüfusunun yaşam kalitesi, birçok bakımdan enerji arzı ile bağlantılıdır. Bununla birlikte, geleneksel birincil enerji kaynakları dünya genelinde çok eşit ve adil bir şekilde dağılmamaktadır. Bu enerji kaynaklarına bazı ülkeler bolca sahiplerken, bazı ülkeler onları ithal etmek zorunda kalmaktadır ve bu kapsamda enerji güvenliğinden endişe duyulmaktadır. Petrol, doğal gaz, kömür ve uranyumun aksine, yenilenebilir enerji kaynakları dünyanın her yerine daha eşit bir şekilde dağılmıştır ve çoğu ülke için enerji ihtiyaçlarını karşılama konusunda aynı koşullar vardır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, dünya enerjisinin gelişimi için öncelikli alanlardan birisidir. Bu durum artan fosil yakıt fiyatlarından, enerji kaynaklarının istikrarını sağlama ihtiyacından ve iklim değişikliğinin alevlenmesinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca enerjinin çevre kirliliği oluşturup oluşturmama kapasitesi oldukça önemlidir. Geleneksel enerji kaynakları, insanoğlunun yaşamıyla ilişkili çevreye zararlı emisyonların yaklaşık %50' sini oluştururken, yenilenebilir enerji kaynaklarının çevre sorunları oluşturma potansiyeli oldukça düşüktür.

Enerji sektöründe yeni teknolojiler geliştirmek onlarca yıl sürer, bu nedenle fosil yakıtların tükenmeden gelecek nesillere de kalabilmesi için aktif olarak araştırma yapmak ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı da dahil olmak üzere yeni, çevre dostu verimli teknolojiler geliştirmek gereklidir.

Aynı zamanda yenilenebilir enerjinin itici gücü, yenilenebilir enerji kaynaklarını geleneksel enerji kaynaklarına kıyasla daha rekabetçi hale getiren teknolojik ilerlemeleridir. Bunun yanında teknik ve ekonomik göstergelerin daha da geliştirilmesi, özellikle kurulu kilovat başına düşen sermaye maliyetlerinin azaltılması için önemli bir potansiyel vardır. Yenilenebilir enerji kaynakları için işletme maliyetlerinin genellikle çok düşük olduğu göz önüne alındığında, yenilenebilir enerji kaynaklarının maliyetleri yıldan yıla ve teknoloji ilerledikçe azalırken, geleneksel enerji kaynaklarının maliyetleri giderek artmaktadır.

Enerji ihtiyacı her yıl yalnızca Kazakistan'da değil, tüm dünyada da giderek arttığından bu talebin hidrokarbon hammaddeleri kullanarak sağlanması gün geçtikçe imkânsız hale gelmektedir. Özellikle uzun vadede, birçok kaynak türünün rezervi hâlihazırda tükenme aşamasındadır. Örneğin, şu anki tüketim miktarıyla bile dünyadaki kömür yaklaşık 150 yıl, petrol 40 yıl, gaz 60 yıl, uranyum rezervi 100 yıl kullanılabilir. Dünya'nın pek çok yerinde olduğu gibi Kazakistan'da da yakıt ve

enerji kaynakları ile benzer bir durum yaşanmaktadır. Bu enerji sıkıntılarını en aza indirmek için Kazakistan yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını geliştirmeli, güneş ve rüzgar santrallerinin sayısını arttırmalıdır. Kazakistan bu konuda mevcut coğrafi konumu bakımından güneş enerjisi için büyük bir potansiyel taşımaktadır.

1.1. Çalışmanın Amacı

Bu tez çalışmasının amacı CBS teknikleri ve karar analiz teknikleri kullanılarak güneş enerji santrallerinin uygun yer seçimi analizi yapılmasıdır. Bunun yanında çalışma bölgelerindeki mevcut güneş enerjisi santrallerinin kurulu olduğu alanların doğruluğunun test edilmesidir. Karar destek sistemi olarak literatürde en yaygın kullanılan AHP yöntemi seçilmiştir. Çalışmada kullanılan tüm veriler açık kaynaklardan elde edilen verilerdir. Çalışmada kullanılan verilerin çözünürlüğü yaklaşık olarak 1 km olduğundan elde edilen sonuçlar bölge açısından bir öngörü niteliğindedir.

1.2. Çalışmanın Sınırlılıkları

Çalışma alanı Kazakistan bölgesinde bulunan Karaganda ve Türkistan Bölgeleridir. Karaganda bölgesi yaklaşık olarak 497,8 km², Türkistan bölgesi yaklaşık olarak 117,3 km²'dir. Alansal olarak bakıldığında analizler için kullanılan verilerin yaklaşık çözünürlüğü 1 km'dir. Bundan dolayı analiz sonuçları da yaklaşık 1 km çözünürlükte elde edilmiştir. Bu çözünürlük bölgelerde iyi bir öngörü (fizibilite) oluşturmakla beraber, daha iyi sonuçları elde edebilmek için alansal olarak daha büyük ölçekte ve daha küçük çözünürlükte verilerin kullanılması gerekmektedir.

1.3. Literatür Taraması

Güneş enerjisi santrali yer seçimi kapsamında Uzaktan Algılama (UA), CBS ve ÇÖKA ile yapılmış çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalar aşağıda yer alan literatür taramasında gösterilmektedir.

Merrouni vd. (2017) yaptıkları çalışmada CBS ve AHP işlemlerini birleştirerek Doğu Fas'ta geniş çapta güneş enerjisi santralleri alan seçimi çalışması yapmışlardır. Araştırmada Global yatay ışınlama (güneş potansiyeli), eğim, yerleşim yerlerine uzaklık, karayolu ve demiryolu ağına olan mesafe, elektrik şebekesinden uzaklık, su yollarından uzaklık, barajlara olan uzaklık, yeraltı suyundan uzaklık kriterlerini kullanmışlardır. Çalışmada karşılaştırma matrisi, AHP kullanılarak hesaplar yapılmıştır. Hiyerarşik karar verileri, literatür ve bölgedeki özgüllükle ilgili alandaki yerel ve uluslararası uzmanlarla yapılan görüşmeler sonrasında varsayımlara dayanarak

yapılmıştır. Bu çalışmada ikili karşılaştırmaların neticesinde tutarlılık oranı (CR) %1,8'e eşit olmuştur, yani %10'dan az olması dolayısıyla değerler çok tutarlı olarak belirlenmiştir [1].

Gürbüz ve Obut (2015) Kahramanmaraş ili Göksun ilçesinde güneş enerjisi santralini (GES) kurulması planlanan alanları CBS yöntemleri ile araştırmışlardır. Güneş enerjisi potansiyeli, eğim, bakı, arazi kullanımı ve arazi örtüsü alanları, hidrografik özellikler, yerleşim ve ulaşım ağı, deprem fay hattı, maden alanları, koruma alanları, elektrik hattına ve trafo merkezlerine yakınlık kriterlerini CBS'de analiz ederek Göksun ilçesi güneş enerji santralleri yer seçiminde en uygun alanlar ile en az uygun alanları ortaya çıkarmışlardır. Yapılan analiz sonucunda, Göksun ilçesi güneş enerji potansiyeli açısından zengin olmasına rağmen GES kurulabilecek alanlar daha küçük sınırlı bölgelerde olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle, Göksun ilçesinde kurulacak olan GES'lerin daha verimli çalışması için yer seçiminde bu çalışmanın sonuçlarından yararlanılması oldukça yararlı olacaktır [2].

Uyan (2016) yaptığı çalışmada Konya Çumra ilçesinde güneş enerjisi santrali kurulabilecek alanlar için uygunluk haritasını CBS ile AHP metodunu birleştirerek oluşturmuştur. Çalışma alanının genel özelliklerine göre seçilen kriterler AHP ile elde edilmiş ağırlık değerleri kullanılarak ArcGIS yazılımı ile birleştirilmiş ve güneş enerjisi santrali kurulumuna uygun alanlar tespit edilmiştir. Uygunluk haritası "düşük uygunluk", "orta uygunluk" ve "yüksek uygunluk" olarak üç kategoriye ayrılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, çalışma alanının 2.685 ha'lık bir alanı güneş enerjisi santrali kurulması için oldukça uygun bir alan olduğu sonucuna varmıştır. AHP yöntemi ile hesaplanan kriter ağırlıkları yerleşim alanlarından uzaklık için %5, arazi kullanımı için %39, Eğim için %4, Trafo merkezine uzaklık için %21, iletim hatlarından uzaklık için %21 ve yol ve demiryollarına uzaklık için %10 olarak hesaplanmıştır [3].

Gasparovic, İ. ve Gasparovic, M. (2019) yaptıkları çalışmada Hırvatistan Cumhuriyeti topraklarında güneş enerjisi kullanımı potansiyelini belirlemek için gerekli parametreleri belirlemek ve güneş santrali inşası için en uygun yerleri seçmek için AHP ve CBS kullanmışlardır. Bu araştırma sonucunda ortaya çıkan en uygun GES yerlerinin belirlenmesinde en fazla etkisi olan parametreler sera gazı, arazi örtüsü ve elektrik şebekesine olan uzaklıktır. Araştırma sonucunda Hırvatistan Cumhuriyeti adalarını kapsayan alanın %63,49'unun güneş enerjisi kullanımı için uygun olmadığı ve %7'sinin uygun olduğu ortaya çıkmıştır [4].

Güçlüer (2010) yılında yaptığı çalışmada, CBS ortamında ÇÖKA yöntemini Konya ili için uygulamıştır. Çalışmada Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA), il sınırları, sayısal yükseklik modeli, eğim, çevre koruma alanları, kuş göç yolları, göller, nehirler, deprem fay hattı, enerji nakil hattı, trafo merkezleri, havalimanları, demiryolu, karayolu ve rüzgâr enerjisi santralleri (RES), kriterlerini kullanmıştır. Tüm veriler ‘oklid mesafesi’ yöntemi ile derecelendirilmiş ve en yüksek değer 1 olacak şekilde normalleştirilmiştir. Normalleştirilen veriler yeniden sınıflandırılarak 9 sınıfa ayrılmıştır. Bu sınıfların ağırlıkları ise güneş enerjisi santrali kurmaya en uygundan az uygun olacak şekilde; en uygun değer 9 ve en az uygun değer 1 verilerek puanlandırılmıştır. Yapılan analiz sonucunda Konya ili için en uygun alanlar orta, doğu ve güney bölgeler olarak belirlenmiştir. Bu bölgeler güneş enerjisi potansiyeli, su kaynakları, trafo merkezleri ve ulaşım açısından en uygun olan alanlardır. Ağırlıklandırma işleminde en yüksek ağırlık 0,17 puanla temel kaynak olan güneş enerjisi potansiyeline verilmiştir. Onu da yine en öncelikli veriler olan 0,14 puanla trafo merkezleri, 0,13’er puanla enerji nakil hattı ve karayolları izlemiştir. En düşük ağırlık ise 0,6 ile kuş göç yolları verisinde olmuştur [5].

Demirer (2017) yapmış olduğu çalışmada, fırsat odaklı kriterler, maliyet odaklı kriterler ve çevresel kriterler olarak 3 ana kriter, kamusal fırsat, lojistik fırsat, sosyal fırsat, sabit maliyet, değişken maliyet, coğrafi konum ve iklim yapısı olarak 7 alt kriter ve Diyarbakır, Konya-Karapınar ve Karaman olmak üzere 3 farklı alternatif seçmiştir. AHP yöntemi kullanılarak en uygun tesis yeri seçimine karar vermek amaçlanmıştır. AHP yöntemi esaslarına uygun olarak hazırlanan ankette enerji sektöründe 20 yıldır aktif olarak çalışan ve güneş enerji projelerinde görev alan bir firmada çalışan 3 danışman ile görüşülüp birebir karşılaştırma yapılmaları istenmiş ve anketin yanlış uygulanmaması adına yüz yüze görüşmeler sağlanmıştır. Yapılan anket sonucunda elde edilen verilerin analiz ve değerlendirilmesi yapıldığında GES yer seçimine ilişkin olarak Konya- Karapınar şehrindeki projenin gerçekleştirilmesi gerektiğine karar verilmiştir [6].

Erdem vd. (2013) yapmış oldukları çalışmada Türkiye’de enerji sektöründe çalışanlarla birlikte enerji santrali seçimi için kömür enerji santralleri, doğalgaz çevrimli enerji santralleri, hidroelektrik enerji santralleri, nükleer enerji santralleri, jeotermal enerji santralleri ve rüzgâr enerji santralleri olmak üzere altı alternatif belirlemişlerdir. Ayrıca belirleme sürecinde kullanılması için çevre, teknoloji ve sürdürülebilirlik,

etkiler, kurulum ve kârlılık olmak üzere beş kriter belirlemişlerdir. Bu kapsamda analitik hiyerarşi prosesi yardımıyla kriterlere göre uygun alternatifi belirlemeye çalışmışlardır. Uzmanlara doldurtulan anketler Expert Choice paket programında çözülerek sonuçlar elde edilmiştir. Elde edilen sonuca göre %22,6 ile jeotermal enerji santralleri ilk sırada; %17,4 ile nükleer enerji santralleri ikinci sırada; %16,9 ile rüzgâr enerji santralleri üçüncü sırada; %15,7 ile kömür/linyit enerji santralleri dördüncü sırada; %14,7 ile doğalgaz çevrimli enerji santralleri beşinci sırada ve son olarak %12,6 ile hidroelektrik santralleri altıncı sırada yer almıştır [7].

Konu ile ilgili genel olarak 30'un üzerinde makale incelenmiştir. Bunun sonucunda çalışmalarda AHP tekniğinin ve güneş enerjisi potansiyeli, eğim, bakı, sulak alanlar, yerleşim yerleri, yollara uzaklık gibi kriterlerin kullanımının diğerlerine oranla daha fazla olduğu görülmüştür. İncelenen çalışmalardaki flora ve fauna kriterleri ile ilgili yapılan çalışmalar Tablo 1.1'de gösterilmiştir. Çalışma 2010 yılından itibaren başlayıp 2018'e kadar devam etmiştir. En yüksek ağırlık derecelerini 5 km'den fazla yerler, doğal botanik bahçesi alanları ve 1-5 km aralındaki alt kriterler göstermiştir.

Tablo 1.1. Flora ve Fauna kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar

Kriter	Alt kriterler	Sıklık	Ağırlık değeri	Kim yaptı ve ne zaman yapıldı?	Çalışma alanı	Hangi alanda kullanıldı
Flora ve Fauna	Flora- Fauna	3	∞	Yıldırım ve Nisanci, 2010 [8]	Türkiye, Karadeniz	Mühendislik çalışması
	<500 m		-	Eroğlu, 2018 [9]	Gümüşhane, Türkiye	GES yer seçimi çalışması
	500m – 1 km		15,69			
	1 – 5 km		22,89			
	>5 km		61,42			
	Özel kuşların yaşam ve üreme alanları		16,69	Eroğlu ve Aydın, 2015 [10]	Türkiye	Güzergah çalışmaları
	Önemli bitki türleri alanları		15,66			
	Yaban hayatı koruma alanları		14,97			
	Tropikal alanlar		17,71			
	Ulusal parklar		11,76			

İncelenen çalışmalardaki en çok kullanılan kriterlerden biri güneş potansiyelidir. Güneş potansiyeli ile ilgili yapılan çalışmalar Tablo 1.2'de gösterilmiştir. Çalışmalar 2011 yılından itibaren başlayıp 2019 yılına kadar devam etmiştir. Ağırlık değerleri 0-59 aralıklarında olmuştur.

Tablo 1.2. Güneş potansiyeli kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar

Kriter	Alt kriterler	Sıklık	Ağırlık değeri	Kim yaptı ve ne zaman yapıldı?	Çalışma alanı	Hangi alanda kullanıldı?
Güneş potansiyeli	*	14	59	Merrouni vd., 2017 [1]	Doğu Fas	GES yer seçimi çalışması
	*		0,0846	Wu vd., 2019 [11]	Çin	GES yer seçimi çalışması
	*		0,5	Firozjaei vd., 2018 [12]	İran	GES yer seçimi çalışması
	*		0,421	Türkseven, 2019 [13]	Eskişehir, Türkiye	GES yer seçimi çalışması
	1000-1500		1	Obut, 2016 [14]	Göksun, Türkiye	GES yer seçimi çalışması
	1500-1700		2			
	1700-2000		3	Obut, 2016 [14]	Göksun, Türkiye	GES yer seçimi çalışması
	2000-2400		4			
	2400-2900		5			
	*		1.647,11	Duman, 2018 [15]	Antalya, Burdur, Isparta	GES yer seçimi çalışmaları
			1.649,59			
			1.620,34			
	Güneş potansiyeli		*	4,511	Akçay, 2019 [16]	Antalya
4,471		Burdur				
4,408		Konya				
4,55		Karaman				
4,481		Van				
4,451		Mersin				
1400-1450 kWh/m ²		*	Gürbüz ve Obut, 2015 [2]	Göksun, Türkiye	GES yer seçimi çalışmaları	
1450-1500 kWh/m ²		*				
1500-1550 kWh/m ²		*				
1550-1600 kWh/m ²		*				

Tablo 1.2. (Devam) *Güneş potansiyeli kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar*

Güneş potansiyeli	1600-1650 kWh/m ²		*	Gürbüz ve Obut, 2015 [2]	Göksun, Türkiye	GES yer seçimi çalışmaları
	1650-1700 kWh/ m ²		*			
	1700- 1750 kWh/m ²		*			
	1750-1800 kWh/m ²		*			
	1800-2000 kWh/m ²		*			
	*		0,17	Güçlüer ve Batuk,2011 [17]	Konya ili, Türkiye	GES yer seçimi çalışmaları
Güneş potansiyeli	*		0,545	Charabi ve Gastli, 2011 [18]	Umman	GES yer seçimi çalışmaları
	*		23,802	Lozano vd. 2013 [19]	Güneydoğu İspanya	GES yer seçimi çalışmaları
	Uygunsuz		0	Effat, 2013 [20]	Mısır	GES yer seçimi çalışmaları
	Az uygun		1,2,3			
	Uygun		4,5,6			
	Çok uygun		7,8,9			
Güneş potansiyeli	1400-1450 kWh/m ²		9,83	Eroğlu, 2018 [9]	Gümüşhane, Türkiye	GES yer seçimi çalışmaları
	1450-1500 kWh/m ²		12,58			
	1500-1550 kWh/m ²		13,85			
	1600-1650 kWh/m ²		20,67			
	1650-1700 kWh/ m ²		27,45			
	0.319-0.681		0,231	Kengpol vd., 2013 [21]	Tayland	GES yer seçimi çalışmaları

İncelenen çalışmalarda en çok kullanılan kriterlerden diğeri de yerleşim yerleridir. Bu kriter ilk kez 2001 yılında İngiltere'de yapılan Baban ve Parry'nin çalışmasında kullanılmıştır [22]. En son 2019 yılında İva Gasparovich ve Mateo Gasparovic'in Hırvatistan'da yapılan çalışmasında yer almıştır [4]. Çalışmalarda hesaplanan ağırlık değerleri 0 ile 35,04 arasında olmuştur. Yerleşim yerleri kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar Tablo 1.3'te gösterilmektedir.

Tablo 1.3. Yerleşim yerleri kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar

Kriter	Alt kriterler	Sıklık	Ağırlık değeri	Kim yaptı ve ne zaman yapıldı?	Çalışma alanı	Hangi alanda kullanıldı
Yerleşim yerleri	2000 m	15	0	Baban ve Parry, 2001 [22]	İngiltere	RES yer seçimi çalışması
	2000 m		0,5	Aydın vd., 2010 [23]	Batı Türkiye	
	Şehirlere 2000 m		0,5			
	1000 m		1			
	500>		0,042	Uyan, 2013 [24]	Konya	GES yer seçimi çalışmaları
	500–2000		0,133			
	2000–5000		0,267			
	5000<		0,558			
	<2 km		-	Eroğlu, 2018 [9]	Gümüşhane, Türkiye	
	2 – 5 km		10,23			
Yerleşim yerleri	5 – 10 km		29,87	Eroğlu, 2018 [9]	Gümüşhane, Türkiye	GES yer seçimi çalışmaları
	10 – 40 km		35,04			
	40 km		24,85			
	*		2,849	Lozano vd., 2013 [19]	Güneydoğu İspanya	
	Yerleşime uzaklık		0	Kengpol vd., 2013 [21]	Tayland	Güzergah çalışmaları
	*		24,18	Eroğlu ve Aydın, 2015 [10]	Türkiye	
	*		0,256	Sief vd., 2017 [25]	İran, Kahnuj	GES yer seçimi çalışması
	1000>		0.050	Uyan, 2016 [3]	Konya, Çumra	
	1000-2000					
	2000-5000					
	5000					

Tablo 1.3. (Devam) *Yerleşim yerleri kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar*

Yerleşim yerleri	Yerleşim		0,220	Iva Gasparovich ve Mateo Gasparovich, 2019 [4]	Hırvatistan	GES yer seçimi çalışmaları
	*		0,106	Nişancı vd., 2014 [26]	Trabzon, Türkiye	RES yer seçimi çalışmaları
Yerleşim yerleri	22000-15000		1	Obut, 2016 [14]	Göksun, Türkiye	GES yer seçimi çalışması
	15000-10000		2			
	10000-5000		3			
	35000-2000		4			
	2000-500		5			
Yerleşim yerleri	*		*	Şimşek, 2014 [27]	Türkiye	RES yeri seçimi çalışması
	*		0,10	Firozjaei vd., 2018 [12]	Iran	GES yer seçimi çalışması
	*		2,62	Merrouni vd., 2017 [1]	Doğu Fas	

GES yer seçimi çalışmalarında kullanılan önemli kriterlerden biri su kaynaklarına olan mesafedir. İncelenen 30 çalışmanın 24'ünde bu kriter kullanılmıştır. Çalışmalar 2010 yılından başlayarak 2019 yılına kadar devam etmiştir. Su kaynaklarının içinde en çok akarsulara uzaklık, göller ve göletler kullanılmıştır. Ağırlık değerleri 0-34,33 aralığında olmuştur. Sulak alanlar kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar Tablo 1.4'te gösterilmiştir.

Tablo 1.4. *Su kaynakları kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar*

Kriter	Alt kriterler	Sıklık	Ağırlık değeri	Kim yaptı ve ne zaman yapıldı?	Çalışma alanı	Hangi alanda kullanıldı
Su kaynakları	400 m	24	1	Aydın vd., 2010 [23]	Batı Türkiye	RES yer seçimi çalışması
	3 km		-	Haaren ve Fthenakis, 2011 [28]	New York	
	*		0,118	Merrouni vd.,	Doğu Fas	GES yer

Tablo 1.4. (Devam) *Su kaynakları kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar*

Su kaynakları				2017 [1]		seçimi çalışması
	*		0,0592	Wu vd., 2019 [11]	Çin	
	< 100 m		İzin Verilmeyen	Eroğlu, 2018 [9]	Gümüşhane, Türkiye	Mühendislik çalışmaları
	100-1 km		14,48			
	1 – 2 km		21,74			
	2 – 5 km		29,44			
	>5 km		34,33			
	Çay		1	Yıldırım ve Nisanci, 2010 [8]	Türkiye, Karadeniz Bölgesi	GES yer seçimi çalışması
	Dere		3			
	Geniş dere		5			
	Akarsu		7			
	Nehir		9			
	-		12,3	Eroğlu ve Aydın, 2015 [10]	Türkiye	Güzergah çalışmaları
	Sulak alan		0,018	Iva Gasparovic and Mateo Gasparovic, 2019 [4]	Hırvatistan	GES yer seçimi çalışması
	Göller, Nehirler, Sulak Alanlar		0.050	Nişancı vd., 2014 [26]	Trabzon, Türkiye	RES yer seçimi çalışması
Göller ve Göletler	0-6000		1	Obut, 2016 [14]	Göksun, Türkiye	GES yer seçimi çalışması
	6000-12000		2			
	12000-18000		3			
	18000-25000		4			
	25000-34000		5			
	*		0,09	Güçlüer, 2010 [5]	Konya, Türkiye	Mühendislik çalışmaları
	*		3,63	Koca, 2019 [29]	İzmir, Menemen	
	Arka plan (zemin)		1	Yıldırım ve Nisanci, 2010 [8]	Türkiye, Karadeniz	

Tablo 1.4. (Devam) *Su kaynakları kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar*

	Göller ve Göletler		9			
	*		0.09	Güçlüer ve Batuk, 2011 [12]	Konya, Türkiye	GES yer seçimi çalışması
Nehirler	*		0.09	Güçlüer ve Batuk, 2011 [17]	Konya, Türkiye	GES yer seçimi çalışması
	*		0,09	Güçlüer, 2010 [5]	Konya, Türkiye	
Yüzey suları	*		0,043	Siefi vd., 2017 [25]	İran, Kahnuj İlçesi	GES yer seçimi çalışması
Yeraltı suları	*		0,246	Siefi vd., 2017 [25]	İran, Kahnuj İlçesi	
	*		1,06	Merrouni vd., 2017 [1]	Doğu Fas	
Akarsulara uzaklık (m)	<-500		2	Özşahin ve Kaymaz, 2013 [30]	Hatay	RES yer seçimi çalışması
	500-1000					
	1000-5000					
	5000->					
	*		0,0927	Memduhoğlu, 2014 [31]	Yıldız Teknik Üniversitesi Davutpaşa kampüsü	
	*		0,05	Nişancı vd., 2014 [26]	Trabzon, Türkiye	
	0-1300		1	Obut, 2016 [14]	Göksun, Türkiye	GES yer seçimi çalışması
	1300-3000		2			
	3000-5000		3			
	5000-7000		4			
	7000-13000		5			
	*		4,78	Koca, 2019 [29]	İzmir, Menemen	

Mühendislik çalışmalarında son derece önemli olan kriterlerden bir tanesi de heyelan kriteridir. Bu kriteri GES yer seçimi çalışması için Eroğlu 2018 yılında

kullanmıştır [9]. Çalışmalardaki ağırlık değerleri izin verilmeyen ile 44,37 aralığında olmuştur. Heyelan kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar Tablo 1.5'te gösterilmektedir.

Tablo 1.5. Heyelan kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar

Kriter	Alt kriterler	Sıklık	Ağırlık değeri	Kim yaptı ve ne zaman yapıldı?	Çalışma alanı	Hangi alanda kullanıldı
Heyelan	Potansiyel	3	7	Yıldırım ve Nisanci, 2010 [8]	Türkiye, Karadeniz Bölgesi	Mühendislik çalışmaları
	Eski		8			
	Aktif		∞			
	Aktif		63.69 (SDS) 36.93 (FAHP)	Eroğlu ve Aydın, 2015 [10]	Türkiye	Güzergah çalışmaları
	Potansiyel		25.82 (SDS)			
	Eski		10.47 (SDS) 29.99 (FAHP)			
	Aktif		İzin verilmeyen	Eroğlu, 2018 [9]	Gümüşhane, Türkiye	GES yer seçimi çalışması

Jeoloji kriteri kullanılmış bazı GES yer tayini çalışmaları bulunmaktadır. Bu kriteri kullanılan ilk çalışma 2012 senesinde Hindistan'da yapılmıştır [32]. En son 2019 senesinde Çin'de yapılmıştır [11]. Bu çalışmalarda en yüksek ağırlık değeri 38,15 olarak ve en düşük ağırlık derecesi ise 0 olarak belirlenmiştir. Jeoloji kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar Tablo 1.6'da gösterilmektedir.

Tablo 1.6. Jeoloji kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar

Kriter	Alt kriterler	Sıklık	Ağırlık değeri	Kim yaptı ve ne zaman yapıldı?	Çalışma alanı	Hangi alanda kullanıldı
Jeoloji	-	5	0	Choudhary ve Shankar, 2012 [32]	Hindistan	GES yer seçimi çalışması
	Asit müdahaleci		38,15	Eroğlu ve Aydın, 2015 [10]	Türkiye	Mühendislik çalışmaları
	Temel-ultrabazik		26,7			
	Metamorfitletler		20,89			
	Volkanitler		9,74			
	Tortul kayalar		4,5			
	Asit ortağ itrusivler		8,6	Eroğlu, 2018 [9]	Türkiye	GES yer

Tablo 1.6. (Devam) *Jeoloji kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar*

Jeoloji	Bazik-Ultrabazikler		12,23	Eroğlu,2018 [9]	Gümüşhane	seçimi çalışması
	Metamorfitletler		17,58			
	Volkanitler		27,97			
	Sedimanter kayaçlar		33,61			
Jeoloji	*		*	Şimşek, 2014 [27]	Türkiye	RES yer seçimi çalışması
	*		0,0432	Wu vd., 2019 [11]	Çin	GES yer seçimi çalışması

GES yer seçimi çalışmalarında oldukça önem taşıyan ve sıkça kullanılan kriterlerden biri arazinin eğim durumudur. İncelenen çalışmalarda ağırlık değerleri izin verilmeyen ile 50,68 aralığında olmuştur. Bu kriter ile ilgili yapılan çalışmalar Tablo 1.7'de gösterilmektedir.

Tablo 1.7. *Eğim kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar*

Kriter	Alt kriterler	Sıklık	Ağırlık değeri	Kim yaptı ve ne zaman yapıldı?	Çalışma alanı	Hangi alanda kullanıldı
Eğim	*	18	0.14	Firozjaei vd., 2018 [12]	Iran	GES yer seçimi çalışmaları
	Yer 1- 0.757		0,04	Kengpol vd., 2013 [21]	Tayland	
	Yer 2- 0.243					
	Yer 3-0.000					
	<30		50,68	Eroğlu, 2018 [9]	Gümüşhane, Türkiye	GES yer seçimi çalışmaları
	3 – 50		26,52			
	5 – 100		15,62			
	10 – 200		7,17			
	>200		x			
	0 – 10		1	Yıldırım ve Nisanci, 2010 [8]	Türkiye, Karadeniz Bölgesi	Mühendislik çalışmalar
	10 – 20		5			
	20 – 30		7			
	> 30		9			
	*		11,203	Lozano vd., 2013 [19]	Güney doğu İspanya	GES yer seçimi

Tablo 1.7. (Devam) *Eğim kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar*

Eğim	1>		0,39	Uyan, 2013 [24]	Karapınar, Konya	GES yer seçimi çalışmaları
	1-2		0,39			
	2-3		0,184			
	3<		0,036			
	>60		18,19	Eroğlu ve Aydın, 2015 [10]	Türkiye	GES yer seçimi çalışmaları
	50-60		15,55			
	40-50		14,62			
	30-40		13,35			
	20-30		13,22			
	10-20		12,89			
<10		12,13				
Eğim	1>		0,042	Uyan, 2016 [3]	Konya, Çumra	GES yer seçimi çalışması
	1-2					
	2-3					
	3<					
	0-1681		2	Gürbüz ve Obut, 2015 [2]	Göksun, Türkiye	GES yer seçimi çalışması
	1681-3278					
	3278-4875					
	4875-6896					
	6896-21350					
	*		0,099	Siefi vd., 2017 [25]	İran, Kahnuj İlçesi	
*		0,633	Iva Gasparovic ve Mateo Gasparovic, 2019 [4]	Hırvatistan		
Eğim	*		0,144	Nişancı vd., 2014 [26]	Trabzon, Türkiye	RES yer seçimi çalışması
	0 – 1		3	Özşahin ve Kaymaz, 2013 [30]	Hatay	
	1,01 – 8					
	8,01 – 16					
	16.01.1932					
	32,01 - 75		5	Obut, 2016 [14]	Göksun, Türkiye	GES yer seçimi çalışması
	1%					
	2%					
	3%					
	4%		2			

Tablo 1.7. (Devam) *Eğim kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar*

	%5 -%5+		1			
	*		23,13	Koca, 2019 [29]	İzmir Menemen	GES yer seçimi çalışması
Eğim	*		0,157	Latinopoulos vd., 2015 [33]	Yunanistan	RES yer seçimi çalışması
	*		23,5	Merrouni vd., 2017 [1]	Doğu Fas	GES yer seçimi çalışması
	*		0,148	Türkseven, 2019 [13]	Eskişehir	

Literatür taramasında incelenen 30'u aşkın makalenin 5'inde rekreasyon kriteri kullanılmıştır. Bu çalışmalardaki ağırlık değerleri 0,056-60,23 aralığında olmuştur. Çalışmalar 2010 yılından itibaren başlayıp 2018'e kadar devam etmiştir. Rekreasyon kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar Tablo 1.8'de gösterilmiştir.

Tablo 1.8. *Rekreasyon kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar*

Kriter	Alt kriterler	Sıklık	Ağırlık değeri	Kim yaptı ve ne zaman yapıldı?	Çalışma alanı	Hangi alanda kullanıldı
Rekreasyon	3.Seviyeli koruma alanı	5	5	Yıldırım ve Nisanci, 2010 [8]	Türkiye Karadeniz	Mühendislik çalışmaları
	2.Seviyeli koruma alını		7			
	1.Seviyeli koruma alanı		∞			
	Tarihi yerler		38,78	Eroğlu ve Aydın, 2015 [10]	Türkiye	GES yer seçimi çalışması
	Turizm merkezleri		23,23			
	Mesire alan		15.08			
Rekreasyon	Piknik alanları		11,13	Eroğlu ve Aydın, 2015 [10]	Türkiye	GES yer seçimi çalışması
	Yaylalar		11,76			
	Koruma alanları		12,45	Eroğlu, 2018 [9]	Gümüşhane, Türkiye	
	Yaylalar		27,31			

Tablo 1.8. (Devam) *Rekreasyon kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar*

	Diğer		60,23			
	Çevre koruma alanları		0,122	Nişancı vd., 2014 [26]	Trabzon, Türkiye	RES yer seçimi çalışmaları
	*		0,056	Latinopoulos vd., 2015 [33]	Yunanistan	

Bazı GES yer seçimi çalışmalarında kayalık alanlar kriteri kullanılmıştır. Eroğlu 2015 ve 2018 yıllarında çalışmasında bu kriteri kullanıp 15,97-30,8 aralığında ağırlık değerleri belirlemiştir [9, 10]. Bu çalışmalar Tablo 1.9'da gösterilmektedir.

Tablo 1.9. *Kayalık alanlar kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar*

Kriter	Alt kriterler	Sıklık	Ağırlık değeri	Kim yaptı ve ne zaman yapıldı?	Çalışma alanı	Hangi alanda kullanıldı
Kayalık alanlar	0-500m 500m-1 km 1-10 km >10 km	2	15,97 24,6 28,64 30,8	Eroğlu, 2018 [9]	Gümüşhane, Türkiye	GES yer seçimi çalışması
	-		17,37	Eroğlu ve Eydın, 2015 [10]	Türkiye	Güzergah çalışmaları

Ormanlık alanlar kriteri literatürdeki bazı GES yer seçimi çalışmalarında kullanılmıştır. İlk kez bu kriteri 2013 yılında Kengpol vd. Tayland'ta yapılan çalışmada kullanmışlardır [21]. Çalışmalarda ağırlık değerleri izin verilmeyen ile 42,53 aralığında olmuştur. Ormanlık alanlar kriteri ile ilgili incelenen çalışmalar Tablo 1.10'da gösterilmektedir.

Tablo 1.10. *Ormanlık alanlar kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar*

Kriter	Alt kriterler	Sıklık	Ağırlık değeri	Kim yaptı ve ne zaman yapıldı?	Çalışma alanı	Hangi alanda kullanıldı
Ormanlık alanlar	-	6	14,82	Eroğlu ve Aydın, 2015 [10]	Türkiye	Güzergah çalışmaları

Tablo 1.10. (Devam) *Ormanlık alanlar kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar*

Ormanlık alanlar	< 500 m	İzin Verilmeyen	Eroğlu, 2018 [9]	Gümüşhane, Türkiye	GES yer tayini çalışması
	100-1 km	6,21			
	1 – 2 km	18,33			
	2 – 5 km	32,94			
	>5 km	42,53			
	Ormanlık alanlar	0,349	Kengpol vd., 2013 [21]	Tayland	GES yer seçimi çalışması
Ormanlık alanlar	Yer 1- 0,449 Yer 2- 0,200 Yer 3-0,351	0,309	Kengpol vd., 2013 [21]	Tayland	GES yer seçimi çalışması
	Orman	0,028	Iva Gasparovic ve Mateo Gasparovic2 019 [4]	Hırvatistan	GES yer seçimi çalışması
	*	0,072	Nişancı vd., 2014 [26]	Trabzon, Türkiye	RES yer seçimi çalışması

Bir güneş enerjisi santralının en yakın yola olan mesafesi santralin bakım ve onarım masrafları açısından önem arz etmektedir. Bu kriter literatürdeki birçok GES yer seçimi çalışmasında kullanılmıştır. Çalışmalar 2010 yılından itibaren başlayıp 2019 yılına kadar sürmüştür. Bu çalışmalardaki en yüksek ağırlık değeri 41,79 olarak Eroğlu'nun çalışmasında belirlenmiştir [9]. Bu kritere ilişkin incelenen çalışmalar Tablo 1.11'de gösterilmiştir.

Tablo 1.11. *Yollara uzaklık kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar*

Kriter	Alt kriterler	Sıklık	Ağırlık değeri	Kim yaptı ve ne zaman yapıldı?	Çalışma alanı	Hangi alanda kullanıldı
Yollara uzaklık	-	22	0,168	Charabi ve Gastli, 2011 [18]	Umman	GES yer seçimi çalışmaları
	-		4,291	Lozano vd., 2013 [19]	Güneydoğu İspanya	
	100		0,033	Uyan, 2013 [24]	Konya	

Tablo 1. 11. (Devam) *Yollara uzaklık kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar*

Yollara uzaklık	100-1000	0,454	Uyan, 2013 [24]	Konya	GES yer seçimi çalışmaları
	1000-3000	0,256	Eroğlu, 2018 [9]	Gümüşhane, Türkiye	
	3000-5000	0,16			
	5000<	0,096			
	< 100 m	x			
	100 m – 1 km	41,79			
	1 – 3 km	31,36			
	3 – 5 km	12,86			
	5 – 10 km	9,95			
	> 10 km	4,03			
Yollara uzaklık	< 100 m	10,76			Eroğlu ve Aydın, 2015 [10]
	100–300 m	11,29			
	300–500 m	12,36			
	500–700 m	14,14			
	700–900 m	15,53			
	900–1100 m	16,32			
	> 1100 m	20,56			
	*	0.13	Güçlüer ve Batuk, 2011 [17]	Konya, Türkiye	GES yer seçimi çalışması
	<-100, 10	0,044	Siefi vd., 2017 [25]	İran, Kahnuj İlçesi	
Yollara uzaklık	100.01-250	3	Özşahin ve Kaymaz, 2013 [30]	Hatay	RES yer seçimi çalışmaları
	250,01-500				
	500,01-1000				
	1000.01->				
	Karayolları	0,061	Nişancı vd., 2014 [26]	Trabzon, Türkiye	RES yer seçimi çalışmaları
	Karayolları	0,13	Güçlüer, 2010 [5]	Konya, Türkiye	
Yollara uzaklık	100-1000	0,06	Uyan, 2016 [3]	Konya, Çumra	GES yer seçimi çalışmaları
	1000-3000				
	3000-5000				
	5000-10000				
	10000<				
	*	0,12	Güçlüer ve Batuk, 2011 [17]	Konya, Türkiye	

Tablo 1. 11. (Devam) *Yollara uzaklık kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar*

Yollara uzaklık	Demiryolu altyapısı		0,042	Iva Gasparovic ve Mateo Gasparovic, 2019 [4]	Hırvatistan	GES yer seçimi çalışmaları
	Demiryolu		0,12	Güçlüer, 2010 [5]	Konya, Türkiye	
Yollara uzaklık	21000 -15000		1	Obut, 2016 [14]	Göksun, Türkiye	GES yer seçimi çalışması
	15000-1000		2			
	1000-4000		3			
	4000-1500		4			
	1500-100		5			
	*		8,57	Koca, 2019 [29]	İzmir, Menemen	
Yollara uzaklık	*		0,093	Türkseven, 2019 [13]	Eskişehir	GES yer seçimi çalışması
	*		0,08	Firozjaei vd., 2018 [12]	Iran	
	*		0,157	Latinopoulos vd., 2015 [33]	Yunanistan	RES yer seçimi çalışması
Yollara uzaklık	*		0,0181	Wu vd., 2019 [11]	Çin	GES yer seçimi çalışması
	*		1,25	Merrouni vd., 2017 [1]	Doğu Fas	
	Tarlaya yakın yollardan uzaklık		0,659	Kengpol vd., 2013 [21]	Tayland	GES yer seçimi çalışması

Kurulması planlanan santralin elektrik şebekesine olan uzaklığı enerji iletim masraflarını etkileyecektir. İletim hatları ne kadar uzunsa o kadar çok maliyet olarak karşımıza çıkacaktır. Şebekeye uzaklık kriterine bazı çalışmalarda değinilmiştir (Tablo 1.12). Bu kriter ilk kez 2001 yılında İngiltere’de yapılan Baban ve Parry’nin rüzgar santralleri çalışmasında kullanılmıştır [22]. Son olarak 2019 yılında Çin’de Wu ve diğerleri tarafından yapılan çalışmada kullanılmıştır [11].

Tablo 1.12. Şebekeye uzaklık kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar

Kriter	Alt kriterler	Sıklık	Ağırlık değeri	Kim yaptı ve ne zaman yapıldı?	Çalışma alanı	Hangi alanda kullanıldı	
Şebekeye uzaklık	500 m	8	-	Baban ve Parry, 2001 [22]	İngiltere	RES yer seçimi çalışması	
Şebekeye uzaklık	<500 m	8	x	Eroğlu, 2018 [9]	Gümüşhane, Türkiye	GES yer seçimi çalışması	
	500m – 1 km		44,37				
	1 – 5 km		26,9				
	5 – 10 km		18,55				
	>10 km		10,18				
	-		32,539	Lozano vd., 2013 [19]	Güneydoğu İspanya	GES yer seçimi çalışması	
	3000>		0,574	Uyan, 2013 [24]	Karapınar, Konya		
	3000–6000		0,291				
	6000–10,0000		0,09				
	10,0000<		0,044				
	İletim şebekesine yakınlık		0,49	Choudhary vd., 2012 [32]	Hindistan		
	*		0,1096	Wu vd., 2019 [11]	Çin		GES yer seçimi çalışması
	*		1,82	Merrouni vd.,, 2017 [1]	Doğu Fas		
	*		0,0506	Sun vd., 2018 [34]	Çin		

Bazı GES yer seçimi çalışmalarında toprak kriterine değinilmiştir. Bu çalışmalarda ağırlık değerleri 0,0432- 20,05 aralığında olmuştur. Toprak kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar Tablo 1.13'te gösterilmektedir.

Tablo 1.13. Toprak kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar

Kriter	Alt kriterler	Sıklık	Ağırlık değeri	Kim yaptı ve ne zaman yapıldı?	Çalışma alanı	Hangi alanda kullanıldı
Toprak	*	5	0,0432	Wu vd., 2019 [11]	Çin	GES yer seçimi

Tablo 1.13. (Devam) *Toprak kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar*

Toprak	1.Sınıf toprak	5	6,95	Eroğlu, 2018 [9]	Gümüşhane, Türkiye	GES yer seçimi çalışması
	2.Sınıf toprak		8,65			
	3.Sınıf toprak		9,48			
	4. Sınıf toprak		11,96			
	5. Sınıf toprak		12,03			
	6. Sınıf toprak		14,51			
	7. Sınıf toprak		16,37			
	8. Sınıf toprak		20,05			
	-		5,553	Lozano vd., 2013 [19]	Güneydoğu İspanya	
Toprak	1. sınıf toprak		17,4	Eroğlu ve Aydın, 2015 [10]	Türkiye	Güzergah çalışmaları
	2. sınıf toprak		17,3			
	3. sınıf toprak		15			
	4. sınıf toprak		13,57			
	5. sınıf toprak		12,54			
	6. sınıf toprak		10,57			
	7. sınıf toprak		8,88			
	8. sınıf toprak		5,08			
	Tarım Dışı		1	Yıldırım ve Nisanci, 2010 [8]	Türkiye, Karadeniz Bölgesi	Mühendislik çalışmalar
	Tarım (biraz iyi)		3			
	Tarım (iyi)		7			
	Tarım (En iyisi)		9			

GES yer seçimi çalışmalarında çok nadir kullanılan kriterlerden birisi buz yükü bölgesi kriteridir. Bu kriteri ilk kez 2015 yılında Eroğlu ve Aydın GES yer seçimi çalışmasında kullanmıştır [9,10]. Yapılan çalışmalarda ağırlık kriterleri 10,97-29,49 aralıklarında olmuştur. Buz yükü bölgesi kriteri ile ilgili yapılan 2 çalışma Tablo 1.14'te gösterilmektedir.

Tablo 1.14. *Buz yükü bölgesi kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar*

Kriter	Alt kriterler	Sıklık	Ağırlık değeri	Kim yaptı ve ne zaman yapıldı?	Çalışma alanı	Hangi alanda kullanıldı
Buz yükü bölgesi	1. Bölge	2	29,49	Eroğlu, 2018 [9]	Gümüşhane, Türkiye	GES yer seçimi çalışmaları
	2. Bölge		24,73			

Tablo 1.14. (Devam) *Buz yükü bölgesi kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar*

Buz yükü bölgesi	3. Bölge		19,79	Eroğlu, 2018 [9]	Gümüşhane, Türkiye	GES yer seçimi çalışması
	4. Bölge		15,02			
	5. Bölge		10,98			
	5. bölge		29,48	Eroğlu ve Aydın, 2015 [10]	Türkiye	Güzergah çalışmaları
	4. bölge		24,73			
	3. bölge		19,78			
	2. bölge		15,01			
	1. bölge		10,97			

GES yer seçimi çalışmalarının çok önemli kriterlerinden biri ortalama sıcaklıktır. İncelenen çalışmalardaki ağırlık değerleri 0 ile 4,7604 arasında olmuştur. Çalışmalar 2013 yılından başlayarak 2019 kadar devam etmiştir. Ortalama sıcaklık kriteri ile ilgili incelenen çalışmalar Tablo 1.15'te yer almaktadır.

Tablo 1.15. *Ortalama sıcaklık kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar*

Kriter	Alt kriterler	Sıklık	Ağırlık değeri	Kim yaptı ve ne zaman yapıldı?	Çalışma alanı	Hangi alanda kullanıldı
Ortalama sıcaklık	-	4	4.7604	Lozano vd., 2013 [19]	Güneydoğu İspanya	GES yer seçimi çalışması
	Ortalama sıcaklık		0.000	Kengpol vd., 2013 [21]	Tayland	
	Sıcaklık (1-9)		7; 3; 2	Duman, 2018 [15]	Antalya, Burdur, Isparta	
	-		0,0594	Wu vd., 2019 [11]	Çin	

GES kurulumunda trafo merkezine olan mesafe önemlidir. İncelenen çalışmalarda bu kriter için kullanılan ağırlık değerleri 0,06-8,946 aralığında olmuştur. Bu kriter en çok 2013 yılında yapılan çalışmalarda kullanılmıştır. Trafo merkezlerine uzaklık kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar Tablo 1.16'da gösterilmektedir.

Tablo 1.16. Trafo merkezlerine uzaklık kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar

Kriter	Alt kriterler	Sıklık	Ağırlık değeri	Kim yaptı ve ne zaman yapıldı?	Çalışma alanı	Hangi alanda kullanıldı
Trafo merkezlerine uzaklığı	-	9	8,946	Lozano vd., 2013 [19]	Güneydoğu İspanya	GES yer seçimi çalışmaları
	Trafolarla uzaklık		0,341	Kengpol vd., 2013 [21]	Tayland	
	3000>		0,179	Uyan, 2016 [3]	Konya, Çumra	
	3000-5000					
	5000-10000					
	10000<					
Trafo merkezlerine uzaklığı	*	3	5	Gürbüz ve Obut, 2015 [2]	Göksun, Türkiye	GES yer seçimi çalışmaları
	*		0,14	Güçlüer ve Batuk, 2011 [17]	Konya, Türkiye	
	<-1000		3	Özşahin ve Kaymaz, 2013 [30]	Hatay	RES yer seçimi çalışması
	1000-5000					
	5000-10000					
	10000-25000					
	25000-50000					
	Trafo merkezlerine uzaklığı		*	1	0,14	Güçlüer, 2010 [5]
*		0,06	Türkseven, 2019 [13]		Eskişehir	
52000-37000		Obut, 2016 [14]	Göksun, Türkiye		GES yer seçimi çalışması	
37000-28000						
28000-20000						
20000-12000						
12000-0						

GES kurulumu için harcanan sermayenin bir maliyeti olduğundan dolayı maliyet faktörü GES yer seçimi çalışmalarında önemli rol oynamaktadır. GES yer seçimi çalışmalarında maliyet faktörü 2012-2019 yılları arasında kullanılmıştır. Ağırlık

değerleri 0 ila 252 aralığında olmuştur. Maliyet faktörü ile ilgili yapılan çalışmalar Tablo 1.17'de gösterilmiştir.

Tablo 1.17. *Maliyet faktörü kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar*

Kriter	Alt kriterler	Sıklık	Ağırlık değeri	Kim yaptı ve ne zaman yapıldı?	Çalışma alanı	Hangi alanda kullanıldı
Maliyet faktörü	İşletme ve bakım maliyeti	10	0	Kengpol vd., 2013 [21]	Tayland	GES yer seçimi çalışmaları
	Kurulum maliyeti		0,717	Kengpol vd., 2013 [21]	Tayland	
			0,283			
	Alan Maliyeti		0,704	Akçay, 2019 [16]	Antalya,	
			0,366		Burdur,	
			0,243		Konya	
			0,35		Karaman,	
			0,408		Van	
Maliyet faktörü	Alan maliyeti	*	Şimşek, 2014 [27]	Türkiye	RES yer seçimi çalışması	
	Arazi edinim maliyeti	0,68	Choudhary ve Shankar, 2012 [32]	Hindistan	GES yer seçimi çalışmaları	
	Arazi maliyeti	0,0211	Sun ve vd., 2018 [34]	Çin		
	Arazi Fiyatları (TL)	252	Duman, 2018 [15]	Antalya, Burdur, Isparta		
		180				
		54				
	Yeniden yerleşim ve rehabilitasyon maliyeti	0	Choudhary ve Shankar, 2012 [32]	Hindistan		
Maliyet faktörü	Altyapı maliyeti		0,32	Choudhary ve Shankar, 2012 [32]	Hindistan	GES yer seçimi çalışmaları
	Arazi metrekaresine birim fiyatları		0,11	Özdemir ve Özcan, 2017 [35]	Türkiye	

Çevresel faktörler maliyet faktörleri kadar GES kurulumu çalışmalarında büyük bir önem taşımaktadır. Çevresel faktör olarak GES'lerin tarihi turizm alanlarına uzaklığı, görsel etki, kullanılan arazinin kuru tarım arazisi olması vb. alt kriterler alınabilir. Çevresel faktör ile ilgili yapılan çalışmalar Tablo 1.18'de gösterilmektedir.

Tablo 1.18. Çevresel faktör kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar

Kriter	Alt kriterler	Sıklık	Ağırlık değeri	Kim yaptı ve ne zaman yapıldı?	Çalışma alanı	Hangi alanda kullanıldı
Çevresel faktör	Tarihi turizm alanlarına uzaklığı	1	0	Kengpol vd., 2013 [21]	Tayland	GES yer seçimi çalışması
	Görsel etki		0,427			
	Arazi kullanımı		0,573			
Çevresel faktör	Arazi kullanımı	9	0,75	Uyan, 2013 [24]	Konya, Karapınar	GES yer seçimi çalışması
			0,12	Choudhary ve Shankar, 2012 [32]	Hindistan	
			14,64	Koca, 2019 [29]	İzmir, Menemen	
Çevresel faktör	*		*	Şimşek, 2014 [27]	Türkiye	RES yer seçimi çalışması
Çevresel faktör	Arazi kullanımı		0,453	Uyan, 2016 [3]	Konya Çumra	GES yer seçimi çalışması
	Marjinal araziler					
	Mera					
	Arazi örtüsü / Arazi kullanımı		0,198	Siefi vd., 2017 [25]	İran, Kahnuj	RES yer seçimi çalışması
	*		0,157	Latinopoulos vd., 2015 [33]	Yunanistan	
	Orman		8	Özşahin ve Kaymaz, 2013 [30]	Hatay, Türkiye	
	Tarım Alanı					
Çevresel faktör	Çalılık ve Fundalıklar		8	Özşahin ve Kaymaz, 2013 [30]	Hatay, Türkiye	RES yer seçimi çalışması
	Çayır ve Meralar					
	Bağ ve Bahçe Alanları					

Tablo 1.18. (Devam) *Çevresel faktör kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar*

Çevresel faktör	Yerleşim Alanı		8			
	Açık Alanlar					
	Arazi alanları		1,241	Lozano vd., 2013 [19]	Güneydoğu İspanya	GES yer seçimi çalışmaları

Güneş enerji santrallerinin yer seçimi çalışmalarında etkin rol oynayan bir diğer faktör iklim koşullarıdır. Santral inşa edilecek alanlardaki yerel iklim koşullarının aşırı hava olaylarına (aşırı yağış, rüzgâr, kar vb.) neden olması risk oluşturmakta ve inşa edilecek santralin zarar görmesine yol açabilmektedir. Bu faktör GES yer seçimi çalışmalarında sık sık kullanılmaktadır. İklimsel faktör ile yapılan çalışmalarda ağırlık değerleri 0,231 ile 1.066,9 aralığında olmuştur. İklimsel faktör ile ilgili yapılan çalışmalar Tablo 1.19'da gösterilmektedir.

Tablo 1.19. *İklimsel faktör kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar*

Kriter	Alt kriterler	Sıklık	Ağırlık değeri	Kim yaptı ve ne zaman yapıldı?	Çalışma alanı	Hangi alanda kullanıldı
İklimsel faktör	Yağış miktarı	1	1066,9	Akçay, 2019 [16]	Antalya	GES yer seçimi çalışmaları
			427,9		Burdur	
			322,4		Konya	
			330,8		Karaman	
			388,5		Van	
			592,3		Mersin	
	Karlı gün sayısı gün	1	4,04	Akçay, 2019 [16]	Antalya	
			4,04		Burdur	
			17,5		Konya	
			17,5		Karaman	
			68,3		Van	
İklimsel faktör	Güneşlenme süreleri (m ² /saat)	2	4,04	Akçay, 2019 [16]	Mersin	GES yer seçimi çalışmaları
			8,247		Antalya	
			8,067		Burdur	
			7,94		Konya	
			8,408		Van	
			8,257		Mersin	
			0,231	Kengpol vd., 2013 [21]	Tayland	

Bazı GES yer seçimi çalışmalarında sismik bölge, erozyon durumu, coğrafi konum gibi coğrafi faktörler kullanılmıştır. Bu faktör ile ilgili yapılan çalışmalar Tablo 1.20'de gösterilmektedir.

Tablo 1.20. Coğrafi faktör kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar

Kriter	Alt kriterler	Sıklık	Ağırlık değeri	Kim yaptı ve ne zaman yapıldı?	Çalışma alanı	Hangi alanda kullanıldı
Coğrafi faktör	Sismik bölge	1	0,437	Kengpol vd., 2013 [21]	Tayland	GES yer seçimi çalışmaları
	Coğrafi konum	1	0	Kengpol vd., 2013 [21]	Tayland	
	Erozyon durumu	1	3 Düşük	Akçay, 2019 [16]	Antalya	
			5 Orta		Burdur	
			7 Yüksek		Konya	
			7 Yüksek		Karaman	
			5 Orta		Van	
			7 Yüksek		Mersin	

Kurulması planlanan bir GES'in deprem fay hattı riski alanında olmaması gerekmektedir. Bu kriter ile ilgili yapılan bazı çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalar 2010 yılından itibaren başlayıp 2019 yılına kadar devam etmiştir. Çalışmalardaki ağırlık değerleri 0,07-10 aralığındadır. Deprem fay hattı kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar Tablo 1.21'de sunulmaktadır.

Tablo 1.21. Deprem fay hattı kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar

Kriter	Alt kriterler	Sıklık	Ağırlık değeri	Kim yaptı ve ne zaman yapıldı?	Çalışma alanı	Hangi alanda kullanıldı
Deprem fay hattı	-	6	0.07	Güçlüer ve Batuk, 2011 [17]	Konya Türkiye	GES yer seçimi çalışmaları
Deprem fay hattı	<-100		2	Özşahin ve Kaymaz, 2013 [30]	Hatay, Türkiye	RES yer seçimi çalışmaları
	100-200					
	3200-300					
	5300-400					
	400.01->					

Tablo 1.21. (Devam) Deprem fay hattı kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar

	*		0,07	Güçlüer, 2010 [5]	Konya, Türkiye	GES yer seçimi çalışması
	0-3500		1	Obut, 2016 [14]	Göksun, Türkiye	
	3500-8500		2			
	8500-14000		3			
	14000-20000		4			
	20000-28000		5			
	*		10; 4; 3	Duman, 2018 [15]	Antalya Burdur Isparta	
Deprem fay hattı	Çok Yüksek		9	Akçay, 2019 [16]	Antalya	GES yer seçimi çalışmaları
	Yüksek		7		Burdur	
	Çok Düşük		1		Konya	
	Düşük		3		Karaman	
	Orta		5		Van	
	Yüksek		7		Mersin	

GES kurulumunda önemli hususlardan biriside kurulacak santrallerin kuşların göç yolunda olup olmamasıdır. Kuşlar göç sezonunda, bir yerden başka bir yere göç ederken dışkılarını güneş panellerinin üzerine bırakabilirler ve dışkıları güneş panellerine zarar verebilir. Bu kriteri Güçlüer 2010 ve 2011 yıllarında yaptığı çalışmasında kullanmıştır (Tablo 1.22) [5,17].

Tablo 1.22. Kuş göç yolları kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar

Kriter	Alt kriterler	Sıklık	Ağırlık değeri	Kim yaptı ve ne zaman yapıldı?	Çalışma alanı	Hangi alanda kullanıldı
Kuş göç yolları	*	2	0,06	Güçlüer ve Batuk, 2011 [17]	Konya, Türkiye	GES yer seçimi çalışmaları
	*		0,06	Güçlüer, 2010 [5]		

Rüzgâr enerjisi santrallerinin yer seçiminde çok önemli olan yükseklik kriteri bazı GES çalışmalarında da kullanılmıştır. Bu kriteri Iva Gasparovich ve Mateo Gasparovich 2019 yılında Hırvatistanda yaptıkları çalışmada kullanmışlardır [4]. Bu kriter ile ilgili yapılan çalışmalar Tablo 1.23'te gösterilmektedir.

Tablo 1.23. Yükseklik kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar

Kriter	Alt kriterler	Sıklık	Ağırlık değeri	Kim yaptı ve ne zaman yapıldı?	Çalışma alanı	Hangi alanda kullanıldı
Yükseklik	*	4	0,043	Siefi vd., 2017 [25]	İran, Kahnuj	RES yer seçimi çalışması
	0 – 150		7	Özşahin ve Kaymaz, 2013 [30]	Hatay, Türkiye	
	150 – 300					
	300 – 450					
	450 – 600					
	600 – 750					
	750 – 900					
	900– 1050					
	1050 - >					
Yükseklik	*		0,106	Iva Gasparovich ve Mateo Gasparovich, 2019 [4]	Hırvatistan	GES yer seçimi çalışmaları
	*		0,144	Nişancı vd., 2014 [26]	Trabzon, Türkiye	RES yer seçimi çalışmaları

Güneş potansiyelinden maksimum faydalanmak için arazinin güney cepheli olmasında fayda bulunuyor. Bazı GES yer tayini çalışmalarında bakı durumu kriteri yer almıştır. Bu kriterle ilgili yapılan çalışmalar Tablo 1.24'te gösterilmiştir.

Tablo 1.24. *Bakı durumu (yön) kriteri ile ilgili yapılan çalışmalar*

Kriter	Alt kriterler	Sıklık	Ağırlık değeri	Kim yaptı ve ne zaman yapıldı?	Çalışma alanı	Hangi alanda kullanıldı
Bakı durumu (yön)	-	4	0,26	Iva Gasparovich ve Mateo Gasparovich, 2019 [4]	Hırvatistan	GES yer seçimi çalışmaları
	havzalar		7	Özşahin ve Kaymaz, 2013 [30]	Hatay, Türkiye	RES yer seçimi çalışmaları
	düz					
	kuzey					
	kuzeydoğu					
	doğu					
	güneydoğu					
	güney					
	güneybatı					
	kuzeybatı					
Bakı durumu	*		4,815	Lozano vd., 2013 [19]	Güneydoğu İspanya	GES yer seçimi çalışmaları
	*		0,243	Türkseven, 2019 [13]	Eskişehir, Türkiye	

GES yer seçimi çalışmalarında yukarıda gösterdiğimiz kriterlerden başka da farklı kriterler kullanılabilmektedir (Tablo 1.25).

Tablo 1.25. *GES yer seçimi çalışmalarında kullanılan diğer kriterler ile ilgili yapılan çalışmalar*

Kriter	Alt kriterler	Sıklık	Ağırlık değeri	Kim yaptı ve ne zaman yapıldı?	Çalışma alanı	Hangi alanda kullanıldı
Hatalardan uzaklık	*	1	0,246	Sieff vd., 2017 [25]	İran, Kahnuj	GES yer seçimi çalışmaları
Sosyo ekonomik	Elrtrik tüketimi Nüfus	1	0,489 0,246	Iva Gasparovich ve Mateo Gasparovich, 2019 [4]	Hırvatistan	GES yer seçimi çalışmaları
Sosyo ekonomik	Turistik gecelerin sayısı	1	0,225	Iva Gasparovich ve Mateo Gasparovich, 2019 [4]	Hırvatistan	GES yer seçimi çalışmaları

Tablo 1.25. (Devam) *GES yer seçimi çalışmalarında kullanılan diğer kriterler ile ilgili yapılan çalışmalar*

	İşsizlik		0,04			
Sosyal kriterler	İş gücü oranı (%)	1	4,2	Akçay, 2019 [16]	Antalya	GES yer seçimi çalışmaları
			4,2		Burdur	
			2,8		Konya	
			2,8		Karaman	
			1,9		Van	
			4,8		Mersin	
	İşsizlik oranı	1	% 11,6	Akçay, 2019 [16]	Antalya	GES yer seçimi çalışmaları
			% 11,6		Burdur	
			% 6,1		Konya	
			% 6,1		Karaman	
			% 9,2		Van	
			% 10,4		Mersin	
Enerji Nakil Hattı	20000-15000	5	1	Obut, 2016 [14]	Göksun, Türkiye	GES yer seçimi çalışması
	15000-10000		2			
	10000-5000		3			
	5000-1500		4			
	1500-0		5			
	*		0,30	Duman, 2018 [15]	Antalya	GES yer seçimi çalışmaları
			0,40		Burdur	
			0,25		Isparta	
	*		45,24	Koca, 2019 [29]	İzmir, Menemen	
	*		0,035	Türkseven, 2019 [13]	Eskişehir	
	100	5	5	Özşahin ve Kaymaz, 2013[30]	Hatay Türkiye	RES yer seçimi çalışmaları
	100-500					
	750-1000					
	1000-5000					
	5000<					
Maden alanları	0-4000	1	1	Obut, 2016 [14]	Göksun Türkiye	GES yer seçimi çalışmaları
	4000-6000		2			
	6000-10000		3			
	10000-15000		4			
	15000-21000		5			

Tablo 1.25. (Devam) *GES yer seçimi çalışmalarında kullanılan diğer kriterler ile ilgili yapılan çalışmalar*

Fırsat odaklı kriterler	Kamusal Fırsat	1	0,661998	Demirer, 2017 [6]	Konya Karapınar Diyarbakır	GES yer seçimi çalışması
	Lojistik Fırsat		0,214598 856			
	Sosyal Fırsat		0,123402 659			
Maliyet odaklı kriter	Sabit Maliyet	1	0,768143	Demirer, 2017 [6]	Konya Karapınar Diyarbakır Karaman	GES yer seçimi çalışması
	Değişken Maliyet		0,231857			
Çevresel kriteriler	Coğrafi Uyumluluk	1	0,215502	Demirer, 2017 [6]	Konya Karapınar Diyarbakır Karaman	GES yer seçimi çalışması
	İklim Yapısı		0,784498			
Araziye ulaşılabilirli (km)	-	1	17; 10; 7	Duman, 2018 [15]	Antalya Burdur Isparta	GES yer seçimi çalışması
Tüketim Merkezine Katkısı (MWh)	-	1	204; 142; 115	Duman, 2018 [15]	Antalya Burdur Isparta	
Teknik kriterler	Üretililecek enerji (kW saat/yıl)	1	27600	Akçay, 2019 [16]	Antalya	GES yer seçimi çalışması
			27500		Burdur	
			27000		Konya	
			28000		Karaman	
			27900		Van	
			27000		Mersin	
Yakıt rezervi	-	1	0,1223	Sun vd., 2018 [34]	Çin	GES yer seçimi çalışması
Elektrik Üretme Kapasiteleri	-	1	0,41	Özdemir ve Özcan, 2017 [35]	Türkiye	
Deprem Olmama İhtimali	-	1	0,23			
Terör Eylemi Olmama İhtimali	-	1	0,14	Özdemir ve Özcan, 2017 [35]	Türkiye	GES yer seçimi çalışmaları

2. GÜNEŞ ENERJİSİ

Güneş enerjisi, dünyadaki tüm enerjinin kaynağıdır. Güneş enerjisi hem insanlar hem de diğer canlılar için doğrudan ısı ve dolaylı olarak yiyecek sağlamaktadır. Aynı zamanda, insan güneş enerjisini ve türevlerini başka birçok yolla kullanmaktadır. Elektrik üretmek ve ulaşım araçlarının hareketi için yakılan petrol, kömür ve doğal gaz gibi fosil yakıtların enerjisi milyonlarca yıl boyunca depolanan güneş enerjisinden başka bir şey değildir [36].

Yüzlerce yıldır insanlar yeryüzünün farklı şekilde soğuması ve ısınması nedeniyle ortaya çıkan kuvvetleri, yani rüzgâr enerjisini kullanmaktadırlar. Bu günlerde, geleneksel rüzgâr enerjisinin kullanılmasıyla birlikte, rüzgâr jeneratörleri kullanılarak elektriğe dönüştürülmektedir. Hidroelektrik santraller tarafından işletilen nehirlerin enerjisi bile güneşten kaynaklanmaktadır. Su, güneş enerjisinin etkisi altında dünya yüzeyinden buharlaşır ve yağmurdan sonra hidroelektrik santral barajına girmektedir.

Güneş enerjisinden elektrik üretimi günümüzde temel olarak iki farklı şekilde yapılabilmektedir. Birincisi güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine çeviren güneş pilleri (fotovoltaikler) yardımıyla elektrik üretimi, ikinci yöntem ise güneş ışığının ısısından yararlanılarak buhar elde edilmesine müteakip oluşan buharın, termik santrallerde olduğu gibi elektrik enerjisine dönüştürülmesine dayanan termal güneş enerjisi sistemidir [37].

Fotovoltaikler (genellikle PV olarak adlandırılır) güneş enerjisi kullanmanın basit ve zarif bir yöntemidir. PV cihazları (güneş pilleri), doğrudan gelen güneş ışınımını gürültü, kirlilik veya hareketli parçaların kullanımı olmadan doğrudan elektriğe dönüştürdükleri için benzersizdir. Bu da onları güvenilir ve dayanıklı bir enerji kaynağı yapmaktadır. Güneş pillerinin çalışması, iletişim ve bilgisayar teknolojisinde bir devrim olduğu için aynı ilkelere ve malzemelere dayanmaktadır. Sonuç olarak, hergün Güneş tarafından yayılan enerji Dünya üzerindeki yaşamın kaynağıdır. Dünyanın atmosferini gaz halinde tutar, kara ve su kütlelerini sürekli ısıtır, rüzgârlara ve şelalelere, deniz akıntılara ve dalgalara enerji verir ve hayvanların ve bitkilerin yaşamlarının devamlılığını sağlamaktadır. Bütün bunlar Güneş'in birincil enerji kaynağı olarak rolünü vurgulamaktadır [36].

2.1. Güneş Enerjisinin Avantajları

Güneş Enerjisi dünyadaki en temiz ve tükenmeyen sınırsız enerji kaynağıdır. GES'lerin temel avantajları şöyle sıralanabilir:

- Güneş Enerjisi tükenmeyen enerji kaynağı olduğu için güneş enerjisi kullanımında herhangi bir yakıta ihtiyaç duyulmamaktadır.
- Minerallerin yanmasının tersine, bu tür enerji kaynağı, sera gazlarının atmosfere salınmasına katkıda bulunmaz.
- GES'lerinin bakımları diğer enerji tesislerine nazaran çok kolaydır. Yılda sadece birkaç kez temizlik gerektirirler. İşletme ve bakım maliyetleri düşüktür [38].
- Çevre dostu temiz bir enerji çeşidi olduğundan çevreyi kirletici, karbon monoksit, gaz, radyasyon, kükürt ve duman gibi sıkıntıları yoktur. Sessiz çalışırlar ve çevreye zararlı bir atık bırakmazlar.
- Enerjinin üretildiği yerle tüketildiği yer arasında uzun mesafeler olmadığı için enerjinin taşınması sırasında oluşabilecek kayıp miktarı oldukça azdır.
- GES'lerinin panelleri sağlam malzeme yapısı sayesinde, zor hava koşullarına karşı dayanıklıdır.
- GES'lerinin kurulumu da zor değildir. Aşağı yukarı 1 ile 9 ay arasında güneş santralini inşa etmek mümkündür.
- Uzaktan merkezi olmayan tüketiciler için (kırsal kesimler, tatil köyleri, yazlıklar, yerleşim yerleri, telefon şebekesi istasyonları vb.) bu temiz enerji kaynağı, elektrik enerjisini elde etme adına büyük kolaylıklar sağlayabilmektedir.
- Güneş enerjisinin kullanımı merkezi bir elektrik santralleri ağı erişimi olan, ancak elektrik enerjisi üretmek için kendi sistemine sahip olma girişimini ifade eden tüketiciler için perspektiftir [38].

2.2. Güneş Enerjisinin Dezavantajları

Güneş enerjisinin çok sayıda avantajı olmasına rağmen bazı dezavantajları da mevcuttur:

- İlk yatırım maliyeti yüksektir.
- Güneş enerjisinin elektriğe dönüştürme oranı düşük olduğundan dolayı geniş alanlara ihtiyaç duyulmaktadır [39,40].
- Güneş enerjisi ancak gündüz kullanılabilir. Bu da bu enerji kaynağını sadece yarım gün boyunca kullanabileceğiniz anlamına gelmektedir.

- Güneş Enerjisi santrallerinin çalışması hava şartlarına bağlıdır. Yağmurlu ve bulutlu günlerde, güneş panellerinin verimi azalmaktadır. Enerji gereksiniminin daha fazla olduğu kış aylarında güneş ışıınımı az ve ayrıca ışıınım geceleri hiç yoktur.
- Güneş kuleleri ile elektrik üretim metodu, bazı hayvanlar için, en çokta göç eden kuşlar için tehlike yaratabilmektedir.
- Güneş ışıınımı sabit ve sürekli olmadığından depolama gerekmektedir. Depolama imkânları ise sınırlıdır [40].

2.3. Güneş Enerjisi Santrallerinin Çevresel Etkileri

Güneş enerjisi santralleri, sabit bir güneş enerjisi kaynağından elektrik üreten enerji santralleridir. Bilim insanlarına göre, Güneş bize enerjisini yüz binlerce yıl boyunca verecektir ve bu süreç yaklaşık bir milyon yıl daha gerçekleşecektir. Bu nedenle, böyle bir enerjiyi elde etmek ve onu başka bir fonksiyona uygulamak son derece önemlidir. Bu enerji biçiminin ana olumlu faktörleri ekonomik bileşen ve çevresel etkileridir. Ekonomik bileşen, bu enerjinin serbest ve tükenmez olması, istikrarlı ve risk almadan alınabilmesidir. Sırasıyla çevresel faktör, bu santrallerin çevre üzerindeki etkisidir [40]. Güneş enerjisi santralleri, aşağıdaki gerçeklerden dolayı çevre üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir:

- Enerji üretim süreci, çevresel olarak tehlikeli maddelerin dahil edilmesini gerektirmemektedir.
- Güneş panellerinin çalışması atmosferi hiçbir şekilde etkilemez, çünkü enerji emisyonlar olmadan fiziksel işlemlerle üretilir, geri kalanı üretilen elektriktir.
- Santrallerin montajı toprağı ve yüzeyine zarar vermemektedir.
- Güneş panellerinin bakımı basit ve zararsız eylemler/süreçler (onarım, su ile yıkama panelleri) ile gerçekleşmektedir.
- Pil ömrünün uzun olması ve bakım kolaylığı çevreyi olumlu yönde etkilemektedir.
- Nükleer santrallerin güneş enerjisi santralleri tarafından değiştirilmesini hesaba katarsak, güneş enerjisi santrallerinin çevresel etkisi inanılmaz düşük olacaktır, çünkü atmosfere emisyon salınımı gerçekleştirmez. Bir nükleer enerji santralinden çıkan gaz ve aerosol emisyonları gezegenimizin ömrünü azaltmaktadır. Bu açıdan GES'lerin kullanılması kat kat avantajlıdır.

- Güneş panellerinin üretimi saf malzemelerden gelir, çevreye zarar vermez ve çalışmaları tamamen güneş enerjisi üretimindedir. Teknolojiler öyle bir seviyeye ulaşmıştır ki, enerji elde etmenin yeni bir yolunu ararken veya kurarken, her şeyden önce çevre standartlarına uygun olmalıdır. GES santralleri tam bu açıdan avatajlıdır ve çevre standartlarına uygundur.
- Güneş enerji santralleri kesinlikle çevre dostudur ve insanların yaşamlarını sadece olumlu yönde etkiler.
- GES'lerinin hava kalitesi, yüzey ve yeraltı suyu kalitesi üzerinde herhangi bir olumsuz etkisi bulunmamaktadır. Sadece arazi kullanımı ve buna bağlı arazi vasıf değişikliği, peyzaj üzerindeki etkiler, parlama ve kamaşma etkisi vardır (http-1).

2.4. Güneş Enerjisi Yer Seçim Kriterleri

GES'lerin en önemli bileşeni uygun yer seçimidir. Santral kurulacak bölgenin güneş potansiyel değerleri kurulacak GES'in geri dönüş süresini direk olarak etkileyen faktörlerdir. Bununla beraber bölgede seçilecek arazinin eğimi, bakı durumu, yerleşim yerlerine uzaklığı, yola uzaklığı, enerji nakil hattına uzaklığı, su kaynaklarına uzaklığı gibi göz önünde bulundurulması gereken faktörler vardır.

2.4.1. Güneş potansiyeli

Güneş potansiyeli, kurulacak santralden elde edilecek enerjiyi doğrudan etkilemektedir. Bu sebeple bu kriter GES yer seçimi çalışmalarında kullanılan çok önemli kriterlerden biri sayılmaktadır. GES kurulacak yerde güneş radyasyonunun yüksek olması santralin verimliliğini arttırmaktadır. Kazakistan'da güneş enerjisi potansiyeli oldukça büyüktür ve yılda yaklaşık 1500 - 1600 kWh / m²'dir ve güneşli gün sayısı yılda ortalama 2.500 saattir. Bu kriter birçok çalışmada kullanılmıştır (Obut, 2016; Charabi ve Gastli, 2011; Uyan, 2013; Sánchez-Lozano ve ark, 2013; Effat, 2013; Kengpol ve ark., 2013; Güçlüer ve Batuk, 2011; Eroğlu, 2018; Duman, 2018; Türkseven, 2019; Wu ve arkadaşları, 2019).

2.4.2. Eğim

Eğim durumu santrallerin verimliliğini etkileyen önemli kriterlerden birisidir. Yer seçiminde en ekonomik eğim değerinin %1 ile %3 aralığında olduğu; %3 üstü eğimli arazilerin verimli olmadığı kabul edilmektedir. Ancak alternatif alan bulunamaması

durumunda %5 eğime kadar yer seçimi yapılabilir. Diğer taraftan eğimi olmayan tamamen düz araziler de su birikmesi ve tahliye problemleri nedeniyle tercih edilmemektedir [41].

2.4.3. Arazinin bakı durumu

GES'lerin yer seçiminde çok önemli kriterlerin birini bakı durumu oluşturmaktadır. Orta enlemlerde ve kuzey yarım kürede bulunan ülkelerde güneye bakan yamaçlar güneş ışınlarını daha dik açıyla aldığı için santral kurulumu açısından elverişlidir. GES kurulacak yerin güney taraflı olması güneş radyasyonundan daha çok faydalanmayı sağlamaktadır.

2.4.4. Yerleşim yerlerinden uzaklık

GES'lerin yerleşim yerlerine yakın olması çevresel olarak negatif etkiler yaratmaktadır [24]. Bu nedenle güneş santrallerinin yerleşim yerlerine çok yakın olmaması gerekmektedir. Ancak GES'lerin yerleşim yerinden çok uzakta olması enerji iletim masraflarını arttıracığından GES'lerin yerleşim yerine ideal bir uzaklıkta olması istenmektedir. Bu bakımdan faaliyetlerin yerleşme alanlarının en az 5 km, en fazla 10 km yakınında yer seçilmesi önerilmektedir [24]. Yerleşim yerleri kriteri birçok GES yer seçimi çalışmasında kullanılmıştır (Şimşek, 2014; Obut, 2016; Uyan, 2013; Charabi ve Gastli, 2011; Baban ve Parry, 2001; Firozjaei vd., 2018; Aydın vd., 2010; Iva Gasparovic ve Mateo Gasparovic, 2019).

2.4.5. Su kaynaklarından uzaklık

GES'lerin su kaynaklarına yakın olması güneş panellerinin temizliği açısından büyük bir önem arz etmektedir. Ancak su kaynaklarının santrallere aşırı yakınlığı taşkın, sis, buharlaşma, nem, sel riski gibi faktörler nedeniyle GES'lere zarar verebilmektedir. Bu nedenle GES'ler su kaynaklarından ideal bir uzaklıkta olmalıdır. GES'lerin kurulum yerinde sulak alanların bulunması, sulak alanlarda bulunan önemli bitki ve hayvanların projeden etkilenmesine yol açabilmektedir. Sulak alanlar literatürdeki birçok çalışmada kullanılmıştır (Wu ve arkadaşları, 2019 Aydın ve ark., 2010; Eroğlu, 2018; Yıldırım ve Nisanci, 2010; Koca, 2019; Obut, 2016).

2.4.6. Trafo merkezlerinden uzaklık

GES'lerin trafo merkezlerine olan yakınlığı verimlilik açısından önem taşımaktadır. Trafo merkezine uzak kurulan GES'lerden alınacak verim azalmaktadır ve enerji kaybı yaşanmaktadır. Bu nedenle GES kurulacak alanın trafo merkezine uzaklığı en fazla 20 km olmalıdır (http-2).

2.4.7. Yollara uzaklık

Bir elektrik santralinin en yakın yola olan mesafesi santralin bakım ve onarım masrafları açısından önem taşımaktadır. Bu kriter literatürdeki bazı GES yer tayini çalışmalarında kullanılmıştır (Uyan, 2013; Charabi ve Gastli, 2011; Sánchez-Lozano ve ark., 2013 vs.).

2.4.8. Arazinin toprak yapısı

Toprak yapısı GES yer seçimi çalışmalarında dikkate alınması gereken kriterlerden birisidir. Verimli tarım arazileri değil daha çok toprak kalitesinin düşük olduğu yerler tercih edilmelidir [9] . Toprak kalitesinin yanı sıra GES'lerin kurulacak arazinin kayalık veya toprak olması da son derece önemlidir. Kullanılacak arazide kayalık kısımlar çok fazla ise bu durum kurulum işlemlerini zorlaştırmakta ve maliyetleri arttırmaktadır.

2.4.9. Enerji nakil hattı

Kurulacak olan güneş enerji santrallerinin enerji nakil hattına yakınlığı verimlilik açısından avantaj sağlamaktadır. Enerji nakil hatlarına uzak bölgelerde kurulacak santraller enerji kaybını arttırmakta ve verimliliği azaltmaktadır [14].

2.4.10. Hava şartları

GES kurmadan önce arazinin hava şartlarına uygunluğu araştırılmalıdır. GES kurulacak bölgenin iklimsel şartları GES'lerin verimliliğini etkilemektedir. Santral kurulacak alanlardaki yerel iklim şartlarının aşırı hava olaylarına (aşırı yağış, rüzgâr, kar vb.) neden olması risk oluşturmakta ve kurulacak santralin zarar görmesine neden olabilmektedir [41].

2.5. Kazakistan'ın Enerji Durumu

Elektrik enerjisi endüstrisi, Kazakistan ekonomisinin temel dalıdır. Sanayinin güvenilir ve verimli işleyişi, elektrik ve ısı enerjisinin istikrarlı tüketilmesi, ülke ekonomisinin gelişmesinin temeli ve nüfus için medeni yaşam koşullarının sağlanmasında bütünleyici bir faktördür. Kazakistan büyük enerji kaynakları rezervine (petrol, gaz, kömür, uranyum) sahiptir.

Kazakistan politikasında en önemli şey hidrokarbonların üretimi ve ihracatı dâhil olmak üzere enerji güzergâhlarının geliştirilmesidir. Bazı tahminlere göre, kanıtlanmış hidrokarbon rezervlerinin varlığı ile Kazakistan dünyada 13. sırada yer almaktadır. Dünyanın kanıtlanmış rezervleri arasında payı: petrolde %3,2 iken (yaklaşık 5 milyar dolar ton), doğal gazda %1,5'tir (yaklaşık 2 trilyon metreküp).

Kazakistan'ın elektrik enerjisi endüstrisi elektrik enerjisi üretimi, elektrik enerjisinin iletimi, elektrik enerjisi temini, elektrik enerjisi tüketimi, elektrik enerjisi endüstrisi alanındaki diğer faaliyet sektörlerini içermektedir. Kazakistan'da elektrik enerjisi üretimi, çeşitli mülkiyet biçimlerindeki 138 elektrik santrali tarafından gerçekleştirilmektedir. 01.01.2019 tarihi itibarıyla Kazakistan'ın elektrik santrallerinin toplam kurulu gücü 21.901,9 MW, mevcut kapasitesi 18.894,9 MW'tır [42].

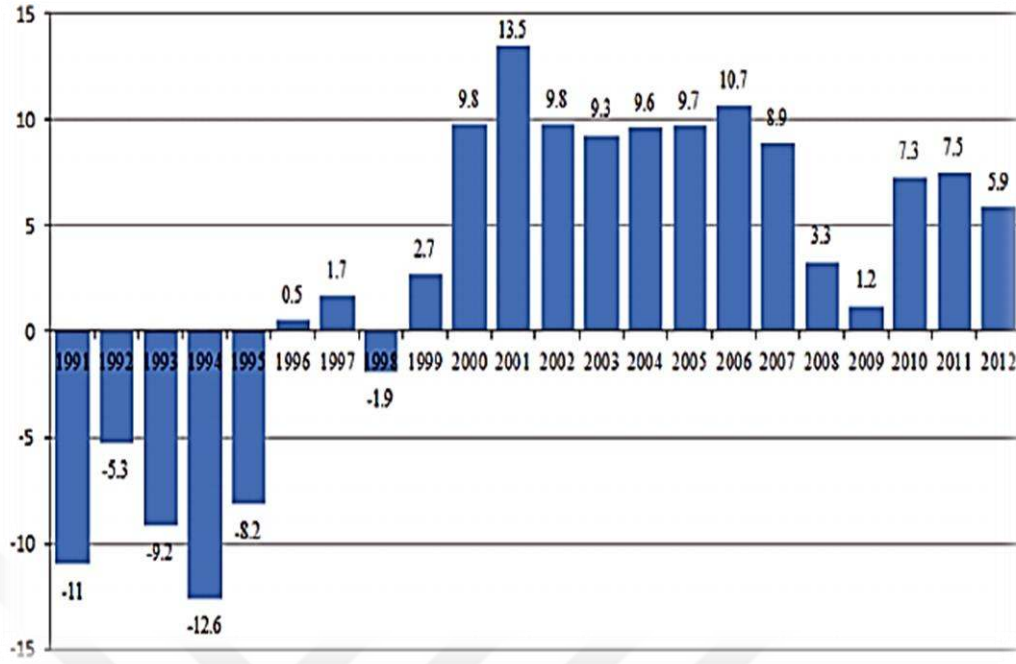
2.5.1. Kazakistan'ın enerji kaynakları

Kazakistan kömür, petrol, doğal gaz ve uranyum gibi doğal kaynaklar bakımından çok zengin bir ülkedir. Ayrıca rüzgâr, güneş, hidroelektrik ve biyokütle enerjilerinden kaynaklı önemli yenilenebilir enerji potansiyeline sahiptir. Buna rağmen, ülke şu anda enerji üretimi için fosil yakıtlara hala bağımlı kalmaktadır. Kömürle çalışan tesisler, toplam elektrik üretiminin % 75'ini oluşturuyor ve bu tesislerden çıkan sera gazı emisyonları insan sağlığını ve çevreyi son derece olumsuz etkilemektedir. Kazakistan'daki son ekonomik büyüme, enerji hizmetlerine olan talebin artmasına, sürdürülebilir ekonominin sağlanması için gerekli ek üretim kapasitesinin yaratılmasını teşvik etmektedir. Bu durumda, yenilenebilir enerji kaynakları arz ve talep arasındaki boşluğu doldurmaya yardımcı olmakla beraber ulusal sera gazı emisyonlarını azaltmakta giderek daha cazip bir seçenek haline gelmektedir. Gelecekte fosil yakıt bazlı enerji hizmetlerinin değiştirilmesinde rüzgar enerjisi ve güneş enerjisi teknolojilerinin büyük katkı sağlayacağı, biyokütle ve hidro enerji kaynaklarının ise daha az bir rol oynayacağı tahmin edilmektedir. Ancak bu süreçte gelişime engelleri

arasında düşük elektrik tarifeleri, iletim kayıpları ve verimsiz teknolojiler, zayıf standart-yasal bazlar ve yüksek riskli bir iş ortamı bulunmaktadır [42].

Kazakistan 1991'de Sovyetler Birliği'nden ayrılmıştır ve şu anda 17,4 milyon kişiden oluşan bir üst orta gelirli ülkedir. Ülke 2.7 milyon km²'lik bir alana yayılmaktadır ve nüfusun % 47'si kırsal kesimde yaşamaktadır. Kazakistan Asya kıtasının merkezinde yer almakta olup kuzeyde bozkır otlakları ve mera alanlarının, ülkenin güneyini saran ulusal olarak önemli su kaynakları olan Hazar ve Aral Denizlerinin, orta ve batı havzalarında çöl ve yarı çöllerden ve Tien-Şan, Pamir gibi yüksek dağların yer aldığı büyük bir ülkedir.

Tarım arazileri tahıl yetiştirmek ve hayvancılık için % 61 oranında kalıcı mera ve %32'sinde ekilebilir arazi olarak 76.5 milyon hektardan oluşmaktadır. Kazakistan'ın iklimi karasaldır yani, kışları çok soğuktur. Ülkenin kuzeyinde Ocak ayının hava derecesi -18.5-35 ° C'e kadar ulaşmakta, güneyde ise 1.8 °C olmakta, Temmuz ayında hava sıcaklıkları kuzeyde 19.4 °C ile güneyde 28.4 °C arasında değişen yaz sıcaklıklarına sahiptir. Zor karasal iklim koşullarının etkisi sert kışlarda alan ısıtmasını ve sıcak yazlar ise klimayı gerektirip enerji tüketimini arttırmakta ve bu durum enerji kaynaklarına olan ihtiyacı arttırmaktadır. Kazakistan ekonomisi, doğal kaynaklarından (özellikle petrol, doğal gaz ve uranyum), ağır sanayiden (demir ve demir dışı metaller) ve tarım sektörlerinden faydalanmaktadır. Petrol ve madencilik endüstrisi, 2010 yılında GSYİH'nin (Gayrisafi Yurt İçi Hasılat) % 33'ünü ve ihracatın % 82'sini oluşturmaktadır. GSYİH, 1999 yılında 16,9 milyar Amerika Birleşik Devletleri (ABD) dolarından 2013 yılında 224,4 milyar ABD dolarına yükselmiştir. 2000'den beri, Kazakistan'ın GSYİH büyüme oranı, Şekil 2.1'de gösterildiği gibi % 6,5 ila 9 arasında değişmiştir [42].

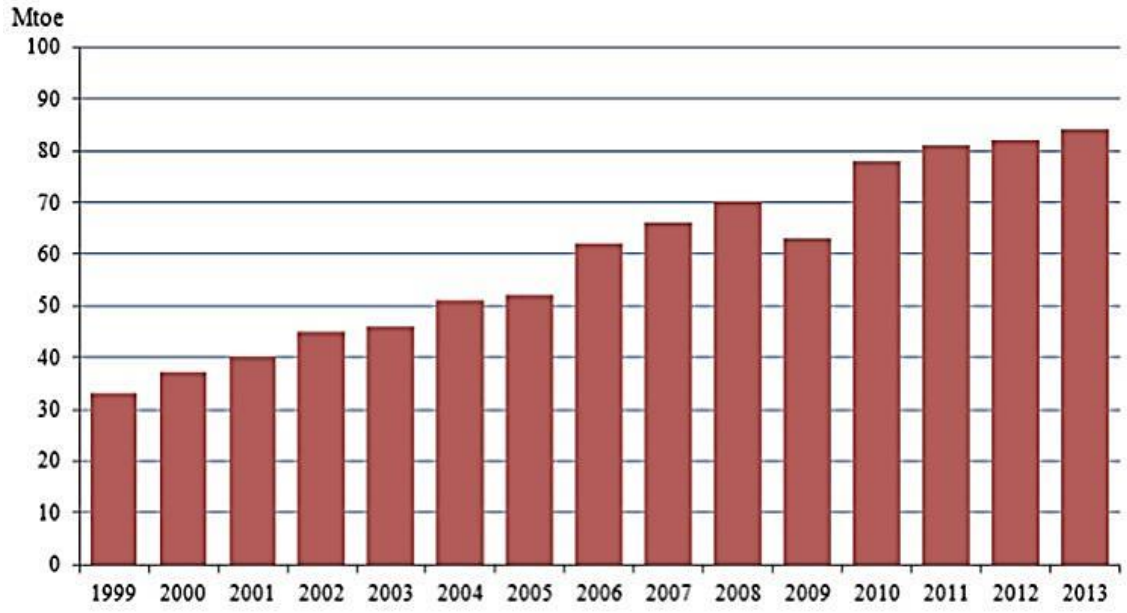


Şekil 2.1. Kazakistan GSYİH büyümesi (<http-3>)

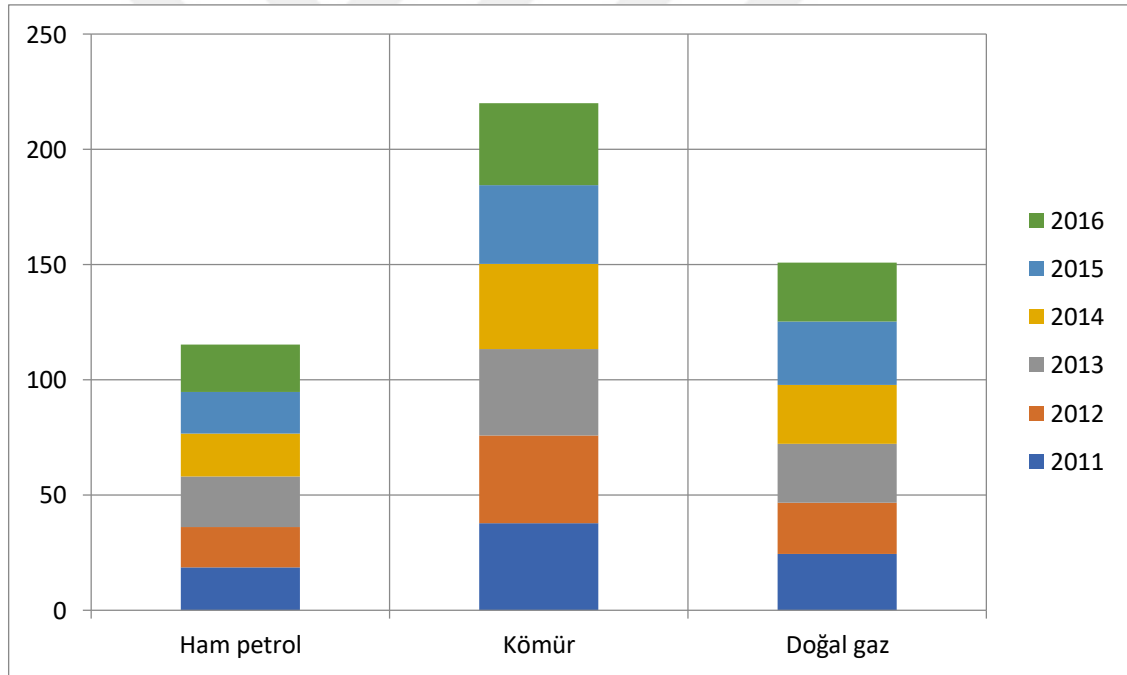
Olumlu bir ekonomik ortam ve kişi başına düşen gelirdeki hızlı büyüme, 2001 yılında yoksulluk içinde yaşayan toplam nüfusun % 47'sinden 2013'te % 3'üne etkileyici bir azalmaya katkıda bulunmuştur.

Bununla birlikte, birçok gelişmekte olan ülke ile ortak olarak, son on yılda hızlı ekonomik büyüme, elektrik tüketiminde keskin bir yükselişe neden olmaktadır. Elektrik yüklerine olan talebin tüketim üzerindeki kısıtlamaları gerektirdiği kış dönemlerindeki elektrik kesintileri, bölgesel ekonomik kalkınma üzerinde olumsuz etki yaratmaktadır.

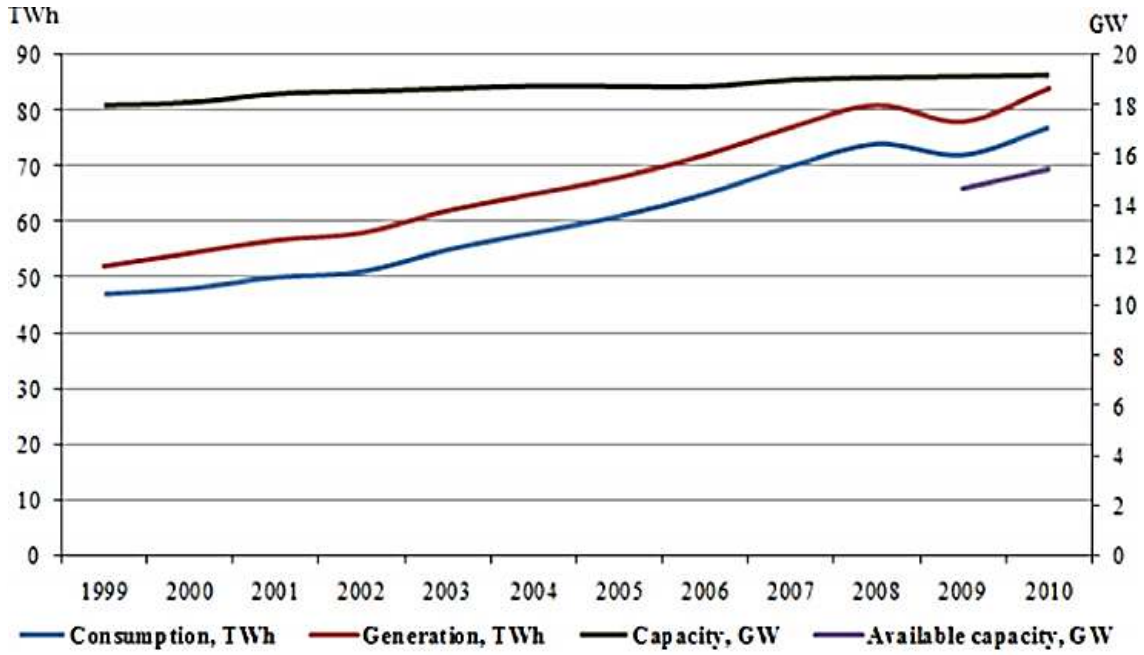
Birincil enerji tüketimi 1999'da 26.92 milyon ton'dan 2013'te 82.03 milyon ton'a yükselmişken, toplam yıllık enerji üretimi 1999'da 45 TWh saatten 2013'te 91 TWh saate yükselmiştir. Şekil 2.2, 2.3 ve 2.4'de görüldüğü gibi olmuş ve toplam set kapasite 19.8 GW iken, mevcut güç esasen eski donanım ve bakım eksikliğinden dolayı 15 GW civarındadır.



Şekil 2.2. Temel enerji tüketimi (Mtoe) (http- 4)

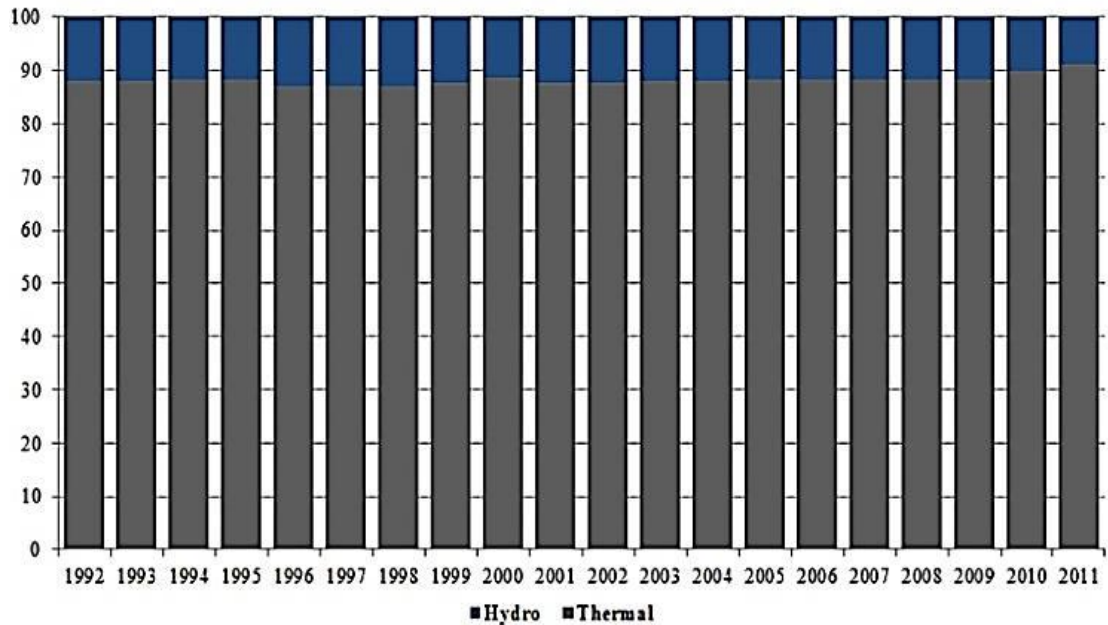


Şekil 2.3. Toplam birincil yakıt ve enerji tüketimi, milyon ton (http-5)

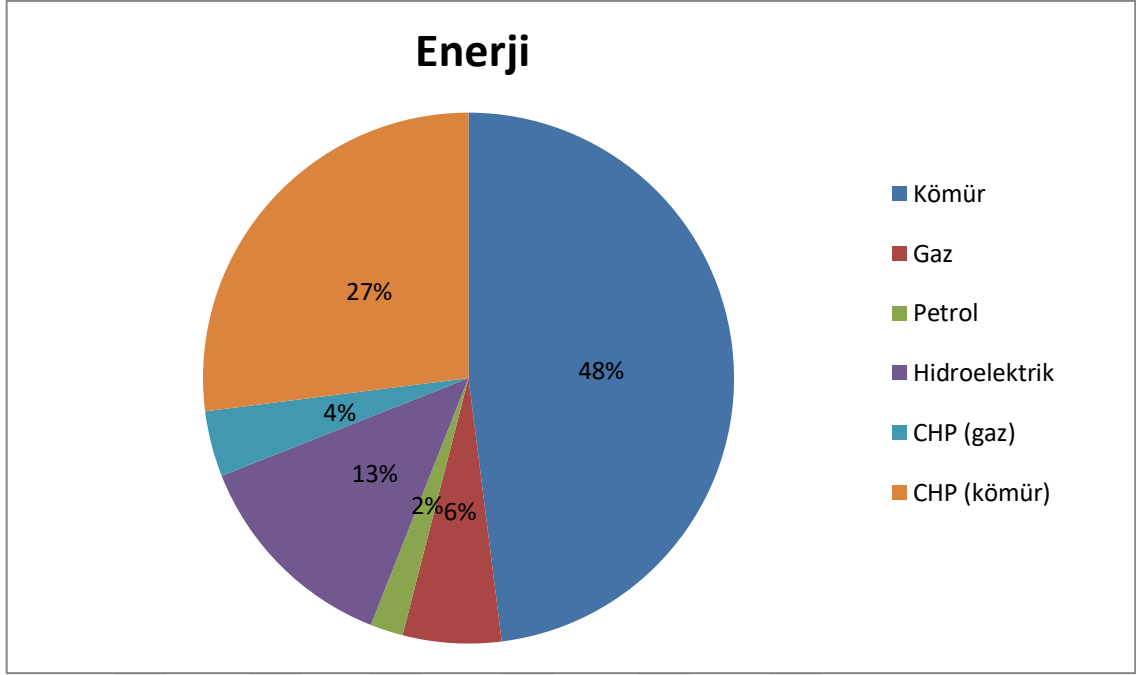


Şekil 2.4. Kazakistan'da elektrik sektörünün büyümesi (TWh) ([http-5](#))

Kazakistan'ın elektriğinin yaklaşık %10'u Irtysh Nehri kıyısındaki hidroelektrik santralleri tarafından üretilmekte, % 90'ı Şekil 2.5 ve Şekil 2.6'da sunulduğu gibi termik santrallerden (%75 kömür yakıtlı istasyonları ve % 15 gaz yakıtlı santraller) meydana gelmektedir.



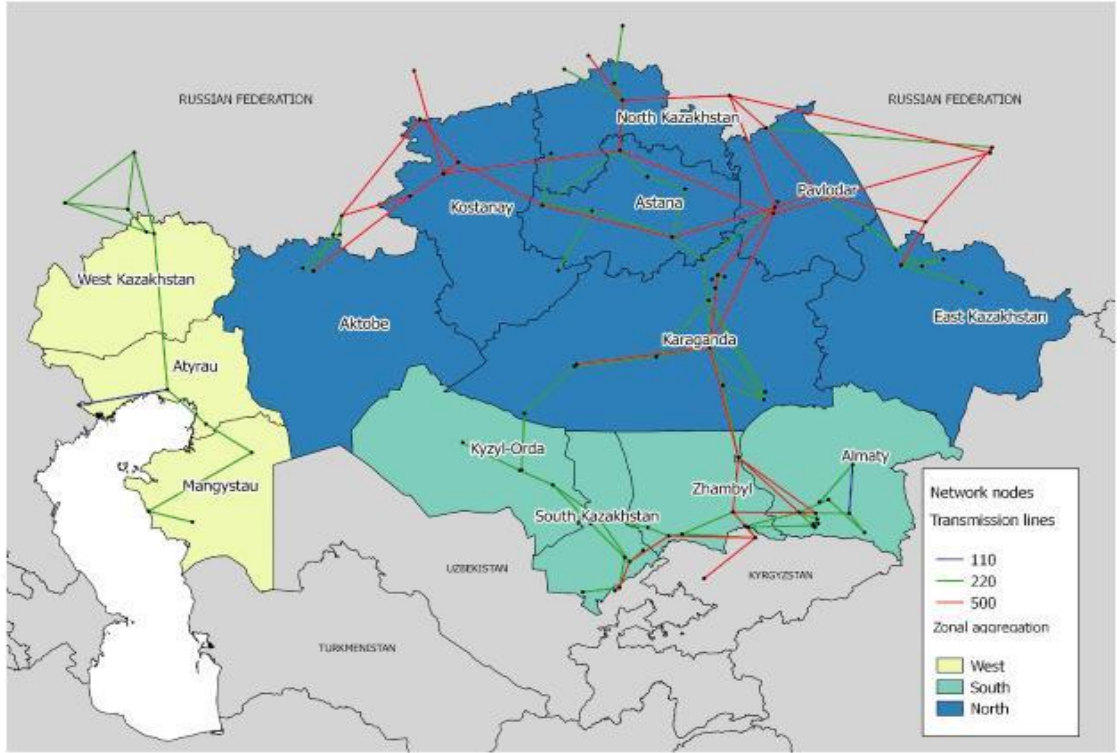
Şekil 2.5. Yakıt türüne göre elektrik üretimi (%) ([http-6](#))



Şekil 2.6. Kazakistan'ın elektrik üretim kapasitesi (%) (<http-6>)

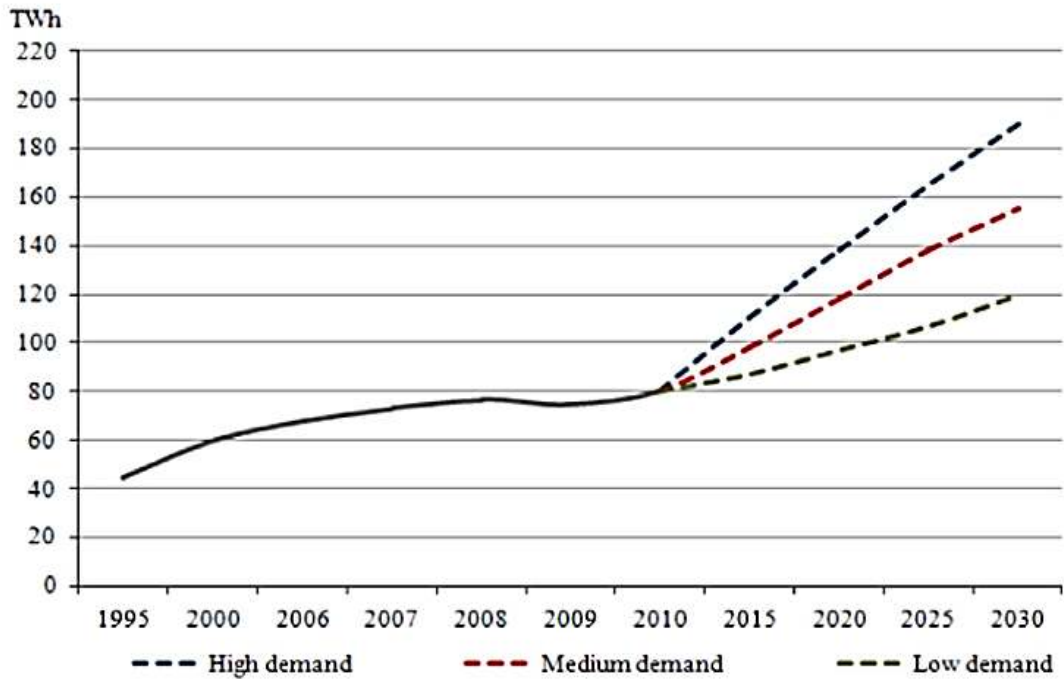
Rüzgâr, güneş, hidroelektrik ve biyoenerji gibi yenilenebilir kaynaklar şu anda Kazakistan'ın enerji ihtiyacının %1'inden daha azına katkıda bulunmaktadır. Ancak yenilenebilir enerji üretiminde önemli bir potansiyel vardır ve hükümet toplam pay olarak 2030 yılında yenilenebilir kaynaklardan enerji üretiminin %11'e yükselmesini ve 2020 yılına kadar 1040 MW kapasitesiyle artmasını beklemektedir. Tüm elektriğin % 80'i ülkenin kuzeyinde kömür madenlerinin yakınında bulunan elektrik santralleri tarafından üretilir. Ülke genelinde iletim şebekeleri yetersiz olduğundan dolayı iletim ve dağıtım kayıplarına yol açmaktadır.

Şekil 2.7'de gösterildiği gibi elektriğin iletim ve dağıtım sistemi kuzeyde iki tanesi Rusya'ya, biri de güneyde Orta Asya'nın Birleşik Enerji Sistemi olarak üç ağı bölünmüştür.



Şekil 2.7. Elektrik güç iletim şebekeleri (http-7)

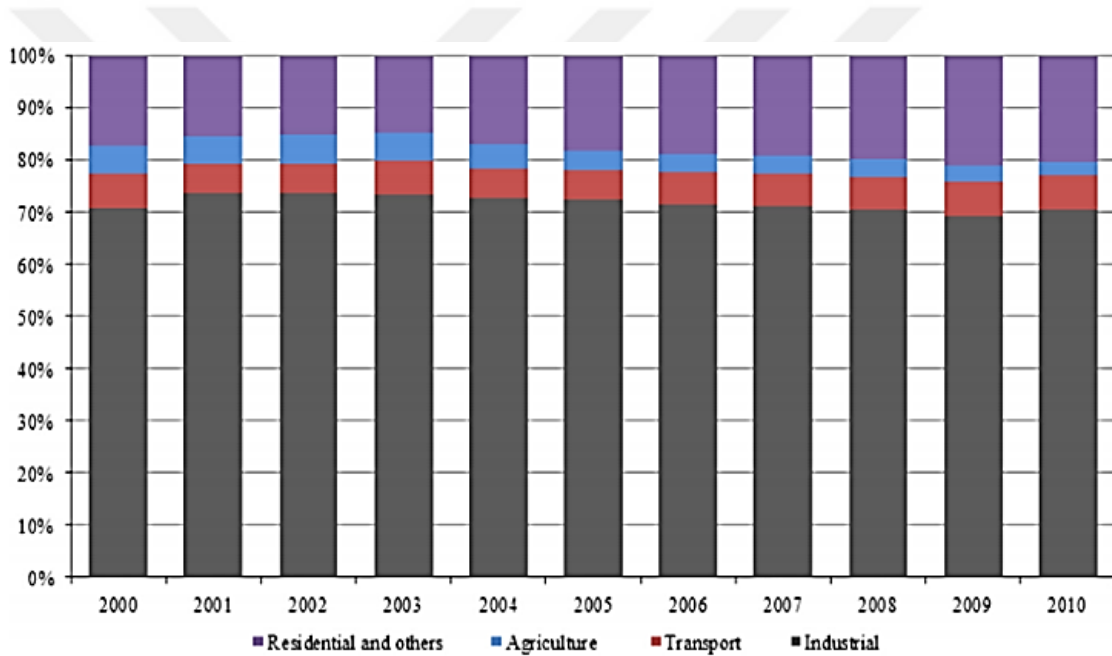
Şekil 2.8'de gösterildiği gibi hükümetin tahminlerine göre elektrik enerjisine talep artışı 2030 yılına doğru 120 ile 180 TWh arasında olacaktır.



Şekil 2.8. Elektrik talebinin tahmini (TWh) (http-8)

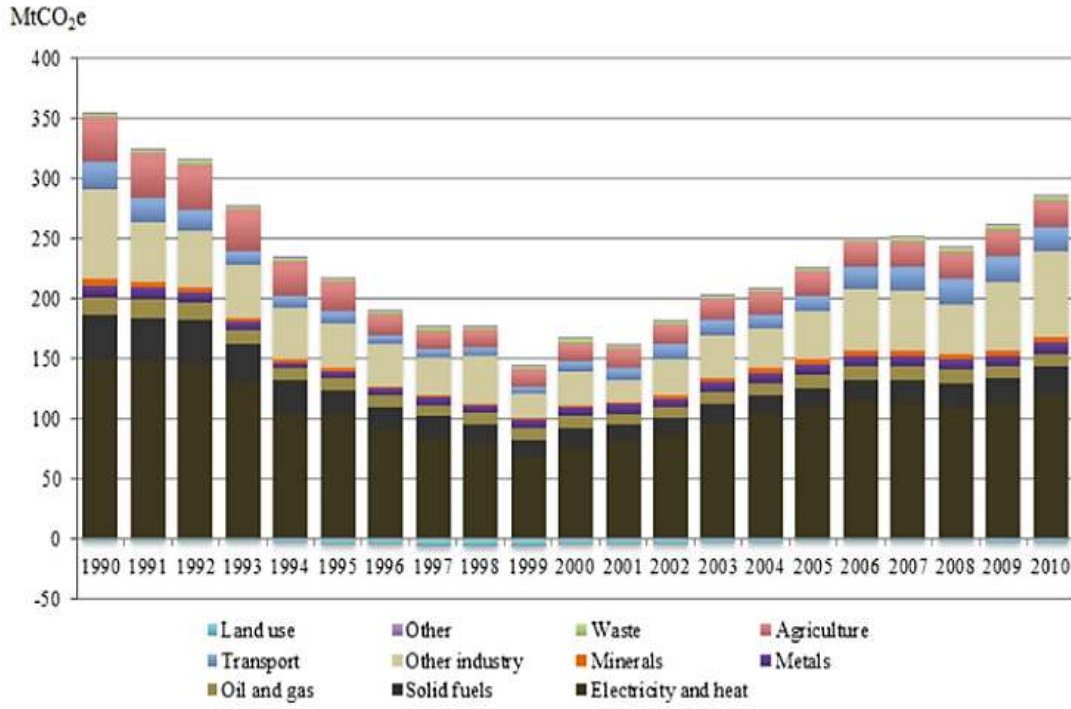
Kazakistan'ın hızlı ekonomik büyümesi göz önüne alındığında elektrik talebinin artmasına ve buna bağlı olarak üretim kapasitesinde büyümeye neden olacaktır. Bu

kapsamda 2020 yılına gelindiğinde, mevcut enerji santrallerinin önemli bir modernizasyonunun yanı sıra, 20 GW kapasiteli yeni enerji santrallerinin inşası gerekmektedir. Bu kapsamda enerji verimliliğini arttırmak da önemlidir. Son zamanlarda yapılan bir çalışma, elektrik ve termal sistemlerin verimliliğinin artırılmasının, Kazakistan'ın konut ve ticari sektörlerinde elektrik ve ısı tüketiminin neredeyse üçte birini azaltabildiğini, yaklaşık 1 \$ / GJ'lik son kullanıcılar için ortalama bir maliyet getirdiğini göstermiştir [43]. Sanayi sektörü şu anda %6'lık taşıma ve %2'lik tarım, %10'luk konut sektörü, % 9'luk toplamda bir ticari sektör ve bir hizmet sektörü olarak Şekil 2.9'da gösterildiği gibi toplam elektrik tüketimin yaklaşık %70'ini oluşturmaktadır.



Şekil 2.9. Sektöre göre nihai elektrik talebi (%) (<http-9>)

Artan etkinliği teşvik etmek ve arz ve talebin zor durumuyla başa çıkmak için, Kazakistan Hükümeti 2012 yılında Verimlilik Yasasını ve 2013'te Enerji Verimliliği Yasasını kabul etmiştir. Bu kapsamda 2020 programı, ulusal ekonominin enerji yoğunluğunu 2015 yılına kadar %10 ve 2020 yılına kadar %25 azaltmak amaçlanmıştır. Kazakistan'ın enerji sektörü, 2011 yılında 275 CO² Mt (Metrik Ton) eşdeğeri miktardaki karbondioksit emisyonlarından sorumlu olmuş (Şekil 2.10), bunun %80 'i enerji sektöründe ısı ve elektrik üretimi sonucunda düşük verimlilik ve eskiyen üretim tesisleri ve şebekelerden kaynaklanmıştır.



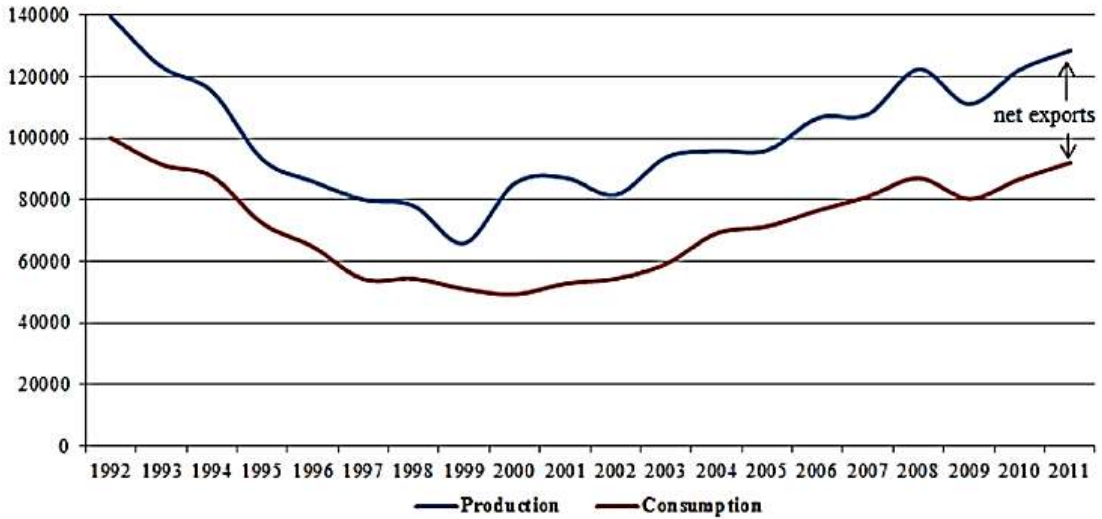
Şekil 2.10. Toplam sera gazı emisyonları (MtCO₂e) ([http-10](#))

Emisyonları azaltmak ve artan elektrik talebini karşılamak için çeşitli yenilenebilir kaynaklara dayanan merkezi olmayan, verimli ve çevre dostu bir enerji tedarik sistemine acilen ihtiyaç duyulmaktadır. Sürdürülebilir kalkınmanın sağlanması için yenilenebilir enerji önemli mekanizmadır ve Kazakistan bu kaynakların yeterli bir şekilde kullanılabileceğini gösteren zengin kaynaklara (güneş radyasyonu, rüzgâr enerjisi, hidroelektrik, biyokütle ve organik atık ve artıklar) sahiptir. Bu kaynaklarının rasyonel kullanımı ülkenin enerji portfolyosunu tamamlamak için önemli rol oynamaktadır. Yenilenebilir enerji ayrıca sera gazı emisyonlarında, yerel hava kirliliğinde önemli bir azalmaya katkı sağlamak ve çevresel etkiyi en aza indirmektedir.

Kazakistan önemli miktarda petrol, doğal gaz, kömür ve uranyum rezervine sahiptir. Bu kaynaklar ülke genelinde eşit olmayan bir şekilde dağılmıştır ve bunların üretimi, nakliyesi ve kullanımı şebeke bağlantısı, çevre ve jeopolitik konum için zorlayıcıdır [43].

2.5.1.1. Kömür

Kazakistan'ın kömür rezervleri yaklaşık 37 milyar tondur (dünyadaki tahmini rezervin % 4'ü), ve bu rezervler çoğunlukla antrasitik ve bitümlü kömürlerden oluşmaktadır. Kömür madenleri Kazakistan merkezinde aslen 2.000 km²'de Karaganda ve 63 km²'de Ekibastuz havzalarının kömür sahalarında yer almaktadır ve sektörün 100 yıldan fazla sürecek kadar rezervi olduğu söylenmektedir. Ülkenin doğusunda, güneydoğusunda ve güneybatısında, daha küçük kömür katmanları vardır, ancak bugüne kadar bu işletmelerden düşük miktarda yararlanılmıştır. Kömür üretimi şu anda 120 Mt'dır, bunun 97 Mt'ı (Milyon Ton) (% 80) termik santrallerde elektrik ve ısı üretimi için yurt içinde tüketilmekte, kalan 22 Mt'lık kısım Şekil 2.11'de gösterildiği gibi, yurt dışına ihraç edilmektedir [42].



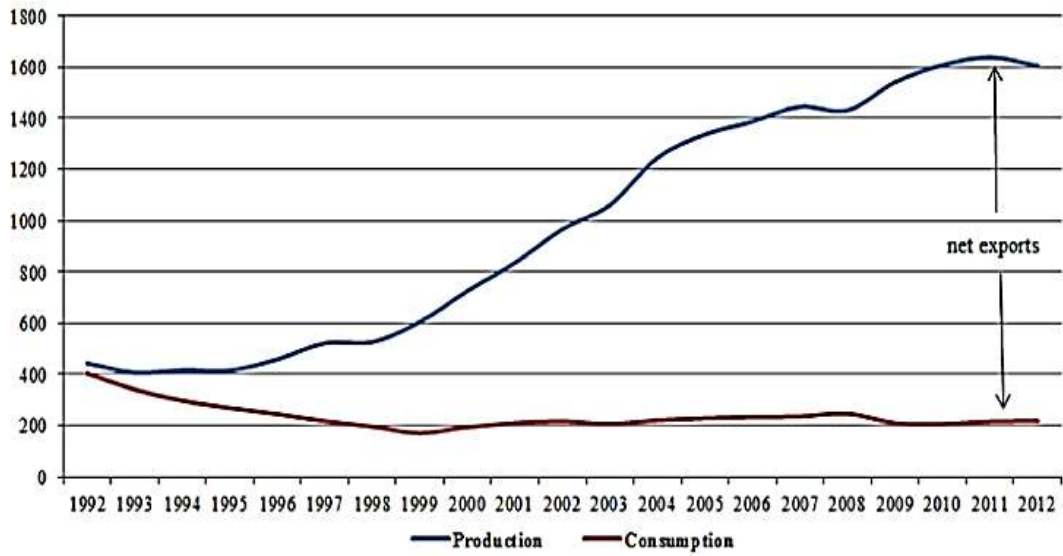
Şekil 2.11. Kömür üretimi ve tüketimi (Kt) ([http-11](http://11))

Kazakistan Hükümeti, kömür üretimini 2010 yılında 120 Mt'dan 2030'a kadar yaklaşık 200 Mt'a çıkarılmasını planlanmaktadır. Kömür yakıtlı kazanlar, kömür kurutmak, maden tesislerini ısıtmak ve havalandırmayı sağlamak için kullanılmaktadır. Ayrıca endüstriyel kullanım için kok üretimi ve termik enerji mühendisliği için termal tesislerde kullanılmaktadır. Kazakistan kömürün içeriği ağırlıklı olarak kül bakımından yoğundur ve çevreyi kirletmektedir, çünkü termik santrallerde genellikle kükürt ve nitrik oksidi gideren temizleyiciler bulunmamaktadır. Kömürlü termik santrallerde oluşan metan toplanabilir ve yakıt olarak kullanılma potansiyeline sahiptir; Karaganda havzasında bulunan Lenina madeninde, kömür madeni metanından 1.4 MW elektrik üretmek için bir pilot tesis geliştirilmiştir ve bu gelecekteki potansiyel bir büyüme

alanıdır. Kazakistan'da karbon toplama ve depolama ve yeraltı kömür gazlaştırma gibi teknolojiler henüz geliştirilmemiştir [42].

2.5.1.2. Petrol

Kazakistan'ın batı bölgesi 30 yılı aşkın bir süredir petrol çıkarılmasını sağlayacak kanıtlanmış petrol rezervine sahiptir ve 30.0 milyar varil (3.9 milyar ton) petrol olduğu tahmin edilip dünya rezervlerinin % 1.8'ini temsil etmektedir. Şu anda Kazakistan, Hazar Denizi çevresinde 172 petrol ve 42 gaz kondenser alanına sahip olup, 2013 yılında toplam üretimi 81,8 milyon ton olmuştur. Pavlodar, Atyrau ve Shymkent'te üç büyük petrol rafinerisi vardır ve Shymkent'te daha çok yerli petrol işlenmektedir. Petrol üretiminin % 50'sinden fazlası Tengiz, Kashagan ve Karachaganak gibi büyük yerlerde üretilmektedir ve Kazakistan'da üretilen tüm petrolün yaklaşık % 85'i Şekil 2.12'de belirtildiği gibi ihracata yöneliktir. Bununla birlikte, Kazakistan denize çıkışı olmayan kara ülkesidir ve nakliye maliyetleri yüksektir ve ihracat yollarının olmaması Kazakistan'ın kalkınma planları için potansiyel bir darboğaz oluşturmaktadır [42].



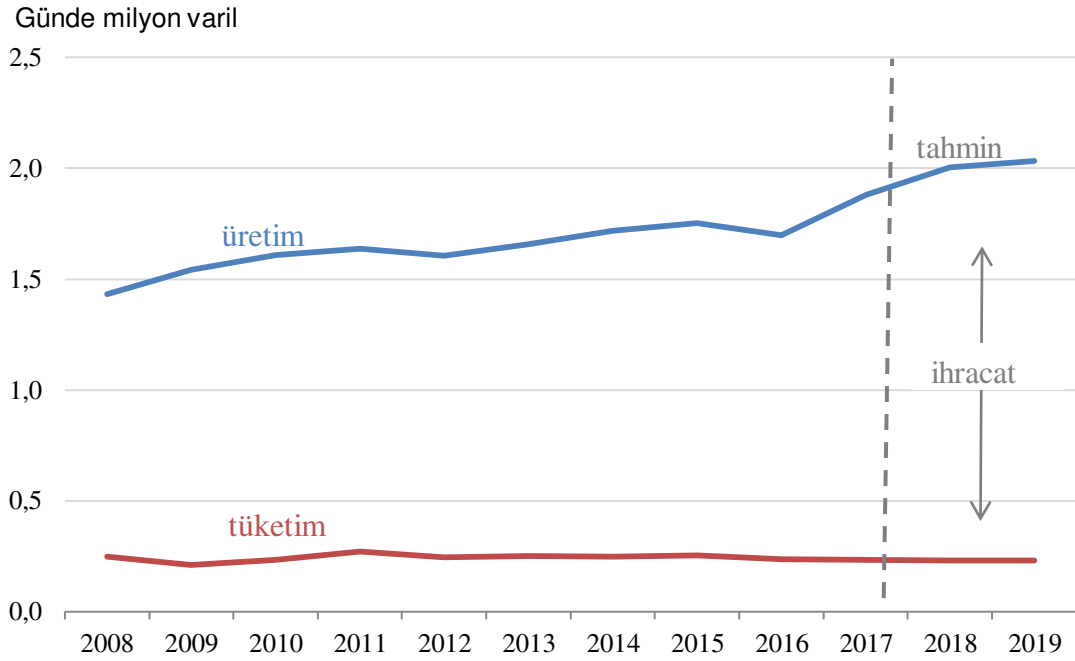
Şekil 2.12. Ham petrol üretimi ve ihracatı (KBOE /d) (<http-12>)

Kazakistan şu anda Rusya'ya, Azerbaycan ve Gürcistan üzerinden Türkiye'nin Akdeniz kıyılarına ve Çin'e boru hatları, tankerler ve demiryolları yoluyla petrol ihraç etmektedir. Bunlar:

- (i) Tengiz petrol sahasını Hazar Boru Hattı Konsorsiyumu'ndan 1510 km'ye bağlayan Tengiz Novorossiysk boru hattı Karadeniz kıyısındaki Rus petrol terminaline giden borular;
- (ii) Üç bölümden oluşan Kazakistan Hazar Ulaştırma Sistemi Tengiz ve Kashagan petrol sahalarını Kuryk'a bağlayan Yeskene-Kuryk boru hattını; Hazar Denizi'ndeki petrolü Azerbeycan'da Bakü'ye taşımak için bir petrol tankeri ve petrol terminali sisteminin kullanıldığı Hazar Denizi petrolün Bakü-Tiflis-Ceyhan boru hattı üzerinden Gürcistan ve Türkiye'den Türkiye Ceyhan Limanı güney-doğu Akdeniz kıyıları;
- (iii) Çin'deki Sincan Uygur Özerk İlinde Atyrau'yu Alashankou'ya bağlayan 2228 km Kazakistan-Çin boru hattıdır.

Doğal gazda olduğu gibi, petrol ihracat yollarının kontrolü Hazar devletlerinin ve diğer komşu ülkelerin güvenlik, siyasi neticeler ve politikaları üzerindeki etkisini önemli ölçüde sağlamaktadır. Dolayısıyla jeostratejik güç ve Kazakistan'ın çok iddialı petrol ihracatı, ihracat büyümesini mümkün kılmak için uygun yollara dayanmaktadır.

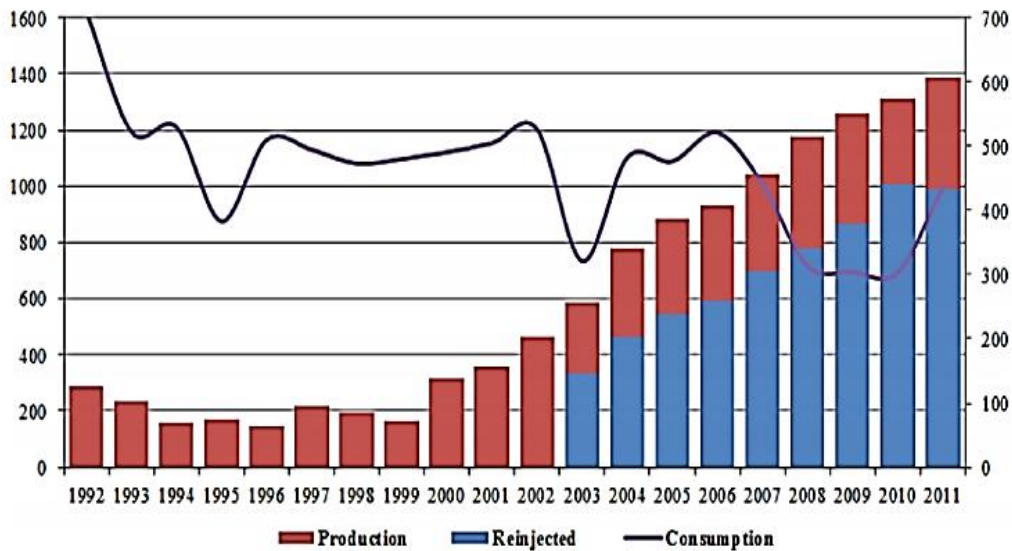
2010-2014 yıllarında hayata geçirilen “Ulusal Zorunlu Endüstriyel ve Yenilikçi Kalkınma Programı” na göre, Kazakistan hükümeti 2030 yılına kadar petrol üretimi günde yaklaşık 3,8 milyon varile çıkaracaktır ve yerli petrol sektörünün gelecekteki gelişimi Hazar Denizi'ndeki sektörün geliştirilmesine bağlı olacaktır. Öngörülen rezervlerin 50-60 yıldan daha uzun bir süre devam etmesi beklenmektedir. Kazakistan'da petrol ve diğer sıvıların üretim ve tüketimi Şekil 2.13'de gösterilmektedir.



Şekil 2.13. Kazakistan'da petrol ve digger sıvıların üretim ve tüketimi (http-13)

2.5.1.3. Doğal gaz

Kazakistan'ın kanıtlanmış doğal gaz rezervleri, ülkenin batısında petrol, petrol gazı ve gaz yoğunlaşma alanlarında bulunan yaklaşık 1.3 trilyon m³'tür ve rezervlerin 75 yıl süreceği tahmin edilmektedir. 2013 yılında doğal gaz (DG) ve buna bağlı petrol gazı (PG) üretimi, yıllık % 5.5 artışla 42.3 milyar m³ olup, bunların 22.8 milyar m³'ü pazarlanabilir gaz olarak üretilmektedir (Şekil 2.14).



Şekil 2.14. Doğal gaz üretimi, tüketimi ve yeniden enjekte edilen miktarlar (http-14)

Kazakistan'ın gaz rezervlerine PG hakimdir; bu gazın yağ ile üretildiği anlamına gelmektedir. Bu nedenle, büyük Karachaganak alanı da dahil olmak üzere birçok Kazakistan petrol ve gaz sahası, petrol geri kazanımını artırmak için önemli miktarlarda yeniden enjekte etmektedir. 2013 yılında doğal gaz üretiminin 18.48 milyar m³ olduğu tahmin edilmekte olup, DG ve PG üretimi 2015 yılı sonuna kadar 45 milyar m³'e yükselmesi beklenmektedir. Ancak, talep merkezlerini üretim ile bağlayacak yeterli altyapı yoktur. 2013'te Kazakistan'ın C Hattı Boru Hattı'nın Asya Gaz Boru Hattı SSO'ya (Sınırlı Sorumlu Ortaklık) bağlanacağı açıklanmıştır. Türkmenistan, Özbekistan ve Kazakistan'ı Çin'e bağlayan, 1.833 km uzunluğundaki Orta Asya-Çin'in geniş gaz boru hattı ağı üzerinden doğal gaz sağlamak 2016 yılına kadar yıllık olarak 55 milyar m³ gaz Çin'e gönderilmektedir, ve bu boru hattı bağlantısı aynı zamanda bazı iç ihtiyaçları da karşılamaktadır (Şekil 2.15).



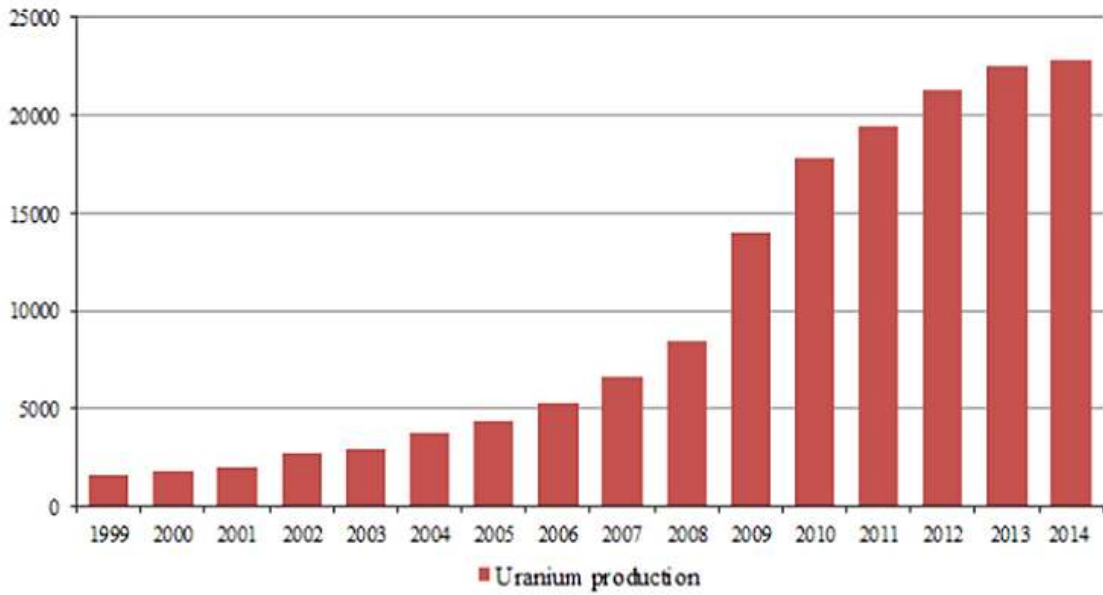
Şekil 2.15. Kazakistan'da boru gelişmeleri (<http://15>)

Şu anda Kazakistan, Hazar Denizi'nin Azerbaycan ve Türkmenistan'ı akaryakıt üreten ülkelerini Türkiye üzerinden Avrupa doğal gaz şebekesine bağlayan Nabucco doğalgaz boru hattına önemli bir katkıda bulunmaktadır. Nabucco boru hattı, Rusya'nın

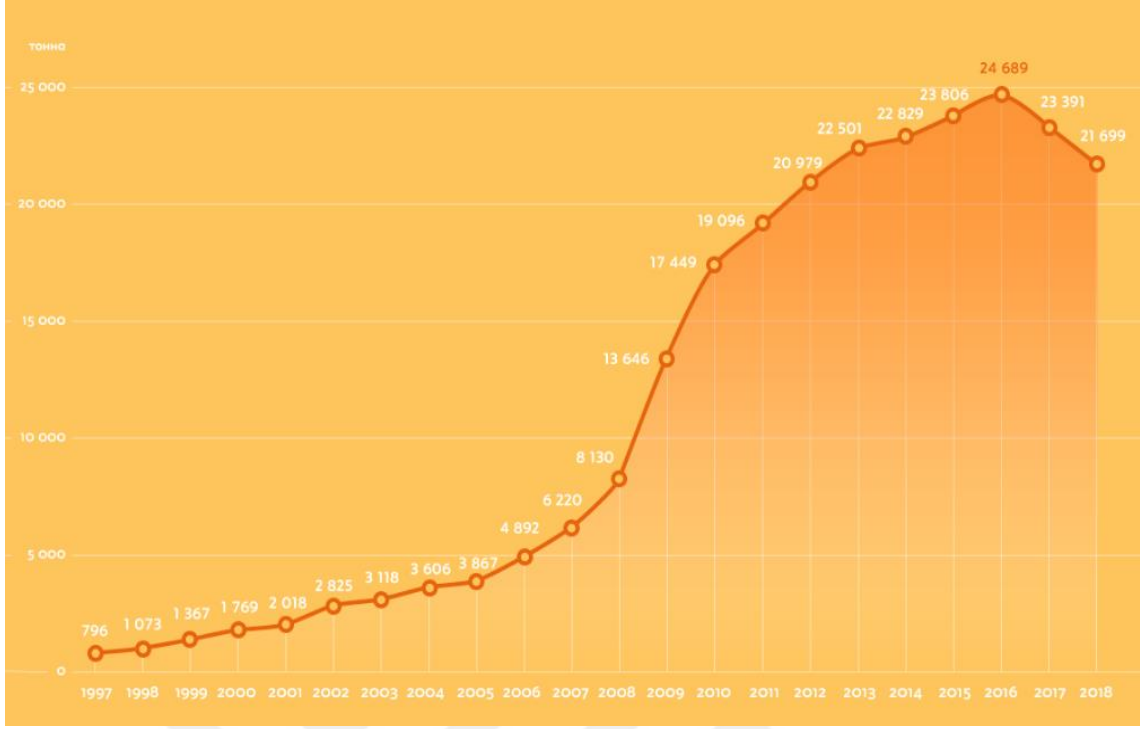
doğal gazı enerji güvenliği konusunda endişelere yol açan siyasi bir silah olarak kullandığı izlenimine yanıt olarak Avrupa'dan jeopolitik bir girişim olarak görülebilir. Ayrıca bu hat Kazakistan için yararlı bir gelecek ve ihracat pazarı sağlayabilmektedir [42].

2.5.1.4. Uranyum

Kazakistan dünyanın lider uranyum üreticisidir. Yılda 22.548 ton üretim yapan Kazakistan dünya uranyum rezervlerinin % 20'sini oluşturmaktadır (Şekil 2.16 ve 2.17).



Şekil 2.16. Uranyum üretimi (Mt) (<http-16>)



Şekil 2.17. *Kazakistan'da uranyum madenciliği dinamikleri (http-17)*

Kazakistan'da kanıtlanmış uranyum rezervleri 1.690.000 tondur (http-17). Halen tüm uranyum madenciliğinin % 90'ı ihraç edilmektedir. Kazakistan'ın Aktau'daki tek nükleer santrali olan Mangyshlak 90 MW'lık hızlı nötron reaktörü 27 yıl çalıştıktan sonra Nisan 1999'da kapatılmıştır. Kazakistan'da uranyum, yeraltı sondaj liçinin en çevre dostu ve ilerici yöntemiyle üretilmektedir.

2.5.2. Kazakistan'ın yenilenebilir enerji potansiyeli

Kazakistan hidroelektrik, güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, biyokütle şeklinde önemli yenilenebilir enerji kaynaklarına (YEK) sahiptir. Ancak, hidroelektrik hariç olmak üzere, bu kaynaklar şimdiye kadar yaygın olarak kullanılmamıştır. Kazakistan Cumhuriyeti Sanayi ve Yeni Teknolojiler Bakanlığı'nın uzmanları Kazakistan'da yenilenebilir enerji potansiyelinin çok önemli olduğunu ve yılda yaklaşık bir trilyon kilovat saat olduğunu tahmin etmektedir.

Kazakistan Cumhuriyeti Çevre Koruma Bakanlığı'na göre 2010 yılında toplam enerji üretimine alternatif enerji kaynakları sadece %0,03 olarak gerçekleşmiştir; Kazakistan Cumhuriyeti Sanayi ve Yeni Teknolojiler Bakanlığı'na göre %0,46 (küçük hidroelektrik santralleri dâhil) olmuştur. S. Chokin adındaki Enerji Araştırmaları Enstitüsü'nün verilerine göre mevcut YEK kapasiteleri temel olarak birçok mini-

hidroelektrik santraliyle temsil edilmektedir. Bu, gelişmiş ülkelerdeki sabit yenilenebilir enerji geliştirme seviyesinden radikal bir şekilde daha düşüktür.

Uzman tahminlerine göre, Kazakistan'daki yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli (hidroelektrik, rüzgar ve güneş enerjisi) çok büyük bir önem taşımaktadır (Tablo 2.1.).

Asya Topluluğu'nun 2008'de düzenlenen ikinci uluslararası iş konferansında, Kazakistan Cumhuriyeti Enerji ve Maden Kaynakları Bakanlığı ülkenin enerji potansiyelini 2,7 trilyondan fazla olarak değerlendirmiştir [42].

Tablo 2.1. Kazakistan'ın Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Potansiyeli [42]

Yenilenebilir Enerji Kaynakları	Potansiyeli (Milyar kWh)
Rüzgar Enerjisi	950
Hidroenerji	8
Güneş Enerjisi	15
Diğerleri	0,5

Kazakistan, dünyanın 100 ülkesi gibi 1997 yılında kabul edilen Kyoto Protokolünün yerini alan uluslararası Paris İklim Anlaşması'nı 2015 yılında ve 1992'deki Birleşmiş Milletlerin İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ne ek bir belge imzalamıştır. Bu anlaşma kapsamında, gelişmiş ülkeler ve gelişmekte olan ülkeler, sera gazı emisyonlarını azaltmak ve dengelemek için çalışmalar sürdürmektedir. Bu protokol anlaşmanın 96 katılımcısı tarafından onaylanmış, Kazakistan Cumhuriyeti'de bu belgeyi onaylayan ilk ülkeler arasındadır. Kazakistan, bu anlaşma kapsamında, 2030 yılına kadar sera gazı emisyonlarını yüzde 15 azaltmayı taahhüt etmiştir. Ek olarak, 2050 yılına kadar yenilenebilir enerji kaynaklarından gelen tüm enerjinin yüzde 50'sini üretmek için uzun vadeli bir hedef belirlenmiştir.

Paris Anlaşması kapsamında yapılan taahhütlerin yanı sıra, 2020 yılına kadar toplam elektrik üretiminin %3'ünden daha fazla yenilenebilir enerji payına sahip stratejik geliştirme programının ardından, Kazakistan'da hidroelektrik, rüzgar enerjisi ve güneş enerjisi aktif olarak gelişmektedir. Ancak Kazakistan'da güneş enerjisi, diğer ülkelerde olduğu gibi, devlet desteği olmadan imkânsızdır. Bilimsel ve teknik açıdan yeterli hammadde üretimine sahip olan Kazakistan, kendi silisyum programını oluşturmak ve tam değerli bir güneş enerjisi endüstrisi düzenlemek için iyi bir potansiyele sahiptir. Kazakistan, silisyum üretiminin ana hammaddesi olan neredeyse tüm jeolojik ve

teknolojik kuvars türlerine sahiptir. Kuvars rezervleri 65 milyon ton, kuvarsitler 267 milyon ton olup, ülkemiz Birleşmiş Devletler Topluluğu (BDT) ülkelerindeki tüm kuvarsit rezervlerinin %24.5'ini oluşturmaktadır (Tablo 2.2).

Tablo 2.2. BDT ülkelerinde kuvarsit rezervleri

Rezerv bakımından bulunduğu sıra	Ülke	Toplam rezervlerdeki payı, %
Birinci	Rusya Federasyonu	59,5
İkinci	Kazakistan Cumhuriyeti	24,5
Üçüncü	Ukrayna	14,4
Dördüncü	Ermenistan	0,9
Beşinci	Azerbeycan	0,7
Toplam	-	100

2009 yılında, “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımının Desteklenmesi Hakkında Kanun” kabul edilmiştir ve daha sonra 19 Mart 2010 tarihinde Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi ile iş organizasyonu ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı için tesislerin yerleştirilmesi için bir plan geliştirilmesi öngörülmüştür. Ekim 2010'da, Kazakistan Cumhurbaşkanı'nın Fransa'yı ziyareti sırasında, KazPV projesi üzerinde ülkede silisyum güneş enerjisinin oluşturulması ve geliştirilmesi konusunda bir anlaşma imzalanmıştır.

Kazakistan tarafından, KazPV projesinin uygulanması ulusal nükleer şirket Kazatomprom Anonim Şirketi'ne (AŞ) emanet edilmiştir. Yenilenebilir enerji alanındaki en iyi dünya enstitülerinden biri - Fransa Ulusal Güneş Enerjisi Enstitüsü (UGEE), teknoloji ve bilginin transferinden sorumlu olarak kabul edilmiştir. Bu şimdi merkez fotovoltaik alanında en ileri teknolojilere sahiptir. KazPV'nin ana hedefi, yıllık 60 MW kapasiteye sahip nihai ürünler - fotovoltaik plakalar ve modüller üretmektedir. Şirket üç işletmeden oluşmaktadır: Almatı, Ushtobe'deki Kazzilicon metalurji tesisi, Kazakistan Ust-Kamenogorsk'taki PolarSilicon SSO ve Astana'da AstanaSolar SSO.

Kazakistan'ın güneş enerjisi için toplam tahmini kaynak potansiyeli yılda yaklaşık 2200-3000 güneş saati veya yılda 2,5 milyar kWh'dir. Ayrıca, bu potansiyelin önemli bir kısmı ülkenin güneyinde yoğunlaşmaktadır.

Güneş enerjisinin gelişmesinin önündeki en büyük engellerden biri, verimli silikon fotovoltaik modüller üretmenin yüksek maliyeti ve bunun sonucu olarak, gerçek enerji üretimi olan güneş santralleri inşa etmek için uzun geri ödeme süresi, kWh maliyeti ve santrallerin inşaatına sermaye yatırımlarıdır. Bu sorunu, bazı ülkelerde olduğu gibi, Kazakistan'da da, 4 Temmuz 2013 tarihli 128-V sayılı “Kazakistan Cumhuriyeti'nin Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımının Desteklenmesi Hakkında Bazı Yasalara İlişkin Değişikliklerin Eklenmesi Hakkında” Kanununa uygun olarak oluşturulması ve yenilenebilir enerji kaynaklarının desteklenmesi için Uzlaşma ve Finans Merkezi SSO diye bir sistem operatörü oluşturulmuştur [43].

2.5.2.1. Hidroelektrik

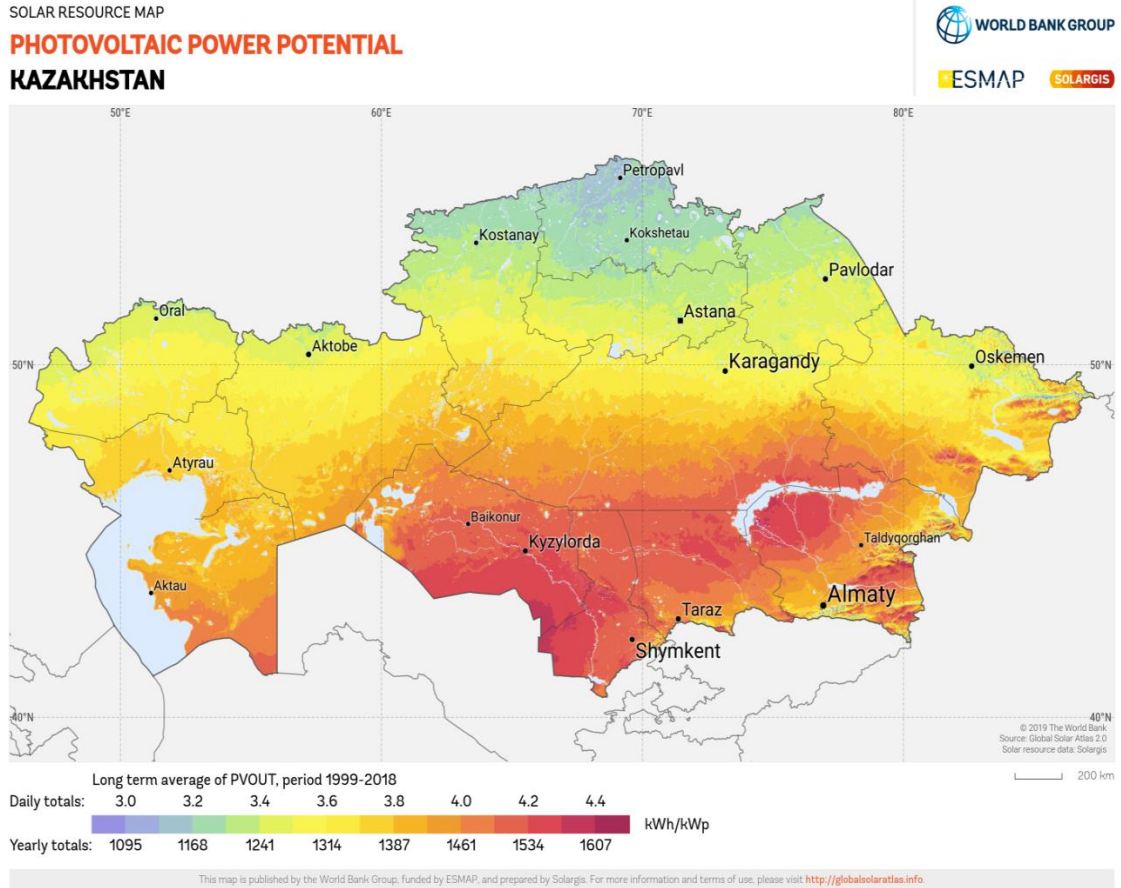
Hidroelektrik rezervleri açısından Kazakistan BDT'da Rusya ve Tacikistan'ın arkasında üçüncü sırada yer almaktadır. Ülkenin hidroelektrik enerjisinin oranı yaklaşık % 13'tür. Kazakistan'ın toplam üretim kapasitesi 15,25 MW (15 MW) ve hidroelektrik santralinden toplam kapasitesi 2.248 GW'dır. En büyük hidroelektrik santralleri arasında Irtysh ve Kapshagay nehirlerindeki (364 MW) Bukhtyrmskaya (750 MW), Shulbinskaya (702 MW) ve Ust-Kamenogorsk (315 MW) elektrik santralleri bulunmaktadır. Ily, Moinak (300 MW) nehirlerinde fabrika, Charyn nehrinde fabrika ve Syrdarya nehrinde ve Shardarinsk (104 MW) istasyonu yer almaktadır. Küçük (1-10 MW) ve orta (10-50 MW) hidroelektrik projeleri düşük maliyet, güvenilirlik ve çevreye duyarlılık nedeniyle daha popüler hale gelmiştir. Tablo 2.3'de gösterildiği gibi doğu ve güney Kazakistan, Zhambil ve Almatı bölgelerini kapsayan 78 MW kurulu güç ve tahmini 13 TWh olan toplam dört adet küçük hidroelektrik santrali (10 MW) bulunmaktadır (Tablo 2.3).

Tablo 2.3. *Kazakistan'daki Hidroelektrik Santraller [42]*

Bölge	Proje sayısı	Tahmini kurulu kapasite (MW)	Yıllık üretim (GW)
Doğu Kazakistan	68	349	1700
Almaty	-	0762	8700
Güney Kqzakistan	112	421	1800
Jambyl	77	175	700
Toplam	257	2707	12,900

2.5.2.2. Güneş enerjisi

Kazakistan, özellikle ülkenin güneyi, yılda 2.200 ila 3.000 saat güneş ışığı alan, yıllık 1.200–1.700 kW / m²'ye eşit güneş enerjisine uygun olabilecek yüksek su yalıtımlı bölgelere sahiptir. Kazakistan'daki güneş radyasyonunun yıllık ortalaması Şekil 2.18 ve 2.19'da görülebilmektedir. Kazakistan'ın güney bölgesi en yoğun güneş enerjisi aktivitesini sergilemektedir.



Şekil 2.18. Kazakistan'da yıllık ortalama güneş radyasyonu (kWh / y) (http-18)



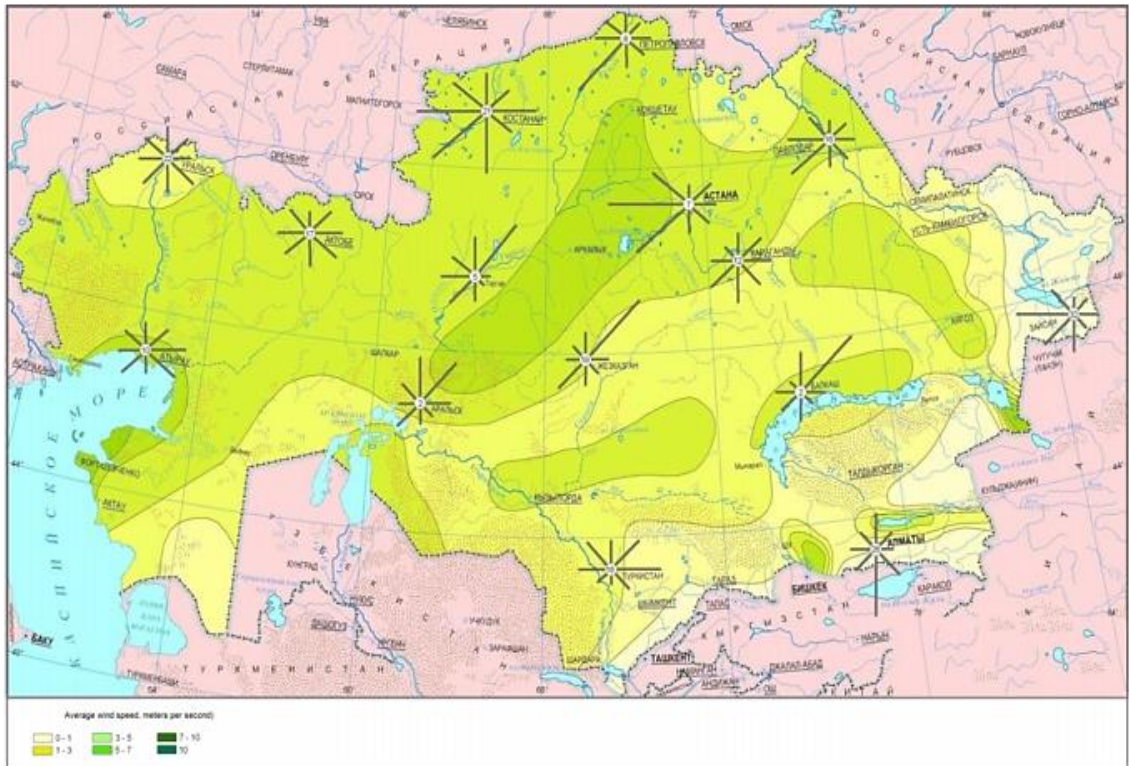
Şekil 2.19. Kazakistan'da yıllık ortalama güneş radyasyonu (kWh / y) (http-19)

Kazakistan'da potansiyel güneş enerjisi üretiminin yılda 2,5 milyar kWh olduğu tahmin edilmektedir. Kazakistan'ın kuzey enlemlerinde yer almasına rağmen, ülkede güneş radyasyonu potansiyeli oldukça önemlidir (Yılda 1 metrekare başına 1,3-1,8 bin kW / s, yılda güneş saati 2,200-3000'dir.). Bu durumda, güneş enerjisi sadece elektrik üretmek için değil, aynı zamanda ısı için de kullanılabilir, bu da merkezi elektrik ve ısı kaynağından uzak alanlarda dâhil olmak üzere güneş enerjisi kurulumlarının tanıtımına işaret etmeyi mümkün kılmaktadır.

Yoğunlaştırılmış güneş termalinde güneş fotovoltaiklerinde depotansiyeli vardır. Almatı yakınlarında, 2 MW kapasiteli bir güneş fotovoltaik tesisi bulunmakta olup, Kazakistan'ın güneyinde Zhambyl bölgesinde toplam 300 MW kapasiteli altı güneş fotovoltaik santrali inşa edilmektedir. Güneş fotovoltaik radyasyona ek olarak, konsantre güneş ısısı avantajlıdır. İşletme için su gerektirmediğini göz önüne alarak, Kazakistan'da çölde ve yarı çöl alanlarda, yerli üretim malzemelerinde (çelik, cam ve beton) kullanılabilir ve kolayca erişilebilir. Güneş enerjili termik santraller, pillerden çok daha verimli olan ısı şeklinde enerji toplamaktadırlar. Fotovoltaik sistemlerde kullanılmaktadır ve hem temel hem de pik yüklere izin veren güneş battıktan sonra bile talep üzerine elektrik üretimi sağlamaktadır [42].

2.5.2.3. Rüzgâr enerjisi

Kazakistan'ın bozkır coğrafyası onu rüzgâr enerjisinde kullanıma uygun kılmakta ve ekonomik olarak geliştirilebilecek tahmini rüzgâr enerjisinin potansiyeli yaklaşık 760 GW'dir. Kazakistan topraklarının yaklaşık %50'si Hazar Denizi, orta ve kuzey bölgelerinde en büyük potansiyele sahip enerji üretmeye uygun (4-6 m/s) ortalama rüzgâr hızlarına sahiptir. Kazakistan'ın rüzgâr potansiyeli Şekil 2.20'de gösterilmektedir. Kazakistan'ın en büyük rüzgâr potansiyeline sahip alanlar orta ve kuzey bölgelerindedir. En gelecek vaat eden perspektif alanlar Almatı'nın 100 km doğusundaki Xinjiang ve Chilyk koridorunun sınırından çok uzakta olmayan Almatı'nın 600 km kuzeydoğusunda Dzhungar kapılarındaki Almatı bölgesinde yer almaktadır. Rüzgâr potansiyeli Jungar'ın kapılarında 525 W/m^2 ve 240 W/m^2 'dir. Şili koridorunda, rüzgâr türbinlerinden elektrik üretiminin potansiyel olarak sırasıyla 4400 kW/sa/MW ve 3200 kW/sa/MW'a ulaştığı tahmin edilmektedir. Akkola bölgesi, Yeremantau'da, ilk Kazakistan rüzgâr çiftliği, 45 MW kapasiteli ve 172,2 kWh üretim kapasitesine sahip yirmi iki FWT 2000 MW gücünde, türbinler inşa edilmektedir.



Şekil 2.20. Kazakistan'ın rüzgâr potansiyeli (m/s) [44]

Kazakistan, endüstriyel ölçekli rüzgâr çiftlikleri için yeterli miktarda rüzgâr kaynağına sahiptir. Kazakistan topraklarının neredeyse %50'si, elektrik üretimi için gerekli ortalama rüzgâr hızı (4-6 m/s) ile karakterize edilirken, en yüksek potansiyel, Hazar Denizi bölgesinde, ülkenin orta ve kuzey bölgelerinde gözlenmektedir. Bununla birlikte, en umut verici nesneler Almatı bölgesinde bulunmaktadır. Bunlar, Dzungarian Kapısı ve Chilik koridorudur. Bu bölümlerdeki ortalama yıllık rüzgâr hızı 9,7 m/s'dir ve rüzgâr akısı yoğunluğu yaklaşık 1050 W/m²'dir, bu da bu bölümlerin her birinde yılda 1 milyar kWh'ye kadar elektrik üretme potansiyelini göstermektedir. Bu nedenle, rüzgâr enerjisi tüm Güney Kazakistan bölgesinde elektrik sıkıntısını ortadan kaldırmak için etkili bir araç olabilmektedir.

Rüzgâr enerjisinin diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına göre önemli bir avantajı vardır. Rüzgâr çiftlikleri, elektrik talebindeki mevsimsel zirveye denk gelen kış mevsiminde (daha yüksek rüzgâr hızı nedeniyle) elektrik üretmek için en yüksek potansiyellerine ulaşmaktadır. Kordai Rüzgâr Çiftliği, 2012 yılında Kazakistan'da hizmete giren ilk küçük rüzgâr çiftliği (1.5 MW) olmuştur. Aralık 2014'te, projenin ilk aşaması, kapasitesini 9 MW'a çıkaran dokuz rüzgâr santralinin işletmeye alınmasıyla tamamlanmıştır. Ekim 2015'de, son 10 ünite toplanmış ve ardından endüstriyel rüzgâr santrali 21 MW'lık tam kapasitede devreye alınmıştır (<http-20>).

2.5.2.4. Biyoenerji

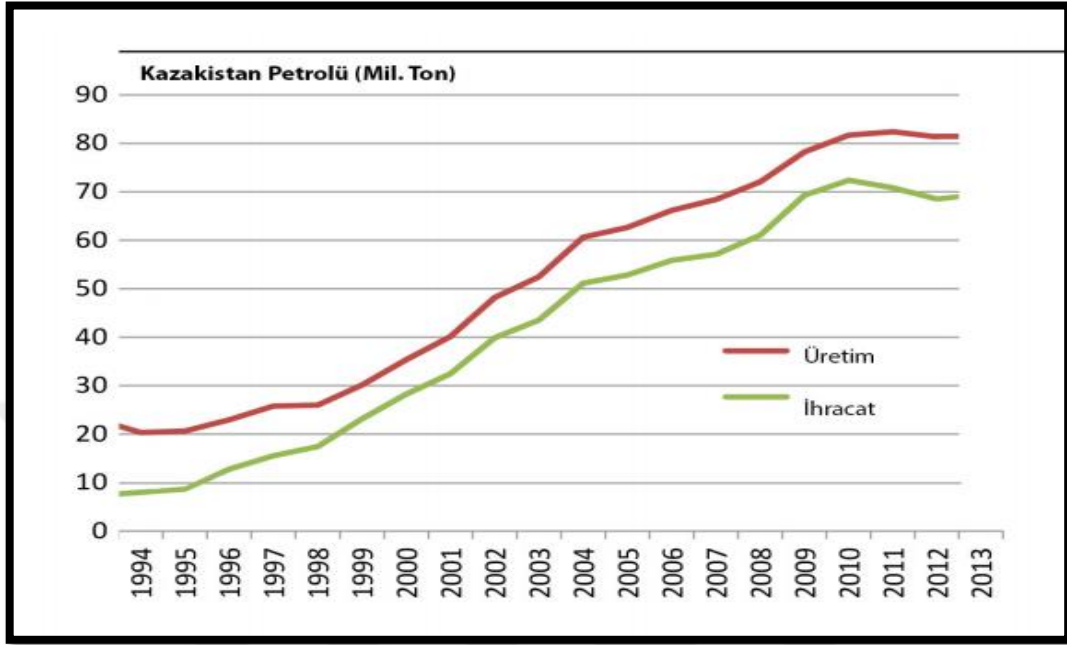
Kazakistan'da 76.5 milyon hektar tarım arazisi, 10 milyon hektar orman ve potansiyel olarak geniş bir yelpazede biyoenerji hizmetleri sağlayabilecek bol atık ve biyokütle artıkları sağlayan 185 milyon hektar bozkır meraları bulunmaktadır. Kazakistan, buğday (kış ve baharda), çavdar (kışın), mısır (tahıl için), arpa (kış ve baharda), yulaf, darı, karabuğday, pirinç ve bakliyat gibi mahsulleri üretmektedir ve ihraç etmekte, tahılın ortalama verimliliği 17,5-20 milyon tonnayı oluşturmakta ve bu yaklaşık 12–14 Mt biyokütle atıklarına eşittir. Biyokütle atığı şu anda kötü bir şekilde kullanılmaktadır ve toplam kalıntıların sadece %10'u kullanılmaktadır ve çoğunlukla hayvancılık için bir yem katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Kırsal hanehalklarının biyokütle ocaklarını kullanarak yemek pişirmek ve ısıtmak için kullandıkları pay halen bilinmemektedir. Organik atıklarda potansiyel bir enerji kaynağıdır ve sığır, at ve koyunları en az 400.000 hane tuttuğu bilinmektedir. Kazakistan'da biyokütle kaynaklı elektrik üretim potansiyelinin yılda 35 milyar kWh, ısı üretim potansiyelinin ise yılda

44 milyon Gcal olduğu tahmin edilmektedir. Çeşitli dış fon kuruluşları (UNDP, GEF, HIVOS Vakfı), Karaganda Ekoloji Müzesi'ndeki Biyogaz Eğitim Merkezi (2002–2003) ve Orta Kazakistan Biyogaz Eğitim Merkezi Azure Alevi (2004–2005) dâhil olmak üzere biyogaz girişimlerinin geliştirilmesi desteklenmiştir. Ancak buna rağmen, ülkenin şu anda Kostanay bölgesindeki Vostok köyünde faaliyet gösteren 360 kW'lık bir biyogaz tesisi olan yalnızca bir büyük ölçekli biyogaz tesisi bulunmaktadır. Vostok biyogaz tesisi, günde 40 ton inek, koyun ve deve kubbesi hammaddesi, tahıl artıkları ve 1 ton/gün mezbaha atığı için çalışan 2.400 m³ kapasiteli iki pişirme kazanından oluşmaktadır. Tesis, 2011 yılında Karaman-K Ltd. ve Zorg Biogas tarafından yılda 3 milyon kWh elektrik sağlamak amacıyla kurulmuştur. Biyoyakıt kullanımı belirli bir rezervin sahip olduğunu belirtmekte fayda vardır. Özellikle, tarımsal atıkların işlenmesiyle yıllık olarak 35 milyar kWh elektrik ve 44 milyon gigakalori elde edilebilmektedir [45].

2.5.2.5. Kazakistan'ın sahip olduğu hidrokarbon rezervleri

Kazakistan sahip olduğu petrol rezervlerine göre dünyada 12. sırada, doğal gaz kaynakları açısından ise 20. sırada yer almaktadır. Bunun yanında Kazak hükümeti enerji üretim hacmine göre dünyada ilk 20 ülke içerisinde bulunmaktadır. Ülkedeki ilk enerji keşifleri çok erken dönemde yapılmıştır. Yapılan araştırmalar sırasında ilk defa 1899'da 'Karagüngül' olarak adlandırılan yatakta petrol bulunmuştur. Bu tarihten itibaren devam etmekte olan arama çalışmaları, Kazakistan'ın enerji bakımından oldukça zengin kaynaklara sahip olduğunu kısa sürede belirlenmiştir. 1977 yılına gelindiğinde Kazakistan'daki petrol üretimi 23.3 milyon tona ulaşmıştır. Bunun 16 milyon tonu ülkenin batısında bulunan Uzen yatağından çıkarılmaktadır. Özellikle 1990'lı yılların sonundan itibaren ivme kazanan enerji üretimi, 2004 yılında petrol üretimini 60.6 milyon ton ve doğal gaz üretimini ise 12.3 milyar metreküp seviyesine yükseltmiştir. Ülkedeki petrol üretimi 2007 senesinde 68.4 milyon ton; doğal gaz üretimi ise 15.1 milyar metreküpe ulaşmıştır. Kısa süre zarfında gerçekleştirilen bu hızlı artış doğal olarak enerjinin ülke ekonomisindeki, ülkenin ise dünya enerji piyasasındaki önemini ciddi şekilde arttırmıştır. 2010 yılında petrol üretimi 81.6 milyon ton; doğal gaz üretimi ise 15.9 milyar metreküp bandına yükselen Kazakistan'ın, 2012'de petrol üretimi 81.2 milyon ton; doğal gaz üretimi ise 18.4 milyar metreküp olmuştur. 2013'de petrol üretimi 83.8 milyon tona ulaşmıştır. Bu oran 1991 yılına kıyasla üretimin yaklaşık

olarak 3 kat artırılmış olduğunun somut göstergesidir. Doğal gaz üretimi ise aynı yıllara kıyasla takriben 5 kat artış göstererek 18,5 milyar metreküp olmuştur (Şekil 2.21, Tablo 2.4) [42].



Şekil 2.21. Kazakistan petrol üretimi ve ihracatı [45]

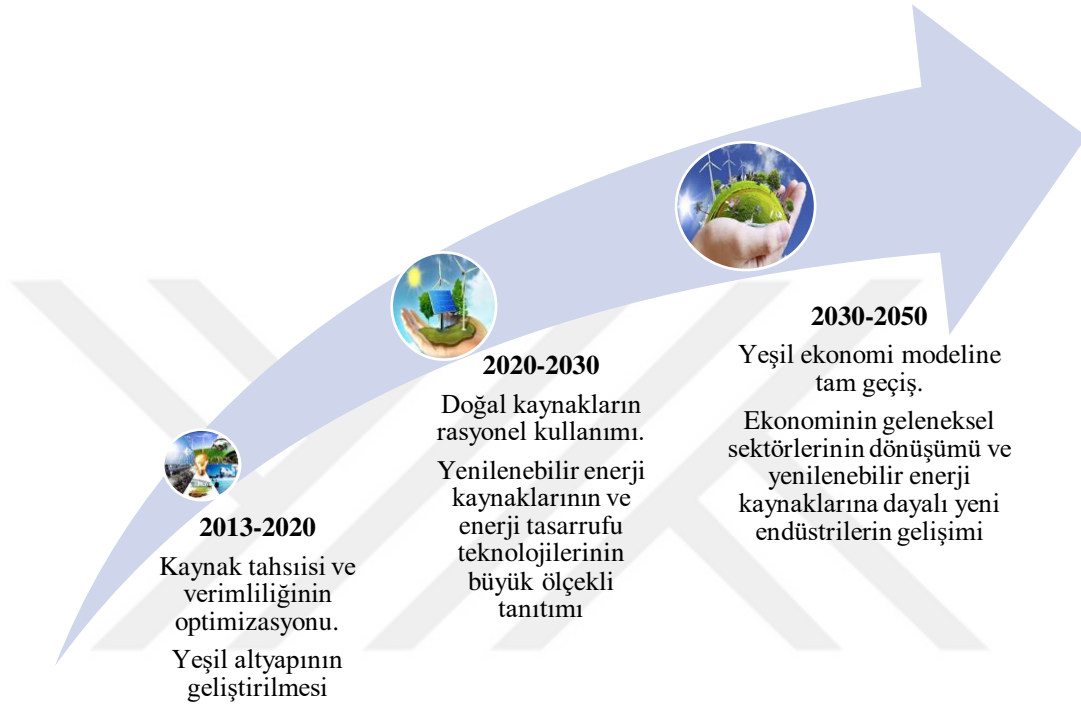
Tablo 2.4. Kazakistan 'ın doğal gaz ve petrol rezervleri (http-21)

Kanıtlanmış Doğalgaz Rezervi (Trilyon m ³)	1.3	Dünya Rezervleri içindeki Payı (%)	Rezerv/ Üretim (%)
		0.7	65.5
Kanıtlanmış Petrol Rezervi (Milyar Varil)	30.0	Dünya Rezervleri içindeki Payı (%)	Rezerv/ Üretim (%)
		1.8	47.4

2.5.3. Kazakistan'ın yeşil ekonomiye geçiş süreci

Kazakistan, Avrasya kıtasının merkezinde yer alan, geniş bir bölgeye sahip ancak az nüfuslu, doğal kaynaklar bakımından zengin bir ülkedir. Çok uzun zaman önce Kazakistan girişimi ile Orta Asya'daki komşularının önünde yeşil bir ekonomi kurma hedefini belirlemişlerdir. Ülke Paris İklim Anlaşması kapsamında sera gazı emisyonlarını 2030 yılına kadar 1990'lara göre %15 azaltmak için net taahhütlerde bulunmuştur.

Kazakistan 2013'de “Kazakistan Cumhuriyeti'nin 2050 yılına kadar Yeşil Ekonomiye Geçiş Konseptini” kabul etmiş ve “yeşil ekonomi” ilkelerini gelecekteki kalkınma için bir yön olarak öngörmüştür (Şekil 2.22). Konseptin amaçlarından biri, yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam elektrik üretimindeki payını 2020'de %1'den %3'e, 2030'da %30'a ve 2050'de %50'ye çıkarmaktır (<http-22>).



Şekil 2.22. Kazakistan'ın yeşil ekonomiye geçişinin zamanlaması (2013-2050) (<http-23>)

Kazakistan'ın bu planları ülkenin özgünlüğü göz önüne alındığında oldukça iddialıdır. Kazakistan, dünyadaki sera gazı emisyonları açısından 14. ülkedir ve yakın zamana kadar yenilenebilir enerji kullanımı Sovyet zamanlarında inşa edilmiş birkaç hidroelektrik santrali ile sınırlıdır. Kazakistan'ın başkenti Astana'da iklim koşullarının özellikleri nedeniyle, yaz sıcaklıkları 40 °C'ye kadar ulaşırken kışın ise 40 °C'nin altında olmaktadır. Bu tür farklılıklar ısıtma ve soğutma amaçlı önemli enerji maliyetleri gerektirmektedir.

Kazakistan'ın elektriğinin %70'inden fazlası, ülkenin Kuzey-Doğusunda mayın (patlatmalı) büyük miktarda ucuz kömür tüketen kömür yakıtlı elektrik santralleri tarafından üretilmektedir. Dolayısıyla, enerji endüstrisi, özellikle elektrik ve ısı üretimi, karbon emisyonlarının % 80'ini oluşturmaktadır. Ayrıca, endüstrinin başka birçok sorunu bulunmaktadır.

Geçtiğimiz on yıldaki hızlı ekonomik büyüme kişi başına düşen GSYİH 1990'ların sonunda 8.500 dolardan 2017'de 26.000 dolara yükselmiştir. Bu durum elektrik tüketiminde keskin bir artışa yol açmıştır. Özellikle kışın bazen enerji sağlama talebi tam olarak karşılamamaktadır, bu da enerji sağlamada kesintilere yol açmakta ve bölgelerin ekonomik kalkınmasını olumsuz yönde etkilemektedir. 2030 yılına kadar talebin yılda %2,5 oranında artacağı tahmin edilmektedir. Şu anda, toplam kurulu üretim kapasitesi 21,3 GW'dir, ancak mevcut kapasite esas olarak eskiyen altyapı ve yeni inşaat için yetersiz finansman nedeniyle sadece 17,5 GW'dir. Ülkedeki artan talebi karşılamak için mevcut santralleri modernize etmek ve yenilerini inşa etmek gerekmektedir.

Elektriğin yaklaşık %80'i kömür madenlerinin bulunduğu ülkenin kuzeyinde üretilmektedir. Güney Kazakistan katı mineraller bakımından daha az zengin olduğundan, komşu ülkelerden elektrik ithal etmek ve kuzeyde üretilen elektrik tedarik etmek zorunda kalmaktadır. Bu durumda elektriğin ülkenin güneyine verimsiz elektrik hatları üzerinden iletildiği için büyük kayıplara neden olmaktadır. 2012'de elektrik üretimi ve iletimi alanındaki kayıplar, Letonya'daki toplam enerji tüketimine eşdeğer olan 7 TWh'den daha fazla olmuştur.

Güneyde ek üretim kapasitesi sağlamak enerji sisteminin daha dengeli hale gelmesine ve kayıpların azalmasına yol açmaktadır ve bu durum yatırımlardan iki kat fayda sağlayacaktır.

Enerji sağlamadaki zorlukların üstesinden gelmek ve emisyonları azaltmak için Kazakistan'ın mevcut politikası, çeşitli yenilenebilir enerji kaynaklarını içerecek daha merkezi, dengeli ve çevre dostu bir enerji tedarik sistemi oluşturmayı amaçlamaktadır. Bu anlayış yalnızca ülkenin fosil yakıt kaynaklarına değil, aynı zamanda yenilenebilir enerjinin geliştirilmesi için uygun koşullara da dayanmaktadır.

Kazakistan'da hidroelektriklerin elektrik üretimine en önemli katkısı, hidroelektriklerin Sovyetler Birliği'nin enerji potansiyelini arttırmada önemli bir rol oynadığı Sovyet dönemine dayanmaktadır. Bugün, toplam 2,5 GW kapasiteye sahip 6 büyük hidroelektrik santrali, toplam elektrik üretiminin %9'una tekabül etmektedir ve bu komşu ülkelere kıyasla küçük bir yüzdendir. Ancak Kazakistan coğrafyasının özelliklerini yansıtmaktadır. Ayrıca toplam 200 MW kapasiteli 27 adet küçük ve orta kapasiteli tesis inşa edilmiştir. Bu tesisler maliyet, inşaat hızı ve azaltılmış çevresel etki açısından çekicidirler.

Kazakistan'da güneş enerjisinden elektrik üretme potansiyelinin 3,9-5,4 TWh veya yıllık enerji tüketiminin yaklaşık %5'i olduğu tahmin edilmektedir. Ülkenin çoğu bölgesinde, güneş radyasyonu çok yüksektir. Ancak Kazakistan Kuzey Yarım Küre'de bulunduğundan, genellikle güneş enerjisi güneyde daha çok Shymkent yakınlarındaki Burnoye gibi bölgelerde kullanılmakta ve böylece enerji şebekesinde dengesizliği ortadan kaldırmaktadır. Mevcut güneş enerjisi projelerinin kurulu gücü 209 MW olmasına rağmen, 2020 için çok sayıda tesisin işletmeye alınması planlanmıştır.

Kazakistan'ın bozkır enginlikleri, rüzgâr çiftliklerinin gelişimi için büyük fırsatlar sunmaktadır. Ülkenin ortalama rüzgâr hızının yaklaşık % 50'si 4-6 m/s'dir. Rüzgâr enerjisi için en uygun bölge kuzey, orta ve Hazar bölgeleridir (Tablo 2.5). Ancak, bu zengin kaynakları tam olarak kullanabilmek için mevcut potansiyeli değerlendirmek ve politik zorlukları değerlendirmek gerekmektedir. Örneğin, rüzgâr enerjisinin gelişimi için ciddi teknolojik ve lojistik zorlukların üstesinden gelmek gerekmektedir (http-22).

Tablo 2.5. Kazakistan'da Rüzgar Enerjisinin Gelişimi İçin Perspektif Bölgeler [42]

Potansiyel rüzgar santrallerinin konumu	Bölge	Tahmini kurulu kapasite	Yıllık üretim (TWh)
Mangystau Dağları	Batı	210	0,4
Mugodzhary Dağları	Batı	10	0,01
Ulytau tepesi	Orta	90	0,13
Yereymentau Dağları	Orta	50	0,01
Karatau zirvesi	Güney	190	0,23
Chu-Ile Dağları	Güney	180	0,27
Dzungarian kapısı	Güney	200	0,66
Toplam		930	1,71

Kazakistan toprakları batı Avrupa topraklarına neredeyse eşittir, ancak ülkenin denize çıkışı yoktur. Bundan ötürü ulaşım ağları zayıftır. Rüzgâr kuleleri ve kanatları gibi hacimli eşyaların nihai varış noktasına teslim edilmesi ve kurulması zor bir iştir. Ek olarak, üreticilerin -50 ila +50 ° C sıcaklık aralığında çalışmasını garanti altına almak için üreticiler hazırlanmalıdır. Bu nedenle, Kazakistan'daki rüzgâr elektriğinin maliyeti, rüzgâr ekipmanı üreticilerinin daha yakın olduğu ve sıcaklık rejiminin daha ılıman olduğu ülkelerden daha yüksektir. Hükümet bu sorunu çözmek için, ilk aşamada bu yönü geliştirmek amacıyla dış desteklerden yararlanmayı amaçlamaktadır (http-22).

2000'li yılların başında Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (BMKP) ve Kazakistan Cumhuriyeti Hükümeti tarafından başlatılan ve aynı zamanda Küresel Çevre Vakfı (KÇV) tarafından finanse edilen Rüzgâr Enerjisi Piyasası Geliştirme Girişimi, sürdürülebilir kalkınmayı sağlayarak sera gazı emisyonlarını azaltmayı hedefleyen ilk projelerden biri olmuştur. Bu proje, yenilenebilir enerjiye yatırım riskini azaltmak ve Kazakistan'da rüzgâr elektriği için ulusal hedeflerin benimsenmesine destek sağlamak için düzenleyici yöntemler ve politika araçlarını formüle etmeye yönelik ilk girişimdir. Bu girişimin doğrudan sonucu, bölgelere göre gelişme potansiyelinin ön değerlendirmesinin yanı sıra, ek yatırımların temelini oluşturan Kazakistan Rüzgâr Atlası'dır. Her ne kadar proje başlangıçta bir 5 MW'lık gösteri rüzgâr türbininin inşasını öngörmüş olsa da, kısa sürede bu farklı yatırım manilerinin bu yatırımları engellediği anlaşılmıştır. Bu engeller 3 kategoriye ayrılabilir:

- Anlama, bilgi eksikliği ve mesleki uzmanlık sorunları,
- Finansal engeller ve düşük elektrik tarifeleri,
- Politik ve kurumsal engellerdir.

Bu engelleri çözmek için, ek politik çalışmalar yapmak gerekmektedir. Bu süreç Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası'nın (AİKB) Kazakistan'ın yenilenebilir enerji pazarına katılımı 2008'de Kazakistan Hükümeti ve AİKB'nin Sürdürülebilir Enerji Gelişimi Eylem Planı'nı (SEGP) imzalamasıyla başlamıştır. Bu belge, hem yatırım hem de teknik yardım dâhil olmak üzere bir dizi ortak çalışma ortaya koymaktadır. Önerilen yatırımlar arasında yenilenebilir enerji projeleri öncelikli olarak belirlenmiştir. Benzer şekilde, önerilen teknik yardım faaliyetleri, yenilenebilir enerji alanındaki düzenleyici desteğe odaklanmıştır ve bu çalışma 2008 sonbaharında başlamıştır. SEGP'ı imzaladıktan sonra Kazakistan hükümeti AİKB'den yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını destekleme konusunda önerilen yasa hakkında yorum yapmalarını istenmiştir. AİKB Hissedarlar Özel Fonu'nun (HÖF) desteğiyle banka tasarımı iyileştirecek alanları belirleyen derinlemesine bir inceleme yapmıştır [45].

Özellikle, projeler için önerilen tarifelerin dağıtımı, şebeke operatörlerinden maliyetlerin geri kazanılması ve yeni yenilenebilir enerji üreticilerini bağlama kuralları hakkında önerilerde bulunulmuştur. Bu alandaki gelişmeler piyasayı daha şeffaf ve geniş bir yatırımcı kitlesine ulaşılabilir kılmaktadır. Bu önerilere dayanarak, YEK yasası 2009 yılında Kazakistan Cumhuriyeti Hükümeti tarafından kabul edilmiştir. Yasa, yenilenebilir enerji sektörünün gelişimi için uygun koşullar yaratmada ilk

adımdır. Ancak, bu yatırımı teşvik etmek için yeterli değildir. Özellikle, hiçbir düzenleyici bileşen yoktur. Bu durum, açık kuralların bulunmaması ve dolayısıyla piyasaya giren şirketler için yüksek belirsizlik ve risklerin yatırım yapmasını engellediği anlamına gelmektedir. Kanun aynı zamanda en iyi uygulama maliyet paylaşımına uymamaktadır. Döviz kuru endeksli evrensel bir sabit tarife yerine, her proje için tarifelerin düzenleyicilerle koordinasyonunu gerektiren proje tarifeleri sağlamıştır. Bu, uluslararası yatırımcılar için özellikle yüksek bir engel yaratmıştır [43,45].

AİKB, Sürdürülebilir Enerji Gelişim Eylem Planlarını ülkeleri ve AİKB için öncelikleri belirlemek üzere faaliyet gösterdiği bazı ülkelerin hükümetleriyle imzalamaktadır. SEGP, bankalar ile ilgili ülkeyi kapsayan ortak çalışma miktarını belirlemekte ve genellikle yatırım projeleri ve teknik yardım alanlarını içermektedir. Uygulama aşamasında, AİKB ilgili ülke ile sürekli bir diyalog sürdürmektedir. Kazakistan'ın sürdürülebilir enerji gelişimi için eylem planı, ülke ekonomisinin sürdürülebilir büyümesini ve çeşitlendirilmesini teşvik etmenin yanı sıra bölgeler arasındaki farklılıkları ortadan kaldırmayı da amaçlamaktadır. Bu kapsamda aşağıdaki ortak faaliyetleri öngörmüştür:

- Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı için destek kanununda dâhil olmak üzere taslak yasaların gözden geçirilmesi ve uygulanması;

- Enerji verimliliği stratejilerinin uygulanması için yeterli kaynaklara sahip bölümlerin mevcudiyetinin sağlanmasıdır. Bu kuruluş, elektrik tasarrufu yapmak ve farkındalığı artırmak ve ayrıca araç ve ekipmanı etiketlemek için halkla birlikte çalışmak da dâhil olmak üzere ulusal enerji verimliliğini sağlamalıdır.

- İşletme ve bakım maliyetlerini karşılamak ve orta vadede yatırımcıların yatırımlarını desteklemek için tarife seviyelerini yükseltmektir. Buna ek olarak, ölçüm ve gelişmiş elektrik ödemeleri tahsilatının getirilmesidir.

- Enerji tasarrufu ile ilgili olarak finansal ve ekonomik açıdan en fazla kar getirecek yatırımların finanse edilmesidir. Öncelikli yatırımlar arasında elektrik üretiminde verimliliğin artırılması, yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırımlar, iletim ve dağıtım ağlarının verimliliğinin iyileştirilmesi, kamu hizmetleri altyapısında yatırımlar ve AİKB'nin yeşil ekonomi kredi hatları aracılığıyla yatırımlar yer almaktadır [42].

2012 yılında AİKB, eski ekipmanı değiştirilmesini ve hidroelektrik santralin verimliliğini arttırmayı amaçlayan Shardara Hidroelektrik Santrali'nin yeniden inşasını finanse etmek için ülkedeki ilk yenilenebilir enerji kredisini imzalanmıştır. Banka,

Kazakistan'ın güneyinde bulunan Shardara Hidroelektrik Santrali'nin sahibi olan Samruk-Energy'ye 60.6 milyon ABD Doları (tenge cinsinden eşdeğeri) tutarında kredi vermiştir. Kredi bu hidroelektrik santralinin verimliliğin arttırmak ve Kazakistan'ın güneyindeki enerji yetersizliği için yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji arzı sürekliliğini sağlamak amacıyla mevcut jeneratör setlerinin ve yardımcı ekipmanın tamamen yenilenmesi de dâhil olmak üzere tesisin modernizasyonunun finanse edilmesi için verilmiştir. Shardara hidroelektrik santrali, Sovyetler Birliği'nin çöküşünden sonra modernizasyonun yapıldığı Kazakistan'daki ilk hidroelektrik santralidir. Bu projenin bir sonucu olarak, kuzeyde kömürle çalışan termik santrallerin ürettiği termik enerjinin yerini alacak olan elektrik üretiminin hacmi yılda en az %30'a arttırılarak yaklaşık 650.000 MWh'a yükselmelidir. İletim kayıplarının azaltılması hariç, tasarrufların yılda yaklaşık 875.000 Milyon ton olacağı tahmin edilmektedir.

2010-2015 yılları arasında TTF (Temiz Teknolojiler Fonu), AİKB ve Kazakistan Cumhuriyeti Hükümeti'nin mevcut engelleri analiz edilerek, teşvik mekanizmalarını belirleyerek ve yasalar ve yönetmelikler geliştirerek yenilenebilir enerji kullanımı için elverişli koşullar yaratma çabalarını desteklemek için toplam 1 milyon Avro sağlamıştır. 2013 yılında, hem ulusal hem de uluslararası yatırımcıları çekecek yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesine temel teşkil eden önemli iyileştirmeler içeren yeni bir YEK kanunu kabul edilmiştir. Kanun, AİKB'nin metodolojiyi gözden geçirmede ve bölgesel tarife oranlarını modellemesinde yardımcı olduğu yeni bir teşvik tarifesi getirmiştir. AİKB ayrıca hükümeti, Elektrik Tedarik Anlaşmasının (ETA) geliştirilmesi gibi bir dizi yasal ve finansal altyapıyı değiştirmede de desteklemiştir. Bir diğer önemli olay da İskan ve Finans Merkezi'nin (İFM) oluşturulmasıdır. Bu merkez Haziran 2013'te kurulmuştur. Sonuç olarak, YEK maliyetleri şartlı tüketiciler için fiyatlara dahil edilmiştir. İFM'nin ana işlevleri: uygun üreticilerden yenilenebilir üretim elde etmek, satın alınan üretim hacminin MWh başına ortalama maliyetini hesaplamak ve tedarikçilere ve diğer yerel dağıtım şirketlerine (Örneğin, kendi enerji santrallerine sahip şirketler) elektrik satmaktadır. 2013'te yenilenebilir enerji kullanımını destekleme yasasının kabulü Kazakistan'da sürdürülebilir bir enerji pazarının geliştirilmesinde önemli bir kilometre taşı olmasına rağmen, Uzlaşma ve Finans Merkezi'nin uzun vadeli kredibilitesi ve kısa vadeli likidite kısıtlamaları ile ilgili bazı dezavantajları vardır. 2014 yılında Kazakistan Hükümeti, 2013 Yılı Kullanımın Desteklenmesine İlişkin Kanun'un daha da iyileştirilmesi için AİKB'den ilave destek talep etmiştir. Yenilenebilir enerji ile

ilgili mevzuat sistemi, kömürden elektrik üretimi ile ilgili çevresel problemler göz önünde bulundurularak ve Kazakistan ekonomisinin çeşitlendirilmesi gereği göz önüne alınarak oluşturulmuştur. Buna dayanarak, Kazakistan hükümeti, 2020 yılına kadar toplam elektrik üretiminin %3'ü oranında yenilenebilir enerjiden elektrik üretimi için gösterge niteliğinde bir hedef belirlemiştir. Bu stratejik yön ve amaç göz önüne alındığında, AİKB Kazakistan'da yenilenebilir enerji sektörünün oluşturulmasına yardım etmiş ve ülkedeki benzer sürdürülebilir enerji projelerine örnek olmuştur. 2013 yılında kabul edilen ve çeşitli unsurlar için sağlanan YEK Kullanımını Destekleme Yasasında yapılan değişiklikler, ilk yatırımların teşvik edilmesini önemli ölçüde etkilemiştir:

- Yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanarak tesislerin inşaatı için arsa tahsis edilmelidir.
- Sabit tarifelerin tanıtılmalıdır.
- Yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen enerjinin tamamının sabit oranda satın alınması 15 yıl garantilidir.
- Yenilenebilir enerji üreticileri için yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektriğin taşınması ücretlerinden muafiyet verilmelidir.
- Yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen elektriğin merkezi olarak alımı ve satılmasından yerleşim ve finans merkezi sorumludur.
- Merkez, yenilenebilir enerji kaynaklarından şebekeye elektrik tedariki nedeniyle dengesizliğin finansal olarak çözümünü sağlamaktadır.

Bu sektördeki önemli yatırımlar, yasal çerçevenin iyileştirildiği 2015 yılında başladı ve Hükümet belirli yükümlülükler üstlenmiştir. Ayrıca, AİKB, yenilenebilir enerji kaynakları için düzenleyici çerçevenin geliştirilmesini desteklemeye, sabit tarife belirleme düzeninin iyileştirilmesine ve Enerji Bakanlığı başkanlığında yenilenebilir enerji çalışma grubunda aktif bir rol almaya destek vermeye devam etmiştir [42,43].

AİKB ve TTF, 2015 ve 2017 yıllarında, Burnoe Solar GES'in birinci ve ikinci fazlarının (Her biri 50 MW) inşaatı için finansman sağlamıştır. İstasyon, Kazakistan'ın güneyindeki Zhambyl bölgesinde, yerel enerji sağlama sıkıntısı çeken bir bölgede yer almaktadır. Tesis, yılda yaklaşık 135.000 ton CO₂ salınımını önleyen yılda 144 GWh'den fazla elektrik üretecek şekilde tasarlanmıştır. Bu istasyon ülkedeki ilk ticari GES'dir. AİKB, yerel para biriminde yaklaşık 104 milyon Euro tutarında kredi finansmanı sağlamış ve TTF tarafından 25 milyon Euro tutarında imtiyazlı borç

finansmanı sağlanmıştır. AİKB, Burney projesi ve diğer yenilenebilir enerji projeleri için uygun olan proje finansmanı için uygun olmalarını sağlamak amacıyla proje geliştirme aşamasında hükümet (Başbakan ve Enerji Bakanlığı dâhil) ile aktif olarak çalışmaktadır (http-22).

Burne projesi, sınırlı talep yapısının uygulandığı ülkede ilk yenilenebilir enerji projesiydir. Burnoe GES'nin ilk aşamasını finanse ettikten sonra AİKB bir kez daha, 2016 yılında yenilenebilir enerji alanında Çerçeve Programının uygulanması için fonu 200 milyon Avro olarak uygulamak için fonu onaylayarak Kazakistan'da yenilenebilir enerji sektörünün gelişimini desteklemiştir. AİKB, bu program kapsamında, toplam 300 MW kapasiteye sahip yenilenebilir enerji projelerinin (rüzgâr, güneş, küçük hidroelektrik ve biyogaz) inşasını desteklemektedir. Ek olarak, program bu yenilenebilir enerji projelerini ulusal elektrik iletim sistemine entegre etmek için elektrik şebekelerinin modernizasyonunu finanse etmeyi planlamaktadır. Çerçeve Programı uygulamak için, Yeşil İklim Fonu (YİF) tarafından 110 milyon ABD Doları tutarında finansman (İndirimli krediler şeklinde 106 milyon ve 4 milyon teknik yardım) sağlanmaktadır [43].

2018 yılında AİKB, Kazakistan'da yenilenebilir enerji alanında dört yabancı yatırımcısını desteklemiştir. AİKB, 14 MW'lık bir Zadaria GES'inin yapımı için Fransız şirket Urbasolar'a yerel para birimi cinsinden 8.8 milyon ABD doları tutarında kredi sağlamıştır. Ek olarak, TTF projeyi 3.9 milyon dolar tutarında indirimli bir kredi sağlayarak finanse etmiştir. Ayrıca, AİKB, Karaganda bölgesinde 40 MW'lık yeni bir güneş enerjisi santralının inşası için China's Risen Energy firmasının desteğini sağlamıştır. AİKB'nin finansman yapısı, yerel para biriminde 22 milyon dolar yerel para birimi kredisi, TTF'den 5.8 milyon dolar kredi ve YİF'den 4.2 milyon dolar kredi içermektedir. Bu, AİKB'nin, 2018'de daha önce imzalanan ülkedeki yenilenebilir enerjinin ortak finanse edilmesine ilişkin Çerçeve Anlaşma'nın bir parçası olarak Kazakistan'da bir güneş enerjisi projesi için TTF ile birlikte finansman ilk kez finansman sağlamıştır. Ek olarak, 2018'de, AİKB, TTF ve Asya Kalkınma Bankası ile ortaklaşa, Kazakistan'ın merkezinde Baikonur'da 50 MW'lık bir güneş enerjisi santralının inşasını finanse etmeyi kabul etmiştir. AİKB, finansman sağlamanın yanı sıra, Enerji Bakanlığı'na 2018 yılında başlatılan yenilenebilir enerji projelerinin seçimi için bir açık artırma ihale planı oluşturma ve uygulama konusunda yardımcı olmuştur (Tablo 2.6).

Tablo 2.6. AİKB'nin Kazakistan'daki YEK Portföyü (<http-22>)

Adı ve kapasitesi	Proje uygulaması	Konumu
Burnoe GES (100 MW)	United Green (Kazakistan/ İngiltere)	Zhambyl bölgesi
Zadarya GES (14 MW)	Urbasolar (Fransa)	Güney Kazakistan bölgesi
Baikonur GES (50 MW)	United Green (Kazakistan/ İngiltere)	Kyzylorda bölgesi
Risen Solar GES (40 MW)	Risen Energy (Çin)	Karaganda bölgesi
Nomad GES (37 MW)	Total EREN (Fransa), Access Infra Central Asia (BAE)	Kyzylorda bölgesi
Saran GES (100 MW)	Joachim Goldbeck Holding (Almanya)	Karaganda bölgesi

Ülke yeşil bir ekonomiye doğru ilerlerken, yenilenebilir enerjinin geleceği umut verici görünmektedir. Düzenleyici çerçeveyi iyileştirerek proje risklerini azaltma çabalarının artmasıyla birlikte, özel yatırımların hacmi (yurt dışından da dâhil) artmıştır. Ayrıca, AB gibi diğer finansal kurumlar da bu pazara girmektedir ve bu da bir başka iyi göstergedir.

AİKB gelecekte Kazakistan'da yenilenebilir enerjinin daha da gelişmesini desteklemeyi planlamaktadır. Bu destek, finansman tedarikini (Yenilenebilir enerji kaynaklarının payındaki artışı göz önünde bulundurarak, elektrik şebekesi ile ilgili projeler dâhildir.) ve yasal çerçevenin daha da iyileştirilmesini içerecektir. Ayrıca, YİF programı kapsamında, AİKB yenilenebilir enerji alanındaki cinsiyet konularını ele almayı ve ayrıca Kazakistan emisyon ticareti planının daha da geliştirilmesine yardımcı olmayı (Örneğin, desteklediği yenilenebilir enerji projelerine dayanan sera gazı emisyonlarını azaltmak için iç projeler amaçlamaktadır (<http-22>).

Yeşil ekonomiye geçiş Kazakistan için gerekli bir önceliktir, çünkü ülkenin ekonomik gelişimi şu anda büyük ölçüde çıkarıcı endüstrilere ve hammadde mallarının ihracatına odaklanmaktadır. Aynı zamanda, ekonominin çoğu sektöründe göreceli olarak yüksek bir enerji yoğunluğu ve kirliliği ve düşük enerji verimliliği vardır. Kazakistan'ın "yeşil ekonomisi" kavramı, kaynak kullanım verimliliğini arttırmayı ve gelecek nesiller için sürdürülebilir bir büyüme sağlamak için yeni teknolojileri desteklemeyi amaçlamaktadır.

2.5.4. Kazakistan'ın güneş enerjisi potansiyeli

Kazakistan, yıllık 2.200-3.000 saat güneş ışığı ve yılda 1.200-1.700 kWh/m² güneşlenme (güneşten doğrudan radyasyon) alan güneş termal teknolojisini benimsemek için ideal bir konumdadır (http-24). Güneş termik santralleri soğutma için bir su kaynağına ihtiyaç duymadığından, Kazakistan'ın güneş insidansının yüksek ve nüfusun düşük olduğu kurak bölgelere kolayca yerleştirilebilmektedir. Kazakistan'ın yarısından fazlası çöl veya yarı çöl olduğundan, neredeyse sınırsız sayıda olası yer vardır. Özellikle Hazar petrol sahalarının yakınında nüfusun az olduğu ancak oldukça gelişmiş bir ulaşım ve enerji iletim altyapısı olan kurak bir bölge ümit verici alanlar sayılmaktadır (http-6).

Kazakistan yeterli güneş enerjisi kaynaklarına sahiptir. Potansiyel güneş enerjisi kapasitesinin yılda yaklaşık 25 milyar kWh olduğu tahmin edilmektedir. Kazakistan'da günlerin yaklaşık %70'i yıl boyunca güneşli; güneş zamanı yaklaşık 2800-3000 saattir ve güneş radyasyonu kendi bölgesinde en az 19×10^{19} kcal'dir. Bu nedenle, güneş enerjisi endüstrisinin gelişimi ülkenin sürdürülebilir ekonomik kalkınmasının sağlanmasında önemli bir faktördür. Kazakistan'daki hava durumu, ulusal ekonomiye etkili bir şekilde uygulanabilen güneş teknolojisine geliştirilmesine elverişlidir. Ancak, ekonomik, teknolojik, yasal ve finansal nedenlerden ötürü Kazakistan'ın güneş enerjisi piyasasında büyük çaplı bir uygulama gerçekleştirilmemiştir. Bu engellerin üstesinden gelmek için, tüm bakanlıklardan ve departmanlardan iyi koordine edilmiş eylemler gerekmektedir. Ekonomik engellerin üstesinden gelme yöntemleri, geleneksel fosil enerji santralinde karbon vergisi alınmalı ve güneş enerjisi endüstrisine enerji tüketimi ve vergi teşvikleri ile mali sübvansiyonlar sunulmalıdır. Enerji pazarında yenilenebilir enerjinin rekabet gücünü artırmak ve böylece ekonomik kalkınmayı teşvik etmek için yeni enerji teknolojileri getirilerek teknik engeller aşılabilmektedir. Temmuz 2009'da kabul edilen yasa, Kazakistan'da elektrik ve ısı üretmek için kullanılan yenilenebilir enerji miktarını arttırmak amacıyla “yenilenebilir enerjinin uyumlu kullanımını desteklemek” için elverişli koşullar yaratmıştır [47].

Kazakistan, ABD, Çin, Almanya ve Norveç ile birlikte, güneş fotovoltaik enerji üretiminin tüm üretim döngüsünü tamamlayabilen beşinci ülke olmuştur. Kazakistan çok kısa sürede dikey olarak entegre bir ZPV projesi inşa edebilmektedir. Bu, madencilikten bitmiş güneş modülleri üretimine kadar tüm üretim döngüsünü kapsayan eksiksiz bir endüstriyel zincirdir. Kazakistan güneş enerjisi endüstrisinin kendi

rekabetçi güçlü ve zayıf yanlarının yanı sıra dış fırsatlar ve tehditlerde analiz edilerek matris biçiminde ifade edilmektedir. Mevcut piyasa durumu ile ilgili strateji ve yaklaşımlar sistematik olarak elde edilmektedir. SWOT analizine dayanarak, Kazakistan'daki güneş enerjisi endüstrisi geliştirme modelinin gelecekteki yönü kurulmuştur. Kazakistan bol güneş ve rüzgar enerjisine sahiptir, kısa vadede, ileri teknoloji tanıtılmalı ve mevcut rüzgar enerjisi kapasitesini elektrik talebi boşluğunu karşılamak için genişletmelidir. Uzun vadede hükümet, geleneksel enerji kaynaklarına bağımlılığı azaltmak ve güneş enerjisini temiz bir enerji ihracatçısı olarak konumlandırmak için güneş enerjisi termik santrallerinin inşasını güçlendirmelidir. Bu hedeflere ulaşmak için, Kazakistan mevcut mevzuattan memnun olmamalı ve yatırımı teşvik etmeli ve Kazakistan emtia dışı malları yükseltmek için sanayinin ve ihracatın "yeşil kalkınması" temelinde vergi kesintileri ve finansal sübvansiyonlarla yenilenebilir enerji endüstrisini teşvik etmelidir. Böylece ihracat potansiyeli Avrupa, Orta ve Güney Asya, Güneydoğu Asya ve Çin'i birbirine bağlayan bir "yeşil" enerji köprüsü inşa edilmiştir [45].

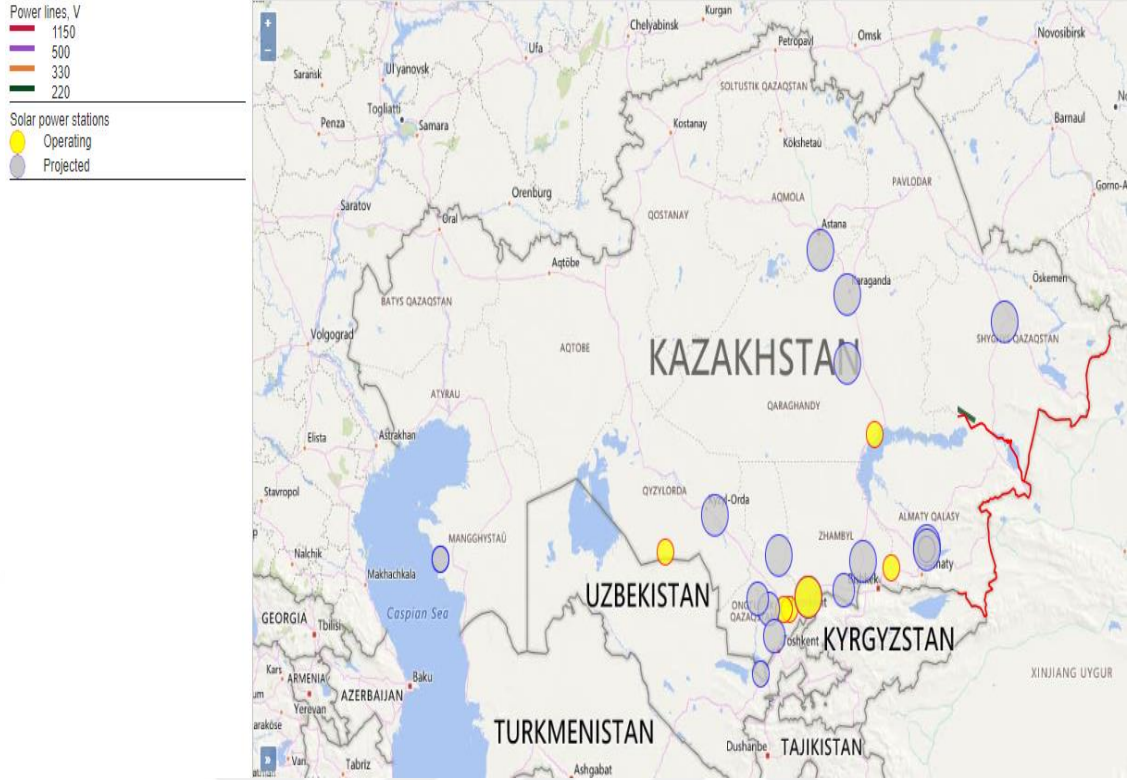
Kazakistan'da yenilenebilir enerji piyasası büyük bir piyasa değerine sahiptir. Teknoloji güncellenmeye ve ilerlemeye devam ettikçe, Kazakistan yenilenebilir enerji endüstrisi sadece ülkeye ve insanlara hizmet etmekle kalmayıp, aynı zamanda kazançlı bir ihracat işi haline gelebilmektedir. Kazakistan'daki güneş enerjisi geliştirme modellerinden biri, yeşil ekonomiye geçişi gerçekleştirmek için "yeşil" gelişmeden geçmektir. Temiz ve "yeşil" teknolojiye sahip ekonomik sektörün ekolojik sistemin iyileştirilmesine ve kazanımların gerçekleşmesine yardımcı olması beklenmektedir. Doğal kaynakları ihtiyatlı ve makul bir şekilde kullanan şimdiki ve gelecek nesiller sayesinde Kazakistan'ın çevre dostu ürünler tarafından yaratılan yeni bir gelişme aşamasına geçmesi daha kolay olacaktır. Yeşil bir ekonominin gelişmesi ekolojik çevreyi korumakta ve sağlıklı ve sürdürülebilir bir ekonomik kalkınmanın sağlanmasına yardımcı olmaktadır [48].

2.5.5. Kazakistan'daki mevcut güneş enerjisi santralleri

Hali hazirda Kazakistan'da çalışan ve proje aşamasında olan birkaç GES vardır (Şekil 2.23). Çalışan GES'ler aşağıdaki Tablo 2.7'de gösterilmektedir.

Tablo 2.7. Kazakistan'ın mevcut GES'leri

	Adı	Sahibi	Kapasite MW	Bölge	Güneş panel sayısı	Kapasite faktörü, %	Alan, hektar	Yıllık üretim, kW/ saat
1	Burnoye GES	Samruk Kazyna - United Green	50	Zhambyl	198198	17	150	72 milyon
2	Gulshat GES	SSO "KPM- Delta"	40	Karaganda	160000	16.9000	104	58,6 milyon
3	Kapshag ai GES	SSO «Samruk Green Energy»	2	Almatı	7995	18	30	160 milyon
4	Otar GES	SSO «KazEkoVatt	0,5	Zhambyl	2080	-	14	600 bin
5	Akbay GES	SSO "Aksu- Energo"	1	Shymkent	4500	20	2,5	987 bin
6	Akadyr GES	SSO «KazSolar 50»	50	Karaganda	192000	-	125	70 milyon
7	Nurgisa GES	Eneverse Kunkuat	100	Almatı	303000	-	270	160 milyon
8	Batyr köyünde ki GES	Devlet	2	Mangystau	8000	13.3000	36.05	3500
9	Saran GES	SSO «SES Saran»	100	Karaganda	400000	16.5500	164	147 milyon
10	Kengir GES	SSO "Kazakhmys Holding"	10	Karaganda	29436	-	20	14 milyon



Şekil 2.23. Kazakistan'daki mevcut ve proje aşamasındaki GES'leri (<http-25>)

3. UZAKTAN ALGILAMA, COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ VE ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR ANALİZİ BAĞLANTISI

Uzaktan Algılama (UA), bu nesne veya olayla doğrudan temas etmeyen bir kayıt cihazı kullanarak bir nesne veya olay hakkında bilgi toplanmasıdır. "Uzaktan algılama (UA)" terimi genellikle çeşitli kameralar, tarayıcılar, mikrodalga alıcıları, radarlar ve bu tür diğer cihazlar aracılığıyla elektromanyetik radyasyonun kaydedilmesini içermektedir. UA, deniz tabanı, Dünya atmosferi ve güneş sistemi hakkında bilgi toplamak ve kaydetmek için kullanılmaktadır. Deniz gemileri, uçak, uzay aracı ve yer tabanlı teleskoplar kullanılarak gerçekleştirilmektedir [49].

UA verileri, CBS için önemli bir güncel operasyonel bilgi kaynağıdır ve belki de tek olmasıdır. Standart UA birimi anlık görüntüdür. Ancak, farklı uydulardan elde edilen görüntülerin özellikleri değişiklik göstermektedir. Uzaktan algılama verilerinin en önemli özellikleri, mekânsal ve spektral çözünürlük (bir dizi kanal), coğrafi kapsama alanı ve daha fazlasıdır. Günümüz dünyasındaki uzay bilgileri daha çeşitli ve kesin, bilgiler alma ve güncelleme imkânı giderek daha kolay ve erişilebilir hale gelmektedir.

Onlarca yörünge sistemi, gezegenimizin herhangi bir bölgesinin yüksek hassasiyetli uydu görüntülerini iletmektedir. Tüketicilere göreceli olarak erişilebilir olmaları, tüketicinin talebi üzerine herhangi bir bölgenin araştırılması, çeşitli yazılım araçları kullanılarak uydu görüntülerinin daha sonra işlenmesi ve analiz edilmesi, CBS paketleri ve coğrafi bilgi sistemleri ile entegrasyonu, CBS ve UA tandemini coğrafi analiz için yeni ve güçlü bir araç haline getirmektedir. Modern dünya tüm alanlarda (inşaat, kazı, enerji vb.) hızla gelişmektedir ve Dünya yüzeyindeki tüm değişiklikleri görsel olarak hızlı ve verimli bir şekilde izlemeniz gerekiyorsa, o zaman tek yüksek kaliteli yöntem CBS'de Uzaktan Algılamadan gelen verileri kullanmaktır.

CBS günümüzde UA ile bağlantısı teori değil pratik bir olgu haline gelmiştir. UA verilerinin aktif kullanımı olmadan, birçok uygulamada CBS'nin bir geleceği yoktur. Bilgilerin düzenli olarak güncellenmesi konuyla ilgilidir. Günümüzde CBS kullanıcılarının ilgisi, mevcut kâğıt haritaların sayısallaştırılması teknolojisindeki sorunlardan uzaktan algılama verilerinin kullanımına geçmektedir. UA yöntemleri, Dünya yüzeyinin durumu hakkında, en az zaman ve malzeme maliyeti ile en son verilerin elde edilmesine izin vermektedir. Bu durum çeşitli ölçeklerdeki haritaların güncellenmesi veya oluşturulması işlemini önemli ölçüde hızlandırmaktadır ve bölgenin çalışmasını kolaylaştırmaktadır. Son derece ayrıntılı uzaktan algılama verileri

kullanarak, bölgeyi izlemek, 1: 5000 ve daha küçük ölçekli haritalar yapmakla mümkündür [49].

CBS sayesinde bilgilere ulaşılabilirlik, planlama ve karar verme süreçleri azaltılıp iş gücü ve vakit tasarrufu sağlanabilmektedir. Fakat çok fazla bilginin olmasında planlama sürecinde oldukça karmaşık bir hal almaktadır. “CBS ve AHP planlamacıların bu karmaşıklığı çözümlemelerine yardımcı olabilmektedir. CBS ve AHP bütün sosyal, fiziksel, çevresel ve ekonomik faktörleri göz önünde bulundurmakta ve veride çeşitlilik sağlayabilmektedir”. “Bu sistemlerin birlikte kullanılmasıyla bir alanın tamamı veya bir bölümünden istenilen bilgiler alınabilmekte ve bu bilgiler belirli kriterler çerçevesinde işlenip karar süreci planlanabilmektedir” [5].

3.1. Uzaktan Algılama

UA, herhangi bir nesne ile doğrudan fiziksel temas olmadan o nesne veya olay hakkında kayıt cihazları kullanarak bilgi edinme yöntemidir. UA, coğrafyanın bir alt bölümüdür. Modern anlamda, bu terim, esas olarak, dağıtılmış sinyaller (Örneğin, elektromanyetik radyasyon vb.) kullanarak, yeryüzündeki nesnelerin sınıflandırılmasını, analizini ve atmosfer ve okyanusu tespit etmek amacıyla havadaki veya uzay kaynaklı sondaj teknolojilerini ifade etmektedir. UA aktif ve pasif olmak üzere ikiye ayrılmaktadır [49].

UA pasif sensörleri, bir nesne veya bitişik bölge tarafından yayılan veya yansıtılan bir sinyali kaydetmektedir. Yansıyan güneş ışığı pasif sensörler tarafından tespit edilen en yaygın kullanılan radyasyon kaynağıdır. Pasif uzaktan algılama örnekleri dijital ve film fotoğraflılığı, kızıl ötesi, şarj bağlı cihazlar ve radyometrelerdir.

Aktif sensörler, sırayla, bir nesneyi ve boşluğu taramak için bir sinyal yaymakta, bundan sonra sensör, sondaj hedefi tarafından geri saçılma ile yansıtılan veya oluşan radyasyonu algılama ve ölçme yeteneğine sahiptir. Aktif uzaktan algılama sensörlerinin örnekleri, radyasyon ve geri gönderilen sinyalin kaydı arasındaki zaman gecikmesini ölçen, böylece nesnenin yerini, hızını ve yönünü belirleyen radar ve lidardır.

Uydu görüntüleri çok çeşitli kullanıcılar tarafından kullanılabilir hale gelmiştir ve sadece bilimsel değil aynı zamanda üretim amacıyla da aktif olarak kullanılmaktadır. UA, CBS için ilgili ve operasyonel verilerin ana kaynaklarından birisidir. Uzay sistemlerinin oluşturulması ve geliştirilmesi alanındaki bilimsel ve teknik başarılar, veri elde etme, işleme ve yorumlama teknolojileri uzaktan algılama kullanılarak çözülen

görev aralığını büyük ölçüde genişletmiştir. Uzaydan uzaktan algılama uygulamalarının ana alanları çevrenin durumunu, arazi kullanımını, bitki topluluklarını incelemek, mahsul verimlerini değerlendirmek, doğal afetlerin etkilerini değerlendirmek, yer seçimi çalışmalarında sıklıkla kullanılmaktadır [49].

3.2. Coğrafi Bilgi Sistemleri

Coğrafi bilgi sistemi (CBS), mekânsal veriler ve gerekli nesneler hakkında ilgili bilgileri toplamak, depolamak, analiz etmek ve grafiksel olarak görselleştirmek için kullanılan bir sistemdir.

CBS her türlü bilimsel ve pratik problemlerin çözümünde kullanılmaktadır. CBS, herhangi bir coğrafi durumu analiz etmeye ve modellemeye, tahminler yapmaya ve ortamdaki süreçleri yönetmeye yardımcı olmaktadır.

CBS, mekâna dayalı karmaşık planlama ve yönetim problemlerinin çözümünde etkin çözümler sağlamaktadır. Coğrafi verilerin sayısal olarak depolanması, işlenmesi ve analiz edilmesi CBS sistemleriyle mümkün olabilmektedir. Belirlenen kriterlere göre verilerin bir bütün olarak ele alınarak analizi ve işlenmesi insan beyni için mümkün değildir. GES için en uygun yer seçimi problemi çözümünde de CBS sistemleri kullanıcının yükünü oldukça hafifletmektedir [9].

CBS analizi araştırma yapana zaman tasarrufu sağlamaktadır. Ayrıca doğru karar ve yatırım imkanı da sağlamaktadır. CBS ve ÇKKV yöntemlerinden AHP ile istenilen bilgiler belirli kriterlerden geçerek doğru karar verme sürecinde yardımcı olmaktadır. Örneğin GES yer seçimi için yapılacak bir çalışmada verilerin birbiri ile uyumlu olarak analiz edilmesinde en iyi yöntem CBS tabanlı ÇKKV'dir. Bunun için ihtiyaç duyduğumuz bütün verilerin eksiksiz olması gerekmektedir [13].

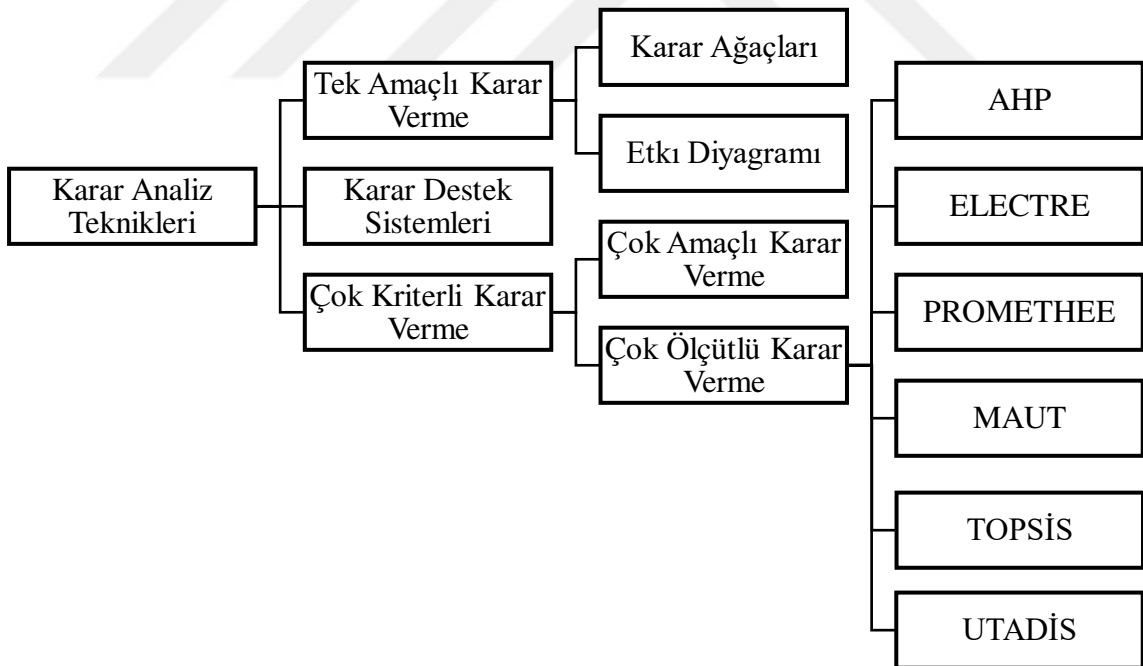
3.3. Çok Kriterli Karar Analizi

Çok Kriterli Karar Verme teknikleri, birbiri ile çatışan birden fazla kriteri karşılayan olası “en iyi/uygun” çözüme ulaşmaya çalışan yaklaşım ve yöntemlerden oluşmaktadır. Karar vericiler, bu tür problemlerin üstesinden gelmede Çok Kriterli Karar Verme tekniklerinden faydalanarak bilimsel ve daha başarılı kararlar verebilmektedir [50].

Çok Kriterli Karar Verme yaklaşımlarında belirgin sayıda ve özellikteki aday, plan, politika, strateji, hareket biçimi alternatifleri karşılaştırılarak derecelendirilir ve

bunların arasından en iyisi seçilmeye çalışılmaktadır. Çok Kriterli Karar Verme yöntemleri kriterlere ilişkin ağırlık bilgisini kullanarak, çatışan niteliklere sahip karmaşık problemlerin çözülmesini sağlamaktadırlar. İlk olarak alternatiflerin ve niteliklerin tanımlaması yapılmaktadır. Sonrasında her bir alternatifin (ayrı ayrı), her kritere göre ölçümleri elde edilmekte, kriterlere göre ağırlıkları atanmaktadır. Atanan kriter ağırlıkları ve alternatiflerin tek-kriterli değer ölçümleri bir bütüncülleştirme modeli ile bir araya getirilerek alternatiflerin bütünsel (overall) değerleri saptanmaktadır. Son olarak duyarlılık analizleri gerçekleştirilir ve sonuç önerileri ile değerlendirmeleri ortaya konulmaktadır (http-26).

Karar analizi teknikleri Tek Amaçlı Karar Verme, Karar Destek Sistemleri ve Çok Kriterli Karar Verme olmak üzere 3 gruba ayrılmaktadır (Şekil 3.1). ÇKKV yöntemi kriterler arasında en yaygın olarak kullanılanıdır. ÇKKV, kriterler arasında değerlendirme, alternatifler arasında ise seçim yapma, gruplandırma ve sıralanmasını sağlayan bir yöntemdir. Bu yöntemde kendi içinde Çok Ölçütlü Karar Verme ve Çok Amaçlı Karar Verme olarak 2 gruba ayrılmaktadır [50] .

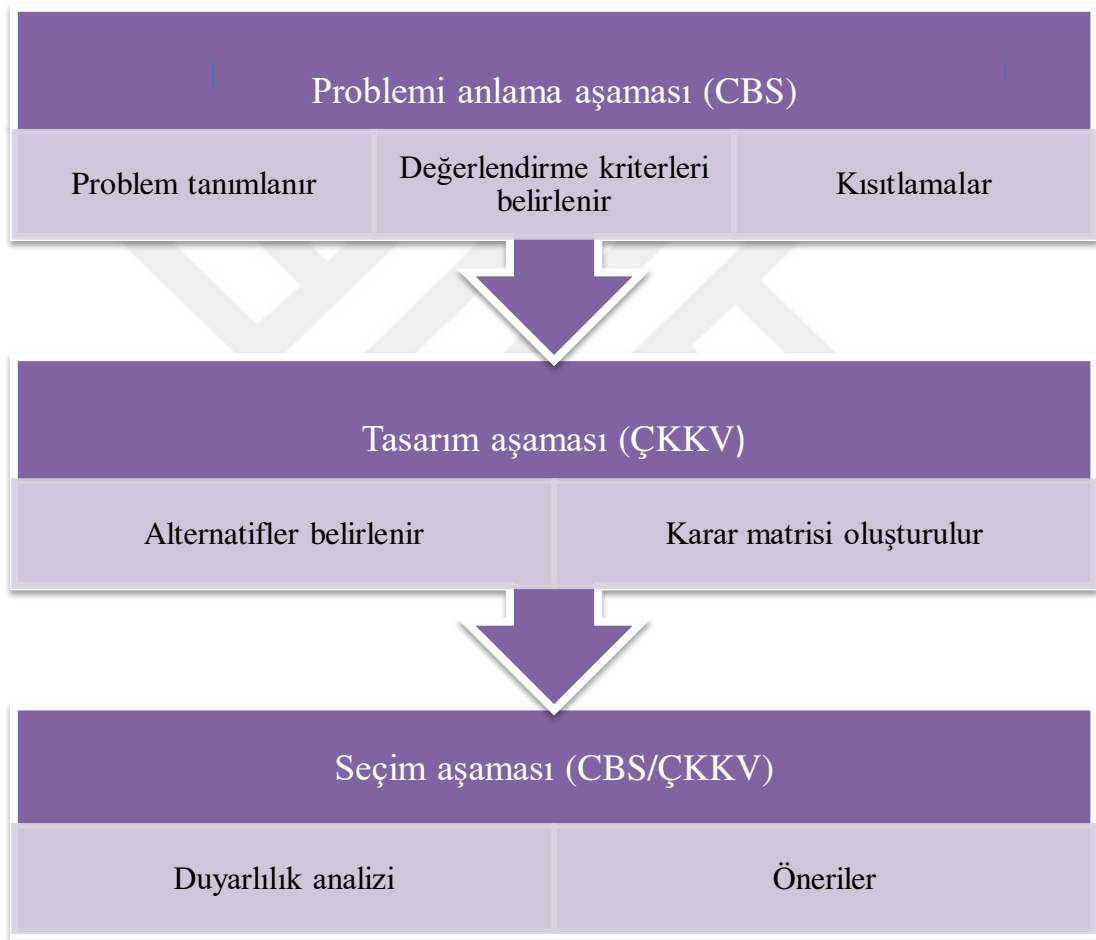


Şekil 3.1. Karar analiz teknikleri [50]

ÇKKV yönteminin amacı, alternatif ve kriter sayısı çok olduğunda karar vericiye karar verme sürecini kontrolü altına tutabilmeyi sağlaması ve kararını mümkün olduğunca hızlı alabilmesini sağlamaktır [51]. Böylece karar vericinin karar verme sürecinde rahat olmasını ve aldığı kararda en az pişman olmasını sağlamaktadır. Bütün

bu işlemler için ÇKKV, karar verme sürecinin modeli ile karar sonucunun değerlendirme ve analizlerini yapmaktadırlar.

ÇKKV yöntemi üç aşamada gerçekleşen bir süreçtir (Şekil 3.2). Bu aşamalardan birincisi problemin tanımlanması, ikincisi problemin çözümüne yönelik tasarım yapma, üçüncü aşama ise ortaya çıkan öneriler arasından en uygun olanını belirlenmesidir. Şekilde de görüldüğü üzere CBS teknikleri ilk aşamada, ÇKKV tekniği ikinci aşamada, CBS ve ÇKKV yöntemlerinden ikisi de üçüncü aşamada kullanılmaktadır [13].



Şekil 3.2. Çok kriterli karar verme yöntemi ve CBS ilişkisi [50]

4. MATERİYAL VE METOT

4.1. Materyal

Bu çalışmada, eğim ve bakı haritası 30 arcsecond sayısal yükseklik modeli kullanılarak üretilmiştir. Vektör veri halinde olan yollar, su kaynakları, yerleşim yerleri, enerji nakil hatları, trafo haritaları raster veriye dönüştürülerek haritalar oluşturulmuştur. Bu haritaların oluşturulması ve analizlerin uygulanması sırasında ArcMap ve ArcGISpro programı ile CBS yazılımı kullanılmıştır.

4.2. Metot

Bu çalışmada ÇKKV yöntemi onun içinde Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) tekniği kullanılmıştır. Son yıllarda bu yöntemler mekânla ilgili çok çeşitli alanlarda, en çok da yer seçimi çalışmalarında uygulanmaktadır.

ÇKKV yöntemleri ve CBS yer seçimi çalışmalarında birçok alternatif arasından en iyi tercihin seçilmesine imkân sağlayan bir araçtır [21]. ÇKKV yöntemleri arasında en çok kullanılan ve tercih edilen AHP yöntemi ise bunların arasında en güvenilir yöntemlerden birisidir.

4.2.1. Analitik hiyerarşi prosesi metodu

Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), karmaşık kararlar almak için yapılandırılmış bir tekniktir. Neyin doğru ve neyin doğru olmadığı sorusuna bir cevap vermez, ancak karar vericinin ihtiyaçlarına en uygun olduğunu düşündüğü seçeneklerden ve problemi anlamasını değerlendirmesini sağlamaktadır. AHP karmaşık problemlerin çözümünde birbiriyle ilişkili kriterleri analiz etmek için kullanılan yapısal bir tekniktir [3].

Saaty'e göre (2008) AHP; karar vericilere karar verme aşamasında seçim kriterlerini birleştirme seçeneğini sunan bir yöntemdir [52].

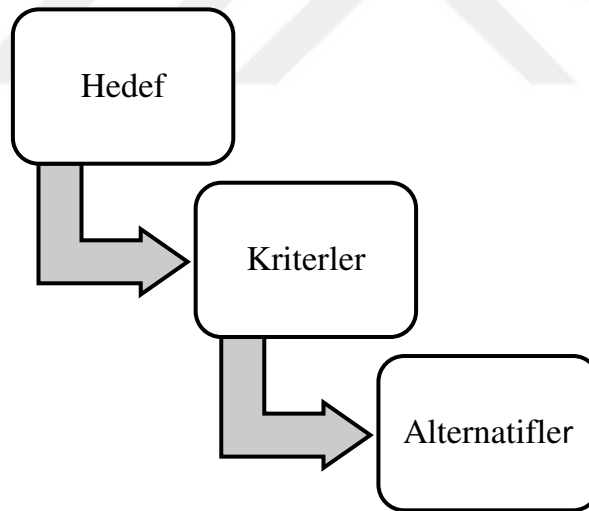
AHP probleme hem objektif hem de subjektif düşüncelerin karar sürecine dâhil edilmesine imkân vermektedir. Ek olarak grup kararları için diğer yöntemlere göre daha uygundur [53].

Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemi, 1980'lerin başında Pittsburgh Üniversitesinin onursal profesörü Thomas L. Saaty tarafından geliştirilmiş ve o zamandan beri yönetim, iş, tıp, eğitim, günlük yaşam vb.gibi modern yaşamın aktif alanlarında pratik olarak uygulanmakta ve geliştirilmektedir. AHP aşağıdaki görev türleri için kullanılabilir.

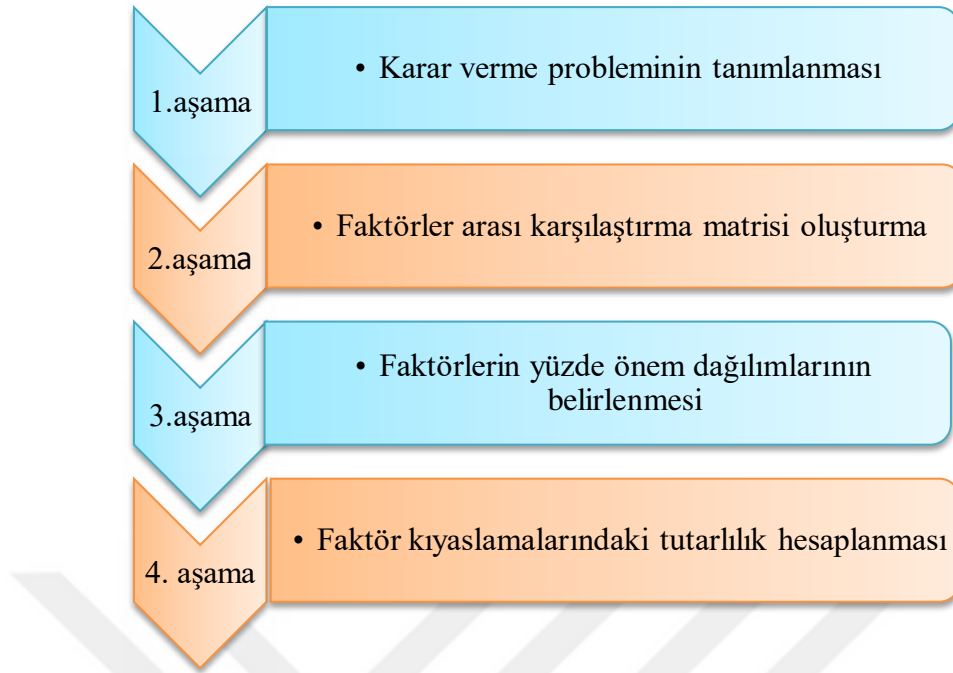
- Seçim, birçok seçenek arasından bir alternatifin seçilmesinde kullanılmaktadır.
- Sıralama-çeşitli alternatiflerin önemlerine veya gerekliliklerine göre düzenlenmesini sağlamaktadır.
- Önceliklendirme-bir alternatifin diğerine önemini belirleme sürecinde kullanılabilir.
- Kaynak tahsisi sağlayabilmektedir.
- Örneklerle karşılaştırmayı sağlayabilmektedir.
- Kalite yönetimi-birden fazla özellik ve göstergenin varlığında kalite değerlendirmesini sağlamaktadır.
- Uygun yer seçimi çalışmaları gibi çalışmalarda kullanılmaktadır.

AHP yöntemi, problemin karmaşıklığına bağlı olarak hem bir kişi hem de bir grup uzman tarafından kullanılabilir.

AHP yöntemi birçok aşamadan oluşmaktadır (Şekil 4.2). Öncelikle Şekil 4.1'de gösterildiği gibi bir hiyerarşi modeli kurulmalıdır. Bu model, alternatifler, kriterler ve hedeften oluşmaktadır. Kriterler alt kriterlere de ayrılabilir [29].



Şekil 4.1. Hiyerarşi modeli[50]



Şekil 4.2. AHP aşamaları [52]

Birinci aşama karar verme probleminin tanımlanmasıdır. Karar verme probleminin tanımlanması iki aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada karar noktaları saptanıp, karar kaç sonuç üzerinden değerlendirileceği belirlenmektedir. Diğer aşamada ise karar noktalarını etkileyen kriterler belirlenmektedir. Bu aşamada ise karar noktalarının sayısının gösterimi m , karar noktalarını etkileyen faktörlerin sayısının gösterimi ise n harfi ile sembolize edilmiştir. Burada dikkat edilmesi gereken husus faktör sayısının doğru belirlenmesi ve her faktörün detaylı tanımlarının yapılmasıdır. Bu işlemler doğru yapıldığı takdirde tutarlı mantıklı çözümler elde edilecektir [54].

İkinci aşamada faktörler arası karşılaştırma matrisi oluşturulur. Bu matrisin köşegeni üzerindeki bileşenler 1 değerini almaktadır. Bu 1 değerinin almasının sebebi aynı iki faktörün birbiriyle karşılaşmasının sonucunun 1 oluşudur [50]. Matrisler kriterlerin ve alternatiflerin birbirlerine karşı önem derecelerini içeren denklem 4.1’de gösterildiği gibi $(n \times n)$ şeklindedir. Kriterlerin ve alternatiflerin birbirlerine göre önem dereceleri Tablo 4.1’deki Saaty önem ölçeğine göre belirlenir [52].

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (4.1)$$

Faktörlerin karşılaştırılması, birbirlerine göre sahip oldukları önem değerlerine göre birebir ve karşılıklı yapılmaktadır [50]. Faktörlerin birebir karşılıklı karşılaştırılmasında Tablo 4.1'deki önem derecesi skalası kullanılmaktadır.

Tablo 4. 1. *Kriterlerin önem derecesi tablosu [52]*

Önem derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit derecede önemli	Her iki faktör birbirine eşit ise 1 değeri alır
3	Biraz daha önemli	1.Faktörün 2. faktörden daha önemli olması durumunda 3 değeri alır
5	Oldukça önemli	1.Faktörün 2. faktörden çok önemli olması durumunda 5 değeri alır
7	Çok önemli	1.Faktörün 2. faktöre göre çok güçlü olması durumunda 7 değeri alır, mutlak üstünlük durumunda 9 değerini alır
9	Aşırı derecede önemli	1. Faktörünün 2. faktöre göre mutlak üstünlüğü durumunda 9 değerini alırken 1.faktör 1/9 değerini alacaktır.

Faktörlerin yüzde önem dağılımlarının belirlenmesi aşamasında karşılaştırma matrisi faktörlerin birbirlerine göre önem seviyelerini önem skala mantığına göre gösterilmektedir. Ancak bu faktörlerin bütün içerisindeki ağırlıklarını, diğer bir deyişle yüzde önem dağılımlarını belirlemek için, karşılaştırma matrisini oluşturan sütun vektörlerinden yararlanılmaktadır ve B sütun vektörü oluşturulmaktadır [50].

$$B_i = \begin{bmatrix} b_{11} \\ b_{21} \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ b_{n1} \end{bmatrix} \quad (4.2)$$

B sütun vektörünü hesaplamak için aşağıdaki formül kullanılır (4.3.).

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (4.3.)$$

Örnek göstermek gerekirse şöyle bir matrisimizin olduğunu farz edelim;

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

Yukarıdaki sütun vektörünün b_{11} elamanı, $b_{11} = \frac{1}{1+3+0.2}$ şeklinde hesaplanması gerekmektedir. Sütun vektörü bu şekilde hesaplanacak ve sağlama olarak sütun vektörünün toplamı 1 olmuş olacaktır. Diğer kısımlara uygulanan sütun vektörleri matrisel olarak birleştirildiğinde yeni bir matris oluşacaktır. Oluşan yeni matristeki satır bileşenlerinin aritmetik ortalaması alınmaktadır ve Öncelik Vektörü adı verilen yeni sütun vektörü oluşturulmaktadır [6].

Faktör kıyaslamalarındaki tutarlılık hesaplanması aşamasında tüm karşılaştırma matrisleri için tutarlılık oranı (CR) hesaplanmaktadır. Hesaplanan tutarlılık oranının en fazla 0.10 olması gerekmektedir. Bu şekilde tutarlılık oranı 0.10 ve daha küçük matrisler tutarlı sayılır diğerleri tutarsız kabul edilmektedir [55].

AHP, tutarlılık oranı aşaması ile tutarlılığın ölçülebilmesine kolaylık sağlamaktadır. AHP, tutarlılık hesaplamasını, faktör sayısı ile Temel Değer (λ) adı verilen bir katsayının karşılaştırmasına dayandırır. λ 'nın hesaplanması için öncelikle A karşılaştırma matrisi ile W öncelik vektörünün matris çarpımından D sütun vektörü elde edilmektedir [6].

$$D = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix}$$

(4.4) formülü ile elde edilen D sütun vektörü ile W sütun vektörünün karşılaştırmalı elemanlarının bölümünden her bir değerlendirme faktörüne ilişkin temel değer (E) elde edilmektedir. Elde edilen değerlerin aritmetik ortalaması (4.5) formülü ise karşılaştırmanın temel değerini (λ) vermektedir.

$$E_i = \frac{d_i}{w_i} \quad (i=1,2,\dots,n) \quad (4.4)$$

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} \quad (4.5)$$

λ hesaplandıktan sonra Tutarlılık Göstergesi (CI), (4.6) formülünden yararlanılarak hesaplanabilmektedir.

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} \quad (4.6)$$

Tutarlılık hesabının son aşamasında rassallık gösterge değerlerine (RI) ihtiyaç duyulmaktadır. Tablo 4.2’de verilen rassallık değerlerine göre tutarlılık oranı (CR) Eş. 4.7’de görüldüğü gibi hesaplanmaktadır [52, 55].

Tablo 4. 2. Rassallık gösterge değerleri [52]

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.54	1.56	1.57	1.59

$$CR = \frac{\lambda_{max} - n}{(n - 1)RI} \quad \text{veya} \quad CR = \frac{CI}{RI} \quad (4.7)$$

En son adımda yukarda belirtilen dört aşama bütün hiyerarşik yapı için hesaplanmaktadır. Son aşamada ise n tane kriterin her birinden elde edilen $m \times 1$ şeklindeki üstünlük sütun vektörlerinden $m \times n$ şeklindeki DW karar matrisi denklem 4.8’deki gibi oluşturulmaktadır. Elde edilen matris üstünlük vektörü ile çarpıldığında denklem 4.9’daki gibi sonuç vektörü bulunmaktadır [16].

$$i = 1, 2, 3, \dots, m \quad \text{ve} \quad j = 1, 2, 3, \dots, n$$

$$DW = [w_{ij}]_{m \times n} \quad (4.8)$$

$$R = DW * W \quad (4.9)$$

4.2.2. AHP analizinin uygulanması

Problem Tanımlanır;

AHP yöntemi kullanılarak ilk başta problemin tanımlanması gerekmektedir. Bu çalışmada problem Kazakistan’da güneş enerji santrallerinin kurulumuna uygun alanların belirlenmesidir. Bu kapsamda analiz yapılabilmesi için aşağıdaki kriterler değerlendirmeye alınacaktır. Bu kriterler;

- Eğim
- Bakı

- Yol
- Enerji nakil hatları (ENH)
- Trafo
- Güneş Potansiyeli
- Su kaynakları
- Yerleşim yerleri

Faktörler Arası Karşılaştırma Matrisi Oluşturulur;

AHP yöntemiyle ikili karşılaştırmalar önem derecesine göre (Tablo 4.1'de) karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda Tablo 4.3'deki gibi bir matris elde edilmiştir.

Tablo 4. 3. Matris tablosu

Kriterler	Eğim	Bakı	Yol	ENH	Trafo	Güneş potansiyeli	Su kaynakları	Yerleşim yerleri
Eğim	1	1/3	3	5	4	1/5	5	6
Bakı	3	1	4	6	5	1/3	6	7
Yol	1/3	1/4	1	4	3	1/6	4	5
ENH	1/5	1/6	1/4	1	1/3	1/6	3	4
Trafo	1/4	1/5	1/3	3	1	1/5	3	4
Güneş potansiyeli	5	3	6	6	5	1	7	8
Su kaynakları	1/5	1/6	1/4	1/3	1/3	1/7	1	3
Yerleşim yerleri	1/6	1/7	1/5	1/4	1/4	1/8	1/3	1

İkili karşılaştırma sonucunda A matrisi aşağıdaki gibi şekillenmiştir.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 1/3 & 3 & 5 & 4 & 1/5 & 5 & 6 \\ 3 & 1 & 4 & 6 & 5 & 1/3 & 6 & 7 \\ 1/3 & 1/4 & 1 & 4 & 3 & 1/6 & 4 & 5 \\ 1/5 & 1/6 & 1/4 & 1 & 1/3 & 1/6 & 3 & 4 \\ 1/4 & 1/5 & 1/3 & 3 & 1 & 1/5 & 3 & 4 \\ 5 & 3 & 6 & 6 & 5 & 1 & 7 & 8 \\ 1/5 & 1/6 & 1/4 & 1/3 & 1/3 & 1/7 & 1 & 3 \\ 1/6 & 1/7 & 1/5 & 1/4 & 1/4 & 1/8 & 1/3 & 1 \end{bmatrix}$$

$$A = [10.150 \quad 5.260 \quad 15.033 \quad 25.583 \quad 18.916 \quad 2.335 \quad 29.333 \quad 38.000]$$

Faktörlerin Yüzde Önem Dağılımları Belirlenir;

Faktörlerin birbirlerine göre önem seviyelerini belirli bir mantık içerisinde gösterilmesi karşılaştırma matrisiyle yapılır. Yukarıdaki matristen (A matrisi) yararlanarak karşılaştırma matrisi aşağıdaki gibi elde edilmiştir. Her bir kriter için B matrisi (4.2) eşitliği yardımıyla ayrı ayrı hesaplanmıştır.

$$B_1 = \begin{bmatrix} 0.09852 \\ 0.29557 \\ 0.03281 \\ 0.0197 \\ 0.02463 \\ 0.49261 \\ 0.0197 \\ 0.01645 \end{bmatrix}, B_2 = \begin{bmatrix} 0.06331 \\ 0.19011 \\ 0.04753 \\ 0.03175 \\ 0.03802 \\ 0.57034 \\ 0.03175 \\ 0.02719 \end{bmatrix}, B_3 = \begin{bmatrix} 0.19956 \\ 0.26608 \\ 0.06652 \\ 0.01663 \\ 0.02215 \\ 0.39912 \\ 0.01663 \\ 0.0133 \end{bmatrix}, B_4 = \begin{bmatrix} 0.19544 \\ 0.23453 \\ 0.15635 \\ 0.03909 \\ 0.11727 \\ 0.23453 \\ 0.01302 \\ 0.00977 \end{bmatrix}, B_5 = \begin{bmatrix} 0.21146 \\ 0.26433 \\ 0.1586 \\ 0.0176 \\ 0.05287 \\ 0.26433 \\ 0.0176 \\ 0.01322 \end{bmatrix}$$

$$B_6 = \begin{bmatrix} 0.085653 \\ 0.142612 \\ 0.07152 \\ 0.07152 \\ 0.085653 \\ 0.428266 \\ 0.061242 \\ 0.053533 \end{bmatrix}, B_7 = \begin{bmatrix} 0.17046 \\ 0.20455 \\ 0.13637 \\ 0.10227 \\ 0.10227 \\ 0.23864 \\ 0.03409 \\ 0.01135 \end{bmatrix}, B_8 = \begin{bmatrix} 0.15789 \\ 0.18421 \\ 0.13158 \\ 0.10526 \\ 0.10526 \\ 0.21053 \\ 0.07895 \\ 0.02632 \end{bmatrix}$$

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

$$C = \begin{bmatrix} 0.09852 & 0.06331 & 0.19956 & 0.19544 & 0.21146 & 0.085653 & 0.17046 & 0.15789 \\ 0.29557 & 0.19011 & 0.26608 & 0.23453 & 0.26433 & 0.142612 & 0.20455 & 0.18421 \\ 0.03281 & 0.04753 & 0.06652 & 0.15635 & 0.1586 & 0.07152 & 0.13637 & 0.13158 \\ 0.0197 & 0.03175 & 0.01663 & 0.03909 & 0.0176 & 0.07152 & 0.10227 & 0.10526 \\ 0.02463 & 0.03802 & 0.02215 & 0.11727 & 0.05287 & 0.085653 & 0.10227 & 0.10526 \\ 0.49261 & 0.57034 & 0.39912 & 0.23453 & 0.26433 & 0.428266 & 0.23864 & 0.21053 \\ 0.0197 & 0.03175 & 0.01663 & 0.01302 & 0.0176 & 0.061242 & 0.03409 & 0.07895 \\ 0.01645 & 0.02719 & 0.0133 & 0.00977 & 0.01322 & 0.053533 & 0.01135 & 0.02632 \end{bmatrix}$$

$$C = \begin{bmatrix} 1.1823 \\ 1.78199 \\ 0.80127 \\ 0.40383 \\ 0.54813 \\ 2.83836 \\ 0.27298 \\ 0.17113 \end{bmatrix}$$

C matrisinden yararlanarak Öncelik Vektörü olarak adlandırılan W sütun vektörü (4.6) eşitliği yardımıyla elde edilir. W vektörü aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$W = \begin{bmatrix} 0.147787 \\ 0.222749 \\ 0.100159 \\ 0.050479 \\ 0.068516 \\ 0.354795 \\ 0.034123 \\ 0.026392 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.15 \\ 0.22 \\ 0.1 \\ 0.05 \\ 0.07 \\ 0.35 \\ 0.03 \\ 0.02 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 15 \\ 22 \\ 10 \\ 5 \\ 7 \\ 35 \\ 3 \\ 2 \end{bmatrix}$$

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.

$$D = \begin{bmatrix} 1 & 1/3 & 3 & 5 & 4 & 1/5 & 5 & 6 \\ 3 & 1 & 4 & 6 & 5 & 1/3 & 6 & 7 \\ 13 & 1/4 & 1 & 4 & 3 & 1/6 & 4 & 5 \\ 1/5 & 1/6 & 1/4 & 1 & 1/3 & 1/6 & 3 & 4 \\ 1/4 & 1/5 & 1/3 & 3 & 1 & 1/5 & 3 & 4 \\ 5 & 3 & 6 & 6 & 5 & 1 & 7 & 8 \\ 1/5 & 1/6 & 1/4 & 1/3 & 1/3 & 1/7 & 1 & 3 \\ 1/6 & 1/7 & 1/5 & 1/4 & 1/4 & 1/8 & 1/3 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0.15 \\ 0.22 \\ 0.1 \\ 0.05 \\ 0.07 \\ 0.35 \\ 0.03 \\ 0.02 \end{bmatrix}$$

$$D = \begin{bmatrix} 1.41882 \\ 2.18483 \\ 0.91522 \\ 0.41228 \\ 0.5937 \\ 3.41838 \\ 0.28046 \\ 0.18342 \end{bmatrix}$$

Temel değer (E) (4.4) bağıntısı yardımıyla elde edilir. Bu değerlerin aritmetik ortalaması ise karşılaştırmaya ilişkin temel değeri (λ) (4.5) verir.

$$E = \begin{bmatrix} 9.60043 \\ 9.80848 \\ 9.13773 \\ 8.16729 \\ 8.66514 \\ 9.63479 \\ 8.21893 \\ 8.57428 \end{bmatrix}$$

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} = 8.97588$$

λ hesaplandıktan sonra Tutarlılık Göstergesi (CI), (4.6) eşitliğinden yararlanarak hesaplanabilir.

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} = \frac{0.97588}{7} = 0.13941$$

En son aşamada ise CI, Tesadüfilik Göstergesi Tablo 4.2’ de gösterilen standart düzeltme değerine bölünerek CR elde edilir. Bu çalışmada toplamda 8 kriter olduğundan RI değeri 1.41 olarak alınmıştır.

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0.13941}{1.41} = 0.09887$$

Hesaplanan CR değerinin 0.10’dan küçük olduğundan dolayı karar vericinin yaptığı karşılaştırmaların tutarlı olduğu 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 Güneş potansiyeli, Trafo, Bakı, Eğim, Yerleşim yerleri, Yol, Enerji nakil hattı, Sulak alanlardan gelen puanlar ayrı ayrı öznitelik bilgisi olarak eklenmesi gerekmektedir. Bu kriterlerin ağırlıkları Tablo 4.4’ de verilmiştir.

Tablo 4. 4. Ağırlık tablosu

Kriter	Ağırlık (w)
Eğim	0,15
Bakı	0,22
Yol	0,1
ENH	0,05
Trafo	0,07
Güneşlenme Potansiyeli	0,35
Su kaynakları	0,03
Yerleşim yerleri	0,02

4.2.3. Çalışma alanı

Çalışma alanları olarak Kazakistan'ın güneş potansiyeli yüksek olan ve aynı zamanda GES'ler yoğun olan Güney Kazakistan'daki Türkistan bölgesi ve 2019 senesinde devreye giren Orta Asya'daki en büyük GES kurulmuş olan Karagandy bölgesi seçildi.

4.2.3.1. Türkistan

Türkistan bölgesi Kazakistan'ın güneyinde, Turan ovalarının doğu kısmında ve Tien Shan'ın Dağlarının batı kollarında yer almaktadır. Bölgenin çoğu düzdür. İklimi sert kara iklimlidir. Bölgenin kuzey kısmını Betpak-Dala Çölü, güneyini Myrzashol bozkırı kaplamaktadır. Bölgenin orta kısmında Karzhantau sırtları, güneydoğusunda Talas Alatau'nun batı etekleri, Ugamsky ve Karatau sırtları yer almaktadır. Türkistan bölgesinin yüzölçümü 117.300 km²'dir (Şekil 4.3).

4.2.3.2. Karaganda

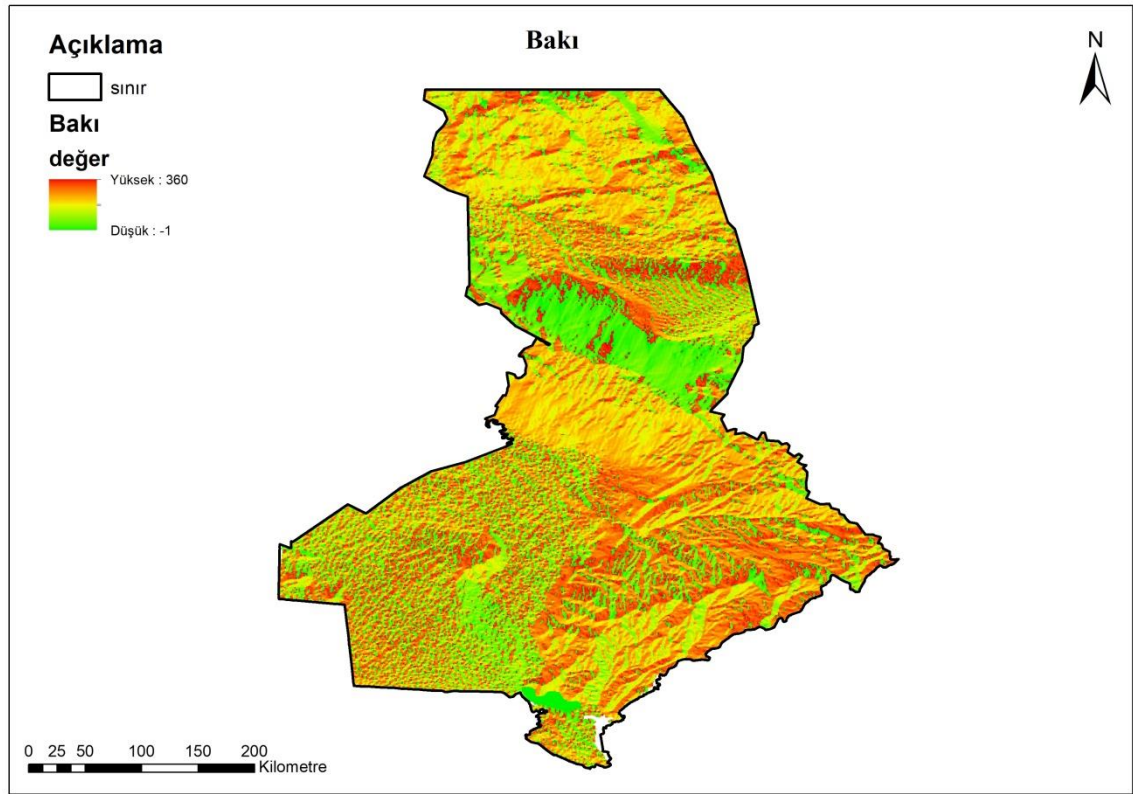
Karaganda bölgesi Kazakistan'ın orta kesimindeki bir bölgedir. İklimi sert kara iklimlidir ve son derece kurudur. Bölge, Kazak Yaylası - Saryarka'nın en yüksek bölümünü kaplamaktadır. Şu anda, Karaganda bölgesi, mineral ve hammadde bakımından zengin, toprak ve sanayi potansiyeli açısından en büyüğüdür. Bölgenin alan yüzölçümü 497,800 km²'dir. Kazakistan topraklarının toplam alanının %15,7'sini oluşturmaktadır. Kazakistan'ın toplam nüfusunun yaklaşık onda biri bu bölgede yaşamaktadır. Karaganda, Kazakistan'ın en büyük sanayi, ekonomik, bilimsel ve kültürel merkezlerinden biridir (Şekil 4.4).

4.2.4. Analiz verileri

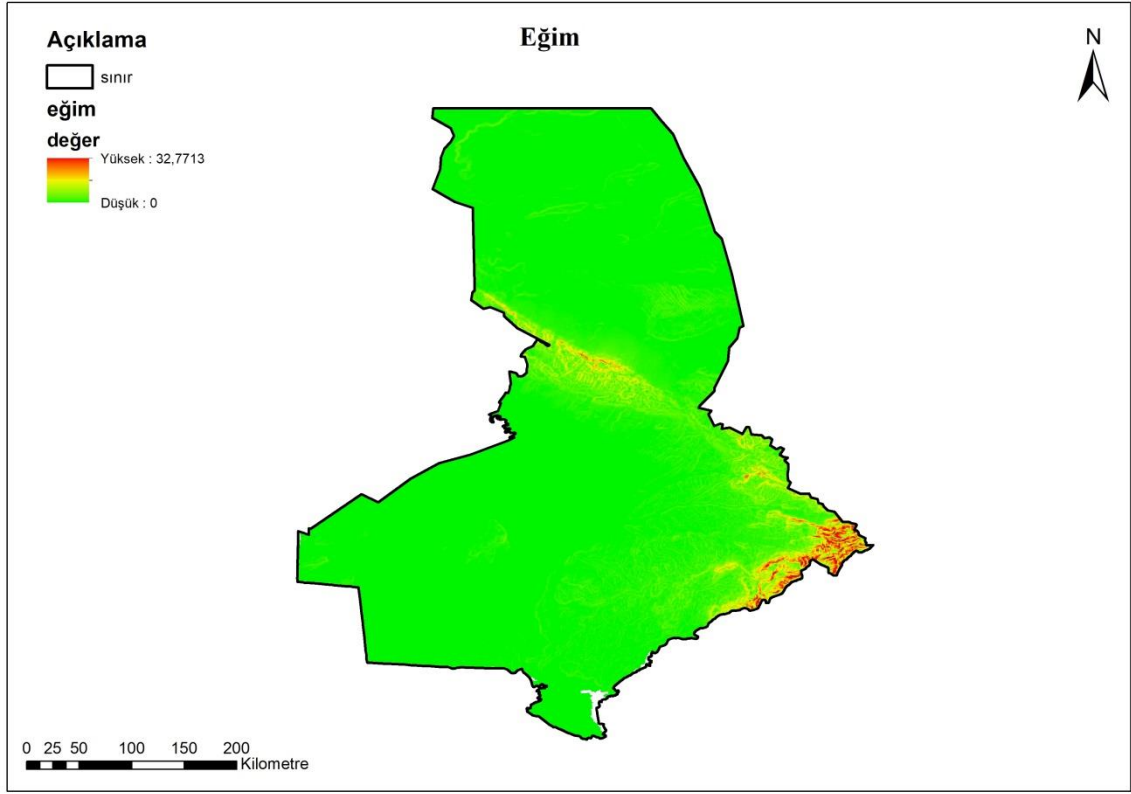
GES yer seçimi çalışmalarında pek çok kriter kullanılmaktadır. Bu çalışmada aşağıdaki kriterler kullanılmıştır (Şekil 4.5-4.20).

- Bakı
- Eğim
- Yollar
- Su Kaynakları
- Yerleşim Yerleri
- Güneş Enerjisi Potansiyeli
- Enerji Nakil Hatları
- Trafo

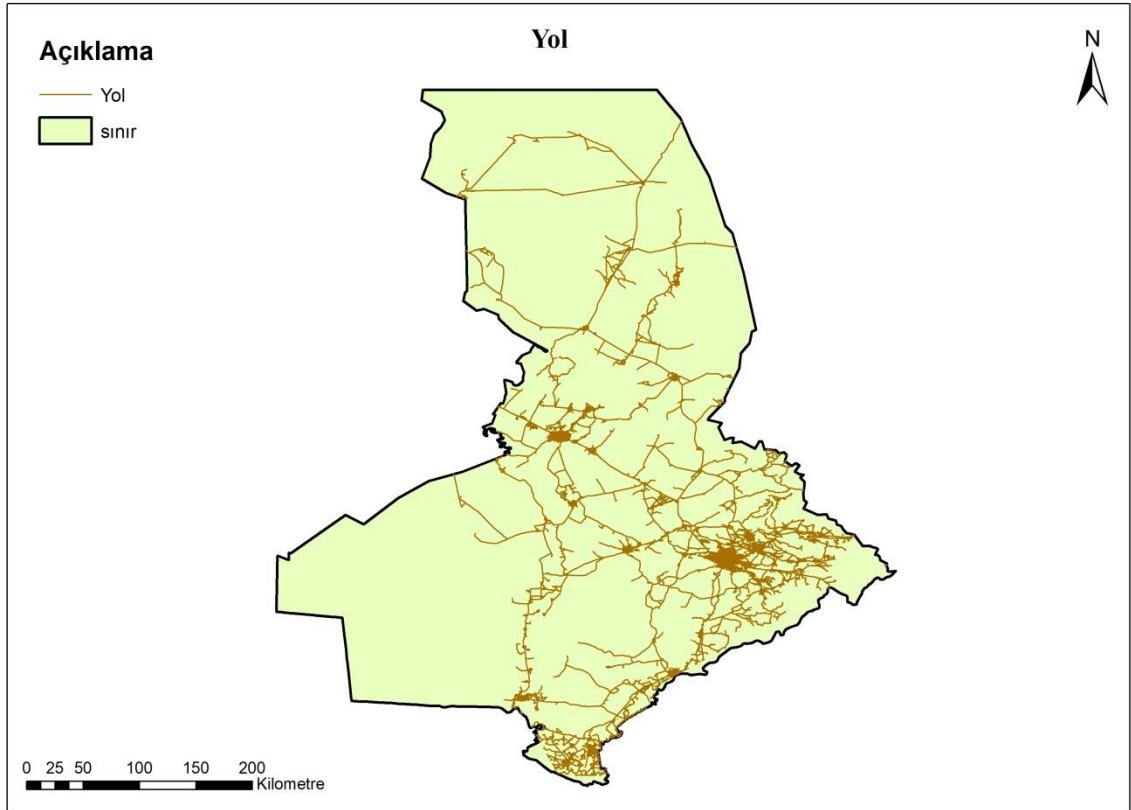
Türkistan bölgesi için kullanılan veriler



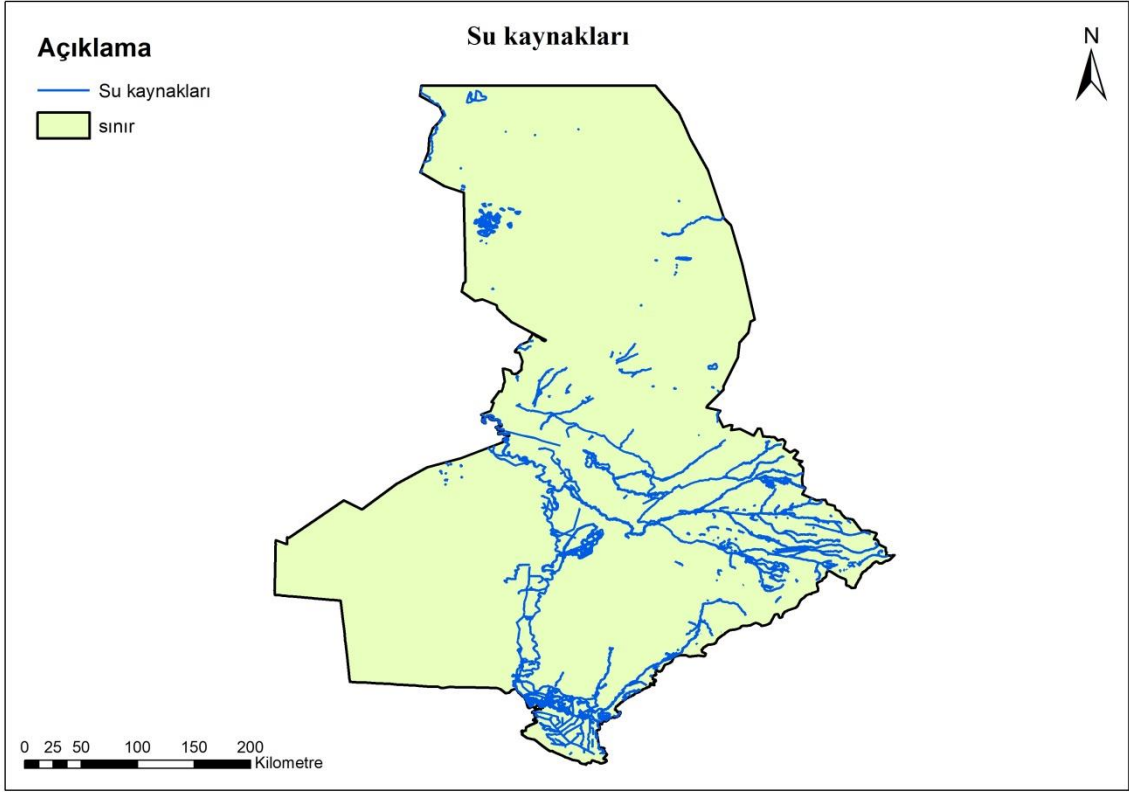
Şekil 4.5. Türkistan'ın bakı haritası



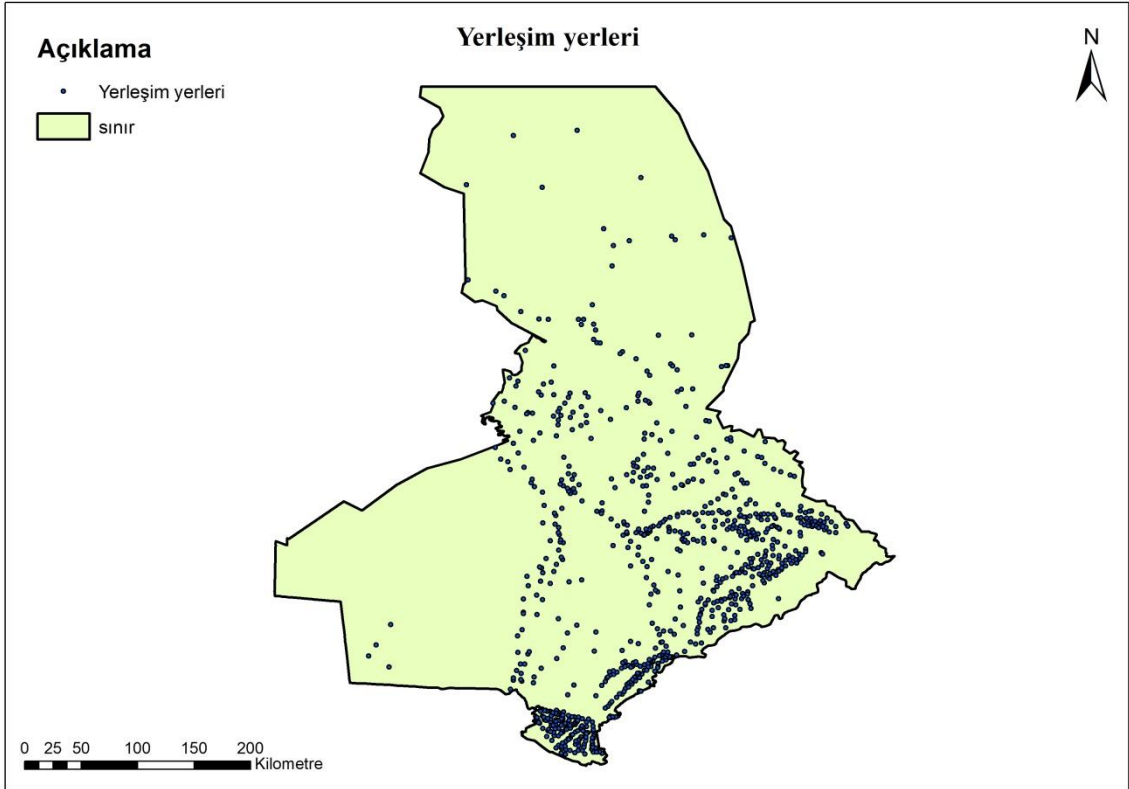
Şekil 4.6. Türkistan'ın eğim haritası



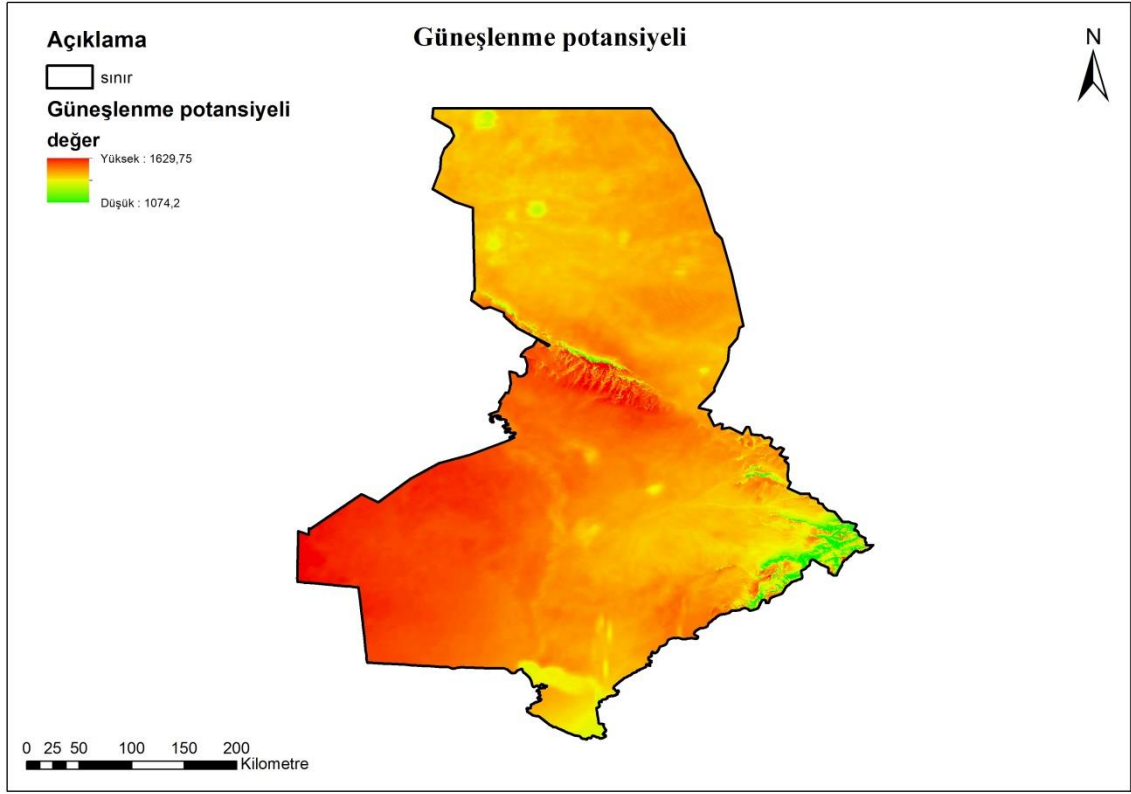
Şekil 4.7. Türkistan'ın yollar haritası



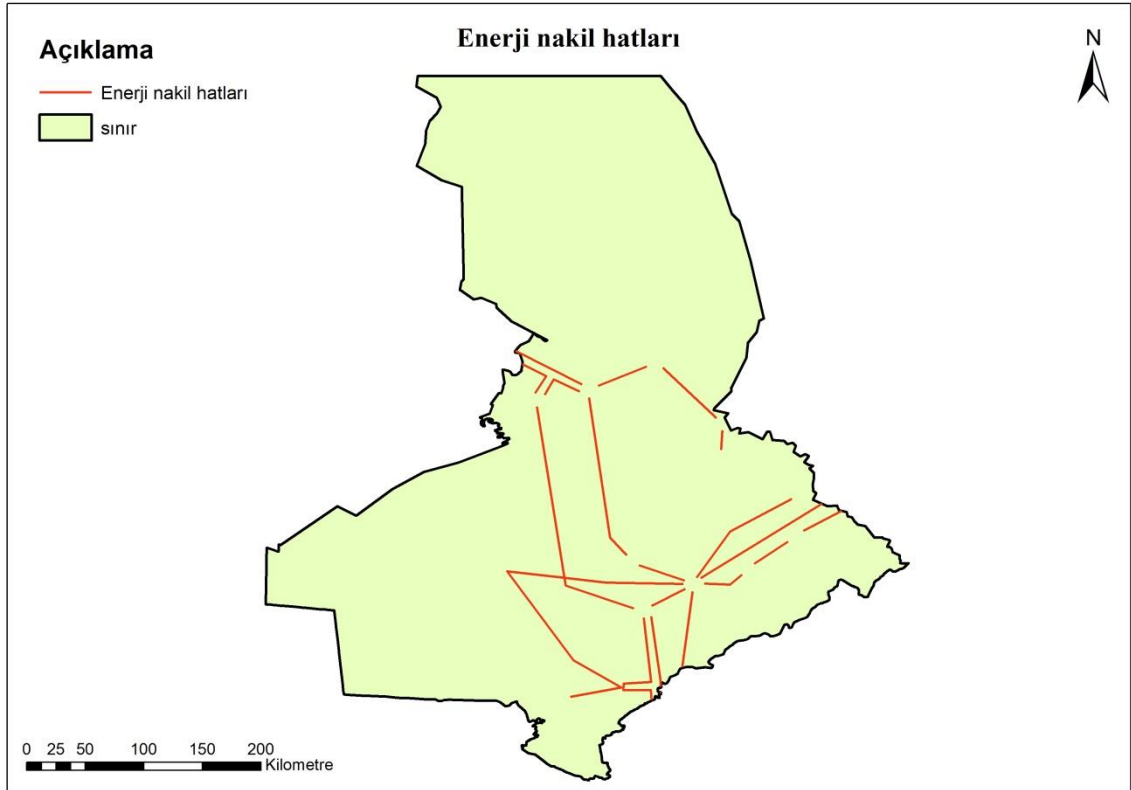
Şekil 4.8. Türkistan'ın su kaynakları haritası



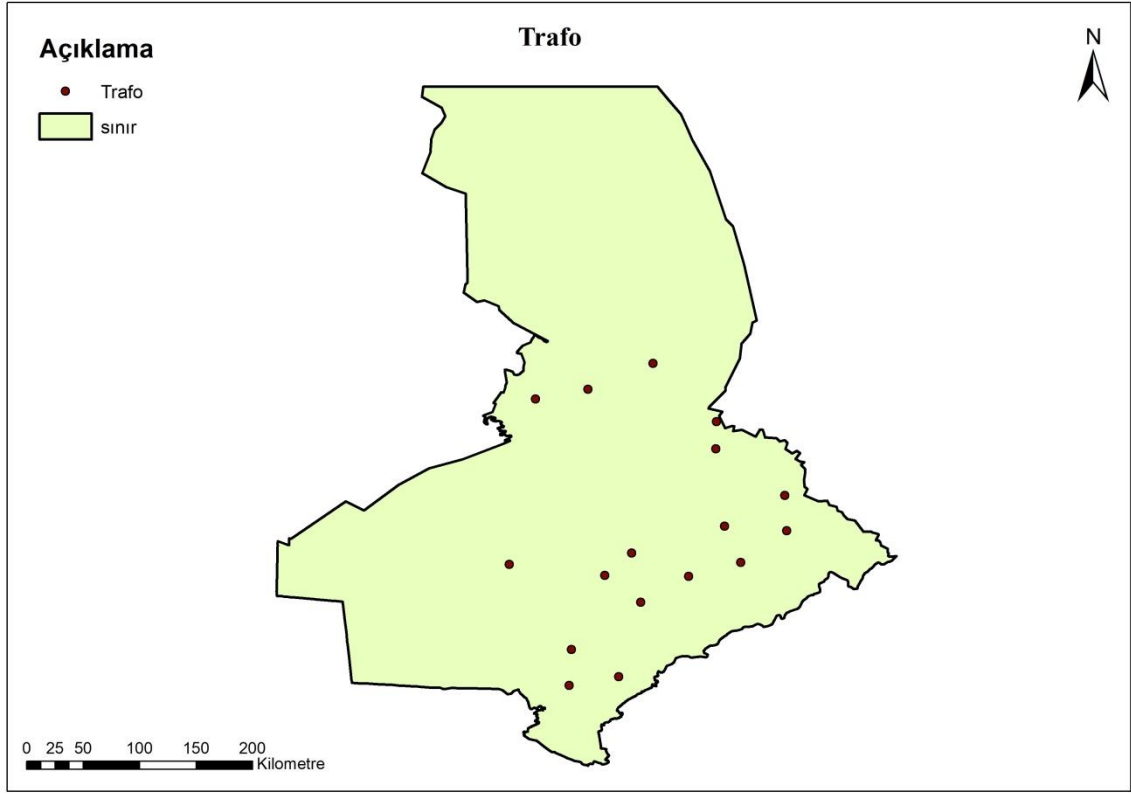
Şekil 4.9. Türkistan'ın yerleşim yerleri haritası



Şekil 4.10. Türkistan'ın güneşlenme potansiyeli haritası

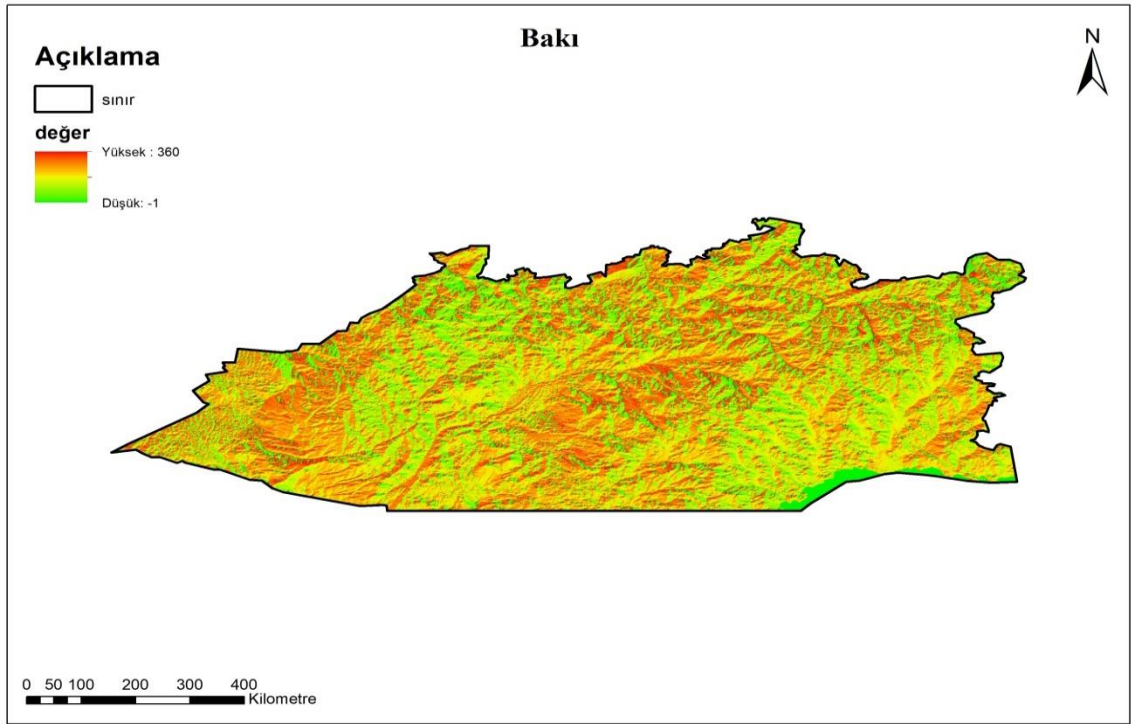


Şekil 4.11. Türkistan'ın enerji nakil hatları haritası

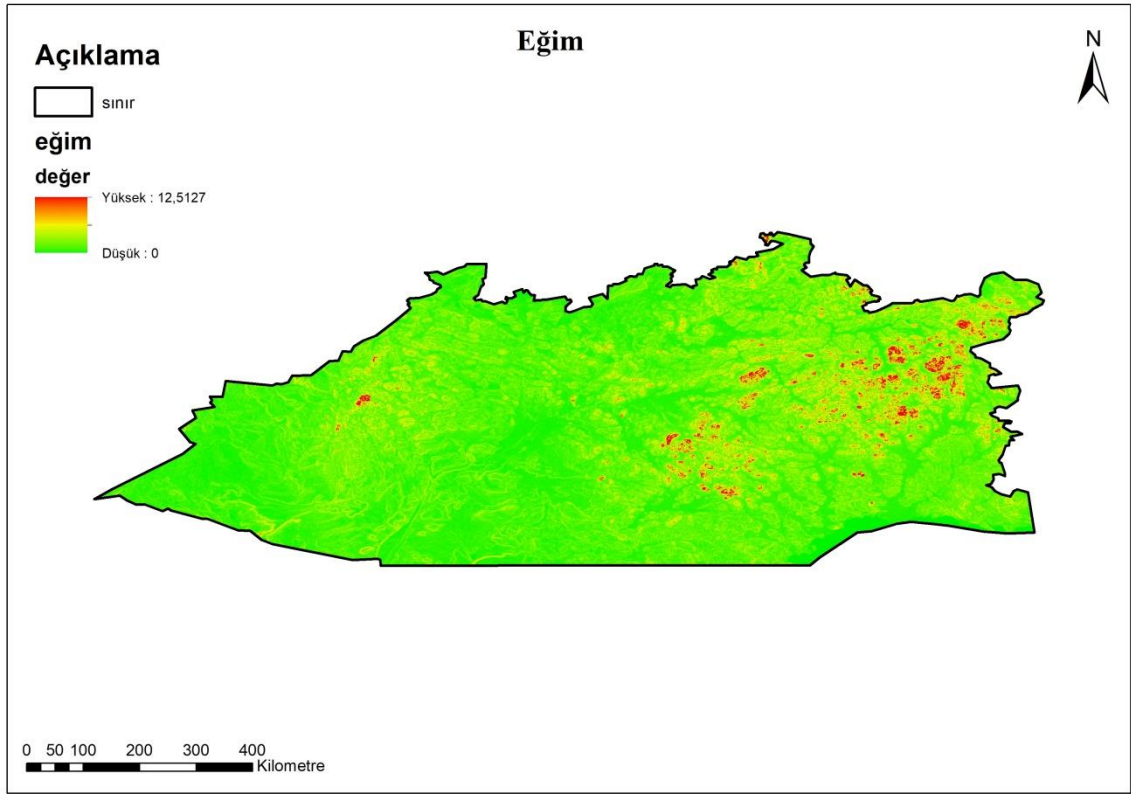


Şekil 4.12. Türkistan'ın trafo haritası

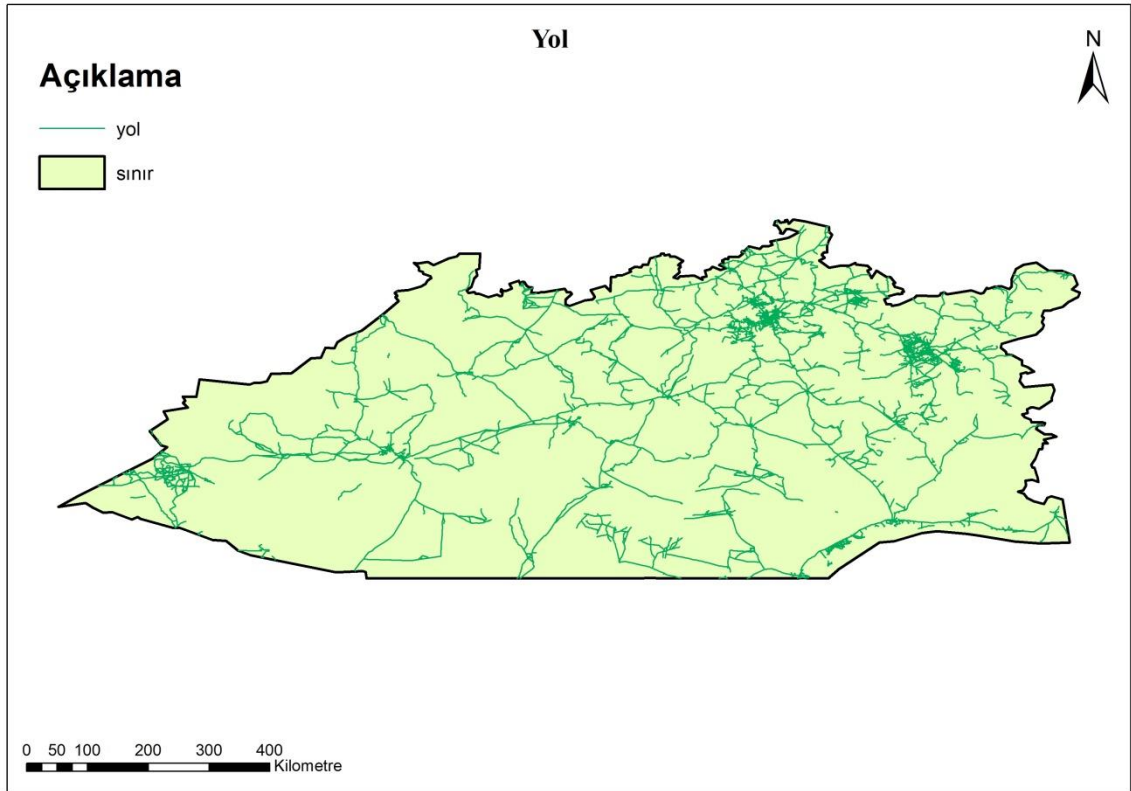
Karaganda bölgesi için kullanılan veriler



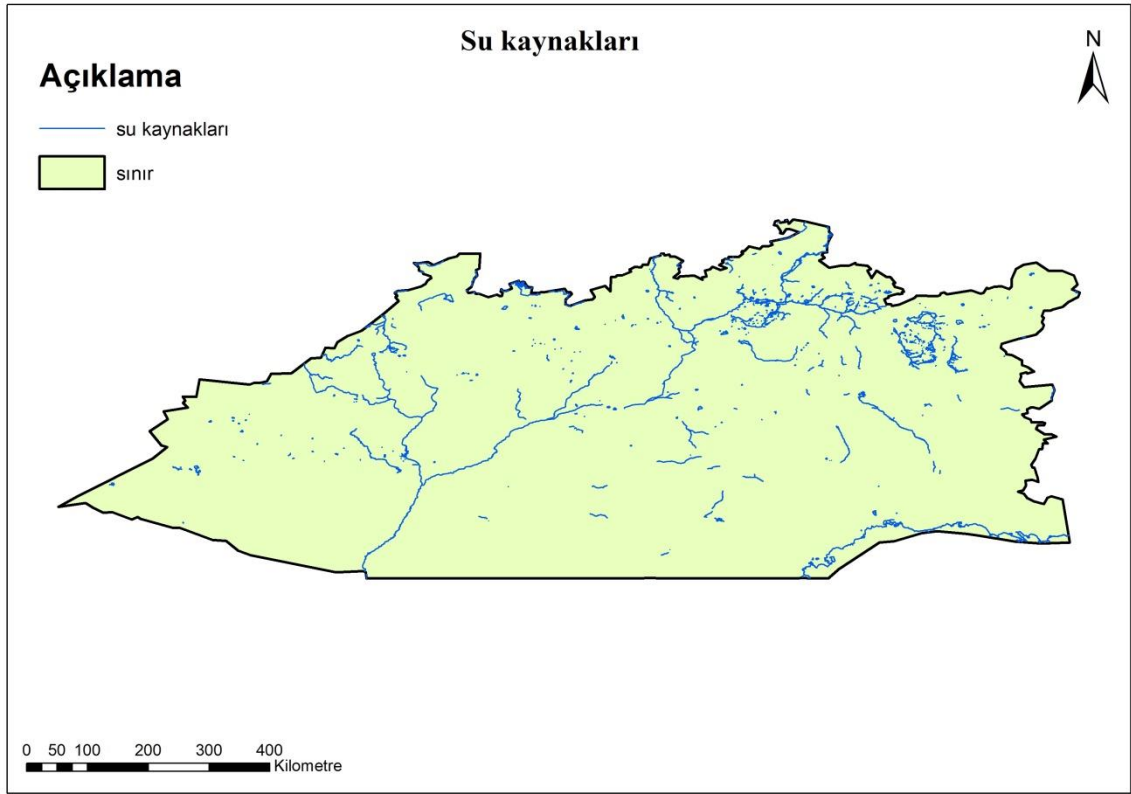
Şekil 4.13. Karaganda'nın bakı haritası



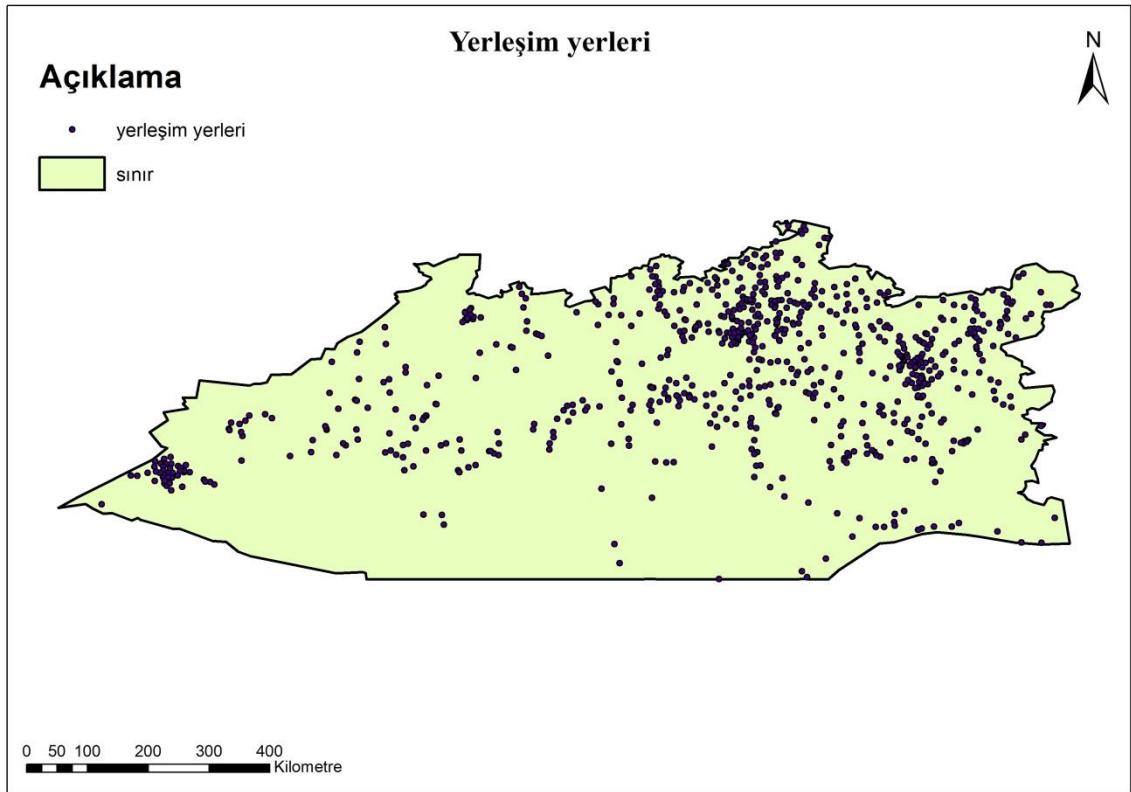
Şekil 4.14. Karaganda'nın eğim haritası



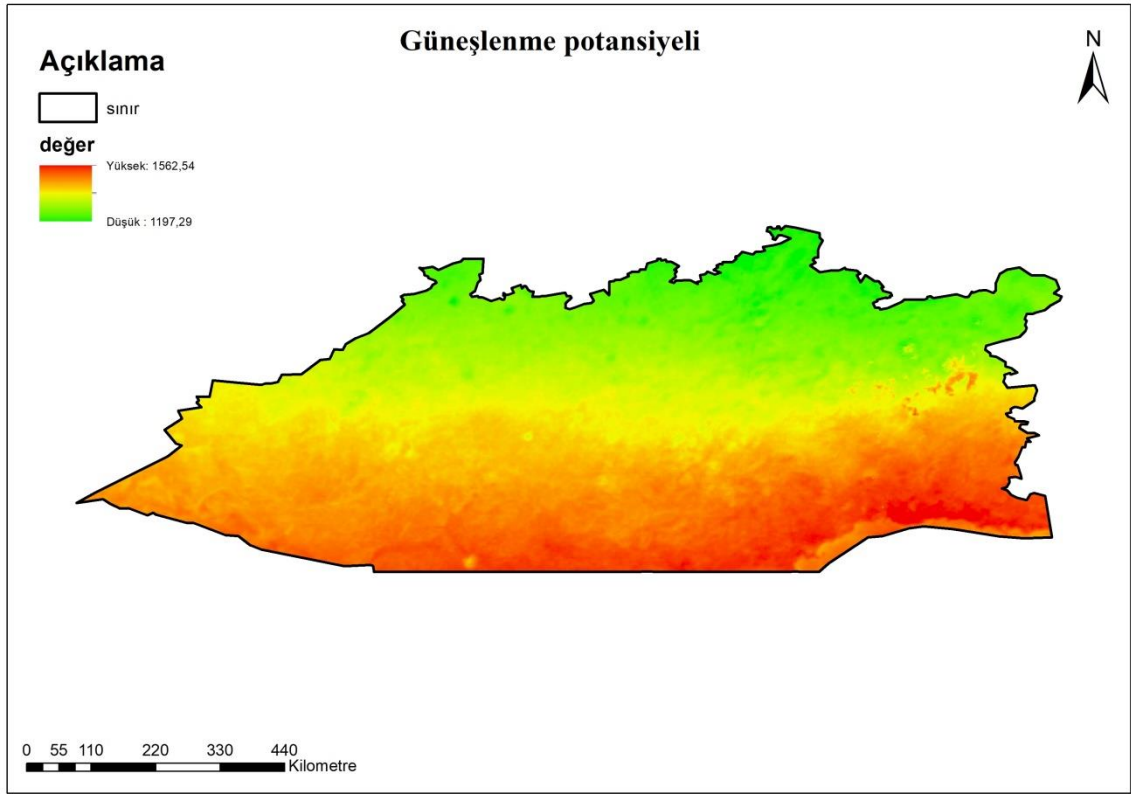
Şekil 4.15. Karaganda'nın yollar haritası



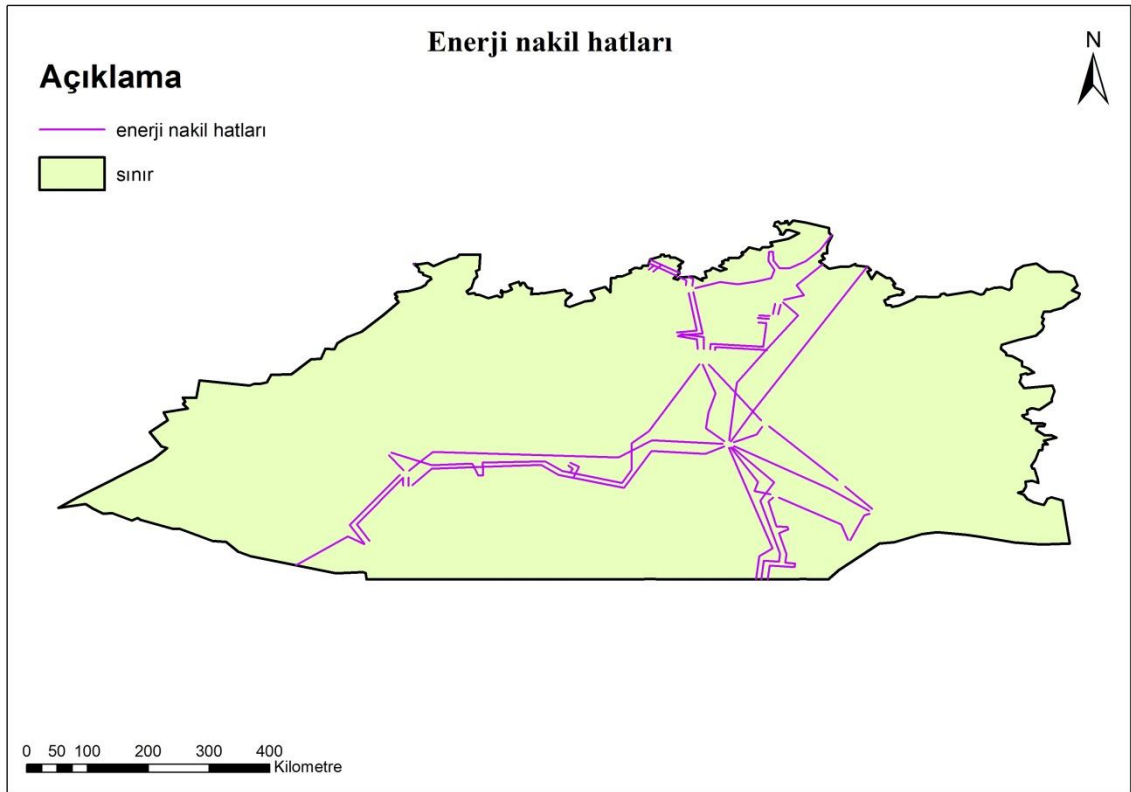
Şekil 4.16. Karaganda'nın su kaynakları haritası



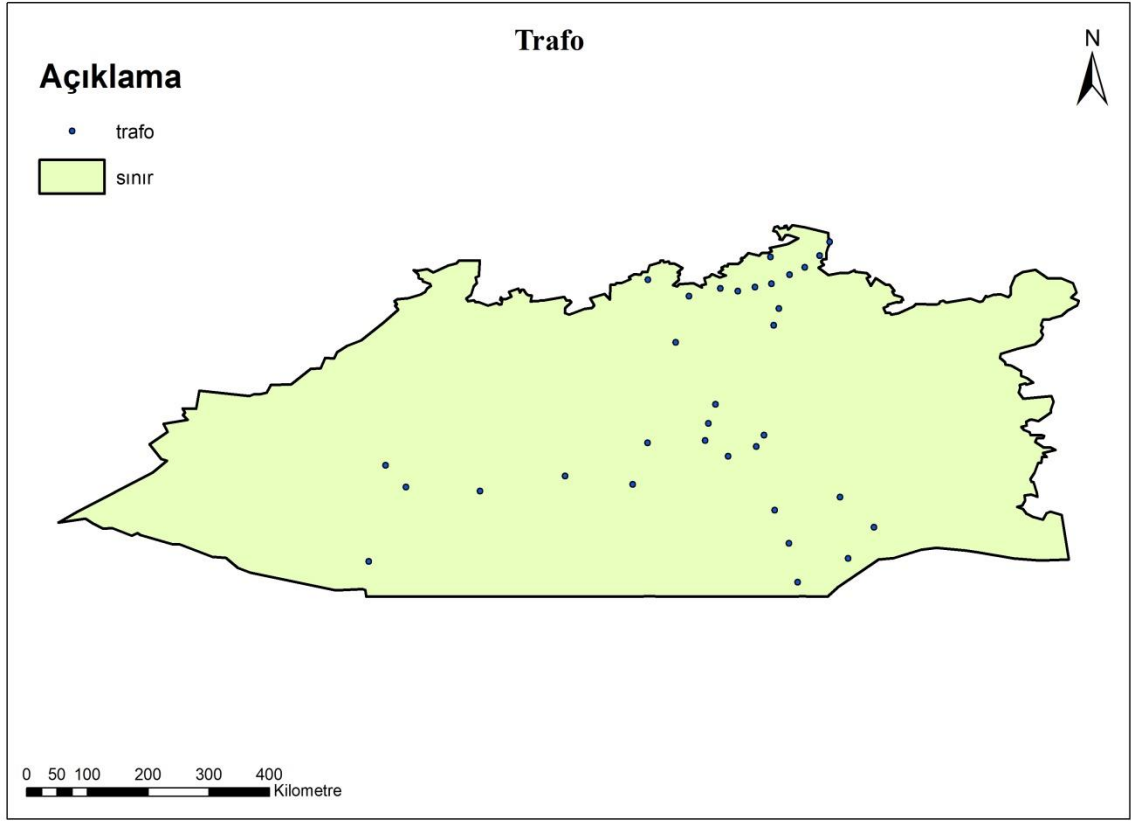
Şekil 4.17. Karaganda'nın yerleşim yerleri haritası



Şekil 4.18. Karaganda'nın güneşlenme potansiyeli haritası



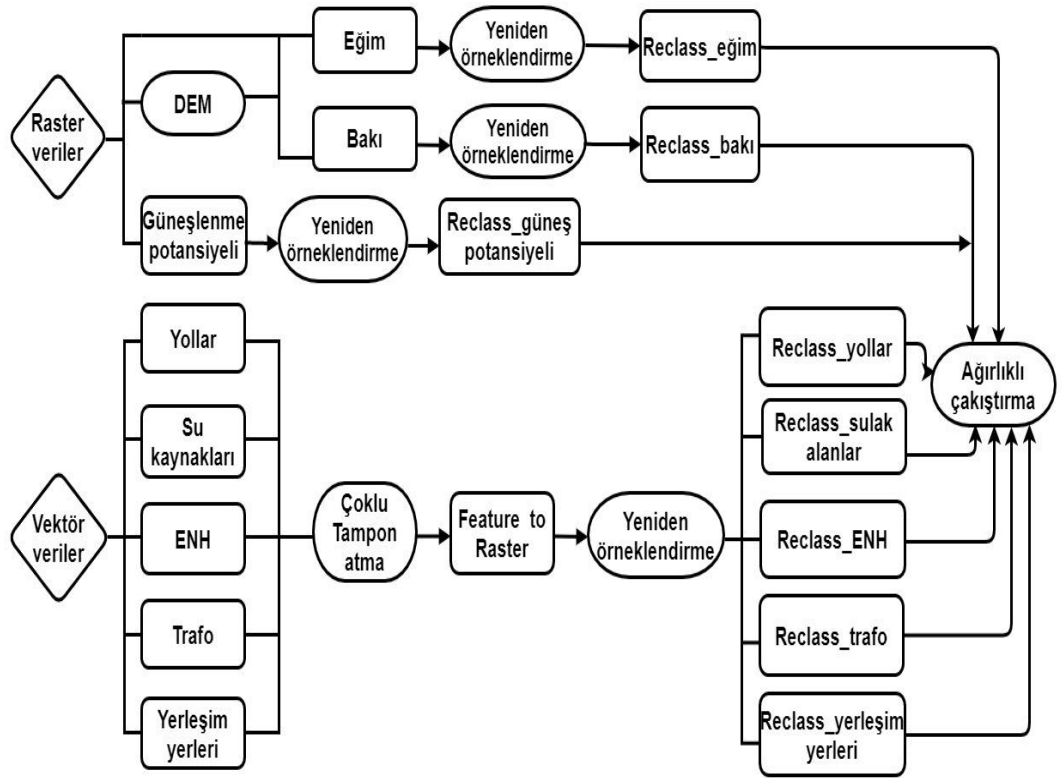
Şekil 4.19. Karaganda'nın enerji nakil hatları haritası



Şekil 4.20. Karaganda'nın trafoharitası

Yöntemin uygulanması

Bu çalışmada Orta Asya ülkesi Kazakistan'ın Türkistan ve Karaganda bölgeleri için GES'lerin kurulumuna uygun alanların belirlenmesi CBS-ÇKKV-AHP yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. 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 örneklendirme yapılarak aralık değerleri belirlenmiştir (Şekil 4.21). Daha sonra veriler sınıflandırılarak 5 sınıfa ayrılmıştır. En uygun değere 5, en az uygun değere 1 puanı verilmiştir. Bu şekilde Şekil 5.1 ile Şekil 5.24 aralarında haritalarımız oluşmuştur ve sonuç haritamızda Kazakistan'ın Türkistan ve Karaganda bölgeleri için güneş enerji santrali kurmak için uygun alanlar belirlenmiştir.



Şekil 4.21. İş akış şeması

5. BULGULAR

5.1. Türkistan Bölgesi İçin Güneş Enerjisi Santrali Kurulacak Alanları Gösteren Haritalar

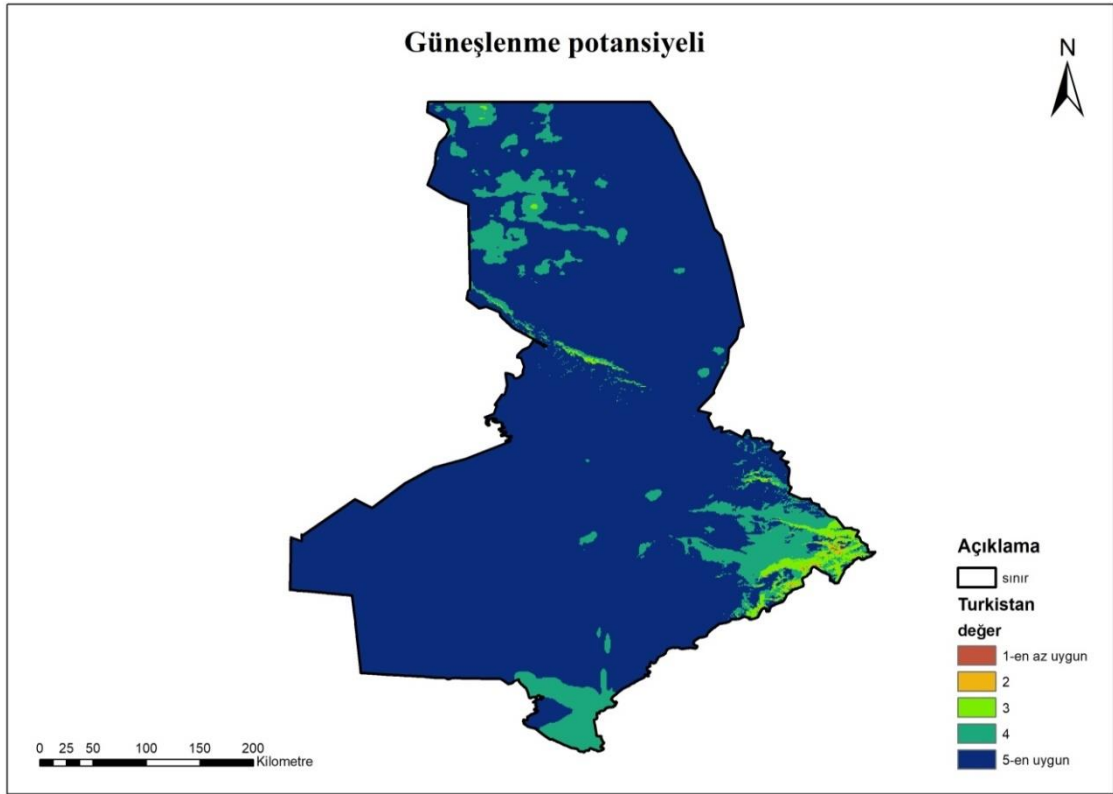
Bakı, eğim, güneşlenme potansiyeli, enerji nakil hatları, trafolar, yollar, su kaynakları, yerleşim yerleri olmak üzere her bir kriter ele alınarak Türkistan ve Karagandy bölgelerinin GES uygunluk haritası oluşturulmuştur. Bu analizler, tampon bölge oluşturma, raster yapısına dönüşüm, yeniden sınıflandırma, raster hesaplayıcı ve ağırlıklı çakıştırma gibi birçok mekansal analiz ile elde edilmiştir.

5.1.1. Güneşlenme potansiyeli durumu haritası

Çalışma bölgesinin güneşlenme potansiyeli durumu haritası hazırlanması için raster veriler World Bank Group ve globalsolaratlas.info sitesinden indirilmiştir ve clip yapılarak bölgenin güneşlenme potansiyeli kesilmiştir. Haritada kullanılan aralık değerler World Bank Group sitesinde belirtilen değerlere göre ve kaynak taramasında en çok kullanılan değerlere dayanmıştır (EK-1). Bu harita belirlenen aralık mesafelerine göre 1 ile 5 puanlı sistemi ile numaralandırılmıştır (Tablo 5.1). 1 numara en az uygun bölge, 5 numara ise en uygun bölgedir. Uygunluk puanlaması $5 > 4 > 3 > 2 > 1$ şeklindedir. Yer seçimi açısından güneş potansiyeli yüksek olan alanlar uygun olarak belirlenmiştir. Türkistan'ın sınıflandırılmış güneşlenme potansiyeli durumu haritası Şekil 5.1'de gösterilmiştir.

Tablo 5.1. Güneş potansiyeli durumu için sınıflandırma sonrası verilen puanlar

Aralık (kWh/m ²)	Puan
800-1200	1
1200-1300	2
1300-1450	3
1450-1500	4
1500-1800	5



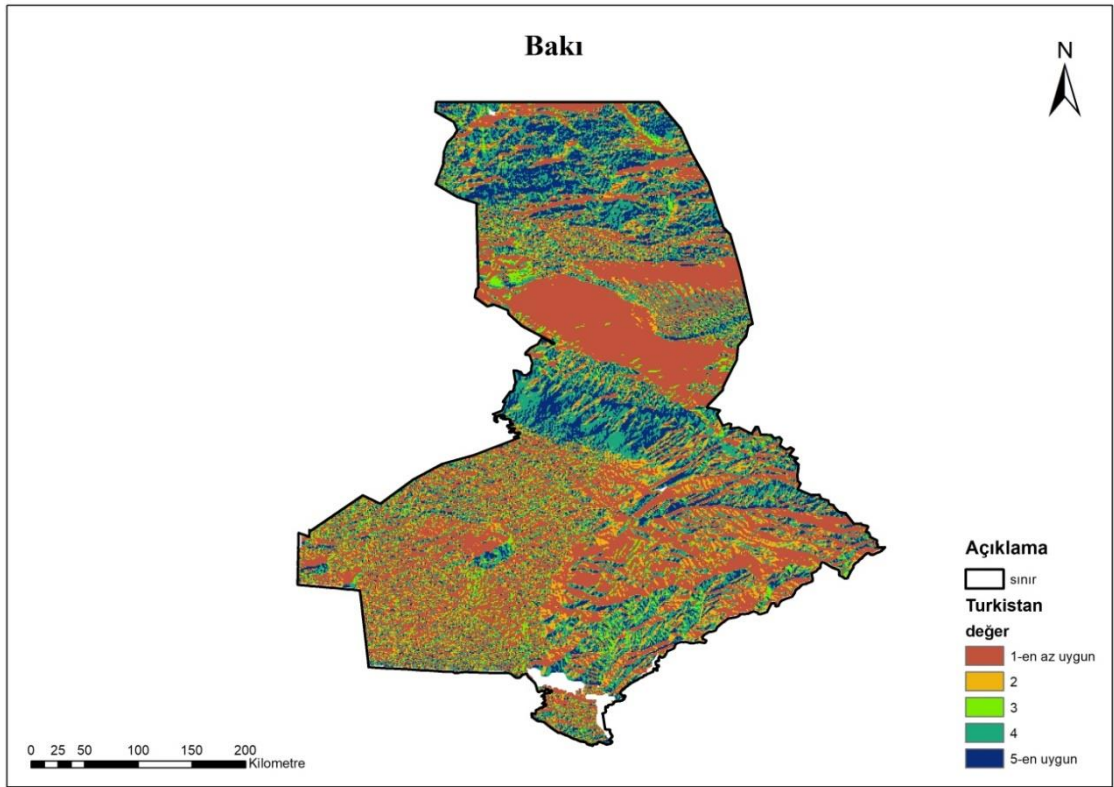
Şekil 5.1. *Türkistan'ın sınıflandırılmış güneşlenme potansiyeli durumu haritası*

5.1.2. Bakı haritası

Bakı haritası Sayısal Yükseklik Modeli (DEM) kullanılarak üretilmiştir. Güney, doğu ve batı yönler GES kurulacak alanlarda uygun yönleridir. Fakat en 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 (Tablo 5.2). Uygunluk puanlaması $5 > 4 > 3 > 2 > 1$ şeklindedir. Türkistan'ın sınıflandırılmış bakı haritası Şekil 5.2'de gösterilmiştir.

Tablo 5.2. *Bakı için sınıflandırma sonrası verilen puanlar*

Yön	Puan	Açı	Yön	Puan	Açı
Kuzey	1	337,5-22,5	Güneybatı	4	202,5-247,5
Kuzeydoğu	1	22,5-67,5	Batı	2	247,5-292,5
Doğu	3	67,5-112,5	Kuzeybatı	1	292,5-337,5
Güneydoğu	4	112,5-157,5			
Güney	5	157,5-202,5			



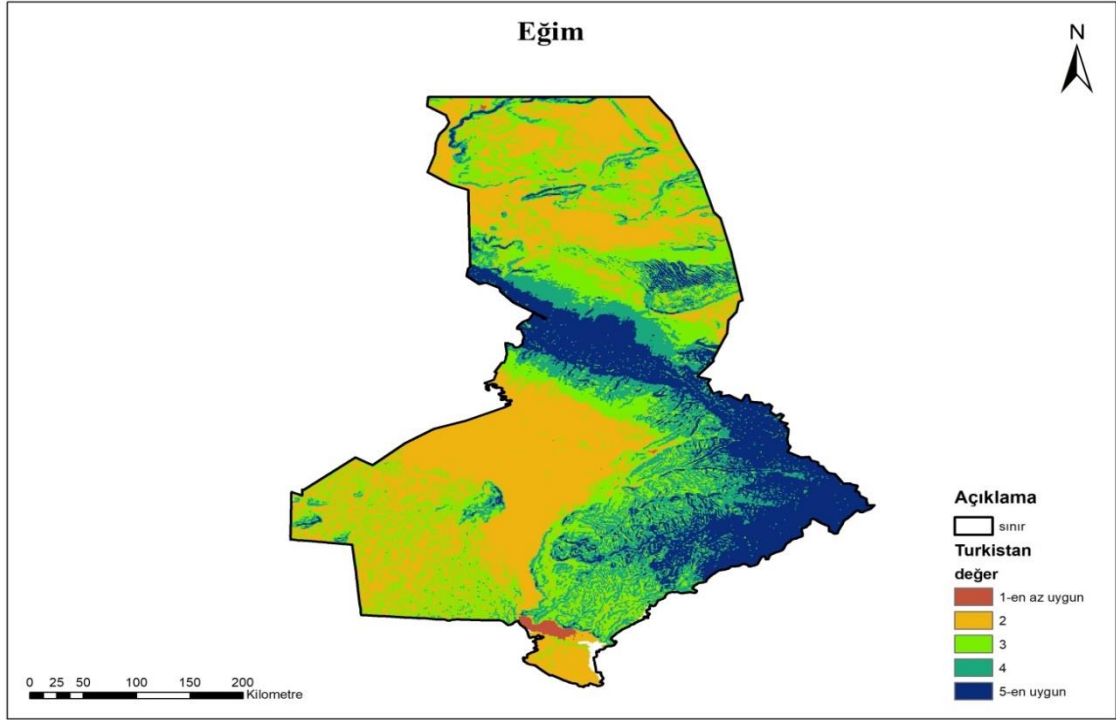
Şekil 5.2. Türkistan'ın sınıflandırılmış bakı haritası

5.1.3. Eğim haritası

Eğim haritası DEM kullanılarak üretilmiştir. Sonra raster veri yeniden sınıflandırılarak puanlandırılmıştır. Puanlama literatür taramasına dayanarak yapılmıştır (EK-1). Literatür taramasında GES kurulumunda en uygun eğim değerlerin %1 ile %3 olduğu belirtilmektedir. %3 üzeri eğimli arazilerin verimli olmadığı için uygun olmadığı kabul edilmektedir [41]. Bu veriler doğrultusunda eğim haritası oluşturulmuştur. 1 numara en az uygun bölge, 5 numara ise en uygun bölgedir (Tablo 5.3). Uygunluk puanlaması $5 > 4 > 3 > 2 > 1$ şeklindedir. Türkistan bölgesinin sınıflandırılmış eğim haritası Şekil 5.3'te gösterilmiştir.

Tablo 5.3. Eğim için sınıflandırma sonrası verilen puanlar

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



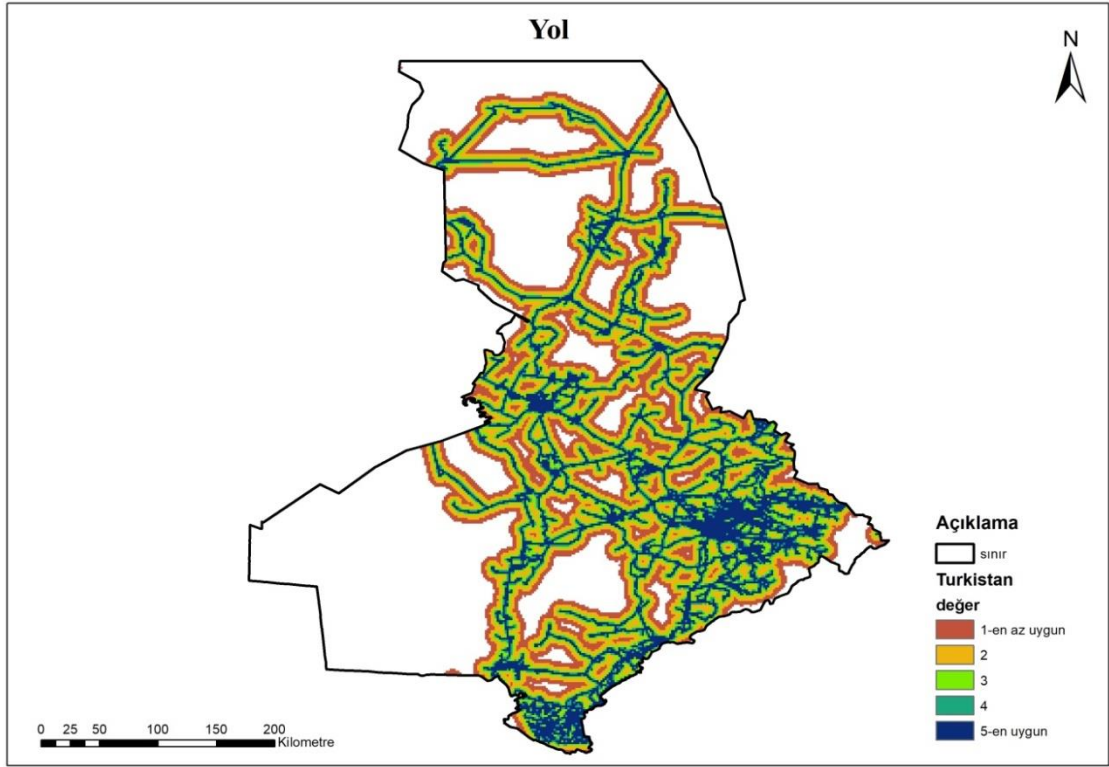
Şekil 5.3. Türkistan'ın sınıflandırılmış eğim haritası

5.1.4. Yol haritası

GES kurulumunda santrallerin yollara olan mesafesi onarım ve bakım masrafları, ulaşım için büyük bir önem arz etmektedir. Yolların santralin kurulduğu bölgeden uzak olması maliyet açısından dezavantajlıdır. Yol haritası üretmek için geoveriler data.humdata.org sitesinden indirilmiştir. Sonra veri projeksiyon yapılarak UTM, WGS84, 43N koordinat sistemine dönüştürülmüştür. Veri koordinat sistemine dönüştürüldükten sonra çoklu tampon atılmıştır, daha sonra vektör formattan raster formata dönüştürülmüştür ve reclass yapılarak yeniden sınıflandırılmıştır. Sınıflandırılmada literatür taramasında çok kullanılan değer aralıkları baz alınmıştır (EK-1). 1 numara en az uygun bölge, 5 numara ise en uygun bölgedir (Tablo 5.4). Uygunluk puanlaması $5 > 4 > 3 > 2 > 1$ şeklindedir. Türkistan bölgesinin sınıflandırılmış yol haritası Şekil 5.4'te gösterilmiştir.

Tablo 5.4. Yol için sınıflandırma sonrası verilen puanlar

Aralık (m)	Puan	Aralık (m)	Puan
6000-10000	1	1000-1500	4
3000-6000	2	300-100	5
1500-3000	3		



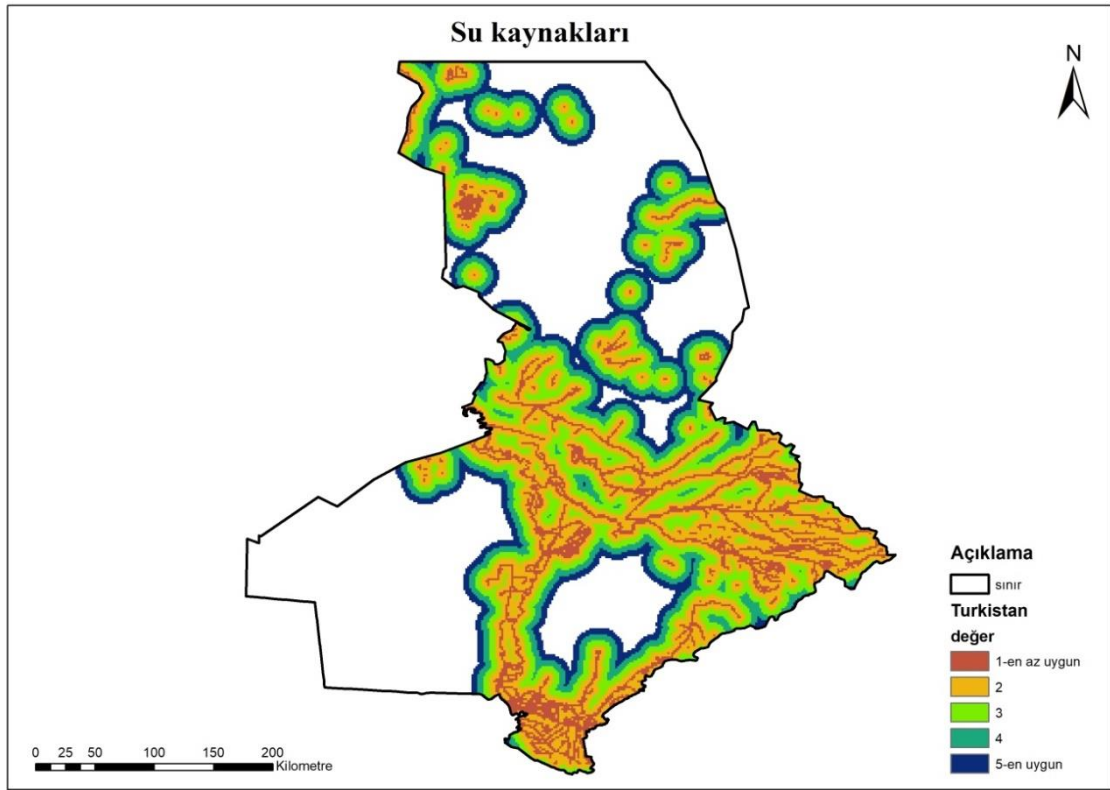
Şekil 5.4. *Türkistan'ın sınıflandırılmış yol haritası*

5.1.5. Su kaynakları haritası

Su kaynakları haritası üretmek için geoveriler data.humdata.org sitesinden indirilmiştir. Sonra veri ptojeksiyon yapılarak UTM, WGS84, 43N koordinat sistemine dönüştürülmüştür. Veri koordinat sistemine dönüştürüldükten sonra çoklu tampon atılmıştır ve vektör formattan raster formata dönüştürülmüştür, sonra reclass yapılarak yeniden sınıflandırılmıştır. Sınıflandırılmada literatür taramasında çok kullanılan değer aralıkları baz alınmıştır (EK-1). 1 numara en az uygun bölge, 5 numara ise en uygun bölgedir (Tablo 5.5). Uygunluk puanlaması $5>4>3>2>1$ şeklindedir. Türkistan bölgesinin sınıflandırılmış su kaynakları kriterinin sonuç haritası Şekil 5.5'te gösterilmiştir.

Tablo 5.5. *Su kaynakları için sınıflandırma sonrası verilen puanlar*

Aralık (m)	Puan	Aralık (m)	Puan
0-1000	1	10000-15000	4
1000-5000	2	15000-20000	5
5000-10000	3		



Şekil 5.5. Türkistan'ın sınıflandırılmış su kaynakları haritası

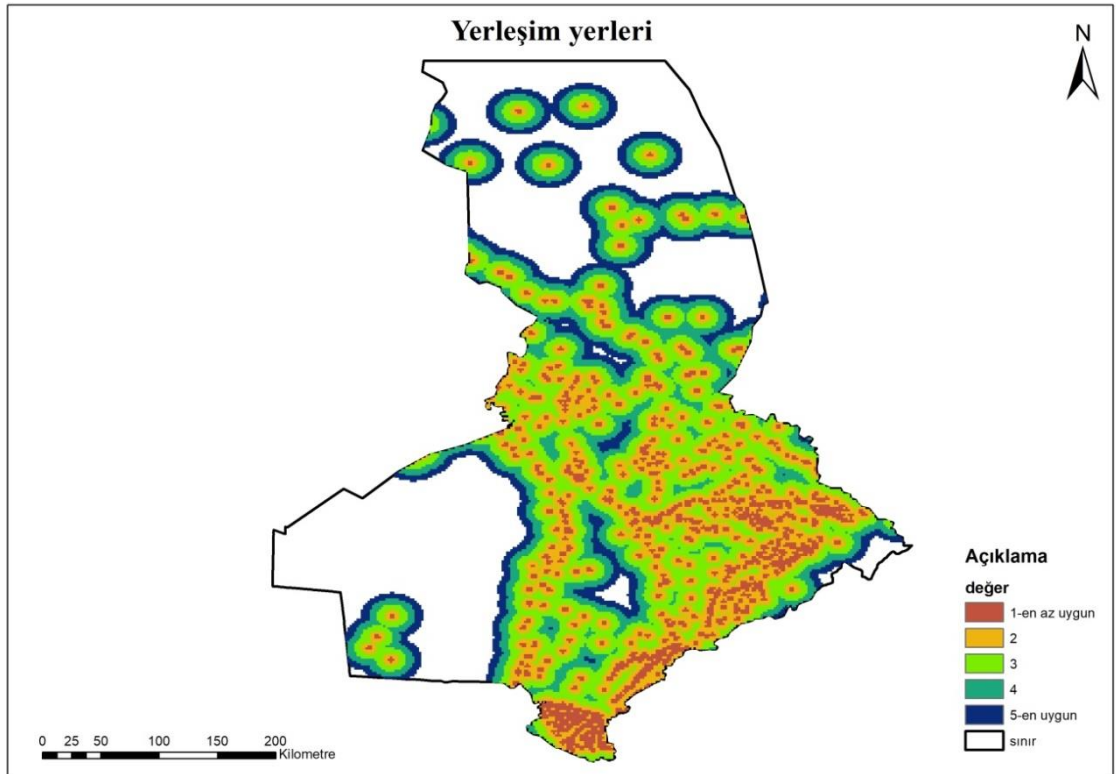
5.1.6. Yerleşim yerleri haritası

Güneş enerji santrallerinin yerleşim yerlerine yakın olması çevresel olarak negatif etkiler yaratmaktadır [24]. Bu sebeple GES'lerin yerleşim yerlerine çok yakın olması uygun bulunmuyor. Lakin GES'lerin yerleşim yerinden çok uzakta olması da enerji iletim masraflarını arttıracığından dolayı güneş santrallerinin yerleşim yerine ideal bir uzaklıkta olması istenmektedir.

Yerleşim yerleri haritası üretmek için geoveriler data.humdata.org sitesinden indirilmiştir. Sonra veri ptojeksiyon yapılarak UTM, WGS84, 43N koordinat sistemine dönüştürülmüştür. Veri koordinat sistemine dönüştürüldükten sonra çoklu tampon atılmıştır ve vektör formattan raster formata dönüştürülmüştür, sonra reclass yapılarak yeniden sınıflandırılmıştır. Sınıflandırılmada literatür taramasında çok kullanılan değer aralıkları baz alınmıştır (EK-1). 1 numara en az uygun bölge, 5 numara ise en uygun bölgedir (Tablo 5.6). Uygunluk puanlaması $5 > 4 > 3 > 2 > 1$ şeklindedir. Türkistan bölgesinin sınıflandırılmış yerleşim yerleri kriterine ait sonuç haritası Şekil 5.6'da gösterilmiştir.

Tablo 5.6. Yerleşim yerleri için sınıflandırma sonrası verilen puanlar

Aralık (m)	Puan
0-2000	1
2000-5000	2
5000-10000	3
10000-15000	4
15000-20000	5



Şekil 5.6. Türkistan'ın sınıflandırılmış yerleşim yerleri haritası

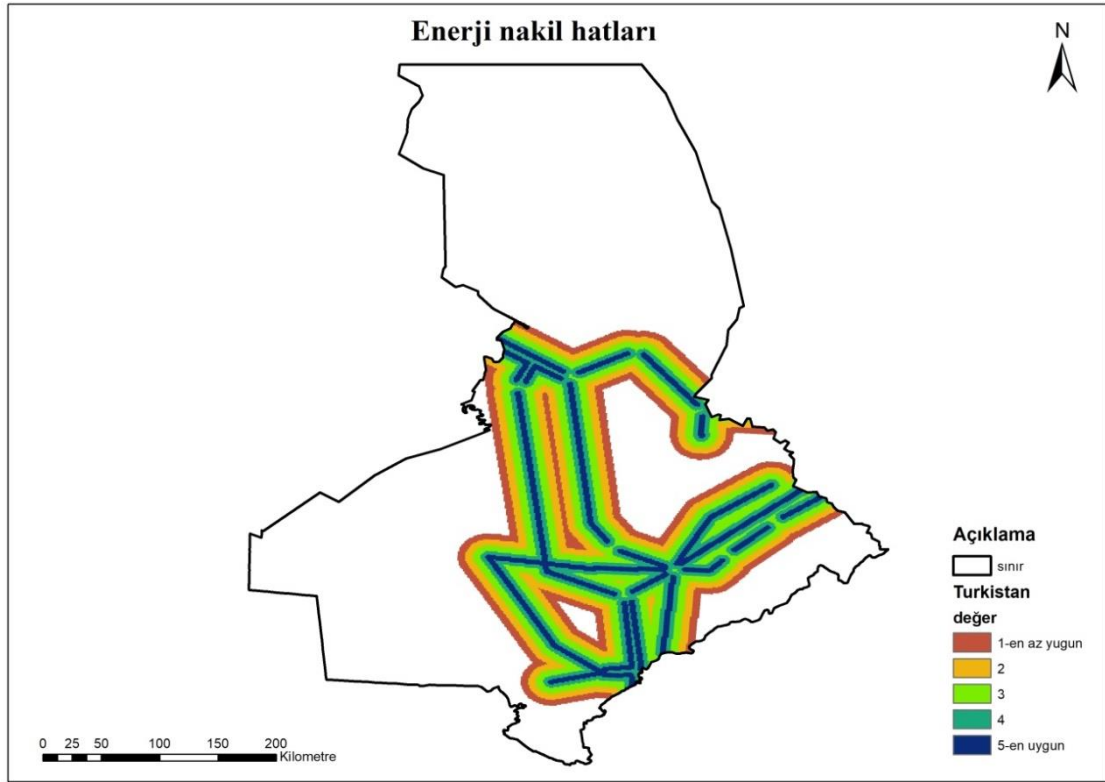
5.1.7. Enerji nakil hattı haritası

GES kurulacak olan bölgeye enerji nakil hattının uzak olması istenilmeyen bir durumdur. GES enerji nakil hatından uzak yerde kurulursa verim azalacaktır ve maliyet artacaktır. Enerji nakil hattına yakınlık verimi arttıran bir faktördür. Kazakistan'ın enerji nakil hatlarına ait veriler energydata.info sitesinden indirilmiştir, daha sonra çoklu tapmon atılmıştır ve raster veriye dönüştürülüp yeniden sınıflandırılmıştır. Sınıflandırılmada literatür taramasında en çok kullanılan aralık değerler baz alınmıştır (EK-1). Bu sınıflandırmada 1 numara en az uygun bölge, 5 numara ise en uygun bölgedir (Tablo 5.7). Uygunluk puanlaması $5>4>3>2>1$ şeklindedir. Türkistan

bölgesinin sınıflandırılmış enerji nakil hatları kriterinin sonuç haritası Şekil 5.7'de gösterilmiştir.

Tablo 5.7. Enerji nakil hattı için sınıflandırma sonrası verilen puanlar

Aralık (m)	Puan
20000	1
15000	2
10000	3
5000	4
2000	5



Şekil 5.7. Türkistan'ın sınıflandırılmış enerji nakil hatları haritası

5.1.8. Trafo haritası

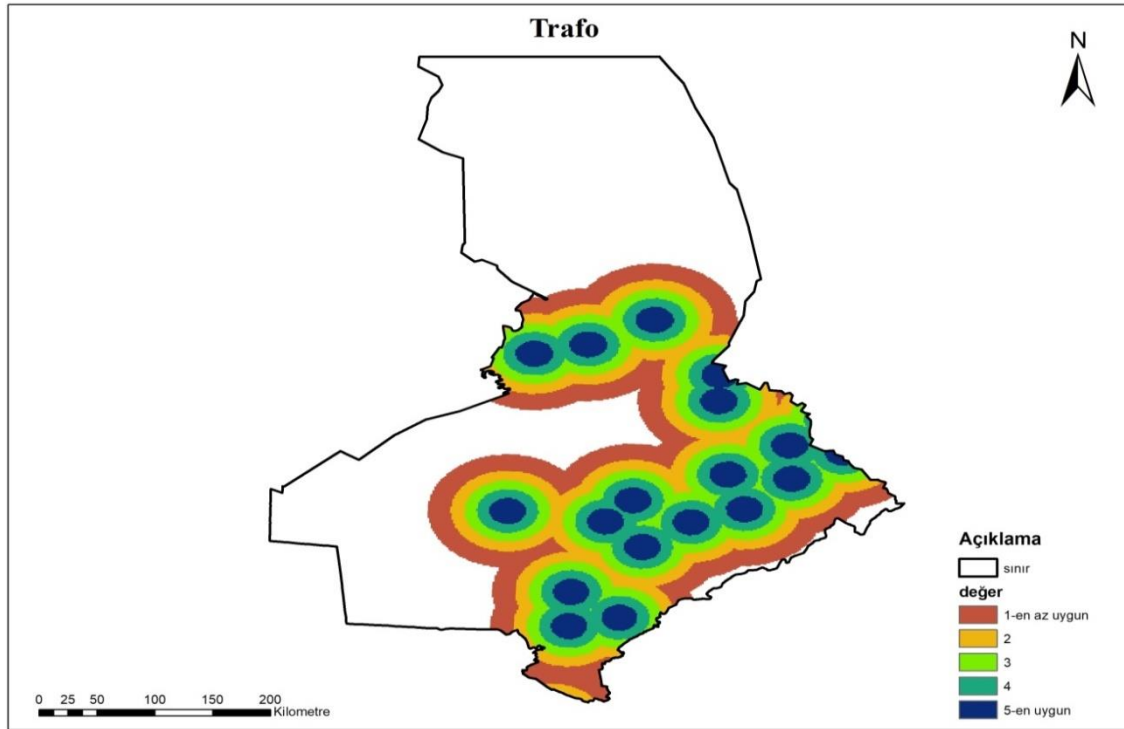
Ekonomik anlamda büyük rol oynayan kriterlerden biri trafo merkezlerine olan mesafedir. Kurulacak herhangi bir santralin trafo merkezine olan uzaklığı enerji iletim masraflarını olumsuz yönden etkileyecektir.

Kazakistan'ın trafo merkezlerine ait veriler energydata.info sitesinden indirilmiştir, daha sonra çoklu tapmon atılmıştır ve raster veriye dönüştürülüp yeniden sınıflandırılmıştır. Sınıflandırma literatür taramasına dayanarak yapılmıştır (EK-1). Bu

sınıflandırmada 1 numara en az uygun bölge, 5 numara ise en uygun bölgedir (Tablo 5.8). Uygunluk puanlaması $5>4>3>2>1$ şeklindedir. Türkistan bölgesinin sınıflandırılmış trafo kriterinin sonuç haritası Şekil 5.8'de gösterilmiştir.

Tablo 5.8. Trafo için sınıflandırma sonrası verilen puanlar

Aralık (m)	Puan
37000-52000	1
28000-37000	2
20000-28000	3
12000-20000	4
0-12000	5



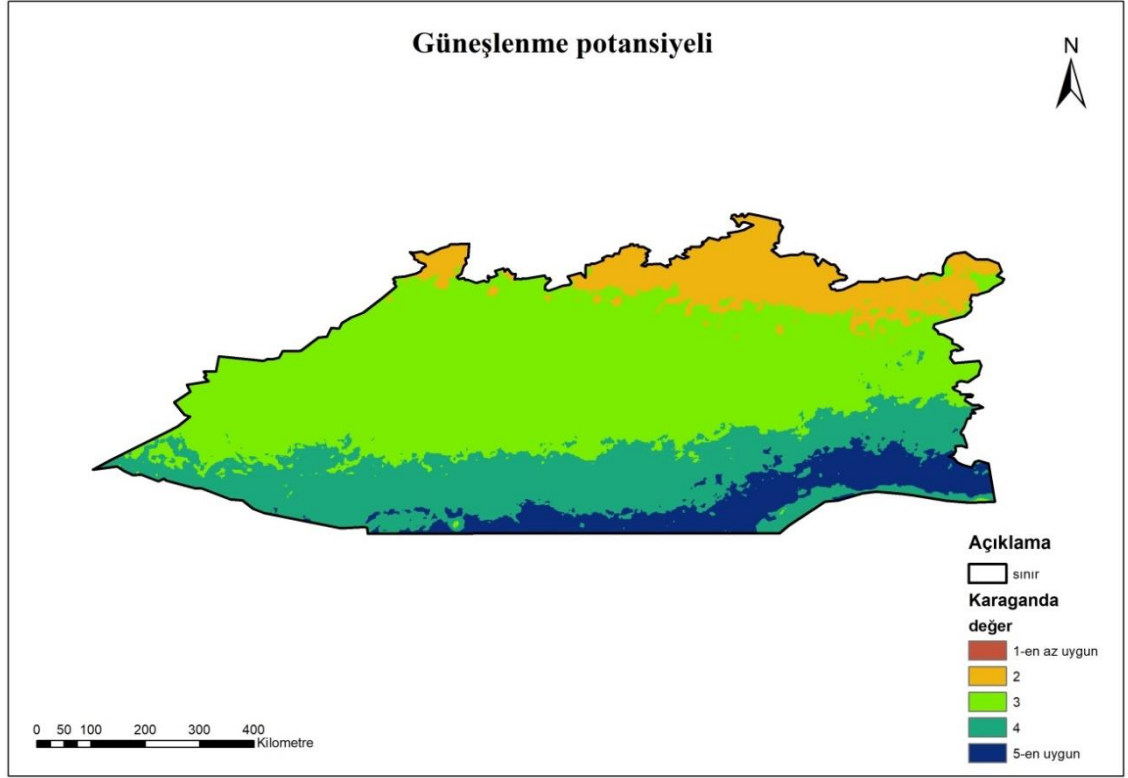
Şekil 5.8. Türkistan'ın sınıflandırılmış trafo haritası

5.2. Karaganda Bölgesi İçin Güneş Enerjisi Santrali Kurulacak Alanları Gösteren Haritalar

Karaganda bölgesi için bakı, eğim, güneşlenme potansiyeli, enerji nakil hatları, trafolar, yollar, su kaynakları, yerleşim yerleri olmak üzere her bir kriter ele alınarak GES uygunluk haritası oluşturulmuştur. Bu analizler, tampon bölge oluşturma, raster yapısına dönüşüm, yeniden sınıflandırma, raster hesaplayıcı ve ağırlıklı çakıştırma gibi

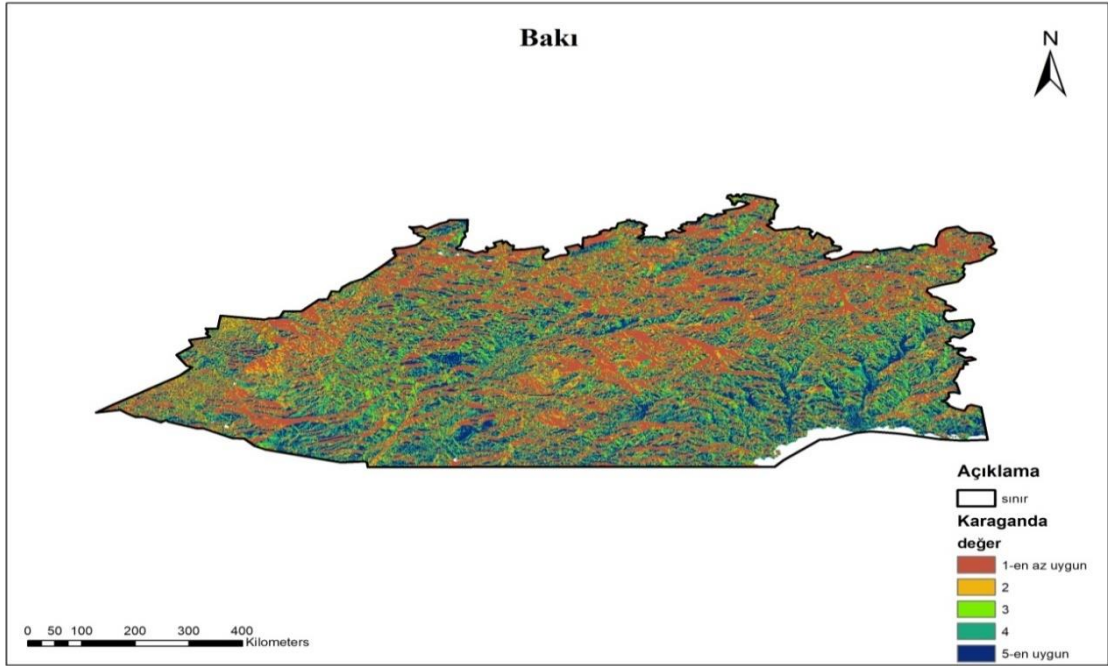
birçok mekansal analiz ile elde edilmiştir. Analiz sonucunda elde edilen sınıflandırılmış kriter haritaları Şekil 5.9-5.16'de gösterilmiştir.

5.2.1. Güneşlenme potansiyeli durumu haritası



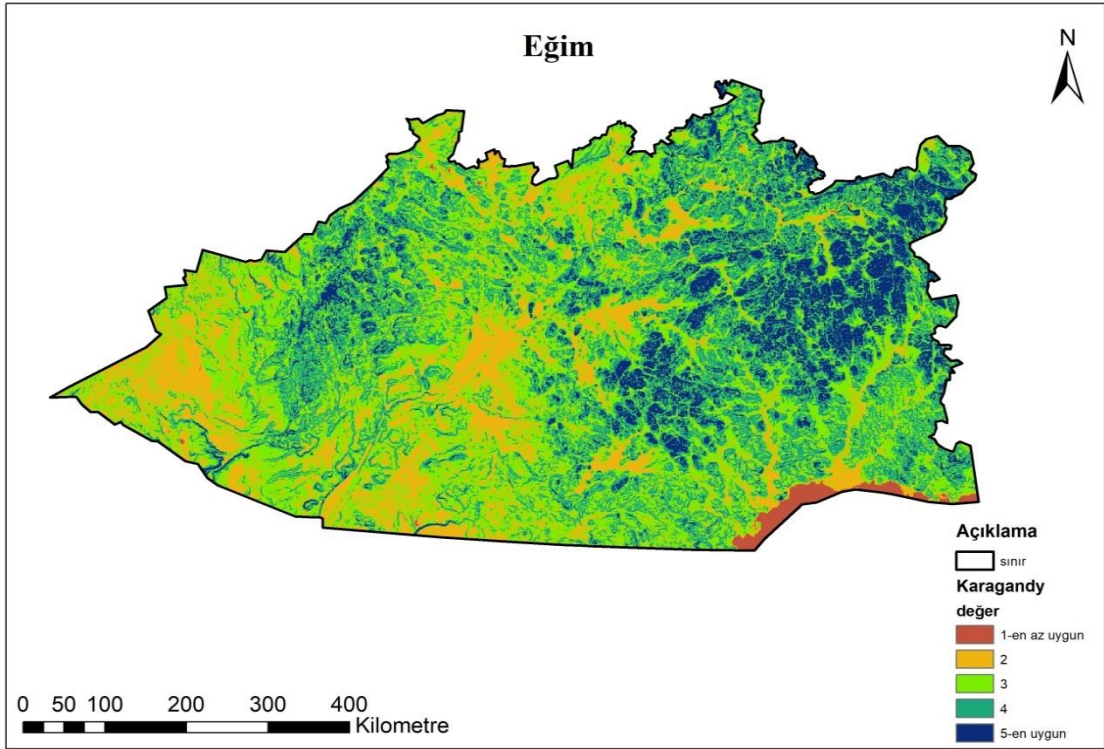
Şekil 5.9. Karaganda'nın sınıflandırılmış güneşlenme potansiyeli haritası

5.2.2. Bakı haritası



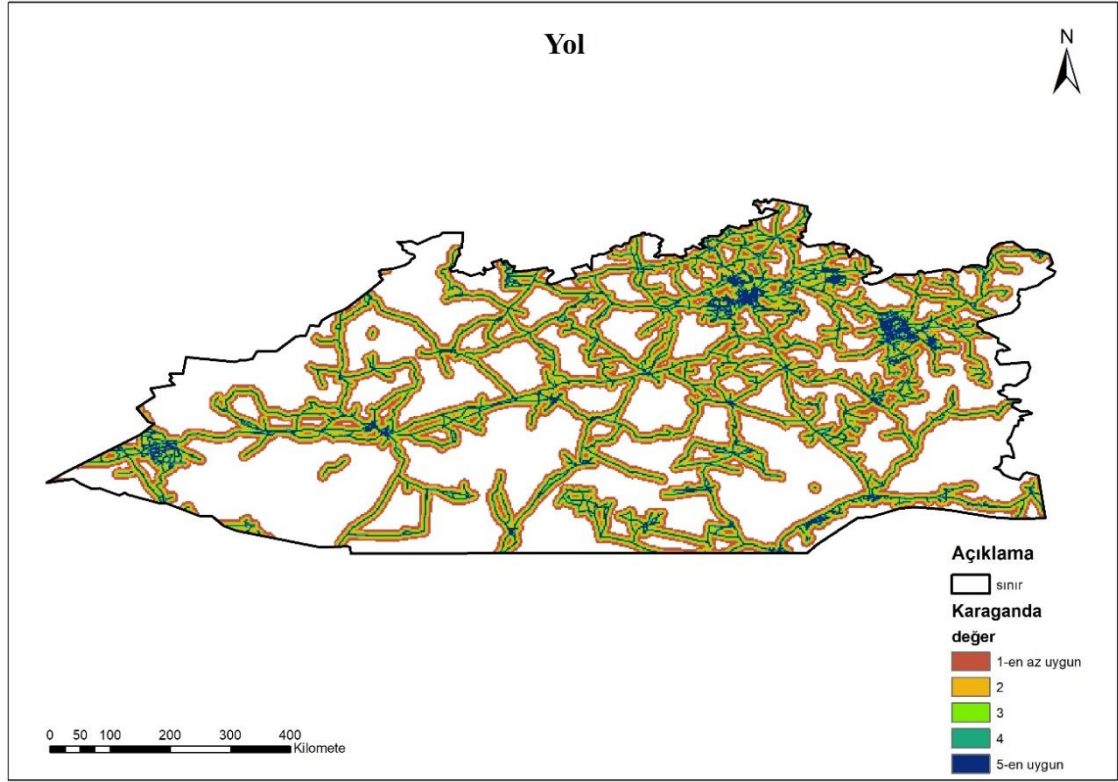
Şekil 5.10. Karaganda'nın sınıflandırılmış bakı haritası

5.2.3. Eğim haritası



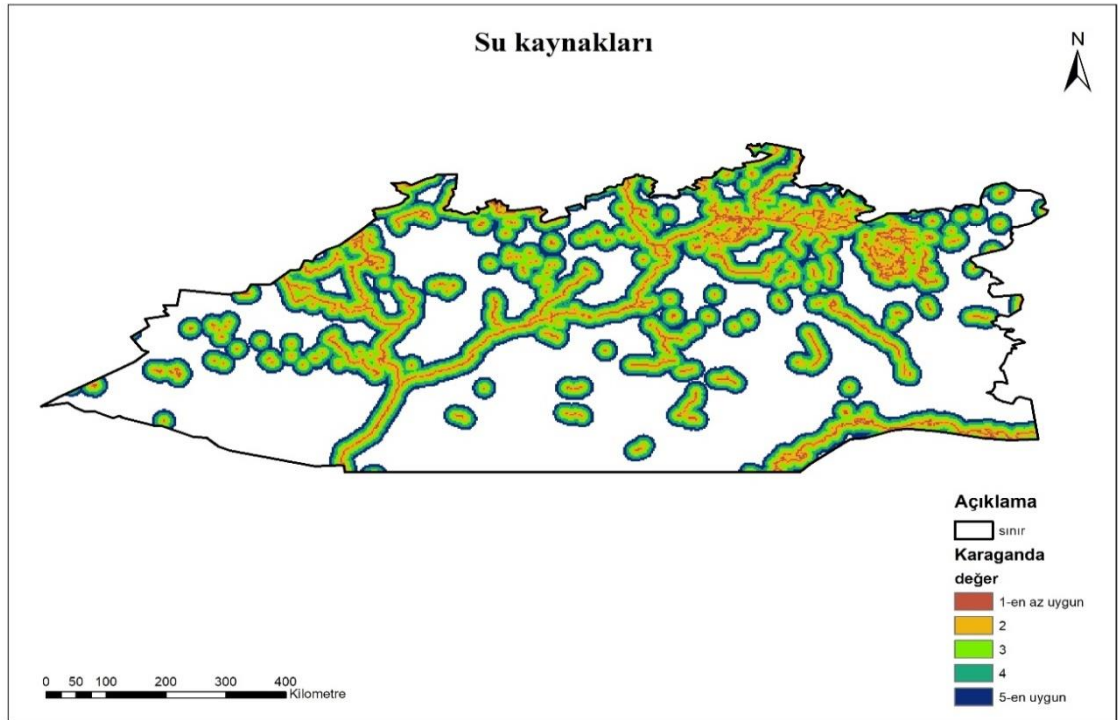
Şekil 5.11. Karaganda'nın sınıflandırılmış eğim haritası

5.2.4. Yol haritası



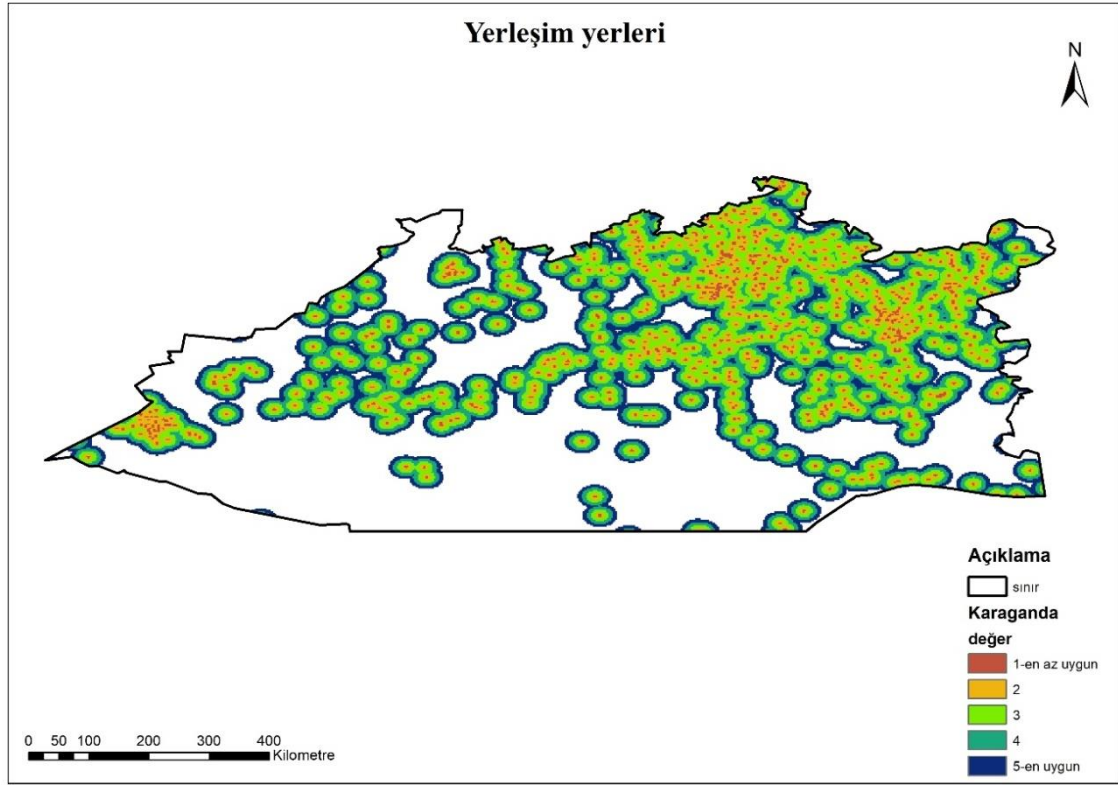
Şekil 5.12. Karaganda'nın sınıflandırılmış yol haritası

5.2.5. Su kaynakları haritası



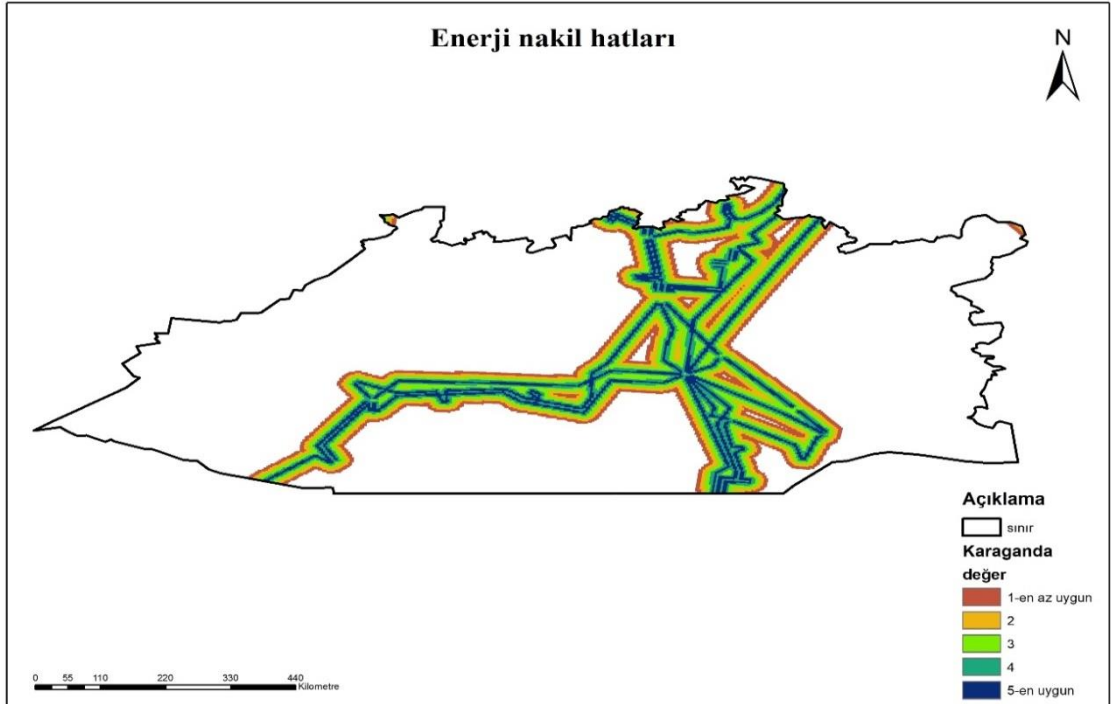
Şekil 5.24. Karaganda'nın sınıflandırılmış su kaynakları haritası

5.2.6. Yerleşim yerleri haritası



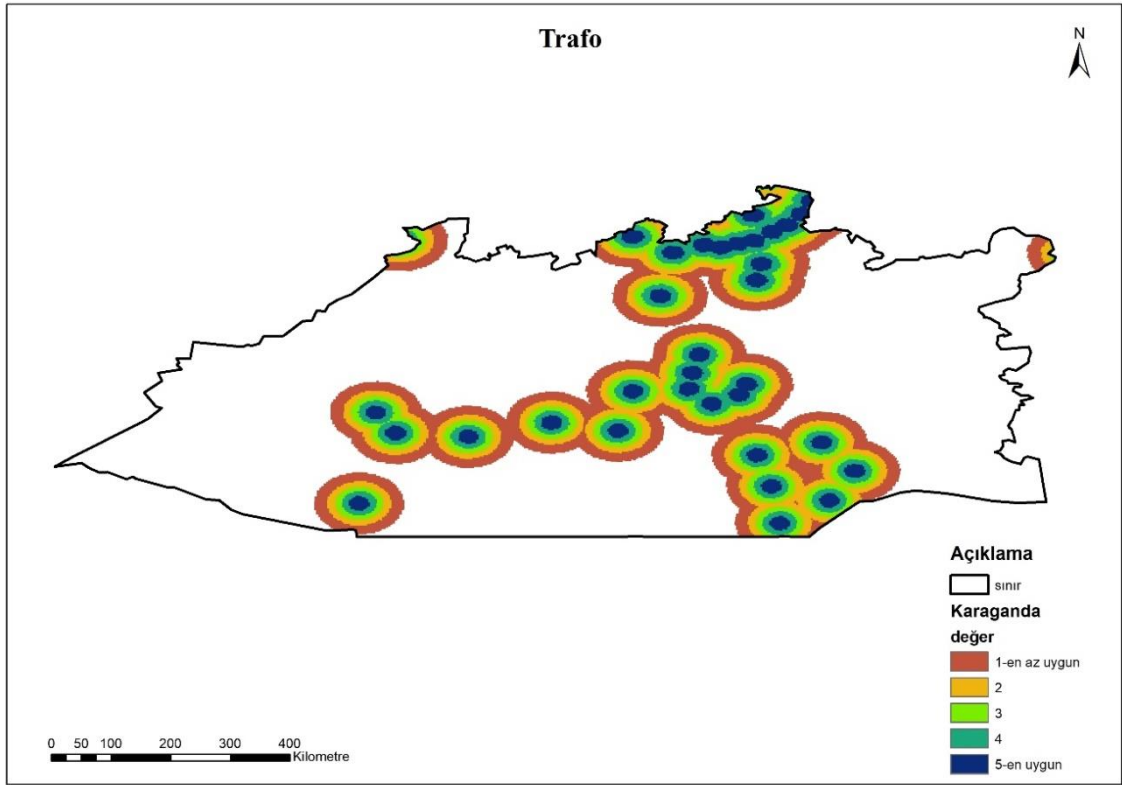
Şekil 5.14. Karaganda'nın sınıflandırılmış yerleşim yerleri haritası

5.2.7. Enerji nakil hatları haritası



Şekil 5.15. Karaganda'nın sınıflandırılmış enerji nakil hatları haritası

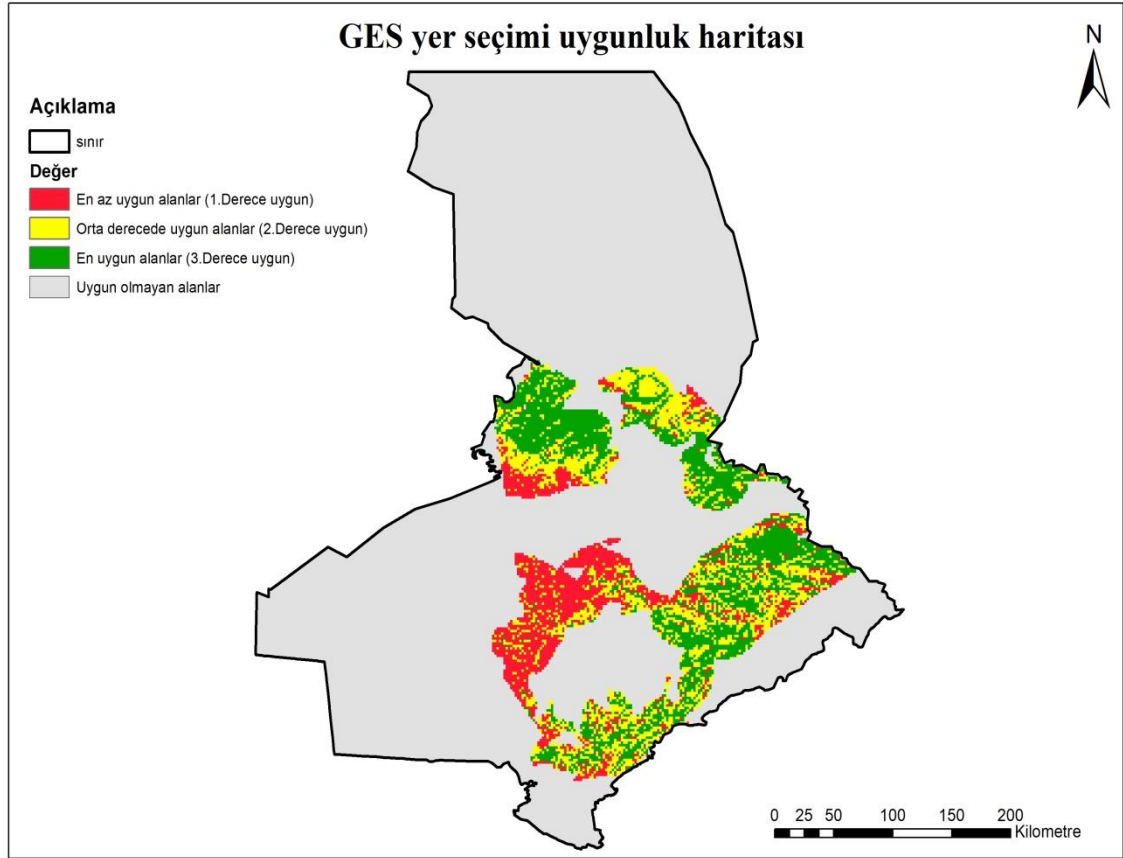
5.2.8. Trafo haritası



Şekil 5.16. Karaganda'nın sınıflandırılmış trafo haritası

5.3. Güneş Enerji Santrali Yer Seçimi Uygunluk Analizi Sonuç Haritaları

Kazakista'nın Türkistan ve Karaganda bölgelerinde güneş enerji santrali kurulabilmesi için uygun yer seçiminin belirlenmesinde güneş potansiyeli, bakı, eğim, yol, enerji nakil hattı, trafo, yerleşim yerleri ve su kaynakları katmanları kullanılarak haritalar elde edilmiştir. Belirlenen aralıklarda sınıflandırma yapılarak katmanların birleştirilmesi sonucu tek bir raster harita oluşturulmuştur. Yapılan analiz sonucunda Türkistan ve Karaganda bölgeleri için Şekil 5.17 ve Şekil 5.18'de görüldüğü üzere en uygun alanlar yeşil renk olan bölgelerdir. Bu bölgeler güneş potansiyeli açısından en uygun alanlardır. Tablo 4.4'deki ağırlıklandırma işleminde en yüksek ağırlık verisi 0.35 puan olan güneş potansiyelidir. En düşük ağırlık verisi ise 0.02 puanla yerleşim yerleridir. Bu ağırlıklandırmanın sonucuna göre Güneş Enerji Santrali kurulacak alanlar belirlenmiştir. Bu şekilde sonuç haritaları elde edilmiştir.



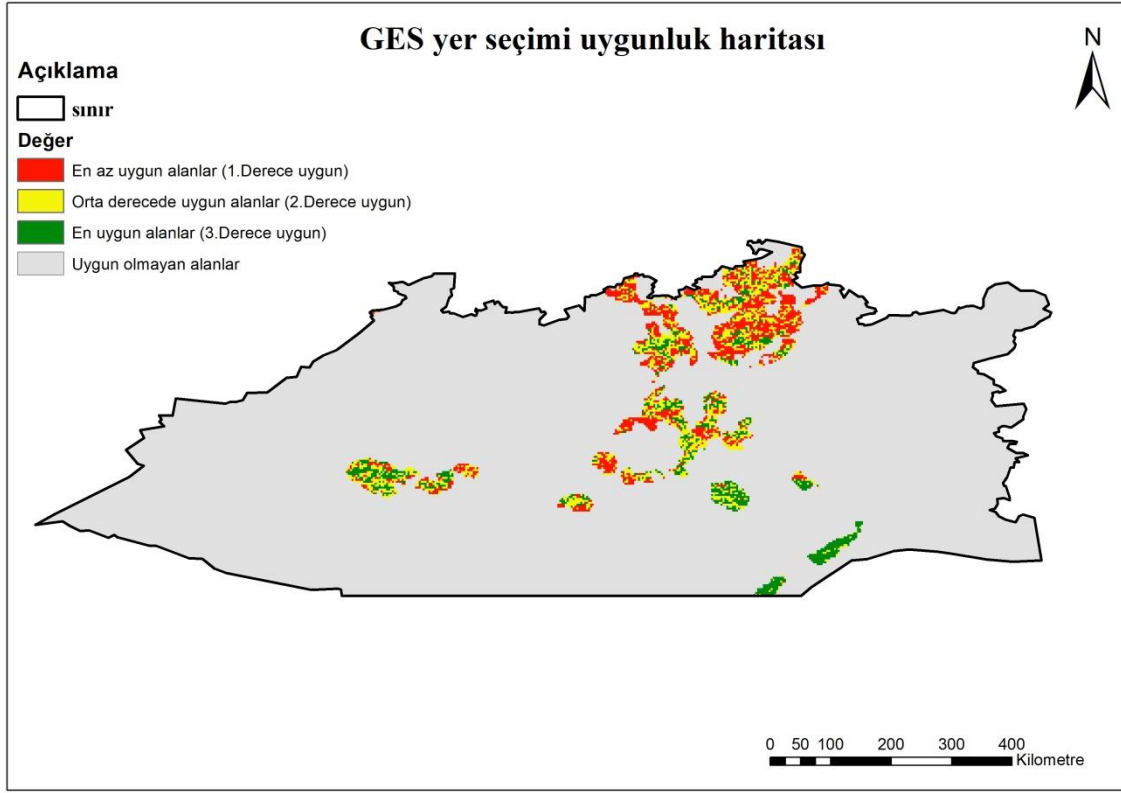
Şekil 5.17. Türkistan bölgesi için uygunluk analizi haritası

Tablo 5.9. Türkistan bölgesi için uygun alanlar (km²)

En uygun alanlar (3.Derece uygun)	4047
Orta derecede uygun alanlar (2.Derece uygun)	3540
En az uygun alanlar (1.Derece uygun)	2687

Analiz sonucunda Türkistan'ın güneş enerji santrali kurulumu için 2687 km² alan az uygunlukta, 3540 km² alan orta uygunlukta, 4047 km² alan yüksek uygunlukta olduğu ortaya çıkmıştır (Tablo 5.9). Enerji nakil hatlarının ve trafo merkezlerinin bölgenin tamamında bulunmaması nedeniyle (sadece sonuç haritasında gösterilen yerlerde mevcut) sonuç haritası bu şekilde oluşturulmuştur. Uygunsuz olarak sonuçlanan alanlarda genel olarak eğimin fazla olması ve trafo merkezleri ile enerji nakil hatlarının yetersizliği vardır. Güneşlenme potansiyelinin bölgenin neredeyse

tamamında yüksek olduğu için yüksek uygunlukta alanlar analiz sonucunda 4047 km² çıkmıştır. Uygun olarak çıkan alanlar düşük eğimlidir.



Şekil 5.18. Karaganda bölgesi için uygunluk analizi haritası

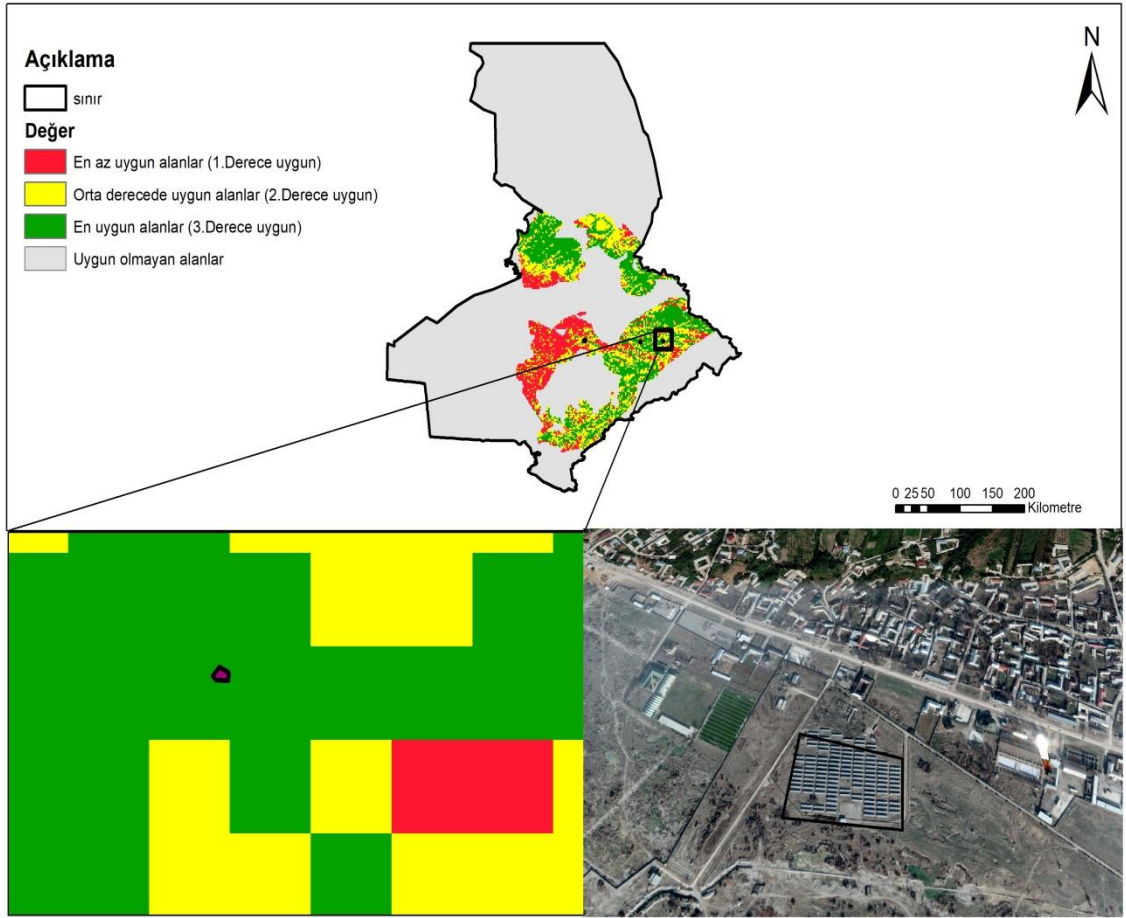
Tablo 5.10. Karaganda bölgesi için uygun alanlar (km²)

En uygun alanlar (3.Derece uygun)	1237
Orta derecede uygun alanlar (2.Derece uygun)	2118
En az uygun alanlar (1.Derece uygun)	2064

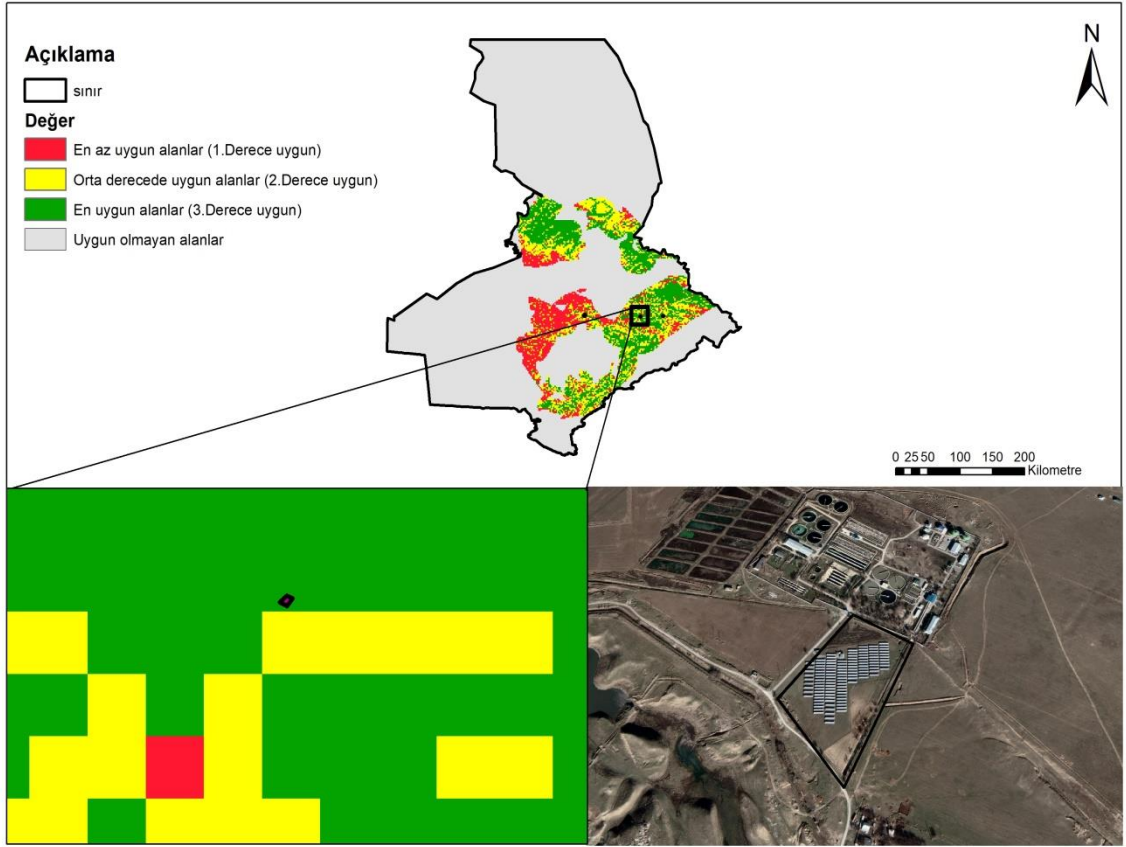
Analiz sonucunda Karaganda bölgesinin güneş enerji santrali kurulumu için 2064 km² alan az uygunlukta, 2118 km² alan orta uygunlukta, 1237 km² alan yüksek uygunlukta olduğu ortaya çıkmıştır (Tablo 5.10). Uygun alanlar çoğunlukla Karaganda'nın güneyindedir. Güneşlenme potansiyeli bölgenin sadece güneyinde yüksek olduğu için en uygun alanlar orta ve az uygunlukta alanlardan daha az olarak analiz sonucunda 1237 km² çıkmıştır. Uygunsuz olarak sonuçlanan alanlarda genel olarak düşük güneşlenme potansiyeli, yoğun yerleşim yerleri ve su kaynakları

sınırlılığı vardır. Uygun olarak çıkan alanlar bakı durumu açısından uygundur ve güney taraflıdır.

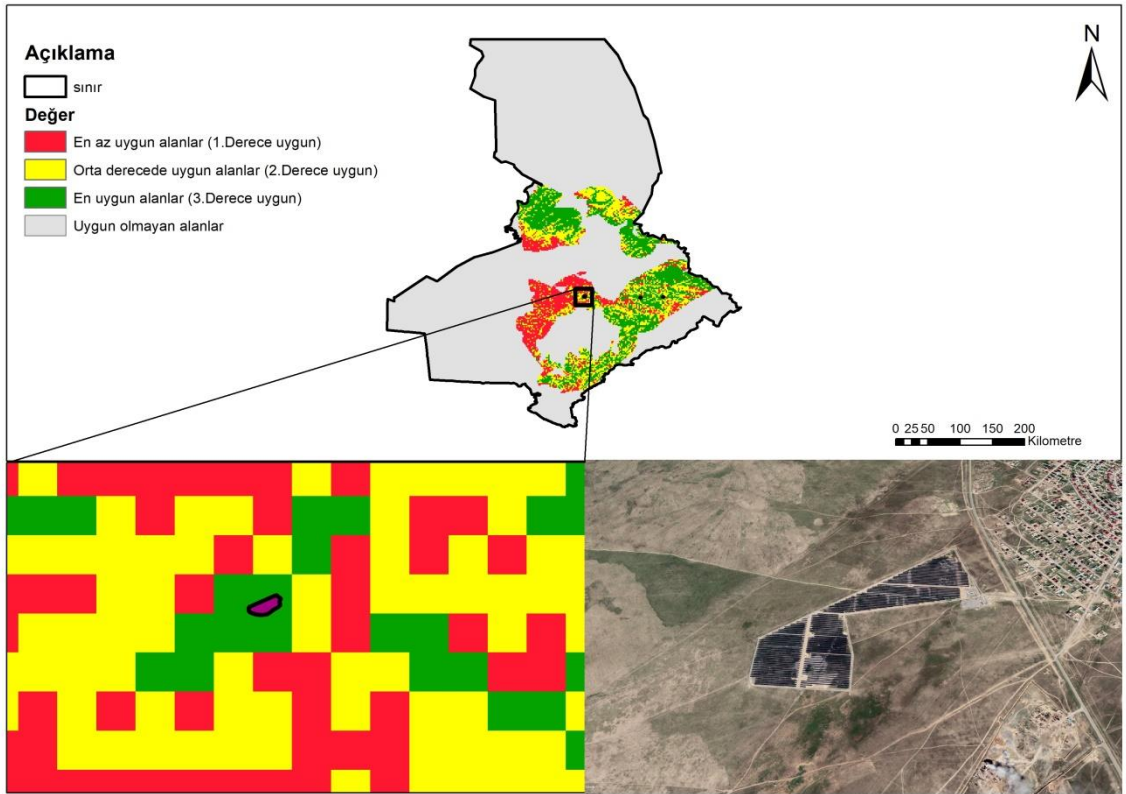
Elde ettiğimiz güneş enerji santrali sonuç haritası doğrultusunda Türkistan'da mevcut 2 adet ve 1 adet proje aşamasındaki ve Karaganda'daki mevcut 3 adet (EK-2) santrallerin incelemesi yapılarak GES'lerin doğru alanlarda olup olmadığına dair çalışma yapılmıştır. Yapılan değerlendirmede Turkistan'daki tüm örnek GES'lerin haritamızdaki 3. Derece uygun alanlarda olduğu görülmüştür. Böylece sonuç haritasından doğru sonuç elde edildiği belirlenmiştir (Şekil 5.19-5.21).



Şekil 5.19. Akbay santrali (Türkistan)

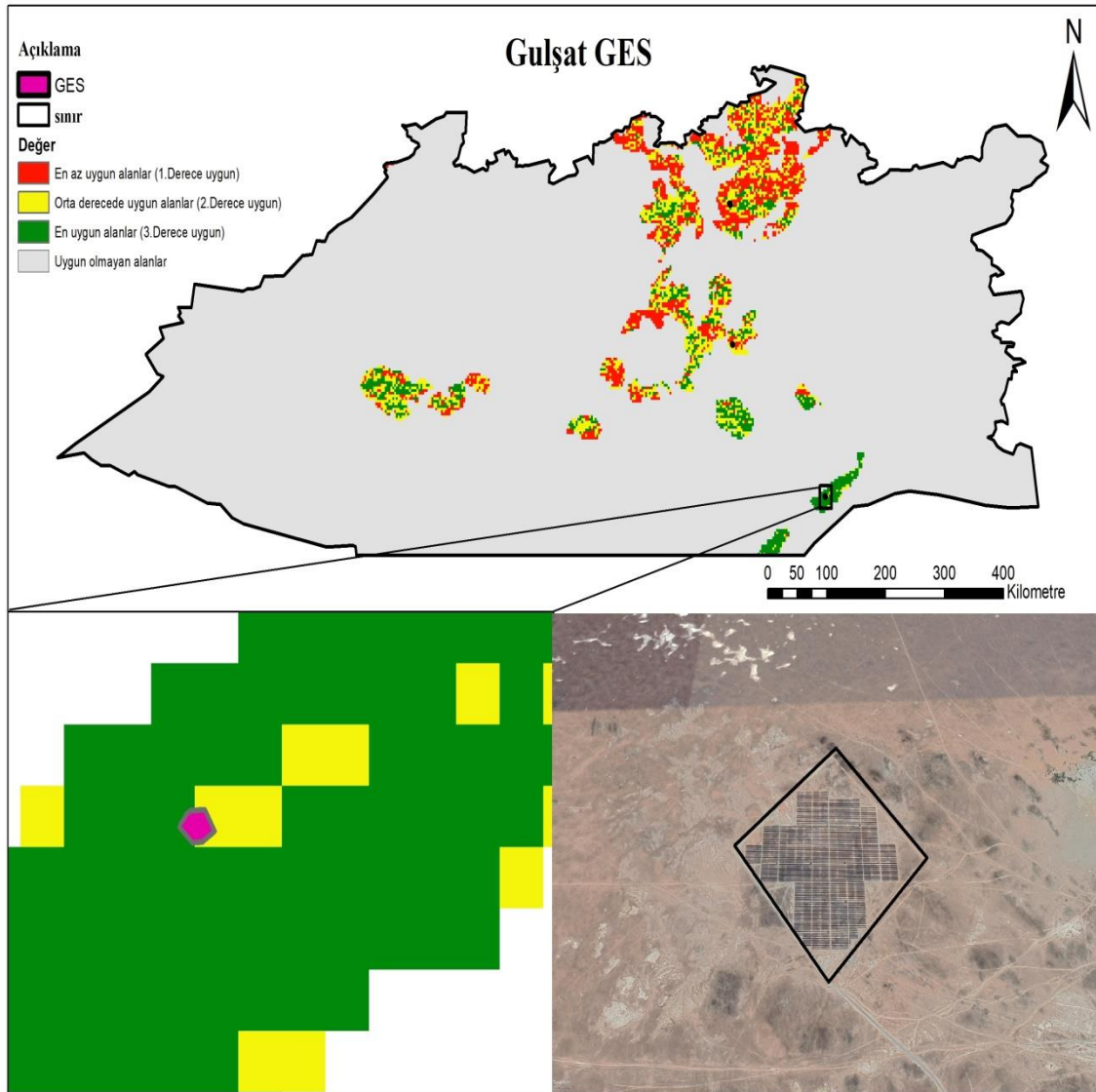


Şekil 5.20. Ochistnoy santrali (Türkistan)

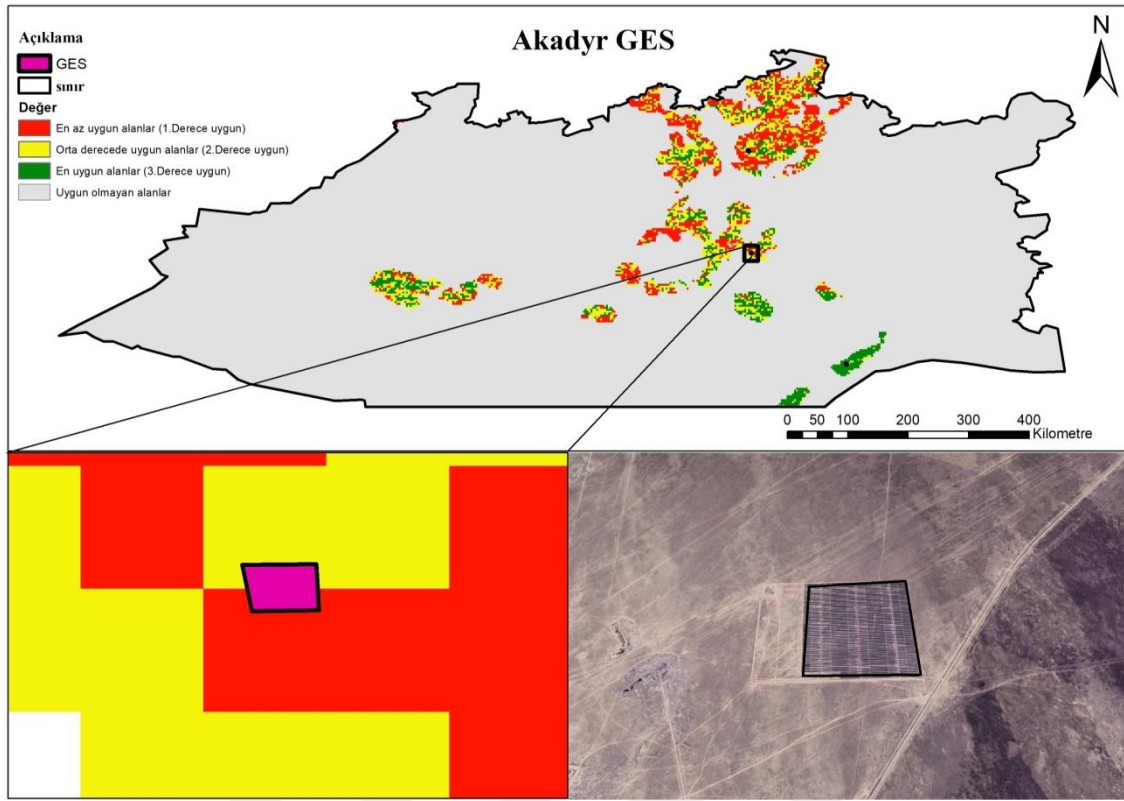


Şekil 5.21. Zadarya santrali (Türkistan)

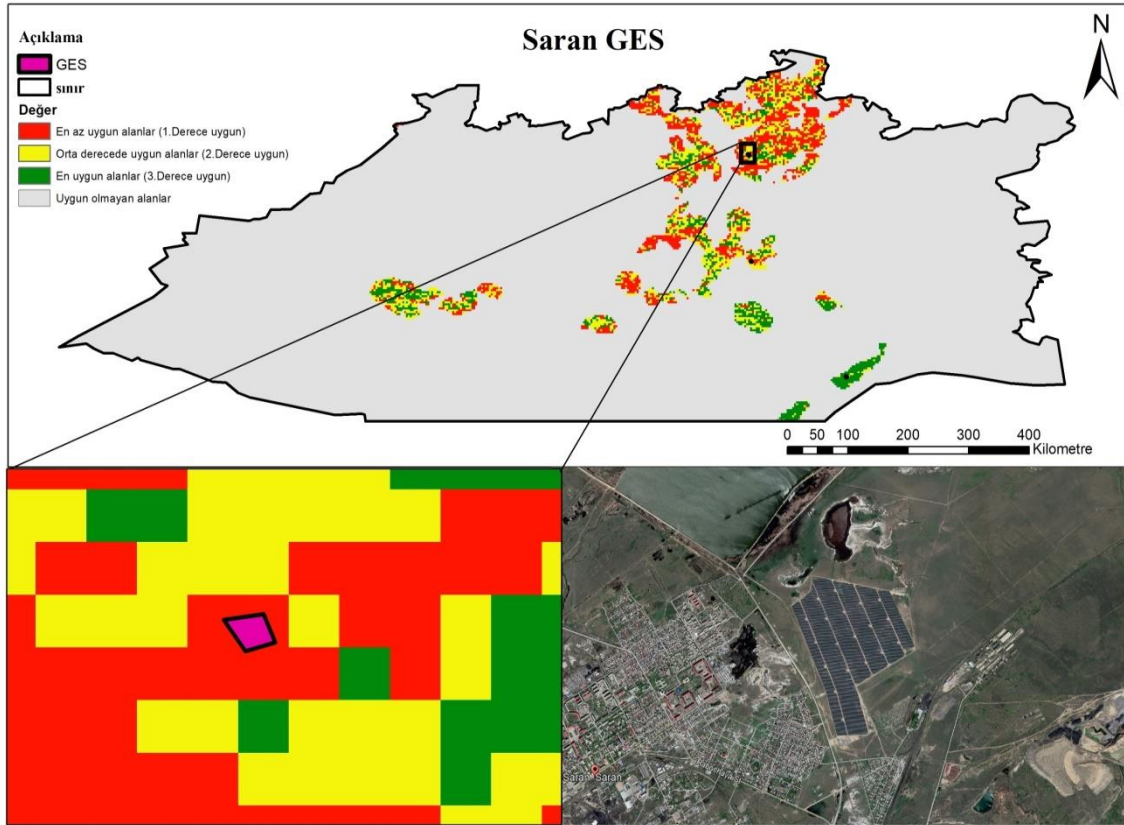
Karaganda bölgesi için yapılan değerlendirmede örnek olan Gülşat santrali 3. Derece ve 2.Derece uygun alanlarda olduğu görülmüştür. Gülşat santrali güneşlenme potansiyeli açısından yüksek alanda olduğu için (1350-1500) uygun alanda çıkmıştır. Akadyr santrali 2.Derece ve 1.Derece uygun alanlarda yer almıştır (güneşlenme potansiyeli 1200-1300), Saran santrali ise 1.Derece uygunlukla yer alarak en az uygun yerde olduğu görülmüştür (EK-2) (Şekil 5.22-5.24). Saran güneş enerji santralinin uygunsuz yerde çıkma sebebi olarak yerleşim yerine 248 m mesafede olması ve su kaynağına 850 m olması bulunmaktadır. GES'lerin yerleşim yerlerine en az 5 km, su kaynaklarına ise en az 1km olması gerekmektedir [56]. Aynı zamanda güneşlenme potansiyeli 1100-1150'dir.



Şekil 5.22. Gülşat santrali (Karaganda)



Şekil 5.23. Akadyr santrali (Karaganda)



Şekil 5.24. Saran santrali (Karaganda)

6. SONUÇ

Kazakistan'da enerji ihtiyacı giderek artmaktadır ve bu ihtiyaç genel olarak geleneksel yöntemlerle karşılanmaktadır. Geleneksel yöntemlerle üretilen enerji çevre için çok zararlıdır ve aynı zamanda maliyetlidir. Ülkede enerji üretim şekli farklı sıkıntılara, özellikle ekolojik dengesizliklere ve bunun yanı sıra fosil kaynaklı yakıtların azalıyor olmasına yol açmaktadır. Bu durum ülkede sınırsız temiz yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmenin çok önemli olduğunu ortaya koymaktadır. Kazakistan bu konuda bütün olanaklara sahiptir. Ülkede yenilenebilir enerji kaynaklarının her biri yüksek potansiyele sahiptir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan güneş enerjisi elektrik üretimi için en önemli enerji kaynağıdır. Kazakistan güneş enerji potansiyeli açısından oldukça müsait olup genel olarak Kazakistan'daki bazı bölgeler güneş enerji santralleri için uygundur. Özellikle Güney Kazakistan güneş potansiyeli bakımından çok elverişlidir. Bu çalışmada ise Kazakistan'ın Türkistan ve Karaganda bölgelerinde güneş enerji santrallerinin yer seçimi için uygun alanların belirlenmesi ve örneklerle desteklenip doğruluk analizinin yapılması amaçlanmıştır.

Çalışma alanlarında güneş enerji santrallerinin yer seçimi için ÇKKV yöntemlerinden biri olan AHP yöntemi ile yer seçimi yapılmıştır. Yer seçimi prosesi için kullanılan kriterlerin ikili karşılaştırmalar ile ağırlıkları belirlenmiştir. Kriterler belirlenirken literatür araştırması yapılmış ve ayrıca uzman görüşleri alınarak eğim, bakı, güneşlenme potansiyeli, yerleşim yerleri, su kaynakları, enerji nakil hatları ve trafolar olam üzere 8 kriter kullanılmasına karar verilmiştir. Kullanılan kriterler belirlenen ağırlıklarına göre karşılaştırılıp sonuç haritası elde edilmiştir. Araştırma sonucunda Türkistan bölgesinde 4047 km, Karaganda bölgesinde ise 1237 km çok uygun, 3540 ve 2118 km orta uygunlukta, 2687 ve 2034 en az uygunlukta alanların olduğu tespit edilmiştir. Sonuç haritamız örneklerle desteklenmiştir. Türkistan bölgesine ait tüm örnek GES'ler analiz sonucunda doğru yerde çıkmıştır. Karaganda bölgesindeki örnek GES'lerin iki tanesi doğru yerde, bir tanesi de en az uygun yerde çıkmıştır.

Bu araştırma sınırsız yenilenebilir doğal kaynağımız olan güneşin kullanılması, çevreye zararlı atıkları olmayan, karbon salınımını azaltan güneş enerjisinden elektrik üreten santrallerin kurulması kapsamında Kazakistanın enerji ihtiyacını karşılamaya katkı sağlamak umuduyla yapılmıştır.

7. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında güneş enerji santrallerinin uygun yer seçimi hedeflenmiştir. Bunun için CBS teknikleri ve AHP yöntemi kullanılmıştır. CBS haritaları oluşturulurken açık kaynak veriler kullanılmıştır. Çalışma alanı olarak belirlenen Türkistan ve Karagandy bölgesi coğrafi olarak çok büyük alanlardır. Bundan dolayı eğim ve bakı haritalarının üretilmesinde kullanılan Sayısal Yükseklik Modeli (DEM) haritası yaklaşık olarak 1 km (30 arcsec) ölçeğinde elde edilmiştir (http-27). Ayrıca en önemli parametrelerden birisi olan Güneşlenme Potansiyeli Haritası yaklaşık olarak 1 km çözünürlüktedir. Bu çözünürlükler elde edilen sonuç haritasını olumsuz yönde etkilemiştir. Kullanılan diğer haritalar vektör formatındadır. Bu verilere ilk olarak tampon zonlar atılmış daha sonra raster hale getirilmiştir. Bu veriler yaklaşık olarak 1 km çözünürlüğündedir. Analiz sonuç haritamızda 1 km çözünürlüğünde elde edilmiştir.

Bütün bu olumsuzluklara ve düşük çözünürlüklü sonuç haritası elde edilmesine rağmen Karaganda bölgesinde mevcut durumda 3 istasyondan biri uygun, biri ikinci derece uygun diğeri ise uygunsuz alanda çıkmıştır. Türkistan bölgesinde mevcut durumda bulunan 2 ve planlanan 1 istasyondan, mevcut durumda olan ve planlanan istasyon yerleri uygun alanlarda çıkmıştır. Bu sonuçlar çalışma yönteminin ne kadar başarılı olduğunu gösteren önemli bir parametredir.

Çalışma alanının daha büyük ölçekte belirlenerek daha detaylı haritalar ile analiz yapılması sonuç haritasını olumlu yönde etkileyecek önemli unsurlardan biridir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar genel çerçeveyi görme açısından önemlidir. Ancak daha detaylı çalışmalar için yetersiz kalmaktadır. İleride yapılacak çalışmalarda çalışmanın kalitesini artırmak için daha yüksek çözünürlüklü yükseklik verileri kullanılabilir, yüksek çözünürlükte veriler bulunursa daha iyi sonuçlar alınabilir.

Çalışmada kullanılan AHP yönteminin dışındaki diğer çok kriterli karar verme teknikleri ve farklı kriterler kullanılarak araştırma geliştirilebilir.

KAYNAKÇA

- [1] Ahmed, A.M., Fakhreddine, E.E., Ahmet, M., Abdelhamid, M. and Abdellatif, G. (2017). Large scale PV sites selection by combining GIS and Analytical Hierarchy Process. Case study: Eastern Morocco. *Renewable Energy*. 1481(17) 31007-8. 20.
- [2] Gürbüz, M. ve Obut, Z. (2015). Göksun ilçesinde güneş enerjisi santrali kurulacak alanların CBS yöntemi ile belirlenmesi. *Coğrafyacılar Derneği*, 15(4), 6-10.
- [3] Uyan, M. (2016). Güneş enerjisi santrali kurulabilecek alanların AHP yöntemi kullanılarak CBS destekli haritalanması. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi.*, 23(4). 4-8, 345
- [4] Gasparovic, İ.ve Gasparovic, M. (2019). Determining Optimal Solar Power Plant Locations Based on Remote Sensing and GIS Methods: A Case Study from Croatia. *Remote Sensing*, 19(7), 15-16.
- [5] Güçlüer, D. (2010). *Güneş Enerjisi Santrali Kurulacak Alanların CBS- ÇOK Ölçütlü Karar Analizi Yöntemi ile Belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul. Yıldız Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. 26, 33-41
- [6] Demirer, A. (2017). *Güneş Enerjisi Santrali Yer Seçimi Probleminin Analitik Hiyerarşi Prosesi Yardımı İle Değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul. Beykent Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. 39-40, 42-45.
- [7] Erdem, S., Tuğçe, K., Gencer, C., Aydoğan, E.K. (2013). Türkiye’de Enerji Santrallerinin AHP Yöntemi ile Seçimi. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi EYİ 2013 Özel Sayısı*. 251.
- [8] Yıldırım, V. ve Nisancı, R. (2010). Developing a Geospatial Model for Power Transmission Line Routing in Turkey. *TS 10J – Spatial Information Modelling II. FIG Congress 2010 Facing the Challenges – Building the Capacity Sydney, Australia, 11-16 April 2010*. 1/12. 8-10.
- [9] Eroğlu, H. (2018). Güneş Enerji Santralleri İçin Uygunluk Haritasının Elde Edilmesi: Bir Uygulama. *Journal of the Institute of Science and Technology.*, 8(4), 5-6.
- [10] Eroğlu, H. ve Aydın, M. (2015). Optimization of electrical power transmission lines’ routing using AHP, fuzzy AHP, and GIS. *Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences*, 37(3), 3-5.

- [11] Yunna, W., Buyuan, Z., Chenghao, W., Ting Z. and Fangtong, L. (2019). Optimal site selection for parabolic trough concentrating solar power plant using extended PROMETHEE method: A case in China. *Renewable Energy*. 143 (2019). 1910-1927. 6, 13.
- [12] Mohammad, K. F., Omid, N., Naeim, M., Saman, N.S., Hamzeh, K.F. and Ara, T. (2018). An integrated GIS-based Ordered Weighted Averaging Analysis for Solar Energy Evaluation in Iran. *Renewable Energy*. 22-23.
- [13] Türkseven, S.C. (2019). *Güneş Enerji Santrali Yer Seçiminde CBS Tabanlı Çok Kriterli Karar Destek Sisteminin Uygulanması (Eskişehir İli Örneği)*. Yüksek Lisans Tezi. Eskişehir. Eskişehir Teknik Üniversitesi. Lisansüstü Eğitim Enstitüsü. 14-15, 27.
- [14] Obut, Z. (2016). Göksun İlçesinde *Güneş Enerjisi Santrali Kurulacak Alanların CBS Yöntemi ile Belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. Kahramanmaraş. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi. Sosyal Bilimler Enstitüsü. 25-42
- [15] Duman, M.H. (2018). *Batı Akdeniz Bölgesinde Güneş Enerjisi Santrali İçin Kuruluş Yeri Seçimi*. Yüksek Lisans Tezi. Antalya. Akdeniz Üniversitesi. Sosyal Bilimler Enstitüsü. 59-66
- [16] Akçay, M. (2019). *AHP-TOPSIS HİBRİT Yöntemi İle Türkiye’de Güneş Enerjisi Santrali İçin Yer Seçimi*. Yüksek Lisans Tezi. Ankara. Gazi Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. 49-70
- [17] Güçlüer, D. ve Batuk, F. (2011). Güneş Enerjisi Santrali Kurulacak Alanların CBS-ÇÖKA Yöntemi ile Belirlenmesi. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası. 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı 18-22 Nisan 2011, Ankara. 6.
- [18] Charabi, Y. ve Gastli, A. (2011). PV site suitability analysis using GIS-based spatial fuzzy multi-criteria evaluation. *Renewable Energy*. 36 (2011). 6-7.
- [19] Lozano, J.M., Solano, J.T., Elvira, P.S. and Cascales, M.G. (2011). Geographical Information Systems (GIS) and Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods for the evaluation of solar farms locations: Case study in south-eastern Spain. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 24(2013). 8.
- [20] Effat, H.A. (2013). Selection of Potential Sites for Solar Energy Farms in Ismailia Governorate, Egypt using SRTM and Multicriteria Analysis. *Cloud*

- Publications International Journal of Advanced Remote Sensing and GIS*, 2 (1). 11-14.
- [21] Kengpol, A., Rontlaong, P. and Tuominen, M. (2013). A Decision Support System for Selection of Solar Power Plant Locations by Applying Fuzzy AHP and TOPSIS: An Empirical Study. *Journal of Software Engineering and Applications*, 7-10.
- [22] Baban, M. ve Parry, T. (2000). Developing and applying a GIS-assisted approach to locating wind farms in the UK. *Renewable Energy*. 24 (2001). 5-7.
- [23] Aydin, N.Y., Kentel, E. and Duzgun, S. (2009). GIS-based environmental assessment of wind energy systems for spatial planning: A case study from Western Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(2010). 3-7.
- [24] Uyan, M. (2013). GIS-based solar farms site selection using analytic hierarchy process (AHP) in Karapinar region, Konya/Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 28 (2013). 5.
- [25] Siefi, S., Karimi, H., Soffianian, A.R. and Pourmanafi, S. (2017). GIS-Based Multi Criteria Evaluation for Thermal Power Plant Site Selection in Kahnuj County, SE Iran. *Civil Engineering Infrastructures Journal*, 50(1), 8.
- [26] Nişancı, R., Yıldırım, V., ve Özçelik A. E. (2011). Rüzgar Enerjisi Üretim Alanlarının CBS ile Belirlenmesi. Trabzon ili örneği. 5-6. III. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu, 11 – 13 Ekim 2010, Gebze, Kocaeli.
- [27] Şimşek, A.B. (2014). *Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı Çok Kriterli Karar Analizinin Rüzgar Türbini Yer Seçim Probleminde Uygulanması*. Yüksek Lisans Tezi. Ankara. Hacettepe Üniversitesi. Sosyal Bilimler Enstitüsü. 83
- [28] Haaren, R. ve Fthenakis, V. (2011). GIS-based wind farm site selection using spatial multi-criteria analysis (SMCA): Evaluating the case for New York State. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 15 (2011). 4-5.
- [29] Koca, H. (2019). *Coğrafi Bilgi Sistemi ve Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi İli Güneş Enerjisi Santralleri İçin Yer Seçimi ve Değerlendirme: Menemen Örneği*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul. Yıldız Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. 17, 25.
- [30] Özşahin, E. ve Kaymaz, Ç.K. (2013). Rüzgar enerji santrallerinin (RES) yapım yeri seçimi üzerine bir CBS analizi: Hatay örneği. *Tübay Bilim Dergisi*. 6(2). 6-7

- [31] Memduhoğlu, A., Özmen, G., Göysek, G. and Kılıç, F. (2014). Rüzgar Turbini Kurulacak Alanların CBS-ÇOK Ölçütlü Karar Analizi Kullanılarak Belirlenmesi: Davutpaşa Kampüsü. 7-8.
- [32] Choudhary, D. ve Shankar, R. (2012). An STEEP-fuzzy AHP-TOPSIS framework for evaluation and selection of thermal power plant location: A case study from India. *Energy*. 42 (2012). 8-9.
- [33] Latinopoulos, D. ve Kechagia, K. (2015). A GIS-based multi-criteria evaluation for wind farm site selection. A regional scale application in Greece. *Renewable Energy*, 78 (2015), 550- 560. 6-8.
- [34] Yunna, W., Buyuan, Z., Chenghao, W., Ting Z. and Fangtong, L. (2018). Optimal site selection of straw biomass power plant under 2-dimension uncertain linguistic environment. *Journal of Cleaner Production*. 212 (2019) 1179-1192. 10.
- [35] Özdemir, B., Özcan, B. ve Aladağ, Z. (2017). Güneş Enerjisi Santrali Kuruluş Yerinin AHS ve VIKOR Yöntemlerine Dayalı Bütünleşik Yaklaşım ile Değerlendirilmesi. *Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. 33(2). 7.
- [36] Plachkova, S.G. (2013). *Enerji Endüstrisi. Ateşten ve sudan elektriğe*. Moskova: Energovestnik.
- [37] Çakmak, R. ve Altaş, İ. (2013). “Fotovoltaik Panellerle Güneş Enerjisinden Elektrik Üretiminin Dünü, Bugünü ve Yarını”, Uluslararası Katılımlı Çevre Sempozyumu, 24-26 Ekim 2013, Gümüşhane. .
- [38] Vaganov, A. (2013). BDT ülkelerinde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması olasılığının teknik ve ekonomik değerlendirmesi. *Sibirya Federal Üniversitesi Dergisi.*, 29(5), 6-7.
- [39] Oluklulu, Ç. (2001). *Güneş Enerjisinden Etkin Olarak Yararlanmada Kullanılan Fotovoltaik Modüller, Boyutlandırılmaları ve Mimaride Kullanım Olanakları Üzerine Bir Araştırma*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara. 37, 46.
- [40] Roberts, S., (1991). *Solar Electricity*, New York: Prentice Hall.
- [41] Şenlik, İ. (2017). Güneş Enerjisi Santrallerinin Yer Seçimi. *Elektronik Mühendisliği.*, 462, 94-98.

- [42] Karataev, M. ve Clarce, M.L. (2016). A review of current energy systems and green energy potential in Kazakhstan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 55(9), 491-501.
- [43] Sabrassov Y, Kerimray A, Tokmurzin D, Tosato G, de Miglio R., (2013). Electricity and heating system in Kazakhstan: exploring energy efficiency improvement paths. *Energy Policy*, 60, 431–44.
- [44] Kazakistan Coğrafya Araştırma Enstitüsü Arşivi. (2013), *Kazakistan Cumhuriyeti Ulusal Atlası Çevre ve Doğal kaynaklar*. 1.
- [45] İsmayilo, E. ve Budak, T. (2015). Bağımsızlık Sonrası Kazakistan’ın Enerji Politikası. *BILGESAM.*, 17(6), 2,3.
- [46] Cochran, J. (2016). Kazakhstan’s Potential for Wind and Concentrated Solar Power. *Kazakhstan Institute of Management Economics and Strategic Research*. 5.
- [47] Samantha, O. (2009). Green Gas and Asia Renewables form Joint Venture for Renewable Energy Development and Investments in Asia. Press Release of Green Gas International B.V. *Deploying Renewables in Southeast Asia*. 8
- [48] Nurlankyzy, S., Xiong, Y., Luo, M., Wang, K. (2016). Investigation on Solar Energy Industry Development Model in Kazakhstan. *Open Journal of Business and Management*. 4, 393-400.
- [49] Dormidonova, D. (2015). Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Günlük Kullanımdaki Rölü. “Gençlik ve modern bilgi teknolojisi” adlı *X uluslararası öğrenciler, lisansüstü öğrenciler ve genç bilim adamlarının bilimsel-pratik konferansı*. 1-2.
- [50] Yaralıoğlu K. (2011). Analitik Hiyerarşi Prosesi, www.deu.edu.tr/userweb/k.yaralioglu/.../Analitik_Hiyerarshi_Proses.doc, Son Erişim Tarihi: 02.08.2019
- [51] Ertuğrul, İ. ve Karakaşoğlu, N. (2010). Electre ve Bulanık AHP Yöntemleri ile Bir İşletme İçin Bilgisayar Seçimi. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 25 (2). 23-25.
- [52] Saaty, T. L. (2008). Decision Making With The Analytic Hierarchy Process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83-98.

- [53] Tüzemen, A. ve Özdağoğlu, A. (2007), “Doktora Öğrencilerinin Eş Seçiminde Önem Verdikleri Kriterlerin Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemi İle Belirlenmesi”, *Atatürk Üniversitesi İİBF Dergisi*, 21(1), 215-232.
- [54] Madlener, R. and Stagl, S. (2005). Sustain ability-guided promotion of renewable electricity generation, *Ecological Economics*, 53, 147-167.
- [55] Supçiller, A. ve Çapraz, O. (2011). AHP-TOPSIS Yöntemine Dayalı Tedarikçi Seçimi Uygulaması. *İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Ekonometri ve İstatistik Dergisi*, 13, 1-22.
- [56] Carrion, A.J., Espin, E.A., Zamorano, T.M., Rodrigez, M., Ramos, R.A. (2008). Environmental decision-support systems for evaluating the carrying capacity of land areas: Optimal site selection for grid-connected photovoltaic power plants. *Renewable and sustainable energy reviews*. 12 (9), 2358-2380.

İnternet Kaynakları

http-1: <https://kssolar.com.ua/ru/blog/solnechnye-batarei-atmosfera-i-ekologiya>.

(Erişim Tarihi: 15.11.2019)

http-2: <https://www.enerjigazetesi.ist/gunes-santrali-ges-kurulumu-gunes-tarlasi-kurmak-icin-nereden-baslamaliyim/>. (Erişim Tarihi: 15.05.2020)

http-3: www.stat.gov.kz. (Erişim Tarihi: 20.11.2019)

http-4: www.yearbook.enerdata.net. (Erişim Tarihi: 22.11.2019)

http-5: www.ebrd.com. (Erişim Tarihi: 23.11.2019)

http-6: www.inogate.org. (Erişim Tarihi: 30.11.2019)

http-7: Www.kegoc.kz. (Erişim Tarihi: 26.11.2019)

http-8: www.economy.kz. (Erişim Tarihi: 30.10.2019)

http-9: www.eia.org. (Erişim Tarihi: 05.12.2019)

http-10: www.unfccc.int. (Erişim Tarihi: 20.12.2019)

http-11: <http://kazenergy.com>. (Erişim Tarihi: 25.12.2019)

http-12: www.oecd.org. (Erişim Tarihi: 26.12.2019)

http-13: <https://www.eia.gov/outlooks/steo/outlook.php>. (Erişim Tarihi: 18.06.2020)

- http-14:** [www.stat.gov.kz.kazakhstan.statistical.agente](http://www.stat.gov.kz/kazakhstan.statistical.agente). (Erişim Tarihi: 19.06.2020)
- http-15:** [www.iea.org.energy.datasABD](http://www.iea.org/energy.datasABD). (Erişim Tarihi: 30.12.2019)
- http-16:** [www.eia.org.energy.information](http://www.eia.org/energy.information) (Erişim Tarihi: 30.12.2019)
- http-17:** <https://ru.sputniknews.kz/infographics/20190829/11388977/zapasy-uran-kazakhstan-karta.html>. (Erişim Tarihi: 02.01.2020)
- http-18:** <https://globalsolaratlas.info>. (Erişim Tarihi: 03.01.2020)
- http-19:** [www://sahipkiran.org](http://www.sahipkiran.org). (Erişim Tarihi: 05.01.2020)
- http-20:** <https://www.worldbank.org/>. (Erişim Tarihi: 06.01.2020)
- http-21:** <http://www.rrojasdatabank.info/bpworld2013>. (Erişim Tarihi: 14.05.2020)
- http-22:** <https://www.ebrd.com/home>. (Erişim Tarihi: 01.05.2020)
- http-23:** <https://www.gov.kz>. (Erişim Tarihi: 03.05.2020)
- http-24:** <http://www.esmap.org>. (Erişim Tarihi: 01.05.2020)
- http-25:** <http://atlassolar.kz/Maps/Demo?map=solar>. (Erişim Tarihi: 10.01.2020)
- http-26:** <http://tusside.tubitak.gov.tr/tr/yontemlerimiz/Cok-Kriterli-Karar-Verme-Teknikleri>. (Erişim Tarihi: 11.01.2020)
- http-27:** <https://www.ngdc.noaa.gov/mgg/topo/report/s6/s6A.html>.
(Erişim Tarihi: 20.07.2020)

EKLER

EK-1. Çalışma için seçilmiş kriterlere kaynak taramasında verilmiş puanlar

Kriterler	Aralık	Puan	Yapan
Yollar	0.0-2.0	9-en uygun	Güçlüer. D, 2010
	6.1-8.0	6	
	41.1-17.0	3	
	2.1-4.0	8	
	8.1-11.0	5	
	17.1-20.0	2	
	4.1-6.0	7	
	11.1-14.0	4	
	20.1-25.0	1-en az uygun	
	21000 -15000	1-en az uygun	Obut. Z, 2016
	15000-10000	2	
	10000-4000	3	
	4000-1500	4	
	1500-100	5-en uygun	
	10500	1-en az uygun	Türkseven. S, 2019
	6500	2	
	3500	3	
	1500	4	
	500	5-en uygun	
	< 100	1-uygunsuz	Koca. H, 2019
	100-200	3	
	200-300	5	
	> 300	9-yüksek uygun	
	100-1000	1-yüksek uygunluk	Uyan. M, 2017
	1000-3000	2	
	3000-5000	3	
	5000-10000	4	
	10000<	5-düşük uygunluk	
	<-100	10-uygunsuz	Özşahin. E ve Kaymaz. K, 2013
	100.01-250	7	
	250.01-500	5	
	500.01-1000	3	
	1000.01->	1-çok uygun	
Yerleşim yerleri	22000-15000	5-en uygun	Obut. Z, 2016
	15000-10000	4	
	10000-5000	3	
	5000-2000	2	
	2000-500	1-en az uygun	
	2000	1-uygunsuz	Nişancı. R vd., 2010
	2000-2500	2	
	2500-3000	3	
	3000-3500	4	
	3500-4000	5-çok uygyn	
	<1000 m	1-düşük uygunluk	Uyan. M, 2016
	1000-2000 m	2	
	2000-5000 m	3	
	>5000 m	4-yüksek uygunluk	

EK-1. (Devam) Çalışma için seçilmiş kriterlere kaynak taramasında verilmiş puanlar

Su kaynakları	Nehirler	0.0-5.0	9-en uygun	Güçlüer. D, 2010
		19.1-26.0	6	
		40.1-47.0	3	
		5.1-12.0	8	
		26.1-33.0	5	
		47.1-54.0	2	
		12.1-19.0	7	
		33.1-40.0	4	
		54.1-61.0	1-en az uygun	
	Göller	0.0-4.0	9-en uygun	Güçlüer. D, 2010
		12.1-16.0	6	
		26.1-32.0	3	
		4.1-8.0	8	
		16.1-20.0	5	
		32.1-39.0	2	
		8.1-12.0	7	
		20.1-26.0	4	
		39.1-46.0	1-en az uygun	
		0-6000	1-en az uygun	Obut. Z, 2016
		6000-12000	2	
		12000-18000	3	
		18000-25000	4	
		25000-34000	5-en uygun	
		< 400	1-uygunsuz	Koca. H, 2019
		400-800	3	
		800-1200	5	
		> 1200	9-yüksek uygun	
	Akarsular	0-1300	1-en az uygun	Obut. Z, 2016
		1300-3000	2	
		3000-5000	3	
		5000-7000	4	
		7000-13000	5-en uygun	
		< 400	1-uygunsuz	Koca. H, 2019
		400-800	3	
		800-1200	5	
		> 1200	9-yüksek uygun	
		500	1-uygunsuz	Nişancı. R ve arkadaşları, 2010
		500-600	2	
		600-700	3	
		700-800	4	
		800-900	5-çok uygun	
		<-500	1-en az uygun	Özşahin. E ve Kaymaz. K, 2013
		500.01 -1000	3	
		1000.01-5000	5	
		5000.01->	7-çok uygun	
Güneş enerjisi potansiyeli		1550-1573	1-en uygun	Güçlüer. D, 2010
		1620-1642	4	
		1689-1711	7	
		1574-1596	2	

EK-1. (Devam) Çalışma için seçilmiş kriterlere kaynak taramasında verilmiş puanlar

Güneş enerjisi potansiyeli	1643-1665 1712-1734 1497-1619 1666-1688 1735-1760	5 8 3 6 9- en az uygun	
	1000-1500 1500-1700 1700-2000 2000-2400 2400-2900	1-en az uygun 2 3 4 5-en uygun	Obut. Z, 2016
	4.11 – 4.20 günlük 4.21 – 4.30 4.31 – 4.40 4.41 – 4.50	1-en az uygun 2 3 4-en uygyn	Türkseven. S, 2019
Eğim	%1 %2 %3 %4 %5 -%5+	5-en uygun 4 3 2 1-en az uygun	Obut. Z, 2016
	%5 + %4 %3 %2 %1	1-en az uygun 2 3 4 5-en uygun	Türkseven. S, 2019
	> 11 11-8 8-4 < 4	1-uygunsuz 3 5 9-yüksek uygun	Koca. H, 2019
	0-1681 1681-3278 3278-4875 4875-6896 6896-21350	1-en az uygun 2 3 4 5-en uygun	Gürbüz. M ve Obut. Z, 2015
	< %1 %1-2 %2-3 %3<	1-yüksek uygunluk 2 3 4-düşük uygunluk	Uyan. M, 2017
	0 - 1 1.01 - 8 8.01 - 16 16.01 - 32 32.01 - 75	10-yüksek uygunluk 7 5 31 1-uygunsuz	Özşahin. E ve Kaymaz. K, 2013
	Kuzey Kuzeydoğu - Kuzeybatı Doğu Güneydoğu - Güneybatı Güney	1-en az uygun 2 3 4 5-en uygun	Türkseven. S, 2019
Bakı			

EK-1. (Devam) Çalışma için seçilmiş kriterlere kaynak taramasında verilmiş puanlar

	Düz Kuzey Kuzeydoğu Doğu Güneydoğu Güney Güneybatı Batı Kuzeybatı	0 – 0-uygunsuz 5 – 1 10 – 1 5 – 1 1 – 1 5 – 3-uygun 10 – 10-çok uygun 1 – 5 1 - 1	Özşahin. E ve Kaymaz. K, 2013
Enerji Nakil Hattı	10000 5000 2500 1000 500	1-en az uygun 2 3 4 5-en uygun	Türkseven. S, 2019
	19218-12661 12661-7612 7612-3843 3843-1507 1507-0	1-en az uygun 2 3 4 5-en uygun	Gürbüz. M ve Obut. Z, 2015
	0km - 2km 2km - 4 km 4 km - 5 km	3-Çok Uygun 2-Uygun 1-Uygun değil	Gül, A., ve Karakoç, A 2017
	0.0-4.0 14.1-19.0 30.1-37.0 4.1-9.0 19.1-24.0 37.1-44.0 9.1-14.0 24.1-30.0 44.1-51.0	9-en uygun 6 3 8 5 2 7 4 1-en az uygun	Güçlüer,2010
	20000-15000 15000-10000 10000-5000 5000-1500 1500-0	1-en az uygun 2 3 4 5-en uygun	Obut, Z 2016

EK-1. (Devam) Çalışma için seçilmiş kriterlere kaynak taramasında verilmiş puanlar

Trafo	5000	1-en az uygun	Türkseven. S, 2019
	4000	2	
	3000	2	
	2000	4	
	1000	5-en uygun	
	52583-37530	1-en az uygun	Gürbüz. M ve Obut. Z, 2015
	37530-28044	2	
	28044-20414	3	
	20414-12372 4	4	
	12372-0	5-en uygun	
	< 3 km	4,38 - Çok Uygun	Gül, A., ve Karakoç, A 2017
	3 km - 6 km	3,15 - Uygun	
	6 km - 10 km	1,30 - Uygun değil	
	52000-37000	1-en az uygun	Obut, Z 2016
	37000-28000	2	
	28000-20000	3	
	20000-12000	4	
	12000-0	5-en uygun	
	0.0-10.0 km	9-en uygun	Güçlüer,2010
	24.1-31.0	6	
	45.1-52.0	3	
	10.1-17.0	8	
	31.1-38.0	5	
	52.1-59.0	2	
	17.1-24.0	7	
	38.1-45.0 4 59.1-66.0	1-en az uygun	

EK-2. Çalışma alanlarında bulunan örnek güneş enerji santralleri

Nö	Adı	Kuruluş tarihi	Kapasite MW	Bölge	Güneş panel sayısı	Kapasite faktörü, %	Alan, ha	Yıllık üretim, kW/saat,	Durumu
1	Gülşat GES	2016	40	Karaganda	160000	16.9000	104	58,6 milyon	Mevcut
2	Akadyr GES	2017	50	Karaganda	192000	16	125	70 milyon	Mevcut
3	Saran GES	2017	100	Karaganda	400000	16.5500	164	147 milyon	Mevcut
4	Akbay GES	2015	1	Güney Kazakistan (Türkistan)	4160	20	70	987 bin	Mevcut
5	Ochistnoy GES	2015	0.9500	Güney Kazakistan (Türkistan)	3800	16.9500	40	600000	Mevcut
6	Zadarya GES	2017	14	Güney Kazakistan (Türkistan)	48116	17	30	10 milyon	Proje aşaması

ÖZGEÇMİŞ

ORCID NO: 0000-0002-3609-186X

Adı Soyadı : Azhar KAIMBEKOVA

Doğum Yeri ve Yılı : Kazakistan, Karaganda şehri, İntaly köyü / 11.09.1993

Ana Dili : Kazakça

Yabancı Dil : Rusça, İngilizce

E-Posta : Kaimbekova.ajar@gmail.com

Eğitim ve Mesleki Geçmişi:

- Lisans: 2012 - 2016, Karagandy Devlet Üniversitesi, Biyoloji ve Coğrafi Fakültesi, Ekoloji Bölümü
- Yüksek Lisans: 2018-2020, Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Çevre Mühendisliği Yüksek Lisans Programı
- Çalıştığı kurum: 2016-2017, Kazakistan Cumhuriyeti Tarım Bakanlığı Su Kaynakları Komitesinin Su Kaynaklarının Kullanım ve Korunması Yönetmeliği Nura-Sarysu Havzası Müfettişliği, Devlet Muhasebesi, Kadastro ve İzleme Bölümünün baş uzmanı, devlet memuru.