

# **TÜRKİYE'NİN DALGA ENERJİSİ POTANSİYELİNE COĞRAFİ BİR BAKIŞ: MUHTEMEL SAHALARIN DEĞERLENDİRİLMESİ**

**KÜBRA METİN  
DOÇ. DR. MUHAMMED ORAL**

**TÜRKİYE'NİN DALGA ENERJİSİ  
POTANSİYELİNE COĞRAFİ BİR BAKIŞ:  
MUHTEMEL SAHALARIN DEĞERLENDİRİLMESİ**

KÜBRA METİN  
DOÇ. DR. MUHAMMED ORAL

**EĞİTİM**  
yayınevi

**TÜRKİYE'NİN DALGA ENERJİSİ POTANSİYELİNE COĞRAFİ BİR BAKIŞ:  
MUHTEMEL SAHALARIN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Kübra Metin, Doç. Dr. Muhammed Oral

**Genel Yayın Yönetmeni:** Yusuf Ziya Aydoğan (yza@egitimyayinevi.com)

**Genel Yayın Koordinatörü:** Yusuf Yavuz (yusufyavuz@egitimyayinevi.com)

**Sayfa Tasarımı:** Kübra Konca Nam

**Kapak Tasarımı:** Eğitim Yayınevi Grafik Birimi

T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı

**Yayıncı Sertifika No:** 76780

**E-ISBN:** 978-625-5971-24-1

1. Baskı, Aralık 2024

**Kütüphane Kimlik Kartı**

**TÜRKİYE'NİN DALGA ENERJİSİ POTANSİYELİNE COĞRAFİ BİR BAKIŞ:  
MUHTEMEL SAHALARIN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Kübra Metin, Doç. Dr. Muhammed Oral

IX+109 s., 160x240 mm

Kaynakça var, dizin yok.

E-ISBN: 978-625-5971-24-1

Copyright © Bu kitabın Türkiye'deki her türlü yayın hakkı Eğitim Yayınevi'ne aittir. Bütün hakları saklıdır. Kitabın tamamı veya bir kısmı 5846 sayılı yasanın hükümlerine göre kitabı yayımlayan firmanın ve yazarlarının önceden izni olmadan elektronik/mekanik yolla, fotokopi yoluyla ya da herhangi bir kayıt sistemi ile çoğaltılamaz, yayımlanamaz.

**EĞİTİM**

yayınevi

**Yayınevi Türkiye Ofis:** İstanbul: Eğitim Yayınevi Tic. Ltd. Şti., Atakent mah. Yasemen sok. No: 4/B, Ümraniye, İstanbul, Türkiye

**Konya:** Eğitim Yayınevi Tic. Ltd. Şti., Fevzi Çakmak Mah. 10721 Sok. B Blok, No: 16/B, Safakent, Karatay, Konya, Türkiye  
+90 332 351 92 85, +90 533 151 50 42, 0 332 502 50 42  
bilgi@egitimyayinevi.com

**Yayınevi Amerika Ofis:** New York: Egitim Publishing Group, Inc. P.O. Box 768/Armonk, New York, 10504-0768, United States of America  
americaoffice@egitimyayinevi.com

**Lojistik ve Sevkiyat Merkezi:** Kitapmatik Lojistik ve Sevkiyat Merkezi, Fevzi Çakmak Mah. 10721 Sok. B Blok, No: 16/B, Safakent, Karatay, Konya, Türkiye  
sevkiyat@egitimyayinevi.com

**Kitabevi Şubesi:** Eğitim Kitabevi, Şükran mah. Rampalı 121, Meram, Konya, Türkiye  
+90 332 499 90 00  
bilgi@egitimkitabevi.com

**İnternet Satış:** www.kitapmatik.com.tr  
+90 537 512 43 00  
bilgi@kitapmatik.com.tr

 **kitapmatik**  
İnternetten alışveriş için  
en uygun fiyatlar

# İÇİNDEKİLER

HARİTALAR LİSTESİ .....	V
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	VI
TABLOLAR LİSTESİ .....	VII
ÖNSÖZ .....	VIII
KISALTMALAR .....	IX

<b>ARAŞTIRMANIN AMACI VE ÖNEMİ .....</b>	<b>1</b>
<b>ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ .....</b>	<b>2</b>

## 1. BÖLÜM

1.1. Coğrafya ve Enerji Coğrafyası .....	4
1.1.1. Enerji Güvenliği .....	11

## 2. BÖLÜM

2.1. Elektrik Enerjisi Üretiminde Fosil Yakıtların Rolü ve Geleceği .....	16
2.1.1. Kömür .....	17
2.1.2. Petrol .....	19
2.1.3. Doğalgaz .....	21
2.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Geleceği .....	25
2.2.1. Güneş Enerjisi .....	26
2.2.2. Rüzgâr Enerjisi .....	26
2.2.3. Hidroelektrik .....	27
2.2.4. Jeotermal Enerji .....	28
2.2.5. Biyokütle Enerjisi .....	29
2.2.6. Hidrojen Enerjisi .....	29
2.3. Nükleer Enerji .....	30
2.4. Türkiye'nin Elektrik Üretiminde Kaynakların Payı .....	32
2.4.1. Kömür .....	33
2.4.2. Doğalgaz .....	34
2.4.3. Güneş .....	34
2.4.4. Rüzgâr .....	35
2.4.5. Hidrolik Enerji .....	36
2.4.6. Jeotermal Enerji .....	36
2.4.7. Biyokütle .....	37

## 3. BÖLÜM

3.1. Denizel Enerji Kaynakları .....	39
3.1.1. Okyanus Termal Enerji Dönüşümü Enerjisi (OTEC) .....	39
3.1.2. Gelgit Enerjisi .....	41
3.1.3. Akıntı Enerjisi .....	43
3.1.4. Osmotik Enerji/ Tuzluluk Gradyan Enerjisi .....	44
3.2. Dalga Enerjisi .....	46
3.3. Dalga Enerjisi Teknolojileri .....	51
3.3.1. Kıyı Şeridi (Shoreline) Uygulamaları .....	51
3.3.1.1. Salınlımlı Su Sütunu ( OWC- Oscillating Water Column) .....	52

3.3.1.2. Daralan Kanal Sistemi (TAPCHAN: Tapered Chanel System).....	52
3.2.1.3. Sarkaç Tipi Dönüşüm Sistemi (Pendular) .....	53
3.3.2. Kıyıya Yakın (Near Shore) Uygulamalar .....	54
3.3.2.1. Osprey.....	54
3.3.3. Kıyıdan Uzak (Offshore) Uygulamalar .....	54
3.3.3.1. Wave Dragon (Dalga Ejderhası) .....	55
3.3.3.2. OPT Dalga Enerji Dönüştürücüsü (WEC) .....	55
3.3.3.3. Pelamis .....	56
3.4. Dalga Enerjisine Etki Eden Bir Faktör Olarak Anadolu Yarımadası'nın Jeolojik ve Jeomorfolojik Özellikleri.....	56
3.5. Deniz Ekosistemi ve Balıkçılık.....	59

#### 4. BÖLÜM

4.1. Bulgular .....	61
4.1.1. Türkiye'nin Dalga Enerjisi Potansiyeli ve Dağılışı.....	61
<b>SONUÇ</b> .....	<b>97</b>
<b>KAYNAKÇA</b> .....	<b>100</b>
<b>ÖZGEÇMİŞLER</b> .....	<b>109</b>

## HARİTALAR LİSTESİ

Harita 1: 2021 yılı Dünyadaki Birincil Enerji Tüketimi .....	13
Harita 2: Dünya Kömür Rezervleri Dağılışı.....	18
Harita 3: Dünya Petrol Rezervleri Dağılışı.....	20
Harita 4: Dünya Doğalgaz Rezervlerinin Dağılışı .....	23
Harita 5: Dünya Kaya Gazı Rezerv Sahalarının Dağılışı.....	24
Harita 6: Dünya Nükleer Santrallerinin Küresel Ölçekte Dağılışı.....	31
Harita 7: Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli .....	35
Harita 8: Türkiye Rüzgâr Enerji Potansiyeli .....	36
Harita 9: Türkiye jeotermal potansiyel haritası .....	37
Harita 10: Dünya OTEC enerjisi potansiyel alanları .....	40
Harita 11: Dünya gelgit enerjisi potansiyel alanları.....	42
Harita 12: Dünya tuzluluk gradyan enerjisi potansiyel bölgeler .....	45
Harita 13: Dünya dalga enerji potansiyeli olan bölgeler .....	49
Harita 14: Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan istasyon verilerinin IDW yöntemi ile haritalandırılması.....	62
Harita 15: Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan istasyonların dağılımı .....	66
Harita 16: Çeşme kıta sahanlığı .....	67
Harita 17: Datça-Simi konumları.....	69
Harita 18: Datça-Bozburun özel çevre koruma bölgesi .....	69
Harita 19: Fethiye-Göcek özel çevre koruma bölgesi.....	71
Harita 20: Dilek Yarımadası- Sisam Adası kıta sahanlığı .....	73
Harita 21: Marmara Denizi ve Adalar özel çevre koruma bölgesi.....	74
Harita 22: Çanakkale Boğazı ve Bozcaada deniz trafiği yoğunluğu .....	76
Harita 23: Sarıyer koruma alanları.....	79
Harita 24: Akçakoca koruma alanı.....	81
Harita 25: Karadeniz eğitim ve atış sahaları.....	81
Harita 26: Akçakoca sahili ve açıklarında bulunan eğitim ve atış sahaları .....	82
Harita 27: İnebolu ve Sinop askeri eğitim ve atış saha bölgeleri .....	83
Harita 28: Kızılırmak Deltası kesin korunacak alanlar .....	84
Harita 29: Giresun Karaburun nitelikli doğal koruma alanı .....	86
Harita 30: Giresun Eynesil nitelikli koruma alanı .....	86
Harita 31: Rize Fındıklı ve Aksu Mahallesi sürdürülebilir koruma ve kontrollü koruma alanı .....	87
Harita 32: Trabzon Vakfıkebir nitelikli doğal koruma alanı .....	88
Harita 33: Antalya Beymelek kesin korunacak hassas alan .....	91
Harita 34: Akdeniz Bölgesi eğitim ve atış sahaları.....	91
Harita 35: Finike askeri eğitim ve atış sahaları.....	92
Harita 36: Antalya kıyıları ve açıkları askeri eğitim ve atış sahaları.....	93
Harita 37: Antalya deniz trafiği yoğunluğu .....	93
Harita 38: Alanya-Gazipaşa-Kahyalar kıyı bandı kesin korunacak hassas alanları .....	94
Harita 39: Mersin ve İskenderun Limanları deniz trafiği yoğunluğu.....	96

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: 1830-2021 Yılları Arası Exajoule (EJ) Cinsinden Dünya Birincil Enerji Tüketimi .....	14
Şekil 2: Türkiye'nin 2022 yılında doğalgaz ithalatı gerçekleştirdiği ülkeler .....	34
Şekil 3: OWC çalışma prensibi .....	52
Şekil 4: TAPCHAN çalışma prensibi .....	53
Şekil 5: Sarkaç Tipi Dönüşüm Sistemi .....	53
Şekil 6: Osprey çalışma prensibi .....	54
Şekil 7: Wave dragon (dalga ejderhası) .....	55
Şekil 8: OPT dalga enerji dönüştürücü .....	55
Şekil 9: Pelamis dalga enerji teknolojisi .....	56
Şekil 10: İstanbul Boğazı yıllara göre gemi geçiş sayısı .....	64
Şekil 11: Çanakkale Boğazı yıllara göre gemi geçiş sayısı .....	64
Şekil 12: Çeşme istasyonu denizin hali .....	66
Şekil 13: Bodrum meteoroloji istasyonu denizin hali .....	68
Şekil 14: Datça meteoroloji istasyonu denizin hali .....	68
Şekil 15: Dikili meteoroloji istasyonu denizin hali .....	70
Şekil 16: Fethiye meteoroloji istasyonu denizin hali .....	70
Şekil 17: Marmaris meteoroloji istasyonu denizin hali .....	72
Şekil 18: Kuşadası meteoroloji istasyonu denizin hali .....	72
Şekil 19: İzmir Bölge meteoroloji istasyonu denizin hali .....	73
Şekil 20: Çanakkale meteoroloji istasyonu denizin hali .....	75
Şekil 21: Bozcaada meteoroloji istasyonu denizin hali .....	75
Şekil 22: Ayvalık meteoroloji istasyonu denizin hali .....	76
Şekil 23: Gölcük meteoroloji istasyonu denizin hali .....	77
Şekil 24: Yalova meteoroloji istasyonu denizin hali .....	78
Şekil 25: Sarıyer meteoroloji istasyonu denizin hali .....	78
Şekil 26: Sarıyer- Kumköy meteoroloji istasyonu denizin hali .....	80
Şekil 27: Akçakoca meteoroloji istasyonu denizin hali .....	80
Şekil 28: İnebolu meteoroloji istasyonu denizin hali .....	82
Şekil 29: Sinop meteoroloji istasyonu denizin hali .....	83
Şekil 30: Samsun meteoroloji istasyonu denizin hali .....	84
Şekil 31: Zonguldak meteoroloji istasyonu denizin hali .....	85
Şekil 32: Giresun meteoroloji istasyonu denizin hali .....	85
Şekil 33: Rize meteoroloji istasyonu denizin hali .....	87
Şekil 34: Trabzon meteoroloji istasyonu denizin hali .....	88
Şekil 35: Hopa meteoroloji istasyonu denizin hali .....	89
Şekil 36: Ordu meteoroloji istasyonu denizin hali .....	89
Şekil 37: Finike meteoroloji istasyonu denizin hali .....	90
Şekil 38: Antalya Bölge meteoroloji istasyonu denizin hali .....	92
Şekil 39: Alanya meteoroloji istasyonu denizin hali .....	94
Şekil 40: Anamur meteoroloji istasyonu denizin hali .....	95
Şekil 41: Mersin meteoroloji istasyonu denizin hali .....	95
Şekil 42: İskenderun meteoroloji istasyonu denizin hali .....	96

**TABLULARLİSTESİ**

Tablo 1: 2021 Yılı Dünya İspatlanmış Fosil Yakıt Rezervleri .....	16
Tablo 2: Ülkeler Bazında Nükleer Enerjiden Elektrik Üretimi (2011- 2021) .....	30
Tablo 3: Türkiye 2021-2022 kaynaklara göre elektrik üretimi .....	33
Tablo 4: Biyokütle Enerji Santrallerinin Kurulu Güç Dağılımı, 2022.....	38
Tablo 5: Türkiye'nin Denizel Alanlarındaki Ortalama Dalga Yoğunlukları .....	51



## ÖNSÖZ

“Türkiye’nin Dalga Enerjisi Potansiyeline Coğrafi Bir Bakış: Muhtemel Sahaların Değerlendirilmesi” adlı bu çalışma, Karabük Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Coğrafya Ana Bilim Dalında Doç. Dr. Muhammed ORAL danışmanlığında hazırlanmış ve 25/08/2023 tarihinde savunularak başarılı olmuş “Türkiye’nin Dalga Enerjisi Potansiyeline Coğrafi Bir Bakış: Muhtemel Sahaların Değerlendirilmesi” adlı yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

Bu çalışma da “ Türkiye’nin Dalga Enerjisi Potansiyeline Coğrafi Bir Bakış: Muhtemel Sahaların Değerlendirilmesi” başlığı altında küresel enerji politikalarında potansiyeli yüksek, yenilenebilir enerjiler içinde yer alan dalga enerjisinin Türkiye elektrik enerjisi üretiminde ve portföyünde üstlenebileceği rolü ortaya koymaktır.

Çalışmamın her anında ve her aşamasında gösterdiği rehberlik ve olumlu tavrı için danışmanım Doç. Dr. Muhammed ORAL’a en içten teşekkürlerimi sunarım. Lisans ve Yüksek Lisans eğitimim süresince hiçbir zaman desteğini esirgemeyen Prof. Dr. Fatih AYDIN’a, Prof. Dr. Ünal ÖZDEMİR’e, Prof. Dr. Osman ÇEPNİ’ye ve Karabük Üniversitesi Coğrafya Bölümünde emeği geçen değerli hocalarıma çok teşekkür ederim.

Hayatımın her anında bana destek olan ve her daim yanımda olduklarını bildiğim annem Birsen METİN’e ve babam Mehmet METİN’e şükranlarımı sunarım. Sonsuz sevgi ve sabırlarından dolayı bu tezi aileme ithaf ederek onlara olan minnettarlığımı ifade ederim.

Desteğini her zaman yanımda hissettiğim lisans ve yüksek lisans arkadaşım Fatih KILIÇ’a teşekkür ederim. Yoluma ışık tutan kıymetli arkadaşlarım Öznur DÜZEN ÖZTÜRK’e ve Büşra BOYLU’ya teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimimde heyecanıma ortak olan kuzenim Gamze KOCA ÇAKIR’a ve eşi Emre ÇAKIR’a teşekkür ederim. Burada adını anmadığım ancak bu uzun yolculuğumu bir şekilde destekleyen kıymetli insanların her birine ayrı ayrı teşekkür ediyorum.

Ulu Önder Mustafa Kemal ATATÜRK’e, Türkiye Cumhuriyeti’nin kuruluşunun yüzüncü yılında biz Türk kadınlarına özgürlüğü, eşitliği ve eğitim hakkını armağan ettiği için teşekkür ederim.

**KISALTMALAR**

<b>AB</b>	: Avrupa Birliği
<b>ABD</b>	: Amerika Birleşik Devletler
<b>BAKKA</b>	: Batı Karadeniz Kalkınma Ajansı
<b>BM</b>	: Birleşmiş Milletler
<b>BOREN</b>	: Ulusal Bor Araştırma Enstitüsü
<b>BP</b>	: British Petroleum/İngiliz Petrol
<b>CO2</b>	: Karbondioksit
<b>DSİ</b>	: Devlet Su İşleri
<b>EIA</b>	: U.S. Energy Information Administration/ ABD Enerji Enformasyon İdaresi
<b>EJ</b>	: Exajoule
<b>EPDK</b>	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
<b>ETKB</b>	: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
<b>EÜAŞ</b>	: Elektrik Üretim Anonim Şirketi
<b>GEPA</b>	: Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası
<b>GW</b>	: Gigawatt
<b>GWEC</b>	: Global Wind Energy Council/Küresel Rüzgâr Enerjisi Konseyi
<b>HELE</b>	: High Efficiency Low Emission Coal/ Yüksek Verimli Düşük Emisyonlu Kömür
<b>HES</b>	: Hidroelektrik Santrali
<b>IEA</b>	: International Energy Agency/Uluslararası Enerji Ajansı
<b>IRENA</b>	: International Renewable Energy Agency/ Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı
<b>KW</b>	: Kilowatt
<b>LNG</b>	: Liquefied Natural Gas/ Sıvılaştırılmış Doğalgaz
<b>MT</b>	: Milyon Ton
<b>MTA</b>	: Maden Teknik ve Arama
<b>MW</b>	: Megawatt
<b>NATO</b>	: North Atlantic Treaty Organization/Kuzey Atlantik Anlaşması
<b>NZE</b>	: Net Zero Emissions
<b>OAPEC</b>	: Organization of Arab Petroleum Exporting Countries/ Petrol İhraç Eden Arap Ülkeleri Örgütü
<b>OPEC</b>	: Organization of the Petroleum Exporting Countries/ Petrol İhraç Eden Ülkeler Örgütü
<b>PV</b>	: Photo Voltaic
<b>SSCB</b>	: Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği
<b>TEİAŞ</b>	: Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
<b>TEMSAN</b>	: Türkiye Elektromekanik Sanayi
<b>TÜİK</b>	: Türkiye İstatistik Kurumu
<b>TW</b>	: Terawatt
<b>TW/h</b>	: Terewatt Saat
<b>YEKA</b>	: Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları

## ARAŞTIRMANIN AMACI VE ÖNEMİ

Bu çalışmanın amacı, küresel enerji politikalarında stratejik hale gelen ve yenilebilir enerjiler içinde yer alan dalga enerjisinin Türkiye elektrik enerjisi üretiminde ve portföyünde alabileceği rolü ortaya koymaktır. Türkiye; Karadeniz, Marmara Deniz'i, Ege Deniz'i ve Akdeniz olmak üzere denizlerle çevrili bir yarımada devletidir. Türkiye'nin 8333 km'lik kıyı şeridiyle dalga enerjisi konusunda büyük bir potansiyele sahip olduğu görölmektedir. Bulunduğu konum itibariyle Türkiye dalga enerjisinden elektrik enerjisi üretimi bağlamında elverişli bir bölgededir. Dalga enerjisinin potansiyelinden yararlanmak adına üretim tesislerinin uygun lokasyonlarının belirlenmesi adına deniz trafiği, askeri alanlar, koruma alanları, balıkçılık, turizm gibi faaliyetlerin gerçekleştirildiği bölgeler göz önüne alınıp değerlendirildiğinde Türkiye'nin dalga enerjisi santrali kurulabilecek kıyı alanlarının mevcut olduğu tespit edilmiştir. Türkiye'nin dalga enerji potansiyelinin yıllık 10 TWh/yıl olduğu belirtilmektedir (Sağlam, vd., 2010, s. 49). Küresel çapta yenilenebilir enerjilere yönelim hızla artarken Türkiye'nin de bu alanda atacağı adımlar önem arz etmektedir.

Türkiye'de teknik anlamda dalga enerji santrali henüz mevcut değildir. Pek çok kez prototip denemeler gerçekleştirilmesinin yanı sıra başarıya ulaşılamamıştır. Politika bazın da dalga enerjisine yönelik çalışmalar sınırlı kalmaktadır. Küresel enerji politikalarında yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik atılan adımların hız kazandığı bilinmektedir. Küresel iklim değişimine yönelik alınan önlemler arasında temiz enerjilerin kullanımın desteklenmesi ve geliştirilmesi açısından politikaların devreye alınması ve yatırım maliyetlerinde önemli payların ayrıldığı görölmektedir.

İnsan yaşamının daha refah ve gelişmiş düzey de sürdürülebilmesi adına tüm kalkınma çabaları yine insan faaliyetlerinin neden olduğu küresel iklim değişikliğine karşı temiz enerji kaynaklarının hayatımıza entegre edilmesiyle gerçekleşecektir.

Yenilebilir enerji kaynaklarının kullanımının, enerji talebi her yıl artmaya devam eden Türkiye'de vazgeçilmez bir alan olduğu aşikârdır. Küresel iklim değişimi konusunda atılacak politik adımların öneminin yanı sıra bu durumun

sürdürülebilir enerji açısından da önemli olduğu bilinmektedir.

Dalga enerjisi adına araştırmaların ve teknolojik yatırımların son yıllarda önem kazandığı göz önüne alındığında Türkiye'nin dalga enerjisi politikalarına ve uygulamalarına yönelik adımlarının yetersiz kaldığı görülmektedir. Tüm dünya için potansiyeli yüksek ve yenilenebilir enerji kaynakları arasında gelecek vadeden dalga enerjisi Türkiye'nin enerji politikalarında yer alması gereken önemli bir kaynak olduğu göz önünde bulundurulmalıdır. Bu bağlamda çalışma, Türkiye'nin enerji güvenliğinde kayda değer kazanımlar sağlayacak dalga enerjisinin uygulanabilirliğini ele almaktadır.

Türkiye'de dalga enerjisiyle ilgili farklı disiplinler tarafından ele alınmış pek çok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalar; (Kaplunan, 2014), (Özdamar, 2000), (Bak, 2003), (Örer vd., 2003) ve (Sağlam ve Uyar, 2005). Bu bağlamda Beşerî ve Ekonomik Coğrafya alanı içinde yer alan Enerji Coğrafyası adına bu çalışmanın literatüre katkı sağlaması amaçlanmıştır.

### **ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ**

Bu çalışmada öncelikle alan yazın taranmıştır ve araştırmanın amacına uygun olarak sınıflandırma yapılmıştır. Araştırma konusu ile ilgili olan çalışmalar değerlendirilerek araştırmanın kuramsal çerçevesi ve ampirik bulgular ele alınmıştır. Alan yazının taranmasında ve değerlendirilme aşamasında Coğrafya literatürünün dışında; Uluslararası İlişkiler, İşletme ve Mühendislik gibi disiplinlerin çalışmalarından yararlanılmıştır.

Çalışma yerel nitelikte olmayıp tüm Türkiye'yi kapsamaktadır. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan denizin hali verileri ile ülkenin kıyılarındaki dalga enerji potansiyeli değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu çalışmada nicel araştırma yöntemi olarak betimsel tarama tekniği kullanılmıştır. Bu kapsamda Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilen denizin hali istatistik verilerinden yararlanılmıştır. İlgili verilere resmi kaynaklar aracılığı ile ulaşılmıştır. Denizin halini ölçen 31 adet istasyon bulunmaktadır. Bu veriler ikincil veri kapsamındadır. Çalışmada günümüzdeki durumu daha iyi ortaya koyabilmek adına son 10 yıllık verilerden faydalanılmıştır. Elde edilen veriler çerçevesinde grafik ve haritalar oluşturulmuştur. Çalışmada neden-sonuç ilkesi çerçevesinde araştırma konusu için belirlenen kriterler (potansiyel, askeri alanlar, kıta sahanlığı, deniz trafiği, turizm) ile ikincil veriler kullanılarak Microsoft Excel programından yararlanılarak grafikler oluşturulmuştur. Bu kriterler ile grafikler arasında ilişki kurularak değerlendirme yapılmıştır. Ayrıca IEA, EIA, BP, IRENA, , ETKB gibi enerji sektöründe önde gelen uluslararası ve ulusal ölçekte çalışmalar yürüten kuruluşların verilerinden de yararlanılmıştır. Veriler Microsoft Excel programında grafiklere dönüştürülerek değerlendirilmelerde

bulunulmuştur. Bu bağlamda söz konusu kuruluşların verilerinde yararlanılarak ikincil verilere yer verilmiştir.

IDW (Inverse Distance Weighted/ Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Yöntemi) enterpolasyon yöntemi, verilen yakın nokta değerlerini kullanarak eksik olan noktaların değerlerini tahmin eden bir yöntemdir (Göğsu ve Hastaoğlu, 2019). Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilen ham veriler ile ArcGIS 10.4 programında IDW yöntemi kullanılarak Harita 14 oluşturulmuştur. IDW sonucuna göre özellikle Karadeniz kıyıları ve Ege kıyılarında dalga enerji potansiyeli barındırmaktadır. Alınan istasyon verilerinin yeterli seviyede olmaması alanların potansiyelini tam olarak ortaya çıkaramamaktadır.

Çalışmada kullanılan bir başka yöntem ise Seyir Hidrografi ve Oşinografi Daire Başkanlığının yayınlamış olduğu “*Denizcilere İlanlar Yılığ* 2022” raporunda bulunan askeri eğitim ve atış sahalarının koordinatları elde edilerek Google Earth platformunda bölgeler işaretlenerek haritalar oluşturulmuştur. Meteoroloji Genel Müdürlüğünden elde edilen veriler ile ArcGIS 10.4.1 programında istasyonların bulunduğu lokasyonları gösteren harita oluşturulmuştur. Bu bağlamda bu iki harita arasındaki bağlantılar değerlendirilmiştir.

# 1. BÖLÜM

## 1.1. Coğrafya ve Enerji Coğrafyası

İnsanlığın kaderinin sayısız defa ortaya koyduğu üzere, bilgi güçtür (Blij, 2019, s. 21). İnsan varoluşundan bu yana içinde yaşadığı ortamı doğasında bulunan merak dürtüsü nedeniyle keşfetme ihtiyacı duymuştur. İnsanlar, bundan dolayı yaşamlarını devam ettirdiği bölgeleri, kullandıkları yolları öğrenip buna göre yön bulmaya; oralara yabancı olan başka insanlara ve gelecek kuşaklara bırakmak amacı ile belgelemeye ve betimlemeye gayret etmişlerdir. İnsanlığın, yazının keşfinden önce, özellikle yön bulma ile ilgili becerilerin geliştirilmesine dayanan tarih öncesinden kalma insanın araştırma ve keşifleri ile yaratılmış bir coğrafya- öncesi (pre-coğrafya) olarak kabul gören bir bilgi birikimi vardır. Bu bilgi birikimi coğrafya- öncesi kabul edilen bilgilere temel olmuştur. İnsanların gereksinimlerinden kaynaklanan bu kazanımlar deneysel bilgiyi ilk defa düzenli bir yapıya dönüştürüp coğrafyaya bilim statüsü kazandırmaları Antik Yunanlılar döneminde gerçekleşmiştir (Gümüşçü, 2015, s. 42-43).

Coğrafya, merkezinde her zaman insan, mekân ve toplumu barındırmakla birlikte, zamanla bu merkezler farklı şekillerde değerlendirilmiş ve yorumlanmıştır. Coğrafyanın bir bilim dalı olarak ortaya çıkması, kurumsallaşması farklı evrelerden dönüşüme uğrayarak gerçekleşmiştir (Yavan, 2014, s. 17-18). Coğrafya kapsamlı bir bilim dalı olması ve çeşitli araştırma sahalarına imkân tanıyan bir laboratuvar barındırması sebebiyle bilimlerde içinde özel bir yere aittir (Oral, 2020).

Coğrafyanın gelişimindeki ilk katkıyı o dönemdeki düşünürler doğal koşulları, kültürü ve o yerlerde yaşayan insanların yaşam biçimlerini bir arada tartışarak bilinen dünyanın topoğrafik tasvirini üretmişlerdir (Jensen, 2019, s. 41). Coğrafya ile haritanın en eski tarihlerden beri iç içe olduğu, mekânın işaretler aracılığı ile kâğıt üzerine aktarılması olarak tanımlanan harita, coğrafya biliminin ortaya çıkmasından uzun zaman önce coğrafyanın bir parçası olarak ortaya çıkmış ve gelişmiştir. Yazı ile dünyanın tasviri, resim ve haritalardan çok daha sonra gelişme göstermiştir (Gümüşçü, 2015, s. 47). İlk coğrafi çalışmalar, insanların yaşadığı ortam, bildiği dünya yapısı ve farklılıklarıyla ilgiliydi. Mısırlı, Babilli ve Yunanlı eski filozofların düşünceleri ışığında kaynağını bulmuştur.

Coğrafya olarak nitelendirilebilecek ilk Yunan yazımlarıyla beraber üç coğrafi geleneğin çıktığı gözlenmektedir. Bunlardan birincisi olan topografik gelenek yeryüzünün ve üzerinde yaşayan canlıların tanımlanmasından oluşuyordu; ikincisi matematik ve astronomik gelenek yeryüzünün çeşitli kısımlarının ölçüsü ve gökyüzü ile olan bağı; üçüncüsü ise teolojik gelenek yani insanın yeryüzünde varoluş nedeni hakkındaki sorulara yanıt aranıyordu (Özgüç ve Tümertekin, 2014, s. 26).

Heredot (MÖ 485-425), öncelikle bir tarihçi olsa da coğrafya ile ilgili görüşlerinden dolayı ilk çağ coğrafyacıların içinde düşünmek mümkündür. Heredot “*Mısır Nil’in hediyesidir.*” sözüyle coğrafyanın önemli ilkelerinden olan nedensellik (sebeup-sonuç) ile ilişki kurmaya en güzel örneği vermiştir (Özçağlar, 2006, s. 245).

Yeryüzünde, topografik olarak belirli bölgelerin özellikleri ortaya konulurken, başka ilgi alanları da gelişme gösteriyordu ki bu da yeryüzünün ölçümü ve astronomiydi. Eratosthenes (MÖ 276-194), “yeryüzünün- tasviri” manasına gelen “coğrafya” (geo-yer ve graphia-tasvir) sözcüğünü kullanan ilk kişidir. (Özgüç ve Tümertekin, 2014, s. 30). Bu dönemin öne çıkan kişilerinden Strabon (MÖ 64-MS 24) Geographica (Coğrafya) adı verilen 17 ciltlik bir eser yazmıştır. Tarihi görüşlerin ağırlık kazandığı bir eser olmasının yanı sıra çevre-insan etkileşiminin iyi analiz yapıldığı, çağdaş coğrafi görüş açısından günümüzde de önemini korumaktadır (Doğanay ve Doğanay, 2020, s.112).

Milattan sonra ilk dönem coğrafyacılarından olan Batı’da genellikle Ptoleme (Ptolemy) olarak bilinen Batlamyus (MS 90-168), Geographia (Coğrafya) olarak bilinen sekiz ciltlik devasa bir eseri kaleme almıştır. Batlamyus eserinde yeryüzünün boyutlarının ölçümüne, derecelere bölünmesine, enlem-boylam hesaplamalarına, harita projeksiyonlarına yer vermiştir. Dünya atlasını yapan ilk kişide Batlamyus’tur (Jensen, 2019, s. 43; Oral, 2020, s. 6).

Roma İmparatorluğu’nun 476’da çökmesinden sonra Avrupa kıtası gibi, coğrafyası da Karanlık Çağ’a girmiştir. Bazı Antik Yunan ve Roma coğrafya eserleri dışında, çalışmaların çoğu kaybolmuş; hatta İskenderiye Kütüphanesinde 400.000 civarındaki yazma eserler tahrip edilmiştir (Özgüç ve Tümertekin, 2014, s. 40). Buna karşılık, Orta çağ İslam dünyasında Avrupa’da yaşanan bilimsel gerilemenin aksine dünya bilgi hazinesi artmıştır. Bu bilimsel bakış açısı, İlkçağda erişilen bilimsel seviyenin yok olmasını engellemiştir. İslam dünyasında keşifler ve keşifler çağına katkı sağlayacak gelişmeler yaşanmıştır.

Bu dönemin önemli coğrafyacılarından biri olan Mesudi (?-956), Al Mürüc Al Zekhb (Altın Çayırklar) adlı eseri günümüze ulaşan bir seyahatnamedir. İslam Dünyası, Hindistan, Kuzey Afrika ve Endülüs’e seyahatlerde bulunduğu bilinmektedir (Akdoğan ve Doğanay, 2020, s. 119). İslam âleminin yetiştirdiği

en büyük bilim adamlarından biri olan Biruni (973-1048), Dünya'nın büyüklüğü hakkındaki en önemli çalışmalardan birini yaparak El Kanun El Maksudi adlı eseri yazmıştır (Özçağlar, 2006, s. 251).

Kaşgarlı Mahmut (1008-1075) tarafından yazılmış Divanü Lugati't- Türk adlı eser özünde bir sözlük olmasına karşılık, mekân isimleri ve Orta Asya'nın coğrafi özellikleri üzerine önemli bilgiler içermektedir. Türkler tarafından çizilen ilk Dünya haritasını içermektedir (Tekeli, vd., 2015, s. 169-170).

Arap gezginleri arasında en tanınanı, İbn Battuta (1304-1368/69 ya da 1377), seyahatleri boyunca edindiği izlenimleri yazdığı kitabı İbn Battuta Seyahatnamesi ya da Rihle, bilimsel başvuru kaynağı olarak yararlanılmaktadır ve aynı zamanda da büyük bir tarihi coğrafya hazinesidir (Doğanay ve Doğanay, 2020, s.123-125). İbn-i Haldun (1332-1406), sekiz ciltlik Kitap El- İbar adlı eserinde, beşerî coğrafya ve jeopolitik- siyasi coğrafya konularına değinmiştir (Üçışık ve Demirci, 2002, s.120).

Orta çağ Hıristiyan dünya haritaları enlem ve boylamların belirtilmediği, coğrafi doğruluğun aranmadığı, teolojik amaçların topografik şekillerin önüne geçtiği gösterimlerdir. En yaygın bilinen örnek ise T'ye benzediği için "T-O haritaları" ya da "tekerlek haritalar" olarak adlandırılırdı. Bu Avrupa haritalarını anlayabilmek için orta çağ başlarındaki Batı düşüncesini içselleştirebilmek gerekir. Günlük yaşamda Katolik Kilise'nin egemen bakış açısı yaşamın diğer bütün alanlarına sirayet ettiği gibi haritacılığı da etkilemiştir (Riffenburgh, 2012, s. 16).

Avrupalı denizciler binlerce yıl boyunca seferlerini kara görüşünü kaybetmeden gerçekleştirmişlerdir. Fakat Çinlilerin birkaç yüzyıl önce bulduğu pusula ile Avrupalı denizcileri kıyı boyunca ilerlemekten öteye taşımış, açık denizlere açılma olanağı doğmuştur. 1270'li yıllarda denizcilik haritalarının kullanılmaya başlandığı kayıtlarda yer almaktadır. Portolan haritalar tıpkı karalar için üretilen yol kılavuzlarına benzer deniz haritalarıdır. (Riffenburgh, 2012, s. 18). Baskı tekniğindeki yaşanan gelişmelerde bilginin yeniden üretiminde ve yayılmasına büyük katkılara yol açmıştır. Bütün bu gelişmeler bilginin yayılımını hızlandırmış, ilk insandan bu döneme gelen merak duygusu artarak devam etmiş dünyanın bilinmeyen yerlerine gidilebileceği fikri ağır basmıştır.

16. yüzyılda bilimsel coğrafya için, en güvenilir kaynaklar ilk çağlardan kalma eserler ile yakın dönemlerdeki seyyahların raporları yer almaktaydı. 15. yüzyılda Batlamyus'un Geography adlı eseri Latince'den Avrupa dillerine çevrilmişti. Marco Polo (1254-1324), 13. yüzyılda ticaret amacı ile çıktığı Asya'yı karadan geçerek Çin'de Moğol İmparatoru'nun sarayında kalmıştı. Polo'nun Travels adlı eseri, keşif yolculuklarının başlamasındaki en önemli adımlardan biri olmuştur (Hanilçe, 2010, s. 48-49).



15. yüzyıl başında Keşif seyahatleri öncülüğünde Avrupa'da Rönesans ve Keşifler Çağı olarak bilinen dönemde kültürel uyanış ile coğrafi bilginin odak noktası yeniden Avrupa'ya yönelmiştir. Bugünün modern dünyası ve küreselleşmenin temelleri keşifler çağında atılmaya başlanmıştır.

Coğrafi keşifler toplumlar arasında ekonomik ve teknolojik farklılıkların en fazla yaşandığı dönem olmuştur. Bu dönemde yeni coğrafyalar/mekânlara ortaya çıkmış ve insanlığın dünya görüşünde değişime imkân sağlayan bilimsel gelişmeler yaşanmıştır. Ticaret yollarının değişimine sebep olan keşifler, Hint Deniz Yolu'nun ve Amerika'nın keşfi ile önemli ticaret yolları olan Baharat Yolu ve İpek Yolu eski önemini kaybetmiştir. Yeni coğrafi bölgelerin keşfi beraberinde sömürgeciliği kurumsal bir hale getirmiştir. (Oral, 2018, s. 2003-2005).

Alexander von Humboldt (1769-1859) ve Carl Ritter (1779-1859) ile başlayan çağdaş coğrafya "Klasik Devre" olarak anılır. Humboldt' un yazmış olduğu Kosmos adlı eseri, "Evrenin Fiziksel Tasviri" olarak ortaya çıkmıştır. Yerbilimleri ve antropoloji ile ilgili bütün bilgileri birbiriyle bağlamıştır (Özgüç ve Tümertekin, 2014, s. 110-116). Ritter'in ilk iki cildi Afrika ve Asya'yı kapsayan Erdkunde adlı eserinin 1817'de yayınlanmasıyla birlikte coğrafyacı olarak anılmaya başlanmıştır. Humboldt ve Ritter'in 1859'daki ölümleriyle coğrafyanın "Klasik Dönem" i sona ermiş, yaklaşık 1945'e kadar sürecek "Modern Dönem" başlamıştır (Jensen, 2019, s. 56-59).

1870'lerde Fransız üniversitelerinde coğrafya kürsüleri kurulmuş, en önemli görevlendirme Paul Vidal de La Blache (1845-1918) olmuştur. İnsan varlığı ve doğa arasında yaşanan sıkı ilişki yüzyıllar içerisinde bir bölge (region) oluşturur. Her biri kendi içinde biricik olan bu bölgeler üzerinde çalışmak coğrafyacının görevi niteliğindedir. Vidal, sistematik coğrafyaya karşı bölgesel coğrafyayı savunmuştur (Jensen, 2019, s. 88).

Modern coğrafya ve siyasi coğrafyanın kurucusu olarak kabul gören Friedrich Ratzel (1844-1904), devlet kavramını düşüncelerinin merkezine oturtmuştur. Ona göre, devlet canlı bir varlıktan farksızdı. Yayılma arzusuyla geniş bir alan kaplar, ölümü ile de haritadan silinir (Boniface, 2018, s. 16-17). Ratzel bu düşünce bağlamında Lebensraum (Yaşam Alanı/Hayat Sahası) kavramını ortaya çıkarmıştır. Kavramı benimseyen Nazi Almanyası ideoloji ve strateji haline getirmiştir.

Ratzel'in fikirlerini benimseyen Karl Ernst Haushofer (1869-1946)'in, kendine özgü tarafı Ratzel'in Organik Devlet Teorisi'ni Almanya'ya uyarlamasıdır. Fakat bunu gerçekleştirirken siyasi coğrafyanın pozitivist anlayışını bir kenara bırakmış, jeopolitik bilimini normatif bir bilim haline dönüştürmüştür (Karaca, 2009, s. 114).

Jeopolitiğin isim babası olan Rudolf Kjellen (1864-1922), “Jeopolitik” kavramını ilk kez 1899 yılında İsveç’in Siyasi Sınırları Hakkında Çalışma adlı makalesinde kullanmıştır. Ratzel’in Siyasi Coğrafya adlı eserindeki devlet düşüncesini benimseyen Kjellen, coğrafi verilerin siyasi olayları etkilediği düşüncesini daha da geliştirmiştir (Tezkan ve Taşar, 2013, s. 106).

Bunun yanında denizler tarih boyunca bütün toplumlar için her zaman stratejik bir öneme sahip olmuşlardır. Bu anlamda hâkimiyetin ve ticaretin temellerini denizler oluşturmuştur. Tarih boyunca devletlerin gücünün temelini oluşturan denizler günümüzde de enerji açısından büyük bir potansiyel barındırmaktadır. Günümüzde de deniz ticaretini elinde tutan toplumların diğerlerine göre ekonomik olarak daha gelişmiş olduğu askeri alanda da daha güçlü oldukları görülmektedir.

Bir bölgeden başka bir bölgeye ulaşım ve bağlantı sağlamanın en engelsiz, zahmetsiz ve ucuz olan yöntemi deniz ve okyanuslar aracılığıyla gerçekleşir. Bu nedenle deniz ve okyanuslar devletlerin sahip olduğu stratejik önemi arttırır. 1890 yılında Alfred Thayer Mahan (1840-1914)’ın yayınladığı Deniz Gücünün Tarih Üzerine Etkisi adlı eserinde denizlerin ve okyanusların öneminden bahsetmiştir (Duman, 2021, s. 81).

19. yüzyılda Sanayi Devrimi sonucu hammadde arayışı ve yeni pazar ihtiyacının doğması ile deniz yollarının önemi artmış, gelişen teknoloji ile mesafeler kısalmıştır. Mahan’ın “Denizlere hâkim olan dünyaya hâkim olur” kavramını içeren Deniz Hâkimiyet Teorisi ortaya çıkmıştır. Mahan ek olarak, hâkimiyet teorisi çerçevesinde Ortadoğu’yu, dünyaya hükmetmek için jeopolitik bir bölge olarak görmüştür (Sevim, 2019, s. 27- 28).

Bir ülkenin denizlere kıyısı olması veya denizlere yakın bir konumda bulunması o ülkenin gelişmesinde, kalkınmasında ve dünya çapında güce erişebilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Dünyadaki yük taşımacılığı, küresel ticaret ve enerji taşımacılığının önemli bir kısmı denizler aracılığıyla gerçekleştirilir (Özsavaş- Atay, 2016). Ayrıca denizler enerji güvenliğinin sağlanmasında ve doğal kaynakların taşınmasında hayati rol oynamaktadır (Oral, 2020, s. 70). Küreselleşmenin de etkisi ile ülkelerin ticaret hacimleri genişlemiştir. Bu sebepten dolayı denizlerde ticaret gemilerin güvenliği açısından donanmaların önemi artmıştır.

1890 yılında dünyanın en büyük ekonomisi haline gelen Amerika Birleşik Devletleri, 2010 senesine gelindiğinde ise Çin dış ticarete ABD’yi geçerek; 120 yıl sonra ABD, liderliğini Çin’e devretmiştir. ABD bu büyüklüğe ulaşırken önce güney (Meksika) ve kuzeyini (Alaska-Kanada) güvenlik altına almış daha sonrasında Pasifik (Hawaii-Filipinler) ve Güney-Orta Amerika’yı (Karayipler) emniyet altına almıştır. Çin’de öncelikle deniz yetki alanlarında genişlemeye

çalışmaktadır. Çünkü deniz diplerinin, karalardan çok daha kıymetli olduğunun farkındadır (Gürdeniz , 2019, s. 221).

Enerji, insanın yaşam taleplerinin karşılanmasında hayati bir kaynak olarak öne çıkmaktadır. Ekonomiyi harekete geçiren ve kalkınmanın yolunu açan enerji dünya çapında büyüme ve gelişmenin lokomotifidir. Artan dünya nüfusu ve gelişen teknolojinin getirmiş olduğu ekonomik ve sosyal alandaki refah seviyesinin yükselmesi ile enerjiye olan ihtiyaç artmıştır. Bu nedenle maliyeti düşük, güvenilir, yeterli seviyede ve kesintiye uğramayan enerji arzı sürdürülebilir kalkınmanın önemli bir parçasıdır.

Coğrafyanın alt disiplini olan Enerji Coğrafyası değişken yapısı sebebi ile stratejik, jeostratejik ve jeopolitik unsurları tayin etmektedir. Bu yönü ile Siyasi Coğrafyanın tamamen içindeymiş gibi düşünülse de böyle bir durum söz konusu değildir. Her iki alt dal da Beşerî ve Ekonomik Coğrafyanın alanlarıdır. Enerji coğrafyası küresel manada siyasi ve ekonomik dalgalanmaları dengeleyen enerji kaynaklarının dağılımını, varlığını ve bunların oluşturduğu beşerî ve ekonomik etkileri strateji ve jeopolitik fenomenler merkezinde incelenmektedir (Oral, 2017, s. 3).

Dünya enerji coğrafyasıyla ilgili tarihsel süreç Sanayi Devrimi ile başlamıştır. Yüksek bir ısı kaynağı olan kömür ilk kez bu dönemde endüstriyel girdi olarak kullanılmıştır. Bu gelişmeyle birlikte dünyada enerji ihtiyacı artmış kömür birincil enerji kaynağı olmuştur. Sanayi devrimi sonrası hızla tükenen kömür kaynakları yeni bir enerji kaynağı arayışına sebep olmuştur. Bu arayış sayesinde kömürden daha işlevsel olan petrole ulaşılmıştır. 20. yüzyıla damgasını vuran petrol ülke ekonomileri açısından önemli bir kaynak olmuştur. Bu sebepten ötürü kaynak coğrafyalarına olan ilgi artmış, hükmetme isteği doğmuştur. Dünya savaşlarının çıkmasında araç değil amaç haline dönüşmüştür. 21. yüzyıla geldiğinde dünyanın önemli enerji kaynaklarından biri olan doğalgaz aynı zamanda enerji güvenliği açısından jeopolitik bir etken olmuştur.

Enerji coğrafyası, enerji kaynaklarının bulunduğu sahaları ve enerjinin arz-talep ilişkisi çerçevesindeki tüm coğrafi öğeleri kapsamaktadır (Sevim, 2019, s. 21). Enerji, kaynak ve arz sahalarında oluşan ticaret hacminden kaynaklanan tedarik zincirinin güvenliliği için sürekli iş birliği içerisinde olunması gerekmektedir. Doğalgaz ve petrolün taşınması büyük oranda sınır ötesi boru hatları ve deniz yolu ile gerçekleştirilmektedir. Belirli bölgelerde toplanan enerji transit noktaları, enerji güvenliği açısından tehdit oluşturabilmektedir. Basra Körfezi ile Arap Denizini birbirine bağlayan Hürmüz Boğazı enerji transit bölgelerinin en önemlisidir. Günlük 21 milyon varil petrol hacmi ile küresel petrol tüketiminin %21'ini karşılamaktadır. Geriye kalan kısım ise Süveyş Kanalı, Babülmendep Boğazı, Malakka Boğazı ve İstanbul-Çanakkale Boğazlarından geçmektedir. Bu geçiş noktalarında çıkabilecek sorunlar büyük

siyasi ve ekonomik gerilimlere neden olabilmektedir (Yergin , 2006, s. 78- 79).

Dünya politik ve jeopolitiğini Sanayi Devriminden bu yana etkileyen enerji, 1970'li yıllarda ortaya çıkan enerji krizleri ve yol açtığı çevre sorunları sebebiyle alternatif kaynak arayışına zemin hazırlamıştır. Gelişmiş ülkeler bu kaynak arayışına yenilenebilir kaynakları ve nükleer enerjiyi koymuştur. Her ne kadar bu kaynaklara olan AR-GE çalışmaları, maliyet düşürme politikaları izleniyor olsa da fosil yakıtların kullanımı uzun süreler varlığını sürdürmeye devam edecektir.

Enerji coğrafyası devletlerin ulusal çıkarlarını gözetken ve bu çıkarları birleştirici bir güç olarak karşımıza çıkarmaktadır. Dünya ekonomisinin büyük bir parçası olan enerji kaynaklarının ulusal-küresel istikrarını ve güvenliğini sağlamak adına etkili bir araçtır. Artan küresel enerji talebinin yanında aşırı fosil yakıt tüketiminin olumsuz sonuçları ile karşı karşıya kalan devletler üretim ve tüketim dengesini korumanın yanı sıra daha verimli ve yenilenebilir bir topluluk oluşturmak adına mevcut enerji kaynaklarını yöneltmeye kararlıdır (Campos ve Fernandes, 2017, s. 23).

Enerji kaynaklarının, rezervleri dünya üzerinde eşit bir şekilde dağılmamış olması sebebi ile enerjinin üretiminden tüketimine kadar olan süreç devletler arası iş birliğini ortaya çıkarmıştır. Devletler arasında yapılan iş birliği ile enerji kimi zaman barış ortamı yaratırken kimi zamanda tehdit unsuruna dönüşerek, dünyadaki barış ortamının bozulmasına sebebiyet vermiştir. Küresel enerji güvenliğinde yaşanabilecek pek çok problem karşımıza çıkmaktadır.

Coğrafya, enerji arz güvenliğinde etkisini özellikle petrol ve doğal gaz gibi fosil yakıtlarda enerji kaynağının enerji arz güvenliğini belirleyen unsurlar olarak rezerv büyüklüğü, kalitesi, bulunduğu jeolojik derinlik, stratejik ve jeopolitik açıdan bulunduğu yer, tüketiciye uzaklığı ve iletim güzergâhı olarak karşımıza çıkmaktadır (Erdal ve Karakaya, 2012).

Türkiye üç kıtanın düğüm noktası olan coğrafi konumu bağlamında bölgesel ve evrensel politikaların hedef ve çekim odağı durumundadır (İlhan, 2004, s. 218). Türkiye enerji coğrafyası bakımından bulunduğu konum itibarıyla hem doğu- batı hem de kuzey- güney arasında bünyesinde terminal ve merkez olma potansiyelini barındıran stratejik bir coğrafyadadır. Ortadoğu, Hazar ve Orta Asya'nın zengin petrol ve doğalgaz rezervlerine yakınlığı enerji jeopolitiğinin belirleyicisi niteliğindedir (Oral ve Özdemir, 2017, s. 953). Her coğrafya bir potansiyel değere ve güce sahiptir. Türkiye gibi coğrafi konumu olan ülkeler coğrafyanın duyarlı yönlerine sahip olduğu kadar dışarıyı etkileme yönünde de potansiyel bir değere sahiptir (İlhan, 2003, s. 21).

### 1.1.1. Enerji Güvenliği

Enerji güvenliği kavramı I. Dünya Savaşı arifesinde dönemin Birleşik Krallık Donanma Başkanı Winston Churchill İngiliz donanmasını Alman donanmasından daha hızlı hale getirmeyi amaçlayan fikriyle ortaya çıkmıştır. Donanmanın bu zamana kadar güvenle kullandığı Galler Bölgesi kömürünün kullanımı yerine İran'dan gelen güvenilir olmayan petrol rezervi kullanım düşüncesi enerji güvenliğini ortaya çıkararak ulusal strateji sorunu haline dönüşmüştür. Enerji güvenliğinin odağında bulunan arz güvenliğinin sürdürülmesi için kaynak coğrafyalarının önemini ortaya koyan Churchill “çeşitlilik, yalnızca çeşitlilik” görüşü ile petrole güvenli ve kesintisiz erişimin gerekliliğini savunmuştur. Churchill'in kararından bu zamana kadar enerji güvenliği büyük önem taşıyamaya devam etmiştir (Yergin, 2016, s. 9). Churchill'in bu görüşünün dünya gündeminde yeniden yer bulması Ortadoğu kaynaklı petrol arzında yaşanan aksaklıklar doğrultusunda gerçekleşmiştir. 1973 Petrol Krizi enerji güvenliği algısının şekillendirici rolü olmuştur. Arap-İsrail Savaşı ile 1973-74 yıllarında OPEC ve OAPEC petrolü bir silah olarak kullanmaya başlamıştır. Öte yandan 1991'de Sovyetler Birliği'nin çöküşü enerji güvenliği endişelerine yeni bir ivme kazandırmıştır. Hazar Havzası'ndaki bağımsızlıklarını yeni kazanmış enerji zengini bu ülkeler, küresel aktörlerin yeni oyun alanları olmuştur (Özdamar, 2006, s. 2).

Enerji altyapısının güvenliği bağlamında işleyişin devamlılığı 21. yüzyılın öncelikli konusu haline dönüşmüştür. Bu bağlamda enerji güvenliğinde dört ana unsur karşımıza çıkmaktadır. Enerji kaynağının var olmasıyla ilintili olan Mevcudiyet (Availability), ihtiyaç duyulan kaynaklara rahatlıkla ulaşılabilmesi Erişilebilirlik (Accessability), talep edenin uygun fiyat ve rekabetçi bir piyasa mekanizması çerçevesinde tercih edilmesi Hesaplılık (Affordability), enerjiye gerektiği sürece ve hiçbir aksaklıkla karşı karşıya kalmadan ulaşılması Sürdürülebilirlik (Acceptability) olarak karşımıza çıkmaktadır (Çelikkpala, 2014, s. 85- 86).

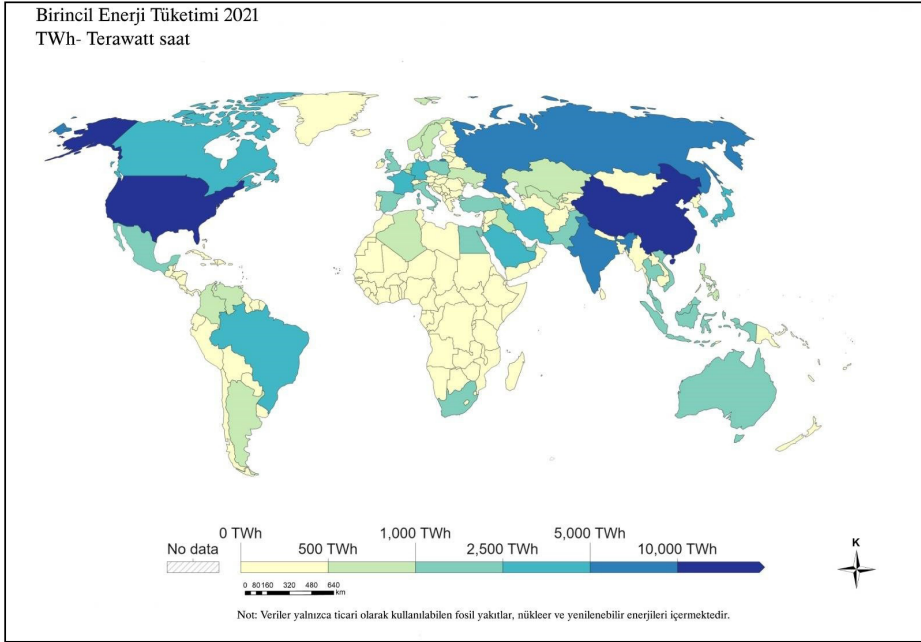
Enerji güvenliği uzun vadede bir ülkenin ekonomik kalkınma ve büyümesinde gerekli olan enerji arzını güvence altına almak adına önemli bir kavramdır. Yüzyılın ortalarına kadar net sıfır emisyonu ulaşılması hedeflenen bir dünyada enerji güvenliği, ulusal sürdürülebilirlik hedefleri ile yakından bağlantılıdır. Enerji piyasasındaki dalgalanmaların yanı sıra jeopolitik olaylar enerji güvenliği risklerini yükseltmektedir (WEF, 2022, s. 12- 15). Soğuk Savaş'ın ardından dünyadaki küreselleşme, piyasaların açılması ve artan endüstriyel enerji talebine olan ilgiyi hızla ortaya çıkarmıştır. Enerji güvenliği açısından incelendiğinde yaşanan talebin kaynak tedarikini yani arz güvenliğini yakından ilgilendirmektedir (Biresselioğlu , 2012, s. 233- 235).

1991 yılında Sovyetler Birliği'nin dağılmasının ardından Orta Asya ve Kafkasya da önemli jeopolitik ve jeoekonomik değişimler yaşanmıştır. Jeopolitik anlamda bölgede yeni sınırlar ve etki alanları oluşurken, jeoekonomik anlamda ise bölgenin sahip olduğu enerji ve hammadde kaynaklarının yeniden keşfi ve yeni bir rekabet alanının ortaya çıkmasına yol açmıştır. Hazar Havzasını bu kadar önemli ve stratejik kılan petrol ve doğalgaz rezervleridir (Ayhan , 2009, s. 346). 20. yüzyılın petrol açısından en önemli bölgesi olan Ortadoğu' da petrol kaynaklı egemenlik mücadelesi devam ederken yerini 21. yüzyılın petrol ve doğalgaz rezervleri göz önüne alındığında Hazar bölgesine dönmüştür. Soğuk Savaş'ın ardından uluslararası sistemde yaşanan tartışmalardan da anlaşılacağı gibi Hazar bölgesindeki enerji rezervlerinin dünya ekonomisinde ne denli öneme sahip olduğu anlaşılmaktadır (Mehdiyoun, 2000, s. 179- 189).

Enerji güvenliği kavramı her ne kadar konvansiyonel kaynaklar ile ilişkilendirilmiş olsa da günümüzde bu düşünce evrimleşmiştir. Alternatif kaynakların ortaya çıkışı ile yenilenebilir enerji teknolojileri için stratejik madenler olarak adlandırılan maden grubu ve nükleer güç için gerekli olan uranyum da enerji güvenliği açısından önem kazanmıştır. Ayrıca fosil kaynaklı çevresel bozulmanın getirmiş olduğu kaygılardan dolayı ülkeler enerji kaynak çeşitlendirmelerine gitmektedir. Elektrik enerjisi ilk başlarda kömür madeninden üretilirken daha sonrasında petrole evrimleşmiştir. 1970'li yıllarda yaşanan enerji krizi nedeni ile elektrik üretimi için nükleer enerjiye, doğalgaza ve yenilenebilir enerjilere yönelim olmuştur. Yaşanan nükleer santral kazalarından sonra nükleer enerjiye daha mesafeli yaklaşmıştır.

Dünyanın çeşitli bölgelerindeki sıcak çatışma ortamı enerji güvenliğinde sorunlara yol açmaktadır. 2022 yılının Şubat ayı başlamış olan Ukrayna-Rusya Savaşı küresel enerji güvenliğinin tehdidine yol açmıştır. Günümüzde yaşanmakta olan enerji krizi ile geçmiş enerji krizlerini birbirinden ayıran en önemli faktör alternatif enerji kaynaklarının teknolojilerinin gelişmesi ve maliyet fiyatlarının düşmesi ile ülkelerin enerji politikalarında daha esnek ve verimli olmasına imkân tanımıştır. Yaşanan enerji dönüşümü dünyayı etkileyen enerji jeopolitiğinde de değişime yol açmıştır.

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde enerji tüketimi daha fazladır. Harita 1'de görüldüğü üzere enerji tüketimi dağılışı ABD ve Çin'de en fazladır. Öte yandan Sahra Altı Afrika ülkelerinde insanların yaklaşık üçte biri elektrikten yoksun durumdadır.

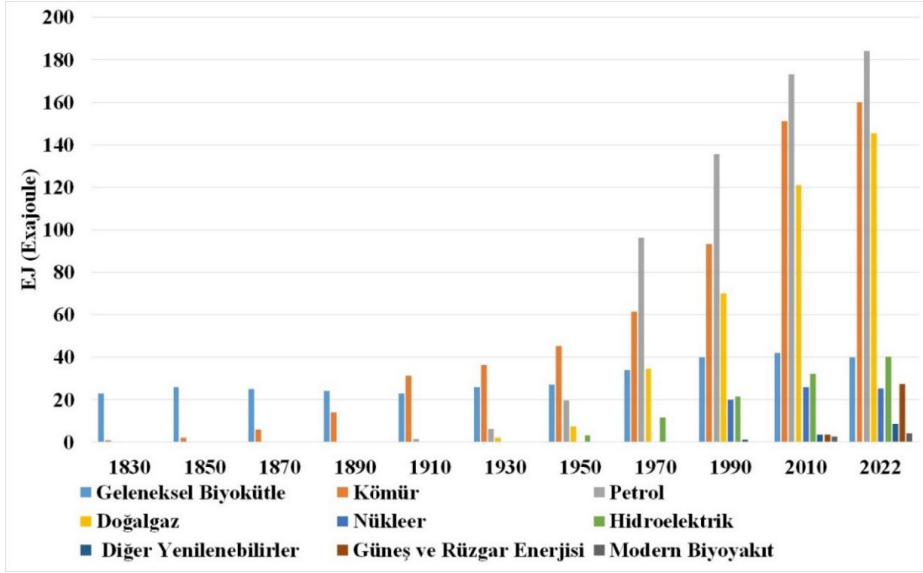


**Harita 1: 2021 yılı Dünyadaki Birincil Enerji Tüketimi**

**Kaynak: URL 1**

Dünyanın dört bir yanında ülkelerinin enerji güvenliğinin kritik yönlerine odaklanan hükümetler, enerjiye erişimi olmayan insanlar için de sürdürdükleri çabalar hayati önem taşımaktadır. Çoğunluğu Afrika ve Asya'da 770 milyon insan elektriğe erişimi olmadan yaşamaya çalışmaktadır. 2013 yılında 613 milyon ile zirveye ulaşan elektriği olmayan insan sayısı, 2019 yılında kademeli olarak 572 milyona gerilemiştir. Ortaya konulan veriler ışığında dünyanın evrensel erişim hedeflerine ulaşma yolunda adımlar atmadığı bunun etkilerinin enerjiye erişemeyen ülkelere daha net görüldüğü ortadadır. 2030 yılına kadar yaklaşık 672 milyon insanın elektriğe erişemeyeceği ve bunların %85'inin Afrika'daki ülkelere olacağı tahmin edilmektedir (IEA, 2022).

21. yüzyıl ile değişen dünyanın yanında enerji güvenliği kavramında da daha kapsamlı bir içerik değişimi yaşanmıştır. Yeni bir bakış açısının geliştirilmesi yaşanabilecek bütün risklere karşı mücadele boyutunda enerji üretimi ve kullanımını alternatif kaynakların ve teknolojilerinin hızla gelişimine itmiştir. Enerji güvenliğine yönelik tehditlerin çeşitlenmesi enerji akışında üretici kaynaklı oluşabilecek aksaklıkların yanında enerji arz zincirinin nasıl korunacağına dair çok yönlü bir değişime yönelim gerçekleşmiştir. Tüm bu durumlar günümüz siyasi, ticari ve güvenlik bazında yaşanan değişimlerin birer yansımasıdır (Çelikpala, 2014, s. 86).



Şekil 1: 1830-2021 Yılları Arası Exajoule (EJ) Cinsinden Dünya Birincil Enerji Tüketimi  
Kaynak: BP, 2022 ve Smil, 2017

1800'lü yıllar üretim biçiminde değişimin hızla hissedildiği, tarım ve ticarete dayalı olan ekonomik sistemin seri üretim ile sanayiye yöneldiğini görmekteyiz. Sanayi Devrimi ile gelişmiş ve geri kalmış iki dünyanın ortaya çıkışı yeni bir ekonomik yapının doğuşuna olanak tanırken dünya enerji tüketiminde ise hem kaynaklar bazında hem de tüketim bazında sürekli bir artışa sebebiyet vermiştir. Şekil 1'de görüldüğü üzere biyoyakıt kullanımı 1800'li yıllardan günümüze kadar toplam küresel enerji tüketimindeki payını korumaktadır. Sanayi Devrimi ile kömür kullanımı hızla artış gösterirken, petrol kullanımı benzinli ve dizel motorlarının icadı ve savaş gemilerinde petrol kullanımının kömüre oranla daha avantajlı olmasından dolayı talep ve tüketim bazında sürekli artışlar yaşanmıştır. 1930'lu yıllarda ticari olarak kullanımı yaygınlaşan doğalgazın süreç içinde sağladığı avantajlar sayesinde tüketim değerleri artmıştır. 1973 ve 1979'da yaşanan petrol krizleri ile küresel iklim değişiminin etkileri üzerine çevresel kaygıların artışı gelişmiş ekonomilerde alternatif enerji kaynaklarına yönelimi zorunlu hale getirmiştir. 1900'lerin başından itibaren kullanımı devam eden hidrolik enerjinin yanı sıra yenilenebilir enerji kaynakları ile nükleer enerji küresel enerji sistemi içerisinde kayda değer paylara sahip olmaya başlamışlardır.

Sanayi Devrimi ile hız kazanan enerji tüketimi enerji kaynaklarının rezervleriyle ilgili gelişmeler ve enerji oyunundaki aktörlerin enerji taleplerindeki hızlı değişimlerin yanı sıra toplumsal reformlara ve teknolojik değişimlere neden olmuştur. Günümüze kadar yaşanan uluslararası devlet



politikaların en önemli unsurlarından biri enerjiye erişim kavramıdır. Yaşanan birçok savaş, ülkelerin dış güvenlik stratejileri enerjiye sahip olma, enerji kaynakları üzerinde denetim kurma isteği doğrultusunda gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin enerjiye bağımlılıkları sebebi ile şekillenmiştir (Sevim, 2012, s. 4380- 4381). Enerji tüketiminde, sanayi devriminden bu zamana kadar belli dönemlerde bir enerji hammaddesi ön plana çıkmış ve toplumsal gelişime damgasını vurmuştur (Pamir, 2012, s. 58).

Buhar makinesi ile yüksek bir değer bulan kömür halen küresel elektrik enerji talebinin %36'lık kısmını karşılamaktadır. İçten yanmalı motorun keşfi ile enerji tüketimine damgasını vuran petrol, egemenliğini petrol krizlerine kadar devam ettirmiştir. Dünyada yaşanan petrol krizleri sonucunda petrole olan bağımlılığın azaltılmak istenmesi ve yaşanan teknolojik gelişmeler sonucunda doğalgaz kullanımı hızla artmıştır (Akpınar ve Başbüyük, 2011, s. 123). Enerji krizi kolay erişilebilen fosil yakıtlar yerine alternatif olabilecek kaynakların araştırılmasına yol açmıştır. Yenilenebilir enerji fikrinin temelleri bu süreçte atılmıştır (Karaaslan ve Gezen , 2017).

Bu süreç nükleer enerjiye ivme kazandırmıştır. Her ne kadar nükleer enerji dünyaya kendini II. Dünya Savaşında Japonya'nın Hiroşima ve Nagazaki kentlerine atılan atom bombalarıyla tanıtmış olsa bile yaşanan bu elim olayın aksine barışçıl kullanımı 1930'lara dayanmaktadır. Nükleer enerjide ilk enerji üretimi 1950'li yıllarda gerçekleşirken talep artışı ise petrol krizinin ardından gerçekleşmiştir. Çevreyi ve insan sağlığını tehdit eden nükleer kazalar toplumsal olarak çekimsizliğe ve kısmen tepkilere yol açmaktadır. Zaman ile insan yaşamındaki koşulların değişimi, enerji tüketiminde artışa yol açmaktadır. Toplumsal refahın sağlanabilmesi adına yeterli düzeyde kaynağa ihtiyaç duyan politika belirleyicileri alternatif enerji kaynaklarına yönelerek yaşanan şartlara yeni çözümler aramaya çalışmıştır. Enerjiye erişim ile ekonomik gelişimler arasında her zaman bir ilişki mevcuttur. 1970-1980 yılları arasında küresel çapta özellikle gelişmiş devletler tarafından enerji teknolojilerine ve AR-GE çalışmalarına belirli bütçeler ayrılırken enerji çeşitliliğini artırmak adına önemli adımlar atılmıştır.

## 2. BÖLÜM

### 2.1. Elektrik Enerjisi Üretiminde Fosil Yakıtların Rolü ve Geleceği

Toplumsal refahı ve hayat kalitesini yükselten temel itici güç enerjidir. Enerji kaynakları birçok ülkenin yüzyılı aşan zaman diliminde endüstriyel gelişimine olanak sağlamıştır. Bunun yanı sıra bir dizi sorunun önümüzdeki yüzyılda enerji kullanım ve tedarik edilme şeklini değişime uğratacağı muhtemeldir. Enerji talebinin sürekli artışı, gelecekteki fosil yakıt rezervlerin belirsizliği, bilinen petrol rezervlerin ise jeopolitik açıdan istikrarsız coğrafyalarda yer alışı enerji güvenliği konusunda ciddi endişelere yol açmaktadır. Temiz, erişilebilir ve güvenli enerjiye talebin artması sebebi ile bu yüzyılın en önemli zorluklarından biri enerji alanında gerçekleştirilecek olan inovasyon ve yatırımdır (Bauen, 2006, s. 893).

Ulusal ve uluslararası strateji bağlamında önemli birer değişken olan kömür, petrol ve doğalgaz jeoekonomi ve enerji gibi birçok boyuta dâhil olmak üzere küresel ölçekte kendini göstermektedir. Enerji kaynakları devletlerin sosyal ve ekonomik kalkınmasında, ulusal ve küresel güvenlikleri için vazgeçilmez bir önkoşuldur. Aynı zamanda bu kaynaklar potansiyel birer dış politika araçları olarak da devletlerin dış politikalarını etkileyebilecek önemde birer faktörlerdir (Campos ve Fernandes, 2017, s. 25).

Tablo 1: 2021 Yılı Dünya İspatlanmış Fosil Yakıt Rezervleri

BÖLGE	PETROL (milyar varil)	DOĞALGAZ (trilyon m <sup>3</sup> )	KÖMÜR (milyar ton)
Kuzey Amerika	242,9	15,2	256.734
Orta ve Güney Amerika	323,4	7,9	13.689
Avrupa	13,6	3,2	137.240
Ortadoğu	835,9	75,8	1203
Afrika	125,1	12,9	14.837
Bağımsız Devletler Topluluğu (CIS)	146,2	56,6	190.655
Asya ve Pasifik	45,2	16,6	459.750
Dünya Toplam	1,73 trilyon varil	188,1 trilyon m <sup>3</sup>	1.07 trilyon ton

Kaynak: BP Statistical Review of World Energy, 2022.

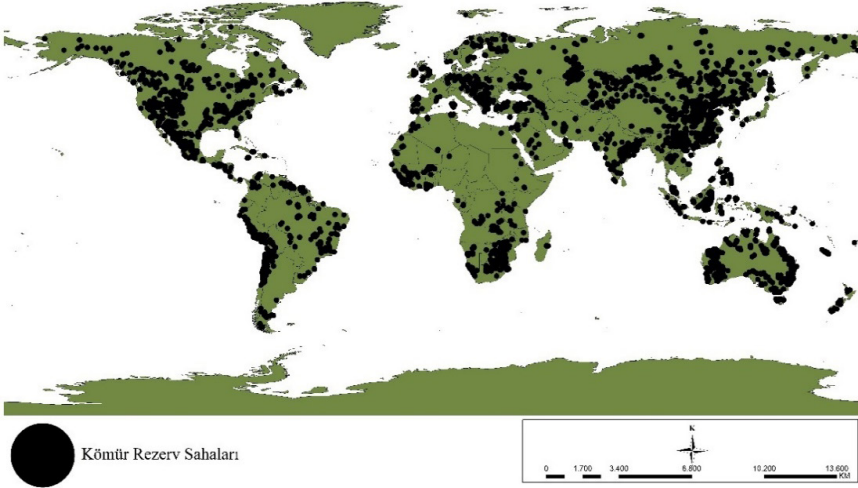
BP, 2022 verilerine göre, 2021 küresel birincil enerjinin yaklaşık %82'lik kısmını fosil yakıtlar karşılamaktadır. Tablo 1'de fosil yakıt rezervlerinin bölgesel dağılımı gösterilmektedir. Buna göre petrolde 835, 9 milyar varil ile Ortadoğu bölgesi en yüksek rezerve sahipken onu 323, 4 milyar varil ile Orta ve Güney Amerika bölgesi takip etmektedir. 13, 6 milyar varil ile en düşük petrol rezervine sahip bölge Avrupa'dır. Doğalgaz rezervleri ise 75, 8 trilyon m<sup>3</sup> ile Ortadoğu'da bulunmaktadır. 57 trilyon m<sup>3</sup> ile Bağımsız Milletler Topluluğu ülkeleri doğalgaz rezervlerinde oldukça önemli bir konumdadırlar. Avrupa ise petrol rezervlerinde de olduğu gibi doğalgaz rezervlerinde de 3,2 trilyon m<sup>3</sup> ile en alt sırada yer almaktadır. Asya ve Pasifik ülkelerinin yaklaşık 460 milyar tonluk kömür rezervi bulunmaktadır. Sonrasında en fazla paya sahip Kuzey Amerika ülkeleri 257 milyar ton ile en az paya sahip 1203 milyar ton ile Ortadoğu ülkelerindedir.

### 2.1.1. Kömür

Bitkisel kökenli bileşenlerin karışımından oluşan kömürün asıl bileşeni karbondur. Değişen miktarlarda hidrojen, kükürt, oksijen, azot içerir. Milyonlarca yıl içinde farklı karbonizasyon aşamasından geçen kömür ne kadar derinde ise malzemenin yüksek sıcaklık ve basınca maruz kalması daha fazla bitki kalıntısını karbona dönüştürür (URL 2).

Milattan öncesine uzanan kömür kullanımına dair kayıtlar Çin'e aittir. Uygarlık için gerçek önemini 18. yüzyılın ikinci yarısında kazanacaktır (Doğanay vd., 2015, s. 287). Kömürün enerji kaynağı olarak önemini günümüzde de sürdürmesi ön görülmektedir. Buna istinaden BP 2022 verilerine göre birinci enerji tüketiminin %26'sı ve küresel elektrik üretiminin %36'lık kısmı kömürden karşılanmaktadır.

Dünya çapında birkaç bölgede yoğunlaşan petrol ve doğalgaz rezervlerine kıyasla kömür rezervleri (bkz. Harita 2) geniş coğrafi dağılışı göstermektedir. Kömür her ne kadar 1900'lü yılların başında siyasi güç olarak kullanılsa da günümüzde bu önemini kaybetmiştir. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin enerji politikalarına bakıldığında enerji güvenliği için tek çeşit enerji kaynağına bağımlı kalınmamaktadır. Ayrıca söz konusu olan ülkelerin kömürün çevreyi kirlletmesi ve toplum sağlığına etkilerinden dolayı kömür kullanımına mesafeli durmalarına yol açmaktadır.



**Harita 2: Dünya Kömür Rezervleri Dağılışı**

**Kaynak: BP Statistical Review of World Energy, 2022 verilerinden yararlanılarak oluşturulmuştur.**

Kömürün sıfır emisyon hedefleri doğrultusunda kirletici emisyonların önemli ölçüde azaltılması ile doğru orantılıdır. Gelişen enerji teknolojileri ile kömürün gazlaştırılması (coal gasification) ve sıvılaştırılması (coal to liquid/coal liquefaction) çevre üzerindeki etkisini azaltırken kömür kalitesini yüksek seviyelere çekmektedir. Öte yandan yüksek verimli düşük emisyon (HELE/High Efficiency Low Emission Coal) sağlayan teknolojilerinden yararlanılarak kullanımı sürdürülebilir. Fakat bu uygulamaların yaygın hale gelebilmesi için ekonomik anlamda maliyet düşmesi gerekmektedir. Şu anda söz konusu olan teknolojiler maliyetli olduğundan dolayı küresel çapta ilgi çekmemektedir (Pudasainee vd., 2020, s. 32).

Paris Anlaşması'nın imzalanmasının ardından 53 ülke ve Avrupa Birliği net sıfır emisyon elde etme sözü vermişlerdir. 2021 yılının ortalarından itibaren 21 ülkenin elektrik üretiminde kömür kullanımı hız kesmezken, Portekiz (2021) ve Şili (2040) aşamalı olarak kaldırmayı taahhüt ettiler. Bunun yanı sıra Avusturya (2020), Belçika (2016) ve İsveç (2020) gibi az sayıda ülke kömür tüketimini sonlandırdı. Bu taahhütler küresel kömür yakıtlı üretimin sadece %4,1'ini ve CO<sub>2</sub> emisyonlarının %1,3'ünü kapsamaktadır (URL 3)

2021' de küresel ekonominin Covid-19 pandemisinin ilk şokunun atlatılmasının ardından artan doğal gaz fiyatlarıyla birlikte kömür ile çalışan elektrik üretimini tetiklemesinin ardından dünya çapında %5,8 artarak 7.947 milyon tona (Mt) yükseldi. 2021 küresel kömür tüketimi, 2019 seviyelerinin üzerine çıkarak tüm zamanların en yüksek seviyesine yaklaştı. Karbondioksit

(CO<sub>2</sub>) emisyonlarında mutlak anlamda bu zamana kadar ki en büyük yıllık artışa önemli ölçüde katkıda bulundu. Elektrik üretimi için kullanılan kömür miktarı bir önceki yıla göre %7 artış ile 5.350 Mt' a ulaştı (URL 4).

Dünyanın en büyük kömür tüketicisi olan Çin 2021'de %4,6 artarak tüm zamanların en yüksek seviyesi olan 4230 Mt' a ulaştı. Çin dışındaki başak bir ülke tarafından bir yılda tüketilen en büyük miktar ile Hindistan 2021'de 1053 Mt kömür tüketimi ile tüm zamanların en yüksek seviyesine ulaştı. Hindistan'ın kömür tüketimi %12 artarken, kömür talebinin dörtte üçü elektrik üretimi için gerçekleşti. ABD'de %15'lik ve AB'de %14'lük artışlar kaydedildi. Bu artışların başlıca nedeni 2021'in ikinci yarısında gaz fiyatlarındaki artış sebebi ile elektrik üretiminde gazdan kömüre geçişten dolayı gerçekleşmiştir. Buna rağmen 2021 yılında ABD ve AB'de kömür tüketimi 2019 seviyelerinin altında kalmıştır (URL 4).

1970'lerde başlayan enerji krizlerinin yanı sıra çevre bilincinin etkisi ile beraber alternatif enerji ya da yenilenebilir enerji olarak adlandırılan bir dizi enerji kaynağına yönelen dünya, kendine yeni bir enerji kaynağı girdisi oluşturmuştur. Bu sayede yenilenebilir enerjiye yatırımlar artmıştır. Elektrik üretiminde yenilenebilir enerjinin istikrarlı artışı devam etmektedir. 2019 yılında başlayan pandemi nedeni ile fabrikaların üretim hızı neredeyse durma noktasına gelmiş, Avrupa'daki birçok devlet kömür ile enerji üretimini kısıtlamaya yönelmiştir. 2021 yılına gelindiğinde ise pandeminin etkisi azalmış ve fabrikalar tam kapasite çalışmaya devam etmiştir artan bu talep doğrultusunda doğalgaz fiyatları artmıştır. Ayrıca Rusya-Ukrayna Savaşının yarattığı doğalgaz tedarik sıkıntıları küresel çapta enerji krizine sebep olmakla birlikte kömüre olan talebi artırmıştır. Kömür halen elektrik üretimindeki güçlü konumunu korumaktadır.

### **2.1.2. Petrol**

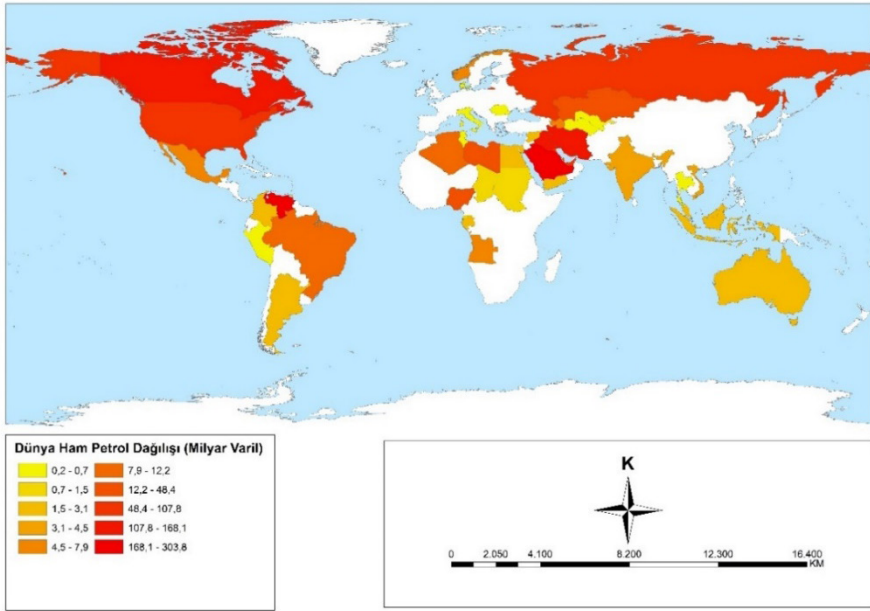
Petrol, kimyasal olarak %85-90 oranında karbon ve %10-14 oranında hidrojenden oluşan petrol, hidrokarbon karışımlardan meydana gelmekle beraber her zaman sabit bir kimyevi bileşime sahip değildir (Engin, 1984- 85 , s. 105). 1850'li yılların sonlarında "Pennsylvania Rock Oil Company" adlı bir şirket tarafından ABD'nin Pennsylvania eyaletinde ticari amaç güdülerek ilk petrol aramaları gerçekleştirilmiştir (Öztürk ve Saygın, 2017, s. 1). Petrol 19. yüzyılda kaya yağı (rock oil) olarak adlandırılırken 20. yüzyılda taşımacılık alanındaki yaygın kullanımı sebebi ile siyah altın olarak anılmaya başlanmıştır (Yardımcı ve Tuğan, 2021, s. 1).

Dünyanın en zengin petrol yatakları yoğun bir şekilde iki büyük alanda toplanmıştır. Bu sahalardan ilki Rusya'nın kuzeyinden Ortadoğu'nun güneyine uzanan sahadır. Bir diğeri ise Batı Kanada'nın güneyinden ABD'nin batısına

oradan da Güney Amerika'nın kuzeyine ve batısına doğru uzanan sahadır. Petrol sahaları daha geniş manada incelendiğinde dört bölgenin ön plana çıktığı görülmektedir. Bunlar:

1. Ortadoğu-Doğu Akdeniz, Kızıldeniz, Karadeniz, Hazar Denizi ve İran (Basra) Körfezi ile çevrili olan bölge.
2. Meksika Körfezi ve Karayip Denizi'nin çevrelediği bölge.
3. Uzakdoğu'da Endonezya ve çevresindeki diğer alanlar.
4. Kuzey Denizi çevresindeki alanlar.

Dünya siyasetinde önemli bir faktör olan petrol belirli sahalarda kümelenmiştir. İktisadi anlamda dünyanın en önemli hammaddesidir (Tümertekin ve Özgüç, 2016, s. 366).



**Harita 3: Dünya Petrol Rezervleri Dağılışı**

**Kaynak: BP Statistical Review of World Energy, 2022, verilerinde yararlanılarak oluşturulmuştur.**

Harita 3'te gösterilen bölgelere göre 2022 dünya kanıtlanmış petrol rezervleri şu şekildedir; Ortadoğu, dünya petrol rezervleri bakımından % 48,3'lük oran ile en büyük petrol kaynağına sahiptir. Bu bölgeden sonra ikinci büyük petrol rezervine sahip olan bölge %18,7'lik oran ile Orta ve Güney Amerika'dır. Daha sonrasında Kuzey Amerika %14, Avrasya %8,4, Afrika %7,2, Asya Pasifik %2,6 ve Avrupa %0,8 oranında dünya petrol rezervlerine sahiptir. Ülke bazında bakıldığında ise Venezuela 303,8 milyar varil ile dünyada birinci sıradadır.

Sanayi devrinde ekonomik, askeri, politika belirleyicilerin kaynağı ve yaşanan uluslararası sorunların kimi zaman gizli kimi zamanda apaçık nedeni enerji kaynağı olarak sembolize edilmiş petrol yatmaktadır. Günümüze kadar yaşanan birçok savaşın, uygulanan uluslararası politikaların ardındaki en önemli unsurlardan biri olan petrol kabul edilmektedir. Yaşanan mücadelelerin kilit bölgesi ise Ortadoğu olmuştur. Bu bölgede yaşanan Arap-İsrail Savaşı, İran-İrak Savaşı ve Körfez Savaşları gibi pek çok çatışmaya şahitlik etmiştir. Bu bölgeyi bu kadar özel kılan jeopolitik konumunun yanı sıra modern dünyanın şekillenmesindeki en önemli hammaddelerinde biri olan petrolü topraklarında barındırmasındadır (Sevim, 2020, s. 58).

Dünya elektrik üretiminde petrol “Petrol Krizleri” patlak verene kadar önemli bir kaynak olmuştur. Fakat petrol krizleri ile enerjiye erişimde büyük sorunlar oluşmaya başladığından dolayı enerji güvenliğinden kaygı duyan ülkeler alternatif kaynaklara ve doğalgaza yönelmeye başlamıştır. 1973’de petrol krizinin yaşandığı yılda kaynaklara göre elektrik üretimi incelendiğinde petrolün payı %25 civarındadır. Bu ciddi paya sahip olan petrol 2021 yılında ise %3'lere kadar gerilemiştir. Fakat elektrik üretiminde petrolün payının düşmesi diğer sektörlerde de payının düşmesi olarak anlaşılmamalıdır.

Her ne kadar elektrik üretiminde petrolün payı düşük olsa da 2021 yılında 184,21 EJ petrol tüketilmiştir. Dünya birincil enerji tüketiminde ise %30'luk bir paya sahiptir. Petrolün sektörel kullanımı ise daha çok ulaştırma (%48,6) ve petro-kimya endüstrisi tüketimindedir. Bu iki sektör küresel petrol tüketiminin %65'ini oluşturmaktadır.

2019 yılında günlük 100,27 milyon varil talebi olan piyasanın, 2020 yılında Covid-19 pandemisi nedeni ile bu talep günlük 91,19 milyon varile kadar gerilemiştir. 2022 yılında ise Covid-19 pandemisinin etlilerinin azalması ile küresel çapta günlük 99,57 milyon varile yükselmiştir. OPEC’ in yayınlamış olduğu “Dünya Petrol Görünümü 2045” raporuna göre küresel petrol talebi 2021 yılına kıyasla 2027 yılında %10, 2045 yılında ise %13 artması beklenmektedir.

### **2.1.3. Doğalgaz**

Doğalgaz, kullanımı oldukça eski bir geçmişe sahip bir enerji kaynağıdır. Enerji kaynağı olarak ilk kez 1816 yılında ABD’de Charleston (Batı Virginia) bölgesindeki bir tuz madeni civarında keşfedilmiştir. Ticari amaç güdülerek boru hatları ile ilk taşınması 1883’te ABD’de gerçekleştirilmiştir (Doğanay vd. ,2015, s. 296).

Yataktan çıkarıldığı gibi kullanıma sunulamayan doğalgaz, içeriğindeki çeşitli değerli sıvıların ve katıların ayrıştırılmasıyla bazı kimyasal işlemlere tabi olmaktadır. Ticari amaç doğrultusunda kullanıma sunulan doğalgaz da %80-95 metan, %5-10 etan ve propan ve geri kalan kısmı ise azottan oluşmaktadır.

Doğalgaz, petrolün çıkartıldığı yöntemler ile yer altından çıkartılmaktadır ve bu nedenden dolayı konvansiyonel (geleneksel) bir kaynaktır. Kaya gazı (shale gazı), kum gazı (deniz tabanında bulunan metan hidrat) ve kömür yatağı gazı konvansiyonel olmayan doğalgaz türlerindedir. Petrolünde bileşenlerini oluşturan hidrokarbon bileşenleri doğalgazı da oluşturmaktadır (Bayraç, 2018, s. 14).

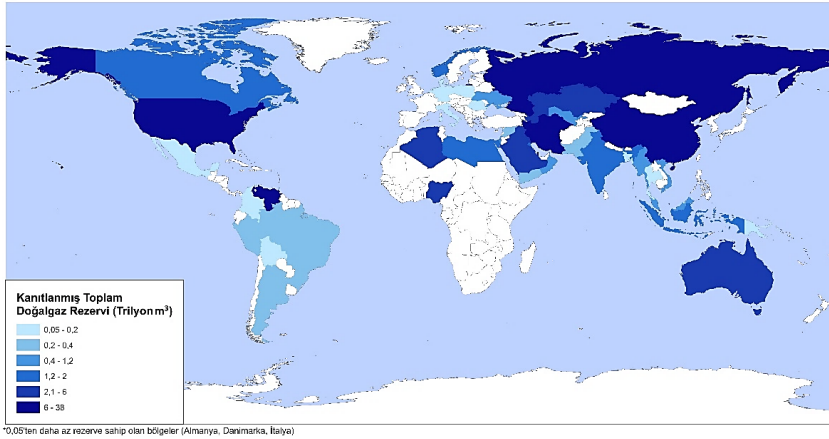
Petrol kuyularının açıldığı ilk dönemlerde büyük miktarlardaki doğalgaz değerinin bilinmemesinden kaynaklı ve kullanımındaki teknolojik eksiklik ile havaya karışmasına ya da yakılmasına izin verilmiştir. Değerinin anlaşılması ve boru hatları ile sıvılaştırma teknolojilerinde yaşanan gelişmeler ışığında yaygın kullanım alanı bulmuştur. 1970'lerde yaşanan petrol krizlerinin ardından üretim, tüketim ve ticaretindeki hızlı yükselişi ile kısa sürede önemli bir enerji aktörü haline dönüşmüştür (Karabulut, 2003, s. 108).

Isıl değerinin yüksek olması, atmosferik basınçta  $-164^{\circ}$  C'nin altında soğutularak sıvılaştırılması (LNG-Liquified Natural Gas) ardından özel olarak tasarlanmış gemiler ile taşınarak tüketim bölgelerine iletilmesi ve sıvılaştırılmış gazın yeniden sıkıştırılması ile yeniden gaz formuna dönüşmektedir. Bunun gibi birçok avantaj doğalgaz kullanımını ciddi oranda arttırmaktadır (Süar, 2011, s. 7).

Doğalgazın üretim alanlarından tüketim merkezlerine olan mesafe sebebiyle boru hatları veya tankerler ile taşınması gerçekleştirilmektedir. Denize kıyısı bulunmayan ülkeler için boru hattı taşımacılığı uygulanırken deniz aşırı doğalgaz ithalatında ise tanker taşımacılığı uygulanmaktadır. Gelişmiş ve gelişen ekonomilerin doğalgaz ihtiyaçlarındaki aşırı artış ve Rusya-Ukrayna krizindeki gibi güvenlik sorunlarının baş göstermesi tanker taşımacılığını kaçılmaz kılmaktadır. Doğalgazın diğer fosil yakıtlara göre dezavantajı saklama, depolama ve taşıma maliyetlerinin yüksek olmasıdır (Bayraç, 2018, s. 15).

Gaz ve buhar türbinleri kullanılarak önemli bir elektrik üretim kaynağı olan doğalgaz, fosil yakıtlar kullanılarak enerji elde edilebilecek en temiz güç kaynağıdır. Doğalgaz eşdeğer miktarda ısı üretimi sağlayan petrole göre yaklaşık %30 kömüre göre ise yaklaşık %45 daha az karbondioksit üretir (Demirel, 2012, s. 35).





**Harita 4: Dünya Doğalgaz Rezervlerinin Dağılışı**

**Kaynak: BP Statistical Review of World Energy, 2022, verilerinden yararlanılarak oluşturulmuştur.**

Kanıtlanmış doğalgaz rezervleri incelendiğinde toplam kanıtlanmış rezerv miktarı 6641 trilyon m<sup>3</sup>'tür. Bölge dağılışı olarak bakıldığında ise %40 Ortadoğu, %30 Bağımsız Devletler Topluluğu (Azerbaycan, Kazakistan, Rusya, Türkmenistan, Özbekistan), %9 Asya-Pasifik, %8 Kuzey Amerika, %7 Afrika, %4 Orta ve Güney Amerika, %2 rezerv ile Avrupa gelmektedir.

2021 yılında 28.466 TWh elektrik üretimi gerçekleşmiştir. 2050 yılında ise 55.500 TWh'e yükseleceği öngörülmektedir. 2021 yılında yenilenebilir enerji kaynaklarının (güneş ve rüzgâr) payı %11'dir. Gelişen teknoloji, yatırım ve düşen maliyetler ile bu oranın %50 seviyelerine çıkması tahmininde bulunmaktadır. Yenilenebilir kaynakların bu yükselişi özellikle kömürün elektrik üretimindeki payını düşürecektir. Doğalgaz, elektrik üretiminde 2021 yılında %23'lük bir paya sahiptir. 2030 yılına gelindiğinde mevcut payını koruması 2050 yılına gelindiğinde ise bu oranın %19'a gerilemesi öngörülmektedir (GECF, 2022, s. 58).

IEA tarafından oluşturulan gelecek senaryolarında ise doğalgaz için üç farklı öngörüde bulunmaktadır. STEPS senaryosunda doğalgazdan elektrik üretiminde 2021 yılından 2030'a kadar %20'ye, 2050'de ise bu oranın %13'e gerileyeceği öngörülmektedir. Bir diğer senaryo olan APS'de ise doğalgazın payı 2030 yılında %17'ye, 2050'de ise bu payın %6'ya kadar düşmesi öngörülmektedir. NZE senaryosunda ise fosil yakıtların tüketim hızı daha hızlı düşmekte, 2040 yılında net sıfır emisyon hedeflerine ulaşılmaktadır (IEA, 2022, s. 282).

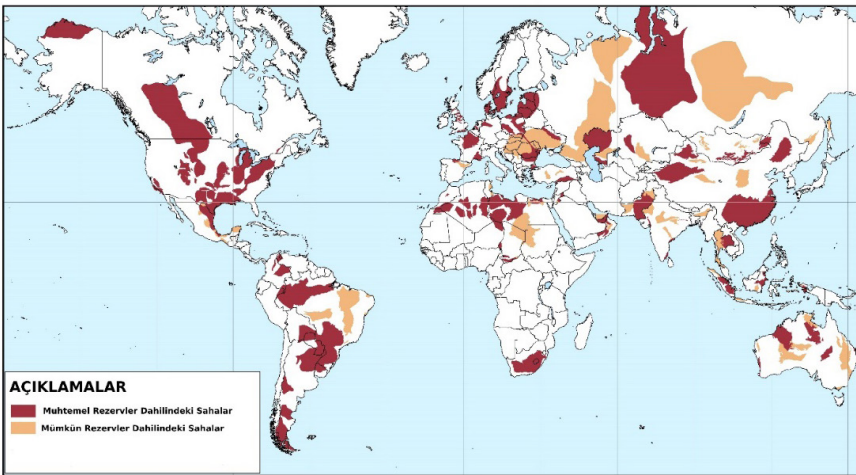
Petrol ve doğalgaz gibi kaynakların hızla artan enerji ihtiyacına yetememesi enerji ihtiyacının karşılanmasına yardımcı olabilecek yeni enerji kaynaklarına

yönelimi artırmıştır. Bu sebepten ötürü geleneksel olmayan (ankonvansiyonel) enerji kaynakları olarak bilinen şeyl gazı/ kaya gazı, bitümlü şeyl, kömür kökenli gaz, üretilmesi güç gaz, gaz hidratlar, ağır-petrollü kum taşları değerlendirmeye alınmıştır (Yalçın Erik, 2016, s. 212).

Fosil enerji kaynaklarında olduğu gibi kaya gazının da potansiyel çevresel etkileri konusunda çeşitli tartışmalar söz konusudur. Kaya gazının sondaj sürecinde çevreye verdiği hasarlar açısından eleştirilmektedir. Temiz su kaynaklarının kullanımı, yeraltı sularının kirletilmesi, sondaj işlemi esnasında yaşanan sarsıntılar, toprak kaybı ve tarımsal arazilerde kontrolsüz kullanım bu eleştirilere yol açan başlıca sebeplerdendir (Karagöl ve Kavaz, 2017, s. 21).

ABD ekonomik gelişimlerini istikrarlı bir şekilde devam ettirebilmek adına enerji kaynaklarındaki çeşitliliği göz önüne alarak bu süreci yönetmektedir. ABD dışında kaya gazı üretiminde önde gelmesi beklenen ülkelerden bir diğeri ise Çin'dir. Avrupa kaya gazı potansiyeline sahip bir kıta durumunda iken kamuoyunun çevresel hassasiyetleri adına kaya gazının üretiminde politik adımlar atmak durumundadır. Avrupa, kıtanın en büyük doğalgaz tedarikçisi olan Rusya'ya bağlı durumunu, kaya gazı üretimini artırılması durumunda Rusya'ya olan bağımlılığı bir nebze hafifleyecektir. ABD'de başlayan kaya gazı üretimi, potansiyele sahip Avrupa ve Asya ülkelerinde de yaygınlaşması ile jeopolitik etkilere sebebiyet verecektir (Demirtaş, 2013, s. 17- 20).

Rusya-Ukrayna Savaşı sebebiyle enerji krizi yaşayan Avrupa, enerji stratejisinde enerji güvenliğini önceleyen alternatifleri değerlendirmeye başlamıştır. Doğalgaz fiyatlarındaki hızlı yükseliş, kaya gazı çıkarımdaki teknolojik ilerlemeler ve kaya gazının çıkarılma maliyeti göz önüne alındığında doğalgazın ithal edilmesinden daha mantıklı bulunmaktadır (URL 5).



Harita 5: Dünya Kaya Gazı Rezerv Sahalarının Dağılışı

Kaynak: URL 6

Dünya kaya gazı rezerv tahmini yapılan bölgeler incelendiğinde petrol ve doğalgaz rezervlerine oranla dünyanın çeşitli bölgelerinde yaygın bir dağılım göstermektedir. Harita 5'te görüldüğü üzere Kuzey ve Güney Amerika kıtalarında yoğun olarak bulunmaktadır. Avrupa kıtasında Polonya ve Fransa haricinde önemli bir potansiyele sahip olmadığı görülmekle birlikte çok sayıda rezerv tahmin çalışmaları yapılmaktadır. Öte yandan Asya kıtası Çin ve Rusya göz önüne alındığında önemli kaya gazı rezerv potansiyeline sahiptir. Afrika kıtası ise zengin rezerv bölgelerine sahiptir.

## 2.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Geleceği

Nüfus artışı ve sanayileşme sonucu dünya enerji talebi hızla artmaktadır. Günümüzde enerji talebinin büyük bir kısmı fosil yakıtlardan karşılanmaktadır. Fosil yakıtların bu denli kullanımı ekosisteme zarar veren kirlenici gaz emisyonunu açığa çıkarmaktadır. Bu durumun sonucunda küresel iklim değişikliği, insan ve diğer canlı türlerinin hayatını tehdit eden bir sorundur. En etkili çözüm yollarından biri yenilenebilir enerji teknolojilerinin geliştirilmesi ve üzerinde yapılan araştırmaların artırılmasıdır. Enerji erişilebilirliği bireysel olarak önem arz ettiği gibi ülkelerin gelişimi ve büyümesi açısından da çok önemlidir. Pek çok ülkede enerji krizi ekonomik büyümenin önünde büyük bir engeldir (Jia vd., 2019, s. 249).

21. yüzyıl da değişen yaşam tarzı elektrik ve yakıt talebinin hızla artmasına sebebiyet verirken enerji de kullanılan hammaddelerin sınırlı ve herkes için eşit miktarlara sahip olmayışı yeni arayışlara sebep olmuştur. Alternatif kaynakların sürdürülebilir gelişimine yönelik dönüşümler, mevcut ve gelecek nesillerin elektrik ve yakıt ihtiyaçlarını karşılayabilmek adına enerji kaynaklarının ekolojik dengeyi bozmayacak şekilde çeşitlendirilerek daha verimli kullanıma yöneltmiştir. Bu yönelim yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımındaki ilerlemeler doğrultusunda sağlanmaktadır. Ayrıca bu çözüm arayışları konvansiyonel enerji kaynaklarının dünya üzerindeki olumsuz etkisini kırarak daha sürdürülebilir bir yaşam kalitesinin ortaya çıkmasına, atmosfere salınan kirlenici gazların ve atıkların azaltılmasına olanak sağlamaktadır (Thalassinos vd., 2022, s. 1).

Yenilenebilir enerjilerin yaygınlaşmasının önündeki asıl büyük engel maliyetinin yüksek oluşundan kaynaklanmaktadır. Yenilenebilir enerjilerinin kullanımını yaygınlaştırmak adına teşvikler ve örnek projeler ile artışlar sağlanırken bunun yanında toplumsal bir farkındalık yaratılmaya çalışılmaktadır. Bunun sonucunda yenilenebilir enerji sektörünün gelişimi sağlanmakta arz talep ilişkisi güdülerek maliyetlerin düşmesi beklenmektedir (Boztepe, 2009, s. 198).

### 2.2.1. Güneş Enerjisi

Yeryüzündeki canlı hayatının temel kaynağı olan Güneş, aynı zamanda bütün enerji türlerinin de doğrudan ya da dolaylı olarak etkilemektedir. Bilinen en eski birincil enerji kaynağı olduğu gibi çevre sorunları açısından da temiz bir enerji kaynağıdır (Akova, 2022, s. 310).

Yeryüzünün güneş enerjisinden yararlanmaya en uygun bölgeleri, Ekvator'un yaklaşık 40° kuzey ve 40° güney enlemlerinde kalan bölgelerdir. Güneş Enerji Kuşağı olarak adlandırılan bu bölgeler güneş enerjisi üretimi açısından ideal koşullara sahiptirler.

Güneşin içerisinde bulunan hidrojenlerin birleşerek helyuma dönüşmesi ile meydana gelen dönüşüm sırasında kütle kaybı karşılığı enerjinin açığa çıkmasına sebebiyet vererek Güneş Enerjisini ortaya çıkarmaktadır (URL 7). Güneş enerjisi çevrim sistemleri yöntem ve teknoloji açısından farklılıklar göstermektedir. Güneş enerjisini ısı enerjisine çevriminde kullanılan teknolojilere ısı güneş enerjileri ismi verilmektedir. Isı doğrudan kullanılabilirdiği gibi elektrik üretiminde de yararlanılmaktadır. Bir diğer teknoloji ise fotovoltaik (PV) pillerdir. Yarı iletken malzemeler ile güneş ışığı doğrudan elektrığe çevrimi gerçekleştirilir (Varınca ve Gönüllü, 2006, s. 272).

Küresel elektrik dönüşümünün güneş ve rüzgâr enerjileri sayesinde gerçekleşme potansiyeli yüksektir. Günümüzde yenilenebilir enerjilerden elektrik üretiminde en büyük paya hidroelektrik sahiptir. 2010 yılından günümüze yıllık olarak hidroelektrik kurulu gücü %2,7 artmaktadır. Fakat yeni Hidroelektrik Santraller için kurulacak alanların sınırlı olması ve diğer teknolojilere olan talep nedeni ile yıllık büyüme oranının 2050 yılında %1,4'e düşmesi beklenmektedir. Bu sayede ise özellikle güneş ve rüzgâr yenilenebilir enerji payında büyük atılım yapacağı tahmin edilmektedir (PWC, 2021, s. 15).

Küresel çapta fotovoltaik enerjisi kurulu gücü incelendiğinde, özellikle son on yılda büyük atılımlar gerçekleşmiştir. 2004 yılında 3,7 GW olan fotovoltaik enerji kurulu gücü 2022 yılında 1046 GW'a ulaşmıştır. 2021 yılında bir önceki yıla göre 175 GW yeni kapasite eklenmiştir bu sayede kurulu güç kapasitesinde yeni bir rekor kırılmıştır.

IRENA'nın oluşturmuş olduğu 1.5 °C Hedef Senaryosunda PV kurulu gücünün 2030 yılına kadar 5200 GW ve 2050 yılına kadar ise 14.000 GW'a ulaşmasını hedeflemektedir. Bu hedeflere ulaşabilmek için yıllık olarak PV Kurulu gücüne 450 GW eklenmesi gerekmektedir.

### 2.2.2. Rüzgâr Enerjisi

Güneş ışınlarının yeryüzünde meydana getirdiği farklı basınç, sıcaklık ve nem nedeniyle rüzgâr oluşumu gerçekleşmektedir. MS 12. yüzyılda Fransa, İngiltere ve Hollanda'da ilk kez kullanılmaya başlanılan yel değirmenleri 19.

yüzyıl sonlarında ve 20. yüzyılda kuyulardan su çekmek, tahıl öğütmek ve elektrik elde etmek gibi uygulamalarda kullanılmıştır (Kademli, 2020, s. 73).

Rüzgâr enerjisi temelde coğrafi olarak hâkim rüzgâr yönünden etkilenmektedir. Rüzgâr enerji sistemlerinin kurulması öngörülen bölge de hâkim rüzgâr yönü tespitinin yapılmaması durumunda rüzgârın hızı her ne kadar yeterli olsa dahi elde edilecek enerji ekonomik koşullara uygun olmayabilir. Bunun yanı sıra rüzgârın hızı önemli bir faktördür. Hızlı ve doğru yönden esen rüzgârlar, türbinin hızlı dönüşüne olanak sağlarken daha yüksek miktarda enerji üretimini de gerçekleştirecektir (Ağca, 2019, s. 19- 20).

2022 yılı itibarı ile dünya rüzgâr enerjisi kurulu gücü 906 GW'a yükselmiştir. 2021 ile kıyaslandığında %11'lik bir artış mevcuttur. Bu kurulu kapasitenin 842 GW'ı onshore (kara) santrallerinde, geriye kalan 64 GW ise offshore (açık deniz) santrallerinde bulunmaktadır. Son IRENA verilerine göre rüzgâr enerjisi kapasitesi ülkelere dağılımına bakıldığında Çin 365 GW ile açık ara birinci sıradadır. Sırasıyla diğer ülkeler ABD 140 GW, Almanya 66 GW, Hindistan 41 GW, İspanya 29 GW, Birleşik Krallık 28 GW'dır.

IRENA'nın 2050 tahminleri içerisinde 2030 yılında rüzgâr enerjisi kurulu gücünün neredeyse 3500 GW'a çıkması tahmin edilmektedir. Fakat Küresel Rüzgâr Enerjisi Konseyinin (GWEC) yapmış olduğu tahminlere göre 2030 yılında 1600 GW'a yükselmesini beklemektedir (GWEC, 2023).

### 2.2.3. Hidroelektrik

İnsanlar mekanik enerji elde edebilmek adına akarsuların gücünün kullanımı uzun bir geçmişe dayanmaktadır. Hidroelektrik üretimi için coğrafi bölgedeki nehir ve akarsulara düşen yağış miktarı santral için en önemli ön koşuldur. Mevsimsel yağış değişimleri ve kuraklık gibi uzun vadeli değişimler hidroelektrik üretiminin mevcudiyeti üzerinde büyük etkilere sahiptir. Hidroelektrik santrallerinde su bir borudan veya cebri borudan akar daha sonrasında jeneratörü döndürmek için türbindeki kanatları iter ve döndürme işlemi sonucunda elektrik üretimi gerçekleşir (Aksoy, 2021, s. 249- 250).

Hidroelektrik enerjisinin üretiminde ön koşullardan biri baraj gölünün mevcudiyetidir. Herhangi bir dolgu malzemesinin akarsuyun önünü tıkaması sonucunda set veya engelin oluşumu baraj kurulumunu etkileyen coğrafi bir faktördür. Doğal çevre süreci sonucunda oluşum gerçekleşmemişse şayet insan emeği ve teknolojisiyle yapay baraj kurulumu gerçekleştirilebilir. Dünya hidroelektrik enerjisi üretimi açısından Kuzey Yarımkürenin kuzey bölgeleri, suyun yerçekiminden kaynaklı potansiyel enerjisinin kullanımı açısından yükseklik farklarına sahip olan kıtaların dağlık ve yüksek bölgeleri ve yağış yoğunluğunun fazla olduğu tropikal bölgeler enerji üretiminde potansiyeli yüksek alanlardır. (Doğanay ve Coşkun, 2017, s. 209).

Hidrolik enerji kurulu gücü 2022 itibari ile 1392 GW'a yükselmiştir. Küresel elektrik üretimindeki payı ise yaklaşık %15'tir. EMBER verilerine göre 2021 yılında 4244 TWh üretim yapılmıştır. 2022 yılında ise 4327 TWh'lik üretim gerçekleşmiştir. Bu oranlar incelendiğinde hem küresel elektrik üretiminde hem de elektrik sektöründe sıfır karbon hedeflerinde önemli bir yer tutmaktadır. IEA'nın Net Sıfır Emisyon Senaryosuna göre 2030 yılında hidrolik güçten elektrik üretimi 5700 TWh yükselmesi beklenmektedir. Fakat bu öngörüler mevcut yağışların istikralı olarak devam etmesi ile mümkün olacaktır. 2021 yılında yaşanan kuraklık nedeni ile hidrolik güç açısından zengin olan ülkeler olumsuz etkilemiştir.

#### **2.2.4. Jeotermal Enerji**

Jeotermal enerji, yer kabuğunun içinden sondajlarla yeryüzüne çıkarılan sıcak su, yağ buhar veya kuru buhar türlerinden herhangi birinin enerji üretimi amacı ile kullanılmasıdır. Jeotermal enerji seviyesi yeraltına inildikçe her 33 m' de 1 santigrat ısı derecenin artmasıdır. Yeraltında henüz soğumamış magma kütesinin temas ettiği su kaynakları ısınır ve yerkabuğunun kırık ve çatlaklarından yeryüzüne ulaşarak hidrotermal kaynakları oluşturur. Kimi zaman da yerküreye açılan kuyu içinde oluşturulan yapay kırıklar ile akışkanlar dolaştırılarak kızgın kaya (hot dry rock) yöntemi ile enerji üretilebilir. Bu doğal döngü nedeniyle jeotermal enerji yenilenebilir bir türü olarak kabul edilir. İtalya' da 1904 yılında jeotermal enerji ile çalışan ilk elektrik santrali kurulmuştur. Yeryüzüne çıkarılan sıcak su veya buhardaki enerji, elektrik enerjisine dönüştürülerek tarımda, sanayide, ısıtmada kullanılabilir (İkiz, 2020, s. 113- 114).

Jeotermal enerjisi yüksek olan alanlar ile aktif fay hattı ve volkanizmanın bulunduğu alanlar arasında ayrılmaz bir ilişki mevcuttur. Bu alanların başında Batı Pasifik Kuşağı (Japonya, Yeni Zelanda vd.), And Volkanik Kuşağı (Şili, Peru, Meksika, ABD'nin Batı Kıyıları, Kanada ve Alaska), Alp-Himalaya Kuşağı (İtalya, Yunanistan, Türkiye, İran, Nepal, Çin), Doğu Afrika Rift Sistemi (Etiyopya, Kenya vd.) ve Atlantik Ortası Sırtı (İzlanda, St. Helen vd.) bölgeleri gelmektedir (Arslan vd., 2001, s. 23).

IRENA'nın yayınlamış olduğu "Global Geothermal Market and Technology Assessment" raporuna göre 2023 yılı itibariyle küresel jeotermal kurulu güç 15,96 GW'tır. Küresel elektrik üretimindeki payı ise %0.3'e denk gelmektedir. Birleşmiş Milletlerin oluşturmuş olduğu 17 Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri doğrultusunda jeotermal enerjide dahil olmak üzere enerjide verimlilik ve sürdürülebilirliğin sağlanmasında büyük önem arz ettiği belirtilmektedir. Ayrıca Paris İklim Anlaşmasında yer alan iklim hedeflerine ulaşmada jeotermal enerji büyük rol oynayacaktır (IRENA, 2023).

### 2.2.5. Biyokütle Enerjisi

İnsanlığın yenilenebilir enerji kaynaklarıyla olan ilişkisi uzun zaman öncesine dayanmaktadır. Biyolojik kökenli kaynaklar ile enerji üretmek (ısınma, yemek pişirme) insanlık tarihinde önemli bir yer tutmaktadır. Biyokütle enerji kaynağı olarak modern formda teknolojik dönüşümler geçirerek elektrik, ısınma ve yakıt ihtiyacının karşılanması noktasında fayda sağlamaktadır.

Biyokütle ürünleri genel manada iki başlık altında ele alınmaktadır. Geleneksel (birinci nesil) biyokütle nispeten verimi daha düşük olan ve çoğunlukla gelişmekte olan ülkelerde kullanımı yaygın olan odun, odun kömürü ve hayvansal atıklardır. Modern (ikinci nesil) biyokütle ise enerji ormancılığı, orman endüstrisi atıkları, tarımsal atıklar, hayvansal atıklar, kentsel ve endüstriyel atıklardan üretilmektedir (Saraçoğlu, 2018, s. 355). Modern biyokütle bazı süreçlerden geçirilerek enerji yoğunluğu artırılarak daha verimli hale gelmektedir. Biyogaz, biyodizel ve biyoetanol olarak sınıflandırılmaktadır.

Sıvı formda olan biyokütle enerjisi yağ içeriği açısından zengin olan ayçiçeği, soya, mısır, kanola ve şeker kamışı gibi bitkisel kaynaklardan ve bunun yanı sıra hayvansal yağlardan üretilebilen bir yakıt çeşididir. Biyodizel günümüzde geçerli olan dizel yakıtların, biyoetanol ise benzinin yerine kullanılabilme özelliklerine sahiptir (Ağaçbiçer, 2010, s. 84- 85).

Biyokütle ve atık ısının 2022 yılında toplam kurulu gücü 2326 MW'tır. Toplam kurulu güç içerisinde ise %2,14'lük bir paya sahiptir. Yıllık toplam üretimde ise 7779,1 GWh elektrik üretimi gerçekleşmiştir. Toplam yıllık elektrik üretimine katkısı ise %2,32 olmuştur.

### 2.2.6. Hidrojen Enerjisi

Evrenin %75'lik bir kısmını oluşturan element hidrojendir. Renksiz, kokusuz, zehirsiz ve havadan 14 kat daha hafif olan bir gazdır. Ayrıca hidrojen -257.77 °C atmosfer basıncında ise sıvı hale gelebilmektedir. Bu sayede ise hidrojenin taşınması daha kolay hale gelmektedir. Hidrojen enerji yakıtları içerisinde birim kütle açısından en fazla içeri sahip kaynaktır. 1 kg hidrojen 2,1 kg doğalgaz ve 2,8 kg petrolün içerisinde barındırdığı enerjiye sahiptir (Erdener, vd., 2010).

Hidrojen farklı süreçler ve enerji kaynaklarıyla üretilebilir. Bu üretim yöntemlerine göre hidrojen farklı renk kodlarıyla ifade edilmektedir. Gri hidrojen, fosil yakıtlar ile üretilmektedir. Bu üretim süreci önemli miktarda CO2 emisyonuna yol açmaktadır. Gri hidrojen teknolojileri net sıfır emisyon hedefine ulaşmak için uygun değildir. Mavi hidrojen, karbon yakalaması, taşınması ve depolaması anlamına gelmektedir. Hidrojen pazarının büyümesine yardımcı olacak potansiyel de ve mevcut kaynakların kullanımının devamlılığıyla sera

gazı emisyonlarını azaltılabilir. Sürdürülebilir bir enerji geçişi için en uygun olanı yeşil hidrojenidir. Yeşil hidrojen üretimi için en yaygın teknoloji seçeneği su elektrolizine dayanmaktadır. Net sıfır emisyon hedefine uyumlu, enerji maliyetlerinin düşmesi ve teknolojik ilerlemelere olanak sağlamaktadır. Tüm bu olanaklar yeşil hidrojenin daha fazla ilgi görmesine imkân tanımaktadır. Turkuaz hidrojen ise pilot aşamasındadır (IRENA, 2020, s. 9).

### 2.3. Nükleer Enerji

Nükleer Enerji, fisyon süreci ile bir atom çekirdeğinin daha küçük parçalara bölünmesi sonucunda üretilmektedir. Uranyum kullanımının avantajı kömürde olduğu gibi karbondioksit ve potansiyel olarak zararlı gazlar üretmemesidir. Nükleer santraller her ne kadar kömür santralleri gibi zararlı emisyon yaymasalar da kullanılmış olan uranyumdan radyoaktif atık çıkmaktadır. 1951 yılında elektrik üretmek amacı ile ilk nükleer santral kullanıma sunulmuştur. 1970'lerde yaşanan petrol krizi nükleer enerjide artışa sebebiyet vermiştir. Yaşanan enerji krizleri sonrası fosil yakıt fiyatlarındaki düşüş ve dünyadaki ekonomik sorunlar sebebi ile nükleer enerji talebini kısıtlamıştır (Pehlivanoglu ve Narman, 2022, s. 27- 28).

**Tablo 2: Ülkeler Bazında Nükleer Enerjiden Elektrik Üretimi (2011- 2021)**

Ülkeler	Nükleer Pay (%)											Nükleer Elektrik Üretimi (Twh)	
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2020	2021
<b>ABD</b>	19.2	19.0	19.4	19.5	19.5	19.7	20.0	19.3	19.7	19.7	19.6	<b>789.9</b>	<b>771.6</b>
<b>Almanya</b>	17.8	16.1	15.5	15.8	14.1	13.1	11.6	11.7	12.4	11.3	11.9	<b>60.9</b>	<b>65.4</b>
<b>Çin</b>	1.9	2.0	2.1	2.4	3.0	3.6	3.9	4.2	4.9	4.9	5.0	<b>344.7</b>	<b>383.2</b>
<b>Fransa</b>	77.7	74.8	73.3	76.9	76.3	72.3	71.6	71.7	70.6	70.6	69.0	<b>338.7</b>	<b>363.4</b>
<b>Güney Kore</b>	34.6	30.4	27.6	30.4	31.7	30.3	27.1	23.7	26.2	29.6	28.0	<b>152.6</b>	<b>150.5</b>
<b>İspanya</b>	19.5	20.5	19.7	20.4	20.3	21.4	21.2	20.4	21.4	22.2	20.8	<b>55.8</b>	<b>54.2</b>
<b>Japonya</b>	18.1	2.1	1.7	0	0.5	2.2	3.6	6.2	7.5	5.1	7.2	<b>43.0</b>	<b>61.3</b>
<b>Kanada</b>	15.3	15.3	16.0	16.8	16.6	15.6	14.6	14.9	14.9	14.6	14.3	<b>92.2</b>	<b>86.8</b>
<b>Rusya</b>	17.6	17.8	17.5	18.6	18.6	17.1	17.8	17.9	19.7	20.6	20.0	<b>201.8</b>	<b>208.4</b>
<b>Ukrayna</b>	47.2	46.2	43.6	49.4	56.5	52.3	55.0	53.0	53.9	51.2	55.0	<b>71.5</b>	<b>81.1</b>
<b>Toplam</b>												<b>2553</b>	<b>2653</b>

**Kaynak: URL 8**

Nükleer reaktörde kontrollü şartlar ile belirli bazı radyoaktif madenlerden çok büyük miktarlarda elektrik enerjisi elde edilebilmektedir. Bu nükleer yakıtlar uranyum ve toryumdur. Hacim ve ağırlıklarından kaynaklı çıkarım ve kullanım alanına taşınma maliyeti çok düşüktür. Enerji potansiyelleri çok yüksek olan bu madenlerin en büyük

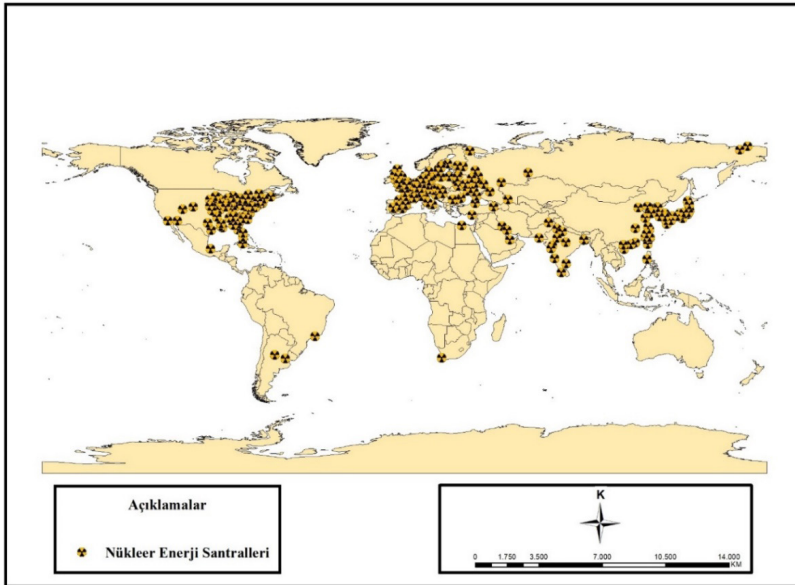
sorunu radyasyon tehlikesidir. Enerji elde edilmesinin ardından saklanan atık maddeler binlerce yıl sürecek radyoaktif bir tehlike saçmaktadır. II. Dünya Savaşı'ndan sonra ilk ticari nükleer güç santrali İngiltere'de daha sonra da diğer



ülkelerde kullanımına başlanmıştır. Nükleer enerjinin yakın bir gelecekte tek enerji kaynağı olması mümkün görülmemektedir. ABD'nin Three Mile Island (1979) ve Sovyetler Birliği'ndeki Çernobil (1986) facialarına rağmen dünyada pek çok ülkede hem yeni tesisler kurulmaya hem de enerji üretimindeki payları artmaya devam etmektedir (Tümertekin ve Özgüç, 2016, s. 383- 385).

Nükleer enerjiden ilk defa elektrik üretimi ABD tarafından deneysel amaçlar ile EBR-1 (Experimental Breeder Reactor) reaktöründe gerçekleşmiştir. Fakat nükleer enerjinin endüstriyel olarak elektrik üretiminde kullanımı 1954 yılında SSCB'nin kurmuş olduğu Obninsk Nükleer Santralinde başlamıştır (Temurçin ve Aliğaoğlu, 2003, s. 31).

Fransa ve Japonya gibi enerji kaynaklarından yoksun ülkeler için nükleer enerji önemli bir kaynaktır. Fransa 2021 verilerine göre elektrik üretiminin yaklaşık %69'unu nükleer enerjiden karşılamaktadır. Çalışır durumda 56 reaktörü bulunan Fransa'da nükleer enerji büyük önem arz etmektedir. Nükleer enerji için gerekli olan uranyum ise Fransa'ya Nijer uranyum yataklarından karşılanmaktadır (%60'ı). Japonya ise 2011 yılında yaşanan Fukushima kazasından önce elektrik ihtiyacının %18.1'lik kısmını nükleer enerjiden karşılamaktaydı. Fakat kaza sonrasında nükleer enerjiden elektrik üretiminde ciddi düşüşler yaşamış hatta 2014 yılında hiçbir üretim sağlanmamıştır. 2021 itibari ile %7.2'lere kadar yükselmiştir. Yaşanan kaza sonrası Japonya hükümeti nükleer enerji santrallerini kapatacağını söylese de yaşanan enerji krizleri bunu mümkün kılmamaktadır.



**Harita 6: Dünya Nükleer Santrallerinin Küresel Ölçekte Dağılışı**

**Kaynak: URL 8'den alınan veriler ile yazar tarafından oluşturulmuştur.**

Ülkeler bazında 33 ülkede nükleer elektrik santrali bulunmaktadır. Nükleer enerjiden elektrik üretimi 2021 senesinde 2653 Twh olmuştur. Ülkelerin ürettiği toplam enerjiyi oranladığımızda farklı sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Harita 6’da görüldüğü üzere 92 reaktör ile ABD nükleer enerjiden elektrik üretiminde %30’luk oran ile birinci sırada yer almaktadır. Bahsi geçen ülkenin ardından ise Çin, Fransa, Rusya, Güney Kore, Kanada ve Ukrayna gelmektedir.

IEA tarafından oluşturulan gelecek senaryolarında nükleer önemli bir yer tutmaktadır. NZE (net zero emissions) senaryosunda küresel olarak 2022 yılında 413 GW kapasitesi olan nükleer enerjinin 2050 yılına gelindiğinde 812 GW yükselmesi beklenmektedir. Fakat STEPS olarak adlandırılan hükümetlerin nükleer enerji hakkında belirlemiş olduğu mevcut politikalardan yola çıkarak oluşturulan senaryoda ise 2050 yılında 530 GW ulaşacağı tahmin edilmektedir. NZE’ye oranla STEPS Kurulu kapasite açısından %35 daha aşağıda kalmaktadır (IEA, 2022, s. 35-36).

#### **2.4. Türkiye’nin Elektrik Üretiminde Kaynakların Payı**

Türkiye’nin elektrik tüketimi 2000 yılında 128 TWh gerçekleşmiştir. 2000-2022 yılları arası ortalama %4,4’lük artış ile 328 TWh yükselmiştir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının yayınlamış olduğu “Türkiye Ulusal Enerji Planı” raporuna göre 2035 yılında Türkiye’nin elektrik tüketimi 510,5 TWh yükselmesi beklenmektedir. 2022 yılında 326 TWh elektrik üretimi gerçekleşmiştir. Kaynaklara göre dağılımına bakıldığında %34,6 paya sahip olan kömür başta gelmektedir. Fosil kaynaklar bakımından dışa bağımlı olan Türkiye’de doğalgaz ile elektrik üretimi ise %22,2 olarak gerçekleşmiştir. Hidrolik enerjiden elektrik üretimi ise 2022 yılında %20,6 paya sahip olmakla beraber bir önceki yılda kurak geçen mevsimler nedeni ile %16,7’ye gerilemiştir. Özellikle son yıllarda güneş ve rüzgâr enerjisine yapılan yatırımlar nedeniyle yenilenebilir enerjiden elektrik üretiminde Türkiye ön plana çıkmaktadır. 2022 yılında yenilenebilir enerjilerden elektrik üretiminde rüzgâr enerjisi %10,8, güneş enerjisi %4,7, jeotermal enerji ise %3,3’lük paya sahiptir.

**Tablo 3: Türkiye 2021-2022 kaynaklara göre elektrik üretimi**

Kaynak	2021		2022		Fark
	Üretim (GWH)	Pay (Yüzde)	Üretim (GWH)	Pay (Yüzde)	
<b>Kömür</b>	103.382	30,8	112.815,8	34,6	9
<b>Doğalgaz</b>	111.180,8	33,2	72.536,1	22,2	-34,8
<b>Hidrolik</b>	55.926,8	16,7	67.195,4	20,6	20
<b>Jeotermal+ Güneş+ Rüzgâr</b>	56.172,8	16,8	61.283,2	18,7	9
<b>Yenilenebilir+ Atık</b>	7.779,1	2,3	9.079,8	2,7	16
<b>Diğer</b>	281,5	0,08	3.104,4	0,95	1002
<b>Termik Toplam</b>	222.623,5	66,5	197.536,2	60,5	-11,3
<b>Yenilenebilir Toplam</b>	119.878,7	35,8	137.558,4	42,1	14
<b>Brüt Üretim</b>	334.723,1	-	326.014,8	-	-3

**Kaynak: TEİAŞ, 2022**

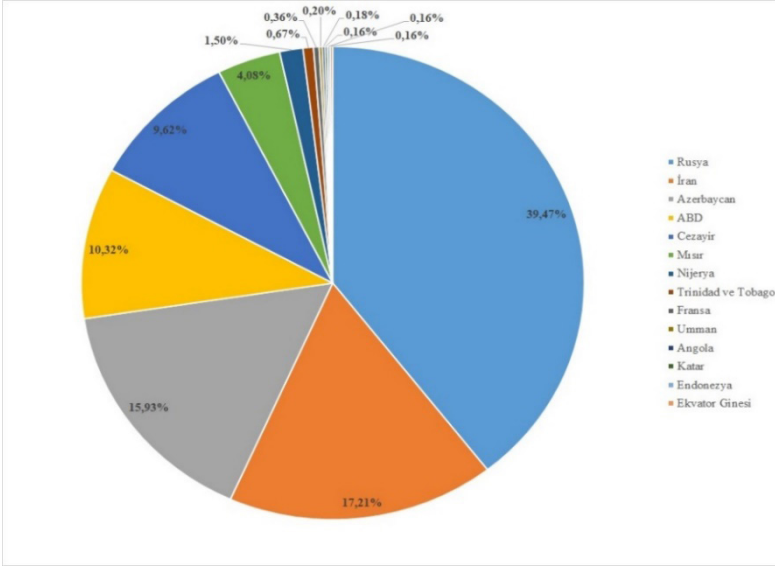
Bu istatistikler incelendiğinde Türkiye'nin elektrik üretiminde %60'lık payı fosil yakıtlar karşılacaktır. Türkiye'nin fosil kaynaklar bakımından fakir olmasından dolayı problemler yaşanmaktadır. Türkiye'de artan nüfus ve gelişen teknolojiler elektrik tüketiminde artışa sebep olmaktadır. 2021 yılı itibari ile Türkiye'nin fosil yakıtlara bağımlılığı %84' tür.

#### **2.4.1. Kömür**

Türkiye'nin ithal kömüre olan bağımlılığı fiyatların yükselmesine sebep olmasına rağmen düşüş yaşanmadı. 2010 yılında ithal kömürden elektrik üretimi %7'ken 2022 yılında ise bu pay %20'lere kadar yükselmiştir. Türkiye'nin kömür ithalatının bu denli artması nedeni ile cari açık ise hayli büyümüştür. Ayrıca ithal kömürden elektrik üretimi, yerli kömürden elektrik üretiminden %25 daha fazladır (Alparslan, 2023). Türkiye'nin kömür ithal ettiği ülkelerin birinci sırasında Rusya (%38,7) ve Kolombiya (%38,6) gelmektedir. Türkiye'de 2022 itibari ile toplam 67 adet kömür termik santrali bulunmaktadır. Bunun 16'sı ithal kömür ile çalışan santraller, 47 âdeti ise yerli kömür ile çalışan santrallerdir. Geriye kalan 4 adet santral ise taşkömürü ile çalışmaktadır. Fakat kurulu güce bakıldığında ithal kömür ile çalışan santrallerin toplam kurulu gücü 10.373 MW iken, yerli kömür ile çalışan santrallerin toplam kurulu gücü 10.191 MW'tır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının tahminlerine göre 2030 yılına kadar 1,7 GW daha yerli kömür santrallerine dâhil olacağını belirtmiştir.

### 2.4.2. Doğalgaz

Türkiye’nin elektrik üretiminde kaynak bazında incelendiğinde ikinci sırada %22,2 paya sahip olan doğalgaz gelmektedir. Küresel çapta 1970 yılında kullanılmaya başlanan doğalgaz Türkiye’de yeterli rezervin bulunmamasından dolayı doğalgaz ithalatı zorunlu hale gelmiştir. Türkiye 2022 yılında 55,1 milyar m<sup>3</sup> doğalgaz tüketimi gerçekleşmiştir. Net ithalat ise 54,7 milyar m<sup>3</sup> tür. Doğalgaz da dışa bağımlılık %99,3’e yükselmiştir. 55,1 milyar m<sup>3</sup> lük tüketimin %27’si elektrik üretiminde kullanılmıştır.



Şekil 2: Türkiye’nin 2022 yılında doğalgaz ithalatı gerçekleştirdiği ülkeler

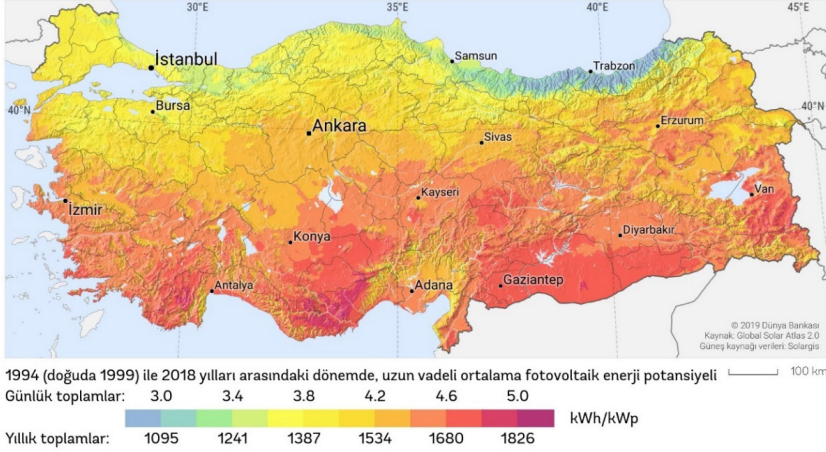
Kaynak: EPDK, 2022

Türkiye 2022 yılında en fazla Rusya’dan doğalgaz ithalatı gerçekleştirmiştir. 2022 Şubat ayında başlayan Ukrayna-Rusya savaşı nedeni ile Rusya’ya uygulanan yaptırımlar ve bunun sonucunda Rusya’nın özellikle Avrupa ülkelerine doğalgaz ihraç etmemesine neden olmuştur. Fakat Türkiye’nin bulunmuş olduğu coğrafi konum ve siyasi ilişkilerden kaynaklı Rusya ile doğalgaz ithalatında bir sorun yaşanmamaktadır.

### 2.4.3. Güneş

Elektrik üretiminde özellikle kömür ve doğalgaza olan bağımlılık nedeni ile Türkiye öncelikli olarak enerji arz güvenliğini önemsemektedir. Ayrıca dışa bağımlılık nedeni ile cari açık büyük oranda artmaktadır. 2022 TÜİK verilerine göre Türkiye 363 milyar dolarlık ithalat gerçekleştirmiştir. İhracatı ise 254 milyar dolardır. Dış ticaret açığına bakıldığında ise 109 milyar dolar fark vardır. 2022 yılında enerji sektörü ithalatında ise 96 milyar dolar harcanmıştır. Türkiye

neredeyse cari açığını kapatabilecek bir miktarı enerji sektörüne ayırmaktadır. Ayrıca Türkiye'nin gerçekleştirmiş olduğu ithalatın %26'sını enerji sektörü oluşturmaktadır. Bu nedenle yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi daha da artmaktadır.



**Harita 7: Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli**

**Kaynak: URL 9**

Harita 7' de görüldüğü üzere Türkiye'nin özellikle güney kesimlerinde güneş enerjisi potansiyeli yüksektir. Özellikle 40. Paralel sonrasında gelen bölgelerde ışınım giderek artmaktadır. Bulunduğu coğrafi konumdan dolayı Türkiye'de güneş enerjisi potansiyeli yüksektir.

#### **2.4.4. Rüzgâr**

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığına bağlı Enerji İşleri Genel Müdürlüğü'nün oluşturulmuş olduğu "Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli Atlasına" göre yer seviyesinde 50 m yükseklikte ve yıllık ortalama 7,5 m/s üzeri rüzgâr hızına sahip alanlarda km<sup>2</sup> başına 5 MW gücünde santral kurulacağı tespit edilmiştir. Ayrıca kurulabilecek Rüzgâr Enerji Santrallerin toplam kapasitesinin ise 47.849,849 MW olacağı belirlenmiştir (URL 10). 2022 EPDK verilerine göre Türkiye rüzgâr enerjisi kurulu gücü 11 GW'dır. Yıllık toplam üretim ise 35.140 GWh olarak gerçekleşmiştir, toplam elektrik üretiminde payı ise yaklaşık %11'dir (EPDK, 2022).





ve bu ürünlerin işlenmesi sonucunda ortaya çıkan yan ürünlerden elde edilen katı, sıvı ve gaz halindeki yakıtlar” olarak tanımlanmaktadır.

**Tablo 4: Biyokütle Enerji Santrallerinin Kurulu Güç Dağılımı, 2022**

<b>Kuruluşlar</b>	<b>Kurucu Güç (MW)</b>	<b>Santral Sayısı (Adet)</b>
<b>Serbest Üretim Şirketi Biyokütle Santralleri</b>	1.831,4	326
<b>Lisanssız Biyokütle Santralleri</b>	89,9	58
<b>Toplam Kurulu Gücü</b>	1.921,3	384

**Kaynak: TEİAŞ, 2022 Yük Tevzi Dairesi Başkanlığı Kurulu Güç Raporu**

Yük Tevzi Dairesi Başkanlığı Kurulu Güç Dağılımı Aralık 2022 raporunda kuruluşlara göre biyokütle enerji santrallerinin kurulu güç dağılımı Tablo 4’de verilmiştir. EÜAŞ biyokütle santralleri, işletme hakkı devredilen biyokütle santralleri, yap işlet devret biyokütle santrallerinin kurulu gücü ve santral sayısı bulunmamaktadır. Serbest üretim şirketi biyokütle santrallerinin kurulu gücü 1.831,4 MWh, santral sayısı 326 adettir. Lisanssız biyokütle santrallerinin kurulu gücü 89,9 MWh, santral sayısı 58 adettir. Türkiye’de biyokütle enerjisi toplam kurulu gücü 1.921,3 MW değerinde olup, santrallerin toplam sayısı 384 adettir.



## 3. BÖLÜM

---

### 3.1. Denizel Enerji Kaynakları

#### 3.1.1. Okyanus Termal Enerji Dönüşümü Enerjisi (OTEC)

Okyanusların derin ve yüzey suları arasındaki sıcaklık farkı sebebiyle ortaya çıkan denizel enerji türüdür. Güneş ışınlarının etkisiyle okyanus yüzey sularının sıcaklıkları derin sulara nazaran daha sıcaktır. Yüzeyden derin sulara doğru oluşan bu sıcaklık değişimi termal gradyan farkını oluşturmaktadır. Ortaya çıkan bu sıcaklık farkı suların yoğunluğunda değişikliğe sebebiyet verirken suyun hareketlenmesini sağlamaktadır. Sıcak hava genleştiğinde hacmi artarken yoğunluğu azalmaktadır. Aynı durum sıcak okyanus sularının da yüzeye yakın akış göstermesine sebebiyet vermektedir. Soğuk okyanus suları daha yoğun olduğundan kaynaklı alt tabakalara doğru bir akış halindedir.

Okyanus termal enerjisi, esas olarak okyanusun üst tabakasında ısı olarak emilen ve depolanan güneş enerjisidir (Takahashi ve Trenka, 1992, s. 657).

Okyanus termal enerji dönüşümü teknolojisi, Oğlak ve Yengeç dönenceleri arasındaki kuşakta enerjinin elde edilmesi açısından oldukça uygun bölgelerdir. Tropikal ve sub-tropikal okyanusların 30-40 m kalınlıktaki sıcak yüzey suları (26° C) ve soğuk derin suları (4° C) arasındaki sıcaklık farkı kullanarak termodinamik bir döngüyü harekete geçirir ve enerji üretir (Kim vd., 2009, s. 1008).

OTEC enerji santralinin elektrik üretiminde kullanılması için minimum 20°C sıcaklık farkı gerekmektedir. Afrika ve Hindistan'ın her iki kıyısı, Amerika'nın batı ve güneydoğu kıyıları, Karayipler ve Pasifik adaları olmak üzere her iki yarım küredeki tropikal enlemler OTEC santrallerinin geliştirilmesinde büyük bir potansiyele sahip yerlerdir (Edenhofer vd., 2011, s. 507).



### 3.1.2. Gelgit Enerjisi

Gelgit enerjisi okyanus gelgitlerinin yükselmesi ve alçalmasından kaynaklı oluşan seviye farkından yararlanılarak enerji üretimidir. Bu enerji kaynağı su seviyesindeki yükseklik farkını kullanarak enerji elde edilmesine olanak sunmaktadır.

Gelgitler; Güneş, Ay ve Dünya arasındaki çekim kuvveti etkisinin yarattığı okyanusların/denizlerin yükselmesi ve alçalmasıyla meydana gelen su kütlelerinin hareketidir (Polis vd., 2017, s. 213). Gelgit olayı, bir ay gününün 24 saat 50 dakika olması nedeniyle gelgitlerin zamanlaması her gün yaklaşık 50 dakika gecikmeli olarak gerçekleşir (Rourke vd., 2010, s. 399).

Gelgit akımlarının gerçekleşme olayı üç ana faktörle ele alınmaktadır. Gelgitler günlük olarak değişir fakat yeryüzündeki konumlarına bağlı olarak farklı sıklıkta değişime uğrarlar. Genelde her gün bir yüksek bir alçak olarak görülen günlük gelgitin yanı sıra her gün iki kez yükselme ve iki kez alçalma ile yarı günlük gelgitler de söz konusudur. Her gün farklı büyüklükteki iki yükselme ve iki alçalma olarak görülen karışık gelgitlerde gerçekleşmektedir (Widen vd., 2015, s. 363).

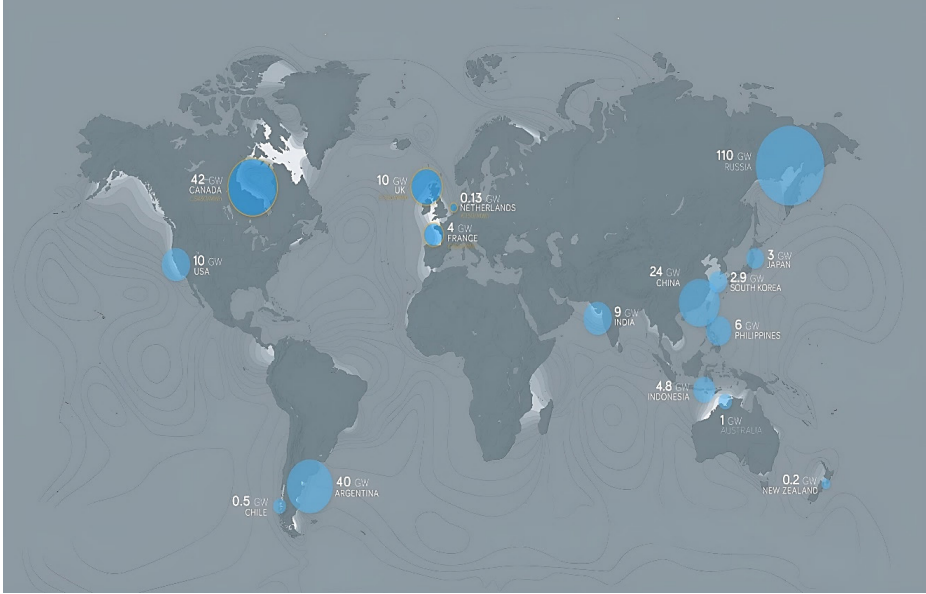
İlkbahar gelgitleri, Güneş ve Ay Dünya ile aynı hizaya gelmesi durumunda oluşur ve çok yüksek olup 14-75 günde bir gerçekleşmektedir. Neap gelgitleri ise Güneş ve Ay Yerküre'ye 90°'lik bir açı yaptığı durumda meydana gelirken düşük neap gelgitlerine neden olmaktadır.

Gelgitlerin periyodik olarak öngörülebilirliği ve gelgit enerjisini tutarlı bir şekilde kullanılabilir olmasından kaynaklanan bu tutum enerji üretimi için istenilen bir özellik olarak gelgit enerjisini temelde kullanılabilir bir hale getirir (Xu vd., 2023, s. 106). Gelgit enerjisi, gelgit akıntılarında elde edilen kinetik enerjinin elektrik enerjisine dönüştürülmesiyle elde edilmektedir (Neill vd., 2016, s. 580). Bir diğer yöntem ise yükselen suyun potansiyel enerjisinden yararlanılarak elde edilmektedir.

Gelgit enerjisi kaynaklarının potansiyelinin kıyı şeridinde yakın bölgelerde 1 TW olduğu tahmin edilmektedir. Gelgit akıntısı teknolojilerinin potansiyeli gelgit aralığı teknolojilerinde çok daha yüksektir. Gelgit enerji teknolojileri adına kapsamlı planlamaların hayata geçirmesiyle birlikte gelgit enerjisinin elektrik üretiminde önemli bir rol oynaması söz konusudur (Kempener ve Neumann, 2014, s. 4).

Dünyada gelgit genliğinin fazla olduğu ve buna bağlı olarak gelgit enerjisi potansiyeli yüksek olan alanlar şunlardır: Kanada'da bulunan British Columbia, Fundy Körfezi, St. Lawrence deniz yolu geçidi; ABD'de Kaliforniya, Alaska, Washington, Maine kıyıları ve Şili kıyıları (en az 500 MW gelgit enerjisi potansiyeli barındırmaktadır). Birleşik Krallık'ta Strangfor Boğazı, Severn

Halici, İskoçya (Pentland Firth Geçişi ve Orkney Adaları), Fransa'da Atlas Okyanusu kıyıları (Manş Adaları kıyıları). Hindistan'ın güney ve batı kıyıları; Kore ve Japonya kıyıları, Çin'in Shangai ve Zheijang eyaleti kıyıları ve Avustralya'nın kuzeybatısında King Sound bölgesi ve güney kıyıları yüksek gelgit genliğine sahiptir (Khare vd., 2020, s. 38).



**Harita 11: Dünya gelgit enerjisi potansiyel alanları**

**Kaynak: URL 13**

Güney Kore'deki Sihwa Gölü Gelgit Enerji Santrali, 254 MW ile dünyadaki en büyük gelgit enerjisi üretim kapasitesine sahiptir. Fransa'da bulunan La Rance gelgit enerji santrali dünyanın ilk gelgit enerji santrali olarak 1966 yılında faaliyete başlamıştır. Ayrıca 240 MW ile dünyadaki ikinci en büyük elektrik üretim kapasitesine sahip gelgit enerji santralidir. Üçüncü en büyük santral ise Kanada Fundy Körfezi'nde bulunan Annapolis Royal'dir. Santral 20 MW'lık bir üretim kapasitesine sahiptir. Ayrıca Çin, Rusya ve Güney Kore'de gelgit santralleri bulunmaktadır (URL 14).

Dünya çapında yaklaşık 16 m gelgit yüksekliğiyle Fundy Körfezi en yüksek okyanus gelgit aralığına sahiptir. Gelgit enerjisinin daha da geliştirilmesi adına Fundy Körfezi büyük bir potansiyel barındırmaktadır (Etemadi vd., 2011, s. 932). Gelgit enerjisinin öngörülebilirliği, enerji arzının yönetiminde önemli bir değer olarak kabul görmektedir (Clarke vd., 2006, s. 180).

Gelgit aralığı enerjisinin teknolojisi geleneksel hidroelektrik santrallerinde kullanılan teknolojiye benzemektedir. Gelgit körfezine ya da haliç üzerine bir baraj yapımı gereksinimlerden ilkinin gerçekleştirilmesidir. Fakat baraj inşa etmek

pahalı bir süreçtir. Bu bağlamda en kullanışlı gelgit sahaları körfezin dar bir açıklığa sahip olduğu ve gerekli baraj uzunluğunun azaldığı bölgelerdir. Baraj boyunca belirlenen noktalara kapılar ve türbinler yerleştirilir. Barajın farklı taraflarında suyun yüksekliğinde yeterli bir fark oluştuğunda kapılar açılır. Oluşturulan bu hidrostatik yük suyun türbinlerden akmasına neden olarak bir elektrik jeneratörünü döndürerek elektrik üretimine sebep olmaktadır (Limonis, 2004, s. 392).

Bu santrallerde gelgit akıntılarının kinetik enerjisini rüzgâr türbinlerinin çalışma prensibine benzer şekilde gelgit türbinleri kullanılarak elektrik üretimine olanak sağlamaktadır. Suyun yoğunluğu havanın yoğunluğundan daha fazla olmasından kaynaklı gelgit enerjisi rüzgâr enerjisinden daha güçlüdür. Bir diğer gelgit enerjisi teknolojisi olan dinamik gelgit enerjisi santrallerinde, kıyıya dik olarak inşa edilen açık baraj yapısı ile su seviyesi farkına neden olmaktadır. Bu sayede çift yönlü olarak tasarlanmış türbinler hem gelgit yükseldiğinde hem de alçaldığında elektrik üretiminin iki katına çıkmasına sebep olmaktadır (Ghaedi ve Gorginpour, 2021, s. 3).

Gelgit lagünlerinden elektrik enerjisi üretimi tıpkı gelgit barajlarından elde edilen prensibe göre çalışmaktadır. Fakat gelgit lagünleri, gelgit barajının aksine yüksek bir gelgit aralığına sahip olup doğal kıyı şeridi boyunca inşa edilebilir (URL 15). Dünya çapında gelgit aralığı kullanımı için uygun özellik sergileyen yerler nispeten sınırlıdır. Bu bir dizi fiziksel kısıtlamalar; gelgit aralığı, şebeke bağlantısı, jeomorfoloji, deniz tabanı koşulları ve su tutma için mevcut alan dâhil göz önünde bulundurulmaktadır (Neil vd., 2018, s. 766). Marmara ve Karadeniz gibi iç denizlerde ve Akdeniz gibi ara denizlerde gelgit genliği pek belirgin değildir.

### **3.1.3. Akıntı Enerjisi**

Deniz akıntısına bağlı hareketli suyun kinetik enerjini kullanarak dönme veya salınımlı hareketlerin sonucunda deniz tabanına yerleştirilen mekanik parçalar aracılığıyla elektrik enerjine dönüştürülen yenilenebilir enerji türü akıntı enerjisidir. Deniz akıntısı cihazları, türbin eksenini ile akıntının baskın yönü arasındaki yönelime göre farklı şekillerde sınıflandırılmaktadır (Day, vd., 2015, s. 48).

Okyanus akıntıları, genel anlamıyla atmosfer sirkülasyonunun bir parçası niteliğinde olup ana rüzgâr sistemleri, okyanuslardaki ana akıntıları meydana getirmektedir. Okyanus üzerinde esen rüzgârlar, estiği yönde suyun hareket etmesini sağlamaktadır. Ancak sürtünmeden kaynaklı rüzgâr hızı ile okyanuslardaki akıntı hızı aynı oranda ilerlemez. Ortalama akıntı hızı günde birkaç km civarındadır. Öte yandan okyanus yüzeyinde 300 m'den daha az kalınlıktaki bir su sütununda akıntılar meydana gelmektedir (Atalay, 2013, s. 145).

Boğazlar akıntı enerjisinin potansiyel olarak öne çıkan sahalarıdır. Kuzeyden güneye 30-40 cm seviye farkından kaynaklı Karadeniz'den Marmara Denizi'ne doğru sürekli bir akıntı oluşturmaktadır (Şen, 2012, s. 37). Karadeniz'in düşük tuzlulukta suları, yağış ve akarsu akışının buharlaşmayı aşması sonucu yüzey akıntısı olarak boğazdan Ege havzasının sularına taşınır. Tuzlu ve ağır olan Akdeniz suları ise taze su girişinin buharlaşması sonucu oluşmaktadır. Yoğunluk farkına bağlı olarak Karadeniz'e doğru bir alt akıntı olarak hareket eder. İki deniz arasındaki bu etkiler tuzluluk farkı, basınç ve rüzgârdan kaynaklanmaktadır (Ünlüata, vd., 1990, s. 25).

Dış etkenler yüzey akıntılarını etkilemektedir. Rüzgârın akıntı yönünün tersinde esmesi yüzey akıntısının ters yöne itilmesine sebebiyet verirken rüzgârın akıntı yönünde esmesi ise artırıcı etki yapmaktadır. Yüzey akıntısı için belirli bir kalınlıktan sonra etkisini yitirmektedir. Karadeniz'e bahar aylarında dökülen nehir suları denizdeki su seviyesini artırırken İstanbul ve Çanakkale Boğazlarındaki akıntıların artmasına yol açmaktadır. Çanakkale Boğazı'ndaki farklı noktalarda yapılan elektrik üretim çalışmalarında pek çok deneme gerçekleştirilmiş olup 0-2,5 m/s arasındaki akıntı hızlarında 5 KW gücündeki türbinin ürettiği elektrik miktarı bulunmuştur (Yücel ve Tarhan, 2019, s. 72).

#### **3.1.4. Osmotik Enerji/ Tuzluluk Gradyan Enerjisi**

Tatlı su ve tuzlu suyun karışımında potansiyel olarak büyük miktarda yenilenebilir enerji üretilebilir (Thorsen ve Holt, 2009, s. 103). Bu enerjiyi ortaya çıkarmak için Basınç Gecikmeli Osmos/ Pressure Retarded Osmosis (PRO) kullanılarak gerçekleştirilebilir. Bu teknik, yoğunluğu daha az bir çözeltiyi veya çözücüyü daha yoğun ve basınçlı bir çözeltiden ayırmak adına yarı geçirgen bir membran kullanılarak çözücünün yoğun çözelti tarafına geçmesi için izin verir. İlave hacim, bir taraftaki basınç artışına sebep olur bu basınç güç üretmek için hidrotürbin tarafında düşürülerek güç üretilebilir (Helfer vd., 2014, s. 337).

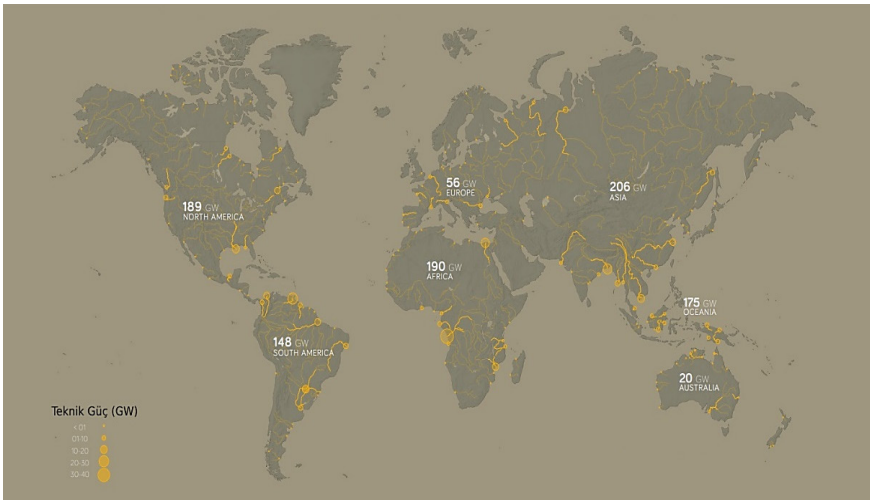
Osmotik enerji diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına göre daha az enerji üretimi sağlamaktadır. Fakat bunun yanı sıra tutarlı ve sürekli bir enerji kaynağı olmasından ötürü önem arz etmektedir. Pek çok yenilenebilir enerji kaynaklarında hava durumu, zaman ve iklim koşullarına bağlı olarak dalgalanmalar gösterebilmektedir. Ancak osmotik enerji özellikle tatlı su ve tuzlu suyun birleştiği noktalarda yıl boyunca istikrarlı bir enerji üretimi sağlamaya devam etmektedir. Enerji üretimi esnasında tek atık ürünü, tatlı sudan daha tuzlu fakat deniz suyundan daha az tuz oranıyla acımsı tuzlu su ortaya çıkmaktadır (URL 16).

1748 yılında ilk kez Fransız fizikçi Jean-Antoine Nollet osmoz sürecini gözlemlemiştir. Bir nehrin deniz suyuyla karşılaştığı durumda büyük bir miktarda serbest enerjinin kaybolduğunu gözlemlemiştir. Yarı geçirgen

membranlar kullanılarak düşük yoğunluğa sahip saf su, daha yüksek yoğunluğa sahip tuzlu suya geçiş yapar bu süreç enerji farkı ortaya çıkartır. Bu enerji farkının güç elde etmede mümkün olabileceği keşfedildi. Ancak osmotik enerji üretim yöntemi 1970'lerde bilim insanı Sidney Loeb tarafından yeni bir membran teknolojisi olan ters osmoz yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntem suyun tuzdan arındırılması gibi pek çok uygulamanın geliştirilmesi sağlanmıştır (Kleipert, 2012, s. 5).

Osmotik enerji potansiyelini ortaya çıkabilmesi için sıcaklık, tuzluluk farkları ve nehrin debisi gibi fiziksel faktörlerden etkilenmektedir. Tuzluluk ve sıcaklık faktörleri genellikle mevsimsel etkenlere bağlı olarak değişmektedir. Fakat nehir debisi hem mevsimsel hem de beşerî etkenlere bağlı olarak değişime uğramaktadır. Bu bağlamda osmotik enerji potansiyelini etkileyen faktörlerin aylık değişimlerinin göz önünde bulundurulması kurulacak olan santralin verimliliği, kapasitesi ve enerji üretim potansiyeli hakkında önemli bulgular sunmaktadır (Özyurt Tarakcıoğlu vd., 2018, s. 565).

Ters Elektrodializ (Reverse Elektrodialysis-RED) yöntemi osmotik enerji yönteminde kullanılan bir diğer uygulamadır. Bu uygulama basınç geciktirmeli osmozdan farklı olarak su molekülleri yerine tuz iyonlarının geçmesine olanak sağlayan membranlar içermektedir. İki tür zar sistemi bulunmaktadır. İlk zar katmanı tuzlu suyun pozitif yüklü sodyum iyonlarının geçmesini sağlarken ikinci zar katmanı negatif yüklü klorür iyonlarının geçmesini sağlamaktadır. Bu ikili zar sistemi tuzlu su katmanları ile tatlı su katmanları arasında dönüşümlü olarak değiştiği için çok katmanlı bir yapı oluşturmaktadır. Bu düzenleme herhangi bir türbine ihtiyaç duymadan elektrik enerjisinin ortaya çıkarılmasıdır. Bu yöntemin potansiyel olarak çok daha verimli olduğu varsayılmaktadır (URL 17).



**Harita 12: Dünya tuzluluk gradyan enerjisi potansiyel bölgeler**

**Kaynak: URL 13**

Teoride dünyanın nehir suyu akışına bağlı olarak osmotik enerji potansiyelinin oldukça yüksek olduğu düşünülmektedir. Pratikte ise bu potansiyelin belirli bir kısmının kullanılabilir olduğu söz konusudur. Osmotik enerji potansiyeli dünya çapında yaklaşık 5.200 TWh/yıl olarak hesaplanmıştır. Nehir ekosisteminin ekolojik dengesinin sürdürülebilirliği açısından değerlendirildiğinde nehir suyunun sınırlı olduğu göz önüne alınarak teknik potansiyelinin 520 TWh/yıl olarak hesaplanmıştır (Stenzel ve Wagner, 2010, s. 1).

2009 yılında Statkraft şirketi tarafından 4 KW üretim kapasitesiyle Norveç'in Tofte kentinde ilk osmotik enerji santrali açılmıştır. Ancak Statkraft şirketi osmotik enerji teknolojilerinin geliştirilmesindeki maliyetlerin karşılamaındaki problemler neticesinde 2013 yılında santralin kapatılması kararı alınmıştır.

Türkiye'nin osmotik potansiyelinin hesaplanması adına incelenen Ceyhan, Dalaman, Gediz, Göksu, Manavgat, Sakarya, Seyhan, Yeşilirmak akarsuları analiz edilmiştir. Değişken akış hızlarında sürekli ve uygun enerji üretimi gerçekleştiren teknolojilerin mevcut olduğu durumlarda potansiyelin önemli miktarlarda artacağı ön görülmektedir. Bu bağlamda şu an ki koşullarda yıllık kapasitenin yaklaşık 990 MW gücünde ve toplam elektrik üretimi potansiyelinin 8690 GW/h olduğu hesaplanmıştır (Korkmaz, 2017, s. 74).

### 3.2. Dalga Enerjisi

Denizlerde ve okyanus alanlarında su kütlelerinin üç hareketi bulunmaktadır bunlar; dalga, akıntı ve gelgit hareketleridir. Dalgalar genellikle bir dış etken olan rüzgârın etkisiyle deniz, okyanus ve göllerin yüzey sularının alçalma ve yükselme hareketleri ile oluşmaktadır.

Dalgalar, su yüzeyinde esen rüzgârın etkisiyle oluşan dalgalanmalar sonucunda meydana gelmektedir. Hava akımındaki türbülans, su yüzeyinde basınç değişimlerine sebebiyet verdiği için dalga oluşumuna yol açmaktadır. Dalga oluştuğunda bir yandan hava akımının bozulmasına yol açarken bir yandan da oluşumunu sürdürür. Dalga oluşum zonunda rüzgârdan suya enerji transferi gerçekleşir. Aktarılan bu enerji miktarı rüzgârın hızına, devamlılığına ve mesafeye bağlıdır (Huggett, 2015, s. 347). Rüzgârın etkisiyle suya aktarılan enerji miktarı dalgaların karakteristik özelliklerini belirleyen önemli bir faktördür.

Çeşitli faktörlerin bir araya gelmesi sonucunda okyanus yüzeyinde dalgaların oluşumu gerçekleşmektedir. Ay ve güneşin yerçekimi etkisiyle oluşan gelgitler çok uzun periyotlu dalgalar olarak kabul edilebilir. Tsunami dalgalarına neden olan depremler dalga oluşumunda etkilidirler (Folley, 2017, s. 43).

Yüzey akıntıları dünyanın dönüşü ve güçlü mevsimsel rüzgârların sonucunda derin bölgelerden yüzeye ulaşan soğuk ve besince zengin akıntılardır. Okyanus tabanında gerçekleşen bu su hareketleri ise derin su akıntılarının yoğunluk



farkı ve kütle çekimi nedeniyle oluşmaktadır. Okyanus suları kutup bölgelerine ulaştığında soğumaya bağlı olarak don halini alırken bunun sonucunda ise daha yoğun hale dönüşür. Suda yaşanan sıcaklık ve tuzluluk oranının değişimi yoğunluk farkına sebebiyet verir. Okyanus tabanına doğru hareket eden daha yoğun ve soğuk suyun yerini daha düşük enlemlerden gelen sıcak sular doldurur. Bu su hareketliliği sıcak olan suların soğuyarak derinlere hareketi sonucunda küresel bir su akıntısı süreci başlar (URL 18).

Geleceğin enerji ihtiyaçlarını karşılamak adına enerjinin mevcudiyetini garanti altına almak yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygınlaşmasına yönelik adımlar atılmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının temiz ve sonsuz avantajlara sahip olmasının yanında dikkate değer dezavantajları da mevcuttur. Yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji üretimindeki kullanıma olanak sağlayacak projelerin ilk yatırım maliyetlerinin çok yüksek olması ve enerji depolama teknolojilerindeki sorunlar yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımında çözülmesi gereken önemli dezavantajlardandır (Ploetz vd., 2016, s. 3).

Dalga enerjisi AR-GE çalışmaları 1970'li yıllarda ilk petrol krizinin ardından enerji arzının çeşitlendirilmesi ve hava kirliliğinin azaltılmasına yönelik çalışmaların ışığında başlamış ve 1980'lerin başına kadar gelişim göstermiş sonraki süreçte faaliyetler azalmış ancak birkaç kıyı şeridi ve kıyıya yakın prototip inşa edilmiş ve testlere tabi tutulmuştur. 1990'lı yılların ortalarında birkaç küçük şirketin genellikle açık deniz tipi yeni sistemler geliştirmeye yönelmesiyle araştırmalar yeni bir ivme kazanmıştır. Aynı dönemde gelgit akıntı sistemleri de geliştirilmeye başlanmıştır. Okyanus Enerji Sistemleri Uygulama Anlaşması, 2001 yılında Danimarka, Portekiz ve Birleşik Krallık tarafından kurulan okyanus enerjisi üzerinde AR-GE konusunda Uluslararası Enerji Ajansı ile teknik bir iş birliği sağlamaktadır. Dalga ve gelgit akıntıları sistemleri üzerine odaklı olarak faaliyetler gerçekleştirilmektedir (Pontes, 2007, s. 610- 611).

Dalga enerjisi dönüştürücülerinin gelişim süreci uzun bir geçmişe sahiptir. 1800'lerde ilk denemelerin gerçekleştiği dalga enerjisi dönüştürücüsü için ilk patent 1799 yılına dayanmaktadır. 1970'lerin başında enerji krizi ile 1974 yılında Prof. Stephan Salter'ın Nature adlı bilimsel dergide yayımlanan makalesi bu alandaki ilgiyi büyük ölçü de artırmıştır. 1980'lerin sonu ve 1990'ların başında önemli araştırma çabalarına rağmen faaliyetler azalmıştır. Son yıllarda yapılan araştırmalar hız kazanmış, dünya geneline birçok ülkede, özellikle de kıyı Avrupa ülkelerinde çalışmalar yoğunlaşmıştır. Dalga enerjisi dâhil olmak üzere denizel enerjilerin yenilenebilir enerjiler içinde önemli bir potansiyele sahip oldukları görülmüştür (Kofoed, 2017, s. 22- 23).

Dalga enerjisi dönüşüm sistemleri; kıyı şeridi (shoreline), kıyıya yakın (near shore) ve kıyıdan uzak (offshore) bölgelerde uygulanan sistemler olarak ele

alınmaktadır. Bu bağlamda dalga enerjisi dönüşüm teknolojileri kıyı şeridinde; salınımlı su kolonu (OWC), daralan kanal sistemi, pendula gibi sistemler mevcutken, kıyıya yakın sahalarda osprey (balık kartalı), oyster (istiridye), wosp (rüzgâr ve okyanus salınım enerjisi) gibi enerji sistemleri bulunmaktadır. Açık denizlerdeki uygulamalar ise McCabe dalga pompası, OPT dalga enerji dönüştürücüsü (WEC), Arşimet dalga salınımı ve Pelamis dalga enerji dönüştürücü sistemlerinden oluşmaktadır.

Yenilebilir enerji pazarında en küçük paya sahip olan okyanus enerjisi teknolojileri son IRENA verilerinde göre 2021 yılında küresel kurulu güç 524 MW' a yükselmiştir. Aynı verilere göre 256 MW'lık Kurulu güç kapasitesiyle Güney Kore'deki Sihwa santrali birinci sırada yer almaktadır. İkinci sırada ise 212 MW'lık Kurulu gücü ile Fransa La Rance santrali gelmektedir. İki ülke küresel okyanus enerjisi kurulu gücünün % 90' ını oluşturmaktadır (IRENA, 2022). Yolun başında olan bu teknolojiler maliyet düşüşleri ve AR-GE çalışmalarının hızlanması halinde güneş- rüzgâr enerjisi teknolojilerinde olduğu gibi ciddi oranda yükselişe geçmesi beklenilmektedir.

Günümüzde özellikle gelgit akıntı teknolojileri ve dalga enerjisi dönüştürücü teknolojilerine ağırlık verilmektedir. Bunun nedeni ise hem gelgit enerjisinin hem de dalga enerjisinin öngörülebilir olması ve şebekeye entegre edilmesi nedeni ile önem verilmektedir. İkinci olarak gelgit ve dalga enerjisi yüksek enerji yoğunluğuna sahip olduğundan dolayı da tercih edilmektedir.

IPCC (Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli) 2012 yılında yayınlamış olduğu rapora göre dalga enerjisinin yıllık elektrik üretim potansiyeli 29.500 TWh olarak belirlemiştir (Edenhofer vd., 2011, s. 504). Dünyanın yenilenebilir enerjiler ve fosil yakıtlardan 2021 yılında toplamda 28.466 TWh'lik elektrik enerjisi üretimi gerçekleşmiştir. Sonuç olarak deniz ve okyanuslarda bulunan dalga enerjisi ile tüm dünyanın teorik olarak yıllık elektrik enerjisi karşılama potansiyelini barındırmaktadır.

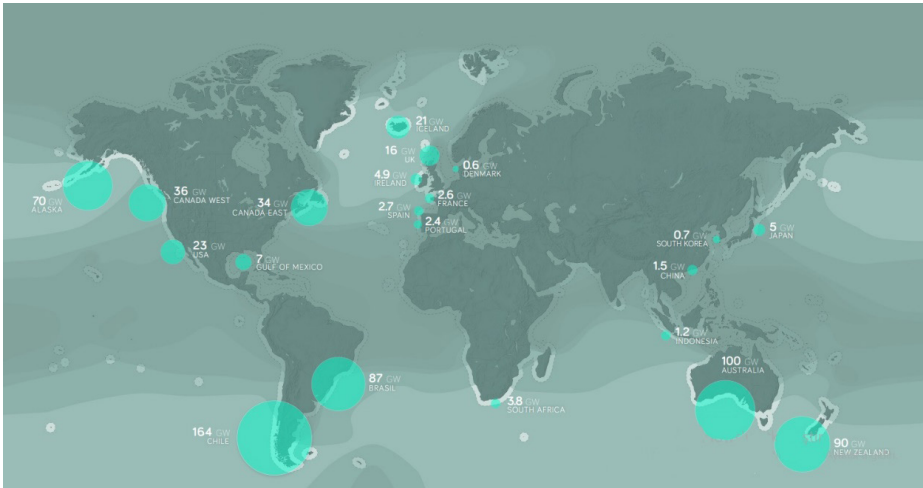
Deniz kökenli yenilebilir enerji kaynakları Dünya genelinde olduğu gibi Türkiye'de de diğer yenilebilir enerji kaynaklarına göre yeni bir enerji kaynağıdır. Deniz kökenli enerji kaynaklarına bağlı sınırlı uygulamalar mevcuttur. Bu bağlamda yaygın olarak dalga enerjisi ve gelgit enerjisine yönelik faaliyetler karşımıza çıkmaktadır. Deniz kökenli kaynakların endüstriyel olarak elektrik üretimi Türkiye'de mevcut değildir. Türkiye'de dalga ve gelgit enerjisine yönelik birtakım araştırmalar gerçekleştirilmiş ve çalışmalar sürdürülmektedir. Teknolojik gelişmeler ışığında deniz kökenli enerji kaynaklarının elektrik üretiminde etkin bir şekilde kullanılacağı öngörülmektedir.

Dalga enerjisi potansiyelinin gerçekçi değerler ile belirlenmesindeki öncelik dalga enerjisinden yararlanılması planlanan bölgede uzun yıllara dayanan ve oldukça pahalı olan ölçümler gerçekleştirilmektedir. Bu ölçümlerin

yapılamadığı durumlar söz konusu olduğunda ise çok daha ekonomik başka bir yöntem olan rüzgâr ölçümleri yapılmaktadır. Rüzgâr ve dalga arasındaki bağlantıyı karşılayan birçok ölçüm sonucunda elde edilen yarı deneysel formüllerle dalga enerjisi hesaplanabilmektedir. Hesaplamalar sonucunda elde edilen enerji, ölçüm alınan bölgeye yerleştirilen bir veya daha fazla dalga türbini sayesinde elektrik enerjisi miktarı saptanabilmektedir (Özdamar, 2000, s. 204).

Dalga enerjisi potansiyeli her ne kadar yüksek olsa da bazı sorunları barındırmaktadır. Özellikle yüksek teknoloji gerektiren dalga enerjisi inşaat sermaye maliyetleri, diğer alternatif kaynaklardan üretilen elektrik enerjisi ile rekabeti ve denizlerde oluşan olumsuz şartlara dayanıklılığı önemli sorunların başında gelmektedir. Fakat fosil kaynakların tükenmesi ve küresel iklim değişiminin artması nedeni ile dalga enerjisinin diğer alternatif kaynaklara karışımı ile potansiyelinin kullanılması beklenmektedir (Andrews ve Jelley, 2007, s. 95).

Dünya genelindeki tüm kıyılara vuran dalgaların sahip olduğu küresel güç potansiyeli yaklaşık 1 TW (1 terawatt= 10<sup>12</sup> W) boyutunda olduğu tahmin edilmektedir. Açık denizlerdeki sürtünmeler ve dalga kırılmasından kaynaklı enerji kaybı göz ardı edildiği hallerde dahi dalga enerjisi değeri çok daha yüksek seviyelere ulaşmaktadır. Okyanus dalgalarının bu potansiyeli yenilenebilir enerji kaynağının muazzam bir temsilcisidir (Falnes, 2007, s. 186).



**Harita 13: Dünya dalga enerji potansiyeli olan bölgeler**

**Kaynak: URL 13**

Dalga enerjinin güç potansiyeli değerlendirildiğinde açık denizlerin potansiyelinin kıyı kesimlerine nazaran çok daha verimli olduğu açıktır. Fakat açık denizlere konumlandırılan cihazlar çok daha zorlu şartlara sahiptir. Kıyı da

konumlandırılan teknolojilerin bakım ve oranımı açısından değerlendirildiğinde büyük avantajlara sahip olduğu ortadadır. Ticari bir geleceğe yönelik geliştirilen cihazların erişilebilirliği ve güvenliği iyileştirildiği takdirde yeni adımların hızla atılması söz konusudur (Westwood, 2004, s. 50). Bu bağlamda coğrafi konumu itibarıyla Türkiye, kıyı şeridinde dalga enerjinin potansiyelinden yararlanması muhtemel ülkelerden biridir.

Dalga enerjisinin ekonomik koşullarının belirlenmesine yönelik atılacak adımlardan biri mevcut potansiyelinin belirlenmesi ve haritalanmasıdır. Bu aşamalar dalga yüksekliği, dalga enerji periyodu ve ortalama dalga yönü gibi değişkenler göz önünde tutularak potansiyeli yüksek dalga enerjisi bölgelerinin belirlenmesi, değerlendirilmesi, ortalama enerji kaynaklarının analizlerinin yapılmasını içermektedir (Uihlein ve Magagna, 2016, s. 1071).

Okyanus dalgası enerji dönüştürücüsünün dayanıklı bir şekilde tasarlanması adına dalgaların hem bir kaynak hem de bir risk olduğu göz önünde bulundurulmalıdır. Okyanus dalgası enerji dönüştürücüleri verimli bir çalışma sergilerken aynı zamanda da bulunduğu değişken ortamda uzun süre varlığını koruyabilmelidir. Dalga enerji kaynağı, aylar, günler hatta saatler bazında bile oldukça değişkendir. Yıllık ortalamalar bu değişkenliği basitleştirebilmektedir. Ayrıca enerji dönüştürücüsünün performansı dalga yüksekliği ya da yönü gibi ayırt edici birçok niceliğe duyarlı olabilmektedir (Lenee- Bluhm, vd., 2011, s. 2107).

Küresel çapta yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik üretiminde birincil kaynak olarak güçlendirilmesi önemli bir odak noktasıdır. Denizel enerji kaynakları yenilenebilir enerji için büyük bir potansiyele sahiptir. Öyle ki tahminlere göre dünya genelinde 2050 yılına kadar 337 GW'a kadar kurulu gücün mevcut olabileceği öngörülmektedir (Badcock- Broe, vd., 2014, s. 17).

2017 yılında Batı Karadeniz Kalkınma Ajansı Hizmet Binasında dönemin Zonguldak Valisi Ali Kaban'ın da katılımıyla birlikte Zonguldak Valiliği, Bülent Ecevit Üniversitesi, Zonguldak İl Özel İdaresi, Zonguldak Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü ve CSG Exploration and Production firması arasında Pilot Dalga Enerji Santrali mutabakat zaptı imzalanmıştır. Bu bağlamda söz konusu mutabakat zaptı çerçevesinde Zonguldak kentinde belirlenen bölgede konumlanacak 50 KW Kurulu güce sahip pilot tesisten üretilen elektrik enerjisi ortalama 25 konutun elektrik ihtiyacını karşılaması hedeflenmiştir. Bunun yanı sıra Zonguldak İl Özel İdaresi tarafından çalışmaları yürütülen Manolya Parkı'nın elektrik ihtiyacının bu projeye karşılanması planlanmıştır. Bu projeye alternatif enerji kaynaklarının geliştirilmesi, farkındalık yaratılması ve dalga enerjisi tesisinin verimliliğinin test edilmesi amaçlanmıştır (BAKKA, 2017). Ancak ortaya çıkan pürüzler nedeniyle proje tamamlanamamıştır.

Teknik problemlerin yanında maliyet açısından yetersiz kalan yerel yönetimler önemli projeleri hayata sokamamaktadırlar. Bu gibi projelerin Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı katkısıyla hayata geçirilmesi kaçınılmazdır.

Türkiye’de dalga enerjisinden elektrik üretimi çalışmalarından Ulusal Bor Araştırmaları Enstitüsü (BOREN) ve Türkiye Elektromekanik Sanayi A.Ş. (TEMSAN) iş birliği ile 2008 yılında “Dalga Enerjisinden Elektrik Üretimi” projesi Sakarya’nın Karasu ilçesinde kurulan prototip sistem ile günde ortalama 5 KW gücünde enerji elde edilmesi planlanmıştır (Gülsaç, 2009, s. 60).

Türkiye kalkınma planlarının hiçbirinde dalga enerjisiyle ilgili bir madde bulunmamaktadır. Fakat 2001-2005 yılları arasında uygulanan 8. Kalkınma Planının “*Elektrik Enerjisi Özel İhtisas Komisyon Raporunda*” deniz enerjileri başlığı altında geçmektedir. Üç tarafı denizlerle çevrili olan Türkiye’de sadece dalga ve akıntı enerjisi uygulanabilir olduğundan söz edilmektedir.

1 Mayıs 2023 tarihli, 7189 karar sayılı resmî gazetede yayımlanan Cumhurbaşkanlığı kararı ile 01.07.2021- 31.12.2030 tarihleri arasında giren veya girecek olan yenilenebilir enerji santrallerinin kWh başına fiyat ve fiyat süreleri belirlenmiştir. Belge incelendiğinde dalga enerji santrallerine uygulanacak fiyat ve fiyat sürelerinin de belirlenmiş olduğu tespit edilmiştir. Buna göre Türkiye yakın zamanda dalga enerjisini de yenilenebilir enerji portföyüne eklemesi beklenmektedir.

NATO TU-WAVES Projesi sonucunda ortaya çıkan Türk Kıyı Rüzgârları ve Derin Deniz Atlası verilerinden yararlanarak, Türk sularının kullanıma hazır maksimum ve minimum dalga enerjisi seviyelerinin ortaya çıkarılması amaçlanmıştır (Sağlam ve Uyar, 2005, s. 2- 3).

**Tablo 5: Türkiye’nin Denizel Alanlarındaki Ortalama Dalga Yoğunlukları**

Bölge	Güç
Karadeniz	1.96- 4.22 KW h/m
Marmara Denizi	0.31- 0.69 KWh/m
Ege Denizi	2.86- 8.75 KWh/m
Akdeniz	2.59- 8.26 KWh/m
İzmir- Antalya	3.91- 12.05 KWh/m

**Kaynak: Sağlam ve Uyar, 2005**

### 3.3. Dalga Enerjisi Teknolojileri

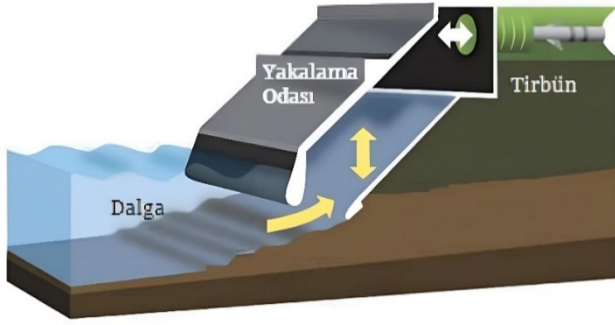
#### 3.3.1. Kıyı Şeridi (Shoreline) Uygulamaları

Kıyı şeridine yerleştirilen ve sığ sulara konumlandırılan kıyı tipi dalga enerjisi dönüştürücüleri, kıyı alanlara kurulumu ve bakımı açısından avantaj sağlamaktadır. Kıyıya yakınlığından dolayı üretilen enerji uzun kablolarla ihtiyaç duyulmadan şebekeye aktarılabilir. Elektrik üretiminin yanında dalga kıran olarak da kullanılabilir. Bunun yanı sıra kıyı alanlarında uygun

bölgenin kısıtlı olması ve kıyı dalgalarının açık deniz dalgalarına oranla daha az enerji üretimi gerçekleştirilmesi kıyı tipi dalga enerjisi dönüştürücülerinin olumsuz yanlarındandır.

### 3.3.1.1. Salınımlı Su Sütunu ( OWC- Oscillating Water Column)

Salınımlı su sütunu, kıyı şeridi uygulamalarından biridir. Bu sistemdeki temel hedef suyun havayı sıkıştırması sonucunda türbinlerin çalıştırılması sonucunda elektrik enerjisinin elde edilmesidir. Kıyı şeridine yerleştirilmiş cihaz içerisine su kütlesi kapalı hazneden içeri geçerek havayı sıkıştırırken, sıkışan hava ise türbinin dönmesini sağlamaktadır. Normal bir türbin kullanıldığı takdirde su kolona girdiğinde ve kolondan çıkışta türbin pervanesinin farklı yönlere dönüşünden kaynaklı enerji üretiminde azalma gerçekleşecektir. Türbinin kanatlarının aynı yönde dönmesi sistemin verimini artıracaktır. Bu sistemde Wells türbinin özel yapısı sayesinde iki hava hareketinde de aynı yönde hareket gerçekleşir. Bu durumda Wells türbininin kullanılması avantaj sağlamaktadır (Demirok ve Koçer, 2020, s. 203).

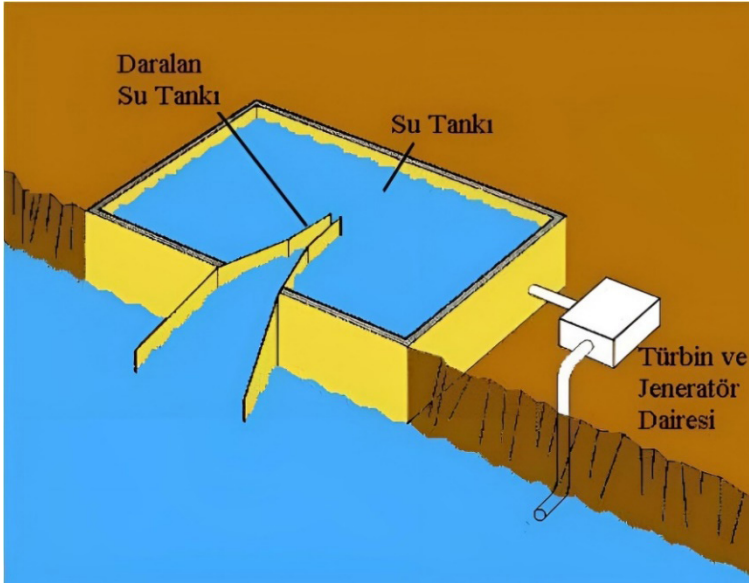


Şekil 3: OWC çalışma prensibi

Kaynak: Edirne Valiliği, 2020

### 3.3.1.2. Daralan Kanal Sistemi (TAPCHAN: Tapered Chanel System)

Daralan Kanal Sistemi, deniz seviyesinden birkaç metre yüksekte bir rezervuar ve türbin binasından oluşmaktadır. Dalgalar kıyıda gittikçe daralan bir kanala yönlendirilir. Kanal boyunca ilerleyen dalgaların genliği artarken kanal sonundaki rezervuarda potansiyel enerji olarak depolanmaktadır. Depolanan su türbinlere verilerek elektrik enerjisi üretimi gerçekleştirilir. Hareketli parçaların az olmasından kaynaklı bakım maliyeti düşük, sistem güvenliği yüksektir (Li, vd., 2009). Bütün kıyı kesimleri için uygun olmayan bu sistem, daralan kanal nedeniyle yükselen dalgaların kontrol altına alınması şarttır.

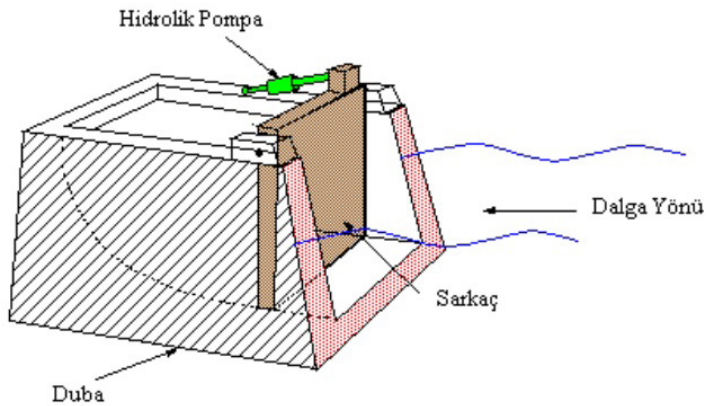


Şekil 4: TAPCHAN çalışma prensibi

Kaynak: Bak, 2003

### 3.2.1.3. Sarkaç Tipi Dönüşüm Sistemi (Pendular)

Sarkaç tipi dalga enerjisi dönüştürücü sistemi, bir tarafı denize açılan dikdörtgen bir kutudan oluşmaktadır. Açıklık olan kısma sarkaç bir kapak menteşelenmiştir. Dalganın hızla kapağa çarpması neticesinde ileri geri hareket gerçekleşmektedir. Dalganın gövdeyi hareket ettirmesi sonucunda enerjinin hareket enerjine dönüştürülmesi sağlanır. Bu enerji, jeneratör vasıtasıyla elektrik enerjine dönüştürmektedir (Nicola, vd., 2017, s. 3).



Şekil 5: Sarkaç Tipi Dönüşüm Sistemi

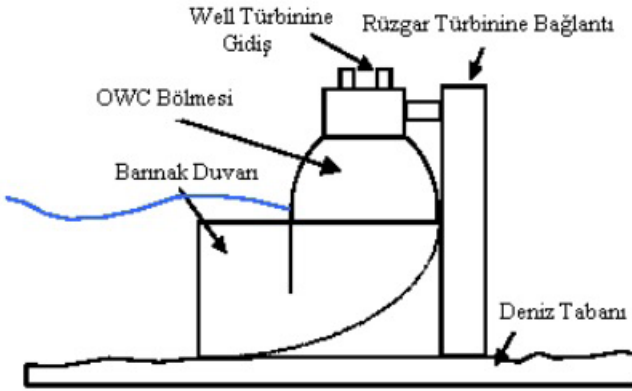
Kaynak: Ün, 2003

### 3.3.2. Kıyıya Yakın (Near Shore) Uygulamalar

Kıyıya yakın dalga enerji dönüşüm sistemleri, 10-25 m derinlikte deniz tabanına sabitlenerek konumlandırılmaktadır. Deniz tabanına sabitlenen ve salınımlı gövde tarzında uygulamaları mevcuttur. Dalgalara bağlı olarak ortaya çıkan gerilmeyi taşımasına yönelik tasarımlar gerçekleştirilmelidir. Açık deniz sistemlerine göre daha sığ sulara yerleştirilen yakın kıyı sistemleri güçlü dalgaların potansiyelinin açık denizlere oranla azalmasından kaynaklı enerji üretimi daha düşük olabilmektedir.

#### 3.3.2.1. Osprey

Merkezde 20 m genişliğinde dikdörtgen bir toplayıcı hazne ve her iki tarafında ise sabitlenmiş boş çelik tanklar bulunmaktadır. Dalganın geliş yönüne doğru yerleştirilmiş bu tanklar toplayıcı hazneye odakladır. Bu hazneye gelen hava akışı, içeri monte edilmiş iki dikey bacadan geçmektedir. Her iki bacadaki sistem iki çift Wells türbini içermektedir. Rüzgâr türbini monte edilebilecek bir kontrol kulesi bulunmaktadır. Bu sayede rüzgâr enerjisini de kullanarak elektrik üretimi gerçekleştirilebilmektedir. Bu cihaz ortalama 14 m su derinliğindeki bölgelere kurulabilecek şekilde tasarlanmıştır (Thorpe, 1999, s. 40).



Şekil 6: Osprey çalışma prensibi

Kaynak: Ün, 2003

### 3.3.3. Kıydan Uzak (Offshore) Uygulamalar

Açık deniz dalga enerjisi dönüşüm sistemleri, genel anlamda 40 m' den daha derin sularda konumlandırılmaktadır. Açık denizde daha yüksek dalga genliği ve periyodu sayesinde dalga gücünden yüksek verim alınabilmektedir. Büyük genlikli dalgaların neden olabileceği hasarlara karşı dayanıklı tasarlanması ve konumlarından kaynaklı bakımlı maliyetlidir. Kıyıya taşınacak olan enerji uzun ve pahalı deniz kabloları aracılığıyla aktarılmaktadır. Bu durum ek maliyet ve zorlukları da yanında getirmektedir.



### 3.3.3.1. Wave Dragon (Dalga Ejderhası)

Dalga enerjisinden elektrik üretmek adına oldukça verimli bir sistem olan Dalga Ejderhası, denizden daha yüksek bir seviyede bulunan rezervuarda deniz suyu toplanır. Toplanan bu deniz suyu daha alçakta kalan denize aktarılırken hidrolik türbinlerin dönüşü sayesinde elektrik enerjisi üretimini gerçekleştirir (Kofloed, vd., 2006, s. 182).



Şekil 7: Wave dragon (dalga ejderhası)

Kaynak: URL 19

### 3.3.3.2. OPT Dalga Enerji Dönüştürücüsü (WEC)

Dalga enerjisini yakalayan yüzen bir enerji üretim sistemi olan Dalga Enerjisi Dönüştürücüsü, Ocean Power Technologies tarafından geliştirilmiştir. Çapa sistemi sayesinde okyanusta sabit durabilen ve yüzeyde dalga tepkisine karşı daha az hareket halinde olan bir sal okyanus dalgalarına tepki verir. Dalga enerjisi yakalanarak elektrik enerjisine dönüştürmeyi hedeflemektedir (Mekhiche ve Edwards, 2014, s. 1)

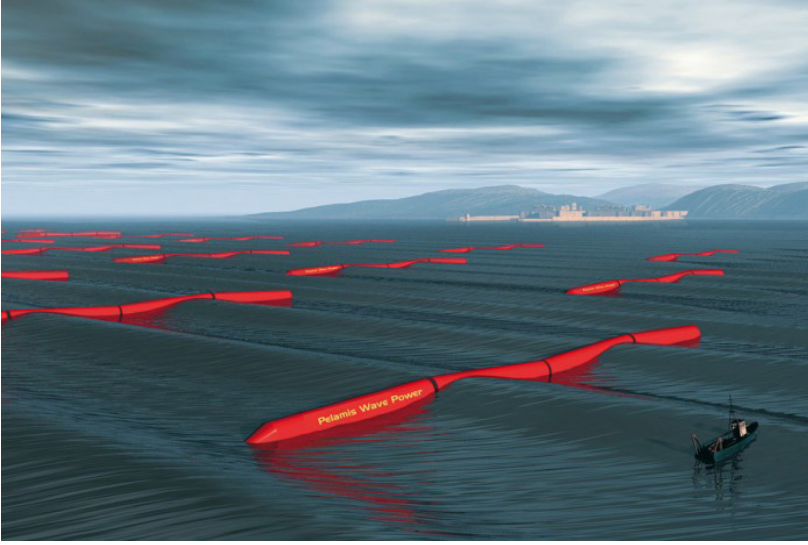


Şekil 8: OPT dalga enerji dönüştürücü

Kaynak: URL 20

### 3.3.3.3. Pelamis

Silindirik dört ana boru parçasıyla birbirlerine bağlantılı yatay ve dalgalara dik şekilde konumlandırılmıştır. Dalgalarla beraber hareket eden ve hidrolik pistonlar jeneratör vasıtasıyla elektrik enerjisi üretimi gerçekleşmektedir (Gobato, vd., 2015, s. 1- 4).



Şekil 9: Pelamis dalga enerji teknolojisi

Kaynak: URL 21

### 3.4. Dalga Enerjisine Etki Eden Bir Faktör Olarak Anadolu Yarımadası'nın Jeolojik ve Jeomorfolojik Özellikleri

Türkiye'deki yeryüzü şekilleri Paleozoikten başlayan ve günümüze kadar devam eden orojenik ve epirojenik hareketlerin sonucunda ortaya çıkmıştır. Türkiye'yi etkileyen orojenik ve epirojenik hareketler güneydeki Arabistan ve Afrika levhalarının kuzeye doğru hareketlerinin sonucunda gerçekleşmiştir. Kuzeye doğru hareket eden bu sert tabakalar günümüzde Anadolu'nun yerleştiği alanda olan jeosenklinallerdeki malzemelerin kıvrılarak yükselmesi sonucu orojenik kuşakları oluştururken, sıkışmanın kıvrılma hızından yüksek olduğu alanlarda ise kırılmalar, blok halinde çökmeler ve yükselmeler sonucunda ise yırtılmalar oluşum göstermiştir (Sönmez ve Dölek, 2020, s. 19).

Anadolu'nun bugünkü bulunduğu yerde Paleozoikte Tetis (Tethys) iç denizi bulunmaktaydı. Tetis jeosenkline olarak adlandırılan bu iç deniz dibinde biriktirdiği tortuları kuzeyde Avrasya ve güneyde Afrika levhalarının arasında sıkıştırılarak kıvrılmış ve yükselmiştir (Aytaç, 2021, s. 46). Kuzeyde ve güneyde yer kabuğunun iki çöküntü alanı arasında kalmış yüksek kubbeleşme alanı durumunda olan Türkiye, kuzeyde Karadeniz'in ortalama derinliği 1200

m, güneyde Akdeniz'in ortalama derinliği ise 1400 m civarındadır. Ortalama yükseltisi 1130 m olan Türkiye, bu iki bölgenin kubbeleşme alanına karşılık gelmektedir. Morfolojik ve jeolojik araştırmaların ışığında, Pliosen sonlarında başlayan ve büyük bir olasılıkla maksimum şiddete Pleistosen sırasında erişen Türkiye bu durumu epirojenik hareketler sonucunda kazanmıştır (Erinç, 2015, s. 145).

Sert kütleler arasında uzanan Anadolu, metamorfizmaya Paleozoik'den Tersiyer başlarına kadar olan dönemlerin içinde çeşitli derece de ve değişik özellikteki pek çok kayacın oluşmasında etkili olmuştur. Türkiye'nin temel taşlarını oluşturan masifler kuzeybatı ve batısı ile Orta Anadolu ve Güneydoğu Anadolu'da geniş bir alanı kapsamaktadır. Mesozoik döneminde Türkiye'nin kuzey ve güneyinde uzanan orojenik kuşakların bulunduğu alanlar Tetis denizi tarafından işgal edilmiş, kolları yer yer Anadolu içlerine kadar sokulmuştur. Bu bağlamda Kuzey Anadolu dağları ile Toros dağları kuşağında yaygın olarak mesozoik arazileri mevcuttur (Atalay, 2017, s. 3-12). Tersiyer'de arazilerin oluşumu Mesozoik döneminin jeosenklinallerinin kara parçasına dönüşümü ardından başlamıştır. Şiddetli kıvrılma ve kırılma olayları gerçekleşmiştir.

Ayrıca bu kubbeleşme alanı üzerinde farklı dereceden bir takım ikincil çanaklaşma ve kubbeleşmeler de ortaya çıkmıştır. Bu bağlamda Toroslar, daha çukurdaki İç Anadolu ve Kuzey Anadolu Dağları bugünkü durumlarını böylece oluşturmuştur. Bu dağlar Alp kıvrım kuşağı içinde yer almaktadır (Erinç, 2015, s. 145).

Anadolu coğrafyası Pleistosen devrinde büyük değişimlere şahitlik etmiştir. Pleistosen döneminde yaşanan büyük ölçüdeki soğuma buzulların alanlarını genişletmesine ve su seviyesinin aşırı düşmesine yol açarak boğazların kapanmasına sebebiyet vermiştir. Karadeniz ve Marmara'nın dünya denizleriyle bağlantıları kesilerek büyük bir göle dönüşümleri gerçekleşmiştir. Buzullar eridiğinde ise deniz seviyeleri yükselmiş ve boğazlar tekrar açılarak hem birbirleriyle hem de dünya denizleriyle olan bağlantıları tekrar sağlanmıştır. Anadolu coğrafyasının jeolojik dönemlerinde yaşanan büyük değişimler bugünkü coğrafi şekillerin oluşumunun ve anlaşılmasının önündeki büyük bilgi birikimlerinin birer parçalarıdır.

Dünya'nın toplam alanı yaklaşık 510 km<sup>2</sup>'dir. Yüzeyinin yaklaşık %70'i sular ile örtülü olan doğal küreye suküre (hidrosfer) denmektedir. Sürekli olarak değişen bir yapıya sahip olan yerkürenin jeolojik süreçler sonucunda değişimleri gerçekleşir. Milyonlarca yıl içinde gerçekleşen bu değişimler orojenetik, epirojenetik ve tektonik hareketler sonucunda çanaklaşmış olan alanların geniş tuzlu su kütleleriyle dolması denizleri oluşumuna yol açmaktadır.

Marmara ve Türk Boğazlar Sistemi, Karadeniz ile Akdeniz'i iki tabakalı akım sistemi ile birbirine bağlayan önemli bir su yoludur. Üst tabakada Akdeniz

yönüne akan düşük tuzluluktaki Karadeniz suları, 25 m derinlikte ise Karadeniz yönünde akan yüksek tuzluluktaki Akdeniz suları akım yapısını oluşturmaktadır. Bu benzersiz jeolojik ve oşinografik yapı günümüzden yaklaşık olarak 7500 yıl önce olduğu tahmin edilmektedir (Öztürk İ. , 2021, s. 1).

Ege Denizi, Türkiye ve Yunanistan arasında kıyılarında girinti ve çıkıntılıların yoğun olarak bulunduğu irili ufaklı adalardan oluşmaktadır. Egeyi boydan boya kat eden hendek ve çukurlar S biçiminde uzanmaktadır. Bu çukur sahalar Ege'nin en derin yerlerini oluşturmaktadır. Anadolu kıyısında uzanan 1042 m ile Kuşadası Körfezi ve 620 m ile Gökova Körfezi en derin körfezleri teşkil etmektedir. Ege Deniz'inde derinlik genel olarak 100-500 m arasında değişmektedir (Atalay, 1981, s. 202).

Yeryüzünün büyük bir parçasını oluşturan okyanus, deniz ve göl kıyılarında görülen şekiller kıyı topoğrafyası olarak ele alınmaktadır. Kıyılar boyunca görülen şekiller; aşınım şekilleri ve birikim şekilleri olarak değerlendirilmektedir. Dalgalar ve akıntılar kıyı morfolojisinde etkili olan ana faktörlerin başında gelmektedir. Bunun yanı sıra kıyıların litolojik yapısı, iç ve dış etkenler, kıyının jeomorfolojik durumu kıyı topoğrafyası oluşumunda etkili olan bir diğer etkenlerdendir (Kara, 2018, s. 98). Okyanus ve denizlerde meydana gelen periyodik su hareketleri olan dalgalar, kıyı şekillerinin oluşumunda önemli etkiye sahiptirler. Dalgalar kıyı kesimine ulaştıklarında kıyının şekli üzerinde aşındırıcı, taşıyıcı veya biriktirici özelliklere sahiptirler. Dalgaların aşındırma gücü dik kıyılarda fazla iken koylarda dalgaların etkisi azalmaktadır. Büyük dalgalar kıyı çizgisine kadar sokulamaz, açıkta çatlamlar meydana gelir. Bu kısımda aşındırılan deniz dibi malzemeleri kıyı çizgisi yakınına sürüklenir ve bu alanda biriktirme gerçekleşir (Dölek, 2020, s. 363).

Türkiye'de kıyı çizgisi Halosen'de yani günümüzden yaklaşık 10 bin yıl önce gerçekleşmiş Flandriyen transgresyonu ile bugünkü görünümünü almıştır. Kıyılardaki aşınma ve biriktirme faaliyetleri bu son taban seviyesine göre şekillenmeye başlamıştır. Bu son deniz seviyesi yükselmesi Türkiye'nin batısındaki Ege kıyılarında enine kıyı tipi, güney ve kuzeyindeki Akdeniz ve Karadeniz'de boyuna kıyı tipi oluşum göstermiştir. Aynı dönemde sığ olan kıyılarda delta ovaları, tombololar, lagünler, kıyı ovaları, kıyı kumulları ve kordonları oluşmuştur (Sönmez ve Dölek, 2020, s. 25). Ria kıyı tipi özelliği gösteren İstanbul ve Çanakkale Boğazları, eski bir akarsu yatağı iken deniz istilası sonucu boğaz halini almıştır. Kıyılara paralel uzanmış dağların arasında kalan vadilerin ve çukurların deniz suları altında kalması dalmaçya kıyı tipinin oluşumuna sebeptir. Antalya- Kaş arası bu kıyı tipine örnektir (Akengin, vd., 2020, s. 315-316).

Karadeniz ve Akdeniz kıyılarında bulunan dağların kıyıya paralel uzanması ve dağların kıyı şeridinin gerisinde başlaması nedeniyle kıta sahanlığı

oldukça dardır. Karadeniz ve Akdeniz bölgelerinde falezlerin tipik örnekleri gözlenmektedir. Akdeniz kıyılarında plajlar (kumsallar) önemli yer tutarken Karadeniz kıyılarında kıta sahanlığının oldukça dar olması ayrıca güçlü dalga ve akıntıların varlığı plaj oluşumuna imkân tanımamaktadır. Bafra, Çarşamba ve Sakarya deltası kıyıları Karadeniz kıyı şeridinde kumsal özelliği gösteren kısımlardır. Ege Bölgesi'nde grabenlerin kıyı şeridiyle bulunduğu alanlarda akarsuların taşıdığı alüvyonlar graben sahalarını doldururken aynı zamanda da kıyıda önemli kumsalların oluşumunu sağlamıştır. Türkiye'nin kıyılarındaki en önemli yer şekillerinden bir diğeri ise deltalardır. Ege ve Akdeniz kıyılarında grabenlerin ağızlarında, Karadeniz de ise kıta sahanlıkları üzerinde oluşum göstermektedir (Kopar, 2022, s. 94).

Kıyı okları ve kıyı kordonlarının lagün veya karaya bakan kenarları girintili çıkıntılı oldukları gözlenmektedir. Bu durum gelişimleri sırasında dalgaların etkisi ile uç kısımların iç kısma doğru bükülmeleri sonucu meydana gelmiştir. Türkiye'de kıyı kordonlarına Marmara Deniz'ini Büyük Çekmece ve Küçük Çekmece göllerinden ayıran kıyı kordonları ve Akdeniz'i Fethiye'deki Ölüdeniz Lagün'ünden ayıran kıyı kordonu gösterilebilir. Tombolo, kıyı açığında yer alan adaları ana karaya ya da adaları birbirine bağlayan kıyı oklarıdır. Türkiye'de Marmara Denizi'nin güneyindeki Kapıdağ Yarımadasını karaya bağlayan Belkıs Tombolosu ve Karadeniz kıyısındaki Sinop Tombolosu en tipik örneklerdendir (Doğanay ve Sever, 2020, s. 191).

Türkiye; Karadeniz, Marmara Denizi, Ege Denizi ve Akdeniz ile çevrili olmasının sonucunda uzun kıyı şeridine sahip bir ülkedir. Fiziki coğrafya açısından değerlendirildiğinde kıyı topoğrafyasını meydana getiren yer şekilleri iklim, bitki örtüsü ve hayvanların yaşam alanlarının çeşitliliği gibi birçok alanda önemli etkilere sahiptir. Türkiye'nin kıyı topoğrafyası turizm, ulaşım, ticaret gibi sektörlerin gelişimine katkıda bulunmaktadır. Dünya nüfusunun hızla artışı, sanayileşme süreci ve tüm bunların getirisi olan kentleşmenin kıyı alanlarında yoğunluk göstermesi kıyı topoğrafyasını tehdit etmektedir. Pek çok sorunu beraberinde getirmekle birlikte daha sürdürülebilir bir ekonomik gelişim açısından kıyı alanlarının ekolojik dengesinin korunması gerekmektedir.

Türkiye'nin uzun kıyı şeridi dalga enerjisi üretimi adına önemli bir avantaj barındırmaktadır. Dalga enerjisi üretimde önemi bir faktör olan Türkiye'nin kıyı topoğrafyası, dalga yüksekliğini, dalga enerjisi dönüştürücüsünün kurumunun gerçekleştirileceği bölgenin tayin edilmesinde ve dalga enerjisi teknolojisinin tasarımını da etkileyebilen önemi göz önüne alınması gereken hususlardan biridir.

### **3.5. Deniz Ekosistemi ve Balıkçılık**

Türkiye, kara sınırı uzunluğu 2875 km, deniz sınırı uzunluğu ise 8333 km olmak üzere toplam sınır uzunluğu 11208 km kadardır. Bu özellikler Türkiye'nin

hem kara hem de deniz devleti olmasına olanak sağlamıştır. Akdeniz, Ege, Marmara ve Karadeniz gibi denizler ile çevrili olan Türkiye'nin bu durumu kıyılarında ılıman iklimlerin görülmesine, yerleşme ve ekonomik koşulların olumlu yönde gelişimine olanak tanımıştır. Ayrıca söz konusu olan bu denizler de deniz taşımacılığı, balıkçılık, kıyı turizmi, madencilik gibi ekonomik getirisi olan pek çok alanın gelişmesine katkı sağlamaktadır. Bunun yanı sıra kıyısı bulunduğumuz denizlerdeki haklarımızı koruma ve savunma konusunda zaman zaman sorunlarla karşılaşmaktayız. Ege Deniz'inde Yunanistan ile adalar ve karasuları sorunu yaşanabilmekte, Akdeniz' de doğalgaz ve petrol varlığı sebebiyle münhasır ekonomik bölgeye dair ortaya çıkan anlaşmazlıklar Türkiye adına önemli zorluklar oluşturmaktadır (Doğanay ve Doğanay, 2022, s. 19).

Karadeniz, Marmara Denizi, Ege Denizi, Akdeniz Anadolu Yarımadası'nı; Karadeniz, Marmara Denizi ve Ege Denizi'nin Trakya'yı çevrelemesinden kaynaklı deniz faunası çeşitlilik göstermektedir. Farklı enlemlerin, farklı iklim kuşaklarının ve farklı yer şekillerinin gözlemlendiği denizlerimizde ve kıyılarımızda çok sayıda ve çeşitte omurgalı ve omurgasız pek çok hayvan türü görülebilmektedir. Yüksek ve alçak kıyıların farklı coğrafi yapıda olması faunadaki çeşitliliğe yansımaktadır. Denizlerdeki sıcaklık, tuzluluk, derinlik, akıntılar ve akarsu ağzlarının özellikleri gibi etkenler hayvan biyoçeşitliliğini genişletmektedir (Yazıcı, 2022, s. 248).

Değişken ekolojik özellikler gösteren iki ana biyocoğrafik bölgeyi kapsayan Türk sahil şeridi Ege ve Marmara Denizlerini de kapsayan Akdeniz'i ve Karadeniz'i içermektedir. Akdeniz'de deniz tuzluluğu yüksek ve Karadeniz'de ise düşük olmak üzere güneyden kuzeye değişkenlik göstermektedir. Dünyanın biyoçeşitlilik yönünden zengin noktalarından biri olan Akdeniz, yüksek endemik balık faunası ve besin artması yönünden nispeten zengin bir bölge olarak kabul görmektedir. Atlantik Okyanusu'ndan doğuya doğru bu zenginlik artmaktadır. Ancak artan ısınma sonucu Akdeniz de Indo-Pasifik kökenli sucül türlerin elverişli yaşam koşulları bulması bu türlerin yayılımını artırırken diğer balık tür çeşitliliğini tehdit etmektedir. Önemli miktarda akarsulardan tatlı su girişi olan ve dinamik bir acı su ekosistemi barındıran yarı kapalı bir havza olan Karadeniz, daha serin ve az tuzlu yüzey suyunu İstanbul Boğazı'ndan Marmara Denizi'ne ve oradan da Akdeniz'e akmaktadır. Daha tuzlu ve yoğun Akdeniz suyu ise ters yönde yüzey katmanının altından Karadeniz'e akarak balık göç yollarını oluşturmakta böylece Karadeniz'in deniz yaşamına destek olmaktadır. Karadeniz de ortalama 150 m'nin altındaki derinliklerde neredeyse hiç yaşam belirtisi bulunmamaktadır. Karadeniz'in bu derinlikleri sınırlı su değişimi ve yüksek organik girdilerden kaynaklı zehirli hidrojen sülfür katmanları ve oksijen eksikliği sebebiyle dünyanın en büyük sucül ölü bölgelerinden birini oluşturmaktadır (Muminjanov ve Karagöz , 2019, s. 127-128).

## 4. BÖLÜM

### 4.1. Bulgular

#### 4.1.1. Türkiye'nin Dalga Enerjisi Potansiyeli ve Dağılışı

Tüm ülkeler için yenilenebilir olarak mevcut bulunan herhangi bir enerji kaynağından tümüyle yararlanmak olası değildir. Bu bölümde Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan istasyon verileri ile dalga enerjisi santral kurulabilecek bölgelerin konum belirleme kriterlerine göre değerlendirilmiştir. Bu dalga potansiyeli, deniz trafiği, kıta sahanlığı, askeri alanlar ve turizmdir. Ayrıca Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan denizin hali verileri metre cinsinden üretilmediğinden dolayı grafikler de bulunan rakamlar metre cinsi değildir. Grafiklerdeki rakamların manaları Meteoroloji Genel Müdürlüğüne göre şu şekildedir; denizin hali kod değerleri (kodu durumu ve yüksekliği); 0: Sakin (cam gibi) 0.0 metre, 1: Sakin (çarpıntılı) 0.0-0,1 metre, 2: (düz dalgacıklı) 0,1-0,5 metre, 3: (hafif) 0,5-1,25 metre, 4: (mutedil) 1,25-2,5 metre, 5: (kaba) 2,5-4,0 metre, 6: (çok kaba) 4.0-6.0 metre, 7: (yüksek) 6.0-9.0 metre, 8: (çok yüksek) 9.0-14.0 metre, 9: (olağanüstü) 14.0 metreden yukarı. Grafikler buradaki değerlere göre yorumlanmıştır.

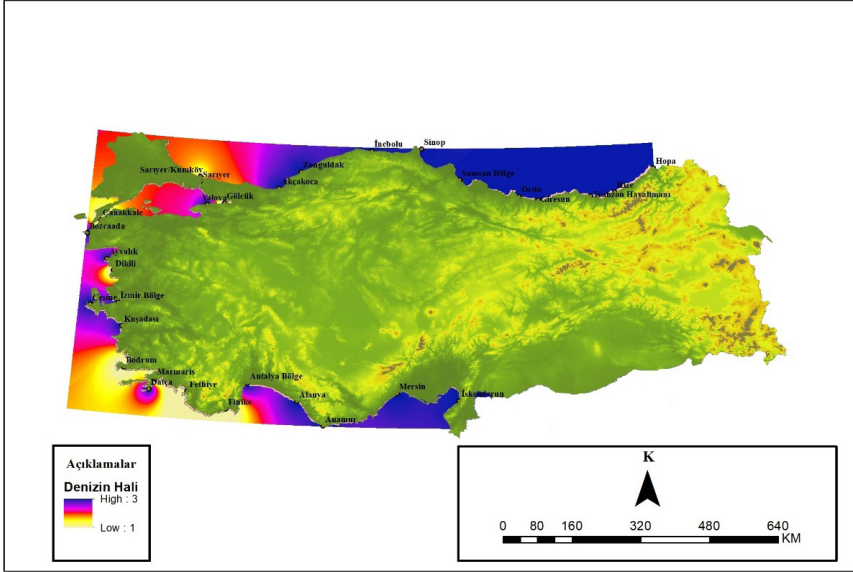
Alan yazın incelemelerinden sonra dalga enerjisi santrallerinin kuruluş yerleriyle ilgili çeşitli kriterler esas alınmıştır. Nitekim (Argın ve Yerci, 2015) tarafından yapılan “The Assessment of Offshore Wind Power Potential of Turkey” ve (Tortumluoğlu ve Doğan, 2021) tarafından yapılan “Açık Deniz Rüzgâr Türbinleri için Uygun Yer Seçim Kriterlerinin İrdelenmesi ve Kuzey Ege Kıyılarına Uygulanması” adlı çalışmalarda offshore (açık deniz) rüzgâr enerji santrallerinin kuruluş yerleriyle ilgili esas alınan kriterlerden bazıları dalga enerjisi çerçevesinde bu çalışmada da esas alınmıştır.

#### Dalga Potansiyeli

Denizler ve kıyı alanları yenilenebilir enerji kaynakları teknolojilerine uygun koşullar sağlandığında potansiyel olarak değerlendirilebilecek sahalardır. Dalga enerjisi bu potansiyelin değerlendirilmesinde önemli bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. Dalga hareketlerinin devamlı ve öngörülebilir olarak gerçekleşmesi sürdürülebilir bir enerji üretimi için önemli bir ölçüttür. Geniş arazi kullanımına

ihtiyaç duyulmadan kıyı şeridi boyunca, kıyıya yakın ya da kıyıdan uzak bölgelere kurulabilen dalga enerjisi teknolojileri diğer yenilenebilir enerjiler bazında farklı bir avantaj sunmaktadır.

Türkiye üç tarafı denizlerle çevrili bir yarımada ülkesidir. Türkiye'nin denizler kıyı toplam uzunluğu 8333 km'yi bulmaktadır. Denizler toplam kıyı uzunluğunun 1695 km' si Karadeniz, 1189 km' si Marmara denizi, 2805 km'si Ege denizi, 1577 km' si Akdeniz kıyılarını oluşturmaktadır (Özey, 2019, s. 22). Türkiye'nin sahip olduğu denizlerin enerji potansiyeli hususundaki araştırmaların yeterli olmadığı düşünülmektedir. Türkiye'nin önümüzdeki yıllarda enerji kurulu gücünü güçlendirmesinin önemli yollarından biri olan deniz enerjisi kaynaklarının enerji portföyünde değerlendirilmesi dalga enerjinin potansiyelinin ortaya çıkmasına olanak tanıyacaktır. Türkiye'de hâlihazırda düzenli ve bilimsel verileri içeren dalga ölçüm istasyonları ve ölçüm değerlendirmeleri açısından istasyonlar yeterli seviyeye çıkartılabilir.



**Harita 14: Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan istasyon verilerinin IDW yöntemi ile haritalandırılması**

IDW sonucuna göre özellikle Karadeniz kıyıları ve Ege kıyılarında dalga enerji potansiyeli barındırmaktadır. Alınan istasyon verilerinin yeterli seviyede olmaması alanların potansiyelini tam olarak ortaya çıkaramamaktadır.

Dalga yüksekliği verilerinin doğru ve güvenilir olması çalışma alanı için hayati önem taşımaktadır. Yapılan değerlendirmeler kara üstünde ölçüm yapan istasyonlardan elde edilen veriler ile yapılmıştır. Bu çalışmada dalga enerji potansiyelinin değerlendirilmesi için denizin hali verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Türkiye geneline ait 31 istasyondan alınan



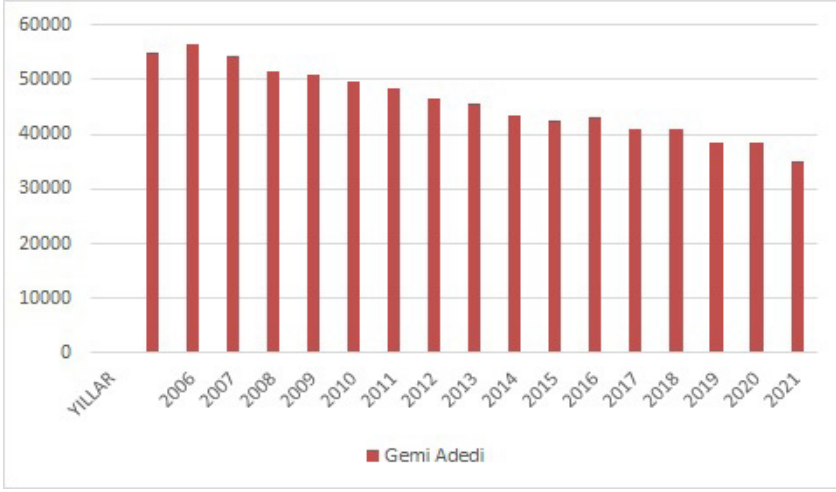
10 yıllık denizin hali verilerinden değerlendirme yapılmıştır. Fakat ülke geneli değerlendirme için 31 istasyon verisi sağlıklı bir değerlendirme yapmak için yeterli bulunmamaktadır.

Dalga cephesinin gücü, okyanuslar dışında 10- 40 kW/m arasında değişiklik gösterirken Akdeniz kıyıları için ölçüm değerleri yaklaşık 13 kW/m olarak verilmektedir. Türkiye dışında Akdeniz'de yapılmış olan ölçümlerde gücün yıl boyu 8.4- 15.5 kW/m arasında değişiklik göstermektedir. İç denizler de bu değer daha da düşmektedir (Ültanır, 1998, s. 80).

### **Deniz Trafiği**

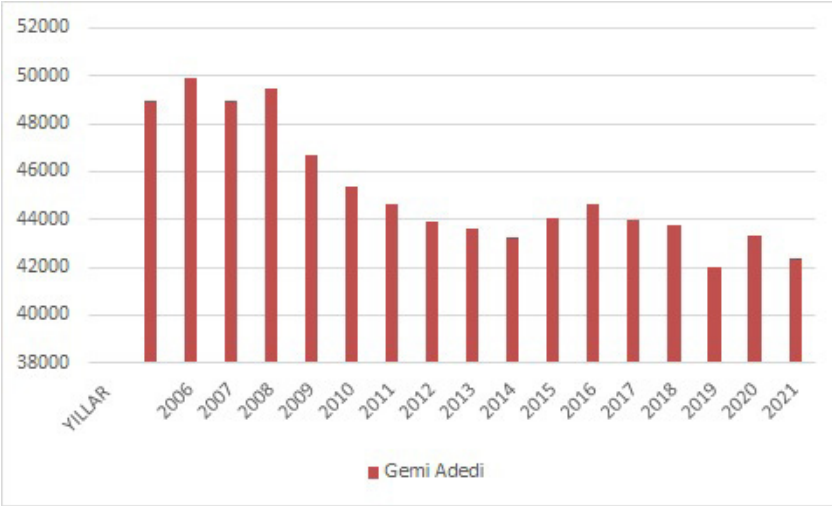
Küreselleşen dünyada ticaretinde küreselleşmesi nedeni ile ulaşım ve lojistik önemli bir noktaya ulaşmıştır. Özellikle denizyolu birim başına maliyet ve güvenli taşıma açısından en fazla kullanılan taşıma yöntemidir. Bu nedenle Türkiye'nin bulunmuş olduğu coğrafi konum, küresel ticarete jeopolitik bir önem taşımaktadır. İstanbul ve Çanakkale Boğazları Karadeniz'e kıyıdaş olan ülkeleri hem küresel ticarete bağlamaktadır hem de askeri güvenliğini sağlamaktadır. Özellikle enerji transferi noktasında Türk Boğazları kilit noktada bulunmaktadır. Karadeniz'e kıyıdaş olan ülkeler haricinde Azerbaycan, Kazakistan ve Kırgızistan gibi Türki devletlerin olduğu coğrafya için de önemlidir.

Türkiye, Balkanlar, Karadeniz, Kafkasya, İran, Mezopotamya ve Ortadoğu arasında doğu-batı ekseninde uzanan bir yarımada coğrafyasıdır. Anadolu Akdeniz çanağında doğu-batı ve kuzey-güney eksenlerinde insan ve yük taşınmasına olanak sağlayan, lojistik bir çekim merkezi durumundadır. Bunun yanı sıra Hopa'dan İskenderun'a kesintisiz devam eden 8333 kilometrelik kıyıları boyunca 175 liman ile büyük bir potansiyeli içinde barındırmaktadır. Bu bağlamda stratejik alanlarda karayolu ve demiryolu bağlantıları açık olduğu sürece yarımada limanlarına eriştirilen transit yüklerin, Rusya steplerinden Orta Asya diplerine, Balkanlardan Arap yarımadasındaki pek çok varış noktasına hızlı ve ekonomik olarak erişimin gerçekleştirilebileceği bilimsel bir gerçekliğe dayanmaktadır (Gürdeniz , 2019, s. 124).



Şekil 10: İstanbul Boğazı yıllara göre gemi geçiş sayısı

Kaynak: URL 22



Şekil 11: Çanakkale Boğazı yıllara göre gemi geçiş sayısı

Kaynak: URL 22

T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı verilerine göre 2022 yılında İstanbul boğazından 35.142 gemi, Çanakkale Boğazından ise 42.340 gemi geçmiştir.

### Kıta Sahanlığı

Kıta kütesinin denizaltına doğru devam ettiği az eğimli bir sığ su platformu olan kıta sahanlığının ortalama genişliği 75 km, derinliği 60 m ve yüksekliği 20 m'den daha yüksek olan tepelerin bulunduğu denizaltı platformudur. Ortalama eğimi 0° ile düz yapıdadır. Sıradağların uzandığı boyuna yapılı kıyılarda kıta sahanlığı derin ve dar olabilmektedir. Aşınma sonucu düzleşmiş

eski kıta yüzeylerinin bulunduğu sahalarda kıta sahanlığı, genişlememiş ve derinleşmemiştir (Atalay, 2016, s. 276).

Kıta sahanlığı coğrafi açıdan tanımlanmak istenilirse bir kara ülkesinin denizaltında süren uzantısını ifade etmektedir. Hukuki açıdan ise karasularının ötesinde başlayarak belirli uzaklık-derinliğe kadar uzanan deniz tabanı ve toprak altı şeklinde tanımlanmaktadır (Özkan, 2009).

1958 yılında düzenlenen ve Türkiye'nin taraf olmadığı Cenevre Kıta Sahanlığı Sözleşmesi ile hukuki bir kavram haline gelmiştir. Sözleşmeye göre kıta sahanlığı tanımı şu şekildedir;

“a. Kıyıya bitişik fakat karasuları sahasının dışında 200 metre derinliğe kadar olan sualtı alanlarının deniz yatağını ve toprak altını veya o derinliğin ötesinde, üstteki suların derinliğinin zikredilen alanların doğal kaynaklarını işletmeye imkân tanıdığı yere kadar uzanan yerleri,

b. Adaların kıyılarına bitişik olan benzeri sualtı alanlarının deniz yatağı ve toprak altını ifade etmek üzere kullanılmıştır.”

1982 yılında imzalanan Türkiye'nin de taraf olduğu Birleşmiş Milletler Deniz Hukuku sözleşmesi 3. Maddesine göre her devletin karasularını tespit etme hakkına sahiptir. Fakat korunan karasuların 12 mili geçemeyeceği belirtilmiştir. Türkiye’de Ege Denizinde Yunan adalarına çok yakın olmasından dolayı 12 mil 6 mil olarak kabul görmektedir. Bazı bölgelerde ise karasularının 1 mile kadar düştüğü görülmektedir. Bu nedenle Ege Denizinde özellikle deniz açıklarına dalga enerjisi santrali kurulumu mümkün olmamaktadır. Karadeniz ve Akdeniz’de kıta sahanlığı sorunu teşkil etmemektedir.

### **Askeri Alanlar**

Bazı kıyı ve bölgelerde eğitim ve atış sahaları olarak kullanımından dolayı farklı amaçtaki kullanımlara kapalı durumdadır. Dünyada bulunan neredeyse tüm deniz kuvvetleri deniz trafik yoğunluğunun minimum olduğu bölgelerde eğitim ve atış faaliyetleri gerçekleştirmektedir. Türkiye'nin üç tarafının denizlerle (Karadeniz, Ege, Akdeniz ve iç denizimiz olan Marmara) kaplı olmasında dolayı Türk Deniz Kuvvetleri’nde bu faaliyetleri gerçekleştirmektedir. Sonuç olarak şuna ulaşılmaktadır; dalga enerji santrallerinin yerlerinin belirlenmesinde ülke çıkarları göz önünde bulundurularak eğitim ve atış faaliyetlerinin gerçekleştirildiği alanlardan kaçınılması gerekmektedir.

### **Turizm faaliyetleri**

Türkiye’de matematiksel konumundan kaynaklı dört mevsim belirgin olarak gözlemlenmektedir. Bunun sonucu olarak ise yaz ve kış turizmi Türkiye’de gelişmiştir. Türkiye'nin turizm potansiyelinin çok geniş olmasından kaynaklı dünyanın önemli turistik destinasyonlarından biridir.

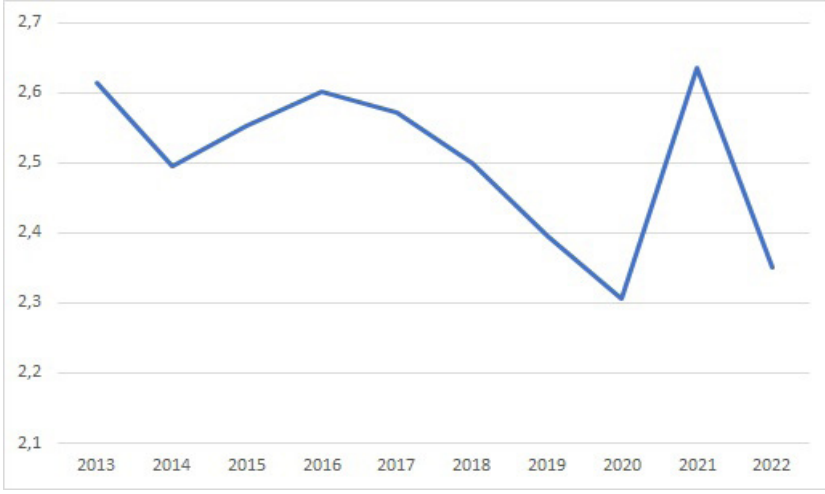


İzmir'e bağlı bir ilçe olan Çeşme coğrafi olarak bir yarımadadır. İstasyonun ölçüm sonuçlarına göre dalga yüksekliği 1,5-2,5 metredir. Fakat Çeşme'nin batısında Yunanistan'a sınırları içerisinde bulunan Sakız adası ile 5 millik bir mesafe bulunmaktadır, bu nedenle deniz açıklarında dalga enerji istasyonu kurmak mümkün olmamaktadır. Ayrıca Çeşme yerli ve yabancı turist açısından Türkiye'de potansiyeli yüksek bir turizm merkezidir. Ayrıca bölgede yat limanı olması sebebiyle dalga enerji santralinin turizmi etkileyeceği düşünülmektedir.

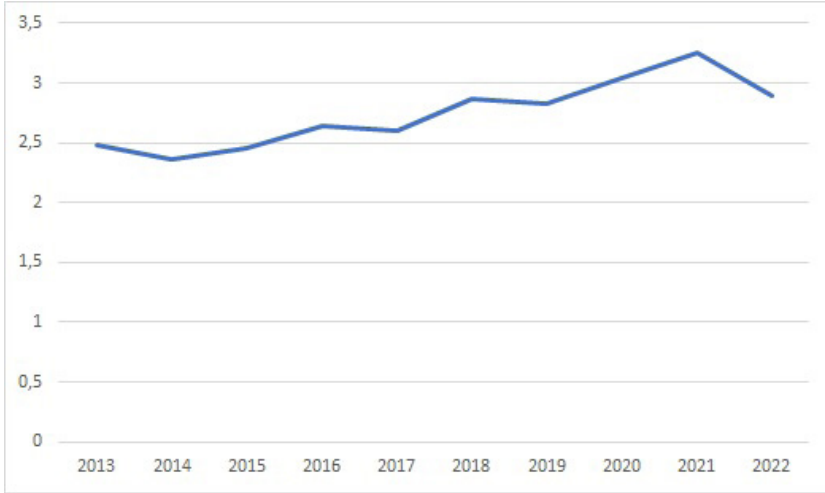


**Harita 16: Çeşme kıta sahanlığı**

Muğla ili sınırları içerisinde bulunan Bodrum, kuzeyde Güllük Körfezi ile güneyde Gökova Körfezi arasında kendi adını taşıyan bir yarımada üzerinde yer almaktadır. Bodrum, yerli ve yabancı turistler için uğrak noktadır. Her yıl bir milyonu aşkın turist çeken Bodrum yat limanı ve kruvaziyer gemilerinin de ilgisini çekmektedir. Bodrum dünyaca ünlü bir turistik bölge olmasından kaynaklı ulaşım olanakları gelişmiştir. Turizm faaliyetlerinin yoğun gerçekleşmesi ve istihdamın yüksek olması nedeni ile bu bölgeye sanayi veya enerji santrali sektörünün kurulabilmesi mümkün olamamaktadır. Bodrum dalga yüksekliği 0,5-1,25 metre arasındadır. Ancak turizm faaliyetleri nedeni ile hem deniz açıklarında hem de kıyı kesimlerde dalga enerji santralinin kurulumu mümkün olamamaktadır.



Şekil 13: Bodrum meteoroloji istasyonu denizin hali



Şekil 14: Datça meteoroloji istasyonu denizin hali

Muğla'nın ilinin bir ilçesi olan Datça, Türkiye'nin güneybatısındaki en uç noktada yer almaktadır. Yarımadanın en uç noktası Tekir Burnu olarak adlandırılan yer Ege ve Akdeniz'in birbirlerinden ayrıldığı başka bir ifadeyle birleştiği noktadır. Yarımada olmasından kaynaklı Datça pek çok koya sahiptir. Önemli turizm bölgelerimizden bir tanesidir. Datça'da kuzey ve güney olmak üzere iki liman bulunmaktadır. Kuzey limanı sığ olduğundan dolayı tercih edilmemektedir, güney limanı ise küçük ve büyük tekneler için uygundur. Datça Limanı'na Ege adalarından gelen yatlar bölge ekonomisine katkıda bulunmaktadır.



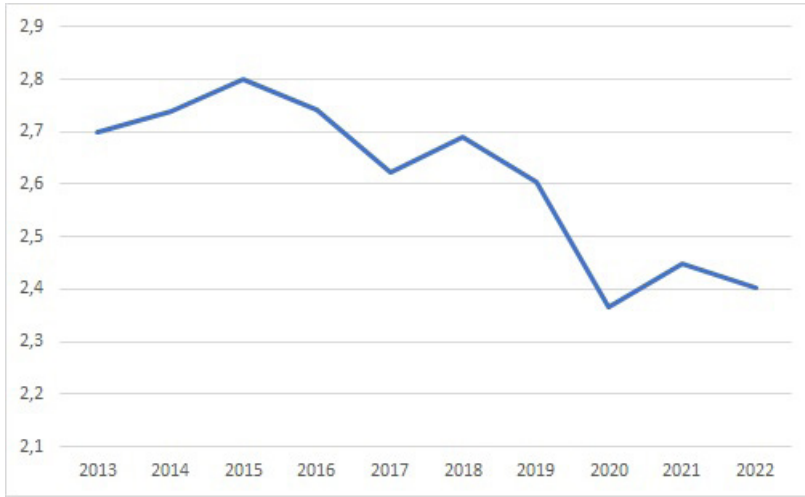
**Harita 17: Datça-Simi konumları**

Datça limanının güneyinde yaklaşık 5 mil uzaklıkta yer alan On İki Adalardan biri olan Simi (Sömbeki) adası ile kıta sahanlığı sorunundan dolayı kıydan uzak bölgelerde dalga enerjisi santrali kurulumu yapmak mümkün olamamaktadır. Yine turizm faaliyetleri sebebi ile kıyı kesimlerde dalga enerjisi santrali kurulamamaktadır. Ayrıca Datça-Bozburun bölgesi 21.11.1990 tarihinde “Özel Çevre Koruma Bölgesi” olarak ilan edilmiştir (Resmi Gazete, 1990). Bu zorlaşan sebepler nedeni ile Datça ve çevre kıyılarına dalga enerji santrali kurulumu zorlaşmaktadır. Bölge Türkiye’de deniz biyoçeşitlilik araştırmalarının yapılmaya başlandığı ilk alandır.



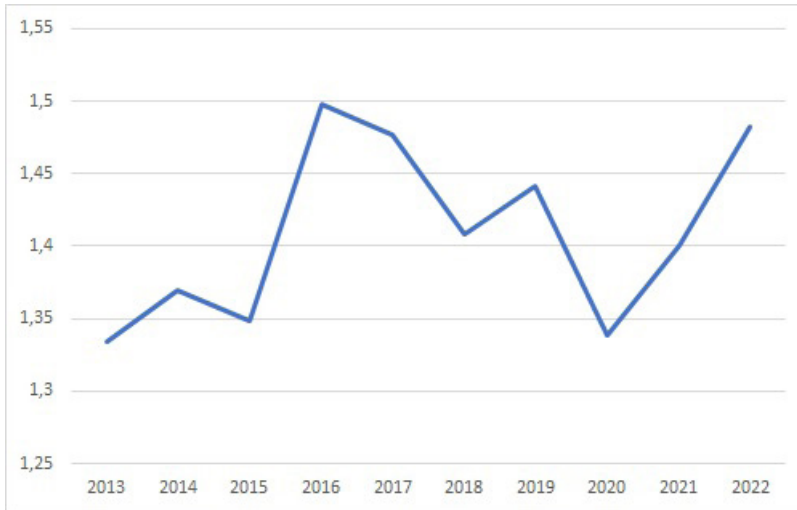
**Harita 18: Datça-Bozburun özel çevre koruma bölgesi**

Kaynak: URL 23



**Şekil 15: Dikili meteoroloji istasyonu denizin hali**

İzmir’in ilçesi olan Dikili’de dalga yüksekliği 0,5-1,25 metre arasındadır. Dalga enerjisi üretim potansiyeline sahiptir. Çeşme, Bodrum, Datça gibi yoğun deniz turizm faaliyetleri olmasa da ekoturizm potansiyeli yüksektir. Yoğun bir deniz turizmi gerçekleşmemesinden ve batısında bulunan Yunanistan’a bağlı Midilli Adası 15 mil olmasından dolayı bu bölgede dalga enerji santrali kurulumu gerçekleştirilebilir.



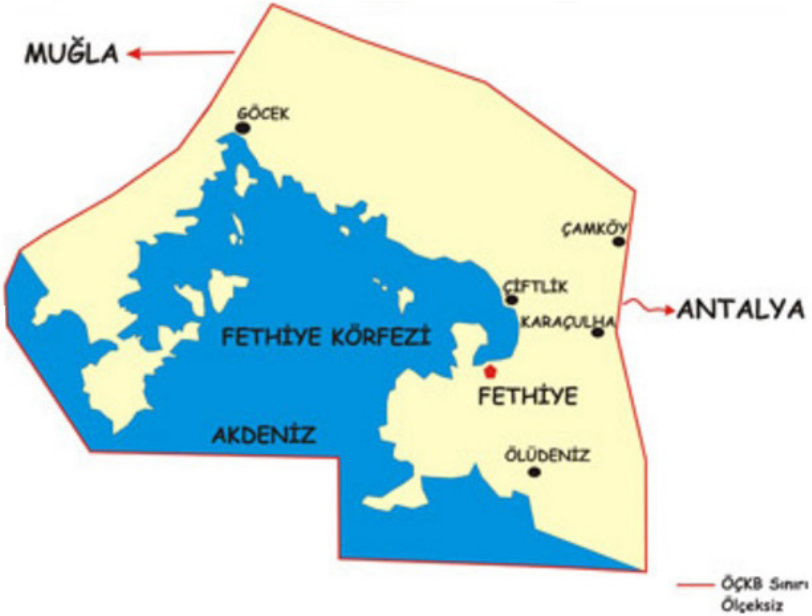
**Şekil 16: Fethiye meteoroloji istasyonu denizin hali**

Muğla ilinin güneydoğusunda yer alan Fethiye, Türkiye’nin önemli turizm merkezlerinden biridir. Doğusunda Seydikemer ilçesi, kuzeybatısında Dalaman ilçesi, kuzeyinde ise Denizli ili ile çevrilidir. Fethiye Limanı’ndan Yunanistan’ın Rodos Adası’na feribot ulaşımı bulunmaktadır.



Fethiye-Göcek bölgesi 05.07.1988 ve 88/13019 sayılı Bakanlar Kurulu ile Özel Çevre Koruma Bölgesi olarak ilan edilmiştir. 02.03.1990 tarihli ve 20449 sayılı resmî gazetede sınır değişikliği yapılmıştır (Resmi Gazete, 1990). 08.11.2006 tarihli, 2006/11266 sayılı Bakanlar Kurulu ve 09.12.2006 tarihli ve 26371 sayılı resmî gazete ile son halini almıştır. (Resmi Gazete, 2006). Ayrıca Fethiye Ölüdeniz Lagünü çevresi ve Kıdrak Plajı özel çevre koruma alanı dahilindedir.

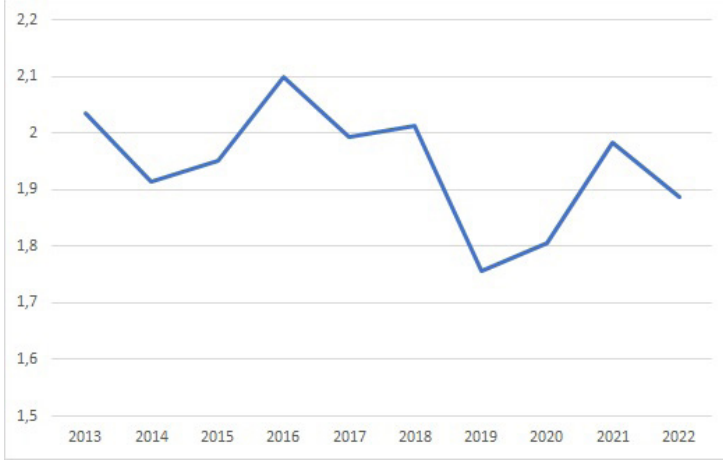
Bölge Bern Sözleşmesi ve CITES (Convention on the International Trade in Endangered Species of Wild Flora and Fauna/ Nesli Tehlike Altında Olan Yabani Hayvan ve Bitki Türlerinin Uluslararası Ticaretine İlişkin Sözleşme) *Caretta caretta*, ve *Chelonia mydas* türü kaplumbağaların üreme bölgesi olmasından dolayı Fethiye kumsalları koruma altına alınmışlardır (URL 24).



Harita 19: Fethiye-Göcek özel çevre koruma bölgesi

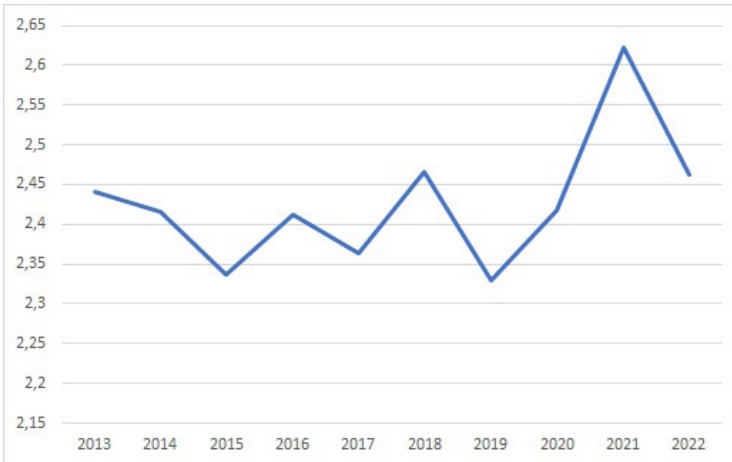
Kaynak: URL 24

Yaz turizminin yoğun olduğu bölgelerden bir diğeri olan Fethiye' de ortalama dalga yüksekliği 0,0-0,1 metre arasındadır. Bu dalga yüksekliği ekonomik olarak işletilir değildir, ayrıca Fethiye-Göcek bölgesinin özel çevre koruma bölgesi olması, Bern Sözleşmesi ve CITES sözleşmeleri ile korunuyor olması dalga enerji santral kurulumuna engel olmaktadır.



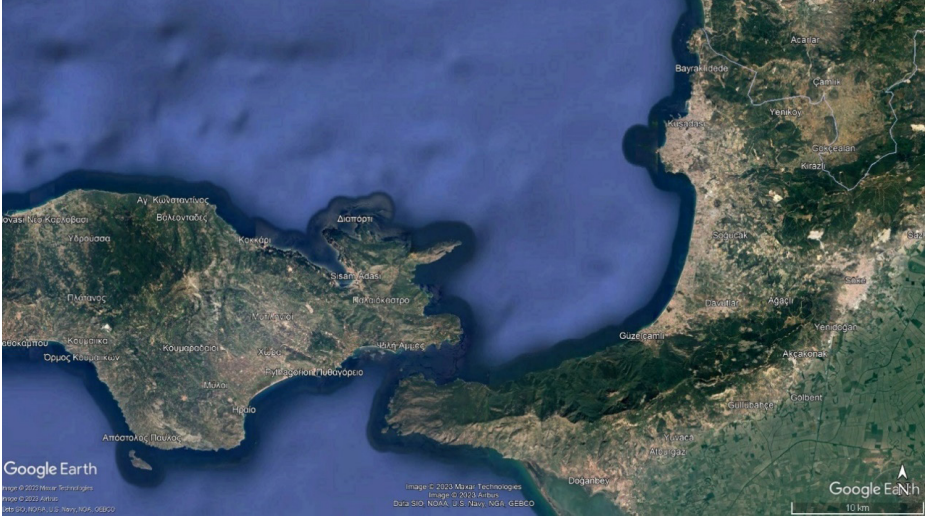
**Şekil 17: Marmaris meteoroloji istasyonu denizin hali**

Muğla iline bağlı Marmaris ilçesi Türkiye'nin güneybatısında Ege ve Akdeniz'in kesiştiği noktada yer almaktadır. Marmaris yaz sıcaklık değerlerinin yüksek olması, güneşlenme süresinin uzun olması yaz turizminin gelişmesine yardımcı olmaktadır, ayrıca dağların uzanış şekli sebebiyle kıyımın girintili çıkıntılıdır bu sayede ise yat turizminin gelişimine katkıda bulunmaktadır (Doğaner, 2001). Yat turizminin ve mavi yolculuğun önemli merkezlerindedir. Marmaris'te dalga boyu yüksekliği 0,1-0,5 metre arasındadır. Turizm faaliyetleri sebebiyle dalga enerjisi santrali kurulumuna uygun bir lokasyon değildir.

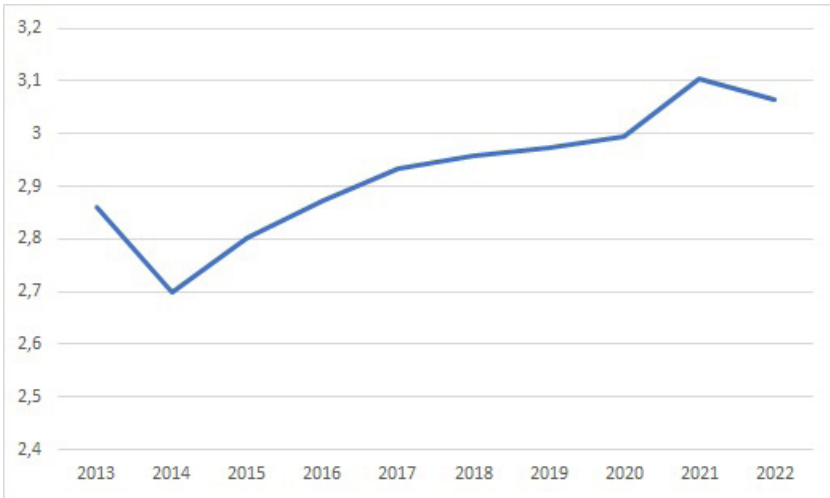


**Şekil 18: Kuşadası meteoroloji istasyonu denizin hali**

Aydın'ın Kuşadası ilçesi önemli deniz turizm alanlarımızdan bir diğeridir. İlçenin kuzeyinde İzmir'in Selçuk ilçesi, güneydoğusunda Söke ilçesi bulunmaktadır. Bölgede önemli bir kruvaziyer gemi ve yat limanı bulunmaktadır. Ayrıca Kuşadası'nda bulunan Dilek Yarımadası ve Yunan karasularında bulunan Sisam Adası arasındaki mesafe 0,93 mil (1,5 km). Türkiye ve Yunanistan karasularının bu kadar yakın olması sebebiyle sorunlar teşkil etmektedir. Kuşadası meteoroloji istasyon verilerine göre dalga yüksekliği 0,5-1,25 metre arasındadır. Söylenen bu kriterler sebebiyle dalga enerji santrali kurulumu gerçekleştirilemez.



**Harita 20: Dilek Yarımadası- Sisam Adası kıta sahanlığı**



**Şekil 19: İzmir Bölge meteoroloji istasyonu denizin hali**

İzmir, kuzeyinde Madra Dağı, güneyinde Kuşadası Körfezi, batısında Çeşme Yarımadası, doğuda ise Aydın, Manisa illeri ile çevrilmiştir. Girintili ve çıkıntılı kıyı şeridi sayısız koy ve plajların oluşumuna neden olurken pek çok balıkçı barınağına ve yat limanı oluşumuna neden olmaktadır. İzmir meteoroloji istasyon verilerine göre dalga yüksekliği 0,5-1,25 metredir. Dalga enerji potansiyeli olarak uygun bir bölgedir. Fakat bölgede bulunan konteyner limanı ve kruvaziyer limanı deniz trafiğini yoğunlaştırmaktadır. Ayrıca kruvaziyer gemileri turizm amaçlı geldiğinden dolayı bu bölgede dalga enerji santrali kurmak mümkün değildir.

### Marmara Bölgesi

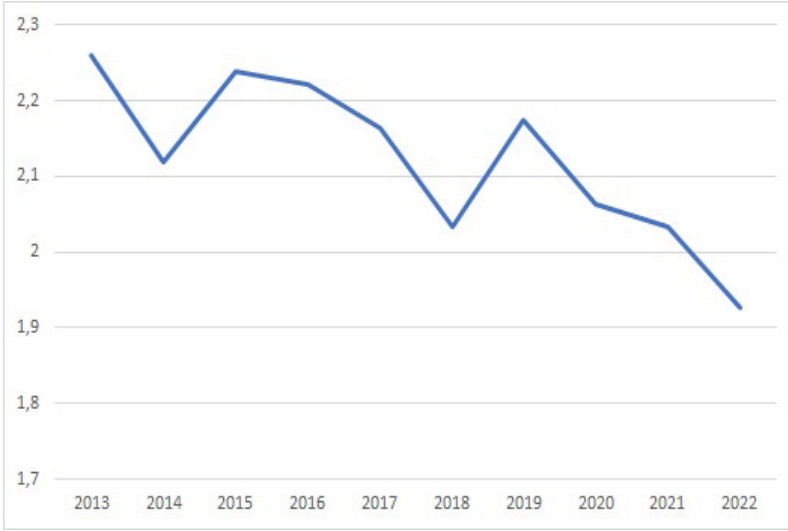
4 Kasım 2021 tarihli, 4758 sayılı Cumhurbaşkanlığı Kararı ile Marmara Denizi ve Adalar özel çevre koruma bölgesi olarak ilan edilmiştir (Resmi Gazete, 2021). Özel çevre koruma bölgesine dahil olan iller ise şöyledir; İstanbul, Kocaeli, Yalova, Bursa, Balıkesir, Çanakkale, Tekirdağ.



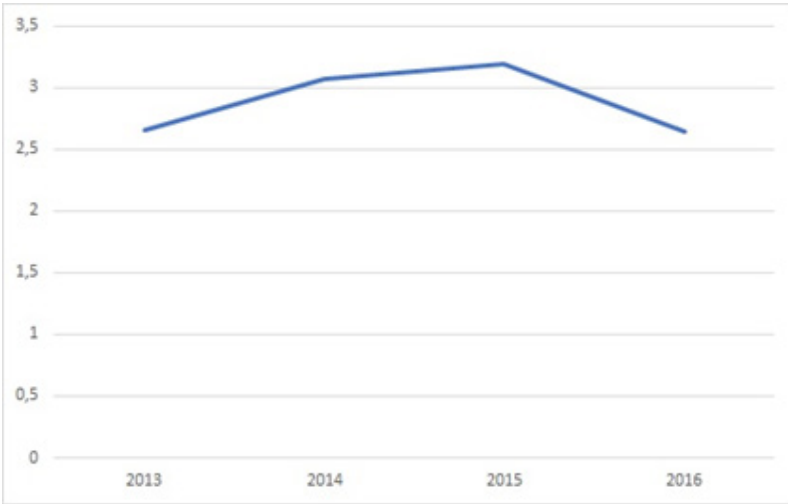
Harita 21: Marmara Denizi ve Adalar özel çevre koruma bölgesi

Kaynak: URL 25

Türkiye'nin kuzeybatısında yer alan Çanakkale, İstanbul gibi Asya ve Avrupa kıtalarında bulunmasından dolayı Çanakkale Boğazına sahiptir. Çanakkale Boğazı Marmara Denizi ve Ege Denizini birbirine bağlayan dar ve stratejik bir su yoludur. Türkiye' de ana deniz yolları güzergâhında yer almasından kaynaklı Çanakkale Boğazı yoğun bir deniz trafiğine ev sahipliği yapmaktadır. Meteoroloji verilerine göre ise 0,1-0,5 metre arasında dalga yüksekliği bulunmaktadır. Çanakkale Boğazının dar olması ve deniz trafiğinin yoğunluğu nedeniyle deniz açıklarında ya da kıyı kesimlerde dalga enerji santrali kurulumu olanaklar dâhilinde değildir.



Şekil 20: Çanakkale meteoroloji istasyonu denizin hali



Şekil 21: Bozcaada meteoroloji istasyonu denizin hali

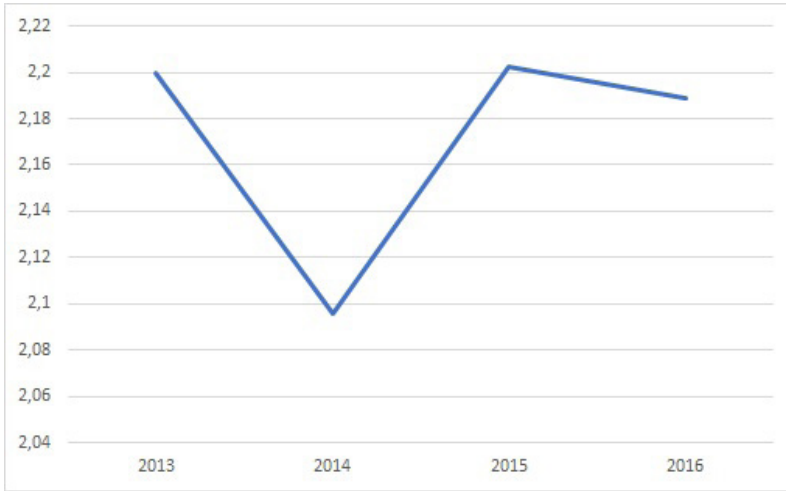
Bozcaada ilçesi Ege Denizi'nin kuzey- doğusunda Çanakkale Boğazı'nın 12 deniz mili güneyindedir. Bozcaada Çanakkale Boğazı'nın Ege Denizi'ne doğru olan çıkışında yer almasından kaynaklı boğazın kuzeydoğu güneybatı doğrultulu uzanışı rüzgârın boğazdan geçerek doğrudan bu bölgeye yönelmesine sebep olmaktadır. Bozcaada Rüzgâr Enerji Santrali (BORES) Bozcaada Batı Feneri mevkiinde 17 adet rüzgâr türbiniyle yaklaşık olarak 90 milyon KW kurulu gücüyle yıllık ortalama %40 verimlilikle 36 milyon KW enerji üretimi gerçekleştirilmektedir (Tuna, vd., 2022).



Balıkesir iline bağlı Ayvalık ilçesi Ege Bölgesi'nin kuzeyinde Edremit Körfezi'nin güney ucunda pek çok adanın bir arada bulunduğu girintili çıkıntılı alçak falezli kıyılardan oluşmaktadır (Kocadağlı, 2011, s. 91- 94). Turizm açısından büyük bir potansiyele sahip olan ilçe kültürel miras değerleri ve eşsiz coğrafyasıyla bölgede öne çıkan önemli bir yerleşim yeridir. 2017 yılında "Ayvalık Endüstriyel Peyzajı" adıyla UNESCO Dünya Mirası Geçici Listesi'ne alınmıştır. Ayvalık zengin doğal mirasının yanında tarihsel ve kültürel değerleriyle son derece potansiyeli yüksek bir turizm bölgesidir.

Alibey (Cunda) Adası 13 Nisan 2023 tarihinde yayınlanan Cumhurbaşkanlığı Kararı ile "Kesin Korunacak Hassas Alan" olarak ilan edilmiştir (Resmi Gazete, 2023).

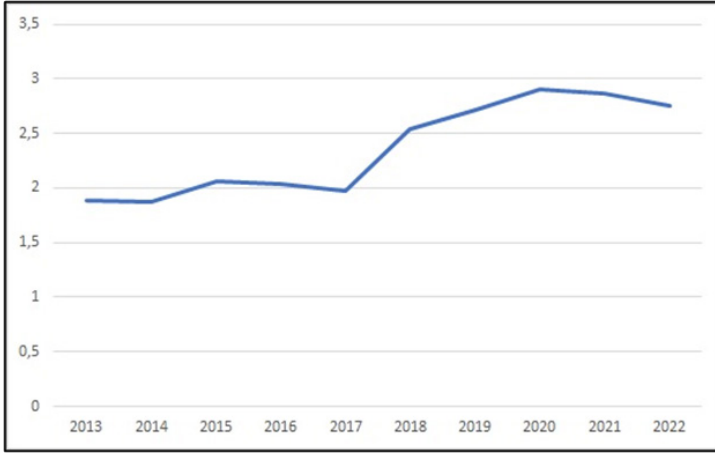
Ayvalık'ta dalga yüksekliği 0,5-1,25 metre arasındadır. Doğal Sit Alanı olmasının yanı sıra deniz ve kültür turizm potansiyelinin yüksek olduğu bir bölge olması nedeniyle dalga enerji santrali kurulumu uygun görülmemektedir.



Şekil 23: Gölcük meteoroloji istasyonu denizin hali

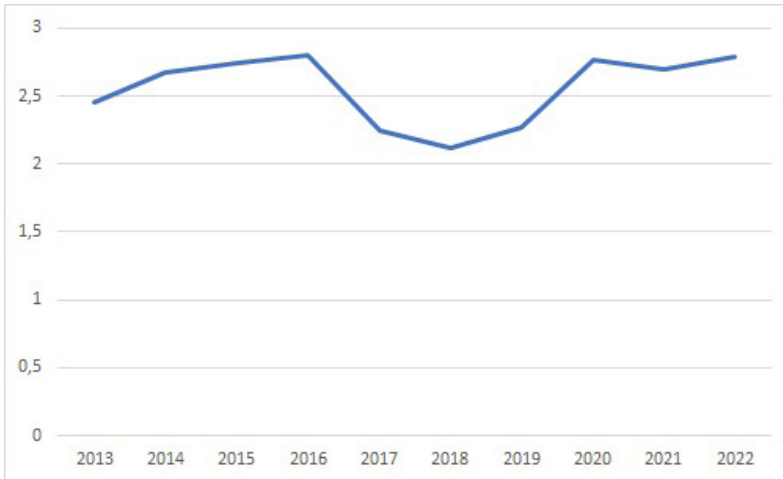
Gölcük Kocaeli iline bağlı bir ilçedir, İzmit Körfezi'nin güney ucundadır. Gölcük'te Deniz Kuvvetleri Komutanlığına bağlı Deniz Ana Üssü bulunmaktadır. Bu bağlamda Gölcük özgün bir donanma kenti özelliğini taşımaktadır. Ayrıca İzmit Körfezi Türkiye'nin en önemli kargo limanlarından birini barındırmaktadır bu bağlamda deniz trafik yoğunluğu yüksektir.

İzmit Körfezi'nin Tütünçiftlik- Yüzbaşılar (Gölcük) arası yaklaşık 2 km ile en dar noktasıdır (Koral ve Öncel, 1995, s. 79). Dalga yüksekliği ise 0,1-0,5 metre arasındadır, bu nedenlerden dolayı dalga enerji santrali kurulmasını mümkün kılmamaktadır.



Şekil 24: Yalova meteoroloji istasyonu denizin hali

Türkiye'nin kuzeybatısında, Marmara Bölgesi'nin güneydoğusunda yer alan Yalova'nın Marmara Denizi'ne kıyısı bulunmaktadır. Marmara Denizi'nin varlığı Yalova şehrinin yayılış ve yerleşimin kıyı boyunca yayılım göstermesinde etkili olmuştur. Yalova, Türkiye'nin en küçük yüzölçümüne sahip ili olmasına rağmen kıyı şeridi uzunluğu 105 km'yi bulmaktadır. Bu bağlamda deniz ulaşımı ve deniz turizmi şehre önemli bir çeşitlilik sunmaktadır. Ayrıca şehirdeki yat limanı varlığı yat turizm açısından artı değer katarken deniz trafiğinde yoğunluk yaşanmasına sebebiyet vermektedir. Bulduğu konum itibarıyla İzmit Körfezi'ndeki deniz trafiği yoğunluğu Yalova'yı da etkilemektedir. 0,5- 1,25 m arasında dalga yüksekliği bulunan Yalova'da bütün bu kriterler göz önüne alındığında deniz ve yat turizmi, deniz trafiği yoğunluğu, yerleşim bölgelerinin kıyı kesiminde yoğunluk göstermesi nedenleriyle dalga enerji santrali kurulumu uygunluk göstermemektedir.



Şekil 25: Sarıyer meteoroloji istasyonu denizin hali

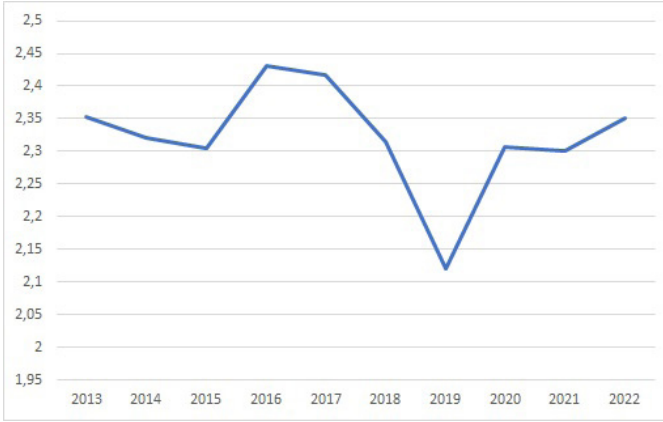


İstanbul ilinin Avrupa yakasında bulunan Sarıyer ilçesi doğu kesiminde İstanbul Boğazı ve kuzey kesiminde ise Karadeniz ile sınırlandırılmıştır. İstanbul'un üçüncü boğaz köprüsü olan Yavuz Sultan Selim Köprüsü' de bu ilçesinin sınırlarında yer almaktadır, ayrıca Yavuz Sultan Selim Köprüsü ve çevresi 6 Nisan 2023 tarihinde yayımlanan resmî gazete ile “Doğal Sit-Nitelikli Doğal Koruma Alanı” ve “Doğal Sit-Sürdürülebilir Koruma ve Kontrollü Kullanım Alanı” olarak ilan edilmiştir (Resmi Gazete, 2023). Ayrıca İstanbul ve Çanakkale Boğazlarından geçen gemilerin geçiş güzergahında bulunmasında ötürü deniz trafiği yoğunluğu yüksektir. Sarıyer meteoroloji istasyon verilerine göre dalga yüksekliği 0,5-1,25 metredir. Bu kapsamda değerlendirildiğinde Sarıyer' in İstanbul Boğazı'nda bulunan kısmına dalga enerji santrali kurulması mümkün olmamaktadır.



**Harita 23: Sarıyer koruma alanları**

**Kaynak: URL 26**

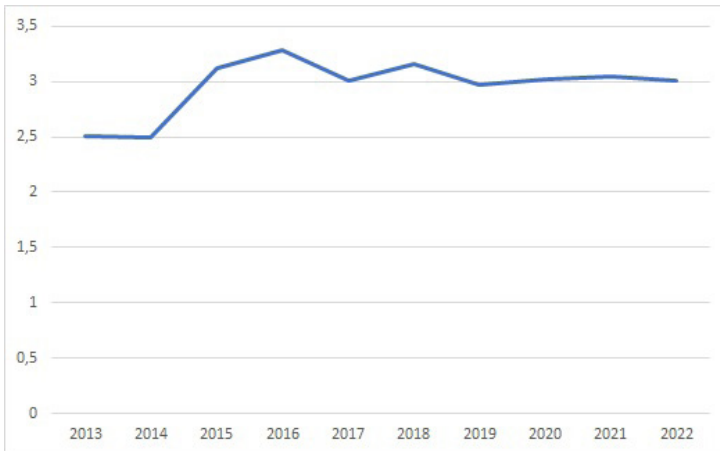


**Şekil 26: Sarıyer- Kumköy meteoroloji istasyonu denizin hali**

Sarıyer-Kumköy Sarıyer ilçesinin Karadeniz kıyılarındaki bölgesinde bulunmaktadır. Bu bölgede Sarıyer'in İstanbul Boğazı kıyılarındaki gibi deniz trafiği yoğunluğu bulunmamaktadır. Ayrıca deniz turizminin yoğun yaşandığı bir bölge değildir. Askeri eğitim ve atış sahası bulunmamaktadır. Bu bölgede dalga enerji santrali kurulmasına uygundur.

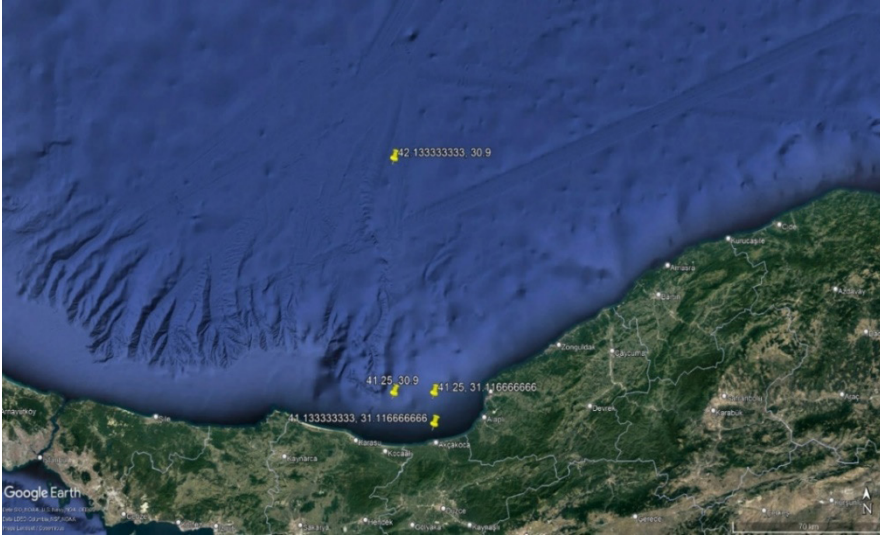
Türkiye'de boğazlar rüzgârların belirli bir yönde yönlendirmesi nedeniyle ayrı bir özellik göstermektedir. İstanbul Boğazı'nda hızı 10 m/s olan rüzgârların yönü kuzeydoğudur. Güneyli rüzgârların da kuzeyli rüzgâr hızına ulaşmasıyla sabah saatlerinde artan akıntı, akşama doğru azalma göstermektedir. İstanbul Boğazı'nda 0.5-4.8 mil/ saat olan üst akıntı hızı, kuzeyli rüzgârların etkisiyle 7-8 mil/ saate ulaşır. Yüze akıntısının yönünü değiştiren lodos, orkoz denilen ters akıntıyı oluşturmaktadır. Karadeniz kıyısındaki Kumköy' de en hızlı rüzgârın olduğu saptanmıştır (Atalay, 2011, s. 31- 32).

### Karadeniz Bölgesi

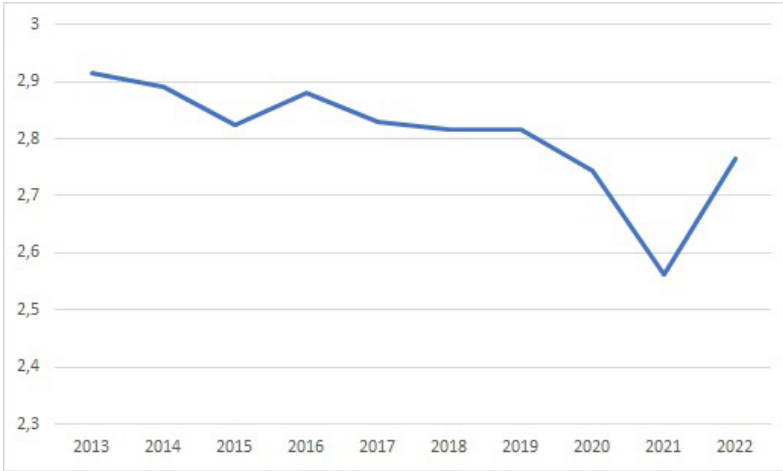


**Şekil 27: Akçakoca meteoroloji istasyonu denizin hali**



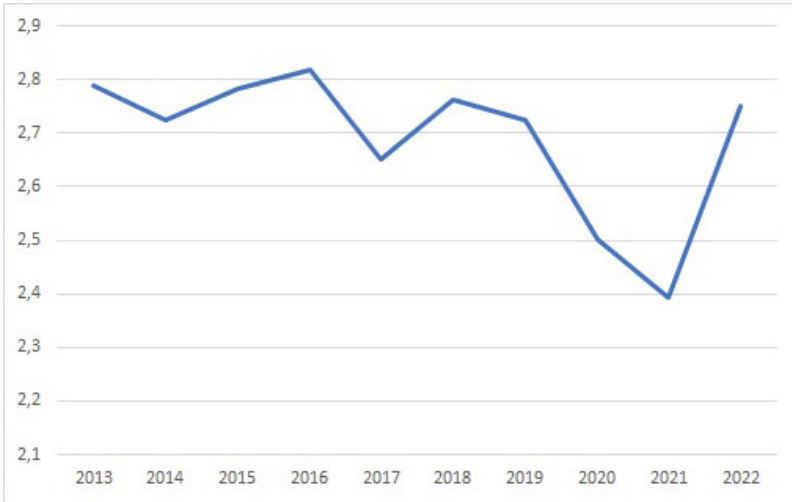


**Harita 26: Akçakoca sahili ve açıklarında bulunan eğitim ve atış sahaları**



**Şekil 28: İnebolu meteoroloji istasyonu denizin hali**

Karadeniz sahil kesiminde bulunan Kastamonu'ya bağlı İnebolu ilçesi dalga yüksekliği 0,5-1,25 metre arasındadır. Dalga enerjisi santrali kurulumuna uygun bir bölge olsa da eğitim ve atış sahaları haritasında LT-D11 bölgesinde İnebolu ilçesini de içerisine almaktadır. Eğitim ve atış yapılan bir sahada dalga enerji santrali kurulumu mümkün görünmemektedir.

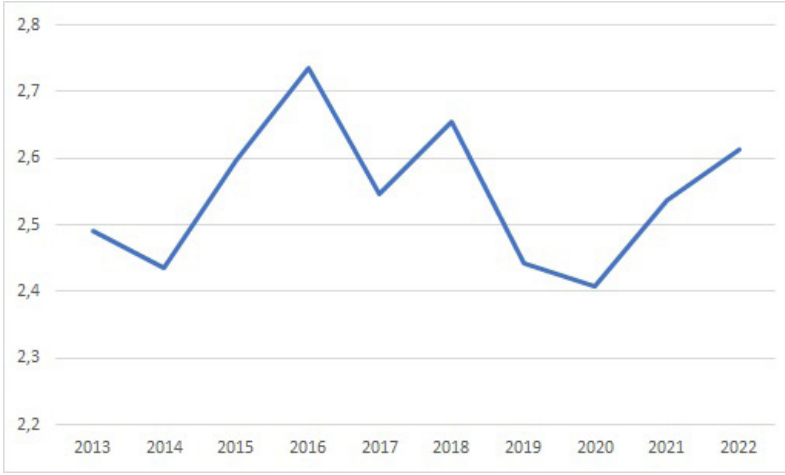


**Şekil 29: Sinop meteoroloji istasyonu denizin hali**

Sinop ilinin batı İnceburun' un doğu kıyı kesimlerinden başlayan harita üzerinde gösterilen LTD-111 bölgesi askeri eğitim ve atış sahasıdır. Fakat Sinop merkezinin kıyılarından başlayarak Dikmen ilçesine kadar olan kısımda askeri eğitim ve atış sahası bulunmamaktadır. Sinop ilindeki istasyon verilerine göre dalga yüksekliği 0,5-1,25 metredir. Askeri eğitim ve atış sahası kriteri dışında kalan bölgelerde dalga enerji santrali kurulabilme potansiyelini barındırmaktadır.



**Harita 27: İnebolu ve Sinop askeri eğitim ve atış saha bölgeleri**



**Şekil 30: Samsun meteoroloji istasyonu denizin hali**

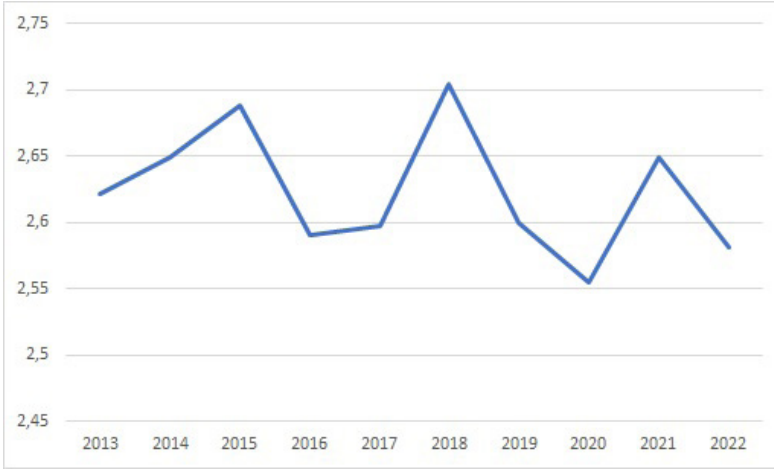
Karadeniz bölgesinin en büyük limanını barındıran Samsun' un dalga yüksekliği 0,5-1,25 metre arasındadır. Önemli bir liman kentidir, daha çok yük taşımacılığı için kullanılan limanın karayolu ve demiryolu sayesinde hinterlandı geniştir. Yük taşımacılığı nedeniyle Samsun limanının çevresinde deniz trafiği yoğundur, liman bölgesine dalga enerji santrali kurulumu yapılamaz. Ayrıca Kızılırmak deltasının bulunduğu kıyılar “Doğal Sit-Kesin Korunacak Alan” 20.04.2020 tarihinde ilan edilmiştir (Resmi Gazete, 2020). Bunun yanında kıyının açıkları ise 19.02.2020 tarihinde “Doğal Sit-Nitelikli Koruma Alanı” olarak ilan edilmiştir (Resmi Gazete, 2020).



**Harita 28: Kızılırmak Deltası kesin korunacak alanlar**

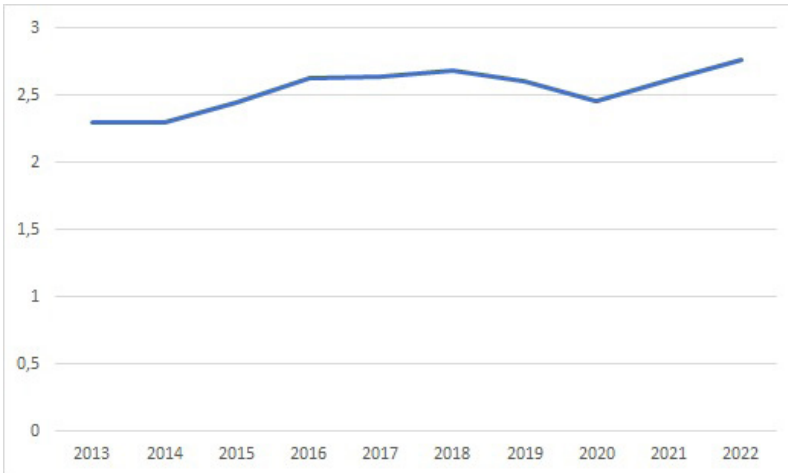
**Kaynak: URL 28**

Kızılırmak Deltası sulak alanı Karadeniz'in en sulak alanlarından bir tanesidir, Ramsar Sözleşmesi ile Kızılırmak Deltası Su Kuşları Yaşam Ortamı olarak uluslararası bir öneme sahiptir. Ayrıca bu bölge 2016 yılında UNESCO tarafından geçici miras listesine alınmıştır (URL 29). Bu sebepler ile Samsun bölgesinde dalga enerji santrali kurulması zorlaşmaktadır.



Şekil 31: Zonguldak meteoroloji istasyonu denizin hali

Karadeniz Bölgesi'nin Batı Karadeniz bölümünde yer alan Zonguldak ili istasyon verilerine göre ortalama dalga yüksekliği 0,5-1,25 metre arasındadır. Fakat haritada görüldüğü üzere 022, 007 bölgelerinde askeri eğitim ve atış sahaları olduğundan dolayı bu bölgede dalga enerji santrali kurmak mümkün görünmemektedir. Ayrıca bu bölgede 2017 yılında BAKKA öncülüğünde 50 KW güce sahip bir pilot dalga enerji projesi planlanmıştır.



Şekil 32: Giresun meteoroloji istasyonu denizin hali

Giresun Karadeniz bölgesinin Doğu Karadeniz bölümünün en batısında yer almaktadır. Giresun'da dalga yüksekliği 0,5-1,25 metre arasındadır.

Görece ilçesi Karaburun Sahili ve Eynesil ilçesinin sahil kesimleri 17.02.2020 tarihinde “Doğal Sit- Nitelikli Doğal Koruma Alanı” olarak ilan edilmiştir (Resmi Gazete, 2020) Giresun limanı ise deniz trafiği yoğunluğu düşük bir limandır. Bu alanların dışında kalan bölgelerde elde edilen verilere göre dalga enerji santrali kurulumu mümkündür.



**Harita 29: Giresun Karaburun nitelikli doğal koruma alanı**

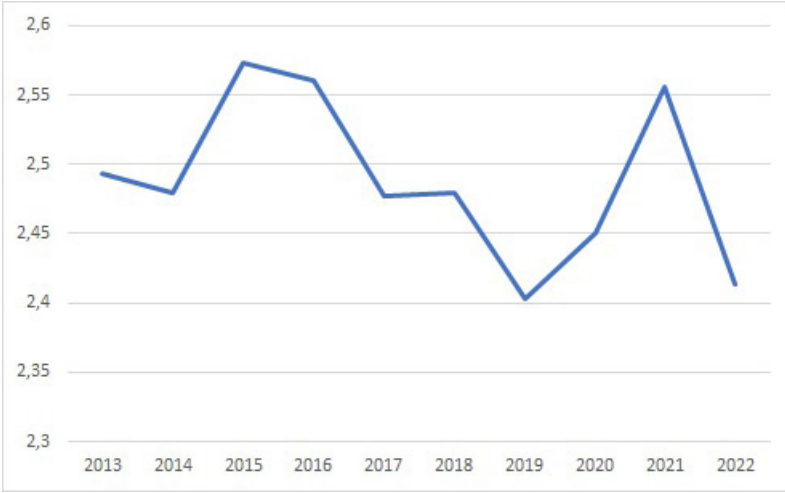
**Kaynak: URL 30**



**Harita 30: Giresun Eynesil nitelikli koruma alanı**

**Kaynak: URL 30**





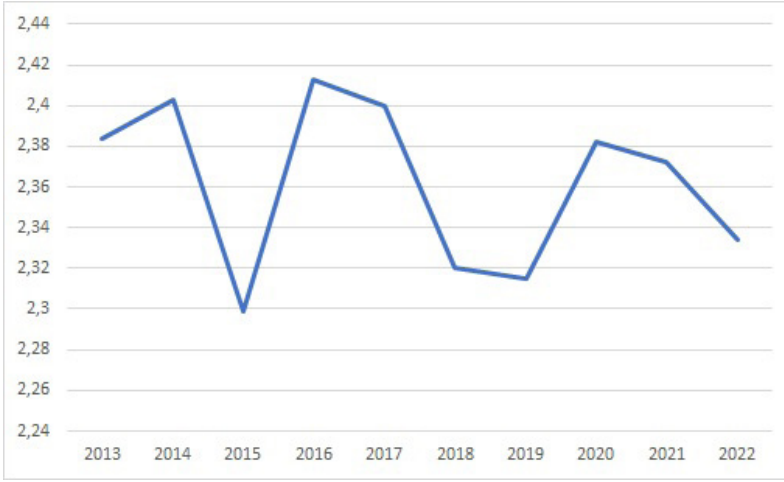
Şekil 33: Rize meteoroloji istasyonu denizin hali

Rize ili istasyonundan alınan verilere göre dalga yüksekliği 0,1-0,5 metre arasındadır. Rize'nin Fındıklı ilçesinde Fındıklı Sahil ve Aksu Mahallesi 2020 yılında Çevre, Şehircilik ve İklim Bakanlığı tarafından “Doğal Sit-Sürdürülebilir Koruma ve Kontrollü Kullanım Alanı” olarak ilan edilmiştir (Resmi Gazete, 2020). Bu bölge doğal sit alanı olduğundan dolayı dalga enerji santrali kurulumu mümkün değildir. Ayrıca Rize kıyılarında dalga yüksekliği potansiyelinin düşük olması sebebiyle dalga enerji santrali kurulamaz.



Harita 31: Rize Fındıklı ve Aksu Mahallesi sürdürülebilir koruma ve kontrollü koruma alanı

Kaynak: URL 31



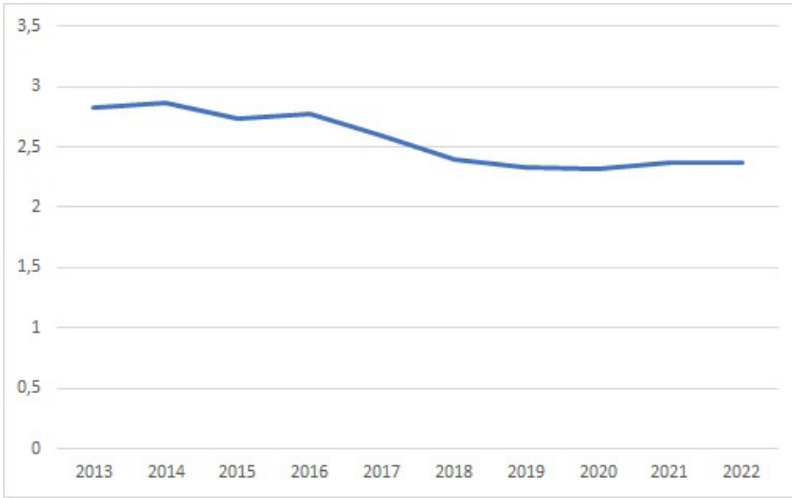
**Şekil 34: Trabzon meteoroloji istasyonu denizin hali**

Karadeniz Bölgesinin Doğu Karadeniz Bölümünde yer alan Trabzon ili Vakfıkebir ilçesi Merkez Çamlık Mahallesi 22.08.2017 tarihinde “Doğal Sit-Nitelikli Doğal Koruma Alanı” olarak ilan edilmiştir (Resmi Gazete, 2018). Bu sebeple bu bölgeye dalga enerji santral kurulumu gerçekleştirilemez. İstasyon verilerine göre dalga yüksekliği 0,1-0,5 metre arasında değişiklik göstermektedir. Bu veriler ışığında dalga enerji santrali kurulumu Trabzon ve çevresinde potansiyel olarak değerlendirilememektedir.



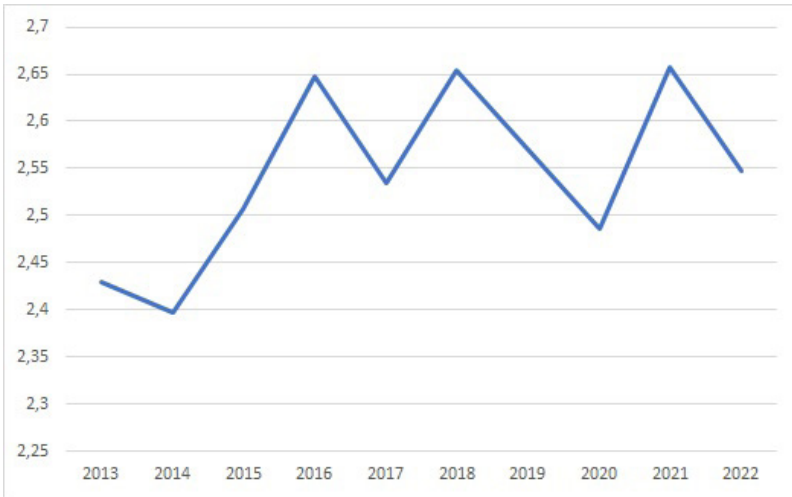
**Harita 32: Trabzon Vakfıkebir nitelikli doğal koruma alanı**

Kaynak: URL 32



**Şekil 35: Hopa meteoroloji istasyonu denizin hali**

Artvin'in Hopa ilçesi dalga yüksekliği istasyon verilerine göre ortalama 0,5-1,25 metredir. Hopa'da bulunan liman diğer Karadeniz limanları kadar deniz trafiği yoğunluğu olan bir bölge değildir. Ayrıca ülkenin kuzeyinde bulunması, iklim şartları sebebiyle deniz turizmine uygun olmamasından dolayı dalga enerji santrali kurulmasına uygundur.



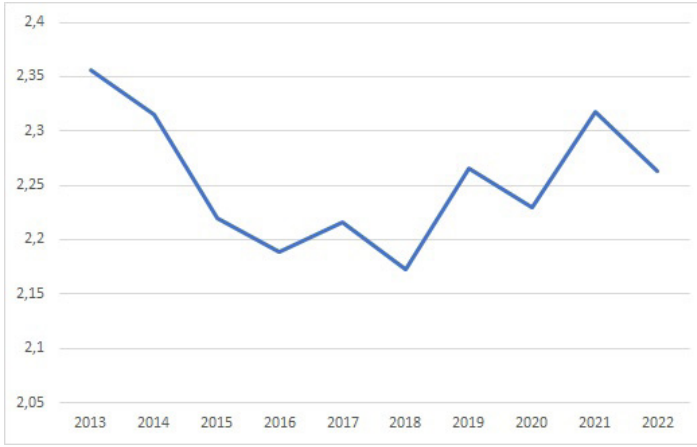
**Şekil 36: Ordu meteoroloji istasyonu denizin hali**

Ordu Türkiye'nin Batı Karadeniz Bölümü'nde bulunan bir ildir. Ordu'da Fatsa ve Ünye'de olmak üzere iki adet liman vardır. Bu limanlarda deniz trafik yoğunluğu düşüktür.

2022 yılında İsraili Eco Wave Power şirketi ile Ordu Büyükşehir Belediyesinin arasında yapılan bir anlaşma ile Ordu'da "Türkiye'nin ilk dalga

*enerji santrali*” kurulumu gerçekleştirilmesi bir anlaşma imzalanmıştır. Buna göre bölgede ölçüm yapıldığını ve bu ölçümler sonucu 77 MW’lık bir potansiyel tespit edilmiştir. İlk etapta 4 MW’lık pilot uygulama yapıldıktan sonra geriye kalan 73 MW’lık kısmın inşa edileceği belirtilmiştir (URL 33). Ordu’da dalga yüksekliği 0,5-1,25 metredir. Deniz trafiği yoğunluğu düşük, deniz turizmine rağbet yoktur. Ayrıca askeri eğitim ve atış sahaları olmadığından dolayı dalga enerji santrali kurulumu için potansiyel bir bölgedir.

### Akdeniz Bölgesi



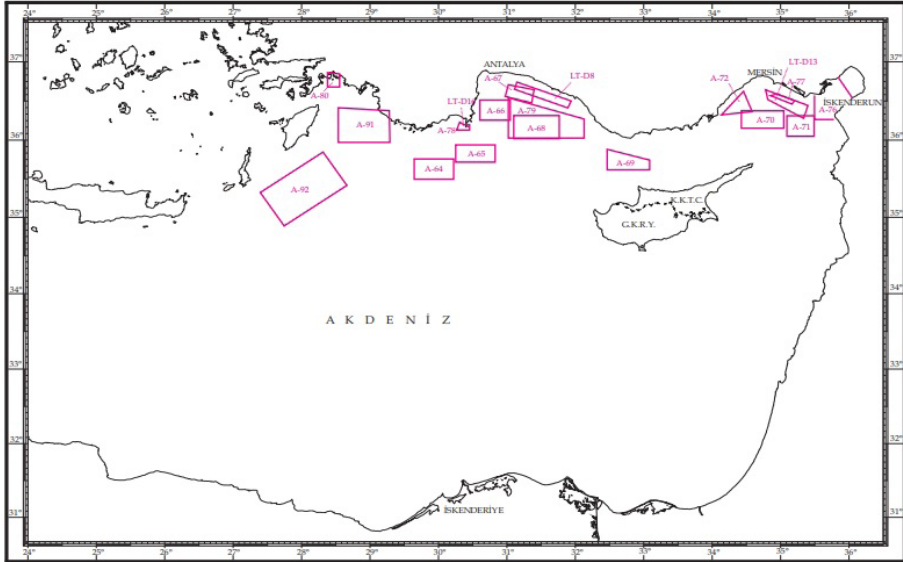
Şekil 37: Finike meteoroloji istasyonu denizin hali

Antalya ilinin bir ilçesi olan Finike turizm açısından potansiyeli yüksek bir yerleşim yeridir. Fakat turizm istenilen düzeyde değildir. Demre ilçesi ve Finike ilçesi arasında yer alan Beymelek kıyısı 21.04.2021 tarihinde Cumhurbaşkanı Kararı ile “Doğal Sit-Kesin Korunacak Hassas Alan” olarak ilan edilmiştir (Resmi Gazete, 2021). Finike’de yat limanı da bulunmaktadır. Yat limanı varlığından kaynaklı liman çevresinde deniz trafiği de yoğundur. Finike dalga yüksekliği 0,1-0,5 metre arasındadır. Dalga yüksekliği, dalga enerji santrali kurulumu adına yeterli seviyede değildir.



**Harita 33: Antalya Beymelek kesin korunacak hassas alan**

**Kaynak: URL 34**



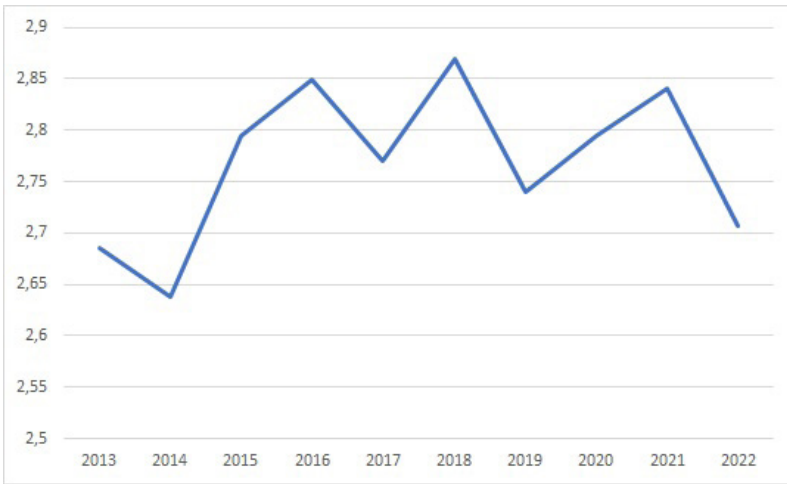
**Harita 34: Akdeniz Bölgesi eğitim ve atış sahaları**

**Kaynak: Seyir, Hidrografi ve Oşinografi Dairesi Başkanlığı, 2022**

Harita 34’de gösterilen A-78 bölgesi sahil ve deniz açıkları askeri eğitim ve atış sahası olarak görünmektedir. Finike’de denizin açıklarında dalga enerji santrali kurulamamasının önündeki engellerden biridir.



**Harita 35: Finike askeri eğitim ve atış sahaları**

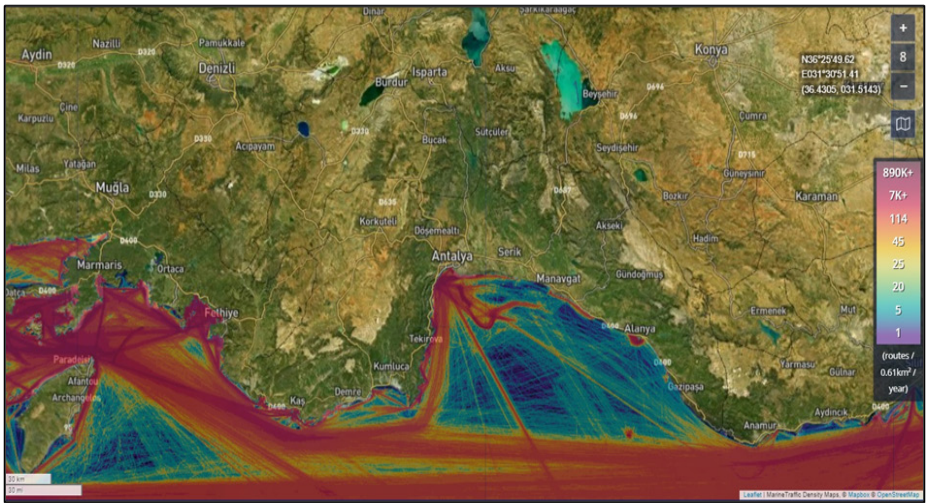


**Şekil 38: Antalya Bölge meteoroloji istasyonu denizin hali**



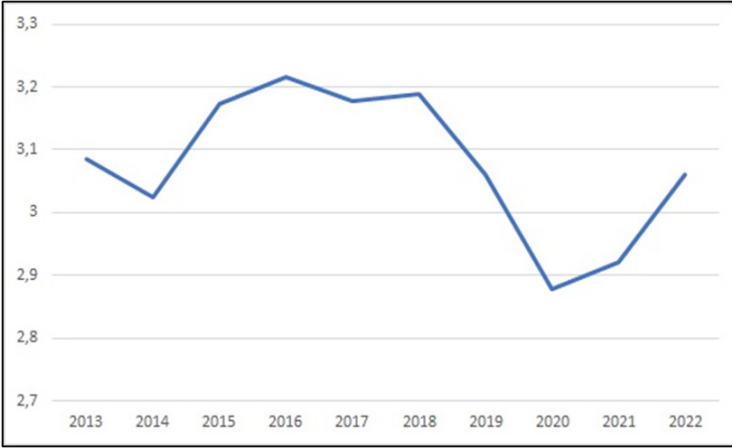
**Harita 36: Antalya kıyıları ve açıkları askeri eğitim ve atış sahaları**

Türkiye'nin en önemli deniz turizm merkezlerinden biri olan Antalya kıyılarının uzunluğu girinti ve çıkıntılar ile 640 km'dir düz hat boyunca ise 500 km'dir. Antalya'da meteoroloji istasyonundan alınan verilere göre dalga yüksekliği 0,5-1,25 metredir. Deniz açıklarında A-66, A-67, A-68, A-79, LT-D8 bölgelerinde askeri eğitim ve atış sahaları bulunmaktadır. Antalya'da yat turizmi de gelişmiştir yabancı ve yerli turistlerin uğrak noktası olan 5 adet yat limanı bulunmaktadır. Konteyner ve kruvaziyer gemilerinin de olduğu bir liman bulunmasından dolayı deniz trafiği yoğunluğu yaşanmaktadır. Söylenilen bu kriterler sebepleri ile Antalya'da dalga enerji santrali kurulumu gerçekleşemez.



**Harita 37: Antalya deniz trafiği yoğunluğu**

**Kaynak: URL 37**



**Şekil 39: Alanya meteoroloji istasyonu denizin hali**

Antalya iline bağlı olan Alanya bir turizm ilçesidir. Yerli ve yabancı turistler için önemli bir uğrak alanıdır, ayrıca yat limanı da bulunmaktadır. LT-D8 bölgesi askeri eğitim ve atış sahasıdır, bu bölgede eğitim ve atış yapılacağı zamanlarda tehlike arz etmesinden dolayı sivil geçişine izin verilmemektedir, bu nedenle dalga enerji santrali kurmak mümkün değildir.

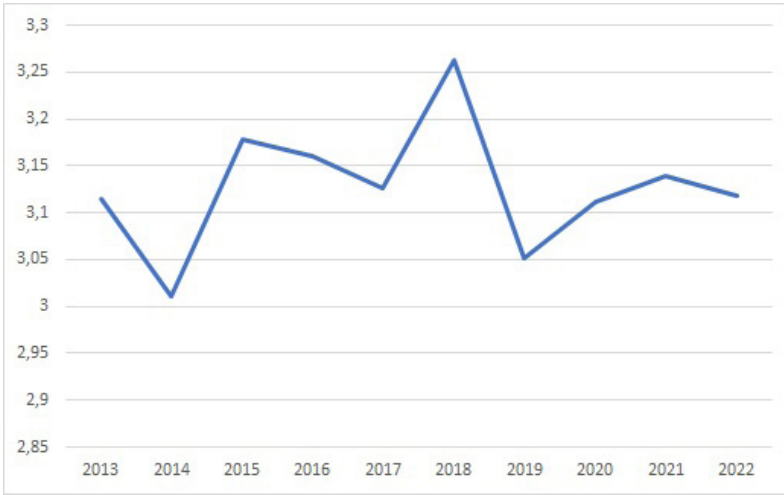
02.02.2022 tarihinde Cumhurbaşkanı kararıyla Alanya-Gazipaşa-Kahyalar kıyıı bandı “Doğal Sit-Kesin Korunacak Hassas Alan” olarak ilan edilmiştir (Resmi Gazete, 2022). Yine bu sebeple dalga enerji santrali kurulumu mümkün olmamaktadır. Alanya meteoroloji istasyon verilerine göre dalga yüksekliği 0,5-1,25 metredir.



**Harita 38: Alanya-Gazipaşa-Kahyalar kıyıı bandı kesin korunacak hassas alanları**

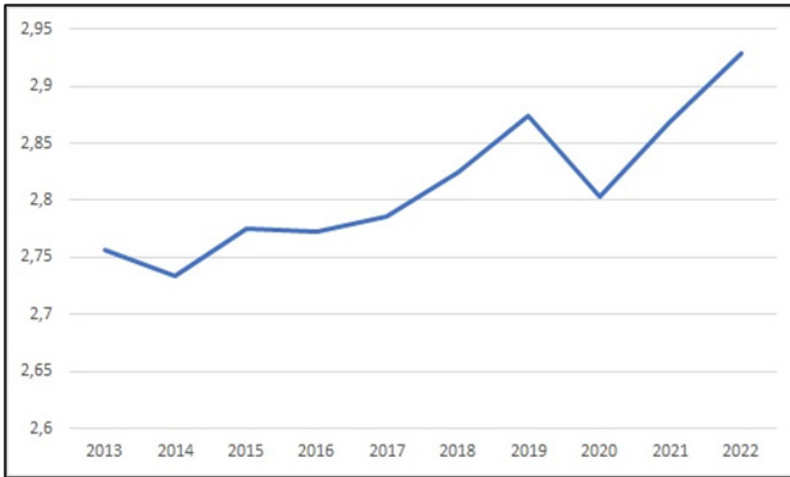
Kaynak: URL 35





Şekil 40: Anamur meteoroloji istasyonu denizin hali

Mersin iline bağlı Anamur ilçesi deniz turizmi açısından yoğun bir bölge değildir. Fakat Anamur sahili nesli tükenmekte olan caretta caretta cinsi kaplumbağaların yumurtlama bölgesidir. Her yıl sadece yumurtlamak için karaya çıkan caretta caretta'lar için ve yumurtalarından çıkan caretta caretta'ları izlemeye gelen turistler için büyük önem taşımaktadır (URL 36). Anamur'da dalga yüksekliği 0,5-1,25 metre arasındadır. Hem canlı ekosistemi hem de turizm açısından dalga enerji santrali kurulumuna uygun bir bölge değildir.



Şekil 41: Mersin meteoroloji istasyonu denizin hali

Mersin meteoroloji istasyon verilerine göre dalga yüksekliği 0,5-1,25 metredir. Mersin Silifke ilçesinde bulunan Göksu Deltası 26.09.2020 tarihinde resmî gazetede yayımlanan Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi ile "Doğal Sit-Kesin Korunacak Hassas Alan" olarak ilan edilmiştir. Ayrıca Mersin'in Tarsus



trafiği yoğunluğu yaşanmaktadır. Ayrıca İskenderun'da Deniz Kuvvetleri Komutanlığı'na bağlı İskenderun Deniz Üs Komutanlığı bulunmaktadır. İskenderun meteoroloji istasyonu verilerine göre dalga yüksekliği 0,5-1,25 metre arasındadır. Yukarıda söylenen kriterlerden dolayı bu bölgede dalga enerji santrali kurulumu mümkün değildir.

## SONUÇ

Bu çalışmada 31 istasyon verisine ait dalga enerji potansiyeli incelenmiştir. Bölgeler potansiyel, askeri alanlar, turizm, deniz trafiği ve kıta sahanlığı değerlendirme kriterlerine göre uygunluğu araştırılmıştır.

Çalışılan alanlar coğrafi bölgelere ayrılarak incelenmiştir. Karadeniz Bölgesi; Hopa, Rize, Trabzon, Giresun, Ordu, Samsun, Sinop, İnebolu, Zonguldak, Akçakoca, Marmara Bölgesi; Sarıyer Kumköy, Sarıyer, Çanakkale, Bozcaada, Ayvalık, Yalova, Gölcük, Ege Bölgesi; İzmir, Çeşme, Dikili, Kuşadası, Bodrum, Datça, Marmaris, Fethiye, Akdeniz Bölgesi; Finike, Antalya, Alanya, Anamur, Mersin ve İskenderun'dur.

Çalışmada ulaşılan sonuca göre özellikle Karadeniz ve Ege kıyıları dalga enerji santrali kurulumu açısından yüksek potansiyel barındırmaktadır. Fakat Ege bölgesinin önemli bir deniz turizm bölgesi olması, kıta sahanlığı bulunan alanların olması, yük, yat ve kruvaziyer limanlarının olması sebebiyle deniz trafiği yoğunluğu oluşturması ve doğal sit alanlarının bulunması nedenlerinden dolayı dalga enerjisi teknik potansiyeli kullanılamamaktadır. Karadeniz bölgesinde ise özellikle Orta ve Batı Karadeniz bölümü ön plana çıkmaktadır. Sağlam ve Uyar (2005), çalışmalarında yaptıklarında değerlendirmede dalga enerjisi üretimi için en uygun bölgelerin: Karadeniz'in batısında İstanbul Boğazı'nın Kuzeyi ve Ege Denizi'nin güneybatı kıyıları açıklarında bulunan Marmaris ve Finike arasını ifade etmişlerdir. Fakat bulgular kısmında ifade edildiği gibi Marmaris ve Finike'de dalga yüksekliği dalga enerjisi üretimi için yeterli seviyede değildir. Bu iki bölgenin arasında bulunan Fethiye'de dalga yüksekliği dalga enerjisi üretimi için yeterli seviyede değildir. Ayrıca bu üç bölge turizm faaliyetlerinin yoğun olduğu bir bölgedir. Finike'de turizm faaliyetlerinin dışında askeri eğitim ve atış faaliyetleri düzenlenmektedir. Bu sebepler nedeniyle bu bölgelerde dalga enerji santrali kurulumu mümkün görünmemektedir. İstanbul'un Kuzeyinde bulunan Sarıyer-Kumköy ise dalga enerji santrali kurulumu için uygun bir bölgedir.

Türkiye'nin özellikle Kuzey kıyılarını dalga enerjisi bakımından potansiyeli yüksek bölgedir. Bu kıyılarda Tapchan tipi ve OWC (Oscillating Water Column/ Salınlı Su Sütunu) sistemlerinin kurularak bölgedeki küçük işletmelerin elektrik enerjisi talebi karşılanabilir. Bu bağlamda uzun vadede dalga enerjisinden daha fazla yararlanılabilir (Örer vd., 2003). Kıyıdan uzak olan

dalga enerji santrallerinde üretilen enerji lityum iyon pilleri ile depolanarak karaya iletilmektedir. Lityum iyon pillerin ilk yatırım maliyetleri, karaya nakil bedeli ve lityum iyon pillerin ömürlerinin sınırlı olması nedenleriyle ekonomik olmamaktadır (Bak, 2003). Bu sebeple kıyı şeridinde kurulacak olan Tapchan tipi ve OWC (Oscillating Water Column/Salınımlı Su Sütunu) dalga enerji sistemleri tercih edilmelidir. Lityum piller dışında kablolar ile de üretilen enerjinin aktarımı sağlanmaktadır fakat maliyet artışı gerçekleştiğinden dolayı yine kıyı şeridinde kurulacak olan dalga enerji santrali daha avantajlıdır.

Özellikle Ordu'da kurulacak olan dalga enerjisi santrali, bölge için örnek oluştururken ve Türkiye adına önemli bir gelişmedir. Bu bağlamda yapılan çalışmalar desteklenmeli, AR-GE çalışmalarının önü açılmalı ve gerekli planlamalar hayata geçirilmelidir. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın öncülüğünde farklı bölgelerde fizibilite çalışmaları yapılarak projelere destek olunması gerekmektedir.

Dünya nüfusunun hızlı artışı ve yaşanan teknolojik gelişmeler enerji tüketiminin de artmasına sebep olmaktadır. Fosil yakıtların sebep olduğu küresel iklim değişimi, dünyada geri dönülmez zararlara yol açmaktadır. Gelecek nesiller adına daha sürdürülebilir bir dünya, yenilebilir enerji kaynaklarının kullanımının artarak enerji üretiminde büyük bir paya sahip olmasıyla gerçekleşebilir. Özdamar (2000), çalışmasında; fosil yakıtların tükenme riski nedeni ile fiyatlarda artış yaşanacak ve doğru orantı olarak fosil yakıt kaynaklı elektrik enerjisi birim fiyatında da artış yaşanacaktır. Bu durumda yakın bir gelecekte dalga enerjisinde üretilen elektrik ekonomik hale gelecektir. Dalga enerjisi hakkındaki araştırmalara hız verilmesi gerekmektedir.

Enerji güvenliği çerçevesinde, enerji politikaları kesintisiz, güvenilir, temiz ve ucuz olmalıdır. Bu doğrultuda enerji çeşitliliğinin artırılması gerekmektedir. Özellikle 1973 enerji krizleri ve 2022 yılında başlayan Ukrayna-Rusya Savaşı sonucu ortaya çıkan enerji güvenliği tehdidi yenilenebilir enerjilerin çeşitlendirilmesinde ve yaygınlaşmasında etkili olmuştur. Şu anda yeni enerji kaynaklarını bulma çalışmaları devam etmektedir. Politikalar ekonomik ve yenilenebilir enerji kaynaklarını keşfetmeye odaklanmıştır.

Türkiye bulunduğu coğrafya açısından yenilenebilir enerji kaynakları yönünden yüksek potansiyele sahip ve kaynak çeşitliliği oldukça geniş bir konumdadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarına uygun konum seçiminde coğrafya önemli bir belirleyicidir.

Üç tarafı denizlerle çevrili olan Türkiye'de dalga enerjisi yenilenebilir enerji portföyüne ekleyebilecek önemli bir kaynaktır. Küresel iklim değişimi açısından düşünüldüğünde dalga enerjisi, enerji politikalarında yenilenebilir enerji projeksiyonları açısından ön plana çıkabilecek bir kaynak olarak değerlendirilmektedir.

Türkiye nüfusu 2022 verilerine göre 85 milyondur, bu nüfusun %54'ü kıyı kesiminde yaşamaktadır. Kıyı kesimlerinde önemli endüstri sahalarının bulunması, ülke ekonomisini kalkındıran ticaret limanlarının bulunması ve önemli deniz turizm alanlarının bulunması sebebiyle enerji tüketimi yoğun bölgelerdir. Bu bağlamda kıyı kesimlerde bulunan tüketim bölgelerinde dalga enerjisinde üretim yapılması halinde dalga enerjisinin diğer enerji kaynakları ile rekabeti kolaylaştıracaktır. Altaş ve Erdinç (2019), Türkiye'nin enerjide dışa bağımlılığını azaltma yönünde dalga enerji santrallerinin önemli bir yer tutacağını ve kıyılarda bulunan bölgelerin elektrik enerjisini bu santrallerden sağlayabileceğini söylemiştir.

Günümüzde yenilenebilir enerji kaynakları portföyüne dalga enerjisini eklememiş olan Türkiye, dalga enerji potansiyelini değerlendirmemektedir. Bunun en önemli sebebi ise yeterli araştırmanın yapılmamasıdır. Dalga enerjisi konusunda dünyanın gerisinde kalmamak için yüksek verimli, düşük maliyetli yöntemler geliştirerek potansiyel değerlendirilmelidir (Kapluhan , 2014).

Çalışma Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynaklarından daha fazla yararlanmasını ortaya koymak amacıyla. Türkiye'nin 2021 yılında taraf olduğu Paris Anlaşması doğrultusunda insan kaynaklı sera gazı salınımlarından kaynaklı iklim değişikliği tehlikesini durdurma. Bu hedef için taraf ülkelerin fosil yakıt kullanımını azaltarak yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmesi gerekmektedir. Politika yapımcıların bu doğrultuda yenilenebilir enerji teknolojilerine, gerekli mevzuat düzenlemeleri ve teşvik politikaları uygulamaları ile gerçekleştirebilecektir.

Daha kesin sonuçlara varmak amacı ile, ilgili kurumların veya daha sonra yapılacak olan çalışmalar için istasyon verilerinin doğruluğunun artırılması gerekmektedir. Bu doğrultuda ölçüm cihazları ile dalga yüksekliğini, dalga periyodu, dalga yönü ve dalga hızı gibi faktörlerin uzun süreli ölçümleri ile daha sonra yapılacak çalışmalar için önemlidir.

## KAYNAKÇA

- Ağaçbiçer, G. (2010). *Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Türkiye Ekonomisine Katkısı ve Yapılan Swot Analizler; Çanakkale On Sekiz Mart Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.* Çanakkale.
- Ağarı, M. (2007). Irak ve Belh Coğrafya Ekolleri ve İlk Temsilcileri: İbn Hurdazbih, Ya Kubi ve İstahri. *A. Ü. Türkiyat Araştırmaları Enstitüsü Dergisi*, Sayı: 34, s. 169- 191.
- Ağca, T. (2019). Enerji Koridoru Olma Yolunda Türkiye'nin Enerji Arz Güvenliği: Avantajlar ve Dezavantajlar, Yüksek Lisans Tezi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Ana Bilim Dalı. Sivas.
- Akengin, H., Dölek, İ., ve Özdemir, Y. (2020). Türkiye'nin Denizleri ve Kıyıları. H. Akengin, ve İ. Dölek içinde, *Türkiye'nin Fiziki Coğrafyası* (s. 301-325). Ankara: Pegem Akademi.
- Akkuş, İ., ve Alan, H. (2016). *Türkiye'nin Jeotermal Kaynakları, Projeksiyonlar, Sorunlar ve Öneriler Raporu*. Ankara: Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği (TMMOB) Jeoloji Mühendisleri Odası (JMO).
- Akova, İ. (2022). Enerji Kaynakları. M. Doğan, ve Ö. Sertkaya Doğan içinde, *Beşeri ve Ekonomik Coğrafya* (s. 285- 329). Ankara: Pegem Akademi.
- Akpınar, E., ve Başbüyük, A. (2011). Jeoekonomik Önemi Giderek Artan Bir Enerji Kaynağı: Doğalgaz . *International Periodical For The Languages, Literature and History of Turkish or Turkic*, Cilt: 6, Sayı: 3, s. 119-136.
- Aksoy, B. (2021). Enerji Kaynakları. Ü. Bekdemir içinde, *Genel Beşeri ve Ekonomik Coğrafya* (s. 235-259). Ankara: Pegem Akademi.
- Alparslan, U. (2023). *Türkiye Elektrik Görünümü 2023*. EMBER.
- Andrews, J., ve Jelley, N. (2007). *Energy Science: Principles, Technologies and Impacts*. Oxford University Press.
- Argın, M., ve Yerci, V. (2015). The Assessment of Offshore Wind Power Potential of Turkey. *9th International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ELECO)*, 966-970.
- Arslan, S., Darıcı, M., ve Karahan, Ç. (2001). Türkiye'nin Jeotermal Enerji Potansiyeli . M. Toksoy içinde, *Jeotermal Enerji Doğrudan Isıtma Sistemleri: Temelleri ve Tasarımı Seminer Kitabı* (s. 21- 28). İzmir: TMMOB Makine Mühendisleri Odası, MMO Yayın no : MMO/2001/270.
- Atalay, İ. (1981). *Denizaltı Jeolojisi ve Jeomorfolojisi* . Erzurum: Atatürk Üniversitesi Yayınları.
- Atalay, İ. (2011). *Türkiye İklim Atlası*. İstanbul: İnkılap Yayınları.
- Atalay, İ. (2013). *Uygulamalı Klimatoloji*. İzmir: META Basım .
- Atalay, İ. (2016). *Uygulamalı Jeomorfoloji*. İzmir: Meta Basım.
- Atalay, İ. (2017). *Türkiye Jeomorfolojisi*. İzmir: Meta Basım .
- Ayhan, V. (2009). *İmparatorluk Yolu: Orta Doğu ve Petrol*. Bursa: Dora Yayınları.
- Aytaç, A. (2021). Jeolojik Zamanlar . M. Alım, ve S. Doğanay içinde, *Yer Bilimi* (s. 32- 48). Ankara: Pegem Akademi.
- Badcock- Broe , A., Flynn, R., George, S., Gruet, R., ve Medic, N. (2014). *Wave and Tidal Energy Market Deployment Strategy for Europe*. SI Ocean.
- Bak, U. (2003). *Dalga Enejisinden Elektrik Enerjisine Dönüşüm Sistemleri, Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.*
- BAKKA. (2017, Haziran). *Pilot Dalga Enerji Santrali Protokolü İmzalandı*. Batı Karadeniz Kalkınma Ajansı (BAKKA): <https://www.bakka.gov.tr/haber/pilot-dalga-enerji-santrali-protokolu-izimzalandi/863>, Erişim Tarihi: 14.07.2023 adresinden alındı
- Bauen, A. (2006). Future energy sources and system- Acting on climate change and energy security. *Journal of Power Sources* 157, 893- 901.
- Bayraç, H. N. (2018). Uluslararası Doğalgaz Piyasasının Ekonomik Yapısı ve Uygulanan Politikalar. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi* , Cilt: 13, Sayı: 3, s. 13- 36.
- Bireselioğlu , M. (2012). NATO' nun Değişen Enerji Güvenliği Algısı: Türkiye'nin Olası Konumu. *Uluslararası İlişkiler*, Cilt: 9, Sayı: 34, s. 227- 252.
- Blij, H. D. (2019). *Coğrafya Neden Önemlidir Hiç Olmadığı Kadar*. Ankara: Hece .
- Boniface, P. (2018). *Herkes İçin Jeopolitik*. İstanbul: Erdem Yayınları .
- Boztepe, M. (2009). İzmir ve Çevresinde Yenilenebilir Enerji Kaynakları Potansiyeli ve Kullanımı. *TMMOB İKK İzmir Kent Sempozyumu* , (s. 197- 203). İzmir.

- BP. (2022). Statistical Review of World Energy- all data, 1965- 2021. British Petroleum.
- Campos, A., ve Fernandes, C. P. (2017). The Geopolitics of Energy. C. P. Fernandes , ve T. F. Rodrigues içinde, *Geopolitics of Energy and Energy Security* (s. 23- 40). Lisboa- Portugal: Instituto da Defesa Nacional.
- Clarke, J. A., Connor, G., Grant, A. D., ve Johnstone, C. M. (2006). Regulating the output characteristics of tidal current power stations to facilitate better base load matching over the lunar cycle. *Renewable Energy, Vol. 31 (2)*, 173- 180.
- Clemenet, A., McCullen, P., Falcao, A., Fiorentino, A., Gardner, F., Hammarlund, K., . . . Thorpe, T. (2002). Wave energy in Europe: Current Status and Perspectives. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 6 (5)*, 405- 431.
- Çelikkpala, M. (2014). Enerji Güvenliği: NATO'nun Yeni Tehdit Algısı. *İstanbul Bilgi Üniversitesi Yayınları* , Cilt: 10, Sayı: 40, s. 75- 99.
- Day, A. H., Babarit, A., Fontaine, A., He, Y. P., Kraskowski, M., Murai, M., . . . Shin, H. K. (2015). Hydrodynamic Modelling of Marine Renewable Energy Devices: A State of the Art Review. *Ocean Engineering, Vol. 108*, 46- 69.
- Defay, A. (2005). *Jeopolitik*. Ankara: Dost Kitabevi.
- Demirel, Y. (2012). *Energy: Production, Conversion, Storage, Conservation and Coupling*. U.S.A.: Green Energy and Technology, Springer.
- Demirok, H. D., ve Koçer, H. E. (2020). Generation of Electrical Energy From OWC Based Wave Motion. *European Journal of Science and Technology* , 202- 206.
- Demirtaş, Ö. (2013). *Enerji Piyasasındaki Son Gelişmeler ve Kaya (Şeyl) Gazı* . Türkiye İş Bankası.
- Doğanay, H., ve Coşkun, O. (2017). *Enerji Kaynakları*. Ankara: Pegem Akademi.
- Doğanay, H., ve Doğanay, S. (2020). *Coğrafya 'ya Giriş*. Ankara: Pegem Akademi.
- Doğanay, H., ve Sever, R. (2020). *Genel ve Fiziki Coğrafya*. Ankara: Pegem Akademi.
- Doğanay, H., Özdemir, Ü., ve Şahin, İ. F. (2015). *Genel Beşeri ve Ekonomik Coğrafya*. Ankara: Pegem Akademi.
- Doğanay, S., ve Doğanay, G. (2022). Türkiye'nin Coğrafi Konumu, Sınırları ve Jeopolitiği. S. Doğanay, ve M. Alım içinde, *Türkiye'nin Fiziki Coğrafyası* (s. 1-52). Ankara: Pegem Akademi.
- Doğaner, S. (2001). *Türkiye Turizm Coğrafyası*. İstanbul: Çantay Kitabevi.
- Dölek, İ. (2020). Hidrografiya. H. Akengin, ve İ. Dölek içinde, *Genel Fiziki Coğrafya* (s. 341-365). Ankara: Pegem Akademi.
- DSİ. (2021). *DSİ 2021 Yılı Faaliyet Raporu*. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü.
- Duman, F. (2021). Deniz Jeopolitiğinin Kavramsal ve Teorik Kökenleri. *Deniz Araştırmaları ve Mavi Strateji Dergisi*, 75-85.
- Edenhofer, O., Madrugá, R. P., Sokona, Y., Seyboth, K., Matschoss, P., Kadner, S., . . . Stechow, C. V. (2011). *Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
- Edirne Valiliği.(2020).Dalga (Gelgit) Enerjisi Sunumu.
- EIA. (2011). *World Shale Gas Resources: An Initial Assessment of 14 Regions Outside the United States*. Washington, DC: U.S. Energy Information Administration.
- Engin, N. (1984- 85 ). Petrol ve Türkiye. *İ. Ü. İktisat Fakültesi Maliye Araştırma Merkezi Konferansları*, Seri: 30, s. 105- 120. .
- EPDK. (2022). *Doğalgaz Piyasası 2022 Yılı Sektör Raporu*. Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu.
- EPDK. (2022). *Elektrik Piyasası 2022 Yılı Piyasa Gelişim Raporu*. Enerji Piyasa Düzenleme Kurulu.
- Erdal, L., ve Karakaya, E. (2012). Enerji Arz Güvenliğini Etkileyen Ekonomik, Siyasi ve Coğrafi Faktörler. *Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Cilt:31, Sayı: 1, s. 107- 136.
- Erdener, H., Erkan , S., Eroğlu, E., Nadiye , G., Şengül, E., ve Baç, N. (2010). *Sürdürülebilir Enerji ve Hidrojen* . ANKARA: ODTÜ Yayıncılık.
- Erinç, S. (2015). *Jeomorfoloji I*. İstanbul: Der Yayınları.
- Emetadi, A., Emami, Y., Asefashar, O., ve Emdadi, A. (2011). Electricity Generation by the Tidal Barrages . *Energy Procedia, Vol. 12* , 928- 935.

- Falnes, J. (2007). A Review of Wave-Energy Extraction. *Marine Structures, Vol. 20 (4)*, 185- 201.
- Flint, C., ve Taylor, P. J. (2014). *Siyasi Coğrafya Dünya- Ekonomisi, Ulus- Devlet ve Yerellik*. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Folley, M. (2017). The Wave Energy Resource. A. Pecker, ve J. P. Kofoed içinde, *Handbook of Ocean Wave Energy*. Springer.
- GECF. (2022). *Global Gas Outlook 2050*. Gas Exporting Countries Forum.
- Ghaedi, A., ve Gorginpour, H. (2021). Generated Power Enhancement of the Barrage Type Tidal Power Plants . *Ocean Engineering, Vol. 226*, 1- 14.
- Gobato, R., Gobato, A., ve Fedrigo, D. F. (2015). Study Pelamis System to Capture Energy of Ocean Wave. *arXiv ön baskısı arXiv:1508.01106*, 1- 31.
- Göğsu, S., ve Hastaoğlu, K. Ö. (2019). Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Yönteminde Güç Fonksiyonu Etkisinin İncelenmesi, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 17. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 25-27 Nisan 2019. Ankara.
- Gülersoy, A. (2014). Unutulmuş Bir Coğrafya Ekolü: Belh Coğrafya Okulu. *International Periodical For The Languages, Literature and History of Turkish or Turkic*, s. Cilt: 9, Sayı: 11, s. 233- 242.
- Gülmez, S. B. (2009). Denizlerin Jeopolitiği: Alfred Thayer Mahan. M. S. Palabıyık içinde, *Batı'da Jeopolitik Düşünce* (s. 21-34). Ankara: Orion Kitabevi.
- Gülsaç, I. I. (2009). Okyanuslardan Gelen Enerji Dalga Enerjisi. *Bilim ve Teknik* , 58- 71.
- Gümüştü, O. (2015). *Coğrafya 'ya Davet*. İstanbul: Yeditepe .
- Gürdeniz , C. (2019). *Mavi Vatan Yazıları*. İstanbul: Kırmızı Kedi Yayınevi.
- GWEC. (2023). *Global Wind Report 2023*. Global Wind Energy Council.
- Haniççe, M. (2010). Coğrafi Keşiflerin Nedenlerine Yeniden Bakmak. *Tarih Okulu*, s. Cilt: 7, s. 47-70.
- Helfer, F., Lemkert, C., ve Annisimov, Y. G. (2014). Osmotic Power with Pressure Retarded Osmosis: Theory, Performance and Trends– A Review. *Journal of Membrane Science, Vol. 453*, 337- 358.
- Huggett, R. J. (2015). *Jeomorfolojinin Temelleri*. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- IEA. (2022). *Nuclear Power and Secure*. International Energy Agency .
- IEA. (2022). *SDG7: Data and Projections*. International Energy Agency.
- IEA. (2022). *World Energy Outlook*. International Energy Agency.
- İkiz, A. S. (2020). *Doğal Kaynaklar ve Enerji Ekonomisi*. Ankara: Astana Yayınları.
- İlhan, S. (2003). *Jeopolitik Duyarlılık*. İstanbul: Ötüken Neşriyat.
- İlhan, S. (2004). *Türkiye'nin Zorlaşan Konumu (Uygarlıklar Savaşı- Küreselleşme- Petrol)*. İstanbul: Ötüken Neşriyat.
- IRENA. (2020). *Green Hydrogen a Guide to Policy Making*. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency .
- IRENA. (2022). *Renewable Capacity Statistics*. International Renewable Energy Agency.
- IRENA. (2023). *Global Geothermal Market and Technology Assessment*. International Renewable Energy Agency.
- Jensen, A. H. (2019). *Coğrafya Tarihi, Felsefesi ve Temel Kavramları*. İstanbul: İdil Yayıncılık.
- Jia, Y., Alva, G., ve Fang, G. (2019). Development and applications of photovoltaic– thermal systems: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 249- 265, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.12.030>.
- Kademli, M. (2020). *Temel Enerji Kaynakları*. Ankara: Nobel Yayıncılık.
- Kara, H. (2018). Fiziki Coğrafya. H. Yazıcı, ve N. Koca içinde, *Genel Coğrafya* (s. 65-108). Ankara: Pegem Akademi.
- Karaaslan, A., ve Gezen , M. (2017). *Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Değerlendirilmesi Türkiye Örneği*. Bursa: Eken Yayınları.
- Karabulut, Y. (2003). *Türkiye Enerji Kaynakları*. Ankara: Hilmi Usta Matbaacılık.
- Karaca, U. (2009). Hitler'in Jeopolitiği: Karl Haushofer. M. S. Palabıyık içinde, *Batı'da Jeopolitik Düşünce* (s. 111-124). Ankara: Orion Kitabevi.
- Karagöl, E. T., ve Kavaz, İ. (2017). *Kaya Gazının Küresel Enerji Piyasalarındaki Yeri ve Türkiye'deki Geleceği*, Sayı: 222. İstanbul: SETA .



- Kempener, R., ve Neumann, F. (2014). *IRENA Ocean Energy Technology Brief- Tidal Energy*. IRENA . Khare, V., Nema , S., ve Baredar, P. (2020). *Ocean Energy Modeling and Simulation with Big Data*. Oxford, United Kingdom: Butterworth-Heinemann Publication.
- Kim, N. J., Ng, K. C., ve Chun, W. (2009). Using the Condenser Effluent From a Nuclear Power Plant for Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC). *International Communications in Heat and Mass Transfer, Vol. 36 (10)*, 1008- 1013.
- Kleipert, R. (2012). The feasibility of a commercial osmotic power plant, Delft University of Technology, Faculty of Civil Engineering and Geosciences, Department of Hydraulic Engineering (Master's Thesis).
- Kocadağlı, A. Y. (2011). Şehir Coğrafyası Açısından Bir İnceleme: Ayvalık. *Sosyoloji Dergisi, Dizi: 3, Sayı: 22*, 89- 131.
- Kofoed, J. P. (2017). The Wave Energy Sector. A. Pecher, ve J. P. Kofoed içinde, *Handbook of Ocean Wave Energy*. Springer.
- Kofoed, J. P., Frigaard, P., Friss- Madsen, E., ve Sorensen, H. C. (2006). Prototype Testing of the Wave Energy Converter Wave Dragon. *Renewable Energy Vol. 31(2)*, 181- 189.
- Kopar, İ. (2022). Türkiye'nin Jeomorfolojik Özellikleri. S. Doğanay, ve M. Alım içinde, *Türkiye'nin Fiziki Coğrafyası* (s. 67-101). Ankara: Pegem Akademi.
- Koral, H., ve Öncel, A. O. (1995). İzmit Körfezinin Yapısal ve Sismolojik Özellikleri. *Jeofizik Dergisi 9(10)*, 79- 82.
- Korkmaz, A. B. (2017). The Potential of Osmotic Power for Turkey, Master Thesis, The Graduate School of Natural And Applied Sciences of Middle East Technical University. Ankara, Türkiye.
- Lenee- Bluhm, P., Paasch, R., ve Özkan- Haller , H. T. (2011). Characterizing the Wave Energy Resource of the US Pacific Northwest. *Renewable Energy, Vol.36 (8)*, 2106- 2119.
- Li, W., Chau, K. T., Li, J., ve Zhang, X. (2009). Wave Power Generation and Its Feasibility in Hong Kong. *8th International Conference on Advances in Power System Control, Operation and Management*. Hong Kong: APSCOM.
- Limonis, G. (2004). Wave and Tidal Energy Conversion. *Encyclopedia of Energy*, 385- 396.
- Magesh, R. (2010). OTEC Technology- A World of Clean Energy and Water. *Proceedings of the World Congress on Engineering, Vol. 2*, 1- 6.
- Mehdiyoun, K. (2000). Ownership of Oil and Gas Resources in the Caspian Sea. *The American Journal of International Law, Cilt: 94, Sayı: 1*, s. 179-189.
- Mekhiche, M., ve Edwards, K. A. (2014). Ocean Power Technologies Powerbuoy: System- Level Desing, Development and Validation Methodology. *Proceedings of the 2nd Marine Energy Technology Symposium* , (s. 1- 9). Seattle.
- MTA. (2023). *TÜRKİYE JEOTERMAL ENERJİ POTANSİYELİ VE ARAMA ÇALIŞMALARI*. <https://www.mta.gov.tr/v3.0/aramalar/jeotermal-enerji-aramalari> adresinden alındı
- Muminjanov, H., ve Karagöz , A. (2019). *Türkiye'nin Biyoçeşitliliği: Genetik Kaynakların Sürdürülebilir Tarım ve Gıda Sistemlerine Katkısı*. Ankara: Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü .
- Neil, S. P., Angeloudis, A., Robins, P. E., Walkington, I., Ward, S. L., Masters, I., . . . Falconer, R. (2018). Tidal Range Energy Resource and Optimization– Past Perspectives and Future Challenges. *Renewable Energy, Vol. 127*, 763- 778.
- Neill, S. P., Hashemi, M. R., ve Lewis, M. J. (2016). Tidal Energy Leasing and Tidal Phasing. *Renewable Energy, Vol. 85*, 580- 587.
- Nicola , P., Giovanni, B., Biagio, P., Antonello, S. S., Giacomo, V., ve Giuliana, M. (2017). Wave Tank Testing of a Pendulum Wave Energy Converter 1:12 Scale Model. *International Journal of Applied Mechanics, Vol.9 (2)*, 1- 30.
- Oral, M. (2017). Enerji Coğrafyası Perspektifinde Türkiye'nin Enerji Politikaları, Doktora Tezi, Karabük Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü. Karabük.
- Oral, M. (2018). Küresel Gelişmişlik Farklılıkların Kökenleri. *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırma Dergisi*, s. Cilt:7, Sayı:3, 2000-2011.
- Oral, M. (2020). *Gücün Coğrafi Bağlamı*. Ankara: Pegem.

- Oral, M., ve Özdemir, Ü. (2017). Küresel Enerji Jeopolitiğinde Türkiye: Fırsatlar ve Riskler. *Tarih Kültür ve Sanat Araştırmaları Dergisi*, Cilt: 6, Sayı: 4, 948- 959, DOI: 10.7596/taksad.v6i4.1054.
- Özçağlar, A. (2006). *Coğrafya'ya Giriş*. Ankara: Hilmi Usta Matbaacılık.
- Özdamar, A. (2000). Dalga Enerjisinden Elektrik Enerjisi Eldesi Üzerine Bir Araştırma: Çeşme Örneği. *Su Ürünleri Dergisi*, Cilt: 17, Sayı: 1-2, 201- 213.
- Özdamar, İ. Ö. (2006). The Great Game Redux: Energy Security And The Emergence Of Tripolarity In Eurasia, Doctoral Thesis. *The Faculty of the Graduate School University of Missouri, Columbia, USA*.
- Özey, R. (2019). *Türkiye'nin Jeopolitiği Değişimler ve Öncelikler*. Ankara: Pegem Akademi.
- Özgüç, N., ve Tümertekin, E. (2014). *Coğrafya Geçmiş, Kavramlar, Coğrafyacılar*. İstanbul: Çantay.
- Özkan, A. (2009). Uluslararası Deniz Hukuku Açısından Ege Denizi Kıta Sahaneliği Uyuşmazlığı, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Uluslararası İlişkiler Anabilim Dalı, Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi.
- Özsavaş- Atay, S. (2016). Dış Politika Açısından Deniz Gücünün Jeopolitik Önemi. *Balkan Sosyal Bilimler Dergisi*, Cilt:5, Sayı:10, s. 98-105.
- Öztürk, İ. (2021). *Bilimsel Veriler Işığında Marmara Denizi ve Türk Boğazlar Sistemi*. Ankara: TDV Yayın.
- Öztürk, S., ve Saygın, S. (2017). 1973 Petrol Krizinin Ekonomiye Etkileri ve Stagflasyon Olgusu. *Balkan Sosyal Bilimler Dergisi*, Cilt: 6, Sayı: 12, s. 1- 12.
- Özyurt Tarakcıoğlu, G., Tiğrek, Ş., ve Korkmaz, A. B. (2018). Kıyılarda Yenilenebilir Enerji Kaynağı Olarak Osmotik Enerji: İklim ve İnsan Etkisinin Türkiye'nin Potansiyeline Etkisi. 9. *Kıyı Mühendisliği Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, (s. 562- 568). Adana .
- Pamir, N. (2012). Enerji Politikaları ve Küresel Gelişmeler . *Enerji Mühendisleri Odası* , 56-73.
- Pehlivanoglu , F., ve Narman, Z. (2022). *Enerji Ekonomisi ve Yenilenebilir Enerji'nin Rolü*. Ankara: Gazi Kitabevi.
- Ploetz, R., Rusdianasari, R., ve Eviliana, E. (2016). Renewable energy: Advantages and disadvantages. *Proceeding Forum in Research, Science, and Technology (FIRST), Politeknik Negeri Sriwijaya*.
- Polis, H. J., Dreyer, S. J., ve Jenkins, L. D. (2017). Public Willingness to Pay and Policy Preferences for Tidal Energy Research and Development: A Study of Households in Washington State, Vol.136 . *Ecological Economics*, 213- 225.
- Pontes, M. T. (2007). Implementing Agreement on Ocean Energy Systems. *Proceedings of the 26th International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering Vol. 42711, pp. 609- 613*. , (s. 1- 5).
- Pudasainee, D., Kurian, V., ve Gupta, R. (2020). Coal: Past, Present, and Future Sustainable Use. *Elsevier* , 21- 48, doi:10.1016/b978-0-08-102886-5.00002-5.
- PWC. (2021). *Türkiye ve Dünyada Güneş Enerjisi Sektörü*. PWC.
- Resmi Gazete. (1990). *Datça-Bozburun Özel Çevre Koruma Bölgesi*. Ankara: Türkiye Cumhuriyeti Resmi Gazete Tarihi: 21 Kasım 1990, Sayı: 20702.
- Resmi Gazete. (2005). *Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun* . <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2005/05/20050518-1.htm> adresinden alındı
- Resmi Gazete. (2018). *Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Strateji Geliştirme Başkanlığından*. Ankara: Türkiye Cumhuriyeti Resmi Gazete Tarihi: 5 Ocak 2018, Sayısı: 30292.
- Resmi Gazete. (2020). *Cumhurbaşkanı Kararı*. Ankara: Türkiye Cumhuriyeti Resmi Gazete Tarihi: 26 Eylül 2020, Sayı: 31256, Karar Sayısı: 3025; Karar Sayısı: 3026.
- Resmi Gazete. (2020). *Cumhurbaşkanı Kararı*. Ankara: Türkiye Cumhuriyeti Resmi Gazete Yayın Tarihi: 20 Nisan 2020, Sayı 31106, Karar Sayısı: 2461.
- Resmi Gazete. (2020). *Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Tabiat Varlıklarını Koruma Genel Müdürlüğünden*. Ankara: Türkiye Cumhuriyeti Resmi Gazete Tarihi: 19 Şubat 2020, Sayısı: 31044.
- Resmi Gazete. (2020). *Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Tabiat Varlıklarını Koruma Genel Müdürlüğünden*. Ankara: Türkiye Cumhuriyeti Resmi Gazete Tarihi: 17 Mart 2020, Sayısı: 31071.
- Resmi Gazete. (2020). *Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Tabiat Varlıklarını Koruma Genel Müdürlüğünden*. Ankara: Türkiye Cumhuriyeti Resmi Gazete Tarihi: 28 Kasım 2020, Sayı: 31318.
- Resmi Gazete. (2021). *Cumhurbaşkanı Kararı*. Ankara: Türkiye Cumhuriyeti Resmi Gazete Tarihi: 22 Nisan 2021, Sayı: 31462, Karar Sayısı: 3881.

- Resmi Gazete. (2021). *Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Tabiat Varlıklarını Koruma Genel Müdürlüğünden*. Ankara: Türkiye Cumhuriyeti Resmi Gazete Yayın Tarihi: 6 Mayıs 2021, Sayı: 31476.
- Resmi Gazete. (2022). *Cumhurbaşkanı Kararı*. Ankara: Türkiye Cumhuriyeti Resmi Gazete Tarihi: 2 Şubat 2022, Sayı: 31738, Karar Sayısı: 5145.
- Resmi Gazete. (2023). *Cumhurbaşkanı Kararları*. Ankara: Türkiye Cumhuriyeti Resmi Gazete Yayın Tarihi: 13 Nisan 2023, Sayı: 32162.
- Resmi Gazete. (2023). *Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Tabiat Varlıklarını Koruma Genel Müdürlüğünden*. Ankara: Türkiye Cumhuriyeti Resmi Gazete Tarihi: 6 Nisan 2023, Sayısı: 32155.
- Riffenburgh, B. (2012). *Antik Dönemden Günümüze Haritacılar*. İstanbul: Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları.
- Rourke, F. O., Boyle, F., ve Reynolds, A. (2010). Tidal energy update 2009. *Applied Energy, Vol. 87 (2)*, 398- 409.
- Sağlam, M., ve Uyar, T. S. (2005). Dalgı Enerjisi ve Türkiye'nin Dalgı Enerjisi Teknik Potansiyeli. *III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumunu, 19- 21 Ekim*. Ankara: TMOMB Elektrik Mühendisleri Odası.
- Saraçoğlu, N. (2018). *Küresel İklim Değişimi Biyoenerji Enerj Ormancılığı ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları*. Bartın: Efil Yayınevi.
- Sevim, C. (2012). Küresel Enerji Jeopolitiği ve Enerji Güvenliği. *Journal of Yaşar University, Cilt: 7, Sayı: 26, s. 4378- 4391*.
- Sevim, C. (2019). *Küresel Enerji Stratejileri ve Jeopolitik*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Sevim, C. (2020). Yeni Enerji Jeopolitiğine Genel Bakış . *İzmir Sosyal Bilimler Dergisi* , Cilt: 2, Sayı: 2, s. 57- 63.
- Seyir, Hidrografi ve Oşinografi Dairesi Başkanlığı. (2022). *Denizcilere İlanlar Yıllığı* .
- Smil, V. (2017). *Eneğy Transitions: Global and National Perspective, 2nd Edition*. Santa Barbara: Praeger .
- Sönmez, M. E., ve Dölek, İ. (2020). Türkiye'nin Jeolojik ve Jeomorfolojik Özellikleri . H. Akengin, ve İ. Dölek içinde, *Türkiye'nin Fiziki Coğrafiyası* (s. 9- 29). Ankara: Pegem Akademi.
- Stenzel, P., ve Wagner, H. J. (2010). Osmotic Power Plants: Potential Analysis and Site Criteria. *3rd International Conference on Ocean Energy, Vol. 6, (s. 1- 5)*.
- Sundar, V., ve Sannasiraj, S. A. (2022). Wave Energy Potential . A. Samad, S. A. Sannasiraj, V. Sundar, ve P. Halder içinde, *Ocean Wave Energy Systems Hydrodynamics, Power Takeoff and Control Systems*. Springer.
- Süar, F. (2011). Soğuk Savaş Sonrası Dönemde Avrupa Birliği- Orta Asya İlişkileri; Enerji Sektörü Bağlamında Bir Değerlendirme, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü. Ankara.
- Şen, Z. (2012). Energy Generation Possibility from Ocean Currents: Bosphorus, İstanbul. *Ocean Engineering, Vol. 50, 31- 37*.
- Takahashi, P. K., ve Trenka, A. (1992). Ocean Thermal Energy Conversion: Its Promise as a Total Resource System. *Energy, Vol. 17 (7)*, 657- 668.
- TEİAŞ. (2022). *Aylık Elektrik Üretim-Tüketim Raporları*. <https://www.teias.gov.tr/aylik-elektrik-uretim-tuketim-raporlari> adresinden alındı
- TEİAŞ. (2022). *Yük Tevzi Dairesi Başkanlığı Kurulu Güç Raporu* . Türkiye Elektrik İletim A.Ş.
- TEİAŞ. (2022). *Yük Tevzi Dairesi Başkanlığı Kurulu Güç Raporu Aralık 2022*. TEİAŞ.
- Tekeli, S., Kahya, E., Dosay, M., Demir, R., Topdemir, H. G., Unat, Y., ve Koç Aydın, A. (2015). *Bilim Tarihine Giriş*. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık .
- Temurçin, K., ve Aliğaoğlu, A. (2003). Nükleer Enerji ve Tartışmalar Işığında Türkiye'de Nükleer Enerji Gerçeği. *Coğrafi Bilimler Dergisi, Cilt: 1, Sayı: 2, s. 25- 39*.
- Tezkan, Y., ve Taşar, M. M. (2013). *Dünden Bugüne Jeopolitik Dünya ve Türkiye*. İstanbul: Ülke Yayın.
- Thalassinos, E., Kadlıbek, M., Thong, L. M., Hiep, T. V., ve Ugurlu, E. (2022). Managerial Issues Regarding the Role of Natural Gas in the Transition of Energy and the Impact of Natural Gas Consumption on the GDP of Selected Countries. *Resources, Cilt: 11, Sayı: 5, https://doi.org/10.3390/resources11050042, 1- 22*.
- Thorpe, T. W. (1999). *A Brief Review of Wave Energy*. ETSU- R120.

- Thorsen, T., ve Holt, T. (2009). The Potential for Power Production from Salinity Gradients by Pressure Retarded Osmosis. *Journal of Membrane Science*, Vol: 335 (1- 2) , 103- 110.
- Tortumluoğlu, M. İ., ve Doğan , M. (2021). Açık Deniz Rüzgar Türbinleri İçin Uygun Yer Seçimi Kriterlerinin İrdelenmesi ve Kuzey Ege Kıyılarına Uygulanması. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 23 (67), 25-42.
- Tuna, M., Türker, N., Demiral, N. Ö., ve Ağaoğlu, D. (2022). *Turizm Ana Planı*. Bozcaada Belediyesi.
- Tümertekin, E., ve Özgüç, N. (2016). *Ekonomik Coğrafya Küreselleşme ve Kalkınma* . İstanbul: Çantay Kitabevi .
- Uihlein, A., ve Magagna, D. (2016). Wave and Tidal Current Energy – A Review of the Current State of Research Beyond Technology. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 58, 1070- 1081.
- Ural, A. (2009). ABD'nin Enerji Hakimiyeti Teorisi ve Büyük Ortadoğu Projesi. *Akademik Ortadoğu*, Cilt:3, Sayı:2, s.131- 147.
- Üçışık, S., ve Demirci, A. (2002). 21. Yüzyılda Çağdaş Coğrafya Bilimi ve Temel Unsurları. *Marmara Coğrafya Dergisi*, s. Sayı:5, 117-133.
- Ültanır, M. Ö. (1998). *21.Yüzyıla Girerken Türkiye'nin Enerji* . İstanbul: Lebib Yalkın Yayınları.
- Ün, Ü. T. (2003). *Dalga Enerjisi: Teknolojisi, Ekonomisi, Çevresel Etkisi ve Dünyadaki Durumu. II. Yenilenebilir Enerji Sempozyumu*.
- Ünlüata, Ü., Oğuz, T., Latif, M. A., ve Özsoy, E. (1990). On the Physical Oceanography of the Turkish Straits. L. J. Pratt içinde, *The Physical Oceanography of Sea Straits, NATO ASI Series, Vol. 318* (s. 25- 60). Springer.
- Varınca, K. B., ve Gönüllü, M. T. (2006). Türkiye'de Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Bu Potansiyelin Kullanım Derecesi, Yöntemi ve Yaygınlığı Üzerine Bir Araştırma. *I. Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi* (s. 270-275). Eskişehir: UGHEK.
- WEF. (2022). *Fostering Effective Energy Transition 2022*. World Economic Forum .
- Westwood, A. (2004). Ocean Power: Wave and Tidal Energy Review. *Refocus*, Vol.5 (5) , 50- 55.
- Widen, J., Carpman, N., Castellucci, V., Lingfor, D., Olauson, J., Remouit, F., . . . Waters, R. (2015). Variability assessment and forecasting of renewables: A review for solar, wind, wave and tidal resources, Vol. 44. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 356- 375.
- Xu, T., Hass, K. A., ve Gunawan, B. (2023). Estimating Annual Energy Production from Short Tidal Current Records. *Renewable Energy*, Vol. 207, 105- 115.
- Yalçın Erik, N. (2016). Şeyl Gazı; Jeolojik Özellikleri, Çevresel Etkileri ve Küresel Ekonomik Anlamı. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, Cilt: 59, Sayı: 2, 211- 237.
- Yardımcı, O., ve Tuğan, M. F. (2021). Petrol ve Doğal Gaz Endüstrisi, Mühendislik Eğitimi, Çalışma Alanları ve Koşulları. M. F. Tuğan, ve O. Yardımcı içinde, *21. Yüzyılda Petrol ve Doğalgaz Mühendisliği* (s. 1- 17) . Ankara: Gazi Kitabevi.
- Yavan, N. (2014). Batı Coğrafyası Geleneği Üzerine. E. Bekaroğlu , ve A. Özdemir içinde, *Bir Disiplinin İç Dünyası Modern Türk Coğrafyası Üzerine Söyleyişler* (s. 17-51). İstanbul: İdil Yayıncılık.
- Yazıcı, Ö. (2022). Türkiye'nin Hayvan Coğrafyası Özellikleri. S. Doğanay , ve M. Alım içinde, *Türkiye'nin Fiziki Coğrafyası* (s. 229-255). Ankar: Pegem Akademi.
- Yener, A. B. (2022). Türkiye'de Jeotermal Kaynakların Kullanımı ve Jeotermal Enerji. *Türkiye'nin Enerji Görünümü 2022*, Yayın No: MMO/731. TMMOB Makina Mühendisleri Odası.
- Yergin , D. (2006). Ensuring Energy Security. *Foreign Affairs*, Vol. 85, No. 2 , 69- 82, doi:10.2307/20031912.
- Yergin, D. (2014). *Enerjinin Geleceği (Petrol, Doğalgaz, Elektrik)*. İstanbul: Optimist Yayınları .
- Yergin, D. (2016). *Petrol Para ve Güç Çatışmasının Epik Öyküsü*. İstanbul: Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları.
- Yücel, M., ve Tarhan, İ. (2019). Çanakkale Boğazı Akıntı Türbin Modellemesi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, Cilt. 24, Sayı. 3, 59- 74.

**İnternet Kaynakları**

- URL 1: <https://124.im/LbCA>, Erişim Tarihi: 15.04.2022
- URL 2: <https://www.britannica.com/technology/coal-mining>, 22.04.2022
- URL 3: <https://www.iea.org/reports/phasing-out-unabated-coal-current-status-and-three-case-studies>, Erişim Tarihi: 29.09.2022
- URL 4: <https://www.iea.org/reports/coal-market-update-july-2022>, Erişim Tarihi: 29.09.2022
- URL 5: <https://www.aa.com.tr/tr/ekonomi/avrupa-enerji-krizinde-kaya-gazina-yonelebilir/2670493>, Erişim Tarihi: 12.01.2023
- URL 6: <https://www.eia.gov/analysis/studies/worldshalegas/>, Erişim Tarihi: 20.02.2023
- URL 7: <https://www.enerjiportali.com/gunes-enerjisi-nedir-4/>, Erişim Tarihi: 25.01.2023
- URL 8: <https://world-nuclear.org/information-library/facts-and-figures/nuclear-generation-by-country.aspx>, Erişim Tarihi: 20.12.2022.
- URL 9: <https://globalsolaratlas.info/map?c=11.523088,8.261719,3>, Erişim Tarihi: 18.04.2023
- URL 10: <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-ruzgar>, Erişim Tarihi: 19.04.2023
- URL 11: <https://globalwindatlas.info/en/area/Turkey>, Erişim Tarihi: 19.04.2023
- URL 12: <https://www.mta.gov.tr/v3.0/hizmetler/jeotermal-harita>, Erişim Tarihi: 22.04.2023
- URL 13: <https://www.bluespring.blue/post/worldwide-potential-energy-from-water>, Erişim Tarihi: 19.06.2023
- URL 14: <https://www.eia.gov/energyexplained/hydropower/tidal-power.php>, 20.06.2023
- URL 15: <https://www.baretdergisi.com/yazarlar/semih-calapkulu/gelgit-enerjisi/96/#:~:text=Gelgit%20Enerjisi%3A%20G%C3%BCne%5F'in%20ve,ve%20iki%20defa%20da%20al%C3%A7a%20B1r>, Erişim Tarihi: 23.05.2023
- URL 16: <https://bigthink.com/the-present/membrane-osmotic-energy/>, Erişim Tarihi: 23.06.2023
- URL 17: <https://www.bbc.com/future/article/20150610-blue-energy-how-mixing-water-can-create-electricity>, Erişim Tarihi: 06.05.2023
- URL 18: <https://bilimenc.tubitak.gov.tr/makale/okyanus-derinliklerindeki-guclu-akintilar-nasil-olur>, Erişim Tarihi: 03.03.2023
- URL 19: <https://www.maritimejournal.com/denmarks-wave-dragon-delivers-power-to-the-grid/485454.article>, Erişim Tarihi: 13.07.2023
- URL 20: <https://politikam.com/gundem/turkiyenin-ilk-dalga-enerjisi-santrali-icin-calismalar-basladi.html>, Erişim Tarihi: 13.07.2023
- URL 21: <https://www.processindustryforum.com/energy/pros-cons-wave-power>, Erişim Tarihi: 12.06.2023.
- URL 22: <https://denizcilikistatistikleri.uab.gov.tr/turk-bogazlari-gemi-gecis-istatistikleri>, Erişim Tarihi: 28.05.2023
- URL 23: <https://ockb.csb.gov.tr/dataca-bozburun-ozel-cevre-koruma-bolgesi-i-2747>, Erişim Tarihi: 07.07.2023
- URL 24: <https://tvk.csb.gov.tr/fethiye-gocek-i-391>, Erişim Tarihi: 15.09.2023
- URL 25: <https://ockb.csb.gov.tr/marmara-denizi-ve-adalar-ozel-cevre-koruma-bolgesi-i-106827>, Erişim Tarihi: 15.09.2023
- URL 26: <https://istanbul.csb.gov.tr/istanbul-ili-sariyer-ilcesi-sinirlari-icerisinde-yer-alan-yavuz-sultan-selim-koprusu-ve-cevresi-etabi-dogal-sit-alani-nin-nitelikli-dogal-koruma-alani-ve-surdurulebilir-koruma-ve-kontrollu-kullanim-alani-olarak-tescil-edilmesine-dair-ilan-duyuru-439410>, Erişim Tarihi: 12.07.2023
- URL 27: <https://duzce.csb.gov.tr/ilimiz-akcakoca-ilcesi-akcakoca-batisi-dogal-sit-alani-tescili-hakkinda-duyuru-415421>, Erişim Tarihi: 13.07.2023
- URL 28: <https://samsun.csb.gov.tr/nitelikli-dogal-koruma-alani-dogal-sit-surdurulebilir-koruma-ve-kontrollu-kullanim-alani-tescili-duyuru-406602>, Erişim Tarihi: 24.06.2023
- URL 29: <https://unesco.goturkiye.com/tr/karadeniz-turkiye>, Erişim Tarihi: 24.06.2023
- URL 30: [https://webdosya.csb.gov.tr/db/giresun/menu/giresun-ili-dogal-sit-alanlari\\_20221101093907.pdf](https://webdosya.csb.gov.tr/db/giresun/menu/giresun-ili-dogal-sit-alanlari_20221101093907.pdf), Erişim Tarihi: 25.06.2023

- URL 31: <https://rize.csb.gov.tr/rize-ili-findikli-ilcesi-findikli-sahil-ve-aksu-mahallesi-dogal-sit-alaninin-koruma-statusunun-dogal-sit-surdurulebilir-koruma-ve-kontrollu-kullanim-alani-olarak-tescil-edilmesi-duyuru-411506>, Erişim Tarihi: 25.06.2023
- URL 32: <https://tvk.csb.gov.tr/trabzon-ili-vakfikebir-ilcesi-merkez-camlık-mahallesi-dogal-sit-alani-bakanlik-makaminin-22.08.2017-tarihli-ve-9910-sayili-olur-u-ile-dogal-sit-nitelikli-dogal-koruma-alani-olarak-tescil-edilmistir.-duyuru-343133>, Erişim Tarihi: 26.06.2023
- URL 33: <https://www.aa.com.tr/tr/ekonomi/orduda-dunyanin-en-buyuk-dalga-enerjisi-santrali-icin-baharda-ilk-kazma-vurulacak/2768016>, Erişim Tarihi: 22.06.2023
- URL 34: <https://tvk.csb.gov.tr/antalya-demre-ve-finike-beymelek-kiyi-bandi-tescil-ilani-duyuru-415449>, Erişim Tarihi: 23.06.2023
- URL 35: <https://webdosya.csb.gov.tr/db/antalya/duyurular/kahyalars-ttesc-l-20220221124418.pdf>, Erişim Tarihi: 29.06.2023
- URL 36: <https://www.cumhuriyet.com.tr/haber/anamurun-turizm-kozu-caretta-carettalar-295704>, Erişim Tarihi: 01.07.2023
- URL 37: <https://www.marinetraffic.com/en/ais/home/centerx:28.8/centery:41.1/zoom:9>, Erişim Tarihi: 03.07.2023

## ÖZGEÇMİŞLER

### **Kübra METİN**

İlk ve orta öğrenimini Ankara'da tamamladı. 2019 yılında Karabük Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümünden mezun oldu. 2019 yılında Karabük Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı. 2023 yılında ise Karabük Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalında “Türkiye'nin Dalga Enerjisi Potansiyeline Coğrafi Bir Bakış: Muhtemel Sahaların Değerlendirilmesi” başlıklı teziyle Yüksek Lisans derecesini aldı.

### **Muhammed ORAL**

2010 yılında Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih Coğrafya Fakültesi Coğrafya Bölümünden mezun oldu. 2014 yılında Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalında “Kümelenme Yaklaşımının Firma Performansına Etkisi: Ankara Ostim Örneği” başlıklı teziyle Yüksek Lisans derecesini aldı. 2017'de ise Karabük Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Ana Bilim Dalında “Enerji Coğrafyası Perspektifinde Türkiye'nin Enerji Politikaları” adlı teziyle doktora öğrenimini tamamladı. 2018 yılında, araştırma görevlisi olarak görev yaptığı bölüme Dr. Öğr. Üyesi olarak atandı. 2021 itibariyle doçent unvanını alan Muhammed Oral, enerji coğrafyası, siyasi coğrafya, maden coğrafyası dallarında çalışmalarını sürdürmektedir.