



T. C.

ORDU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORDU VE GİRESUN İLLERİNDE DALGA ENERJİSİ
POTANSİYELİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

MUHAMMET FATİH KIRCA

YÜKSEK LİSANS TEZİ
YENİLENEBİLİR ENERJİ ANABİLİM DALI

ORDU 2024

TEZ BİLDİRİMİ

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan ve kullanılan intihal tespit programının sonuçlarına göre; bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

MUHAMMET FATİH KIRCA

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

ORDU VE GİRESUN İLLERİNDE DALGA ENERJİSİ POTANSİYELİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

MUHAMMET FATİH KIRCA

ORDU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YENİLENEBİLİR ENERJİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ, 57 SAYFA

(TEZ DANIŞMANI: DOÇ. DR. MEHMET SAMİ GÜLER)

İnsan var oldukça enerji ihtiyacı da var olmaya devam edecektir. Toplumlar en temel aydınlanma, ısınma, yemek pişirme vb. gibi ihtiyaçlarını karşılayabilmek için enerjiye ihtiyaç duymaktadırlar. Her geçen gün artan enerji ihtiyacı ve maliyetleri, üretici ve tüketicileri yenilenebilir enerji kaynaklarına yönlendirmektedir. Ülkelerin enerjide dışa bağımlılığını azaltmak, enerji güvenliğini sağlamak, yerli yenilenebilir enerji ile mümkündür. Üç tarafı denizlerle çevrili, kıyı uzunluğu 8.210 km olan ülkemizde potansiyeli yüksek yenilenebilir enerji kaynaklarından biri de dalga enerjisidir.

Dalga enerjisinin önemi, sürdürülebilir ve çevre dostu bir enerji kaynağı olmasından kaynaklanmaktadır. Deniz dalgalarının kinetik enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren bu teknoloji, fosil yakıtların neden olduğu karbon emisyonlarını azaltmaya yardımcı olur ve iklim değişikliğiyle mücadelede önemli bir rol oynar. Ayrıca, dalga enerjisi kesintisiz ve öngörülebilir bir enerji kaynağıdır, bu da enerji arz güvenliğini artırır. Deniz kıyısı uzun ve dalga potansiyeli yüksek olan ülkeler için dalga enerjisi, enerji çeşitliliğini artırarak ekonomik ve stratejik avantajlar sağlar.

Bu tez çalışmasında, dalga enerjisi üretiminde kullanılan sistemler ve dönüşüm sistemlerinin sınıflandırılmasından bahsedilmiş, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün 2021 yılında Ordu ilinde bulunan istasyon verileri incelenerek, Orta ve Doğu Karadeniz'in birleştiği şehrimiz Ordu'nun dalga enerjisi potansiyeli değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir Enerji, Dalga Enerjisi, Karadeniz Bölgesi

ABSTRACT

TITLE OF THE THESIS

NAME AND SURNAME OF THE AUTHOR

**ORDU UNIVERSITY INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED
SCIENCES**

RENEWABLE ENERGY

MASTER THESIS, 57 PAGES

(SUPERVISOR: ASSOC. PROF. DR. MEHMET SAMİ GÜLER)

As long as humans exist, the need for energy will continue to exist as well. Societies require energy to meet their basic needs such as lighting, heating, cooking, and more. The ever-increasing demand and costs for energy are directing producers and consumers towards renewable energy sources. Reducing countries' dependence on foreign energy and ensuring energy security is possible with domestic renewable energy. One of the high-potential renewable energy sources in our country, which is surrounded by seas on three sides and has a coastline of 8,210 km, is wave energy.

The importance of wave energy stems from it being a sustainable and environmentally friendly energy source. This technology, which converts the kinetic energy of ocean waves into electrical energy, helps reduce carbon emissions caused by fossil fuels and plays a significant role in combating climate change. Additionally, wave energy is a continuous and predictable energy source, which enhances energy supply security. For countries with long coastlines and high wave potential, wave energy provides economic and strategic advantages by increasing energy diversity.

In this thesis, systems used in wave energy production and the classification of conversion systems are discussed. The wave energy potential of Ordu, a city where the Central and Eastern Black Sea regions meet, is evaluated by examining the station data from 2021 provided by the Ministry of Environment, Urbanization and Climate Change, General Directorate of Meteorology.

Keywords: Renewable Energy, Wave Energy, Black Sea Region.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın belirlenmesi, hazırlık ve sonuçlandırılması süreçlerinde, her türlü bilgisini ve tecrübesini benimle paylaşarak katkı sağlayan çok kıymetli danışman hocam Sayın Doç. Dr. Mehmet Sami GÜLER'e, sayısal verilere erişim aşamasında desteğini esirgemeyen Ordu Büyükşehir Belediyesi Başkanı Sayın Dr. Mehmet Hilmi GÜLER'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Aynı zamanda, her zaman bana cesaret veren, anlayış ve sevgisini esirgemeyen, manevi desteğiyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan sevgili eşim Tuba KIRCA'ya, bugünlere gelmemde büyük emekleri olan ve desteklerini her an üzerimde hissettiğim annem ve babama teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
TEZ BİLDİRİMİ	I
ÖZET	II
ABSTRACT	III
TEŞEKKÜR	IV
İÇİNDEKİLER	V
ŞEKİL LİSTESİ	VI
ÇİZELGE LİSTESİ	VII
SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ	VIII
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	6
2.1 Enerjinin Tanımı ve Önemi.....	6
2.2 Yenilenebilir Enerji.....	6
2.3 Yenilenebilir Enerji Kaynakları.....	10
2.3.1 Güneş Enerjisi.....	10
2.3.2 Biyokütle Enerjisi: Biyoenerji ve Atık.....	12
2.3.3 Biyo-dizel.....	14
2.3.4 Hidroelektrik.....	14
2.3.5 Rüzgâr Enerjisi.....	17
2.3.6 Hidrojen Enerjisi.....	20
2.3.7 Okyanus Enerjisi.....	21
2.3.8 Jeotermal Enerji.....	22
2.3.9 Dalga Enerjisi.....	23
3. DALGA ENERJİSİ	24
3.1 Dalga Enerjisinin Önemi Ve Gerekliliği.....	24
3.2 Dalga Enerjisinin Özellikleri.....	27
3.3 Dalga Enerjisi Üretiminde Kullanılan Sistemler.....	29
3.4 Dönüşüm Sistemlerinin Sınıflandırılması.....	30
3.4.1 Daralan Kanal (Tapchan) Sistemi.....	31
3.4.2 Salınlımlı Su Kolonu.....	32
3.4.3 Şamandıralı Dalga Aktif Katı Cisimler.....	33
3.4.3.1 Yatay Şamandıralar.....	33
3.4.3.2 Dikey Şamandıra Sistemi.....	37
4. MATERYAL VE YÖNTEM	41
5. BULGULAR VE TARTIŞMA	44
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	50
7. KAYNAKLAR	52
ÖZGEÇMİŞ	57

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1 Dalga Enerjisi Mekanizmalarının Sınıflandırılması [A) Dalga İle Aktive Olan Cisimler, B) Taşma Cihazları, C) Salımlı Su Sütunları] (Lindroth, 2011).....	31
Şekil 3.2 Overtopping (Daralan Kanal) Dalga Enerjisi Dönüşüm Sistemi.....	32
Şekil 3.3 (A) Salımlı Su Sistemi Prensibi, (B) Salımlı Kolon Sistemi Şeması, (C) İki Yönlü Türbin Fonksiyonu İçin Sistem Şeması.....	33
Şekil 3.4 Altan Menteşeli Kapak Modeli.....	34
Şekil 3.5 Flap Tahrikli Hidrolik Pompa Sistemi (Hydro International, 2009.)	34
Şekil 3.6 Sarkaç Tipi Dalga Enerjisi Dönüştürücü Basınçlı Hava Üretim Sistemi	35
Şekil 3.7 Volan Sistemi Dalga Enerjisi Dönüştürücü.....	35
Şekil 3.8 Sarkaç Kanat Sistemi (Rodrigues, 2008.).....	36
Şekil 3.9 Sarkaç Dalga Tokmağı Sistemi (Eco Wave Power, 2023.).....	36
Şekil 3.10 Pelamis Dalga Enerjisi Dönüştürücü (ÇŞB, 2023).....	37
Şekil 3.11 Dikey Şamandıralar ve Doğrudan Mıknatıs Sistemi	38
Şekil 3.12 Powerbuoy Şeması (OPT 2023)	39
Şekil 5.1 Türkiye Dalga Enerjisi Potansiyeli Haritası (ÇŞB, 2023).....	45
Şekil 5.2 Karadeniz Askeri Eğitim ve Atış Sahaları (Seyir, Hidrografi ve Oşinografi Dairesi Başkanlığı, 2022).....	47
Şekil 5.3 Eynesil Kıyı Kesimler Doğal Sit Alanı (ÇSB, 2024)	48
Şekil 5.4 Görele Karaburun Sit Alanları (ÇSB, 2024).....	48
Şekil 5.5 Tirebolu Kilise Burnu Sit Alanları (ÇSB, 2024)	48
Şekil 5.6 Giresun (Aretias) Adası Doğal Sit Alanı (ÇSB, 2024).....	49

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1 Güneş Enerjisi Rezervleri: İlk 5 Ülke.....	12
Çizelge 2.2 Hidroelektrik Enerji: İlk Beş Ülke.....	16
Çizelge 2.3 Rüzgâr Enerjisi: İlk 5 Ülke	18
Çizelge 5.1 Dalga Enerjisi Bakımından Zengin Olan Kimi Bölgelerin Net Dalga Gücü (Altaş Ve Şahin, 2019.).....	44
Çizelge 6.1 Ordu İlinin Dalga Ortalaması Ve Ortalama Gücü	50
Çizelge 6.2 Ordu İlinin Ortalama Akıntı Yönü Ve Hızı	50

SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ

AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
ETKB	: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
IEA	: Uluslararası Enerji Ajansı (International Energy Agency)
KW	: Kilovat (Kilowatt)
KWh	: Kilovat saat (Kilowatt Hour)
MW	: Megavat (Megawatt)
OECD	: Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (Organisation for Economic Co-Operation and Development)
OPEC	: Petrol İhraç Eden Ülkeler Örgütü (Organization of the Petroleum Exporting Countries)
OWC	: Oscillating Water Column
PTO	: Power Take Off

1. GİRİŞ

Enerji, hem üretim hem de tüketim alanlarında kullanılan en temel başlıklardan biridir. Üretim ve tüketim kalemlerinin çeşitliliğinin artması nedeniyle enerjiye olan talep, her geçen gün artmaktadır. Dünyada birçok ülke enerjide dışa bağımlı olduğundan dolayı, enerji kaynaklarına talepte ortaya çıkan artışlar fiyat artışlarını da beraberinde getirmektedir. Bundan dolayı üretim sürecinin en önemli girdilerinden biri olarak kullanılan enerji kaynaklarının ucuz bir maliyetle elde edilmesi çok önemlidir. Çünkü enerji maliyetlerinin düşük olması, işletmenin kârlılığını artıracak, tersi bir durumda ise işletme kârlılığının azalmasına neden olacaktır. Kârlılık oranlarını yükseltmek isteyen birimler, ilk olarak ucuz enerji temin etmek için büyük bir çaba harcamaktadırlar. Dünya genelinde yaşanan enerji krizlerine bağlı olarak enerji kaynakları daha da önemli hale gelmiştir.

Enerji fiyatlarının artması, işletmelerin üretim girdi maliyetlerinin ve ürün fiyatlarının artmasına neden olmaktadır. Enerji fiyatlarındaki artış, toplam talep ve enflasyon üzerinde etkili olarak ekonomik durgunluğa neden olabilmektedir. Enerji fiyatlarının yükselmesi, özellikle nakliye, havayolları ve kimyasal ürün imalatı yapan işletmelerin maliyetlerinin artmasına neden olmakta ve bu durum enflasyonun yükselmesine neden olabilmektedir. Bundan dolayı enerji kaynaklarının fiyat değişimleri genel ekonomik yapı içinde yakından izlenmektedir (Bennett, 2003, s. 1).

Enerji sektörü içindeki tesisler, enerji talebi daha ortaya çıkmadan yıllar önce değerlendirilerek planlanmalıdır. Bunun yapılmaması halinde planlamada ve yatırımda ortaya çıkacak gecikmeler enerji maliyetlerinin artmasına neden olmakta, ekonomi ve toplumsal refah üzerinde olumsuz etkileri görülmektedir. Enerji sektöründe minimum on yıl içinde oluşabilecek ihtiyaçları ve artan talebe cevap verebilecek projelerin tespit edilerek gerekli kararların alınması zorunludur (Gerek, 1998, s. 370-371).

Özellikle gelişmekte olan ülkelerde, ekonominin diğer sektörlerinin enerji üreten sektörlerle önemli yapısal bağları vardır. Örneğin diğer sektörlerin önemli girdisi olan elektrik enerjisi, ekonomik gelişmeyi olumlu etkilemektedir. Modern çağın toplumlarında, günden güne yoğunlaşarak kullanılan elektrik enerjisi, önemli miktarda girdi sağlamak suretiyle ekonominin diğer birçok sektörünün de gelişmesini

sağlamaktadır. Ekonomik büyümeyle eşzamanlı olarak artmak zorunda olan elektrik enerjisi arzının taleplere cevap veremez hale gelmesi, ekonomik büyümeyi olumsuz etkilemekle birlikte enerji arzının ekonomiyi uyarıcı etkisine engel olmaktadır (Terzi, 1998, s. 63).

İnsanlar enerji ihtiyaçlarını gidermek için tarih boyunca çeşitli kaynaklardan yararlanmışlardır. Enerji kaynaklarına ulaşma konusunda zorluklarla karşılaşan bazı toplumlar, enerji kaynaklarına yakın bölgelere göç etmişlerdir. Çevrelerinde yeteri kadar enerji kaynağı olan bazı topluluklar ise yeni bazı enerji kaynaklarını da kullanmaya başlamışlardır. Bunun yanında zamanla enerji kaynağı çeşitlerinin artması ve sözü edilen kaynakların bilimsel teknikler kullanmak suretiyle enerji politikalarını oluşturmuşlardır. Geleneksel enerji üretim ve tüketiminin doğal varlıklar ve çevre üzerinde olumsuz etkilerinin olmasından dolayı enerji kaynağı tercihinde, kaynağın erişilebilir ve temiz olması da önemli olmaya başlamıştır (Altın, 2013, s. 7).

Enerji kaynaklarına olan ihtiyaç, insanın var olmasından itibaren ortaya çıkmıştır. İnsanlar hayatının en temel ihtiyaçlarını karşılayabilmek için enerjiye ihtiyaç duymaktadır. Enerji, aydınlanma, ısınma ve ulaşım gibi ihtiyaçların temel kaynağını oluşturmaktadır. 2000'li yıllarla birlikte insan hayatının vazgeçilemez bir ürünü haline gelen enerji kaynakları, insan hayatının bütün alanlarına girmiştir (Yelmen ve Çakır, 2011, s. 2).

İnsan var oldukça enerji ihtiyacı da var olmaya devam edecektir. Enerji ihtiyacı özellikle sanayileşmiş ve gelişmiş bölgelerde daha fazlayken; sanayileşmemiş ve az gelişmiş bölgelerde daha düşüktür. Çünkü sanayi bölgeleri, enerji kaynaklarına en fazla ihtiyacın olduğu alanlardır.

Ulusal ve uluslararası enerji politikaları, bölgesel ve küresel güç dengelerinde çok önemli bir role sahiptir ve önemi giderek artmaktadır. Bu doğrultuda enerji güvenliğinin artırılması ve dışa bağımlılığın azaltılması için enerji kaynaklarının ve ulaşım yollarının çeşitlendirilmesi, yerel kaynakların verimli kullanılması ve mevcut enerji kaynaklarının çeşitli teknolojik ve stratejik uygulamalarla en verimli şekilde kullanılması gerekmektedir.

Toplumlar, örneğin; aydınlatma, yemek pişirme, alan konforu, hareketlilik ve iletişim gibi temel insan ihtiyaçlarını karşılamak ve üretken süreçlere hizmet

edebilmek için enerji hizmetlerine ihtiyaç duymaktadırlar. Kalkınmanın sürdürülebilir olması için, enerji hizmetlerinin sunumunun güvenli olması ve çevresel etkilerinin düşük olması gerekmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları, fosil yakıtların yanmasından kaynaklanan sera gazı emisyonlarını ortadan kaldırarak, iklim değişikliğini azaltma konusunda büyük bir potansiyele sahiptir. Yenilenebilir enerji kaynakları, gerektiği gibi uygulanırsa, sosyal ve ekonomik kalkınmaya, enerjiye erişime, güvenli ve sürdürülebilir enerji arzına ve enerji tedarikinin çevre ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerinin azaltılmasına katkıda bulunabilir.

Yenilenebilir enerji, büyük ölçüde yerli bir enerji kaynağıdır. İthal yakıtların yerini aldığı anda, daha fazla ulusal enerji güvenliğine katkıda bulunur ve birçok ithalatçı ülkede gayri safi yurtiçi hasılanın (GSYİH) oldukça önemli bir yüzdesini temsil eden ve genellikle ticaret açığına katkıda bulunan ithalat faturalarını doğrudan azaltır. Rüzgâr, güneş ve biyokütle gibi yenilenebilir enerji kaynakları, bu etkileri önemli ölçüde azaltma potansiyeline sahiptir. Ayrıca, yenilenebilir kaynakların daha fazla kullanılması, dolaylı olarak petrol ve gaz fiyatları üzerinde aşağı yönlü baskı oluşturabilir ve fiyat oynaklığını azaltabilir. Yenilenebilir kaynaklar, petrol kullanımı sınırlı olan elektrik sektöründe, gaz veya kömür ithal etme ihtiyacını azaltmaktadır.

Türkiye ekonomisi 1973 ve 1979 petrol krizlerinden en çok etkilenen ekonomilerden biri olmuştur. Petrolün varil fiyatının uzun süre 2-2,5 ABD doları seviyesinde sabit kalması, petrolü tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’de de alternatif kaynaklar arasında oldukça avantajlı kılmıştır. Ancak 1973 yılındaki ilk şokun ardından alternatif kaynaklar arasındaki fiyat avantajını kaybetmeye başlayan petrol, 1979 yılındaki ikinci krizden sonra ithalatçı ekonomilerin krize girmesine neden olmuştur. Krizi takip eden yıllarda 11,65 dolara, 1979’daki ikinci krizden sonra ise 33 dolara yükselmiştir.

İthal petrole aşırı derecede bağımlı olan Türkiye’nin dış ticaret dengesi, petrol fiyatlarındaki anormal artışlar sonucunda oldukça bozulmuş ve toplam ihracat geliri petrol ithalatını karşılayamaz hale gelmiştir. Petrolün artık güvenilir bir enerji kaynağı olmaması, Türkiye’nin linyit başta olmak üzere ulusal kaynakları kullanma eğiliminin en önemli nedenidir (Ünver ve Ünal, 1999). Sonraki yıllarda linyite dayalı enerji üretimi önem kazanmış; linyitin elektrik üretimindeki payı %40 seviyelerine

yükselmiştir. 1980'lerin sonunda doğal gazla doğru bir eğilim başlamış ve 2003 yılında enerji üretimindeki payı %45,2 düzeyine ulaşmıştır.

Bir asırdan fazla bir süredir enerji ihtiyacını karşılayan fosil yakıtlar, bugün bile dünyanın enerji ihtiyacının yaklaşık %80'ini karşılamaktadır (EIA, 2022). Buna karşılık fosil yakıtların enerji için kullanılması, hava ve su kirliliğinden küresel ısınmaya kadar insanlık ve çevre üzerinde muazzam bir bedele neden olmuştur. Bu, plastikler ve kimyasallar gibi petrol bazlı ürünlerin tüm olumsuz etkilerinin ötesindedir. Yeraltı petrol, gaz ve kömür yataklarını ortaya çıkarmak, işlemek ve taşımak, arazilerimiz ve ekosistemlerimiz üzerinde çok büyük bir zarara neden olmaktadır. Fosil yakıt endüstrisi, kuyular, boru hatları ve erişim yolları gibi altyapının yanı sıra işleme, atık depolama ve atık bertaraf tesisleri için geniş arazileri meşgul etmektedir. Açık madencilik durumunda, ormanlar ve tüm dağlar dahil olmak üzere tüm arazi alanları kazınmakta; yer altı kömürünü veya petrolünü ortaya çıkarmak için tahrip edilmektedir. Faaliyetler durdurulduktan sonra bile arazi bir daha asla eski haline dönemeyecek düzeyde bozulmaya uğramaktadır. Sonuç olarak, üreme ve göç için çok önemli olan kritik yaban hayatı habitatı bu süreçten olumsuz etkilenmektedir. Kömür, petrol ve gaz gelişimi, su yollarımız ve yeraltı sularımız için sayısız tehdit oluşturmaktadır. Fosil yakıtlar, yanmadan çok önce ve yanma sürecinde havayı kirleten zehirli hava yaymaktadır. Fosil yakıtlar yandığında büyük miktarlarda karbondioksit üretir. Karbon emisyonları atmosferdeki ısıyı hapsetmekte ve iklim değişikliğine yol açmaktadır (NRDC, 2021).

Ülkemizin 2024 yılı ilk 6 ayı sonu itibariyle kurulu gücünün kaynaklara göre dağılımı; %29,1'i hidrolik enerji, %22,4'ü doğal gaz, %19,7'si kömür, %11,1'i rüzgâr, %13,7'si güneş, %1,5'i jeotermal ve %2,4'ü ise diğer kaynaklar şeklindedir. (ETKB 2024)

Elektrik üretmek için su, rüzgâr, güneş ışığı ve nükleer gibi temiz enerji kaynaklarının kullanılması, sera gazı emisyonlarının azaltılmasına ve iklim değişikliğinin hafifletilmesine yardımcı olmaktadır. Bunun nedeni, temiz enerji kaynaklarının elektrik üretim sürecinde karbondioksit gibi herhangi bir sera gazı salmamasıdır. Enerji teknolojileri gelişmeye ve genişlemeye devam ettikçe, yeni karbonsuz elektrik kaynakları yaratma olasılıkları da artmaktadır. Temiz enerji; güneş

ışığı, su, rüzgâr, jeotermal ısı ve dalga gücü gibi kaynaklardan herhangi biri kullanılarak elde edilebilmektedir.

Alternatif enerji kaynaklarından biri de dalga enerjisidir. Rüzgâr su yüzeyinden estiğinde dalgalar oluşur. Dalga enerjisi dönüştürücüler adı verilen cihazlar, dalgalardan gelen enerjiyi yakalar ve elektriğe dönüştürür. Farklı yaklaşımlar kullanılır. Bazı cihazlar su yüzeyinin altına yerleştirilirken bazıları da okyanus tabanına sabitlenir. Diğer bir teknik ise, dalgaları bir türbine güç sağladıkları dar bir kanaldan itmektir.

Dalgalar; rüzgâr, güneş, biyokütle ve jeotermal gibi yenilenebilir kaynaklara kıyasla yenilenebilir enerji kaynaklarının en yüksek enerji yoğunluğuna sahiptir. Dalgalar, dünyanın “enerji karışımı esnekliğine” önemli bir katkıda bulunma potansiyeline sahiptir. Buradaki zorluk, dalga enerjisinin gelişiminde diğer yenilenebilir enerjilere kıyasla çok geride olmasıdır.

Bu çalışmanın amacı, Ordu ve Giresun illerinin dalga enerjisi potansiyelinin değerlendirilmesidir. Çalışma bu yönüyle literatüre sağlayacağı katkının yanı sıra Türkiye'nin alternatif enerji kullanımına da bir pencere açacağı öngörüldüğü için önemlidir.

Bu çalışmada konuyla ilgili bilimsel eserler, kitaplar, dergiler, makaleler, internetteki web siteleri kaynak taraması yöntemi kullanılarak araştırılacaktır. Konuyla ilgili olabildiğince bütün veriler taranmıştır. Veri kaynakları Türkçe ve İngilizce veya çeviri belge niteliğindedir. Verilerin toplanmasında internetten büyük ölçüde yararlanılmış, konuya ilişkin özel forumlar taranmıştır. Her türlü basılı kaynaklardan da geniş ölçüde yararlanılmaya gayret edilmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Enerjinin Tanımı ve Önemi

Güneşten gelen enerji gün boyunca bize ışık verir. Çamaşır ipine asıldığında kıyafetlerimizi kurutur. Bitkilerin ve ekinlerin büyümesine yardımcı olur. Bitkilerde depolanan enerji, hayvanlar (otoburlar) tarafından yenir ve onlara enerji verir. Yırtıcı hayvanlar, yırtıcı hayvana enerji veren avlarını yerler. Yemek yediğimiz zaman, vücudumuz yiyeceklerde depolanan enerjiyi iş yapmak için enerjiye dönüştürür.

Termodinamiğin birinci yasası enerjinin korunumu ile ilgilidir. Enerjinin yaratılamayacağını veya yok edilemeyeceğini, sadece bir biçimden diğerine dönüşebileceğini belirtir. Örneğin, güneş ışığının enerjisi, fotosentez sürecinde yeşil bitkiler tarafından emilir ve güneş enerjisini gıda veya biyokütle şeklinde kimyasal enerji olarak depolar. Termodinamiğin ikinci yasası; her enerji dönüşümünde, daha fazla yararlı iş yapmak için uygun olmayan bir miktar enerjinin daima ısı şeklinde kaybedildiğini belirtir. Başka bir deyişle, hiçbir enerji dönüşümü yüzde yüz verimli değildir, yani her enerji dönüşümünde bir miktar enerji atık ısı olarak kaybedilir ve çevreye dağılır. Isı herkese tanıdık gelir çünkü hepimiz sıcak yaz ve soğuk kış günlerinde nasıl hissettirdiğini biliriz. Bir cismin sıcaklık derecesi, sıcaklık arttıkça genişleyen bir sıvı içeren bir termometre ile ölçülebilir. Isı, enerjinin alabileceği birçok formdan biridir ve ısı, diğer tüm enerji formlarının tamamen dönüştürülebildiği bir enerji formudur. Bu nedenle, enerji miktarlarını ifade etmek için bir ısı ölçüsü, Kalori (Cal) veya Joule (J) kullanılır. Bir gram kalori (cal), bir gram suyun sıcaklığını bir santigrat dereceden (14,5°C'den 15.5°C'ye) yükseltmek için gereken ısı miktarıdır ve gıda veya diğer herhangi bir organik maddenin enerji değerinin ölçüldüğü birimdir. Joule (J), pratik bir iş birimi, Türetilmiş SI (Uluslararası Birimler Sistemi) enerji/iş birimidir. Bir newton'luk bir kuvvet noktayı bir metre değiştirdiğinde yapılan iş. Moleküler hareketler kaotik olduğu için ısı biçimindeki enerjiyi kullanmak zordur. Isı, bozulmuş bir enerjidir ve her şey aynı sıcaklıkta ise herhangi bir iş yapamaz. Sıcaklıkta farklılıklar varsa, kaotik hareketler konsantrasyon noktalarından (yüksek sıcaklık) daha az konsantrasyon noktalarına (düşük sıcaklık) yayılma eğilimi gösterebilir.

2.2 Yenilenebilir Enerji

Yenilenebilir enerji, temiz enerjiyi tanımlamak için kullanılan bir terimdir. Yenilenebilir enerjinin kaynağı, doğal kaynaklar veya sürekli yenilenen süreçlerdir. Örneğin, güneş, rüzgâr hidrolik ve jeotermal enerji, varlıkları zamana ve hava durumuna bağlı olsa da gelişmeye devam etmektedir.

Günümüzde yeni ve gelişmekte olan bir teknoloji olarak düşünülen yenilenebilir enerji; doğanın gücünden yararlanarak aydınlatma, ısıtma, güç ve diğer alanlarda kullanılmaktadır. Rüzgâr; denizde yelkenlilere ve tahıl öğütmek için yel değirmenlerine güç vermiş, güneş; dünyamıza ısı sağlayarak, gün boyu sıcaklığın sürmesine yardımcı olmuştur. Ancak, insanlar yaklaşık son birkaç yüzyıldır, giderek daha ucuz olan kömür ve petrol gibi daha kirli enerji kaynaklarına yönelmiştir. Rüzgâr ve güneş enerjisini yakalamak ve elde tutmak için giderek daha yenilikçi ve daha ucuz yöntemlere sahip olduğumuza göre, yenilenebilir enerji kaynakları örnek olarak, ABD enerji üretiminin sekizde birinden fazlasını oluşturan daha önemli bir güç kaynağı haline gelmiştir. Yenilenebilir enerjideki genişleme, elektriği şebekeye geri satabilen evlerdeki çatı güneş panellerinden dev açık deniz rüzgâr çiftliklerine kadar irili ufaklı ölçeklerde de gerçekleşmektedir. Geri kalmış bazı ülkeler bile ısıtma ve aydınlatma için yenilenebilir enerjiye güvenmektedir. Yenilenebilir yakıtların tamamı, elektrik üretimi için kullanılmaktadır (Yelmen ve Çakır, 2011, s. 80).

Alternatif enerji kaynağı olan yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasında ve öne çıkmasındaki en önemli sebep çevreye zararsız olmasıdır. Fosil yakıtlardan daha yüksek bir etkiye sahip olan bu enerji kaynakları, insanlığın geleceği için çok büyük bir öneme sahiptir. Yenilenebilir enerji yakıtları, genel olarak doğanın kendi evriminde yenilenen ve aynı şekilde yeniden kendini oluşturabilen enerji kaynağıdır (Oktit, 2000, s. 66).

Kalkınma ve enerji tartışmaları sırasında farklı söylemler ortaya çıkabilmektedir. Gelişmekte olan ülkelerdeki enerjiye erişimde ve sanayileşme için ihtiyaç duyulan enerji ihtiyacında fosil yakıtlar, ödemeler dengesi üzerindeki tüm yükleri ve jeopolitik karışıklıklar ile ihtiyacı karşılamak için kullanılmıştır. Kuşkusuz, son 200 yılda sanayileşen Batı dünyası, fosil yakıtlardan muazzam faydalar görmüştür. Karbon temelli bir ekonomiye geçiş, ekonomileri eski kısıtlamalardan kurtarmıştır. Küresel nüfusun küçük bir dilimini temsil eden bir grup seçkin ülke için fosil yakıtların

yakılması, patlayıcı bir büyüme çağını mümkün kılmış; üretkenlik, gelir, zenginlik ve yaşam standartlarında çarpıcı gelişmelere imkan vermiştir (Sydney, 2016).

Dünyanın geri kalanı şimdi aynı faydaları paylaşma hakkını iddia ederken, fosil yakıtları kullanarak sanayileşmeye çalışırken ciddi engellerle karşılaşılıyorlar. Ancak Çin, ileriye dönük alternatif enerji alanında bir yol gösterici konumundadır. Hindistan onu takip eden ülkeler arasında yer almaktadır. Bu ülkeler, hem üretim ürünleri oldukları için sanayileşme sürecinin bir parçası olarak hem de enerji bağımlılığından kurtulmak için yenilenebilir kaynaklara yönelmektedirler. Yenilenebilir enerji, temiz enerjidir. Yenilenebilir enerji, ülkeleri ödemeler dengesi yüklerinden kurtarır, istihdam yaratır, enerji güvenliğini artmasını sağlar (Sydney, 2016).

Bu yaklaşımı benimseyen Çin, yalnızca son on yılda yenilenebilir bir süper güç olmak için büyümüş, yenilenebilir enerji seviyelerinde tüm sanayileşmiş ülkeleri gölgede bırakmıştır. Çin, elektrik üretmek için su, rüzgâr ve güneşi kullanmak için 2014 yılına kadar 378 gigawatt (GW) yenilenebilir enerji kapasitesine ulaşmıştır (Yılmaz, 2012).

Bu yeni enerji kaynakları, endüstriyel kalkınma stratejilerini çerçevelemenin yeni bir yolunu sunmaktadır. Bol yenilenebilir kaynaklara sahip ülkeler, endüstriyel gelişimlerini hızlandırmanın bir yolu olarak yenilenebilir teknolojileri kullanabilmektedir. Kendilerinden önceki Doğu Asya ülkeleri gibi geç gelen stratejileri izleyebilir ve bunları rüzgâr türbinleri ve güneş panelleri gibi teknolojilere uygulayabilir, temiz güç üreten, gökyüzünü temizleyen, enerji güvenliğini güçlendiren ve ödeme sorunlarını çözen yenilenebilir enerji sistemleri inşa edebilmektedirler (Sydney, 2016).

Yenilenebilir enerji kaynaklarına karşı olanların ileri sürdükleri pahalı, kesintili veya yetersiz olduklarına dair iddialar kolayca çürütülmektedir. Yenilenebilir enerjiye karşı çıkanların sayısı çok olsa da ilgilerini genellikle motive eden şey, statükoyu korumaktır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının yayılmasını durdurmak isteyenlerin basit ekonomiye karşı zafer kazanması pek olası değildir. Karbon emisyonları üzerinden alınan vergiler veya temiz enerji sübvansiyonları, yenilenebilir enerji devrimini yönlendirmemektedir. Bu devrim, yakında su, rüzgâr ve güneşten elektrik

üretmeyi kömürden daha uygun maliyetli hale getirecek olan üretim maliyetindeki düşüşlerden kaynaklanmaktadır (Sydney, 2016).

Madencilik, sondaj veya çıkarmadan farklı olarak üreticiler, üretimi giderek daha verimli ve daha ucuz hale getiren öğrenme eğrilerinden yararlanmaktadır. Yenilenebilir enerjiye yapılan yatırımlar, üretim maliyetlerini düşürür, benimsenmeleri için pazarı genişletir ve daha fazla yatırımı daha çekici hale getirmektedir (Yılmaz, 2012).

Ülkeler, rüzgâr türbinleri, güneş pilleri ve diğer yenilenebilir enerji kaynaklarını geniş ölçekte üretmek için gereken endüstriyel kapasiteye yatırım yaparak enerji güvenliğine giden yolu inşa edebilmektedirler. Çin ve Hindistan, ekonomik ağırlıklarını yenilenebilir enerji sanayi devrimine atarken, daha birçok gelişmekte olan ülkeye fayda sağlayabilecek ve onlar için bir rol model olabilecek küresel bir zincirleme reaksiyonu tetiklemektedir (Yılmaz, 2012).

Enerji verimliliği, aynı görevi gerçekleştirmek için daha az enerji kullanmak, yani enerji israfını ortadan kaldırmak anlamına gelmektedir. Enerji verimliliği; sera gazı emisyonlarını azaltmak, enerji ithalatı talebini azaltmak, hane halkı ve ekonomi genelinde maliyetlerimizi düşürmek çeşitli faydalar sağlamaktadır. Yenilenebilir enerji teknolojileri de bu hedeflere ulaşılmasına yardımcı olurken, enerji verimliliğini artırmak fosil yakıtların kullanımını azaltmanın en ucuz ve çoğu zaman en hızlı yoludur. Binalar, ulaşım, sanayi veya enerji üretimi olsun, ekonominin her sektöründe verimlilik iyileştirmeleri için muazzam fırsatlar vardır. Bina tasarımcıları, bina verimliliğini optimize etmek ve ardından yenilenebilir enerji teknolojilerini dahil etmek istemekte ve bu da sıfır enerjili binaların yaratılmasını sağlamaktadır. Mevcut binalarda da enerji kullanımını ve maliyetlerini azaltmak için değişiklikler yapılabilir. Bunlar, LED ampulleri ve enerji tasarruflu cihazları seçmek gibi küçük adımları veya yalıtım ve hava koşullarına karşı iyileştirme gibi daha büyük çabaları içerebilir (EESI, 2021).

Birçok ülkenin enerji ithalatına sürekli bağımlılığı, artan talep ve buna bağlı olarak fiyat artışları ve fosil yakıt kullanımı yoluyla iklim değişikliği ve çevre kirliliği önemli ölçüde artmıştır. Bu, sınırlı enerji kaynakları gibi diğer faktörlerle birlikte,

politikalar ve uluslararası anlaşmalar yoluyla yeni yeşil teknolojileri teşvik ederek birçok ülkeyi etkili ve çevre dostu alternatif enerjilerin geliştirilmesine yöneltmiştir.

2.3 Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Yenilenebilir enerji kaynakları kısa sürede yenilenebilir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından en önemlileri aşağıda açıklanmıştır:

2.3.1 Güneş Enerjisi

Gezegimizde (Dünya) alınan en yaygın enerji doğrudan güneş ışığıdır. Güneş enerjisi tükenmez ve yeryüzüne görünür ışık ve kızılötesi radyasyon şeklinde gelir. Bu gezegende insanlar var olduğundan beri hep güneşin enerjisini kullanmıştır. Her gün güneşin enerjisini birçok farklı şekilde kullanırız. Güneş ışığı olmadan gezegimizde yaşam olmazdı. Bitkiler besin yapmak için güneş ışığını kullanır. Hayvanlar besin olarak bitki tüketir. Fosil yakıtlar yüz milyonlarca yıl önce çürüyen bitkiler sebebiyle kullanılabilir. Günümüzde en yaygın olarak kullanılan petrol, doğalgaz ve kömür esasen milyonlarca yıl önce depolanmış güneş ışığıdır. Dünya yüzeyine ulaşan güneş enerjisi miktarı çok fazla olmasına karşın, depolama ve taşınması kolay değildir. Güneş, dünyadaki en önemli enerji kaynağıdır. Çünkü güneş enerjisi, atmosferdeki fiziksel oluşumlar üzerinde etkili olan başlıca ve en önemli enerji kaynağıdır. Doğanın önemli unsurlarından su döngüsünün sürabilmesi için gereken enerjinin kaynağı güneştir. Çevre açısından incelendiği zaman güneş enerjisinin çevreye hiçbir zararının olmadığı ortaya çıkmıştır. Bu enerji kaynağının yenilenebilir ve sürekli olması, güneş enerjisinden yararlanılmasının bir başka nedenidir. Güneş enerjisinin çok önemli enerji kaynağı olma özelliği, tüm ülkeleri bu enerji kaynağından yararlanmak için büyük atılım yapmasını sağlamıştır. Özellikle sanayinin gelişmesiyle birlikte; enerjiye olan ihtiyacın çok yükselmesi ve enerjinin getirdiği mali yükün büyümesi ülkeleri buna benzer alternatif enerji kaynaklarına yöneltmiştir. Güneş enerjisinin yüksek bir potansiyele sahip olması, ciddi bir alternatif olacağını göstermektedir (Varınca ve Gönüllü, 2006, s. 3).

Güneş enerjisi, suyu ve haneleri ısıtmak, bitkileri yetiştirmek ve elektrik üretmek için çeşitli şekillerde kullanılabilir. Güneş enerjisi aktif, pasif ve fotovoltaik teknolojileri ve uygulamaları içerir. Aktif ve pasif güneş teknolojileri, güneş enerjisini yemek pişirmek, alan ısıtmak ve su ısıtmak için kullanır. Fotovoltaik (güneş pilleri),

güneş enerjisini doğrudan elektriğe dönüştürür. Küçük güneş pilleri saat ve benzerlerine enerji vermek için kullanılırken, büyük güneş pillerinden oluşan daha komplike sistemler evleri aydınlatabilir, uzay mekiklerine ve uydulara güç sağlayabilir. Şu anda, fosil yakıtlara olan bağımlılığımızı azaltmak için güneşten gelen enerjiyi kullanmanın yenilikçi yollarını geliştirmeye yönelik yeni bir ilgi var. ABD, Japonya ve Almanya, güneş enerjisi alanında öncü olan ve en yüksek yatırımı yapan ülkelerdir. Bu ülkeler yıllık 1 milyar dolar civarında yatırım yapmaktadır. 2050'de dünya genelinde enerji tüketiminin %15'lik kısmının güneş enerjisinden sağlanacağı düşünülmektedir (Yelmen ve Çakır, 2011, s. 4).

Güneş enerjisi en bol bulunan enerji kaynağıdır ve doğrudan (güneş radyasyonu) ve dolaylı (rüzgâr, biyokütle, hidro, okyanus vb.) formlarında kullanıma uygundur. Güneş, tüm dünyanın enerji ihtiyacını karşılamaya yetecek kadar enerji sağlıyor ve fosil yakıtların aksine, yakın zamanda bitmeyecek bir potansiyeldir. Yenilenebilir bir enerji kaynağı olarak güneş enerjisinin tek sınırlaması, insanın onu verimli ve uygun maliyetli bir şekilde elektriğe dönüştürme yeteneğidir. Elektrik üretmek için güneş panelleri kullandığınızda atmosfere hiçbir sera gazı emisyonu salınmaz. Güneş, ihtiyacımız olandan daha fazla enerji sağladığı için güneş enerjisinden elde edilen elektrik, temiz enerji üretimine geçişte çok önemli bir enerji kaynağıdır. Güneş panelleri kurulduktan sonra, işletme maliyetleri diğer elektrik üretim biçimlerine kıyasla oldukça düşüktür. Yakıt gerekli değildir ve bu, güneş enerjisinin bir yakıt tedariğini güvence altına alma belirsizliği ve masrafı olmadan büyük miktarlarda elektrik üretebileceği anlamına gelmektedir.

Dünya'ya ulaşan bu enerjinin sadece %0,1'i %10'luk bir verimle dönüştürülebilse bile, dünyanın toplam elektrik üretim kapasitesi olan yaklaşık 5000 GW'dan dört kat daha büyük olacaktır. Solar PV kurulumlarıyla ilgili istatistikler düzensiz ve tutarsızdır. Aşağıdaki tablolar 2019 için değerleri göstermektedir, ancak 1993 için karşılaştırılabilir değerler mevcut değildir.

Güneş enerjisinin kullanımı, kısmen hızla düşen güneş paneli üretim maliyetleri ve özellikle Avrupa'da cömert sübvansiyonlar nedeniyle dünya çapında güçlü bir şekilde büyüyor. Örneğin, 2008-2019 yılları arasında PV kapasitesi ABD'de 1168 MW'dan 5 171 MW'a ve Almanya'da 5 877 MW'dan 25 039 MW'a

yükselmiştir. Yenilenebilir kaynakların desteklenmesine ilişkin ulusal ve bölgesel mevzuatta beklenen değişikliklerin bu büyümeyi yumuşatması muhtemeldir.

Çizelge 2.1 Güneş Enerjisi Rezervleri: İlk 5 Ülke

Ülkeler	Kurulu Kapasite (MW)		Gerçek Üretim (GWh)	
	2019	1993	2019	1993
Almanya	25 039	-	19 340	-
İtalya	12 773	-	10 730	-
ABD	5 171	360	5 260	897
Japonya	4 914	-	4 160	-
İspanya	1 621	-	5 002	-
Dünyanın Geri Kalanı	16 621	-	5 002	-
Dünya Toplam	68 850	-	52 878	-

Türkiye, 36°- 42° kuzey paralelleri arasında, bir güneş kuşağında yer almaktadır. Yıllık ortalama güneş radyasyonu 1303 kWh/m² ve toplam yıllık radyasyon süresi yaklaşık 2623 saattir. Güneş enerjisinden arazi alanının %63'ünde 10 ay boyunca teknik ve ekonomik olarak yararlanılabilirken arazi alanının %17'si tüm yıl boyunca kullanılabilir. Bu önemli potansiyele ve güneş enerjisi uygulamaları için uygun koşullara rağmen, güneş enerjisinin toplam bütçelenen enerjiye mevcut katkısı ihmal edilebilir düzeydedir. Türkiye'deki fotovoltaik (PV) güç uygulamaları, bazı devlet kuruluşlarının uzaktan elektrik talebini karşılamak için PV kullanması nedeniyle son derece sınırlıdır. Ana uygulama alanları telekom istasyonları, yangın gözlem istasyonları, deniz fenerleri ve otoyol acil durum sistemlerini içerir. Toplam kurulu güç yaklaşık 300 kW'dır. Türkiye'nin şu anda organize bir fotovoltaik (PV) programı olmadığı için PV (güneş pilleri) yoluyla güneş enerjisi üretimi yakın gelecekte artacak gibi görünmüyor (Kaygusuz, 2002; Ocak ve ark. 2004).

2.3.2 Biyokütle Enerjisi: Biyoenerji ve Atık

Biyokütle, şeker kamışı veya mısır ekinleri, odun yongaları ve hatta dışkı gibi herhangi bir bitki veya hayvan materyali içeren organik malzemelerden oluşmaktadır.

Organik malzeme olan tüm bu biyokütle türleri, enerji içermektedir. Yani, hayata bitki veya hayvan olarak başlamış olsalar da, kimyasal enerjiyi güneşten doğal olarak emmişlerdir. Biyokütle olarak kullanıldıklarında, bu malzemelere “hammadde” adı verilmektedir. Biyokütle hammaddeleri; sıcaklık, elektrik ve biyodizel gibi biyoyakıtlar üretmek için kullanılabilirlerdir. Bazı biyokütle santralleri hem ısı hem de elektrik üretmektedir. Bunlar “kombine ısı ve güç” santralleri olarak bilinir. Biyokütle hammaddesi her zaman bulunabilmektedir. İnsanlar ve hayvanlar her zaman atık üretir ve bitkiler her zaman büyür; bu nedenle, malzemenin bitme riski yoktur. Enerji üretmek için atığın kullanılması, daha az atığın çöp sahasına gitmesi anlamına gelmektedir. Bu durum, çevre için bir kazançtır. Biyokütle yakmak, kükürt veya cıva salmaz ve kömür yakmaktan daha az nitrojen açığa çıkarır. Ucuzdur; örneğin biyokütle enerjisini odun sobası veya biyokütle kazanı kullanarak evinizde üretmek de mümkündür (Türe, 2001).

Biyoenerji; ısı, güç, sıvı biyoyakıtlar ve gazlı biyoyakıtlar üretmek için çeşitli biyolojik kökenli hammaddelerden ve çok sayıda dönüştürme teknolojisiyle üretilen geniş bir enerji yakıtları kategorisidir. “Geleneksel biyokütle” terimi esas olarak gelişmekte olan ülkelerde ev yemekleri, aydınlatma ve mekan ısıtma için kullanılan yakacak odun, odun kömürü ve tarımsal artıkları ifade etmektedir.

Kağıt hamuru, kağıt, tütün, pik demir vb. üretimi için hammaddelerin endüstriyel kullanımı, biyoenerjiye dönüştürülebilir ağaç kabuğu, odun yongaları, siyah likör, tarımsal kalıntılar gibi yan ürünler üretmektedir.

Biyoyakıtlar alanında, Brezilya ve Amerika Birleşik Devletleri’nin başlıca iki örneği, biyoyakıtların karayolu taşımacılığında kullanım olanaklarını göstermektedir. Şu anda mobilite için biyoyakıtların payı dünya toplamının yaklaşık %2’sidir ve 2030 yılına kadar %5’e ulaşması beklenmektedir.

Biyogaz ve biyokütle geleneksel olarak ısıtma için kullanılır, ancak son zamanlarda yakma teknolojileri daha verimli hale geldikçe bazı ülkelerde elektrik üretimi için kullanımlarında dikkate değer bir artış meydana gelmiştir.

Atık söz konusu olduğunda, yakma fırınları öncelikle elektrik üretimi için değil, atık bertarafını hafifletmek için artan atık hacimlerini azaltmak için tasarlanmıştır. Bu nedenle, örneğin bölgesel ısıtma sistemlerinde bazı ilginç

uygulamalar ortaya çıksa da, atığın birincil enerji arzına katkısı minimum düzeyde kalacaktır.

2.3.3 Biyo-dizel

Biyodizel, bitkisel işlenmesiyle elde edilmektedir. Yabani bitkilerin yağ bakımından zengin tohumları, yenmeyen yağlar bakımından zengin, potansiyel biyodizel kaynağıdır. Biyodizel ve biyoetanol üretiminde kolza, pirinç, buğday, arpa, çavdar, mısır, sorgum, patates, saman, şeker kamışı, şeker pancarı, tatlı sorgum ve tütün türünden bitkiler hammadde olarak kullanılmaktadır (Akınerdem, 2014).

Biyokütle enerjisi kullanıldığında, sera gazı emisyonlarını önemli derecede azaltma potansiyeline sahiptir. Biyokütle, fosil yakıtlar gibi bir miktar karbondioksit üretse de, yeşil bitkiler büyüyüp geliştikçe karbondioksiti atmosferden uzaklaştırır. Bitkiler biyokütle enerjisi amacıyla yenilenmeye devam ettiği sürece net karbondioksit emisyonu sıfır olacaktır. Günümüzde tüketicinin her geçen gün artan talebi, yeşil enerjinin daha da ilerlemesini teşvik etmektedir.

2.3.4 Hidroelektrik

Yenilenebilir enerji kaynakları içinde önemli bir yere sahip olan hidrolik enerji kaynağı, su kaynaklarının geliştirilmesiyle sağlanan bir enerjidir. Bir başka söyleyişle suyun potansiyel enerjisini kinetik enerjiye dönüştürülmesiyle üretilen enerjidir. Hidroelektrik enerji veya hidroelektrik olarak da adlandırılan hidroelektrik enerji, elektrik üretmek için bir şelalenin üzerinden akan su gibi hareket halindeki suyun gücünü kullanan bir enerji türüdür. Düşen suyun bir su türbini veya pervaneyi döndürme hareketi prensibiyle çalışan bir enerji türüdür. Suyun akışından elde edilen bu enerjiye hidroelektrik güç veya hidroelektrik denmektedir. Geçmişte tahıl öğütmek ve diğer makineleri çalıştırmak için su çarkları inşa edilmiş olsa da, günümüzde hidroelektrik enerjisinin neredeyse tamamı elektrik üretmek için kullanılır. En yaygın hidroelektrik santralleri barajlar üzerinde kurulur. Rezervuarlardan bırakılan su bir türbin içinden geçerek önce türbini çevirirken, türbinden ortaya çıkan enerjiyi elektriğe dönüştürmek üzere bir jeneratör harekete geçer. Yüksek kotlarda depolanan su, bir potansiyel enerji kaynağıdır. Türbinlerde önce kinetik enerjiye ve sonrasında elektrik enerjisine dönüştürülür. İnsanlar bu gücü binlerce yıldır kullanmıştır. İki bin yıl kadar önce Eski Yunan'daki insanlar, buğdayı öğüterek una dönüştürmek için

değirmenlerinin çarkını akan suyla çalıştırmışlardır. Çoğu hidroelektrik santrali, rezervuardan ne kadar su aktığını kontrol etmek için bir su rezervuarı, bir kapı veya vana ve aşağı doğru aktıktan sonra suyun bittiği bir çıkışa sahiptir. Su, bir barajın üzerine dökülmeden veya bir tepeden aşağı akmadan hemen önce potansiyel enerji kazanır. Su yokuş aşağı akarken potansiyel enerji kinetik enerjiye dönüştürülür. Su, santralden elektrik üretmek için türbinin kanatlarını döndürmek için kullanılmaktadır. (Bayrak ve Esen, 2014, s. 149-150).

Hidrolik santraller çevreye uyumlu, yenilenebilir, temiz, yakıt masrafları olmayan, verimliliği yüksek, enerji fiyatlarında sigorta rolüne sahip, dışa bağımlı olmayan ve uzun ömürlü enerji kaynağıdır. Kuruluş aşamasında maliyetlerinin yüksekliği ve yatırım sürecinin uzun sürmesi, hidrolik enerjinin olumsuz tarafıdır. Dünya genelinde tüketilen enerji içinde hidrolik enerjinin %4.9'luk payı vardır (Demir, 2013, s. 7).

Hidroelektrik santralının bir diğer türü ise, pompalı depolama tesisidir. Güç, bir elektrik şebekesinden jeneratörlere gönderilir. Jeneratörler daha sonra türbinleri geriye doğru çevirerek suyu alt rezervuar ya da nehirden gücün depolandığı bir üst rezervuara pompalar. Gücü kullanmak için, su üst rezervuardan nehre ya da alt rezervuara salınır. Aşağı salınan su, türbinleri ileri doğru döndürerek, jeneratörleri devreye sokar. Küçük veya mikro hidroelektrik santralleri büyük bir baraj gerektirmediği gibi, yalnızca dere suyunu birkaç hane veya köy için yetecek elektriği üretebilen bir türbin aracılığıyla kanalizasyon için küçük bir kanal kullanır (Bayrak ve Esen, 2014).

Hidroelektrik, dünya genelinde önemli miktarda enerji sağlamaktadır. Yüzden fazla ülkede yer almakta ve küresel elektrik üretiminin yaklaşık %15'ini sağlamaktadır. Hidroelektrik için kapasite bakımından en büyük beş pazar; Brezilya, Kanada, Çin, Rusya ve Amerika Birleşik Devletleri'dir. Çin, küresel kurulu kapasitenin %24'ünü temsil ederek diğerlerini önemli ölçüde aşmaktadır. İzlanda, Nepal ve Mozambik'de dahil olmak üzere diğer bazı ülkelerde hidroelektrik tüm elektrik üretiminin %50'sinden fazlasını oluşturmaktadır. 2018 yılında, tahmini olarak 27-30 GW yeni hidroelektrik ve 2-3 GW pompalanmış depolama kapasitesi devreye alınmıştır.

Çizelge 2.2 Hidroelektrik Enerji: İlk Beş Ülke

Ülkeler	Kurulu Kapasite (MW)		Gerçek Üretim (GWh)	
	2019	1993	2019	1993
Çin	231 000	44 600	714 000	138 700
Brezilya	82 458	47 265	428 571	252 804
ABD	77 500	74 418	268 000	267 326
Kanada	75 104	61 959	348 110	315 750
Rusya Fed.	49 700	42 818	180 000	160 630
Dünyanın Geri Kalanı	430 420	338 204	828 437	1 150 750
Dünya Toplam	946 182	609 264	2 767 118	2 285 960

Birçok durumda, hidroelektrikteki büyüme, cömert yenilenebilir enerji destek politikaları ve CO₂ cezaları tarafından kolaylaştırılır. Son yirmi yılda toplam küresel kurulu hidroelektrik kapasitesi %55 artarken, fiili üretim %21 artmıştır. Son yirmi yıllık süreçte, küresel kurulu hidroelektrik kapasitesi %8 artmış ancak üretilen toplam elektrik, esas olarak su kıtlığı nedeniyle %14 düşmüştür.

Yağış hem yıldan yıla hem de nehir havzaları arasında önemli farklılıklar gösterir. Türkiye’de yıllık yağış derinliği Doğu Karadeniz Bölgesi’nde 250 cm’ye kadar, İç Anadolu’nun bazı bölgelerinde ise 30 cm’ye kadar düşmektedir. Ülkenin su potansiyelinin çoğu Güneydoğu’da (%28) ve Karadeniz Bölgesi’nde (%8) bulunmaktadır (Kaygusuz, 2002).

Türkiye’nin kömürden sonra ikinci büyük enerji kaynağı hidrodur. Türkiye’nin en büyük üç barajı, Fırat’ın ana gövdesi üzerinde bulunan dünyanın altıncı en büyük kaya düşmesi barajı olan 2400 MW’lık Atatürk Barajı; 1800 MW’lık Karakaya Barajı; ve Dicle Nehri üzerindeki en büyük hidro proje olan 1200 MW’lık Ilısu Barajı. 1999 yılında Türkiye’de işletmede olan 114 hidroelektrik santrali vardı. 2001 yılında, Türkiye’deki toplam hidroelektrik santral kapasitesi, tahmini yıllık ortalama 24 TWh üretim ile 11.672.9 MW idi. Buna ek olarak, toplam kapasitesi 4057 MW olan çeşitli hidroelektrik santral yapılmış ya da yapım aşamasındadır ve bu da yıllık yaklaşık 13.4 TWh ek elektrik üretimine karşılık gelmektedir (WP, 2003).

Türkiye'nin 2023 yılı itibarı ile işletmede olan hidroelektrik enerji santrallerinin toplam kurulu gücü 31.680 MW civarında olup ortalama toplam üretim potansiyeli 66.980 GWh/yıl'dır. (DSİ, 2024)

2.3.5 Rüzgâr Enerjisi

Rüzgâr temiz, kolayca bulunabilen, ücretsiz ve yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Her gün dünyanın her yerinde rüzgâr türbinleri rüzgârın gücünü almakta ve elektriğe dönüştürmektedir. Rüzgâr enerjisi üretimi, temiz ve sürdürülebilir bir şekilde dünyamıza güç sağlaması giderek daha da önemli bir rol oynamaktadır. Rüzgâr enerjisi, birçok bölgede uygun maliyetlidir. Rüzgâr enerjisinin bir başka avantajı da, sınırsız bir yerel kaynağı kullanan yerli bir enerji kaynağı olmasıdır. Bununla birlikte, rüzgâr çiftlikleri için bazı uygun konumlar, inşaat ve elektrik iletim lojistiğinde zorluklara neden olabilecek uzak bölgelerde bulunmaktadır. İki parçalı bıçaklar ve modüler yapı gibi teknolojik gelişmeler, bu tür zorlukların üstesinden gelmeye yardımcı olmaktadır. Rüzgârın kinetik enerjisi, mekanik veya elektrik enerjisi gibi diğer enerji biçimlerine dönüştürülebilir. Bir yelkenlinin sudaki hareketi, yel değirmenlerinin kullanılarak suyun pompalanması bu enerji türüne birer örnektir. Bu bir enerji şeklidir. Hollanda'da yel değirmenleri yüzyıllardır alçak bölgelerden su pompalamak ve tahılları öğütmek için kullanılmıştır. Rüzgâr enerjisinden faydalanmanın tarihi oldukça eskidir. Eski Mısırda MÖ 2000'de icat edilen yel değirmeniyle rüzgâr enerjisinden yararlanmışlardır. O dönemde enerjiye olan ihtiyaç az olduğu için bu kullanım alanında çok gelişme olmamıştır. Günümüzde rüzgâr, elektrik üretmek için de kullanılmaktadır. (Doğanay, 1991, s. 124).

Rüzgâr enerjisi, dünya yüzeyindeki günlük soğutma ve ısıtma kalıpları ile üretilen temiz, yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Rüzgâr enerjisi elektrik üretmek, su pompalamak, tahıl öğütmek ve yelkenli gemileri hareket ettirmek için kullanılabilir. Rüzgâr jeneratörleri; çelik bir kule, rüzgârı yakalayan pervane kanatları ve bir jeneratörden oluşur. Bireysel rüzgâr jeneratörleri genellikle evlerin veya çiftliklerin yakınında inşa edilir, ancak kümeler veya rüzgâr çiftlikleri halinde düzenlenebilir. Rüzgâr iş yapmak için kullanılabilir. Esen rüzgâr, tıpkı büyük bir oyuncak fırıldak gibi bir rüzgâr türbinindeki kanatları döndürür. Bu cihaza yel değirmeni değil, rüzgâr türbini denir. Bir yel değirmeni tahıl öğütmek veya su pompalamak için kullanılır.

Türbin kanatları, dönen bir şaft üzerine monte edilmiş bir göbeğe bağlanmıştır. Şaft, dönüş hızının arttırıldığı bir dişli şanzıman kutusundan geçer. Şanzıman kutusu, elektrik üreten bir jeneratörü döndüren yüksek hızlı bir şafta bağlıdır. Rüzgâr türbinleri, yel değirmenleri gibi, en fazla enerjiyi yakalamak için bir kuleye monte edilir. Yerden 100 fit (30 metre) veya daha fazla yükseklikte, daha hızlı ve daha az türbülanslı rüzgârdan yararlanabilirler. Türbinler pervaneye benzer kanatları ile rüzgârın enerjisini yakalar. Genellikle, bir rotor oluşturmak için bir şaft üzerine iki veya üç kanat monte edilir. Kuzey Amerika’da rüzgâr enerji potansiyeli %26, Güney Amerika’da %10, Asya’da %9, Afrika’da %20, Doğu Avrupa ve Rusya’da %20 ve Batı Avrupa’da ise %9’dur. Amerika ve Avrupa kıtasında yer alan ülkelerin bu enerji kaynağından önemli ölçüde faydalandığı görülmektedir (Yelmen ve Çakır, 2011, s. 5-6).

Rüzgâr kuvvetlerinde büyük farklılıklar olmasına rağmen, rüzgâr neredeyse dünyanın her yerinde mevcuttur. Toplam kaynak çok büyüktür; “toplam arazi kapsamı için” bir milyon GW civarında olduğu tahmin edilmektedir. Bugün faaliyette olan tüm elektrik üreten tesisler bu alanın sadece %1’ini kullanılsaydı ve rüzgâr santrallerinin daha düşük yük faktörleri için izin verilmiş olsaydı (termik santraller için %75-90’a kıyasla %15-40), bu da kabaca dünya çapındaki toplam üretime tekabül edecekti.

Çizelge 2.3 Rüzgâr Enerjisi: İlk 5 Ülke

Ülkeler	Kurulu Kapasite (MW)		Gerçek Üretim (GWh)	
	2019	1993	2019	1993
Çin	62 364	15 73	200	-
ABD	46 919	1 814	120 177	3 042
Almanya	29 071	650	48 883	-
İspanya	21 673	52	41 790	117
Hindistan	15 880	40	19 475	45
Dünyanın Geri Kalanı	62 142	-	74 087	-
Dünya Toplam	238 049	-	377 613	-

Dünya rüzgâr enerjisi kapasitesi 1990'dan beri sürekli katlanarak artmaktadır. 2019'un sonunda toplam kapasite 238 GW'ın üzerinde ve yıllık elektrik üretimi 377 TWh civarındaydı, bu da kabaca Avustralya'nın yıllık elektrik tüketimine eşitti. Çin, yaklaşık 62GW ile en yüksek kurulu kapasiteye sahipken, Danimarka 3GW'ın üzerinde kişi başına en yüksek seviyeye sahiptir. Rüzgâr, Danimarka'nın elektrik üretiminin yaklaşık %20'sini karşılamaktadır. Bugünün rakamlarını yirmi yıl önceki rakamlarla karşılaştırmak kolay değildir.

Hükümetler yenilenebilir enerjiye sübvansiyonlarını kesmeye başladıkça, iş ortamı potansiyel yatırımcılar için daha az çekici hale gelmektedir. Düşük sübvansiyonlar ve artan malzeme girdisi maliyetleri, son yıllarda rüzgâr endüstrisi üzerinde olumsuz bir etkiye sahiptir. Planlanan projelerin tümü uygulanamamıştır.

Rüzgâr enerjisi dünyada en hızlı büyüyen enerji kaynağıdır ve rüzgâr enerjisi günümüzde en yaygın kullanılan alternatif enerji kaynaklarından biridir. Temiz ve yenilenebilir bir elektrik kaynağıdır (Ogulata, 2003). Yıllık ortalama rüzgâr hızı ve güç yoğunluğu sırasıyla yaklaşık 2,5 m/s ve 25,8 W/m² olan Anadolu'nun batı, kuzey ve güneydoğu kıyıları, Türkiye'de rüzgâr enerjisi üretimi için çok uygun yerler olarak belirlenmiştir. Genel kullanım için rüzgâr enerjisinden elektrik üretimi ilk olarak 1986 yılında Türkiye'de İzmir'de Çeşme Altinyunus Resort Otel'de (The Golden Dolphin Hotel) 55 kW nominal rüzgâr gücü kapasitesi ile gerçekleştirilmiştir (Hepbaşlı, Özdamar ve Özalp, 2001).

1986 ve 1998 yılları arasında rüzgârdan elektrik üretme girişimleri oldu, ancak hiçbir zaman başarılı olmadılar. Şubat 1998'de işletmeye alınan 55 kW'lık küçük rüzgâr sistemi hariç, toplam kurulu gücü 1.5 MW olan ilk rüzgâr enerjisi tesisi, Türkiye'nin batısındaki Çeşme Germiyan'da İzmir İli yakınlarında yer almaktadır. Kasım 1998'de toplam 7,2 MW kapasiteli 12 rüzgâr türbinine sahip ARES (Alaçatı Rüzgâr Enerji Santrali) işletmeye alınmıştır. (Evrendilek ve Ertekin, 2003).

Türkiye'nin mevcut en büyük rüzgâr enerjisi santrali 10,2 MW gücündeki BORES'dir (Bozcaada Rüzgâr Enerji Santrali). Ocak 2000'de inşa edildi ve 17 rüzgâr türbini kullanıyor. Her türbin 600 kW güce sahiptir. Tesis yılda 35 milyon kWh elektrik enerjisi üretmektedir (Aras, 2003).

2001 yılında rüzgârdan elektrik üretimi 62,4 GWh seviyesindeydi. Türkiye, üç rüzgâr santralinden elde edilen mevcut 18.9 MW'lık ulusal kapasiteden 20,1 MW'lık rüzgâr enerjisi kurulu gücüne sahip idi. (Hepbaşı ve ark., 2004). Rüzgâr enerjisi kurulu gücünün 2010 yılına kadar 600 MW'a ve 2020 yılına kadar 1000 MW'a ulaşması beklenmekteydi. Haziran 2022 sonu tarihi itibarıyla Türkiye'nin rüzgar enerjisine dayalı elektrik kurulu gücü 10.976 MW, toplam kurulu güç içerisindeki oranı % 10,81'dir. 2006 yılında orta-ölçekli sayısal hava tahmin modeli ve mikro-ölçekli rüzgâr akış modeli kullanılarak 200 m yatay çözünürlükte hazırlanan Türkiye Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli Atlası (REPA-V1) verilerine göre Türkiye'de kurulabilecek rüzgar elektrik santrallerinin toplam kapasitesinin 47.849,44 MW olduğu tespit edilmiştir. (ETKB, 2024)

2.3.6 Hidrojen Enerjisi

Yakıt hücreleri, hidrojeni doğrudan elektriğe dönüştüren cihazlardır. Hidrojen, yeryüzünde sadece oksijen, karbon ve azot gibi diğer elementlerle kombinasyon halinde bulunan renksiz, kokusuz bir gazdır. Hidrojenin kullanılabilmesi için bu diğer elementlerden ayrılması gerekmektedir (Karanfil, 2020).

Yakıt olarak hidrojen, yüksek enerjiye sahiptir ve çok umut verici temiz bir yakıttır. Bir yakıt hücresi havadaki hidrojeni (üretilir ve depolanır) ve oksijeni elektriğe dönüştürür. Saf hidrojen yakan bir makine, herhangi bir kirliliğe neden olmadan enerji ve saf su üretir. Yakıt hücreleri, binalarda ısı ve elektrik kaynağı olarak ve araçlar için elektrik güç kaynağı olarak kullanım için umut verici bir teknolojidir (Thompsett, 2003).

Suda birleşik biçimde büyük miktarlarda hidrojen bulunur. Ancak doğada serbest hidrojen bulunmaz. Hidrojen, hidrojenin "reforme edilmesi" olarak bilinen bir işlem olan ısı uygulanarak hidrokarbonlardan yapılabilir. Bu işlem, doğal gazdan hidrojen üretir. Elektroliz adı verilen bir işlemde suyu bileşenlerine, yani oksijen ve hidrojene ayırmak için bir elektrik akımı da kullanılabilir. Güneş ışığını enerji kaynağı olarak kullanan bazı algler ve bakteriler, belirli koşullar altında hidrojen verir. Sudan hidrojen üretmek için büyük miktarda enerjiye ihtiyaç vardır, bu nedenle süreç için yenilenebilir enerji yaygın olarak bulunana kadar temiz bir alternatif olarak kendine yer bulamayacaktır (Karanfil, 2020).

Gelecekte hidrojen, önemli bir enerji taşıyıcısı olarak elektriğin yerini alabilir. Bir enerji taşıyıcısı, enerjiyi tüketicilere kullanılabilir bir biçimde depolar, taşır ve iletir. Güneş gibi yenilenebilir enerji kaynakları her zaman enerji üretmez. Güneş her zaman parlamaz. Ancak hidrojen bu enerjiyi ihtiyaç duyulana kadar depolayabilir ve ihtiyaç duyulan her yere taşınabilir.

Hidrojen, 1970'lerden beri NASA'nın uzay programında roketleri ve şimdi de uzay mekiğini yörüngeye sokmak için yakıt olarak ve astronotlar için ısı, elektrik ve içme suyu sağlayan yakıt hücrelerinde kullanılıyor. Gelecekte hidrojen, motorlu taşıtlar ve uçaklar için yakıt olarak kullanılabilir ve evlerimiz ve ofislerimiz için güç sağlayabilir (Sharaf ve Orhan, 2014).

2.3.7 Okyanus Enerjisi

Okyanus enerjisi, denizden elde edilen her türlü yenilenebilir enerjiyi ifade eder. Dalga, gelgit ve okyanus termal olmak üzere üç ana okyanus enerjisi üretim teknolojisi türü vardır. Okyanusta ısı olarak depolanan güneş enerjisinin, ılık yüzey suyu ile daha soğuk derin su arasındaki sıcaklık farkından yararlanılarak elektrik enerjisine dönüştürülmesiyle enerji elde edilmektedir. Söz konusu dönüşümü sağlayan cihaz, kıyı açıklarına kurulduğunda dalga enerjisini elektrik enerjisine dönüştürebilen özel bir türbin içermektedir. İçinde, deniz suyunun girmesine izin veren ve cihazın kendisi serbestçe hareket edebilen "ay havuzu" olarak bilinen bir boşluk vardır. Böylece cihaz, dalga hareketi ile nesnenin salınımı arasındaki bağıl hızdan faydalanmaktadır. Bu şekilde elektrik üretimi maksimize edilmektedir (Üçgül ve Elibüyük, 2016).

Okyanustan elde edilen tüm enerji türleri henüz ticarileşmenin erken bir aşamasındadır. Dalga enerjisi, diğer okyanus teknolojilerinden daha maliyetlidir. Dalga enerjisi, okyanus dalgalarının (swells) içindeki enerjinin elektriğe dönüştürülmesiyle üretilmektedir (Gülsaç, 2009). Dalga enerjisini elektriğe dönüştürmek için geliştirilen ve denenilen birçok farklı dalga enerjisi teknolojisi vardır.

Gelgit enerjisinden iki biçimde elektrik üretilmektedir (Arena, 2022):

- Gelgit aralığı teknolojileri, yüksek ve alçak gelgitler arasındaki yükseklik farkının yarattığı potansiyel enerjiyi toplar. Barajlar (barajlar) farklı aralıklardan gelgit enerjisi toplar.

- Gelgit akıntısı (veya akıntı) teknolojileri, gelgit bölgelerine (deniz kıyıları gibi) giren ve çıkan akıntıların kinetik enerjisini yakalar. Gelgit akışı cihazları, rüzgar türbinlerine benzer dizilerde çalışır.

Okyanus termal enerjisi, okyanusun yüzey suyu ile daha derin su arasındaki sıcaklık farkının enerjiye dönüştürülmesiyle üretilmektedir (Üçgül ve Elibüyük, 2016).

2.3.8 Jeotermal Enerji

Jeotermal enerji, yeraltı kaya ve sıvılarında bulunan enerjiyi ifade eder. Yerin derinliklerindeki termal veya ısı enerjisi suyu ısıtabilir veya buhar oluşturabilir. Evleri ve diğer binaları ısıtmak için kullanılabilmesine rağmen, jeotermal enerji buhar türbinlerine güç vermek ve elektrik üretmek için kullanılır. Bu ısı, yüzeyin altında artan derinlik ile dünyanın sıcaklığının artmasının bir sonucudur. Yerin içinden gelen enerjidir, yani yeraltı kaya ve sıvılarında bulunan enerjidir. Jeotermal enerji, sıcak su kaynaklarının suyunun ısıtılmasından sorumludur.

Türkiye, Alp-Himalaya Tektonik Kuşağı'nın Akdeniz sektöründe yer almakta ve dünyadaki jeotermal kaynakların bolluğu nedeniyle ilk yedi ülke arasında yer almaktadır (Hepbaşlı, 2004). Türkiye, jeotermal potansiyeli doğrudan kullanımı ve elektrik üretimi açısından dünyanın yedinci en zengin ülkesidir. Açılan kuyu değerlerine göre Türkiye'nin jeotermal enerji üretim potansiyelinin 764,81 MW olduğu tahmin edilmektedir. Türkiye'nin faal olan tek jeotermal santrali, Batı Anadolu'da Denizli İli yakınlarında bulunan 20.4 MW kurulu güce sahip Denizli-Kızıldere Jeotermal Santrali'dir.

Denizli Kızıldere Jeotermal Enerji Santrali (DKGPP) 1984 yılında işletmeye alınmış ve o zamandan beri işletilmektedir. 2001 yılında 89.597 MWh elektrik enerjisi üretti ve aynı yıl 10,6 MW elektrik gücü üretti. Konvansiyonel elektrik üretimine uygun diğer yüksek sıcaklıklı jeotermal alanlar; Aydın-Germencik (230.8°C), Çanakkale-Tuzla (173.8°C), Aydın Salavatlı (171.8°C) ve Kütahya-Simav

(162.8°C)'dir. Elektrik üretimi için Seferihisar, Salihli ve Dikili gibi potansiyel jeotermal sahalar da bulunmaktadır. Devletin başarılı bir kalkınma için gerekli olan mali ve/veya kurumsal desteği sağlaması halinde bu alanlar değerlendirilebilir (Hepbaşlı, 2004). Türkiye'nin elektrik üretim projeksiyonları da 2010 yılına kadar Germencik, Kızıldere, Tuzla ve diğer birçok alandan 500 MW ve 2020 yılına kadar 1000 MW'dir (Gökçen ve ark., 2004).

2.3.9 Dalga Enerjisi

Okyanuslar ve deniz dalgaları dolaylı olarak güneş enerjisinden kaynaklanır. Dalga enerjisi, sırayla güneş enerjisinden tahrik edilen rüzgâr enerjisinden elde edilir. Dalga enerjisi mekanik enerjiye ve daha sonra elektriğe dönüştürülebilir. Okyanus dalgası enerjisi olarak da adlandırılan dalga gücü, okyanus dalgalarının yukarı ve aşağı hareketinden yararlanılarak üretilen elektrik enerjisidir. Dalga gücü tipik olarak, dalgalarla birlikte yükselen ve düşen yüzer türbin platformları veya şamandıralar tarafından üretilmektedir. Ancak, denize bakan dalga yakalama odalarında meydana gelen hava basıncındaki değişikliklerden veya okyanus tabanındaki dalga basıncındaki değişikliklerden yararlanılarak dalga gücü üretilebilmektedir.

3. DALGA ENERJİSİ

3.1 Dalga Enerjisinin Önemi Ve Gerekliliği

Fosil yakıt fiyatlarındaki değişkenlik, ekonomik açıdan sürdürülemez bir durumdur ve bu nedenle yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilgi artmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları, sınırsız bir şekilde kullanılabilir ve çevreye zararlı emisyonlar salmazlar. Bu nedenle, gelecekte enerji ihtiyacının büyük bir bölümünün yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanması beklenmektedir (Wang ve Chen, 2010).

Güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, hidroelektrik enerji, jeotermal enerji ve biyokütle enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynakları, farklı yöntemlerle elde edilebilir ve dünya genelinde her geçen gün daha da yaygınlaşmaktadır. Güneş enerjisi, güneş panelleri sayesinde evler ve işletmeler tarafından kullanılabilir hale getirilebilirken, rüzgâr enerjisi denizdeki rüzgâr türbinleri ile elde edilebilir. Hidroelektrik enerji barajlar sayesinde elde edilirken, jeotermal enerji yeryüzünün altındaki sıcak su ve buharların kullanılmasıyla elde edilir. Biyokütle enerjisi ise organik atıkların yakılması sonucu elde edilir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı hem çevresel hem de ekonomik açıdan birçok avantaj sağlar. Fosil yakıtlara göre daha ucuz ve güvenilir olan yenilenebilir enerji kaynakları, ülkelerin enerji bağımsızlığını artırır ve enerji arzının güvenliğini sağlar. Bu nedenlerden dolayı, birçok ülke yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırım yaparak, fosil yakıtların kullanımını azaltmaya çalışıyor. Öyle ki İspanya, Japonya, Portekiz ve Tayland gibi bazı ülkeler dalga enerji potansiyelini görerek gelecek yılların yatırımını şimdiden planlamışlardır (REN21, 2015).

Dalga enerjisinin potansiyelinin küresel anlamda yaklaşık 32.000 TWsaat/yıl (3.65 TW) olduğu tahmin edilmektedir. Dalga enerjisinin, diğer popüler enerji kaynaklarına göre en yüksek enerji yoğunluğuna sahip olduğu vurgulanmaktadır. Araştırmalar, güneş enerjisinin rüzgâra, rüzgârın da dalga enerjisine dönüştüğü çevrimde güç yoğunluğunun arttığını göstermektedir (Edenhofer ve ark., 2012). Metinde, 15 ° kuzey enleminde ölçülen solar güneşlenmenin ortalama rüzgâr hızı ve güç yoğunluğu üzerindeki etkisi de incelenmektedir. 0.17 kW/m²lik solar güneşlenme, ortalama 10 m/s hızındaki rüzgârın 0.58 kW/m² güç yoğunluğuna sahip olmasına

neden olmaktadır. Bu rüzgârın ise 8.42 kW/m^2 güç yoğunluğuna sahip dalga oluşturabileceği hesaplanmıştır.

Bu veriler, dalga enerjisinin potansiyelinin oldukça yüksek olduğunu ve diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına göre daha verimli olduğunu göstermektedir. Dalga enerjisi, güneş enerjisinden, rüzgârdan ve denizdeki hareketlerden elde edilebilir. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında önemli bir yere sahip olan dalga enerjisi, dünya genelinde yaygınlaşmaya başlamış ve bazı ülkeler bu alanda yatırım yapmaya başlamıştır. McCormick (1981) tarafından yapılan bir araştırmaya göre 15° kuzey enleminde ölçülen solar güneşlenme 0.17 kW/m^2 'dir. Bu solar güneşlenmenin ortaya çıkmasını sağladığı ortalama rüzgâr hızı 10 m/s 'dir ve bu rüzgârdan elde edilebilecek güç yoğunluğu ise 0.58 kW/m^2 'dir. Elde edilen bu rüzgârın ise 8.42 kW/m^2 güç yoğunluğuna sahip dalga oluşturabildiği hesaplanmıştır (Altaş ve Şahin, 2019).

Dalga enerjisi dönüştürücü (DED) sistemleri, rüzgâr enerjisi dönüştürücü sistemlerine göre çok daha küçük boyutlarda olabilmektedir. Dalga enerjisi güç yoğunluğunun, rüzgâr enerjisi güç yoğunluğundan yaklaşık 15 kat daha büyük olduğu için, aynı güç kapasitesine sahip rüzgâr türbinleri ve dalga enerji dönüştürücülerinin boyutları karşılaştırılmıştır (Ringwood ve ark., 2014). Örneğin, 850 kW 'lık güç kapasitesine sahip bir rüzgârgülü, 60 metre yüksekliği ve 52 metre pervane çapıyla birlikte oldukça büyük bir sistemdir. Ancak, 750 kW güç kapasiteli Pelamis adlı DED'in boyutu sadece 150 metre ve çapı ise sadece 3.5 metre olarak belirlenmiştir. Bu da dalga enerjisi dönüştürücü sistemlerinin rüzgâr enerjisi dönüştürücü sistemlerine göre çok daha küçük olabileceği anlamına gelmektedir. Dalga enerjisi, dünya genelinde yenilenebilir enerji kaynakları arasında önemli bir yere sahip olmaya başlamıştır. Bu enerji kaynağı, çevre dostu ve sınırsız bir kaynak olarak kabul edilir. Fiziksel olarak rüzgâr enerjisi dönüştürücü sistemlerinden daha küçük boyutlarda olabilen dalga enerjisi dönüştürücü sistemleri, daha az yer kaplar ve daha verimli bir şekilde kullanılabilir. Bu nedenle, gelecekte enerji ihtiyacının büyük bir bölümünün dalga enerjisi gibi yenilenebilir kaynaklardan karşılanması beklenmektedir (Altaş ve Şahin, 2019).

Dalga enerjisinin kullanılabilirliği, diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına göre daha yüksektir. Belirli bir bölgedeki dalga enerjisi kullanılabilirliği zamanın %90'ına

kadar yayılabilirken, güneş ve rüzgâr enerjisi kullanılabilirliği yalnızca zamanın %20-30'u seviyesinde bulunmaktadır. Bu, dalga enerjisinin önemli bir avantajıdır çünkü diğer yenilenebilir enerji kaynakları günlük değişkenliklere ve hava koşullarına daha duyarlıdır. Güneş enerjisi, özellikle bulutlu havalarda ve gece boyunca kullanılamazken, rüzgâr enerjisi belirli hava koşullarına bağlıdır ve rüzgarın sürekli esmesi gerekmektedir. Dalga enerjisi, denizdeki dalga hareketlerinden kaynaklanır ve bu hareketlerin sürekli bir şekilde devam etmesi nedeniyle günlük kullanılabilirlik oranı daha yüksektir. Bu da, dalga enerjisi sistemlerinin daha verimli bir şekilde kullanılmasına olanak sağlar. Daha fazla ülke, dalga enerjisini kullanarak yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanma yoluna gitmektedir. Dalga enerjisi, sınırsız bir kaynak olarak kabul edilir ve çevre dostudur. Ayrıca, diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına göre daha yüksek kullanılabilirlik oranı nedeniyle, gelecekte enerji ihtiyacının büyük bir bölümünün dalga enerjisi gibi yenilenebilir kaynaklardan karşılanması beklenmektedir (Pelc ve Fujita, 2002).

Bu metinde, dalga enerjisinin kullanımının rüzgâr ve güneş enerjisi kadar artmamasının nedenleri açıklanmaktadır. Deniz dalgalarından enerji elde etmek, diğer enerji kaynaklarından daha karmaşık bir süreçtir ve daha fazla teknolojik zorluklar gerektirdiği için dalga enerjisinin kullanımı, rüzgâr ve güneş enerjisi kadar artmamıştır. Dalgaların doğası gereği genlik ve frekanslarının düzensiz olması, üretilen enerjinin de düzensiz olmasına neden olmaktadır. Bu nedenle, üretilen enerji doğrudan yük beslemesinde veya şebeke bağlantısında kullanılamaz. Buna karşılık, diğer enerji kaynaklarından elde edilen enerjinin genellikle daha düzenli bir yapısı vardır ve doğrudan yük beslemesinde veya şebeke bağlantısında kullanılabilir. Dalga enerjisi sistemlerinin düzensiz enerji üretimine çözüm bulmak için ultra-kondansatör, batarya veya diğer enerji kaynakları ile birlikte bütünleşik bir enerji sistemi oluşturulması veya mekanik sistemlerin (hidrolik-pnömatik devreler) kullanılması gerekmektedir. Bu çözümler, dalga enerjisi sistemlerinin daha verimli ve sürdürülebilir bir şekilde kullanılmasına olanak sağlar (López ve ark., 2013).

Dalga enerjisi çıkarımında en önemli zorluklardan biri, fırtınalar gibi olağanüstü hava koşullarıdır. Bu nedenle, dalga enerjisi sistemleri, kıyı şeridinde veya deniz açıklarında konuşlandırıldıklarında bu tür doğal olaylara karşı korunaklı olmalıdır. Dalga enerjisi, diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına göre önemli avantajlar

sağlasa da dalga enerjisi sistemlerine yapılan yatırımlar güneş ve rüzgâr enerjisi sistemlerine yapılan yatırımlardan daha azdır. Ekonomik krizler ve finansal zorluklar nedeniyle, dalga enerjisi teknolojilerine yatırım yapmak daha da zor hale gelmektedir. Bununla birlikte, dalga enerjisi sistemleri, sınırsız bir kaynak olarak kabul edildiği için gelecekte enerji ihtiyacının önemli bir kaynağı olabilir. Gelişen teknoloji ile birlikte dalga enerjisi sistemlerinin verimliliği artacak ve bu enerji kaynağı daha yaygın bir şekilde kullanılabilir hale gelecektir. Ayrıca, çevre dostu olması nedeniyle, dalga enerjisi sistemleri, çevre kirliliğini azaltmak için önemli bir rol oynayabilir (López ve ark., 2013).

Dalga enerjisi maliyetleri diğer yenilenebilir enerji kaynaklarıyla karşılaştırıldığında daha yüksek olduğu görülmektedir. Ancak gelecekte dalga enerjisi teknolojik gelişmeleri ile birlikte, maliyet hesaplamaları diğer yenilenebilir enerji kaynaklarıyla yarışabilir hale gelecektir. Bu durum, dalga enerjisinin önümüzdeki yıllarda daha da popüler hale gelmesine ve enerji üretiminde daha sık kullanılmasına olanak sağlayacaktır (World Energy Council, 2013).

3.2 Dalga Enerjisinin Özellikleri

Okyanus dalgalarının düşük maliyetli elektriğe dönüştürülmesi, bazı belirsizliklerle birlikte muazzam bir potansiyele sahiptir. Bu sebeple, potansiyel çevresel etkileri tahmin etmek önemlidir. Aşağıdaki beklentiler göz önünde bulundurulmuştur.

- Kıyısız ulaşımında dalgalar, akarsular ve fiziksel etkiler
- Elektromanyetik alan etkisi ve deniz altı canlı türlerinde göçteki değişiklikler
- Dalga enerjisi gelişimi, tür kompozisyonundaki değişiklikler ve yırtıcı etkiler yoluyla Balık ve Balıkçılık için topluluk yapısını etkileyebilir.
- Tüm cihazlar deniz tabanının bozulmasına neden olabilir
- Gürültü kirliliği
- Plajik ve yumuşak tortu ortamlarında yeni sert yapılar
- Yumurtalarını sahilde, sahil yamacına veya altına yumurtlayan balıkları etkileyebilir.

- Gemiler için güvenli geçiş yollarının güzergahlarının değişmesi.

Dalga enerjisinin **olumlu** yönleri şu şekilde sıralanabilir (Hazra ve Bhattacharya, 2016):

- Su, rüzgar enerjisi sistemlerine kıyasla çok büyük miktarda kinetik enerji aktarabilir. Sonuç olarak, küçük dalga enerji cihazları bile büyük miktarda enerji üretebilir.
- Dalga enerjisi cihazları genellikle düşük profillidir ve bu nedenle, kıyıdan uzağa yerleştirildiğinde görsel olarak dikkati dağıtmaz.
- Dalga enerjisinin büyük bir avantajı, basitçe potansiyelidir. Gezegenimiz çoğunlukla okyanustur ve bu nedenle yenilenebilir bir enerji kaynağı olarak dalgaların kapasitesi çok fazladır.
- Dalga enerjisinin sera gazı emisyonu yoktur.

Dalga enerjisinin **olumsuz** yönleri şu şekilde sıralanabilir (Güney, 2015):

- Dalga enerjisinin kendine göre zorlukları vardır. İlk sistemlerin kurulması, okyanus ortamlarının doğası gereği değişken olması nedeniyle bazı zorluklar göstermektedir.
- Fırtına gibi zorlu okyanus koşullarında hayatta kalabilmek için dalga enerjisi cihazı inanılmaz derecede dayanıklı hale getirilmelidir.
- Ya okyanusta ya da açık denizlerde, bu da üretilen elektriğin genellikle deniz altı kablosuyla kullanılabilmesi karaya aktarılması gerektiği anlamına geliyor.
- Elektrik kablolarının döşenmesi ve bakımı, başlangıç maliyetlerine olduğu gibi bakım maliyetlerini de önemli ölçüde etkileyebilmektedir.

En umut verici sürdürülebilir kaynaklardan biri dalga enerjisidir. Ayrıca dalga enerjisi, enerji dönüşümü için çeşitli seçenekler sunar. Ancak, bu seçeneklerin çoğunluğu geliştirilme aşamasındadır. Bu sebeple, ilk aşamalarda bazı zorluklar ortaya çıkabilir. Bu mevcut teknolojilerin çoğu, zayıf kütle/çıkış gücü oranına sahip çok karmaşık ve pahalı cihazlar gibi görünmektedir. Genellikle, ölçeklerini küçültmek veya açık denizde ve kıyı şeritlerinde kullanmak zordur. Olası çevresel etkiler detaylı bir şekilde incelenmelidir. Ayrıca aşırı hava koşullarında (fırtına, tayfun vb.)

güvenliğini sağlamak zordur. Tasarımlar olası çevresel etkileri ve kurulum zorluklarını ortadan kaldırılabirirse, dalga enerjisinden faydalanılması dünya enerji açıklarının görelî ve önemli ölçüde kapatılmasının temiz ve yenilenebilir yolunu açabilir (Kaplukan, 2014).

3.3 Dalga Enerjisi Üretiminde Kullanılan Sistemler

Rüzgârın oluşturduğu dalgalar, rüzgar enerjisinin yüzey kayması ile kısmen dalga enerjisine dönüştüğü yüzeyde yaklaşık 1 m/s rüzgar hızlarında gelişmeye başlar (Andersen ve Frigaard, 2012). Dalgaların yayılmasına dair ilk doğrusal dalga denklemi D'Alembert ortaya koymuştur. Su dalgalarının tanımları ilk olarak George Biddell Airy tarafından belirlenmiştir. Bu nedenle bu, "Airy Dalga Teorisi" olarak bilinir. Artan diklik oranına (bir dalganın yüksekliğinin uzunluğuna oranı) sahip dalgaları yeterince tanımlamak için Sir George Stokes tarafından başka analizler geliştirildi. Sığ su dalgalarını doğru bir şekilde tanımlayabilmek için daha sonra "Cnoidal Dalga Teorisi" geliştirildi. Okyanus yüzey dalgalarının temel teorisi "Lineer Dalga Teorisi"dir.(Güney, 2015). Bu teoriye göre birim dalga gücü; suyun kütle yoğunluğu, dalga boyu ve yüksekliği ile belirlenebilir. Bu matematiksel olarak aşağıdaki gibi formüle edilebilir (Al-Habaibeh ve ark., 2010).

$$P = \frac{\rho g}{64\pi} h^2 T \text{ (kW/m)}$$

P, birim dalga tepe uzunluğu (kW/m) başına dalga enerjisi akışıdır; ρ suyun kütle yoğunluğu (kg/m³); g yerçekimi ivmesi (m/s²); h dalga yüksekliği (m); T, dalga periyodudur (s).

Dalga enerjisi dönüştürücülerinin tasarımı, suyun hızından, dalga yüzey açısı değişikliklerden veya dalgaların hidrostatik veya toplam hidrodinamik basıncındaki değişikliklerden yararlanmaya dayanır (Söylemez, 1999).

Başlıca üç tür dalga enerjisi dönüştürme teknolojisi vardır;

- Birinci tip; hidrolik pompaları çalıştırmak için okyanus dalgalarının yükselişini ve düşüşünü kullanarak elektrik üretmek için şamandıralar veya yunuslama cihazları kullanır.

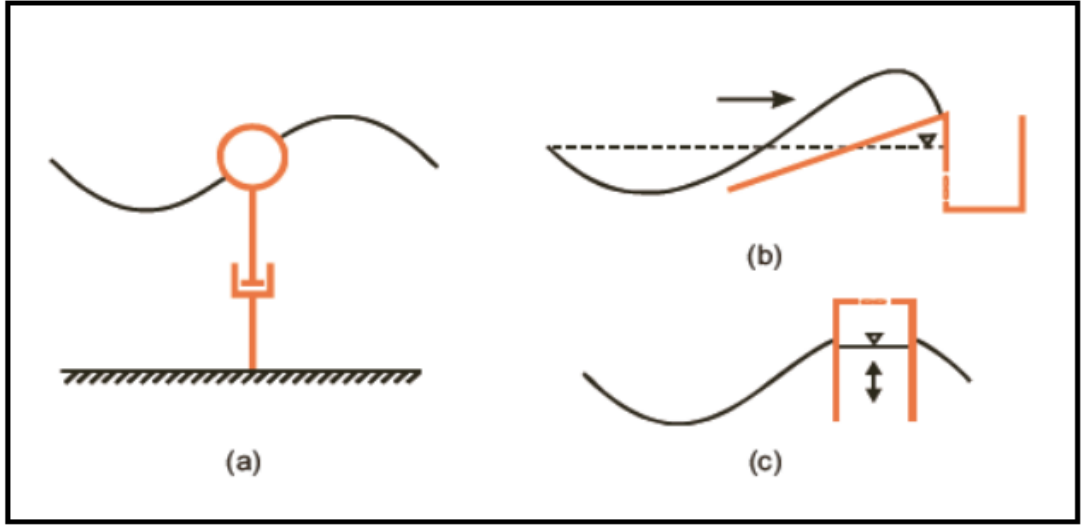
- İkinci tip; silindirik bir şaft içindeki suyun yükselmesini ve alçalmasını kullanarak kıyıda elektrik üretmek için salınımlı su kolonu cihazları (OWC) kullanır. Yükselen su, havayla çalışan bir türbine güç vererek şaftın tepesindeki havayı dışarı atar.
- Üçüncü tip ise konik bir kanaldır. Denizlerde veya okyanuslarda yer alabilir. Dalgaları yoğunlaştırır ve onları yükseltilmiş bir rezervuara yönlendirirler; burada su salınırken hidroelektrik türbinleri kullanılarak güç üretilir. Son zamanlarda önerilen dalga enerjisi projelerinin büyük çoğunluğu, açık deniz şamandıraları, şamandıraları veya yunuslama cihazlarını kullanmaktadır (Conserve Energy Future, 2018).

3.4 Dönüşüm Sistemlerinin Sınıflandırılması

Deniz dalgasının hareketi, uygun dalga gücü mekanizmaları kullanılarak mekanik enerjiye dönüştürülebilir. Hâlihazırda dalgardaki potansiyel enerjiden yararlanmak için tahmini 40 çeşit mekanizma bulunmakta ve bunların birçoğu günümüzde inşa edilmektedir. Japonya, Kuzey Amerika ve Avrupa'da 1000'den fazla dalga enerjisi dönüştürme tekniğinin patenti alınmıştır (Clément ve ark., 2002).

Bu sistemlerden oluşturulan mekanik güç ya doğrudan bir jeneratörü harekete geçirir ya da daha sonra bir türbini/jeneratörü çalıştıran bir çalışma sıvısına, suya veya havaya aktarılır (Güney, 2015). Çoğunlukla kurulu konuma ve PTO (Power Take-Off) sistemine göre kategorilere ayrılır. Bu sistemler deniz tabanında, kıyılarda ve deniz seviyesinde olabilir. Dalga enerjisi dönüştürme (WEC) sistemleri kurulum sahasına göre; karada, karada-kıyıda ve kıyıda-denizde olmak üzere sınıflandırılabilir (Rodrigues, 2008).

- Enerji yakalama sistemine göre türbin (sürüş sıvısı; su, yağ veya hava olabilir) esaslı ve hareket (doğrusal veya dönme) mekanizma esaslı sistemlerdir.
- Çalışma prensibine göre (PTO mekanizması) daralan kanal cihazları olarak, Salınımlı su sütunları ve Dalga aktif cisimleri Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Dalga Enerjisi Mekanizmalarının Sınıflandırılması [A) Dalga ile Aktive Olan Cisimler, B) Taşma Cihazları, C) Salınlımlı Su Sütunları] (Lindroth, 2011).

PTO mekanizmasına dayalı sınıflandırma ve bu sistemlerin açıklaması aşağıda sunulmuştur.

3.4.1 Daralan Kanal (Tapchan) Sistemi

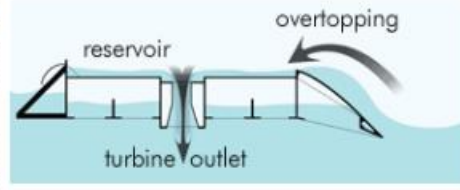
Daralan Kanal (Tapchan) sistemi, dalga enerjisi kullanarak elektrik üreten yenilikçi bir teknolojidir. Bu tür mekanizmalar dalganın tepesi ile çukuru arasındaki seviye farkı prensibi ile çalışırlar. Havzadaki su seviyeleri ile deniz arasındaki fark, bir hidrokinetik veya düşük düşülü bir türbin tarafından kullanılır. Wave Dragon Danimarkalı bir şirket tarafından geliştirilen, yalın bir yapıdır. Taşma tipi bir konsept dalga enerjisi dönüştürücüsüdür. Gelen dalgalar bir rampadan yukarı bir rezervuara akar, su bir hidroelektrik türbini aracılığıyla deniz seviyesine geri akar ve elektrik üretir. "Yansıtıcı kollar" gelen dalgaları odaklamak, dalgaları rampaya doğru yönlendirmek ve yakalanan enerjiyi artırmak için kullanılır. Yalnızca türbinler hareketli parçalarıdır. Bu, gelgit enerjisi dönüşüm sistemine benzer. Hem kanal cihazı hem de konik kanal olarak adlandırılırlar (Waters, 2008).

Kanallar, dalga enerjisini yükseltmiş bir rezervuara dönüştürmek için kıyıya yakın yerlerde kurulabilir. Deniz suyu rezervardan akarken standart bir su türbini yeterli olmaktadır. Konik kanal uygulamasında, dalgalar konik bir kanal boyunca yönlendirilir. Daralan kanal cihazı, okyanus dalgalarını, suyun bir dizi türbin

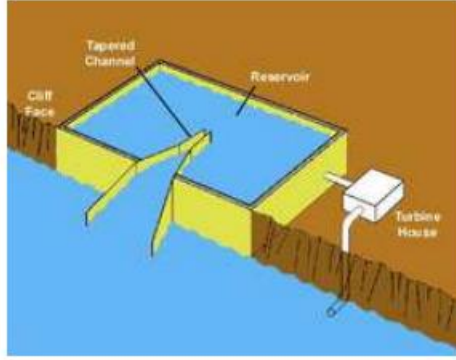
aracılığıyla dışarı atıldığı ve bu şekilde elektriğe dönüştürüldüğü deniz seviyesinin üzerindeki bir rezervuara yükseltir. Şekil 3.2, Daralan kanal sistemini göstermektedir.



a. Kanal Sistemi



c. Aşma prensibi



b. Konik kanal prensibi



d. Wave Dragon sistemi kıyıya yakın

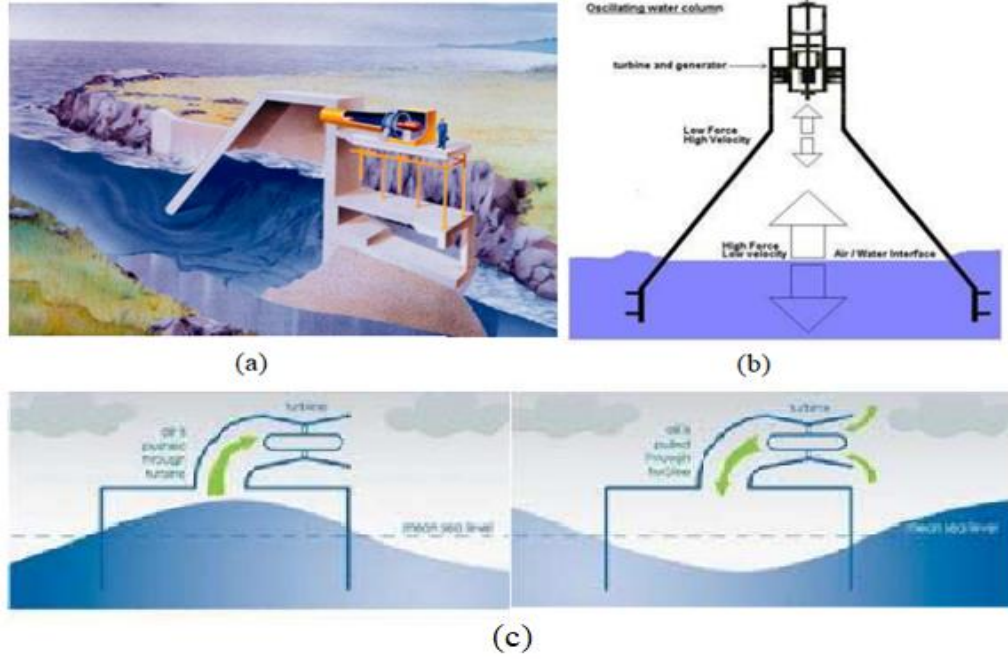
Şekil 3.2 Overtopping (Daralan Kanal) Dalga Enerjisi Dönüşüm Sistemi

3.4.2 Salımlı Su Kolonu

Bu sistem kıyı şeridinde inşa edilmiş bir bölmeden oluşmaktadır. Salımlı bir su sütunu (OWC), denize yerleştirilmiş kısmen batık, içi boş bir yapıdır. Bir su sütunu oluşturan dalgaların hareketleri, bir hava cebini yukarı ve aşağı iter. İtilen hava, elektrik üretmek için bir türbini ve dönüştürme sistemini çalıştırır. Dalga yükselirken hava kolondan dışarı atılır ve dalga alçalırken taze hava emilir. Bu hava hareketi kolonun tepesindeki Wells türbinini döndürür (Drew, Plummer ve Sahinkaya, 2009).

Deniz seviyesinde bir hava tankı bulunmaktadır. Dalgalar yukarı ve aşağı hareket ettikçe, hava sıkıştırılır ve ardından bir türbini çalıştırmak için geri çekilir. Hava tankının bir ucu denize, diğer ucu ise bir hava türbinine açılan bir odaya sahiptir. Dalgalar, salımlı su sütunları içinde yükselirken, bir pistonun hareketini taklit ederek önünden ve türbinin yanından bir hava sütunu oluşturmaktadır. Dalga geri çekildiğinde ise tam tersi bir etki yaşanır. Hava, OWC'ye geri emilir ve türbini geçer. Havanın bir valf sistemi boyunca hareketi, haznenin üzerindeki bir açıklıkta bulunan hava türbininin dönme hareketini harekete geçirir.

OWC kavramı, son otuz yılda detaylı bir şekilde incelenmiş ve deniz şartlarında enerjinin çıkarılması kanıtlanmıştır. Kıyı şeridi konumu, daha düşük seviyede bir enerji kaynağı seviyesi anlamına gelir ve çok sayıda cihazın kurulumunu sınırlar (Gomes ve ark., 2012).



Şekil 3.3 (A) Salınlı Su Sistemi Prensibi, (B) Salınlı Kolon Sistemi Şeması, (C) İki Yönlü Türbin Fonksiyonu İçin Sistem Şeması.

3.4.3 Şamandıralı Dalga Aktif Katı Cisimler

Bu sistemin ana ekipmanı yatay ve dikey tiplere ayrılabilen yüzer şamandıralardır. Şamandıra sistemleri, dalganın enerjisinin elektriğe dönüştürülmesinin karada ve açık denizdeki uygulamaları için uygun olabilir.

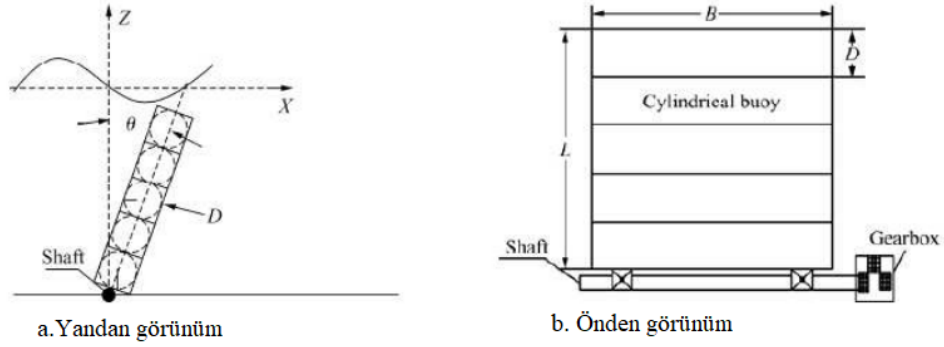
3.4.3.1 Yatay Şamandıralar

Şamandıralar denizin dip noktasına menteşelerle monte edilir. Yatay şamandıraların çoğu, menteşelerle birbirine bağlanan yarı batık silindirler kullanır. Tüm silindirlerin içinde, hidrolik motorlar aracılığıyla yüksek basınçlı yağ pompalayan bir hidrolik şahmerdan vardır. Hidrolik motorlar sırayla silindir içindeki elektrik jeneratörlerini çalıştırır. Silindirlerin geneli birleştirilebilir ve sonrasında enerji bir yeraltı deniz kablosuna beslenebilir ve kıyıya geri dönebilir (Gomes ve ark.,

2012). Yatay şamandıralar alttan menteşeli ve üstten menteşeli sistem olarak sınıflandırılabilir.

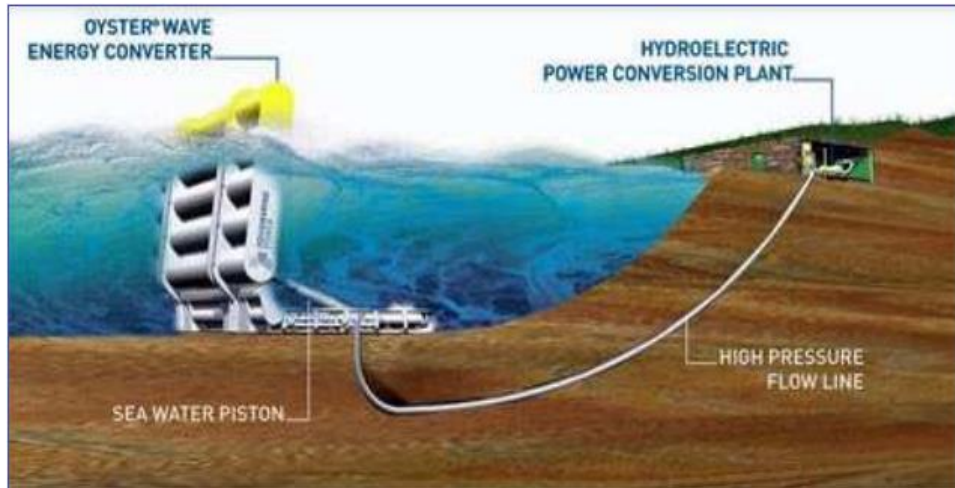
Altan Menteşeli Kapak Modeli

Altan menteşeli kanat modeli Şekil 3.4'te önden ve yandan görünüş olarak verilmiştir (Qui ve ark., 2013).

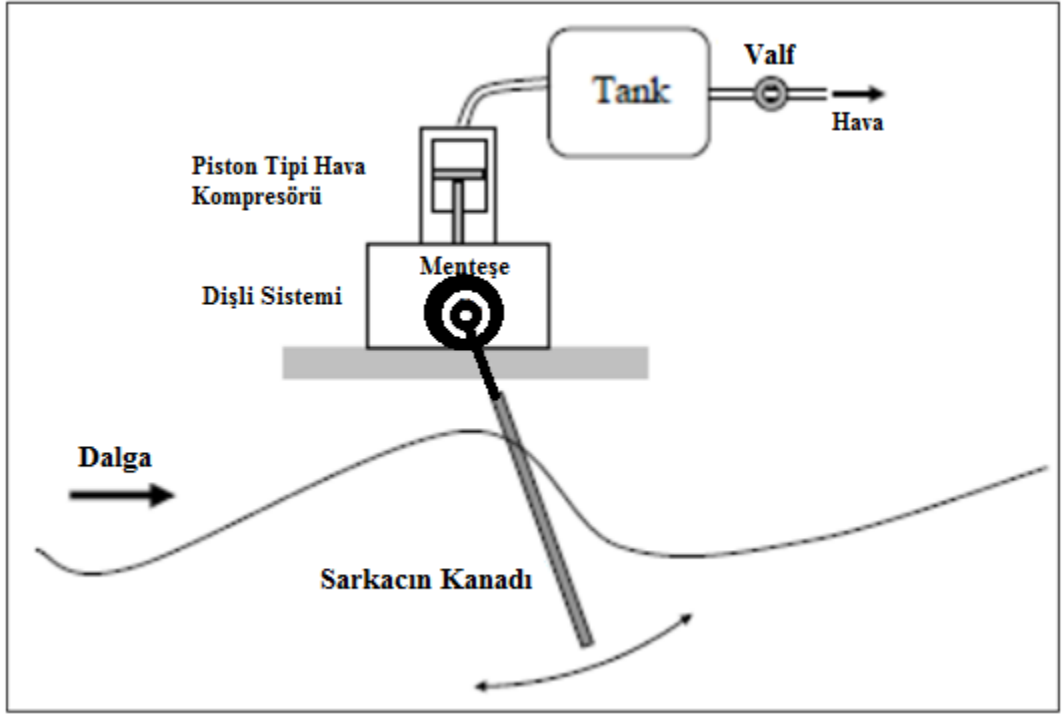


Şekil 3.4 Altan Menteşeli Kapak Modeli

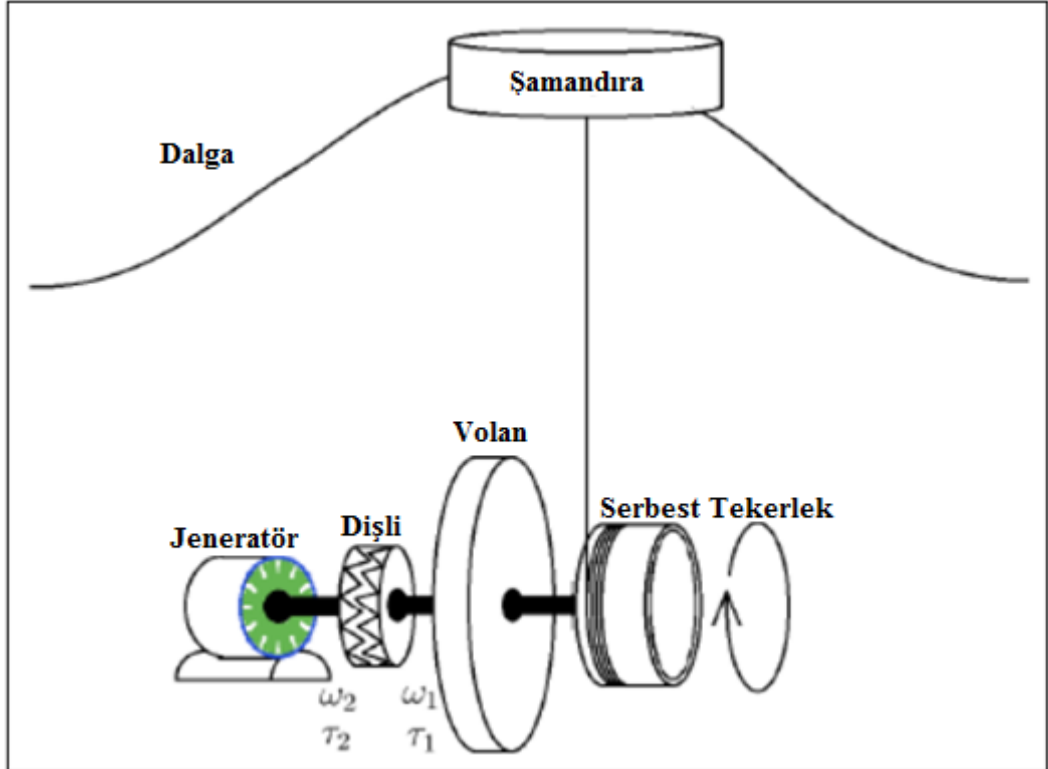
Sabit tip sarkaç dalga enerjisi dönüştürücü, yüksek enerji dönüştürme verimliliğine sahip bir tür hareketli gövde tipi dalga enerjisi dönüştürücüsüdür. Kanatın hareketi, hidroelektrik türbini, dişli aktarma sistemi aracılığıyla bir hava kompresörünü çalıştırmak üzere bir deniz tabanının altına boru hattı yoluyla yüksek basınçlı suyu kıyıya iten bir hidrolik pistonları çalıştırabilir (Hydro International, 2009).



Şekil 3.5 Flap Tahrikli Hidrolik Pompa Sistemi (Hydro International, 2009.)



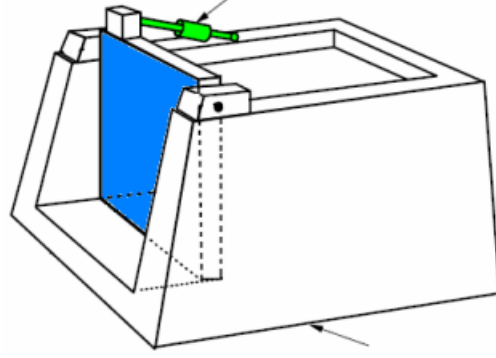
Şekil 3.6 Sarkaç Tipi Dalga Enerjisi Dönüştürücülü Basınçlı Hava Üretim Sistemi



Şekil 3.7 Volan Sistemi Dalga Enerjisi Dönüştürücü

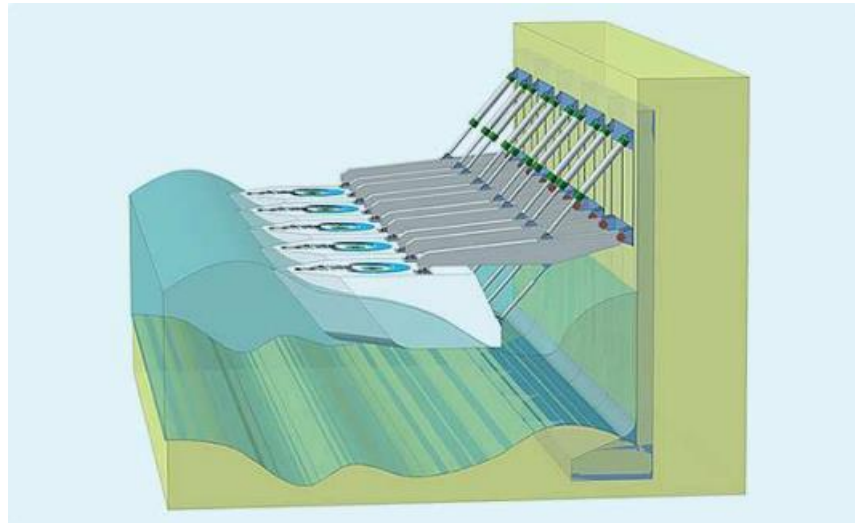
Üstten Mentşeli Kanat Modeli

Bu sistem sırasıyla sarkaç kanadı ve dalga klapesi olarak adlandırılan iki ayrı şekilde uygulanır. Flap sarkaç sistemi, Şekil 3.8'de gösterildiği üzere, bir ucu deniz yönünde açılabilen, paralel yüzölçümlü bir beton kutudan oluşmaktadır (Rodrigues, 2008).



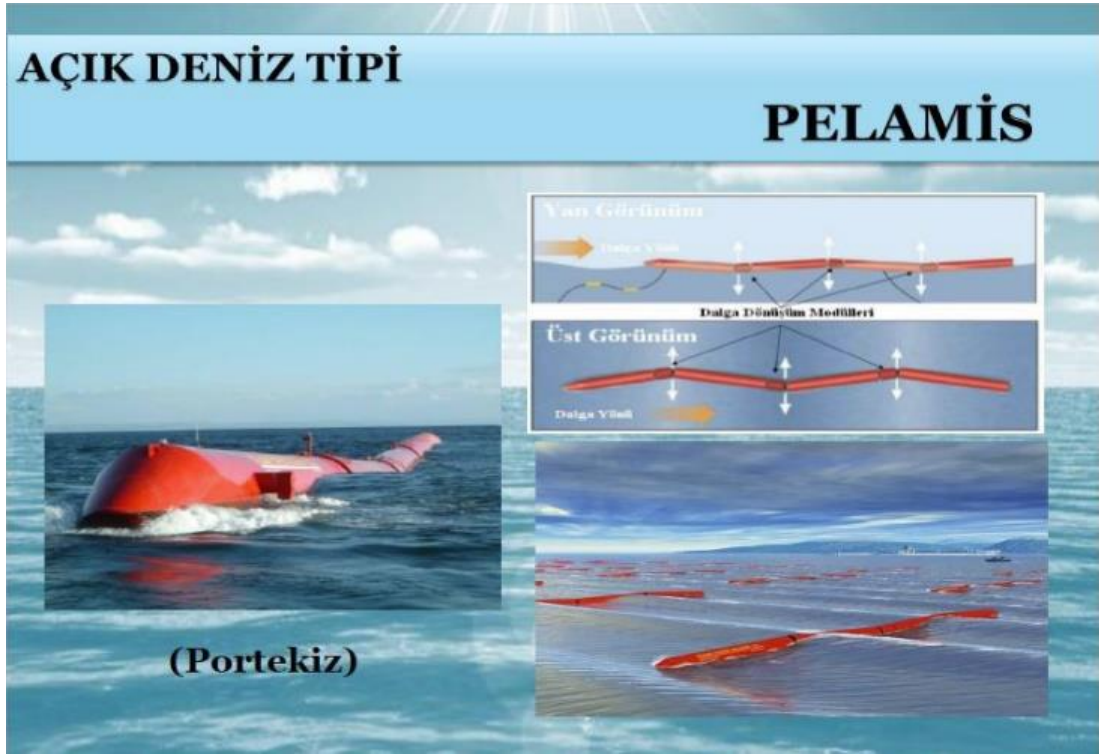
Şekil 3.8 Sarkaç Kanat Sistemi (Rodrigues, 2008.)

Sarkaç dalga tokmağı sistemi, alan kısıtlamaları olan, büyük ölçekli yüzdürücüleri uygulamak için yeterli alan olmayan yerler için tasarlanmıştır. Wave Clapper, dalga enerjisini elektrik enerjisine dönüştürmek için kullanılan basit ve etkili bir yöntemdir. Plakaların dalganın etkisiyle birbirine çarpması sonucu, hidrolik veya mekanik sistemler aracılığıyla enerji ortaya çıkar ve daha sonra jeneratörler aracılığıyla elektrik enerjisi üretilir. (Eco Wave Power, 2023).



Şekil 3.9 Sarkaç Dalga Tokmağı Sistemi (Eco Wave Power, 2023.)

Tipik bir yatay şamandıra çeşidi; “Pelamis Dalga Enerji Dönüştürücüsü”dür. Pelamis deniz yılanı sisteminde, mafsallı mafsallarla birbirine bağlı yarı batık silindirler sistemi oluşturmaktadır. Dalga Enerji Dönüştürücü, mafsallı mafsallarla birbirine bağlanan silindirik bölümlerden oluşan yarı batık, mafsallı bir yapıdır. Bu mafsalların dalga kaynaklı hareketine, yumuşatma akümülatörleri aracılığıyla hidrolik motorlar aracılığıyla yüksek basınçlı sıvı pompalayan hidrolik tokmaklar tarafından karşı konulur. Hidrolik motorlar, elektrik üretmek için elektrik jeneratörlerini çalıştırır. Tüm eklemlerden gelen güç, tek bir göbek kablodan deniz yatağındaki bir bağlantıya beslenir. Birkaç cihaz birbirine ve tek bir deniz yatağı kablosuyla kıyıya bağlanabilmektedir (Science Techno, 2023).

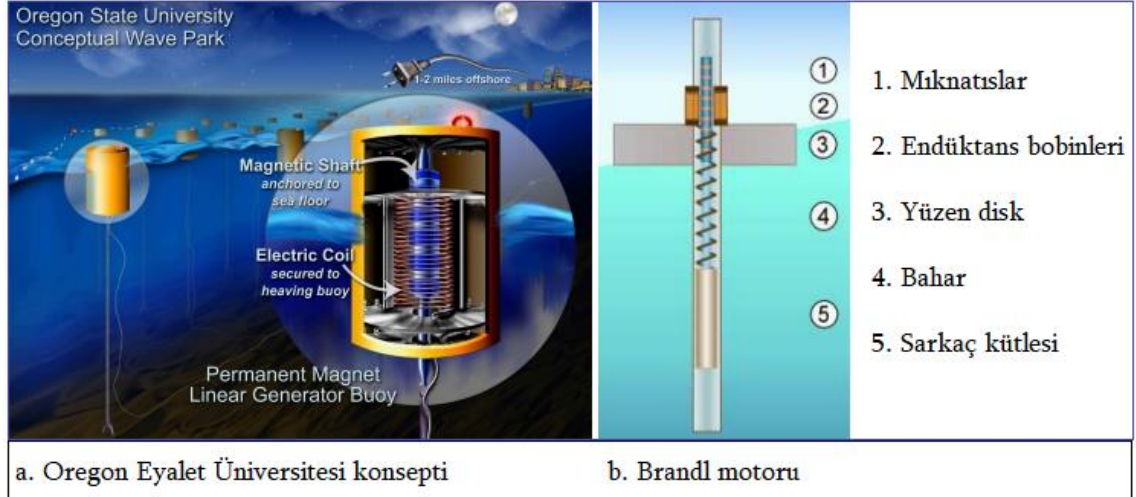


Şekil 3.10 Pelamis Dalga Enerjisi Dönüştürücü (ÇŞB, 2023)

3.4.3.2 Dikey Şamandıra Sistemi

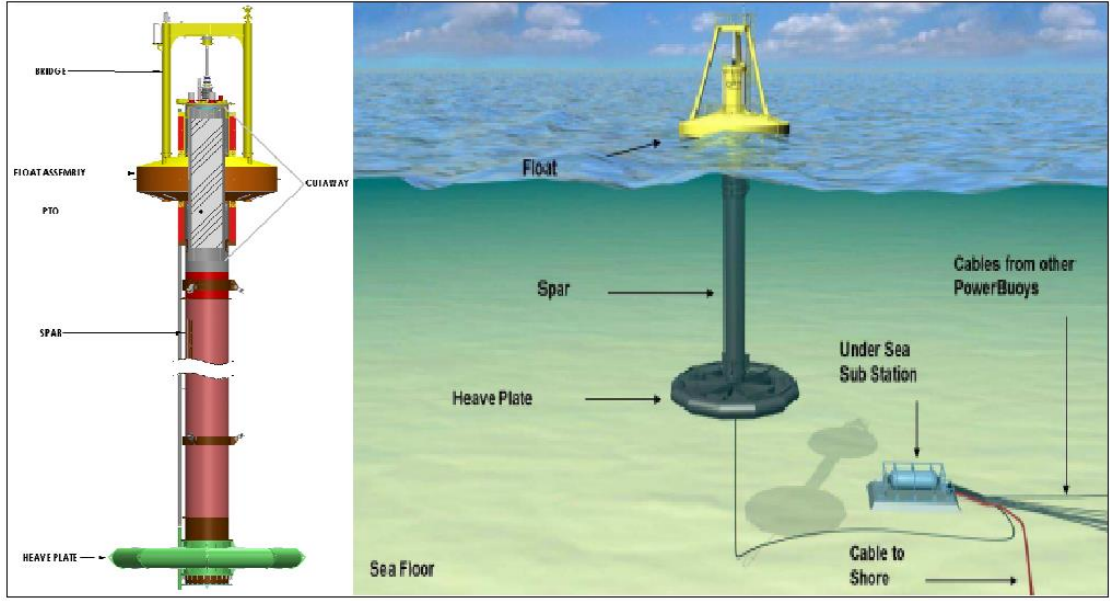
Dikey şamandıralar, kalıcı bir mıknatıs içeren bir pistonu yukarı ve aşağı hareket ettirmek için benzer şekilde kullanılabilir. Mıknatıs bir bakır tel bobin ile çevrilidir. Mıknatıs bobin içinde ileri geri hareket ettikçe otomatik olarak bir elektrik akımı üretilir. Deniz yüzeyindeki şamandıraların, dalgalar nedeniyle sallanma hareketi ya da yunuslama hareketinden enerji üretebilir (Güney, 2015).

Bu sistem iki yüzer şamandıra veya tanktan oluşmaktadır. Dikey şamandıra sistemi ile akım jeneratöre gerek kalmaksızın doğrudan üretilir. Bir yay aracılığıyla asılı duran sarkaç kütlesi, dögüsel olmayan bir şekilde yukarı ve aşağı hareket eder. Bu kütle, endüktans bobinleri boyunca hareket ederken bir elektrik akımı indükleyen doğrudan bağlı mıknatısları çalıştırmaktadır. Bu sistem, pnömatik ve hidrolik dönüştürme adımlarının kullanımına ihtiyaç duymaz (Altaş ve Şahin, 2019).



Şekil 3.11 Dikey Şamandıralar ve Doğrudan Miknatıs Sistemi

Şekil 3.12'de gösterildiği gibi bir şamandıra, direk ve ağır levhadan oluşan PowerBuoy gibi dalga enerjisi dönüşümü için dikey şamandıralarda birçok uygulama vardır. Şamandıra, dalganın etkisiyle direk üzerinde aşağı ve yukarı hareket eder. Ağır plaka, direği oldukça sabit bir şekilde tutar. Şamandıranın direğe göre bağlı hareketi, direğin içinde bulunan ve şamandıranın doğrusal hareketini döner bir harekete dönüştüren mekanik bir sistemi çalıştırır. Dönme hareketi, deniz altı elektrik kablosu nedeniyle iletilen elektriği üreten elektrik jeneratörlerini çalıştırır (Kaplukan, 2014).



Şekil 3.12 Powerbuoy Şeması (OPT 2023)

Tüm dalga enerjisi kurulumları; çalışma ortamı, güç dönüştürücü veya PTO ile bağlama sistemi olmak üzere üç temel bölümden oluşmaktadır. Çalışma ortamı su ile anında temas halindedir ve hareketler gerçekleştirir. Çalışma ortamı, suyun enerjisini başka tür bir enerjiye dönüştürerek daha fazla dönüşüm için daha uygun hale getirir. PTO, çalışma ortamı tarafından biriken enerjiyi mesafe üzerinden iletmeye veya anında kullanıma uygun enerji türüne dönüştürmek için tasarlanmıştır. Bağlama sistemi, dalga enerjisi dönüştürücüyü yerinde tutar (López ve ark., 2013).

Açık deniz konumlarında dalga enerjisi dönüştürücülerin konuşlandırılması, okyanus topografyasında yapay yapılar ortaya çıkarır. Ayrıca, dalga enerjisi dönüştürücülerin kıyıya ulaştıklarında dalgalardan enerji aldıkları ve dalgaların neredeyse her zaman mevcut oldukları için kıyı erozyonunu fiilen azaltabildikleri de gözlemlenmiştir (Altaş ve Şahin, 2019).

Salınan su sütunları sistemi (OWC'ler), dalga yüksekliğini havanın basınçlandırmasına iletir. Basınçlı hava, elektrik üretimi için bir türbin jeneratörünü çalıştırır. Türbin ve jeneratör parçaları rüzgâr enerjisi dönüştürme sistemlerine benzemektedir. Salınan su sütunları sisteminde (OWC'ler), iki aşamalı enerji dönüşümü vardır. Bu nedenle, toplam sistem verimliliği iki farklı aşamada etkilenir. Biri su sütunundan havaya dönüşüm sırasında, diğeri ise basınçlı havadan elektriğe dönüşümdür. Bu sistemlerde genellikle Wells türbini gibi özellikli türbinler

kullanılmaktadır. Hava sıkıştırılabilir bir gaz olarak değerlendirildiğinden, türbine atıfta bulunan enerji formunun bazı kararsız davranışlarına yol açabilmektedir. Sisteme havanın alınması ve çevrimin sürekliliği için bazı özel önlemlerin dikkatle alınması gerekir (Özkop ve Altaş, 2017).

Sistem, denize yerleşik olduğu için değerli kıyı ve karasal alanlarda yer gereksinimi yoktur. Parçalar suyun dışında muhafaza edilir. Bu, malzemenin daha uzun bir kullanım ömrüne neden olabilir. Bu sistem, elektrik şebekesine kolay erişim ve bakım için kıyıya yakın inşa edilebilir.

Daralan kanal sistemi ile gel-git enerjisi dönüştürme sistemi arasında bir takım benzerlikler vardır. Daralan kanal sisteminde genellikle düşük düşülü türbinler kullanılmaktadır. Öncelikle su, baraj benzeri yapılarda biriktirildiğinden, depolanan bir potansiyel enerji vardır. Suyun bu potansiyel enerjisi, elektrik üretimi için türbinleri ve kombine jeneratörleri çalıştırır. Giderilmesi gereken en önemli konu uygun su havzası alanlarının bulunmasıdır. Teknolojisi iyi bilinen ve sorunları çözülmüş durumda olan daralan kanal sisteminin klasik hidroelektrik santrallere benzemesi önemli bir avantaj olarak görünmektedir (Waters, 2008)

Kaldırma kuvveti/salınımlı cisim sistemleri konuya özeldir ve yalnızca gelgit enerjisi dönüşümü için geliştirilmiştir. Bu dönüşüm sistemi çeşitli versiyonlarda karşımıza çıkmaktadır. Elektrik üretiminin doğrudan “Brandl Jeneratörü” gibi dalganın aşağı ve yukarı hareketini algılayan dinamolardan kaynaklanması mümkündür. Bu aşağı ve yukarı hareket, doğrusal kuvvetleri dönme hareketine dönüştüren sonsuz dişli pinyon tarafından alınabilir. Ayrıca hidrolik lineer aktüatör, hidrolik motor kombine klasik jeneratörü çalıştırabilen hidrolik sıvıyı basınçlandırmak için kullanılabilir. Ancak ara konvertör olarak hidrolik sistemler kullanılıyorsa çalıştırma ve bakıma ayrıca özen gösterilmelidir. Hidrolik aktüatörler sayesinde suyu daha yüksek bir seviyeye pompalamak mümkündür (López ve ark., 2013).

4. MATERYAL VE YÖNTEM

Dalga enerjisi, bir dalga boyu boyunca su yüzeyi ve deniz tabanı arasındaki su kütlelerinin toplam enerjisidir. Bu enerji, dalga boyunun yarısına kadar olan derinlikte yaklaşan bir dalga için, yarı potansiyel enerji ve yarı kinetik enerji olarak ifade edilebilir. Potansiyel enerji, dalga boyunun yarısına kadar olan derinlikte su kütlelerinin yüksekliği ile doğru orantılıdır. Bu yükseklik arttıkça, potansiyel enerji de artar. Kinetik enerji ise, su kütlelerinin hareketinden kaynaklanan enerjidir ve suyun hızı ile doğru orantılıdır. Dalga boyunun yarısına kadar olan derinlikte, su kütlelerinin hızı maksimum olduğundan, kinetik enerji de maksimumdur.

Derin suda, dalga boyunun yarısından daha derinlikte, dalga enerjisi sadece kinetik enerjiden oluşur. Bu durumda, su kütlelerinin hareketi, sadece yukarı-aşağı hareketi ile sınırlıdır ve suyun hareket enerjisi de sadece bu hareketten kaynaklanır. Ancak, dalga boyunun yarısına kadar olan derinlikte, potansiyel enerji de hesaba katılmalıdır çünkü su kütlelerinin hareketi daha karmaşıktır ve hem yukarı-aşağı hem de ileri-geri hareketi içerir. Bu nedenle, dalga enerjisi hesaplanırken, dalga boyunun yarısına kadar olan derinlikteki su kütlelerinin hem potansiyel hem de kinetik enerjisi hesaba katılırken, dalga boyunun yarısından daha derin suda sadece kinetik enerji hesaba katılır.

Bir dalganın kinetik enerjisi,

$$KE = \int_{-d}^0 \int_0^1 \frac{\rho}{2} (u^2 + w^2) dx dz$$

Bu integral, belli bir anda birim genişliğe sahip $dx dz$ hacmindeki bir akışkan partikülünün kinetik enerjisini ifade etmektedir. Hız ifadelerinin denklemleri, KE denklemine konulduğu zaman belli bir anda örneğin $t=0$ anında kinetik enerji

$$KE = \frac{1}{4} \rho g a^2 L$$

şeklinde elde edilmektedir.

Potansiyel enerji (PE), sakin su yüzeyinden suyun düşey olarak yer değiştirmesi için yapılan iş olduğuna göre;

$$PE = \int_0^L \frac{1}{2} pg \eta^2 dx \left(= \int_0^L \int_d^0 pgz \eta^2 dx dz \right)$$

“ η ” bu ifadede yerine konularak çözümlenirse, birim genişlikteki bir dalga boyunca dalganın potansiyel enerjisi,

$$PE = \frac{1}{4} pga^2 L$$

ile ifade edilmektedir.

Dalga tepelerine paralel birim uzunluk için bir dalga boyunca toplam enerji $\frac{1}{2} pga^2 L'$ dir.

Potansiyel enerji ve kinetik enerji, birbirine eşit olduğunda, serbest titreşim olayı ortaya çıkar. Bu, bir sistemin potansiyel enerjisinin kinetik enerjiye dönüşmesi ve ardından tekrar potansiyel enerjiye dönüşmesi ile gerçekleşir. Dalga enerjisi de potansiyel enerji ve kinetik enerjinin dönüşümüyle meydana gelir. Dalga yayılma hızı, dalga boyunun uzunluğuna ve derinliğine bağlıdır. Dalga ilerledikçe, potansiyel enerji dalga yayılma hızı ile ileriye doğru hareket eder. Bu hareket, su kütlelerinin yukarı-aşağı hareketi ve dalga boyunun genliği ile ilişkilidir.

Kinetik enerji ise su kütlelerinin hareketinden kaynaklanır. Dalga boyunun yarısına kadar olan derinlikte, su kütlesi hem yukarı-aşağı hem de ileri-geri hareket eder. Bu hareketler, su kütlelerinin yörüngesel hareketini oluşturur ve kinetik enerjiyi oluşturur. Bu nedenle, dalga enerjisi, potansiyel enerji ve kinetik enerjinin birleşiminden meydana gelir. Dalga yayılma hızı ile ileriye yapılan hareket, potansiyel enerjinin harekete dönüşmesini sağlarken, su kütlelerinin hareketi kinetik enerjinin oluşmasına yol açar. Böylece, dalga enerjisi, su yüzeyindeki dalgaların hareketinden kaynaklanan enerjinin bir ifadesidir.

Dalğanın ilerleme doğrultusunda birim zamanda aktarılan dalga enerjisi miktarına “enerji akışı (R)” adı verilmektedir. Basınç kuvvetleri tarafından yapılan işin miktarını gösterir, aynı zamanda “R” dalga gücüdür.

$$R = \bar{E}C_g$$

$$C_g = \frac{c}{2} \left[1 + \frac{2kd}{\sinh(2kd)} \right] \text{ dir.}$$

Buradaki C_g grup hızı olarak isimlendirilir. Bu ifadede görüldüğü gibi derin suda $kd \rightarrow \infty$, grup hızı $C_g = \frac{1}{2} c_0$ ve sığ suda $kd \rightarrow 0$, $C_g = c$ olmaktadır.

Grup hızı $C_2 = nc$ ile ifade edilir. Buradan,

$$n = \frac{1}{2} + \frac{kd}{\sin(2kd)} \text{ dir}$$

derin suda $n=1/2$;

sığ suda $n=1$ dir.

Grup hızı, birbirinden farklı periyotlara ve dalga sayılarına sahip iki periyodik dalga sisteminin toplanması sonucunda oluşan dalganın ilerleme hızıdır.

Periyodik dalgalar, aynı zamanda bir dalga boyuna sahip olurlar ve belirli bir periyot süresi içinde belirli bir dalga sayısı ile karakterize edilirler. Birbirinden farklı periyotlara ve dalga sayılarına sahip iki periyodik dalga sistemi, aynı yönde hareket ederlerse birbirleriyle etkileşime girerler. Bu etkileşim sonucunda, iki dalga sistemi birleşerek tek bir dalga oluştururlar. Bu yeni dalga, özgün dalgaların etkileşiminden kaynaklanan farklı periyotlara ve dalga sayılarına sahip bileşenler içerir. Bu bileşenlerin toplamından oluşan dalga, bir grup hızına sahiptir.

Grup hızı, bileşen dalgaların hızlarının ve dalga sayılarının bir fonksiyonu olarak belirlenir. Bu nedenle, grup hızı, bileşen dalgaların farklı periyotları ve dalga sayılarına bağlı olarak değişebilir. Bu kavram, dalga hareketinin birçok farklı uygulamasında önemlidir. Örneğin, okyanus dalgaları, birçok farklı dalga bileşeninden oluşur ve bu bileşenlerin toplamından oluşan dalga, okyanus dalgalarının grup hızını belirler. Bu nedenle, grup hızı, dalga hareketi ile ilgili çeşitli fenomenlerin anlaşılması için önemli bir kavramdır.

Bu tez çalışmasında Ordu ilinin Gülyalı ilçesi sahili açıklarında bulunan 17397 nolu istasyonu “Ordu Şamandıra”nın 2021 yılı verileri kullanılarak dalga enerjisi potansiyeli hesaplanmıştır.

5. BULGULAR VE TARTIŞMA

Dünya üzerindeki dalga enerjisi potansiyeli en yüksek alanlar, Kuzey ve Güney yarım kürenin 40°-60° enlemleri arasında kalan bölgeler olduğuna değinilmektedir. Ancak, en yüksek yıllık ortalama dalga enerjisi potansiyeline sahip alanın Güney yarım kürede yer alan 40°-60° enlemleri arasında olduğu belirtilmektedir (López ve ark., 2013). Dalga enerjisi açısından zengin bölgelerin net dalga gücü değerleri Çizelge 5.1.'de verilmiştir. Bu bilgi, dalga enerjisi potansiyeli yüksek bölgelerin potansiyel enerji üretim kapasitelerini göstermektedir. Bu bölgelerin tespit edilmesi, dalga enerjisi üretimi için uygun bölgelerin belirlenmesine ve bu alanlarda yatırım yapılmasına olanak sağlamaktadır (Barstow ve ark., 2010).

Çizelge 5.1 Dalga Enerjisi Bakımından Zengin Olan Kimi Bölgelerin Net Dalga Gücü (Altaş Ve Şahin, 2019.)

Bölge	P _{net} (GW)
Avustralya Ve Yeni Zelanda	574
Güney Amerika (Batısı)	324
Avrupa (Kuzeyi Ve Batısı)	286
Güneydoğu Asya Ve Malezya	283
Kuzey Amerika (Batısı)	207
Güney Amerika (Doğusu)	202

Türkiye'nin üç tarafının denizlerle çevrili ve kıyı uzunluğu yaklaşık 8.210 km'dir. Ancak, Türkiye'nin her kıyı bölgesinin dalga enerjisi potansiyeli, küçük ölçekli dalga enerjisi sistemleri kurmak için uygun değildir. Türkiye'nin toplam sahil uzunluğunun yaklaşık beşte biri, 18.5 TWh/yıl (yaklaşık 2.11GW) dalga enerjisi teknik potansiyeline sahiptir. Bu, Türkiye'nin potansiyel olarak önemli bir dalga enerjisi kaynağı olduğunu göstermektedir. Ancak, bu potansiyelin tam olarak değerlendirilmesi için uygun teknolojilerin geliştirilmesi ve yatırımların yapılması gerekmektedir (Sağlam ve ark., 2010).

“Türk Kıyı Rüzgarları ve Derin Dalga Atlası” verilerinden yararlanarak yaklaşık belirgin dalga yüksekliği (H) ve dalga periyodu (T) değerleri ile minimum

enerji akışı için aylık ortalama, maksimum enerji akışı için aylık ortalamaların matematik ortalaması ve en büyük değerlerin en düşük olan değerleri kullanılarak hesaplanan Türk sularının kullanıma hazır yaklaşık azami ve asgari dalga enerji seviyeleri Şekil 5.1'deki haritada gösterilmiştir.



Şekil 5.1 Türkiye Dalgı Enerjisi Potansiyeli Haritası (ÇŞB, 2023)

Denizlerimizin dalgı enerji potansiyeli değerleri; Karadeniz 1.96-4.22 kWh/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 olarak değerlendirilmektedir. (ÇŞB, 2023)

Rusu (2009) tarafından verilen bilgilere göre, Türkiye'nin dalgı enerji potansiyeli 4-17 kW/m (m: dalgı tepe uzunluğu) dalgı gücü aralığında kullanılabilir kaynak olarak yaklaşık 10 TWsaat/ yıl olarak ifade edilmiştir. Batı Karadeniz bölgesi, İstanbul Boğazı'nın kuzey tarafı ve Marmaris, Finike arasındaki Ege Denizi'nin güneybatı kıyıları dalgı enerji için en iyi mevkiler olarak önerilmiştir (Sağlam ve ark., 2010).

Karadeniz Bölgesinin dalgı enerji potansiyelini araştırmak amacıyla bilimsel birkaç çalışma gerçekteşirilmiştir (Rusu, 2009; Akpınar ve Kömürcü, 2013; Aydoğan ve ark., 2013). Akpınar ve Kömürcü (2013) Karadeniz'in 15 yıllık sayısal verilerinden hareketle dalgı enerji potansiyeli araştırmıştır. Bu çalışmada, Karadeniz'in güneybatı kıyılarının, bir dalgı enerji çiftliği kurmak için en uygun yer olarak önerildiği belirtilmektedir. Karadeniz'in batı bölgelerinin, özellikle güneybatıda yıllık ortalama dalgı enerji kaynağının 3 kW/m'ye kadar çıktığı tespit edilmiştir. Bu da doğu

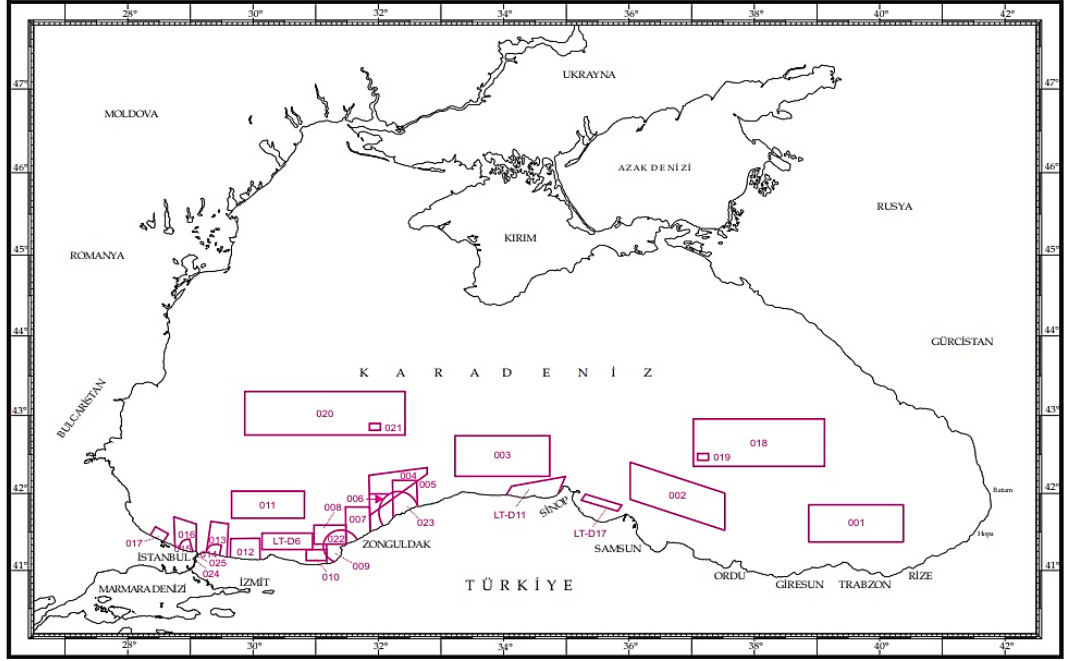
bölgelerden daha enerjik dalgalara sahip olduğunu göstermektedir. Bu bilgi, Karadeniz'in potansiyel bir dalga enerjisi kaynağı olduğunu ve güneybatı kıyılarının özellikle dikkate alınması gerektiğini ortaya koymaktadır. Ancak, bu potansiyelin değerlendirilmesi için uygun teknolojilerin geliştirilmesi ve yatırımların yapılması gerekmektedir. Ayrıca, bu bölgedeki çevresel faktörlerin de göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Aydoğan ve ark. (2013) tarafından yapılan çalışmada ise Karadeniz'in dalga enerjisi potansiyeli, batıdan doğuya doğru azalmaktadır. Güneybatı bölgesinde en yüksek ortalama dalga gücü yaklaşık 7 kW/m ve doğu kesiminde ortalama dalga gücü yaklaşık 3 kW/m olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, Sinop'un 10 MWh/m dalga güç akısı ile en yüksek değere sahip olduğu ve diğer kıyı şeridi illerinin yıllık dalga enerjisi potansiyelinin yaklaşık 6 MWh/m olduğu belirtilmiştir. Bu potansiyel, 0.5-2 m belirgin dalga yüksekliklerine ve 2-5 s dalga periyotlarına sahip dalgaların oluşturduğu tespit edilmiştir. Bu veriler, Karadeniz'in dalga enerjisi potansiyeli açısından farklı bölgeleri arasındaki farklılıkları göstermektedir. Ayrıca, bu veriler, Karadeniz'in birçok yerinde dalga enerjisi çiftlikleri kurmak için uygun koşulların olduğunu ortaya koymaktadır.

Ülkemizde gerçek dalga enerjisi uygulamaları konusunda gerçekleştirilen ciddi prototip denemelerinden biri, Ulusal Bor Araştırma Enstitüsü (BOREN) ve Türkiye Elektromekanik Sanayi A.Ş. (TEMSAN) iş birliğiyle Sakarya'nın Karasu ilçesinde gerçekleştirilen ve 15 Şubat 2008'de başlatılmış olan "Dalga Enerjisinden Elektrik Üretimi" projesidir. 5 kW güce sahip ve mobil olarak tasarlanmış olan sistem 4 adet duba, jeneratör ve şamandıradan oluşmaktadır. Sistem dikey dalga hareketlerinin şamandıra ve jeneratöre iletilmesiyle çalışmaktadır (Kaplukan, 2014).

Batı Karadeniz Kalkınma Ajansı (BAKKA) tarafından 27 Mart 2017'de yapılan duyuruda Avustralya menşeli CSG Exploration and Production Services firmasıyla yapılan görüşmelerde Zonguldak'a bir pilot tesis kurulmasının istendiği ve firmanın 50 kW güce sahip bu tesisi kurmayı kabul ettiği ifade edilmiştir (BAKKA, 2017).

Dalgadan enerji üretiminde Ordu Büyükşehir Belediyesi'nin iştiraki OREN Ordu Enerji ile İsraili Eco Wave Power (EWP), Türkiye'nin ilk, dünyanın da en büyük dalga enerjisi santralini Ordu'ya inşa edilmesi için el sıkışmış, anlaşma 15 Aralık

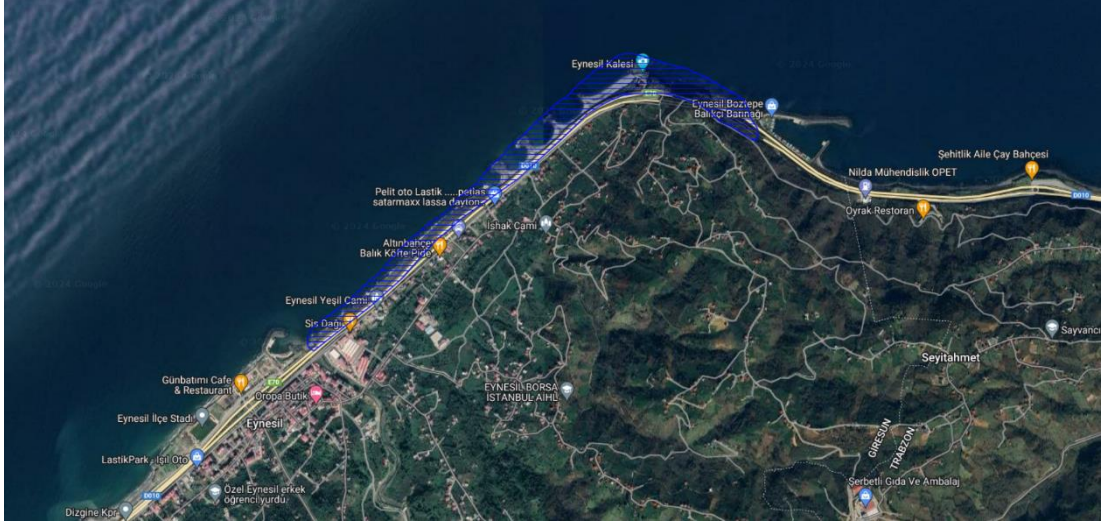
2022'de İsrail Büyükelçiliği'nin sosyal medya hesabından duyurulmuştur. Ordu Büyükşehir Belediyesi ve İsraili Eco Wave Power, yaptıkları çalışmada Ordu'da 9 yerde ölçüm yapmıştır. Toplamda 77 megavatlık potansiyel tespit edilmiş olup, ilk etapta 150 milyon dolarlık yatırımla 4 megavatlık pilot bir tesis için çalışmalara başlanılmıştır. (AA, 2023)



Şekil 5.2 Karadeniz Askeri Eğitim ve Atış Sahaları (Seyir, Hidrografi ve Oşinografi Dairesi Başkanlığı, 2022)

Seyir Hidrografi Oşinografi Dairesi Başkanlığınca kullanıcılara açık erişim olarak sunulan, Karadeniz’de bulunan Askeri Eğitim ve Atış Sahaları Haritası, Şekil 5.2’de gösterilmiştir. Bu haritaya göre, Ordu ve Giresun sahilleri kıyı şeridi askeri atış ve eğitim sahasında bulunmamakta olup, dalga enerjisi tesisi kurmak için potansiyel bölgelerdir.

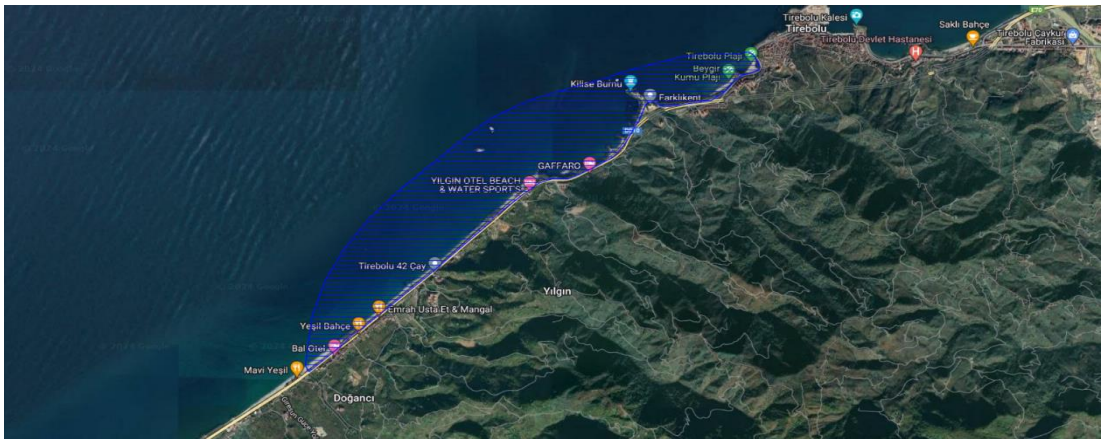
Giresun ilimizin sahil şeridinde doğal sit alanı içerisinde bulunan bölgeler Şekil 5.3, 5.4, 5.5 ve 5.6’da gösterilmiştir. Ordu ilimizin sahil şeridinde doğal sit alanı bulunmamaktadır.



Şekil 5.3 Eynesil Kıyı Kesimler Doğal Sit Alanı (ÇSB, 2024)



Şekil 5.4 Görele Karaburun Sit Alanları (ÇSB, 2024)



Şekil 5.5 Tirebolu Kilise Burnu Sit Alanları (ÇSB, 2024)



■ NİTELİKLİ DOĞAL KORUMA ALANI

Şekil 5.6 Giresun (Aretias) Adası Doğal Sit Alanı (ÇSB, 2024)

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Ülkemizde Karadeniz kıyılarının dalga enerjisi potansiyeli yüksek olarak değerlendirilmektedir. Kıyıdan uzak olarak kurulan santrallerde üretilmiş olan enerjinin lityum iyon piller vasıtasıyla karaya iletilmesi gerekmektedir. Bu nedenle bakım-onarım operasyonlarının maliyetleri, enerji nakil maliyetleri ve pil ömrünün sınırlılığını düşündüğümüzde rantabl olmamaktadır.

Kıyı tipi dalga enerjisi sistemlerde üretilen dalga enerjisinin kablolar aracılığıyla nakledilmesi, bakım-onarım operasyonlarının maliyetinin kıyıdan uzak sistemlere göre daha düşük olması nedeniyle Ordu ve Giresun illerimizde daralan kanal (tapchan) ve sabit salınımlı su sütunları (OWC) tipi sistemlerin kurulmasının hem da hekonomik hem de daha verimli olacağı değerlendirilmektedir.

Çizelge 6.1 Ordu İlinin Dalga Ortalaması Ve Ortalama Gücü

Dalga Yüksekliği Ortalaması (m)	Dalga Periyodu Ortalama (sn)	Dalga Yönü Ortalama (°)	Pik Dalga Periyodu Ortalama (sn)	Ortalama Güç (kW/m)	En Yüksek Güç (kW/m)
1,11	7,58	185,92	3,09	1,93	4,58

Ordu ilinin Gülyalı ilçesi sahili açıklarında bulunan 17397 nolu istasyonu “Ordu Şamandıra”nın 2021 yılı verilerine göre ortalama dalga yüksekliği 1,11 m, ortalama dalga periyodu 7,58 sn, ortalama dalga yönü 185,92°, ortalama pik dalga periyodu 3,09 sn, ortalama güç 1,93 kW/m ve en yüksek güç 4,58 kW/m olarak hesaplanmış olup Çizelge 6.1’de gösterilmektedir.

Aynı istasyon verilerine ait akıntı yönü ve akıntı hızı ortalamaları Çizelge 6.2’de gösterilmektedir.

Çizelge 6.2 Ordu İlinin Ortalama Akıntı Yönü Ve Hızı

Ortalama Akıntı Yönü 5m (°)	Ortalama Akıntı hızı 5m (cm/san.)	Ortalama Akıntı Yönü 25m (°)	Ortalama Akıntı hızı 25m (cm/san.)	Ortalama Akıntı Yönü 50m (°)	Ortalama Akıntı hızı 50m (cm/san.)
290,00	15,83	235,00	13,72	231,00	19,29

Ordu ve Giresun illerimizin, Şekil 5.2’de belirtilen askeri eğitim atış sahalarının dışında olmaları, bu şehirlerimizdeki limanların gelişmişlik düzeyleri,

deniz turizminin ve deniz trafik yoğunluklarının düşük olması dikkati alındığında, dalga enerjisi üretimine elverişli potansiyel bölgeler barındırmaktadır.

Ordu ve Giresun illerimizde nüfusun ve sanayileşmenin sahil şeridinde yoğun olması, dalga enerjisi ile üretilen enerji ihtiyacının, tüketim alanlarında karşılanabilmesi çok büyük avantajlar sağlayacaktır.

Bu şehirlerimizde verimliliğinin %15-40 arası olduğu varsayılan kıyı tipi bir dalga enerjisi dönüştürücü sistem ile 1 mW'lık bir tesisin kurulum maliyeti yaklaşık 40 milyon dolar olarak öngörülmektedir. Bir hanenin aylık ortalama enerji tüketimini 500 kWh/ay olarak düşündüğümüzde, üretilen enerjinin yaklaşık 1.500 hanenin ihtiyacını gidereceği değerlendirilmektedir.

Bu çerçevede, ülkemizin kuzey kıyısında bulunan Ordu ve Giresun illerimizdeki dalga potansiyelinin gelişen teknoloji ile reel değerlerinin tespiti için daha fazla ölçüm istasyonu ile daha uzun süreli çalışmalar yapılmalı, pratik çalışmalar en kısa zamanda hayata geçirilmelidir.

Ülkemizin enerjide dışa bağımlılığının azaltılması, ancak yerli kaynaklar ve potansiyel yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesiyle mümkündür. Bu bağlamda; denizlerimizin çevreye etkisi az, sürekli ve sonsuz olarak öngörülen dalga enerjisi potansiyeli göz önünde bulundurulmalı, enerji politikaları ve planlamaları bu doğrultuda belirlenmelidir.

7. KAYNAKLAR

- AA, (2023) Anadolu Ajansı <https://www.aa.com.tr/tr/ekonomi/orduda-dunyanin-en-buyuk-dalga-enerjisi-santrali-icin-baharda-ilk-kazma-vurulacak/2768016> (Erişim tarihi: 14.11.2023)
- Aknerdem, F. (2007). Türkiyede biyoyakıtlar ve hammadde temini. Biyoyakıtlar ve Biyoyakıt Teknolojileri Sempozyumu Bildiriler Kitabı. TMMOB, Kimya Mühendisleri Odası.12-13 Aralık, 2007, s. 63-70, Ankara.
- Akpınar A. ve Kömürcü M. İ. (2013). Assessment of wave energy resource of the Black Sea based on 15-year numerical hindcast data, *Applied Energy*, 101, 502-512.
- Al-Habaibeh, A., Su D., Mc Cague J., Knight A. (2010). An innovative approach for energy generation from waves, *Energy Conversion and Management*, 1664-1668,
- Altaş, İ. H. ve Şahin, E. (2019). Dünyada ve Türkiye’de Dalga Enerjisi, *Elektrik Mühendisliği*, 465, 43-53.
- Andersen, T. L.; Frigaard, P. (2012). Lecture Notes for the Course in Water Wave Mechanics, *Department of Civil Engineering*, Aalborg University.
- Aras, H. (2004). Wind energy status and its assessment in Turkey. *Renewable Energy* 28, 2213–2220.
- Arena. (2022). *What is ocean energy?* <https://arena.gov.au/renewable-energy/ocean/>, (erişim tarihi: 02.03.2023).
- Aydoğan, B., Ayat, B. ve Yüksel, Y. (2013). Black Sea wave energy atlas from 13 years hindcasted wave data, *Renewable energy*, 57, 436-447.
- BAKKA. (2017). *Türkiye’de Bir İlk!* <https://www.bakka.gov.tr/haber/turkiye-de-bir-ilk/832>, (Erişim tarihi: 02.04.2023).
- Barstow, S., Mork, G., Kabuth, A. ve Pontes M.T. (2010). Assessing the global wave energy potential, ASME 29th International Conference on Ocean, *Offshore and Arctic Engineering, Shanghai, Bildiriler Kitabı*, 447-454.
- Bayrak, M. ve Esen, Ö (2014). *Türkiye’nin Enerji Açığı Sorunu Ve Çözümüne Yönelik Arayışlar*. Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 28(3), 139-158.
- Clément, A., Falcão, A., Lewis, T., Fiorentino, A., McCullen, P., Gardner, F., Hammarlund, K., Sørensen, H. C., Lemonis, G., Nielsen, K., Petroncini, S., Schild, B.-O., Pontes, M.-T., Sjöström, P., and Thorpe, T. (2002). Wave energy in Europe: current status and perspectives. *Renew. Sust. Energy Rev.*, 2002, 6(5), 405–431.
- Conserve Energy Future. (2018). *Tidal Energy: How it Works and Examples of Tidal Energy Projects*, conserve-energy-future.com, (Erişim tarihi: 02.04.2023).
- ÇŞB (2023), Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı – Vizyon 2023 Sunumu) <https://webdosya.csb.gov.tr/db/edirne/haberler/6-dalga-enerj-s--n-hat-20200623085536.pdf> (Erişim Tarihi: 15.05.2024)

- ÇŞB (2024), Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı – Sit Alanları <https://www.csb.gov.tr/sit-alanlari> (Erişim Tarihi: 15.05.2024)
- Demir, İ. (2008). OPEC: Güçlü Bir Kartel. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Dergisi*, 1(18), 231-246.
- Doğanay, H. (1991). *Enerji kaynakları*. Erzurum: Kazım Karabekir Eğitim Fakültesi Yayınları.
- Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Yenilenebilir Enerji Dairesi Başkanlığı, Sıkça Sorulan Sorular <https://enerji.dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/779> (Erişim tarihi: 02.04.2024).
- Drew, B., Plummer, A. R., & Sahinkaya, M. N. (2009). A review of wave energy converter technology. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Journal of Power and Energy*, doi:10.1243/09576509JPE782.
- Eco Wave Power. (2023). Eco Wave Power to Unveil its First US Based Wave Energy Power Station, *Renewable Energy Magazine*, https://www.renewableenergymagazine.com/ocean_energy/gt-eco-wave-power-to-unveil-20230111, (Erişim tarihi: 02.04.2023).
- Edenhofer O., Hansen G., Pichs-Madruga R., Kadner S., Von Stechow C., Seyboth K., Eickemeier P., Zwickel T., Schlomer S., Sokona Y.ve Matschoss P. (2012). *Renewable energy sources and climate change mitigation: Special report of the intergovernmental panel on climate change*, Cambridge University Press.
- EESI. (2021). Energy Efficiency, <https://www.eesi.org/topics/energy-efficiency/description>, (Erişim tarihi: 07.06.2021).
- EİA. (2022). U.S. primary energy consumption by energy source, 2021, <https://www.eia.gov/energyexplained/us-energy-facts/> (Erişim tarihi: 17.04.2023).
- ETKB (2024), Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Enerji İşleri Genel Müdürlüğü <https://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklar-ruzgar> (Erişim Tarihi: 04.04.2024)
- Evrendilek, F. And C. Ertekin (2003). Assessing the potential of renewable energy sources in Turkey. *Renewable Energy* 28, 2303-2315
- Gerek, N. (1990). “Kısmi Süreli Çalışmaların Bireysel İş Hukukumuzda Yarattığı Sorunlar”, TÜHİS. C.XII. S.2. 3.
- Gomes R.P.F, Henriques J.C.C, Falcão A.F.O., & Gato L.M.C. (2012). Hydrodynamic optimization of an axisymmetric floating oscillating water column for wave energy conversion, *Renewable Energy*, 44, 328e339
- Gülsaç, I. I. (2009), Okyanuslardan Gelen Enerji, Dalga Enerjisi, *Bilim ve Teknik Dergisi*, 58-61.
- Güney, M. Ş. (2015). Wave energy conversion systems. *Journal of Naval Science and Engineering*, 11(2), 25-51.
- Hazra, S. ve ve Bhattacharya, S. (2016). Hybrid energy storage system comprising of battery and ultra-capacitor for smoothing of oscillating wave energy, *Energy*

- Conversion Congress and Exposition (ECCE)*, Eylül 2016, Milwaukee, Bildiriler Kitabı: 1-8.
- Hepbasli, A., A. Ozdamar, and N. Ozalp (2001). Present status and potential of renewable energy sources in Turkey. *Energy Sources* 23, 631–648.
- Hydro International, (2009). *Oyster Wave Power Wins Innovator Of The Year*, hydro-international.com, (Erişim tarihi: 02.04.2023).
- İEA. (2020). World Energy Balances: Overview- Statistics report, <https://www.iea.org/reports/world-energy-balances-overview>, (Erişim tarihi: 24.06.2021).
- İnan, D. (2001). *Geçmişten Bugüne Enerji Kullanımı, Temiz Enerji*. Ankara: Vakıf Yayınları.
- Kapluhan, E. (2014). Enerji Coğrafyası Açısından Bir İnceleme: Dalga Enerjisinin Dünyada’ki ve Türkiye’deki Kullanım Durumu, *Uluslararası Avrasya Sosyal Bilimler Dergisi*, 5, 17 65-86.
- Karanfil, G. (2020). Proton Değişim Membran Yakıt Hücreleri: Termodinamiği, Bileşenleri ve Uygulama Alanları. *Mühendis ve Makine*, C. 61, S. 698, s. 57-76.
- Kaygusuz, K. (2003). Energy policy and climate change in Turkey. *Energy Convers. Manage.* 44, 1671–1688.
- Lindroth S., (2011). Buoy and Generator Interaction with Ocean Waves, PhD Thesis from Faculty of Science and Technology, Uppsala University, *Wave Dragon*, http://www.wavedragon.net/index.php?option=com_content&task=view&id=6, (Erişim tarihi: 02.04.2023).
- López I., Andreu J., Ceballos S., De Alegría I.M. ve Kortabarria I. (2013). Review of wave energy technologies and the necessary power-equipment, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 27 413-34.
- McCormick M. (1981). *Ocean Wave Energy Conversion*, Wiley, New York,
- NRDC. (2021). What Is Climate Change? <https://www.nrdc.org/stories/what-climate-change>,
- Ocak, M., Z. Ocak, S. Bilgen, S. Keles-, and K. Kaygusuz (2004). Energy utilization environmental pollution and renewable energy sources in Turkey. *Energy Convers. Manage.* 45, 845–864.
- Ogulata, R. T. (2003) Energy sector and wind energy potential in Turkey. *Renewable & Sustainable Energy Rev.* 7, 469–484.
- OPT (2023), <http://www.oceanpowertechnologies.com/technology/> (Erişim Tarihi: 03.08.2023)
- Özkop, E. ve Altaş, I. H. (2017). Control, power and electrical components in wave energy conversion systems: A review of the Technologies, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 67, 106-115.
- Pelc R. ve Fujita R.M. (2002). Renewable energy from the ocean, *Marine Policy*, 26(6), 471-479.

- Qui S., Ye J., Wang D., Liang F. (2013). Experimental Study on A Pendulum Wave Energy Converter, *China Ocean Eng.*, 27(3), 359-368
- REN21. (2015). *Renewables 2015 Global Status Report*, chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2015_Full-Report_English.pdf, , (Erişim tarihi: 02.04.2023).
- Ringwood J.V., Bacelli G. ve Fusco F. (2014). Energymaximizing control of wave-energy converters: the development of control system technology to optimize their operation, *IEEE Control Systems*, 34(5), 30-55.
- Rodrigues, L. (2008). Power conversion systems for electrical energy production, *RE & PQJ.*, 1(6), No.601-607).
- Rusu, E. (2009). Wave energy assessments in the Black Sea, *Journal of marine science and technology*, 14(3), 359-372.
- Sağlam, M., Sulukan, E. ve Uyar, T. S. (2010). Wave energy and technical potential of Turkey, *Journal of Naval Science and Engineering*, 6(2), 34-50.
- Science Techno. (2023). The Pelamis Wave Energy Converter Pelamis Dalga Enerji üreteci, <https://sciencetechno.wordpress.com/2009/02/01/the-pelamis-wave-energy-converter-pelamis-dalga-enerji-ureteci/>, (Erişim tarihi: 12.04.2023).
- Seyir, Hidrografi ve Oşinografi Dairesi Başkanlığı. (2022). *Denizcilere İlanlar Yıllığı*
- Sharaf, O.Z., Orhan, M.F. (2014). “An Overview of Fuel Cell Technology: Fundamentals and Applications,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 32, 810–53.
- Söylemez, M. (1999). *A general method for calculating hydrodynamic and body forces due to rigid body motions of a structure*, Yıllık Rapor, İstanbul.
- Sydney, Mathews A. (2016). “Developing countries and the renewable energy revolution.” OCDE, <https://www.oecd.org/fr/dev/developing-countries-and-the-renewable-energy-revolution.htm>, (Erişim tarihi: 15.06.2021).
- Thompsett, D. (2003). “Catalysts for the Proton Exchange Membrane Fuel Cell,” In CRC Press, 2–12.
- Türe, S. (2001). Biyokütle Enerjisi, *Temiz Enerji Vakfı*, Sayfa: 1-5. Ankara.
- Üçgül, İ. ve Elibüyük, U. (2016). Okyanus Termal Enerji Dönüşüm (OTEC) Sistemi. *Erzincan Üniversitesi Erzincan Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(1), 87-94.
- Ünver, Ö. ve Kara, D. (1994). Türkiye’de Kömür Madencililiği ve Çevre Sorunları. *Madencilik Dergisi*, 33(2), 2-10.
- Varınca, K. ve Gönüllü, M. T. (2006). Türkiye’de Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Bu Potansiyelin Kullanım Derecesi, Yönetimi ve Yaygınlığı Üzerine Bir Araştırma. *1. Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi*, 270-279.
- Wang L. ve Chen Z.J. (2010). Stability analysis of a waveenergy conversion system containing a grid-connected induction generator driven by a wells turbine, *IEEE Transactions on Energy Conversion*, 25 (2), 555-563.

- Waters, R. (2008). Energy from Ocean Waves. *Full Scale Experimental Verification of a Wave Energy Converter*. PhD thesis, Uppsala University, Division of Electricity.
- Wave and Tidal. (2007). *Renewable Northwest Project*, <http://www.rnp.org/sites/default/files/pdfs/Wave%20Tidal%20FactSheet%2007April4.pdf>
- World Energy Council. (2013). World energy perspective, cost of energy technologies, *Bloomberg New Energy Finance*.
- WP (2003). World Pumps. <http://www.worldpumps.com>, April; 2003.
- Yelmen, B. ve Çakır, M. T. (2011). *Yeşil Enerji Kaynakları ve Teknolojileri*. 2. Elektrik Tesisat Ulusal Kongresi Bildirisi.
- Yemm R., Pizer D. ve Retzler C. (2002). *Floating apparatus and method for extracting power from sea waves*, U.S. Patent No: 6,476,511.
- Yılmaz, M. (2012). “Türkiye’nin Enerji Potansiyeli ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Açısından Önemi”, Ankara Üniversitesi Çevrebilimler Dergisi, C. 4, S. 2, ss. 33-54.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Muhammet Fatih KIRCA
Doğum Yeri	
Doğum Tarihi	
Uyruğu	<input checked="" type="checkbox"/> T.C. <input type="checkbox"/> Diğer:
Telefon	
E-Posta Adresi	
Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	Cumhuriyet Üniversitesi
Fakülte	Mühendislik Fakültesi
Bölümü	Metalurji ve Malzeme Mühendisliği
Mezuniyet Yılı	2019
Yüksek Lisans	
Üniversite	Ordu Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Yenilenebilir Enerji Anabilim Dalı
Bilim Dalı	-
Mezuniyet Tarihi	