



T.C.

**ORDU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İÇ DENİZLERE UYGUN DALGA ENERJİSİ ÜRETİM
SİSTEMİ**

FATİH GÜNGÖR

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
YENİLENEBİLİR ENERJİ ANABİLİM DALI**

ORDU 2019

T.C.
ORDU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YENİLENEBİLİR ENERJİ ANABİLİM DALI

**İÇ DENİZLERE UYGUN DALGA ENERJİSİ ÜRETİM
SİSTEMİ**

FATİH GÜNGÖR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ORDU 2019

TEZ ONAY

Fatih GÜNGÖR tarafından hazırlanan “**İÇ DENİZLERE UYGUN DALGA ENERJİSİ ÜRETİM SİSTEMİ**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 25.01.2019 tarihinde yapılmış ve jüri tarafından oy birliği ile Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **YENİLENEBİLİR ENERJİ ANABİLİM DALI** **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman
Prof Dr. Soner ÇANKAYA
Ondokuz Mayıs Üniversitesi

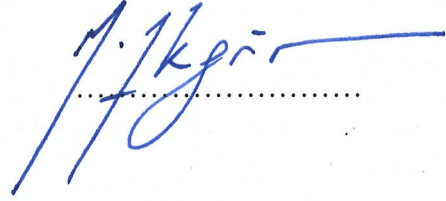
Jüri Üyeleri

İmza

Danışman
Prof Dr. Soner ÇANKAYA
Ondokuz Mayıs Üniversitesi



Üye
Dr.Öğr.Üyesi Mithat AKGÜN
Ordu Üniversitesi



Üye
Dr.Öğr.Üyesi Cemalettin AYGÜN
Gümüşhane Üniversitesi



01/04/2019 tarihinde enstitüye teslim edilen bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulu'nun 05/04/2019 tarih ve 2019 / 125 sayılı kararı ile onaylanmıştır.





Enstitü Müdürü
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Sami GÜLER

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 içerdığı 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.


Fatih GÜNGÖR

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

İÇ DENİZLERE UYGUN DALGA ENERJİSİ ÜRETİM SİSTEMİ

FATİH GÜNGÖR

ORDU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YENİLENEBİLİR ENERJİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ 82 SAYFA

(TEZ DANIŞMANI: PROF.DR. SONER ÇANKAYA)

Dalga enerjisi çevreye zarar vermeyen temiz, doğal ve sürekli yenilenebilen enerji çeşitlerinden birisidir. Türkiye'nin enerji ihtiyacı halen fosil yakıtlar kullanılarak karşılanmaktadır. Ülke kaynakları göz önüne alındığında yenilenebilir enerji kaynakları ülkemiz için enerji ihtiyacını karşılanmasında alternatif bir kaynak olarak karşımıza çıkmaktadır. Üç tarafı denizlerle çevrili ülkemiz de dalga enerjisi, hızla tükenmekte olan fosil yakıtlara alternatif oluşturabilecek konumdadır.

Dünya üzerinde okyanusa kıyısı olan ülkeler dalga enerjisinden faydalanmaktadır ve yapılar daha çok okyanus kıyıları üzerinde yoğunlaşmaktadır. İç denizlerin potansiyeli düşük olduğundan bu konu üzerinde fazla bir çalışma yapılmadığı görülmektedir. Varolan sistemlerin genelinde yüksek dalga boylarında verimli çalıştığı, gerek boyutları ve gerek maliyetleri ile iç denizlerde kullanılabilirliklerinin düşük olduğu görülmüştür.

Yapılan bu deneysel çalışmada, dalgadan enerji üretimi için kullanılan mevcut teknikler incelenmiş ve bu tekniklerin içerisinde kıyıda kullanılacak olanlar belirlenerek, mevcut sistemlerden farklı bir tekniğe ve mekaniğe sahip, düşük dalga yüksekliklerinde çalışabilen Karadeniz kıyı şeridinde uygun dalga enerji üretim sistemi üzerinde çalışılmıştır.

Dalganın inen ve çıkan yüzey hareketi (doğrusal hareket) uygun bir mekanizma ile dairesel harekete çeviren yeni bir enerji üretim sistemi tasarlanarak imal edilmiştir. Dalga potansiyelinden maksimum miktarda faydalanmayı amaçlayan bu sistem, dalga boyu 10 cm den büyük olan denizlerde enerji üretebileceği ortaya konulmuştur. Yapılan gözlemler ve denemeler neticesinde sistemin daha performanslı hale nasıl getirileceği ile ilgili parametreler çıkartılmıştır. Ayrıca dünya üzerinde kullanılan OWC sisteminin geometrik benzetim yöntemi ile prototipi hazırlanmış, kurulan sistemimiz ile beraber çalıştırılarak enerji verimlilikleri karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Dalga Enerjisi, Deniz Dalgası, Yenilenebilir Enerji, Okyanus Enerjisi, Dalga, Deniz.

ABSTRACT

ACCORDING TO THE INLAND SEA WAVE ENERGY PRODUCTION SYSTEM

FATİH GÜNGÖR

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

RENEWABLE ENERGY

MASTER THESIS, 82 OF PAGE

SUPERVISOR: PROF.DR. SONER ÇANKAYA

Wave energy is one of the harmless, clean, natural and continuous renewable energy types. Turkey's energy needs are met by using fossil fuels. Considering country resources, renewable energy sources are an alternative source for our country.

Surrounded by seas on three sides, our country is in a position to be an alternative to fossil fuels with its wave energy. Oceanic countries benefit from wave energy and the structures are concentrated on ocean shores. Since the potential of inland seas is low, it is seen that there is not much work on this subject. It has been observed that the existing systems work efficiently at high wavelengths and they have low usability in inland seas due to their size and cost.

In this experimental study, the current techniques used for energy production from the wave were examined and the ones that could be used on the shore were determined.

Wave energy production system suitable for the Black Sea coastline, having a different technique and mechanics than the existing systems and working at low wave heights, has been studied. The up and down surface movement of the wave is converted into a circular motion by the mechanism. A new energy generation system is designed and manufactured. In this experimental study, the current techniques used for energy production from the wave were examined and the ones that could be used on the shore were determined. With this system, which aims to utilize the maximum amount of wave potential, it is tried to be proved that energy production in the waters having wavelength above 10 cm can be realized. As a result of the observations and experiments, the parameters related to how to make the system more efficient were extracted. In addition, the prototype of the OWC system, which is used in the world, has been prepared with the geometric simulation method and the energy efficiencies have been compared by working with our established system.

Keywords: Wave Energy, Sea Waves, Renewable Energy, Ocean Energy, Wave, Sea.

TEŐEKKÖR

Tez konunun belirlenmesi, alıőmanın yűrűtűlmesi ve yazımı esnasında baőta danıőman hocam Sayın Prof. Dr. Soner ÇANKAYA'ya ve tez yazım aőamasında maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen Dr.Öğr.Üyesi Mithat AKGÖN'e ve Dr.Öğr.Üyesi Cemalettin AYGÖN'e teőekkür ederim.

Aynı zamanda, manevi desteklerini her an űzerimde hissettiğim babam, annem ve eőime teőekkürű bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

TEZ BİLDİRİMİ	I
ÖZET	II
ABSTRACT	III
TEŞEKKÜR	IV
İÇİNDEKİLER	V
ŞEKİL LİSTESİ	VII
ÇİZELGE LİSTESİ	IX
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	X
EKLER LİSTESİ	XI
1. GİRİŞ	1
1.1 Dalga Enerjisi ve Türkiye	1
1.2 Dünya Çapında Kullanılan Dalga Enerjisi Üretim Sistemleri	3
1.3 Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Dalga Enerjisi.....	9
1.3.1 Hidrolik Enerji.....	10
1.3.2 Rüzgâr Enerjisi	10
1.3.3 Güneş Enerjisi	11
1.3.4 Jeotermal Enerji.....	12
1.3.5 Biokütle Enerjisi	13
1.3.6 Hidrojen Enerjisi.....	15
1.3.7 Dalga Enerjisi	15
1.3.7.1 Dalga Enerjisi Dönüşüm Sistemleri	17
1.3.7.2 Kıyı Şeridi Boyunca Uygulanan Enerji Dönüşüm Sistemleri.....	19
1.3.7.3 Salımlı Su Sütunu (OWC)	19
1.3.7.4 Daralan Kanal (Tapchan).....	21
1.3.7.5 Pendula	21
1.3.8 Kıyıya Yakın Enerji Dönüşüm Sistemleri.....	22
1.3.8.1 Osprey.....	22
1.3.9 Kıyıda Uzak Enerji Dönüşüm Sistemleri	22
1.3.9.1 Wave Dragon	22
1.3.9.2 Point Absorber	23
1.3.9.3 Pelamis	23
1.4 Tezin Amaç ve Kapsamı	24
2. MATERYAL VE YÖNTEM	26
2.1 Materyaller	26
2.1.1 OWC (Ocean Wave Converter) Modeli ve Mekanik Kısmı	26
2.1.2 Tasarlanan SWC (Sea Wave Converter) Modeli.....	34
2.1.2.1. Tasarlanan SWC Çalışma Prensibi ve Mekanik Yapısı	34
2.1.3 SWC ve OWC Sistemlerinden Verilerin Okunması	46
2.2 Yöntem.....	49
2.2.1 Yöntemin Seçilmesi ve Uygulanması.....	49
2.2.2 İstatistiksel Analiz	50
3. BULGULAR VE TARTIŞMA	51
4. SONUÇ VE ÖNERİLER	58
5. KAYNAKLAR	61
EKLER	65
ÖZGEÇMİŞ	70

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1 Türkiye'nin 1973-2016 Yılları Enerji Tüketim Tablosu (Anonim,2019a) ..	1
Şekil 1.2 Ülkemizin 1970-2016 Yılları Enerji Üretim Tablosu (Anonim,2019b).....	2
Şekil 1.3 Hidroelektrik Santral ve Hidrolik Enerji Üretim Şeması.....	10
Şekil 1.4 Rüzgâr Türbini İç Yapısı.....	11
Şekil 1.5 Güneş Enerjisi Üretim Şeması.....	11
Şekil 1.6 Jeotermal Türbinlerin Çalışma Şeması	13
Şekil 1.7 Biokütle Enerji Santrali Şeması.....	14
Şekil 1.8 Hidrojen Enerjisi Sistemi (Veziroğlu, 2006).....	15
Şekil 1.9 Dalga Hareketinin İki Boyutlu Görünümü.....	16
Şekil 1.10 Dalga Enerjisi Üretim Şekilleri (Sağlam & Uyar, 2004)	17
Şekil 1.11 Dalganın Farklı Potansiyellerinin Kullanımı (Anonim,2018e)	18
Şekil 1.12 Salımlı Su Sütunu (OWC) (Anonim, 2018b)	19
Şekil 1.13 Avusturalya Kıyılarında Kurulan Oceanlinks	19
Şekil 1.14 İngiltere İslay Adasında Kurulan Limpet.....	20
Şekil 1.15 İskoçya'da Kullanılan Osprey.....	20
Şekil 1.16 Hava Çıkış Anında ve Hava Giriş Anında Pervane Yönü.....	20
Şekil 1.17 Tapchan (Daralan Kanal) (Anonim, 2018c).....	21
Şekil 1.18 Pendula Sistemi (Anonim, 2018a)	21
Şekil 1.19 OSPREY (Anonim, 2018a)	22
Şekil 1.20 The Wave Dragon (Parmeggiani vd., 2011).....	23
Şekil 1.21 Point Absorber	23
Şekil 1.22 Pelamis (Margolis, 2018)	24
Şekil 2.1 LIMPET Genel Görünüm.....	26
Şekil 2.2 LIMPET Hava Hücrelerinin Üst Kısmının Kesiti	26
Şekil 2.3 LIMPET Hücre Yan Kesiti.....	27
Şekil 2.4 LIMPET Türbin Kesiti.....	27
Şekil 2.5 LIMPET Türbin Kesiti	28
Şekil 2.6 Genel Görünüm ve Üst Kesitten Hareketine Karşı Hareket Yönü	28
Şekil 2.7 3D Yazıcı Çıktısı Sonucu Tamamlanan Stator.....	29
Şekil 2.8 OWC Sisteminin Genel Görünümü	29
Şekil 2.9 OWC Sisteminin Üretim Aşamaları (İskelet).....	30
Şekil 2.10 OWC Sisteminin Üretim Aşaması (Kaplama).....	32
Şekil 2.11 Tamamlanan Çalışma ve Tasarım Hali	32
Şekil 2.12 Jeneratör Genel Yapısı ve Kanal İçerisindeki Konumu	33
Şekil 2.13 Türbin İçine Yerleştirilecek Olan Sistemin Genel Görünümü	33
Şekil 2.14 SWC Sisteminin Genel Görünümü	34
Şekil 2.15 Dubalar ve Kafesleri	35
Şekil 2.16 Duba ve Kolun Genel Görünümü	36
Şekil 2.17 Dubanın Aşağı Hareketi.....	37
Şekil 2.18 Dubanın Yukarı Hareketi	37
Şekil 2.19 Tasarlanan Sistemde Kol Mesafesi	38
Şekil 2. 20 Genel Duba Hareketi.....	39
Şekil 2. 21 Duba Sayısı Hesabı	39
Şekil 2.22 Bobinler Stator ve 16 Mıknatıslı Rotor	40
Şekil 2.23 SWC Sisteminin Jeneratörü.....	40

Şekil 2.24 Dalga Boyu Cetveli.....	41
Şekil 2.25 Devir ve Dalga Boyu Algılayıcıları	41
Şekil 2.26 Kasnak Ölçüleri	42
Şekil 2.27 Gerçek ve 3D Kasnak Görünümleri.....	42
Şekil 2.28 Her İki Sistemin Yerleştirildiği Bölge	43
Şekil 2.29 İmalat Aşamaları.....	44
Şekil 2.30 İmalat Aşamaları.....	45
Şekil 2.31 İmal Edilen SWC Sistemi.....	46
Şekil 2.32 INA219 Akım ve Gerilim Sensörü ve MZ80 Devir Sensörü	47
Şekil 2.33 SD Kart Modülü.....	47
Şekil 2.34 Kaydedici Devrenin Bağlantı Şeması	47
Şekil 2.35 Kaydedici Devrenin Fotoğrafi	48
Şekil 2.36 Hava Akış Hızı Ölçer (Anemometre)	48
Şekil 2.37 OWC Sistemlerinin Kurulma Aşamaları.....	49
Şekil 2.38 SWC Sistemlerinin Kurulma Aşamaları ve Çalışma Fotoğrafları.....	50
Şekil 3.1 Sistemlerden Elde Edilen Verilerin Okunması.....	51
Şekil 3.2 01-16 Ağustos 2018 Hava Durumu Değerleri (Anonim,2018d)	51
Şekil 3.3 Dalga Yüksekliği 5-10 cm de SWC ve OWC Üretilen Güç Grafiği	52
Şekil 3.4 Dalga Yüksekliği 10-15 cm de SWC ve OWC Üretilen Güç Grafiği	53
Şekil 3.5 Dalga Yüksekliği 10-20 cm de SWC ve OWC Üretilen Güç Grafiği	53
Şekil 3.6 Dalga Yüksekliği 15-25 cm de SWC ve OWC Üretilen Güç Grafiği	53
Şekil 3.7 Dalga Yüksekliği 20-35 cm de SWC ve OWC Üretilen Güç Grafiği	53
Şekil 3.8 Dalga Yüksekliği ve Güç Grafiği	54

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1 Dalga Enerjisi Üretim Sistemleri ve Üretim Tipleri	3
Çizelge 3.1 Tarihlerle Göre Dalga Yüksekliği Değişimi.....	52
Çizelge 3.2 Dalga Yüksekliklerine Göre Ortalama Güç ve Devir Verileri	54
Çizelge 3.3 Dalga Yüksekliğine Göre OWC Kanal İçi Hava Hızı	55
Çizelge 3.4 Dalga Yüksekliklerine Göre Ortalama Devir Değerleri.....	56
Çizelge 3.5 Dalga Yüksekliklerine Göre Ortalama Güç Değerleri	56

SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ

OWC	: Ocean Wave Converter
SWC	: Sea Wave Converter
ρ	: Deniz suyu yoğunluğu
g	: Yerçekimi ivmesi (9.807 m/s^2)
H	: Ortalama dalga yüksekliği (m)
T	: Dalga periyodu (s)
P	: Güç Akısı (kW/m)
F_k	: Kaldırma Kuvveti (N)
V_{Batan}	: Dubanın Batan Kısmının Hacmi

EKLER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
EK 1: ARDUNIO Veri Kayıt Programı Kodları.....	65

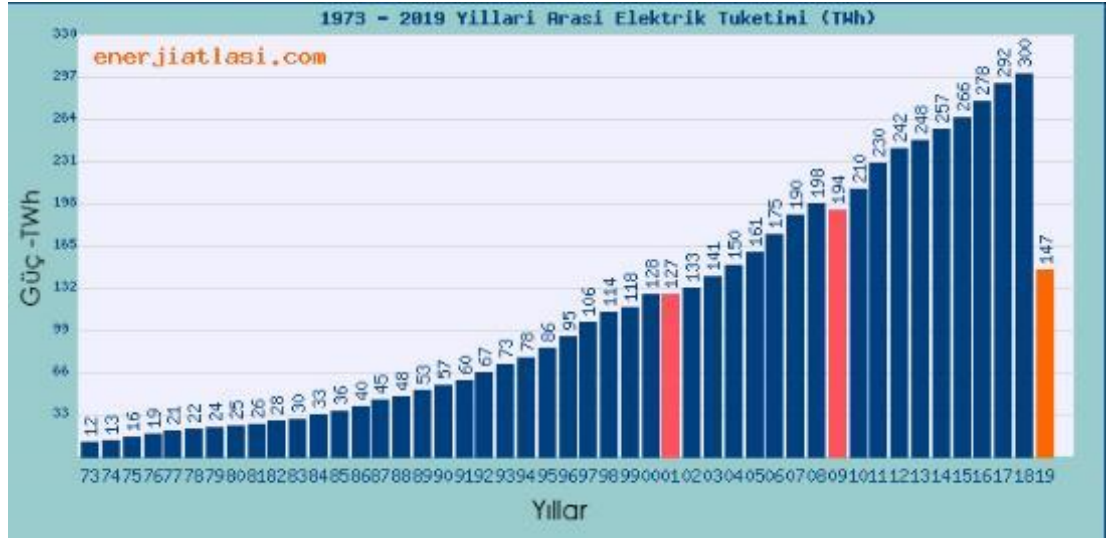
1. GİRİŞ

1.1 Dalga Enerjisi ve Türkiye

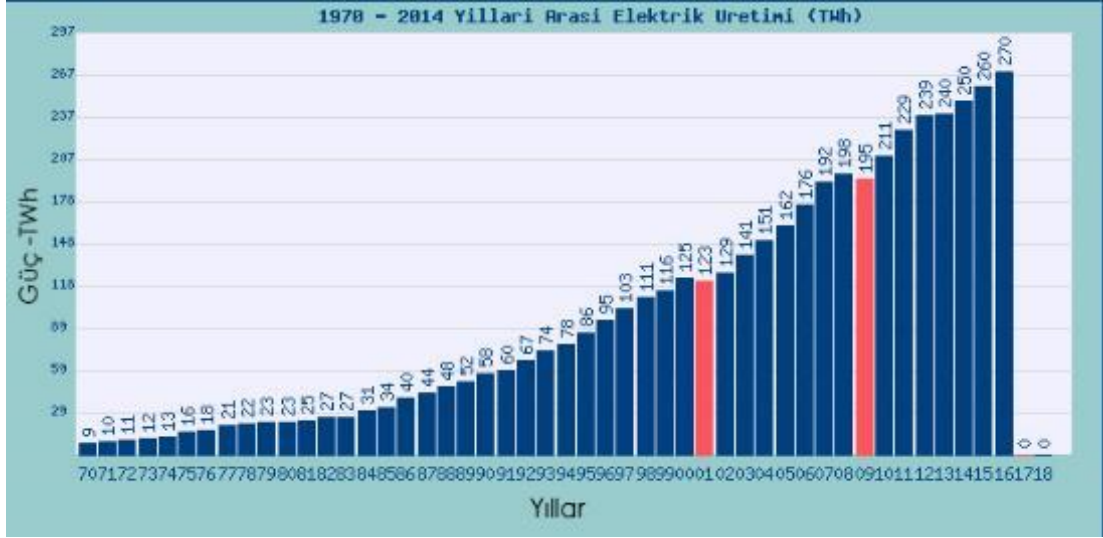
Ülkemiz ihtiyacı olan enerji kullanımına bakıldığında büyük oranda dışa bağımlı olduğu, bu enerjinin büyük bir kısmını (yarısından fazlası) ithal etmekte olduğu ve bu durumun ekonomi üzerinde olumsuz bir etki yaptığı görülmektedir. Mevcut enerji üretim sistemlerinin başta linyit kömürü olmak üzere yeterli olmadığı ortadadır. Dolayısıyla Türkiye'nin geleceği için temiz, yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı oldukça önemlidir (Kaplukan, 2014).

Ülkemizdeki ve dünyadaki enerji ihtiyacı önümüzdeki yıllarda nüfus artış hızı ve sanayileşme oranı nedeniyle önemli ölçüde artacağı tahmin edilmektedir.(Koç & Şenel, 2013)

Enerji bakanlığının üretim ve tüketim verilerine bakıldığında bu durum Şekil 1.1 ve 1.2 de açıkça görülmektedir.



Şekil 1.1 Türkiye'nin 1973-2016 Yılları Arası Enerji Tüketim Tablosu (Anonim,2019a)



Şekil 1.2 Ülkemizin 1970-2016 Yılları Arası Enerji Üretim Tablosu
(Anaonim,2019b)

Dünya üzerinde yenilenebilir enerjilerin önemi gün geçtikçe artmaktadır. Yenilenebilir enerji potansiyeline sahip her döngü incelenmesi ve geliştirilmesi gereken bir alan olarak karşımıza çıkmaktadır. Dalga enerjisi de bu alanlardan bir tanesidir. Özellikle okyanus dalgalarının sahip olduğu yıkıcı enerji, okyanus enerjisinin en göze çarpan şeklidir. Dalga enerjisini kullanılabilir enerjiye dönüştürme ihtimali çok sayıda mucidin ilgisini çekmiştir. 1980'de bin taneden fazla patent kaydedilmiştir ve sayı o zamandan beri belirgin biçimde arttığı gözlemlenmektedir. Deniz dalgasının oluşumunun, yapısının, karakteristiğinin ve potansiyelinin tam olarak incelenmesi bu enerji kaynağından daha verimli kullanılmasını sağlayacaktır.

Gerek deniz gerekse okyanus dalgaları yapı itibarı ile aynı olsa da okyanus dalgaları gücü ve potansiyeliyle deniz dalgalarını geride bırakmaktadır. Bu sebeple dünya genelinde okyanus kıyısı olan ülkeler dalga enerjisi üzerine daha fazla yararlanma eğilimindedir. Üzerinde birçok çalışma olmasına karşın dalga enerjisi günümüzde halen üzerinde çalışılması gereken bir alan olarak karşımıza çıkmaktadır. Ülkemizin enerji ihtiyacı her geçen yıl artmaktadır. Enerji ihtiyacının büyük bir kısmı olan %34 diğer ülkelerden karşılanmaktadır. Ülkemiz için alternatif enerji kaynakları her geçen gün önemini arttırmaktadır (E. Bakanlığı, 2016)


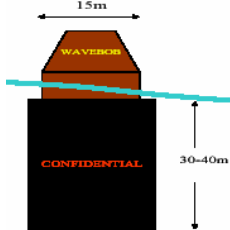
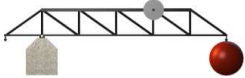
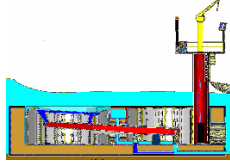

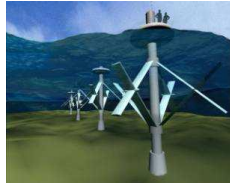
Ülkemizde de deniz dalgasından enerji elde etme noktasında çok az çalışmanın bulunduğu yapılan araştırmalar doğrultusunda ortaya konmaktadır. Üç tarafı denizlerle çevrili olan ülkemizin enerji ihtiyacı düşünüldüğünde dalga enerjisi temiz, bol ve kolay ulaşılabılır bir enerji olarak karşımıza çıkmaktadır.

Çalışmamızın temelini oluşturan enerji ihtiyaç durumu, ekonomik sebepler ve temiz çevre olgusu göz önüne alındığında önemini arttırmaktadır.

1.2 Dünya Çapında Kullanılan Dalga Enerjisi Üretim Sistemleri

Yapılan taraması sonucunda elli üç enerji üretim sisteminin, dünya çapında kullanıldığı belirlenmiştir. Bu sistemlerde genel olarak su basıncı, dalga dip hareketi, dalga yüze hareketi ve dalganın kinetik enerjisi kullanılarak enerji üretilmiştir. Bu sistemler aşağıdaki Çizelge 1.1 de verilmiştir.

Çizelge 1.1 Dalga Enerjisi Üretim Sistemleri ve Üretim Tipleri

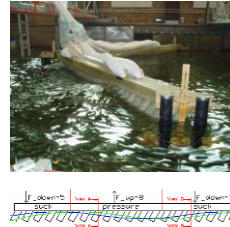
Sistemin Adı	Üretim Kaynağı	Sistemin Adı	Üretim Kaynağı
S.D.E Energy Ltd. 	Kinetik Enerji	WaveBob 	Dalga Boyu
Wave Energy Machine 	Dalga Boyu	CETO I 	Su Basıncı
Limpet 	Kinetik Enerji	Wave Rotor 	Dalga Boyu

Seawave Slot-Cone Generator



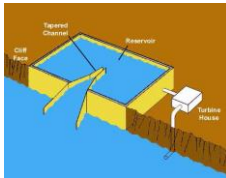
Kinetik Enerji

Leancon



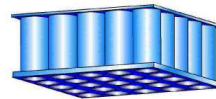
Kinetik Enerji

Tapchan



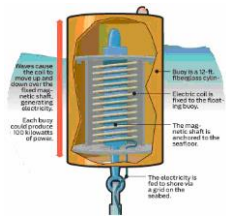
Kinetik Enerji

Pneumatically Stabilized Platform



Kinetik Enerji

Wave Energy Buoy



Kinetik Enerji

Archimedes Wave Swing



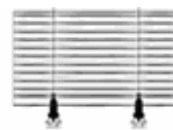
Kinetik Enerji

Energen Wave Generator



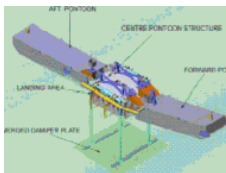
Kinetik Enerji

Oyster



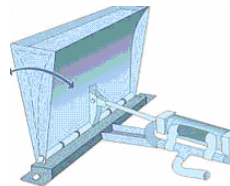
Dip Hareketi

McCabe Wave Pump



Kinetik Enerji

WaveRoller



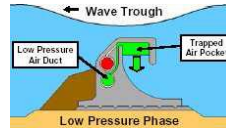
Dip Hareketi

Pelamis



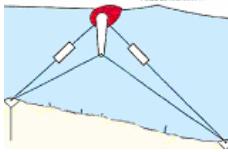
Kinetik Enerji

SWEC (Stellenbosch wave energy converter)



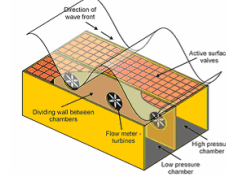
Kinetik Enerji

Salter Duck



Kinetik Enerji

WaveMaster



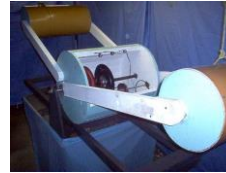
Yüzey Hareketi

Wave Rider



Kinetik Enerji

Floating wave generator



Kinetik Enerji

Wave Star



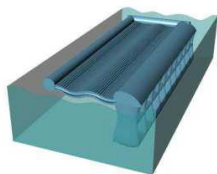
Kinetik Enerji

C-Wave System



Yüzey Hareketi

WaveBlancket



Kinetik Enerji

DCEM



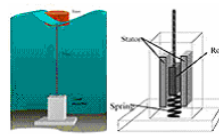
Kinetik Enerji

WEC



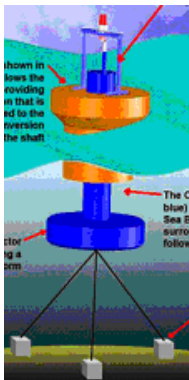
Kinetik Enerji

Seabased AB



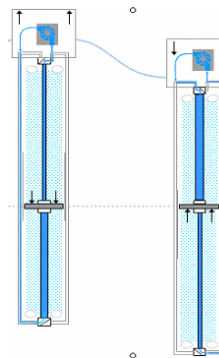
Su Basıncı

Aegir Dynamo



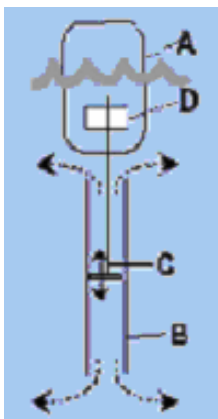
Kinetik Enerji

AquaBouy



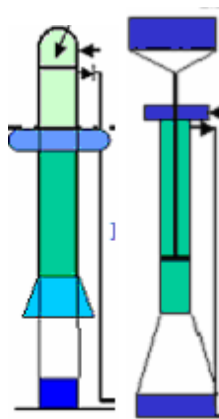
Kinetik Enerji

IPS OWEC Buoy



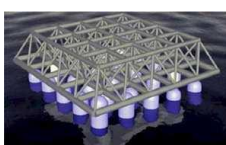
Kinetik Enerji

WAP and WWP



Kinetik Enerji

Manchester Bobber



Kinetik Enerji

Wave-powered diaphragm pump

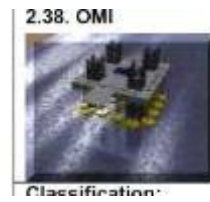
Kinetik Enerji

OWEC



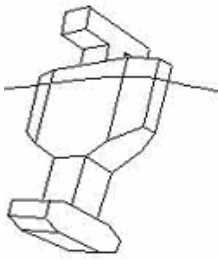
Su Basıncı

OMI



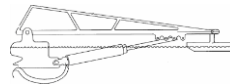
Su Basıncı

PS Frog



Kinetik Enerji

Waveberg



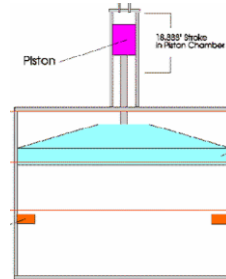
Kinetik Enerji

PowerBuoy



Kinetik Enerji

Seadog



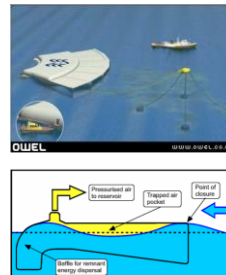
Kinetik Enerji

MRC 1000



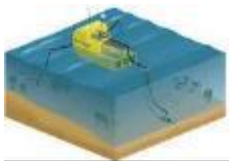
Kinetik Enerji

OWEL



Kinetik Enerji

OE Buoy



Kinetik Enerji

WavePlane



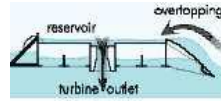
Kinetik Enerji

Oceanlinx



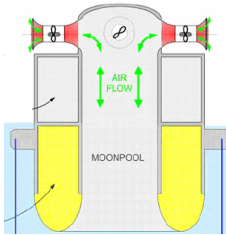
Kinetik Enerji

Wave Dragon



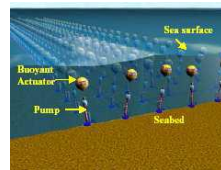
Kinetik Enerji

Sperboy



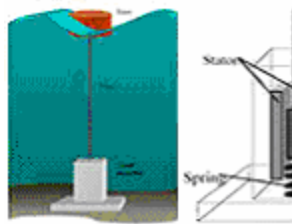
Kinetik Enerji

CETO III

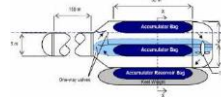


Su Basıncı

Seabased AB



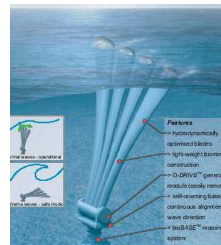
Anaconda



WET EnGen

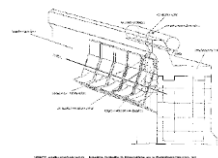


bioWAVE



Dip Hareketi

WECA



Kinetik Enerji

1.3 Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Dalga Enerjisi

Yenilenebilir enerji kaynaklarına doğada kendiliğinden oluşan, çevreye zararı fosil yakıtlardan çok düşük olan, sürekli kendini yenileyebilen ve doğada kullanıma hazır bulunan enerji kaynakları da denmektedir.

Fosil enerji kaynaklarının kullanımından kaynaklanan çevre zararlarının artışı ve bu kaynakların gelecekte tükenecek olması yenilebilen enerji kaynaklarına yönelimi arttırmıştır.

Dünyada var olan ve gerçekleşen doğal olaylar sonucunda elde edilebilen bu enerjiler; hidroelektrik enerjisi, rüzgâr enerjisi, güneş enerjisi, jeotermal enerji, biokütle enerjisi, okyanus kaynaklı dalga ve gel-git enerjisidir. Bu kaynaklar kullanıldıkça tükenmez, kısa süre içerisinde yenilenir (Adıyaman, 2012)

Fosil yakıtlara bağımlılık ekonomiye yük oluşturmanın yanı sıra iklim değişikliğine neden olan sera gazlarının atmosferde birikmesine de yol açmaktadır. İklim değişikliğinin hem insanlık, hem de gezegenimiz için geri dönülemez sonuçlara yol açmasını önlemek için küresel ısınmayı 1.5 derecenin altında tutmamız gerekmektedir. Başka bir deyişle, atmosferdeki sera gazı seviyesini 350 ppm ile sabitlemek zorundayız. Bunun tek yolu fosil yakıtların enerji üretimindeki payını azaltmak ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmektir (Mutlu, 2013).

WWF tarafından yayımlanan “Enerji Raporu, 2050’de %100 Yenilenebilir Enerji” 2050 yılına kadar küresel enerji arzının tamamının yenilenebilir enerjiden karşılanabileceğini ortaya koymaktadır. (WWF, 2011)

Ağırlıklı olarak yenilenebilir enerji kaynakları aşağıda sıralanmıştır;

- Hidroelektrik Enerjisi
- Rüzgâr Enerjisi
- Güneş Enerjisi
- Jeotermal Enerji
- Biokütle Enerjisi
- Dalga Enerjisi
- Hidrojen Enerjisidir.

1.3.1 Hidrolik Enerji

Yenilenebilir enerji kaynakları içinde en yaygın kullanılan ve teknolojik olarak gelişimi ileri düzeyde olan enerji kaynağıdır. Adından da anlaşılacağı gibi hidrolik yani akışkan özelliği olan bir madde olan su bu enerji üretim sisteminin en temel malzemesi olarak karşımıza çıkmaktadır. Hidroelektrik santralleri (Barajlar) bir su kaynağı veya su yolu üzerine kurulmak zorundadır. Bu santraller akan suyun gücüne bağlı olarak çalışırlar. Sürekli akışa sahip büyük nehirlerle veya baraj vasıtası ile su kütlesinin yüksekten düşmesi ile enerji üretimi meydana getirirler.

Şekil 1.3’de hidrolik enerji üretim şemasında üretim aşamaları gösterilmektedir.



Şekil 1.3 Hidroelektrik Santral ve Hidrolik Enerji Üretim Şeması

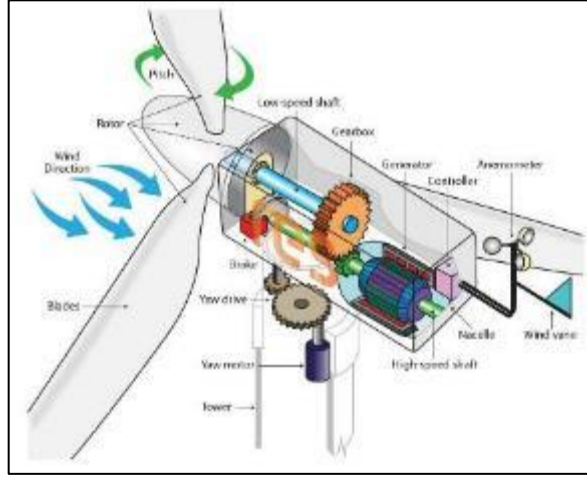
Ülkemizin her köşesine yayılmış olan akarsular üzerinde kurulacak küçük HES'ler, hem enterkonnekte şebekenin yükünü hafifletecek, hem de iletim ve dağıtım kayıplarını azaltıcı ve ulusal şebekenin stabilitesini arttırıcı bir rol oynayacaktır (Mutlu, 2013).

1.3.2 Rüzgâr Enerjisi

Rüzgâr; birbirine komşu bulunan iki basınç bölgesi arasındaki basınç farklarından dolayı meydana gelen ve yüksek basınç merkezinden alçak basınç merkezine doğru hareket eden hava akımıdır. Rüzgâr hız ve yön olmak üzere iki parametre ile ifade edilir. Rüzgar hızı yükseklikle artar ve teorik gücü de hızının küpü ile orantılı olarak değişir (Adıyaman, 2012).

Elektrik enerjisi yüksek noktalara kuleler vasıtası ile monte edilen kanatlara sahip rüzgâr türbinleri ile üretilebilmektedir. Türbin kanatlarına çarpan hava akımı onlara bağlı olan mili, mil de dönem etkisi ile jeneratörü çalıştırmaktadır. Üretilen elektrik enerjisi kablolar ile rüzgâr türbini kulesindeki enerji panosuna alınır. Rüzgâr türbinleri gelen rüzgârın yönüne göre konum alabilmekte ve mekanik veya güç

elektronik devreleri ile otomatik olarak kontrol edilmektedir. Şekil 2.2’da rüzgâr enerjisi üretimi şematik olarak gösterilmiştir.

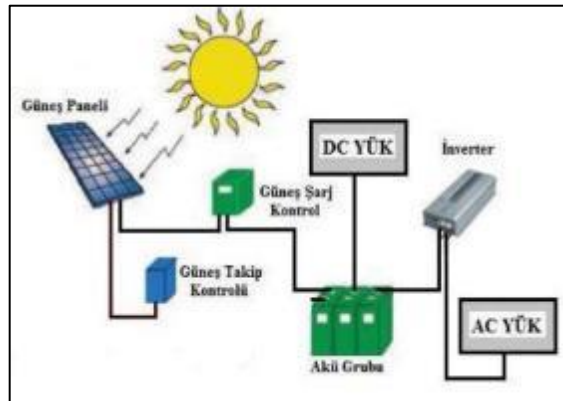


Şekil 1.4 Rüzgâr Türbini İç Yapısı

Bilinen enerji kaynakları içerisinde gelişme oranı en fazla olanı yıllık ortalama %25-30 artış oranı ile rüzgâr enerjisidir. Genel enerji tüketimi içerisindeki payı günümüzde yeterli düzeyde olmasa da giderek artmaktadır (Adıyaman, 2012).

1.3.3 Güneş Enerjisi

Başlıca yenilenebilir enerji kaynağı, fosil ve hidrolik enerjinin de asıl kaynağı olan ve dünyamızı ısıtan "güneş enerjisidir. Güneş daha milyonlarca yıl ışınmasını sürdüreceğinden, dünyamız için sonsuz bir enerji kaynağıdır. Şekil 2.3’de güneş enerjisi üretim aşamaları gösterilmiştir. Elektrik enerjisine dönüştürmede güneş pilleri kullanılmıştır.



Şekil 1.5 Güneş Enerjisi Üretim Şeması

Fotovoltaik hücreler (PV hücreler-güneş hücreleri) gürültüsüz, çevreyi kirletmeden, herhangi bir hareket eden mekanizmaya gereksinim duymadan güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine çeviren sistemlerdir.

Fotovoltaik güç sistemleri diğer elektrik enerjisi üretim sistemleri ile karşılaştırıldığında günümüzde çok pahalı olarak görünseler de, yakın gelecekte güç üretimine önemli katkısı olabilecek sistemler olarak değerlendirilmekte ve konu üzerinde tüm dünyada yoğun araştırma ve çalışmalar sürdürülmektedir (Çelik, 2012).

Güneş enerjisi kullanımının birçok avantajlı yönü olmasına karşı bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Kullanımı sıvı ve gaz yakıtlara göre kolay değildir. Örneğin; otomobillerde kullanılan güneş pillerinin oluşturduğu güç, fosil yakıt kullanılan araçlara oranla çok düşük durumdadır. Güneşin olmadığı durumlarda güneş enerjisi ile çalışan araçların çalışmaması da diğer bir sorundur. Ayrıca gece ve bulutlu günlerde bu kaynaktan enerji üretmek mümkün olmadığından kesintili bir enerji kaynağı olmaktadır. Bu durum elde edilen güneş enerjisinin depo edilmesi zorunluluğunu ortaya koymaktadır. Akümülatörler ile bu sorun çözülmeye çalışılmaktadır. Fakat akümülatör maliyetlerinin yüksekliği enerji maliyetini arttırdığından bu konuda fazla ilerleme kaydedilememektedir (Adıyaman, 2012).

Güneş enerjisinin tükenmeyen, temiz, karmaşık teknolojiye ihtiyaç duymayan ve işletme maliyetleri düşük bir enerji türüdür,

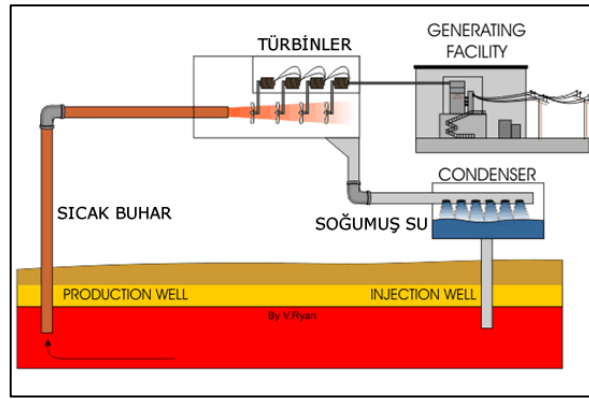
Bunların yanı sıra dezavantajları bulunmaktadır. birim yüzeye gelen güneş ışınları devamlı olmadığından depolama gerektirmekte, enerji ihtiyacının fazla olduğu kış aylarında, güneş ışınlarının az ve geceleri ise hiç olmaması, güneş enerjisinden faydalanan birçok tesisin ilk yatırım masraflarının fazla olması sayılabilir (Mutlu, 2013).

1.3.4 Jeotermal Enerji

Jeotermal kelimesi Yunanca geo (yeryüzü) ve therme (ısı) kelimelerinden gelmekte olup yer ısısı ya da yeryüzü ısısı anlamına gelmektedir. Jeotermal kaynak; jeolojik yapıya bağlı olarak yer kabuğu ısısının etkisiyle sıcaklığı sürekli olarak bölgesel atmosferik yıllık ortalama sıcaklığın üzerinde olan, çevresindeki sulara göre daha fazla miktarda erimiş madde ve gaz içerebilen doğal olarak çıkan ya da çıkarılan su, buhar ve gazlar ile yeraltına insan düzenlemeleri vasıtasıyla gönderilerek yer kabuğu

ya da kızgın kuru kayaların ısısı ile ısıtılarak su, buhar ve gazların elde edildiği yerleri, ifade eder. Yani jeotermal enerji, yer kabuğunun derinliklerindeki sıcak kaya ve akışkanların ısısının zayıf katmanları geçerek yeryüzüne ulaşmasıyla elde edilen enerjidir (M. E. Bakanlığı, 2012)

Doğal yeraltı ısı kaynaklarından gelen enerjinin kullanımı hızla artmaktadır. Sıcaklığın uygun olduğu şartlarda jeotermal enerjiden elektrik üretilmektedir (Mutlu, 2013).



Şekil 1.6 Jeotermal Türbinlerin Çalışma Şeması

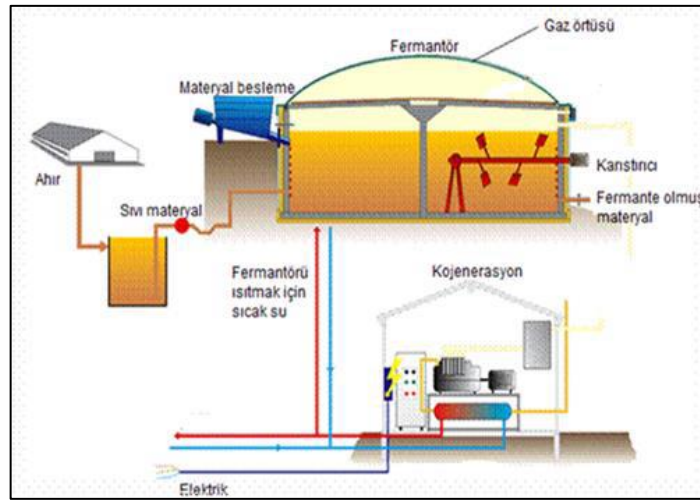
Dünyada jeotermal enerji kapasitesinin çok azından yararlanılmaktadır. Dünyada jeotermal enerji ile ısınan konutlara her yıl yenileri eklenmektedir.(Adıyaman, 2012)

Jeotermal enerji yerinde kullanılabilen bir enerji kaynağıdır ve uzun mesafelere nakli sınırlı kalmaktadır (En fazla 100 km civarında). Ancak bu durumun şöyle bir faydası vardır: sıcaklık ve gürültü açısından bakıldığında jeotermal alanların genellikle yerleşim alanlarından uzakta olması bu konularda sorun yaşanmamasını sağlamaktadır. Ayrıca santraller az yer kapladığından görüntüyü de bozmamaktadır. Jeotermal enerjinin sürekli güç üretebilmesi (kesintisiz), hava değişimlerinden etkilenmemesi (güvenilir bir kaynak olduğunun göstergesi) diğer avantajlarıdır.

1.3.5 Biokütle Enerjisi

Odun, odun kömürü, hayvan dışkısı; tarım ürünleri ve orman sektörü organik atıkları, alkol ve metan mayalanması; çeşitli su bitkileri gibi canlı (biyolojik) kaynaklar yolu ile elde edilen enerji türüne biokütle (biomass) enerjisi denilmektedir. Kısaca organik maddelerden çeşitli yollarla elde edilen enerji, biokütle enerjisidir.

Biokütle ya Türkiye’de olduğu gibi doğrudan yakılmaktadır ya da çeşitli süreçlerde (havasız çürütme, piroliz, fermantasyon, gazlaştırma, hidroliz, biyofotoliz, esterleşme reaksiyonu) biokütlenin yakıt kalitesi artırılıp alternatif biyoyakıtlar (biyogaz, çöpgazı, biyodizel, biyoetanol, sentetik yağ) üretilmektedir. Biyogaz, organik bazlı atık/artıkların oksijensiz ortamda (anaerobik) fermantasyonu sonucu ortaya çıkan renksiz-kokusuz, havadan hafif, parlak mavi bir alevle yanan ve bileşiminde organik maddelerin bileşimine bağlı olarak yaklaşık; %40-70 metan, %30-60 karbondioksit, %0-3 hidrojen sülfür ile çok az miktarda azot ve hidrojen bulunan bir gaz karışımdır. Şekil 1.7’de bir biyogaz üretim prosesi şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 1.7 Biokütle Enerji Santrali Şeması

Biyogazın ısı değeri, bileşimindeki metan oranına bağlı olarak değişmekle birlikte genellikle $4700-6000 \text{ kcal/m}^3$ kadardır. Bu nedenle ısınma, aydınlatma ve su ısıtılması gibi amaçlarla kolaylıkla kullanılabilen temel enerji kaynaklarına alternatif olabilecek bir enerji kaynağıdır (Mutlu, 2013)

Şehir katı atıkları iyi bir biokütle enerji kaynağıdır, ama doğası gereği şehir çöplerinde organik ve inorganik maddelerin karışık olması nedeniyle ayırma işlemi yapılmalıdır (Ağaçbiçer, 2010).

Biokütle enerjisi alternatif enerji kaynakları içerisinde büyük bir potansiyele sahip olup, rüzgâr ve güneş gibi kesikli değil, sürekli enerji sağlayabilen bir kaynaktır. Biyokütle enerjisinin kolay depolanabilir olması diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına göre avantaj sağlar. Biyokütle, yerli kaynaktır. Yerel üretimi ve

istihdamı artırır. Böylece kırsal kesimde göçü önler, atmosferde CO² artışına yol açmaz. Biyokütle, yanması halinde atmosferden aldığı kadar karbonu, karbondioksit halinde saldığı için orman ve bitki varlığının yenilenmesi durumunda kuramsal olarak sera etkisine katkısı olmayan bir yakıttır.

1.3.6 Hidrojen Enerjisi

Hidrojen, yeryüzünde en fazla bulunan, basit, renksiz, kokusuz ve zehirsiz bir elementtir. Birim hacim başına düşen enerji oldukça yüksektir. Bileşikler halinde bulunan bu enerjinin yeryüzünde en çok bulunan şekli sudur. Doğal ortamda fazlasıyla bulunan bu enerji, hidrojenin serbest bir şekilde bulunamamasından dolayı doğal bir enerji kaynağı değildir. Ancak bu element enerji kaynakları ile değişik hammaddelerden üretilebilmekte ve üretiminde dönüştürme işlemleri kullanılmaktadır. Hidrojen, petrol yakıtlarına göreceli olarak yaklaşık 1,33 misli daha verimlidir. Ayrıca, bu enerji doğayı kirletici hiçbir negatif özelliğe sahip değildir. Hidrojen üretimi çok maliyetli olması sebebiyle üretimi çok rahat sağlanamamaktadır. Bugün bu alanda sürdürülen çalışmalar ile bu enerji maliyeti düşürülmeye çalışılmaktadır (Çelik, 2012).



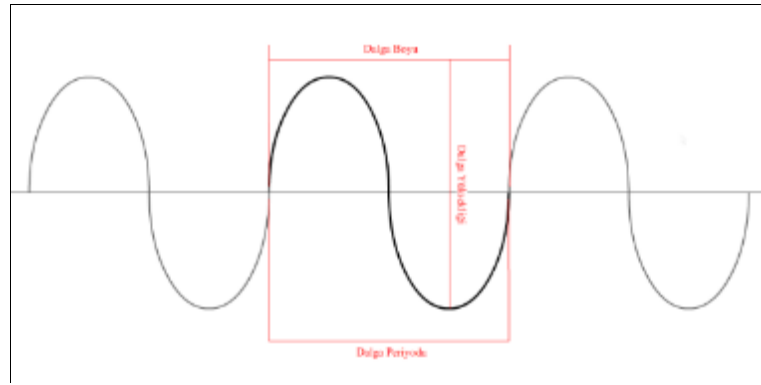
Şekil 1.8 Hidrojen Enerjisi Sistemi (Veziroğlu, 2006)

1.3.7 Dalga Enerjisi

İnsanoğlu doğaya zarar vermeyen ve tükenmeyen enerji kaynakları arayışı içindedir. Deniz dalgası, sahip olduğu potansiyeli 24 saat aralıksız içinde barındıran yapısı, teknolojisinin çok yeni olması ve halen yüksek maliyetlere sahip olmasına rağmen üzerinde yeni araştırmalar yapılan ve yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde ilgi odağı olan bir kaynaktır.

Okyanus kıyı dalgaları Karadeniz gibi iç denizlere nazaran daha güçlü ve enerji potansiyeli daha fazla dalgalardır. Genelde okyanus kıyısı olan ülkeler dalga enerjisinden enerji üretimi yapan çalışmalara imza atmıştır. İç denizlerde dalga potansiyeli düşük olduğu için yeterli çalışma yapılamamıştır. Ancak ilerleyen teknoloji ve yeni fikirlerle bu olumsuz durum ortadan kaldırılmaya çalışılmaktadır.

Dalgalar 3 etki ile oluşmaktadır. Bunlar; deniz depremleri, rüzgarlar ve gelgit sonucu oluşan dalgalardır.(Özdamar, 2000).



Şekil 1.9 Dalga Hareketinin İki Boyutlu Görünümü

Genel olarak dalga güç hesabı,

$$P = \frac{\rho g^2}{64\pi} H^2 T \quad (1)$$

bağıntısı ile bulunur (Vosough, 2011).

Bu formül üzerinde yer çekimi ivmesi 9.807 m/s^2 ve deniz suyu yoğunluğu Karadeniz için 1015 kg/m^3 alınarak formül yeniden yazıldığında;

$$P = \frac{\rho g^2}{64\pi} H^2 T \approx 0.486 \frac{\text{kw}}{\text{m}^3 \text{s}} H^2 T \quad (2)$$

bağıntısı elde edilmektedir.

Örnek bir hesaplama yapacak olursak. Örneğin ortalama dalga yüksekliği 3m ve periyodu 8 saniye olan bir kıyı için;

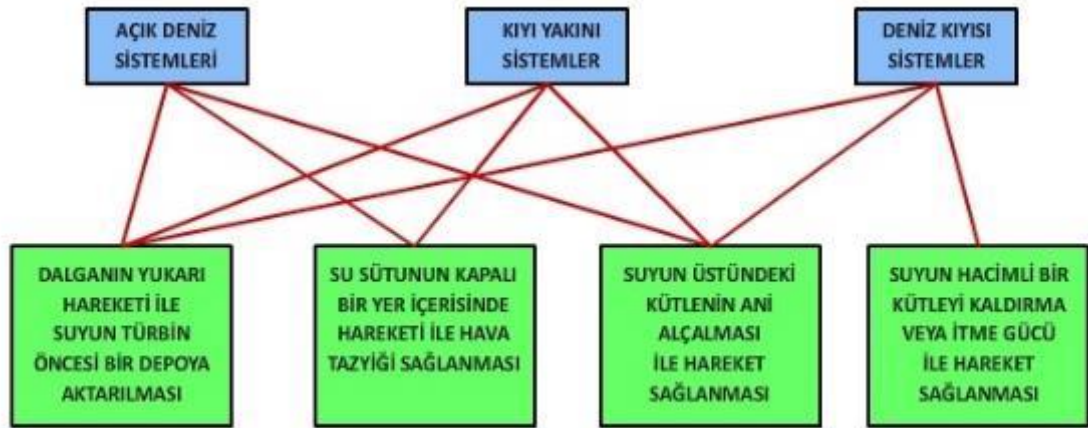
$$P = 0.486 \times (3)^2 \times (8) \approx 34.99 \frac{\text{kw}}{\text{m}}$$

güç değerine ulaşılmaktadır.

1.3.7.1 Dalga Enerjisi Dönüşüm Sistemleri

Dalga enerjisi direkt olarak dalganın yüzeyinden veya dalga yüzeyinin altında oluşan basınçlardan elde edilmektedir. Dünya genelinde, model aşamasında ve prototip aşamasında birçok dalga enerjisi dönüşüm sistemi bulunmaktadır.

Dalga enerjisi dönüşüm sistemleri; kıyı şeridi boyunca, kıyıya yakın ve kıyıdan uzak bölgelerde uygulanan sistemler olmak üzere üç grupta toplanmaktadır (Sağlam ve Uyar, 2004).



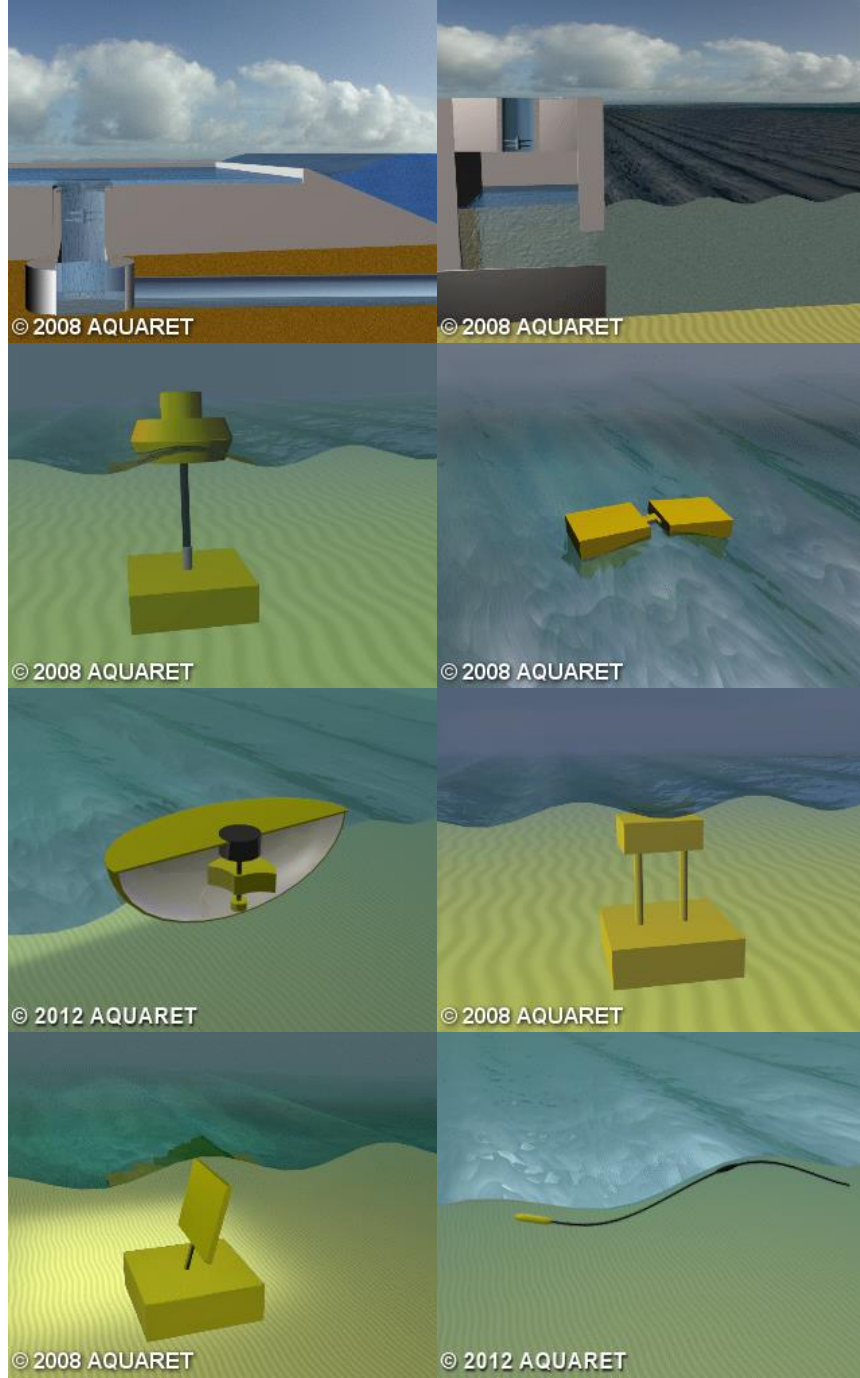
Şekil 1.10 Dalga Enerjisi Üretim Şekilleri (Sağlam & Uyar, 2004)

Dünya genelinde birçok dalga enerjisi potansiyel araştırması yapılmaktadır. Örneğin Doğu Akdeniz ve Ege Denizleri Dalga gücü atlası araştırması için 1994–2009 arasındaki European Center for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) verilerinden yararlanarak dalga yüksekliği ve dalga periyodu bilgilerinden 15 yıllık dalga enerjisi güç hesabı yapılmıştır. (Ayat, 2013)

Ayrıca Kanada sahilleri için yapılan bir çalışmada the WaveDragon dönüşüm sistemi ve the AquaBuOY dönüşüm sistemleri ekonomik potansiyelleri değerlendirilmiş. 10 yıllık bir geri ödeme sistemi çıkarılmıştır. (Dunnnett ve Wallace, 2009)

Dalganın sahip olduğu potansiyel fiziksel olarak incelendiğinde aşağıdaki şekillerde hareketlerin meydana geldiği bu hareketlerin enerji üretimi için kullanıldığı görülmektedir.

Şekil 1.11 de kıyıya doğru hareket eden dalganın seti aşan kısmının bir havuzda toplanması ve daha sonra borular aracılığı ile türbinden geçirilerek enerji elde edilmesi tekniği gösterilmiştir.



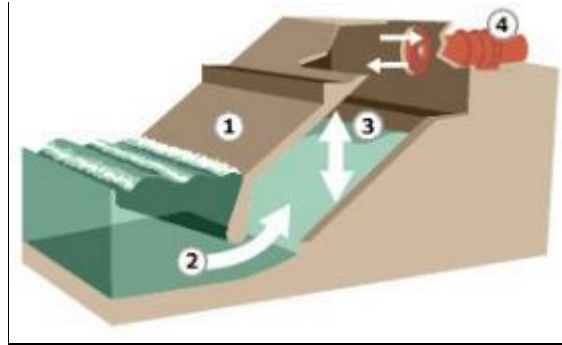
Şekil 1.11 Dalganın Farklı Potansiyellerinin Kullanımı (Anonim,2018e)

1.3.7.2 Kıyı Şeridi Boyunca Uygulanan Enerji Dönüşüm Sistemleri

Kıyıda sabitlenmiş bir şekilde bulunurlar. Diğer kıyıdan uzak sistemlere göre yatırım maliyetleri çok uygun ve enerjinin taşınması işlemi çok kolaydır.

1.3.7.3 Salımlı Su Sütunu (OWC)

Dalgaların kapalı bir yapı içerisinde havayı sıkıştırarak dışarı açılan bir kanal üzerine yerleştirilen Welles türbinin çalıştırılması esasına göre çalışmaktadır. (Drew, Plummer ve Sahinkaya, 2009) Şekil 1.12 de bir OWC çalışma şeması verilmiştir.



Şekil 1.12 Salımlı Su Sütunu (OWC) (Anonim, 2018b)

Oscillation Wave Converter, dünya üzerinde hali hazırda kullanılan uygulaması birçok yerde yapılmış, bir enerji üretim tekniğidir. OWC sistemi dünya üzerinde ilk kurulan sistemlerden birisi olarak karşımıza çıkmaktadır. İngiltere'nin ISLAY adasında kurulan sistem günümüzde halen çalışmaktadır. Benzer sistemler İngiltere, İskoçya ve Avustralya kıyılarında da kullanılmaktadır. Bu sistemlere Şekil 1.13, 1.14, 1.15 de görülmektedir.



Şekil 1.13 Avustralya Kıyılarında Kurulan Oceanlinks



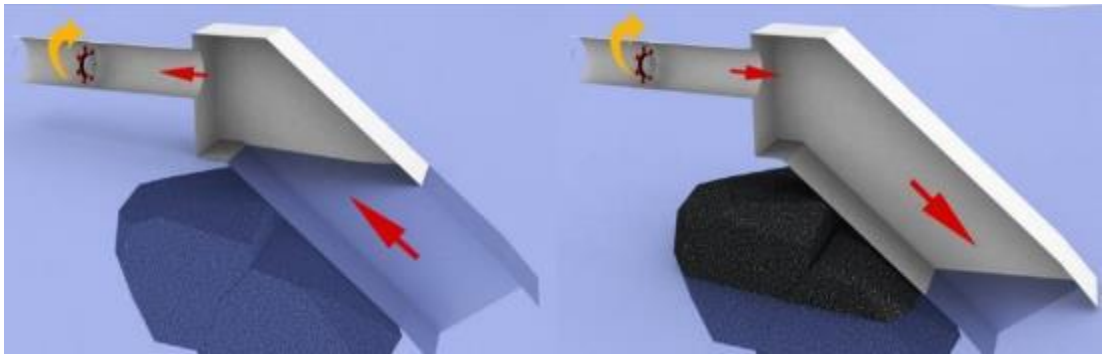
Şekil 1.14 İngiltere Islay Adasında Kurulan Limpet



Şekil 1.15 İskoçya'da Kullanılan Osprey

OWC nin çalışma prensibini inceleyecek olursak, kıyıya doğru hareket eden dalga kütlelerinin kapalı bir bölüm içerisinde yükselmesi sonucu bölüm içerisindeki havanın kanallardan dışarı çıkması, aynı şekilde geri çekilen dalganın bölümün içerisinde vakum etkisi oluşturarak havanın geri çekilmesi sonucu yönü tekrar içeri olacak şekilde bir hava akışı olması sağlanmaktadır.

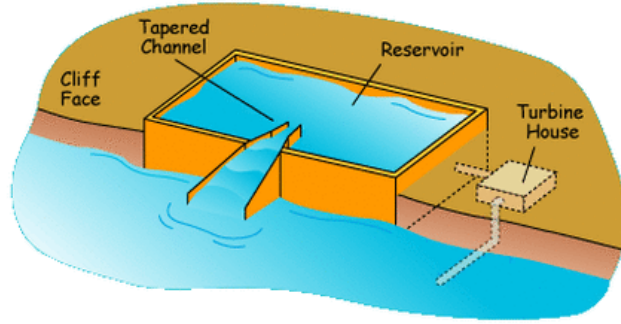
Bu hava akışları esnasında bölümün çıkışındaki kanalda bulunan jeneratör, yapısında bulunan özel kanatçıklar vasıtası ile iki yönden esen havayı kullanarak rotorun tek yönde hareket etmesini sağlamaktadır. Şekil 1.16 deki kanat yapısı sistemin iki yönden gelen hava akımıyla çalışabilmesini sağlamaktadır.



Şekil 1.16 Hava Çıkış Anında ve Hava Giriş Anında Pervane Yönü

1.3.7.4 Daralan Kanal (Tapchan)

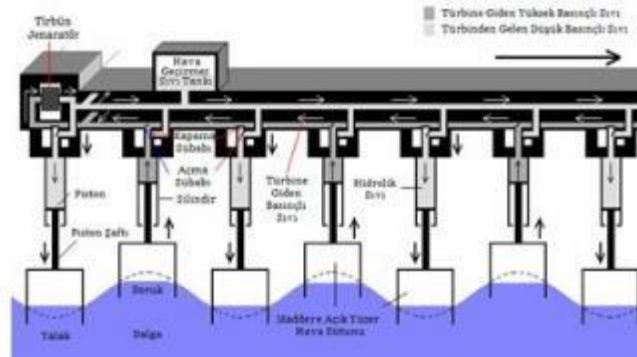
Bu sistemde kıyıya gelen dalga, daralan kanala ulaştığında aynı su kütleinin, ebadının birinin değişmesi sebebiyle, kazandığı enerji ile yükselen su kütleinin rezervuarı doldurması prensibine göre çalışır. Rezervuardan Kaplan tipi türbin vasıtası ile jeneratör çalıştırılır. Bu sistem Topoğrafik yapısı uygun Okyanus kıyılarında ve yüksek dalga boylarında kullanılır. Şekil 1.13 de bir Tapchan sistemi gösterilmiştir.



Şekil 1.17 Tapchan (Daralan Kanal) (Anonim, 2018c)

1.3.7.5 Pendula

Pendular, bir tarafı denize açılan dikdörtgen bir kutu şeklindedir. Bu açıklık üzerine sarkaç bir kapak menteşelenmiştir. Kapak dalga hareketiyle ileri-geri hareket etmektedir. Bu hareket jeneratörün ve hidrolik pompanın çalışması için kullanılmaktadır (Anonim, 2018a)



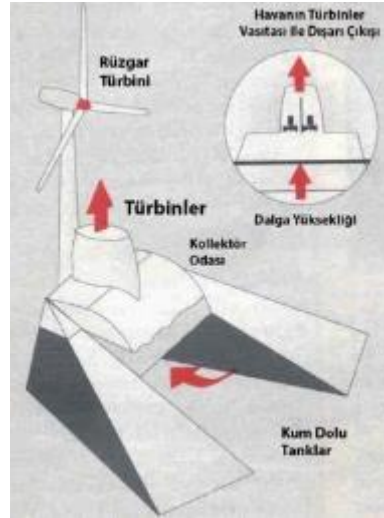
Şekil 1.18 Pendula Sistemi (Anonim, 2018a)

1.3.8 Kıyıya Yakın Enerji Dönüşüm Sistemleri

Bu tür sistemler, kıyıdan yaklaşık olarak 10-25 m su derinliklerine kadar uygulanan sistemlerdir.

1.3.8.1 Osprey

Bu sistem, ortasında 20 m genişliğinde dikdörtgen biçiminde toplayıcı bir hazne ihtiva eden ve bu haznenin her iki tarafında çelik tanklar bulunan bir hibrit dönüşüm sistemidir. Bu tanklar dalganın geliş yönüne doğru yerleştirilmişlerdir ve toplayıcı hazneye doğru gelen dalgaları karşılarlar. Sistem hibrit olmasının nedeni rüzgar türbininin sisteme entegre edilmiş olmasıdır. Sistem ortalama 14 m su derinliğindeki bölgelerde çalışabilecek şekilde dizayn edilmiştir. Sistemin ömrü 25 yıldır (Thorpe, 1999). Şekil 1.15 da bir OSPREY şeması verilmiştir.



Şekil 1.19 OSPREY (Anonim, 2018a)

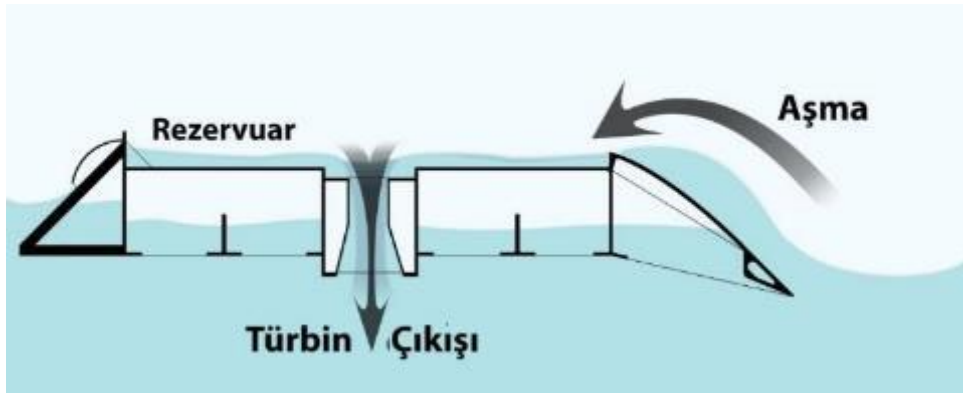
1.3.9 Kıyıda Uzak Enerji Dönüşüm Sistemleri

İlk kurulum ve bakım masrafları fazla olan, kıyıda uzak enerji dönüşüm sistemleridir. 50 m ve daha derin derin sularda uygulanmaktadır. Üretilen elektriğin taşınması maliyetleri arttıran en önemli kısım ve sorunlardandır.

1.3.9.1 Wave Dragon

Bu sistem yüzer bir yapı üzerinde oluşturulan rezervuara, gelen dalgaların en ucundaki, bu yapıdan yüksek su kütlelerinin rezervuara dolması ve bir orifisten akarken orifise yerleştirilen türbini çevirmesi esasına dayanmaktadır (Parmeggiani,

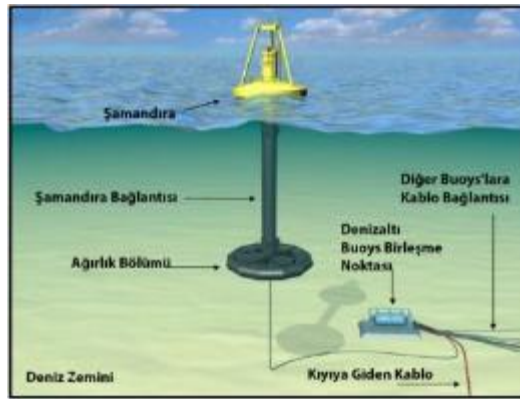
Kofoed ve Friis-Madsen, 2011) Şekil 1.16 da bir wave dragon çalışma sistemi gösterilmiştir.



Şekil 1.20 The Wave Dragon (Parmeggiani vd., 2011)

1.3.9.2 Point Absorber

Bu sistem, deniz tabanına konulan ağırlığa fiber halatla bağlı, yüzer özel bir sandal ile fiber halat arasında konulan doğrusal pompa, dalga hareketi ile mineral yağ pompalar. Kapalı hidrolik devre ve üzerindeki hidrolik akümülatörler ve Valfler ile debi düzenlenir, mineral yağ akımı hidro-motoru döndürür, bağlı olduğu jeneratörü gerekli devirde döndürerek enerji elde edilir.(Yu ve Li, 2011) Şekil 1.17 de bir point absorber sistemi verilmiştir.



Şekil 1.21 Point Absorber

1.3.9.3 Pelamis

Pelamis, Dört veya altı parçadan oluşan yuvarlak tanklar, dalgaların enerjisini, ek yerlerinde bulunan doğrusal pompalar vasıtası ile mineral yağ pompalar, hidrolik devre üzerindeki düzenleyici elemanlarla basınç ve debi düzenlenir. Hidro-motor

istenilen devirde jeneratörü döndürerek enerji elde edilir. Şekil 1.18 de bir pelamis sistemi gösterilmiştir. Tek bir aracın maliyeti 2-3 Milyon \$ gibiyken üretilen enerji 750KW seviyelerindedir.



Şekil 1.22 Pelamis (Margolis, 2018)

1.4 Tezin Amaç ve Kapsamı

Tezimizin amacı düşük dalga yüksekliklerinde çalışabilecek, mevcut sistemlere alternatif oluşturabilecek bir sistemin tasarlamak ve bir prototipin hazırlanarak optimum düzeyde bir enerji üretimi meydana getirmektir.

Ayrıca mevcut sistemler içerisinde en çok kullanılan salınlı su kolonu (OWC: Oscillating Water Column) tekniğinin uygulanmış bir modelinin geometrik benzetim ile modelinin oluşturularak aynı kıyıda çalışabilirliğinin testide yapılacaktır.

Bu durum iki farklı sistemi kıyaslamamıza olanak sağlayacaktır.

Dünya üzerinde yapılan çalışmalar incelendiğinde çalışmaların dalga potansiyelinin yüksek olduğu, okyanus kıyıları ve açık sularına göre hazırlandığı, enerji üretim potansiyellerinin yüksek olduğu ve büyük bütçeler harcandığı görülmektedir.

İç denizlerde, dalga potansiyelinin düşük olması yapılan tasarımların verimli çalışmamasına, yapılan harcamaların elde edilecek enerjiden kazanılacak maliyete nazaran çok fazla olması sebebiyle gerekli gelişimi gösterememiştir.

Ülkemiz üç tarafı denizlerle çevrili olması büyük bir kazanç gibi görülsede halihazırda bulunan dalga enerjisi dönüşüm sistemlerinin ülkemiz kıyılarında çalışabilecek tasarımlar olmadığı görülmektedir.

Özellikle yapılan maliyet incelemelerinde tasarım, montaj, kurulum ve malzeme tedariki gibi kalemler dikkate alındığında bu sistemler için gerçek maliyet hesabının yapılamadığı görülmektedir. Ancak sistemler geliştikçe ilk kurulum ve işletme maliyetlerinde düşüş gözlemlenmektedir. Bu durum zamanla bu konularda daha çok çalışma yapılabilmesine olanak sağlayacaktır.

Gelişen teknoloji ve tekniklerle minimum dalga potansiyelinden maksimum enerji dönüşümünün sağlanabilmesi için çalışmalar devam ettirilmektedir.

Ülkemizin ve dünyanın enerji ihtiyacı göz önüne alındığında, enerji üretimi konusunda yapılan her çalışma ayrı bir önem taşımaktadır. Ulusal literatüre katkı sağlayacağını düşündüğümüz bu çalışma ile özellikle dalga enerjisi konusunda, bir adım atılmış olacaktır.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

2.1 Materyaller

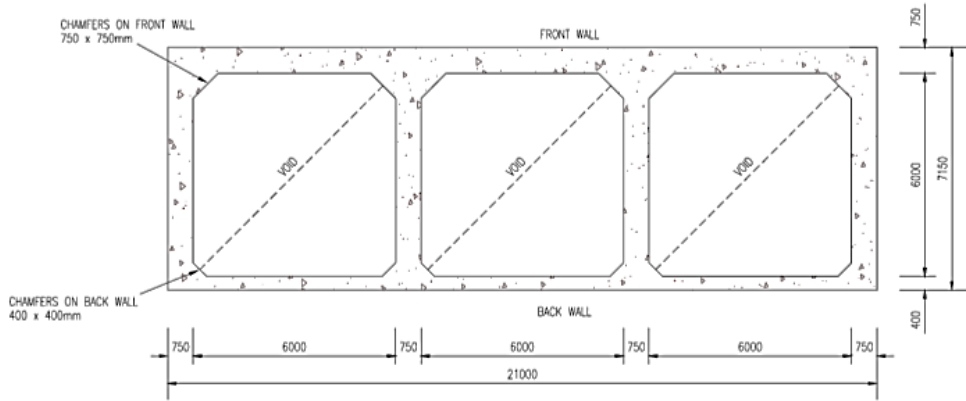
Tez kapsamında iki farklı materyal üzerinde durulacaktır. Bunlar OWC ve SWC modelleridir.

2.1.1 OWC (Ocean Wave Converter) Modeli ve Mekanik Kısım

ISLAY projesi 2000 yılında hayata geçirilmiş bir çalışmadır. 500 kW olan gücü ile verimli bir çalışma olarak karşımıza çıkmaktadır. Sistemin okyanus kıyısında kurulması bir çok yönden artılar kazandırmıştır (Belfast, Wavegen, Limited, Morton, ve Tecnico, 2002).

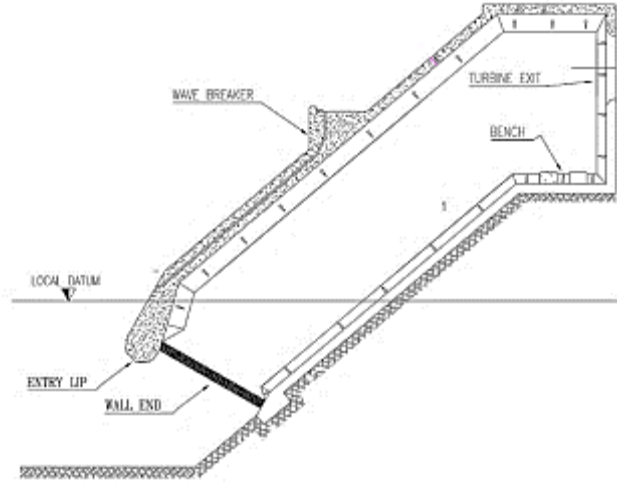


Şekil 2.1 LIMPET Genel Görünüm



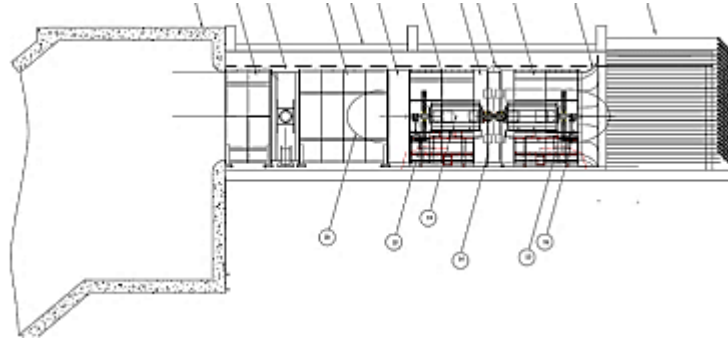
Şekil 2.2 LIMPET Hava Hücrelerinin Üst Kısmının Kesiti

Yapılan çalışmanın teknik ölçülerine bakıldığında yaklaşık 21 m genişliğinde üç gözden oluşan ve her gözü 6 m genişliğinde bir sistem karşımıza çıkmaktadır.



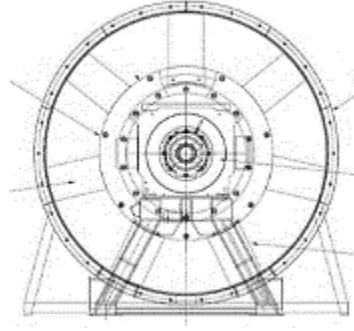
Şekil 2.3 LIMPET Hücre Yan Kesiti

Ayrıca yan kesiti incelendiğinde 14 m derinliğinde olduğu görülmektedir. Sistemin 1/3'lük kısmı su altında kalmaktadır. Böylece dalga geri çekilse dahi tünel ağzı direk açık hava ile iletişime geçmeyecek, sürekli su altında kalarak gerekli vakum etkisi sağlıklı bir şekilde oluşacaktır.



Şekil 2.4 LIMPET Türbin Kesiti

Türbin yapısı incelendiğinde iki adet alternatör olan ve çift pervaneli bir sistem göze çarpmaktadır. Pervanelerin kesiti Şekil 2.5 da verilmiştir.



Şekil 2.5 LIMPET Türbin Kesiti

Sistemin genel özelliklerine bakacak olursak;

Türbin çapı : 2.6 m

Ortalama türbin devir sayısı : 1050 rpm

Kanatçık yapısı : NACA0012

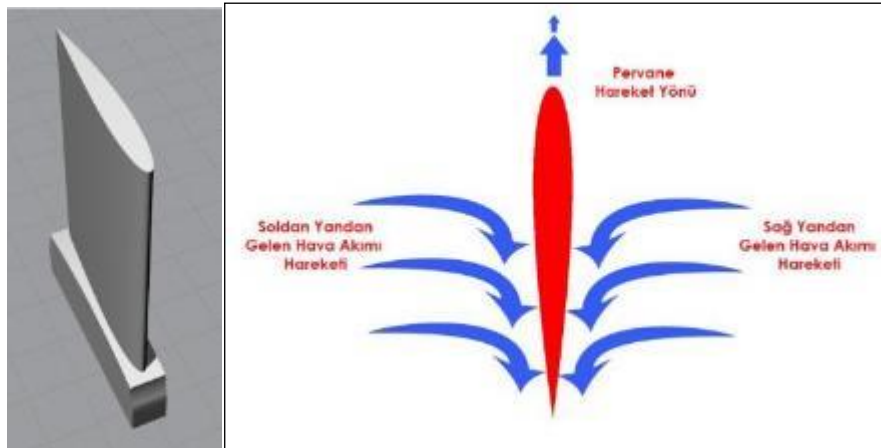
Kanatçık sayısı : 7

Kanatçık uzunluğu : 320 mm

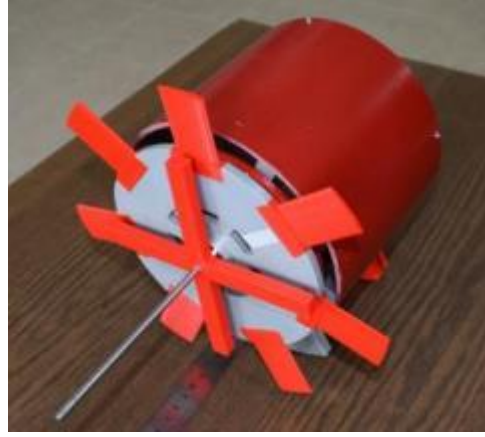
Kanatçık açısını : 0.62 derece

Sistemde özel bir kanatçık tipi olan NACA0012 kullanılmıştır. Bu kanatçık yapısı itibarı ile iki taraftan gelen hava akımını alarak tek yönde itme gerçekleştirmektedir. Genel itibarı ile WELLS türbin olarak adlandırılmaktadır. Kanatçık yapıları ile ilgili halen çalışmalar devam etmektedir.

Bu orana göre hazırlanan kanat modeli 3D yazıcı kullanılarak Şekil 2.6 da gösterildiği gibi imal edilmiştir.



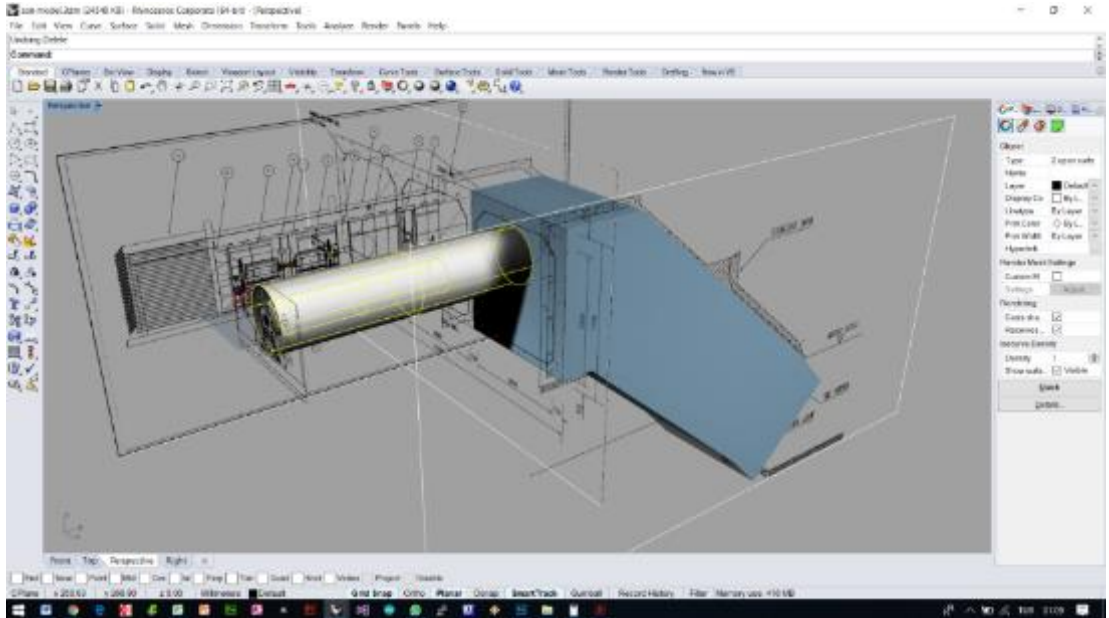
Şekil 2.6 Genel Görünüm ve Üst Kesitten Hareketine Karşı Hareket Yönü



Şekil 2.7 3D Yazıcı Çıktısı Sonucu Tamamlanan Stator

Hazırlanacak prototipin türbin çapı, enerji maliyetini minimize edebilmek amacı ile standart bulunabilecek en büyük çapa ve pürüzsüz yüzeye sahip bir PVC boru ile gerçekleştirilmiştir. Ürün katalogları incelendiğinde dış çapı 260 mm uzunluğu 1700 mm lik bir boru seçilerek gerekli hava kanalı oluşturulmuştur. Gerçek de kullanılan türbinin çapı 2600 mm dir. Belirlenen hava kanalı boyu, gerçek boyutun %10'una karşılık gelmektedir.

Okyanus ve deniz şartları göz önünde bulundurularak, bu %10 luk oran tüm OWC sistemine uygulanarak deneyde kullanılacak boyutlar elde edilmiştir.



Şekil 2.8 OWC Sisteminin Genel Görünümü

Tüm OWC sistemi Rhino 3D programı kullanılarak gerçek boyutlarda modellenmiştir. Yine aynı program kullanılarak model %10 küçültülmüş ve Şekil 2.8 de verilmiştir.

Bu program vasıtası ile elde edilen ölçüler doğrultusunda demir profiller, kullanılarak Şekil 2.9 de gösterildiği üzere taşıyıcı sistem imalatı gerçekleştirilmiştir (Rhino, 2017).



Şekil 2.9 OWC Sisteminin Üretim Aşamaları (İskelet)

OWC sisteminin taşıyıcı unsurları deniz suyu korezyonundan etkilenmemesi için su geçirmez yağlı boya ile kaplanmıştır. Ayrıca taşıyıcı yapı gemilerde kullanılan deniz

suyundan etkilenmeyen ve su geçirmeyen bir kaplama yapısı olan marin kontrplak ile kaplanmıştır.

Taşıyıcı sistem ve kontrplak arasında kalan kısımlara silikon malzeme sürülmüş, herhangi bir hava çıkışına izin vermeyecek şekilde birleştirilmiştir. Bu durum Şekil 2.10 de adım adım gösterilmiştir.





Şekil 2.10 OWC Sisteminin Üretim Aşaması (Kaplama)

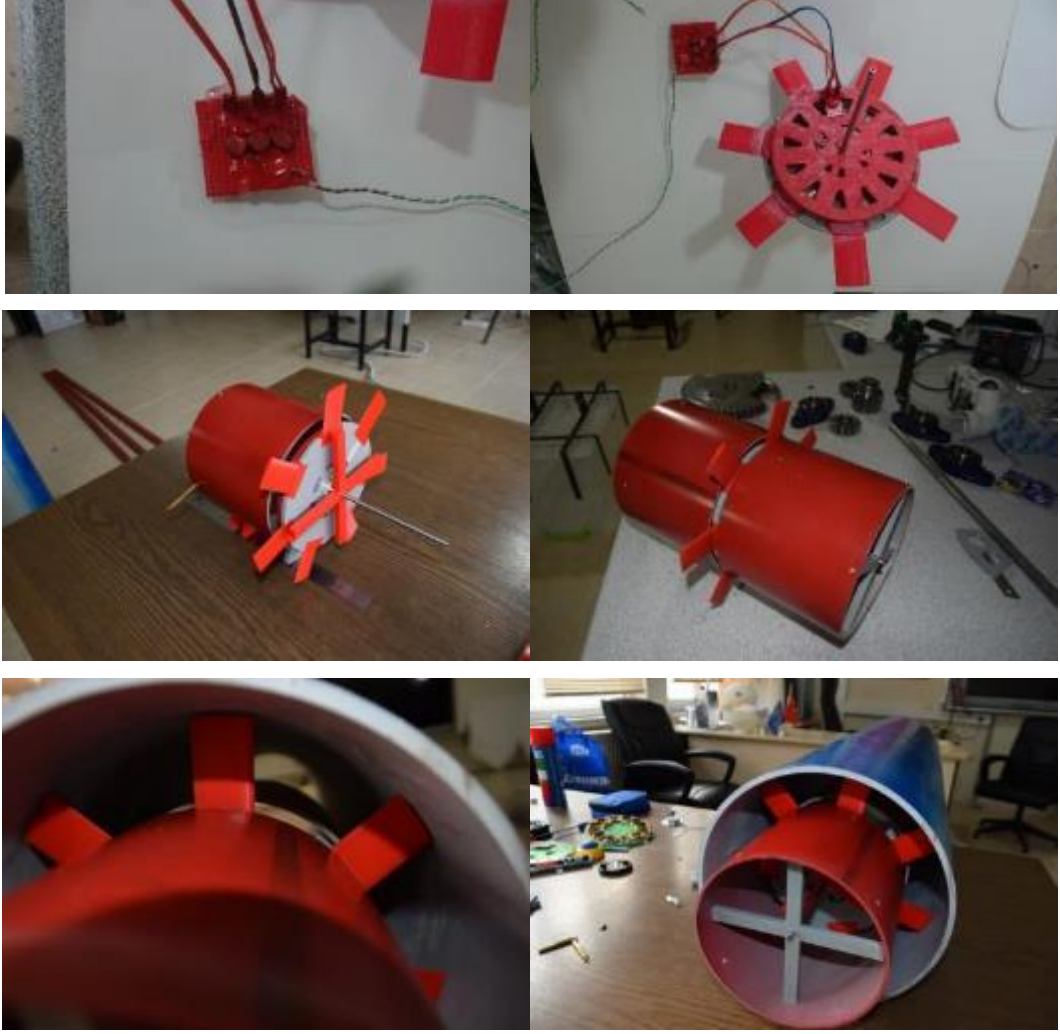
Modeli örnek alınan OWC sisteminde üç hava gözü olmasına rağmen sadece 1 tanesi kullanılmıştır. Bizim sistemimizde de bir tane hava gözü imal edilmiştir.

Kaplama işleminin ardından OWC sistemi tekrardan sudan etkilenmeyen boya kullanılarak püskürtme yöntemi ile beyaza boyanmıştır. Su seviyesi sınırı ise kırmızı çizgi ile işaretlenmiştir. Şekil 2.11 de sistemin son hali görülmektedir.



Şekil 2.11 Tamamlanan Çalışma ve Tasarım Hali

Elde edilen oran dikkate alındığında türbinin içinde bulunan alternatör ise stator kısmı 156 mm çapındadır. Kanatçıklar ise 93 mm uzunluğundadır. Rotor hassasiyeti yüksek rulmanlar üzerinde sabitlenmiştir. Şekil 2.12, 2.13 da jeneratörün genel görünümü ve kanal içerisindeki konumu görülmektedir.



Şekil 2.12 Jeneratör Genel Yapısı ve Kanal İçerisindeki Konumu



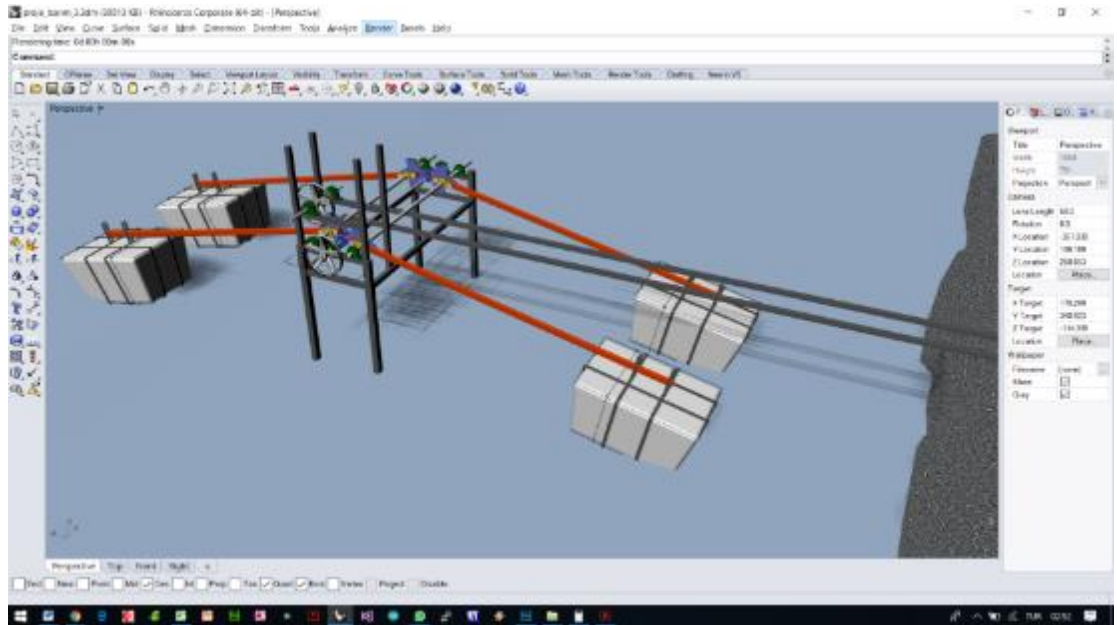
Şekil 2.13 Türbin İçine Yerleştirilecek Olan Sistemin Genel Görünümü

2.1.2 Tasarlanan SWC (Sea Wave Convertor) Modeli

Tasarlamış olduğumuz SWC modeli dalganın kinetik enerjisini kullanan modeller arasında olmakla birlikte çalışma sistemi olarak farklı bir mekanik yapıdadır.

Üretim yapan mevcut sistemler yapıları itibarı ile enerji potansiyeli yüksek olan kıyıdan uzak noktalara yerleştirilmektedir. Bu durum üretilen enerji miktarını arttırsa da enerji nakil ve bakım maliyetleri ciddi ölçüde arttırmaktadır.

Bu çalışma kapsamında hazırlanan sistemde dalga potansiyeli düşük iç denizlere uygun kıyıya kurulacak bir sistem ile yüksek verimlilikte enerji elde etmek hedeflenmiştir. İmalatı gerçekleştirilen SWC sistemi Şekil 2.14 de görülmektedir.



Şekil 2.14 SWC Sisteminin Genel Görünümü

2.1.2.1 Tasarlanan SWC Çalışma Prensibi ve Mekanik Yapısı

Sistemin temel mantığı tek yönlü çalışan kilitli rulmanlar üzerine kurulmuştur. kolların ucunda bulunan dubalar dalganın yukarı ve aşağı hareketi ile kolların diğer ucunda bulunan yarım dişli çarkları çevirmektedir. Bu çarklar kendileri ile temasta olan, güç mili üzerindeki merkezinde kilitli rulmanlar bulunan çarkları tek yönlü olarak çevirmektedir. Bu iniş ve çıkış hareketi dört farklı kol üzerinden güç miline aktarılarak devirin sürekliliği artırılmış olmaktadır. Elde edilen devinim kasnaklar ile devir hızı artırılarak jeneratöre ulaştırılmaktadır.

Sistem aşağıda detayları ile verildiği üzere, sırası ile dubalar ve kolları, çarklar ve kasnaklar, jeneratör ve taşıyıcı sistemimizden oluşmaktadır.

Yapılan literatür araştırması sonucu daha önce yapılmış herhangi bir örneğinin olmaması, kullanılacak ölçülerin dalga yüksekliği, dalga boyu ve dalga periyoduna göre göreceli olarak değişebilmesi ve maliyet düşüldüğünde gerekli ölçülerin belirlenmesi ve malzemelerin temini için, hazır bulunuşluk ve optimum değerler göz önüne alınmıştır.

Hazırlanan sistem için temin edilen dubaların etrafına yapılan kafes ile sağlam bir şekilde kolların üzerine sabitlenmesi sağlanmıştır. Bu yapı şekil 2.15 de görölmektedir.



şekil 2.15 Dubalar ve Kafesleri

İ denizler genellikle yüksek su yoğunluğuna sahiptir. Ancak Karadeniz iç deniz olması rağmen düşük su yoğunluğu sahiptir (Karadeniz için su yoğunluğu 1015 kg/m³).

Bu nedenle daha fazla kaldırma kuvveti oluşturmak için daha büyük duba hacmi gerekmektedir. Bu durum dikkate alınarak piyasa standart ölçülerine ulaşılabilecek en büyük hacim 80 L olmaktadır.

Dubaların ölçüleri 70 x 45 x 40 cm dir. Bu hacime sahip bir dubanın kaldırma kuvveti hesaplanırken aşağıdaki formül kullanılır.

$$F_k = V_{\text{Batan}} \times \rho \times g$$

$$V_{\text{Batan}} = 0.7 \times 0.45 \times 0.4 = 0.126 \text{ m}^3$$

$$F_k = 0.126 \times 1015 \times 9.807 = 1254.217 \text{ N} = 125.421 \text{ kg}$$

Kutu ağırlığı, kafes ağırlığı ve kol ağırlıkları ölçüldüğünde 18.5 kg kuvvet gelmektedir. Toplam kaldırma kuvvetinden bu ağırlığı çıkarırsak sisteme yansıyacak olan maksimum kaldırma kuvveti bulunur.

$$1254.217 - 185 = 1069.217 \text{ N}$$

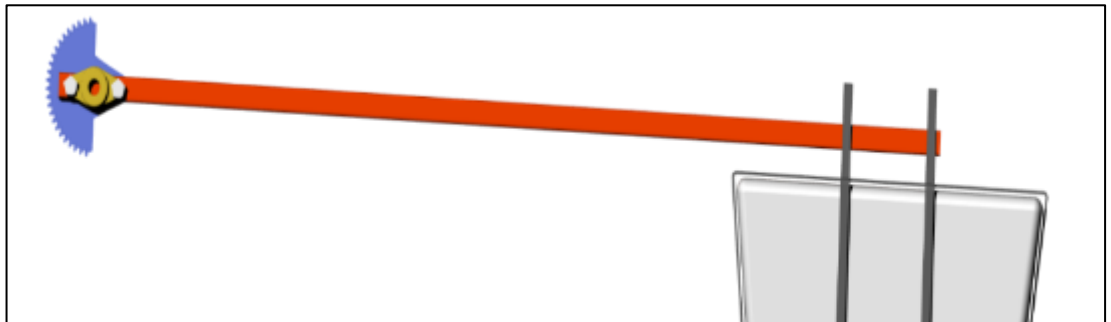
Bu değer yaklaşık 106.962 kg kuvvet'e tekabül etmektedir.

Sistemde kullanılacak çarkların yeniden imalatı gerçekleştirilip enerji maliye arttırmamak için, standart MODUL-4 kullanılmıştır.

Sistemin temel yapısı kilitli rulmanlardan oluşmaktadır. Tek yöne çalışan bu rulmanlar güç aktarımının en fazla olabilmesi için çapının küçük olması gereklidir. Bu nedenle standart üretim değerleri üzerinden bakıldığında 35 mm çaplı rulmanlar tercih edilmiştir. Bu rulman çapına uygun kullanılacak dişli ve bulunan en uygun boyuttaki standart yapı MODUL 4 – on dört dişli çarka karşılık gelmektedir.

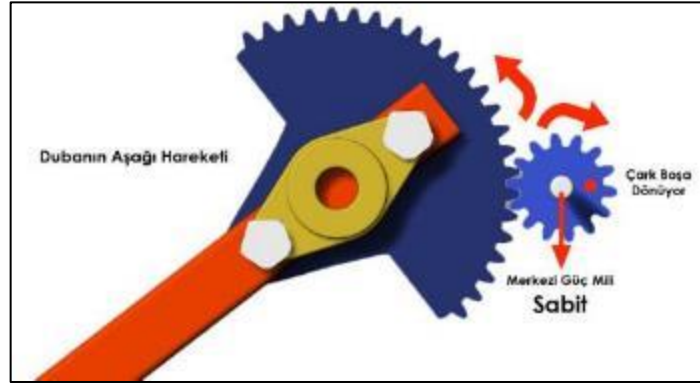
MODUL-4 on dört dişli çarkı tahrik edecek, en büyük çapa ve en az ağırlığa sahip karşılık çark, MODUL-4 elli diş olarak seçilmiştir.

Dubanın bağlı olduğu kolun diğer ucunda MODUL - 4 elli dişli bir çarkın yarısı bulunmaktadır. Şekil 2.16 de duba, kol ve çark görülmektedir. Bu çark dubanın iniş ve çıkış hareketini (doğrusal) diğer mile aktarmak için kullanılmaktadır.



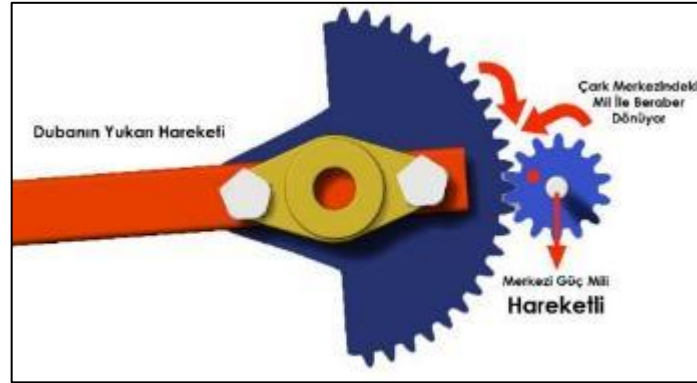
Şekil 2.16 Duba ve Kolun Genel Görünümü

Duba aŖađı indiğinde, kol yarım diŖli sola doğru dđner. Ona bağlı olan gđç mili diŖlisi ters yđnde boŖ olarak dđner. Gđç mili dđnmez, sabit kalır. Bu durum Ŗekil 2.17 de gđsterilmektedir.



Ŗekil 2.17 Dubanın AŖađı Hareketi

Duba yukarı hareket ettiğinde ise yarım diŖli sağa doğru hareket eder. Ona bağlı olan gđç diŖlisi ters yđnde, içinde bulunan kilitli rulman ile mile kilitlenerek beraber dđnme iŖlemi gerçekteŖir. Bu durum Ŗekil 2.18 de gđsterilmektedir.

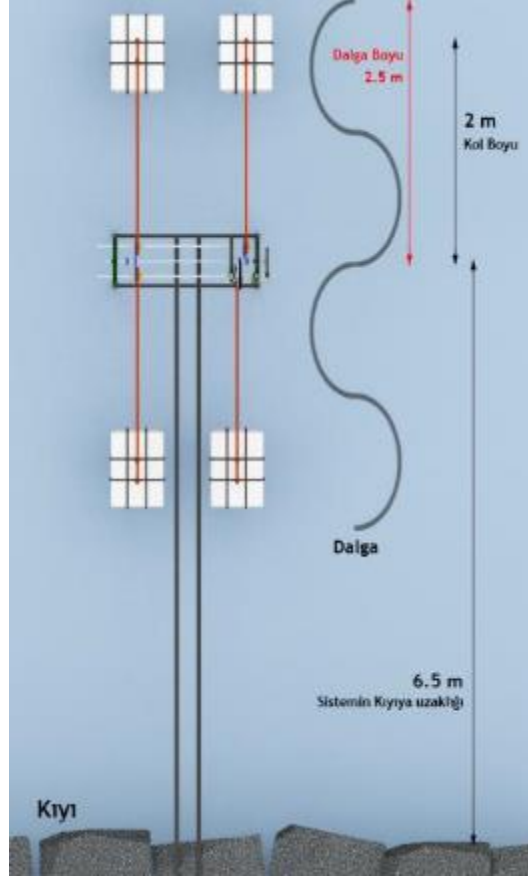


Ŗekil 2.18 Dubanın Yukarı Hareketi

Dubaların sđrekli olarak aŖađı ve yukarı iniŖ ve ıkıŖ hareketleri gđç milinin sđrekli olarak dđnmesini sağlamaktadır.

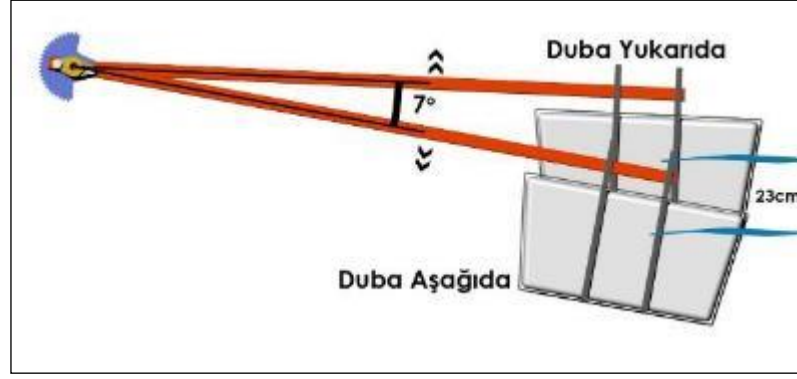
Dalganın, dubayı kaldırması, devamında yeni dalganın dubayı tekrar kaldırması arasında 2.5 m yol aldığı gđrđlmüŖtđr. Ŗlçđlen dalga boyuna gđre karŖılıklı yerleŖtirilen iki duba sırası ile iniŖ ve kalkıŖ yapmaktadır. Dalga boyuna gđre duba kollarının 2 m olması, aynı dalganın karŖılıklı iki dubayı da aynı anda kaldırmasını

engellemektedir. Amaç farklı zamanlarda (birbirini takip edem aralıklarda) dubaların yukarı doğru hareket ettirilmeleridir. Böylece karşılıklı olarak yerleştirilen dubalar güç milini 360 derecelik dönme imkânı sağlamaktadır. Elde edilen dönem gücünün artırılması için birbirine paralel iki şer duba kullanılmıştır. Böylece toplam dört duba sistemin çalışması için yeterli görülmüştür. Duba kolu mesafeleri, kol sayıları ve duba yerleşimleri Şekil 2.19 de gösterilmiştir.



Şekil 2.19 Tasarlanan Sistemde Kol Mesafesi

Sistemin sağlıklı çalışabilmesi için kullanılacak duba sayısı önemlidir. Dönme hareketinin daimî olabilmesi için fazla dubaya ihtiyaç duyulmaktadır. Karadeniz kıyıları için Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan 5 yıllık veriler doğrultusunda ortalama dalga yüksekliği 23 cm olarak belirlenmiştir.



Şekil 2. 20 Genel Duba Hareketi

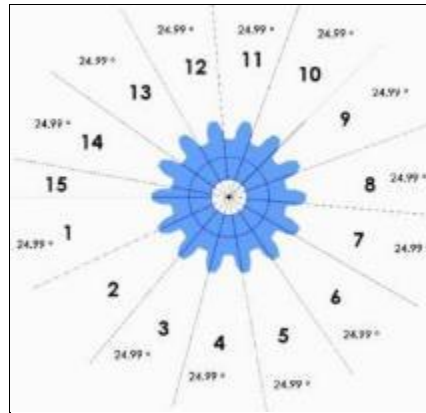
Şekil 2.20 de gösterildiği gibi, 2 m kol boyu ile, ortalama yükseklik olan 23 cm hareket eden bir dubanın 7 derecelik bir açı yaptığı ölçülmüştür.

Çarka karşılık olarak kullanılan MODUL – 4 on dört dişli bir çark bulunmaktadır. Aralarında 3.57'lik bir dişli oranı bulunmaktadır.

Kol üzerinde bulunan büyük çark 7 derece açı yaptığıında karşılığı olan küçük çark 3.57 lik dişli oranı sayesinde 24.99 derece açı yapmaktadır. Böyle güç mili 24.99 derece dönmektedir. Teoride amaç güç milini 360 derece döndürülmesidir. Bir duba hareketi ile 24.99 derece açı yapan sistemde aşağıdaki hesap uygulandığında;

$$\frac{360}{24.99} = 14.40 \text{ adet}$$

Tek dalganın sırası ile dubaları kaldırdığı düşünüldüğünde 15 adet dubanın güç miline 360 derece açı yapacağı hesaplanmıştır. Bu durum güç çarkı üzerinde Şekil 2.21 de gösterilmiştir.



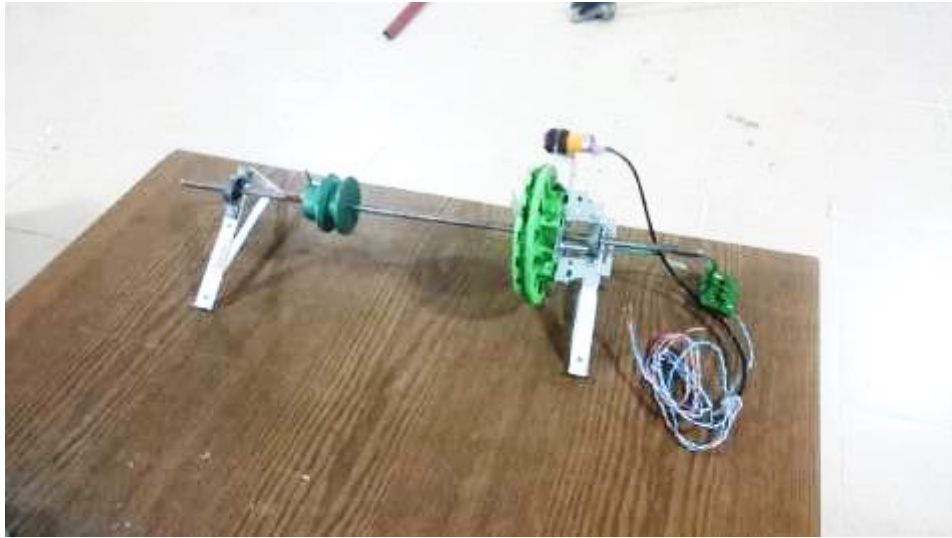
Şekil 2. 21 Duba Sayısı Hesabı

Teoride hesaplandığı üzere 15 dubaya ihtiyaç olduğu hesaplanmıştır. Ancak deniz üzerinde dalgalar düzenli olarak hareket etmemektedir. Karadeniz şartlarında yapılan çalışmada dalgaların periyodu ve dalga boyu değişimi sebebi ile dört dubanın yeterli olduğu belirlenmiştir.

Bu çalışma kapsamında kullanılan jeneratörler, OWC sisteminde kullanılan ölçüde hazırlanmıştır. Hazırlanan stator ve rotor spray boya ile tüm iletken yüzeyleri boyanarak sudan yalıtımları sağlanmıştır. Stator, mil tam ortasından geçecek şekilde sabitlenmiş, rotor ise merkezine rulman yerleştirilerek rahat dönmesi sağlanmıştır. Milin başına ve sonuna rulmanlar eklenerek, uygun ayaklar ile sistemin üzerinde sabitlenmiştir. Şekil 2.22 da SWC jeneratörü stator, rotor ve gene hali ile görülmektedir.



Şekil 2.22 Bobinler Stator ve 16 Miknatıslı Rotor

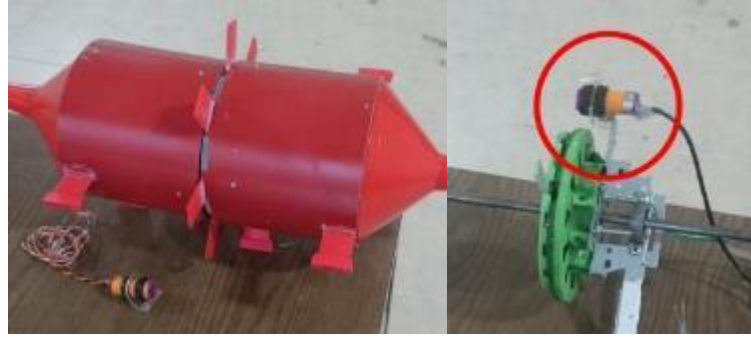


Şekil 2.23 SWC Sisteminin Jeneratörü

Dalga boyunu ölçmek için dalga cetveli kullanılmıştır. Şekil 2.24 de görülmektedir. Toplam boyu 40 cm dir. Her 5 cm de bir işaret konuşmuştur.



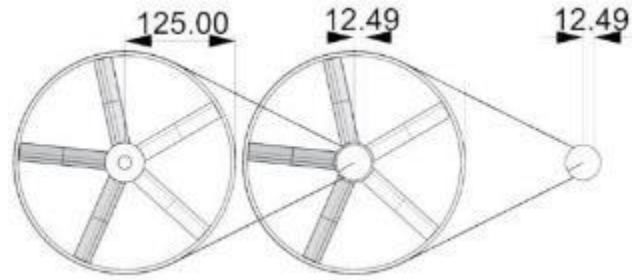
Şekil 2.24 Dalga Boyu Cetveli



Şekil 2.25 Devir ve Dalga Boyu Algılayıcıları

Güç mili dubalar aracılığı ile çok yavaş dönmektedir. Ancak duba kollarından 106.962 kg kuvvet olarak hesaplanan çevirme gücü, yüksektir. Elde edilen güçlü devir, hızlandırılarak jeneratöre aktarılması için kasnak veya dişli yapısına ihtiyaç duyulmuştur. Temin edilmesi kolay, ayrıca yüksek devir için geniş bir çapa sahip olduğu kayış kasnak sistemi kullanılmıştır. Güç mili üzerine yerleştirilen kasnağa karşılık olarak oluklu küçük döküm kasnak kullanılmıştır. Oluklu kasnak kayışın kasnak merkezinden çıkmaması için tercih edilmiştir. Küçük kasnak ve büyük kasnak arasında 9.99 gibi bir çap oranı bulunmaktadır. Sistemin yapısında birbiri ardına yerleştirilmiş iki sıra kayış kasnak yapısı bulunmaktadır. Birbiri ardına

yerleştirilen kayış kasnaklar güç milinin bir tur çevrilmesiyle birlikte jeneratöre 99.8 devir olarak aktarılmaktadır.



Şekil 2.26 Kasnak Ölçüleri



Şekil 2.27 Gerçek ve 3D Kasnak Görünümleri

Her iki sistemin kurulumu için Karadeiz Bölgesinde Trabzon ili Araklı sahilinde en uygun yer seçilmiştir. Bu yerin direk açık denizi gören ve iki sisteminde yan yana sağlıklı bir şekilde çalışması için uygun bir yer olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 2.28 Her İki Sistemin Yerleştirildiği Bölge

Kayalıklardan 8 m açığa kurulan sistem için bir taşıyıcı sistem hazırlanmıştır. Taşıyıcı sistem kayalıklardan 1.5 m olarak başlayan su derinliğinin, 2 m olduğu noktaya kadar ilerlemiştir.

Dubalar, çarklar, kasnaklar, jeneratör ve taşıyıcı sistem ile tüm sistem bir araya getirilerek belirlenen yere kurulmuştur. Genel olarak inşa aşamaları Şekil 2.29, 2.30 ve 2.315 de gösterilmiştir.



Şekil 2.29 İmalat Aşamaları



Şekil 2.30 İmalat Aşamaları



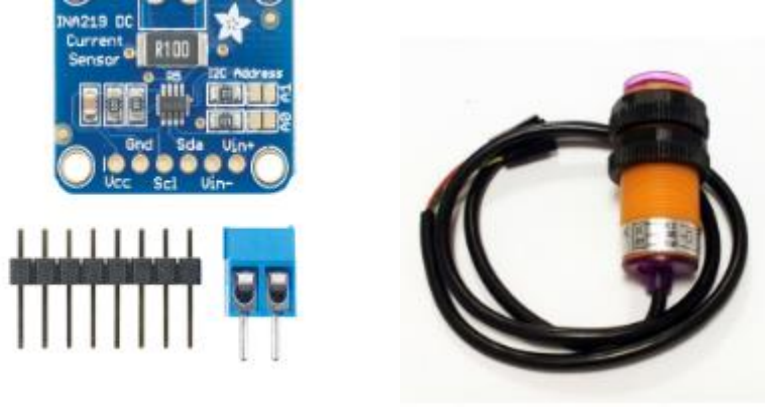
Şekil 2.31 İmal Edilen SWC Sistemi

2.1.3 SWC ve OWC Sistemlerinden Verilerin Okunması

Sistemden verilerin okunma işlemi Arduino kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Arduino, kullanımı kolay, açık kaynak kodlu yazılım ve donanıma sahip bir mikrodenetleyici prototipleme platformudur. Açık kaynak ifadesi, yazılımın kaynak koduna ve donanım bilgilerine erişiminin serbest olması ve isteğe göre değiştirilebilmesi anlamındadır. Baskılı devresi, şematik tasarımı, PC üzerinde çalışan derleyicisi, kütüphaneleri ve tüm detayları ile internet ortamında paylaşılmaktadır. Arduino platformunda Atmega ailesinden mikrodenetleyiciler kullanılır. Arduino programlamada C/C++/ Java tabanlı bir dil kullanılmaktadır.

Arduino modeline göre birçok dijital ve analog giriş çıkışa sahiptir. Bu giriş çıkışlar vasıtası ile sensor ve cihazlar ile haberleşerek sistemlerin kontrolünü sağlar. Bizde kurduğumuz sistemlerden elde edilen verilerin okunması ve kayıt altına alınması için Arduino Mega modeli kullanılmıştır.

Akım ve gerilim değerleri için INA219 akım ve gerilim sensörü kullanılmıştır. Devir ölçümü için kullanılan MZ80 devir sensörü Şekil 2.35 gösterilmektedir. Ölçülen değerlerin SD karta yazılmasını sağlayan SD kart modülü Şekil 2.32 gösterilmektedir. Ölçüm kısmı bilgisayardan bağımsız olarak çalışacak şekilde tasarlanmıştır.

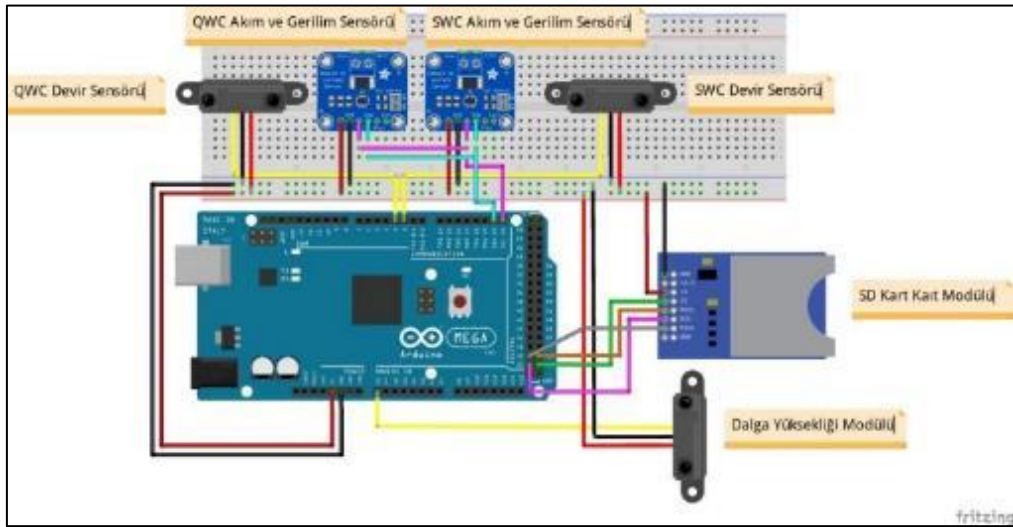


Şekil 2.32 INA219 Akım ve Gerilim Sensörü ve MZ80 Devir Sensörü

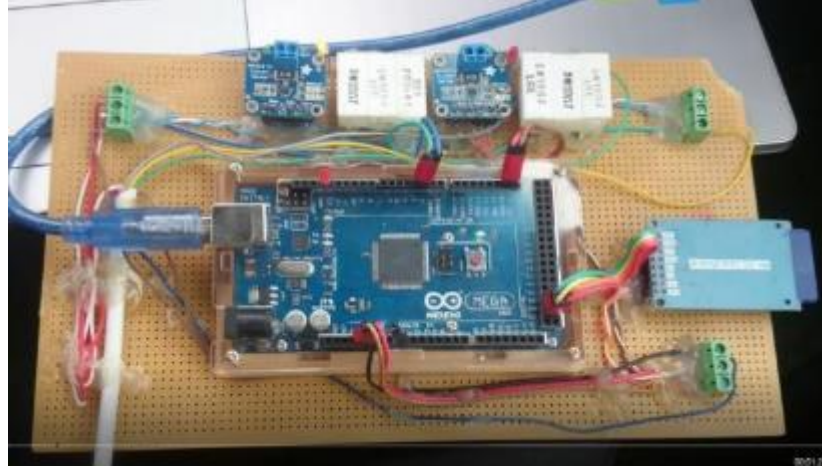


Şekil 2. 33 SD Kart Modülü

Ölçüm sisteminin temel bağlantı yapısı Şekil 2.33 de gösterilmiştir. Ölçüm sisteminin fotoğrafı Şekil 2.34 de verilmiştir.



Şekil 2.34 Kaydedici Devrenin Bağlantı Şeması



Şekil 2.35 Kaydedici Devrenin Fotoğrafi

Bu devre toplamda yedi parametre kayıt altına alınmaya çalışılmıştır. Bu parametreler OWC'nin akım değeri, OWC'nin gerilim değeri, SWC'nin akım değeri, SWC'nin gerilim değeri, OWC'nin devir değeri, SWC'nin devir değeri ve dalga yüksekliği değerleridir.

Sistem içerisinde elde edilen akımın ölçülebilmesi için üretilen enerjinin harcanması gereklidir. Enerjinin harcanması için taş dirençler kullanılmıştır. OWC ve SWC sistemlerinin jeneratörleri 1200 devir/dk çalışan redüktörlü bir motor ile manuel olarak döndürülmüştür. Elde edilen enerjiye ait akım ve gerilim değerleri multimetre ile ölçülmüştür. 1200 devir/dk lık bir dönmede 140 W'a kadar enerji ölçümü yapılmıştır. Sistem atölye ortamında el ile çalıştırılarak 700 devir/dk hızı çıkartılabilmektedir. 700 devir/dk da 15 W üretildiği ve sistemin maksimum 15 W üreteceği ölçülerek görülmüştür. Bu sebeple 15 W değerindeki taş dirençler ölçüm devresinde kullanılmıştır.

QWC sisteminde tünel içerisindeki hava akışı anemometre ile belirli aralıklarda ölçülmüştür.



Şekil 2.36 Hava Akış Hızı Ölçer (Anemometre)

2.2 Yöntem

2.2.1 Yöntemin Seçilmesi ve Uygulanması

Tüm mekanik yapıları hazırlanan sistemler, belirlenen deniz kıyısına yan yana kurulmuştur. Kuruluş aşamaları sırası ile OWC ve SWC sistemi Şekil 2.37 ve Şekil 2.38 de gösterilmiştir.



Şekil 2.37 OWC Sistemlerinin Kurulma Aşamaları



Şekil 2.38 SWC Sistemlerinin Kurulma Aşamaları ve Çalışma Fotoğrafları

2.2.2 İstatistiksel Analiz

Araştırmada, OWC ve SWC sistemlerinden elde edilen farklı dalga yüksekliklerindeki devir ve güç değerleri Kolmogorov-Smirnov normallik test sonuçlarına göre ($P < 0.05$) arası farklılıklar Mann-Whitney U testi ile değerlendirilmiştir. Araştırma bulguları $P < 0.05$ önem seviyesinde anlamlı kabul edilmiş olup, bulgular n, ortalama, standart sapma (SD), medyan (ortanca değer) ve IQR değerleri olarak verilmiştir. Tüm istatistiksel hesaplamalar SPSS 22.0 V. istatistik paket programda yapılmıştır.

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

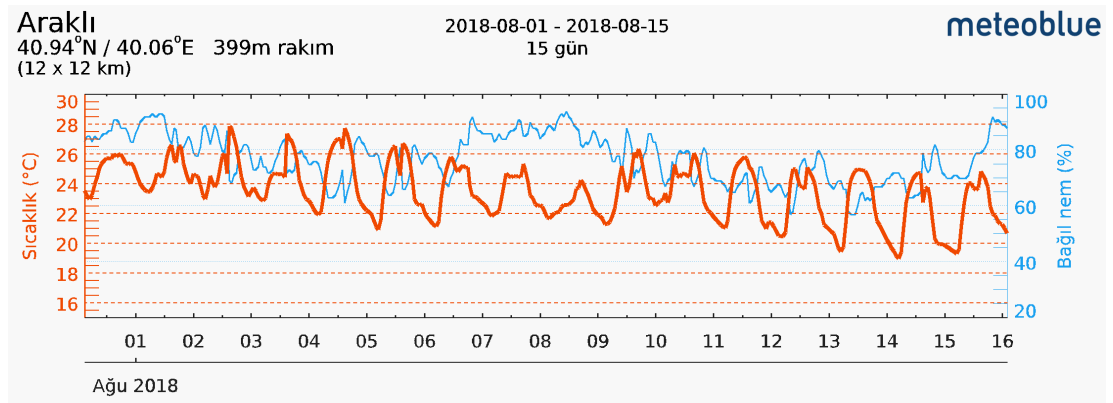
Sistemlerin kurulumu tamamlandıktan sonra, enerji üretecek aksamalar yerleştirilmiş ve takip eden zamanda okuma ve depolama gerçekleştirilmiştir. Sistemlerin çalışma anı Şekil 3.1 de görülmektedir.



Şekil 3.1 Sistemlerden Elde Edilen Verilerin Okunması

Kurulum ve ölçüm 4-5-6-7-8-9-10 Ağustos 2018 tarihlerinde günün 10:00 ile 16:00 saatleri arasında yapılmıştır.

Ölçüm gerçekleştirilen altı gün boyunca sıcaklık değişimi 26-30 °C aralığında olduğu belirlenmiştir. Şekil 3.2 de ağustos ayının günlerine bağlı olarak on beş günlük sıcaklık ve nem değişimi görülmektedir.



Şekil 3.2 01-16 Ağustos 2018 Hava Durumu Değerleri (Anonim,2018d)

Karadeniz için deniz suyu yoğunluğu 1015 kg/m³ olarak alınmıştır (Akpınar,2012).

Ölçüm günleri her 20-30 dakikada aralıklarla dalga boyu değeri gözlemlenerek hayıt altına alınmıştır. Kayıt altına alınan değerler Çizelge 3.1 de gösterilmiştir. Çizelge incelendiğinde gün içerisinde dalga boyunun 5-10 cm farklılık gösterdiği görülmüştür.

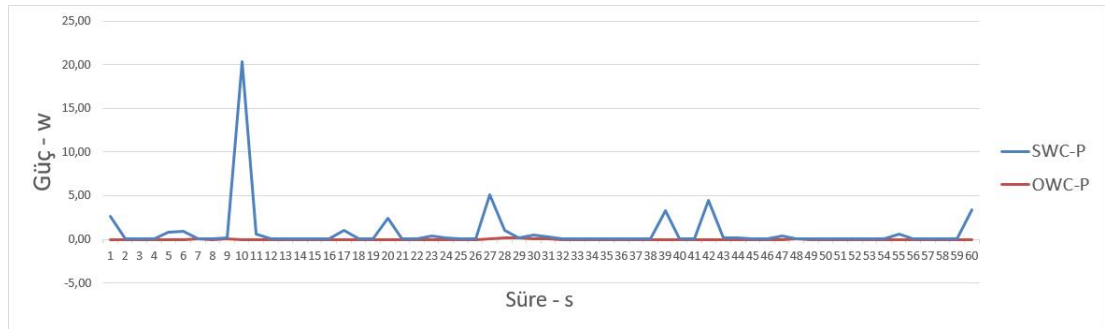
Çizelge 3.1 Tarihler Göre Dalga Yüksekliği Değişimi

Tarih	Ölçülen Dalga Yükseklikleri Aralığı
5 Ağustos 2018	3-5 cm
6 Ağustos 2018	5-10 cm
7 Ağustos 2018	15-20 cm
8 Ağustos 2018	10-20 cm
9 Ağustos 2018	20-30 cm
10 Ağustos 2018	25-35 cm

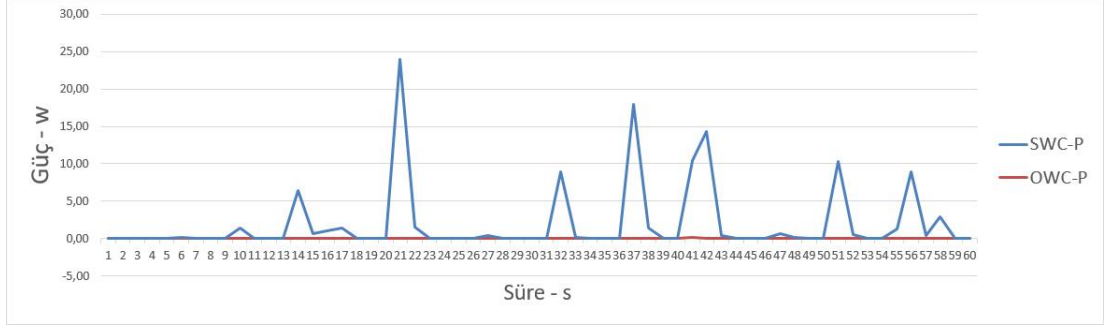
Enerji üreten sistemlerden akım(A), gerilim(V), devir(D(Rpm)) değerleri ölçülerek kayıt altına alınmıştır.

Dalga yüksekliği belirli aralıklarla gözlemlenirken ve aynı anda tünel içindeki hava akış hızı anemometre ile ölçülerek kayıt altına alınmıştır.

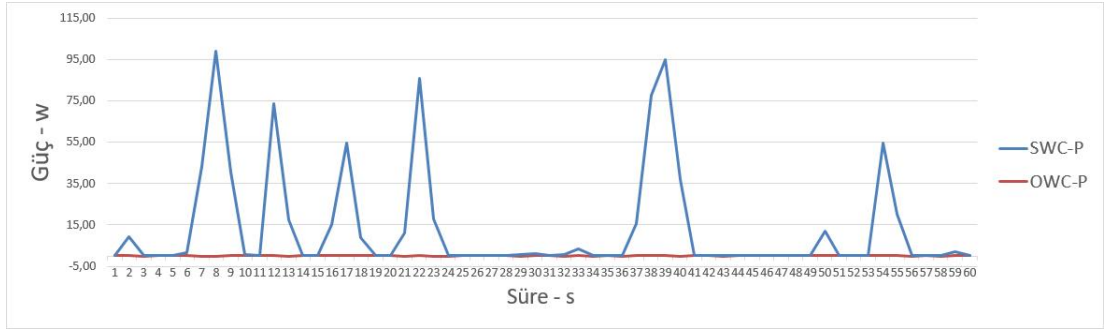
Toplamda 30000 adet veri okuma işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu veriler içerisinde 13804 adet anlamlı ve hatasız kısmı kullanılmıştır. Aşağıda sırası ile 5-10 cm, 10-15 cm, 10-20 cm, 15-25 cm, 20-35 cm dalga yüksekliklerine ait güç verilerinin 60 s lik kısmına ait grafikler görülmektedir.



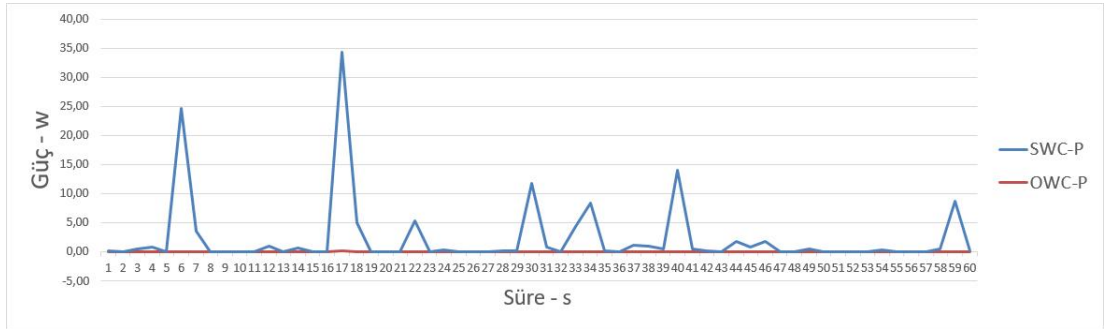
Şekil 3.3 Dalga Yüksekliği 5-10 cm de SWC ve OWC Üretilen Güç Grafiği



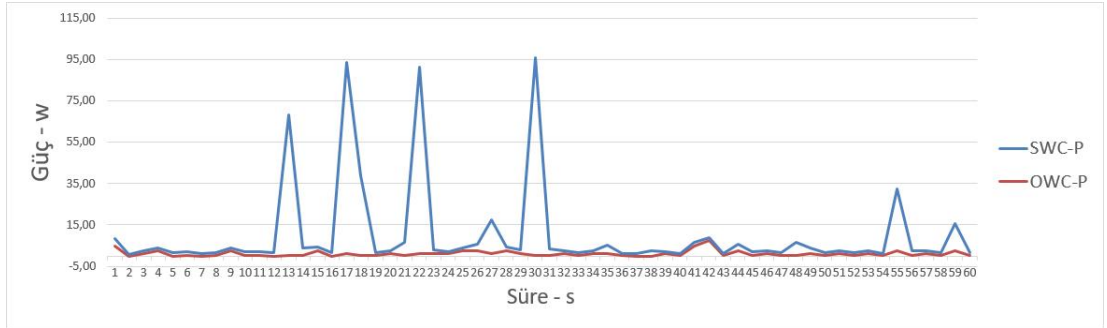
Şekil 3.4 Dalga Yüksekliği 10-15 cm de SWC ve OWC Üretilen Güç Grafiği



Şekil 3.5 Dalga Yüksekliği 10-20 cm de SWC ve OWC Üretilen Güç Grafiği



Şekil 3.6 Dalga Yüksekliği 15-25 cm de SWC ve OWC Üretilen Güç Grafiği



Şekil 3.7 Dalga Yüksekliği 20-35 cm de SWC ve OWC Üretilen Güç Grafiği

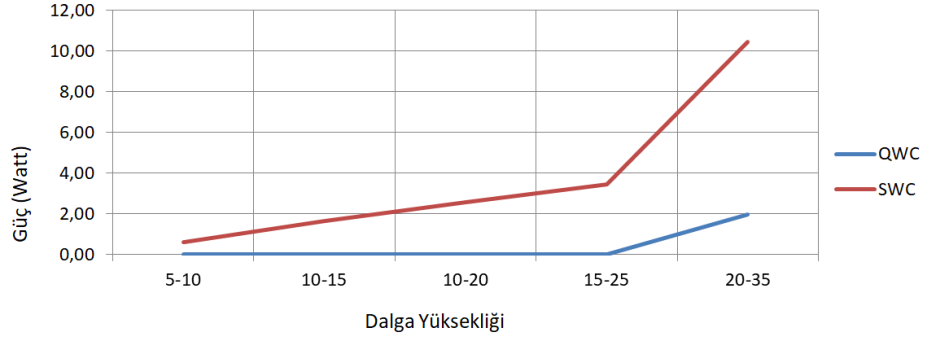
Yapılan çalışmada asıl olan dalga hareketinin dairesel harekete çevrilmesi olmuştur. 4 dubalı kol ve iki aşamalı kayış kasnak sistemi ile maksimum 661 devire ulaşılmıştır.

Dalga yüksekliğini sürekli değişken olması, dubaların dizilimi ve sayısının yeterli olmaması nedeni ile jeneratörün devrinde süreklilik yakalanamamıştır. Dalga yüksekliği arttıkça üretilen enerji miktarlarında da doğru orantılı olarak artış sağlanmaktadır.

Elde edilen tüm verilerin değerlendirilmesi gerçekleştirilmiş ve Çizelge 3.2'de sunulmuştur.

Çizelge 3.2 Dalga Yüksekliklerine Göre Ortalama Güç ve Devir Verileri

Dalga Yüksekliği (cm)	Ortalama Değerler					
	Devir (Rpm)			Güç - W		
	OWC	SWC	% Fark	OWC	SWC	% Fark
5-10	22	94	76.27	0.007	0.60	98.89
10-15	31	133	76.87	0.014	1.64	99.14
10-20	33	104	68.16	0.007	2.55	99.73
15-25	42	99	58.11	0.014	3.44	99.58
20-35	49	177	72.50	1.964	10.44	81.19



Şekil 3.8 Dalga Yüksekliği ve Güç Grafiği

OWC verileri incelendiğinde enerji üretimi için belirli bir dalga seviyesinin üstüne çıkılması gerektiği görülmektedir. 20-35 cm dalga yüksekliğinden sonra kanal içerisindeki hava akışı 2.5 m/s ve üzeri seviyelere çıkmış, enerji verileri alınmaya başlanmıştır.

Hava akışları 1-5 s gibi çok kısa süreli olmuştur. Dalga yüksekliğinin 25-35 cm civarında olması OWC sisteminde havanın tüp içerisinde yeterince sıkışamamasına

ve istenilen hava basıncın oluşmamasına neden olmuştur. Bu durum yapılan ölçümlerle Çizelge 3.3 de ortaya konmuştur.

Dalga periyodu 3-8 s aralığında sabit kalmıştır. OWC sisteminde kanal içerisindeki hava hızı anemometre ile yarım saat aralıklarla ölçüldü ve değerlerin 1.8 m/s ve 4.2 m/s arasında değiştiği gözlemlendi. Türbinin hareket edebilmesi için 2.5 m/s den daha fazla bir hava akışı gerektiği yapılan ölçümler sonucu ortaya çıkmıştır. Çizelge 3.3 de yüksekliklere bağlı hava akış hızı görülmektedir.

Çizelge 3.3 Dalga Yüksekliğine Göre OWC Kanal İçi Hava Hızı

Dalga Yüksekliği (cm)	OWC kanal hava hızı (m/s)
5-10	0.8-1.2
10-15	0.1-1.8
10-20	1.5-2.4
15-25	2.0-2.7
20-35	2.5-4.2

SWC sisteminde dalga yüzeyindeki bulunan kaldırma potansiyeli doğrudan dubalarla sisteme aktarılma işlemi gerçekleştirilmiştir.

Mevcut potansiyelin maksimum ve minimum değerleri aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

Ortalama dalga yüksekliği 0.24 m ve periyodu minimum 3 s, maksimum 8 s alındığında (Deniz suyu yoğunluğu Karadeniz için 1015 kg/m^3 ve yerçekimi ivmesi 9.807 m/s^2);

$$P = \frac{\rho g^2}{64\pi} H^2 T \approx 0.486 \frac{\text{kW}}{\text{m}^3 \text{s}} H^2 T$$

$$P_{min} = 0.486 \times (0.24)^2 \times 3 = 0.084 \frac{\text{kW}}{\text{m}} = 84 \frac{\text{W}}{\text{m}}$$

$$P_{max} = 0.486 \times (0.24)^2 \times 8 = 0.223 \frac{\text{kW}}{\text{m}} = 223 \frac{\text{W}}{\text{m}}$$

güç değerine ulaşılır.

Tüm Trabzon kıyı şeridi 114 km dir. Sistemin Trabzon kıyı boyunca kurulduğu düşünüldüğünde;

$$P_{minTrabzon} = 84 \times 114000 = 9576000 \text{ W} = 9.576 \text{ MW}$$

$$P_{\max\text{Trabzon}} = 223 \times 114000 = 25422000 \text{ W} = 25.422 \text{ MW'tır.}$$

Kullandığımız küçük jeneratör ile 20-35 cm dalga yüksekliğinde ve 3-8 s dalga periyodunda, bir saatlik sürede üretilen gücün ortalaması 10.44 W tır.

Mevcut sistemin genişliği 1.5 m dir. Trabzon kıyı genişliği 114000 m dir. Hazırlanan sistem Trabzon sahilinin tümüne uygulanacak olsa;

$$\frac{114.000}{1.5} = 76.000 \text{ birim}$$

76.000 x 10.44 = 793.440 W yapmaktadır. Küçük bir alternator ile saatlik bu değere ulaşılması dalga enerjisinin ne kadar büyük bir potansiyele sahip olduğunun göstergesidir.

Tüm değerler istatistiksel olarak incelenmiş ve aşağıdaki Çizelge 3.3 ve Çizelge 3.4 oluşmuştur.

Çizelge 3.4 Dalga Yüksekliklerine Göre Ortalama Devir Değerleri

Dalga Yüksekliği (cm)	n	OWC				SWC				P-değeri
		Ortalama	SD	Medyan	IQR	Ortalama	SD	Medyan	IQR	
5-10	2398	22.22	21.56	17.0	35.0	94.11	54.94	120.0	61.0	<0.001
10-15	805	30.74	29.20	17.00	52.00	133.35	70.17	122.0	63.0	<0.001
10-20	2600	33.03	29.37	35.00	35.00	104.02	56.56	122.0	61.0	<0.001
15-25	3500	41.43	31.29	35.00	35.00	99.04	48.02	96.0	96.0	<0.001
20-35	4501	48.58	40.77	51.0	51.0	176.63	85.22	189.0	94.0	<0.001

Araştırma da her dalga boyu yüksekliklerinde iki sistemden ölçülen devir değerleri arasında anlamlı farklılıklar olduğu belirlenmiştir (P<0.001).

Çizelge 3.5 Dalga Yüksekliklerine Göre Ortalama Güç Değerleri

Dalga Yüksekliği (cm)	n	OWC				SWC				P-değeri
		Ortalama	SD	Medyan	IQR	Ortalama	SD	Medyan	IQR	
5-10	2398	0.006	0.009	0.00	0.01	0.604	2.361	0.04	0.15	<0.001
10-15	805	0.01	0.03	0.00	0.02	1.64	5.71	0.30	0.52	<0.001
10-20	2600	0.005	0.06	0.00	0.01	2.547	8.222	0.05	0.69	<0.001
15-25	3500	0.014	0.026	0.00	0.02	3.435	9.192	0.19	1.49	<0.001
20-35	4501	1.964	2.922	1.20	2.39	10.44	30.48	1.42	1.45	<0.001

Araştırma da her dalga boyu yüksekliklerinde iki sistemden ölçülen güç değerleri arasında anlamlı farklılıklar olduğu belirlenmiştir (P<0.001).

İstatistiksel olarak iki üretim sistemi aynı dalga yüksekliklerinde çok farklı sonuçlar üretmiştir. Üretim ortalamalarına bakıldığında 0-5 cm dalga yüksekliğinde OWC 0.006 W, SWC ise 0.6 W güç üretmiştir. 20-35 cm dalga yüksekliğinde ise OWC 1.964 W, SWC ise 10.44 W güç değeri elde etmiştir. Bu sonuçlar Çizelge 3.2 de daha ayrıntılı gösterilmektedir. SWC sisteminin OWC sisteminden farklı dalga yüksekliklerinde daha verimli olarak çalıştığı tespit edilmiştir.

SWC sistem mekanik yapısı olarak küçük dalga yüksekliklerinden elde edilen devinim gücünü direk üretim sistemine aktarma kabiliyetine sahip bir yapıdır. Ancak OWC sistemi 35 cm gibi bir dalga yüksekliği seviyesi üzerine çıkmadığı sürece üretim için gerekli olan hava akımını oluşturamamakta dolayısı ile üretim gerçekleştirememektedir.

SWC sistemi mekanik bir yapı olması sebebi ile her santim dalga yüksekliğinin etkisi sisteme yansıtılmaktadır. Ancak OWC sistemin asıl tahrik gücünü veren hava akışkanlık ve yoğunluğu sebebi ile deniz suyundan daha etki gücüne sahiptir. Bu sebeple verim noktasında daha SWC sisteminden daha dezavantajlı durumdadır. Bu durum SWC'nin ölçülen dalga boyutlarında, daha fazla güç üretmesinin en büyük nedenlerindedir.

İç denizlerde kullanılacak sistemlerin yapıları incelendiğinde SWC sistemi üzerinde yapılacak, kol sayısının artırılması, dişli oranlarının değiştirilmesi vb. basit mekanik güncellemelerle elde edilecek verim rahatlıkla artırılabilir. Ancak OWC sistemi içinde kullanılan; hava tüpünün genişletilmesi, kanatçık yapılarının değiştirilmesi vb. gibi parametrelerin değiştirilmesi mevcut dalga potansiyelinin düşük olması sebebi ile güç verimi oranına katkı sağlamamaktadır.

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Yapılan çalışmada benzer çalışmalardan farklı olarak rüzgâr endeksi değil reel olarak dalga üzerinden elde edilen değerler kullanılmıştır. Ayrıca SWC sistemi, literatürde yapılan mekanik sistemlerden farklı olarak doğrusal hareketi dairesel harekete çeviren

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, özet halinde aşağıda sunulmaktadır.

- Tasarımı yapılan ve imal edilen mekanik yapı ile kıyıda kurulan mevcut sistemlerden farklı olarak, dalga doğrusal hareketi (iniş ve çıkış) dairesel harekete çevrilmiştir.
- Meteoroloji Genel Müdürlüğünden temin edilen dalga yükseklikleri verileri ile Trabzon il kıyısı (114 km) dalga potansiyelinin 9.576 MW ($p = 3$ s) - 25.422 MW ($p = 8$ s) aralığında olduğu hesaplanmıştır. SWC sistemi için hazırlanan jeneratör dikkate alındığında bir saatlik sürede 793.440 W olarak hesaplanmıştır.
- SWC sisteminin merkezindeki güç milinin devri en düşük 0.94 devir/dk, en yüksek 1.76 devir/dk olarak ölçülmüştür. Elde edilen bu düşük devirlere göre oldukça yüksek bir değer olarak 106.962 kg kuvvet elde edilmiştir.
- Deneylein yapıldığı zaman aralığında en yüksek devir 611 devir/dk olarak ölçülmüştür.
- Yaygın olarak kullanılan OWC sisteminin okyanus kıyılarına uygun, iç denizlerde üretim veriminin ise düşük olduğu tespit edilmiştir. Dalga yüksekliğinin 25 cm den küçük olduğu durumlarda üretilen enerjinin ihmal edilebilecek derecede küçük (0.007 W), 25-35 cm dalga yüksekliklerinde ise 1.964 W enerji üretebildiği belirlenmiştir.
- Dalga yüksekliğinin artması ile üretilen güçte artış olmaktadır. SWC sisteminde, 5-25 cm gibi düşük dalga yüksekliklerinde ortalama 2.057 W enerji üretimi gerçekleşmiştir. Yapısı itibarı ile dalganın düzensiz olduğu durumlarda dahi tasarlanan mekanik yapı düzenli çalışmış ve 25-35 cm dalga yüksekliklerinde ortalama 10.44 W değer üretildiği belirlenmiştir.
- Bu bağlamda iki sistem karşılaştırıldığında SWC sisteminin OWC sisteminden daha verimli olduğu görülmüştür.

- SWC sistemi 5-35 cm olan düşük dalga yüksekliklerinde enerji üretimi yapabilmektedir. Bu nedenle kullanıma uygun olduğu belirlenmiştir.

Bu tez çalışmasında gerçekleştirilen her iki sistem için de çeşitli olumsuzlukların ortaya çıktığı tespit edilmiş, bu belirlenen eksikliklerin giderilmesi adına aşağıda sıralanan önerilerin dikkate alınması önerilmiştir.

- SWC sisteminde tüm duba kolları aynı uzunlukta kullanılmıştır. Deniz üzerinde dalgaların sürekli olarak değişen aralıklarda ve açılarda dubalara ulaştığı görülmüştür. Bu kapsamda duba boylarının farklı uzunluklarda seçilmesi, enerji üretim verimi üzerinde etkili olacağı düşünülmektedir.
- Bu çalışmada sadece dört duba kullanılmıştır. Ancak daha fazla duba ile güç milinin daha hızlı döndürülmesi sağlanarak, daha fazla enerji üretebileceği öngörülmektedir.
- Mevcut sistemde kullanılan kasnak ve kayış sistemi gücü aktarmada problemler yaşatmıştır. Kayışın kasnağa tutunamaması ve esnek yapısı sayesinde güç aktarılmış ancak zaman zaman kayışın ıslanması ve kasnak üzerinde kaymasından dolayı aktarılamamıştır. Kayış kasnak sistemi yerine zincir ile güç aktarımı yapılabilir. Ayrıca sisteme uygun redüktör tasarlanarak daha hızlı devirler elde edilebilir.
- Çalışmada farklı tipte ve güçte jeneratörler kullanılarak daha farklı üretim değerleri elde edilebilir.
- Üç boyutlu modelleme programları mekanik yapıların çalışmaları, mukavemet hesabı, basınç, hız, devir hesaplamaları kolaylıkla yapabilmekte, mekanik sistemleri çalıştırabilmektedir. Sistemin tamamı Rhino3D programı kullanılarak 3D olarak modellenmiştir. Sistem gerçek anlamda kurulmadan önce hazırlanan 3D modeli farklı simülasyon programı ile çalıştırılarak ölçülendirmeler ve devir hesapları yapılması, sonuca ulaşma noktasında büyük avantaj sağlayacağı düşünülmektedir.
- Rampalama döngünün sürekli olması gerektiği durumlarda kullanılmaktadır. Elde edilen devir momentum devam ettirecek ağır silindirlere sisteme bağlanması ile sağlanabilir ve devirin sürekliliğine destek olunabilir.

- Yapılan bu çalışma ile elde edilen bütün bulgular ve öneriler dikkate alındığında, üç tarafı denizle çevrili ülkemizin her noktasında kullanılabilir yapının, üniversite, sanayi ve özel iştiraklerle geliştirilerek kullanılması önerilmektedir.

5. KAYNAKLAR

- Adıyaman, Ç. (2012). Türkiye'nin yenilenebilir enerji politikaları. *Niğde Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kamu Yönetimi Anabilim Dalı*, Niğde.
- Ağaçbiçer, G. (2010). Yenilenebilir enerji kaynaklarının türkiye ekonomisine katkısı ve yapılan swot analizler. Yüksek Lisans Tezi, *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı*, Çanakkale.
- Anonim. (2018a). Dalga Enerjisi (Pendular). Teknolojileri, Yenilenebilir Enerji İçin Enerji. <https://enerjiteknolojileri.wordpress.com/2015/04/16/dalga-enerjisi/>- (Erişim tarihi: 15.05.2018)
- Anonim. (2018b). Salınlı Su Sütunu. Energy and the Environment-A Coastal Perspective. <http://coastalenergyandenvironment.web.unc.edu/ocean-energy-generating-technologies/wave-energy/oscillating-water-column/>-(Erişim tarihi: 15.05.2018)
- Anonim. (2018c). Tapchan. Energy, Tapered Channel Wave. <https://taperedchannelwaveenergy.weebly.com/how-does-it-work.html>- (Erişim tarihi: 15.05.2018)
- Anonim. (2018d). Araklı İlçesi Ağustos Ayı Hava Değerleri, meteoblue Meteoroloji Arşivi. https://www.meteoblue.com/tr/hava/tahmin/archive/arakl%C4%B1_t%C3%BCrkiye_751971?fcstlength=-15&year=2018&month=8-(Erişim tarihi: 15.05.2018)
- Anonim. (2018e). Wave Technologies, Download Images and Illustrations, http://www.aquaret.com/indexea3d.html?option=com_content&view=article&id=203&Itemid=344&lang=en#Animations/-(Erişim Tarihi: 12.04.2018)
- Akpınar, A. & Kömürcü, M. İ. (2012). Wave energy potential along the south-east coasts of the Black Sea, *Energy*, 42, 289-302.
- Anonim. (2019a). Yıllara Göre Elektrik Üretimi, <http://www.enerjiatlasi.com/elektrik-uretimi/>-(Erişim tarihi: 15.01.2019)
- Anonim. (2019a). Yıllara Göre Elektrik Tüketim, <http://www.enerjiatlasi.com/elektrik-tuketimi/>-(Erişim tarihi: 15.01.2019)
- Ayat, B. (2013). Wave power atlas of Eastern Mediterranean and Aegean Seas. *Energy*. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2013.02.060>-(Erişim tarihi: 15.05.2018)
- Anonim, (2016). 2016 Yılı Ulusal Enerji Denge Tablosu, *Enerji Bakanlığı*, Yayın No:29935, Ankara.
- Anonim. (2012). Yenilenebilir enerji kaynakları ve önemi. Milli Eğitim Bakanlığı, Yayın No: 522EE0421, Ankara.
- Ayat, B. (2013). Wave power atlas of Eastern Mediterranean and Aegean Seas. *Energy*. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2013.02.060>-(Erişim tarihi: 15.05.2018)

- Belfast, Q. U., Wavegen, Limited, C. B., Morton, K. M., & Tecnico, I. S. (2002). Islay Limpet Wave Power Plant. The Queen's Belfast University, JOR3-CT98-0312 Proje Nolu Yayınlanabilir Proje Raporu, Belfast.
- Çelik, S. N. (2012). Türkiye'nin Enerjide Dışa Bağımlılığının Azaltılmasında Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Önemi. *Eskişehir Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Anabilim Dalı*, Bursa.
- 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.
- Dunnett, D., & Wallace, J. S. (2009). Electricity generation from wave power in Canada. *Renewable Energy*, doi:10.1016/j.renene.2008.04.034.
- Kapluhan, E. (2014). Enerji coğrafyası açısından bir inceleme: üneş enerjisinin dünya' daki ve türkiye'deki kullanım durumu. İstanbul Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, *Coğrafya Dergisi*, 70 – 98.
- Koç, E., & Şenel, M. C. (2013). Dünyada ve Türkiyede Enerji Durumu. TMMOB Makine Mühendisleri Odası, *Mühendis ve Makine Dergisi*, 32-44.
- Margolis, J. (2018). Wave farms show energy potential, <http://news.bbc.co.uk/2/hi/technology/6410839.stm> - (Erişim tarihi 10.07.2018).
- Anonim. (2017). Ordu-Giresun Dalga Yükseklikleri Tabloları, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, (2010-2015), Ankara.
- Mutlu, E. (2013). Türkiye'de yenilenebilir enerji ekonomisi ve Ankara iline ait swot analizler. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Kültür Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat ABD, Yönetim Ekonomisi Programı, İstanbul.
- Özdamar, A. (2000). Dünya ve Türkiye' de Rüzgar Enerjisinden Yararlanılması Üzerine Bir Araştırma. Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi, 6, 133–145.
- Parmeggiani, S., Kofoed, J. P., & Friis-Madsen, E. (2011). Experimental Modeling of the Overtopping Flow on the Wave Dragon Wave Energy Converter, *Energies*, doi:10.3390/en6041961.
- Rhino, (2017). RHINO 5 for Windows, Robert McNeel & Associates, McNeel Europe, Barcelona, Spain.
- Sağlam, M., & Uyar, T. S. (2005). Dalga Enerjisi ve Türkiye ' nin Dalga Enerjisi Teknik Potansiyeli. III. *Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu*, 19-21 Ekim, TMOMB Elektrik Mühendisleri Odası, Ankara.
- Thorpe, W. (1999). A Brief Review of Wave Energy. Wave Power Moving towards Commercial Viability, The UK Department of Trade and Industry. ETSU-R120 nolu Proje Final Raporu, Oxfordshire - UK.
- Vosough, A. (2011). Wave Energy. *International Journal Of Multidisciplinary Sciences And Engineering*, 2(7), 60-63.
- Veziroğlu, N., Türe, E., (2006). 21.Yüzyılın Enerjisi: Hidrojen Enerji Sistemi, *Türkiye 10. Enerji Kongresi*, İstanbul, Türkiye.

WWF, (2011). Yenilenebilir Enerji Geleceği Ve Türkiye, WWF Yenilenebilir Enerji Raporu 2011, ISBN 978-605-61279-8-4, Türkiye.

Yu, Y. H., & Li, Y. (2011). A RANS Simulation of the Heave Response of a Two-Body Floating Point Wave Absorber. *Proceedings of the 21st International Offshore and Polar Engineering Conference*, 19-24 June, Hawaii.

EKLER

EKLER

Ek 1: ARDUNIO Veri Kayıt Programı Kodları

```
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_INA219.h>

Adafruit_INA219 ina219_A(0x44);
Adafruit_INA219 ina219_B(0x40);

////////////////////////////////////////////////////////////////

volatile byte rpmcount;
unsigned long rpm;
unsigned long timeold;

volatile byte rpmcount2;
unsigned long rpm2;
unsigned long timeold2;

void rpm_fun()
{ rpmcount++; }
void rpm_fun2()
{ rpmcount2++; }

//////////////////////////////////////////////////////////////// SD KART TANIMLAMALARI //////////////////////////////////////////////////////////////////
#include <SD.h>

// set up variables using the SD utility library functions:
Sd2Card card;
SdVolume volume;
SdFile root;

const int chipSelect = 53;
File myFile;
int i=0;
////////////////////////////////////////////////////////////////

void setup(void)
{

attachInterrupt(0, rpm_fun, FALLING);
attachInterrupt(1, rpm_fun2, FALLING);

rpmcount = 0;
rpm = 0;
timeold = 0;

rpmcount2 = 0;
rpm2 = 0;
timeold2 = 0;
```

```

Serial.begin(115200);
while (!Serial) { delay(1); }

uint32_t currentFrequency;

Serial.println("Hello!");

ina219_A.begin();
ina219_B.begin();
////////////////////////////////////
pinMode(53, OUTPUT);

while(!card.init(SPI_QUARTER_SPEED, chipSelect)){

    Serial.println("Karta ulaşılamadı.Aşağıdakileri kontrol edin:");
    Serial.println("* Kart takılı mı?");
    Serial.println("* Kablolar bağlı mı?");

    Serial.println("\n");
}

Serial.print("\nKart Tipi: ");
switch(card.type()) {
    case SD_CARD_TYPE_SD1:
        Serial.println("SD1");
        break;
    case SD_CARD_TYPE_SD2:
        Serial.println("SD2");
        break;
    case SD_CARD_TYPE_SDHC:
        Serial.println("SDHC");
        break;
    default:
        Serial.println("Bilinmiyor");
}

if (!volume.init(card)) {
    Serial.println(" FAT16/FAT32 Parttion Bulunmadı.\nKartı Formatlayın...!!");
    return;
}

long volumesize;
Serial.print("\nFat bölüm tipi");
Serial.println(volume.fatType(), DEC);
Serial.println();

volumesize = volume.blocksPerCluster();
volumesize *= volume.clusterCount();
volumesize *= 512;
Serial.print("Volume size (bytes): ");
Serial.println(volumesize);
Serial.print("Volume size (Kbytes): ");

```



```

volumesize /= 1024;
Serial.println(volumesize);
Serial.print("Volume size (Mbytes): ");
volumesize /= 1024;
Serial.println(volumesize);

Serial.println("\n Kart üzerinde dosyalar var (name, date and size in bytes): ");
root.openRoot(volume);

// dosyalar özellikleri ile listeleniyor.
root.ls(LS_R | LS_DATE | LS_SIZE);

if (!SD.begin(chipSelect)) {
  Serial.println("Başlatma Başarısız Olu!");
  return;
} else {
  Serial.println("SD card Başlatıldı");
  myFile = SD.open("WaveData.txt", FILE_WRITE); // Dosya Açılıyor
  if (myFile) {
    Serial.println("WaveData.txt Yazma için Açıldı\n");
    Serial.println("Sıra\tDalga (cm)\tQWC (V)\tQWC (A)\tQWC (D)\tSWC
(V)\tSWC (A)\tSWC (D)");
    myFile.close();
  } else { // if not, show an error
    Serial.println("HATA: Dosya Açılmadı WaveData.txt");
  }
}
}
}
}

void loop(void)
{

digitalWrite(13, HIGH);
delay(100);
digitalWrite(13, LOW);
delay(150);

detachInterrupt(0);
detachInterrupt(1);

////////// DEVİR ÖLÇÜMÜ

rpm = (30*1000/(millis() - timeold)*rpmcount)*2;
timeold = millis();
rpmcount = 0;
rpm2 = (30*1000/(millis() - timeold2)*rpmcount2)*2;
timeold2 = millis();
rpmcount2 = 0;

Serial.print("RM=");

```

```

Serial.print(rpm);

Serial.print(" RM2=");
Serial.println(rpm2);

////////////////////////////////////

const int analogInPin = A0;
int sensorValue = 0;
int outputValue = 0;

float shuntvoltage = 0;
float busvoltage = 0;
float current_mA = 0;
float loadvoltage = 0;

float shuntvoltage2 = 0;
float busvoltage2 = 0;
float current_mA2 = 0;
float loadvoltage2 = 0;

shuntvoltage = ina219_A.getShuntVoltage_mV();
busvoltage = ina219_A.getBusVoltage_V();
current_mA = ina219_A.getCurrent_mA();
loadvoltage = busvoltage + (shuntvoltage / 1000);

Serial.print("OWC - V: "); Serial.print(busvoltage); Serial.print(" V ");
Serial.print("- A: "); Serial.print(current_mA); Serial.print(" mA || ");

shuntvoltage2 = ina219_B.getShuntVoltage_mV();
busvoltage2 = ina219_B.getBusVoltage_V();
current_mA2 = ina219_B.getCurrent_mA();
loadvoltage2 = busvoltage2 + (shuntvoltage2 / 1000);

Serial.print("SWC - V: "); Serial.print(busvoltage2); Serial.print(" V ");
Serial.print("- A: "); Serial.print(current_mA2); Serial.print(" mA || ");

// Dalga Yüksekliği
sensorValue = analogRead(analogInPin);
//outputValue = map(sensorValue, 0, 1023, 0, 150);
Serial.print("Mesafe = ");
  Serial.print(sensorValue);

////////////////////////////////////
i++;

myFile = SD.open("WaveData.txt", FILE_WRITE);

while(myFile){
if (myFile) {

myFile.print(i);

```

```

myFile.print("\t\t");
myFile.print(busvoltage);
myFile.print("\t\t");
myFile.print(current_mA);
myFile.print("\t\t");
myFile.print(rpm/7);
myFile.print("\t\t");
myFile.print(busvoltage2);
myFile.print("\t\t");
myFile.print(current_mA2);
myFile.print("\t\t");
myFile.print(rpm2/2);
myFile.print("\t\t");
myFile.print(sensorValue);
myFile.println();
myFile.close();

attachInterrupt(0, rpm_fun, FALLING);
attachInterrupt(1, rpm_fun2, FALLING);

        }else {


        Serial.println("HATA: ....");
        }}

////////////////////////////////////

}

```

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Fatih GÜNGÖR
Doğum Yeri	KAVAK
Doğum Tarihi	13.12.1981
Uyruğu	<input checked="" type="checkbox"/> T.C. <input type="checkbox"/> Diğer:
Telefon	+90 505 710 44 97
E-Posta Adresi	fatihgungor@hotmail.com
	
Lisans	
Üniversite	Süleyman Demirel Üniversitesi
Fakülte	Teknik Eğitim Fakültesi
Bölümü	Bilgisayar Sistemleri Öğretmenliği
Mezuniyet Yılı	27.08.2004
Yüksek Lisans	
Üniversite	Ordu Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Yenilenebilir Enerji Anabilim Dalı
Programı	*
Mezuniyet Tarihi	
Yayınlar	
<p>Türkmenoğlu, V, Güngör, F. PV hücre simülasyonunda MATLAB simulink ve gui arayüzü kullanımı, ELECO@2014 - Elektrik - Elektronik, Bilgisayar ve Biyomedikal Mühendisliği Sempozyumu, 2014, (Uludağ Üniversitesi).</p> <p>Türkmenoğlu, V, Güngör, F. Çeken akıntı yöntemi ile elektrik enerjisi üretim modeli, ELECO@2014 - Elektrik - Elektronik, Bilgisayar ve Biyomedikal Mühendisliği Sempozyumu, 2014, (Uludağ Üniversitesi).</p> <p>Türkmenoğlu, V, Güngör, F. MATLAB GUI arayüz destekli güneş takip sistemi, EEB'2016 - Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Sempozyumu, 2016, (Gaziosmanpaşa Üniversitesi).</p>	