

**Artvin Hopa Sahil Şeridi Kısa Dönem Dalga Enerjisi Potansiyeli Tespiti**

Artvin Hopa Coastline Short-Term Wave Energy Potential Determination

**Ali Osman KÜÇÜK<sup>1</sup>**

---

1) Artvin Çoruh Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Artvin, Türkiye

---

**ORCID:** 0000-0001-6472-7928, aokucuk@artvin.edu.tr

---

**Geliş Tarihi:** 20 Ara 2024 - **Kabul Tarihi:** 14 May 2025

---

**DOI:** 10.55205/joctensa.3120241604763

---

**ATIF:** Küçük, A. O., (2025). Artvin Hopa Sahil Şeridi Kısa Dönem Dalga Enerjisi Potansiyeli Tespiti. Cihannüma Teknoloji Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 3 (1), 21-32.**Öz**

Günümüz dünyasında hızla artan nüfus, teknoloji alanındaki ilerlemeler ve sanayileşmenin etkisiyle elektrik enerjisine olan talep çarpıcı bir şekilde artmaktadır. Bu durum, ekonomik tedarik ve sürdürülebilirlik açısından kritik bir rol oynamaktadır. Fosil yakıt kaynaklarının sınırlı olması ve daha yaşanabilir bir çevre ihtiyacı, temiz enerji kaynaklarına yönelik çalışma ve yatırımları ön plana çıkarmaktadır. Bu bağlamda, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı giderek daha önemli hale gelmiştir. Rüzgâr ve güneş enerjisi teknolojileri, yenilenebilir enerji kaynakları arasında lider bir konuma sahiptir. Bununla birlikte, jeotermal ve dalga enerjisi gibi alternatif kaynakların da değerlendirilmesi önem arz etmektedir. Özellikle dalga enerjisi, dünya yüzeyinin büyük bir kısmını kaplayan okyanus ve denizler sayesinde büyük bir potansiyele sahiptir. Ülkemizin üç tarafının denizlerle çevrili olması, dalga enerjisi potansiyelini daha da anlamlı kılmaktadır. Dalga enerjisi, düşük teknoloji ve işletme maliyetleri gibi avantajlarına rağmen, ilk yatırım maliyetleri ve çalışma koşulları açısından bazı zorluklar sunmaktadır. Bilimsel çalışmalar ile bu zorlukların üstesinden gelinmesi hedeflenmektedir. Bu sayede, dalga enerjisinden elektrik üreten sistemlerin daha kullanılabilir ve sürdürülebilir hale getirilmesi planlanmaktadır. Artvin ili, özellikle Hopa sahil şeridindeki dalga enerjisi potansiyeli önemlidir. Swan dalga modeli kullanılarak yapılan analizlere göre, Hopa sahilinde 1-3 kWh/m seviyelerinde bir potansiyel bulunmuştur. Mevsimsel değişikliklere bağlı olarak, Artvin sahil şeridindeki dalga yüksekliği genellikle 0.1-2.3 metre arasında seyretmektedir. Bu çalışma, Artvin sahil şeridindeki dalga enerjisi potansiyelini değerlendirmektedir. Eylül-Aralık 2024 tarihlerinde her ay rasgele farklı günlerde alınan onar adet ölçüm sonuçları kullanılarak yapılan analizlerle, dalga enerjisi potansiyeli incelenmiş ve bölge için uygulanabilirlik değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir. Artvin sahil şeridinin dalga enerjisi projeleri için uygun bir alan olduğu sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Yenilenebilir Enerji, Dalga Enerjisi, Dalga Modelleri

---

\*Sorumlu Yazar: aokucuk@artvin.edu.tr

---

## Abstract

In today's world, the rapidly increasing population, advancements in technology, and the impacts of industrialization have significantly heightened the demand for electrical energy. This situation plays a critical role in terms of economic supply and sustainability. The finite nature of fossil fuel resources and the need for a more livable environment have brought studies and investments in clean energy sources to the forefront. In this context, the utilization of renewable energy sources has become increasingly important. Among these, wind and solar energy technologies occupy a leading position. However, alternative sources such as geothermal and wave energy also warrant consideration. Wave energy, in particular, holds significant potential due to the vast coverage of oceans and seas on the Earth's surface. The fact that Turkey is surrounded by seas on three sides makes its wave energy potential even more meaningful. Despite its advantages, such as low technology and operational costs, wave energy presents certain challenges regarding initial investment costs and operational conditions. Scientific studies aim to overcome these challenges, thereby making wave energy systems more practical and sustainable. The province of Artvin, particularly the Hopa coastal strip, has notable potential for wave energy. According to analyses conducted using the SWAN wave model, the Hopa coastline demonstrates a potential of 1-3 kWh/m. Seasonal variations reveal that wave heights along the Artvin coastline generally range between 0.1 and 2.3 meters. This study evaluates the wave energy potential along the Artvin coastline. Analyses were conducted using ten measurements taken randomly on different days each month between September and December 2024. The results of these analyses have been used to assess the applicability of wave energy projects in the region. It was concluded that the Artvin coastline is a suitable area for wave energy projects.

**Keywords:** Renewable Energy, Wave Energy, Wave Models

## GİRİŞ

Yenilenebilir enerji kaynakları, hem ekonomik hem de çevresel faktörler açısından önemli avantajlar sunmaktadır. Ekonomik açıdan, fosil yakıtların fiyat dalgalanmaları ve kaynakların sınırlılığı, yenilenebilir enerji sistemlerini uzun vadede daha cazip hale getirmektedir. Aynı zamanda, çevresel etkileri azaltma kapasitesiyle yenilenebilir enerji, karbon salınımlarını düşürme ve iklim değişikliğine karşı çözüm sunma potansiyeli taşımaktadır. Bu bağlamda, dalga enerjisi, yenilenebilir enerji potansiyeli açısından önemli bir yer tutmaktadır.

Dalga enerjisi, deniz ve okyanus yüzeyindeki dalga hareketlerinden elde edilen bir yenilenebilir enerji türüdür. Dalgaların enerjisi, rüzgarların deniz yüzeyine uyguladığı kuvvet sonucu oluşur. Bu enerji, potansiyel ve kinetik enerji şeklinde kendini gösterir. Dalga enerjisi, yenilenebilir enerji kaynakları arasında yüksek enerji yoğunluğuna sahip olup, deniz yüzeyindeki küçük bir alanda bile büyük miktarda enerji üretme potansiyeline sahiptir.

Örneğin, dalga enerjisinin yoğunluğu güneş enerjisinden 10-15 kat daha fazladır (Sağlam & Uyar, 2005)(Sathyanarayana & Seelam, 2025).

Dalga enerjisinin elektrik enerjisine dönüştürülmesi için kullanılan sistemler genel hatlarıyla kıyı, kıyıya yakın ve açık deniz uygulamaları olmak üzere sınıflandırılır. Ayrıca, su kolonu, basınç farkı, yüzen yapı ve salınımlı yapılar gibi prensiplerle çalışan çeşitli mekanizmalar mevcuttur (López vd., 2013). Bu yöntemlerin her biri, enerji üretim potansiyeli, ilk yatırım maliyeti ve işletme koşulları açısından farklı avantaj ve dezavantajlara sahiptir. Alternatif olarak kullanılan ve literatürde yaygın biçimde karşılaşılan modeller arasında WAVEWATCH III, MIKE21 SW ve TOMAWAC da yer almaktadır. Bu modeller, SWAN ile birlikte değerlendirilerek çalışmanın yöntemi seçilmiştir.

Dalga enerjisi üretiminde, dalgaların taşıdığı kinetik ve potansiyel enerji çeşitli sistemler aracılığıyla elektrik enerjisine dönüştürülür. Dalgaların yüksekliği (H) ve periyodu (T), enerji potansiyelini belirleyen temel parametrelerdir. Dalga gücü (P), birim dalga boyunca taşınan enerji olarak ifade edilir ve aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$P = \frac{\rho g^2}{64 \pi} H_s^2 T$$

Burada:

$\rho$ : Su yoğunluğu (kg/m<sup>3</sup>),

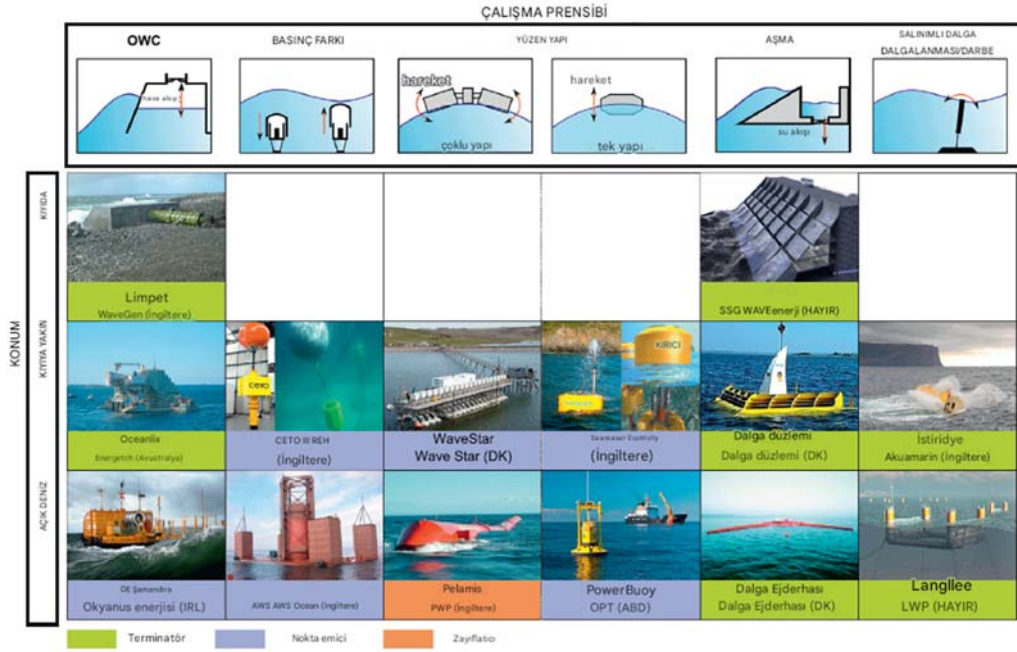
$g$ : Yerçekimi ivmesi (m/s<sup>2</sup>),

$H_s$ : Dalga yüksekliği (m),

$T$ : Dalga periyodu (s).

Bu denklem, dalga gücünün suyun yoğunluğu, dalga yüksekliği ve dalga periyodu ile doğrusal olarak ilişkili olduğunu gösterir (Sathyanarayana & Seelam, 2025).

Dalga enerjisinin elektrik enerjisine dönüştürülmesi için çeşitli sistemler kullanılmaktadır. Bu sistemlerin temel işlevi, dalgaların mekanik hareketini yakalayıp bunu elektrik enerjisine çevirmektir. Dalga enerjisini elektrik enerjisine çeviren sistemleri genel olarak şekil 1 deki gibi gruplandırılmaktadır. Dalga enerjisi sistemleri konum olarak kıyı, kıyıya yakın ve kıyıdan uzak sistemler olarak gruplandırılmaktadır. Ayrıca çalışma prensibi olarak su kolonu, basınç farkı, yüzen yapı, ve salınımlı yapılar olarak gruplara ayrılmıştır.

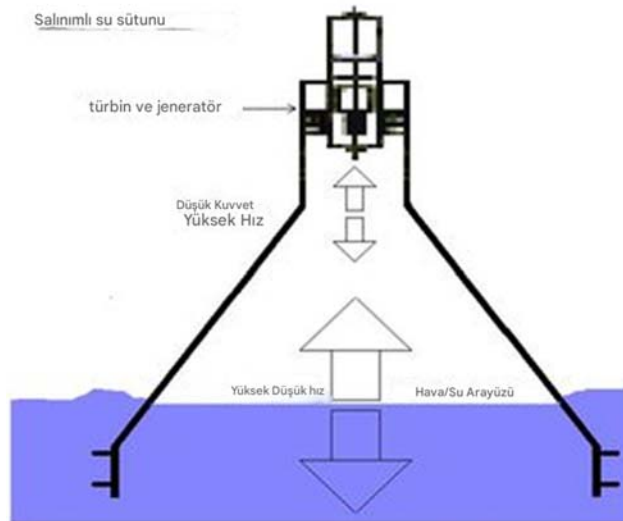


**Şekil 1.** Dalgı Enerjisinden Elektrik Enerjisi Üreten Sistemler (López vd., 2013)

En yaygın kullanılan teknolojiler şunlardır:

### Salınimli Su Kolonu (OWC)

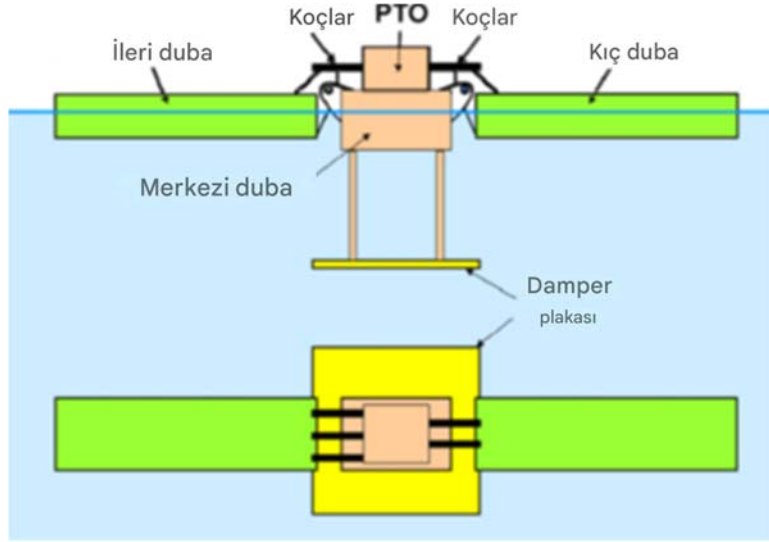
Bu sistemlerde, dalgaların yarattığı hareketle bir su sütunu yükselir ve düşer. Bu hareket, bir hava sütununu sıkıştırarak türbini döndürür ve elektrik üretimi sağlanır (Şekil 2) (Kaymaz vd., 2024) (Sathyanarayana & Seelam, 2025).



**Şekil 2.** Salınimli Su Kolonu

### Yüzer Sistemler

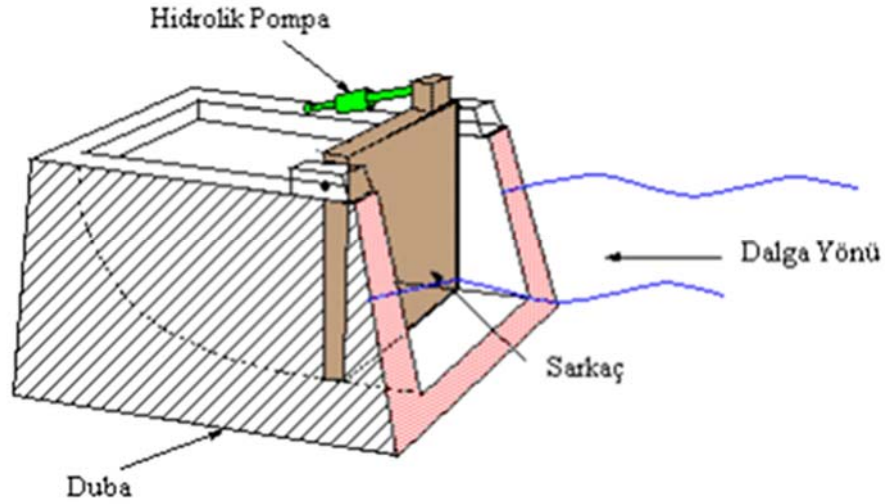
Dalga hareketlerinden kaynaklanan dikey salınımları enerjiye dönüştüren sistemlerdir. Bu sistemler, özellikle açık denizlerde kullanım için uygundur (Şekil 3).



Şekil 3. Yüzer Sistem

### Dalgakıran Sistemleri

Kıyıya yakın bölgelerde, dalga enerjisinin kinetik enerjisinden yararlanan sistemlerdir. Bu sistemler, enerji üretiminin yanı sıra dalgakıran olarak da kullanılabilir (Şekil 4).



Şekil 4 Dalgakıran Sistemler

## Hibrit Sistemler

Dalga enerjisinin yanında güneş veya rüzgar enerjisi ile birlikte enerji üreten sistemler hibrit sistem olarak adlandırılır. Bu tür sistemlerin enerji üretim kapasiteleri daha yüksektir. Ancak işletme maliyetleri lojistik ve ilk yatırım maliyetleri dezavantajları içerisinde gösterilebilir.

Dalga enerjisinden elektrik enerjisi üreten sistemlerin avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Her ne kadar dalga enerjisi sonsuz bir enerji potansiyeline sahip olsa da pratikte dezavantajları da mevcuttur. Dalga enerjisinin avantajları;

- **Yüksek Enerji Yoğunluğu:** Dalga enerjisi, diğer yenilenebilir enerji türlerine kıyasla daha yoğun bir enerji sağlamaktadır. Dünyanın dörtte üçünün okyanuslarla çevrili olduğunu düşünürsek güneş enerjisi gibi sonsuz bir kaynağa sahip olduğumuz söylenebilir.
- **Çevre Dostu:** Fosil yakıtlara kıyasla, dalga enerjisi çevreye zararlı emisyonlar salmaz ve ekosistem üzerindeki etkisi minimumdur.
- **Yenilenebilir ve sonsuz:** Dalga enerjisi, rüzgarlar ve okyanusların doğal hareketiyle sürekli yenilenir ve sonsuz bir enerji kaynağıdır (Sağlam & Uyar, 2005).

Dalga enerjisinin kullanılmasında bazı dezavantajlar vardır. En belirgin dezavantajları;

- **İlk Yatırım Maliyetleri:** Dalga enerjisi sistemlerinin kurulumu yüksek maliyetlidir.
- **Dayanıklılık Sorunları:** Sert deniz koşullarına ve fırtınalara dayanabilecek sistemlerin tasarlanması gereklidir.
- **Mevsimsel Dalgalanmalar:** Dalga enerjisi, bazı bölgelerde yıl boyunca sürekli enerji sağlayamayabilir (Kaymaz vd., 2024).

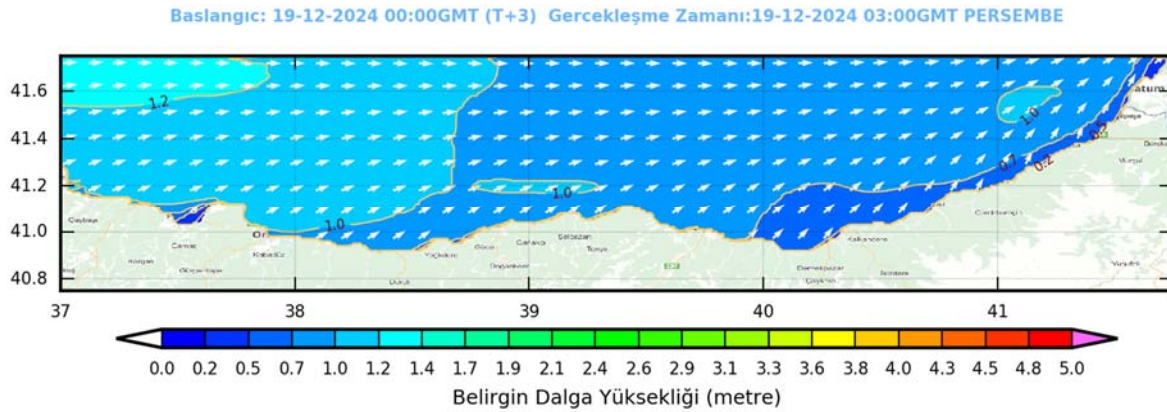
Dünya genelinde dalga enerjisi potansiyeli 1-10 TW arasında tahmin edilmektedir. Bazı bölgelerde dalga gücü yıllık ortalama 125 kW/m'ye kadar çıkmaktadır. Türkiye gibi üç tarafı denizlerle çevrili ülkelerde, özellikle Akdeniz, Ege ve Karadeniz kıyılarında yüksek enerji potansiyeli bulunmaktadır. Bu durum, Türkiye'nin enerji politikalarında dalga enerjisine daha fazla yer vermesi gerektiğini göstermektedir (ÖRER vd., 2003).

## YÖNTEM

Dalga enerjisi potansiyeli belirlenirken en sık kullanılan yöntemlerin başında SWAN (Simulating WAVes Nearshore) modeli gelmektedir. Dalga yüksekliği, dalga periyodu ve enerji yoğunluğu parametreleri, Swan dalga modeli aracılığıyla analiz edilmektedir. Swan dalga modeli, dalgaların mekânsal ve zamansal dinamiklerini modelleyerek dalga enerjisi potansiyelini tahmin eden bir araçtır. Model, dalga yayılımı, dalga kırılması, rüzgar etkisi ve enerji dönüşümü gibi fiziksel süreçleri dikkate alarak sonuç üretir. Swan modeli, rüzgar kaynaklı dalgaların fiziksel özelliklerini modelleyen bir araçtır.



Bu model, dalgaların kırılması, yayılımı ve enerjisinin sığ sularda nasıl değiştiğini tahmin eder. SWAN (Simulating WAVes Nearshore) modeli, kıyısız ve sığ su ortamlarında dalga üretimi, yayılımı ve sönümünü modellemek için geliştirilmiş, üçüncü nesil bir spektral dalga modelidir. Rüzgar kaynaklı dalgaların modellenmesi için mühendislik ve araştırma alanlarında yaygın olarak kullanılmaktadır (şekil 5).



### Şekil 5. Örnek Dalga Yüksekliği Haritası

SWAN, dalga spektrumlarını zaman ve mekânda tahmin etmek için aksiyon denklemini çözer. Model, enerji kazançlarını (örneğin rüzgar girdisi), kayıplarını (örneğin beyaz tepelenme, taban sürtünmesi ve dalga kırılması) ve dalga-dalga etkileşimlerini dikkate alır (Zhang vd., 2023).

Model, kıyı şeritleri, rezervuarlar ve açık deniz yapılarındaki dalga dinamiklerinin incelenmesi, deniz yapılarının tasarımı, navigasyon güvenliği ve afet risk azaltma çalışmaları gibi alanlarda uygulanmaktadır (Hu vd., 2024).

Rüzgar girişi, doğrusal olmayan dalga etkileşimleri ve beyaz tepelenme ile taban sürtünmesi gibi fiziksel süreçleri içerir. Özellikle beyaz tepelenme sönümler terimi, modelin bölgesel doğruluğunu artırmak için bir ayar parametresi (Cds) ile kalibre edilebilmektedir (Wood vd., 2001). SWAN, yerel olayların yüksek çözünürlükle modellenmesi için iç içe geçmiş ve yapılandırılmamış ızgaraları desteklemektedir. Ayrıca, batimetri, gelgit akımları ve dalga-dalga etkileşimlerinin dalga evrimine etkisini modelleyebilir (Hu vd., 2024).

Model, yerinde ölçüm verileri, uydu gözlemleri ve spektral ölçümlerle kalibre edilerek belirli bölgelerdeki doğruluğu artırabilir. Örneğin, SWAN+ADCIRC gibi birleşik modeller, dalga-akıntı etkileşimlerinde doğruluğu artırarak uygulama alanını genişletmektedir (Wu vd., 2021).

SWAN, WAVEWATCH III gibi modellere kıyasla sığ su etkilerini daha yüksek doğrulukla modelleyerek özellikle kıyıya yakın bölgelerde güçlü bir performans sergiler (Amarouche vd., 2023). Bu nedenle, dalga spektrumu analizi, aşırı hava olaylarının simülasyonu ve rüzgar-dalga ilişkilerinin tahmini gibi geniş bir yelpazede kullanılmaktadır (Zhang vd., 2023).

SWAN modelinin uyarlanabilirliği ve hassasiyeti, modern kıyı ve okyanus mühendisliği uygulamalarında temel bir araç haline gelmiştir. Newton-Raphson ve lineer çözümleme gibi sayısal yöntemler kullanılarak, dalgaların mekânsal ve zamansal davranışları hakkında detaylı analizler yapılmasını sağlar.

Alternatif modellere göre SWAN'ın tercih edilme nedenleri arasında:

- Sığ su etkilerinin daha doğru modellenenebilmesi,
- İç içe geçmiş ızgara yapılarla yüksek mekânsal çözünürlük sağlanabilmesi,
- Mevcut literatürde Türkiye kıyılarında başarıyla kullanılmış olması yer almaktadır (Amarouche vd., 2023).

Bu çalışmada, Eylül-Aralık 2024 tarihleri arasında Artvin Hopa sahil şeridinde gerçekleştirilen ölçümler kullanılmıştır (Şekil 6). Farklı zamanlarda her ay alınan on ölçüm sonucu swan dalga modelinden alınan verilerden yararlanılarak enerji yoğunluğu grafiği elde edilmiştir (Şekil 7).

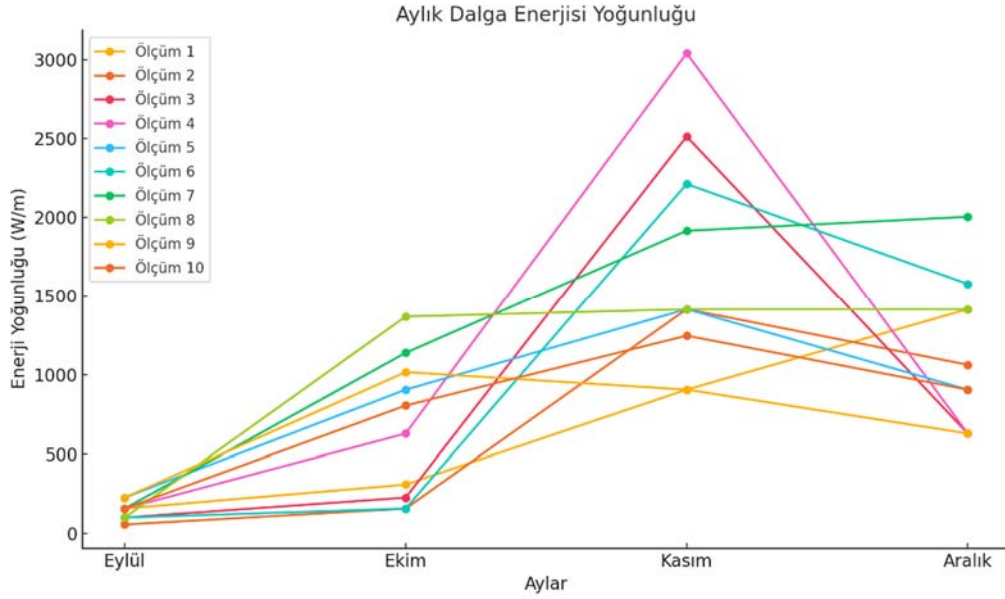
|    | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık |
|----|-------|------|-------|--------|
| 1  | 0,5   | 0,7  | 1,2   | 1,5    |
| 2  | 0,3   | 0,5  | 1,5   | 1,3    |
| 3  | 0,4   | 0,6  | 2     | 1      |
| 4  | 0,5   | 1    | 2,2   | 1      |
| 5  | 0,6   | 1,2  | 1,5   | 1,2    |
| 6  | 0,4   | 0,5  | 2,1   | 1,7    |
| 7  | 0,5   | 1,3  | 1,7   | 2      |
| 8  | 0,4   | 1,5  | 1,5   | 1,5    |
| 9  | 0,6   | 1,1  | 1,2   | 1      |
| 10 | 0,5   | 0,9  | 1,4   | 1,2    |

Şekil 6 Dalga Yüksekliği Ölçümleri

Aylık ortalama enerji yoğunluğu değerleri;

- **Eylül:** Ortalama enerji yoğunluğu 157 W/m
- **Ekim:** Ortalama enerji yoğunluğu 308 W/m
- **Kasım:** Ortalama enerji yoğunluğu 905 W/m
- **Aralık:** Ortalama enerji yoğunluğu 1414 W/m





**Şekil 7. Aylık Dalga Enerjisi Yoğunluğu**

Grafik, bölgedeki dalga enerjisi potansiyelinin mevsimsel değişimini göstermektedir. Özellikle Kasım ve Aralık aylarında dalga enerjisi potansiyelinin belirgin şekilde arttığı gözlemlenmiştir. Dalga yüksekliğini belirleyen en büyük kriter rüzgar verisidir. Batı Karadeniz sahili özellikle kış aylarında mevsimsel faktörlerden dolayı en yüksek dalga boylarına ulaştığı dönemdir.

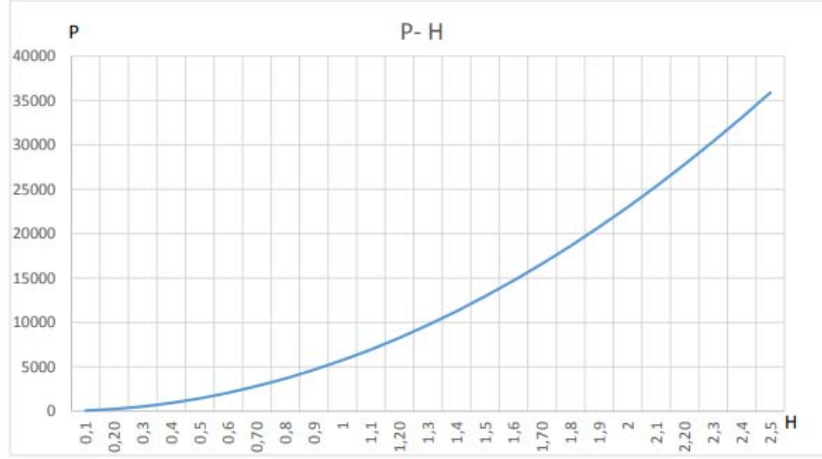
## Sonuçlar

Hopa sahil şeridinde analiz edilen veriler, Kasım ve Aralık aylarında daha yüksek dalga enerjisi potansiyeline işaret etmektedir. Bu durum, mevsimsel değişimlerin dalga enerjisi potansiyeli üzerindeki etkisini açıkça göstermektedir. Özellikle kış aylarında, dalga yüksekliğinin artışı enerji yoğunluğunu önemli ölçüde artırmıştır. Ortalama olarak, Kasım ayında dalga enerjisi yoğunluğu 905 W/m, Aralık ayında ise 1414 W/m seviyelerine ulaşmıştır.

Eylül ve Ekim ayları, nispeten düşük enerji yoğunluğu değerleri sunmuş olmasına rağmen, bu aylar enerji üretiminin daha düşük maliyetle yapılabileceği süreçler için değerlendirilebilir. Kasım ve Aralık ayları, bölgenin enerji projelerine yönelik planlama yapılırken öncelikli olarak dikkate alınmalıdır.

Artvin'in Hopa sahil şeridindeki potansiyel, dalga enerji sistemlerinin uygulanabilirliği açısından oldukça yüksektir. Özellikle kıyıya yakın uygulamalar, bu bölge için ekonomik ve teknik olarak daha uygun görünmektedir. Ancak, kıyıdan uzak bölgelerde daha yüksek enerji yoğunluğu beklenmesi, açık deniz platformları için de fırsatlar sunabilir.

Dalga enerjisinin devamlı olmayışı ve ani değişiklik göstermesi kullanılacak sistemlerin tasarımında önemli bir etkidir. Küçük dalga salınımlarında da enerji üretebilecek sistemler tercih edilmelidir. Elde edilen sonuçlardan bağımsız dalga enerjisi ve dalganın periyoduna göre dalga potansiyeli grafiği verilmektedir (Şekil 8).



**Şekil 8. Dalga Yüksekliği Güç Eğrisi**

Grafikten de anlaşılacağı gibi dalga yüksekliği arttıkça üretilebilecek enerji potansiyeli dalga yüksekliğinin karesi ile orantılı bir şekilde artmaktadır. Buda Dalga enerjisinin özellikle yüksek dalgalarda ne kadar yüksek bir potansiyele sahip olduğunu açıkça göstermektedir. Dalga enerjisi de güneş enerjisi gibi sonsuz bir enerji kaynağı olarak düşünülebilir. Önemli olan kısım tasarlanan sistemlerin bu enerjiden ne kadar faydalanabileceği kısmıdır. Dolayısıyla dalga enerjisi en verimli şekilde kullanabilmek için yüksek verimli ve ilk yatırım maliyetleri düşük, lojistik bakımdan ulaşılabilir ve bakım maliyetlerinin minimum olan sistemler kullanmak olacaktır.

### Tartışma

Elde edilen bulgular, dalga enerjisi potansiyelinin değerlendirilmesi açısından önemli bilgiler sunmaktadır. Ancak, dalga enerjisi sistemlerinin uygulanabilirliği için maliyet analizleri, çevresel etkiler ve teknolojik gerekliliklerin daha detaylı bir şekilde ele alınması gerekmektedir. Artvin sahil şeridinin lojistik avantajları ve potansiyeli, bölgeye özgü dalga enerjisi projelerinin geliştirilmesini desteklemektedir. Tasarlanacak sistemlerin bölgenin şartları göz önüne alınarak en optimum olacak şekilde hesaplanması gerekmektedir. Önemli olan sonsuz bir potansiyele sahip olan dalga enerjisini yüksek verimli sistemler ile en verimli şekilde elektrik enerjisine dönüştürmek olacaktır. Bu nedenle literatürde ve yapılacak çalışmalar dalga enerjisi potansiyelinden ziyade bu potansiyeli en verimli şekilde kullanabilecek sistemler üzerinde yoğunlaşmıştır.

Literatürde SWAN modeli ile Karadeniz'in farklı kıyılarında yapılan benzer çalışmalar incelendiğinde, modelin bölgesel ölçekte tutarlı sonuçlar verdiği görülmektedir (Amarouche vd., 2023; Kaymaz vd., 2024). Ayrıca MIKE21 SW modeliyle yapılan çalışmalarda da benzer dönemlerde enerji yoğunluğunun özellikle kış aylarında arttığı gözlemlenmiştir. Gürcistan sahilinde 2022 yılında yapılan bir çalışmada Kasım-Aralık aylarında ortalama enerji yoğunluğu 1100-1350 W/m olarak rapor edilmiştir. Bu bağlamda, Artvin kıyısında elde edilen 905-1414 W/m aralığı, bölgesel özellikler açısından tutarlıdır."

## Sonuç ve Öneriler

Artvin sahil şeridi, dalga enerjisi potansiyeli açısından çarpıcı bir bölgedir. Bu çalışma, bölgenin yenilenebilir enerji projelerinde nasıl bir rol oynayabileceğini göstermektedir. Gelecekteki çalışmalar, maliyet etkinliği ve sürdürülebilirlik üzerine odaklanarak dalga enerjisi sistemlerinin bölgeye entegrasyonunu desteklemelidir.

Elde edilen veriler, kapsamlı analizlere dayalı olarak önerilebilecek sistem tasarımlarını seçimi için önem arz etmektedir. Bölgesel enerji ihtiyaçlarına katkı sağlayabilecek potansiyel bir çözüm ancak yüksek verimli sistemlerin kullanılması ile mümkün hale gelecektir.

## Kaynaklar

- Amarouche, K., Akpınar, A., Rybalko, A., & Myslenkov, S. (2023). Assessment of SWAN and WAVEWATCH-III models regarding the directional wave spectra estimates based on Eastern Black Sea measurements. *Ocean Engineering*, 272(October 2022), 113944. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2023.113944>
- Hu, X., Fang, G., & Ge, Y. (2024). Simplified models of wind-wave relationships in China's shallow-water coasts based on SWAN+ADCIRC simulations. *Ocean Engineering*, 305(January), 117983. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2024.117983>
- Kaymaz, S., Bayraktar, T., & Sel, Ç. (2024). Su Dalga Enerjisi Üretimi ve Yapay Zekâ: Asya, Avrupa ve Türkiye'nin Potansiyeli. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 29(2), 798–822. <https://doi.org/10.53433/yyufbed.1445985>
- López, I., Andreu, J., Ceballos, S., Martínez De Alegría, I., & Kortabarria, I. (2013). Review of wave energy technologies and the necessary power-equipment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 27, 413–434. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.07.009>
- ÖRER, G., GÜRSEL, K. T., ÖZDAMAR, A., & ÖZBALTA, N. (2003). DALGA ENERJİSİ TESİSLERİNE GENEL BAKIŞ. *Dz. Y. Müh. Yzb. Gürkan ÖRER. İYenilenebilirEnerji Kaynaklari Sempozyumu*, 1–16.
- Sağlam, M., & Uyar, T. S. (2005). Dalga Enerjisi ve Türkiye' nin Dalga Enerjisi Teknik Potansiyeli. *Deniz Dalgasının Enerjiye Dönüştürülmesi. Emo, Dalga Enerjisi ve Türkiye' nin Dalga Enerjisi Teknik Potansiyeli Deniz Dalgasının Enerjiye Dönüştürülmesi*, 2–6.
- Sathyanarayana, A. H., & Seelam, J. K. (2025). Wave energy potential along the Indian coast: A comprehensive review. *Ocean Engineering*, 316(September 2024), 120033. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2024.120033>
- Wood, D. J., Muttray, M., & Oumeraci, H. (2001). The SWAN model used to study wave evolution in a flume. *Ocean Engineering*, 28(7), 805–823. [https://doi.org/10.1016/S0029-8018\(00\)00033-0](https://doi.org/10.1016/S0029-8018(00)00033-0)



- Wu, W., Liu, Z., Zhai, F., Li, P., Gu, Y., & Wu, K. (2021). A quantitative method to calibrate the SWAN wave model based on the whitecapping dissipation term. *Applied Ocean Research*, 114(July), 102785. <https://doi.org/10.1016/j.apor.2021.102785>
- Zhang, W., Zhao, H., Chen, G., & Yang, J. (2023). Assessing the performance of SWAN model for wave simulations in the Bay of Bengal. *Ocean Engineering*, 285(P1), 115295. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2023.115295>

### **Yazar Katkısı**

Bu çalışmada, araştırma konusunun belirlenmesi, literatür taramasının yapılması, analizlerin gerçekleştirilmesi ve metnin yazımı tamamen yazar tarafından gerçekleştirilmiştir. Kullanılan yöntemlerin seçimi, analizlerin uygulanması ve sonuçların yorumlanması aşamalarında titizlikle çalışılmıştır. Grafiklerin oluşturulması ve makalenin nihai düzenlemeleri de yazarın bireysel katkılarıyla tamamlanmıştır. Çalışmanın tüm aşamaları, yazarın bağımsız çabalarıyla yürütülmüştür.

### **Çıkar Çatışması**

Yazarlar tarafından çıkar çatışmasının olmadığı rapor edilmiştir.

### **Fonlama**

Bu makalede yapılan çalışmalar Artvin Çoruh Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Kapsamında 2024.F14.02.02 nolu projeden elde edilen çıktılar kullanılarak yapılmıştır.

### **Etik Bildirim**

Çalışma için etik kurul izni gerekmemektedir.