



Dairesel ön duvar kesitli salınlı su sütunu tipi enerji dönüştürücüde verim artışı

Efficiency improvement of an oscillating water column with a cylindrical frontwall underlip

Anıl Çelik¹

¹ İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, celikani@itu.edu.tr
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4648-451X>

MAKALE BİLGİLERİ

Makale Geçmişi:

Geliş 1 Aralık 2023
Revizyon 7 Şubat 2024
Kabul 14 Şubat 2024
Online 29 Mart 2024

Anahtar Kelimeler:

Salınlı su sütunu (SSS),
Dalga enerji dönüştürücü,
Verimlilik,
Güç alma yapısı,
Yumuşak geçişli geometri

ÖZ

Dalga enerji dönüştürücüler içinde salınlı su sütunu (SSS) öne çıkmaktadır. Klasik SSS yapısı ön duvar giriş ağız köşeli olup dalga akımının SSS haznesine giriş çıkışlarında akış ayrılmasına ve dolayısı ile çevrinti ve girdap oluşumuna sebebiyet vermektedir. Bu da absorbe edilen gelen dalga enerjisinin kısıtlı miktarda kalmasına sebebiyet vermektedir. Bu çalışmada SSS hazne ön duvarı giriş ağız için dairesel kesit önerilmiştir. Değişik miktarlardaki güç alma mekanizması sönümlenme seviyeleri (orifis kullanılarak simüle edilmiştir) için fiziksel deneyler icra edilmiş, hem klasik SSS yapısı hem de dairesel duvar giriş ağız ön kesitine sahip hazne verimleri hesaplanmış ve karşılaştırılmıştır. Her bir orifis oranı (güç alma yapısı sönümlenme oranı) için dairesel kesitli ön duvar ağızına sahip olan yapının verimliliği artış göstermiştir. Maksimum verim artışı, en düşük sönümlenme (en yüksek orifis çapı) miktarı için yüzde 21.1 olarak gerçekleşmiştir. SSS hazne ön duvarı akış ayrılması sonucunda oluşacak yüksek kayma gerilmelerine de maruz kalmaktadır. Ön duvar altının dairesel kesit olması durumunda gerçekleşmeyecek veya kısıtlı oluşacak kayma gerilmeleri ile yapı ön duvarının yıpranması azaltılacak ve bu suretle SSS yapı ömrü uzayacaktır. Ayrıca SSS yapısından maksimum verim elde etmek için gerekli optimum orifis çapı oranı 0.04m olarak tespit edilmiştir.

ARTICLE INFO

Article history:

Received 1 December 2023
Received in revised form 7 February 2024
Accepted 14 February 2024
Available online 29 March 2024

Keywords:

Oscillating water column (OWC),
Wave energy converter,
Efficiency,
Power-take off,
Streamlined geometry

ABSTRACT

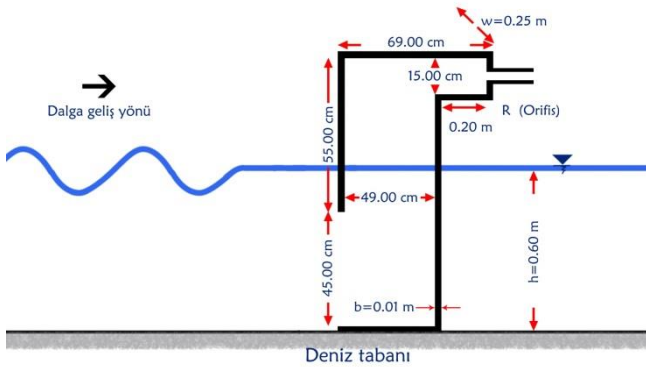
Oscillating water columns (OWC) are promising ones among wave energy converters. A conventional OWC frontwall underlip has a rectangular cross section. Therefore, during the water flow entering and exiting out of the chamber frontwall, flow separation occurs leading generation of vortex and eddies. This phenomenon indicates loss of energy and restricts the amount of wave energy extraction form incident waves. In this study, a frontwall underlip geometry with a circular cross section is suggested. Physical experiments are conducted under regular incident waves for different levels of applied power take off damping. The efficiency of both classical and newly suggested OWCs are contrasted with each other. For every incident wave and level of PTO damping, the efficiency of the OWC with cylindrical frontwall underlip cross section is found to increase. Maximum efficiency improvement is materialized as 1.211 for the lowest value of the PTO damping. Further, the cylindrical underlip shape that has been introduced is also deemed significant from a structural design perspective due to their crucial role in reducing the considerable shear stresses induced by large vortices, which the front wall of an oscillating water column (OWC) must withstand. Further, the optimum orifice diameter for maximum efficiency of the OWC is found to be 0.04m.

Doi: 10.24012/dumf.1398958

* Sorumlu Yazar

Giriş

Üçte ikisinden fazlası sularla kaplı dünyamızda, dalga enerjisi önemli bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. Salımlı su sütunu (SSS) tipi dalga enerji dönüştürücü yapısı diğer dalga dönüştürücüler arasında, basit çalışma mantığı ile bir adım öne çıkmaktadır. SSS yapısı içi boş bir hazneden oluşmaktadır. Kısmi suya batırılan haznenin biri su altında olmak üzere iki açıklığı bulunmaktadır. Haznenin içinde oluşan su sütunu alt açıklık vasıtasıyla dalga etkisine maruz kalmakta ve, yukarı aşağı yönlü periyodik olarak hareket etmektedir. Su sütununun hemen üzerinde bulunan hava kütlesi de bu hareket neticesinde hazne içinde su seviyesi üstünde bulunan küçük bir açıklıktan yüksek hızlarda yapıya giriş çıkış yapmaktadır. Peşi sıra basınç ve emme etkisine haiz yüksek enerjili hava akımı önüne yerleştirilecek bir türbin ve jeneratör yardımıyla dalga enerjisinden elektrik üretmek mümkün olmaktadır. Şekil 1 bu çalışmada kullanılan tipik bir SSS yapısını göstermektedir.



Şekil 1. Deneylerde kullanılan SSS yapısı ve geometrik ölçüleri.

Okyanuslar ve denizlerdeki dalgalar yüksek miktarda yenilenebilir enerji potansiyeline sahiptir. Buna rağmen henüz ticari üretime geçmiş herhangi bir dalga enerji alma yapısı bulunmamaktadır. Bunun ana nedeni dalga enerjisinin elektrik enerjisine dönüşümündeki düşük verimlilik oranlarıdır [1]. Dalga enerji dönüşümü, hidrodinamik (pinomatik), türbin, jeneratör ve dağıtım gibi farklı dönüşüm safhalarından oluşmaktadır. Hidrodinamik safha, dalga elektrik enerjisi dönüşüm zincirindeki ilk aşamayı oluşturmaktadır. Bu aşamada gelen dalga enerjisinin bir kısmı yapı içine alınmakta (bir kısmı ön duvardan geri yansımaktadır), su sütunu vasıtasıyla hava sütununa iletilmektedir. Bu safhada dönüştürülen enerji miktarı diğer aşamalara aktarılacak olan enerji miktarını da belirleyeceğinden pinomatik dönüşüm önem arz etmektedir [2].

Genel olarak yapıya gelen dalga enerjisinin tümü hava akımı kinetik enerjisine dönüştürülemede, enerji kayıpları yaşanmaktadır. Önemli enerji kayıplarından bir tanesi yapı keskin kenarlarından dolayı oluşacak çevrinti ve girdaplardır. [3] periyodik salımlı akımda, yapı keskin kenarlarında çevrinti hareketi oluşumunu tesbit etmiştir. Deneysel çalışmalarda, [4] ileri görüntüleme teknikleri kullanarak, salımlı akımın hem ovalleştirilmiş hem de keskin köşeli yapıyla etkileşimini görüntülemiştir. Keskin

köşeli yapıdan dolayı oluşan çevrinti ve girdap hareketinin dalga enerjisi dönüşümünde elde edilen gücü sınırladığını ortaya çıkarmışlardır.

Dalganın fiziksel olarak ilk karşılaştığı yapı elemanı SSS ön hazne duvarıdır. Dalga - yapı ön duvarı etkileşimi dalga enerjisine has olup karmaşık, türbülanslı ve doğrusal olmayan bir tabiata sahiptir [5]. Gelen dalga yapı içine nüfuz ederken dalga ön duvar alt ucuyla etkileşimi sonucu çevrinti ve girdaplar oluşmakta ve bu çevrinti ve girdaplar hemen sönümlenmemekte ve dalga enerji giriş ağızını kısmi olarak bloke etmektedir [6]. Konuyla ilgili literatür taraması yapıldığında SSS yapı ön duvar altının büyük çoğunlukla köşeli olduğu görülmektedir. Bazı çalışmalar keskin köşeli yapı ön duvarı altında akış ayrılması olacağını deneylerle test etmiş [3] ve enerji kaybı yaşanacağını belirtmiştir. Bunun üzerine bazı nadir çalışmalarda keskin köşeli ön duvar altının ovalleştirilmek suretiyle enerji kayıplarının azaltılması amaçlanmıştır [4,6,7]. Lakin iyileşmeler sağlansa da bu çalışmalar istenilen neticeyi verememiştir. Mevcut çalışmada ise ilk defa yapı ön duvar giriş ağız dairesel kesitli olarak tasarlanmış ve akış ayrılmasının önüne geçip enerji kayıplarının en aza indirilmesi durumu deneysel olarak araştırılmıştır. Bu sayede yapı içine periyodik olarak giriş çıkış yapan dalga akımının enerji kayıplarından minimum etkilenmesi, oluşacak girdap ve çevrinti oluşumlarının engellenmesi veya azaltılması düşünülmüştür. Böylece yapıya gelen dalga enerjisinin daha düzenli bir akış rejimine kavuşarak hava sütununa iletilmesi öngörülmüştür.

Bu bağlamda çalışmanın hedefleri aşağıdaki şekildedir:

1. Deneysel olarak sabit bir SSS yapısının farklı özellikteki dalga karakteristikleri altında farklı güç alma yapısı seviyeleri için hazne içinde oluşacak su yüzeyinin dikey yer değiştirmesinin ve hava basıncının ölçülmesi,
2. Aynı ölçümlerin SSS yapı ön duvar alt giriş kısmının silindirik olması hali için tekrarlanması,
3. Elde edilen veriler yardımıyla SSS yapısının farklı dalgalar altındaki hidrodinamik veriminin hem klasik yapı ön duvarı hem de silindirik giriş ağızlı ön duvarı için hesaplanması,
4. Sonuçların karşılaştırılması suretiyle silindirik giriş ağızlı ön duvara sahip SSS yapısının olası verim artışının hesaplanıp yorumlanmasıdır.

Materyal ve metot

Bu çalışma kapsamındaki deneyler İstanbul Teknik Üniversitesi Hidrolik laboratuvarında bulunan 30 metre (m) uzunluğunda, 1 m genişliğinde ve 1.2 m derinliğindeki cam duvarlı dalga kanalında icra edilmiştir. Dalga kanalı servo piston tipi dalga üretici donanımı vasıtasıyla istenilen tipte düzenli ve düzensiz dalgaları üretebilmektedir. Dalga kanalının resmi Şekil 2'de verilmiştir.

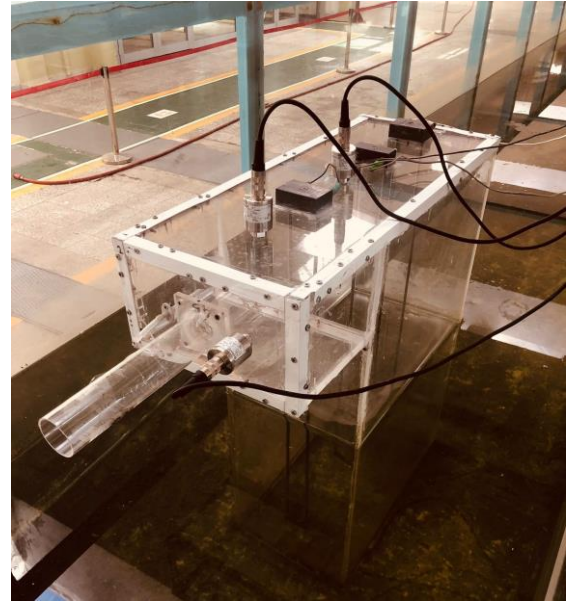


Şekil 2. Deneylerde kullanılan dalga kanalı.

Dalga kanalının sonunda gelen dalgaları sönmölemek için çeşitli ebbattaki granöler malzemeden 1:7 eğimli bir rampa yapılmıştır. Salımlı su sütunu (SSS) yapısı klasik dikdörtgen olup, sağlamlığı ve saydamlığı sebebiyle 1 cm pleksiglas malzemeden inşa edilmiştir. Yapının şekli ve ölçüleri Şekil 1 de verilmiştir. SSS yapısı dalga kanalı içine giriş ağzı dalga paletine dönük olarak, yapının ve dalga kanalının boyuna eksenleri çıkışacak şekilde yerleştirilmiştir. SSS dalga paletinden uzaklığı 19.25m olacak şekilde kanal içine yerleştirilmiştir. Dalga etkisi altında hareket etmemesi için yapı işkenceler vasıtasıyla kanal demirlerine sabitlenmiştir. SSS yapısının dalga kanalı içinde olduğu bir fotoğraf Şekil 3’de verilmiştir.

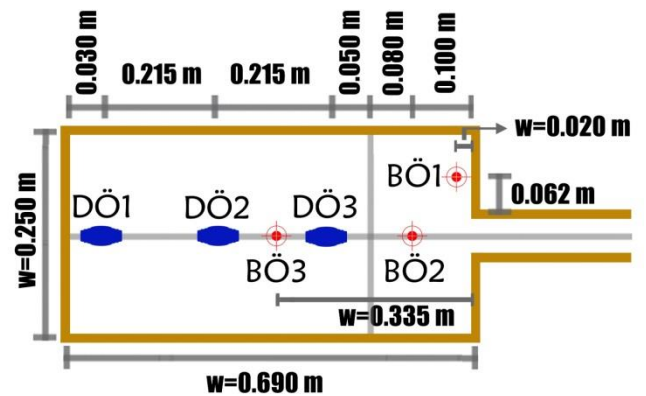
Salımlı su sütunu (SSS) yapısı ön giriş ağzı gelen dalga yönüne bakmaktadır. Dalga etkisi altında, gelen dalganın alt kısmında orbital yörünge izleyen su molekülleri dalga tepesi yapıya ulaştığında, yapı ön giriş ağzından içeriye girecektir (yapı dışındaki su seviyesi dalga tepesiyle beraber yapı içi su seviyesinden daha yüksek olmaktadır). Dalga çukuru yapıya ulaştığında ise hazne içi su seviyesi daha yüksek olmakta ve haznedan dışarı su akışı gerçekleşmektedir.

SSS yapısı uygulamaları açık deniz de, sığ denizde ve kayalıklara veya mendirek yapılarına monte edilmek suretiyle inşaa edilebilmektedir. Açık denizde uygulanması durumunda halatlarla taban zeminine sabitlenebilmektedir. Ama bu çalışma bir sığ su uygulamasına örnek teşkil etmektedir. Yapı sığ suda inşa edilecek (veya dışarıda imal edilip deniz içine montesi yapılacak) ve yapı tabanı deniz tabanına oturtulacaktır. Bu şekilde orifis tarafındaki su seviyesi yapının türbin tarafındaki (yapı arkasındaki) su seviyesine tekabül etmektedir. Yapı bu şekliyle arka kısmı kayalıklara veya mendirek kısmına yaslanmış şekilde inşa edilebilmektedir. Bu takdirde yapı arkasında orifis tarafında su bulunmayacaktır.



Şekil 3. Kanal içinde SSS yapısı.

Yapıya gelen dalgaların dalga genliği ve periyot değerlerine göre yapı içindeki su sütunu ya piston gibi yukarı aşağı yönlü hareket etmekte ya çalkantı hareketi yapmakta ya da bu iki hareket tipinin birleşimi şeklinde hareket etmektedir. SSS yapısının verimini artıran en önemli faktör hazne içi su sütununun piston hareketi yapmasıdır. Birçok gelen dalga yükseklikleri ve periyotları için SSS yapısı hazne içi su sütunu hareketleri incelenmiştir. Dalga yüksekliğinin 0.07m ve dalga periyodunun 1.8sn olması durumu için su sütununun tam bir piston hareketi yaptığı tespit edilmiş ve bu dalga parametreleri deneylerde kullanılmıştır. Gelen dalganın ölçümleri SSS yapısı kanal içinde değilken yapılmıştır. Su sütunu dikey salınım miktarı üç adet rezistans tipi dalgaölçer vasıtasıyla ölçülmüş olup, ortalamaları alınmak suretiyle ortalama su sütunu yüzeyi (SSY) değişim zaman serileri oluşturulmuştur. Dalgaölçerlerin yerleri Şekil 4’de gösterilmiştir.



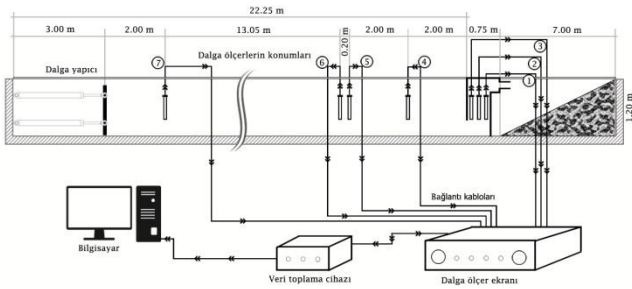
Şekil 4. SSS yapısı üstten görünüşü (DÖ: Dalga Ölçer, BÖ: Basınç Ölçer).

SSS dalga enerji dönüştürücü güç alma yapıları (ör. türbin) su sütunu salınımı etkisiyle yapı içinde hava basıncı oluşumuna sebep olarak dalga enerji dönüşümüne olanak sağlamaktadır. Bu çalışmada güç alma yapısı bir orifis

vasıtasıyla simüle edilmiştir. Farklı çaptaki orifisler farklı miktarda güç alma sönümlenme miktarlarına tekabül etmektedir. Burada dikkat edilmesi gereken husus orifis çapı arttıkça sönümlenme miktarı azalmakta, orifis çapı azaldıkça da sönümlenme miktarı artmaktadır. Bu çalışmada çapları 2.5 cm, 3 cm, 3.5 cm, 4 cm ve 4.5 cm olmak üzere 5 farklı orifis boyutu deneylerde kullanılmıştır. Yapı haznesinde oluşan hava basınç değerleri Keller PR41-X düşük basınç kaydediciler vasıtasıyla ölçülmüştür. Basınçölçerlerin konumları Şekil 2’de verilmiştir. Tüm ölçümler 125 Hz frekansta 64-bit veri toplama cihazıyla alınmış ve bir amplifikatör yardımıyla sinyal değerleri yükseltilmiştir. Veri toplama süresi yapı ön duvarından yansıyan dalgaların dalga paletinden geri yansiyarak deney dalgasıyla çakışmasını engellemek için 25 sn olarak belirlenmiştir. Kullanılan deney elemanları Şekil 5’te verilmiştir. Kullanılan şematik deney düzeneği Şekil 6’te gösterilmiştir.

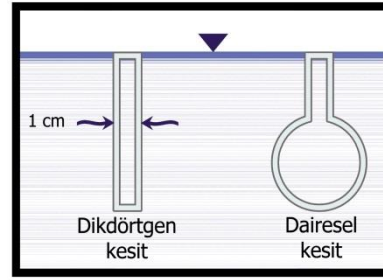


Şekil 5. Deneylerde kullanılan elektronik ölçüm cihazları.



Şekil 6. deneysel düzeneğin görünümü.

Bu çalışmada SSS yapı ön duvarı altı silindirik giriş ağız olacak şekilde tasarlanmıştır. Bu sayede dalga enerji girişi esnasındaki sürtünme etkileriyle oluşacak enerji kayıplarının minimuma indirilmesi öngörülmüştür. Şekil 7’de SSS yapı ön duvarının en kesiti gösterilmiştir. Ayrıca Şekil 8’de dairesel yapı giriş ağzının bir fotoğrafı verilmiştir.



Şekil 7. Yapı ön duvarının klasik ve dairesel en kesiti.



Şekil 8. Dairesel yapı giriş ağzının fotoğrafı.

Linear dalga teorisine göre birim yüzey alanına düşen ortalama dalga enerjisi aşağıdaki formülle bulunabilir.

$$E = \frac{1}{8} \rho g H^2 \quad (1)$$

Bu denklemden ρ suyun yoğunluğunu, g yerçekim ivmesini, H ise dalga yüksekliğini ifade etmektedir. Dalga enerjisi dalga grup hızında hareket ettiğinden ötürü, dalga tepesi birim genişliği için ortalama güç aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

$$P = E \cdot c_g \quad (2)$$

$$c_g = \frac{\omega}{k} \left[\frac{1}{2} \left(1 + \frac{2kh}{\sinh(2kh)} \right) \right] \quad (3)$$

$$k = \frac{2\pi}{L} \quad (4)$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad (5)$$

burada, c_g grup hızını, ω dalga frekansını, k dalga sayısını, h su derinliğini, L dalga boyunu ve T ’de dalga periyodunu göstermektedir. Küçük boyutlu model çalışmalarında SSS haznesi içindeki hava sıkıştırılmaz kabul edilmektedir [8-10]. Bu kabul çerçevesinde SSS yapısının absorbe ettiği dalga enerjisi miktarı şu formülle hesaplanabilir.

$$P_{owc} = \frac{1}{T} \int_0^T p(t) A_w v(t) dt \quad (6)$$

$p(t)$ and $v(t)$ anlık hava basıncı ve anlık ortalama salınımlı su yüzeyi dikey hızını göstermektedir. $v(t)$ ise dördüncü dereceden doğrulukla sayısal olarak aşağıdaki formülle hesaplanabilir.

$$V^4_i = \frac{-d_{i+2} + 8d_{i+1} - 8d_{i-1} + d_{i-2}}{12\delta t} \quad (7)$$

Burada d_i , durgun su derinliğine göre, i anındaki ortalama su sütunu dikey yer değişmesini ve δt ise sayısal zaman adımını ifade etmektedir. SSS tipi dalga enerji dönüştürücü verimi, ξ aşağıdaki denklem ile bulunabilir.

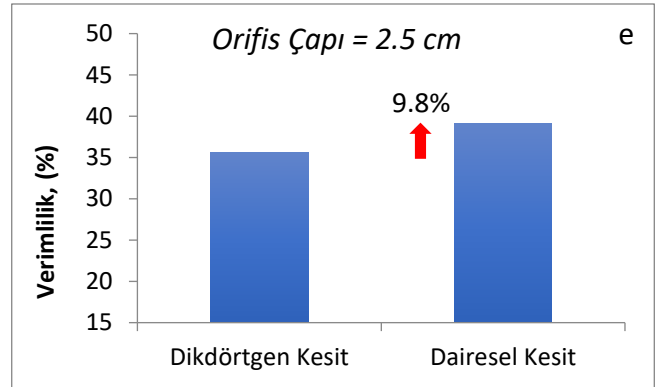
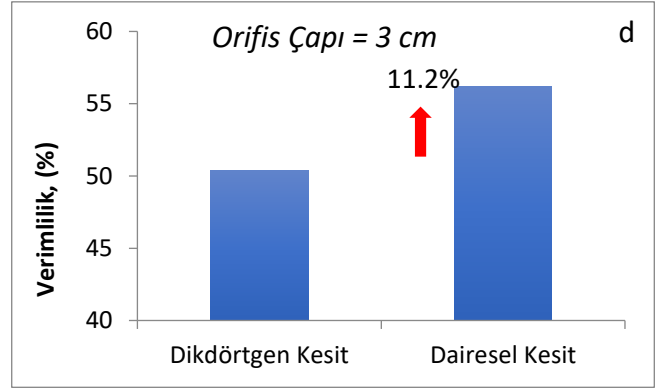
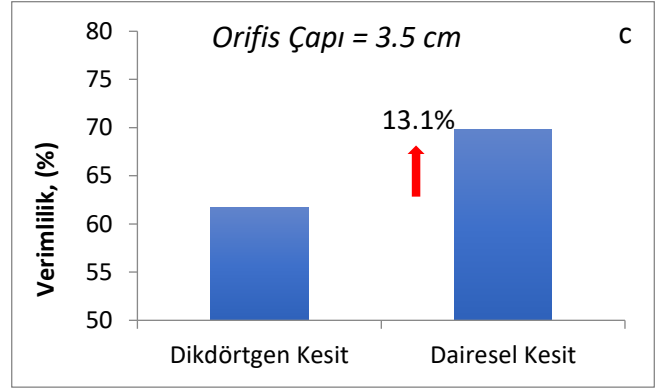
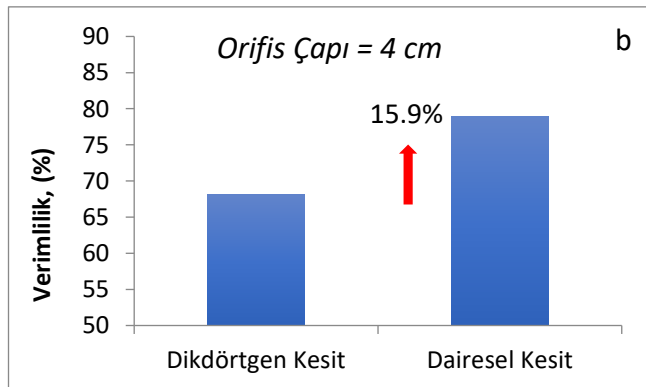
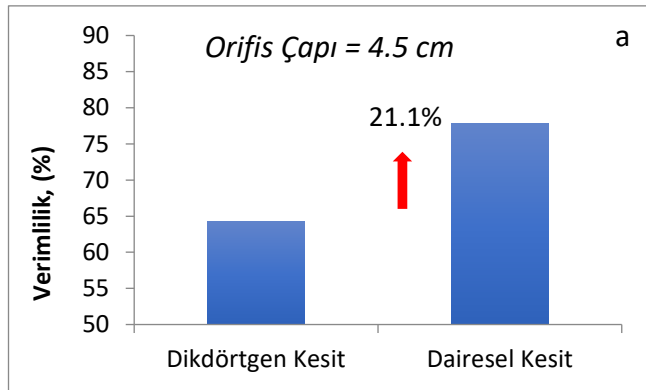
$$\xi = \frac{P_{owc}}{P_w} \quad (8)$$

w sembolü SSS yapısının genişliğidir. Bu eşitlik SSS yapısı tarafından absorbe edilen dalga gücünün yapı genişliğince gelen dalga gücüne oranını vermektedir.

Bulgular ve tartışma

Salımlı su sütunu yapısı (SSS) klasik uygulamalarında yapı ön duvar giriş ağız köşeli olarak tasarlanmaktadır. Bu tasarım biçimi hazne giriş çıkışlarında akış ayrılmasına neden olmakta ve böylece hazne ön duvarı altında çevrinti oluşumuna sebebiyet vermektedir [11]. Bu da gelen dalga enerjisinin bir kısmının zayı olmasına ve dalga enerjisi dönüşüm verimliliğinin azalmasına neden olmaktadır. Bazı çalışmalarda enerji zayıyatını önlemek için SSS hazne ön duvar altı ovalleştirilmiştir [12-13]. Fakat bu çözümün de yeterli derecede fayda sağlamadığı deneysel çalışmalarda görülmüştür [14]. Bu çalışmada ise dairesel kesitli silindirik bir yapı ağız test edilmiştir.

Dairesel kesitli ön duvar altına sahip SSS yapısının değişik orifis oranları için hesaplanan verimleri, klasik ön duvarlı yapı verimleri ile birlikte karşılaştırmalı olarak Şekil 9a-e’de verilmiştir.



Şekil 9a-e Dikdörtgen ve dairesel kesitli ön duvara sahip SSS yapısının farklı orifis oranları için hesaplanan verimleri.

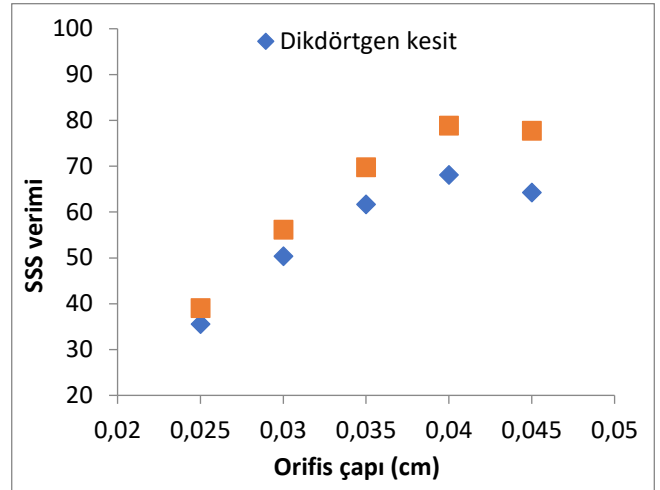
Şekil 9a-e’de anlaşılacağı üzere SSS yapı ön duvar alt ağızda dairesel kesit kullanılması tüm orifis oranları için verim artışına sebebiyet vermiştir. En büyük orifis çapı için (4.5 cm), klasik ön duvarlı yapıya kıyasla en büyük verim artışı meydana gelmiştir (Şekil 8a). Yüzde 21.1 sayısal değerine karşılık gelen artış oranı SSS haznesi ön duvarında yapılan modifikasyonun basitliği de düşünüldüğünde önem arz etmektedir. Bu artış oranıyla 0.64 olan verim değeri 0.78’e yükselmiştir. Verim artışları, diğer orifis çapları içinde, azalsa da, geçerlidir. Şöyle ki, sırasıyla 4 cm, 3.5 cm, 3 cm, 2.5 cm lik orifis çapları için verim artışları (klasik yapıya nazaran), yüzde 15.9, 13.1, 11.2 ve 9.8 olarak hesaplanmıştır. Ortalama verim artışı ise yüzde 14.22 olarak gerçekleşmiştir.

İlerleyen dalga altında akışkan parçacıkları dairesel yörüngede periyodik olarak hareket etmektedir. Klasik SSS ön duvar altından yüksek hızlarda giriş çıkış yapan akışkan ön duvarın sert köşeli geometrisinden dolayı ön duvar

altında ayrılmaya maruz kalmaktadır. Buda çevrinti ve girdap oluşumuna neden olmaktadır, böylece, dalga enerjisinin bir kısmı su sütununa iletilmemekte ve zayıf olmaktadır. Dairesel kesitli giriş ağzına sahip hazne durumunda ise akışkan ön duvar altından geçerken daha yumuşak bir geçiş geometrisi sayesinde ayrıma maruz kalmamakta veya akış ayrılması miktarı düşük olmaktadır. Ayrıca, çevrinti enerji kaybının yanı sıra oluşan girdap hemen sönmülmemekte, hareketine devam ederek yer değiştirmekte ve hazne su altı giriş ağzını kısmi olarak bloke etmektedir. Bu şekilde yapı içine giremeyen dalga enerjisi heba olmaktadır. Dairesel ön duvar giriş ağzı böylece sadece çevrinti hareketini engellemekte aynı zamanda su altı giriş alanının kısmi olarak bloke olmasına da mani olmaktadır.

Şekil 9 (b-e) den de anlaşılacağı üzere SSS dalga enerji dönüştürücü verim artışları daha düşük orifis çap değerleri (yüksek güç alma sönmüleme miktarları) içinde gerçekleşmektedir. Fakat, verim artış oranı orifis çapı azaldıkça, düşmektedir. Orifis (güç alma yapısı, ör. türbin) hazne içindeki havanın çıkışını kısıtlayarak hava basıncı oluşumuna ve böylece dalga enerjisinin dönüşümüne sebep olmaktadır. Aynı zamanda orifisin varlığı oluşturduğu hava basıncı vesilesiyle su sütunu salınım miktarları üzerinde de fiziksel baskı uygulamaktadır. Orifis çapı daha yüksek (sönmüleme düşük) olduğunda su sütunu üzerinde dalga etkisiyle oluşan hava basıncı azalmakta su sütunu daha rahat hareket etmektedir. Böylece ön duvar altından yapı içine girip çıkan akışkan hızları da artmaktadır. Böylece orifis çapı yükseldikçe akış ayrılması miktarının daha fazla olması beklenir. Bu durumda dairesel yapı ön duvar ağzının daha etkili olduğu söylenebilir. Yüzde 21.1'lik verim artışı da bunu teyit etmektedir. Daha düşük orifis çaplarında su sütunu hareketleri oluşan yüksek hava basıncı dolayısıyla kısıtlanmış olmaktadır. Bu durumda su sütunu salınım miktarı azalacak ve yapı ön duvar altından hazneye giriş çıkış yapan akışkan hızları düşecektir. Bu da çevrinti oluşum miktarını azaltacaktır. Böylece, düşük orifis çaplarında (yüksek sönmüleme değerlerinde) zaten miktarca az olan enerji kayıplarını dairesel kesit daha düşük bir miktarda azaltabilecektir. Bu vesileyle, Şekil 9 a-e'de gözüktüğü üzere orifis çapı düşüldükçe dairesel kesitli ön duvara sahip SSS'nin verim artışı da azalmaktadır.

Bir diğer önemli husus da, ön duvar giriş ağzında oluşan ciddi miktardaki çevrinti miktarı aynı zamanda oluşan yüksek miktardaki kayma gerilmelerine de işaret etmektedir. Bu sebeple yıpranmaya daha çok maruz kalacak olan hazne ön duvarı kritik yapı olarak adlandırılmıştır [9]. Kullanılan dairesel kesitli hazne giriş ağzının çevrintileri ve bunun ile birlikte ön duvar kayma gerilmelerini de azaltacağı öngörülebilir. Böylece, verim artışlarına sebebiyet vermesinin yanı sıra, SSS ön duvarının yıpranmaması noktasında da dairesel kesitin fayda sağlayacağı aşikârdır.



Şekil 10. SSS veriminin orifis çapıyla değişimi

Dikkat edileceği üzere dikdörtgen kesit olsun veya dairesel kesit olsun, SSS yapısı verim değerleri orifis çapıyla da ciddi oranda değişmektedir. Şekil 10 orifis çapıyla SSS yapı verimleri arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Şekil 10 dan da anlaşılacağı üzere düşük orifis çapları için SSS yapısı verimi de düşük olmakta, orifis çapı arttıkça verim değerleri yükselmektedir. Bu gözlemler hem dikdörtgen hem de dairesel kesitli SSS hazneleri için geçerlidir. Orifis çapı 0.04m değerine ulaştığında verimlerde en yüksek değere ulaşmaktadır. Orifis çapı 0.04m olduğunda ise verim azalmaya başlamaktadır. Bu bulgular ortaya koymaktadır ki dikdörtgen kesit olsun veya dairesel kesit olsun, SSS yapısı en yüksek verim değeri için optimum orifis çapı 0.04 m dir.

Sonuç

Salınlımlı su sütunu (SSS) basit çalışma prensibiyle gelecek vaat eden dalga enerji dönüştürücüler den birisidir. Fakat geleneksel SSS ön duvarı dikdörtgen kesitli olup, altından periyodik olarak giriş çıkış yapan su akımı köşeli ön duvar geometrisi neticesinde akış ayrılmasına sebebiyet vermekte ve ciddi miktarda enerji kayıpları oluşmaktadır. Bu çalışmada ön duvar SSS hazne giriş ağzı için dairesel kesit düşünülmüştür. Hem klasik, hem de dairesel kesitli SSS yapıları fiziksel olarak inşaa edilmiş ve gelen dalga etkisi altında, değişik güç alma yapısı (ör. türbin) sönmüleme miktarları için deneyler yapılarak yapı verimlilikleri hesap edilmiştir. Dairesel kesitli yapının tüm güç alma yapısı (ör. türbin) sönmüleme miktarları için veriminin, klasik kesitli yapıya nazaran arttığı hesaplanmıştır. Maksimum verim artışı, en düşük güç alma (en büyük orifis çapı) yapısı sönmüleme miktarı için yüzde 21.1 olarak gerçekleşmiştir. Ortalama verim artışı ise yüzde 14.22 olarak bulunmuştur. Buda dairesel kesitli ön duvar geometrisinin, akış ayrılmasını ve dolayısı ile oluşacak ve dalga enerjisi giriş ağzını bloke edecek çevrinti ve girdapları önlediğini göstermektedir. Aynı zamanda çevrinti sonucunda meydana gelecek ve yapı ön duvarına zarar verecek kayma gerilmeleri de oluşmayacak ve SSS ömrü uzayacaktır. Ayrıca SSS yapısından maksimum verimi elde edebilmek için gerekli olan optimum orifis çapı parametresinin 0.04m olduğu bulunmuştur.

Bu çalışma dalga enerji dönüştürücülerin hidrodinamik veriminin artması noktasında yapı geometrisinin önemine dikkat çekmektedir. Ayrıca, akış boyunca olabildiğince sert değişimlerden ziyade yumuşak geçişlerin bulunmasının enerji kayıplarını ciddi miktarda azaltacağı öngörülebilmektedir. Bir sonraki çalışma SSS yapısının diğer köşeli bölümlerinin de kavisli bir şekilde inşaa edilerek denenmesi olarak düşünülmektedir.

Etik kurul onayı ve çıkar çatışması beyanı

Hazırlanan makalede etik kurul izni alınmasına gerek yoktur.

Hazırlanan makalede herhangi bir kişi/kurum ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynakça

- [1] E., Amini, D., Golbaz, R., Asadi, M., Nasiri, O., Ceylan, M.M., Nezhad, M., Neshat, "A comparative study of metaheuristic algorithms for wave energy converter power take-off optimisation: a case study for eastern Australia." *J. Mar. Sci. Eng.* 9, 490, 2021.
- [2] J., Cruz, "Ocean Wave Energy: Current Status and Future Perspectives". Springer Verlag, 2008, Berlin.
- [3] G.H., Keulegan, L.H., Carpenter, Forces on cylinders and plates in an oscillating fluid. *J. Res. Natl. Bur. Stand.* 60 (5), 423–440, 1958.
- [4] G.F., Knott, M.R., Mackley, "On eddy motions near palates and ducts induced by water waves and periodic flows." *Phil. Trans. Roy. Soc. Lond.* 294, 599–628 1412, 1980.
- [5] T., Aderinto, H., Li, "Review on power performance and efficiency of wave energy converters." *Energies* 12, 4329, 2019.
- [6] G., Müller, T., Whittaker, "Visualization of flow conditions inside a shoreline wave power-station." *Ocean Eng.* 22 (6), 629–641, 1995
- [7] I.G., Morrison, "The Hydrodynamic Performance of an Oscillating Water Column Wave Energy" Converter. Ph.D. thesis, University of Edinburg, Edinburg, UK, 1995.
- [8] A., Altunkaynak, A., Çelik, "A novel Geno-Nonlinear formula for oscillating water column efficiency estimation." *Energy* 241 122513, 2022.
- [9] Lopez, I., Castro, A., Iglesias, G., "Hydrodynamic performance of an Oscillating Water Column wave energy converter by means of particle imaging velocimetry." *Energy* 83, 89–103, 2015.
- [10] Rezanejad, K., Gadelho, J.F.M., Xu, S., Guedes Soares, C., "Experimental investigation on the hydrodynamic performance of a new type floating Oscillating Water Column device with dual-chambers." *Ocean Engineering* 234, 109307, 2021.
- [11] Fleming, A., Penesis, I., Macfarlane, G., Bose, N., Denniss, T., "Energy balance analysis for an oscillating water column wave energy converter." *Ocean Engineering* 54, 26–33, 2012.
- [12] Sarmiento, A.J.N.A., "Wave flume experiments on two dimensional oscillating water column wave energy devices." *Exp. Fluid* 12, 286–292, 1992.
- [13] Sarmiento, A.J.N.A., "Model-test optimization of an OWC wave power plant." *Int. J. Offshore Polar Eng.* 3, No 1, 1993.
- [14] Çelik, A., "An experimental investigation into the effects of front wall geometry on OWC performance for various levels of applied power take off dampings." *Ocean Engineering* 248 110761, 2022.