

Tatlı Su Kaynaklarında Temiz Enerji Üretimi için Eğirdir Gölü Üzerinde Hibrit Yüzer Enerji Santral Tasarımı Örneği ve GZFT Analizi

Büşra CESUR DURMAZ^{1*}, İbrahim ÜÇGÜL²

¹Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, 32200, Isparta, Türkiye

²Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Tekstil Mühendisliği, 32200, Isparta, Türkiye

(Alınış / Received: 11.06.2024, Kabul / Accepted: 21.10.2024, Online Yayınlanma / Published Online: 23.12.2024)

Anahtar Kelimeler

Yenilenebilir enerji,
Tatlı su kaynakları,
Eğirdir Gölü,
Hibrit yüzer yenilenebilir
enerji santrali,
GZFT analizi,
GZFT matrisi.

Öz: Çalışmada Türkiye'nin önemli bir tatlı su havzası olan Eğirdir Gölü özelinde hibrit yüzer enerji santral tasarımı geliştirilmiştir. Eğirdir Gölü'nün buharlaşma ve diğer etkenlerden kaynaklı su seviyesinin azalması ve bu bölgenin hassas koruma alanı olmasından dolayı öneri niteliğinde ki bu tasarım ile enerji üretimi sağlanırken, su kaynaklarının ve su havzasının da korunmasını amaçlanmıştır. İzlenen yöntem; literatür taraması, uygun yer seçiminin belirlenmesi, santral tasarımının yapılması, enerji potansiyel hesapları ve konut sayısının bulunması, santral tasarımının GZFT Analizi ile incelenmesi ve stratejik kararların açıklanması aşamalarından oluşmaktadır. Çalışma kapsamında, Eğirdir Gölü'nde belirlenen en uygun alanda kurulacak yüzer enerji santralinin, 509.826 kWh/yıl enerji potansiyeline sahip ve yaklaşık 140 konutun enerji ihtiyacını karşılabilecek durumda olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca Eğirdir'de yüzer enerji santral tasarımının uygulanabilirliğini arttırmak için GZFT Matrisi stratejik önerileri çıkartılmıştır. Bu sayede, Türkiye'de tatlı su alanlarında enerji üretiminin gelişmesine yönelik yenilikçi çözüm sunulmuş, uygulanabilmesi yönündeki hususlara dikkat çekilmiştir.

Hybrid Floating Power Plant Design Example and SWOT Analysis on Lake Eğirdir for Clean Energy Production in Fresh Water Resources

Keywords

Renewable energy,
Fresh water resources,
Eğirdir Lake,
Hybrid floating renewable
energy power plant,
SWOT analysis,
SWOT matrix.

Abstract: In this study, a hybrid floating power plant design is developed for Lake Eğirdir, an important freshwater basin of Turkey. Due to the decrease in the water level of Lake Eğirdir for evaporation and other factors and the sensitive protection area of this region, this proposed design aims to protect water resources and the water basin while providing energy production. The method followed consists of the following stages: literature review, determination of the appropriate site selection, design of the power plant, energy potential calculations and finding the number of dwellings, examination of the power plant design with SWOT Analysis and explanation of strategic decisions. Within the scope of the study, it was concluded that the floating power plant to be established in the most suitable area determined in Lake Eğirdir has an energy potential of 509.826 kWh/year and can meet the energy needs of approximately 140 houses. In addition, SWOT Matrix strategic recommendations were extracted to increase the feasibility of floating power plant design in Eğirdir. In this way, an innovative solution for the development of energy production in freshwater areas in Turkey was presented and attention was drawn to the issues that could be implemented.

*İlgili yazar: busracesur.pm@gmail.com

1. Giriş

Tatlı su kaynakları bütün canlılar için gerekli olan biyolojik anlamda temel bir ihtiyaçtır. Aynı zamanda insanların yerleşim alanlarını tatlı su kaynaklarına yakın planlayarak içme suyu temin ettiği, su ürünleri yetiştiriciliği yaptığı, tarımsal ve enerji üretimi gibi ekonomik faaliyetlerde bulunduğu yaşam ortamlarıdır. Göller de bu anlamda geniş su havzasına sahip, biyolojik çeşitliliği destekleyen, temel ekosistem hizmetleri sağlayan ve iklim değişikliğine duyarlı su kaynaklarıdır [1].

Dünya'nın yüzey tatlı suyunun % 87'sini göller oluşturmaktadır ve Dünya genelinde 100 milyondan fazla göl bulunmaktadır [2]. Türkiye de ise göl ve bataklıkların (sulak alanların) toplam yüz ölçümünü 10.000 km² ve ülke yüz ölçümünün 1/80'ini oluşturmaktadır [3]. Dolayısıyla Türkiye tatlı su potansiyeli bakımından zengin bir ülke sayılmamaktadır [4]. Buna rağmen tatlı su kaynaklarından yararlanırken çeşitli insan etkilerinden dolayı göllerin kirliliği söz konusu olmakta veya yanlış tarımsal sulama, şehirleşme, sürdürülebilir olmayan su altyapı projelerinden dolayı (hidroelektrik santraller, barajlar, havzalar arası su transferi gibi) göl seviyesinde azalma meydana gelmektedir [3, 5]. Aynı zamanda fosil kaynak kullanımına bağlı sıcaklık artışı sonucu küresel iklim değişikliğinin de meydana gelmesi, göl yüzeyinde buharlaşmayı hızlandırarak su seviyesinin düşmesine neden olmaktadır.

Bu hususla ilgili "Türkiye 2024-2030 İklim Değişikliğine Uyum Stratejisi ve Eylem Planı" raporuna göre küresel iklim değişikliğini en aza indirmek ve günümüz enerji ihtiyacının büyük oranda karşılandığı kömür, petrol, doğalgaz gibi fosil kaynaklara ve ithalata bağlılığı azaltmaya yönelik stratejilerin geliştirildiği görülmektedir. Bunun yanı sıra enerji sektöründe güneş, rüzgar, dalga, hidroelektrik vb. yenilenebilir kaynakların kullanımını da teşvik eden politikalar hızlanmaktadır [6]. Ancak yenilenebilir enerji üretimi artarken havza ölçeğinde yapılmayan bazı hidroloji planları, dere ve sulak alanların yok olmasına [5] ve gölleri besleyen kaynakların azalmasıyla tatlı su kaynaklarının kurumasına yol açmaktadır. Bu nedenle tatlı su kaynaklarının korunarak yenilenebilir enerji üretiminin sağlanmasında öncelikle uygun olmayan su altyapı projeleri yerine yüzer sistemleri tercih etmek gerekmektedir. Özellikle güneş, rüzgar, dalga, akıntı, termal gibi enerji kaynak potansiyelinin yüksek olduğu ve su yüzeyinin geniş alan kullanımına izin verdiği kıyılarda alternatif enerji üretimine katkı sağlamak için yüzer sistemler avantaj sağlamaktadır [7]. Bu nedenle çalışmada Türkiye'nin ikinci büyük tatlı su gölü olan ve ekonomik, sosyal, kültürel, enerji gibi her alanda yerel halk tarafından yaşam kaynağı olarak görülen Eğirdir Gölü [8], çalışma alanı olarak tercih edilmiştir.

Eğirdir gölünü besleyen kaynaklar yağmur ve kar suları, küçük dereler, çevredeki yeraltı suları ve göl tabanındaki kaynak sularından oluşturmaktadır [9]. Gölün su seviyesinde ki azalma başta yağış rejiminin değişmesi, buharlaşma ve yanlış tarımsal sulamadan kaynaklanmaktadır [9, 10, 11]. Aynı zamanda kimyasal gübreler, tarımsal ilaçlar, evsel ve endüstriyel atıklar, su israfı ve nüfus artışı da gölü tehlikeye atan önemli unsurlardır [11, 12]. Eğirdir ve Kovada Gölü Koruma Birliği Müdürü Süleyman Can tarafından Eğirdir Gölü'nün su seviyesi ölçümüne göre 2020-2023 yılları arasında 1,36 m azaldığı, 2017-2023 yılları arasında ise 2,12 m azaldığı belirtilmiştir [13].

Su seviyesinde meydana gelen önemli derecedeki azalmayı engellemek, Eğirdir Gölü'nü korumak ve sürdürülebilirliğini sağlamak için öncelikle maksimum su kotu ile çevrelenen su alanı "I. Derece Doğal Sit Alanı", maksimum su kotundan itibaren 300 m'lik alan sınırı "III. Derece Doğal Sit Alanı" olarak kabul edilmiştir [14]. Zamanla bu karar güncellenerek Eğirdir Gölü Doğal Sit Alanı "Kesin Korunacak Hassas Alan", "Nitelikli Doğal Koruma Alanı" ve "Sürdürülebilir Koruma ve Kontrollü Kullanım Alanı" olarak 3357 sayılı Cumhurbaşkanlığı Kararı ile ilan edilmiştir [15]. Ayrıca Isparta ili ve çevredeki yerleşim alanlarının da yararlandığı Eğirdir Gölü, birinci sınıf yüksek kalite içme suyu özelliğine sahip olmasından dolayı "A Sınıfı Sulak Alan" listesine alınmıştır [14, 16].

Eğirdir Gölü'nün çevresi için önemli derecede tatlı su havzası niteliğinde olması yapılacak tüm enerji planlarında koruma ölçütlerinin dikkate alınmasını gerektirmektedir. Bu nedenle çalışmada tatlı su kaynaklarının korunarak enerji üretiminde yararlanılması noktasında öneri niteliğinde Eğirdir Hibrit Yüzer Enerji Santral Tasarımı geliştirilmiştir. Santral tasarımında Eğirdir Gölü Havzasının su kalitesinin, su seviyesinin ve su rezervini besleyen kaynakların korunması amaçlanmıştır. Aynı zamanda Eğirdir Gölü Havzası için yüzer enerji santralinin gerekliliğinin vurgulanması ve öneri olarak geliştirilen santral tasarımının olumlu ve olumsuz yönlerinin değerlendirilmesi için GZFT Analizi uygulanarak, stratejik kararlar belirlenmiştir.

Eğirdir Gölü Havzası özelinde yüzer enerji santrali geliştirilirken koruma ölçütleri göz önünde bulundurularak aşağıda belirtilen yöntem izlenmiştir.

1. Aşama: Eğirdir Gölü üzerinde planlanan yüzer enerji santrali için gerekli olan materyal bilgilerinin ve iklimsel verilerin elde edilmesi.
2. Aşama: Yer seçim ölçütlerinin belirlenerek Eğirdir Gölünde en uygun kıyı alanının tespit edilmesi.
3. Aşama: Hibrit yüzer enerji santrali tasarımının geliştirilmesi.
4. Global Solar Atlas ve Global Wind Atlas yazılımlarından elde edilen verilere göre yüzer enerji santralinin toplam güneş ve rüzgar enerji

potansiyelinin hesaplanması ve karşılayacağı konut sayısının bulunması.

5. Aşama: GZFT (SWOT) Analizi ile Eğirdir hibrit yüzer enerji santralının değerlendirilmesi ve GZFT Matrisinin uygulanarak stratejik kararların geliştirilmesi, aşamalarından oluşmaktadır.

Eğirdir Gölü havzası güneş ve rüzgar enerjisi üretimi açısından uygun iklim verilerine sahip ve bu sayede güneşli günlerde veya kapalı havalarda enerji üretiminin devamlı sağlanabileceği bir bölgedir. Ancak hassas koruma bölgesi olması kara kurulumlarını kısıtlamakta ve yenilenebilir enerji üretimini engellemektedir. Bu nedenle su yüzeyinin kullanılması hem buharlaşmayı azaltacak hem de enerji üretimine katkı sağlayacak bir unsurdur. Aynı zamanda göl yüzeyinde güneş, rüzgar ve dalga enerji sistemlerinin hibrit kombinasyonu ile mevcut su kaynaklarını, dere yatağını veya çevresindeki yeşil alan varlığını etkilemeden temiz enerji elde etmekte mümkün olacaktır. Bu açıdan Eğirdir Gölü Havzası ölçeğinde hibrit yüzer enerji santrali tasarımının geliştirilmesi, arazi koşullarının uygun olmadığı tatlı su alanları için örnek niteliğindedir. Eğirdir özelinde stratejik kararların belirlenmesi de çalışmaya özgünlük kazandırmakta ve Eğirdir için gerekliliğini kanıtlamaktadır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

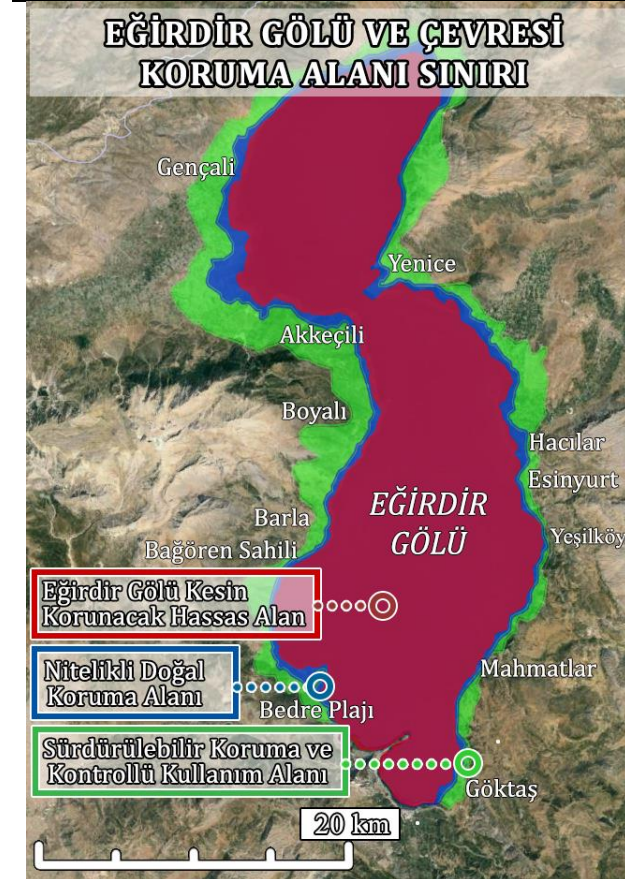
Eğirdir Gölü, Batı Akdeniz Bölgesinde Isparta sınırları içerisinde $37^{\circ} 50' 36''$ Kuzey ve $38^{\circ} 16' 24''$ Kuzey enlemleri ile $30^{\circ} 44' 39''$ Doğu ve $30^{\circ} 58' 08''$ Doğu boylamları arasında yer alan, karstik kayaların aşınması ile tektonik çöküntü üzerinde oluşmuş bir tatlı su göldür [17]. Eğirdir gölü havzasının toplam büyüklüğü 3.020 km^2 , kıyı uzunluğu 150 km ve yüzey alanı ise 468 km^2 'dir. Gölün deniz seviyesinden yüksekliği $917,7 \text{ m}$, ortalama derinliği $10-12 \text{ m}$ 'dir [10, 16]. Kuzey-Güney uzunluğu 50 km , Doğu-Batı genişliği $3-15 \text{ km}$ arasında değişmektedir [8]. Su kalitesinin uygun olmasından dolayı Isparta'nın içme suyu ihtiyacının bir bölümü Eğirdir Gölü'nden sağlanmaktadır. Ayrıca tarımsal sulama ve enerji üretimi bakımından büyük önem taşıyan gölden balıkçılık ve turizm amaçlı da yararlanılmaktadır [8, 10]. Eğirdir Gölü, güneyinde bulunan Kovada Gölü'ne ve Kurudere-Aksu Irmağı üzerinden Akdeniz'e ulaşmaktadır [10]. Kovada hidroelektrik santrallerinin su ihtiyacı bu sayede karşılanmaktadır.

Eğirdir Gölü'nü besleyen Uluborlu-Senirkent yönünden gelen Pupa Çayı, Hoyran Ovasından inen Değirmen Çayı (Hoyran Deresi), Gelendost Çayı (Akçay) ve Güneyden gelen Çaydere önemli akarsulardır [8, 18]. Gölü besleyen bir diğer kaynak suyu Hoyran Gölü'nün kuzeyinden çıkan yeraltı suyudur. Batısında Gençali köyünün altından çıkan Kanlıpalamut pınarı ve güneyden çıkan Karaot Avlağı

pınarı ile Havlutlu pınar da gölü besleyen başlıca pınarlardır [10].

Çevre ve Orman Bakanlığı, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı ile Antalya Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Bölge Müdürlüğü'nün ortak kararı ile Eğirdir Gölü 1996'da doğal sit alanı ilan edilmiştir [18]. Eğirdir Gölü ve çevresi doğal sit koruma alanı bölgeleri ve büyüklükleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Eğirdir Gölü ve çevresi koruma alanı sınırları [Yazara ait görsel*, Sit Alanları Yönetim Sisteminden (SAYS) alınan koordinat bilgilerinin Google Earth görüntüsü üzerinde düzenlenmesiyle oluşturulmuştur].

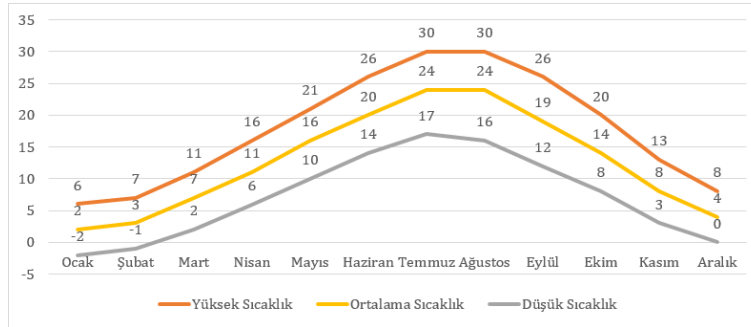


Eğirdir Gölü ve Çevresi Doğal Sit Koruma Alanı (DSKA)	Kesin Korunacak Hassas Alan	47.492 Ha
	Nitelikli Doğal Koruma Alanı	6.160 Ha
	Sürdürülebilir Koruma ve Kontrollü Kullanım Alanı	15.528 Ha
TOPLAM		69.180 Ha
Can Ada DSKA	Nitelikli Doğal Koruma Alanı	6 Ha
Yeşilada DSKA	Sürdürülebilir Koruma ve Kontrollü Kullanım Alanı	14 Ha
TOPLAM		20 Ha

Eğirdir Gölü Havzası, Akdeniz ve İç Anadolu arasında geçiş iklim tipine sahip ve iki bölgenin de etkisinde kalmasından dolayı yaz ayları sıcak ve kısmen kurak, kış ayları soğuk ve yağışlı geçmektedir [3, 19, 20]. Eğirdir'in yıl içerisinde sıcaklık normalleri -2°C ile 31°C arasında değişiklik gösterirken, nadiren -9°C altına ve 34°C üzerine çıkmaktadır [21]. Havzada

sıcaklık güneyden kuzeye doğru azalmaktadır [19]. Haziran ve Eylül ayları arasında sıcak mevsimler yaşanmakta ve günlük ortalama yüksek sıcaklık 26°C'nin üzerinde geçmektedir. En sıcak ay Temmuz ve ortalama yüksek sıcaklık 30°C, düşük sıcaklık ise 17°C olarak görülmektedir. Kasım ve Mart arasında ise soğuk mevsimler yaşanırken günlük ortalama yüksek sıcaklık 11°C'nin altında kalmakta, en soğuk ay Ocak ayında ve bu ayda ortalama yüksek sıcaklık 6°C, düşük sıcaklık -2°C seviyesinde görülmektedir (Şekil 1) [21].

Eğirdir'de toplam güneşleme süresi kış aylarında yaklaşık 150 h, yaz aylarında 310-330 h arasındadır. Bu durumda yaz aylarında günlük olarak 9-11 h kesintisiz olarak güneş alan bir bölge olduğu anlaşılmaktadır [8]. Yağmur sezonunda ise Aralık ayı en çok yağmurlu günün olduğu ay olmakla birlikte ortalama yağış 57 mm ve kurak sezonda en az yağmurlu günün olduğu ay Ağustos olmakla birlikte ortalama yağış 8 mm'dir (Tablo 2) [21].



Şekil 1. Isparta Eğirdir ilçesi sıcaklık grafiği [21]

Tablo 2. Isparta Eğirdir ilçesi aylara göre açık ve kapalı gün durumu [8, 21]

Oran	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Daha bulutlu (%)	48	48	43	39	29	10	2	2	12	32	43	51
Daha açık (%)	52	52	57	61	71	90	98	98	88	68	57	49
Yağışlı gün sayısı	6,9	6,6	6,2	6,3	5,0	3,2	1,9	1,5	2,0	3,9	5,2	7,1
Yağış miktarı (mm)	53,4	47,0	39,0	39,8	31,7	17,7	9,6	8,2	13,0	30,3	44,0	57,2
Gün Işığı (h)	9,9	10,8	12,0	13,2	14,2	14,7	14,5	13,6	12,4	11,2	10,1	9,6

Eğirdir'in yıl içerisinde hakim rüzgar yönü genellikle kuzey ve güney doğrultusundadır [19]. Bölgenin en rüzgarlı ayı Şubat ve ortalama rüzgar hızı 13,2 km/h, yılın en sakin ayı Eylül ve ortalama rüzgar hızı 9,9 km/h olmaktadır [21].

Eğirdir Göl suyu sıcaklık değeri ise Şehnaz (2010)'ın çalışmasında 20,8°C ile 27,7°C arasında ölçümlenirken birlikte ortalama su sıcaklığı 25,2°C olarak hesaplanmakta ve bu sıcaklık değerinin her 2,5 m'de yapılan yerinde ölçümler sonucunda derinliğe bağlı olarak da azaldığı belirtilmektedir [22]. Ayrıca bu verileri destekler nitelikte Bulut ve Kubilay (2019)'da çalışmasında, 2013 yılı Nisan, Temmuz, Ekim ve 2014 yılı Ocak ayı içerisinde Eğirdir Gölü su sıcaklığının 4,0-27,7°C arasında değiştiği ve ortalama 14,2°C olduğu sonucuna ulaşmaktadır. Aynı zamanda mevsimlere göre sıcaklık değişimlerinin ilkbaharda 12,4°C, yazın 25,9°C, sonbaharda 13,6°C ve kışın ise 5,0°C ölçüldüğü belirtilmektedir [9]. Güner ve Özgür (2023)'ün çalışmasında ise farklı zamanlarda yapılan ölçümlerde su sıcaklığının en düşük olduğu bölgenin Gelendost ilçesi açıklarının, en yüksek olduğu bölgenin gölün kuzeydoğusu olduğu sonuçlarına ulaşılmaktadır [17].

Eğirdir Gölü'nün yıllık buharlaşma miktarı 1.246 mm/yıldır [23]. DSİ 18. Bölge Müdürlüğü tarafından 1975-2015 yılları arasında yapılan ölçümlere göre 1983 yılında en yüksek buharlaşmanın görüldüğü (113 hm³) diğer yıllarda ise sıcaklığa bağlı olarak kısmen azalma kısmen artışın yaşandığı kaydedilmiştir. Gölden buharlaşma ile kaybedilen su miktarı 2013'de 92,64 hm³/yıl, 2015'de ise 82,413 hm³/yıl olarak ölçülmüştür. Bu veriler sonucunda, Eğirdir Gölü su seviyesinin değişmesinde yağış, buharlaşma ve sıcaklık değişimlerinin etkin olduğu sonucuna varılmıştır [19].

Eğirdir Gölü'nün su seviyesinde ki değişimlere neden olan etkenlerin iklim değişikliği, yağış rejimi, buharlaşma, bölgenin su ihtiyacının yoğun olarak gölden karşılanması yada yanlış tarımsal sulama gibi faaliyetlerden kaynaklı olduğu ortadadır [3]. Bu durumda Eğirdir Gölü'nü korumak, sürdürülebilirliğini sağlamak ve yenilenebilir enerji üretimine katkı sağlamak için buharlaşma etkenini minimize eden yüzer sistemler avantaj haline gelmektedir.

2.2. Metot

2.2.1. Eğirdir Gölü havzasında hibrit yüzer enerji santral alanının belirlenmesi

Hibrit yüzer enerji santralinin verimliliğini ve kararlılığını arttırabilmek için uygun yer seçiminin yapılması öncelikle dikkate alınması gereken bir unsurdur. Konu ile ilgili literatür incelendiğinde, yüzer enerji santral alanının konumu belirlenirken Eğirdir Gölü özelinde önemli görülen ve ortak nitelikteki kriterler göz önünde bulundurulmuştur [8, 17, 24, 25]. Çalışmada dikkate alınan kriterler aşağıda verilmiştir.

1. Enerji nakil hatları ile yakınlık,
2. Karadan ve sudan ulaşılabilirlik,
3. Kamu arazisine ait kıyı bağlantısının bulunması,
4. İklim parametrelerinin uygunluğu,
5. Koruma alanlarına olan mesafe.

Eğirdir Gölü, Antalya Kültür Varlıklarını Koruma Kurulu tarafından 07.05.1996 tarih ve 2996 sayılı karar ile 1. ve 3. Derece Doğal Sit Alanı olarak ilan edilmiştir. 2872 Sayılı Çevre Kanunu ve 25687 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan Su Kirliliği Yönetmeliği çerçevesine göre 16.06.2012 tarihinde, Eğirdir Gölü ve havzasını kapsayan Özel Hükümler yayımlanmıştır. Eğirdir Gölü Doğal Sit Alanları, 31.11.2020 tarihli ve 31311 sayılı Resmi Gazetede “Doğal Sit-Nitelikli Doğal Koruma Alanı” ve “Doğal Sit-Sürdürülebilir Koruma ve Kontrollü Kullanım Alanı” olarak kabul edilmiştir. 3357 sayılı Cumhurbaşkanlığı Kararı ile “Kesin Korunacak Hassas Alan” olarak ilan edilmiş ve 06.01.2021 tarih ve 31356 sayılı Resmi Gazetede yayımlanmıştır. Bu karara göre Eğirdir Gölü’nün 1. ve 3. Derece Doğal Sit statüleri, “Kesin Korunacak Hassas Alan”, “Doğal Sit-Nitelikli Doğal Koruma Alanı” ve “Doğal Sit-Sürdürülebilir Koruma ve Kontrollü Kullanım Alanı” statülerine dönüştürülmüştür [26, 15].

Eğirdir Gölü ve havzasını kapsayan bu kararlar doğrultusunda, özel hükümlerde yer alan sınırlamalar ve Eğirdir Gölü ve Çevresinin Doğal Sit Koruma Alanı niteliklerine sahip olması nedeniyle kıyıda ve su üzerinde yapılaşma sınırlamaları bulunmaktadır. Bundan dolayı çalışmada enerjinin depolanmadan kullanılabilirliği zorunlu hale geldiğinden şebeke hatları ile bağlantının sağlanabilmesi için enerji nakil hatları ve trafo merkezlerine yakınlık kriteri önem kazanmaktadır.

Enerji santralinde oluşabilecek sorunun hızlı çözümü, kurulum kolaylığı, maliyetin düşürülmesi ve güvenliğin sağlanması açısından, yüzer santral alanına su taşıtları ile erişim sağlandığı gibi kıyıda da ulaşım gerekli görülmektedir. Araç yollarına yakınlık, bu noktada önemli hale gelen ulaşılabilirlik kriteri olmaktadır.

Yüzer enerji santralinin bağlı bulunduğu kıyıda ise özel mülkiyete ait arazi varlığının engel teşkil etmemesi aynı zamanda büyük santral

kurulumlarında gürültü sorununun bölge halkı üzerinde olumsuz etki oluşturmaması için tarım arazilerine, yerleşim alanlarına, açık ve yeşil alanlara, rekreasyon alanlarına uzaklık durumu dikkate alınması gereken bir husustur. Bundan dolayı kıyı ile bağlantıda öncelikle kamuya ait arazi olması durumu gerekli görülen bir kriterdir.

Yenilenebilir kaynaklardan enerji elde edilirken tepe değerlerinin sürekli mümkün olmadığı koşullarda dahi sürdürülebilir enerji temin etmek ve verimliliği sağlamak için hibrit yüzer enerji sistemleri gereklidir. Bu sebeple enerji üretiminin devamlılığı açısından güneş, rüzgar ve dalga enerjisi kombinasyonunda iklim parametrelerinin uygunluğu kriteri göz önünde bulundurulurken yer seçimi yapılmalıdır.

Sulak alanlar genellikle kuş göç yolları üzerinde yer alan ve yerli veya göçmen pek çok canlıların yaşam alanını oluşturan ortamlardır. Enerji santrali kurulumundan önce bu ortamların zarar görmemesi için fauna varlığının araştırılması ve canlıların yaşam alanlarına uzak yerlerin tercih edilmesi gerekmektedir. Ayrıca santral kurulumunda, şebeke bağlantıları sağlanırken hassas yeşil alan varlığına sahip bir kıyının da zarar görmemesi için koruma alanlarına olan mesafe önemli bir kriterdir.

Yer seçimi yapılırken bu kriterlerin önceliği ile ilgili bir standardın olmadığı görülmektedir [8, 17, 24, 25]. Çalışmada Eğirdir gölü ve çevresinin kesin korunacak hassas alan olması gereği ise enerjinin depolanmadan doğrudan elektrik şebekesine verilmesini gerektirmektedir. Bu durumda enerji nakil hatları ile yakınlık kriteri dikkate alınan ilk yer seçim ölçütü olmuş ve Enerji İşleri Genel Müdürlüğü’nün yayınladığı Isparta iline ait trafo merkezlerinin ve enerji nakil hatlarının gösterildiği haritaya göre [8] Eğirdir Gölü çevresi trafo merkezleri belirlenmiştir. Trafo merkezlerinin konumu Google Earth yazılımında da sorgulanarak bu harita ile karşılaştırılmış ve göl kıyısına yakın olarak Bedre Koyu’ndan geçen elektrik nakil hatlarıyla birbirine bağlı Eğirdir ve Barla’da trafo merkezlerinin bulunduğu görülmüştür. Gelendost’da bulunan trafo merkezinin ise göl kıyısına uzak olması durumu, depolama maliyetini arttıracığı ve karadan/sudan erişimi zorlaştıracığı için uygun görülmemiştir. Ayrıca Eğirdir trafo merkezinin bulunduğu kıyının yakınında yerleşim yerinin bulunması durumu da Barla trafo merkezini daha uygun hale getirmiştir (Şekil 2).

Araç yoluna yakınlık, yerleşim yerlerine ve tarım arazilerine mesafe, kıyıda koruma değerine sahip olmayan doğal bitki örtüsünün hakim olması [11] ve Global Solar Atlas / Global Wind Atlas [27, 28] yazılımından elde edilen iklimsel değerlerin uygun olması kriterleri göz önünde bulundurulduğunda Barla trafo merkezine yakın olarak; 38°1'37.20"K enlemi ve 30°49'44.44"D boylamı koordinat noktası uygun yer olarak tespit edilmiştir (Şekil 2).



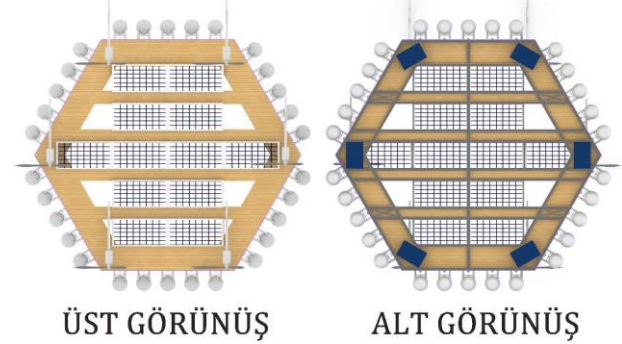
Şekil 2. Eğirdir Gölü ve çevresi çalışma alanı konumu [Yazara ait görsel*, Google Earth görüntüsü üzerinden oluşturulmuştur].

2.2.2. Eğirdir hibrit yüzer enerji santral tasarımı örneğinin geliştirilmesi

Yüzer enerji santral tasarımında; yapı formunun kurulum kolaylığı sağlaması, dalgalı su ortamında köşelerine gelen yükler altında rijitliği koruması, enerji yapılarının bağlantısı sırasında rüzgar türbini açılarının birbirini engellememesi ve kare veya yuvarlak yüzer yapılar üzerinde kurulacak enerji sisteminden elde edilecek güç ile yakın sonuçlar elde edilmesinden dolayı [29] altıgen form tercih edilmiştir.

Çalışmada, altıgen forma sahip yüzer enerji yapılarının Türkiye'de diğer tatlı su alanları için de örnek teşkil etmesi ve uygulama kolaylığı sağlaması için küçük boyutta tasarımı geliştirilerek, kenar uzunluğu 5 m olarak belirlenmiştir. Yüzer yapı üzerinde enerji sistemlerinin ve elektrik bağlantılarının kontrolünün yapılabilmesi noktasında, güneş panellerinin maksimum yerleşim planı dışında kalan tüm boşluklarda ulaşım aksları oluşturulmuştur. Ayrıca, güneş panellerine gerekli olan suyun soğutucu etkisinden daha fazla yararlanmak ve su altı ekosistemlerinin ihtiyacı olan güneş ışığını engellemek için çelik profiller üzerinde PV sistem

kurularak alt kısımları açık bırakılmıştır. PV sistemin kurulduğu yüzeyler dışında kalan bölümler ahşap döşeme ile kaplanarak buharlaşmanın en aza indirgenmesi hedeflenmiştir. Yüzer enerji yapısının tüm bağlantı elemanlarında çelik profiller kullanılmıştır. Yüzdürücü yapı için her altı köşede plastik dubalar tercih edilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Yüzer enerji yapısına ait üst görünüş ve alt görünüş

Yüzer yapı üzerinde toplam 12 adet 450W kapasiteli fotovoltaik panel kullanılmıştır. Güneş panelleri, su üzerinde 10°'lik eğim açısındaki GES kurulumlarının karada 30°'ye karşılık geldiğini ve bu açıda rüzgar yüklerinin en düşük seviyede kalacağını belirttiği Dal (2021)'in çalışmasındaki gibi aynı zamanda Global Solar Atlas yazılımında da varsayılan [30], 10°'lik açı ile yerleştirilmiştir. Güneş ışınından daha fazla yararlanmak ve verimi artırmak için de Kaymak ve Şahin (2021)'in çalışmasında belirtilen esnek ve ayarlanabilir parça PV sisteme eklenerek gerektiği durumlarda eğim açısı mevsimsel değişime uygun hale getirilmiştir [31]. PV sıraları arasındaki mesafe ise Yılmaz (2023)'in verdiği aşağıdaki denklem (1), denklem (2) ve denklem (3)'e göre hesaplanmıştır [32].

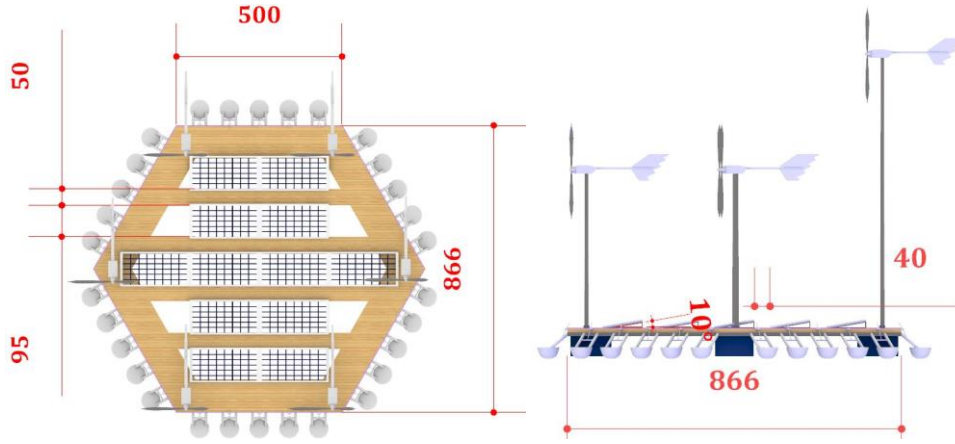
$$hs = 90^\circ - (\varphi) - 23^\circ \quad (1)$$

$$h = L \times \sin(a) \quad (2)$$

$$d = h / \tan(hs) \quad (3)$$

Bu denklemde güneşin derece cinsinden minimum yüksekliği (hs) hesaplanırken, Eğirdir Gölü üzerinde uygun yer olarak belirlenen konum enlemi (φ) 38° alınmıştır. Güneş panelinin arkada kalan tarafının yerden yüksekliği (h) hesaplanırken, güneş panelinin kısa kenar uzunluğu (L) 104 cm ve eğim açısı (a) 10° olarak girilmiştir. Sonuçta güneş paneli dizileri arasındaki mesafe (d) en az ~33 cm olarak bulunmuş ve 40 cm bırakılmıştır (Şekil 4).

Yüzer yapının her köşesinde 6 adet 4 kW kapasiteli 3 kanatlı kuyruklu rüzgar türbini kullanılmıştır. Aynı hizadaki türbinlerin rüzgar alış açılarının kesişmesini önlemek için ön ve orta sırada 4 m, arka sırada 7 m direk boyu tercih edilmiştir (Şekil 4). Firma ürünlerinde marka ismi kullanmak yerine Fotovoltaik panel "PV" kodu ve rüzgar türbini "RT" kodu ile belirtilmiş ve özellikleri Tablo 3'de verilmiştir [33, 34].



Şekil 4. Yüzer enerji yapısı boyutları ve yan görünüş (cm)

Tablo 3. Yüzer enerji yapısı üzerinde kullanılan güneş ve rüzgar enerjisi firma ürünü özellikleri [33, 34]

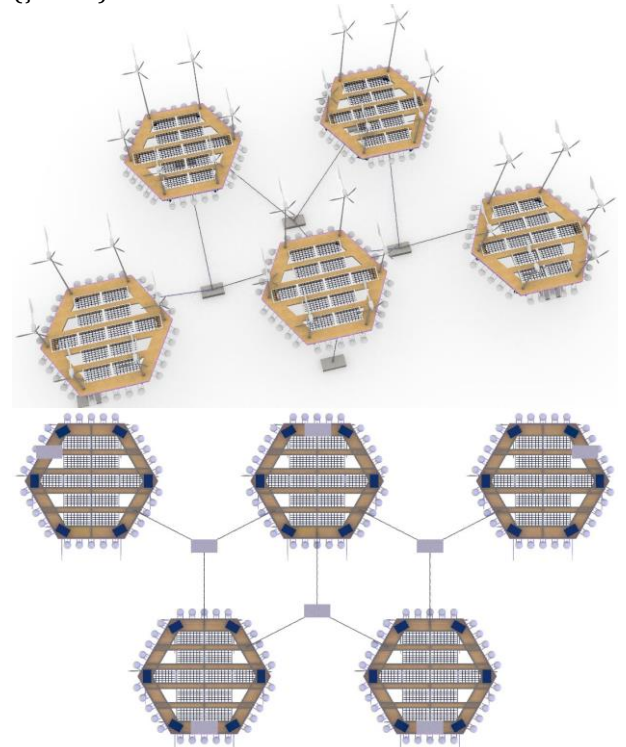
Firma ürünü	PV (Mono-Perc)	Firma ürünü	RT (3 Adet Ultra Sessiz Fiber Glass kanat)
Maksimum güç ($PV_{Güç}$)	450 W	Anma Gücü	4 kW
Modül Verimi	% 20,7	Maksimum Çıkış Gücü	5 kW
Hücreler	144	Rotor çapı	2,85 m
Panel Boyut	2095 x 1039 x 35 mm	Rotor ağırlığı	68 kg
Ağırlık	24,5	Başlangıç Rüzgar hızı	2,5 m/s
Çalışma Modülü Sıcaklığı (OC)	-40 °C ; +85 °C	Anma Rüzgar Hızı	15 m/s
Nominal Hücre Sıcaklığı (NOCT)	42 ± 2°C	Maksimum Rüzgar Hızı	50 m/s

Dalga enerjisi rüzgar basınçları ve fiziksel koşullardan etkilendiği için dalga yüksekliği, dalga boyu ve dalga periyodu elde edilecek enerjiyi belirlemektedir. Bu nedenle dalga enerjisinden elektrik üretimi diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına göre farklılık göstermektedir. Yüzer enerji yapısında ideal dalga dönüştürücüsünü belirlemek için Ding vd. (2015)'in çalışmasında geçen bölgenin konumu, çalışma prensibi ve yüzer yapı büyüklüğü kriterleri dikkate alınmıştır [35]. Bu durumda boyut olarak yüzer yapıyla entegre olabilen, farklı hareket yönlerine uyumlu ve kıyıya yakın yerlerde kullanılan salınlı gövde sistemi tercih edilmiştir [35, 36].

Çalışmada yüzer enerji yapısının tüm kenarları boyunca dalga enerji dönüştürücüsü yerleştirilerek yapıya gelen dalga etkisinin sönümlenmesi ve enerji üretimi hedeflenmiştir. Yüzer yapı ve dalga zayıflatıcı şamandıra arasında doğrusal jeneratöre sahip enerji dönüştürücüsü için Guo et al.(2022)'un çalışmasında tanımlanan yüzer iki gövdeli çok noktalı dalga emicili dönüştürücü tercih edilmiştir [37]. Ancak dalga enerjisi üretici firmaların ürünleri ve literatür incelendiğinde [38, 39, 40, 41, 42], yüzer enerji yapı boyutuna uygun ve enerji hesaplarının verildiği sisteme rastlanmamıştır. Bundan dolayı şamandıranın çapı 6 m, çelik kolun uzunluğu 12 m ve güç ünitesi değeri (PTO) 30 kW olan WaveStar C6-600 kW modeli dalga enerjisi dönüştürücüsü 1:20 ölçeğinde küçültülerek kullanılmıştır [38]. Kullanılan bu sistem sayesinde kıyı şeridinde ve küçük dalga yüksekliğinde enerji üretebilmek mümkün hale gelmiştir. Tek bir yapıda birbirine bağlı olan bu sistem, dalganın

gelmesiyle birlikte şamandıraların yukarı ve aşağı hareket etmeleri sonucu elektrik üretmektedir.

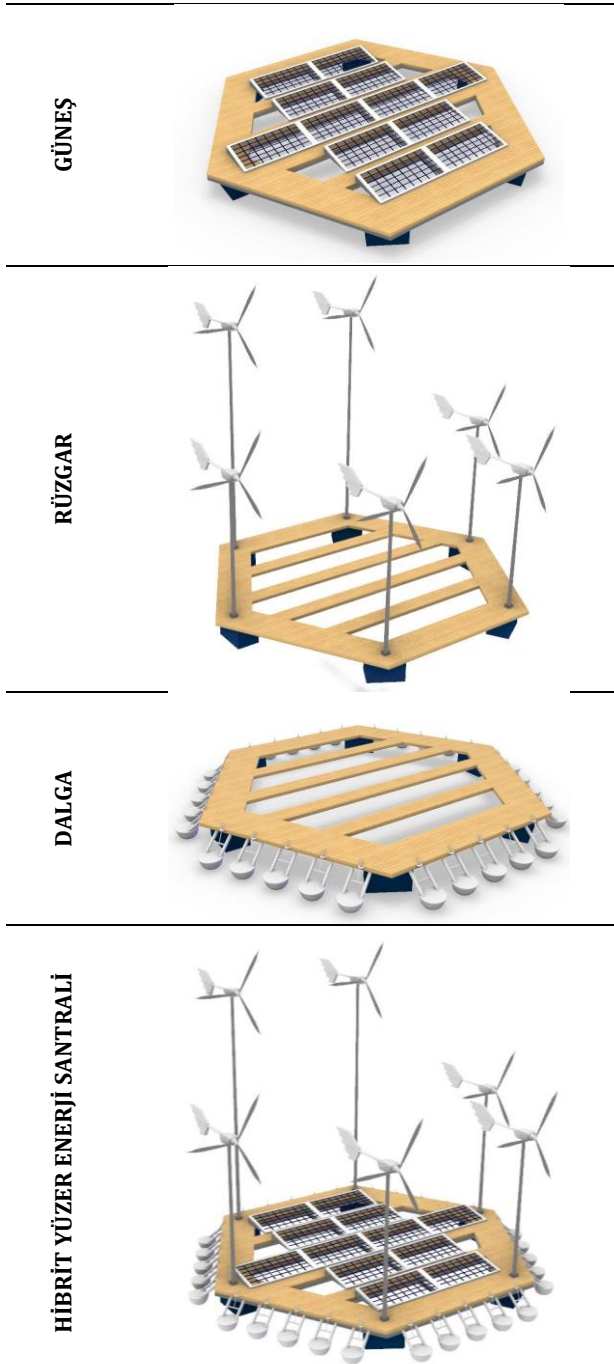
Yüzer enerji yapılarının su üzerindeki serbest dolaşımını önlemek ve aralarında 6 m boşluk bırakılarak birbiri ile bağlantısını sağlamak için üçlü gruplar birbiri ile çelik halat kullanılarak bağlanmış ve su altına yerleştirilen beton bloklara sabitlemiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Yüzer enerji yapılarının birbiri ve su altında beton bloklar ile bağlantı detayı

2.2.3. Yüzer enerji santrali enerji potansiyelinin hesaplanması

Eğirdir Barla mevkiî kıyı alanı, yüzer enerji santrali açısından en uygun alan olarak tespit edilmiştir. Bölgenin güneş ve rüzgar enerji potansiyeli belirlenirken Global Solar Atlas ve Global Wind Atlas yazılımı kullanılmıştır. Ancak Türkiye iç suları dalga potansiyeline ait verilere ulaşamadığı için yüzer iki gövdeli çok noktalı dalga emicili dönüştürücünün yıllık toplam enerji potansiyeli hesaplara dahil edilmemiştir. 38°1'37.20"K enlemi ve 30°49'44.44"D boylamı için enerji hesapları yapılan yüzer enerji santralini görseli Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. Eğirdir Gölü hibrit yüzer enerji santral tasarımı

Yüzer enerji santralini bulduğu konuma ait güneş enerji potansiyeli hesaplanırken Global Solar Atlas yazılımında, yüzer büyük ölçekli PV sistemi tipi seçilerek 10°'lik eğim açısı dikkate alınmıştır. 1.000 kWp kurulu güç potansiyeline göre yıllık ortalama üretilen fotovoltaik güç çıkış değerleri ve koordinat noktasına ait 10 m yükseklikte rüzgar ortalama güç yoğunluğu verileri Tablo 4'te gösterilmiştir [27, 28].

Tablo 4. Koordinat noktalarına ait fotovoltaik güç çıkışı ve rüzgar ortalama güç yoğunluğu [27, 28]

38°1'37.20"K enlem ve 30°49'44.44"D boylam için:		
Yıllık Ortalama Üretilen Güç Çıkışı	PV panellerinin eğimi: Varsayılan (10°)	1,395 GWh
	Referans kurulu güç: 1.000 kWp	
Rüzgar Ortalama Güç Yoğunluğu	10 m Yükseklikte Rüzgar hızı	231 W/m ² 4,76 m/s

Yüzer enerji santraline ait güneş enerji potansiyeli; güneş enerji panellerinin toplam kurulu gücünün ($P_{VGüç}$) hesaplandığı denklem (4) ve üretilen toplam güneş enerjisinin ($P_{Güneş}$) hesaplandığı denklem (5)' e göre bulunmuştur.

$$P_{VGüç} \text{ (kW)} = P_{Güç} \times P_{Adet} \quad (4)$$

$$P_{Güneş} \text{ (kWh/yıl)} = P_{VGüç} \text{ (kW)} \times [1.395.000 \text{ (kWh/yıl)} / 1.000 \text{ (kW)}] \quad (5)$$

Denklem (4)'e göre $P_{VGüç}$ hesaplanırken maksimum güç ($P_{Güç}$) değeri 450 Watt olan güneş panelinin (Çizelge 4), 12 adet kullanılması ile 5,4 kW elde edilmiştir. Denklem (5)'e göre üretilen toplam güneş enerjisi ($P_{Güneş}$), Çizelge 5'de verilen Global Solar Atlas yazılımı yıllık ortalama üretilen güç çıkışı değerinin (1.395.000 kWh/yıl) referans kurulu güce oranının (1.000 kW), güneş enerji panellerinin toplam kurulu güç değeri (5,4 kW) ile çarpımı sonucu 7.533 kWh/yıl olarak hesaplanmıştır.

Yüzer enerji santraline ait rüzgar enerji potansiyeli; rüzgar türbininin toplam süpürme alanı (R_{TAlan}) denklem (6)'da, rüzgar anlık gücü ($P_{Güç}$) denklem (7)'de ve üretilen rüzgar enerjisi yıllık toplamı ise denklem (8)'de gösterildiği gibi hesaplanmıştır.

$$R_{TAlan} \text{ (m}^2\text{)} = R_{SAlan} \text{ (m}^2\text{)} \times R_{Adet} \quad (6)$$

$$P_{Güç} = \text{Güç Yoğunluğu} \times R_{TAlan} \quad (7)$$

$$P_{Rüzgar} = P_{Güç} \text{ (kW)} \times 8.760 \text{ (h/yıl)} \quad (8)$$

Rotor çapı 2,85 m olan rüzgar türbininin (Çizelge 4) süpürme alanı (R_{SAlan}) πr^2 formülünden 6,38 m² bulunmuştur. Yüzer yapı üzerinde rüzgar türbininin 6 adet kullanılmasıyla toplam süpürme alanı (R_{TAlan}) denklem (6)'ya göre 38,28 m² olarak hesaplanmıştır. Rüzgar anlık gücü ($P_{Güç}$) ise 38,28 m²'lik toplam süpürme alanı (R_{TAlan}) ve Global Wind Atlas yazılımı 10 m yükseklikte 0,231 kWh/m² rüzgar ortalama güç yoğunluğu değerine (Çizelge 5) göre denklem (7)'de 8,84 kWh olarak hesaplanmıştır. Denklem (8)'de

üretilen rüzgar enerjisi yıllık toplamı ise 8.760 saat (bir yıl) için 77.438,4 kWh/yıl olarak bulunmuştur.

Güneş ve rüzgar enerjisi yıllık güç potansiyeli toplamı 84.971 kWh/yıl'dır. Yüzer enerji yapı sisteminin 6 adet kullanılmasıyla yıllık santral güç potansiyeli de 509.826 kWh/yıl olarak hesaplanmıştır.

Bir evin günlük elektrik ihtiyacı 10 kWh [43] ise yıllık ihtiyacı 3.650 kWh'dir. Bu durumda toplam konut sayısı denklem (9)'a göre yaklaşık 140 ev olarak bulunmuştur.

$$\text{Toplam Konut Sayısı} = \frac{\text{Santral Toplam Güç Potansiyeli (kWh/yıl)}}{3.650 \text{ (kWh/yıl)}} \quad (9)$$

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Eğirdir hibrit yüzer enerji santralinin GZFT (SWOT) analizi değerlendirmesi

GZFT (SWOT) analizi bir projenin başarısını etkileyebilecek iç ve dış faktörlerin değerlendirildiği ve açığa çıkarıldığı analiz yöntemidir [44]. Bu yönü ile Eğirdir özelinde hibrit yüzer enerji santralinin gerekliliğinin ortaya konulması için güçlü (S) ve zayıf yönlerini (W), fırsatları (O) ve tehditlerini (T) ortaya çıkartan GZFT Analizi uygulanmıştır.

Güçlü Yönler

- Eğirdir yüzer enerji santrali 509.826 kWh/yıl potansiyele sahiptir. Bu sayede merkezi elektrik sistemine katkı sağlayarak yaklaşık 140 konutun enerji ihtiyacı karşılanabilecek durumdadır.
- Yüzer enerji santralinin tüm iklim koşullarına uyumlu olabilecek güneş, rüzgar ve dalga enerjisi hibrit sisteminden oluşması, enerji üretiminde sürekliliği mümkün hale getirmektedir.
- Tatlı su kaynaklarında, göl, gölet veya su depolama alanlarında yüzer fotovoltaik panellerin kullanımı, su buharlaşma oranının azaltılmasında olumlu bir etkiye sahiptir [45, 46]. Suyun buharlaşmasını yaklaşık % 70 oranında düşürmektedir [47]. Eğirdir Gölü için tasarlanan yüzer enerji yapısının da su yüzeyini kaplaması, buharlaşmanın ve yosun oranının azaltılmasında önemli bir faktör olmaktadır.
- Hava sıcaklığının ortalama 30°C-40°C arasında olması panelin verimliliğini düşürmektedir [48]. Yüzer PV santralleri ise geleneksel karatabanlı sistemlere göre % 10'dan fazla performans göstermektedir [45, 47]. Eğirdir Gölü'nün ortalama en yüksek su sıcaklığının 25 °C olması ise [8] güneş panellerinin soğutulması için yeterli koşulları sağlamaktadır.
- Yüzer enerji yapısının yol kenarına yakın konumda tercih edilmesi karadan ve su yolu ile ulaşımı kolaylaştırmakta aynı zamanda sistemin kontrollünün yapılmasını ve müdahaleleri hızlandırmaktadır.

- Yüzer enerji yapısının yerinde/sabit bir taşıma sistemine bağlı olmaması, taşınabilir ve yer değiştirilebilir olmasını kolaylaştırmaktadır. Bu sayede bol güneş ışığına sahip herhangi bir yere taşımak [45] ve acil durumlarda yer değiştirmek mümkün hale gelmektedir.
- Yerleşim yerlerinden uzak ve kıyının açığında konumlandırılması güvenliği arttırmakta ve insanlar üzerindeki gürültü algısını azaltmaktadır.
- Verimli araziler üzerinde kurulmaması, çevrenin korunması açısından önemlidir [45]. Yüzer enerji santralinin bulunduğu konumun ve kıyının flora ve fauna yaşamını tehdit edecek niteliklerinin bulunmaması da bu yönden önemli görülmektedir.
- Yüzer enerji yapısının küçük boyutlardaki tasarımı kurulum kolaylığı sağladığı için bulunduğu konumun enerji potansiyeline ve enerji ihtiyacına göre sayıca artırılabilir veya azaltılabilir hale gelmektedir.
- Merkezi elektrik dağıtım ağına bağlı olması, depolama yeri ihtiyacı ve ilave inşaat maliyeti oluşturmadan hızlı çözüm sağlamaktadır.
- Yüzer yapılar, ultraviyole ışınlara dayanabilen ve korozyona karşı dirençli, yüksek yoğunluklu polietilen kullanılarak % 100 geri dönüştürülebilir sistemlerdir [45]. Plastik duba üzerinde yüzer yapının tasarlanması da uzun vadede korozyon riskini düşürmektedir.
- Yüzer PV enerji santrallerinin güneş radyasyonunu düşürmesi, su kalitesini artırması ve alg büyümesini azaltması sayesinde [47], Eğirdir göl tabanında da aynı etki söz konusu olacaktır.
- Eğirdir'de güneş ışınım değerlerinin yüksek olması ve rüzgar hızının uygun olduğu alanların kıyıda açıkta bulunması, dışardan erişim seviyesini düşürmekte ve vandalizm etkisini azaltmaktadır.
- Kara kurulumlarına göre yüzer enerji santrallerinin daha az toz ve kirlenmeye maruz kalması aynı zamanda temizliğin daha kolay yapılabilmesi sayesinde [49], Eğirdir Gölü üzerinde kurulacak sistemi de avantajlı hale getirmektedir.
- Yüzer enerji santralinin kıyıda açıkta kurulması, daha geç gün batımına ve daha uzun sürede enerji üretimine katkı sağlamaktadır. Ayrıca karada gölge oluşturan ve kurulum alanındaki bitkilerin kesilmesini de önlemektedir.
- Yüzer enerji sistemi Eğirdir göl suyunun soğutucu etkisine maruz kaldığı için daha az ısı adası etkisi oluşturmaktadır.
- Enerji sisteminden üretilen elektrik doğrudan elektrik şebekesine/trafo merkezlerine bağlanması ile iletim kaybı azalmakta ve mevcut altyapı kullanılmaktadır.

Zayıf Yönler

- Eğirdir Gölü'nün iklim verilerine ait meteoroloji istasyonu bilgilerinin ücretli olması ve detaylı ölçümlerin yapıldığı bu bilgilerin temin edilememesi aynı zamanda dalga potansiyeline ait ölçümlere de ulaşılamaması santral toplam güç

potansiyelinin yaklaşık olarak hesaplanmasını gerektirmiştir.

- Yüzer enerji yapısının göl kıyısına yakın konumlandırılması bazı kişiler üzerinde manzarayı engellediği gerekçesiyle estetik kaygılar oluşturabilmektedir.
- Tatlı su alanlarında yüzer enerji santrali kurulumlarının ve hibrit sistemlere ilişkin teknolojilerin erken bir aşamada olması [45], kamu ve yerel çevre üzerinde güvenilirliği azaltmaktadır.
- Hibrit yüzer enerji santrallerinin model aşamada olması, tatlı sulara uygulanan örneklerin bulunmaması ve yerinde deneyimlenen bir teknoloji olmaması, tecrübe ve bilgi eksikliğini meydana getirmektedir.
- Yüzer enerji santralinin uzun vadede bakım gereksinimleri ve dayanıklılığının henüz ölçülemediği olması [45], belirsizliğe sebep olduğu için talebi azaltmaktadır.
- Yerel elektrik dağıtım kuruluşları ile kamu ve özel sektörün işbirliği eksikliği [45], yatırım noktasında sorunlar oluşturmaktadır.
- Küresel iklim değişikliği ve sıcaklık artışından dolayı Eğirdir Gölü'nü besleyen kaynakların zayıflaması, göl seviyesinin kritik bir noktaya düşmesine ve su ihtiyacının birincil problem olarak görülmesine neden olmaktadır. Bundan dolayı yüzer enerji yapılarının buharlaşma üzerinde ki etkisi üzerinde durulmamıştır.

Fırsatlar

- Eğirdir gölü ve çevresinin Hassas Koruma Alanı olması kıyı yapılaşmalarında engel oluşturmaktadır. Bu durum ise yüzer enerji yapılarının uygun kıyı bölgelerinde, göl üzerinde yaygınlaştırılmasını gerekli hale gelmektedir.
- Yüzer enerji sistemleri fosil kaynak tüketimine göre daha az çevresel kirlilik oluşturmaktadır [50]. Bu açıdan Eğirdir gölünde planlanan yüzer enerji santralinin yerel ve bölgesel ölçekte temiz enerji üretimine katkı sağlaması, teşvik edici bir unsur olmaktadır.
- Eğirdir özelinde tasarlanan yüzer enerji santrali diğer tatlı su kaynaklarında kurulacak sistemler açısından teknoloji ve bilgi kazanımı hususunda fizibilite niteliği taşımaktadır.
- Eğirdir özelinde çalışılan projenin uygulanmasıyla, yüzer hibrit enerji sisteminin çevresel, sosyal ve ekonomik katkılarının incelenmesi ve karşılaştırılması mümkün yapısal problemlerin daha küçük yapı boyutunda gözlemlenmesi sağlanabilecektir.
- Küçük boyutta ki yüzer yapı üzerinde dalga enerji dönüştürücülerinin geliştirilmesi ve tek bir yapı üzerinde farklı enerji üretim teknolojilerinin birlikte kullanılmasıyla ihracat pazarına katkı sağlanabilecektir.
- Küçük ölçekte yüzer enerji santralinin Eğirdir'de uygulanmasıyla Eğirdir'in destinasyon cazibesini ve istihdamı arttırmak mümkün olacaktır.

- Çevresel tahribatı ve ekolojik zararı en aza indiren aynı zamanda su kaynaklarını koruyan yüzer enerji üretiminin geliştirilmesiyle, Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerine ulaşılabilecektir [46].
- Yüzer enerji santralleri düşük karbon emisyonuna sahip teknolojilerdir [47, 50]. Bu yönü ile Eğirdir özelinde tasarlanan hibrit sistemin çevresel tüm boyutlarının ele alınması ve fosil kaynak kullanımını azaltacak çözümlerin Türkiye ölçeğinde geliştirilmesi mümkün olacaktır.
- Boş su üzeri alanların kullanımı arazi ihtiyacı ve hazırlığı gerektirmediği için [45, 49], coğrafik anlamda kara kurulumu zorluklarının önüne geçilmektedir.
- Avrupa Birliği'nin entegre açık deniz elektrik ağlarını geliştirilmesi [50], Türkiye'nin de fosil yakıt endüstrisine göre çevreyi kirletmeyen projeler üretmesi, yerel enerji üretimini arttırması ve daha hızlı sonuç alınması noktasında önünü açmaktadır.
- Yüzer güneş santralleri, kolay ve hızlı mühendislik, dağıtım ve kurulum avantajına sahiptir [45, 49]. Böylece tatlı su kaynakları üzerinde kurulacak sistemler kara kurulumlarına göre daha hızlı bir sonuç vermektedir.
- Eğirdir ve Türkiye genelinde yüzer enerji sistemlerinin geliştirilmesiyle yenilikçi iş modelleri oluşturmak ve yerli üretimi arttırmak mümkün hale gelecektir.
- Dalga enerjisi teknolojileri diğer enerji üretim teknolojilerine göre nispeten daha gelişmiştir [50]. Bu sayede Eğirdir'de geliştirilecek dalga dönüştürücüsü ile küçük dalga boyuna sahip göl yüzeylerinde ve diğer bölgelerde kullanımı söz konusu olacaktır.
- Yüzer enerji teknolojilerinde gelişen yeniliklerin bulunması [45] ve yenilenebilir kaynaklardan üretilen elektriğin payının artırılmasına yönelik AB teşvikleri sayesinde [50] Türkiye'nin bu yönde girişimi artacaktır.

Tehditler

- Eğirdir Gölü ve çevresinin Hassas Koruma Alanı olması hibrit yüzer enerji sistemi kurulumunda yasal zorluklar yaşanmasına ve göl üzerinde/yakın çevresinde bu tür faaliyetlerin engellenmesine neden olmaktadır.
- Uzun vadede su altında ve kıyıda çevresel etki analizlerinin yapıldığı benzer çalışmaların bulunmaması, yüzer enerji sistemleriyle ilgili test ve standart prosedürlerin eksikliği [45], potansiyel artışı olumsuz etkilemektedir.
- Türkiye'de yüzer enerji santrallerinden üretilen elektriğin toplam kurulu güç kaynakları içerisinde henüz önemli bir payının bulunmaması, ihtiyaç oranını düşürmektedir.
- Yüzer enerji santrali tesis kurulum detaylarına ait yasa ve yönetmeliklerinin bulunmaması, projelerin belli standartlar dışında planlanmasına sebep olmaktadır.

- Türkiye yenilenebilir enerji teşvik programına göre yüzer santral kurulumlarına yönelik teşviklerin bulunmaması bu tür projelerin ilerlemesini yavaşlatmaktadır.
- Yüzer PV sistemlerinin kurulum maliyetinin geleneksel PV sistemlere göre daha yüksek olması [47] yatırımları azaltmaktadır.
- Güneş paneli ve rüzgar türbini fiyatlarının devamlı artışı, sistem maliyetinin yükselmesine ve ekonomik kaygılara sebep olmaktadır.
- Güneş yoğunluğu, ortam sıcaklığı, rüzgar hızı, su kütlesi, kir ve toz seviyesi ve PV modüllerinin eğim açısı gibi birçok çevresel ve operasyonel parametreye bağlı olarak elektrik üretiminin değişmesi [47], tüm hususların göz önünde bulundurulmasını zorunlu hale getirmektedir.
- Güneş panellerinin zahmetli bakım ve onarımı [45], ayrıca PV üzerinde kuşların yol açacağı kirlere

ve temizliğinin düzenli yapılmaması sorunu, üretilen enerji miktarının azalmasına neden olacaktır.

3.2. GZFT matrisi ve stratejik önerilerin geliştirilmesi

GZFT matrisi çeşitli sistem bileşenlerinin sürdürülebilirliğini değerlendirmek için kullanılan bir araçtır ve sistemi daha sürdürülebilir hale getirmek için iyileştirmelerin yapılabileceği alanları belirlemektedir [44]. Bu bölümde, Türkiye tatlı su alanlarında yüzer enerji sistemi projelerinin ilerlemesine de katkı sağlayacak, öneri olarak geliştirilen Eğirdir hibrit yüzer enerji santrali tasarımını en üst düzeye çıkarmak ve uygulanabilirliğini arttırmak için GZFT analizine dayalı GZFT Matrisi stratejik önerileri çıkartılmıştır.

Tablo 5. Eğirdir hibrit yüzer enerji santrali tasarımına ait GZFT Matrisi stratejik kararları

GZFT Matrisi	Güçlü Yönler	Zayıf Yönler	
Fırsatlar	<u>Strateji (GF)</u> GF-1 Eğirdir Gölü hassas koruma alanında yüzer yenilenebilir enerji üretimine yönelik tanıtımların yapılması, GF-2 Teknolojik ilerlemelerin desteklenmesi, GF-3 Yenilikçi iş kollarının oluşturulması, GF-4 Ulusal kararların alınması, GF-5 İhracat ortamının oluşturulması.	<u>Strateji (ZF)</u> ZF-1 İklim verilerinin ölçülmesi, ZF-2 Yüzer enerji santrali ve rekreasyon alanlarının ilişkilendirilmesi, ZF-3 Güvenilirliğin artırılması, ZF-4 Küresel ısınma etkilerinin belirlenmesi.	
	Tehditler	<u>Strateji (GT)</u> GT-1 Yerel farkındalığın artırılması, GT-2 Ulusal farkındalığın artırılması, GT-3 ÇED Raporlarının sunulması, GT-4 İş birliğinin yapılması, GT-5 Tam yüzer sistemlerin geliştirilmesi, GT-6 Operasyon ve bakımının yapılması.	<u>Strateji (ZT)</u> ZT-1 Devlet teşviklerinin sağlanması, ZT-1 Yenilenebilir enerji üretim stratejilerinde yüzer enerji destek politikalarının geliştirilmesi, ZT-1 Yasa ve yönetmeliklerin belirlenmesi, ZT-1 Mali kısıtlamaların giderilmesi.

Strateji (GF)

GF-1: Eğirdir Gölü Hassas Koruma Alanında Yüzer Yenilenebilir Enerji Üretimine Yönelik Tanıtımların Yapılması: Tam yüzer sistemlerin teknolojik detaylarının, kullanım alanlarının, çevresel etkilerinin ve fosil kaynak kullanımına kıyasla avantajlarının ortaya konulduğu, Türkiye genelinde kurum bilgilendirmeleri yapılmalı ve Eğirdir özelinde kararların alındığı toplantılar düzenlenmelidir.

GF-2: Teknolojik İlerlemelerin Desteklenmesi: Eğirdir Gölü tatlı su alanının korunarak yüzer yapı üzerinde enerji üretiminin sağlanmasına ve Türkiye geneli gelişmelerin hızlandırılmasına yönelik üniversite çalışmaları ve ARGE projeleri desteklenmeli, özel sektör teşvik edilmeli, yerli hibrit yüzer enerji teknolojisinin geliştirilmesi sağlanmalıdır.

GF-3: Yenilikçi İş Kollarının Oluşturulması: Eğirdir Gölü ve çevresinde yerel ve bölgesel ekonominin desteklenmesi, yeni istihdam alanlarının oluşturulması, yenilenebilir enerji üretiminde yüzer sistemlerin arttırılmasına yönelik çalışmalar yapılmalıdır.

GF-4: Ulusal Kararların Alınması: Türkiye geneli yüzer enerji santrali tesis kurulumlarında su kaynaklarının korunmasını göz önünde bulunduran, iklim koşullarına uygun üst ölçekte plan kararları düzenlenmeli ve Eğirdir için özel hükümler geliştirilmelidir.

GF-5: İhracat ortamının oluşturulması: Tatlı su alanları için küçük boyuttaki yüzer yapı üzerinde enerji sistemlerine ait yerel üretim desteklenerek ülke içinde ve dışında ihracat sağlanmalıdır.

Strateji (GT)

GT-1: Yerel Farkındalığın Arttırılması: Eğirdir göl yüzeyinde kurulacak yüzer enerji santralinin buharlaşma üzerindeki olumlu çevresel etkilerinden bahsedildiği ve tatlı su alanları için faydalarının açıklandığı çalıştay ve toplantılar düzenlenmelidir.

GT-2: Ulusal Farkındalığın Arttırılması: Türkiye tatlı su kaynaklarında, uygun göl ve göletlerde yüzer enerji potansiyelinin ve yüzer enerji üretiminin gerekliliğinin ortaya konulduğu kongre ve sempozyumlar düzenlenmeli, basında kısa tanıtımları yapılmalıdır.

GT-3: ÇED Raporlarının Sunulması: Eğirdir hibrit yüzer enerji santral tasarımının uygulanarak uzun vadede çevresel etki boyutu gözlenmelidir.

GT-4: İş Birliğinin Yapılması: Dünyada yüzer enerji santral kurulumlarının bulunduğu ülkeler ile iş birliği yapılmalı ve Türkiye’de teknolojik ilerleme sağlanmalıdır.

GT-5: Tam Yüzer Sistemlerin Geliştirilmesi: İklim değişkenlerine göre (güneşlenme, rüzgar yönü, dalga boyutu vb.) yer değiştirebilen, tüm koşullarda elektrik üretime devam eden, her büyüklüğe uygun tasarlanabilen ve tamamen yüzer yapı tipleri geliştirilmelidir.

GT-6: Operasyon ve Bakımının Yapılması: Yüzer enerji santralinde kirleticilerden dolayı elektrik üretiminin azalmaması, sistem kontrollerinin sürekli yapılması ve istihdam ortamının oluşturulması için devamlı çalışan bulundurulmalıdır.

Strateji (ZF)

ZF-1: İklim verilerinin ölçülmesi: Eğirdir hibrit yüzer enerji santraline ait toplam güç potansiyel hesaplarının yapılabilmesi için su üzerinde farklı noktalarda ölçüm istasyonları kurularak güneş, rüzgar ve dalga verileri elde edilmelidir. Ayrıca meteoroloji müdürlüklerinden uzun vadede iklim raporları temin edilmelidir.

ZF-2: Yüzer enerji santrali ve rekreasyon alanlarının ilişkilendirilmesi: Yüzer enerji santralinin Eğirdir’de ortam kullanıcıları tarafından benimsenmesi, Türkiye genelinde bu proje uygulamalarının artırılması için farklı fonksiyon alanları ile ilişkisi kurulmalıdır. Kıyı rekreasyon alanlarına yakın konumlandırılarak üretilen enerjinin kamu yararına kullanılması sağlanmalı veya yerel ve yabancı turisti çekecek eklenip çıkartılabilen yeşil alan yapıları tasarlanarak alternatif mekanlar oluşturulmalıdır.

ZF-3: Güvenilirliğin artırılması: Eğirdir özelinde planlanan yüzer enerji santralinin kurulumu yapılarak, uzun vadede gözlem ve incelemeler sonucunda diğer tatlı su alanları için hibrit enerji üretim tekniklerinin belirlendiği olumlu ve olumsuz sonuçlar raporlanmalıdır.

ZF-4: Küresel ısınma etkilerinin belirlenmesi: Yenilenebilir enerjinin fosil kaynak kullanımına göre çok daha az karbon salınımı özelliğine sahip olması, yüzer enerjinin gelişmesinde önemli bir etkidir. Bu nedenle Eğirdir hibrit yüzer enerji santralinin küresel boyutta çevresel etkilerinin değerlendirilmesi için çalışmalar yapılmalı ve faydalı yönleri ortaya konulmalıdır.

Strateji (ZT)

ZT-1: Devlet teşviklerinin sağlanması: Türkiye genelinde ve Eğirdir özelinde hibrit yüzer enerji

santrali kurulumları için kamu teşvikleri artırılarak, karada ve su üzerinde yenilenebilir enerji teknolojilerindeki gelişmeler iletilmeli ve üretim boyutları ortaya konulmalıdır.

ZT-2: Yenilenebilir enerji üretim stratejilerinde yüzer enerji destek politikalarının geliştirilmesi: Türkiye’de yüzer enerji sistemlerinin yenilenebilir enerji üretiminde önemli bir konuma gelmesi için dünya örnekleri incelenerek bilgi eksikliğinin giderilmesi noktasında uluslararası proje ortaklığı başlatılmalı ve üniversiteler ile iş birliği yapılarak akademik çalışmalar desteklenmelidir.

ZT-3: Yasa ve yönetmeliklerin belirlenmesi; Türkiye’de yenilenebilir enerji firmalarının ve özel sektörün yüzer yenilenebilir enerji kurulumlarına yönelik çalışmalarının ilerlemesinde mali kaygıları gideren kamu ortaklıkları oluşturulmalı, teşviklerin artırılması için yasa ve yönetmelikler hazırlanmalıdır.

ZT-4: Mali kısıtlamaların giderilmesi; Yenilenebilir enerji sektöründe artan fiyatların kontrolünün sağlanması ve kurulum maliyetlerinin azaltılması yönünde kurumlara fizibilite raporları sunulurken, bilgilendirmeler yapılmalıdır.

4. Sonuç

Türkiye’de, küresel iklim değişikliği etkisini en aza indirmek, enerji üretiminde fosil kaynak kullanımını azaltmak ve sürdürülebilir temiz enerji üretimini arttırmak için yenilenebilir enerji politikaları gelişme göstermektedir. Bu yönde genellikle yenilenebilir enerji kaynaklarının kara kurulumlarına yönelik stratejiler açıklanırken, yüzer enerji potansiyelinin önemi ise geri planda kalmaktadır. Türkiye İklim Değişikliğine Uyum Stratejisi ve Eylem Planı Raporu’nda da [6] toplam elektrik üretiminde kara kurulumu sistemlerinden bahsedilirken yüzer enerji üretimi açıklanmamaktadır. Bu raporda aynı zamanda hidro-enerjinin önemli bir paya sahip olduğu ve rüzgar, güneş, jeotermal, biyokütlenin ise daha düşük oranda kaldığı görülmektedir.

Küresel iklim değişikliği, yağış rejiminin değişmesini ve kuraklık etkisiyle beraber hidroelektrik santrallerinin işleyişi olumsuz etkilenmektedir. Hidro elektrik santrallerinin göl havzalarını besleyen nehir akışını değiştirmesi de su kaynaklarının azalmasına ve önemli tatlı su kaynaklarından olan göl havzalarında su seviyesinin düşmesine sebep olmaktadır. Yüzer enerji sistemleri ise su kaynakları üzerinde inşaat gerektirmeden ve araziye ihtiyaç duyulmadan, hareketli, yer değiştirebilir yapılar olduğu için çevresel tahribat oluşturmamaktadır. Bunun yanı sıra su yüzeyini kaplayarak buharlaşmayı ve alg oluşumunu da engelleyerek, su kalitesini korumakta, suyun soğutma etkisiyle enerji verimliliğini arttırmakta ve sürdürülebilir temiz enerji üretimini

desteklemektedir. Bu nedenle Türkiye’de göl, gölet gibi tatlı su alanlarının korunarak, enerji üretiminde kontrollü kullanımını sağlamak amacıyla yüzer enerji potansiyeli dikkate alınmalıdır.

Eğirdir Gölü ise Isparta ve çevresi için su temini hususunda önemli olmakla birlikte balıkçılık, tarımsal faaliyetler, rekreasyonel etkinlikler, ulaşım gibi farklı ihtiyaçları da karşılamaktadır. Ancak küresel iklim değişikliği kaynaklı yağış rejiminin değişmesi, buharlaşmanın artması, gölü besleyen akarsu kaynakları üzerinde inşa edilen hidroelektrik santrallerinin bulunması ve yanlış tarımsal sulama gibi faktörlerden dolayı olumsuz etkilenmektedir. Bu nedenle Eğirdir Gölü ve çevresini koruyarak, sürdürülebilir kullanımını sağlamak amacıyla koruma kararları ilan edilmiştir. Kesin Korunacak Hassas Alan, Nitelikli Doğal Koruma Alanı ve Sürdürülebilir Koruma ve Kontrollü Kullanım Alanı olarak belirlenen kıyı bölgelerinde inşa edilecek yapısal uygulamalara sınırlılıklar getirilerek, kontrollü kullanıma geçilmiştir.

Çalışmada, Türkiye’de enerji üretimi hususunda küresel iklim değişikliği ile ilgili stratejik kararlar göz önünde bulundurularak, Eğirdir Gölü hibrit yüzer enerji santrali tasarımı geliştirilmiştir. Bu sayede Eğirdir Gölü’nde koruma kararlarına uygun yenilenebilir enerji üretimi sağlanarak, buharlaşmayı azaltmak, su kalitesini korumak, verimli arazilerin veya yeşil alanların tahribatını önlemek mümkün hale gelmiştir. Aynı zamanda göl yüzeyinde güneş, rüzgar ve dalga enerji sistemlerinin hibrit kombinasyonu ile tepe değerlerinin sağlanamadığı iklim koşullarında dahi enerji üretiminin devamlılığı mümkün olmuştur. 509.826 kWh/yıl enerji potansiyeline sahip hibrit yüzer enerji santrali tasarımıyla yaklaşık 140 konutun enerji ihtiyacının karşılanabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Yüzer enerji santrali tasarımının Eğirdir’de uygulanabilirliğini arttırmak veya Eğirdir Gölü üzerinde geliştirilecek bundan sonraki projelere fayda sağlamak için tüm yönlerinin değerlendirildiği stratejik kararlar çıkartılmıştır.

Sonuç olarak Eğirdir Gölü Türkiye’nin ikinci büyük tatlı su gölü olmakla birlikte, Isparta ve çevresi için yaşam kaynağı niteliğindedir. Bu denli önemli tatlı su kaynaklarının korunarak kullanılmasını sağlamak ve Türkiye’de küresel iklim değişikliğiyle mücadelede yenilenebilir enerji kaynaklarının artışına destek olmak amacıyla, yüzer enerji sistemleri gerekli olan teknolojilerdir. Ayrıca bu çalışmanın, Türkiye açık deniz potansiyeli değerlendirildiğinde uygun tüm kıyı alanları için de katkı sağlayacağı ortadadır.

Kaynakça

[1] Tulan Işıldar, H., Yalçiner Ercoşkun, Ö. 2021. Göller Yöresinde Sürdürülebilirlik ve Dirençlilik. *Journal of Management Theory and Practices Research*, 2(2), 89-116.

- [2] Gleick, P. 1993. *Water and Conflict, Fresh Water Resources and International Security*. *International Security*, 18(1), 79-112.
- [3] Göncü, S., Albek, E. A., Albek, M. 2017. Burdur, Eğirdir, Sapanca ve Tuz Gölleri Su Seviyelerinin Nonparametrik İstatistik Yöntemler İle Eğilim Analizi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 17(2), 555-570.
- [4] Kayaer, M., Çiftçi, S. 2018. ‘Su Sorunu’ ve Türkiye’nin Tatlısu Potansiyeli Çerçevesinde Türkiye’nin Sınırtaşan Sularının Stratejik, Etik ve Hukuki Boyutlarının Değerlendirilmesi. *PESA Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 4(3), 386-404.
- [5] Uyduranoğlu Öktem, A., Aksoy, A. 2014. Türkiye’nin Su Riskleri Raporu. *WWF Raporu* (Editör Berivan Dural), 53.
- [6] Çevre, Şehircilik Ve İklim Değişikliği Bakanlığı (ÇŞİ), 2024. İklim Değişikliğine Uyum Stratejisi ve Eylem Planı (2024-2030) https://iklim.gov.tr/db/turkce/icerikler/files/%C4%B0klim%20De%C4%9Fi%C5%9Fikli%C4%9Fine%20Uyum%20Stratejisi%20ve%20Eylem%20Plan_%202024-2030.pdf (Erişim Tarihi: 10.05.2024).
- [7] Cesur Durmaz, B., Üçgül, İ. 2023. Evaluation of Floating Renewable Energy Potential for Sustainable Energy in Türkiye. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 13(2), 1085-1100.
- [8] Özaltın, S., Binark, A. K. 2021. Eğirdir Gölü Çevresinde Yenilenebilir Enerji Uygulamaları. *İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 3(2), 112-122.
- [9] Bulut, C., Kubilay, A. 2019. Eğirdir Gölü (Isparta/Türkiye) Su Kalitesinin Mevsimsel Değişimi. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 36(1), 13-23.
- [10] Beyhan, M., Kaçkoç, M. 2013. Eğirdir Gölü’nde Kirlilik Durumu ve Kirlilik Kaynakları Modelleme Çalışması Raporu (Yedi Renkli Göle Yedi Renkli Hayat Projesi). *WWF Raporu*, 35.
- [11] Gençer, M., Başayığıt, L., Akgül, M. 2015. Eğirdir Gölü Koruma Zonları CORINE Arazi Kullanım Sınıflaması. *Journal of Agricultural Sciences*, 21(1), 26-38.
- [12] Davraz, A., Şener, Ş., Şener, E. 2016. Su Kaynaklarının Kullanma ve Koruma Metodolojisinin Geliştirilmesi: Eğirdir Gölü Havzası Örneği. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 4(3), 227-238.
- [13] İhlas Haber Ajansı, 2023. Eğirdir Gölü’nde Su Seviyesi Son 3 Yılda 1.36 Metre Azaldı. <https://www.ih.com.tr/isparta-haberleri/-4307030> (Erişim Tarihi: 25.01.2024).

- [14] Eğirdir Kaymakamlığı, 2024. Eğirdir Gölü. <http://www.egirdir.gov.tr/egirdir-golu> (Erişim Tarihi: 12.02.2024).
- [15] Isparta Valiliđi Çevre, Şehircilik Ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğü, 2021. Eğirdir Gölü Çevresi ve Gölçük Krater Gölü Çevresi Doğal Sit Statüler Yeniden Belirlendi. <https://isparta.csb.gov.tr/egirdir-golu-cevresi-ve-golcuk-krater-golu-cevresi-dogal-sit-statuler-yeniden-belirlendi-haber-257687> (Erişim Tarihi: 15.03.2024).
- [16] Kesici, E. 2012. Eğirdir Gölü'nün (Eğirdir-Isparta) Koruma-Kullanımındaki İnsan Etkinliklerinin Sonuçları. Tüketim Toplumu ve Çevre Sempozyumu, 16-17 Kasım, Karabük, 365-375.
- [17] Güner, S., Özgür, A. E. 2023. Eğirdir Gölü Üzerinde Yüzer Güneş Enerji Santrali Uygulanabilirliğinin Araştırılması. Yekarum, 8(2), 80-93.
- [18] Isparta Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğü, 2022. Isparta 2021 Yılı Çevre Durum Raporu. https://webdosya.csb.gov.tr/db/isparta/menu/2021-yili-il-cevre-durum-raporu_20221004041233.pdf (Erişim Tarihi: 12.02.2024).
- [19] Aktaş, S. 2018. Eğirdir Gölü beslenme havzası ve gölün geleceği. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans tezi, 85s, Isparta.
- [20] Şener, E. 2021. Küresel iklim değişikliğinin Eğirdir Gölü havzasına etkileri ve kuraklık analizi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 425s, Isparta.
- [21] Weather Spark, 2024. Eğirdir Bölgesinde Yıl Boyu İklim ve Hava Durumu. <https://tr.weatherspark.com/> (Erişim Tarihi: 20.02.2024).
- [22] Şehnaz, Ş. 2010. Eğirdir göl suyu ve dip sedimanlarının hidrojeokimyasal incelemesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 369s, Isparta.
- [23] Tahan, Z. 2023. Eğirdir Gölü Ve Havzaya Bütüncül Bakmak Suyun Fotoğrafı (Akın Gazetesi). <https://www.egirdirakingazetesi.com.tr/haber/50858/EGIRDİR-GOLU-VE-HAVZAYA-BUTUNCUL-BAKMAK-6-Bolum> (Erişim Tarihi: 14.11.2023).
- [24] European Environment Agency, 2009. Europes Onshore and Offshore Wind Energy Potential: An Assessment of Environmental and Economic Constraints (Technical Report 6). <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/7ba0881d-0278-4a55-b664-be215dba8a6e/language-en> (Erişim Tarihi: 25.01.2024).
- [25] Gökmener, S., Çiçek, D. D., Oğuz, E., Haspolat, E., Melek, A. B., Devenci, M. 2023. Yüzer Güneş Enerjisi Santralleri İçin Uygun Yer Seçiminde Kullanılan Kriterler. 10. Kıyı Mühendisliği Sempozyumu, 16-17 Kasım, İzmir, 331-343.
- [26] Orman ve Su İşleri Bakanlığı (OSİB), 2012. Eğirdir Gölü Özel Hükümleri. <https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/%C4%B0%C3%87ME%20SUYU%20KORUMA%20PLANLARI%2028.12.2022/E%C4%9Firdir%20G%C3%B6l%C3%BC%20%C3%96zel%20H%C3%BCK%3%BCmleri.pdf> (Erişim Tarihi: 15.03.2024).
- [27] Global Solar Atlas, 2024. <https://globalsolaratlas.info/map> (Erişim Tarihi: 15.03.2024).
- [28] Global Wind Atlas, 2024. <https://globalwindatlas.info/en> (Erişim Tarihi: 15.03.2024).
- [29] Cesur Durmaz, B. 2023. Sürdürülebilir yüzer kent park modeli: Fethiye örneği. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 317s, Isparta.
- [30] Dal, A. R. 2021. Investigation of the Potential of Using Lakes and Dams as Solar Power Plants: The Case of Yamula Dam. Gazi University Journal of Science Part C: Design and Technology, 9(4), 726-738.
- [31] Kaymak, M. K., Şahin, A. D. 2021. The First Design and Application of Floating Photovoltaic (FPV) Energy Generation Systems in Turkey with Structural and Electrical Performance. International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology, 9, 827-839.
- [32] Yılmaz, E. 2023. Güneş Paneli Sıraları Arasındaki Minimum Mesafe Nasıl Hesaplanır? (Aydınlatma Portalı). <https://www.aydinlatma.org/gunes-paneli-siralari-arasindaki-minimum-mesafe-nasil-hesaplanir.html> (Erişim Tarihi: 22.02.2024).
- [33] Anchor by Panasonic, 2024. AE14HXXXVHC9B Modeli. <https://lsin.panasonic.com/solar/solar-pv-modules.html> (Erişim Tarihi: 20.03.2024).
- [34] Altech, 2024. Boreas 4 kW. <https://www.altechturbine.com/> (Erişim Tarihi: 20.03.2024).
- [35] Ding, S., Yan, S., Han, D., Ma, Q. 2015. Overview on Hybrid Wind-Wave Energy Systems. International Conference on Applied Science and Engineering Innovation, 30-31 Ağustos, China Jinan, 502-507.
- [36] Lee, M. D., Feng, E. L. K., Lee, P. S. 2020. Small Scale Low Height Wave Energy Seawater Pump for Achieving Environmental and Economic

- Sustainability. *Universal Journal of Mechanical Engineering*, 8(1), 14-20.
- [37] Guo, B., Wang, T., Jin, S., Duan, S., Yang, K., Zhao, Y. 2022. A Review of Point Absorber Wave Energy Converters. *Journal of Marine Science and Engineering*, 10(10), 1534.
- [38] Marquis, L., Kramer, M., Frigaard, P. 2010. First Power Production Figures from the Wave Star Roshage Wave Energy Converter. In *Proceedings of the 3rd International Conference on Ocean Energy (ICOE)*, 6 October, Bilbao, Spain, 1–5.
- [39] Leirbukt, A., Tubass, P. A. 2006. Wave of Renewable Energy. https://library.e.abb.com/public/1e2fadd298a58d14c12571d900412482/29-31%203M646_ENG72dpi.pdf (Erişim Tarihi: 10.07.2022).
- [40] Rusch, C. J., Green, D. R., Sager, D. S., McGarry, J. D., Morasch, J. T., Downs, J. A. Dynamics of a Point Absorber Wave Energy Converter. https://depts.washington.edu/pmec/docs/ME495_2015_SpringReport.pdf (Erişim Tarihi: 10.07.2022).
- [41] Joubert, J. R., Van Niekerk, J. L., Reinecke, J., Meyer, I. 2013. Wave Energy Converters (WECs). https://www.crses.sun.ac.za/files/technologies/ocean/WECs_2013_list.pdf (Erişim Tarihi: 11.08.2022).
- [42] Vervaeet, T., Stratigaki, V., Ferri, F., De Beule, L., Claerbout, H., De Witte, B., Troch, P. 2022. Experimental modelling of an Isolated Wecfarm Real-Time Controllable Heaving Point Absorber Wave Energy Converter. *Journal of Marine Science and Engineering (JMSE)*, 10(10), 1480.
- [43] TURECO. <https://tureco.com.tr/blog/gunespanelleri-elektrik-uretimi> (Erişim Tarihi: 10.02.2022).
- [44] Maity, R., Sudhakar, K., Abdul Razak, A., Karthick, A., Barbulescu, D. 2023. Agrivoltaic: A Strategic Assessment Using SWOT and TOWS Matrix. *Energies*, 16(8), 3313.
- [45] Sudhakar, K. 2019. SWOT Analysis of Floating Solar Plants. *MOJ Solar and Photoenergy Systems*, 3(1), 20-22.
- [46] Abdelgaied, M., Kabeel, A. E., Zeleňáková, M., Abd-Elhamid, H. F. 2023. Floating Photovoltaic Plants as an Effective Option to Reduce Water Evaporation in Water-Stressed Regions and Produce Electricity: A Case Study of Lake Nasser. *Egypt Water*, 15(4), 635.
- [47] Cuce, E., Cuce, P. M., Saboor, S., Ghosh, A., Sheikhnejad, Y. 2022. Floating PVs in Terms of Power Generation, Environmental Aspects, Market Potential, and Challenges. *Sustainability*, 14(5), 2626.
- [48] Mirzaei Omrani, M. 2023. Techno-economic and Environmental Analysis of Floating Photovoltaic Power Plants: A case Study of Iran. *Renewable Energy Research and Applications*, 4(1), 41-54.
- [49] Pouran, H. M., Lopes, M. P. C., Nogueira, T., Branco, D. A. C., Sheng, Y. 2022. Environmental and Technical Impacts of Floating Photovoltaic Plants as an Emerging Clean Energy Technology. *Iscience*, 25(11), 1-16.
- [50] Stingheru, C., Gasparotti, C., Raileanu, A., Rusu, E. 2018. A SWOT Analysis of the Marine Energy Sector at the European Level. *Acta Universitatis Danubius Œconomica (AUDŒ)*, 14(3), 213-237.