

İnşaat Mühendisliğinde Yenilikçi Yaklaşımlar ve İnşaat Teknolojileri

Editör

AtıLA KUMBASAROĞLU



BİDGE Yayınları

İnşaat Mühendisliğinde Yenilikçi Yaklaşımlar ve İnşaat
Teknolojileri

Editör: Doç. Dr. Atila KUMBASAROĞLU

ISBN: 978-625-6707-72-6

1. Baskı

Sayfa Düzeni: Gözde YÜCEL

Yayınlama Tarihi: 25.12.2023

BİDGE Yayınları

Bu eserin bütün hakları saklıdır. Kaynak gösterilerek tanıtım için yapılacak kısa alıntılar dışında yayıncının ve editörün yazılı izni olmaksızın hiçbir yolla çoğaltılamaz.

Sertifika No: 71374

Yayın hakları © BİDGE Yayınları

www.bidgeyayinlari.com.tr - bidgeyayinlari@gmail.com

Krc Bilişim Ticaret ve Organizasyon Ltd. Şti.

Güzeltetepe Mahallesi Abidin Daver Sokak Sefer Apartmanı No: 7/9 Çankaya /
Ankara



Önsöz

İnşaat Mühendisliği, kapsamında yer almış Yapı, Mekanik, Hidrolik, Geoteknik ve Ulaşım bilim alanları sayesinde, inşaat ve/veya alt-yapı/üst-yapı teknolojisinde sürdürülebilir gelişmeler, temel bilimsel başarılar ve çok kriterli karar verme teorileri ile desteklenmektedir. İnşaat Mühendisliğinde, daha yenilikçi değerlendirmeler açısından inşaat seçim süreçlerini desteklemek için uygulanan/geliştirilen teorik/parametrik veya deneysel yöntemlerle en son teknolojiyi gözden geçirmek her zaman amaçlanmıştır.

İnşaat Mühendisliğinde bilimsel üretim, son elli yılda giderek artan ivmeyle hızlanmaktadır ve yenilikçi yaklaşımlar (i) yeni malzemeler ve sistemler, (ii) dijitalleşme, (iii) çevresel etki ve (iv) verimlilik açısından sürekli gelişmektedir. Bunların dışında analiz, her bir sektör için farklı yenilikçi oranlarını ortaya koymaktadır.

Bu kitap kapsamında; Siirt Yığma Yapılı CAS Evlerinin Özellikleri, Deprem Yönetmeliğine Göre Yüksek Katlı Betonarme Konut binalarında Proje Hataları, Hibrit, Cam Elyaf Takviyeli Polimer Çubuk (GFRP) ve Çelik Donatıların Performanslarının Karşılaştırmalı İncelenmesi, Çok Fazlı Atık-su Boru Hatlarında Yumurta Kesitli Boruların Kullanımı, Türkiye'nin Enerji ve Ulaşım Altyapısının Sürdürülebilirliği ve Çevresel Etkileri: Şehirleşme, Enerji ve Emisyonlar Üzerine Bir İnceleme, Karayolu Taban Zemini Su İçeriğinin Esnek Yol Üstyapısına Etkileri, Rijit Yol Üstyapı Kaplamalarının Hesabında Elastik Zemin Modelleri, Polimerik Kompozitler için Bazı Geleneksel ve Yenilikçi Alev Geciktiricilerdeki Gelişmeler, Deniz Suyu Depolamalı Hidroelektrik Santrallerin Türkiye İçin Önemi ve Hidrolik İletkenlik ile Elektriksel

İletkenlik Arasındaki Matematiksel İlişkinin Belirlenmesi yenilikçi konularına değinilmiştir.

Kitabın hazırlanmasında ve yayınlanmasında başta BİDGE YAYINLARI olmak üzere emeği geçen tüm yazarlara teşekkür ederiz.

Editör

Doç. Dr. Atila KUMBASAROĞLU

İÇİNDEKİLER

Önsöz	3
İÇİNDEKİLER	5
Siirt Yığma Yapılı Cas Evlerinin Özellikleri	8
Murat DOĞRUYOL	8
Ersin AYHAN	8
Abdulhalim KARASIN	8
Deprem Yönetmeliğine Göre Yüksek Katlı Betonarme Konut binalarında Proje Hataları	25
Çağla ÇOLAK	25
Onur DEMİRCİ	25

Hibrit, Cam Elyaf Takviyeli Polimer Çubuk (GFRP) ve Çelik Donatıların Performanslarının Karşılaştırmalı İncelenmesi	60
Mahsun DEMİR	60
Batuhan DAZ	60
Kamil Bekir AFACAN.....	60
Caner ŞİMŞEK.....	60
Melih Cemal KUŞHAN	60
Çok Fazlı Atıksu Boru Hatlarında Yumurta Kesitli Boruların Kullanımı	76
Esin ACAR.....	76
Türkiye'nin Enerji ve Ulaşım Altyapısının Sürdürülebilirliği ve Çevresel Etkileri: Şehirleşme, Enerji ve Emisyonlar Üzerine Bir İnceleme	96
Emine ÇORUH.....	96
Abdülbaki BİLGİÇ.....	96
Karayolu Taban Zemini Su İçeriğinin Esnek Yol Üstyapısına Etkileri.....	126
İlker ŞAHİNOĞLU	126
Erdoğan KESKİN.....	126
Rijit Yol Üstyapı Kaplamalarının Hesabında Elastik Zemin Modelleri.....	147
İlker ŞAHİNOĞLU	147
Kanat Burak BOZDOĞAN	147
Polimerik Kompozitler için Bazı Geleneksel ve Yenilikçi Alev Geciktiricilerdeki Gelişmeler	169
Ceyda BİLGİÇ	169
Şafak BİLGİÇ.....	169

Deniz Suyu Depolamalı Hidroelektrik Santrallerin Türkiye İçin Önemi.....	195
Güngör GÜNEY	195
Yıldırım BAYAZIT.....	195
Hidrolik İletkenlik ile Elektriksel İletkenlik Arasındaki Matematiksel İlişkinin Belirlenmesi	212
Erdoğan KESKİN.....	212
Sami ARSOY	212

BÖLÜM IX

Deniz Suyu Depolamalı Hidroelektrik Santrallerin Türkiye İçin Önemi

Güngör GÜNEY¹
Yıldırım BAYAZIT²

Giriş

Ülkeler teknolojilerini geliştirdikçe sanayilerinin enerji ihtiyaçları her geçen gün artmaktadır. Ülkelerin teknolojik gelişimleri; refah düzeyinin artacağına güzel habercisi olurken, enerji kıtlığı yaşanmasının kötü habercisi sayılır. Enerji kıtlığının yaşanması; insanların yemek, çalışmak, ulaşım, tedavi, eğitim gibi temel ihtiyaçlarını karşılayamaz hale gelmesi demektir. Bu duruma sebebiyet vermeden ülkelerin gelişimlerini sürdürebilmeleri için enerjinin devamlılığı şarttır. Ülkeler enerji politikalarını, tükenbilir (fossil) enerji kaynaklarından ziyade tükenmez enerji kaynaklarına

¹ Yüksek Lisans Öğrencisi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi

² Dr. Öğr. Üyesi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi

yani yenilenebilir enerji kaynaklarına göre belirlemelidirler. Aksi takdirde fosil enerji rezervleri bitiminde karanlıkta kalacakları su götürmez bir gerçektir.

Günümüzde fosil enerji kaynaklarının yenilenebilir enerji kaynaklarının alternatifi olması gerekirken maalesef dünya tam tersi ile karşı karşıyadır. Yani; enerji ihtiyacının yoğun olduğu dönemlerde fosil enerji kaynaklarından yararlanmamız gerekirken şu an enerji talebi yüksek olduğu dönemlerde yenilenebilir enerji kaynaklarından açık kapatılmak istenmektedir. Fosil enerji kaynaklarının (kömür, petrol, linyit gibi) yanması sonucu birincil sera gazı olan karbondioksit (CO₂) gazı ortaya çıkar. Atmosferde yoğunluğu artan bu gazların sera etkisi yaparak dünyamızın daha çok ısınması sonucunda ise iklim değişiklikleri meydana gelmektedir (Akın, 2006). Bunun tüm dünyanın yanında ülkemizde de bir etkisinin olacağı muhakkaktır. Ülkemize etkilerinden; Güneydoğu Anadolu ve İç Anadolu bölgesinin sıcaklığını aşırı artmasından çölleşme sorunu, Karadeniz Bölgesinde sellerin artması, Marmara ve Ege Bölgelerinin ise havzaların kurumaya başlamasından kaynaklı susuzluk sorununu örnek gösterebiliriz.

Küresel ısınmadan sebebi iklim değişikliklerinin (su kaynaklarının azalması, güneşlenmesi sürelerinde değişiklik, hakim rüzgar yönlerinin değişimi gibi) her şeyde olduğu gibi enerji üretiminde de olumsuz etkileri vardır. Ülkeler yenilenebilir enerji kaynaklarından hesapladıkları sürelerde (günlük, haftalık, sezonluk) istedikleri üretimlere ulaşamayabilirler (Değer, 2013). Bu durumlarda enerji talebinin karşılanarak fosil enerji kaynaklarına ihtiyaç duyulmaması için enerjinin depolanması düşünülebilir.

Enerji Depolamanın Önemi

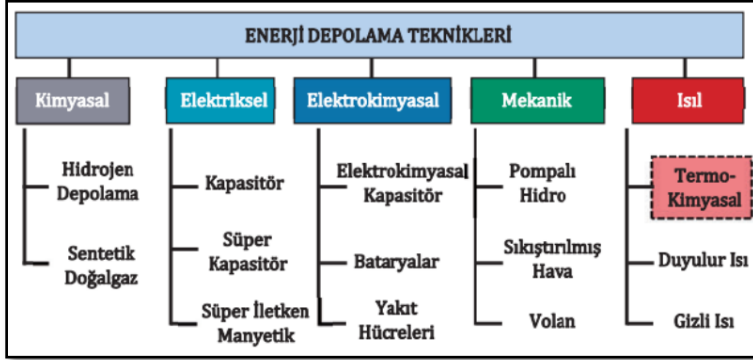
Gelişmekte olan ülkeler arasında Türkiye sanayileşmeden ve artan nüfustan kaynaklı enerji talebini sınırlı kaynaklarından karşılamaya çalışmaktadır. Ancak; ülkemizin kaynakları enerji talebini karşılayamadığı için, ülkemiz dışa bağımlı olarak fosil yakıtlardan konvansiyonel enerji ile enerji açığımızı kapatmaya çalışmaktadır. Enerjide dışa bağımlı olmamak ve sürdürülebilir

kalkınma için mevcut enerji kaynaklarımızı daha verimli kullanmamız gereklidir. Enerji ihtiyacının fazla olmadığı saat veya dönemlerde ise mevcut enerji kaynaklarımız değerlendirilerek enerjisi depolanmalıdır. Depolanan enerjinin pik saatlerde enerji taleplerini karşılamaya faydasının yanında depolanan enerji;

- Enerji üretim sistemlerinde arıza olması durumunda hızlı bir şekilde devreye girer,
- Kararlılığı bozulan şebekenin kesinti yaşamadan tekrar kararlı hale gelmesine yardımcı olur,
- Jeneratörlerin ilk başlangıcında ki ihtiyaç duyduğu enerjiyi karşılar,
- Termik santrallerin yükünü alarak çevreye katkı sağlar,
- Çok hızlı devreye girerek enerji dalgalanmalarının önüne geçer.

Enerji Depolama Yöntemleri

Enerjinin istenildiği zaman ve istenilen yerde kullanılmaya hazır olması beklenir. Enerjiyi istediğimiz zaman kullanabilmek için onu saklamaya depolama denir (Kozak & Kozak, 2012). Bu depolama çeşitli şekillerde olabilmektedir (Şekil 1). Enerji depolama tekniklerinin birbirlerine göre avantajlar veya dezavantajları olabilir (Şekil 2).



Şekil 1. Enerji Depolama Teknikleri (Emeksiz & Kara, 2014)

Kimyasal enerji depolama teknolojileri; kimyasal yakıtlar, elektrik üretimi, enerji taşımacılığı ve ayrıca enerji depolamada oldukça fazla kullanılırlar. En çok tüketilen kimyasal yakıtlar; dizel yakıt, işlenmiş kömür, benzin, doğalgaz, propan, bütan, etanol, sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG), hidrojen ve biyodizeldir (Emeksiz & Kara, 2022).

Elektriksel enerji depolama teknikleri; kapasitörler, süper kapasitörler ve süper iletken manyetik enerji depolama sistemleri olarak kategorize edilebilirler. Genel olarak kapasitörler, yüksek akım durumunda kullanılabilir, fakat oldukça düşük olan kapasitans üretimlerinden dolayı sadece çok kısa süreler için kullanıma uygundur (Emeksiz & Kara, 2022).

Elektrokimyasal enerji depolama; elektrik enerjisini kimyasal enerji olarak depolayarak ihtiyaç anında tekrar elektrik enerjisine çeviren sistemlere pil, pillerin seri veya paralel bağlanarak oluşturdukları yapıya ise akümülatör (batarya) denmektedir (Mazman & Yılmaz, 2019).

Mekanik enerjiyi depolama; mekanik enerji depolamasında; basınçlı gaz, potansiyel enerji, zorlanmış yaylar ve kinetik enerji sayılabilir.

Pompajlı hidro depolama; ülkemizde potansiyeli yüksek olmasına rağmen, bu sistemler ülkemizde bulunmamaktadır. Bu tür sistemlerin farklı tipleri mevcuttur. En çok rastlanana deniz kenarlarına kurulan sistemlerdir. Enerjiye ihtiyacı az olduğu zamanlarda suyu yüksek dağ tepesine pompalanarak potansiyel enerji kazandırılır. Su tekrar döngüye alınarak enerji dönüşümü gerçekleştirilir (Özer & Sönmez, 2013).

Isıl enerji depolama; ısı enerjisi bir cisim oluşturan atom veya moleküllerin, potansiyel ve kinetik enerjilerinin toplamıdır. Moleküllerin veya atomların titreşimleri sonucu oluşur (Kozak & Kozak, 2012).

Depolama Teknolojisi	Ana Avantajlar (Göreceli)	Dezavantajlar (Göreceli)	Güç Uygulamaları	Enerji Uygulamaları
Pompalanmış Sıvı	Yüksek Kapasite , Düşük Maliyet	Özel Yapı Gerekliliği		●
Sıkıştırılmış Hava	Yüksek Kapasite , Düşük Maliyet	Özel Yapı Gerekliliği, Yakıt İhtiyacı		●
Akım Pilleri: PSB VRB ZnBr	Yüksek Kapasite , Bağımsız Güç ve Enerji Derecelendirmesi	Düşük Enerji Yoğunluğu	◐	●
Metal-Hava	Çok Yüksek Enerji Yoğunluğu	Elektrik Şarj Zorluğu		●
Na-S	Yüksek Güç ve Enerji Yoğunluğu, Yüksek Verim	Üretim Maliyeti, Güvenlik Problemi	●	●
Li-ion	Yüksek Güç ve Enerji Yoğunluğu, Yüksek Verim	Yüksek Üretim Maliyeti, Özel Şarj Devresi Zorunluluğu	●	○
Ni-Cd	Yüksek Güç ve Enerji Yoğunluğu, Yüksek Verim		●	◐
Diğer Gelişmiş Piller	Yüksek Güç ve Enerji Yoğunluğu, Yüksek Verim	Yüksek Üretim Maliyeti	●	○
Kurşun Asit	Düşük Ana Maliyet	Tamamiyle Boşaldığında Düşük Çevrim Ömrü	●	○
Volan (Atalet)	Yüksek Güç	Düşük Enerji Yoğunluğu	●	○
SMES-DSMES	Yüksek Güç	Düşük Enerji Yoğunluğu, Yüksek Üretim Maliyeti	●	
E.C Kapasitörler	Uzun Çevrim Ömrü Yüksek Verim	Düşük Enerji Yoğunluğu	●	◐

Şekil 2. Enerji Depolama Sistemlerinin Karşılaştırılması (Özer & Sönmez, 2013)

Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Santrallerin Önemi

Yenilenebilir enerji kaynaklarından hidroelektrik enerjiden daha fazla yararlanmak adına, su çevrim halinde değerlendirilerek sisteme daha faydalı hale getirilebilir. Örnek olarak, jeotermal enerji için rezervuardan çıkarılan sıcak suyun reenjeksiyon yapılarak rezervuara tekrar basılması gösterilebilir. Yani tekrar basım işlemi olarak açıklanabilen reenjeksiyon işlemi ile jeotermal enerjinin devamlılığı sağlanırken enerji kaynağı da korunmuş olmaktadır. Benzer bir işlem olarak Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Elektrik Santraller (PDHES) düşünülebilir. Enerji ihtiyacının fazla olduğu saatlerde enerji üretimi olarak değerlendirilen su, enerji ihtiyacının az olduğu saatlerde üst rezervuara tekrar pompalanarak çevrim halinde kullanılabilir. Böylelikle yenilenebilir enerji kaynaklarından geri dönüşümlü olarak enerji elde edilebilir.

Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Santrallerin Çalışma Prensipleri

PDHES sistemlerinde alt rezervuar ve üst rezervuar olmak üzere iki rezervuar bulunmaktadır (Karataş, 2019). Alt rezervuar nehir, göl, deniz veya mevcut baraj rezervuarı olabilir. Üst rezervuar, dağ veya tepe üzerine, şekline ve jeolojisine göre doğal yapısı kullanılabilen gibi yapay rezervuarda yapılabilmektedir. Su alma yapısı üst rezervuarın altında veya yanında olabilir. Su alma yapısına bağlı olarak iletim hattı veya iletim tünelleri bulunur. Bu yapılardan akışa geçen potansiyel enerji, yüksek su santral yapısında türbinler vasıtasıyla kinetik enerjiye dönüşür ve elektrik enerjisini meydana getirir. Türbinlenen su ise kuyruk suyu yapısıyla (cebri boru veya tünel) alt rezervuara iletilir. Bir PDHES sistemine ait şematik gösterim Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. PDHES Sistemi ve Elemanları (Göktaş, 2018)

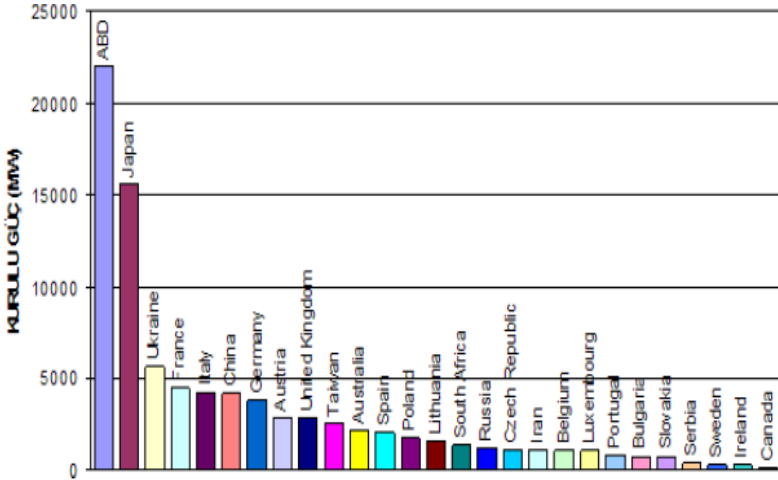
Elektrik kullanımının az olduğu saatlerde üst rezervuara pompalanan su, enerji kullanımının fazla olduğu saatlerde elektrik üretimi için kullanılır. PDHES'ler günlük enerji ihtiyaçlarını karşılamak için planlanabildiği gibi haftalık, aylık veya sezonluk olarak da planlanabilir. Talebin azlığına göre sistem durdurulabilir.

Temiz ve güvenilir enerji kaynağı olan PDHES'lerin yük dengelemesi, hızlı devreye girme, black-start yeteneği ve enerji depolayabilme gibi avantajlarının olmasının yanında jeolojik alt yapının önemli olması, erozyon olasılığı ya da kaya düşmesi, ulaşım sorunları gibi dezavantajları vardır. İşletme ve bakım maliyeti açısından düşük olmasının yanında inşası için yüksek yatırımlar gerekebilir.

Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Santrallerin Dünya Örnekleri

Dünyanın ilk PDHES örnekleri 1890 yıllarında İtalya ve İsviçre'de görülmektedir. Mevcutta 39'dan fazla ülke PDHES'lerden faydalanarak enerji üretimi gerçekleştirmektedir.

Ülkelerin PDHES kurulu güçlerine bakıldığında dünyanın bu konuya önem verdiği görülmektedir (Şekil 4).



Şekil 4. Ülkelerin Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Santral Potansiyelleri (Karaçay, 2010)

PDHES'ler; uzun ömürlü olmaları, yatırım maliyetlerinin diğer santrallere göre düşük olması ve yüksek verim alındığından, ülkelerin enerji yatırımları açısından odağındadır. Ayrıca çok hızlı devreye girebilen (3-5 dk) ve çok hızlı devreden çıkabilen PDHES'ler enerji ihtiyacına ani karşılık verebildiğinden enerji projelerinde dikkatleri üzerine çekmektedir.

Dünyada depolamalı sistemler ile enerji ihtiyacının karşılanmasında, PDHES'ler bu enerjilerin %94'ünü oluşturmaktadır. Ülkelerin PDHES örneklerine baktığımızda dünyanın en büyük PDHES'i potansiyeline sahip Amerika'daki 3003 MW kapasitesindeki Bath County PDHES'dir (Brandi, 2014). Bunu Çin'de Guangdong PDHES'i 2400 MW, Japonya'da Okutataragi PDHES'i 1932 MW kapasitesi ile takip etmektedir. Ayrıca Çin'de hala yapımı devam eden ve 2025 yılında bitirilmesi düşünülen Fengning PDHES'i 3600 MW kapasitesi ile dünyanın en büyük PDHES santrali olacaktır (Zhu & Ma, 2019). Bu da ülkelerin

PDHES potansiyel sıralamalarında değişiklikler olacağının ve ülkelerin PDHES projelerine ilginin artmış olduğunun göstergesidir.

Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Santrallerin Türkiye Örnekleri

Türkiye şimdiiye kadar enerjinin depolanması hususunda gereken önemi gösterememiştir. Türkiye’de enerji fiyatının saatlere bağlı değişkenliği depolamalı enerjilere ilgiyi arttırmaktadır. Bunun göstergesi olarak Türkiye’de yapılması planlanan 16 PDHES projesi gösterilebilir (Tablo 1). Hatta bunlardan biri olan Gökçekaya PDHES’inin (1400 MW) fizibilite çalışmaları Devlet Su İşleri (DSİ), Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ), Elektrik Üretim Anonim Şirketi (EÜAŞ), Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü (YEGM) iş birliği ile 2015 yılında tamamlanmış ve 2021 yılında ihale edilmiştir. Ancak ülkemizde şu an inşası süren bir PDHES projesi bulunmamaktadır. PDHES’ler ile ilgili ülkemizde 16 kanun ve 31 yönetmelik olmasına karşın hala PDHES bulunmamaktadır. PDHES uygulamalarına teşviki arttıra bilmek amaçlı 10 Nisan 2023 tarihli ve 32159 sayılı Resmi Gazetede, PDHES yatırımları Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması (YEKDEM) kapsamına alındı.

Tablo 1. PDHES Proje Planlamaları (Peker, 2022)

Proje	Yeri	Kurulu Güç (MW)	Proje debisi (m³/s)	Düşü (m)
Gökçekaya	Eskişehir	1600	193	962
İznic-I	Bursa	1500	687	255
Kargı	Ankara	1000	238	496
Sarıyar	Ankara	1000	270	434
Adıgüzel	Denizli	1000	484	242
Burdur Gölü	Burdur	1000	316	370
Eğridir Gölü	İsparta	1000	175	672
Karacaören-11	Burdur	1000	190	615
Bayramhacılı	Kayseri	1000	720	161
Haşan Uğurlu	Samsun	1000	204	570
İznic-II	Bursa	500	221	263
Yalova	Yalova	500	147	400
Oymapınar	Antalya	500	156	372
Aslantaş PHES	Osmaniye	500	379	154
Yamula	Kayseri	500	228	260
Demirköprü	Manisa	300	166	213

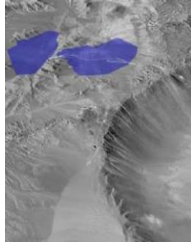
Deniz Suyu Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Santrallerin Dünyadaki Durumu

PDHES'ler deniz suyu ile de kullanılabilir. Bu durumda PDHES'in alt rezervuarı olarak deniz kullanılır. Buna örnek olarak etrafı denizlerle çevrili Japonya'nın Okinawa Adasında inşa edilmiş dünyada ilk deniz suyu pompaj depolamalı hidroelektrik santrali (DPDHES) gösterilebilir (Şekil 5a). Proje debisi 26 m³/sn, yüksekliği 136 m ve 30 MW kurulu gücündedir (Aras, 2017). Diğer DPHES örnekleri ise;

- Espejo Güneş ve Valhalla DPDHES'i; Şili'de bulunan Atacama çölünde 600 MW kapasiteli güneş enerjisi santrali ve 300 MW kurulu güçlü Valhalla PDHES projesinden oluşmaktadır (Şekil 5b) Bu hibrit santral proje inşasına 2017 yılında başlanılmıştır. Projede Atacama Çölü'nde güneş enerjisi panelleri kurulması ve güneş enerjisi üretimi ile çölün okyanus kıyısında oluşunun avantajlarından faydalanılmıştır. (Pitre, 2015)
- Kerma DPDHES'i; Kuzey Denizi ortalarındaki Kerma projesi, doğrudan denizde inşa edilen fütüristik projelerdendir. PDHES projelerinin en yeni uygulama projelerinden biridir (Şekil 1c). Kotu deniz seviyesinden yaklaşık 40 m aşağıda bir iç göl özelliğine sahip, 10 x 6 km'lik büyük bir atolün bentler vasıtasıyla oluşturulan, kuvvetli rüzgâr enerjisi kullanarak iç gölün boşaltılması için pompalama kullanılan, kurulu gücü 1500 MW mertebesinde olan bu hibrit santral sıra dışı PDHES projeleri arasındadır (TESAB, 2022).



(a)



(b)



(c)

Şekil 5. (a) Okinawa DPDHES, (b) Valhalla DPDHES, (c) Kerma DPDHES

DPDHES'lerin geleneksel bir PDHES'e göre avantajları vardır (TESAB, 2022). Bunlar;

- Alt rezervuar için yapı gerekliliği bulunmamaktadır.
- Termik enerji, rüzgar enerjisi, güneş enerjisi santrallerinin yakınlıklarına kurularak hızlı bir şekilde devreye girerek enerji dalgalanmalarının önüne geçebilir

Projelerin avantajlarının olması yanında dezavantajları da olabilmektedir. DPDHES'lerin dezavantaj sorunları;

- Bölgenin coğrafi ve hidrolojik özelliklerine, su derinliklerine, kıyı hatlarına ve diğer yerel koşullara bağlıdır.
- Deniz suyu tuzlu olduğu için, DPDHES sistemlerinde kullanılan mekanik aksamalarda korozyon sorunları ortaya çıkabilir. Bunun önüne geçebilmek için alaşımli metaller kullanılması gerekebilir. Bu da maliyeti arttırıcı bir etkidir.
- Kıyı alanları genellikle biyoçeşitlilik açısından zengindir ve bu tür projelerin inşası bu alanlara zarar verebilir.
- Deniz organizmaları türbinlere (adhezyonu) zarar verebilir.
- Su alma yapısının yüksek dalgalara karşı korunaklı olması için dalga kıran yapmak gerekebilir.
- Su emiş ve boşaltım noktalarında, deniz canlılarına zarar verebilecek altyapılar oluşturulabilir. Su sirkülasyonu ve tuzluluk değışiklikleri, deniz yaşamını olumsuz etkileyebilir.

Deniz Suyu Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Santrallerin Türkiye İçin Planlanması

Klasik hidroelektrik santrallerin asli görevi elektrik enerjisi üretmek iken PDHES'ler enerji depolama görevini üstlenmektedir. PDHES'ler puant güç açığı olduğu zamanlar enerji arz talep dengesinin sağlanması yönünde önemli bir rol oynamaktadır.

Türkiye'de su kaynakları stratejik bir öneme sahiptir. DPDHES'ler su kaynaklarını daha etkili bir şekilde yöneterek hem enerji üretimine katkıda bulunabilir hem de su yönetimini destekleyebilir. Türkiye, sürdürülebilir kalkınma ve çevre koruma amacıyla yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik hedefler belirlemiştir. DPDHES bu hedeflere ulaşmada önemli bir rol oynayabilir ve karbon salınımını azaltabilir.

Üç tarafı denizlerle çevrili ülkemizin puant saatlerde artan enerji ihtiyacı DPDHES ile karşılanabilir. DPDHES yenilenebilir enerji kaynaklarımız arasında yer alarak enerji çeşitliliğimizi artırabilir ve Türkiye'nin enerji güvenliğini sağlayabilir. Deniz suyu depolamalı hidroelektrik santralleri genellikle dağlık bölgelerde uygulanır. Türkiye'nin coğrafi özellikleri dikkate alındığında, bazı bölgelerde bu tür santrallerin daha uygun olabileceği düşünülebilir. Örneğin;

- Türkiye'nin güneyinde yer alan Akdeniz Bölgesi, deniz suyu depolamalı hidroelektrik santralleri için uygun bir konum olabilir. Sahip olduğu geniş kıyı şeridi ve yüksek arazi yapısı, bu bölgenin bu tür projeler için potansiyel sunmasına yardımcı olabilir.
- Ege Bölgesi, zengin su kaynaklarına sahip olması ve coğrafi yapısı nedeniyle deniz suyu depolamalı hidroelektrik santralleri için potansiyel bir bölge olabilir.
- Karadeniz'in kuzey sahilleri, deniz suyu depolamalı hidroelektrik santralleri için uygun olabilir. Bu bölge, yağışlı iklimi ve yüksek yer şekilleri ile dikkat çeker.

Deniz suyu pompaj depolamalı hidroelektrik santraller, diğer enerji kaynakları ve santrallerle entegre edilerek enerji sisteminin etkinliğini artırabilir. Deniz suyu pompaj depolamalı hidroelektrik santrallerinin entegre çalışabileceği bazı enerji kaynakları ve santral türleri:

- ✓ Rüzgar Enerjisi Santralleri: Rüzgar enerjisi, rüzgarın kinetik enerjisini elektrik enerjisine dönüştürür. Ancak

rüzgarın sürekli olmaması, enerji depolama ihtiyacını doğurur. Deniz suyu pompaj depolamalı hidroelektrik santralleri, rüzgar enerjisi üretildiği zamanlarda suyu depolayarak ve elektrik talebi yüksek olduğunda enerji sağlayarak rüzgar enerjisi ile entegre çalışabilir.

- ✓ Güneş Enerjisi Santralleri: Güneş enerjisi, güneş ışığını elektrik enerjisine çevirir. Güneş enerjisi üretimi genellikle gündüzleri yoğundur ve bu sırada depolama ihtiyacı ortaya çıkar. Deniz suyu pompaj depolamalı hidroelektrik santralleri, güneş enerjisi üretildiği zamanlarda suyu depolayarak ve güneş enerjisi üretimi azaldığında depolanan enerjiyi kullanarak güneş enerjisi ile entegre çalışabilir.
- ✓ Batarya Depolama Sistemleri: Batarya depolama sistemleri, elektrik enerjisini depolar ve ihtiyaç olduğunda serbest bırakır. Deniz suyu pompaj depolamalı hidroelektrik santralleri, bu batarya sistemleriyle birlikte kullanılarak enerji depolama kapasitesini artırabilir ve enerji sisteminin esnekliğini artırabilir.
- ✓ Jeotermal Enerji Santralleri: Jeotermal enerji, yer altındaki ısınmış suların veya buharın kullanılmasıyla elektrik üretimini sağlar. Deniz suyu pompaj depolamalı hidroelektrik santralleri, jeotermal enerji üretimi süresince suyu depolayarak ve jeotermal enerji üretimi azaldığında depolanan enerjiyi kullanarak jeotermal enerji ile entegre çalışabilir.
- ✓ Fosil Yakıt Tabanlı (Termik) Santralleri: Fosil yakıt tabanlı elektrik santralleri, düşük talep dönemlerinde elektrik üretebilir ve bu elektriği deniz suyu pompaj depolamalı hidroelektrik santrallerine pompalayarak enerji depolamasına katkıda bulunabilir. Yüksek talep dönemlerinde ise depolanan enerji serbest bırakılarak talebi karşılayabilir.

- ✓ Nükleer Enerji: Nükleer enerji tesisleri genellikle sabit bir üretim kapasitesine sahiptir. Deniz suyu pompaj depolamalı hidroelektrik santralleri, nükleer enerji tesislerinden gelen enerjiyi depolayarak, talep ve arz dengesizliklerini düzenlemede yardımcı olabilir.

Denizlere kıyası olan ülkemizin deniz suyu kullanımı açısından potansiyeli mevcuttur. Türkiye'nin enerji ihtiyacının sürekli arttığı ve bu artan talebi karşılamak için çeşitli enerji projelerine ihtiyacı olduğu bilinmektedir. DPDHES projeleri enerji talebini karşılamada ve enerji arz güvenliğini sağlamada önemli rol oynayabilir. Bu bakımdan ülkemizin, kısa periyotta pik enerji taleplerini karşılayabilmesi, uzun periyotta ise enerjide dışa bağımlılığını azaltabilmesi için, DPDHES proje çalışmalarına hız vererek mevcut deniz suyu potansiyelinden faydalanılması gerektiği düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

Akın, G. (2006). Küresel Isınma, Nedenleri ve Sonuçları, Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi, 46 (2), 2943.

Aras, E. (2017). Importance of pumped storage hydroelectric power plant in Turkey. *Advances in Energy Research*, 5 (3), 259-254. Doi:10.12989/eri.2017.5.3.239

Brandi, A. A. (2014). *Pumped storage hydropower: a technical review. A Master Report, B.S., University, Colorado*

Değer, K. (2013). *Pompajlı hidroelektrik santraller ve rüzgâr enerjisi santralleri melez sistemleri. Yüksek Lisans Tezi, Başkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara*

Emeksiz, C. & Kara, B. (2022). Enerji depolama teknolojilerinin incelenmesi ve karşılaştırmalı analizi. *International Journal of Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies*, 6 (2), 34-142. Doi: 0.36287/ijmsit.6.2.134

Göktaş, H. (2018). *Türkiye için pompaj depolamalı hidroelektrik santrallerin önemi ve durum analizi. Yüksek Lisans Tezi, Kırklareli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırklareli*

Karaçay, P. (2010). *Pompaj depolamalı hidroelektrik santraller ve Türkiye'deki durum. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul*

Karataş, M. (2019). *Isparta ilinde pompaj depolama sisteminin uygulanabilirliğinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Isparta*

Kozak, M. & Kozak, Ş. (2012). Enerji depolama yöntemleri. *SDU International Technologic Science*, 4 (2), 17-29.

Mazman, M. & Yılmaz, H. B. (2019). Enerji depolama çözümleri ve genel eğilimler. *Elektrik Mühendisliği*, 466, 32-40

Özer, S. & Sönmez, F. (2013). Türkiye’de elektrik enerji depolanmasına alternatif çözüm önerileri. *Muş Alparslan University Journal of Science*, 1 (1), 39-48.

Peker, H. (2022). *Pompaj depolamalı santrallerin bilgisayar destekli ön tasarımı. Yüksek Lisans Tezi, Batman Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Batman*

Pitre, C. M. S., (2015). *Análisis del comportamiento de centrales hidroeléctricas de bombeo en la operación de sistemas interconectados. Tesis Para Optar Al Grado De Magíster En Ciencias De La Ingeniería Mención Eléctrica, Santiago De Chile*

Türkiye Elektrik Sanayi Birliği (TESAB). (2022). Enerji Depolama Teknolojileri ve Pompaj Depolamalı HES Projeleri, EURELECTRIC Türkiye Hidro Çalışma Grubu. ISBN: 978-605-63465-7-6

Zhu, B. S. & Ma, Z. (2019). Development and prospect of the pumped hydro energy stations in China. *Journal of Physics: Conference Series*, 1369, 1-4. Doi: 10.1088/1742-6596/1369/1/012018