

POMPAJ DEPOLAMALI HİDROELEKTRİK SANTRALLERİNİN TÜRKİYE İÇİN ÖNEMİ

Ahmet Ali Sertkaya

Necmettin Erbakan Üniversitesi, Seydişehir Ahmet Cengiz Mühendislik Fakültesi,
Makina Mühendisliği Bölümü, 42360 Seydişehir, Konya,
asertkaya@selcuk.edu.tr

Maksut Saraç

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 06100 Çankaya, Ankara,
maksutsarac@hotmail.com

Muhammed Arslan OMAR

Kafkas Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü, Kars
arslanomar3@yahoo.com

ÖZET

Enerji toplumsal refahın sağlanması için gerekli araçlardan ve üretim faaliyetlerinin ana girdilerinden biri olarak, ekonomik ve sosyal kalkınmanın vazgeçilmez temel taşlarından biridir. Bu nedenle, endüstrideki gelişmelerin, yaşam standartlarındaki yükselişin ve artan nüfusun ihtiyaç duyduğu enerjinin yeterli, güvenilir ve düşük maliyetle sağlanması ve sunulması önemlidir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Santraller (PDHES) önceleri pik talebin karşılanması için planlanırken, şimdilerde enerjinin depolanması maksadıyla da planlanmaktadır. PDHES'ler yenilenebilir enerji kaynaklarından önce genel olarak geceleri yani enerjinin ucuz olduğu saatlerde veya enerjinin az kullanıldığı saatlerde pompa modunda, puant saatlerde veya enerjinin pahalı olduğu saatlerde de türbin modunda çalıştırılmaktaydı. Şimdi ise yenilenebilir enerji kaynaklarının depolanması veya gün içerisinde düzenlenmesine göre PDHES'ler günün her saatinde pompa ve türbin modunda çalışmaya başlamış ve bu maksatla da yeni yeni projeler planlanmakta ve inşa edilmektedir. Genelde tüm gelişmiş ülkelerin portföyünde bulunan PDHES'lere, özellikle ülkemizde nükleer santraller ve yenilenebilir enerji kaynaklarının gelişimine paralel olarak bugün her zamankinden daha çok ihtiyaç vardır. Bu çalışmada Dünyada ve Ülkemizde mevcut PDHES'ler ve gelecekteki durumları incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Enerji depolama sistemleri, Pompaj depolamalı hidroelektrik santraller, Yenilenebilir enerji

THE IMPORTANCE OF PUMPED STORAGE HYDRO-ELECTRIC POWER PLANTS FOR TURKEY

ABSTRACT

As one of the main inputs and most important tool in production activities, energy is among inevitable means in achieving people's economic and social welfare. For this reason, it is necessary that the energy needs as a result of rising life standards and increasing population are met sufficiently, reliably and at affordable costs. While, the Pumped Hydroelectric Energy Storage (PHES) system, one of the renewable energy resources, was once planned to cover the peak energy demands, nowadays it can also be used for the purpose of storing energy. Prior to the use as a renewable energy resource, the PHES systems were generally operated at pump modes during nights. That is at times of low energy costs or low energy consumptions and operated at turbine modes during peak demands. However; nowadays PHES systems operate for storing renewable energy resources or depending on their settings within a day, they can operate in a pump or turbine mode at every hour of the day. And with this in mind, new projects are planned and carried out. Generally speaking, all developed countries are in need of PHES systems in their energy portfolios. Turkey is particularly in acute demand of these systems now than any time ever, parallel with the developments of nuclear energy plants and renewable energy resources. This study investigates the current and future positions of PHES systems in Turkey and in the world as a whole.

Key Words: *Energy storage systems, pumping storage hydroelectric power plants, renewable energy*

SEMBOLLER (SYMBOLS)

BHD	Basınçlı Hava Depolama
EİE	Elektrik İşleri Etüt İdaresi
PDHES	Pompaj Depolamalı Hidroelektrik Santraller
RES	Rüzgar Enerji Santrali

1. GİRİŞ

Enerjinin elektrik olarak depolanması pahalılığının yanı sıra teknolojik olarak verimli değildir. Enerji depolama sistemlerinin birçoğu dolaylı depolama sistemleridir. Diğer bir ifadeyle elektriğin diğer enerji formlarına dönüşümüdür. Bu depolama sistemleri; Manyetik enerji (Süper kapasitörler), Elektrik enerjisi (Süper iletken Manyetik Enerji Depolama), Mekanik enerji (PDHES'ler, Basınçlı Hava Depolama, Volanlar), Kimyasal enerji (Bataryalar, vs.) şeklinde sınıflandırılabilir. Bu sistemler farklı farklı amaçlar için kullanılmaktadır. Ancak büyük miktarlarda enerjinin depolanması konusunda bunlardan sadece PDHES'ler ve Basınçlı Hava Depolama (BHD) yöntemleri teknolojik ve ekonomik olarak uygun yöntemlerdir. Günümüzde PDHES'lerin verimliliği BHD sistemlerinin verimliliğinden yüksektir.(%70-80 civarında). Fakat Basınçlı Adiyabatik Hava Enerji Depolama ismi verilen BHD' lılar için yeni gelişmelerle ortalama %70 bir verimlilik amaçlanmıştır ki bu da PDHES'lerin verimliliğine yaklaşmıştır. PDHES'ler ile doğrudan rekabet edebilen BHD teknolojisi, mevcut elektrik şebekesinden çekilen güçle çalıştırılan kompresörün çevreden aldığı havayı yüksek basınçla bir tankta depolamak ve ihtiyaç halinde enerji üretecek bir gaz türbinini çalıştırmak esasına dayanmaktadır. Bu nedenle inşaat masrafları düşüktür. BHD'lerin ilk yatırım maliyetlerinin PDHES'lerden daha az olmasına rağmen PDHES'ların uzun ömürlü ve hiçbir teknolojiyle kıyaslanamayacak derecede ucuz işletme maliyetlerine sahip olmaları PDHES'lerin öncelikle tercih edilmesini sağlamaktadır [1]. Değişik tipteki santrallerin devreye girme ve tam kapasiteye ulaşma zamanları ile ilgili yapılan bir çalışmanın sonuçları Tablo-1'de verilmiştir. Bu çalışma için ilgili santrallerde üretime 8 saat ara verildikten sonra santraller çalıştırılarak sonuçlar alınmıştır [2]. Tablodan da görüleceği üzere pompa depolamalı hidroelektrik santraller ile klasik hidroelektrik santraller dışındaki santrallerin hiç biri pik ihtiyacı karşılama yeteneğine sahip değildir. Ayrıca özel tasarlanmış PDHES'lerin tam kapasite devreye girme süreleri 10-15 sn civarına kadar düşebilmektedir (Dinorwig PDHES).

Tablo 1. Değişik tipteki santrallerin devreye girme ve tam kapasiteye ulaşma süreleri.

Proje Tipi	Başlama ve tam kapasiteye ulaşma süresi
Klasik Hidroelektrik Santraller	3-5 dakika
Pompa Depolamalı Santraller	3 - 5 dakika
Fuel Oil Santralleri	3 saat
LNG-Doğal Gaz Santralleri	3 saat
LNG- Çevrim Santralleri	1 saat
Kömür Santralleri	4 saat
Nükleer Santraller	5 gün

2. POMPAJ DEPOLAMALI HİDROELEKTRİK SANTRALLERİNİN GRUPLANDIRILMASI

Pompa Depolamalı Hidroelektrik Santral; elektrik enerjisi talebinin ve elektrik fiyatının düşük, elektriğin fazla olduğu saatlerde uyun yüksekteki bir rezervuara pompalanarak depolanması ve ihtiyacın yüksek, enerjinin pahalı olduğu pik saatlerde enerji üretmek alt rezervuara aktarılması yöntemidir. Pompa depolamalı santraller elektrik enerjisi üretme yönteminden çok, fazla olan enerjinin depolanması yöntemidir. PDHES'lerin sınıflandırılmasını aşağıdaki gibi yapabiliriz.

2.1 YAPILIŞLARINA GÖRE PDHES

Yapılışlarına göre PDHES'leri saf PDHES ve karışık PDHES'ler olarak ikiye ayırabiliriz.

2.1.1 SAF PDHES

Bir dere veya nehrin suyunun geleneksel bir HES tesisi yapmak için yeterli olmadığı durumlarda bu dere üzerinde yapılacak alt veya üst rezervuar ile

mevcut barajlara ilave olarak yapılan üst veya alt rezervuarlar ya da alt ve üst rezervuarları herhangi bir su kaynağı üzerinde olmayıp iki havuzdan oluşan sisteme "Saf PDHES" denilmektedir.

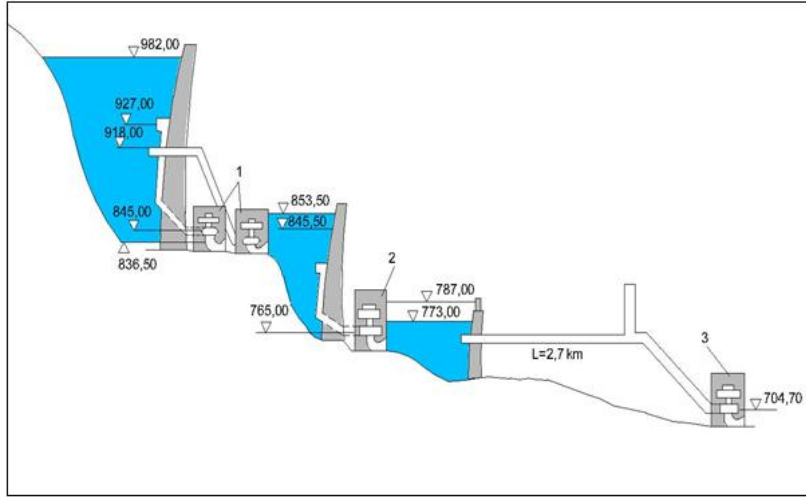


Şekil 1. Saf PDHES örnekleri [3].

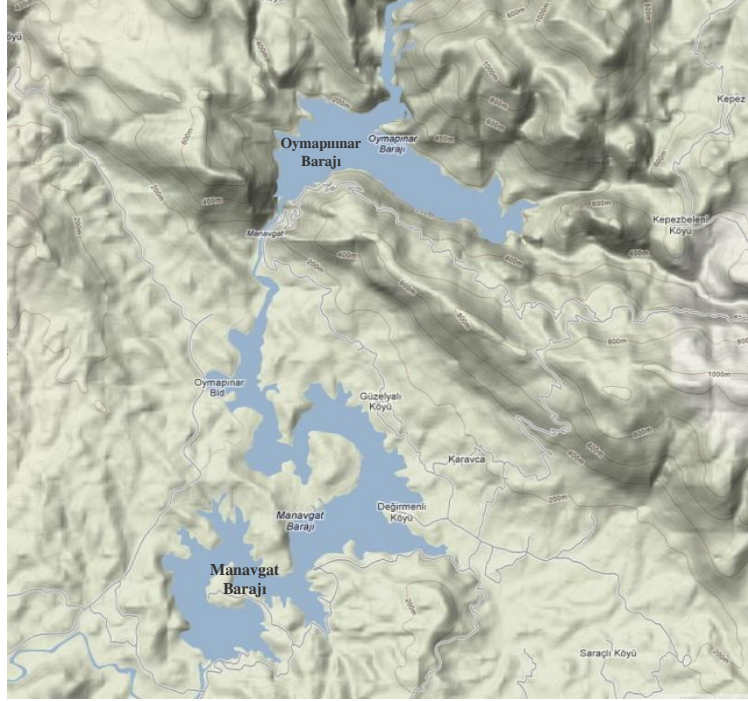
2.1.2 KARIŞIK PDHES

Bir nehrin suyundan ve düşüşünden yararlanılarak planlanıp inşa edilen baraj ve HES yapıları geleneksel yapılar olarak isimlendirilmektedir. Bir nehrin üzerine bir enerji tesisi kurulabilmesi için bu tesisin teknik ve ekonomik olarak yapılabilir olması şarttır. Genel olarak bir nehrin, enerji tesisleri açısından planlanırken iki tesis arasında boşluk bırakılmadan planlanması esastır. Başka bir deyişle birinin maksimum su seviyesi diğer tesisin kuyruk suyu olacak şekilde planlanmaya çalışılır.

Çoruh nehrinin ana kolunda bulunan 10 adet baraj ve HES tesisleri bu mantıkla planlanmıştır. Oymapınar Barajı ile Manavgat Barajı, Altınkaya Barajı ile Derbent Barajı, Kılıçkaya Barajı ile Çamlığöze Barajı, Gökçekaya Barajı ile Yenice Barajı ardışık barajlardır. Bu barajlar ve eteklerindeki santraller buldukları nehrin enerjisini değerlendirmek üzere kurulmuşlardır. Bu santrallerin her birinde de pompaj depolamalı hidroelektrik santrallerde olduğu gibi tersinir türbin değil sadece türbin olarak çalışan geleneksel makinalar vardır.



Şekil 2. Japonya'da Azusa Nehri üzerinde inşa edilmiş olan geleneksel ardışık barajlar ve bu barajlar kullanılarak oluşturulan PDHES'ler: 1)Azumi PDHES; 2) Midono PDHES; 3) Sinrusima HES



Şekil 3. Oymapınar Barajı ve Manavgat Barajı

Bir PDHES için öncelikle iki rezervuara ihtiyaç var olduğunu daha önce ifade etmiştik. Bu rezervuarlardan alt rezervuar diğeride üst rezervuar olarak isimlendirilmişti. Şimdi, ardışık barajlara pompaj depolamalı hidroelektrik santraller açısından bakalım. Geleneksel bir HES'in kendi rezervuarı üst rezervuar alttaki barajın rezervuarı da alt rezervuar görevi görebilir. Şekil-2'deki örnekte 1 nolu santral olan Azumi santralinin kendi rezervuarı üst rezervuar alttaki Midona santralinin rezervuarı da alt rezervuar görevi görmektedir. Burada Azumi HES'in kurulu gücü 2x111 MW ve Azumi ve Midona rezervuarları kullanılarak yapılmış olan Azumi PDHES'in kurulu gücü 4x109 MW'tır. Aynı şekilde Midona HES 2x61 MW ve Midona PDHES'te 2x61 MW'tır. Son tesis olan Sinrusima HES ise 32 MW kurulu gücünde geleneksel bir santraldir. Azumi ve Midono örneklerindeki tesislere "Karışık PDHES" denilmektedir.

İki barajdan oluşan “Saf PDHES” planlaması için iki ayrı barajın inşa edilmesi ve yardımcı tesislerinin yapılması zaten gerekiyor. Oysa “Karışık PDHES” yapılması durumunda sadece türbinin tersinir türbin olması yeterlidir. Şekil-2’deki tesisler Japonya’da 1969 yılında işletmeye alınmıştır. İlk planlamaları da Karışık PDHES olarak yapılmıştır. Bu tesisler Japonya’nın ilk PDHES örneklerindedir. Manavgat Çayı üzerinde ve yaz puntlarının kış puntlarına göre kayda değer bir artış gösteren Antalya yakınlarındaki iki ardışık baraj olan Oymapınar Barajı 1984, Manavgat Barajı 1988 yılında işletmeye alınmıştır. Japonya’daki planlamalara benzer planlamalar biz de de yapılabilirdi. Üzerinde çalışılması durumunda mevcut ardışık barajlardan uygun olanlarının Karışık PDHES olarak revize edilmesi bile mümkün olabilir. Örnek olarak, Akkuyu Nükleer Santraline kuş uçuşu 200 km mesafede ve en yakın barajlardan biri olan Oymapınar Barajının gerek Karışık PDHES olarak, gerekse Saf PDHES olarak çalışılabilir.

2.2. YAPILIŞ AMAÇLARINA GÖRE PDHES

Yapılış amaçlarına göre PDHES’leri Pik Güç Santralleri ve Enerji Depolama Santralleri olarak 2 gruba ayırmak mümkündür.

2.2.1 PİK GÜÇ SANTRALİ OLARAK PDHES’LER

Bu tip PDHES’ler; kolayca durdurulabilir ve kısa zamanda tam yüke çıkabilme özelliği nedeni ile yenilenebilir enerji kaynaklarından önce pik güç santrali olarak planlanmıştır.

2.2.2 ENERJİ DEPOLAMA SANTRALLERİ OLARAK PDHES’LER

Son dönemlerde yenilenebilir enerji kaynaklarına olan talebin giderek artması ve bu kaynaklara dayalı tesislerin şebekede yeterince bulunması bu kaynaklara (başta rüzgar ve güneş) dayalı enerji üretimlerinin depolanmasını gündeme getirmiştir. Dünyada bilinen enerji depolama yöntemleri içerisinde PDHES payı %99’lar civarındadır [4].

2.3. ENERJİLENDİRİLMİ DURUMUNA GÖRE PDHES

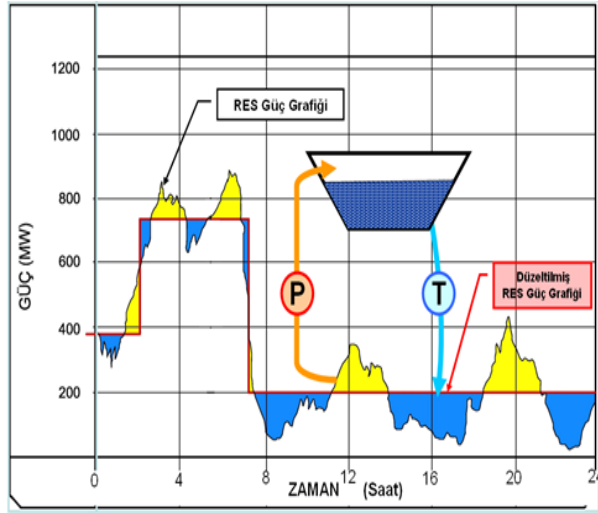
Enerjilendirilme durumuna göre PDHES'leri Şebeke Destekli PDHES ve Şebeke Desteksiz PDHES'ler olarak ikiye ayırabiliriz.

2.3.1. ŞEBEKE DESTEKLİ PDHES

Her pompaj depolamalı hidroelektrik santral suyu alt rezervuardan üst rezervuara pompalamak için enerjiye ihtiyaç duyacaktır. Enerjisini ulusal şebeke sisteminden alıyorsa buna "Şebeke Destekli PDHES" denir. Saf PDHES'ler ve Karışık PDHES'ler enerjilerini ulusal şebeke sisteminden alırlar.

2.3.2. ŞEBEKE DESTEKSİZ PDHES

İsminden de anlaşılacağı üzere pompalamak için kullanılan enerjiyi doğrudan ulusal şebeke sisteminden almazlar. Rüzgar enerji santrallerinin (RES) şebekeye düzgün güç verebilmesi için Şekil-5'te prensip şeması verilen RES ile PDHES'ten oluşan HİBRİT sistem görülmektedir. Bu sistemde RES'ler doğrudan şebekeye bağlanmak yerine şebekeden bağımsız çalışır ve PDHES ile oluşturulan Hibrit sistemin oluşturduğu ortak baradan şebekeye bağlanarak şebekeye düzgün güç verirler.



Şekil 5. PDHES - RES hibrit çalışma prensip şeması

3. PDHES'LERİN DÜNYADA VE TÜRKİYE'DEKİ DURUMU

İlk pompaj depolamalı sistem kullanımı 1890'larda İtalya ve İsviçre'dedir. PDHES'lerin dünyadaki durumuna bakıldığında; yaklaşık olarak 135000 MW'ın üzerinde kurulu güç ile 39 ülkede işletmededir. Bu ülkeler arasında 25000 MW'lık kurulu güç ile Japonya ilk sırada yer almaktadır. Bu güç Japonya'nın toplam kurulu gücünün yaklaşık %10'una karşılık gelmektedir. Çin'in PDHES potansiyeli hızla artmakta ve yakın gelecekte dünya ülkeleri arasında ilk sırayı alması beklendiği ifade edilmektedir. Elektrik enerjisinin %99'unu hidrolik kaynaklardan elde eden Norveç'te yaklaşık 1300 MW kurulu güçte PDHES işletmededir. Ülkemizin hidrolik kaynaklarının tamamının işletmeye alınmadığı gerekçesi ile PDHES planlamalarına karşı çıkanların Norveç örneği dikkate alındığında bu görüşlerinin doğru olmadığı görülmektedir. Kaldı ki hidrolik kaynaklarımızın tamamen işletmeye alındığını kabul etsek bile bu potansiyel 2020 yılı itibari ile enerji ihtiyacımızın yaklaşık %30'unu karşılamaktadır. PDHES'ler gelişmiş ülkelerin yanı sıra gelişmekte olan ülkelerde de planlanmakta ve işletmede olduklarını görüyoruz. 2014 yılı rakamları ile dünya genelindeki PDHES kurulu gücü 175.000 MW civarındadır. Bu güç giderek artış göstermektedir. Tablo 2'de Dünyadaki PDHES'lerin ülkelere göre dağılımı verilmiştir.

Tablo 2. Bazı Ülkelerin PDHES Kurulu Gücü (MW) [5]

Ülke	PDHES Kurulu Gücü (MW)	Ülke	PDHES Kurulu Gücü (MW)
Çin	33.199	Portekiz	3.547
Japonya	28.652	İngiltere	3.428
Amerika	26.645	Ukrayna	3.173
İspanya	7.903	G.Afrika	2.912
İtalya	7.485	Tayvan	2.608
Hindistan	6.772	Avusturalya	2.542
Almanya	6.688	Rusya	2.196
İsviçre	6.427	Tayland	1.391
Fransa	5.894	Bulgaristan	1.052
G.Kore	4.700	İran	1.040
Avusturya	4.820	Norveç	967

Rüzgar ve güneşe dayalı enerji tesislerinin sistem içerisindeki büyüklüğü arttıkça bu santrallerin sistem içerisindeki oluşturacağı sorunları azaltmak için PDHES'lere ihtiyaç vardır. Rüzgar ve Güneş santrallerinin güç grafiklerini incelediğinizde bunun ne anlama geldiği daha net anlaşılacaktır. mevcut. Gelişmiş ve gelişmekte olan Nükleer santrale sahip tüm ülkelerde (Ermenistan hariç) PDHES'leri olduğu görülmektedir. İran'da 1000 MW kurulu gücündeki nükleer santralden önce, 1040 MW'lık bir PDHES devreye girmiştir.

Türkiye 88,000 MW'lık bir rüzgar enerjisi potansiyeline sahiptir [6]. Rüzgardan üretilen elektriksel gücün değişken ve kararsız karakterli olması sebebiyle bu potansiyelin tamamının doğrudan enterkonnekte elektrik

şebekesine bağlanarak kullanılması, mevcut elektrik şebekesi şartlarında mümkün değildir. Son yıllarda yapılan RES'lerin elektrik şebekelerine bağlantı sorunlarını inceleyen çalışmalar büyük ölçekte rüzgar enerjisinin elektrik şebekesinde kullanılabilmesi için enerji depolama sistemlerine ihtiyaç duyulacağını ortaya koymuştur [7]. Şu an itibari ile ülkemizde Eskişehir Gökçekaya PDHES üzerinde fizibilite çalışmaları devam etmektedir. Gelecek on yıl içinde, PDHES'lerin dünya çapındaki pazarı her zamankinden daha hızlı büyüyeceği tahmin edilmektedir. 2020 yılına kadar yaklaşık 70.000 MW civarında yeni PDHES' in devreye gireceği tahmin edilmektedir [6].

Türkiye'de bugüne kadar enerjinin depolanması konusuna gereken önem verilmemiştir. Puant talebin karşılanmasında barajlı hidroelektrik santrallerin yetersiz kalmaları halinde devreye girmesi hedeflenen pompaj depolamalı hidroelektrik santral projeleri geliştirme çabasında olan mülga Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE), 2009 – 2013 Strateji Planı kapsamında belirtilen hedefler yeniden gözden geçirilmelidir. Bu projeler hakkında kısa bilgiler aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 3. Mülga EİE Genel Müdürlüğünün PDHES Projeleri [6].

Proje Adı	Yer	Kurulu Güç (MW)	Proje Debisi (m ³ /s)	Düşü (m)
Kargı PDHES	Ankara	1000	238	496
Sarıyar PDHES	Ankara	1000	270	434
Gökçekaya PDHES	Eskişehir	1600	193	962
İzник-I PDHES	Bursa	1500	687	255
İzник-II PDHES	Bursa	500	221	263
Yalova PDHES	Yalova	500	147	400
Demirköprü PDHES	Manisa	300	166	213
Adıgüzel PDHES	Denizli	1000	484	242
Burdur Gölü PDHES	Burdur	1000	316	370
Eğridir Gölü PDHES	Isparta	1000	175	672
Karacaören-II	Burdur	1000	190	615
Oymapınar PDHES	Antalya	500	156	372
Aslantaş PDHES	Osmaniye	500	379	154
Bayramhacılı	Kayseri	1000	720	161
Yamula PDHES	Kayseri	500	228	260
Hasan Uğurlu	Samsun	1000	204	570

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Mevcut hidroelektrik potansiyelimizin yaklaşık 40.000 MW civarında olduğu ifade edilmektedir. Bu potansiyelin yarısı işletmede ve inşa edilmekte olduğu kabul edilirse hiç olmazsa geleneksel hidroelektrik projelerimizin kalan diğer yarısının uygun olanları "Karışık PDHES" olarak planlanmalı ve bu konuda gerekli yasal düzenleme de ivedilikle yapılmalıdır. Bugünkü puant gücümüz 36.000 MW, Rüzgar Enerji Santrali (RES) kurulu gücümüz 3,762.5 MW yani RES, puant gücün % 9,5'i kadar. 2023 yılında puant gücümüzün 80.000 MW olduğunu ve RES gücümüzün de 20.000 MW olduğu dikkate aldığımızda RES gücü, puant gücün %'25'i olacaktır. Bu gücü doğrudan şebekeye bağlayarak PDHES olmaksızın yönetmek mümkün değildir. Şu an itibari ile ülkemizde sadece Eskişehir Gökçekaya PDHES için fizibilite çalışmalarının yapıldığını görüyoruz. Hızla gelişmekte olan ülkemiz için bu alanda daha somut adımların atılmasının faydalı olacağı kanaatindeyiz.

KAYNAKÇA

1. Sick M., Schwab A., "Pumped storage as integrator of wind energy in the electrical grid" Hydro2005, Villach, Austria.
2. G. A. Kalauzi "Pumped Storage Proposal", Athens, Greece.
3. pompaj+depolamalı+hidroelektrik+santralleri&redircnt=1440708249.1, erişim 2015.
4. https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_energy_storage_projects, Erişim 2015.
5. <https://groups.yahoo.com/neo/groups/nuktegrubu/conversations/topics/3841>, erişim 2015.
6. Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü İlk Etüt Raporları, 2008.
7. Türkiye Elektrik Enerjisi 10 Yıllık Üretim Kapasite Projesiyonu Raporu (2008-2017), TEİAŞ.