



SPD Hidropolitik Akademi

2019

HİDROENERJİ RAPORU YEKDEM'e Kayıtlı HES'lerin Üretim Verimliliği



Dursun Yıldız

Su Politikaları Derneği

2019



HİDROENERJİ RAPORU

YEKDEM'e Kayıtlı

HES'lerin

Üretim Verimliliği

Temmuz 2019

RAPOR NO: 2019-2

Raporun Adı: HİDROENERJİ RAPORU-YEKDEM'e Kayıtlı HES'lerin Üretim Verimliliği

Raporu Yazarlar: Dursun Yıldız¹
Dr..Doğan Yıldız²
Hamza Özgüler³

¹DSİ Daire Başkan Yrd (E)
İnşaat Müh. Su Politikaları Uzmanı
TEMA Bilim Kurulu Üyesi

² Dr. Öğretim Üyesi Yıldız Teknik
Üniversitesi İstatistik Bölümü

³Meteoroloji Yük Müh.
Hidrolojist. DSİ Şube Müdürü (E).

RAPOR HAKKINDA

SPD olarak ülkemizin yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarından olan Hidroelektrik Enerji kaynağımızın çevreye duyarlı, planlı ve en verimli bir şekilde geliştirilmesinden yanayız. Bunun için bugüne değin yaptığımız çalışmaları sürdürüyoruz.

Su Politikaları Derneği (SPD) olarak hazırladığımız bu raporla ;

- Mevcut durumu tespit ettik,
- Bilgiye dayalı analiz ettik,
- Bugünkü durum ve gelecek için bazı öneriler getirdik.

SPD olarak amacımız ;

Ülkemizin yerli ve yenilenebilir enerji kaynağı olan su kaynaklarımızı kullanan HES'lerde

- İşletmede olanların üretim verimliliğinin arttırılmasına,
- Halen geliştirilmeyi bekleyen su potansiyelimizin daha planlı, verimli ve çevreye duyarlı bir şekilde geliştirilmesine,
- Hidroenerjide havza ölçeğinde üretim maksimizasyonunun sağlanmasına,
- Bugün ve gelecekte enerji üretiminin çevreye duyarlı olarak yapılmasına
Katkıda bulunmaktadır.

Bu amaca yönelik olarak; Enerjide havza ölçeğinde planlama ve işletme çalışması yapılmasına, projelerin mühendislik hidrolojisinin önemine ve iklim değişiminin su-enerji ilişkisi üzerinde ve sektörel su tahsisleri konusunda oluşturacağı baskılara dikkat çekmek istedik,

Raporumuzun faydalı olmasını umuyoruz

Saygılarımızla

Dursun Yıldız

Başkan

İÇİNDEKİLER

1.YAPILAN ÇALIŞMANIN KÜNYESİ	5
2.TÜRKİYE’de ELEKTRİK SEKTÖRÜ	6
2.1 Türkiye’de Hidroelektrik Enerji’nin Tarihsel Gelişimi	6
2.2. Özel Sektörün Rezervuarlı, Nehir ve Kanal HES’leri Yapımı Süreci.....	8
2.3.4628 Sayılı Yasa Kapsamında Bugüne Kadar tamamlanan HES Projeleri.....	8
2.4.YEKDEM’den Faydalanan HES’ler.....	9
3. ARAŞTIRMADA KULLANILAN VERİLER	11
3.1.Nehir ve Kanal Tipi HES’ler.....	11
3.2.Rezervuarlı HES’ler	12
4. ARAŞTIRMADAN ELDE EDİLEN SONUÇLAR	12
4.1.Gerçekleşen Üretimin Planlanan Üretime Oranı	12
4.2 HES’lerin Kapasite Faktörü	14
4.2.1. Nehir ve Kanal Tipi HES’lerin Kapasite Faktörü.....	14
4.2.2. Rezervuarlı HES’lerin Kapasite Faktörü	15
4.2.3.Rezervuarlı HES’lerde Planlanan Üretimin Gerçekleşme Oranı.....	18
4.2.4. Nehir ve Kanal Tipi HES’lerde Planlanan Üretimin Gerçekleşme Oranı.....	18
4.2.5. 2018 yılında Türkiye Geneli İçin Hidroenerji Üretimi ve Kapasite Faktörleri.....	19
5.İKLİM DEĞİŞİMİNİN SU KAYNAKLARINA ETKİSİ PROJEKSİYONLARI.....	19
6. ELDE EDİLEN SONUÇLARIN BAZI DÜNYA ÖRNEKLERİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI.....	21
7.SONUÇ ,DEĞERLENDİRME ve ÖNERİLER	23
8.YARARLANILAN YAYINLAR	26

1.YAPILAN ÇALIŞMANIN KÜNYESİ ve BAZI SONUÇLARI

Bu raporda HES'lerin kapasite kullanımı için yapılan hesaplarda aşağıda verilen kriterler kullanılmış ve elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

1. Kullanılan tüm veriler (Kurulu Güç, Planlanan Üretim Miktarı, Üretilen Yıllık Elektrik Enerjisi) YEKDEM¹(Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması) tarafından her yıl yayınlanan “YEKDEM Kesin Listelerinden elde edilmiştir.
2. YEKDEM listelerindeki enerji tesislerinden Nehir ve Kanal Santralleri ve Rezervuarlı HES'ler değerlendirmeye alınmıştır.
3. YEKDEM listelerinde 2013, 2014 ve 2015 yıllarında sırasıyla sadece 44 adet, 14 adet ve 41 adet HES'in istatistiki verileri yer almaktadır. Bu nedenle bu çalışmada daha fazla HES verisinin yer aldığı 2016 yılından sonraki listeler kullanılmıştır².
4. Çalışmada 2015 yılından başlayarak 2016, 2017 ve 2018 yıllarında kesintisiz üretim yapmış olan 259 adet Nehir ve Kanal Tipi HES ve 41 adet Rezervuarlı HES'in kurulu güç, planlanan ve gerçekleşen üretim verileri kullanılmıştır.
5. 2019 yılının Nihai YEK Listesinde 463 adet HES tesisinin verileri bulunmasına rağmen bunlardan sadece 259 unun geçmiş 4 senelik sürekli üretim verisi bulunmaktadır. Rezervuarlı HES'lerde sadece 41 adedinin son 3 yıllık sürekli, üretim verisi mevcuttur.
6. EPDK verilerine göre 2018 yılı sonu itibariyle ülkemizdeki depolamasız akarsu HES Kurulu gücü 7748 MW, HES sayısı ise 510 dur. Bu durumda yaptığımız inceleme işletmedeki tüm Hidrolik Akarsu HES'lerinin kurulu gücünün %60'ını kapsamıştır. Üretilen elektrik enerjisi itibariyle de bu oran %59 olmuştur.
7. Üzerinde çalışılan 259 Nehir ve Kanal tipi HES'in kurulu güç ortalaması 17 MW 'tır
8. Üzerinde çalışılan Nehir ve Kanal tipi HES'lerin arasındaki maksimum kurulu güç :142 MW, minimum kurulu güç ise 0,63 MW dır.
9. İncelenmiş olan Nehir ve Kanal tipi HES'lerin %64'ü sırasıyla Doğu Karadeniz, Dicle Fırat, Ceyhan, Yeşilırmak ve Çoruh Nehir Havzalarında yer almaktadır.

¹ YEKDEM ile Devlet, yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim faaliyeti gösteren üretim lisansı sahibi tüzel kişilerin bizzat ve LÜY (Lisanssız Elektrik Üretimi Yönetmeliği) kapsamında yenilenebilir enerji kaynaklarından üretim yapan kişilerin bölgelerinde buldukları görevli tedarik şirketleri aracılığıyla faydalanabileceği fiyatlar, süreler ve bunlara yapılacak ödemelere ilişkin teşvik edici bir ortam hazırlamayı hedeflemektedir.

² Kullanılan yıllık YEK listelerinde bir önceki yıla ait üretim verileri yer almaktadır.

10. Bu araştırmada dikkate alınan 4 yıl (2015-2018) içerisinde üretimin yüksek olduğu 2017 yılında sadece 33 adet Nehir ve kanal Tipi HES (Toplam 590 MW) planlanmış olan üretimden daha fazla üretim gerçekleştirmiştir
11. Bu araştırmada incelenen 259 Nehir ve Kanal Tipi HES'in 26 adedi (394 MW) 2017 yılında planladıkları üretim değerine çok yaklaşmıştır (%95).
12. İncelenen Nehir ve kanal Tipi HES'ler arasından 200 adedi ise üretmeyi planladıkları enerjinin çeşitli oranlarda altında üretim yapmıştır.
13. İncelenen 259 adet Nehir ve Kanal Tipi HES'in hesaplanan 4 yıllık kapasite faktörlerinin ağırlıklı ortalaması %29 olmuştur.
14. İncelenen 41 adet Rezervuarlı HES'in dört yıllık ortalama kapasite faktörü ise %27 olmuştur.
15. Yukarıda verilen her iki Kapasite Faktörü değeri de literatürdeki bölgesel ve ülkesel ortalama değerlerinin oldukça altındadır.
16. Yağışların az olduğu bir dönem olan 2015 yılında, nehir ve kanal tipi santrallerin yanısıra rezervuarlı HES'ler de planladıkları üretimin ancak yarısına ulaşabilmiştir.

2. TÜRKİYE'DE ELEKTRİK SEKTÖRÜ

Türkiye'de ilk elektrik üretimi Tarsus'ta, 60 kW güçteki bir hidroelektrik santralle başlamıştır. 1930 yılından sonra elektrik enerjisi aydınlatma dışında da kullanılmaya ve kendi elektriğini kendileri üreten büyük sanayi kuruluşları gelişmeye başlamıştır. İhtiyaçlarını karşılamak için kendi santrallerini tesis eden Karabük, Demirelik, Sümerbank ve İzmit Seka bu kapsamda sayılabilir. 1980'li yıllarda özelleştirmeyle ilgili Dünya'daki gelişmeler, Türkiye'yi de etkilemiştir. Öncelikle "Gelir Ortaklığı Senedi" ile hisse senedi çıkarılması ve "İşletme Hakkı" verilmesi hüküm altına alınmıştır. Bu gelişmelerin sonunda 4 Aralık 1984 tarihinde, 3096 sayılı Yasa ile "TEK Dışındaki Kuruluşların Elektrik Üretimi, İletimi, Dağıtım ve Ticareti ile Görevlendirilmesi Hakkında Kanun" ile yasal düzenleme yapılmıştır. Bu konunun 14 yılda tam olarak uygulandığını söylemek mümkün değildir. 12.08.1993'de ve 93/4789 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı ile TEK, iki ayrı Anonim şirket olan TEAş ve TEDAş olarak yapılanmıştır. TEDAş 1995 yılından itibaren 7 adet Bağlı Ortaklığı ve Dağıtım Müesseselerine dönüştürülmüştür. Bu arada 1989 yılında AKTAş Elektrik A.ř. ile Kayseri ve Civarı Elektrik A.ř. 3096 Sayılı Kanun'a göre sözleşme imzalamıştır. Daha sonra elektriğin üretim, iletim, dağıtım ve ticareti konusunda yeni yapılanmaya gidilmiş ve yeni şirketler kurulmuştur. Halen Elektrik Üretim A.ř. (EÜAş), Türkiye Elektrik İletim A.ř. (TEİAş), Türkiye Elektrik Dağıtım A.ř. (TEDAş) ve Türkiye Elektrik Ticaret A.ř. (TETAş) şirketleri bu hizmetleri sürdürmektedir.

2.1 Türkiye'de Hidroelektrik Enerjinin Tarihsel Gelişimi (3).

Anadolu'da ilk baraj, Hititler tarafından MÖ. 1300 yılında inşa edilmiştir. Urartular MÖ. 1000 yılında Van ilinde iki önemli hidrolik yapı tertip etmiştir. Bu sistemin bazı bölümleri hala kullanılmaktadır. Dara Barajı, Anadolu'da Mardin ili yakınlarında altıncı yüzyılda kurulmuştur ve bu baraj dünyadaki ilk ince kemer tipli baraj olarak kaydedilmiştir. Osmanlılar zamanında İstanbul'da

inşa edilen su taşıma sistemlerinin ve barajların bazıları hala kullanımdadır. 1923 yılında Türkiye Cumhuriyeti'nin kuruluşundan sonraki ilk baraj Çubuk-1 Barajıdır. Bu baraj, Türkiye'nin başkenti Ankara için içme suyu temini maksatlı 1930 ve 1936 yılları arasında yapılmıştır. II. Dünya Savaşı'nın sonuna kadar baraj yapımında sulama maksatlı inşa edilen bazı düşük barajların haricinde hiçbir ciddi bir aktivite gözlemlenmemiştir. İlk hidroelektrik üretim 1902 yılında Tarsus'ta küçük ölçekli hidroelektrik santral ile başlamıştır. Büyük ölçekli ilk güç santrali ise 1913 yılında İstanbul'da inşa edilmiştir. 1933'te Hidroelektik enerji ile işleyen aydınlatma ve elektrik şebekesi ilk kez Ödemiş'te kurulmuştur. 1935 yılında elektrik üretimi ile ilgili birkaç devlet kuruluşu tesis edilmiştir. Türkiye Cumhuriyeti kurulduğu zamanki toplam kurulu kapasitesi 29.66 MW ve bu yıllardaki yıllık üretimi ise 45 GWh mertebesindeydi. Elektrik yalnızca İstanbul, Adapazarı ve Tarsus'ta elde edilebilmekteydi. Modern Türkiye için baraj yapım programı, yalnızca sulama ve hidroelektrik üretimi için değil aynı zamanda büyük şehirlerdeki nüfusun içme suyu temini için de bir zorunluluk taşımaktaydı. 1932 yılında Türkiye'nin enerji talebini belirlemek ve su kaynaklarının hidrolik potansiyellerini ve diğer enerji kaynaklarının potansiyellerini geliştirmek için araştırma ve incelemeler yapmak maksadıyla EİE kurulmuştur. Bu süreçteki önemli projeler; Seyhan, Sarıyer, Hirfanlı, Kesikköprü, Demirköprü ve Kemer Barajları ve Hidroelektrik Santralleri'dir.

1940 yılı itibariyle toplam enerji üretiminin %3,2'sine sahip olan 28 hidroelektrik santral mevcuttur. Etibank ve İller Bankası küçük hidroelektrik santrallerinin inşasını ve köy ve kasabaların elektrikleştirilmesini amaçlamıştır. 1950 yılında toplam kurulu kapasitenin 408 MW'a ulaştığı zamanki toplam 18 MW kurulu kapasiteli hidroelektrik santrallerin payı yalnızca %4,4 idi. Ancak, 1954 yılında DSİ'nin kurulmasından sonra hidroelektrik kapasitesi 10 yıl içinde toplam enerji üretiminin %44'ünden sorumlu olan 412 MW (toplam kurulu kapasitenin %34'üne eşdeğer) değerine ulaşmıştır. 1950-1969 dönemi hidroelektrik santrallerin DSİ, İller Bankası, Etibank ve Sümerbank tarafından inşa edildiği süreçtir. Bu dönemin özelliği, DSİ ve devlet kuruluşlarının beraberce çalışması, enterkonnekte sisteme geçilmemiş olması, İller Bankasınca Belediyelere yönelik öncelikle aydınlatma amaçlı, imkân var ise küçük hidroelektrik, yok ise dizelli veya kömürlü termik santrallerin kurulduğu bir dönem olmasıdır. 1970 yılında Türkiye Elektrik Kurumu'nun (TEK) kurulmasıyla İller Bankası, Etibank ve belediyeler gibi resmi kuruluşların elektrik santralleri inşası dönemi kapanmıştır.

DSİ ise kuruluş yasasının verdiği görev ve imkân ile hidroelektrik santral inşaatını sürdürmüş ve sürdürmektedir. TEK Genel Müdürlüğünce 1970-1990 döneminde enterkonnekte sistem yurdun tamamına yayılmış ve tüm köyler elektriğe kavuşturulmuştur. Bu süreçte hidroelektrik santraller DSİ ve İmtiyazlı Şirketlerce inşa edilmiştir. Kısaca YİD diye adlandırılan Yap-İşlet-Devret modeli ile özel sektöre elektrik üretimi imkânı sağlayan 3096 sayılı yasa 1984 yılında çıkartılmış ve YİD modeli HES dönemi 1991 yılında işletmeye alınan HES'ler ile başlamıştır. 1991-2003 yılları arasında kapsayan süreçte hükümetler arası ikili iş birliği çerçevesinde kredili olarak DSİ'ce baraj ve HES inşa ettirilmesine başlanılmış ve "Karkamış Barajı ve HES" 1999 yılında devreye alınmıştır. 2001 yılı başında "Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu" kurulmuş ve ülkemizde hidroelektrik de dahil olmak üzere elektrik üretimi, iletimi ve dağıtımı için yeni bir dönem başlamıştır. İmtiyazlı HES'ler dönemi, Uzanlar yönetimindeki ÇEAŞ ve KEPEZ'e devletçe el konulmasıyla son bulmuştur (Kayseri ve civarı Elektrik A. Ş. hariç) (Basmacı, 2004). 2003-2005 ve sonrası için, Serbest (rekabetçi) Piyasa Dönemi, özel sektörün beklentileri ve ısrarları sonucunda 2003 yılında yürürlüğe giren "Su Kullanım Yönetmeliği ve 2005 yılında çıkarılan 5346 sayılı "Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun (YEK) ile birlikte su kullanım hakkı anlaşmasıyla beraber, özel sektörün yapacağı HES'lerden elektrik üretip satabilme serbestliği de getirilmiştir. Sonraki süreçte, Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanunda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun'un 8 Ocak 2011 Tarihli Resmî Gazete yayımlanarak yürürlüğe girmesiyle ve Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu

tarafından yayınlanan Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik üretimine ilişkin yönetmelikle birlikte, Türkiye’de nehir ve kanal santrallerinin özel sektör tarafında inşa edilmesi ve işletilmesinin önu açılmış oldu.

2.2.Özel Sektörün Rezervuarlı, Nehir ve Kanal HES’leri Yapımı Süreci

Ülkemizin topografik ve hidrojeolojik yapısı ve bazı yörelerdeki yağış yoğunluğu büyük su gücü potansiyeli yanında, küçük hidroelektrik güç potansiyelinin de yaygın olarak bulunmasına olanak sağlamıştır. Türkiye’de küçük hidroelektrik santrallerin gelişimi 1902 yılında başlamıştır. Bu tarihten itibaren, ülkenin pek çok bölgesinde hükümet birimleri, özel sektör ve yerel belediyeler tarafından çok sayıda küçük HES inşa edilmiştir ancak, günümüze kadar enerji tüketimi alanındaki hızlı artışın bir sonucu olarak, Türkiye ekonomisine maksimum enerji temin etmek ve artan enerji talebini karşılamak amacıyla öncelik büyük ölçekli HES projelerinin gelişimine verilmiştir. Son otuz yıl süresince küçük HES kapasitesindeki ortalama yıllık artış %5-%10 civarındadır. “Elektrik Piyasası Kanunu”nun yürürlüğe girdiği Mart 2001 tarihinden önce 3096 sayılı yasa kapsamındaki projeler hariç, içme- kullanma suyu temini, sulama, enerji, taşkın koruma ve drenaj gibi her türlü amaca yönelik su ile ilgili bütün projeler ilk etüt aşamasından işletmeye kadar her kademedede DSİ’nin sorumluluğu alanındaydı. İnşaat tamamlandıktan sonra santralin işletmesi devir protokolüyle uzman kuruluş olan Elektrik Üretim Anonim Şirketine (EÜAŞ) devredilmekteydi. 4 Ağustos 2002 tarihinde “Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği” ve 26 Haziran 2003 tarihinde “Su Kullanım Anlaşması Yönetmeliğinin” yürürlüğe girmesiyle birlikte, EPDK (4628 s.k) gereğince DSİ ve EİE tarafından 2003 yılına kadar çeşitli kademelerde geliştirilmiş olan bütün HES projeleri DSİ tarafından internet sayfasında yayımlanarak yatırım için özel sektörün başvurusuna açılmıştır. Kamunun geliştirdiği bu projelerin dışında, tüzel kişiler tarafından HES projeleri geliştirilerek, yatırım istemiyle DSİ’ye önerilebilmektedir. Bu tür projeler de yine DSİ internet sitesinde yayınlanarak bir ay boyunca diğer yatırımcıların da tekliflerine açılmaktadır. Bu aşamadan sonra EPDK’dan lisans alınması için, bir dizi koşul ve kurallar uygulanılarak girişimde bulunanlardan istenmektedir.

Özellikle 1950-1990 yılları arasında ülke politikası gereği havzalardaki çok amaçlı, büyük ve verimli Projelere öncelik tanınmış ve bir program çerçevesinde bu projelerin önemli bir bölümü devlet eliyle hayata geçirilmiştir. Yerli özel sektör firmaları, 90’lı yıllarda daha çok küçük ölçekli projeleri tercih etmiştir. Son yıllarda enerjide dışa bağımlılığın önemli ölçüde artması ve bu bağımlılığın arz güvenilirliğini tehlikeye sokması, bunun yanında cari açık sorunu nedeniyle yerli kaynaklara bir yönelim başlamıştır. 2005 yılında çıkartılan 5346 sayılı “Yenilenebilir Enerji Teşvik Kanunu” (Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun) ile yenilenebilir enerji kaynaklarına özel sektör ilgisi artırılmış yeni yapılan projelerle birlikte HES’lerin kurulu güç olarak payı da artmıştır (5).

2.3.4628 Sayılı Yasa Kapsamında Bugüne Kadar tamamlanan HES Projeleri

Günümüz itibariyle 4628 Sayılı Elektrik Piyasası Kanunu Çerçevesinde özel sektörde lisans alınarak gerçekleştirilmiş olan Akarsu HES projeleri toplam kurulu güç içinde %9,32 paya sahiptir(4).

Ancak ülkemizde “Su Kullanım Hakkı Anlaşması” yapılması ile HES’lerin planlama projelendirme, ÇED Raporu ,inşaat denetleme ve işletme süreci sorunlu geçmiştir.

4628 Sayılı Elektrik Piyasası Kanunu ardından Hidroelektrik santrallerin projelendirilmesi, yapım

süreci ve işletilmesi süreciyle ilgili birçok yasa ve yönetmelik çıkarılmıştır ve günümüzde de halen çıkarılmaktadır. 2005’den günümüze kadar işletmeye alınan HES’lerin bir bölümü gerekli teknik incelemeler, ölçümler ve proje hidrolojisi hesapları açısından bazı eksiklikler taşımaktadır. Ayrıca HES’lerin kurulduğu akarsu ve çevresinde doğal yaşamın ihtiyacı olan suyun hesaplarında ve denetiminde de bazı sorunlar yaşanmıştır.

Akarsu boyunca sosyal, ekonomik ve ekolojik sürdürülebilirliğin (doğal hayatın devamının) sağlanabilmesi için HES’lerden can suyu bırakılmasına ilişkin düzenleme, birçok HES’in hayata geçmesinden sonra ilgili yönetmeliğe eklenmiştir. Bu durum bazen, ” can suyu” uygulaması dikkate alınmadan tasarlanmış bir projede, üretimde kapasitenin altına düşülmesi anlamına gelmektedir. Bazı durumlarda ise can suyu adı altında bırakılan miktar, ekolojik sistemin devamı için yetersiz kalmaktadır (5).

Tablo 1.Yürürlükte Olan/İptal Edilen HES Lisansları (5)

Üretim Lisansı Verileri			
Durum	Santral Sayısı	Kurulu Gücü (MWe)	Toplama Oranı (%)
İşletmede	584	27.131	56,25
Yapım Aşamasında	167	7.222	14,97
İptal Edilen	65	1.615	3,35
Lisansı Sonlandırılan	461	12.265	25,43
Toplam	1.277	48.233	100
Önlisans Verileri			
Ö.L. Yürürlükte	122	4.145	77,88
Ö.L. Değerlendirme	17	133	2,50
Ö.L. Sonlandırılan	103	1.044	19,62
Toplam	242	5.322	100

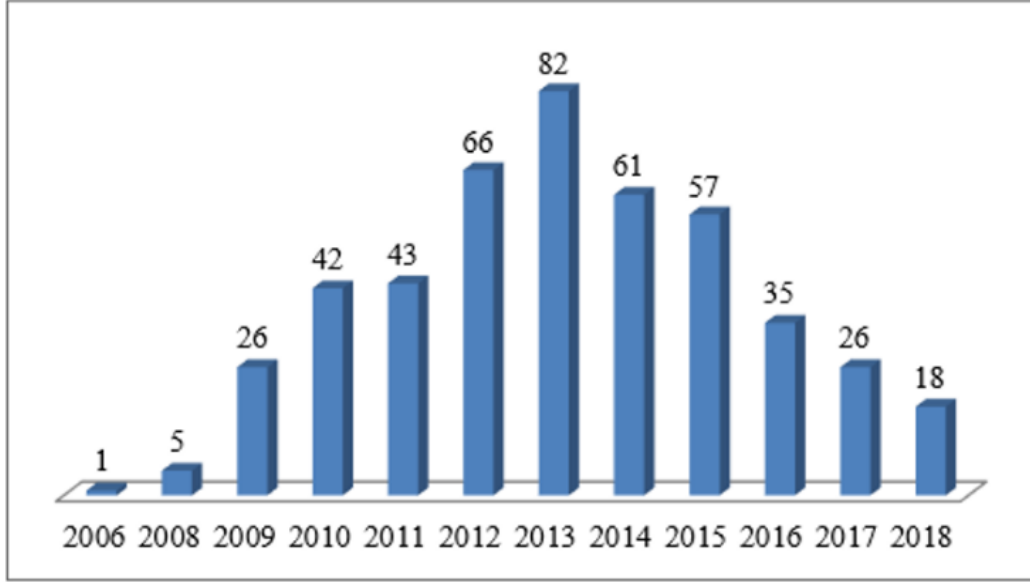
Tablo 1 incelendiğinde 2005 yılından bu yana üretim lisansı ve ön lisansı sonlandırılan yaklaşık 13 500 MW’lık HES projesi olduğu görülmektedir.Halen işletmede olan 7748 MW ‘lık Akarsu HES kapasitesi dikkate alındığında bunun yaklaşık iki katına yakın kurulu güce sahip santral projesinin üretim lisansı ve ön lisansının sonlandırıldığı ortaya çıkmaktadır. Bu projelerin ön lisans ve lisanslarının neden sonlandırıldığı incelenirse Lisanslı HES projeleri süreci ile ilgili bazı hususların daha iyi anlaşılabilmesine yardımcı olunabilir.

Hidroelektrik sektöründe geçmişten bugüne uzanan bazı sıkıntıların temelinde ,bu projelerin geliştirilmesi aşamasında havza ölçeğinde yapılması gereken su kaynakları ve enerji üretimi planlamasındaki bazı eksiklikler etkili olmuştur. (5).

2.4 YEKDEM’den Faydalanan HES’ler

Yenilenebilir enerji kaynaklarını destekleme mekanizması (YEKDEM) özellikle yenilenebilir kaynaklara dayalı santral kurulumunu cazip kılmak ve enerji kaynaklarında dışa bağımlılığı azaltmak amacı ile oluşturulmuştur. Özü itibarıyla yenilenebilir kaynaklara dayalı küçük elektrik üretim

tesislerine, teşvikli USD cinsinden fiyatlarla satın alma garantisi vermeye yönelik bir uygulama olarak düşünülmüştür. Ancak daha sonra yenilenebilir enerjiye dayalı elektrik üretimi yapan büyük kapasiteli pek çok santralin de yararlandığı bir uygulamaya dönüşmüştür. YEKDEM'den yararlanan HES'ler 2011 yılında 4 adet iken, 2019 yılında yararlanacak santral sayısı; 41 adedi rezervuarlı HES olmak üzere toplam 463'e ulaşmıştır.



Şekil 1. Yıllara Göre Faaliyete Geçen HES Sayısı

2019 yılı YEKDEM listesinde yer alan 463 HES'in 82 adedi 2013 yılında hizmete alınmıştır. 2013'e kadar işletmeye alınan HES sayısı düzenli olarak artarken, bu yıldan sonra giderek azalmıştır(Şekil 1).



3. ARAŞTIRMADA KULLANILAN VERİLER

3.1. Nehir ve Kanal Tipi HES'ler

Yapılan araştırmada YEKDEM'e kayıt yaptırmış olan Nehir ve Kanal tipi HES'lerle Rezervuarlı HES'lerin planlanan ve son 4 yılda gerçekleşen üretim verileri kullanılmıştır. Ancak santrallerin tümü YEKDEM'e her yıl sürekli olarak kayıt yaptırmadıklarından bunlar arasında son 4 yılda sürekli kayıt yaptırmış ve üretim değerleri mevcut olan 259 adet Nehir ve Kanal santrali ve 41 adet Rezervuarlı HES tesbit edilerek incelenmiştir.

Daha önce de belirtildiği gibi bu araştırmaya esas olarak Nehir ve Kanal tipindeki HES'lerin son dört yılda planlanan üretimlerini gerçekleştirme oranları ile kapasite kullanım faktörlerinin hesaplanması için başlanmış ancak bu arada Rezervuarlı HES'lerin kapasite faktörleri de incelenmiştir.

Tablo 1. 2018 yılı Kurulu Güç ve Santral sayısı Kaynak: TEİAŞ

YAKIT CİNSLERİ	31 AğUSTOS 2018 SONU İTİBARIYLA				
	KURULU GÜÇ	MW	KATKI	%	SANTRAL SAYISI ADET
FUEL-OİL + NAFTA + MOTORİN	294,0		0,3		11
YERLİ KÖMÜR(TAŞ KÖMÜRÜ + LİNYİT + ASFALTİT)	10.203,5		11,6		31
İTHAL KÖMÜR	8.793,9		10,0		11
DOğALGAZ + LNG	22.688,3		25,9		253
YENİLEN.+ATIK+ATIKISI+PIROLİTİK YAğ	622,5		0,7		99
ÇOK YAKITLILAR KATI+SIVI	697,1		0,8		22
ÇOK YAKITLILAR SIVI+D.GAZ	3.361,2		3,8		47
JEOTERMAL	1.163,6		1,3		41
HİDROLİK BARAJLI	20.503,5		23,4		117
HİDROLİK AKARSU	7.602,7		8,7		510
RÜZGAR	6.685,1		7,6		167
GÜNEŞ	31,9		0,0		4
TERMİK (LİSANSSIZ)	263,8		0,3		90
RÜZGAR (LİSANSSIZ)	57,3		0,1		68
HİDROLİK(LİSANSSIZ)	7,4		0,0		10
GÜNEŞ (LİSANSSIZ)	4.761,0		5,4		5.503
TOPLAM	87.736,8		100,0		6.984

Tablo 2.2017-2018 Yıllarında lisanslı kurulu gücün kaynak bazında gelişimi (4)

Kaynak Türü	2017 Değeri (MW)	Pay (%)	2018 Değeri (MW)	Pay (%)	2017-2018 Değişimi (%)
DOğAL GAZ	26.311,80	32,28	25.731,93	30,93	-2,20
BARAJLI	19.746,05	24,23	20.534,80	24,69	3,99
LİNYİT	9.267,12	11,37	9.597,12	11,54	3,56
İTHAL KÖMÜR	8.936,35	10,96	8.938,85	10,75	0,03
AKARSU	7.509,98	9,21	7.748,90	9,32	3,18
RÜZGAR	6.482,12	7,95	6.942,27	8,35	7,10
JEOTERMAL	1.063,73	1,31	1.282,52	1,54	20,57
FUEL OİL	702,77	0,86	709,21	0,85	0,92
TAŞ KÖMÜR	616,15	0,76	616,15	0,74	0,00
BİYOKÜTLE	439,72	0,54	590,92	0,71	34,39
ASFALTİT KÖMÜR	405,00	0,50	405,00	0,49	0,00
GÜNEŞ	17,90	0,02	81,66	0,10	356,19
NAFTA	4,74	0,01	4,74	0,01	0,00
LNG	1,95	0,00	1,95	0,00	0,00
MOTORİN	1,04	0,00	1,04	0,00	0,00
Genel Toplam	81.506,42	100,00	83.187,05	100,00	2,06

Kaynak: EPDK Raporu (4)

Tablo 3. 2017-2018 Yıllarında lisanslı elektrik üretiminin kaynak bazında gelişimi (4)

Kaynak Türü	2017 Değeri (GWh)	Pay (%)	2018 Değeri (GWh)	Pay (%)	2017-2018 Değişimi (%)
DOĞAL GAZ	108.837,19	37,20	91.227,14	30,88	-16,18
İTHAL KÖMÜR	51.172,22	17,49	62.949,64	21,31	23,02
BARAJLI	41.269,59	14,10	40.961,45	13,86	-0,75
LİNYİT	40.581,02	13,87	45.055,29	15,25	11,03
RÜZGAR	17.859,86	6,10	19.891,37	6,73	11,37
AKARSU	17.124,40	5,85	18.975,98	6,42	10,81
JEOTERMAL	5.969,48	2,04	7.611,58	2,58	27,51
TAŞ KÖMÜR	3.453,87	1,18	3.005,55	1,02	-12,98
ASFALTİT KÖMÜR	2.394,64	0,82	2.328,50	0,79	-2,76
BİYOKÜTLE	1.939,72	0,66	2.410,00	0,82	24,24
MOTORİN	1.008,83	0,34	0,98	0,00	-99,90
FUEL ÖL	957,86	0,33	957,98	0,32	0,01
GÜNEŞ	24,56	0,01	65,56	0,02	166,97
LNG	2,20	0,00	1,12	0,00	-48,83
Genel Toplam	292.595,42	100,00	295.442,15	100,00	0,97

Kaynak: EPDK Raporu [4]

Tablo 1,2 ve 3 de verilen TEİAŞ ve EPDK verilerine göre 2018 yılı sonu itibariyle ülkemizdeki depolamasız akarsu HES kurulu gücü 7748 MW, HES sayısı ise 510 dur. Bu durumda yaptığımız inceleme işletmedeki tüm Akarsu HES'lerinin toplam kurulu gücünün %60'ını kapsamıştır. Üretilen elektrik enerjisi itibariyle de bu oran %59 olmuştur.

3.2. Rezervuarlı HES'ler

Çalışmada YEKDEM'e kayıtlı 259 adet Nehir ve Kanal tipi HES'in yanısıra, YEKDEM'den elde edilen aynı tablolarda "Rezervuarlı" ibaresiyle yer alan 41 Adet HES'in verimlilikleri de incelenmiştir.

3.3. Türkiye'nin HES Potansiyeli

DSİ Genel Müdürlüğünün 2018 Yılı Faaliyet Raporuna göre (15), Türkiye'de 2018 yılı sonu itibarıyla işletmede olan 644 adet Hidroelektrik santralin toplam kurulu gücü 28.423 MW ve ortalama yıllık Üretimi ise 99,1 milyar kWh olup, bu değer toplam geliştirilen potansiyelin yaklaşık %55'ine karşılık gelmektedir. Aynı Kaynakta Türkiye'nin HES Potansiyel Durumu aşağıdaki tabloda verilmiştir. Bu tabloya göre Türkiye üretim olarak hidroenerji potansiyelinin yaklaşık üçte ikisini geliştirmiştir. Halen inşaat halinde 55 HES bulunmakta olup 554 adet HES'in inşaatına henüz başlanmamıştır. Bu veriler Hidroenerji potansiyelimizin daha verimli ve çevreye duyarlı bir şekilde geliştirilmesi konusunda çalışmalar yapılması gerektiğini ortaya koymaktadır.

HES POTANSİYEL DURUMU				
Potansiyel	HES Adedi	Toplam Kurulu Kapasite (MW)	Ortalama Yıllık Üretim (GWh/yıl)	Oran (%)
İşletmede	644	28.423	99.051	62
İnşaat Halinde	55	4.370	13.427	8
İnşaatına Henüz Başlanmayan	554	15.387	46.907	29
Toplam	1.253	48.180	159.385	100

Not: Tüzel kişiler tarafından geliştirilen projeler (Tablo-3) dâhildir.

4. ARAŞTIRMADAN ELDE EDİLEN SONUÇLAR

4.1.Gerçekleşen Elektrik Enerjisi Üretiminin Planlanan Üretime Oranı

Bu çalışmada öncelikle 259 adet Nehir ve Kanal Tipi HES'ler için planlanan ve son 4 yılda gerçekleştirilen elektrik üretim miktarlarının oranları hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4.Nehir ve Kanal Santrallerinde planlanan üretimin son 4 yıldaki gerçekleşme oranları

YILLAR	İncelenen HES Sayısı	Toplam Kurulu Güç MW	Planlanan Toplam Enerji kWh	Üretilen Toplam Enerji kWh	Planlanan üretimin Gerçekleşme Oranı %
2015	259	4490	16.550.761.799	7.531.244.000	% 45
2016	259	4490	16.550.761.799	12.274.556.000	% 74
2017	259	4490	16.550.761.799	12.275.536.000	% 74
2018	259	4490	16.550.761.799	11.302.221.883	% 68

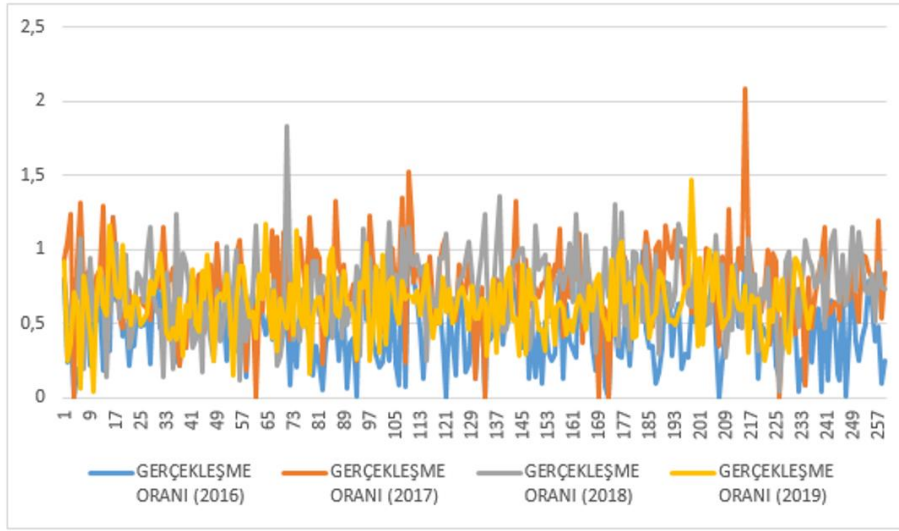
İncelenen 259 HES'in Lisanslarına derç edilen,bir diğer deyişle planlanan yıllık enerji üretimlerinin toplamı yaklaşık 16.550.761.799 kWh iken 2015 yılında 7.531.244.000 Kwh,2016'da 12.274.556.000 kWh, 2017'de 12.275.536.000 kWh ve 2018'de 11.302.221.883 kWh elektrik enerji üretilmiştir. Bu durumda planlanan ve EPDK'ya üretileceği bildirilen enerjinin 2015 den bu yana sırasıyla %45'i, %74'ü,%74'ü ve %68'i ancak üretilebilmiştir. Bu durumda son 4 yılda 259 HES'de planlanandan ortalama %35 daha az enerji üretilmiştir. Yüzdeler dilimlere göre 2015, 2016,2017 ve 2018 yıllarında planlanan ve üretilen enerjilerin son dört yıllık değişimi Tablo 5 de verilmiştir.

Tablo 5.Yüzdeler dilimlere göre incelenen HES'lerde planlanan ve üretilen enerjilerin son dört yıllık değişimi

Üretim Yılı	Planlananın %25'ine kadarını üreten HES'ler		Planlananın %26- %50 sini Üreten		Planlananın %51-%75'ini Üreten		Planlananın %76-%95'ini Üreten		Planlanana yaklaşan ve üstünde üretim yapan HES'ler. (%96 ve üstü)	
	MW	Sayı	MW	Sayı	MW	Sayı	MW	Sayı	MW	Sayı
2015	782,59	54	1829,68	90	1273,96	81	498,30	28	97,92	6
2016	216,90	13	471,75	21	1415,40	99	1724,10	81	649,30	45
2017	78,06	10	626,95	44	1761,90	92	1176,72	65	845,59	48
2018	88,25	8	801,96	57	2084,10	115	1361,60	65	280,05	14

Bu tabloda, 4482,45 MW'lık toplam kurulu güce sahip 259 adet Nehir ve Kanal Tipi HES'in %58'inin 2015 yılında planlanan enerjinin sadece yarısını üretebildiği görülmektedir.. Şekil 2 incelendiğinde bu oranın son 4 yıllık ortalamasının yaklaşık %60 civarında olduğu ortaya çıkmaktadır.

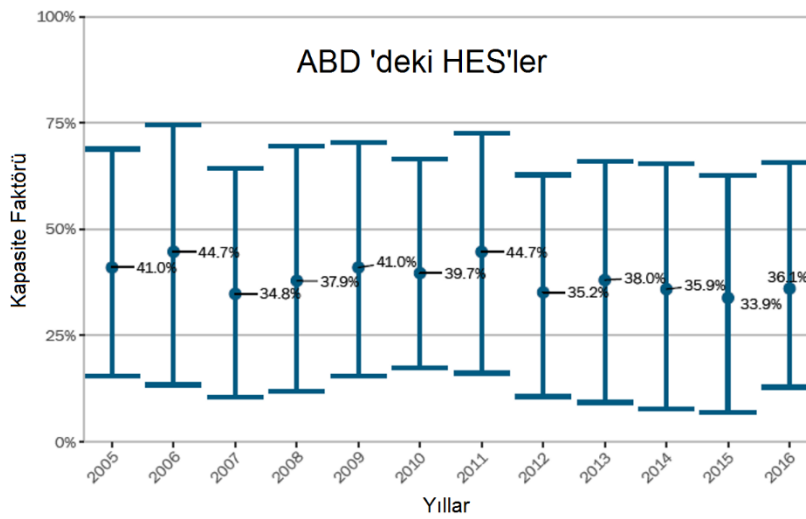
Yine bu tabloda, incelenen HES'lerin 2015 yılında sadece 6 adedinin ,2016 yılında 45, 2017 yılında 48 ve 2018 yılında ise 14 adedinin planladıkları üretime yakın ve onun üzerinde üretim yaptıkları görülmektedir.



Şekil 2. İncelenen HES'lerde üretilmesi planlanan enerjinin gerçekleşme oranının yıllara göre değişimi

4. 2. Kapasite Faktörü

Elektrik santralının net kapasite faktörü (KF), santralin belli bir periyotta ürettiği toplam enerjinin, tam kapasitede üretebileceği enerjiye oranıdır: – $KF = \frac{\text{Üretim (MWh/yıl)}}{\{8760 \text{ h/yıl} * P \text{ (MW)}\}}$ – HES'lerde Kapasite Faktörü: Dünya ortalaması %44, ABD ortalaması %38 (Şekil 3), Türkiye'de ise uzun yıllar ortalaması %37'dir(14). Ancak bu oranın Türkiye'de daha çok DSİ Genel Müdürlüğü tarafından yapılan büyük barajlı HES'lerin üretimlerinin uzun yıllar ortalaması ile belirlenmiş olduğu değerlendirilmiştir. Bu nedenle bu oranın son 10 yılda inşa edilen 500 'ü aşkın nehir ve kanal tipi HES'lerle, rezervuarlı HES'lerin Kapasite Faktörlerini kapsamadığı düşünülmektedir. Bu çalışmada son dönemde yapılan HES'ler kapasite faktörleri ve üretim verimlilikleri açısından ele alınarak incelenmiştir.



Şekil 3. ABD 'deki Hidroelektrik Enerji Santrallerinin Kapasite Faktörleri³ (12).

³ 2018 yılı itibariyle ABD de toplam 80 000 MW kapasitede 2241 HES bulunmaktadır. (12)

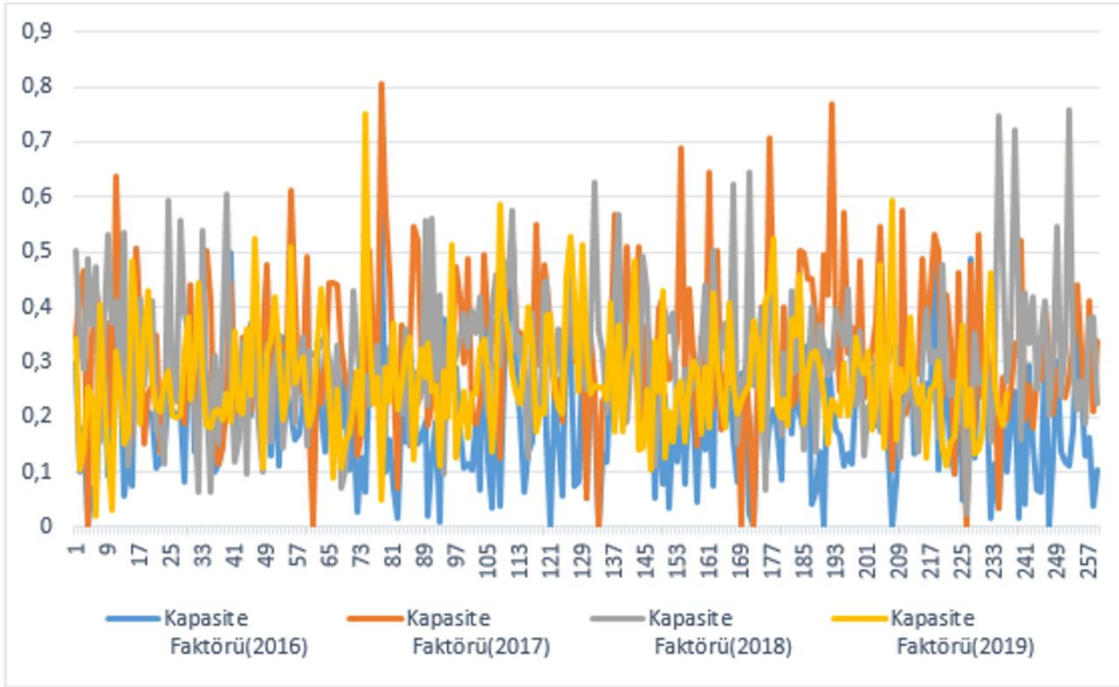
4.2.1. Nehir ve Kanal Tipi HES'lerin Kapasite Faktörü

İncelenen 259 nehir ve kanal tipi HES’de hesaplanan kapasite faktörünün yıllara göre değişimi ve kapasite faktörlerinin yıllık ağırlıklı ortalaması Tablo 6 da verilmiştir.

Tablo 6. İncelenen Nehir ve Kanal Tipi HES’lerin Kapasite Faktörünün yıllara göre değişimi

Üretim Yılı	Kapasite Faktörü 0- %15		Kapasite Faktörü %16-25		Kapasite Faktörü %26- 36		Kapasite Faktörü >%37 ve üstü		YILLIK AĞIRLIKLİ ORTALAMA (KF) %
	MW	Sayı	MW	Sayı	MW	Sayı	MW	Sayı	
2015	1421,32	90	1938,58	88	953,60	63	168,94	18	20,51
2016	457,40	21	1049,43	66	1820,68	89	1149,95	83	35,23
2017	386,13	30	1180,32	59	1732,36	105	1190,42	65	32,26
2018	387,55	28	1859,58	103	1769,67	85	668,47	44	28,65

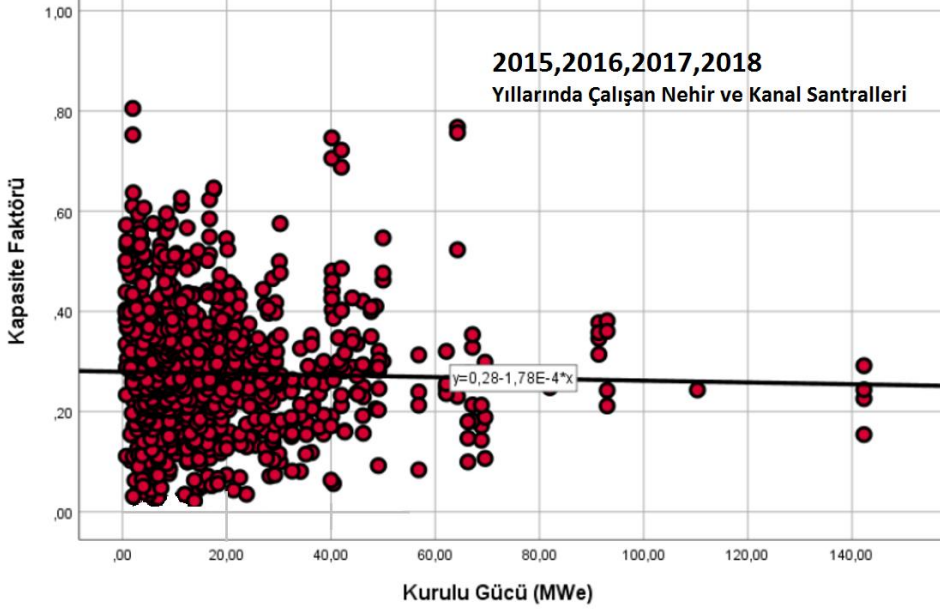
İncelenen Nehir ve Kanal Tipi HES’lerin son 4 yıllık toplam ortalama ağırlıklı kapasite faktörü yaklaşık %29 olmuştur.(Şekil 4).



Şekil 4. İncelenen Nehir ve Kanal tipi HES’lerin kapasite faktörlerinin yıllara göre değişimi

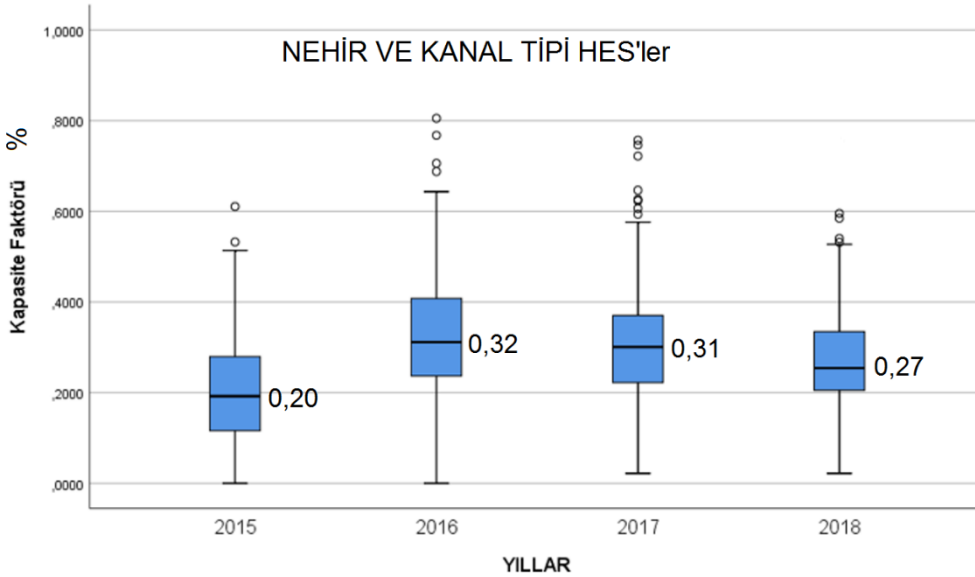
Nehir ve kanal santralleri depolamasız olduklarından enerji üretimleri yağışlardaki değişime günlük olarak doğrudan bağlıdır. Bu nedenle daha kurak geçen dönemlerde üretimleri doğrudan etkilenir. Bu durum 2015 yılı ile 2016,2017,2018 yılları arasında üretilen enerji farkında ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmada rezervuarlı HES’lerin de kurak geçen 2015 yılında üretimlerinin hemen hemen aynı oranda düştüğü görülmüştür. Ancak bu HES’lerin depolama özellikleri nedeniyle üretimlerini pik saatlere kaydırabilme imkanları olmuştur.

Yapılan incelemede genel olarak Ege ve Akdeniz bölgesindeki HES'lerin planlanan ve üretilen enerjileri arasındaki fark, diğer bölgelerdeki HES'lere göre daha büyük çıkmıştır.



Şekil 5. Son 4 yılda çalışan nehir ve kanal santrallerinin hesaplanan kapasite faktörlerinin kurulu güce göre değişimi

Yapılan çalışmada kullanılan 259 adet Nehir ve kanal tipi HES'in son 4 yıldaki kapasite faktörlerinin kurulu güce göre değişimi Şekil 5'de verilmiştir. Bu şekilde de görüldüğü gibi incelenen HES'lerin kapasite faktörlerinin ağırlıklı ortalama değerleri kurulu güç arttıkça düşmektedir.

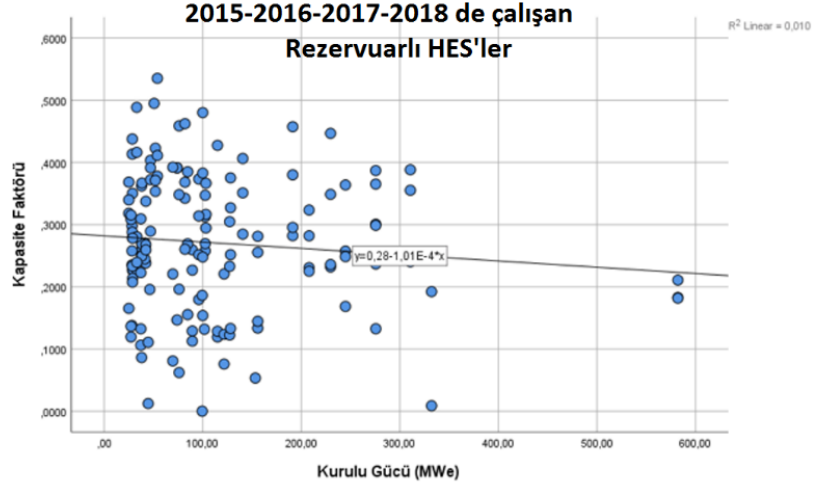


Şekil 6. 259 adet Nehir ve Kanal Tipi santralin kapasite faktörlerinin medyan değerleri ve yıllara göre değişimi

Bu çalışmada incelenen 259 adet Nehir ve Kanal Tipi santralin kapasite faktörlerinin medyan değerleri ve yıllara göre değişimi Şekil 6 da verilmiştir. İncelenen 259 adet Nehir Kanal Tipi HES'in ağırlıklı kapasite faktörünün 4 yıllık ortalama değeri % 27,5 olmuştur.

4.2.2.Rezervuarlı HES'lerde Kapasite Faktörü

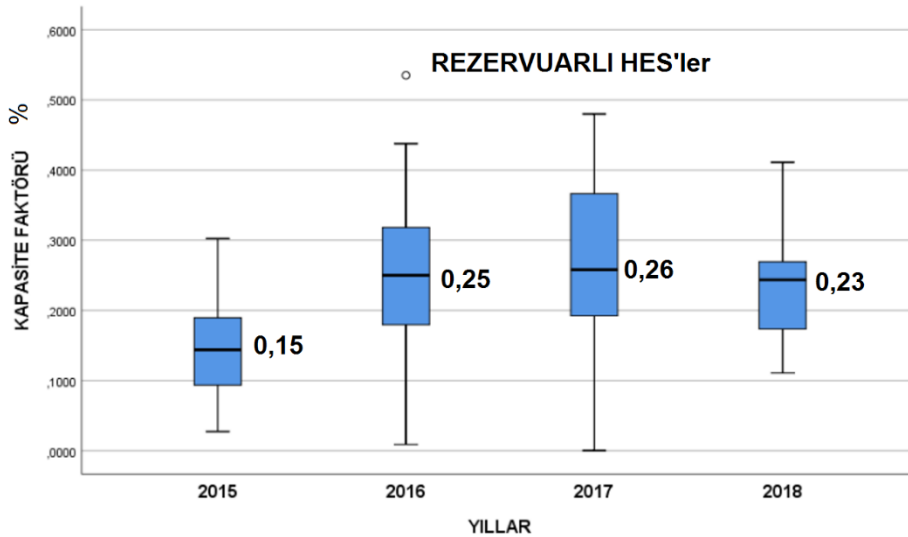
Bu çalışma daha çok nehir ve kanal tipi HES'lerin üretim verimliliği üzerine yapılmıştır. Ancak bu arada YEKDEM 'e kayıtlı ve son dört yılda sürekli üretim verisi bulunan 4950 MW kurulu güce sahip 41 adet Rezervuarlı HES'in üretim verimlilikleri ile kapasite faktörleri de incelenmiştir.



Şekil 7. Son 4 yılda çalışan Rezervuarlı HES'lerin hesaplanan kapasite faktörlerinin kurulu güç ile değişimi

Şekil 7 de de görüldüğü gibi Rezervuarlı HES'lerin de özellikle 100 MW'a kadar kurulu güce sahip olanlarında kapasite faktörü 0- %55 gibi geniş bir bantta değişim göstermiştir. Bu değişimin aralığı kurulu güç arttıkça azalmış ve %15-%40 arasına düşmüştür.

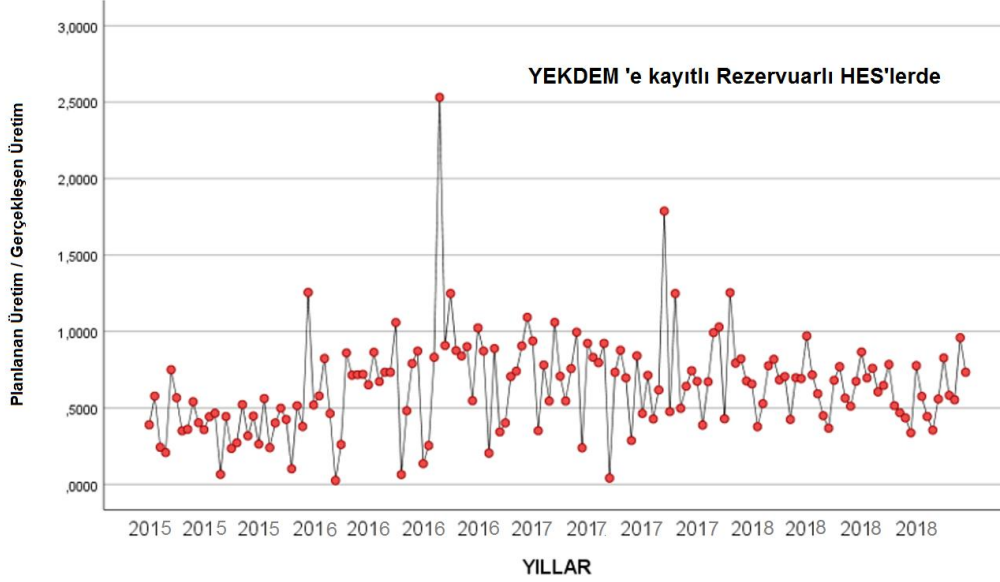
İncelenen 41 adet Rezervuarlı HES'in kapasite faktörünün 4 yıllık ortalama değeri %23 olmuştur.



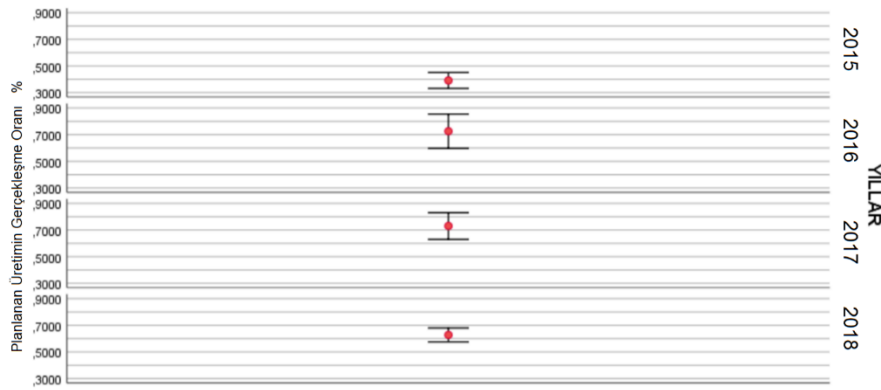
Şekil 8.İncelenen Rezervuarlı HES'lerin Kapasite Faktörlerinin medyan değerlerinin yıllara göre değişimi

Rezervuarlı HES'lerin Kapasite faktörlerinin yıllara göre değişimi Şekil 8 de verilmiştir.Bu şekilde de görüldüğü gibi bu değerler Şekil 9 da verilen yıllara göre üretimin gerçekleşme oranlarıyla da uyum içindedir.

4.2.3.Rezervuarlı HES’lerde Planlanan Üretimin Gerçekleşme Oranı



Şekil 9. YEKDEM’e kayıtlı Rezervuarlı HES’lerde planlanan üretimin yıllara göre gerçekleşme oranı



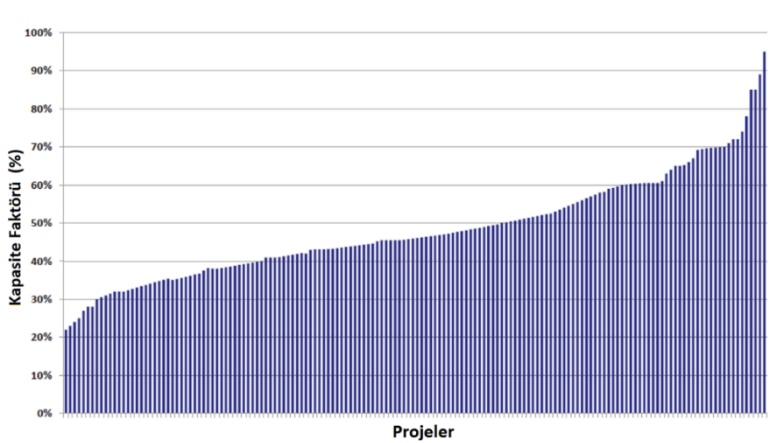
Şekil 10.İncelenen Rezervuarlı HES’lerde planlanan üretimin yıllara göre ortalama gerçekleşme oranları

YEKDEM’e kayıtlı rezervuarlı HES’lerde planlanan üretimin yıllara göre gerçekleşme oranı Şekil 9 ve Şekil 10 da verilmiştir. Bu şekil incelendiğinde az yağışlı bir yıl olan 2015’de Rezervuarlı HES’lerin hemen hemen tümünün gerçekleşen üretimleri planlananın %50’sinin altında kalmıştır. 2016,2017,2018’de ise bu oran ortalama %70 civarında gerçekleşmiştir. (Şekil 9-10). Son 4 yıl içinde bu rezervuarlı HES’lerin tümü sadece 10 kez planlananın üzerinde üretim gerçekleştirmiştir (Şekil 9).

4.2.4. Kapasite Faktörü ile Yapılan Değerlendirme

Hidroelektrik enerji tesislerinin kapasite faktörleri diğer yenilenebilir enerji tesislerinden farklı olarak ele alınmalıdır. Bir nehir havzasındaki projeye esas alınacak akım değerleri oldukça değişken olabildiği gibi havzadan havzaya da farklılık gösterebilir. Bu nedenle, HES’lerin Kurulu güç tesbiti projelendirme aşamasında oldukça esnek bir anlayışla ele alınabilmektedir. Böylece örneğin büyük

kurulu güç seçimi ve düşük kapasite faktörü kabul edildiğinde pik enerji taleplerinin karşılanması ve şebekedeki arz güvenliği sağlanmış olur. Buna karşı küçük kurulu güç ve büyük kapasite faktörü ile çalışan HES'ler pik enerji ihtiyacını ve dolayısıyla arz sürekliliğini sağlayamayabilirler. Bundan dolayı HES'lerin kapasite faktörlerinin değişim aralığı oldukça geniş olabilir. Örneğin dünya genelinde işletmede olan 142 HES projesinden elde edilen ve Şekil 11'de verilen kapasite faktörleri % 23 ve %95 arasında değişmektedir.(9). Bu çalışmamızda bu husus gözönünde tutulmuş ve HES'lerin üretim verimliliğini gösteren diğer bir parametre olan üretilen enerjinin /planlanan enerjiye oranı olan gerçekleştirme oranı da dikkate alınmıştır.



Şekil 11. Dünyadaki bazı HES'lerin Kapasite Faktörleri (9).

4.2.5. 2018 yılında Türkiye Geneli İçin Hidroenerji Üretimi ve Kapasite Faktörleri

EPDK'nın 2018 yılı Piyasa Gelişim Raporunda (4) Barajlı HES ve Akarsu HES'lerinin toplam kurulu gücü $20\,534 + 7\,748 = 28\,282$ MW olarak verilmiştir. Aynı raporda 2018 yılındaki elektrik enerjisi üretimleri de Barajlı HES'ler için 40.961 milyar kWh ve Akarsu HES'leri için ise 18.975 milyar kWh olarak verilmiştir. Bu durumda 2018 yılında üretilen hidroenerjinin (59.936 milyar kWh) %68'ini 20 534 MW'lık Barajlı HES'ler, %32'sini ise 7748 MW'lık Akarsu HES'leri üretmiş olmaktadır. Bir diğer deyişle toplam hidroelektrik enerji kurulu gücünün % 27'si ile üretimin %32'si karşılanmış olmaktadır.

Bu durumda 2018 yılında Tüm Türkiye'deki Akarsu HES'leri 2450 saat Barajlı HES'ler ise 2000 saat çalışmış ve Akarsu HES'lerinin ortalama kapasite faktörü %28 Barajlı HES'lerin ise %23 olmuştur.

Bu veriler, bu çalışmada 2018 yılında YEKDEM e kayıtlı HES'ler ile elde edilen sonuçlarla uyum içerisindedir. Bu çalışmada 2018 yılı için Nehir ve Kanal Tipi HES'lerin ağırlıklı kapasite faktörü %27 Rezervuarlı HES'lerin ise %23 olarak tesbit edilmiştir. (Şekil 6 ve Şekil 8).

Bu durum, bu çalışmadan elde ettiğimiz sonuçların Türkiye genelindeki tüm HES'lerin enerji üretim verimlilikleri ile de uyumlu olduğunu ortaya koymaktadır. Bunun yanısıra Barajlı HES'lerin kapasite faktörlerinin ve çalışma saatlerinin 2000 saate düşüşünün nedeninin araştırılması gerektiğini göstermektedir.

5.İKLİM DEĞİŞİMİNİN SU KAYNAKLARINA ETKİSİ PROJEKSİYONLARI

Ülkemizde iklim değişiminin su kaynakları üzerine etkisi ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. Bunlar arasında en kapsamlısı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından bir proje olarak yürütülmüştür. Su Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından yürütülen “İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi'nin” amacı, iklim değişikliğinin yüzeysel sular ve yeraltı sularına su havzaları bazında etkisinin tespiti ve uyum faaliyetlerinin belirlenmesi olarak açıklanmıştır. Proje kapsamında tüm Türkiye'yi kapsayan 25 nehir havzasında 2015-2100 projeksiyon dönemi için üç farklı küresel iklim modeli kullanılarak üretilen iklim değişikliği projeksiyonlarının, iki farklı temsili konsantrasyon rotası (RCP4.5 ve RCP8.5) ile su kaynaklarına etkileri tespit edilmiştir. Nihai Rapor 2016 yılında yayınlanmıştır (13).

Yayınlanan Nihai Raporda (13). “Her havzanın kendine özel karakteristiği nedeniyle ulaşılabilir suyun havzadaki dağılımı ve dolayısıyla sektörlerin ihtiyacı havzadan havzaya değişiklik gösterir. İleride sektörler arası dağılımın iklim değişikliği etkisi ile değişmesi de beklenmektedir. Dolayısıyla; sürdürülebilir su kullanımını sağlamak adına havzalarda su kaynaklarına ihtiyaç duyan sektörler temel alınarak ‘Etkilenebilirlik Analizi’ (Vulnerability Analysis) çalışmaları yapmakta büyük yarar vardır.” denmektedir. Söz konusu raporda “Havza özelinde su çeşitli sektörler tarafından kullanılmaktadır. Bunlar başta içme ve kullanma suyu temini olmak üzere, tarımsal sulama suyu temini, sanayi su ihtiyacı ve ekosistem hizmetleri için gereken su olarak sayılabilir.” denmiş enerji sektörünün su kullanımı kapsam dışı bırakılmıştır. Bu nedenle yukarıda önerilen iklim değişimi ile Etkilenebilirlik Analizi'nin enerji sektörü ve özellikle hidroenerji sektörü için de yapılması önem taşımaktadır.

Yukarıda sözü edilen proje kapsamında 25 nehir havzamızda 2015-2040 projeksiyon dönemi için üç farklı küresel iklim modeli kullanılarak üretilen iklim değişikliği projeksiyonlarının, iki farklı temsili konsantrasyon rotası (RCP4.5 ve RCP8.5) ile su kaynaklarına etkileri tespit edilmiştir. Bu kapsamda havza bazlı brüt su potansiyelinin 2040 yılında 2015 yılına göre yüzde farkları Tablo... de verilmiştir.

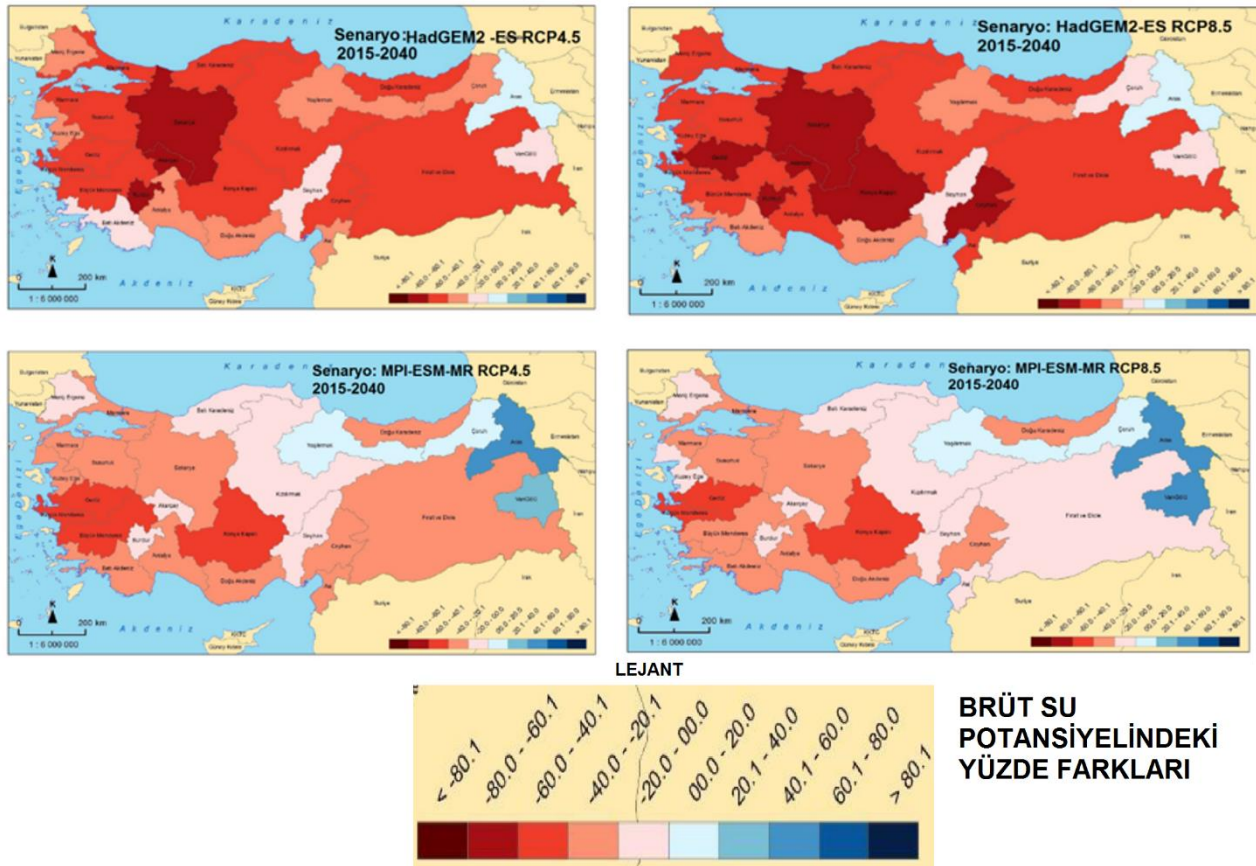
Tablo 7. Havza bazlı brüt su potansiyelinin 2040 yılında 2015 yılına göre yüzde farkları

Havza Bazlı Yüzde Farklar (%)	HadGEM2-ES RCP4.5		HadGEM2-ES RCP8.5		MPI-ESM-MR RCP4.5		MPI-ESM-MR RCP8.5		CNRM-CM5.1 RCP4.5		CNRM-CM5.1 RCP8.5	
	2015-2040	2015-2040	2015-2040	2015-2040	2015-2040	2015-2040	2015-2040	2015-2040	2015-2040	2015-2040	2015-2040	
Akarçay	-60	-62	-12	-12	-12	-12	-5	-19				
Antalya	-38	-51	-40	-39	-30	-38	-49					
Aras	6	5	47	43	46	49	-22					
Asi	-35	-43	-26	-14	2	-22	-30					
Batı Akdeniz	-20	-39	-34	-31	-17	-27	-18					
Batı Karadeniz	-50	-46	-20	-19	-22	-43	-36					
Burdur	-75	-79	-10	-14	23	-19	-29					
Büyük Menderes	-56	-59	-43	-39	-23	-40	-25					
Cevhan	-59	-60	-34	-35	-25	-45	-33					
Çoruh	-20	-18	18	18	15	19	-24					
Doğu Akdeniz	-28	-39	-33	-32	-22	-29	-40					
Doğu Karadeniz	-59	-59	-38	-38	-43	-25	-45					
Meriç-Ergene	-40	-54	-9	0	18	-14	-24					
Fırat-Dicle	-51	-49	-21	-15	-17	-24	-57					
Gediz	-58	-64	-54	-48	-42	-25	-45					
Kızılırmak	-51	-47	-13	-8	-22	-48	-14					
Konya Kapalı	-58	-61	-44	-41	-38	-45	-33					
Küçük Menderes	-43	-59	-54	-53	-33	-48	-14					
Kuzey Ege	-26	-45	-21	-16	4	-33	-33					
Marmara	-41	-46	-29	-27	-23	-33	-22					
Sakarya	-69	-72	-27	-22	-23	-35	45					
Seyhan	-15	-14	-12	-10	-3	1	-25,1					
Susurluk	-42	-50	-29	-27	-29							
Van Gölü	-3	-1	22	40	52							
Yeşilırmak	-30	-27	14	16	0							
Türkiye	-43,8	-46,5	-22,7	-19,4	-17,5							

Tablo 7 de görüldüğü gibi, 3 farklı iklim senaryosu da 2040 yılında 2015 yılına göre brüt su

potansiyelinde birkaç havza hariç diğer havzaların tümünde çeşitli oranlarda azalma göstermiştir. Türkiye genelinde ise brüt su potansiyelindeki azalma projeksiyonu %17,5 ile %46,5 arasında değişmiştir.

Söz konusu raporda belirtilen çeşitli senaryolara göre havza bazlı brüt su potansiyellerinin 2015 yılına göre 2040 yılındaki yüzde farklarını gösteren tematik iklim projeksiyonu haritaları Şekil 12 de verilmiştir.



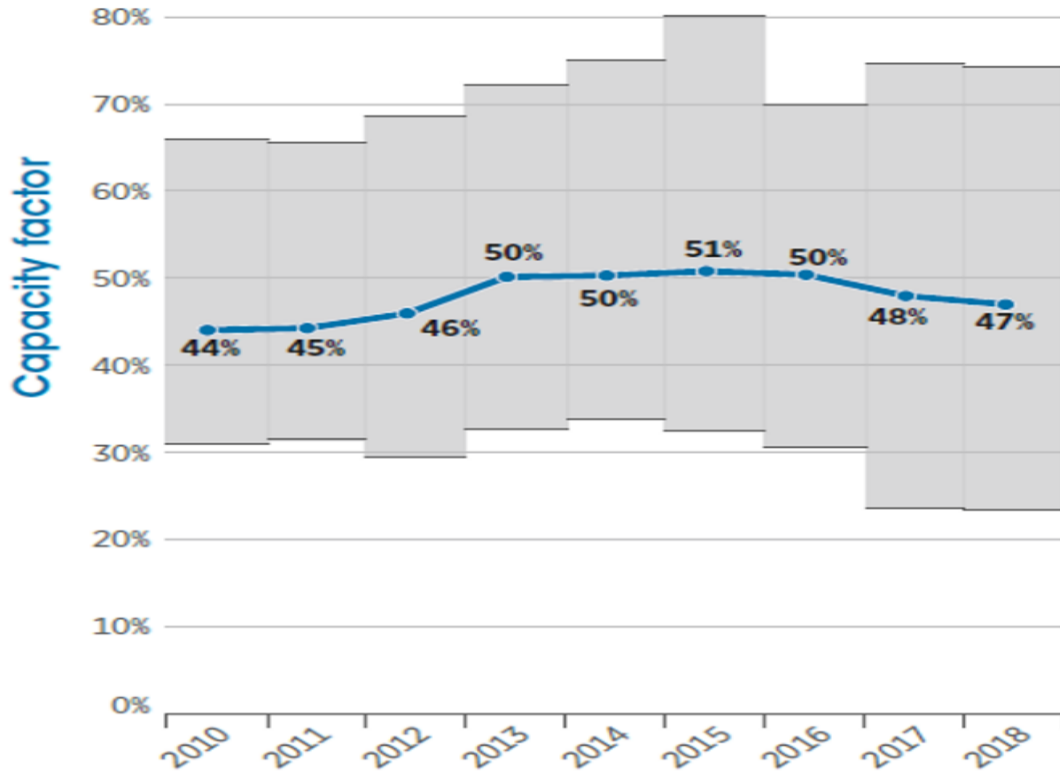
Şekil 12. Çeşitli senaryolara göre havza bazlı brüt su potansiyellerinin 2015 yılına göre 2040 yılındaki yüzde farklarını gösteren tematik iklim projeksiyonu haritaları. Kaynak: 13

6. ELDE EDİLEN SONUÇLARIN BAZI DÜNYA ÖRNEKLERİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI

Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı'nın her yıl yayınladığı raporlarda (6,7,8) dünyadaki küçük ve büyük HES'lerin ağırlıklı ortalama kapasite faktör değerleri verilmektedir. (Şekil 13..ve Şekil 14).Şekil 13 incelendiğinde HES'lerin kapasite faktörünün son yıllarda arttığı ve ortalama % 48 olduğu görülmektedir. Bu artışta gelişen teknoloji de etkili olmuştur. 1700 'e yakın irili ufaklı Hidroelektrik Enerji santraline sahip olan ve elektriğinin %98'ini hidroelektrik enerjisinden karşılayan Norveç'te ortalama kapasite faktörü %50 civarındadır. (10). Norveç Enerji Ajansının verileri kurulu gücü 1 MW a kadar olan 432 HES'in ortalama Kapasite Faktörü %55 ,1-10MW arasındaki 368 HES'in ve 10-100 MW arasında kurulu güce sahip olan 253 HES'in %52, 100 MW'dan fazla olanların ise %46 olduğunu ortaya koymaktadır.(10).

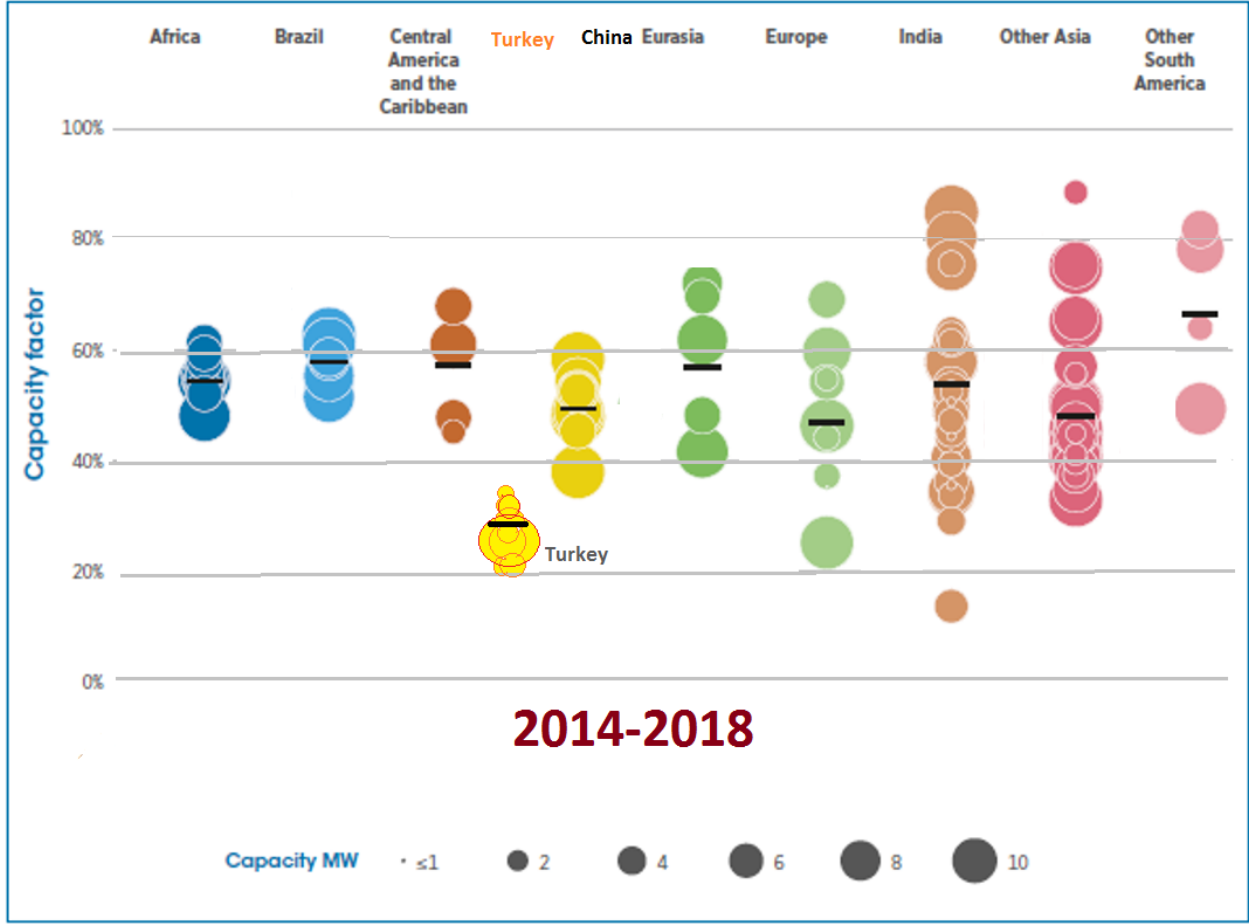
Diğer bazı literatürlere göre de Dünyada 2010-2018 yılları arasında inşa edilen HES'lerin kapasite faktörlerinin ağırlıklı ortalama değeri %44 ile %51 arasında değişmiştir (8).(Şekil 13). Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı'nın verilerine göre kapasite faktörünün ağırlıklı ortalama değeri bölgelere ve ülkelere göre farklılıklar göstermiştir. Bu oran Rezervuarlı Büyük HES'lerde %21 ile %62

arasında değişirken, kurulu gücü 10 MW'dan daha küçük olan HES'lerde "ağırlıklı ortalama kapasite faktörü" %43 ile %68 arasında gerçekleşmiştir. Burada en düşük değer 2010-2013 arasında %43 ile Çin'de, en yüksek değer ise 2014-2018 yılları arasında %68 ile Güney Amerika'da (Brezilya hariç) gerçekleşmiştir.(8).Bu değerler Şekil 14 de açıkça görülmektedir. Bu çalışmadan elde edilen veriler Türkiye değeri olarak aynı şekil üzerine işaretlenmiş olup oldukça düşük seviyede kaldığı görülmüştür.



Şekil 13.2010-2018 yılları arasında Dünyadaki HES'lerin kapasite faktörlerinin ağırlıklı ortalama değerleri (8).





Note: Small hydropower projects in this figure are all those with capacity less than or equal to 10 MW.

Şekil 14.2014-2018 yılları arasında 10 MW'dan küçük HES'lerin kapasite faktörlerinin ağırlıklı ortalama değerlerinin bölge ve ülkelere göre değişimi (8). (Türkiye'nin değeri tarafımızdan işlenmiştir.)

7.SONUÇ, DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER

Türkiye, akarsu rejimleri düzensiz olan bir ülke olup akarsularda akışa geçen suyun yaklaşık yarısı yılın ortalama 5 aylık yağışlı döneminde gelmektedir. İklim değişimi etkisi ile bazı kurak dönemlerin sayının artmasına ve zamansal kaymasına da neden olmaktadır.

Özellikle depolamasız Nehir ve Kanal HES'lerinin enerji üretim verimliliği, proje hidrolojisine ve hidrometeorolojik değişimlere oldukça duyarlıdır. Bu durum yapılan bu çalışmada da tespit edilmiştir. Son 10 yılda ülkemizde 500 'ü aşan Nehir ve Kanal tipi HES inşa edilmiş olup bu HES'lerin işletme verilerinin incelenmesi gerek proje müşavirlik, gerekse işletme alanındaki bilgi ve deneyimlerimizi arttıracaktır.

Yapılmakta olan bu çalışmalar yeni HES'lerin planlanması, projelendirilmesi ve işletmesinde nehir havzalarının mevcut durumu, iklim değişikliğine karşı hassasiyetleri ve havza genelindeki etkilerin ve baskıların daha sağlıklı olarak dikkate alınmasına imkan tanıyacaktır.

Bu incelemelerin yapılmadığı, havza planlama anlayışı içinde değerlendirilmeyen, mühendislik hidrolojisi yetersiz ve entegre planlama anlayışından yoksun projelerin enerji üretim verimlilikleri ve kapasite kullanım oranları düşük olacağı gibi ekolojik dengeyi de bozacağı unutulmamalıdır.

Mevcut projelerin bu açıdan tekrar değerlendirmeye tabi tutularak işletme programında ve üretim stratejisinde güncellemelerin yapılması proje faydalarının sürdürülebilirliğini arttıracaktır.

Yeni projelerde ise yukarıda sayılan hususların işletme verileri ile birlikte dikkate alınması ve özellikle birbirini takip eden ardışık HES'ler arasında üretim optimizasyonunun yapılması çeşitli belirsizlikleri ve riskleri azaltacağı gibi ekonomik kayıpları da önleyecektir.

Çalışmadan elde edilen sonuçlar özet olarak aşağıda sıralanmıştır.

- İncelenen Nehir ve Kanal Tipi santrallerin %80'inde, son 4 yılda ürettikleri yıllık ortalama enerjiler planladıkları değerlerin altında kalmıştır.
- Bu Nehir ve kanal Tipi HES'lerde planlanan üretimin gerçekleşme oranı son 4 yılda ortalama %60 olmuştur.
- Bu çalışmada incelenen Rezervuarlı HES'ler ise son 3 yılda planladıkları üretimin ortalama %75'ini gerçekleştirmiştir.
- İncelenen Nehir Kanal Tipi ve Rezervuarlı HES'lerin ortalama %25 olan ağırlıklı üretim verimliliği değerleri (Ağırlıklı Ortalama Kapasite Faktörleri) dünya ortalamasına göre %50 daha düşük kalmıştır.
- İncelenen 41 adet Rezervuarlı HES, son 4 yılda sadece 10 kez (lisansa derç edilen) üretim miktarının üzerine çıkmıştır.
- Bu çalışmada incelenen ve Türkiye'de işletmedeki tüm Rezervuarlı HES'lerin ortalama kapasite faktörlerindeki düşüklük dikkat çekici olup nedenleri ve sonuçları ile ele alınıp incelenmelidir.
- 2015 yılındaki kurak dönemde Nehir ve Kanal tipi HES'lerin yanısıra Rezervuarlı HES'lerin de yıllık üretiminde gerçekleşme oranları %50'nin altında kalmıştır. Sektörel ihtiyaçların çatışmasından kaynaklandığı değerlendirilen bu durum, sektörel su tahsisi konusunun önümüzdeki dönemde daha gerçekçi şekilde ele alınmasını gerekli kılmaktadır.
- İncelenen HES'lerin planlanan yıllık üretimlerindeki gerçekleşme oranlarının Akdeniz ve Ege bölgelerinde daha düşük olduğu görülmüştür.
- Yapılan bu çalışma işletmedeki tüm Nehir ve Kanal HES'lerinin %60'ını kapsamaktadır. Bu nedenle diğer HES'leri de içine alacak şekilde genişletilmesi faydalı olacaktır.
- HES'lerin kapasite faktöründe ve üretimlerinin gerçekleşme oranındaki farklılıkların bölgelere göre detaylı olarak incelenmesi faydalı olacaktır.
- Üretim verimi sürekli düşük olan HES'ler o bölgedeki ileriye yönelik iklim değişimi etkisi de dikkate alınarak yeniden incelenmeli ve alternatif öneriler geliştirilmelidir.
- Ülkemizde veriye ulaşma konusundaki zorlukların hala sürmesi nedeniyle bu çalışma, elde edilebilen yıllık enerji üretim verileri ile yapılmıştır. Aylık ve günlük enerji üretimi verilerinin elde edilebilmesi durumunda daha ayrıntılı bir çalışma yapılacaktır. Söz konusu ayrıntılı çalışma, aynı zamanda yağış rejimindeki değişikliğin ve mevsimsel kaymaların enerji üretimine olan etkisinin daha hassas olarak ortaya çıkmasına katkı sağlayacaktır.

ÖNERİLER

Yapılan bu çalışma işletmedeki Nehir Kanal Tipi ve Rezervuarlı HES'lerin ortalama üretim verimliliklerinin planlanan değerlerin çok altında kaldığını ortaya koymuştur. Son yıllardaki veriler de suyu depolayarak enerji üretimi yapan Barajlı HES'lerin ortalama yıllık çalışma saatlerinin geçmişe nazaran çok düşük olduğunu göstermektedir.

1. HES'lerin ortalama üretim verimliliklerindeki düşüklük nedeniyle, özellikle Akdeniz ve Ege bölgesindeki santrallerden doğal hayat için bırakılması gereken su miktarının daha dikkatli denetlenmesi faydalı olacaktır.
2. Doğal hayatı koruyarak havzalarımızın gerçek enerji potansiyelinin değerlendirilebilmesi amacıyla mevcut santraller için havza ölçeğinde "İşletme ve Enerji Optimizasyonu Planları" hazırlanmalıdır.
3. Havza Ölçeğinde hazırlanacak "**Havzalarda HES İşletme ve Enerji Optimizasyonu Planlama**" çalışmasında Su Yönetimi Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanmış İklim Değişiminin Su Kaynakları Üzerindeki Etkileri Raporundan⁴ faydalanılabilir.
4. Söz konusu Raporda "Halihazırda Türkiye'de de iklim değişikliğinin etkileri görülmeye başlanmıştır ve önümüzdeki 10'ar yıllık dönemlerde bu durumun daha da belirginleşeceği beklenmektedir" denmektedir. Raporda önümüzdeki 20 yıl için yapılan yağış ve brüt su potansiyeli projeksiyonları, özellikle Küçük Menderes, Büyük Menderes, Gediz, Antalya ,Ceyhan, havzalarında %50 ye ulaşan azalmalar ortaya koymuştur. Bu raporda Doğu Karadeniz havzasında brüt su potansiyelinde %40-%50' arasındaki azalma dikkat çekmektedir. Bu sonuçlar ve HES'lerin mevcut kapasite faktörleri "**Havzalarda HES İşletme ve Enerji Optimizasyonu Planlaması**" yapılmasını zorunlu kılmaktadır.
5. Son 10 yılda gerçekleştirilen HES projelerinde planlamadan başlayan ve işletme verimsizliğine dönüşen sorunlar için ardışık HES'lerden başlayarak alt havza ve havza ölçeğinde "Doğal Çevreyi Koruyarak Optimum İşletme Planları " hazırlanmalıdır.
6. Doğal çevreyi koruyarak HES'lerdeki ciddi enerji verimliliği kaybını önlemek için alt havza ve havza ölçeklerindeki planlamalara acilen başlanmalıdır.

⁴ İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi'nin amacı, iklim değişikliğinin yüzeysel sular ve yeraltı sularına su havzaları bazında etkisinin tespiti ve uyum faaliyetlerinin belirlenmesidir. Proje kapsamında tüm Türkiye'yi kapsayan 25 nehir havzasında 2015-2100 projeksiyon dönemi için üç farklı küresel iklim modeli kullanılarak üretilen iklim değişikliği projeksiyonlarının, iki farklı temsili konsantrasyon rotası (RCP4.5 ve RCP8.5) ile su kaynaklarına etkileri tespit edilmiştir.

8.YARARLANILAN YAYINLAR

- [1] YEKDEM Listesi 2015,2016,2017,2018,2019 .www.epdk.gov.tr
- [2] USİAD (Ulusal Sanayici ve İş adamları Derneği). “Hidroelektrik Enerji İçin Acil Durum Tespiti ve Öneriler”, İstanbul, 2010.
- [3] Gökdemir.M. Kömürcü. M, Evcimen T,(2012) Türkiye’de Hidroelektrik Enerji ve HES Uygulamalarına Genel Bakış TMH Sayı: 471 TMMOB İMO.
- [4] EPDK 2019. ELEKTRİK PİYASASI 2018 YILI PİYASA GELİŞİM RAPORU T.C. ENERJİ PİYASASI DÜZENLEME KURUMU Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı. ANKARA, 2019
- [5] Yılmaz Ş. 2018 TÜRKİYE HİDROELEKTRİK POTANSİYELİ VE GELİŞME DURUMU. Türkiye’nin Enerji Görünümü TMMOB-Makine Mühendisleri Odası
- [6] Renewable Power Generation Costs in 2012. An overview. IRENA <https://hub.globalccsinstitute.com/sites/default/files/publications/138203/renewable-power-generation-costs-2012-overview.pdf> Erişim 16. 05. 2019.
- [7] Renewable Power Generation Costs in 2017. An overview. IRENA 2018. www.irena.org.Erişim 17 05 2019
- [8] Renewable Power Generation Costs in 2018. An overview. IRENA May -2019.Erişim 26 05 2019
<https://www.irena.org/publications/2019/May/Renewable-power-generation-costs-in-2019>
- [9] IRENA 2013 Renewable Energy Technologies: Cost Analyses Series. Volume :1 Issue:3/5.Hydropower. June 2012. IRENA .International Renewable Energy Agency .
- [10] Energy Facts - Norway <https://energifaktanorge.no/en/norsk-energiforsyning/kraftproduksjon/#hydropower> Erişim 6 Haziran 2019 .
- [11] Fact 2008 Energy and Water Resources in Norway .
https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/oed/pdf_filer/faktaheftet/evfakta08/evfacts08_kap02_eng.pdf Erişim 16 Haziran 2019
- [12] Martinez R.,Johnson M.,Connor. P 2018 “ Hydropower Market Report 2017” U.S. **Department of Energy** .Office of Scientific and Technical Information.
- [13] *İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi Proje Nihai Raporu.2016.* Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. Ankara
- [14] Temiz .A. Nehir Tipi Hidroelektrik Enerji Santrali Uygulamaları .MMO .İzmir Şubesi .III. Enerji Verimliliği Günleri 22-23 Ocak 2015. Yaşar Üniversitesi. İZMİR
- [15] DSİ 2018 Yılı Faaliyet Raporu 2019 Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı.Ankara 2019





Think Forward , Lead Forward

SPD

HİDROPOLİTİK AKADEMİ MERKEZİ

Güfte Sokak 8/9 06680 Kavaklıdere/ANKARA /TURKEY

TEL: 312 417 00 41 Fax: 312 417 60 67