

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ TÜRKİYE ELEKTRİK SİSTEMİNE TEKNİK VE EKONOMİK ETKİLERİ VE AB UYGULAMALARI

H. Ruhan (AKTÜRK) SEZER
TEİAŞ Genel Müdürlüğü
APK Dairesi Başkanlığı
ruhanakturk.sezer@teias.gov.tr

Özet: Bu bildiri, başta rüzgar olmak üzere yenilenebilir enerji kaynaklarının, Avrupa Birliği'nde, özellikle 1997 Kyoto Protokolü sonrasında teşvik edilmesiyle geldiği son noktanın yanısıra, teşviklerin yenilenebilir kaynaklar için öngörülen hedefleri tutturmak üzere devam etmesiyle gelecekte nelerle karşılaşılacağı, gerek elektrik üretim sistemi gerekse teknik ve ekonomik etkileri çerçevesinde ele alınarak geniş bir perspektifte değerlendirilmeye çalışıldı. AB'nin yanı sıra, Birlik içinde rüzgara son yıllarda yoğun olarak yönelen İspanya'nın elektrik üretim sistemleri, Türkiye elektrik sistemiyle benzerlik ve farklılıklar açısından karşılaştırılarak, AB'de özellikle yenilenebilir kaynaklar içinde rüzgarın yoğun olarak neden teşvik edildiğine ışık tutuldu. Ayrıca Türkiye'de başta rüzgar olmak üzere yenilenebilir kaynakların teşvik edilmesiyle ortaya çıkabilecek durum teknik ve ekonomik bakımdan ortaya koyulmaya çalışıldı.

1. GİRİŞ

Çevresel kaygılar, konvansiyonel enerji kaynaklarının sınırsız olmaması ve ithal enerji kaynaklarına gittikçe artan bağımlılık yenilenebilir enerji kaynaklarının sürekli gündemde kalmasını sağlamaktadır. AB özellikle 1997 Kyoto Protokolü sonrasında başta rüzgar olmak üzere yenilenebilir enerji kaynaklarını destekleyen güçlü politikalarla gerek teknoloji gerekse kaynakların kullanımı açısından, büyük ilerleme kaydederek dünyada lider konumuna gelmiştir. Bu gelişmelere paralel olarak Türkiye'nin AB üyelik perspektifi çerçevesinde son yıllarda yakaladığı ivme ve bu kapsamda enerji sektörünün AB ile uyumunu sağlama yolunda attığı adımlar yenilenebilir enerjinin Türkiye gündemindeki önemini daha da artırmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının desteklenmesi amacıyla hazırlanan Yenilenebilir Enerji Kanunu (YEK) 2005 yılında yürürlüğe girmiştir.

Rüzgar, yenilenebilir enerji kaynakları içinde AB'de olduğu gibi ülkemizde de (YEK'te rüzgar için daha fazla teşvik verilmesinden de anlaşılacağı üzere) [1] daha fazla öne çıkmaktadır. Rüzgar santralleri değerlendirilirken çevreyle dost olmasının yanısıra değişken üretim yapmasından kaynaklanan ilave teknik ve ekonomik maliyetlerin de ortaya çıkacağı hesaba katılmalıdır.

2. AVRUPA BİRLİĞİ'NİN YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI POLİTİKASI

Avrupa Birliği ithal enerji kaynaklarına gittikçe artan bağımlılık ve iklim değişikliği konularının ele alınmasında, yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesine önemli bir rol biçmektedir.

AB, Kyoto Protokolü bağlamında; 2008-2012 döneminde seragazı (greenhouse gas) emisyonlarının 1990 yılı seviyesine göre %8 (336 milyon ton CO₂ eşdeğer) [2] azaltılması konusunda yasal olarak bağlayıcı bir yükümlülüğe girmiştir. [3]

AB'nin; 1997 Kyoto Protokolü çerçevesinde, emisyonların azaltılması ile ilgili yükümlülüklerini yerine getirebilmesi için, 2010 yılında genel enerji talebinin %12'sinin yenilenebilir kaynaklardan karşılanması hedeflenmektedir. Bu politika kapsamında; yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretiminin teşvik edilmesi konusunda 2001/77/EC sayılı Direktif (RES-E Direktifi) [4] 27 Eylül 2001 tarihinde yürürlüğe girmiş olup, yenilenebilir kaynakların elektrik enerjisi brüt talebi içindeki payının 2010 yılında %22'ye çıkarılması (indicative target) öngörülmektedir. RES-E Direktifi ile gösterge niteliğindeki %22'lik hedefe ulaşılmasını sağlayacak çerçeve oluşturulmaya çalışılmaktadır. AB'nin 10 yeni üye ülkenin katılımı ile genişlemesi ile 15 üyeli AB için %22 olan gösterge niteliğindeki hedef 25 üyeli AB için %21 olarak revize edilmiştir. RES-E

Direktifiyle oluşturulmaya çalışılan %22'lik hedef gösterge niteliğinde olup, esas hedef genel enerji (ulaşım, konut, elektrik,...) tüketiminde yenilenebilirin payının %12'ye çıkarılmasıdır.

RES-E Direktifinde yapılan tanımda yenilenebilir enerji kaynakları; fosil olmayan yenilenebilir kaynaklar olan rüzgar, güneş, jeotermal, dalga, gel-git, hidrolik, biokütle, atık gazları ve biogazları içermektedir. Bu tanıma göre büyükler de dahil olmak üzere tüm hidroelektrik kaynaklar yenilenebilir olarak kabul edilmektedir.

3. AVRUPA BİRLİĞİ'NDE YENİLENEBİLİR ENERJİNİN DURUMU [5]

Yenilenebilir kaynaklar içinde en önemli kaynak konumunda olan hidrolik konusunda Avrupa oldukça şanssız bir durumda bulunmaktadır. Mevcut büyük-hidrolik potansiyelinin önemli bir kısmını işletmeye sokmuş olan Avrupa, hedefleri tutturabilmek için başta rüzgar olmak üzere küçük-hidro, bio-kütle ve diğer yenilenebilirler yöneltmek zorunda kalmıştır.

Avrupa Birliği'nde 90'ların başında 114872 MW olan yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam kurulu gücü 2003 yılı sonu itibarıyla %38 artarak 158514 MW'a ulaşmasına rağmen, 90'ların başında yenilenebilirin toplam kurulu güçteki (500210 MW) payı %23'ten 2003 yılı sonunda (toplam kurulu güç 610058 MW) sadece %26'ya çıkmıştır. 1990 yılında yenilenebilir kaynakların toplam kurulu güçteki payları hidroliğin %22, rüzgarın %0.1 ve diğer yenilenebilirlerin %1 olmasına rağmen, bu oranlar 2003 yılında sırasıyla %20, %5 ve %2 olarak gerçekleşmiştir. 2003 yılında toplam yenilenebilir kaynakların kurulu gücü içinde en büyük pay sırasıyla hidro (%76), rüzgar (%18) ve diğer yenilenebilir kaynaklara (%6) aittir. 1990-2003 arasında toplam kurulu güçteki hidrolik pay, potansiyelin önemli bir kısmının kullanılmasından dolayı yıllar içinde sabit (%20 civarında) kalırken, rüzgarın kurulu gücü 60 kat artarak toplam yenilenebilir içindeki payı %0.4'den %18'e çıkmıştır. Hidro ve rüzgardan sonra en büyük paya sahip olan katı biokütlenin de dahil olduğu diğer yenilenebilir enerji kaynaklarının 2003 yılı sonu itibarıyla toplam kurulu güçteki payı %2 civarında kalmıştır.

Yenilenebilir üretim %32'lik artışla 1990 yılında 297 TWh'ten 2002 yılında 391 TWh'e çıkmasına rağmen, Avrupa Birliği'nde yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik üretimindeki payı 1990-2002 arasında değişmeyerek, %15-16 civarında kalmıştır. 2002 yılında toplam yenilenebilir üretimde ilk üç yenilenebilir kaynağın payı sırasıyla 305 TWh (%78) ile hidro, 37 TWh (%9) ile rüzgar ve 25 TWh (%6) ile katı biokütle aittir. 2002 yılında toplam elektrik üretimindeki payları ise hidronun %11, rüzgarın %1 ve katı biokütlenin %0.9 olmuştur. Büyük-hidrolik potansiyelin önemli oranda tüketilmesinin yanında hidrolik koşulların da etkisiyle, hidrolik üretimin yenilenebilir kaynaklardan sağlanan elektrik üretimindeki (%90 civarında) ve toplam üretimdeki (%13) payı sabit kalmış, 2002 yılında bu oranlar %78 ve %11'e düşmüştür.

Rüzgar enerjisi; özellikle Danimarka, Almanya ve son yıllarda İspanya'da uygulanan teşvik politikaları ile hızlı bir gelişim göstermiştir. 1990 yılında AB-15'te sadece 474 MW olan rüzgar kurulu gücü, 2003 yılına kadar olan 13 yıllık dönemde tam 60 kat artarak 2003 yılında 28676 MW'a ulaşmıştır. Dünyadaki kurulu rüzgar gücünün yaklaşık %74'üne karşılık gelen bu kurulu güç ile Avrupa rüzgar enerjisi konusunda dünyadaki lider konumunu sürdürmektedir.

AB'de elektrik enerjisi talebi uzun yıllardır doyuma ulaşmış ve enerji talebini karşılayabilecek üretim kapasitesi ihtiyacı yeterli rezervlere sahip olacak şekilde tesis edilmiştir. Elektrik talebinin yaklaşık %85'i termik santrallerden karşılanmaktadır. AB'de yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesinin tek sebebi elektrik enerjisinden kaynaklanan emisyonların azaltılmasıdır. Başka bir deyişle, artan elektrik talebinin yerli kaynaklara öncelik vererek karşılanması gibi bir amaç söz konusu değildir.

4. AVRUPA BİRLİĞİ'NDE YENİLENEBİLİR ENERJİNİN AVRUPA KOMİSYONU TARAFINDAN TEŞVİK EDİLMESİYLE İLGİLİ GÖRÜŞLER [6]

Avrupa'da başta rüzgar olmak üzere yenilenebilir enerji kaynakları konusunda verilen teşvikler ve hedeflerle ilgili olarak, çevreci ve başta rüzgar olmak üzere yenilenebilir enerji kaynakları konusunda faaliyet gösteren Kuruluşlar (EREC, WWF, Green Peace, Friends of Earth gibi) olumlu olarak yaklaşırken, konuya teknik, ekonomik, idari ve tüketici açısından yaklaşan ve enterkonnekte sistemin işletmecisi olarak yani elektrik sistemlerinin bir bütün olarak işletilmesi gerektiğini savunan gruplar ve Kuruluşlar (IFIEC Europe, EURELECTRIC, UCTE, ETSO gibi) Avrupa Komisyonu'nun özellikle rüzgarla ilgili olarak yenilenebilir enerji konusunda verdiği destekleri eleştirerek, bu durumun mali ve teknik boyutunun gelecek yıllarda daha da büyüyeceğini özellikle son yıllarda çıkarılan dökümanlarda da görüldüğü üzere önemle vurgulamaktadırlar.

EURELECTRIC tarafından Ocak 2004'te, AB-15 ülkelerinde yenilenebilir enerji kaynaklarına sağlanan doğrudan desteğin 2001 yılında gerçekleşen ve 2010 yılı için öngörülen mali boyutlarını irdeleyen bir rapor yayımlanmıştır. Rapor kapsamında sadece üretilen kWh başına tarife garantileri ya da diğer mekanizmalarla sağlanan doğrudan destek dikkate alınmış olup, yatırım teşviği, vergi desteği, araştırma geliştirmeye sağlanan kaynak gibi uygulanan diğer dolaylı teşviklerin maliyeti hesaplamalara dahil edilmemiştir. Raporda ayrıca, özellikle rüzgar olmak üzere, programlanamayan yenilenebilir üretimin bu özelliği nedeniyle önemli sistem maliyetlerine sebep olduğu vurgulanmaktadır. Örneğin Almanya sistemi için bu maliyetler 2.4 €/kWh olarak verilmektedir. Bu maliyetlerin rüzgar enerjisinden yapılan üretime yansıtılmayarak bütün tüketicilere ödetilmesinin rüzgara sağlanan çok önemli bir ilave destek olduğu belirtilmektedir.

AB-15 ülkelerinde 2001 yılında yenilenebilir enerji için yapılan toplam ödeme 6.2 Milyar € (ağırlıklı ortalama 6.7 €/kWh), pazar fiyatının üzerinde yapılan fazladan ödeme 3.3 Milyar € kWh başına yapılan fazladan ödeme ise ortalama 3.6 €/kWh seviyesindedir. Yenilenebilir enerjiye sağlanan bu destek sistemdeki elektriğin kWh maliyetine ortalama 0.13 €/kWh ek bedel getirmiştir. Bu ek bedelin toptan satış fiyatına % olarak oranı, AB-15 ülkeleri için ortalama %4.2, İrlanda'da %0.5, Fransa, Portekiz ve İngiltere'de %1 ve en yüksek olduğu Danimarka'da %32 olarak hesaplanmaktadır.

Yapılan varsayımlar çerçevesinde, 2010 yılında AB-15 ülkelerinde yenilenebilir enerji için yapılacak toplam ödeme yaklaşık 22 Milyar €'ya (ağırlıklı ortalama 6.8 €/kWh) pazar fiyatının üzerinde fazladan yapılacak ödeme 11.5 Milyar €'ya, kWh başına yapılan ekstra ödeme ise ortalama 3.7 €/kWh civarına ulaşacaktır. Sağlanan bu destek 2010 yılında elektriğin kWh maliyetine ortalama 0.39 €/kWh ek bedel getirecek, bunun toptan satış fiyatına % olarak oranı, AB-15 ülkeleri için ortalama %13.3, Belçika'da %2.6, en yüksek olduğu Danimarka'da ise yaklaşık %56 düzeyine çıkacaktır.

Mevcut yenilenebilir elektrik destek mekanizmalarının sürdürülmesi durumunda; bu desteğin toplam maliyetinin çok yüksek düzeylere ulaşacağı, bu maliyetin Avrupa elektrik fiyatları üzerinde büyük bir artışa neden olacağı ve ülkeler arasındaki uygulama farklılıklarının pazarın koşullarını bozucu yönde önemli olumsuz etkileri olacağı vurgulanmaktadır. 2010 yılında tüm ülkelerin yenilenebilir elektriğe sağladıkları desteği Almanya'nın mevcut düzeyine yükseltmeleri durumunda, yenilenebilir elektrik için yapılacak fazladan ödeme miktarı yıllık 20 Milyar Euro düzeyine yükselecek ve bu fazla ödeme kWh başına toptan satış fiyatının %25'ine karşılık gelecektir.

5. İSPANYA VE TÜRKİYE'NİN KARŞILAŞTIRILMASI

5.1. ELEKTRİK SİSTEMLERİ BAKIMINDAN KARŞILAŞTIRILMASI [7]

İspanya, Kyoto Protokolü'ndeki yükümlülükleri yerine getirebilmek için, 2010 yılında gösterge niteliğindeki brüt elektrik tüketiminin %29.4'ünün yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanması hedefi doğrultusunda, yenilenebilir enerji kaynaklarını yoğun olarak teşvik etmeye başlamıştır. Elektrik üretimine uygun olan hidrolik potansiyelinin önemli bir bölümünü 1990 yılına kadar tüketmiş olan İspanya, RES-E Direktifi'ndeki hedefleri tutturabilmek için başta rüzgar olmak üzere bio-kütle ve diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmek zorunda kalmıştır. Ancak, İspanya'da, başta rüzgar olmak üzere yenilenebilir enerji kaynaklarının kurulu gücündeki büyük artışa rağmen, 2010 yılında yenilenebilirin brüt tüketimdeki payının %22'de kalacağı öngörülmektedir. [8]

Sanayileşmesini büyük oranda tamamlamış olan İspanya'nın brüt elektrik talebinin artışı, hızlı bir şekilde sanayileşen Türkiye ile karşılaştırıldığında oldukça düşük oranda kalmaktadır. İspanya'nın 1990-2003 dönemleri brüt elektrik talebinin ortalama yıllık artışı %3.9'da kalırken, Türkiye'nin brüt elektrik talebinin ortalama yıllık artışı %7.3 olarak gerçekleşmiştir. 2003-2010 dönemlerinde İspanya'nın talebinin ortalama yıllık artış oranının %3.2, Türkiye'nin %8 olacağı, 2010-2020 dönemlerinde ise İspanya'nın artışının %2.1 ve Türkiye'nin %7.5 olacağı planlanmaktadır. 2003-2010 döneminde talebin karşılanması için İspanya'da yılda ortalama 1800 MW, Türkiye'de ise yılda ortalama 1900 MW ilave kapasitenin işletmeye gireceği öngörülmektedir. 2010-2020 döneminde ise yedek kapasitenin fazla olmasının da etkisiyle İspanya'da yılda ortalama 1500 MW ve Türkiye'de yılda ortalama 2500-4500 MW civarında ilave kapasitenin işletmeye girmesi öngörülmektedir. Türkiye'de sanayinin çok hızlı gelişmesinin de etkisiyle, elektrik tüketimi uzun yıllar çok hızlı artmış ve bu artış hızının gelecek yıllarda da devam edeceği beklenmektedir. İspanya'nın yanısıra diğer AB ülkelerinde de sanayinin doyuma ulaşması sebebiyle elektrik talebinde fazla bir artış beklenmemektedir. Bunun sonucunda başta rüzgar

olmak üzere yenilenebilir kaynaklara yönelmek, önemli bir yedek kapasiteye sahip olan ve hızlı artan Türkiye'nin talebine karşı talep artışının düşük kaldığı Avrupa'da fazla bir risk taşımamaktadır.

Yedek kapasite yönünden İspanya ve Türkiye'nin elektrik sistemleri incelendiğinde, İspanya'nın kurulu güç yedeğini oldukça yüksek bir seviyede tuttuğunu ve bu oranın 2010 ve 2020 yıllarında da fazla değişmediğini söyleyebiliriz. 90'ların başında %65'le oldukça yüksek güç yedeğine sahip olan İspanya'da daha sonraları güç yedeği %50'lere düşmesine rağmen, yine oldukça yüksek bir seviyede kalmış olup, 2010 ve 2020 yıllarında planlanan ilave kapasitenin işletmeye girmesiyle %54 civarına çıkacağı öngörülmektedir. Türkiye'de ise yedek kapasitenin 90'ların başında %80 gibi oldukça yüksek bir oranda olmasına rağmen, 1997 yılında %31'e düşmüş, yeni ilave kapasitenin kurulmasıyla da 2003 yılında %65'e çıkmıştır. Ancak planlanan ilave kapasitenin sisteme gireceğinin öngörülmesine rağmen, güç yedeğinin 2010 ve 2020 yıllarında %30'ların altına düşeceği ve kurak hidrolik koşulda üretim kapasitesi yedeğinin %1'lere kadar ineceği öngörülmektedir.

Türkiye, yenilenebilirin toplamdaki payını artırmaya çalışırken, hızlı artan talebinin yanısıra İspanya kadar yüksek olmayan yedek kapasitesini de gözönüne alarak, kısa ve uzun vadede sistemin güvenilirliğini riske sokmayacak şekilde yenilenebilirin toplam kurulu güç ve enerji içindeki payını planlamak zorundadır.

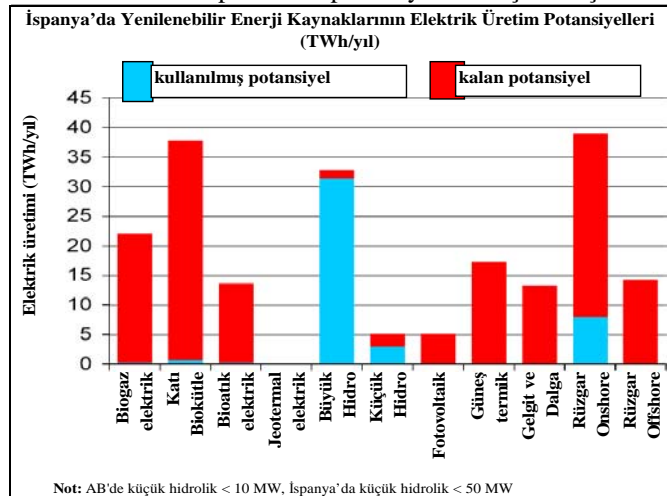
5.2. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAK POTANSİYELLERİ BAKIMINDAN KARŞILAŞTIRILMASI

Hidrolik potansiyelini önemli oranda tüketen Avrupa ülkelerine rağmen, Türkiye 129 milyar kWh/yıl'lık hidrolik potansiyelle Avrupa'da lider konumundadır. 2003 yılı sonu itibarıyla bu hidrolik potansiyelin sadece %35'ini (12579 MW) [9] kullanmış olan Türkiye'nin, Kyoto Protokolü yükümlülüklerini yerine getirmeye çalışan hidrolik potansiyele sahip AB ülkelerinde olduğu gibi, yenilenebilir kaynaklar içinde suyu depolama özelliğinden dolayı rüzgara göre daha düzenli üretim yapan veya programlanabilen hidroliğe ve daha sonra rüzgar ve diğer yenilenebilirlerle öncelik vermesi kaçınılmazdır.

Bugünkü teknik koşullarda 10 metre yükseklikteki ortalama 6 m/s hızda, yılda 2800 saat kullanma süresi ile kurulabilecek ekonomik rüzgar potansiyeli 10000 MW yani 28 milyar kWh (88000 MW teknik potansiyel) düzeyindedir. Bu ekonomik potansiyelin yıllık çalışma saati en kötü rüzgar koşulunda (güvenilir üretim) 1400 saate kadar düşerek ancak 14 milyar kWh üretim gerçekleştirebileceği düşünülmektedir. [10]

İspanya başta rüzgar ve katı biokütle olmak üzere yenilenebilir enerji kaynaklarını hızla geliştirerek bu konuda AB'deki öncü ülkelerden biri durumuna gelmiştir. Son yıllarda büyük hidrolik santrallerin kurulu gücü hemen hemen sabit kalırken bu kaynağa dayalı elektrik üretimi hidrolojik koşullara bağlı olarak önemli ölçüde azalmıştır. Buna karşılık katı biokütle ve özellikle rüzgar kurulu gücü ve elektrik üretimi çok hızlı bir artış göstermiştir. Diğer Avrupa ülkelerinde olduğu gibi, hidrolik potansiyelinin hemen hemen tamamını kullanmış olan İspanya'nın neden rüzgar ve bio kütlele yoğun olarak yönelmek zorunda kaldığı, İspanya'nın çeşitli yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretim kapasitesi ile bu kapasitenin geliştirilen bölümünü gösteren Şekil ile açıklanabilir. Buna göre İspanya'nın en büyük üretim kapasitesine sahip olduğu kaynaklar 40'ar TWh düzeyindeki ekonomik potansiyelleri ile rüzgar ve katı biokütle olup her iki potansiyel hala çok küçük bir bölümü geliştirilerek elektrik üretiminde kullanımına başlanabilmiştir. Rüzgar potansiyelinin teknik kısıtlardan dolayı maksimum kurulu gücü 13000 MW'dır. [11]

Büyük hidrolik potansiyel **32 TWh düzeyindeki** yıllık üretim kapasitesi ile rüzgar ve katı biokütleden sonra en önemli üçüncü kaynak durumunda olmakla birlikte, bu potansiyelin neredeyse tamamı geliştirilmiş durumdadır. Dolayısıyla büyük hidrolik potansiyelinin tamamını yıllar önce geliştirmiş olan İspanya son yıllarda ağırlığı doğal olarak büyük hidrodan daha yüksek potansiyele sahip olduğu rüzgar ve katı biokütlenin geliştirilmesine vermiştir. [12]



6. TÜRKİYE ELEKTRİK SEKTÖRÜNE YENİLENEBİLİR ENERJİNİN MALİYETİ

Ülkemizde yenilenebilir enerji kaynaklarının desteklenmesi politikası çerçevesinde YEK Kanunu 2005 yılında yürürlüğe girmiştir. Bu Kanun kapsamında yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilecek elektriğin perakendeci (önceki yıl sattıkları elektriğin en az %8'i oranında) tarafından satın alınması yükümlülüğü getirilmiştir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının çevre dostu olmasının yanı sıra yerli kaynak ve tükenmez olması gibi avantajları iyi bilinmektedir. Ancak bu kaynakların yapısı gereği ilave teknik ve ekonomik maliyetleri ortaya çıkmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının, programlanamayan elektrik üretimleri ve düşük kapasite faktörünün de etkisiyle ortaya çıkan ilave maliyetlerini, başlıca teşvik, iletim yatırımı ve yedek kapasite maliyetleri olmak üzere üç ana başlık altında toplayabiliriz. YEK Kanunu kapsamında, Ekim 2004 tarihli Uzun Dönem Elektrik Enerjisi Üretim Planlama Çalışması sonuçları baz alınarak oluşturulan, ülkemizdeki yenilenebilir kaynaklardan çeşitli alternatiflere göre tesis edilebilecek rüzgar, hidrolik ve jeotermal santrallerin, toptan satış fiyatının üzerinde yeşil elektriğe verilecek doğrudan teşvik maliyeti (kamu arazilerinden bedelsiz/indirimli yararlanma ve belli ödeneklerden muaf tutulma gibi dolaylı teşvikler hariç), ilave iletim ve yedek kapasite maliyeti aşağıda verilmektedir.

2005-2010 döneminde ilave maliyetler (milyon \$)	Teşvik	İletim Yatırımı	Sıcak Yedek Kapasite	Soğuk Yedek Kapasite	TOPLAM
RES 0 MW, HES+JEO 0 MW (Toplam 0 MW)	-	-	-	-	-
RES 1269 MW, HES+JEO 0 MW (Toplam 1269 MW)	281.00	57.11	135.87	1,069.59	1,543.55
RES 1769 MW, HES+JEO 0 MW (Toplam 1769 MW)	329.75	79.61	201.57	1,491.01	2,101.93
RES 1269 MW, HES+JEO 1574.2 MW (Toplam 2843.2 MW)	509.95	127.94	536.60	2,238.99	3,413.48
RES 1769 MW, HES+JEO 1574.2 MW (Toplam 3343.2 MW)	558.70	150.44	602.30	2,660.42	3,971.86
RES 0 MW, HES+JEO 1574.2 MW (Toplam 1574.2 MW)	228.95	70.84	163.41	1,169.41	1,632.61
RES 5000 MW, HES+JEO 3000 MW (Toplam 8000 MW)	727.53	360.00	847.06	6,442.86	8,377.44
RES 5000 MW, HES+JEO 5000 MW (Toplam 10000 MW)	787.59	450.00	952.18	7,928.57	10,118.33

Yukarıdaki tabloda yenilenebilir santrallerin büyük miktarlarda sisteme dahil olmasının yaratacağı ilave sıcak yedek kapasite miktarı, UCTE kriterlerine uygun olarak programlanamayan yenilenebilir kurulu gücün % 100 oranında yedeklenmesi varsayımıyla, bu miktardan mevcut sistemin sıcak yedek kapasite miktarı olan 770 MW düşülerek hesaplanmıştır. Bu ilave kapasite ihtiyacının sebep olacağı maliyetin hesaplanmasında mevcut sistemin sıcak yedek maliyeti hesaplarında kullanılan 6 \$/MWh değeri kullanılmıştır.

İlave soğuk yedek kapasite maliyetine ilişkin hesaplamalar Ekim 2004 tarihinde yapılan son üretim planlama çalışması sonuçlarına dayandırılmıştır. Bu çalışmada; 2003 yılı sonu itibariyle işletmede, inşa halinde ve yapım kararı alınmış üretim tesislerine ilave olarak EPDK'dan Temmuz 2004 tarihine kadar lisans almış yenilenebilir enerji santrallerinin lisanslarındaki tarihlerde devreye girecekleri varsayılarak, sistem talebini minimum maliyetle hedeflenen güvenilirlik seviyesinde karşılamak için gerekli üretim sistemi konfigürasyonu belirlenmiştir. Ayrıca çalışmada yer alan varsayımlara ek olarak; enterkonnekte sistemimizin UCTE sistemine bağlanacağı dikkate alınarak UCTE tarafından her ülke için öngörülen yedek tutma hesabına göre ilave edilebilecek rüzgar kapasitesi de göz önüne alınmıştır. Plan çalışması sonucunda 2010 yılı için belirlenen üretim sisteminde, UCTE kriterlerine göre ilave edilebilecek rüzgar kapasitesi ve lisans aldıkları için zorunlu olarak dikkate alınan yenilenebilir enerji santralleri yerine aynı miktar elektrik üretimi yapacak doğal gaz santralleri konularak oluşturulan baz sistem, ilave yenilenebilir enerji kapasitesinin soğuk yedek maliyetlerini hesaplamak için kullanılmıştır. 2005-2010 döneminde sisteme yenilenebilir ilavesi olmayan bu baz sistem tamamen sembolik bir konfigürasyon olup sadece ilave maliyetleri hesaplayabilmek için oluşturulmuştur.

Baz sistem oluşturulduktan sonra yukarıdaki tabloda verilen değişik senaryolardaki ilave yenilenebilir kapasite miktarının aynı kurulu güçteki termik santralin yerini alacağı varsayılarak, yenilenebilirin düşük kapasite faktörü nedeniyle yeni konfigürasyonda oluşacak yıllık enerji açığı hesaplanmıştır. Söz konusu kapasite için termik santralin yapacağı elektrik üretiminden (7000 saat/yıl), yenilenebilir kaynakların tam güçte 3000 saate karşılık

gelen yıllık elektrik üretimlerinin düşülmesiyle hesaplanan enerji açığının karşılanabilmesi için gerekli olacak ilave konvansiyonel termik kapasiteye ilişkin yatırım maliyetinden soğuk yedek kapasite maliyeti belirlenmiştir.

Soğuk yedek maliyetine ilişkin hesaplamalar, yenilenebilir kaynakların yıl içinde tam güçte 3000 saat çalışmaya denk gelen enerji üretimlerinin, sistem talebine paralel olarak yaptırılabilmesi bir başka deyişle yenilenebilir üretimin programlanabileceği varsayımıyla yapılarak sadece yıllık enerji talebinin karşılanabilmesi durumu dikkate alınmıştır. Ancak yıl içinde yüksek talep dönemleriyle yüksek yenilenebilir üretim dönemlerinin uyuşmaması durumunda sistemdeki rezerv seviyesine bağlı olarak dönemsel güç/enerji açığının oluşması riski mevcuttur.

Örneğin ülkemizde özellikle turizmin de etkisiyle yaz aylarındaki elektrik talebi oldukça yüksek düzeylere ulaşmaktadır. Buna karşın talebin yüksek seviyeye çıktığı sıcak yaz günlerinde rüzgarın neredeyse hiç esmediği bilinmektedir. Mevcut rüzgar santrallerinin elektrik üretimlerinin aylara dağılımı ve bunun ülke talebiyle karşılaştırmasını veren aşağıdaki tabloda talebin Aralık ayından sonra en yüksek olduğu ikinci ay olan Ağustos boyunca rüzgar üretiminin minimum seviyelere düştüğü görülmektedir.

2004 yılı	ocak	şubat	mart	nisan	mayıs	haziran	temmuz	ağustos	eylül	ekim	kasım	aralık	2004 toplam
Rüzgar üretimi (GWh)	5	5	6	5	4	2	5	3	5	4	5	6	56
Türkiye tüketimi (GWh)	12906	11538	12487	11735	11781	11910	13168	13241	12467	12220	12036	13852	149340
Rüzgarın kapasite factörü (%)	35	42	45	36	32	18	38	20	38	26	33	40	34
Rüzgarın talebi karşılama oranı (%)	0.04	0.05	0.05	0.04	0.04	0.02	0.04	0.02	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04

Bu durum dikkate alındığında yukarıda hesaplanan soğuk yedek kapasitesine ilave olarak, özellikle yıl içinde talebin yüksek yenilenebilir kaynaklı üretimin düşük seviyede olduğu dönemlerde ilave yedek ihtiyacı olabileceği ortaya çıkmaktadır. Rüzgarın neredeyse hiç esmemesi ve su gelirlerinin de oldukça az olmasından dolayı, yenilenebilir kaynaklı üretimin, turizmin de etkisiyle enerji ve puant talebin oldukça yüksek olduğu yaz aylarında çok düşmesi ve yaz puantına katkısının çok kısıtlı olması başka bir deyişle programlanamaması sebebiyle, güç/enerji talebinin karşılanabilmesi için, yukarıda basitçe hesaplanan soğuk yedek miktarının üzerinde ilave kapasite gerekli olabilecektir. Ancak bununla ilgili yeterli bilgi bulunmaması ve çok kapsamlı çalışılması gerektiğinden bu konuda detaylı hesap yapılmamış olup, sadece genel bir bilgi olarak yukarıda verilmiştir. Burada gerçek ilave soğuk yedek ihtiyacının ve dolayısıyla bununla ilgili maliyetin yukarıda hesaplananın üzerinde olabileceğinin vurgulanması yeterli görülmüştür.

7. SONUÇ

Avrupa Birliği, Kyoto Protokolü çerçevesinde, emisyonların azaltılması ile ilgili yükümlülüklerini yerine getirebilmek için, 2010 yılında genel enerji talebinin %12'sinin yenilenebilir kaynaklardan karşılanmasını hedeflemektedir. Bu hedefe ulaşmak üzere yenilenebilir kaynakların elektrik enerjisi brüt talebi içindeki payının 2010 yılında %22'ye çıkarılması öngörülmektedir. Bu pay genişlemeden sonra AB-25 için %21 olarak revize edilmiştir.

Kyoto Protokolü'nde belirtilen yükümlülüklerle uyabilmek için ortaya konulan esas hedef yenilenebilir enerji kaynaklarının genel enerjideki %12'lik payıdır. Bu hedefe ulaşmak için yenilenebilirin brüt elektrik tüketimindeki %22'lik payı (AB-25 için %21) gösterge niteliğinde olup, esas hedefe ulaşmak için bir araçtır. Bir başka deyişle, Kyoto Protokolü kapsamında amacın emisyonların azaltılması olduğu düşünülürse, genel enerjinin elektrik sektörünün de dahil olduğu bütün alt sektörlerinde (elektrik, sanayi, ulaşım, hane,...) emisyon azaltmak üzere yenilenebilir için belirlenecek hedeflerin (Örn; brüt elektrik talebinin %22'sinin yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanması, Avrupa'da 1 milyon çatıya PV kampanyası,...) kendi başına bir anlam teşkil etmediği, her bir sektörün bütünü birer parçası olduğu ve esas amacın genel enerjideki %12'lik payın tutturulması olduğu unutulmamalıdır. Bu yaklaşımla ülkemizde elektrik sektörünün yanısıra diğer sektörlerde (sanayi, ulaşım, hane,...) de emisyonların azaltılmasında yapılabilecek katkıya karar verildikten sonra yenilenebilirin elektrik sektöründeki payı için bir hedef belirlenmesi ve genel enerjinin bir bütün olarak ele alınması ülkemiz için en doğru yaklaşım olacaktır.

Avrupa Birliği, sözkonusu hedeflere ulaşabilmek için yenilenebilirin elektrik üretimindeki payını artırmaya çalışmaktadır. Ancak 26 Mayıs 2004 tarihli AB Komisyonu Yenilenebilir Enerji Bildiriminde mevcut politikalarla, yenilenebilir enerji kaynaklarının, 2010 yılında üye ülkelerin çoğunda (Almanya, Danimarka,

İspanya ve Finlandiya hariç olmak üzere), elektrik tüketimindeki üye ülkelerin hedeflenen paylarına ulaşılmasının mümkün olmadığı bildirilmektedir.

RES-E Direktifinde yenilenebilir enerji kaynakları olarak rüzgar, güneş, jeotermal, dalga, gel-git, büyük-hidrolik, küçük-hidrolik, bio-kütle, atık gazlar ve biogazlar tanımlanmaktadır. Yenilenebilir kaynaklar içinde en önemli kaynak konumunda olan hidrolik konusunda Avrupa oldukça şanssız bir durumdadır. Son yıllarda rüzgara yoğun olarak yönelen İspanya'da olduğu gibi mevcut büyük-hidrolik potansiyelinin önemli bir kısmını işletmeye sokmuş olan Avrupa da, hedefleri tutturabilmek için başta rüzgar olmak üzere küçük-hidro, bio-kütle ve diğer yenilenebilirler yöneltmek zorunda kalmıştır. Hidroliğin büyük oranda tükenmesiyle özellikle rüzgara yönelmek zorunda kalan Avrupa'da yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektriğin maliyeti verilen yüksek teşviklerin de etkisiyle rekabetçi ortamı bozabilecek duruma gelmiştir. Bu teşviklerin devam etmesi durumunda yüksek elektrik fiyatları 2010 yılında daha da artacak ve rekabetçi piyasayı bozacaktır. [6]

Hidrolik potansiyelini önemli oranda tüketen Avrupa ülkelerine rağmen, Türkiye 129 milyar kWh/yıl'lık hidrolik potansiyelle Avrupa'da lider konumundadır. 2003 yılı sonu itibarıyla bu hidrolik potansiyelin sadece %35'ini (12579 MW) kullanmış olan Türkiye'nin, Kyoto Protokolü yükümlülüklerini yerine getirmeye çalışan hidrolik potansiyele sahip AB ülkelerinde olduğu gibi, yenilenebilir kaynaklar içinde suyu depolama özelliğinden dolayı rüzgara göre daha güvenilir olan hidroliğe ve daha sonra rüzgar ve diğer yenilenebilirler öncelik vermesi kaçınılmazdır.

Başta rüzgar olmak üzere yenilenebilir enerji kaynaklarını hızla geliştirerek, bu konuda AB'deki öncü ülkelere bir durumuna gelen İspanya ile Türkiye'nin elektrik üretim sistemleri karşılaştırıldığında; ülkelerin sistemleri arasında temel farklılıkların olduğu ve başka ülkelerin hedeflerini kopyalamak yerine ülkelerin kendi şartları içinde hedeflerinin oluşturulmasının en doğru yaklaşım olacağı ortaya çıkmaktadır. Türkiye'de sanayinin çok hızlı gelişmesinin de etkisiyle, brüt elektrik talep artışında çok yüksek bir artış olmuştur ve bu artışın daha da yükseleceği beklenmektedir. İspanya'nın yanı sıra diğer AB ülkelerinde de sanayinin doyuma ulaşması sebebiyle elektrik talebinde fazla bir artış beklenmemektedir. Bunun sonucunda başta rüzgar olmak üzere yenilenebilir kaynaklara yönelmek, önemli bir yedek kapasiteye sahip olan ve talep artışının düşük kaldığı Avrupa'da fazla bir risk taşımamaktadır. Türkiye, hızlı artan talebinin yanısıra İspanya kadar yüksek olmayan yedek kapasitesini de gözönüne alarak, kısa ve uzun vadede sistemin güvenilirliğini riske sokmayacak şekilde yenilenebilirin toplam kurulu güç ve enerji içindeki payını planlamak zorundadır. Ayrıca yenilenebilir enerjiye yönelirken uygulanacak yöntemlerin serbest piyasa yapısını bozmayacak şekilde oluşturulması ve özellikle rüzgar santrallerinden üretilen elektriğe verilecek teşviklerde rüzgar potansiyelinin yoğun olduğu sahalardan başlanması büyük önem arz etmektedir.

Ülkemizde yenilenebilir enerji kaynaklarının desteklenmesi politikası çerçevesinde 2005 yılında yürürlüğe giren YEK Kanunu kapsamında yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektriğin perakendeci (önceki yıl sattıkları elektriğin en az %8'i oranında) tarafından satın alınması yükümlülüğü getirilmiştir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının çevre dostu olmasının yanı sıra yerli kaynak ve tükenmez olması gibi avantajları iyi bilinmektedir. Ancak bu kaynakların yapısı gereği ilave teknik ve ekonomik maliyetleri ortaya çıkmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının, programlanamayan elektrik üretimleri ve düşük kapasite faktörünün de etkisiyle ortaya çıkan ilave maliyetleri, teşvik, iletim yatırımı ve yedek kapasite (sıcak ve soğuk yedek kapasite) maliyetlerinden meydana gelmektedir.

Temmuz 2004 tarihi itibarıyla EPDK'dan lisans almış (1269 MW RES, 1574.2 MW HES+Jeotermal) yenilenebilir enerji santrallerinin (lisanslarındaki tarihlerde devreye girecekleri varsayılarak) sisteme getireceği ilave maliyet yaklaşık 3.4 milyar US\$'a, EPDK'dan lisans almış yenilenebilirler enterkonekte sistemimizin UCTE sistemine bağlanacağı dikkate alınarak UCTE tarafından her ülke için öngörülen yedek tutma hesabına göre ilave edilebilecek rüzgar kapasitesi de eklenirse (1769 MW RES, 1574.2 MW HES+Jeotermal) ilave maliyet yaklaşık 4 milyar US\$'a çıkabilecektir. Yenilenebilir kaynakların kurulu gücü 2010 yılına kadar 10000 MW'a (5000 MW RES, 5000 MW HES+Jeotermal) çıkarsa yenilenebilir kaynakların programlanamayan ve düşük kapasite faktörlerine sahip olmasından kaynaklanan ilave maliyeti yaklaşık 10 milyar US\$ gibi büyük rakamlara ulaşacaktır. Yenilenebilir kaynakların yapısı dolayısıyla ortaya çıkan ilave maliyetlerinin en büyük payı yedek kapasite içinde gösterilen soğuk yedek kapasite ihtiyacından kaynaklanmaktadır. Soğuk yedek maliyetine ilişkin hesaplamalar, yeterli bilgi bulunamaması ve süre kısıtlılığından dolayı, yenilenebilir kaynakların yıl içinde tam güçte 3000 saat çalışmaya denk gelen enerji üretimlerinin, sistem talebine paralel olarak yaptırılacağı bir başka deyişle yenilenebilir üretimin programlanabileceği varsayımıyla yapılmıştır. Gerçek

ilave soğuk yedek ihtiyacın ve maliyetin yapılan hesaplardan daha yüksek olması gerektiği ve toplam ilave maliyetin en büyük payının soğuk yedekten kaynaklandığı düşünülürse, verilen toplam ilave maliyetin daha yüksek olması gerektiği unutulmamalıdır.

Yenilenebilir kaynakların yapısı gereği ortaya çıkan ilave maliyetler göz önünde bulundurularak, Türkiye elektrik sistemi kendi yapısı içinde değerlendirilmeli ve yenilenebilir kaynakların Türkiye elektrik sistemine ne ölçüde katkıda bulunabileceğine karar verirken fayda-maliyet analizinin çok yönlü yapılması en doğru yaklaşım olacaktır.

Kaynaklar

- [1] YEK, <<http://www.tbmm.gov.tr/kanunlar/k5346.html>>
- [2] European Climate Change Programme
- [3] www.eurelectric.org web sitesinde “Energy Wisdom Programme (EWP) Global report 1990-2000”
- [4] RES-E Direktifi, <http://europa.eu.int/eur-lex/pri/en/oj/dat/2001/I_283/I_28320011027en00330040.pdf>
- [5] TEİAŞ, IEA, EurObserv’ER 2004, Eurelectric istatistikleri
- [6] Avrupa Elektrik Endüstrisi Birliği (EURELECTRIC)’in Ocak 2004’te yayınladığı “A Quantitative Assesment of Direct Support Schemes for Renewables” isimli raporu
- [7] TEİAŞ,UNIPEDE/Electricity Barometer, IEA,EurObserv’ER 2004, EURELECTRIC istatistikleri
- [8] Eurelectric tarafından hazırlanan planlama raporu, July 2003
- [9] TEİAŞ-APK Elektrik Enerjisi Üretim Planlaması, Ekim 2004
- [10] TEİAŞ-APK Elektrik Enerjisi Üretim Planlaması, Ekim 2004, EİE kaynakları
- [11] Analysis and conclusions of monitoring in 2002 of the plan to promote renewable energy, October 2003, MINISTERIO DE ECONOMIA
- [12] Avrupa Komisyonu tarafından yayınlanan “Brussels, 26.05.2004” tarih ve “SEC(2004) 547” sayılı (COM(2004)366 final) ve “The share of renewable energy in EU” konulu döküman