

Yüzde Yüz Sürdürülebilir Temiz Enerji Kullanımı Senaryoları ve Ülkemiz Açısından Çıkarılması Gereken Sonuçlar

Musa Galip Taştan - *Elektronik Mühendisi*

galiptastan@yahoo.com

Dünya nüfusundaki hızlı artış ile birlikte Çin, Hindistan gibi yüksek nüfusa sahip ülkelerdeki hızlı gelişmeler enerji talebini önemli oranda arttırmaktadır. Artan talebin önümüzdeki 10 yıllarda karşılanamaması durumunda yakın bir gelecekte çifte enerji krizinin (Double Energy Crisis) yaşanması beklenmektedir. Birinci kriz fosil enerji kaynaklarının gittikçe azalan seviyesinden tetiklenirken, alternatif temiz enerji kaynaklarının zamanında devreye sokulamamasından dolayı derinleşen ikinci krizin yaşanacağı bir çok kaynaklarca dile getirilmektedir. Bu bağlamda 2030, 2050 ve 2100 yıllarını kapsayan senaryolar önem kazanmaktadır. (2)(18)

Bu karamsar tabloya rağmen, çevreci ve sürdürülebilir temiz enerji kaynaklarına dayalı bir ekonomik dönüşüm sürecine girdiğimiz 21. Yüzyılın ilk çeyreğinde, gelişmeler son derece umut vericidir. Şüphesiz bu başarıda Birleşmiş Milletler organizasyonu ve tüm üye ülkelerin işbirliği ve desteği önemli bir rol oynamıştır. Oluşturulan imenin yüzyılın ikinci çeyreğinde de devam ettirilerek, Yüzde Yüz Temiz Enerji kaynaklarına dayalı, çevreci bir ekonomik modelin hayata geçirilmesi hedeflenmektedir.

Konuya çevreci açıdan yaklaşan bir çok uluslararası kuruluş temiz enerjiye dayalı sürdürülebilir bir ekonomik model için 2050 yılını hedef göstermektedirler. Konuya bu bağlamda yaklaşırsa 2050 yılı senaryoları daha da önem kazanmaktadır. (11)

Kaynak, teknoloji ve finansal açıdan iyi bir konumda olan gelişmiş ülkeler yüzde yüz dönüşüm için 2050 yılını hedeflerken, gelişmekte olan ülkeler sözkonusu dönüşümü yüz yılın sonlarına doğru gerçekleştirebileceklerdir; ancak bu noktada vurgulanması gereken önemli bir nokta, bilişim teknolojileri sayesinde yeni buluşların hızla yayılması ve değişik kültürlerce kabul görmesi sonucu bu tahminlerin olumlu yönde değişebileceğidir. (1)

Dönüşümün liderliğini üstlenen bazı ülkeler ve şehirler daha iddialı bir yaklaşımla 2025 yılını hedefleyen senaryolar üretmektedirler.

2025 yılında yüzde yüz temiz enerjiye geçmeyi hedefleyen Danimarka rüzgar enerjisi, biyokütle ağırlıklı yerel

birleşik çevrimli sistemler ve enerji verimliliği yüksek endüstriyel park uygulamalarını içeren bir programı uzun süredir başarıyla hayata geçirmektedir.

Dünyanın en temiz ve çevreci kenti konumundaki Kanada'nın pasifik kıyısındaki Vancouver ile birlikte Almanya'da Münih, ve Amerika'da San Fransisco gibi büyük yerleşim alanlarının dönüşüm programları incelenmeye değer ayrıntılar içermektedir. Bu kentler çevreci temiz enerji projelerinin uzun yıllar test edildiği, önemli eko teknoloji geliştirme merkezleri konumundadırlar. (7)(14)(16)

Ülkelerin, şehirlerin hatta Avrupa Birliği gibi konuya planlı ve bölgesel yaklaşan iddialı senaryoların gerçekleşme olasılığını ayrıntılarıyla inceleyerek, ülkemiz için uygulanabilir bazı sonuçlar çıkarmaya çalışalım.

Bu alandaki incelemeye Tablo 1'de verilen küresel toplam enerji ihtiyacı verileri ile başlamak istiyorum. Birincil ve ikincil enerji ihtiyaçları normal ve yüksek verimlilik senaryolarına göre PWh (Peta Watt saat) olarak 2010 ve 2050 yılları için ayrı ayrı verilmiştir. (3)

	Küresel toplam enerji ihtiyacı, 2010, [PWh]	Küresel toplam enerji ihtiyacı 2050, [PWh]
Birincil Enerji	140	700
İkincil Enerji	90	450
İkincil Enerji-Normal seviyede enerji verimliliği senaryosu	47	235
İkincil Enerji- Yüksek seviyede enerji verimliliği senaryosu	18	90

Tablo 1: Küresel Enerji İhtiyacı 2010 ve 2050 Kaynak: REF 3

Enerji verimliliğinin normal ve yüksek iki değişik senaryoda değerlendirildiği bu çalışmada alınan sonuçların oldukça farklı olması, enerji verimliliği ile ilgili programların gelecekteki enerji kullanımına etkisini oransal olarak göstermesi açısından önemlidir.

Normal enerji verimliliği senaryosuna göre 3 kat daha

az enerji kullanımının öngörüldüğü yüksek enerji verimliliği senaryosu, ancak önemli buluşlar sayesinde gerçekleştirilebilir. Son on yılda LED aydınlatma ve STAR derecelendirilme programları sayesinde ev eşyalarının verimliliğinde %90 civarında alınan sonuçlar, bu senaryonun gerçekleşme olasılığını desteklemektedir. Önümüzdeki 10 yıl içerisinde yarı iletken, nanoteknoloji ve kompozit malzemeler alanında köktenci değişiklikler oluşturacak önemli buluşlar sonucunda, enerji verimliliğinde önemli boyutlarda artışlar beklenmektedir. Enerji alanında kökdenci nitelikteki çalışmalara son yıllarda önemli boyutlarda kaynaklar ayrılmaktadır. (4)(15)(20)

Endüstride enerji yoğunluğu seviyelerinde beklenen iyileştirmeler, yüksek verimlilik senaryosunun gerçekleşme olasılığını daha da güçlendirmektedir. Enerji verimliliği için 50 yıl gibi geniş bir zaman aralığında yapılan tahminlerin doğruluğu elbette tartışılır, ancak yukarıdaki senaryolar mevcut veriler baz alınarak makro düzeyde yapılmıştır. Gelecekte yapılması olası önemli buluşların seviyesi doğruluk payını önemli oranda etkileyecektir.

2050 yılı için her iki senaryoya göre verilen enerji tüketimi verilerini baz alarak, gelecekteki toplam enerji ihtiyacının temiz enerji kaynakları tarafından ekonomik olarak karşılanabilirlik derecesini belirlemeye çalışalım. Konuya temiz enerji kaynaklarının Tablo 2’de verilen sürdürülebilir kanıtlanmış potansiyel verileri üzerinden başlamak istiyorum.

Temiz Enerji Kaynakları	Teknik Potansiyel PWh/yıl	Sürdürülebilir, Kanıtlanmış Potansiyel, PWh/yıl
Biyokütle	224	28
Jeotermal	202	6.2
Hidroelektrik	45	3.4
Güneş	78,400	2,800
Rüzgar	476	280
Toplam	79,347	3,117.6

Tablo 2: Temiz Enerji Kaynaklarının Teknik ve Sürdürülebilir kanıtlanmış potansiyeli, Kaynak: WBGU Flagship Report

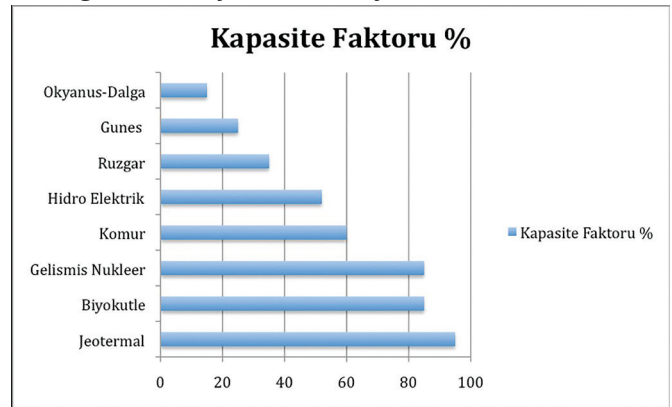
Nükleer ve doğal gaz kaynaklarının temiz enerji kategorisine dahil edilmediği bu tabloda, rüzgâr ve özellikle güneş enerjisi teknik potansiyelinin oldukça yüksek seviyelerde oluşu kolayca farkedilmektedir ve bu kaynakları sırasıyla biyokütle, jeotermal ve su enerjisi izlemektedir.

İleri düzeyde nükleer ve doğal gaz teknolojisi bazı çalışmalarda temiz enerji kategorisinde yer almasına rağmen, bu çalışmada tamamlayıcı kaynak olarak ikinci sırada değerlendirilecektir. Nükleer alanda özellikle füzyon ve toryum teknolojisindeki gelişmeler; doğal gaz alanında ise özellikle birleşik çevrim uygulamalarında

elde edilen yüksek verimlilik artışı ve çevreci yaklaşımlar bu statükoyu değiştirebilir.

Tablo 2’de sunulan temiz enerji kaynaklarının kanıtlanmış potansiyel değerlerini baz alarak, bu kaynakların ekonomik bir alternatif olarak fosil enerji kaynakları ve nükleer enerjinin yerini hangi düzeyde alacağı sorusunun yanıtını bulmaya çalışalım.

Çizelge 1’de verilen Kapasite Faktörü verileri üzerinden konuya yaklaşmak istiyorum. Kapasite faktörü, günümüz koşullarında teknolojik imkanlarla mevcut potansiyelin hangi oranlarda değerlendirileceğinin belirlenmesi açısından önemlidir. Verimliliğin direk göstergesi olan bu değerler sonuçta birim maliyeti etkilemektedir.



Çizelge 1: Temiz Enerji Kaynakları Kapasite Faktörü verileri Kaynak: Kaliforniya Enerji Komisyonu

Çizelgedeki değerler incelendiğinde, güneş ve rüzgar için kapasite faktörünün oldukça düşük seviyelerde olduğu görülmektedir. Şüphesiz bu durum birim maliyeti olumsuz yönde etkilemektedir. Son yıllarda teknolojinin verdiği imkanlarla elde edilen iyileştirmeler, birim maliyetlerin rekabet edebilecek seviyelere gelmesine önemli derecede katkıda bulunmuştur.

Finansal teşvikler sonucu elde edilen üretim artışının birim maliyet üzerindeki olumlu etkileri de önemli bir rol oynamıştır. Coğrafik ve mevsimsel koşullar gibi parametreler, güneş ve rüzgar enerjisinin kapasitesini ve sonuçta birim maliyeti etkileyen diğer önemli faktörlerdir. (8)

Güneş ve rüzgâr enerjisinin geleneksel enerji kaynaklarıyla birlikte günümüzdeki seviyelendirilmiş birim maliyetleri Tablo 3’de verilmektedir.

Seviyelendirilmiş birim maliyet analizi çevreye verilen direk ve dolaylı zararları yaşam döngüsü içerisinde yansıttığı için, normal fiyat analizlerinden daha gerçekçi bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir. Gerçek maliyetlerin yansıtıldığı bu yaklaşım, çevreci temiz enerji kaynakları için önemli avantajlar sunmaktadır. (6)

Enerji Kategorisi	Birim maliyet, LCOE Cent/kWh
PV	12-18
Rüzgar	5-12
Jeotermal	8-15
Biyokütle	9-12
Kömür	8-14
Nükleer	8-14
Doğal gaz, birleşik çevrim	4-10

Tablo 3: Temiz Enerji Kaynaklarının günümüzde seviyelendirilmiş birim maliyeti Kaynak: Bloomberg, 2014, REF 9

2014 verilerine göre rüzgâr enerjisi birim maliyeti rekabetçi bir seviyede kalırken, PV'nin rekabetçilik performansı en alt sırada yer almaktadır; ancak yarı iletken teknolojisindeki verimlilik artışı çalışmaları sonucu, önümüzdeki yıllarda beklenen olumlu değişiklikler sayesinde bu değerlerin 2030 yılında rekabetçi seviyelere gelmesi öngörülmektedir.

Enerji Kategorisi	Teknoloji	Birim maliyet, LCOE, Cent/kWh, 2030
Geleneksel	Temiz kömür, karbon yakalama ile birlikte	>10
	Nükleer fizyon	>10
PV	Güney, güneş yoğunluğu yüksek bölgeler	3-4
	Kuzey, güneş yoğunluğu düşük bölgeler	6-8
Rüzgar	Kara	3-4
	Deniz	4-5
Depolama	Küçük kapasiteli	6-8
	Büyük kapasiteli	<5

Tablo 4: Temiz Enerji Kaynaklarının 2030 yılı için tahmini seviyelendirilmiş birim maliyeti, Kaynak: REF 3

Gelecek yıllardaki eğilimin yönünü sergilemek amacıyla, iki ayrı çalışmadan alınan 2030 ve 2050 yılı seviyelendirilmiş birim maliyetleri Tablo 4 ve Tablo 5'de sunulmaktadır. Bu değerlere göre, PV ve rüzgar enerjisinin seviyelendirilmiş birim maliyetinin 2030 yılında diğer enerji türlerine göre rekabetçi bir seviyeye erişeceği, 2050 yılına doğru ise PV'nin birim maliyetinin önemli oranda azalarak, rekabetçilik sıralamasında üst sıraya yerleşmesi öngörülmektedir. (9)(12).

Enerji Kategorisi	Birim maliyet, LCOE, Cent/kWh, 2050
Temiz kömür, karbon yakalama ile birlikte	15
Nükleer, yeni kuşak	10
PV	5
Yoğunlaştırılmış güneş	8
Rüzgar Kara	7
Rüzgar Deniz	7

Tablo 5: Temiz Enerji Kaynaklarının 2050 yılı için tahmini seviyelendirilmiş birim maliyeti, Kaynak REF 12

1970 yılında birim Watt fiyatı 74\$ olan PV, 2014 yılında 70 cent seviyelerine getirilmiştir ve bu iyileştirme %99 gibi bir seviyeye karşılık gelmektedir. Elektronik yarı iletken teknolojisindeki hızlı gelişmeler ve büyük kapasitelerdeki üretim artışı fiyatları bu seviyeye çekebilmiştir. (7)

Gerçekleşme olasılığı yüksek yeni buluşlar sayesinde, fiyat ayrışımının 2020 yılından itibaren hızlanarak devam edeceği öngörülmektedir. (4)

PV birim maliyetinin gelecek yıllarda öngörülen rekabetçi düzeyi Tablo 6'da sunulan birim modül, evirici ve kurulum maliyet verileri ile desteklenmektedir. (3)

Yıl	Modül Verimliliği %	PV Modül Fiyat Beklentisi \$/W	Evirici, Fiyat Beklentisi \$/W	Kurulum Fiyat Beklentisi \$/W	Toplam Fiyat Beklentisi \$/W
2010	15	1.5	0.2	0.8	2,5
2020	20	0.6	0.1	0.6	1.3
2030	25	0.35	0.05	0.5	0.9

Tablo 6: PV Modül, Evirici ve Kurulum fiyatları 2010, 2020,2030 yılları için Kaynak: REF 3

PV birim maliyetinin 2020 ve 2030 yıllarında rekabetçi seviyelere erişmesi sonucu, kurulu gücün hızla artarak önemli seviyelere gelmesi beklenmektedir. Tablo 7'de 2020 PV kurulu gücü yüksek büyüme senaryosuna göre Avrupa Birliği ülkeleri ve Türkiye için tahmini olarak verilmektedir. Burada, Ükemiz için öngörülen tahmini değer yüksek seviyede tutulduğunun altını çizmek isterim. (3)

Ülkeler	Almanya	Fransa	İtalya	İspanya	UK	Türkiye
2020 PV Kurulu Güç Kapasite, GW	80	60	55	40	22	20
2020 PV						
Elektrik Üretimi, TWh	79	73	78	62	21	30
Yüzde olarak, PV Elektrik Üretiminin Toplam Elektrik Üretimine Oranı	13	14	18	18	5	16

Tablo 7: Yüksek büyüme senaryosuna göre 2020 yılı PV tahminleri Kaynak: REF 3

PV alanındaki yüksek büyüme senaryosunun gerçekçi bir senaryo olduğuna inanıyorum. 1970 yılından günümüze kadar alınan sonuçlar ve bu eğilimin artarak devam edeceği gerçeği, bu senaryonun gerçekleştirilme olasılığını arttırmaktadır.

Ülkemizde temiz enerji kaynaklarının 2023 hedeflerinin özetlendiği Tablo 8'deki verilere göre rüzgâr enerjisine büyük ağırlık verilirken, PV'nin ihmal edildiği görülmektedir.

Enerji Kategorisi	Kurulu Güç, MW, 2013	Kurulu Güç, MW, 2023
Hidrolik	22.289	34.000
Rüzgar	2.759	20.000
PV	-	5.000
Jeotermal	310	1.000
Biyokütle	224	1.000

Tablo 8: Türkiye için Elektrik üretimi ve Kurulu Güç Kapasiteleri, 2013 , 2023 Tahminleri, Kaynak: Türkiye Ulusal Yenilenebilir Eylem Planı

Kolayca farkedileceği üzere, PV kurulu gücünün 2023 yılındaki tahmini değeri 5,000 GW olarak, muhafazakar bir seviyede kalmaktadır. (5)

Güneş ısıtıcılarının köylere kadar başarıyla uygulandığı ülkemizde, PV teknolojisinin hakettiği konuma gelmesi kaçınılmaz olacaktır. Konunun önemini vurgulamak için güneş ısıtıcılarındaki başarı seviyesi ve sonuçta oluşturulan kapasitenin büyüklüğü karşılaştırmalı olarak Tablo 9'da bilginize sunulmuştur.

Ülkemizin Çin'den sonra ikinci sırada yer aldığı güneş ısıtıcılarıyla ilgili bu veriler, 2050 yılı yüzde yüz temiz enerji tahminlerinde baz alınacaktır. (3)

Ülkeler	Toplam Güneş Termal Enerji, kapasitesi, 2010	Bir yılda geliştirilen Güneş Termal Enerji, 2010
---------	--	--

Milyon m2	GW	Milyon m2	GW
-----------	----	-----------	----

Çin	194	135.8	49	34
EU 27	21.6	15.1	3.1	2.2
Türkiye	20.6	14.4	1.7	1.2
Japonya	6.2	4.3	<0.1	<0.1
Brezilya	4.4	3.1	0.5	0.4
İsrail	4	2.8	0.3	0.2
Hindistan	3.1	2.2	0.6	0.4
US	2.7	1.9	0.2	0.1
Avustralya	2.5	1.7	0.4	0.3
Tayvan	1.9	1.3	<0.1	<0.1
Diğer Ülkeler	10	7	2	1.4
Toplam	271	190	57.9	40

Tablo 9: Güneş termal enerjisi verileri, Kaynak: REF 3

Yukarıda sunulan tüm veriler, temiz enerji kaynaklarının birim maliyetinin 2020 yılından itibaren rekabetçilik seviyesini yakalayarak, fosile dayalı enerji kaynaklarının yerini alma kapasitesini göstermesi açısından önemli bir değere sahiptir. Gerçekleşmesi beklenen önemli buluşlar sayesinde, yüzde yüz temiz enerji kaynaklarına dayalı bir dönüşümün, 2050 yılına kadar tamamlanma olasılığını da kuvvetlendirmektedir.

Dönüşüm sürecinde temiz enerji kaynaklarının hangi oranlarda kullanılacağı, ülkelerin temiz enerji kaynaklarının kanıtlanmış sürdürülebilir potansiyeline ve enerji politikalarına bağlı olarak değişkenlik göstereceği bilinen bir gerçektir.

Yukarıda sunulan bilgiler ışığında, 2050 yılı senaryolarına uygun olarak yüzde yüz temiz enerjiye geçiş stratejisinin doğru olarak belirlenmesi amacıyla, Avrupa Birliği'nin bu konudaki hedefleriyle ilgili bir kıyaslama yaparak, yüzde yüz temiz enerji kullanımı bağlamında ülkemiz için özgün bazı sonuçlar çıkarmak istiyorum.

Bu kapsamda, Avrupa Birliği'nin 2050 yılında yüzde yüz temiz enerji kaynaklarından hangi oranlarda faydalanacağını araştıran önemli bir çalışmaya ait veriler Tablo 10'un ilk sütununda bilginize sunulmuştur. Bu veriler oransal olarak verilmiştir ve Avrupa Birliği'nin uzun bir sürede planlı olarak geliştirdiği başarılı enerji politikalarının sonuçlarını göstermesi açısından önemlidir. (10)

Tablonun ikinci sütununda benzer bir yaklaşımla, ülkemiz için 2050 yılı yüzde yüz temiz enerji kullanım oranları tahmini olarak verilmiştir. Ülkemiz için öneri-

len değerler, bu çalışma kapsamında yapılan analizler ve özgün koşullar göz önüne alınarak yapılmıştır; 2023 yenilenebilir enerji hedefleri raporundaki verilerden de belirli ölçülerde yararlanılmıştır.

Avrupa Birliği ülkeleri geniş kaynak, finans ve teknoloji imkanlarıyla önemli mesafeler katetmiş olmasına rağmen, ülkemizin gerçekçi kararlarla kendi koşullarına uygun stratejiler belirleyerek bu açığı kapatmasının zor olmayacağı inancındayım; ancak 2023 yılı temiz enerji raporunda belirlenen hedeflerin oldukça yetersiz seviyelerde kaldığını vurgulamak isterim. Rapor kapsamında rüzgâr enerjisinde gerçekçi tahminler yapılırken, PV için belirlenen hedefler oldukça yetersiz kalmaktadır. Nükleer enerjinin ön planda olduğu son yıllarda PV konusunun gölgede bırakıldığı kanısındayım.

2050 yılı yüzde yüz temiz enerji oranlarının belirlenmesi çalışmasında, PV'nin katkısının Avrupa Birliği'nde %17 düzeyinde olması tahmin edilmektedir. Ülkemizde bu oranın %23 gibi biraz daha yüksek bir seviyede gerçekleşmesi öngörülmektedir.

Avrupa Birliği'nin 2050 yılı biyokütle tahminleri %35 gibi yüksek seviyelerde belirlenmesine rağmen, ülkemiz için %10 gibi düşük bir seviyede kalması düşünülmektedir. Biyoyakıtın da dahil edildiği bu kategoride, ülkemizdeki gelişmeler Avrupa Birliği'nin çok gerisinde kalmaktadır.

	EU-Optimum, 2050, %	Türkiye için Önerilen, 2050, %
Rüzgar	14	15
Güneş-Termal	11	20
Güneş-PV	17	23
Biyokütle	35	10
Hidrolik	7	12
Doğal Gaz	3	15
Diğer Yeni Teknolojiler (Füzyon, Toryum ve Hidrojen) ve jeotermal	13	5

Tablo 10: 2050 yılı için önerilen yüzde yüz temiz enerji oranları, Kaynak: REF 10

Ülkemizin hidro elektrik enerji potansiyelinin gelecekteki büyüme oranının sınırlı olmasına rağmen, 2050 yılında Hidro elektriğin önemli bir alternatif olarak yerini koruması beklenmektedir. 2050 yılında Avrupa'da %7 seviyelerinde olması planlanan bu değer, ülkemiz için %12 seviyelerinde kalacağı tahmin edilmektedir.

Fosil tabanlı doğal gazın, özellikle biyokütle uygulamalarıyla birlikte birleşik çevrim merkezlerinde yaygın olarak kullanılması sonucu, ülkemizde %15 seviyesinde bir değere erişeceği önerilmektedir. Doğal gazın Avrupa Birliği'ndeki kullanım oranı %3 gibi düşük bir seviyede

öngörülmektedir. Avrupa Birliği'nde, 2050 yılında doğal gazın yerini hidrojen, füzyon gibi yeni teknolojilerin alması hedeflendiği için, bu oranın düşük seviyelerde olacağı beklenmektedir.

Taşıma konusu 2050 yılında ulaşılması gereken en zor hedefler arasında yer almasına rağmen, Avrupa Birliği'nde biyoyakıt, hidrojen ve toplu taşıma sistemlerinde gerçekleştirilen büyük yatırımlar sonucu önemli aşamaya gelinmiştir. Henüz net bir stratejinin belirlenmediği ülkemiz için, bu konudaki hedeflere erişimin zor olacağını vurgulamak isterim.

Yenilenebilir temiz enerji kaynaklarının önümüzdeki yıllarda gelişim potansiyeli ve kapasite artışının boyutları, bu kaynakların ana şebekeye güvenli ve eşgüdümlü olarak entegrasyonunu ön plana çıkarmaktadır.

Güneş ve rüzgâr enerjisinin günlük hatta mevsimsel hava koşullarına göre değişkenlik gösteren yapısı güç yönetimini karmaşık hale getirmektedir. Bu karmaşık yapı aktif güç izleme ve kontrol yöntemlerinin etkili olarak kullanıldığı akıllı dağıtım ağlarının eş zamanlı olarak geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Dağıtım şebekelelerinde esnek, güvenilir, gerçek zamanlı izleme ve kontrolün gerçekleştirildiği böyle bir yapının geliştirilmesinin toplam maliyeti oldukça yüksek seviyelerde olması nedeniyle, bu alandaki yatırımların uzun vadede ve yüksek doğrulukta planlanması önem kazanmaktadır.

Yüzde yüz Temiz Enerji Senaryolarında Simülasyon Çalışmaları:

Yüzde yüz yenilenebilir temiz enerji senaryolarının önem kazandığı günümüzde, dönüşümün tüm unsurlarının simülasyon programları üzerinden test edilerek, pilot uygulama bazında çözümlerin üretilmesi çalışmaları hız kazanmıştır.

Kombikraftwerk olarak anılan bir simülasyon projesi kullanılarak Almanya ve İtalya'daki PV, rüzgar ve biyokütle enerjisinin günlük, haftalık, aylık ve mevsimlik eğilimleri ayrıntılı olarak belirlenmiş ve yük dağılımındaki olumsuz koşullar için dağıtım ağındaki etkileri incelenmiştir. Arz ve talebin gerçek zaman değerlerinin kaydedildiği bu simülasyon projesi 1 yıl süreyle gerçek ortamda kullanılmış ve temiz enerji kaynaklarının ülke çapında tek başına bir alternatif oluşturabileceği en kötü koşullarda simule edilerek doğrulanmıştır. (13)

PV ve rüzgar enerjisinin yaygın olarak kullanıldığı ve akıllı ağların başarıyla hayata geçirildiği Almanya'da, Haziran 01, 2011 tarihinde rüzgâr enerjisinin ana dağıtım ağındaki toplam oranı %30, bir sonraki gün PV kullanım oranı %28 gibi tepe noktalarına erişmesine rağmen, dağıtım ağında bir problem yaşanmamıştır. 26 Mayıs 2012 tarihinde, PV enerjisinin %50 oranında sağlandığı bir dönemde talebin sorunsuz olarak karşılandığı kaydedilmiştir. Fiyatlarda bir artış olmadan, hatta biraz

azalma ile talebin karşılanması, beklentilerin üzerinde bir performans olarak değerlendirilmektedir. (13)

Avustralya New South Walles Üniversitesi yüzde yüz temiz enerji kullanımının simülasyonunun gerçekleştirildiği diğer önemli bir merkezdir. Rüzgâr ve PV enerjisinin değişik arz ve talep senaryolarına göre yeterliliklerinin test edildiği pilot çalışmada, hidro ve gaz turbin jeneratörleri temiz enerji kategorisinde tamamlayıcı kaynak olarak kullanılmıştır. (2)

Temiz enerji kaynaklarının gelecekteki kullanımı ile ilgili modelleme ve simülasyon çalışmalarının gerçek ortamda yapıldığı her iki çalışmada, nükleer enerjiye yer verilmemiştir. Nükleer enerji bazı organizasyonlar tarafından temiz ve güvenilir enerji kaynağı olarak görülmesine rağmen radyasyon, nükleer atıkların taşınması ve depolanması, çevre güvenliği ve aşırı su tüketimi nedeniyle bu çalışmalarda kapsam dışında tutulmuştur.

Günümüzde Almanya mevcut nükleer reaktörlerinin yarısını devre dışı bırakırken, Japonya Fukushima felaketinden sonra tüm nükleer reaktörlerini belirli bir süre devre dışı bırakmak zorunda kalmıştır. Enerji gereksinimi çok yüksek seviyelerde olan her iki ülke, alternatif temiz enerji kaynaklarını devreye alarak, nükleer enerjiye bağımlılığın şart olmadığını denemeye çalışmaktadırlar.

Nükleer enerjinin önerilmediği yukarıdaki çevreci modellerin yanında Amerika, Fransa, Çin, Hindistan, İngiltere, Rusya gibi ülkeler hala nükleer enerjiyi önemli bir alternatif kaynak olarak kullanmaktadırlar. Fransa %75 gibi bir oranla nükleer enerjinin en çok kullanıldığı ülke konumundadır. Nükleer enerjinin kullanımı konusunda ülkelerin kendine özgü haklı nedenleri olsa da, bu durumun sürdürülebilir temiz enerji kaynaklarının geliştirilmesi üzerindeki olumsuz etkileri kaçınılmazdır.

Türkiye'nin nükleer santral çalışmaları ise, Küçük Kuyu nükleer reaktörü anlaşmasının imzalanmasıyla yeni bir döneme girmiştir. Bu projeyle, ülkemizin toplam enerji ihtiyacının % 10'luk gibi bir bölümü nükleer enerjiden sağlanılması hedeflenmektedir. Stratejik tercihler sonucu nükleer enerji alanındaki bu gelişmeler, ülkemizin 2050 yılındaki temiz enerji politikalarını kısmen etkilemektedir.

Temiz Enerji Kaynaklarının Yaygın ve Etkili Olarak Geliştirilmesi Konusunda İzlenmesi Gereken Önemli Konular:

Bu bölümde, temiz enerji kaynaklarının geliştirilmesi konusunda bir çok ülkede başarıyla kullanılan uygulamalar önem derecesine göre irdelenerek, ülkemiz için bazı sonuçlar çıkarılacaktır.

Bu amaç doğrultusunda, Cambridge Üniversitesi tarafından hazırlanan bir çalışmanın sonuçlarını aşağıdaki tabloda paylaşılarak konuya girmek istiyorum. [19]

Temiz Enerji Kaynaklarının Etkin olarak Geliştirilmesi Konusunda İzlenmesi Gereken Uygulamaların Önem Derecesi

Temiz Enerji Kaynaklarının Etkin olarak Geliştirilmesi Konusunda İzlenmesi Gereken Önemli Kararlar ve Yönetmelikler	Önem Derecesi
Fosil Enerji kaynakları için fiyat desteklerinin (Subsidy) en az seviyeye indirilmesi	130
Temiz Enerji Kaynaklarında Fiyat Garantisi, Tarifler, FIT (Feed-in Tariff)	110
DSM Programları	50
Eğitim ve Bilgilendirme	48
Düşük Gelirli Aileler için Fiyatlarda İndirim	47
Ev Aletleri ile ilgili Standartlar ve Etiketleme (STAR Programı)	40
AR-GE Fonlaması	38
Finansal Araçların Etkili ve Ekonomik Olarak Kullanımı	37
İnşaat Alanındaki Çevreci Teknik Özellikler ve Standartlar, (LEED Sertifikası)	36
Temiz Enerji Portfolio Standartları ve Programları	32
Dağıtım ve Bağlantı Standartları (Akıllı Ağlar)	30
Ekipman Modernizasyonu için Teşvikler	27
Vergi Kredileri	25
Akıllı Saatler	23
Uygulamalı Çalıştaylar	17
Enerji Denetimleri (Audits)	15
Enerji Verimliliği Projeleri için Uygun Finansal Çözümler	14
Enerji Verimliliği Standartları	13
Devlet İhaleleri ve Alımları	6
LED Uygulamalarının Yaygınlaştırılması	5

Bu çalışmada, yukarıdaki tablodan izleneceği üzere, 20 önemli uygulama puan derecesine göre sıralanmaktadır. Farkedileceği üzere, birinci sırada fosil enerji kaynakları için fiyat desteklerinin en az seviyeye indirilmesi yer almaktadır. Özellikle bu konu petrol ve doğal gaz üreticisi bir çok ülke için geçerli olduğu gibi, ABD ve Çin gibi ülkelerde rekabetçilik çizgisinin korunmasında önemli bir araç olarak kullanılmaktadır.

İkinci sırada, temiz enerji kaynakları için garantili fiyat uygulamaları (FIT) gelmektedir. Bu uygulama Almanya'da güneş enerjisi projeleri için geliştirildi ve başarılı sonuçların alınmasından sonra diğer ülkelerde de yaygınlık kazandı. Temiz enerji yatırımlarının maliyet analizlerini ve sonuçta finansmanını kolaylaştıran yönüyle, bu uygulama günümüzde ülkemizde özellikle rüzgâr

enerjisinde başarıyla kullanılmaktadır. Garantili fiyatların belirlenmesinde baz alınan nokta, mevcut koşullar içerisinde projelerin ekonomik olarak gerçekleştirilebilir olması yönündedir.

Almanya'da güneş enerjisi projelerinin geliştirilmesinde önemli rol oynayan ve uluslararası ölçekte yüzde yüz temiz enerji tezini savunan Hermann Scheer, FIT uygulamasını pasif ve pahalı bir uygulama olarak değerlendirmektedir ve yüzde yüz enerji senaryolarını desteklemekte yetersiz kalacağını savunmaktadır. Almanya Yenilenebilir Temiz Enerji Kaynakları Hareketi (The German Renewable Energy Sources Act) gibi sistematik ve radikal çözümlerden yana olan Hermann Scheer, Almanya'nın temiz enerji politikalarının geliştirilmesinde önemli roller üstlenmiştir. Almanya bu program çerçevesinde Kyoto'da önerilen CO2 indirim değerlerini kolayca gerçekleştirebilmiştir. Alınan bu sonuçlar Hermann Scheer'in savını doğrulaması açısından önemlidir. (4)

Hermann Scheer, EUROSOLAR ve IRENA (International Renewable Energy Association) gibi önemli organizasyonların kurulup geliştirilmesinde önemli katkılarıyla da tanınmaktadır.

Tabloda üçüncü ve dördüncü olarak DSM (Demand Side Management) Programları, Eğitim ve Bilgilendirme yer almaktadır. Düşük gelirli aileler için temiz enerji konusundaki destekler ve indirimler benzer bir derece ile bu ikiliyi izlemektedir. Hindistan ve Bangladeş gibi düşük gelir gruplarının yaygın olduğu ülkelerde, güneş enerjisi yatırımları için mikrokredi bazlı destekler bu uygulama için örnek gösterilebilir.

Ev aletleri ile ilgili standartlar ve etiketleme diğer önemli bir dereceye sahip uygulama olarak tabloda yerini almaktadır. Ülkemizdeki STAR enerji uygulaması bu konuda örnek olarak gösterilebilir.

AR-GE Fonları, bina inşaat kodları ve standartları, finansal araçların çeşitliliği ve ekonomik olarak uygunluğu, akıllı ağırlar ve saatler, ekipmanların modernizasyonu, vergi kredileri gibi konular orta ölçekte öneme sahiptir, diğer uygulamalar azalan dereceyle sıralanmaktadır.

Yüzde yüz temiz enerji ile ilgili senaryolar için bu makede sunulan iyimser veriler oldukça umutlandırıcı olmasına rağmen, bu noktada temiz enerji alanındaki AR-GE çalışmaları ve finansmanın belirlenen iddialı hedeflere erişilmesinde yetersiz kaldığını vurgulamak isterim. Temiz enerji AR-GE çalışmalarında en büyük yatırımlar sırasıyla Avrupa Birliği, Çin ve Amerika Birleşik Devletlerinde gerçekleştirilmektedir. Gelişmekte olan ülkeler arasında Brezilya ve Hindistan sırasıyla beşinci ve yedinci sırada yer almaktadır. Fosil Enerji bağımlılığı yüksek seviyelerde olan ülkemizin, temiz enerji alanındaki yatırımlarla eşgüdüllü olarak, AR-GE çalışmalarını arttırması elzemdir. (17)

KAYNAKLAR

- REF 1:** *Green Industrial Revolution, Energy, Engineering and Economics*, Woodrow W. Clark II, Grant Cooke, Butterworth-Heinemann Publications, 2015
- REF 2:** *Sustainable Energy Solutions for Climate Change*, Mark Diesendorf, Routledge press, 2014.
- REF 3:** *Economic Competitiveness of Renewable Energy, Pathways to 100 % Global Coverage*, Winfried Hoffman, Scrivener Publishing, Wiley, 2014.
- REF 4:** *Energy Imperative, 100 Percent Renewable Now*, Hermann Scheer, EarthScan, 2012
- REF 5:** *Türkiye Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı*
- REF 6:** *Green Energy Economies, The search for clean and renewable energy*, Edited by John Byrne, Young-Doo Wang, Transaction Publishers, 2014
- REF 7:** *The Great Transition, Shifting from Fossil Fuels to Solar and Wind energy*, Lester R. Brown, Earth Policy Institute, 2015.
- REF 8:** *Geothermal Energy; Renewable Energy and the Environment*, William E. Glassley, CRC Press, 2015.
- REF 9:** *Green Saving; How Policies and Markets Drive Energy Efficiency*, Marilyn A. Brown and Yu Wang, ABC-CLIO, 2015.
- REF 10:** *%100 Renewable; Energy Autonomy in Action*, Edited by Peter Droege, Earthscan, 2012.
- REF 11:** *Living in a Low-Carbon Society in 2050*, Edited by Horace Herring, Palgrave Macmillan, 2012.
- REF 12:** *Reinventing Fire, Bold Business Solutions for the new Energy Era*, Amory B. Lovins, Rocky Mountain Institute, 2011
- REF 13:** *The Burning Answer, A user's Guide to the Solar Revolution*, Keith Barnham, Weidenfeld & Nicolson, 2014.
- REF 14:** *San Fransisco Mayor's Renewable Energy Task Force Recommendations Report*, September 2012
- REF 15:** *Structuring Energy Technology Revolution*, Charles Weiss, William B. Bonvillian, Massachusetts Institute of Technology, 2009.
- REF 16:** *The Renewable City Strategy, 2015-2050*, Vancouver, Canada
- REF 17:** *Global Trends in Renewable Energy Investment*, Frankfurt School FS-UNEP Collaborating Centre, Bloomberg New Energy Finance, 2016
- REF 18:** *Energy Security*, Sascha Müller-Kraenner, Earthscan, 2008
- REF 19:** *Global Energy Justice, Problems, Principles, and Practices*, Benjamin K. Sovacool and Michael H. Dworkin, Cambridge University Press, 2014
- REF 20:** *Nanotechnology and Energy*, Jochen Lambauer, Ulrich Fahl, Alfred VoB, Pan Stanford Publishing, 2013