

Dr. Yüksel Atakan
Radyasyon Fizikçisi

Olumlu ve Olumsuz Yanlarıyla

GÜNEŞ ve RÜZGAR'dan ELEKTRİK BEDAVA VE TERTEMİZ Mİ?



**Dünya'daki ve Türkiye'deki
'Gerçek Durumun' şekiller ve hesaplarla
karşılaştırılarak açıklanması...**

YAZARIN MESLEKİ YAŞAMI

Fizik Y.Müh. Dr. Yüksel Atakan Türkiye'nin ilk radyasyon fizikçilerindendir. Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik bölümünü bitirdikten sonra Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK), Çekmece Nükleer Araştırma Merkezi ve Ankara DSİ Radyoizotop Laboratuvarı'nda görev yaptı. 1973'de Heidelberg Üniversitesi'nde doktorasını bitirdikten sonra nükleer santralların projelendirilmesinde Almanya'da Brown Boveri Reaktorbau (BBR) ve Siemens'de 25 yıl çalıştı. ABD'deki nükleer santralların bakım ve onarım çalışmalarını sık sık yakından izledi. Nükleer santralların bakım ve onarım çalışmaları sırasında personelin aldığı radyasyon dozlarını ABD'deki Babcock Wilcock reaktörlü santrallarda yerinde ölçtü ve bunlarla ilgili araştırma çalışmaları ABD'de Nuclear Safety ve Almanya'daki teknik dergilerde yayımlandı. Ortaya çıkan radyasyon dozlarını 80'li yıllarda Almanya'da yapımı süren Mülheim Kärlich nükleer santrali için projelendirdi. Nükleer santralin radyasyon alet sistemlerini alan (area) ve sistem monitor'lardan baca gazları ölçüm sistemlerine kadar projelendirdi ve alet yapan firmalara teknik spesifikasyonları hazırladı.

Almanya nükleer standartlarının (KTA) hazırlanmasında, teknik çalışma gruplarında 15 yıl çalıştı. 1981 ve 1984'te Akkuyu'da planlanan nükleer santralin işletme öncesi radyoaktivite ölçümleri ve radyasyondan korunma konularında UAEA ve TAEK uzmanı olarak kısa süreli görevler üstlendi, bu konuda UAEA/TAEK için teknik rapor hazırladı. Yüksel Atakan ayrıca son yıllarda Güneş ve Rüzgar enerjileri konularında derinleşerek dünyadaki ve ülkemizdeki bu konulardaki gelişmeleri olumlu ve olumsuz yanlarıyla irdelleyerek bunların su yüzeyine çıkmasına yardımcı olmuştur. Özellikle hurda panellerin içlerindeki zehirli maddelerin ileride çöplüklerde doğaya yayılmaması bunların geri dömüşümlerinin yapılması gerektiğini vurgulamıştır. Beş kitabı (ikisi çeviri), ABD, Almanya ve Türkiye'de yayımlanmış teknik ve bilimsel, popüler çok sayıda yazıları bulunuyor.

Bunların bir çoğu

www.radyasyonyatakan.com

adlı kendi sitesinde de yer alıyor.

SARMAL KİTABEVİ



Yayıncı Sertifika No: 48172

ISBN: 978-625-6885-60-8

Güneş ve Rüzgardan Elektrik Bedava ve Tertemiz mi?

Dr. Yüksel Atakan

Yayına Hazırlayan: *İsmet Gülseçgin*

1. Baskı: Kasım 2023

Baskı ve Cilt

Repar Tasarım Matbaacılık

Merkez Mah. Cemal Ulusoy Cad. No: 43

Yenibosna / Bahçelievler/ İstanbul

Sertifika No: 40675

Sarmal Kitabevi

Çağlayanlar Sok. Marmaroom Sitesi A24 Blok D: 3

Maltepe - İstanbul

Tel: 0532 297 72 59

www.sarmalkitabevi.com

Olumlu ve olumsuz yanlarıyla
GÜNEŞ ve RÜZGAR'dan
ELEKTRİK BEDAVA VE
TERTEMİZ Mİ?

*Dr. Yüksel Atakan
Radyasyon Fizikçisi*

Yazardan kitapla ilgili bir kaç söz

Son yıllarda popüler bilim dergilerinde yayınlanan yazılarım , bu kitapta biraraya getiriliyor. Böylelikle bunları daha önce okuyamayanlar, fakat ilgilenenlere toplu halde bir kaynak sunuluyor. Yazılar, yayınlandığı yıllarda ilgili konularda Dünya'daki ve Türkiye'deki gerçek durumu, çok çeşitli kaynaklardan incelenerek, yansıtmaya çalışıyor. Her bir yazı kendi başına bir bütün, olduğundan bazı yazılarda tekrarlar vardır. Böylelikle İçindekilerden ilgilenilen herhangi bir yazı okunduğunda, diğerlerine bakılmadan ilgili bilgi edinmiş olunacaktır. Peşpeşe okunan birkaç yazıdaki tekrarlar ise atlanabilir. Yazıların yayınlandığı dergiler ve tarihleri ilgili yazının altında kısaltmayla veriliyor (HBT: Herkese Bilim Teknoloji dergisi, BG: Bilim ve Gelecek Dergisi). Verilmeyen diğerleri, yazarın aşağıdaki web sitesinde görülebilir. Her yazıdaki uzun kaynaklar, kitabı, özellikle yabancı linklerle uzatmamak için verilmemiştir. İlgilenenler bunları www.radyasyonyatakan.com sitesindeki 3. Bölüm'de de bulunan ilgili yazının son sayfasında bulabilirler.

Not: Sarmal yayınevi, bu kitabın gelirini Prof. Dr. Ali Demirsoy'un Erzincan/Kemaliye'de, büyük emek ve özveriyle kurduğu Doğa Tarihi Müzesi'ne bağışlamıştır. Kitabın çok satılması ve okuyanların ayrıca yakınlarına bu kitaptan armağan etmeleri Müzeye bağışların artmasına büyük katkı sağlayacak ve Müze geliştirecektir.

İçindekiler

1. Akıl ve Bilimin Önemine Bir Örnek	11
2. Güneş Işınlardan Elektrik Pratikte Nasıl Üretiliyor?	19
3. Güneş Enerjisiyle Elektrik Üretiminde Tüm Dünyada Atılım Yosunlardan Bile Elektrik Üretimi Araştırmaları.....	25
4. Çin ve Japonya'nın Başı Çektiği Yeni Bir Teknoloji.....	30
5. Türkiye Elektrik Üretiminde Güneş Santrallerinin Payı İleride Ne Kadar Artabilir?	37
6. Elektrik Üretiminde CO ₂ Salımayan Güneş Ve Nükleer Santral Karşılaştırması.....	43
7. Doğrusunu Bilelim: Neden Daha Çok Elektrik Santrali Gerekliyor?	45
8. Dünyada Gitgide Artan Nüfus, Konfor ve Savurganlık Sonucu	52
Gitgide Artan Enerji Üretimine ve CO ₂ Salınımına Karşı Çözüm Aranıyor!	52
9. Güneş Santralleri, Batarya Tarlalarıyla Donatılıyor	55
10. Rüzgâr ve Güneş Enerjilerinden Elektrik Üretiminde Gelişmeler Almanya İle Türkiye Karşılaştırması	62
11. Güneş Panellerini Susuz Temizleme Teknikleri, Güneş Tarlalarında Uygulanabilir mi?	71
12. Türkiye 2027'de, Güneş ve Rüzgar Enerjilerinden Elektrik Üretiminde Dünyada Başı Çeken 10 Ülke Arasına Girebilir mi?	74

13. Güneş ve Rüzgar'dan Elektrik Sınırsız ve Sorunsuz mu?	83
14. Güneş ve Rüzgar Santrallerinin Pek Bilinmeyen Sevimsiz Yüzü: Ortaya Çıkmakta Olan Milyonlarca Hurdalarla Nasıl Baş Edilecek?	93
15. Güneş ve Rüzgar Santrallerinden Önümüzdeki Yıllarda Kaç Adet Hurda Beklenebilir?	
Dünya, Almanya ve Türkiye İle İlgili Hesaplar... ..	103
16. Güneş Panellerinde Doğa ve İnsana Zararlı Katkı Maddeleri Neden Var ve Bunların Sağlığa Etkileri Neler?	113
17. Doğa Ve İnsan Kaynaklı Sera Gazlarının İklim Etkisi	120
18. Sera Gazları Salınımında Dünya ve Türkiye Bugün Ne Durumda?	139
19. Dünya İklimini Etkileyen 1-2°C Sıcaklık Artımı Nasıl Hesaplanıyor?	145
20. Doğu'da 5000 Mw'lık Güneş Santralleri Kurulabilmesi İçin Neler Yapılmalı?	150
21. Dünya ve Türkiye Elektrik Tüketimine 2030-2040 Yıllarında Güneş, Rüzgâr ve Nükleer Enerjilerin Katkıları Ne Kadar Olabilir?	164
22. Nükleer Enerjiden Çıkan Almanya'da Rüzgar ve Güneş Enerjilerinden Elektrik Üretiminde Büyük Atılım ve Ülkemizdeki Durumla Karşılaştırma	176
23. Dünya Neden Kömür ve Nükleeri Bırakamıyor?	184
24. Almanya Enerji Üretim ve Tüketimindeki Büyük Sorunlar ve Çözüm Çabaları	192
25. Güneş Santrallerinin Sorunlu Yanlarının Giderilebilmesi İçin Neler Yapılabilir?	201
26. Güneş, Rüzgar, Nükleer ve Kömürden Enerji	209
Elektrik üretiminde gerçek sorunlar	209
Birimler	227
Kaynaklarla İlgilenenler İçin:.....	228

Önsöz

Elinizde tuttuğunuz bu kitap yarı-iletken (güneş pili) kullanarak girdi bedelli olmayan enerji yakalamanın ve bunu elektrik enerjisi olarak tüketime sunmanın ayrıntılarını çeşitli örneklerle izah eden bir bütündür. Olaya çeşitli (olumsuz) açılardan bakan ve “nelere neden olacağınızın farkında mısınız?” diye sizi uyaran bir kitap. Bu yazıları toplayıp bir araya getiren Yüksel beyi kutlarım. Bizde, yöneticiler ileride sorun çıkartabilecek konularla ilgilenmezler. Onları ortaya çıktıklarında iş başında olanlara bırakırlar. Bu nedenle pek ileriye gidemediğimiz hep yerimizde saydığımız da acı bir gerçektir.

Kanımca sorunumuza çözüm, ucuz veya bedava elektrik üretmek değildir. Bence çözüm, neden bu kadar çok enerjiye ihtiyaç duyduğumuzdur. Yaptığımız işi daha az enerji kullanarak yapabilen yöntemler bulmaya çalışsak daha doğru olmaz mı?

Dostum Yüksel Atakan'ın yazılarında sık sık dile getirdiği 'daha az nüfus, daha az konfor ve daha az savurganlık', daha az enerji kullanmamıza büyük katkıda bulunacaktır, ama bunların uygulanabilmesi kişilerin yaşam tarzıyla ilgili olduğundan çok zor görünüyor!?

Ali AKURGAL

Giriş

Güneş ve rüzgâr santrallerinden elektrik üretilirken havaya CO₂ salınmadığı ve iklim etkilenmediği için de bunlara (dolayısıyla) temiz ya da yeşil enerjiler denildiğini biliyoruz. Ancak bu santraller kurulmadan önce bunların malzemeleri üretilirken ve 25 yıllık kullanım sürelerinin sonunda da hurdaların geri dönüşümleri yapıldığında, endüstrinin kullandığı fosil yakıtlar sonucu, havaya hiç de azımsanmayacak miktarlarda CO₂ salındığını ise pek bilmiyoruz. Hesaplarımıza göre 1000 MW kurulu güçlü bir Güneş Enerjisi Santrali (GES) için bu miktar her 25 yıl için kabaca 3,6 milyon ton CO₂ salınımı kadar çok. Denebilir ki diğer santrallerde de durum böyle değil mi? Fosil yakıtlı santrallerle ve nükleer santrallerle karşılaştırılırsa, güneş ve rüzgâr santralleri, ileride aynı miktarda elektriği üretebilmek için aşırı derecede fazla malzeme kullanıyorlar. Örneğin bir güneş santrali, aynı miktarda elektrik üretimi için, nükleerden 100 kat daha fazla malzemeyle kurulabiliyor /1,2/. Bu ise pek bilinmiyor!

Örneğin Türkiye'nin en büyük Konya Karapınar Güneş Enerji Santralinde (GES) 3,3 milyon panel var.

Yılda ürettiği elektirik ise aynı güçteki bir nükleer santralin sadece beşte biri. Bu da iyidir kuşkusuz ama aradaki fark bilinmeli ve böyle değerlendirilmeli

Bu kadar çok panelin hem üretiminde, hem de 25 yıl sonra paneller kullanılmaz duruma gelip hurdaya çıktıklarında, eğer geri

dönüşümleri yapılabilirlerse, yine endüstrinin fazla miktarda fosil kaynaklı enerjiler kullanacağı ve havaya diğer santrallere oranla çok daha fazla CO₂ salınacağı hesaplanmalı.

Yazılarımızın amacı, güneş ve rüzgar santrallerinin hem bu açıklanmayan ya da bilinmeyen yanlarının gözlemlere dayanan verilerle, değerlerle hesaplanarak gözönüne alınması, hem de ileride ortaya çıkacak ve hatta azar azar her yıl ortaya çıkmakta olan yüzbinlerce hurda panelin içlerindeki zararlı maddelerle birlikte çöplüklere atılıp doğayı, iklimi bozmamalarına, zehirli maddelerle insana zarar vermemelerine ve hurdaların da geri dönüşümlerinin sağlanmasının önemine işaret etmektir, bu santrallerin yapılmamasını önermek değil! Amacımız özetle, kaliteli olanlar yapılsın, hurdalar için ise şimdiden Türkiye'de henüz olmayan, geri dönüşüm tesisleri de planlansın.

2018 yılından beri güneş ve rüzgar santrallerinin olumlu ve olumsuz yanlarını incelediğimiz bir dizi yazımızın içindeki güneş ve rüzgar santralleri hurdalarının bugünkü ve ilerideki (2050 yılındaki) sayılarını hesaplayıp, bunların önümüzdeki her yıl bölüm bölüm hurdaya çıktıklarında ne yapılacaklarını da önemle sorguluyoruz. Ayrıca panellerin içlerinde katkı maddesi olarak kullanılması gereken, ama çevreye ve iklime zararlı, insan vücudu için de zehirli olan ağır metallerin neler olduğu ve etkileri de bu yazımızda ayrıştırılarak yer alıyor /1,2/.

Fotovoltaik yöntemle elektrik üretimiyle ilgili teknolojiadaki gelişmeler sonucunda, güneş panelleri gitgide daha geniş alanlara yayılıyor Dünya'da 2018'de 3700 km² yer kapladığı kestiriliyor. Ayrıca evlerin çatılarında, özellikle Almanya'da, güneş panelleri gitgide artıyor. Almanya'da güneş enerjisiyle elektriğin % 70'i çatılardaki panellerden sağlanıyor.

1. AKIL VE BİLİMİN ÖNEMİNE BİR ÖRNEK:

GÜNEŞ IŞIĞINI ELEKTRİĞE ÇEVİRMİYİ KİMLER, NASIL AKIL EDİP BAŞARDILAR?

Fransız Alexandre Edmond Becquerel'in, 1839'da, henüz 19 yaşındayken, babasının fizik laboratuvarında yaptığı ilk gözlemleriyle başlayan buluşu nasıl geliştirildi?

Güneş, devasa enerjisini (*) milyarlarca yıldır ışıyarak yayıyor ve bu ışımanın, 4 milyar yıl kadar' daha süreceği kestiriliyor. 1700'lü yıllarda dünyaca tanınmış fizikçi Newton'a – Güneş ışığı, güneşte nasıl ortaya çıkıyor, ışığın kaynağını fizikte nasıl açıklarsınız? diye sorduklarında – o Tanrı'nın işidir, bilemem demiş ! Bugün artık, güneş ışınlarının, güneşteki hidrojen, döteryum, trityum, helyum gibi hafif atom çekirdeklerinin çok yüksek sıcaklık ve basınç altında FÜZYON dediğimiz olay sonucu kaynaşmaları sırasında oluştuğunu biliyoruz.

Güneş enerjisinden insanların çok az da olsa yararlanmaları ise yeni olmayıp, insanların yer yüzünde dolaşmalarıyla başlıyor. Güneş enerjisini doğru düzgün kullanmaları da Milat'tan 7 YY öncesine kadar gidiyor. İnsanlar, başlangıçta ya kızgın güneş altındaki yerlerde ya da büyüteçlerle, aynalarla güneş ışınlarını odaklayıp ateş yakarak yemek pişiriyorlar ve güneş ışınlarıyla ısıtılan odalar yapı-

yorlardı /1/. Milattan önce 3.YY'da Yunanlılar ve Romalılar yakan aynalarla ' kutsal meşaleleri' dini törenlerde ateşliyorlardı. Yunanlı Arşimed'in, MÖ 3.YY'da, Romalı'ların tahtadan bir savaş gemisini bronz aynalardan yansıttığı güneş ışınlarıyla yaktığı ve Roma askerlerinin karaya çıkamadıkları öyküsü, anlatılır. Bunun doğruluğu kanıtlanamasa da, Yunan donanmasının, 1970'de tahtadan bir deneme gemisini bronz aynalardan yansıtılan güneş ışınlarıyla 50 metre uzaktan yaktığı ve eski öykünün doğru olabileceğini gösterdiği ise bir gerçek /1/.

Güneş ışınlarının bir metal yüzeye çarptığında, elektrik oluştuğu, ilk kez 19.YY'da gözlemleniyor. Fransız fizikçi Alexandre Edmond Becquerel (1820-1891), fizik profesörü olan babası Antoine Cesar Becquerel'in laboratuvarında o zamanlarda ilk sayılacak pillerle uğraşıyor ve bazı deneyler yapıyordu. Elektroliz deneylerinde, platin anod ile katod arasındaki akım şiddetinin, ışıklı laboratuvarında, karanlıktakinden biraz daha fazla olduğunu görünce, ışığın elektrolizde elektrik akımını artırdığı sonucuna, henüz 19 yaşındayken, varıyor. Bu, sonradan fotovoltaiik olay olarak adlandırılıyor. Ancak ışığın ya da elektromanyetik radyasyonun, o zamana kadar klasik fizikte bilinen dalga kuramıyla bu olayın temelini, Becquerel de daha sonraki araştırmacılar da, açıklayamıyorlar. Edmond Becquerel (**) bu arada güneş ışığı tayfindaki kısa dalgalı mor ışınları da buluyor.

A.E.Becquerel'in 1839'daki bu gözleminden sonra, 1873'de Willoughby Smith, Selenyum'un iyi bir fotoiletken olduğunu buluyor. 3 yıl sonra da 1876'da William Grylls Adams ve öğrencisi Richard Evans Day, fotovoltaiik yöntemi Selenyum'a uygulayıp gerçekten de Selenyum'un ışıktaki elektrik akımını artırdığını kanıtlıyorlar. 1883'de ABD'li araştırmacı Charles E. Fritts, selenyumu çok ince bir altın tabakasıyla kaplayarak çalışan ilk güneş hücresini yapıyor. Fotovoltaiik olayın nasıl olduğu o günlerde anlaşılmadığından Fritts, tanınmış bir uzman olan Werner von Siemens ile ilişki kuruyor ve Siemens, Frit-

ts'in güneş hücresinin çalıştığını deneylerle doğruluyor.

Fotovoltaik olayın dayandığı temel, fizikte 1900'lü yılların başlarına kadar anlaşılamadığından, güneş ışınlarından elektrik elde etmenin teknolojisinde de pek ilerleme olmuyor.

Einstein ışığın, kendi frekansıyla orantılı olacak şekilde kesikli enerji paketçiklerinden (taneciklerinden, kuantalardan ya da fotonlardan) oluştuğunu, ışınlar bir metal yüzeye çarptıklarında fotonlar bu enerjilerini, elektronlara aktararak, bunları atomlardan söküp, serbest bıraktığını 1905'deki bilimsel makalesinde, **fotoelektrik olay** olarak açıklıyor.

(*) 5 000 trilyon kWh kadar (Birim için yazının sonuna bkz.).

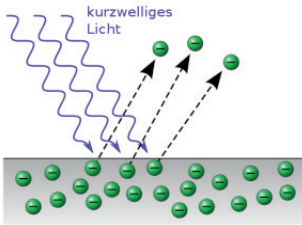
Einstein'ın bu açıklamasını, ABD'li Rober Millikan yaptığı deneylerle 1916'da doğruluyor. Einstein'a, çok bilinen Görelilik / Relativite buluşu nedeniyle değil, 'Fotoelektrik Olay'a getirdiği bu açıklama sonucu, 1921'de Nobel Ödülü veriliyor.

Fotovoltaik olay, temelde fotoelektrik olaya dayanıyor, ancak aralarında önemli bir fark bulunuyor. Her iki olayda da soğurulan ışık (fotonlar), bir elektronun ya da yüklü bir parçacığın daha yüksek bir enerji düzeyine yükselmesiyle sonuçlanıyor. **Fotoelektrik olayda**, güneş ışınlarından (fotonlardan) iletken (metal) malzemenin cinsine bağlı olarak belirli bir eşik enerjinin üzerinde enerji alan elektronlar tam serbest kalırlarken , **fotovoltaik olayda**, elektronlar yarıiletken malzemenin içinde (örneğin silisyum) yönlendirilerek bir elektrik akımı oluşturuyorlar ve böylece güneş ışınlarının enerjisi, elektrik akımına dönüştürülüyor. Buradan güneş hücrelerinde neden metallerin kullanılmalarının uygun olmadığı da anlaşılabilir.

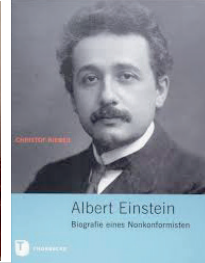
Yarıiletken bir madde olan silisyumun özellikle kristal yapısı güneş hücresi olarak çok uygun. Silisyum atomunun 3 yörüngesinde toplam 14 elektron bulunuyor. İlk 2 yörüngede sırasıyla 2

ve 8 elektron bulunuyor ve bunlar tümüyle dolu. Dış yörünge ise 4 elektron boşluğuyla sadece yarı dolu. Bu yörünge komşu atomlardan elektron çekip doldurmaya ya da komşu atoma elektron vermeye eğilimli olduğundan silisyum yarıiletken güneş hücresi olarak çok uygun bir madde.

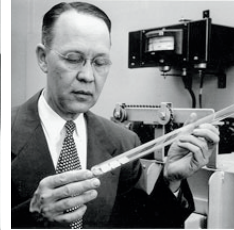
Şekil 1a: **Fotovoltaik olayın temeli olan Fotoelektrik olayda** kısa dalgalı ışık fotonlarının, metal yüzeyden söktükleri elektronlar serbest kalırlar. Alexandre Edmond Becquerel



(1820 – 1891)



(1879 – 1954)



Şekil 1b: Daryl Chapin (1906 – 1995) ve Gerald Pearson (1905 – 1987), Calvin Fuller (1902 – 1994)) yarıiletken silisyum güneş hücrelerini, birlikte gerçekleştirerek, güneş enerjisini doğrudan elektriğe dönüştüren araştırmalarının teknolojiye gelişmesine 1954’de çok büyük katkıda bulundular (ATT Bell Labs)

Güneş hücrelerinin ortaya çıkarılmasında ve geliştirilmesinde bir çok fizikçi katkıda bulunuyor /1/. A.Edmond Becquerel foto-voltaik olayın perdesinin aralanmasını sağlarken, güneş hücrelerinin ortaya çıkmasının öncülüğünü ise Charles E. Fritts (1850-1903) yapıyor. Daha sonra Einstein'ın yukarıda belirtilen çalışması ışığın karakterinde çığır açarak fotovoltaiik teknolojinin gelişmesini sağlıyor. Transistörlerin bulunmasından hemen sonra da 1941'de Russel Ohl kullanılabilecek ilk güneş hücresini* yapıyor. Bell laboratuvarında çalışan üç araştırmacı 1954'de (Daryl Chapin, Calvin Fuller ve Gerald Pearson) yarıiletken silisyum maddesinden güneş hücreleri yapıyorlar /1,2,3/.

İlk güneş hücreleri nerede kullanıldı?

16 cm çapındaki fotovoltaiik güneş hücreleri ilk kez 1958'de Vanguard 1 Uydusunda kullanılıyor ve 7 yıl boyunca uydunun dünyaya veri aktarması böylece sağlanıyor. 1955–1973 arası, fotovoltaiik yöntemle elektrik üretimi, hem veriminin düşük (% 6 kadar) hem de pahalı olması nedeniyle ancak uzay teknolojisine ve bazı yerlere sınırlı kalıyor, fazla yayılamıyor.

1973 petrol krizi, 1979 ABD Harrisburg TMI ve 1986 Çernobil nükleer santral kazaları, güneş ışınlarından fotovoltaiik yöntemiyle elektrik üretimine hız verilmesine ve bu konuda büyük paralar ayrılarak bu teknolojinin gelişmesine yol açıyorlar.

* Türkiye'deki güneş hücresi Serdar Kıyıkıoğlu tarafından yapılıyor (1970li yıllar) Prof. Dr. Duran Leblebici ülkemizde yarı iletkene en başta başlayan ve en önde götüren üniversite hocasıdır. Öğrencilerine de hep yenilikleri "tez" olarak vermiştir. Bunlardan biri de "Serdar Kıyıkıoğlu"dur. Serdar bey o zamanların kıt olanaklarıyla ülkemizdeki ilk güneş pili hücresini tasarlayıp üretmiştir: 1970lerin sonu. Ali Akurgal

Şekil 2 : *Charles Fritts'in 1884'de New York'ta sergilediği ilk fotovoltaik panel*

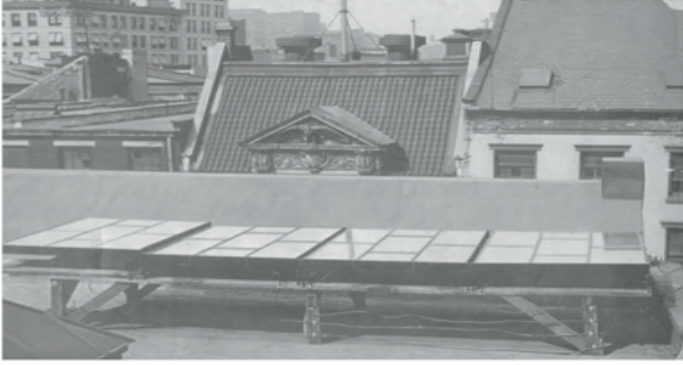


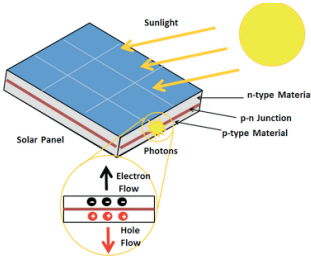
Figure 21.6. Charles Fritts put up the first photovoltaic array, in New York City in 1884.

Her geçen yıl tüm dünyada güneş ışınlarından fotovoltaik yöntemle elektrik üretimi gitgide artıyor. Dünyada 2019'da güneş enerjisinin toplam kurulu elektrik gücü, 500 GigaWatt ya da 500 adet 1000MW'lık nükleer santralin kurulu elektrik gücüne kadar yükseldi (Güneş Santralleri en çok % 20 verimle çalıştıklarından, yılda ürettikleri elektrik enerji, aynı kurulu güçteki nükleer santrallerin ancak 1/5 kadar). FormularbeginnFotovoltaik yöntemle güneş ışığının elektrik akımına çevrilmesini Şekil 3 ve 4 açıklamalarla gösteriyor.

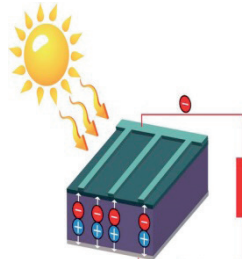
Şekil 3: *Bu örnekte 9 güneş hücresi (silisyum) bir panele çarpan güneş ışınları, artı ve eksi yüklü silisyum (yarıiletken) tabakaları arasındaki elektrik alanı sonucu voltaj oluşturarak elektrik akımı üretmesi gösteriliyor.*

Şekil 4 : *Yarıiletken (örneğin silisyumdan) bir güneş paneline, güneş ışığı çarpması sonucu, elektrik devresine elektrik akımının beslenmesi gösteriliyor.*

Şekil 3



Şekil 4



Bunlardan biri de “Serdar Kıyıkıoğlu”dur. Serdar bey o zamanların kitap olanaklarıyla ülkemizdeki ilk güneş pili hücreisini tasarlayıp üretmiş/r: 1970lerin sonu. Ali Akurgal

Not 1: Güneş panellerinde bulunan sağlığa zararlı kimyasal maddelerin azaltılmasıyla ilgili daha önceki yazımızdaki önerilerin göz önüne alınarak gerekli önlemlerin alınması yararlı olabilir ve 25-30 yıl sonra ülkemizin bir çok yerinin binlerce eski panel çöplüğüne dönüşmesi önlenebilir umarız /4/.

Herkese Bilim Teknoloji dergisi (HBT) Sayı 205 28.02.2020

Birimler kitaptaki ilk ve son yazının sonunda bulunuyor:

(*) 1 Watt: Elektrik güç birimi olup ‘Enerji aktarım (transfer) hızını’ gösteriyor (enerji değil, enerjiyle karıştırılmamalı!). Güç (W)= Ws/s

Enerji birimi: WattSaniye (Ws) = Güç (Watt) x Saniye (s).

1 WattSaniye (1Ws): 1 saniyede üretilen ya da tüketilen 1 Joule’lük enerji, elektrikte, 1 Ws’dir.

1 Joule: Örneğin 100 gramlık çikolata paketini yerdan 1m yukarıya kaldırmak için gereken enerji.

1 WattSaat (1 Wh) = Güç (Watt) x Saat (h).

1 kWh = 1000 Wh, 1 MWh= 1 Milyon Wh, 1 GWh= 1 Milyar Wh, 1 TWh= 1 Trilyon Wh= 1 Milyar kWh

Örneğin 1 milyar 100 Watt'lık ampulü 10 saat yakabilmek için 1 milyar kWh'lık enerji gerekecek.

.....

() Alexandre Edmond Becquerel'in oğlu olan Antoine Henri Becquerel, Marie ve Pierre Curie ile birlikte uranyum'un radyoaktif olduğunu göstererek radyoaktiviteyi açıkladılar ve kendilerine bu buluşları nedeniyle Nobel ödülü verildi. Dededen toruna kadar Becquerel'ler profesör olarak çalışıp bilime katkıda bulundular.**

Kaynaklar (ilk ve son yazıda verilmiştir): www.radyasyon-yatakan.com

/1/ https://www1.eere.energy.gov/solar/pdfs/solar_timeline.pdf

/2/ <https://www.aps.org/publications/apsnews/200904/physicshistory.cfm>

/3/ <https://photovoltaiksolarstrom.com/solarzelle-funktion>

/4/ <https://docs.google.com/viewer?url=https://www.fmo.org.tr/wp-content/uploads/2018/06/GUNES-PANELLERI-Atakan-30062018-1.pdf&embedded=true&iframe>

2. GÜNEŞ IŞINLARINDAN ELEKTRİK PRATİKTE NASIL ÜRETİLİYOR?

Güneş enerjisinden yararlanılan ana teknolojiler:

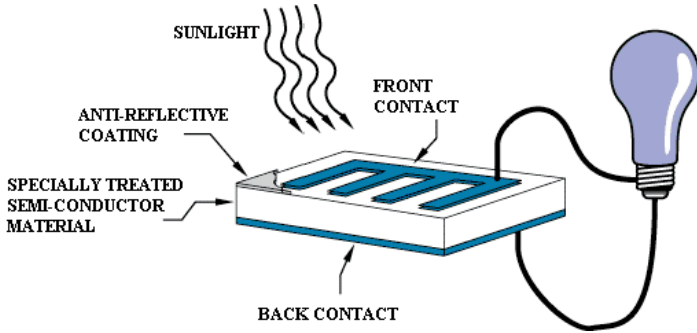
- 1.Güneş ışınlarını doğrudan elektriğe çeviren fotovoltaiik (PV) teknolojisi. Evlerin çatılarına ve güneş çiftliklerinde (parklarında) toprak yüzeyine yerleştirilen güneş panelleriyle elektrik üretilmesi (Güneş Santralleri),
- 2.Güneş ışınlarını aynalarla ya da büyüteçlerle odaklayıp, yoğunlaştırıp dar demetler halinde, su dolu kaplara yönlendirerek suyu ısıtıp buharıyla türbinleri çalıştırarak elektrik üretilmesi (termal enerji / Concentrated solar power (CSP)
- 3.Güneşin ısı enerjisini odaklayarak ya da soğurarak evlerin ısıtma ve havalandırma (klima) sistemlerinin çalıştırılması / Heating, ventilation and air conditioning (HVAC).
4. İlk kez William Bailey'in 1909'da bulduğu bir teknikle çatıya konan bir su deposu ve ızgaralı boru çevrimlerinde dolaşan suyun ısıtılarak evin sıcak suyunun sağlanması.

Bu yazımızda, konuya yabancı olanlar için, fotovoltaiik (PV) yönteme dayanan, güneş hücrelerinden (pillerinden) elektrik üretiminin, pratikte nasıl yapıldığının ayrıntılarını ele alacağız.

Güneş hücresi (pili) nasıl çalışıyor?

Bir silisyum tabakası üzerine ışık düştüğünde, ışınların (fotonların) silisyuma enerji aktarımıyla, silisyumdaki bazı elektronların ya da yüklü parçacıkların enerji düzeyleri yükseltilerek, güneş hücresi

içinde serbest kalarak, bir elektrik akımı oluşturacak şekilde yönlendirilmesiyle güneş hücresi çalışıyor. Bu amaçla, herbir silisyum güneş hücresinin üst ve alt yüzeylerine bor ve fosfor gibi farklı yabancı maddeler katılarak elektronların bir yüzeyde, protonların ise diğer yüzeydeki bu yabancı maddelerin atomlarında toplanmaları sağlanıyor. Böylelikle, bir pilde olduğu gibi artı ve eksi iki kutup yaratılıyor. Güneş hücresinin üst ve alt yüzeyleri birer telle bağlanıp (Şekil 1) araya örneğin bir ampul takılacak olursa, güneş ışınlarına tutulan güneş hücresinin oluşturduğu elektrik akımı lambayı yakıyor (Ancak, oluşan elektrik akımı doğru akım olduğundan, bu, araya konan bir çeviriciyle alternatif akıma çevrilir).



Şekil 1: Silisyum güneş hücresinin ışığa tutulmasıyla oluşan elektrik akımıyla ampulün yanması, şematik olarak, alternatif akıma dönüştürülmeden gösteriliyor.

Güneş hücre ve panelleri hangi maddelerden, nasıl yapılıyor ve özellikleri neler?

Bugün dünyada kullanılan güneş hücrelerinin %90'dan fazlası kuarz kumundan (silisyum) yapılıyor. Silisyum ise yerkabuğunda en çok bulunan bir madde. Tüm bunlara rağmen, silisyumun yerine

geçecek çok daha uygun malzemeler tüm dünyada araştırılıyor.

Silisyumu güneş hücrelerinde kullanabilmek için önce kuarz kumunun yıkanması ve kristalleştirilmesi gerekiyor. Tek kristalli silisyum hücreleri iyice temizlenmiş yarıiletken bir malzemeden yapılıyor. Ergitilmiş silisyum, çubuklar haline getirilip sonra 0,25 mm kalınlığında kesiliyor.

Güneş hücreleri kapalı havalarda dahi az da olsa bir miktar elektrik akımı üretebiliyorlar. Güneş ışınlarının şiddeti arttıkça, güneş hücresinin ürettiği elektrik akım şiddeti (Amper) de artıyor. Çok güneşli yaz aylarında güneş hücrelerinin elektrik gücü ($\text{Watt} = \text{Volt} \times \text{Akım şiddeti}$) de iyice artıyor. Her bir güneş hücresinde oluşan voltaj, yaklaşık olarak 0,5 Volt, akım şiddeti ise hücrenin büyüklüğüne göre değişiyor. Genellikle 16 cm x 16 cm büyüklüğünde üretilen bir silisyum hücresi ortalama olarak 5,5 Amper akım şiddeti üretiyor ve kuvvetli güneşte 2,75 Watt ($= 0,5 \text{ Volt} \times 5,5 \text{ Amper}$) elektrik gücüne ulaşabiliyor. Güneş panellerinden oluşan güneş santrallerini maksimum güçleri yaz aylarında ulaşılacak en üst değer olan ‘peak’ (p) değerle veriliyor. Örneğin Konya Karatay Güneş Santralının elektrik gücü: 18 MWp (18 Mega Watt peak).

Her ne kadar bir güneş hücresi güneş pili olarak adlandırılrsa da normal pil ile arasında büyük fark bulunuyor. Güneş hücrelerinin, sadece güneş olduğu zaman işleyebilecekleri açık. Havanın güneşli olup olmamasına ve güneş hücre ya da panelinin büyüklüğüne göre elde edilecek elektrik akım şiddeti değişiyor. Bir güneş paneli, 32, 36, 48, 60, 72 ya da 96 güneş hücresinin birbirine bağlanmasından oluşuyor.

Güneş panelleri (modülleri)

Güneş santrallerinde, çok sayıda güneş paneli kullanılıyor. Bu paneller (200 cm x 100 cm gibi) çeşitli büyüklükte olup her bir

panel genellikle 16 cm x 16 cm büyüklükte çok sayıda (örneğin 72) güneş hücresinden oluşuyor. Bir güneş santralinin elektrik gücü (MW) ve yılda üreteceği elektrik enerjisi (MWh), bulunduğu yerdeki güneş ışınlarının gücüne (Watt/m²), güneş hücrelerinin ya da panellerinin cins ve sayısına bağlı olarak değişiyor.

Güneş panellerinin büyüklükleri ve elektrik güçleriyle ilgili örnekler:

Güneş panelleri çeşitli büyüklükte yapılıyor. Bunların güçleri de farklı

1 panel: 166 cm x 99 cm , 16 434 cm² , 210-250 Watt,

1 Güneş hücresi: 16cm x 16cm = 256 cm² , 64 Hücre = 1 panel

1 Güneş hücresi voltajı (ortalama): 0,5 Volt

1 Güneş paneli voltajı: 64 Hücre x 0,5 Volt/Hücre = 32 Volt,

Watt= V x I , 250 W= 32 x I Amper, Elektrik akımı: I= 7,8

Amper

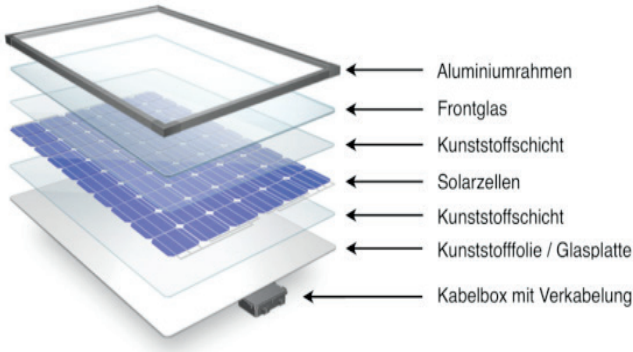
Güneş panelleri de birbirlerine bağlanarak güneş üretici (jeneratörü) ya da santralı yapılmış oluyor. Güneş santralinde üretilen doğru akım, bir dönüştürücüyle alternatif akıma çevrilerek elektrik ağına (elektrik şebekesine) besleniyor. Güneş panelleri hava koşullarına dayanacak şekilde yapılıyor. Üstten bir cam tabakayla korunurken alttan da bir folye ile kaplanıyor. Güneş hücreleri arasında biraz da aralık bulunuyor (Bkz.Şekil 2) /1-5/.

Güneş santralleri genellikle elektriğin kullanılacağı yerlere yakın değil. Bu nedenle uzak yerlere olacak kablo kayıplarını azaltmak amacıyla bunlar, voltajları yüksek, akım şiddetleri ise daha düşük olacak şekilde yapılıyor. Her bir güneş hücresinin voltajı yaklaşık olarak 0,5 Volt. Örneğin 96 ya da 100 hücreli bir panelden 50 Volt kadar bir voltaj sağlanabiliyor.

Kaba bir hesap için genellikle güneş hücresinin veriminin en çok % 20 ve güneş ışınlarının o yöredeki gücü olarak da 1000 Watt / m² alındığına, 1 m² 'lik bir güneş panelinin elektrik gücü en çok 200 Watt olabiliyor. Örneğin, 100 MWp kurulu güçteki bir güneş santrali için 200 Watt'lık 500 000 adet panel gerekecektir (=100 milyon Watt/200 Watt).

Fotovoltaik yöntemle elektrik üretilirken paneller yaz günleri çok ısınırlarsa verimleri düşüyor. Bunun nedeni, güneşte fazla ısınan güneş hücrelerinde gereğinden çok artan elektronların, voltajı, düşürmeleri. **Fotovoltaik yöntemde güneşin ısı enerjisi değil, güneş ışınlarının (fotonların) enerjisi önemli oluyor /1/.** En fazla verim, serin, rüzgarlı, açık ya da az nemli ancak güneşli bir havada elde ediliyor. Panellerin üzerinde biriken nem ve sıcak hava tabakasını rüzgar süpürerek ışınların elektrik üretiminde daha etkili olmasını sağlıyor.

Şekil 2 a. Bir güneş panelinin yapısı: Üstten aşağıya doğru, alüminyum çerçeve, cam plaka, plastik tabaka, güneş hücreli panel, plastik tabaka, plastik folye, cam plaka ve kablolu kutu,



Şekil 2 b. Güneş enerjisi panelleriyle donatılmış bir evin ürettiği elektrikliğin. elektrik ağını beslemesi ve elektrik ağından elektrik alması şematik olarak gösteriliyor.

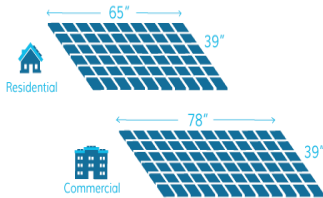


Şekil 3: ABD'deki güneş panelleri için birer örnek: Evler için üstte küçük panellerin ve altta ticari yerlerin daha büyük panellerinin inch olarak büyüklükleri (1 inch= 2,54 cm),

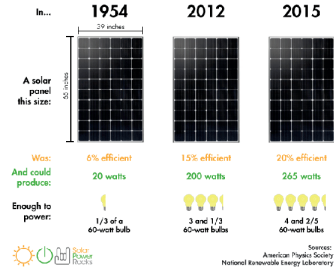
Şekil 4. Aynı büyüklükteki Güneş Panellerinin elektrik güçlerinin zamanla gitgide artması (2015'de yapılan panelin gücü, 1954'de yapılanın 13 katından fazla)

Şekil 3

Residential vs. Commercial Solar Panel Size Comparison



Şekil 4

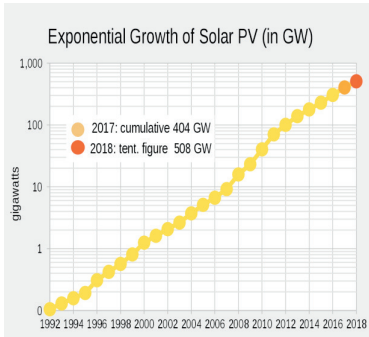


Not: Bu yazımız HBT dergisinin 20.Mart 2020 günlü 208.sayısında yayımlanmıştır.

3. GÜNEŞ ENERJİSİYLE ELEKTRİK ÜRETİMİNDE TÜM DÜNYADA ATILIM YOSUNLARDAN BİLE ELEKTRİK ÜRETİMİ ARAŞTIRMALARI...

Tüm dünyada güneş enerji santralleriyle (fotovoltaik yöntemle) elektrik üretimi her geçen yıl büyük bir hızla artıyor. 2022'de Dünya Güneş Kurulu Gücü: 1100 GigaWattWp (GWpeak) = 1,1 TeraWatt oldu. Bu Kurulu Güc'den üretilen toplam elektrik miktarı: 1 000 TWh. Dünya toplam elektrik miktarı ise 27 000 TWh olup, buradan güneş enerjisiyle üretilen dünya elektrik oranı : $1000 \text{ TWh} / 27000 \text{ TWh} = \% 3,7$ kadardır.

Dünya güneş enerjisi kurulu gücünün çok daha büyük atılım göstererek 2030'da 2 840 GigaWatt ve 2050 yılında ise 8 519 GigaWatt değerlerine ulaşacağı kestiriliyor /4/. Almanya toplam Güneş kurulu gücü 2022'de : 66,5 GW, İtalya toplam: 25 GW. Türkiye toplam 9,5 GW oldu /3/.



Şekil 1: Dünya güneş enerjisi fotovoltaik kurulu gücünün 1992 ile 2018 arasındaki büyük artışı

Şekil 2: Tengger Desert Solar Park'ının Uydudan çekilen resmi (37 km uzunluğunda ve 1,7 km genişliğinde 45 km²'lik bir alan)

Dünya'nın en büyük güneş çiftlikleri (Temmuz 2023) /3/:
Sağda 300 Watt'lık paneller kullanıldığı varsayımıyla hesapladığımız panel sayıları yer alıyor (Bunların 25 yıl içinde hurda paneller olacakları ve bunlarla ilgili ne gibi bir plan yapıldığı ise hiç bir yayında yer almıyor!):

1. Golmud Solar Park — China (2,59 km², 2.8 GW) : 9,3 milyon panel
2. Bhadla Solar Park – India (56 km², 2,3 GW) : 7,6 milyon panel
3. Pavagada Solar Park – India (52,6 km², 2,05 GW): : 6,8 milyon panel
4. Mohammed bin Rashid Al Maktoum Solar Park UAE (77km², 2,08 GW) : 6,9 milyon panel
5. Benban Solar Park Egypt (37,2 k km², 1,8 GW) : : 6,0 milyon panel
6. The Tengger Desert Solar Park — China (43 km² , 1.51 GW): 5 milyon panel
7. Noor Abu Dhabi Solar Power Project — Abu Dhabi (8 km², 1,2 GW) : 4 milyon panel
8. Datong Solar Power Top Runner Base — China (?, 1,7 GW): 5,7 milyon panel
9. Jinchuan Solar Park — China (90 km², 1 GW): : 3,3 milyon panel
10. Kurnool Ultra Mega Solar Park – India (24 km², 1 GW) :3,3 milyon panel
11. Yanchi Ningxia Solar Park — China (?, 1 GW) :3,3 milyon panel
12. Villanueva Plant — Mexico (24 km², 1 GW) :3,3 milyon panel

13. Kamuthi Solar Power Station — India (10 km², 0,65 GW): 2,1 milyon panel
14. Gujarat Solar Park – India (20,2 km², 0,60 GW): 2 milyon panel
15. Francisco Pizarro — Spain (10 km², 0,59 GW): 1,9 milyon panel
16. Solar Star – US (23 km², 0,58 GW): 1,8 milyon panel
17. Desert Sunlight Solar Farm – California – US (15,8 km², 0,55 GW): 1,8 milyon panel
18. Shotwick Solar Park – UK (1,2 km², 72,2 MW): 240 bin panel

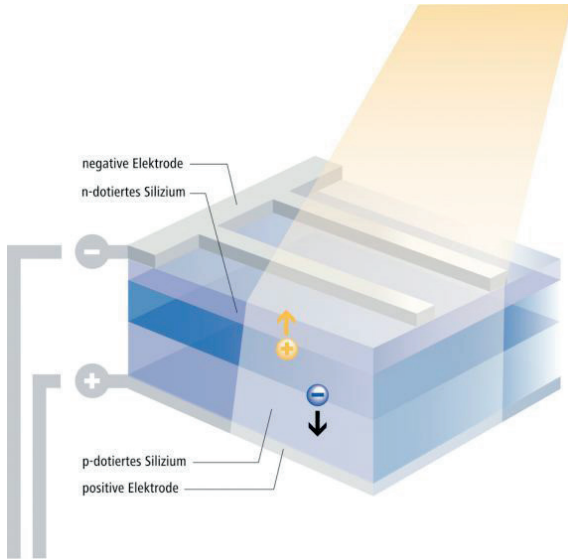
Türkiye'deki büyük Güneş santralleri (GES)/4/: Hesapladığımız yaklaşık panel sayıları

1)	<u>Amasya Boyalı GES</u>	Amasya	Akfen Enerji	10 MW; 33 bin
2)	<u>Karapınar YEKA-1 GES</u>	Konya	Kalyon Holding	1.000 MW; 3.3 milyon
3)	<u>Naturel & Esenboğa Enerji GES</u>	Ankara	Naturel Enerji	118 MW; 390 bin
4)	<u>Kayseri OSB Güneş Enerjisi Santrali</u>	Kayseri	Kayseri OSB	50 MW; 165 bin
5)	<u>Van Arısu GES</u>	Van	Erciyes Anadolu Holding	45 MW; 148 bin
6)	<u>Özkoyuncu Madencilik Balıkesir GES</u>	Balıkesir	Özkoyuncu Madenci	40 MW; 132 bin

6 adet GES'deki panel sayısı toplam: 2,3 Milyon

Rüzgar santralleri:

1)	<u>Soma Rüzgar Santrali</u>	Manisa	Polat Enerji	288 MW
2)	<u>Karaburun Rüzgar Santrali</u>	İzmir	Alto Holding	227 MW
3)	<u>Dinar Rüzgar Santrali</u>	Afyonkarahisar	Güriş Holding	200 MW
4)	<u>İstanbul RES</u>	İstanbul	Universal Wind Enerji	200 MW
5)	<u>Geycek Rüzgar Santrali</u>	Kırşehir	Polat Enerji	168 MW



Şekil 3: Bir silisyum güneş panelinin şematik görünüşü ve üretilen elektrik akımının, elektrik ağına bağlanan tellerin uçları

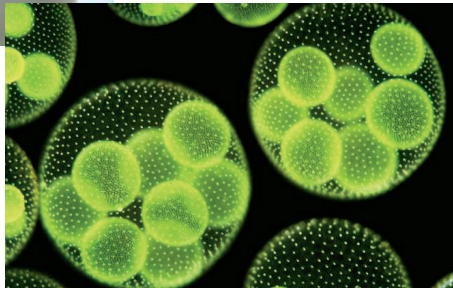
Organik maddelerden, yosunlardan elektrik üretimi

Çeşitli güneş hücreleri arasında çok kristalli, amorf silisyumlu, Bakır-indiyum-Galyum (CIGS) hücre, Galyum Arsenid Solar hücre (GaAS-Hücre)'ler sayılabilir. Bunlardan amorf silisyumlu olanın verimi epey düşük % 8. Organik maddelerle ve bazı renk maddeleriyle de güneş hücreleri yapılma çalışmaları sürüyor. Çeşitli güneş hücreleriyle ilgili çok sayıda araştırmalar bulunuyor .

Örnek olarak: plastik renk maddelerinden Graetzel güneş hücreleri, genleri değiştirilmiş organik maddeler ve hatta yosunlar da bulunuyor . Bilindiği gibi bitkiler güneş ışığı, su ve CO_2 'i fotosentezle, karbon hidratlara ve oksijene dönüştürüyorlar. Bugün dünyada ilgili bilim araştırmacıları örneğin yosunların genlerini değiştirerek, fotosentezde kullanılan elektronların bir bölümünü bitkiden çekerek, fotovoltaiik yöntemiyle elektrik üretmede kullanmaya çalışıyorlar /5,6/. Bugün çok düşük verimleri olan biyolojik güneş hücrelerine, geleceğin elektrik enerji kaynağı olarak bakılıyor.



*Not: Bu yazımız Herkese
Bilim Teknoloji Dergisi
198. Sayısı Ocak 2020
yayınlanmıştır*



4. ÇİN VE JAPONYANIN BAŞI ÇEKTİĞİ YENİ BİR TEKNOLOJİ...

YÜZER GÜNEŞ SANTRALLERİNDE ELEKTRİK ÜRETİMİ

Eski endüstri bölgelerinde, barajlarda, pek kullanılmayan göl ve durgun denizlerde kurulan yüzer güneş santralleri, doğayı bozmuyor, karada yer kaplamıyor, paneller suda serin kaldığından elektrik üretimi de artıyor. Türkiye’de de var: İstanbul’da Büyük Çekmece Gölünde bir ilk !

Eski kömür ocaklarının ağızlarına toplanmış sularda, baraj ve pek kullanılmayan gölcüklerde, durgun deniz kıyılarında, su yüzeylerine birbirine bağlı plastik dubalar üzerinde tutturulan çok sayıdaki güneş panelleriyle kurulan güneş çiftlikleri (santralleri), tüm dünyada atakta, projeleri ve yapımları gitgide artıyor.

Dünya bankası, **Avrupa’da** sadece insan eliyle yapılmış tatlı su göllerinin ve barajlarının % 10’unda kurulacak yüzer güneş santrallerinden 200 GW elektrik elde edilebileceğini bildiriyor (40-50 Nükleer santralın üreteceği enerjiye eşdeğer). Bunlarla ilgili olarak, **Dünya’nın** kurulu elektrik gücünün 400 GW olabileceği kestiriliyor. Avrupada yüzer güneş santrallerinin en büyüğü Hollanda’da

yapılıyor, işleyeni ise Fransa'nın güneyinde O'Mega1 projesi ve bu, 17 MW kurulu gücünde.

Alman Fraunhofer Enstitüsü, Almanya'da artık kullanılmayan sadece linyit ocaklarının ağızlarında biriken sulara kurulabilecek yüzer güneş santralleriyle 15 Gigawatt elektrik üretebileceğini açıklıyor.

Dünya'da ilk kez su yüzünde kurulan yüzer güneş fotovoltaik elektrik santrali Güney Kore'de Geumgwang gölcüğünde 2014 yılında yapıldı. 1.600 panelden oluşan bu küçük santralin gücü sadece 465 kWatt idi ve 250 eve elektrik sağlıyordu. Karada kurulan güneş santrallerinden daha serin kalan bu yüzer santrallerin veriminin, karadakilerden, %20 kadar daha fazla olduğunu ilgili uzmanlar açıklıyorlar.



Büyük plastik dubalar üzerinde, göllerde yüzen güneş santrallerinin bugün en büyüğü, Çin'de Sungrow'da (Anhui eyaletinde) kullanılmış kömür ocaklarının suyla dolmuş ağızlarında (gölcüğünde) bulunuyor. Resimde görülen bu güneş santralinde 166.000 panel, toplam 40 MWp elektrik gücünde ve 15.000 eve elektrik sağlıyor. Mayıs 2017'de Sungrow, yüzer güneş santrali, Huainan elektrik ağına bağ-

landığı haberi verildi. Çinde en büyüğü olan Sungrow'dakinden başka daha bir dizi yüzer güneş santrali bulunuyor. Bunlar küçük göl ya da kömür havzalarındaki su yüzeylerine kurulmuşlar. 20 MWp elektrik gücündeki Xinyi Yüzer Güneş Santrali ise Huainan kentinde olup, Nisan 2016'da elektrik ağına bağlanmış. Yılda ürettiği elektrik enerjisi 23 GWh /1/.

Çin ise yüzer güneş santrallerinde başı çekiyor. Çin'de, bugün çok miktarda kömür, doğalgaz, petrol ve nükleer santral bulunmasına rağmen, Çin'de, yenilenebilir enerjilerde (YE) de büyük atılım var.

Çin, 2016'daki fotovoltaiik elektrik kurulu gücünün % 67 üzerine çıkarak, Kasım 2017'de, güneş enerjisinde 126 GigaWatt değerine ulaştı (Bu, yaklaşık 25 nükleer santralden elde edilebilecek enerji kadar enerji üretebilir demek).

Ayrıca , hava kirliliği nedeniyle Çin'de sadece 2013'de 366 000 kişinin yaşamını yitirdiği hesaplandığından, yenilenebilir enerjilerle elektrik üretimine hız veriliyor.

Yüzer güneş santrallerinin de temiz havayla sağlıklı yaşama katkısı sağlayacağını Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) gibi kurumlar da vurguluyorlar. Yeryüzünün % 70'inin sularla kaplı olması ve güneş enerjisi panel ve çiftliklerinin **karada** çok yer kaplayarak doğal yaşamı bozacağı düşünülürse, su yüzeylerine kurulacak güneş çiftliklerinin yararları kestirilebilir. Dalgalı okyanus ve denizlerin güneş çiftlikleri için uygun olmayacağı açık. Buna karşın, pek dalgalı olmayan, durgun göl , baraj ve denizler güneş çiftlikleri için uygun olabilir ve bunlardan yararlanılmalıdır.

Göl ya da denizde su yüzüne kurulan güneş santralleri, vahşi hayvan ve bitki örtüsünü koruyacağı için bunlar hem ekosistemin bir parçası olacak hem de su, su yüzündeki panellerin ısınmasını azaltarak verimlerini arttıracak. Fotovoltaiik yöntemle ısı enerjisiyle değil, güneş ışınlarının enerjik tanecikleriyle (fotonlarla) elektrik

üretiliyor. Üstten sıcak hava ve alttan sıcak toprak ise elektron akımını aşırı artırıp, voltajı düşürerek, yaz aylarında güneş panellerinin verimini düşürüyor/2/.

Aşağıdaki **soldaki resim**, Fransa'nın güneyinde, bir ırmak kıyısında göllenmiş bir alana (delta) kurulan 17 MWatt kurulu gücündeki O'Mega1 yüzer güneş elektrik santralini gösteriyor. **Sağ resimde**, ingiltere'de bir baraj gölündeki 23 000 panelli ve 5,8 GWh/yıl elektrik üreten yüzer güneş santrali görülüyor(2016 yapımı).



İstanbul Büyük Çekmece gölünde de küçük bir yüzer güneş santrali bulunuyor ve bu, Türkiye'nin ilk yüzer elektrik santralidir. İstanbul Büyükşehir Belediyesinin (İBB) 2017 yılında yaptırdığı bu santralin yapımında 960 adet 260 Watt gücünde polikristal fotovoltaik paneller kullanılmış.

Panel ve diğer malzemelerin seçiminde korozyona karşı dayanıklı ürünler seçilerek santral ömrünün uzatılması planlanmıştır. Bu santralin kurulu gücü 240 kWatt ve yıllık ürettiği elektrik enerjisi 350 MWh. 110 eve elektrik verebiliyor /3/. İBB, Terkos gölünde ve Ömerli baraj gölünde yüzer güneş santralleri planlıyor.

Aşağıdaki resim, İstanbul Büyük Çekmece gölündeki yüzer güneş parkını havadan gösteriyor.



Neden yüzer güneş parkları yapılması öneriliyor?

1. Su toplanmış yerlerin ve kullanılmayan göllerin değerlendirilmesi
2. Toprak satın alınmasına ve ağaç, bitki kesimine gerek kalmaması
3. Elektrik ağının daha düşük kurulma giderleri, zaten bulunan çevre yol ve diğer kolaylıkları
4. Su doğal olarak buharlaşıırken, suyu bir miktar soğutması nedeniyle, güneş modüllerinin serin kalarak, karadakilere göre daha verimli olmaları
5. Daha az yosun tutmaları

Kullanılmayan endüstri alanları, hatta silah denemeleriyle kirlenilen bölgeler, boş alanlar gibi yerler, yarı çöller de, güneş çiftlikleri için çok uygun yerler olabiliyor. Örneğin, Çernobil'in felaket (ka-

rayıkım) bölgesinde şimdi bir güneş santrali kuruluyor. Böylelikle hem bozulmuş alanlar değerlendirilirken hem de böyle bir alana kurulan güneş santrali, karada verimli bir toprağa kurulmadığı için, ekosistem korunmuş oluyor /5/.

Dünya'nın en büyük 10 yüzer güneş çiftlikleri (Kurulu MW güçlerine göre, 2021)

1. Saemangeum floating solar energy project – 2 100 MW
2. Omkareshwar Dam floating solar farm – 600MW
3. Hangzhou Fengling Electricity Science Technology's solar farm – 320MW
4. Three Gorges New Energy's floating solar farm – 150MW
5. Cirata Reservoir floating photovoltaic (PV) power project – 145MW
6. NTPC Kayamkulam solar project – 105MW
7. NTPC Ramagundam solar power plant – 100MW
8. CECEP's floating solar project – 70MW
9. Sembcorp's Tuas floating solar project – 60MW
10. Hapcheon Dam floating PV power plant – 41MW

Sonuç

Güneş santralleri 2 km x 3 km gibi geniş alanlara kurulabildiğinden karada doğal yaşamı bozabiliyorlar.

Bu nedenle bunların uygun yerlerdeki su yüzeylerine kurulmaları büyük yarar sağlayabiliyor.

Bugün yüzer güneş santrallerinde Çin, projelerinde ise Japonya öncü. Bunlar bir çok ülkede de yapılıyor. Türkiye’de de su yüzeylerine ekosistemi bozmadan, güneş santralleri kurulabileceğinden ilgililerin incelemesi ve böylelikle karadaki verimli alanların korunması yararlı olabilir.

Bu yazımız, HBT 6 Mart 2020 sayısında yayınlanmıştır.

5. TÜRKİYE ELEKTRİK ÜRETİMİNDE GÜNEŞ SANTRALLARININ PAYI İLERİDE NE KADAR ARTABİLİR?



Yüzlerce yeni güneş santrali gerekiyor. Çok geniş alanları kapladıklarından, ekosistemi bozmayacak yerler bulunması ve içlerinde zehirli maddelerin az olduğu kaliteli panellerin kullanılması çok önemli. Yüzer santraller yapılmalı.

Türkiye 2018’de toplam 305 TWh elektrik enerjisi üretti. Bunun %2,6 kadarı ya da 7,9 TWh’ı güneş enerjisinden, toplam 5.000 MWp (peak) güneş santrali kurulu gücüyle sağlandı (HBT’deki ilgili yazılarımız için bkz. 1, 3-5). 7,9 TWh’lık üretim, kurulu güce oranla %18’lik bir verime karşılık geliyor ki, daha az güneşli Almanya’daki %11’lik verimle karşılaştırıldığında, bu epey yüksek bir verimdir (Birimler kitabın sonunda).

T.C. Kalkınma Bakanlığı’nca yayımlanan bir değerlendirme çalışmasında, Güneş Enerjisi Santralleri Kapasite ve Üretim Miktarla-

rının 2030 Yılına Kadar Resmi Hedef Senaryosuna Göre Dağılımı Yıllar ve eklenen Kurulu Güç (MWp), Toplam Kurulu Güç (MWp) ve Toplam Elektrik Üretim miktarları (TWh) çizelgelerle verilmektedir.(2) Bu araştırmaya göre, “Türkiye’de güneş enerjisi santralleri kurulu gücü, yılda ortalama olarak 500 MWp artım gösterebilir ve değerlendirmenin yapıldığı 2017’deki toplam kurulu güçle birlikte 2030’da toplam kurulu güç 8500 MWp değerine ulaşabilir” kestirimi yapılıyor.

Biz, çok daha iyimser bir yaklaşımla, güneş enerjisi santrallerinin kurulu güçlerinin yılda 500 MWp değil, 1.000 MWp artabileceğini ya da önümüzdeki 10 yılda, 10.000 MWp artarak, 2030 yılında toplam 15.000 MWp kurulu güce yükselebileceğini, bir üst sınır olarak öngörüp, durumu inceleyeceğiz.



Almanya’da yapılacak bir güneş santrali için planlanan büyük alan ve Güneş Tarlası.

Yapılacak santrallerle 10.000 MW’lık kurulu güce ulaşabilmek için örneğin 100 MWp kurulu güçteki santraller kurulacak olursa, bunlardan 100 adet gerekecek ve 10 yılın sonunda yeni santrallerle üretilen ek elektrik enerjisi (güneş santrallerinin Türkiye’deki en yüksek verimi olan %18 göz önüne alınarak) yılda 15,77 TWh olacaktır. Kuşkusuz kurulacak güneş santralleri 100 MWp’den daha

büyük ve daha küçük olabileceklerdir, ancak toplam kurulu güç bu varsayımda değişmeyecektir. Bugün Türkiye’de işleyen en büyük güneş santrali sadece 50 MWp kurulu gücündedir.

Toprak yüzeyini pek bozmayan panel dizileri (Aralarda ve yanalarda bırakılması gereken yollar, paneller için gerekli geniş alanı çok daha da büyütüyor).

Bugünkü kurulu güçle birlikte 2030’daki toplam kurulu güç 15.000 MW olabilirse, güneş enerjisinden üretililecek toplam elektrik miktarı yılda yaklaşık olarak 24 TWh (=7,9 +15,77) değerine yükselecektir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’nın verilerine göre 2018’de 305 TWh olan toplam elektrik tüketiminin yıllık % 4,8 artımla 2023’de yaklaşık olarak 376 TWh miktara ulaşacağı bekleniyor (7). 2023’den sonraki tüketimde yıllık % 4,8’lik artım hızını sürdürürsek 2030’da toplam elektrik tüketiminin kabaca 500 TWh olacağı kestirilebilir. 2030 yılında güneş enerjisinin payı ise (yılda 1000 MW’lık kurulu güç, iyimser artım varsayımımıza rağmen), sadece % 5 kadar olacaktır (= 24 TWh/500 TWh).

Türkiye’nin elektrik üretiminde bu % 5’lik payın sağlanabilmesi için, bizce, şunlar yapılmalıdır:

1. Her şeyden önce 10 yıl boyunca, her yıl 1000 MWp kurulu güçte santraller kuracak şirketlerin ya da kurumların, buna hazır olmaları gerekir.

2. Her santralin yüz binlerce panelinin kapsayacağı geniş alanlı uygun yerlerin çok sayıda ve ekosistemi bozmadan bulunabilmesi gerekir.

3. Yeni yapılacak çok sayıda santral için yeni elektrik ağlarının (şebekelerin) yapılması, ayrıca her bir santral için toprak altı kablo kanallarının, yol, bina ve su gibi ek gereksinimlerin karşılanmasıdır.

10.000 MW “Ek Kurulu Güç” için kaç adet panel gerekir ve bunlar ne kadar alan kaplar?

Yeni yapılacak güneş santrallerinin her birinin 100 MWp kurulu güçte olduğu ve her santralda 200 Watt’lık güneş panelleri (1,65 m x 1m büyüklüğünde ve 20 kg kütleinde) kullanıldığı öngörüldüğünde: 100 MW’lık bir santral için 500.000 adet panel (= 100 milyon Watt/200 Watt) gerekir. Her bir panel için ortalama 4 m² lik brüt bir alan hesaplanırsa, 100 MW’lık bir santralin 500.000 adet paneli için 2 Milyon m² (= 200 Hektar) bir alan gerekecektir. (1.400 m x 1.400 m kenarlı bir kare alan kadar). Bu alan, sadece 100 MWp ya da %18 verim sonucu, net 18 MW ortalama güçle yıl boyunca çalışacak bir santral için çok büyük bir alandır. (Gözümüzde canlandırabilmek için: 280 adet futbol sahası kadar bir alan. Bir futbol sahası: 105 mx 68m=7140 m²).

Panellerin aralarındaki uzaklık ve çevre yolları için santrallara gerçekte daha geniş alanlar da gerekebilir (Resimlere ve Çizelgeye bkz). Toplam 10.000 MWp kurulu güç için ise 50 milyon panel ve 100 MW’lık 100 adet güneş santrali için: 100 x 2 km²= 200 km² ya da 20.000 Hektar alan gerekecektir (28.000 futbol sahası kadar)).

Güneş santrallerinin verimlerinin diğer santrallerin verimleriyle karşılaştırılması

Güneş santrallerinin yukarıda MWp olarak verilen elektrik güçleri, yılın en sıcak günlerinde ulaşabilecekleri peak ya da maksimum değerler olup kömür, doğal gaz ve nükleer santrallerin MW kurulu güçleriyle doğrudan karşılaştırılmaz. Örneğin 1000 MWp kurulu güçteki güneş santrali yıl boyunca en yüksek %18 verimle ortalama 180 MW güçteki bir santral kadar elektrik üretirken, 1000 MWp kurulu güçteki bir kömür santrali %60 verimle 600 MW, aynı kurulu güçteki bir nükleer santral ise %80 verimle 800 MW elektrik üretebiliyor.

GÜNEŞ SANTRALI (Kaç eve elektrik sağlıyor?)	KULLANILAN PANEL ADEĞİ	KAPLADIĞI ALAN (m ²) ve (kare kenarı (km)	Watt/ panel ve (m ² / panel)	TOPLAM Maks. GÜÇ (MWp)	YILDA ÜRETİLEN ELEKTRİK GWh ve Verim %
ALMANYA SENFENBERG	635.000	10 Milyon m ² , (3,16 km)	150 W (16 m ²)	94	87 (%11)
ALMANYA NEUHARDENBERG	800.000	2,4 Milyon m ² , (1,5 km)	180 W (3 m ²)	145	140 (%11)
Türkiye Konya Karatay (kestirim)	90 000 olabilir	430.000 m ² (650 m)	200 W (5m ²)	18	30 GWh (verim %19)
Planlanan Konya Karapınar (kestirim)	Verilmemiş: 5 Milyon olabilir	7,5 milyon m ² (2,74 km)	200 W (1,5 m ²)	1 000	1 577 GWh (%18 kestirim)
Tengger Desert Solar Park, Çin (600.000 ev)	5 Milyon	45 km ² (1,2 km x 36,7 km)	310 W (9 m ²)	1 547	2 000 GWh (%15)

Çizelge: Güneş Santrallerinin elektrik güçleri (MW_{peak}), yılda ürettikleri elektrik enerjileri (GWh) ve kapladıkları alanlarla ilgili bazı örnekler (Bazıları için yaklaşık hesaplar yapıldı. Örneğin: Planlanan Konya Karapınar santrali için 5 Milyon panel ve 2,74 km kenarlı bir kare alan gerekli).

Yukarıdaki hesaplardan ve karşılaştırmalardan çıkan sonuçlar:

1. Güneş santralleri, yıl boyunca üretebildikleri elektrik miktarları göz önüne alındığında (geceleri güneş olmadığından) diğer santrallerle bire bir karşılaştırılamayacak kadar hem düşük verimde çalışıyorlar hem de santrallerin çok büyük alanlara kurulmaları gerekiyor. En yüksek verim %18 ve kapladıkları alanlar diğer santrallerin en az 200 katı.

2. 1000 MWp kurulu güçte yeni santraller her yıl sürekli yapılabilirse dahi, güneş santralleri 2030 yılında 15.000 MWp'lık toplam kurulu güce ulaştığında, üretilecek elektriğin toplamdaki payı ancak % 5 olabilecektir.

3. Bu orana ulaşılabilmesi için yeni elektrik ağlarının yapılması ve daha başka bir dizi sorunun çözülmesi de gerekiyor.

4. Yapılacak yeni santrallerin bir çoğunun artık kullanılmayan eski endüstri bölgelerine, eski hava alanlarına ya da yüzer santraller olarak göl, deniz ve barajlara kurulmaları doğayı pek bozmayacağından uzmanlarca araştırılması ve buralarda kurulmaları yararlı olacaktır (Diğer yazımıza bkz /1,3,4, 5/).

5. 20-25 yıl sonra ortaya çıkacak 100 milyon'dan fazla hurda panellerdeki zehirli maddelerin yanı sıra, cam, alüminyum, silisyum gibi diğer maddelerin geri dönüşümleri için şimdiden planlar yapılmalı ilgili yaptırımlar mevzuata alınmalı (Bu konuyla ilgili daha ayrıntılı yazılarımız yakında yayımlanacak).

6. Kaliteli paneller ve ekosistemi bozmayacak yerler seçilebilirse, güneş santrallerinin artırılması özellikle santraller çalışırken CO₂ salınmadığından ve bunların ürettikleri elektrik kadar diğer santralardan daha az elektrik üretileceğinden, yararlı olacaktır (Bkz. Resim).Bilim ve Gelecek 22 Mayıs 2020

6. ELEKTRİK ÜRETİMİNDE CO₂ SALMAYAN GÜNEŞ VE NÜKLEER SANTRAL KARŞILAŞTIRMASI

Akkuyu Nükleer Santralının yerine Güneş Santralleri yapılacak olursa, aynı miktarda elektriği üretmek için kaç adet güneş santrali gerekir ve bunlar ne kadar yer kaplar?

Akuyu'daki 4 nükleer reaktörün, ileride çalıştıklarında herbirinin 1.200 MWe kurulu gücüyle ve yıl boyunca ortalama % 80 verimle üretecekleri elektrik miktarı yılda:

$$4 \times 1.200 \text{ MW} \times 0,80 \times 24 \text{ saat/gün} \times 365 \text{ gün/yıl} = \mathbf{33,6 \text{ TWh}}$$

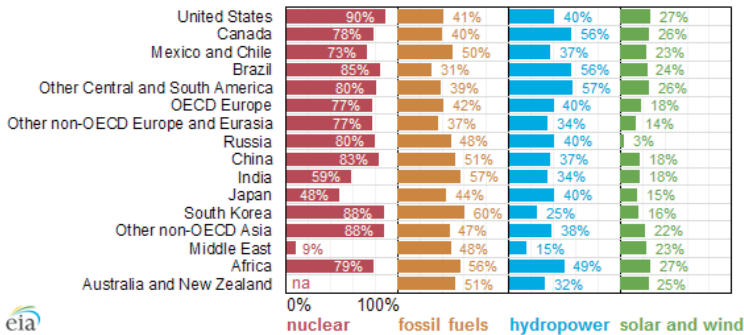
Aynı miktar elektriği üretmek için gereken güneş santrallerinin toplam kurulu gücü:

21.300 MW_p olmalıdır (= 33,6/0,18 x 24 saat/gün x 365 gün/yıl).

Bu çok yüksek miktardaki kurulu güç için herbiri 200 Watt'lık panellerden 106,5 milyon adet gerekecektir. Panellerin her biri için en azından 4m² 'lik bir brüt alan gerekeceğinden bunların kaplayacağı toplam alan ise: 426 milyon m² ya da 42.600 Hektar gerekir ki 60.000 futbol sahası kadar.

Şekil 1: Elektrik santrallerinin kurulu güç ortalama verimleri (ya da kapasite katsayıları) dünyada, çok çeşitli nedenlerle büyük değişiklik gösteriyor. Çizelgede güneş ve rüzgar santrallerinin verimleri birlikte gösterilmiştir. Türkiye'de çalışan güneş santralleri için ortalama verim: % 18. Akkuyu nükleer santralının ilerideki ortalama verimi için ise Rusya değeri olan % 80 alınabilir.

Electric generator capacity factors in various countries and regions, 2008-12 average capacity factor



21.300 MWp toplam kurulu güç değişmeyecek şekilde güneş santrallerinin aşağıdaki kurulu güçlerde dağıldığını düşünerek, her birine kaç adet panel ve ne büyüklükte kare alanlar gerektiğini basitçe hesaplırsak:

1 adet 1.300 MWp kurulu güçteki santral için: 6,5 milyon panel ve 26 km² alan (= 5 km x 5 km)

5 adet 1.000 MWp kurulu güçteki santral için: 5 milyon panel ve 20 km² alan (= 4,5 km x 4,5 km)

15 adet 100 MWp kurulu güçteki santral için: 500 bin panel ve 2 km² alan (= 1,4 km x 1,4 km)

İleride bu çok geniş alanlar ekosistemi bozmadan bulunup santraller kurulabilirse üretilecek toplam elektrik miktarı Akkuyu Nükleer Santralının yılda üreteceği miktarla aynı olacaktır (33,6 TWh) ki bu miktar Türkiye' nin 2030 daki toplam elektrik üretiminin (320 TWh) sadece % 10,5 kadarıdır

(= 33,6/320)

Güneş enerjisi santrallerine, diğer santrallerle karşılaştırıldığında üretilen TWh enerji başına ton olarak, en çok yapı malzemesi gerekiyor. HBT 31.03.2022

7. DOĞRUSUNU BİLELİM:

NEDEN DAHA ÇOK ELEKTRİK SANTRALİ GEREKİYOR?

Dünyada gitgide artan nüfus, daha konforlu ve savurgan yaşam, daha çok enerji kullanımını ve bu da, daha çok elektrik santralini gerektiriyor.

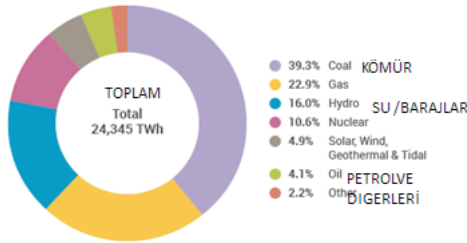
Bugün dünyanın nüfusu 7,6 milyar, 2040 yılında 9 milyar kişi olacağı kestiriliyor. En çok enerjiyi artan nüfusun gereksinimlerini karşılayan endüstri karşılarken, hem fabrikalarda birincil enerji olan kömür, petrol, doğal gaz (özellikle ısıtmada) hem de ikincil enerji olan elektrik enerjisini endüstri kullanmak zorunda. Otomobillerimiz petrol ile çalışıyor. Elektrikli otomobile geçilirken bunların aküleri de yine bir yerde üretilecek elektrikle doldurulacak. Tüm bunlar için daha fazla elektrik ve daha fazla elektrik santrali gerektiğini biliyoruz.

Güneş ve rüzgar enerjileriyle elektrik üretiminde son yıllarda sevindirici büyük atılım yapıldı ve bunun gitgide artımı da sürüyor. Ancak çeşitli saygın kurumların ve üniversite araştırma merkezlerinin yaptıkları araştırmalar 2050 yılına doğru tüm gayretlere rağmen yenilenebilir enerjilerin tüm elektrik enerjisi üretimindeki payının %30'da kalacağını gösteriyor. Buradan, geri kalanının yine fosil yakıtlar ve nükleer enerjiden karşılanacağı ortaya çıkıyor. Öte yandan endüstri, yenilenebilir enerjileri her an istenildiği kadar bulunamadığından, Almanya örneğiyle ancak % 3 kullanabiliyor (Bkz. Şekil 4). Aşağıdaki grafikler ve daha önceki yazılarımızdaki ayrıntılı açıklamalar bugünkü ve yarınki durumu ortaya koyuyor.

İleride yenilenebilir enerjilerle insanlığı başka sorunların beklediğini de bilimsel araştırma kurumları açıklıyorlar. Örneğin 1000 MWe'lik bir güneş santrali için yaklaşık olarak $3\text{km} \times 3\text{km} = 9\text{ km}^2$ lik bir kent merkezi kadar bir alan gerekiyor. Bunlardan 50 adet yapılacak olursa, ülkenin bir çok yeri güneş panelleriyle dolan tarlalardan oluşacak ve panellerin 20-25 yıl sonra eskiyip, sökülmesi gerekecek. Bunlar için uygun çöplükler aranacak ve panellerdeki zararlı kimyasalların özel tekniklerle zararsız duruma getirilmesi sorunu nasıl çözülecek bilinmiyor. Kaldı ki bugün özellikle Çin'de yapılan ucuz fiyatlı panellerin içindeki zararlı maddeler sistem çalışırken dahi panellerdeki çatlak ve bozulmalarla havaya karışıp çevreyi kirlletmesi de göz önüne alınmalı diyor araştırmacılar. Bunlar daha önceki yazımızda ayrıntılarıyla bulunuyor /3/. Rüzgar santrallerine ise örneğin Almanya'da halk gürültü ve görünümü bozduğu için karşı çıkıyor, bunları kimse yanı başında istemiyor.

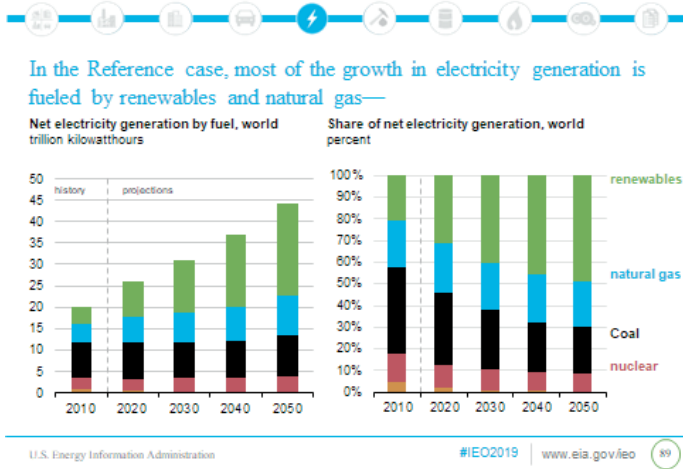
Aşağıdaki çizelgelerde enerji üretimiyle ilgili çizelgeler bugün ve gelecek için gerçek durumu sergiliyor.

Şekil 1: Dünya Elektrik üretiminde kaynakların dağılım oranları ve toplam (2017)

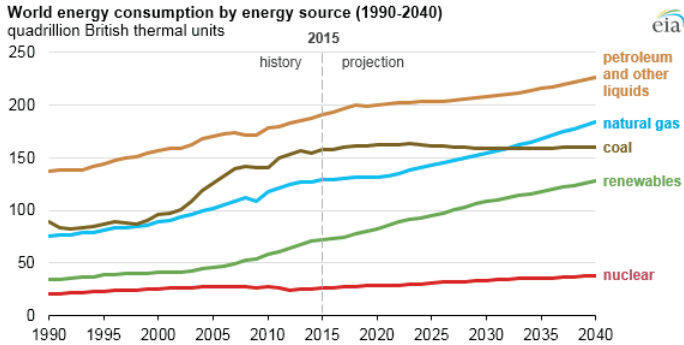


Source: IEA Electricity Information 2017

Şekil 2: Dünya elektrik üretiminde 2040/2050 yıllarına doğru beklenen gelişme ve katkılar



Enerji kaynaklarına göre dünya enerji kullanımı



Nükleer reaktörlerde artış

2018'de dünyada 449 nükleer reaktör işletilirken ve 55 adeti de yapım halindeyken, bu toplam sayıya 9 reaktör de 2018 ,de katılmıştır (+10 GWe).

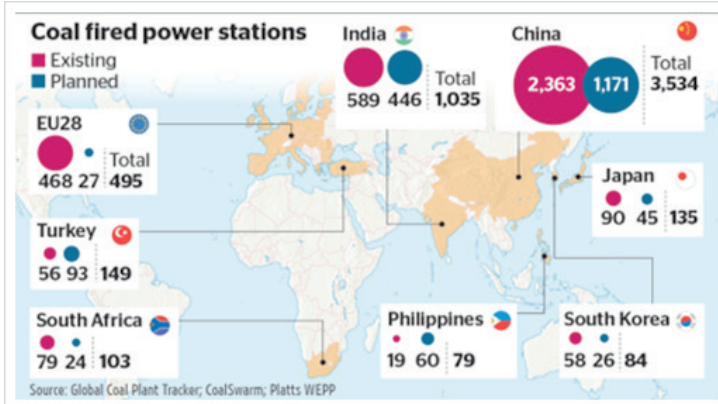
15 ülkede yapımı süren 55 nükleer reaktörün ülkelere göre dağılımında Çin, Hindistan ve Rusya en başlarda. Hindistan'da bugün (Ocak 2018) uranyumla çalışan 22 ve yapımı süren 6 nükleer santral var. Çoğu toryumlu reaktörlerden oluşacak 19 santral planlanıyor ve 46 santral de öneriliyor.

Ancak son yıllarda Hindistan, hızlı nötronlu-üretken Ergimiş Tuz Reaktörlerinin (ETR) çok daha verimli bir şekilde toryumu kullanacağını anladığından çok kapsamlı bir toryum-ETR programını yürürlüğe sokmuştur. Türkiye de AB araştırma projeleri çerçevesinde toryum ergimiş tuz reaktörlerinin geliştirilmesinde etkin katkıda bulunuyor.

Kömürlü santrallarda artış

Azaltılacağı söylenen kömürlü elektrik santrallarının da hızla artmakta olduğunu pek kimse bilmiyor ya da bunlar açıklanmıyor:

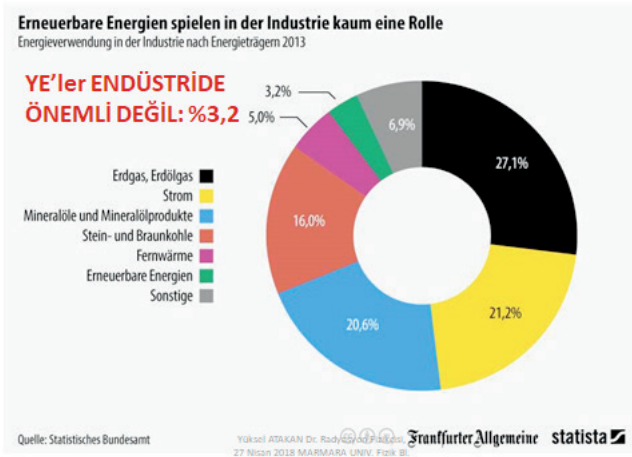
Şekil 3: 1600 yeni kömürlü elektrik santralinin ilgili ülkelerdeki sayıları (mavi) ve bugün çalışan kömürlü santral sayıları (kırmızı) gösteriliyor. Dünyada büyük kömürlü santralların toplamı 5614 adet olacak (bugün 4000 adet kadar var). Küçük santrallarla birlikte dünyada 5000 adet kömürlü santralin çalıştığı kestiriliyor. Türkiye'de 93 adet kömürlü santral planlanıyor.



Elektrik üretim ve tüketiminde yenilenebilir enerjilerin payı

Dünyada üretilen toplam elektrik enerjisinin yaklaşık olarak %75'ini endüstri kullanıyor. Arta kalanı ise evlerde, iş yerlerinde ve aydınlanmada kullanılıyor. Endüstride yenilenebilir enerjilerin payı ise çok düşük. Nedeni sürekli ve endüstri için gerekli miktarda yüksek olmaması, ara ara kömürlü santrallerin devreye girmesi zorunluluğu. Kömürlü santrallerin ara ara devreye girmesini, santrallerin standby'da bekletilmesini işleten şirketlerin pek kabul etmemeleri ve bunların da standby'da boş yere enerji sarf etmeleri.

Şekil 4: Yenilenebilir enerjiler endüstride önemli değil .



Sonuç

Yenilenebilir enerjilerdeki süregelen sevindirici artışa rağmen, artan nüfus ve konforlu savurgan yaşam sonucu, bunlar % 30'da kalırken, gerek fosil yakıtlılar gerekse nükleer santralların, ileride de elektriğin % 70 ini karşılayacağını bilimsel araştırma kurumları açıklıyorlar. Ülkelerin, partilerin plan, programlarıyla nüfus planlamaları yapmaları ve savurgan yaşama son verecek önlemleri bir an önce almaları beklenir.

Bunlar gerçekleşmezse ve yenilenebilir enerjilerin de (başka sorunları olmalarına rağmen) 2050 yılında bile tüm enerjinin ancak %30'unu karşılayabileceği hesaplanıyorsa, o zaman tüm elektrik santrallarının artımını kabul etmek durumunda olacağız ve yenilenebilir enerjili santrallar zaten yapılabilecekleri kadar yapılmakta olduğundan, diğerlerini tartışmanın da artık bir anlamı olmayacak.

Bu nedenle, elektrik santralleriyle ilgili karşıtlar mı, yoksa yanlılar mı haklı? tartışması yerine, dünya'yı biz nereye götürüyoruz? sorusunun yanıtını nesnel olarak kendimizde aramalıyız ve ona göre plan, program yapmalıyız ama bir türlü iğneyi kendimize batıramıyoruz!

8. DÜNYADA GİTGİDE ARTAN NÜFUS, KONFOR VE SAVURGANLIK SONUCU

GİTGİDE ARTAN ENERJİ ÜRETİMİNE VE CO₂ SALINIMINA KARŞI ÇÖZÜM ARANIYOR!

Avrupa Birliği (AB) 2050 yılına kadar 'iklimde nötral' olmayı hedefliyor. AB, 2035 yılından sonra benzin ve dizelli araçların kullanılmaması gerektiğini, İrlanda 2030, ABD Kaliforniya 2035, İngiltere ise 2040 yılından itibaren bu çeşit araçların yasaklanabileceğini açıklıyorlar. Almanya, Danimarka, İsveç ve Norveç de bu yolda karar almayı düşünüyorlar. Daha bir dizi ülke, 2030 ile 2040 yılları arasında benzin ve dizelli araçları yasaklamayı planlıyorlar /1,..4/. Mercedes Benz şirketi ise 2040 yılından başlayarak benzin ve dizelli araç üretmeyeceğini açıkladı.



Tüm Dünyada benzer gelişmeler, Glasgov'da yapılmakta olan 'iklimi koruma' toplantıları gölgesinde sürerken, elektrikli araçların elektriği nereden gelecek? sorusuna ise Avrupa'dan somut yanıtlar gelmeye başladı:

Örneğin Fransa Devlet Başkanı Macron 09.11.2021 günü yaptığı TV açıklamasında hem gelecekte enerji sorununu çözmek hem de atmosfere verilen CO2 miktarını azaltmak amacıyla Fransa'nın yeni 'Mini Nükleer Santraller' yapacağını duyurdu. Fransa Yeşilleri de artık Nükleer santrallere karşı olmadıklarını bildirdiler. CO2 salmadığından zaten geçenlerde de Fransa'da, Nükleer Enerji, Yeşil Enerji olarak ilan edildi.

Tüm dünyada artan nüfus (2050'de 9 Milyar kişi), artan konfor ve savurganlık sonucu gitgide artan elektrik gereksiniminde, yenilenebilir enerjilerle elektrik üretiminin yetmeyeceği açık olduğundan, fosil yakıtlardan özellikle daha az CO2 salan doğal gaz kullanımının sürmesi ve nükleer enerjinin hız kazanması bekleniyor /5/. Birçok ülkenin de kömürlü santralleri kapatamayacağı kestiriliyor.

Fransa'nın yukarıdaki atılımını bu açıdan değerlendirmek ve gitgide artan elektrikli araçların elektriğinin nereden geleceğinin de bugünden planlanması gerekir.

Avrupa'da 2021 Ağustos'unda ilk kez elektrikli ve hybrid araçlar, dizelli olanlardan daha fazla satıldılar.

Öte yandan Almanya'da yapılan bir ankette, katılanların % 55'i benzin ve dizelli araçların yasaklanmasına ya da yasaklama için belirli bir tarih konulmasına karşılar.

2021 Glasgow iklim zirvesi ve Türkiye

İskoçya'nın Glasgow kentinde süren İklim Zirvesi çerçevesinde, aralarında Türkiye'nin de bulunduğu 60 ülke ve bütün olarak AB'nin iklim karnesi açıklandı. Çevre kuruluşları Germanwatch ve

NewClimate Enstitüsünün yayımladığı 2022 yılı iklim endeksinde genel sıralamada Türkiye 42'nci sırada yer aldı.

Dünyada sıcaklık artışını sanayi öncesi döneme göre 1,5 santigrat dereceyle sınırlandırma hedefine ulaşmak için gerekli çabayı gösteren hiçbir ülke bulunmadığı gerekçesiyle listenin ilk üç sırası boş bırakıldı. Ardından gelen sıralarda ise üç İskandinavya ülkesi; Danimarka, İsveç ve Norveç yer aldı. Almanya, 2005 yılından bu yana yayımlanan iklim endekslerindeki en iyi derecesini elde ederek 6 sıralık sıçrayışla 13'üncü sıraya yerleşti /6/

Aralarında Türkiye'nin de bulunduğu 30 ülke, kent ve şirket, yeni otomobil ve minibüslerde karbondioksit salınımının en geç 2040'a kadar sıfırlanmasını öngören anlaşmaya imza attı. Yapılan açıklamada, „Satışı yapılan birinci el otomobil ve minibüslerde karbondioksit salınımının genel olarak 2040 yılına kadar sıfırlanması, öncü pazarlarda ise bu hedefe 2035 yılına kadar ulaşılması için çalışılacağı“ kaydedildi./7/

Öte yandan Sanayi ve Teknoloji Bakanı “Elektrikli araçlar için şarj altyapısını inşa etmek üzere yol haritamızı hazırladık” demişti (18 Mayıs 2021 Gazeteler).

WWF-Türkiye ve Sabancı Üniversitesi İstanbul Politikalar Merkezi işbirliğiyle hazırlanan “Türkiye için Düşük Karbonlu Kalkınma Yolları ve Öncelikleri” raporu, Türkiye'nin karbon emisyonlarını azaltabileceğini, bunu yaparken ise ekonomik büyümenin devamının mümkün olduğunu gösteriyor. Araştırmaya göre, emisyon azaltım politikalarının uygulanmasında gecikilmesi halinde, Türkiye'nin iklim değişikliğiyle mücadelede üzerine düşen katkıyı yerine getirmesi için “eksi” büyüme oranlarına katlanması gerekebilir deniyor /8 /. “Türkiye için Düşük Karbonlu Kalkınma Yolları ve Öncelikleri” raporuna (2015) ulaşmak için : /9/.

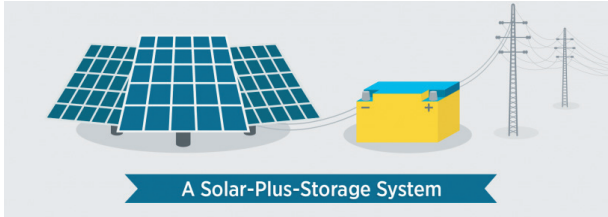
9. GÜNEŞ SANTRALLERİ, BATARYA TARLALARIYLA DONATILIYOR

Giriş

Onbinlerce güneş panelinden oluşan, elektrik üreten, güneş santralleri, güneş batarya tarlalarıyla donatılıyor. ABD başta olmak üzere özellikle gelişmiş ülkelerde büyük kapasitelerde gittikçe artan sayıda ‘Güneş Batarya Tarlaları’ kuruluyor. Bunlar henüz ülkemizde bulunmuyor.

Bilindiği gibi güneş santralleri, ancak güneş olduğunda, panelere çarpan ışınların etkisiyle çalışıyorlar. Paneller, kapalı havalarda az elektrik üretiyorlar, geceleri ise hiç üretemiyorlar. Bu nedenle, güneşli günlerde fazla üretilen elektrik enerjisinin, sonradan kapalı havalarda ya da geceleri, kullanılması, elektrik enerjisini, bataryalarda depolamakla olası. Böylelikle güneş santralının kullanım süresi bir kaç saat de olsa uzatıldığı gibi, elektrik üretimiyle, elektrik kullanımı arasındaki denge de sağlanmış oluyor.

Şekil 1’de güneş panellerinden üretilen elektriğin bir bataryada depolandıktan sonra elektrik ağına aktarılması gösteriliyor.



Güneş batarya tarlalarında daha çok, cep telefonlarındaki cinsten lityum bataryaları, ancak çok daha büyük botutta ve çok daha fazla sayıda kullanılıyor. Lityum bataryaları, elektrik akımını iyi ileten, elektriğin kolayca yüklenip sonradan çekilebildiği ve diğerlerine göre daha hafif ve daha uzun ömürlü bataryalar olduğundan daha çok kullanılıyor. Bunlar son yıllarda özellikle elektrikli otomobillerde kullanıldığından, kullanıldıkça da fiyatı düşüyor.

Lityum'un en çok üretildiği ülkeler: Avustralya 42.000 ton, Şili 18.000 ton ve Çin 7.500 ton /1/.

Dünyanın en büyük güneş batarya tarlaları ABD, Florida'da

Florida'nın batı kıyısında yapımı % 75 bitmiş olan güneş batarya tarlasında 132 metal kaptan (konteyner) her birinin içinde 400 adet batarya (modül) bulunuyor. 100 konteyner bugün yerlerine yerleştirilmiş durumda (Şekil 2). Toplam kapasitesi (maksimum elektrik kurulu gücü) 409 MW olan güneş batarya tarlasının üretebileceği elektrik enerjisi 900 MWh olacak / Elektrik güç ve enerji birimleri için (*) bkz/. Bu demektir ki, bu güneş batarya tarlası depoladığı elektrik enerjisini 2 saatten fazla bir süre (maksimum güçte) kullanıcılara aktarabilecek. Örneğin 900 MWh'lık elektrik enerjisi, 650.000 eve, 2 saat ya da 325.000 eve 4 saat elektrik enerjisi sağlayabilecek (Yılda 4 kişilik bir ailenin ortalama olarak 6000 kWh ve saatte $6000/24 \times 365 = 0,68$ kWh elektrik kullandığı hesaplanarak).

Şekil 2: *Ön planda güneş bataryaları tarlası, arka planda ise koyu renkli güneş panelleri tarlası, Florida*



Florida'daki 'Vistra Moss' güneş batarya tarlası daha da büyük kapasitede

Eski bir doğalgaz alanına kurulmuş olan güneş batarya tarlası 400 MW gücünde olup toplam olarak 1600 MWh elektrik enerjisi sağlıyor. Örneğin tam kapasiteyle geceleri 4 saat boyunca büyük bir kentin elektrik enerjisini sağlayacak büyüklükte. 2030 yılına kadar kapasitenin 700 MW'a artırılması planlanıyor. Bu gerçekleştiğinde 140.000 evin ya da 400.000 elektrikli aracın elektriği karşılanmış olacak /2..6/.

Şekil 3: Vistra Moss Landing Energy Power Plant şirketinin genişleterek Ağustos 2021'de işletmeye açtığı güneş bataryası sistemi, Florida'da.



Diğer ülkelerdeki güneş batarya tarlaları

Almanya'da ve diğer bir çok ülkede bir kaç kW ve MW güçte küçük batarya tarlaları bulunuyor. Ancak daha büyükleri için projeler yapılıyor. Türkiye'de izleyebildiğimiz kadarıyla böyle bir proje bulunmuyor.

Dünyanın büyük batarya tarlaları içinde Avustralya'da yapımı bitmiş olan ve test çalışmalarına başlanan (Ekim 2021) Şekil 4deki batarya tarlası 'Victorian Big Battery Regulator' adında.

Gücü: 300MW, üreteceği elektrik enerjisi : 450MWh

Bu batarya tarlası büyük bir kente (maks. 300 MW kapasiteyle) 1,5 saat süreyle elektrik sağlayabilecek.

(Şekil 4).



Güneş Batarya Tarlaları Projeleri

Şekil 5’de en sağdaki sütunda gösterilen ülkelerde planlanan güneş batarya sistemleri ve ulaşılabilecek max.güç’de (power), batarya tarlasının elektrik verebileceği süre (Duration) gösteriliyor.

Not: Güç (Power) sayıları, süre (Duration) sayıları çarpıldığında, maksimum (MW) kapasitede batarya tarlasından alınabilecek elektrik enerjisi miktarı MWh olarak hesaplanabilir.

*Şekil 5: Lityum batarya modüllü Güneş batarya projeleri.
Tek bir modül yaklaşık olarak 2.000 adet cep telefon pilinin toplam
kapasitesinde.*

Energy Storage Project	Tech	Power	Duration	Country
Hornsedale Power	Li-ion	150 MW	1.2 hours	Australia
Stocking Pelham	Li-ion	50 MW	1 hour	UK
Jardelund	Li-ion	48 MW	1 hour	Germany
Minamisoma substation	Li-ion	40 MW	1 hour	Japan
Nishi-Sendai substation	Li-ion	40 MW	0.25 hour	Japan
Laurel AES	Li-ion	32 MW	0.25 hour	US
Escondido substation	Li-ion	30 MW	4 hours	US
Pomona substation	Li-ion	20 MW	4 hours	US

DOE storage database, Wikipedia

Sonuçlar

Güneş batarya tarlalarıyla donatılmış devasa güneş panel tarlalarının artması kuşkusuz yararlıdır. Böylelikle güneş santrallerinin işletilme süreleri uzatılabiliyor.

Ancak bunların artması, dünyada elektrik enerjisi üretim ve tüketim sorununu kökünden çözmüş olamayacak. Dünya elektrik kullanımı, artan nüfus, konforlu ve savurgan yaşam nedeniyle, artarak büyüyor. 2040 yılına kadar tüm dünyada otomobillerin elektrikli olması planlanırken, bunların kullanacakları ek elektriğin de üretilmesi gerekiyor. Yenilenebilir enerjilerin (YE) ise, ne kadar artırılırsa artırılсын, gitgide artan dünya elektrik gereksinim hızına bunların yetişebilmesi, yapılan bilimsel araştırmalara göre beklenmiyor. 2020 yılında yaklaşık 26 Trilyon kWh olan dünya elektrik üretiminin, 2050 yılında % 43 artarak 44 Trilyon kWh'a yükselmesi bekleniyor. Bunun en çok % 60 kadarı, yenilenebilir enerjilerden, arta kalanı ise yine kömür, doğal gaz ve nükleer enerji kaynaklı olmak zorunda. Bu konuyu, farklı enerji kaynaklarını karşılaştırarak ayrı bir yazımızda ele alacağız.

Ayrıca güneş panellerinin çeşitli olumsuz yanları olduğu gözö-

nüne alınmalı ve içlerinde kurşun kadmiyum gibi daha bir dizi zehirli maddelerin az olduğu, kaliteli paneller kullanılmalı ve bunlar, çevreyi en az bozacak şekilde konuşlandırılmalı (Bu konuların ayrıntılarıyla açıklandığı yazılarımız için Bkz /7/).

Öte yandan dünyada herşeyden önce nüfus planlaması yapılmasının öneminin yanı sıra, konforlu ve savurgan yaşamımızı da gözden geçirmeliyiz. Artan enerji gereksinimine, CO₂ salınımına ve iklimin bozulmasına kendimizin neden olduğu da unutulmamalı. Ancak pek kimsenin bugünkü yaşam tarzını değiştirmeye niyetli olmadığı da kestirilebilir.

10. RÜZGÂR VE GÜNEŞ ENERJİLERİNDEN ELEKTRİK ÜRETİMİNDE GELİŞMELER ALMANYA İLE TÜRKİYE KARŞILAŞTIRMASI

Güneş ışın potansiyeli Türkiye'nin yarısından az olan Almanya, 2019'da, 6 kat daha çok elektrik üretti!

Giriş

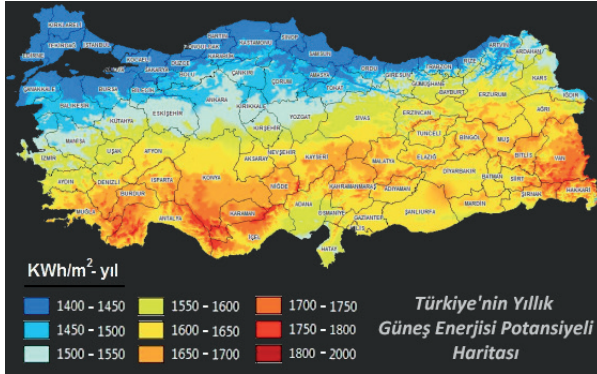
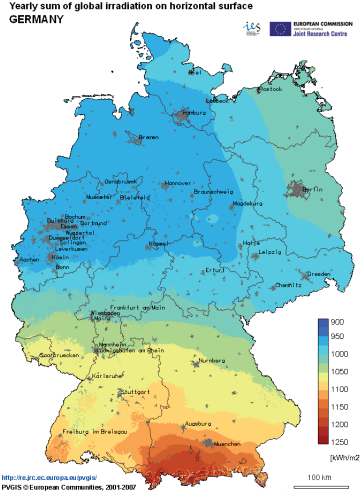
Türkiye ile yaklaşık aynı nüfustaki Almanya'da 2019'da üretilen toplam elektrik enerjisi yılda 514 TWh iken, Türkiye'de 304,8 TWh (TeraWattSaat)* oldu. Gerek fosil yakıtların (kömür, petrol, doğal gazın) CO₂ salarak iklimi olumsuz etkilemeleri, gerekse bir çok ülkede, nükleer santrallerin tehlikeli olduğu gerekçesiyle, son 20 yıldır, tüm dünyada yenilenebilir enerjiler (YE) içinde özellikle rüzgâr ve güneş enerjilerinden elektrik üretiminde büyük gelişmeler olduğu biliniyor. Önceki yazılarımızda bu konu ayrıntılarıyla bulunuyor /1-5/.

Bu güncel yazımızda, güneş enerjisinden elektrik üretimindeki gelişmeleri ele alacağız.

Şekil 1'deki Almanya ve Türkiye haritalarından görüldüğü gibi, Almanya'nın çeşitli bölgelerinde güneş enerjisi kuzeyde 900 birimden (kWh/m²) başlıyor ve güneyde 1200 birime kadar çıkıyor. Türkiye'de ise bu, 1400 'den başlayıp 2000 birime kadar yükseliyor.

Şekil 1: Almanya'da güneş enerjisi potansiyeli ortalama olarak Türkiye'dekinin yarısından daha az.

(Güneşli bir yaz gününde güneş ışınları potansiyeli, kapalı bir kış gününden 20 kat daha çok olabiliyor).



Almanya'da 2019'da üretilen toplam elektrik enerjisinin (514 TeraWattSaat) %24,5'u (127 TWh) rüzgârdan, %9'u (46 TWh) da güneşten kaynaklandı.

Biyokütle (%8,6) ve hidrolik (3,8) ile birlikte, elektrik üretiminde, toplam yenilenebilir enerjilerin (YE) payı 2019'da % 46'ya yükseldi (Şekil 2).

Sadece rüzgâr ve güneşten Almanya’da elde edilen toplam elektrik üretiminin ($127+46=173$ TWh), toplam elektrik üretimindeki payı ise %33,5.

Türkiye’de 2018 yılında üretilen toplam elektrik enerjisinin (304,8 TeraWattSaat):

% 6,6’sı (20,1 TWh) rüzgârdan, % 2,6’sı da (7,9 TWh) güneşten elde edildi (Enerji Bakanlığı verileri /6/).

Almanya/ Türkiye Güneş Enerjisi kaynaklı elektrik üretimleri karşılaştırıldığında :

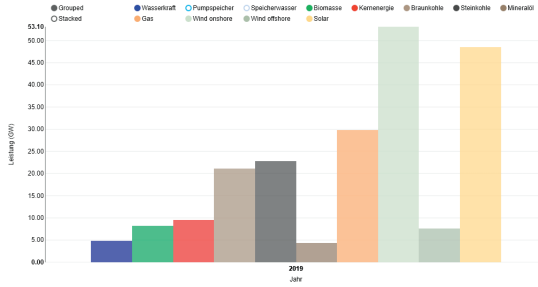
Almanya’nın çok güneşli olan bölgeleri bile, Türkiye’nin en az güneşli olan bölgeleri kadar dahi güneşli olmamalarına karşın, Almanya, 2019’da güneşten, Türkiye’dekinden 6 kat kadar daha çok elektrik üretti ($46 \text{ TWh}/7,9 \text{ TWh} = 5,8$ kat).

Öte yandan, rüzgâr ve güneşten Türkiye’deki toplam üretimin ($20,1+7,9 = 28$ TWh, toplam elektrik üretimindeki payı ise $28/304,8 = \% 9$).

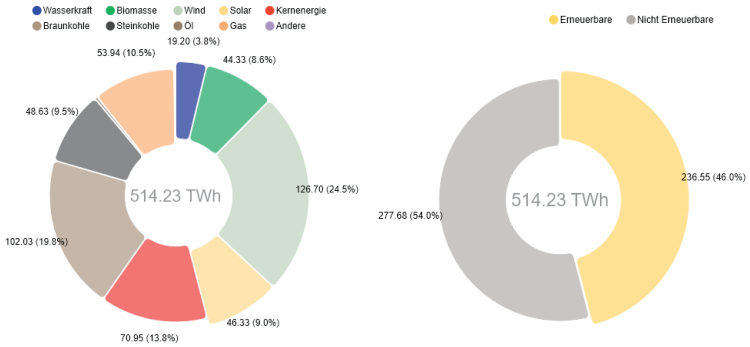
Almanya’nın sadece ‘güneş ve rüzgâr’dan ürettiği 173 TWh’lık elektrik enerjisi, Türkiye’nin 2018’de tüm kaynaklardan ürettiği toplam elektrik enerjisinin %57’si kadar çok ($173/304,8 = \% 57$).

Ya da Almanya, Türkiye’nin tüm kaynaklardan ürettiği elektriğin yarısından çoğunu, sadece güneş ve rüzgâr enerjilerinden sağlıyor.

Şekil 2: 2019 da Almanya elektrik üretimini sağlayan enerji kaynaklarına göre kurulu güçler (GW)



Şekil3 : Almanya'da 2019'da üretilen net elektrik enerjisi TeraWattSaat (TWh)



Almanya'da güneş enerjisi santralleri (Solar Parks)

Almanya'nın en büyük 10 Güneş Santrali: Kurulu Güçlerine göre sıralanıyor.

Solkomplex Senftenberg (Solar thermie ve Fotovoltaik ünitesi)

Güç: 168 MWp (peak)

Açılışı: 24. Eylül. 2011

(Bölümleri: Schipkau mit 72 MW +
Senftenberg I - III mit 96 MW)

Neuhardenberg (Berlin eski havaalanında) Fotovoltaik

Güç: 145 MWp

Açılışı: Mart 2013

İşleten: Airport Berlin-Neuhardenberg GmbH

Solarpark Templin-Groß Dölln

Güç: 128 MWp

Açılışı: 30.Eylül. 2012

İşleten: BELECTRIC Solarkraftwerke GmbH

Solarpark Brandenburg-Briest

Güç: 91 MWp

Açılışı: 1. Aralık. 2011

İşleten: Luxcara

Askeri Havaalanı Eberswalde/Finow

Güç: 84,5 MWp

Açılışı: 1. Aralık 2011

İşleten: Havaalanı Eberswalde Finow GmbH

Solarpark Finsterwalde

Güç: 80,7 MWp

Açılışı: 1.Aralık 2011

İşleten: LHI Leasing

Freiflächenanlage in Straßkirchen

Güç: 54 MWp

Açılışı: Aralık 2009

İşleten: Krinner GmbH

Solarpark Lieberose

Güç: 53 MWp

Açılışı: 20. Ağustos 2009

İşleten: WealthCap

PV-Kraftwerk Waldpolenz

Güç: 52 MWp

Açılışı: Ağustos 2009

İşleten: SachsenFonds GmbH

Flugplatz Köten

Güç: 15 MWp

Açılışı: Aralık 2008 işleten: juwi AG

Almanya'nın en büyük iki güneş santralının teknik özellikleri (solar park)

Almanya Brandenburg eyaleti Senftenberg ve Schipkau'daki bu güneş santrali üç üniteden oluşuyor ve 2011'den beri 'Solar Termik ve Fotovoltaik' yöntemleriyle çalışan bölümlerden oluşuyor. Toplam 168 MWe kurulu gücündeki bu santral 1000 Hektar'lık bir alana (10.000.000 m²) kurulmuş olup 635.000 solar modülünden oluşuyor.

Bu alan kare olarak düşünülürse bir kenarı 3 km'den fazladır (**3162m x 3162m**). Fotovoltaik ünitenin kurulu gücü 94 MW'dir ve bununla ortalama 87 GWh elektrik enerjisi üretiyor. Buradan verim: 10,6 (= 87/ 94 x 8760)

Şekil 4: AB'nin en büyük güneş enerjisi santrali Almanya Senftenberg'de ve yanda çatısında güneş panelli bir araç



2. Berlin'in 30 km yakınındaki Neuhardenberg Solar Parkı

145 MW_p (peak) – maksimum elektrik gücündeki Avrupanın 2. büyük güneş enerjisi parkı Ekim 2012 den beri elektrik üretiyor (Şekil 4). 240 Hektar'lık bir alana 800.000 adet güneş modülünün, 2000 kişinin yoğun çalışmasıyla 5 hafta gibi rekor bir sürede kurulan bu güneş parkı 200 milyon Avro'ya mal oldu. Bu güneş parkının yılda ürettiği elektrik enerjisi ise ortalama 140 GigaWattSaat. Bu-

nunla, 48.000 evin elektriği karşılanıyor. **Verimi : 140 GWh / 145 MW x 8760h = % 11**

Açıklama: Eğer yazları, öğle saatlerinde ulaşılan 145 MW'lık (peak) maksimum güç (santralin tam kapasiteyle çalışması) yıl boyunca sürekli olabilseydi, yıl sonunda elde edilecek elektrik enerjisi:

$145 \text{ MW} \times 24 \text{ Saat/gün} \times 365 \text{ gün/yıl} = 1,270 \text{ 200 MWSaat} = 1,270 \text{ GigaWattSaat}$ olurdu. Buradan, bu güneş parkının yıllık ortalama veriminin: $140 \text{ GWh} / 1270 \text{ MWh} = \%11,4$ olduğu bulunur.

Güneş panellerinin kapladığı alan, bulunduğu yerdeki güneş ışınlarının günün kaç saatinde, ne şiddette etkili olduğuyula ve pannelerin verimine bağlı olarak değişiyor. Neuhausenberg ,de 145 MWp elektrik gücündeki bu güneş parkının kapladığı alan olan 240 Hektar ($240 \times 10000 \text{ m}^2$) , **1500m x 1600m' lik bir kent merkezini kaplayacak kadar geniş.** Ayrıca 2015 yılında bu enerji parkının yanında kurulan tesisteki (toplam 10 MW güçte) devasa akülerde elektrik depolanabiliyor ve voltaj salınımları dengelenebiliyor.

Şekil 5: Berlin'in 30 km yakınındaki Neuhausenberg Solar Parkı, kullanılan paneller ve enerji depolama akülerinin bulunduğu bina



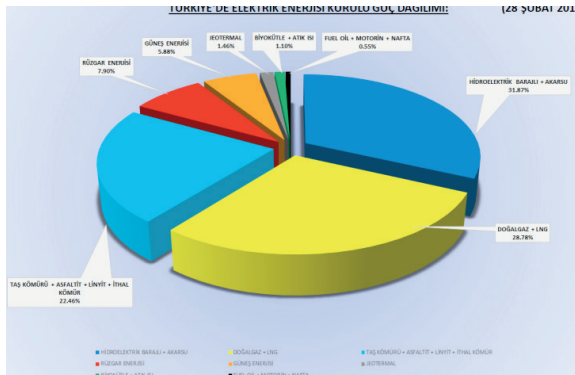
Türkiye’de güneş enerjisinden elektrik üretimindeki gelişmeler

Türkiye’nin Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlasına (GEPA) göre, yıllık toplam güneşlenme süresi 2.737 saat (günlük toplam 7,5 saat), yıllık toplam gelen güneş enerjisi 1.527 kWh/m² (günlük toplam 4,2 kWh/m²) dir/8/. Güneş enerjisinden elektrik üretimi, oldukça yüksek güneş potansiyeline karşın, çok azdır. Ancak bu sürekli artıyor. 2016 yılında işletilmekte olan irili ufaklı 1644 Güneş Enerji Santrallerinin toplam kurulu gücü 1,36 GW olup 2016 yılında 1 Milyar kWh kadar elektrik üretilmiştir. Buradan güneş enerjisi kurulu gücünün 2016 yılındaki ortalama kullanım oranı (ya da verimi) olarak oldukça düşük bir değer bulunur: % 8,4 .

(1 Milyar kWh /1,363x 8,760=0,084) .

Toplam kurulu güç 2015’de 249 MW iken 2017’de 2,9 GW’lık büyük bir atılımla, toplamda 3,4 GW’a ve 2018’de de 5 GW’a ulaşmıştır. Santrallerin bir çoğu lisanssız elektrik üretim sınırı olan 1 MW’ın (MegaWatt) altındadır. **Güneş enerjisinden üretilen elektrik enerjisi 2018’de 7,9 TWh değerine yükselmiştir.**

Şekil 6: Türkiye’de elektrik enerjisi kurulu gücün oransal dağılımı



Kayseri Melikgazi Güneş Enerjisi Santrali

Kayseri'nin Melikgazi ilçesinde 2015 yılından beri çalışan Güneş Enerjisi Santrali (GES) 50 MWe kurulu gücü ve yılda ürettiği ortalama 73 GigaWatt Saat ile yaklaşık 22.000 kişinin elektriğini karşılıyor (konut, sanayi, metro ulaşımı, resmi daire, çevre aydınlatması gibi. Güneş panelleri: Canadian Solar marka).

Bu tesisin ortalama verimi: %17 ($= 73.000 \text{ MWh} / 50 \text{ MW} \times 8760 \text{ h}$).

Konya Karatay Kızören Santrali (Güneş Parkı) 43 Hektar ya da 430.000 m^2 'lik bir alana kurulmuştur. Bu alan kabaca **656m x 656m** büyüklüğünde bir kareye karşılık gelir. Bu büyük alanda 18 MW'lık kurulu güçle yılda üretilebilecek elektriğin 30,73 MilyonkWh ($=30,73 \text{ GWh}$) kadar olacağı hesaplanıyor. Bu üretim miktarı gerçekleşirse, %19'luk oldukça yüksek bir verim elde edilecektir: $30,73 / 18 \times 24 \times 365 = \% 19$. Bu ise yukarıda bulunan %8,4'lük ortalama verimin çok üstündedir.

Almanya'daki %11,4 lik düşük verime karşın, Türkiye'de %19'a varan verimin epey yüksek olması, diğer etkenlerle birlikte, temelde Türkiye'de güneşli günlerin daha çok olmasındandır.

Konya Karapınar'da 1000 MW'lık bir fotovoltaik santral projelendirildiği Enerji bakanlığınca açıklanmıştır . Bitirildiğinde Türkiye'nin en büyük güneş enerji santrali olacaktır.

11. GÜNEŞ PANELLERİNİ SUSUZ TEMİZLEME TEKNİKLERİ, GÜNEŞ TARLALARINDA UYGULANABİLİR Mİ?

Güneş panellerinin cam yüzeylerinde zamanla biriken tozun, güneş ışınlarını soğurması sonucu, panellerin elektrik üretim verimini düşürdüğü ve panellerin yılda bir kaç kez suyla yıkanarak temizlenmesi gerektiği biliniyor. Her bir panel için, her temizlemede 1-2 litre su gerekiyor. Bu, 200 MW'lık bir Güneş Tarlaları (GT)'daki 1 milyon kadar panel için 1-2 milyon litre ya da 1000-2000 ton su demek. Su ise, her yerde bulunmadığından GT işletenler sorun yaşıyorlar.



Bilim dünyasında bu soruna çözüm bulmak için panelleri otomatik olarak susuz temizleme yolları çeşitli yöntemlerle araştırılıyor. Bu konuda: elektrostatik, ultrasonik ve vibrasyon susuz temizleme yöntemleri bulunuyor. Bunlara Bilim ve Gelecek dergisinin Mayıs 2022 sayısındaki “Doğu’da 5000 MW’lık Güneş Santralleri Kuru-labilmesi İçin Neler Yapılmalı?” başlıklı yazımızda da değinmiştik. Tüm bu yeni teknikler, henüz laboratuvar araştırmaları aşamasında olup, çok büyük arazileri kaplayan GT’da uygulanıp uygulanamayacakları ve uygulamada ne gibi sorunlar çıkacağı da belirsiz. Özellikle elektrostatik teknikte kullanılan Alüminyum Çinko Oksit plakanın fiyatının, panel fiyatından daha fazla olacağı ve her panele uygulanan 10.000 Volt’luk yüksek voltajın, hem ek aletler gerektireceği, hem de ileride yaşam tehlikesi yaratabileceği düşünülerek, bunun henüz araştırılmadığı da ileri sürülüyor. Bizce tüm bunlardan daha da önemlisi, GT’da birkaç milyon sayıdaki panelde bu sistemin, panellerin işletim süresi olan 25 yıl boyunca, yaz, kış aşırı hava koşullarında bakımlı olarak nasıl hazır ya da işler durumda tutulabileceği ve gerektiğinde otomatik olarak çalıştırılabileceğidir*.

Örneğin 200 MW’lık bir kurulu güçteki GPT’na 200 Watt’lık 1 milyon adet panel gerekecektir. 1000 MW kurulu güçteki GT için ise Konya Karapınar güneş santrali örneğini alırsak, 285 Watt’lık panellerden 3,5 milyon adet gerekecek ve bunlar 20 km²’lik çok geniş bir alana (örneğin 3 km x 7 km kadar bir alan) yayılmış olacaklardır.

* Sorunun büyüklüğünü gözler önüne sermek için bir örnek verelim: 10 arabası olan bir şirket yıl boyunca bunların cam sileceklerinin çalışıp çalışmadığını kontrol etmek için bir sorun yaşamaz. Ancak 10 bin, 100 bin hatta 3 milyon adet arabası park yerinde bekleyen bir şirket, bunların sileceklerinin bile kontrolünde, bakım ve onarımında büyük sorunlar yaşar ve tek tek kontrolleri yapamaz. Kaldı ki cam sileceklerinin ve diğer parçaların bir çoğunun, yazları aşırı sıcak güneşli günlerde ya da kışları çok soğuk hava koşullarında bozulabilecekleri ve bunların birkaç yıl sonra onarılması gerekeceği de beklenir. Hele GT’daki bir kaç milyon panelle ilgili denetim, bakım ve onarım işleri 25 yıl sürecek ve sistem ara ara otomatik olarak tozdan arındırmak amacıyla kullanılacaksa!

25 yıl boyunca yılda birkaç kez kullanılacak bu sistemdeki birkaç milyon panel yüzeylerine ve altlarına eklenecek elektrodlar / panel tarama kolları, motorlar, voltaj kaynakları ve diğer parçaları sorunsuz otomatik çalıştırabilmekle ilgili bakım ve onarım için ek iş gücü ve elektrik gerekecektir. Panellere eklenecek bu sistemin, panellerin maliyetini artıracak da açıktır.

Ayrıca zaman zaman onarım ve yenileme de düşünülürse, 25 yıl sürebilecek bu ek maliyeti ve işletme giderlerini, panelleri üretkenlerin de, güneş tarlasını işletenlerin de istemeyecekleri ve hatta “paneller tozlanırlarsa tozlansınlar, arada yıkarız, yıkayamazsak tozlu panellerle elektrik üretimindeki kaybımızı, tozdan arındırmakla ilgili tekniklere ödeyeceğimiz ek giderlerden tasarrufla karşılarız” şeklinde düşünen işletmeciler de olabilecektir.

Sonuç

Laboratuvarıda prototip olarak çalışan bir sistem, ancak geniş güneş panel tarlalarının durumu da göz önüne alınıp getirisi ve götürüsü hesaplanarak uygulanabiliyorsa işe yarayacaktır.

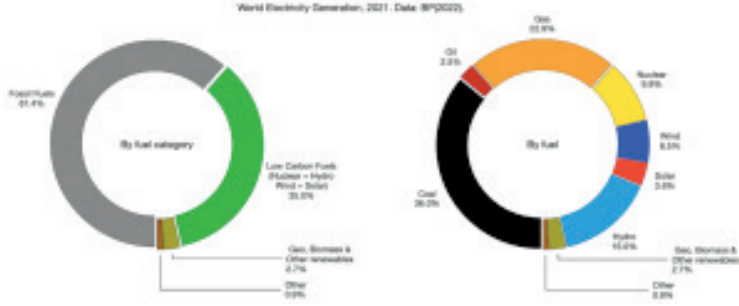
Yukarıda açıklanan nedenlerle, tüm susuz temizleme tekniklerinin birkaç milyon panelde 25 yıllık sürede, her yıl, birkaç kez otomatik işleyebilmesi çok sorunlu görünüyor. Umarız bu sorunlar ileride aşılabılır, ama nasıl?

12. TÜRKİYE 2027'DE, GÜNEŞ VE RÜZGAR ENERJİLERİNDEN ELEKTRİK ÜRETİMİNDE DÜNYADA BAŞI ÇEKEN 10 ÜLKE ARASINA GİREBİLİR Mİ?



Enerji kaynaklarına göre, dünya, Almanya ve Türkiye elektrik üretiminde gelişmeler

Dünyada 2021'de güneş enerjisinden elektrik üretimi % 23 büyürken, rüzgarda büyüme % 14 oldu. Ancak kömür enerjisinden elektrik üretimi de % 9 büyüdü. 2021 yılında Dünya toplam elektrik üretimi 27 000 TeraWattSaat (TWh) oldu. Bunda yine fosil yakıtlar % 61 oranla başı çektiler. Düşük karbonlu yakıtlar ise % 35'te kaldılar (Şekil 1) /1/.



Şekil 1: Enerji kaynaklarının, 2021 yılında Dünya Elektrik Üretimindeki payları (%)

1.Çin 8,537	6.Brezilya 680	11.Suudi Arabistan 403
2.ABD 4,381	7.Kanada 633	12.İran 363
3.Hindistan 1,669	8.Güney Kore 595	
4.Rusya 1,157	9.Almanya 584	-----
5.Japonya 1,030	10.Fransa 535	Türkiye 330

Çizelge 1: Elektrik üretiminde başı çeken ülkeler (TWh) /3/

Netzeinspeisung	2021 (in Mrd. kWh)	Anteile (in %)	2020 (in Mrd. kWh)	Anteile (in %)	Änderung (in %)
Kohle	156,4	30,2	125,2	24,8	+24,9
Windkraft	111,5	21,5	128,7	25,2	-13,3
Kernenergie	65,4	12,6	60,9	12,1	+7,4
Erdgas	65,2	12,6	69,1	13,7	-5,8
Photovoltaik	45,2	8,7	45,4	9,0	-0,5
Biogas	29,9	5,8	30,2	6,0	-1,1
Wasserkraft	18,5	3,6	19,0	3,8	+5,3

Çizelge 2: Enerji kaynaklarına göre Almanya'da 2021 ve 2020 yıllarında üretilen elektrik miktarları ve toplam üretilen elektrik miktarındaki payları (%) /4/

Türkiye’de durum

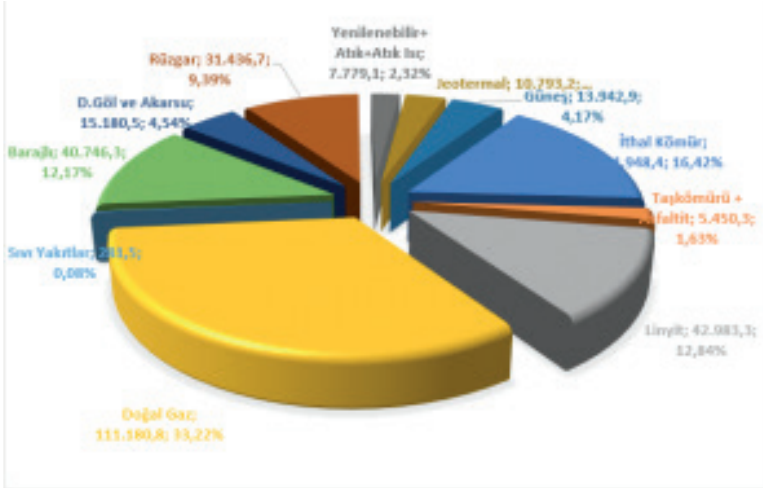
TEİAŞ	BİRİM: MW								
	Kömür	San Yakıtları	Doğal Gaz	Yenilenebilir +Atık+Rüzgar	Çuk Yakıtı	Hidrolik	JeoTermal	Rüzgar	Güneş
2011	12.550,5	1.500,4	15.143,9	125,7	6.838,8	17.157,1	114,2	1.718,7	-
%	23,72	2,46	24,84	0,24	12,87	32,38	0,22	3,27	-
2021	10.641,5	135,4	21.502,5	2.051,1	4.887,8	31.482,6	1.676,2	10.607,0	7.815,6
%	19,68	0,24	21,54	2,05	4,91	51,55	1,68	10,65	7,83

Çizelge 3: 2011 ve 2021 yıllarında enerji kaynaklarına göre, elektrik santrallerinin KURULU GÜÇ’leri (MW) ve toplam elektrik kurulu gücündeki (%) payları /5/

Not: MegaWatt (MW) olarak ‘**Kurulu Güç**’ bir elektrik santralinin kapasitesini ya da en fazla üretebileceği elektrik miktarının bir ölçüsüdür. Bu nedenle aynı MW güçteki farklı enerji kaynaklarından (santrallerinden) yıl sonunda farklı MegaWattSaat (MWh) elektrik üretilebiliyor. Örneğin 1000 MW kurulu güçteki bir kömür santrali, yıl sonunda ortalama % 60 kapasiteyle 600 MW net kurulu güç karşılığında elektrik üretirken, bir Güneş santrali ortalama % 20 kapasiteyle ancak 200 MW karşılığında net elektrik üretebiliyor. Bunun nedeni güneşin geceleri olmayışı ve bazı kapalı havalarda yeryüzüne daha az enerji aktarabilmesidir. Santrallerin bakım, onarım çalışmaları ya da başka nedenlerle durdurulması da, yıl boyunca, üretebilecekleri elektrik miktarını etkileyeceği açıktır. **Çizelge 3’deki toplam 99,819 MW kurulu güçten, 2021’de üretilen toplam elektrik 302.000 GWh (= 302 TeraWattSaat) olmuştur.**



Şekil 3 (TEİAŞ)



Şekil 4 (TEİAŞ) Grafik III. I- 2021 Yılı Türkiye Elektrik Enerjisi Üretiminin Kaynaklara Göre Dağılımı
Enerji kaynaklarına göre Dünyada, Almanya'da ve Türkiye'de 2021 yılında üretilen elektrik miktarlarının (TWh) karşılaştırılması (Çizelge 4)

ENERJİ KAYNAKLARI	DÜNYA (TWh) 2021 (Şekil 1)	ALMANYA (TWh) 2021 (Çizelge 2)	TÜRKİYE (TWh) 2021 (Şekil 4)	TR / Almanya Oranı 2021
GÜNEŞ	972 (% 3,6)	45 (% 9)	13 (% 4)	% 29
RÜZGAR	1 755 (% 6,5)	112 (% 23)	31 (% 9)	% 28
GÜNEŞ + RÜZGAR	2 727 (% 10)	157 (% 31)	44 (% 13)	% 28
BİYOKÜTLE VE JEOTERMAL	810 (% 3)	43 (% 9)	18 (% 5)	% 42
SU (HİDROLİK)	4 050 (% 15)	19 (% 4)	56 (% 17)	2,95
YENİLENEBİLİR (YE) TOPLAM	7 587 (% 28)	219 (% 46)	119 (% 36)	% 54
NÜKLEER	2 700 (% 10)	65 (% 13)		
FOSİL YAKITLAR:				
DOĞAL GAZ	6 210 (% 23)	65 (% 13)	109 (% 33)	1,67
TAŞ KÖMÜR		57 (% 11)	49 (% 15)	% 104
LİNYİT	10 395 (% 36)	99 (% 20)	55 (% 17)	
FOSİL YAKITLAR TOPLAM	16 605 (% 61)	221 (% 45)	213 (% 64)	% 96
TÜM YAKITLAR TOPLAM 2021	27 000	496	331	%67
Y.A. Aralık 2022				

Çizelge 4: 2021 yılında Dünya’da , Almanya’da ve Türkiye’de çeşitli enerji kaynaklarından üretilen elektrik TeraWattSaat (TWh) olarak: 1 TWh= 1 MilyarkiloWattSaat ile üretilen miktarların 2021’de üretilen toplam elektrik miktarına oranları (parantez içinde) gösteriliyor (Yukarıdaki çizelge ve şekillerdeki verilerden hesaplandı).

Çizelge 4’ de görüldüğü gibi, **Güneş ve Rüzgar** enerjilerinden üretilen elektriğin Almanya’da toplam miktara oranı % 31 iken, bu oran Türkiye’de sadece % 13. Öte yandan, Türkiye’de Güneş ve Rüzgar’dan üretilen elektrik miktarı, Almanya’dakinin sadece % 28’i kadar.

Uluslararası Enerji Ajansı (IEA)’nın 2027 yılı için Türkiye Öngörüsü gerçekte mi?

Medya’daki haberlere göre Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) Başkanı/6/: ‘Türkiye’nin, Yenilenebilir Enerji (YE) kapasitesinin (kurulu gücünün) gelecek 5 yıl içinde % 64 büyümesini öngördüklerini açıklıyor, Avrupanın 4., Dünya’nın da 10. en büyükleri arasına girebileceğini vurguluyor. Bu büyümenin % 75’inin ise Güneş ve Rüzgar enerjilerinden geleceğini de ekliyor. IEA böyle son 10 yılda

bile görülemeyen büyük bir artımı, hangi veri ya da varsayımlara göre yapmış, bilinmiyor. Bilinen ise Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın da, özel sektörün de bu kadar büyük bir artımı öngören planları olduğunu ve bütçe ayırıp işe koyulduklarını açıklayan herhangi bir haber, bildiri ya da yazının kendilerinin web sitelerinde de medyada da görülememiştir. Tek görülen ise Sayın Kılıçdaroğlu'nun Doğu'da yaptırmayı hedeflediği 5.000 MegaWatt'lık (5 GigaWatt'lık) güneş tarlaları santrali. Bu konuda, Güneş tarlalarının yerlerinin seçiminden, en uygun ve verimli şekilde yapılmalarına kadar ortaya çıkacak bir dizi güçlükleri ve şimdiden yapılması gerekenleri irdeleyerek öneriler içeren iki yazımız bulunuyor/7/. Ancak bu konuda hazırlığa başlanıldığıyla ilgili bir açıklama henüz yapılmış değil.

Türkiye 11.Kalkınma planında Elektrik Enerjisi Talebi'ni 2018'de 303 TWh iken, bunun 2023'de yaklaşık 376 TWh olacağı, Yenilenebilir enerjilerden elektrik üretiminin payının ise aynı sürede % 32,5'den %38,8'e yükseleceği öngörülmüyor /8/. Ancak burada büyük pay su (hidrolik) enerjisinden geliyor ve 11.Kalkınma planında Güneş ve Rüzgarın katkıları ayrıca gösterilmiyor.

Enerji Bakanlığı web sitesinde (Kasım 2022) şu açıklama yer alıyor: 2020-2040 dönemi için yapılan Türkiye Elektrik Enerjisi Talep Projeksiyonu Raporu çalışmasının sonuçlarına göre elektrik tüketiminin baz senaryoya göre, 2025 yılında 370 TWh, 2040 yılında ise 591 TWh seviyesine ulaşması beklenmektedir /8/.

Türkiye'de 2021 yılında YE santrallerinin toplam kurulu gücü 53.642 MW (= 54 GW) olmuştur. Bu kurulu güç, IEA öngörüsüne göre 2027'de gerçekten % 64 büyüyecek olursa, yaklaşık olarak 88 GW ve bunun da %75'i öngörüldüğü gibi eğer Güneş+Rüzgar'dan (G+R) sağlanırsa, 2027'de G+R toplamda 66 GW olacaktır (Bkz Çizelge 5). Bu olası mıdır? Geçen son 10 yılda (2011-2021)

G+R kurulu gücü ancak 18,42 GW değerine ulaşabilmiştir. Bu ise 2021 yılındaki **‘toplam elektrik kurulu gücü’nün** % 18’i kadardır.

KURULU GÜÇ (Çizelge 3)	2011 GW	2021 GW	2027 IEA kestirimi(GW)	2027 TOPLAM GÜNEŞ+RÜZGAR EN FAZLA
Yenilenebilir Enerjiler Topl.	19.1 (%36)	53.6 (%54)	53.6 x1.64= 88	
Sadece Güneş+Rüzgar (G+R)	1.7 (% 3)	18.4 GW (%18)	66 (=88 x 0.75)	30 GW
			Gerçekçi değil!	olabilir.

Çizelge 5: 2011 ve 2021 yıllarında yenilenebilir enerji santrallerinin toplam kurulu güçleri ve o yıllardaki toplam kurulu güçlere oranları/ payları (%) / Çizelge 3’deki verilere göre/

2021 yılındaki ‘Güneş+Rüzgar’ Kurulu gücü olan kabaca 18 GW’lık kapasiteyi 6 yıl sonra 2027’de 66 GW yükseltebilmek için her yıl ortalama $(66-18)/6 = 8$ GW elektrik santralleri kurmak gerekir ki bu miktarda bir artım (= 8.000 MW/yıl) için Türkiye’de bir planlama ve bütçe ayrılmasına rastlanmadığından IEA öngörüsü gerçekçi değildir.

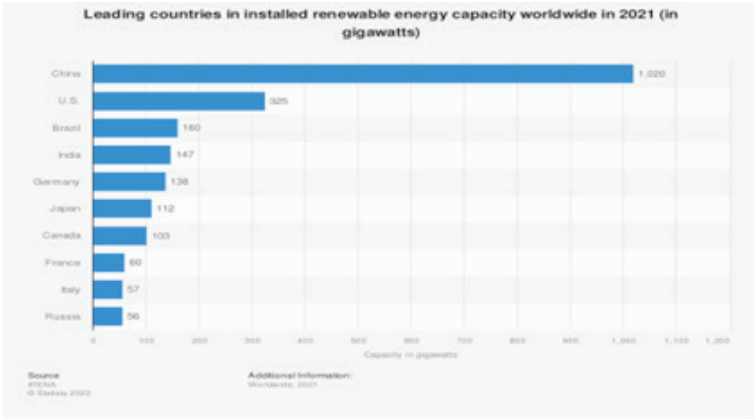
Biz 10 yıllık 18,4 GW artımın her yıl ortalama 1,84 GW olduğundan hareketle, yılda en fazla 2 GW(= 2.000 MW) artım sağlanabileceğini ve böylelikle G+R kurulu gücünün 2027 yılında ancak 12 GW artabileceğini ve G+R toplam kurulu gücünün, 66 GW değil, kabaca $18+12 = 30$ GW kadar olabileceğini çok daha gerçekçi buluyoruz (Çizelge 5).

Ayrıca Türkiye’de 2021 yılında G+R: 18,4 GW kurulu gücünden üretilen elektrik miktarının 2021 yılında üretilen toplam elektrige oranının sadece % 13 olduğu gözönüne alınırsa, bunun Avrupa ve Dünya sıralamasında, IEA’nın öngördüğünün aksine, başlardaki 10 ülke içinde değil, çok daha altlarda yer alabileceği de Çizelge 6’da görülüyor.

Baştaki Ülkeler	Güneş + Rüzgar (%)
1.Danimarka	% 51.9
2.Uruguay	% 46.7
3.Luksemburg	% 43.4
4.Litaun	% 36.9
5.İspanya	% 32.9

6. İrlanda	% 32.9
7. Portekiz	% 31.5
8. Almanya	% 28.8
9. Yunanistan	% 28.7
10. İngiltere	% 25.2
Türkiye	% 13

Çizelge 6: Dünya'da güneş ve rüzgar enerjilerinden üretilen toplam elektrik miktarı sıralamasında en başta gelen ülkelerin, kendi elektrik üretimlerindeki payları (%) gösteriliyor/9/.



Şekil 5: Yenilenebilir enerjilerde Dünya'da başı çeken 10 ülke, 2021 yılında ulaştıkları kurulu güçlerine göre GW (GigaWatt) olarak gösteriliyor /9/

Sonuç

Sadece Güneş ve rüzgar enerjilerinin toplam kurulu güçlerinden elde edilen elektrik üretiminde değil, toplam Yenilenebilir Enerjilerin kurulu güçlerinde de Dünya'da epey altlardayız (Bkz Şekil 5). Her ne kadar 53,4 GW ile Rusya'nın biraz altında 11.sırada gözükiyorsak da, Türkiye'de YE'lerin içinde Güneş ve rüzgarın toplam

katkısı sadece 18,4 GW'dir. Bu ise, hidrolik enerjinin 32 GW'lık katkısının yarısı kadardır. Öte yandan tüm ülkelerin YE kapasitelerini 2027 yılına kadar daha da artıracakları, özellikle Ukrayna / Rusya savaşının etkisiyle oluşan enerji darboğazında bugünden bile görüldüğünden, başka ülkelerin de sıralamada aralarda yer alıp, Türkiye'nin kurulu gücünün daha da altlara düşeceği ve ne yazık ki, ilk 10 ülke arasına giremeyeceği açıktır /7-9/.

Bu nedenlerle, Türkiye, Güneş ve rüzgar enerjilerinden elektrik üretmeye ağırlık vermelidir. Ancak her yıl hurdaya çıkacak, içlerinde zehirli maddeler bulunan güneş panellerinin, ayrıca rüzgar pervane ve diğer tüm aletlerin geri dönüşümleri için hazırlıklar yapılmalı, bunlar çöplüklere atılmamalı ve eko sistem daha da bozulmamalıdır. Bilim ve Gelecek 5 Ocak 2022

13. Güneş ve Rüzgar'dan Elektrik Sınırsız ve Sorunsuz mu?

GERÇEKLER NELER?

Tüm Ülkeler, 'Temiz ve Bedava Enerjiler' olarak bilinen Güneş ve Rüzgar Enerjileri'nden çok daha fazla yararlanılarak, hem iklimin korunacağı, hem de enerji sorunlarının çözüleceği inanç, coşku ve hatta sarhoşluğunda! Bu olası mı?

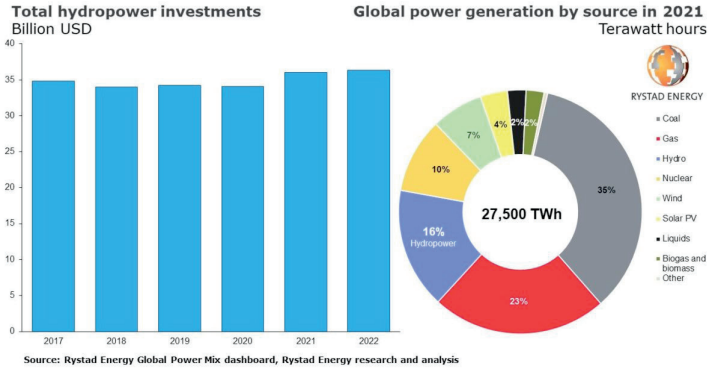
Giriş

Tüm Dünya Güneş ve Rüzgar Enerjilerinden elektrik üretimini artırma çabasında. Bu durum özellikle son yıllarda fosil yakıtlı (kömür, petrol ve gaz) santrallerden salınan CO₂'in iklimi bozması ve Rusya'nın Ukrayna'ya Şubat 2022 'de saldırmasıyla Avrupa'ya gelen doğal gazın kesilmesi sonucu, hız kazandı. Dünya'da bugün Güneş ve Rüzgar'dan elektrik üretimini artırmayı planlamayan ülke yok gibi. Güneş enerjisinin olumlu ve olumsuz yanlarını son 5 yıldır yayınlanan bir dizi yazımızda ele aldık /1,2/. Bu yeni yazımızda, önceki yazılarımızdan bazı bölümleri güncelleyerek güneş ve rüzgar enerjileriyle elektrik üretiminin sınırlarını ve sorunlarını anlaşılır bir şekilde açıklamaya çalışacağız. Önce Dünya'nın bugün ve gelecekteki elektrik gereksinimini gözden geçirerek sorunların nerelerde ve neler olduğunu açıklayalım.

Dünya bugün ne kadar elektrik üretiyor, gelecekte bu ne kadar artacak?

2021 yılında Dünya 27.500 TWh (*) elektrik üretti (Şekil 1) . Dünya’da 2021’de güneş enerjisinden elektrik üretimi % 23 büyürken, rüzgar enerjisinde büyüme % 14 kadar oldu. Güneş ve rüzgar’dan birlikte elektrik üretimi, dünya toplam elektrik üretiminin %10,3 kadarı oldu. Ancak kömür enerjisinden elektrik üretimi de % 9 büyüdü. Yani fosil yakıtların katkısı azalacak yerde, daha da arttı. Toplam elektrik üretiminde, fosil yakıtlar % 61 oranla yine baştayılar. Düşük karbonlu yakıtlar ise % 35’te kaldılar. 2040 yılında Dünya elektrik gereksiniminin günümüze göre % 30 kadar artacağı ve 35 TWh’i geçeceği kestiriliyor /3-7/.

Şekil 1: 2021 yılında enerji kaynaklarına göre Dünya Elektrik üretimine katkılar sağda: %35 Kömür, % 24 Doğalgaz, % 16 Hidrolik, % 10 Nükleer, % 7 Rüzgar, % 4 Güneş, % 2 Petrol, %2 diğerleri Solda: toplam hidroelektrik yatırım miktarları (milyar USD olarak)

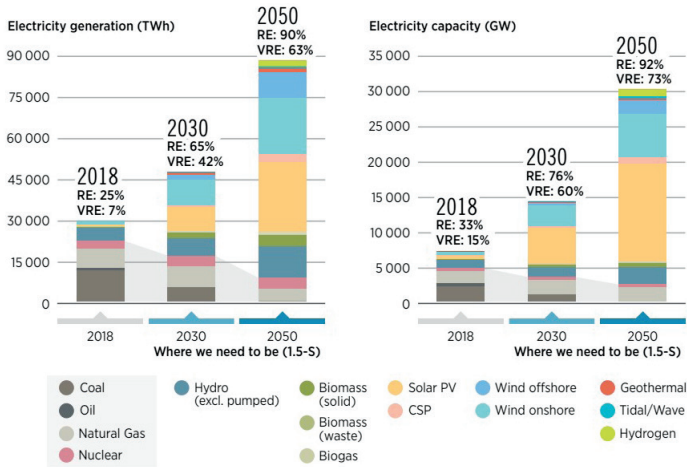


2030-2050 yıllarında Dünya elektrik üretimine, çeşitli yakıtların (enerji kaynaklarının) katkıları ne kadar olabilir?

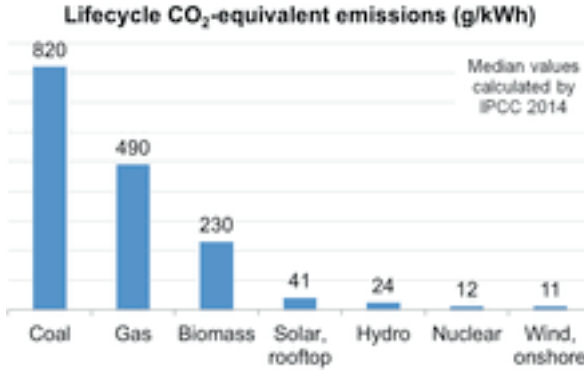
İklimin korunabilmesi amacıyla, Dünya ortalama sıcaklığının en fazla 1,5 C derece artımını aşmamak için enerji kaynaklarının katkıları ne kadar olmalı? senaryosuna göre hesaplanan katkılar Şekil 2 de gösteriliyor. Gerçekten bu sıcaklık artımı aşılmayacaksa Ye-

nilenebilir Enerjilerin (Burada:RE) elektrik üretimine katkısı 2030 yılında % 65 ve 2050 yılında ise % 90 olmalı. Ancak Dünya'nın bugünkü gidişine göre bu değerlere ulaşabilmek hiç gerçekçi görünmüyor. Fosil yakıtlarda ileride bir miktar azalım olsa da, nüfus artımı, konforlu yaşamın ve savurganlığın da artması nedenleriyle Dünya'nın enerji gereksiniminin de çok artacağını hesaplamak doğru olur. Çeşitli senaryolara göre, fosil yakıtların katkıları, toplam elektrik üretiminin % 20 - % 40 arasında olması bekleniyor /3-7/. Örneğin, Mc Kinsey araştırmasına göre fosil yakıtların 2050'deki katkısının 2016'daki % 66'dan, % 38'e inmesi öngörülüyor ama bu da, iklimin bozulmasını engelleyemeye önemli bir katkı sağlayamıyor /8/.

Şekil 2: Dünya ortalama sıcaklığının 1,5 C derecenin aşılması senaryosuna göre, ileride Dünya elektrik üretimine katkıda bulunacak enerji kaynakları miktarları (TWh) ve oranları



Şekil 3: Enerji kaynaklarına göre elektrik santrallerinden kWh başına gram olarak salınan CO₂



Güneş ve Rüzgar Elektriği Tertemiz ve bedava mı? Sorunlu, verimsiz ve kirli yanlarının da gözönüne alınması, gerçeklerin bilinmesi doğru olur

Güneş ve rüzgar enerjilerinden elektrik üretirken havaya çok az CO₂ salınıyor olması nedeniyle bunların temiz enerjiler olduğu ve Doğa'nın sunduğu bu enerjilerin ayrıca yenilenebilir enerjiler (YE) olduğu da biliniyor. Şekil 3'de Güneş, Nükleer ve Rüzgar santrallerinden salınan CO₂ miktarlarının çok az olduğu görülüyor. Ancak bu gerçekler madalyonun parlak yüzünü gösterirken, bir de pek görülmeyen arka yüzündeki gerçeklerin de bilinmesi, durumun gerçekçi olarak değerlendirilmesini sağlayacaktır.

Bunlar neler:

1. Güneş ışınlarının ve rüzgarın enerjileri kuşkusuz bedava. Ancak bunları elektriğe dönüştürürken kurulan düzenekler, tesisler, alet ve sistemler büyük yatırım gerektiriyor ve diğer enerji santrallerine göre, yıl boyunca ürettikleri elektrik miktarları göz önüne alındığında, epey pahalı. Bunlar, aşağıdaki açıklamalar da görülecektir.

2. Güneş Enerji Santralleri'nde (GES) arazi fiyatı dışında, hafriyat, arazinin temizlenmesi, panellerin satın alınması, taşınması, yerlerine sabitlenmesi ve diğer tüm gerekli malzemeler ve işçilik gibi giderlerle birlikte toplam kurulum gideri, 1 MW başına, 1,2 milyon USD kadar hesaplanıyor. Buradan, örneğin 1.000 MW bir Güneş santrali kurmanın gideri, en az 1,2 milyar USD kadardır.

3. Güneş çiftliklerindeki milyonlarca panelin, rüzgar türbinlerindeki binlerce kule ve pervanelerin ömrü ortalama 25 yıl kadar kısa. Hatta bunların % 3 kadarı, çok önceden bozulup hurdaya çıktıkları da göz önüne alınmalı. Diğer enerji kaynaklı santraller ise aynı inşaat malzemesiyle 50-60 yıl çalışabiliyorlar.

4. Rüzgar ve Güneş'ten her an enerji üretilmiyor (Güneş ışınları geceleri yok, gündüzleri de her an aynı şiddetde değil, rüzgar da bazen çok, bazen az ya da yok). Bu nedenle yıl boyu verimleri (kapasite katsayıları) çok düşük. Güneş enerjisiyle elektrik üretiminde yıl boyunca üretimdeki verim ortalama % 10-20 (Türkiye'de ortalama % 18, Almanya'da %11), rüzgarda % 20-30 kadar. Halbuki kömür ve nükleer santrallerde sırasıyla % 60 ve % 90 kadar yüksek. Bu önemli fark gözardı edilerek, aynı kurulu güçte, ama farklı yakıtlı iki santral, sanki net aynı miktarda elektrik üretmiş gibi sunuluyor. Bu yanlış düzeltilmeli. Örneğin 1000 MW'lık bir Güneş santrali Türkiye'de yıl boyunca net 180 MW'lık bir santral gibi elektrik üretirken, 1000 MW'lık bir nükleer santral yıl boyunca 900 MW'lık bir santral olarak net elektrik üretebiliyor.

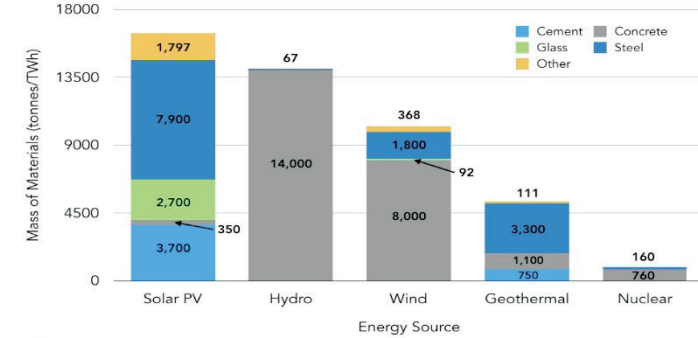
5. YE'lerde kullanılan malzeme miktarı, üretilen elektrik enerjisi başına (TWh) diğer santrallere göre çok daha fazla (Şekil 4):yaklaşık olarak Güneş: 15 000 ton, Rüzgar 10 000 ton, Nükleer 160 ton (Bu karşılaştırma, gerçek durumun bilinmesi içindir, nükle-

eri öne çıkarmak için değildir). Ayrıca, diğer santrallere oranla, ek malzemelerin fabrikalarda üretimi ve tonlarca malzemenin yerlerine taşınması için de hem enerji gerekiyor, hem de havaya CO₂ salınıyor. Bu önemli farklılık da gözardı edilmemeli. Aşırı malzeme kullanımı ve üretiminde ayrıca, bunların içlerindeki değerli metallerin (kurşun, kadmiyum ve antimon gibi) aşırı miktarda kullanıldığı da gözönüne alınmalı. Tüm bu nedenlerle, Güneş ve rüzgar santrallerinin yapımı, kurulumu için kullanılan enerjiyi, bunların çalışırken geri alabilmeleri ancak 3-5 yılda olabiliyor (Santral 3-5 yıl kendine çalışmış gibi oluyor).

6. Güneş enerjisini elektriğe çeviren panellerde kurşun, kadmiyum ve antimon gibi doğa ve insan için zararlı olabilen, çeşitli ağır metaller kullanıldığına yukarıda değinmiştik. Örneğin. paneller güneş çiftliklerinde bozulduklarında ya da 20-25 yıl sonra hurdaya çıktıklarında ve büyük oranda açık çöplüklere atıldığında, bu maddelerin doğa, iklim ve insana zararlı olacaklarını da gözardı edilmemeli bunlar önce kapalı depolarda saklanmalı, sonra da geri dönüşüm yerlerinde içlerindeki değerli ama zararlı maddeler geri kazanılmalıdır. Ancak çöpe atmak bedava olduğundan, bunların geri dönüşümlerinin özellikle az gelişmiş ülkelerde ve Türkiye’de büyük oranda yapılacağı ise beklenmemeli. Güneş enerjisinin son 20-30 yıldır Türkiye’de de kullanıldığı düşünülürse, bugün çöplüklerde binlerce panelin bulunduğu kestirilebilir ama bu konuya üretenlerin de politikacıların da değindikleri görülüyor, sadece GES’ler ‘Tertemiz’ deniyor!!

Şekil 4: Çeşitli enerji kaynaklarına göre santrallerde üretilen elektrik enerjisi TWh başına ton olarak gerekli malzeme miktarları

Materials throughput by type of energy source



"Quadrennial Technology Review: An Assessment of Energy Technologies and Research Opportunities," Table 10, September 2015. United States Department of Energy. Nuclear and hydro require 10 tonnes/TWh and 1 tonne/TWh of other materials, respectively, but are unable to be labeled on the graph.

- Gündüzleri özellikle öğlen saatlerinde üretilen, ancak kullanılmayan fazla elektrik büyük (lityumlu) bataryalarda depolanıp, sonra kullanılabilir. Örneğin ABD ve Avustralya'da Güneş tarlalarının yanına 'Batarya tarlaları' yapılıyor ve böylelikle depolanan fazla elektrikle geceleri, birkaç saat de olsa, yakınlardaki yerleşim yerleri aydınlatılıyor. Ancak batarya tarlaları, ek büyük bir yatırım gerektiriyor ve her yere uygun olmadığı için de yapılmıyor. Bkz. Şekil 5

Şekil 5: Önde batarya, arkada Güneş tarlaları



8. Güneş ve rüzgar enerjileriyle elektrik üretimi sınırsız değil. Güneş santrallerinin ‘tarlalar’ şeklinde kurulması, hem her yerde uygun olmuyor hem de milyonlarca panelin kurulacağı çok büyük alanlar gereği, tarım arazileri gitgide daralıyor. İleride Güneş enerjisinden elektrik üretimi bir çok ülkede iki, üç katına çıkarılacağından tarım arazilerinin iyice daralacağı beklenir. Ayrıca tarım arazileri, zaten biyoyakıtların işgal ettiği alanlar nedeniyle (örneğin mısır tarlaları) daraltılıyor. Bu ve başka nedenlerle güneş ve rüzgar enerjileri istenildiği kadar fazla artırılmıyor. Ayrıca bunların kurulacağı yerlerin uygunluğunun, çevrede yaşayanlardan izin alınması ve çok çeşitli yönetmeliklerin yerine getirilip onaylanması gereği örneğin Almanya’da 3 ile 7 yıl sürdüğünden her şirket bu işe girişmek istemiyor.

9. Tarım arazilerinin daraltılmaması ve elektrik enerjisinin son kullanıldığı yerde üretilmesi amacıyla Almanya’da olduğu gibi güneş panellerinin güneş çiftlikleri yerine, daha çok binaların çatılarına kurulması yararlıdır (Almanya’da GES enerjisinde bu oran % 70).

Sonuç: Ana sorun ise biziz!

Sonuç olarak güneş ve rüzgar enerjilerinin, tüm yenilenebilir enerjilerle birlikte, ileride çok artırılması, iklimin korunması ve enerji açığının kapatılması sorunlarını çözebileceği, yukarıdaki grafikler, veriler ve sonuçları gözönüne alındığında, beklenmemeli. Güneş ve rüzgar enerjileriyle elektrik üretiminin tertemiz olmadığı, örneğin güneş panellerinin içlerindeki zararlı maddelerle birlikte doğayı ve insanı etkilememesi için önlemler alınmalı, bunlar açık çöplükler yerine, kapalı depolarda saklanmalı ve geri dönüşümleri planlanmalı ve uygulanmalıdır. Güneş ve rüzgar santrallerinde ortaya çıkan atık dağlarının ve bunların içlerindeki zararlı maddelerin çok yakında Dünya'nın başına büyük sorun olacağı bugün anlaşılmış değil. Bu çok önemli konuyu ayrıntılarıyla ayrı bir yazımızda ele alacağız.

Ana sorun ise, gitgide artan nüfus, konforlu yaşam ve savurganlık sonucu daha fazla elektriğe gerek duymamızdır ama bunlara, bizi etkilediğinden, 'Tabu' gibi değinilmiyor. Dünya nüfusu bugün 7,8 milyar, 2050'de 10 milyara yaklaşacak. Buna paralel olarak konfor ve savurganlık da artınca daha fazla elektrik gerekecek. Her şeyin üretim ve kullanımının birkaç yerine elektriğin gidiğini de biliyoruz. Bunun sonucu daha fazla enerji gereği, daha çok elektrik santrali demek. - Hangi cins santral kuralım diye tartışılıyor ama ana sorunu çözmeye hiç kafa yorulmuyor! Eve giren 3 torba yiyecekten ortalama olarak, 1 torbanın çöpe gittiği de biliniyor. Türkiye de savurganlıkta başı çeken ülkeler arasında.

Kullandığımız fazla suyun ya da açık bıraktığımız musluktan akan suyun evlerimize pompayla basılarak geldiğini, akan suyun kaybının yanı sıra, elektriğin de kaybını ise düşünen var mı acaba?

Bu çeşit önlem ve planlamalar ilgili devlet kurumları ve politikacılarca yapılmalı ama bu konuda kayda değer hiç bir hareket

yok. Örneğin nüfus planlaması, ailede, okullarda enerji tasarrufu öğretilmesi, sık sık araç gereçlerimizi, giysi ve telefonlarımızı değiştirmek yerine, bunları daha uzun kullanmamız gibi daha bir çok örnek sayılabilir. Ancak görünen, ne yazık ki, o ki insanlar bugünkü yaşam tarzını değiştiremeyecekler ve enerji gereksinimi, artan nüfusla birlikte gitgide artacak. Hükümetler de enerji açığı olmaması için palyatif önlemlerle sorunu çözmeyi bugünkü gibi yeğleyecekler. Örneğin Alman hükümeti, 2022’de Rusya’dan doğalgaz almayınca, daha önce kapatmayı planladığı kömür santrallerinin işletilmesine çaresiz kalarak izin verdi ve iklimin korunması önlemleri böylelikle gözardı edilmiş oldu!

(*) TWh (TeraWattSaat): 10^{12} WattSaat (12 sıfırlı)

14. GÜNEŞ VE RÜZGAR SANTRALLERİNİN PEK BİLİNMEYEN SEVİMSİZ YÜZÜ:

ORTAYA ÇIKMAKTA OLAN MİLYONLARCA HURDALARLA NASIL BAŞ EDİLECEK?

Tüm ülkeler, güneş ve rüzgardan elektrik üretimini artırma çabasında. Ancak güneş ve rüzgar santralleri sadece 25 yıl verimli çalışabiliyorlar. Daha sonra ve hatta bozulmalar sonucu daha önce, bunlar kullanılmaz duruma gelip hurdaya çıktıklarında, milyonlarca panelin ve binlerce rüzgar santrallerindeki kule ve rotor kanatlarının, eğer geri dönüşümleri yapılmazsa, çöplüklerde dağlar oluşturacağını ise pek kimse bilmiyor! Hurdalar çöplüklere, bedava olduğundan, atıldıklarında ise, içlerindeki zehirli maddelerin doğaya, iklime ve insana zararlı olacağı da hesaplanmalı, ona göre önlemler şimdiden alınmalı. Türkiye’de şimdi bile her gün ortaya çıktığı kestirilen yüzlerce hurda panelin çöplüklere atıldıkları, değil yetkili kurumlarda, şirketlerde ve üniversitelerde; medyada, hatta çevreci olduklarını açıklayan Sivil Toplum Kuruluşlarında (STK’da) bile, kimsenin aklına gelmiyor ki hiçbir yerden yükselen bir ses duyulmuyor! Türkiye’de, hurdalarla ilgili, ne bir plan, ne de bir yönetmelik ve yaptırım var! Kapalı depolar ve geri dönüşüm tesisleri ise zaten yok. Önlem alınmakta geç bile kalındı!

Giriş

Güneş ve rüzgar santrallerinden elektrik üretilirken havaya CO₂ salınmadığı ve iklim etkilenmediği için de bunlara temiz ya da yeşil enerjiler denildiğini biliyoruz. Ancak bu santraller kurulmadan önce bunların malzemeleri üretilirken ve 25 yıllık kullanım sürelerinin sonunda da hurdaların geri dönüşümleri yapıldığında, endüstrinin kullandığı fosil yakıtlar sonucu havaya hiç de azımsanmayacak miktarlarda CO₂ salındığını ise pek bilmiyoruz. Denebilir ki diğer santrallerde de durum böyle değil mi? Fosil yakıtlı santrallerle ve nükleer santrallerle karşılaştırılırsa, güneş ve rüzgar santralleri, ilerde aynı miktarda elektriği üretebilmek için aşırı derecede fazla malzeme kullanıyorlar. Örneğin bir güneş santrali, nükleerden 100 kat daha fazla malzemeyle kurulabiliyor /1,2/. Bunu ise bilen pek kimse yok!

Örneğin Türkiye'nin en büyük Konya Karapınar Güneş Enerji Santralinde (GES) 3,3 milyon panel var. Bu kadar çok panelin hem üretiminde, hem de 25 yıl sonra paneller kullanılmaz duruma gelip hurdaya çıktıklarında, eğer geri dönüşümleri yapılabilirlerse, yine endüstrinin fazla miktarda fosil kaynaklı enerjiler kullanacağı ve havaya diğer santrallere oranla çok daha fazla CO₂ salınacağı hesaplanmalı.

Bu yazının amacı, güneş ve rüzgar santrallerinin hem bu açıklanmayan ya da bilinmeyen yanlarının gözlemlere dayanan verilerle, değerlerle hesaplanarak gözönüne alınması, hem de ilerde ortaya çıkacak ve hatta azar azar her yıl ortaya çıkmakta olan yüzbinlerce hurda panelin içlerindeki zararlı maddelerle çöplüklere atılıp doğayı, iklimi bozmamalarına, zehirli maddelerle insana zarar vermeme-lerine ve hurdaların geri dönüşümlerinin sağlanmasının önemine işaret etmektir, bu santrallerin yapılmamasını önermek değil!

2018 yılından beri güneş ve rüzgar santrallerinin olumlu ve

olumsuz yanlarını incelediğimiz bir dizi yazımıza eklediğimiz bu yeni yazımızda, hem önceki yazılarımızdaki konuları güncelliyoruz, hem de güneş ve rüzgar santralleri hurdalarının bugünkü ve ilerideki (2050 yılındaki) sayılarını hesaplayıp, bunların önümüzdeki her yıl bölüm bölüm hurdaya çıktıklarında ne yapılacaklarını sorguluyoruz.

Fotovoltaik yöntemle elektrik üretimiyle ilgili teknolojiadaki gelişmeler sonucunda, güneş panelleri gitgide daha geniş alanlara yayılıyor Dünya’da 2018’de 3700 km² yer kapladığı kestiriliyor. Ayrıca evlerin çatılarında, özellikle Almanya’da, güneş panelleri gitgide artıyor. Almanya’da güneş enerjisiyle elektriğin % 70’i çatılardaki panellerden sağlanıyor.

Güneş santralleri Türkiye’de de yeni değil, başlangıçta az da olsa yaklaşık 25 yıldır var. Her yıl Türkiye’de 1 milyon kadar panelin işlevlerini tamamlayıp ya da bozulmalar sonucu hurdaya çıkmakta oldukları ve azar azar çöplüklere atıldığı kestirilebilir.

Artan güneş ve rüzgar santrallerinin sayıca 2050 yılına kadar bugünkünün 4-5 katı olacağı bekleniyor. Güneş ve rüzgar santrallerindeki bu artım, bunların çalışırken CO₂ salımları nedeniyle ilk bakışta çok olumlu görülüyor ve konuya yabancı herkes bunların hatta iyice artırılarak tüm gerekli elektriğin bunlardan sağlanmasını diliyor. Ancak santral sayısı arttıkça bunların yakın gelecekte içindeki zehirli maddelerle birlikte hurdalarının da milyonlarca kat artacağını ve bunların ne yapılacağını ilgililer ve yetkililer de dahil pek kimse ya söylemiyor, ya da bilmiyor belki de gözardı ediyor, önemsemiyor. Genelde yöneticiler günlük sorunlara çözüm bulurlar, ileriye dönük sorunlarla pek uğraşmazlar, onları ileriki yönetimlere bırakırlar dersek sanırız pek yanlış olmaz. Hele çok fazla yatırım gerektiren hurda paneller ve hurda rüzgar santralleri olunca!

Güneş ve rüzgar santralleri, son yıllarda kurulmuş değil, en azın-

dan 30 yıldır Dünya’da ve Türkiye’de çalışıyorlar. Diğer bir yazımızda ayrıntıları bulunan hesaplarımıza göre bugün Dünya’da yaklaşık olarak 3,6 milyar panel var. Bu miktarın % 3’nün her yıl ömürlerini doldurma ya da bozulmalar sonucu hurdaya çıkacağı hesaplandığında, dünyada 100 milyon kadar hurda panelin ya da herbiri 20 kg’dan 2 milyon ton hurdanın çoğunun geri dönüşümlerinin yapılamayacağı da kestirilebilir. Çünkü özellikle az gelişmiş ülkelerde ve Türkiye’de bunları çöpe atmak bedava, geri dönüşümleri ise epey paralı. Bunlar, içlerindeki zararlı ve zehirli maddelerle birlikte çöplüklerde hurda panel dağları oluşturacakları da beklenmeli (Bkz. Şekil 1). Türkiye’de ise bugün (2023) 31 milyon kadar güneş paneli olduğunu hesaplıyoruz. Bunların da her yıl % 3’nün ya da 1 milyona yakın panelin hurdaya çıkması beklenir. Bu amaçlı depoların, hangarların ve geri dönüşüm tesislerinin zaten adları geçmiyor! Milyonlarca güneş paneli ve binlerce rüzgar santrali hurdaları, Dünya’da yakın geleceğin çok büyük sorunu olacak, çöplükler bunlarla dolacak.

Şekil 1a,b. *Dolu, kuvvetli yağmur, fırtına, kızgın güneş gibi kötü hava koşullarına dayanamayan güneş tarlası panelleri örneği ve açık bir çöplüğe atılan hurda paneller*



Rüzgar türbinleri atık olduklarında..

Ortalama 25 yılda ömrünü tamamlamış bir rüzgar türbininin, 50 m uzunluktaki rotor kanatları ve kulesi, geri dönüşümle tekrar geri kazanılabiliyor, ancak çöpe atmak bedava olduğundan, bunların çoğunun çöplükleri dolduracağı hesaplanmalı. Sadece rüzgar türbinlerinden Dünya’da ortaya çıkacak atıkların 2050 yılında toplam olarak 43 milyon ton (36 tonluk 1,2 milyon adet kamyon yükü olarak düşünülebilir) olacağı kestiriliyor /Univ.Cambridge Araştırma sonucu/. Gözümüzde canlandırabilmek için: Bu kamyonlardan 100 m aralıklarla bir konvoy oluşturulacak olursa, konvoyun uzunluğu, dünyanın çevresini 3 kez dolaşabilir.

Başka bir araştırmaya göre ABD’de 2050 yılında 235 000 adet rüzgar türbini pervanesinin hurdaya çıkacağı hesaplanıyor. Bu 2,2 milyon ton tutan büyük miktar ise 61 000 adet traktörün çekicisini dolduracak bir yük kadardır.

Çin kaynaklı ucuz güneş panelleri çok yaygın

Dünyadaki güneş panellerinin yaklaşık üçte ikisi Çin kaynaklı. Nedeni, Çin’de hem iş gücü ücretlerinin düşük olması, hem de Çin hükümetinin üretimi desteklemesi sonucu panellerin dünya pazarlarına düşük fiyatla sunulması. ABD Illinois eyaletindeki Northwestern Üniversitesi’nde Argon Milli Laboratuvarıyla birlikte yapılan bir bilimsel araştırma, Çin kaynaklı, kristal silisyumlu güneş panellerinin hiç de doğa dostu olmadığını gösteriyor. Almanya’daki yarı saydam güneş panellerinin, Çin kaynaklı olanlarla karşılaştırıldığında çok daha doğa dostu olduğu belirlenmiş. Çin kaynaklı olanın doğa dostu olmayışının en önemli nedeni, bu panellerin Çin’de üretimleri sırasında çok daha fazla enerji gerekmesi sonucunda, havaya salınan CO₂ miktarının fazlalığı. Bu araştırmanın sonucuna göre Çin’de yapılan güneş panellerinin AB’de kullanılma-

sıyla gereken enerji ve havaya salınan CO₂, AB’de yapıp kullanılan panellere oranla iki kat daha fazla doğaya zarar veriyor.

Özetle, zehirli kimyasallar güneş panellerinin yapımında ve bunların ileride sökülüp yok edilmesinde büyük bir sorun olarak çözüm bekliyor. Özellikle azgelişmiş ülkelerde çöp ayrımı ve panellerle ilgili teknik işlemler yapılmadığından, ileride bunların sökülmesi sırasında, daha çok Çin kaynaklı ucuz panellerin içilerindeki zehirli kimyasallarla doğanın kirletilmesi ve insanların etkilenmesi söz konusu. Bu nedenler ilgili önlemlerin, güneş çiftlikleri daha kurulurken planlanmaları gerekiyor.

Öte yandan bugüne kadar güneş panellerinin verimlerinin artımıyla ilgili bir çok bilimsel araştırma ve gelişme yapılmasına karşın, bunların kullanımları sonunda hurdaya çıktıklarında, çok daha etkin ve ucuz fiyatla geri dönüşümlerinin yapılmasıyla ilgili olarak teknolojide pek fazla bir ilerleme olmadıdır.

Gelişmiş ülkelerde de geri dönüşüm planları ilerliyor ancak oralarda da % 100 uygulanması beklenmiyor. Bu nedenle yakın gelecekte her ülkede ortaya çıkacak milyonlarca atıklarla ilgili olarak, Dünya’yı bekleyen sorunlar çok büyük.

Almanya toplam Güneş kurulu gücü: 66,5 GW, İtalya toplam: 25 GW.Türkiye toplam 9,5 GW /3/

Güneş panelleri kalitelerinin önemi

Örneğin panellerin alüminyum çerçeveleri ucuz ince alüminyumdan yapılmış ise, bunlar uzun süre kızgın güneşe dayanamayıp, kıvrılıp büküldüklerinde cam levhayı çatlatıp, kırıp paneli işe yaramaz duruma getirebiliyor. Bunun sonucunda, panel tarlasında on binlerce panel işe yaramaz duruma gelebilir ve yapılan yatırım boşa gidebilir.

Türkiye’de Güneş panelleri üreten ve güneş enerji santralleri kuran şirketlerin önde gelenleri:

CW Enerji, 2. Alfa Solar enerji, 3. Kalyon Holding, 4. Naturel Enerji, 5. Akfen Yenilenebilir Enerji /4,5/.

Daha fazla panel, daha fazla atık demek

Dünya güneş kurulu gücünün 2050 yılında 4 600 GigaWatt kadar olacağı kestiriliyor. Bu ise aynı yıl fotovoltaik hurda panel sayısının 80 milyon ton kadar olacağını gösteriyor.

Güneş elektrik üretim santralleri hurdalarını geri kazanmanın maliyeti?

1,5 C derece ortalama Dünya sıcaklığını aşmama, iklimi koruma senaryosunu temel alan bilimsel araştırmaları yapan IRENA ve NREL şirket ve laboratuvarlarına göre, hurda güneş panellerinden malzemeleri geri kazanabilmek için harcanması gereken paranın 2040 yılında 4 milyar dolar ve 2050 yılında da 8,8 milyar dolar olabileceği hesaplanıyor /6-9/.

Öte yandan güneş ve rüzgar enerjileri artırılırken arazi kullanımının da 8-10 kat artacağı ve tarım alanlarının ise daralacağını da hesaplanması gerekiyor.

Güneş panellerinin geri dönüşümleri

Hurda güneş panellerinin geri dönüşümleri nasıl yapılıyor?

Panellerdeki malzemelerin ayrılması özel makinalarda aşağıdaki sırayla yapılıyor:

Önce alüminyum çerçeve çıkarılıyor (%100 tekrar kullanılabilir)

Cam plak ayrılıyor (% 95 tekrar kullanılabilir)

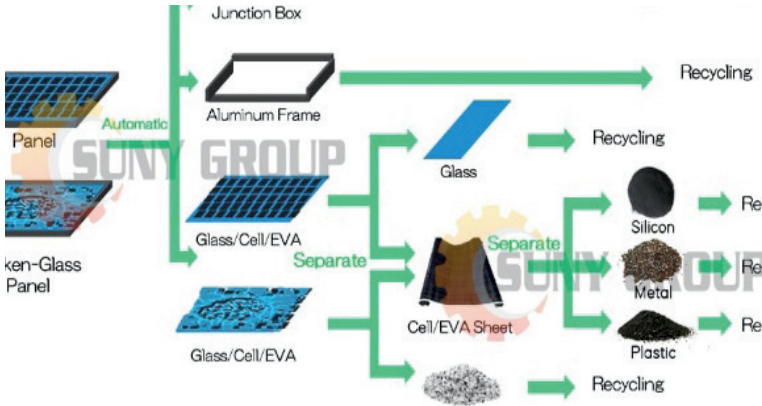
Plastik maddeler 500 C derecede buharlaştırılarak güneş hücreleri kolayca ayrıştırılıyor

Silisyum kimyasal olarak ayrılıyor ve tekrar kullanılabilir hale getiriliyor (%85 tekrar kullanılabilir).

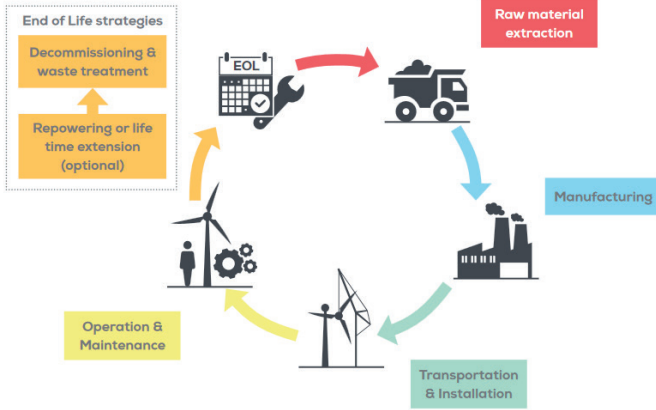
Genel olarak hurda güneş panelleri % 95 oranında geri dönüştürülebilir. Ancak bu çok masraflı olduğundan büyük bir bölümünün çöpe atılacağı beklenir.

Almanya'da geri dönüşüm tesislerinde her yıl 10 000 ton silikon, kullanılmış panellerden geri kazanılıp yeni panellerin yapımında kullanılıyor. Bu miktarın 2029'da bir kaç yüzbin tona yükseleceği hesaplanıyor.

Şekil 2: Güneş panel hurdalarının geri dönüşümlerine bir örnek (Soldan sağa, yukarıdan aşağıya: Panel, Kırık camlı panel, Kaynak kutusu, Alüminyum çerçeve, Cam hücre, Geri dönüşüm)



Şekil 3: Rüzgar türbinleri parçaları 30 yıllık ortalama ömürleri sonunda nasıl geri kazanılıyor, bir örnek: Solda hurda atıkların işlenmesi, sağda yukarıdan aşağıya kaba malzemenin çıkarılması, taşınımı, fabrikasyon; taşınım ve yeniden kurulum, çalışması ve bakımı



Sonuç

Güneş ve rüzgar santralleri kurulurken ileride her yıl bunların hiç de az olmayan önemli bir miktardaki panellerinin ve diğer malzemelerin hurdaya çıkacağı da hesaplanarak, geri dönüşümlerinin yapılması için gerekli önlemler alınmalı. Binaların çatılarındaki paneller, kullanım sürelerinin sonunda ya da daha önce bozulduklarında bunlar toplatılmalı ya da kapalı depo yerlerine, hangarlara teslim edilmeli, ilgili yönetmelikte yapılması gerekenler bulunmalıdır. Eğer Türkiye’de her yıl ortaya çıkmakta olduğunu hesapladığımız bir milyon kadar hurda panel, kapalı depo yerlerinde korunmaz, içlerindeki zararlı ve zehirli maddelerin geri dönüşümleri yapılmaz ise, gelecek kuşaklara daha da kirli bir miras bırakacağımız açık! Bu sorunun büyüklüğünü Türkiye’de bilen, önemseyen, planlayan ku-

rumlar ve şirketler olduğu ise, ne yazık ki, görülemiyor! Bu konuda Enerji Bakanlığı internet sayfalarında da, TÜBA'nın 2018 Güneş Enerjisi teknik raporunda ve Zorlu Enerjinin Güneş Enerjisi teknik raporunda (2014) da, hurda panel sorununa, değil ileriye doğru bir planlama öngörülmesi, tek satırla bile değinilmiyor /10,11/.Yüksel Atakan, Dr.Y.Fizik Müh., Almanya, ybatakan4@gmail.com

15. GÜNEŞ VE RÜZGAR SANTRALLERİNDEN ÖNÜMÜZDEKİ YILLARDA KAÇ ADET HURDA BEKLENEBİLİR? DÜNYA, ALMANYA VE TÜRKİYE İLE İGİLİ HESAPLAR...

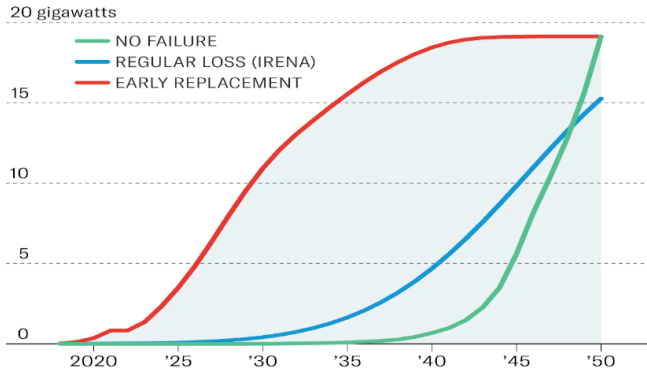
Tüm ülkeler, güneş ve rüzgardan elektrik üretimini artırma çabasında. Ancak güneş ve rüzgar santralleri sadece 25 yıl verimli çalışabiliyorlar. Daha sonra ve hatta bozulmalar sonucu her yıl, bunlar kullanılamaz duruma gelip hurdaya çıktıklarında, milyonlarca panelin ve binlerce rüzgar santrallerindeki kule ve rotor kanatlarının, eğer geri dönüşümleri yapılmazsa, çöplüklerde dağlar oluşturacağını ise pek kimse bilmiyor! Örneğin sadece Konya Karapınar Güneş Santralinde 3,3 milyon güneş panelinden bir bölümü her yıl, tümü ise 25 yıl içinde hurdaya çıkacakları hesaplanarak geri dönüşümleri planlanıyor mu? Bunlar çöplüklere atıldıklarında ise, içlerindeki zehirli maddelerin doğaya, iklime ve insana zararlı olacağı da hesaplanmalı, ona göre önlemler şimdiden alınmalı. Güneş ve rüzgar santrallerinden Dünya'da, Almanya ve Türkiye'de kaç adet hurda beklenebilir hesapları ve yapılması gerekenler bu yazımızın konusu...

Hesaplar, yaklaşımlar

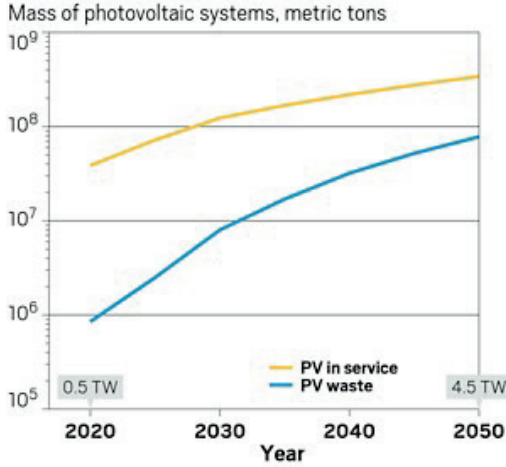
Dünya, Almanya ve Türkiye'de Güneş santrallerinde bugün kullanılan milyonlarca panel ile binlerce rüzgar santrallerinin kule ve rotor kanatları ortalama 25-30 yıl içinde hurdaya çıkacaklarını temel alarak, yaptığımız hesaplara göre bunların kaç adet ve kaç ton olacakları ayrıntılarıyla Çizelge 1 ve 2'de bulunuyor. Bu çizelgelerde ayrıca bunların bozulmalarla her yıl % 3 kadarının da hurdaya çıkabilecekleri yer alıyor. Çizelgeleri daha iyi anlaşılabilmesi için özetlersek:

2022 yılında Dünya Güneş Enerjisi kapasitesi ya da Kurulu Gücü: 1.1 TW oldu (TeraWatt olarak güç: 1'den sonra 12 sıfırlı Watt değeri). Güneş enerjisinden elektrik elde etmek için bu kadar fazla kurulu güç kuşkusuz hepimizi sevindirir! Şimdi bu büyük kurulu gücün nasıl oluştuğuna bir bakalım: Bu 'Kurulu Gücün' ortalama 300 Watt'lık panellerden oluştuğunu varsayalım. 1.1 TW Kurulu Güç için bu panellerden $1.1.000.000.000.000 \text{ Watt} / 300 \text{ Watt} = 3,6$ Milyar adet panel ile bu kurulu güç sağlanmış demektir. Bir panel ortalama 20 kg kadardır. Bu ise toplamda 72 Milyon Ton panel eder. Gözümüzde canlandırmak için bunları 36 tonluk kamyonlara yükleyip 100 m aralıklı bir konvoy oluşturulursa, konvoyun uzunluğu Dünya'yı 5 kez dolaşabilir. Kuşkusuz 72 Milyon ton panelin tümü hep birden bozulup ya da aynı yıl hurdaya çıkmayacak. Kabaca her yıl bunların % 3 kadarı hurdaya çıkarsa, yılda 2 Milyon ton panelin çöplüğe gitmemesi için hazırlık yapmak ve bunların geri dönüşümlerini planlamak gerekir.

Yapılan bilimsel araştırmalar güneş panelleri a/klarının beklenen kullanım süreleri sonundan çok daha önce de, birikeceği yönünde. Yeşil eğri 30 yıl boyunca hatasız çalışan panellerin daha sonra eskimelerini, mavi eğri ise Uluslararası YE Ajansı (IRENA)'nın kes(rimini) gösteriyor. Kırmızı eğri ise beklenenenden çok daha önce panellerin bir çoğunun değiştirilmesi gerekeceği modelini hesaba katıyor



Şekil 2: Güneş panellerinin dünya'daki ton olarak toplam miktarları (üstteki eğri çalışmakta olan panellerin, alttaki eğri hurda panellerin toplam miktarlarını gösteriyor) 2050'de 500 milyon ton çalışan panel, 80 milyon ton hurda panel bekleniyor



Source: Adapted from Nat. Energy 2020,
DOI: 10.1038/s41560-020-0645-2

Türkiye’de hurda panel sayısı bugün ve 2035 yılında kaç adet olabilir?

Türkiye’nin Güneş Enerjisi Kurulu Gücü 2023 yılında 9,43 GigaWatt (GW). Dünya’daki duruma benzer hesaplırsak: 9,43(9) Watt/300 Watt = 31 milyon panel sonunda hurdaya çıkacak. Her yıl bunların % 3 kadarı bozulma ya da ömürleri dolarak kullanılmaz duruma gelirse 1 milyon kadar hurda panel şimdi bile, çöplüklerde olabilir. Kullanılmadan, kötü montaj nedeniyle hurdaya çıkarları saymadık bile!

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından Türkiye Ulusal Enerji Planı’na göre hazırlanan senaryoda 2020-2035 yılları arası için üretim ve tüketimde oluşabilecek görünüme göre:

Elektrik tüketiminin 510,4 TWh seviyesine ulaşması,

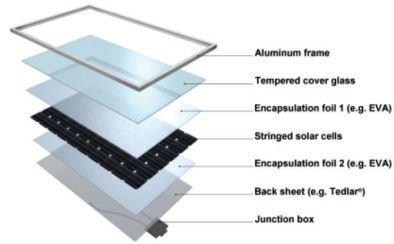
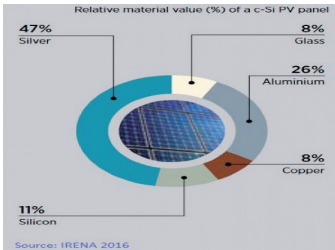
Elektrik kurulu gücünde; Toplamda 189,7 GW'a,

Güneş enerjisinde 52,9 GW'a, Rüzgar enerjisinde 29,6 GW'a,

Nükleer enerjide 7,2 GW'a yükselmesi öngörülmüyor /3/.

Bu senaryoya göre güneş santralleri kurulu gücü 2035 yılında yaklaşık olarak:

53 GW = 53(9) Watt, 53(9) Watt /300 Watt= 177 milyon panel bulunacak ve bu toplamdan daha ileriki yıllarda örneğin her yıl % 3 kadarı hurdaya çıkarsa yılda 5 milyon kadar hurda panelin geri dönüşümleri yapılamazsa bunlar çöplüklerde dağlar oluşturacak ve büyük olasılıkla ehliyetsiz hurdacıların elinde parçalanıp zehirli maddelerden hem kendileri hem de çevre ve hatta iklim zarar görecektir. Türkiye'de güneş enerjisiyle ilgili önemli yayınlara bakıldığında yakın gelecekte ortaya çıkacak dağlarca hurda panelin kapalı depolarda saklanıp, geri dönüşümlerinin yapılacağına ilişkin yol, yöntem ve yaptırımlara Enerji Bakanlığı internet sayfalarında da TÜBA'nın Güneş Enerjisi 2018 raporunda da rastlanmıyor /3-6/.



Şekil 3: Krystalin silikon temelli bir PV panelinde bulunan maddelerin oranları, Şekil 4: Bir güneş panelini oluşturan malzemeler (yukarıdan aşağıya: alüminyum çerçeve, kırılmaz cam, kapsülleme folyesi, güneş hücresi, arka yaprak, bağlantı kutusu)

Güneş Enerjisi Santrallerinde (GES) / Tarlalarında neden bu kadar çok panel kullanılıyor?

Güneş ışınları elektriğe çevrilirken, ışınların yıl boyunca aynı şiddette olmadıklarını, geceleri ise hiç olmadıklarını biliyoruz. Bu nedenle GES'in kurulu MW gücünden yıl boyunca toplam olarak ancak oldukça düşük verimde elektrik üretilebiliyor. Bu verim Almanya'da ortalama olarak sadece % 11, daha güneşli Türkiye'de ise % 18'dir.

Örneğin Konya Karapınar santralinin kurulu gücü 1000 MW-peak (Bu güç, en güneşli gün ve saat içindir). Bundan yıl boyunca üretilebilecek elektrik ise sanki 180 MW'lık net bir kurulu güç'ten elde edilebilecek kadar azdır: 1,58 TWh. Aynı 1000 MW'lık kurulu güçteki bir kömür santralinde ve nükleer santralinde ise yıl boyunca üretilen elektrik miktarları, bunların verimleri sırasıyla %50 ve %90 kadar yüksek olduğundan 3 ile 5 kat kadar daha fazladır. Karapınar GES'in yıl boyunca ürettiği 1,58 TWh elektriğe karşın, aynı kurulu güçteki bir kömür santrali 4,38 TWh ve Nükleer santral ise 7,88 TWh elektrik üretebilirler.

Konya Karapınar 1000 MW'lık güneş santralinde, diğer santrallere göre ancak 1,58 TWh kadar az elektrik elde edebilmek için bile 3,3 milyon kadar çok güneş paneli gerektiği görülüyor. Daha az panel sayısı ise bundan da daha az elektrik üretimi demek. Bu nedenle GES'lerinde çok panele gereksinimi olduğu görülüyor.

Öte yandan, Güneş Enerji Santralleri (GES) çok fazla malzeme üretilerek yapılabilir. İleride üretecekleri TeraWattSaat başına karşılaştırma yapılırsa: GES için kabaca 16 000 ton malzeme kullanılırken, bu miktar bir nükleer santralde 100 'de biri kadar daha azdır: 160 ton. Bu nedenle bir güneş santrali, yapımı için kullanılan malzemenin üretimi için gereken enerjiyi, ileride ancak 3-4 yıl çalışarak ancak çıkarabiliyor. Rüzgar santrallerinin yapımında kulla-

nilan malzeme miktarı GES'den daha az: 10 000 ton/TWh (Bkz. Şekil 4, 13.Bölüm).

Bir güneş santralindeki panellerin ancak 25 yıl çalışmalarına karşın, diğer santrallerin 50-60 yıl çalıştıkları da gözönüne alınmalıdır. Bunun sonucu, güneş santralleri malzemelerinin üretiminin 2-3 kez tekrarlanması gerekecek, malzemelerin üretimi için de 2-3 kez daha fazla enerji gerekecek ve havaya 2-3 kat daha fazla CO₂ salınacaktır. Bunlar ise hiçbir yerde açıklanmıyor.

Güneş çiftliklerinde panellerin zamanla tozlanma nedeniyle verimleri düştüğünden, yıkanarak temizlenmeleri için ise çok fazla su gerekiyor. Örneğin çorak ve kurak arazide kurulan Konya Karapınar santralindeki 3,3 milyon panelin, tozlanma sonucu verimi düşeceğinden yılda 2-3 kez yıkanması gerektiğinde, suyun birkaç yüz metre derinlikteki yeraltı suyundan pompalanarak çıkarılması zorunlu olacak ve bu pompalamada büyük elektrik harcanmasına yol açacaktır. Örneklersek: 2 m² alanı olan 1 panelin yıkanması için 2 litre su kullanılırsa, Konya Karapınar güneş tarlasındaki gibi 3,3 milyon panel bulunan bir güneş çiftliği için 6,6 milyon litre = 6 600 ton ve yılda 2 kez yıkama yapılırsa 13 200 ton su gerekecektir. Suyun yeraltından çıkarılmasının yanı sıra 3,3 milyon panelin yıkanması için pompalanmasında da büyük enerji kullanılacağı gözönüne alınmalı. Yağmurla yıkama kuşkusuz en elverişli olanı ama Konya ovasında bu ancak kış ve bahar aylarında yapılabilir. Yazın ise yağmur yağdığı pek görülmez. Halbuki esas toz yazın kuruyan toprak yüzeyinden gelir. Özellikle toz fırtınalarında panellerde biriken toz, güneşi bulutlu havadaki gibi keserek elektrik üretimini iyice düşürebilir. Çok yeni olan bu santralde bu durum zamanla görülecektir. Öte yandan yeraltı suyu çok çekildiğinde obrukların oluşması beklenebilir.

Güneş santrallerinin yapımı ve geri dönüşümleri için havaya ne kadar CO₂ salınıyor?

Almanya'da 2022 yılı için yapılan hesaplamada endüstride harcanan kWh başına 434 gram CO₂ salındığı hesaplanıyor/5-12/.

1 000 MW kurulu gücündeki Konya Karapınar GES örneği için panellerin yapımında ne kadar enerji kullanıldığını ve havaya ne kadar CO₂ salındığını hesaplarsak:

1 GES kurulmadan önce yapımı için harcanan enerjiyi, ileride üreteceği 3,5 yılda geri alabiliyorsa bu sürede harcanan enerji miktarı: 1000 MW x 1000 kW/1MW x 3,5 yıl x 24 saat x 365 gün x 0,18 kapasite katsayısı = 5 519 milyar kWh. Bu miktar enerji 0,434 gram/kWh ile çarpılırsa: 2,4 milyon ton CO₂ , Karapınar santrali kurulmadan önce, panellerin yapımı sırasında havaya verilmiş demektir.

Bu miktar CO₂'ın en az yarısının da 3,3 milyon panelin geri dönüşümleri yapılırken havaya salınacağı hesaplanabilir: 2,4 + 1,2 = 3,6 milyon ton CO₂ Ancak bir güneş santrali 25 yıl sonra yenilenmek zorunda. Diğer santrallerin ortalama 50 yıllık çalışma süreleriyle karşılaştırıldığında, bir güneş santrali 50 yılda kullandığı malzemenin üretimi ve bunların geri dönüşümleri için endüstrinin kullandığı fosil yakıtlar yoluyla toplam olarak 7,2 milyon ton CO₂ havaya salmış olacaktır.

Çizelge 1: Bugünkü ve ileriki yıllardaki kurulu güçlere göre hesaplanan güneş panel sayıları

Güneş panelleri elektrik kurulu güç ve verimleri (ortalama kapasite katsayıları)	Dünya, Almanya ve Türkiye'de Güneş Panelleri Sayısı (2022 değerleri ve beklentileri) / Statista/	2050 yılında beklenen Dünya Güneş Kurulu Gücü ve hurda panel sayıları : 4600 GW/
Dünya Güneş Kurulu Gücü (2022): 1100 GigaWattWp (GWpeak) = 1,1 TeraWatt Bu Kurulu Güç'ten üretilen toplam elektrik miktarı: 1 000 TWh Dünya ortalama kapasite Katsayısı: % 10.4 (=1.000,000 GWh/1.100 GWx24x365)	1 Panel ortalama 300 Watt ve 1,70m x 1m= 1,70m ² , 20 kg, 1 100 GW Kurulu Güç için 3,6 milyar panel gerekir, x 20 kg = bu 72 Milyon ton panel eder Her biri 36 Ton'luk 2 Milyon Kamyon, 100 m aralıkla 200 bin km kamyon konvoyu, Dünya'yı 5 kez dolanabilir. Bu toplam 3,6 milyar panelin her yıl % 3 kadarı hurdaya çıkarsa: 100 milyon panel ve x 20 kg/panel=2 milyon ton panelin hurdaya çıkması beklenir	Soldaki sayıların Yaklaşık 4,5 katı Toplam olarak: 16 milyar panel ya da 324 Milyon ton panel Şekil 3'e göre ise 2050'de 80 milyon ton hurda panel bekleniyor. (Çeşitli senaryolara göre farklılık normal).
Güneş Almanya 2022'de Kurulu Gücü : 67 GWp Üretilen elektrik: 58 TWh Almanya ortalama kapasite katsayısı: 58 000 GWh /67x 24x365= % 10	Yukarıdaki gibi hesaplanırsa: 223 milyon panel x20 kg= 4,5 milyon ton, 125 bin kamyon doldurabilir. Bu toplam 223 milyon panelin her yıl % 3 kadarı hurdaya çıkarsa: 7 milyon panel ve x 20 kg/panel= 140 bin ton panelin hurdaya çıkması beklenir	Almanya'da 2050 yılında 4,4 milyon ton panelin hurdaya çıkacağı kestirilebilir
Güneş Türkiye KuruluGücü/9/: 9,43 GigaWatt (GW) Üretilen elektrik: 15,3 TWh Türkiye Güneş Enerjisi ortalama kapasite katsayısı: 15 300/9,43x24x365= %18,5	31 milyon panel x 20 kg=620 bin ton,36 tonluk 17 bin kamyonu doldurabilir: 17 bin kamyon 100m aralıkla bir konvoy yapılırsa 17 000 x 0,100km= 1 700 km 'lik bir konvoy oluşturur Bu toplam 31 milyon panelin her yıl % 3 kadarı hurdaya çıkarsa: 1 milyon kadar panel ve x 20 kg/panel= 20 bin ton panelin hurdaya çıkacağı kestirilebilir	2035 yılı Enerji Bakanlığı senaryosuna Göre 177 milyon hurda panel. Daha ilerideki her yıl ortalama % 3' i , 5 Milyon panel hurdaya çıkabilir

*Çizelge 2: Bugünkü ve ileriki yıllardaki kurulu güçlere göre hesaplanan
Rüzgar Türbini sayıları ve ton olarak iktarları*

Rüzgar enerjisi elektrik kurulu güçleri ve verimleri (ortalama kapasite katsayıları) /6,7/	Dünya, Almanya ve Türkiye'de Rüzgar Türbinleri Sayısı ya da miktarları: ton(2022)	2050 yılında beklenen Dünya Rüzgar santralleri hurdaları (ton)
Dünya Rüzgar Kurulu Gücü (2022): 906 GigaWattWp (GWpeak). Bunun 842 GW Kara (Onshore), 74 GW Deniz (offshore) 2021 Kurulu Güc'ten üretilen toplam elektrik miktarı: 1 755 TWh Dünya ortalama kapasite Katsayısı: % 24 (=1 870,000 GWh/906 GWx24x365)	Dünyada 2023 yılında 2,5 milyon ton rüzgar türbini bileşik malzemesi olabilir.	2050'de 43 Milyon ton Rüzgar Santralleri hurdası bekleniyor (36 tonluk 1,2 milyon adet kamyon yükü, 100m aralıkla dünyanın çevresini 3 kez dolaşabilir)
Rüzgar Almanya 2022'de Kurulu Gücü : 66 GW Bunun 56 GW karada (onshore), 10 GW ise Deniz üstü (offshore) Üretilen elektrik: 123 000 GWh Tüm elektriğin %24 ü rügar-dan elde ediliyor. Almanya ortalama kapasite katsayısı: 123 000 GWh /66 x 24x365= % 21 Yaklaşık 30 000 Rüzgar türbini var (28 443 karada, kalanı denizde)	Rüzgar Almanya 2022'de Kurulu Gücü : 66 GW Bunun 56 GW karada (onshore), 10 GW ise Deniz üstü (offshore) Üretilen elektrik: 123 000 GWh Tüm elektriğin %24 ü rügar-dan elde ediliyor. Almanya ortalama kapasite katsayısı: 123 000 GWh /66 x 24x365= % 21 Yaklaşık 30 000 Rüzgar türbini var (28 443 karada, kalanı denizde)	Almanya'da 2050 yılında 4,4 milyon ton panelin hurdaya çıkacağı kestirilebilir
Rüzgar Türkiye Kurulu Gücü /6,7): 12 GigaWatt (GWp). 285 karadaki rüzgar santralinden sağlanıyor Üretilen elektrik: 35 TWh Türkiye Rüzgar Enerjisi ortalama kapasite katsayısı: 35/12x365= % 33	İlgili yönetmelik ve taahhütnameye göre kriz ve savaş durumlarında gerektiğinde kule dahil, rotor kanatlarının sökülmesi santrali kuran şirkete ait ama ileride hurdaya çıktıklarında yapılacakları belirsiz. Yönetmelik bulunamadı.	İlgili yönetmelik ve taahhütnameye göre kriz ve savaş durumlarında gerektiğinde kule dahil, rotor kanatlarının sökülmesi santrali kuran şirkete ait ama ileride hurdaya çıktıklarında yapılacakları belirsiz. Yönetmelik bulunamadı.

Ana sorun ve sonuç

Ana sorun, gitgide artan nüfus, konforlu yaşam ve savurganlığımız sonucu daha fazla elektriğe ve elektriğin üretildiği santrallere gerek duymamızdır ama bunlara, bizi etkilediğinden, kimse değinmiyor. Dünya nüfusu bugün 7,8 milyar, 2050 'de 10 milyara yaklaşacak. Her şeyin üretim ve kullanımının birkaç yerine elektriğe gerek olduğunu ise biliyoruz. Buna paralel olarak konfor ve savurganlık da artınca daha fazla elektrik gerekeceği açık.

2020 yılında dünyada üretilen elektrik miktarı 25 000 TeraWattSaat iken bunun 2050 yılında 42 000 TeraWattSaat'e yükselmesi bekleniyor (iki katına yakın bir artım!). Artan elektriğin büyük bir bölümünün de güneş ve rüzgar enerjilerinden sağlanacağı düşünülürse, Çizelge 1 ve 2'deki 2050 yılı için hesapladığımız çok büyük hurda sayı ve miktarlarıyla uyumlu olduğu görülür.

Güneş ve rüzgar santralleri kurulurken ileride her yıl bunların hiç de az olmayan önemli bir miktardaki panellerinin ve diğer malzemelerin hurdaya çıkacağı da hesaplanarak, geri dönüşümlerinin yapılması için gerekli önlemler alınmalı. Binaların çatılarındaki paneller, kullanım sürelerinin sonunda ya da daha önce bozulduklarında bunlar toplatılmalı ya da kapalı depo yerlerine teslim edilmeli, ilgili yönetmelikte yapılması gerekenler bulunmalıdır. Eğer Türkiye'de her yıl ortaya çıkmakta olduğunu hesapladığımız bir milyon kadar hurda panel, kapalı depo yerlerinde korunmaz, içlerindeki zararlı ve zehirli maddelerin geri dönüşümleri yapılmaz ise, gelecek kuşaklara daha da kirli bir miras bırakacağımız açık!

Yüksel Atakan, Dr.Y.Fizik Müh., Almanyada, ybatakan4@gmail.com

16. GÜNEŞ PANELLERİNDE DOĞA VE İNSANA ZARARLI KATKI MADDELERİ NEDEN VAR VE BUNLARIN SAĞLIĞA ETKİLERİ NELER?

Güneş panellerinden elektrik elde edebilmek için içlerine kadmiyum, antimon, gümüş gibi daha başka katkı maddeleri konularak yarı iletkenlik sağlanıyor ve sonunda Fotovoltaik yöntemiyle elektrik ancak bu katkı maddelerinin iletkenliğiyle elde edilebiliyor. Bu konuyla ilgili bir dizi yazımız için bkz./1/.

1000 MegaWatt kurulu güçteki örneğin Konya Karapınar güneş tarlasında 3,3 milyon güneş paneli var. Bunlar 25 yıllık oldukça kısa kullanım süreleri sonunda, hatta bir miktarı her yıl bozulmalarla, hurdaya çıktıklarında, eğer geri dönüşümleri yapılmaz ve çöpe atılırlarsa, panellerin içlerindeki doğaya ve insana zararlı katkı maddeleri zamanla yağışlarla toprak ve havaya karışarak insana da etkili olacaklardır. Türkiye’de ise milyonlarca panelin korunacağı depolar olmadığı gibi bunların geri dönüşümlerinin yapılacağı tesisler de bulunmuyor. Ancak bunların daha fazla gecikilmeden planlanması ve yapılması da gerekiyor.



Bir güneş çiftliği, çatıdaki güneş panelleri ve sert hava koşullarında bozulmuş ve doğaya terkedilmiş bir panel çiftliği. Panellerdeki zararlı ve zehirli maddelerin zamanla kızgın güneş ve yağışlarla toprağa, yeraltı sularına, havaya, bitkilere karışarak insan vücuduna ulaşması beklenmeli ve bu önlenmeli

Güneş panellerindeki katkı maddelerinin bir çoğu, kanser yapabilen ağır metaller olduğundan, insan sağlığına zararlı olabiliyorlar /1,2/. **Bunların başlıcaları: kurşun, bakır, gümüş, galyum, kadmiyum tellürid, kadmiyum sülfid, polyvinül florür, selenyum, arsenit ve kristal silikon'daki silikon tetraklorürdür.**

Vücudumuz için kurşundan 10 kat daha zehirli kadmiyum katkısı maddesi yerine, hatta yenebilen magnezyum klorürlü olanların seçilmesi panellerin içlerindeki zehirli maddeleri azaltacağı açık. Ancak güneş panellerindeki bu katkı maddelerinin cins ve miktarlarının, bu panelleri Türkiye'de yapan şirketlerin, prospektlerinde bulunmadığını ve sorulduğunda ise bu konuda bir yanıt alınamayacağını, hatta kendilerinin de bilmediğini herkes, bu şirketlerle iletişime geçerek durumu öğrenebilir.

Bir çok panelin havaya, **Azot üç florür (NH_3)** yaydığı, bunun ise atmosfere CO_2 'den 17 000 kat daha zararlı olduğu açıklanıyor. **Kükürt hekzaflorit** de başka bir sera gazı olup bazı paneller yapılırken havaya salınıyor. Bunun CO_2 'den 23 000 kat kadar daha etkin olduğu hesaplanıyor.

İnsan ve çevreye daha az zararlı katkı maddeleri de var. Ancak bunlar diğerleri kadar etkin olmadığından ve fiyatları da daha yüksek olduğundan olacak, panellerde bunlar çok az kullanılıyor.

Paneller (güneş hücreleri), daha çok kristal silisyum ya da çok ince film kadmiyum tellürid ya da kadmiyum sülfid tabakalardan yapılıyor.

Panellerde kullanılan **kristal silikonun içindeki silikon tetraklorürün** çok zehirli olduğunu, bitki ve hayvanları öldürdüğünü, insan sağlığını tehdit ettiğini araştırmacılar açıklıyorlar. Temiz enerji olarak bilinen güneş enerjisinin bu kirli yanıyla ilgili yönetmelikler olmadığından özellikle Çin'de güneş panellerinin üretildiği yerlerde, zehirli kimyasalların toprak ve havadaki taneciklerinin insan sağlığını tehdit ettiğini araştırmacılar bildiriyorlar.

Kadmiyum telüridli ve kurşunlu güneş panelleri ise başlı başına bir sorun. Bunlar, böbrek ve kemiklerde hasar ve kanser yapılabiliyorlar.

Saf kadmiyum böbrek ve kemiklere zararlı olup kansere yol açabiliyor. Bu nedenle panellerin hem yapımı hem de ileride 25 yıl kadar kullanıldıktan sonra sökülüp ortadan kaldırılmasında ilgili koruyucu önlemlerin alınması gerekiyor. İleride bunlar yenileriyle değiştirilmek zorunda olduğundan, üretimin sürmesi ve bunlardaki ağır metallerin dolaşımı da söz konusu.

Çok iyi iletken olan gümüş panellerde katkı maddesi olarak kullanılıyor. Herhangi bir şekilde insan vücuduna ulaştığında ise böbrek ve deri hastalıklarına neden olabiliyor.

Stuttgart araştırmacıları, 2016 yılında dünyada, içlerinde çeşitli ağır metaller bulunan toplam 3700 km² panel bulunduğunu ve buna her gün 3 km² kadar güneş paneli eklendiğini açıklıyorlar.

2016 yılındaki toplam kurulu güç ve panellerdeki kurşun ve kadmiyum miktarları gözönüne alındığında, panellerde toplam 11 000 ton kurşun ve 800 ton da kadmiyum bulunduğu hesaplanıyor. Bunların ileride toprak ve sulara karışmaması için yıkama filtreleme dahil çeşitli önlemler alınması düşünülse de bunların büyük ölçüde kontrol edilemeyeceği ve gerçekleşmeyeceği de açıklanıyor.

Bugün dünyada kullanılan güneş hücrelerinin % 90 gibi büyük bir bölümü, doğadaki kum ve kuvarstan elde edilen silikon yapılı. Silikon, doğadaki kum ve kuvarstan, çok yüksek sıcaklıklarda, eritme, temizleme ve oksijeni çıkarılarak % 99,6 oranındaki saflıkta büyük enerji kullanılarak elde edilebiliyor. Ancak bu saflık, yarıiletken maddenin işlevi için yeterli olmadığından silikonun, ikinci bir kimyasal yöntemle daha da saflaştırılması gerekiyor.

Dünyadaki güneş panellerinin % 3 kadarı da kadmiyum telürid zehirli maddesini içeriyor. Bunların üretimi daha ucuz ve

dünya pazarındaki payı 3 milyar USD kadar. Ancak kadmiyumun aşırı zehirli olması nedeniyle üretim sırasında koruyucu giysilerin içinde ancak havalandırmayla çalışılabilir.

Öte yandan Liverpool üniversitesinde geliştirilen bir teknikle, çok ince tabakalı güneş hücrelerinin hem çok daha ucuza hem de **zehirli kadmiyum yerine, zehirli olmayan ve yenmesine bile izin verilen magnezyum klorür kullanılarak üretilbileceğini denendi**. Ayrıca magnezyum klorür, kadmiyumdan hem çok daha ucuz hem de güneş hücresi olarak ince tabaka şekline getirilmesi çok daha kolay .

Stuttgart araştırmacıları güneş panellerindeki zehirli maddelerle ilgili sınırlamaların AB standartlarına alınmasını öneriyor.

Kurşun, güneş hücrelerini birbirlerine ve panelin kenarlarına bağlamada kullanılan lehimde bulunuyor. Aslında otomobil sanayinde ve diğer aletlerde artık kurşun kullanılmıyor. Güneş hücrelerinde de kurşun kullanılmayabilir. Çok ince tabakalı güneş hücrelerinde ise daha çok kadmiyum tellürid kullanılıyor. **Sadece panellerde hücreler lehimlenirken, kurşunun kullanılmaması, panellerin içindeki kurşunu % 97 oranında azaltacaktır diyor araştırmacılar**. Ayrıca, ağır metallerin panellerden sızmasını önlemenin ya da durdurulmasının yollarını aradıklarını da belirtiyorlar. İleride çok daha büyük toprak yüzeylerini kaplayacak paneller büyük sorun yaratacaklarından şimdiden çeşitli bilimsel araştırmalar yapılıyor. Bunlardan kanser yapabilen kurşun ve kadmiyumun 2006'dan beri AB ilgili yönetmeliğine göre elektronik aletlerde kullanımı yasaklanmış olmasına karşın, bu kimyasalların 'yeşil ürün' olarak çevre dostu sayılan güneş panellerinde kullanımının serbest bırakılması doğru değil.

Güneş panelleri ince folyo ve cam levha ile korunmalı olduğundan, kurşun ve kadmiyumun normal olarak dışarıya sızması bek-

lenmiyor. Ancak kuvvetli dolu, kaza ve yangında ve hurdaya çık-tıkları çöplüklere atılması durumunda bunlar zamanla dışarıya ulaşabileceğinden, bu gibi durumlarda bozulmuş ya da hurda pa-nellerin sökülüp kapalı depolara konulması ve geri dönüşümlerinin yapılması gerekiyor. Bazı panellerde kullanılan **bakır indiyum se-lenid ve bakır indiyum galyum (di) selenid** zehirli maddeler olup panellerin üretimi sırasında işçilere ve çevreye zararlı olabiliyorlar.

Panellerdeki zararlı maddeler, toplam kurulu güce göre hesapla-nırsa, ne kadar?

Çeşitli tipteki güneş panellerindeki kadmiyum, kurşun ve diğer zehirli kimyasalların panellerden dışarıya ulaşmasının önlenmesiyle ilgili 2014 yılından beri çalışmalar, araştırmalar yapıyor /2,7(.

Silisyumlu panellerde kW başına ortalama 4 gram kurşun bu-lunduğu hesaplanıyor. Buna göre, Türkiye'deki Kurulu Güc'e göre hesaplarsak: $9430 \times 4 \times 0,95 = 36$ ton kurşun (Türkiye'deki panellerin % 95 kadarı silisyumlu olduğu varsayılarak), her yıl panellerin % 3'ü hurdaya çıkarsa bunlarda 1 ton kurşun var demektir.

CdTe panellerde kW başına ortalama 23 gram kadmiyum bulunuyor. Türkiye'deki panellerin örneğin %5kadarı CdTe ise: $9430 \times 23 \times 0,05 = 11$ ton kadmiyum var. Her yıl % 3'ü hurdaya çıkar-sa bunlarda 330 kg kadmiyum bulunduğu hesaplanır. Kadmiyum ise vücuda kurşun'dan 10 kat daha zararlı .

Türkiye'nin en büyük Konya Karapınar 1 000 MW'lık gü-neş santralinde ne kadar zararlı maddeler var? Yukarıdaki 4 gram kurşun/kW bize, eğer bu özelliklerse, 1 000 MW ya da 1 milyon kW kurulu güçteki Karapınar güneş tarlası panellerinde toplam 4 ton kurşun bulunduğunu gösterir. Her yıl panellerin % 3 kadarı bo-zulma ve ömürlerini tamamlayarak hurdaya çıkarlarsa bunlarda 120 kg kurşun olduğu kestirilebilir. Öte yandan başka bir kaynak stan-dart bir panelde 14 gram kurşun bulunabileceğini açıklıyor. Buna

göre Konya Karapınar GES'deki 3,3 milyon panelde toplam olarak:

14 gram Pb /panel x 3,3 milyon panel = 46,2 ton kurşun olabilir. Bu iki farklı sonucun, hangisinin panellerdeki kurşun miktarına daha fazla uyduğunu, ancak yerinde yapılan inceleme ve değerlendirmeler gösterebilir.

Güneş panellerindeki zehirli kimyasallar için sınır değerler var mı?

İçinde kurşun ve kadmiyum olmayan güneş panellerinin yapılabileceğini ileri süren araştırmacılar da var. Ancak bunların yerine konulan diğer maddelerle panellerin verimi düşüyor. Bu nedenle bilimsel araştırmaların geliştirilerek panellere zehirli olmayan ama etkin maddelerin konulması gerekiyor. AB ilgili yönetmeliği, elektrik ve elektronik aletlerde kurşun ve kadmiyum için sınır değer olarak sırasıyla, aletin toplam ağırlığının % 0,1 ve % 0,01'ni belirliyor. Ancak, güneş panelleri (fotovoltaik sistemler) bu yönetmelik dışında tutulduğundan herhangi bir sınırlama bulunmuyor.

Öneriler

Güneş panellerinin içlerinde ne gibi zararlı kimyasal maddeler bulunduğu iyice bilinmeli, mümkünse kadmiyumlu olanlar yerine, magnezyum klorürlü olanlar kullanılmalı. Güneş panelleri geliştirilip içlerindeki kurşun başka bir maddeyle değiştirilebilir ya da kurşun dışarıya ulaşmayacak şekilde kapsüllenebilirse çevreye ve insana zararı daha az olacaktır.

Panellerdeki kimyasallar, parçalanan, kırılan, eskiyen panellerden 5-6 ay içinde yağmurla yıkanıp çevreye ve insana ulaşabileceği gibi, milyonlarca panel ileride sökülüp çöpe atıldığında, özellikle çöp ayrımı ve işlemleri yapılmayan az gelişmiş ülkelerde büyük sorunlar yaratacağını da araştırmacılar vurguluyorlar. Güneş panellerinin

cam ve alüminyum malzemesi çevre için büyük bir sorun yaratmamasına rağmen, bu değerli maddelerin de geri kazanılması gerekir.

Türkiye’de güneş panelleri yapan şirket sayısı gitgide artmaktadır/5,7/. Bu gibi iş yerlerindeki işçilerin koruyucu giysilerle çalışmaları sağlanmalı. Üretilmekte olan panellerdeki kurşun, kadmiyum gibi ağır metal taneciklerinin havaya ve çevreye yayılmasının önlenmesini, emici havalandırma ve filitre sistemlerinin zorunlu olmasını, işçilerin korunmasını düzenleyen bir yönetmelik hazırlanmalıdır.

Çatılardaki ve güneş çiftliklerindeki panellerin bakımı, onarımı sırasında, ayrıca kaza, kuvvetli yağış (dolu) ve yangın sonucu panellerin bozulmaları durumunda, bunlardaki zehirli ağır metallerin toprak ve sulara karışmaması için daha başlangıçta planlama yapılmalı, bunlar kapalı depolara, hangarlara yollanmalı, geri dönüşümleri yapılmalı, ileride gerekli önlemlerin alınması için bir yönetmelik hazırlanmalı ve yönetmeliğin uygulanması kontrollerle sağlanmalıdır. Bu yönetmeliğe hurda paneller de eklenmeli ve panellerdeki insan ve çevreye zararlı olabilecek maddelerin geri dönüşümleri sağlanmalı, dünyada yapılmakta olan bilimsel araştırmalar ve gelişmeler izlenmeli, bunların sonuçları ilgili yönetmeliğe aktarılmalıdır. Türkiye’deki mevzuata göre ilgili yönetmelik tüm elektronik aletleri kapsamakta olup, güneş panellerini ve rüzgar santralleri hurdalarını kapsamıyor /8/. Özellikle gümüş, bakır ve alüminyum en önemli geri kazanılacak malzemelerdir. Bunların yanı sıra kurşun, kadmiyum ve antimon gibi doğa ve insan için zararlı, zehirli maddelerin de geri dönüşümleri yapılmalıdır.

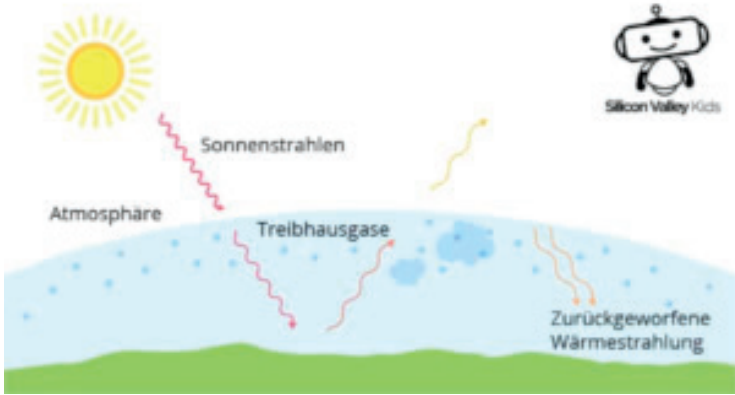
17. DOĞA VE İNSAN KAYNAKLI SERA GAZLARININ İKLİME ETKİSİ



Yeryüzünün daha fazla ısınmasını önlemek için tüm dünya ülkelerinin sera gazları salmayan enerji üretim tekniklerini geliştirmelerinden, enerjinin korunumuna kadar bir dizi önlem almaları gerekiyor. Öte yandan bunun, aşırı artan nüfus, konforlu ve savurgan yaşamla kolay kolay sağlanamayacağı da ne yazık ki bir gerçek.

Günümüzde genellikle “Sera Gazı Olayı” deyince, kullanmakta olduğumuz taş kömürü gibi fosil yakıtların atmosfere saldığı CO₂ ve diğer bazı gazların neden olduğu etkiler anlaşılır. Bundan çok daha fazla etkinin, sanayi döneminden önce, başta su buharının katkısıyla “Doğal Sera Gazları”ndan geldiği ise pek bilinmez. Eğer Dünya, Ay gibi atmosfersiz olsaydı, Güneş’ten yeryüzüne, bugün de gelen, elektromanyetik (EM) ışınların bir bölümü, yeryüzünden tekrar uzaya yansıtacak, arta kalanı ise yeryüzünü, uza-

yın ortalama sıcaklığı olan -270°C 'den -18°C 'ye yükseltecekti. Bu 252°C 'lık fark, çok büyük bir sıcaklık artımı olmasına rağmen, atmosfersiz dünya -18°C 'de epey soğuk ve kupkuru kalacaktı (Atmosfersiz bir dünyada yaşam olamayacağını gözardı etsek bile). Dünyamız, Ay gibi atmosfersiz değil, havayla kaplı. Havada doğal olarak oldukça çok bulunan su buharı ve CO_2 'nin yanı sıra daha az miktarlarda diğer gazların da bulunduğunu biliyoruz. Bunlar, dünyanın çeşitli yerlerinde farklılık gösteriyor. Bu maddelerin atmosferde kalmalarını, uçup uzaya kaçmamalarını sağlayan da yerçekimi. Bunların derişimleri, atmosferde yükseldikçe azalıyor. Örneğin, Himalaya gibi yüksek dağların tepelerinde, hava ve içindeki oksijen seyrelmiş olduğundan, dağcıların tepelere ancak sırtlarındaki hava tüpleriyle çıkabildiklerini biliyoruz.



Dünya'ya ulaşan kısa dalga boylu ışınlarla ısınan yeryüzünden yayınlanan ve havadaki sera gazlarından yansımasıyla oluşan uzun dalgali kızılötesi ışınlar

Sera gazı etkisi nedir?

Güneş'ten Dünya'ya sürekli gelmekte olan kısa dalga boylu (yüksek enerjili) EM ışınların bir bölümü stratosferde yansıyor tekrar uzaya dönerken, diğer bölümü havadaki maddelerden soğurulmadan (enerjisini pek yitirmeden) geçerek yeryüzüne çarpıyor ve yer kabuğuna enerjilerini aktarıyor. Isınan yeryüzünün yaydığı uzun dalga boylu kızılötesi ışınlar, havadaki su buharı, CO₂ ve diğer maddelere çarparak tekrar yeryüzüne yansıyor (Şekil 1, en sağ). Sonuçta, ışınların yeryüzüne aktardığı enerji tekrar uzaya dönemeyerek, denge bozuluyor. "Sera gazları", sanki bir "ayna" gibi ışınların bir bölümünü tekrar yeryüzüne yansıtarak zamanla yeryüzünde sıcaklığı artırıyor. Havada bu maddelerden ne kadar çok olursa, yeryüzüne aktarılan enerji de o kadar çok oluyor, hava ve yeryüzü biraz daha çok ısınıyor. Sera gazları kuşağıyla sarılan yeryüzü ve atmosfer, kapalı bir bitki serası camekânına benzetildiği için, bu olaya "Sera Gazı Etkisi" ve bu etki, doğal yollarla havaya yayılan su buharı ve CO₂ ile oluyorsa, buna da "Doğal Sera Gazı Etkisi" deniyor. Doğal sera gazları böylelikle, yeryüzünün ortalama sıcaklığını, -18 °C'den + 14°C'ye yükseltiyorlar (Fark: 32°C). Böylelikle atmosferde bulunan doğal sera gazları ve bunların etkileriyle, dünyada yüzyıllardır süregelen yaşam dengesi sağlanmış oluyor. Doğal sera gazı etkisinin % 66'sı atmosferdeki su buharından, % 30 kadarı da orman ve volkanlardan havaya salınan CO₂'den kaynaklanıyor. Su buharının ana kaynağı, tropik bölgelerdeki okyanuslar ve yağmur ormanları.

Su buharının 'Sera Gazı Etkisi'

Sıcak havanın, soğuk havadan çok daha fazla su buharı tutabilmesine karşın, belirli bir sıcaklıkta hava doyma noktasına geldiğinde, su buharı daha fazla tutunamıyor ve yağış olarak yeryüzüne

iniyor. Kutuplara yakın bölgelerde ve yüksek dağların tepelerine yakın yerlerde, yaz aylarında biraz ısınan hava, daha fazla su buharı tutarak, artan sera gazı etkisiyle de, biraz daha fazla ısınıyor. Kış aylarında ise soğuyan havada tersi oluyor: havada daha az bulunan su buharının sera gazı etkisinin azalmasıyla, hava biraz daha fazla soğuyor.¹ Sanayi dönemiyle birlikte havaya artarak salınan ve havada gitgide birikerek hatta 30 yıl kadar kalabilen CO₂'ye karşın, su buharının daha fazla birikmemesi ve sanayi öncesindeki kadar belirli bir düzeyde (doyma noktasında) kalması, su buharının sera gazı etkisinin, CO₂'nin sera gazı etkisinden daha az kalmasıyla sonuçlanıyor. Ancak son yarım yüzyıldır yapılan araştırmalar özellikle CO₂'nin sera gazı etkisiyle gitgide ısınan havanın, özellikle atmosferin 10 km kadar yükseklerinde, sanayi dönemi öncesiyle karşılaştırıldığında % 75 kadar daha fazla su buharı tuttuğunu ve böylelikle havanın, su buharının sera gazı etkisiyle de daha fazla ısındığına işaret ediyor. Burada önemli olan nokta, su buharının okyanus, denizler ve göllerden **doğal yollarla** havaya salınmasına karşın, sanayi dönemiyle birlikte, gitgide artan CO₂'nin (ya da **insan kaynaklı** bölümünün) ve metan gibi diğer sera gazlarının engellenmesinin, insanın elinde olduğudur. Günümüzün ve iklim toplantılarının tartışılan konusu da bilindiği gibi gitgide artan insan kaynaklı sera gazlarıdır ve hatta bunlar doğal su buharının etkisini de, yukarıda açıklandığı gibi, artırmakta.

İnsan kaynaklı sera gazları dünya sıcaklığını 1-2 derece artırıyor

Dünyada sanayileşmeden (1850) sonra, özellikle elektrik üretiminde, ısınmada, sanayide ve otomobillerde fosil yakıtlar kullanılırken, aşırı miktarda sera gazlarının atmosfere salındığını biliyoruz. Bunların atmosferde derişimlerdeki artış, sanayi önce-

sine göre, iki katı kadar. Örneğin CO₂ için: Sanayileşme öncesi: 278 ppm, bugün ise 413 ppm.^{2,3} (ppm: milyonda bir oranında) Doğa kaynaklı sera gazlarıyla dünya sıcaklığı 32°C artarak, dünyada ortalama +14°C'lik bir denge oluşmuştu. İnsan kaynaklı sera gazlarının buna eklenmesiyle, dünya sıcaklığını 1-2 derece artırmasının etkilerini; kutup bölgeleri ve yüksek dağlardaki buzulların erimesiyle ve birçok yeri aşırı sellerin basmasıyla son yıllarda artarak görmektediriz. Bu konudaki ayrıntılar ve sonuçları için bkz.⁴

Sera gazı olayının tarihçesi

Sera gazı olayını tarihte ilk kez 1824'de Josef Fourier ortaya atıyor ve 1850'den sonra bu konuda araştırmalar yapılıyor. 1896'da fizikokimyacı Svante Arrhenius yeryüzünün insan kaynaklı CO₂ ile ısınacağını öngördüğünü açıklıyor. İlk kez 1938'de Guy Stewart Callendar sıcaklık ölçümlerine dayanarak küresel ısınmayı kanıtıyor. 2. Dünya Savaşından sonra bu konuda bilimsel çalışmalar artıyor ve Roger Revelle, Hans E. Suess 1957'de büyük ölçekte küresel ısınmaya dikkat çekiyorlar. Nathaniel Rich 2019'da yayınlanan *Losing Earth* adlı kitabında, yeryüzünün insan kaynaklı ısınmasını ayrıntılarıyla belgeliyor. Yerkürenin gitgide ısınmasının ana nedeninin, 1850'den bu yana atmosfere salınan insan kaynaklı sera gazları olduğunda artık bilim dünyası birleşiyor. Fourier dizileriyle bildiğimiz matematikçi ve fizikçi Josef Fourier (1768-1830), atmosferin, yeryüzünden yansıyan güneş ışınlarıyla gitgide ısınacağını bundan 200 yıl önce 1828 yılında ortaya atmıştır. Bu büyük Fransız bilim adamı, Fransız devrimine katılmış, tutuklanmış ve başını giyotinden zar zor kurtarabilmiştir.

Dünya iklimini etkileyen 1-2 °C sıcaklık artımı nasıl hesaplanıyor?

İnsan kaynaklı sera gazlarının, sanayi dönemi öncesine göre, bugün dünyanın ortalama sıcaklığını 0,9 ile 1,2 °C arasında artırdıkları hesaplanıyor. Bunlar, örneğin kömürlü elektrik santrallerinden salınan CO₂ başta olmak üzere metan, kükürtdioksit ve diğer eser gazlardan oluşuyor. Bu gazların atmosferdeki oranları sanayi dönemi öncesine göre iki katına yaklaşıyor. Örneğin, CO₂'nin atmosferdeki miktarı 278 ppm'den, bugün 413 ppm'e yükselmiş durumda (ppm: oransal olarak, milyonda biri). 1-2 derecelik sıcaklık artımıyla dünyanın iklimi nasıl değişebilir, dünya nasıl ısınır da birçok yeri seller basar? Zaten her gün çok daha fazla sıcaklık değişimleri olmuyor mu? Ayrıca, bu kadar az sıcaklık artımı tüm yeryüzünde nasıl ölçülüp, hesaplanabilir? Buradaki sıcaklık değişimleri günlük, aylık ya da mevsimlik değerler olmayıp, uzun yıllar, binlerce yılda yapılan sıcaklık ölçümlerinin ortalama değerine göre, ilgili yıldaki sapmalardır; bunlara "anomaliler" deniyor. Çok geniş kıtalar, okyanuslar, denizler ve göllerle kaplı olan yeryüzünde, sıcaklık nasıl her noktada sürekli ölçülebilir ve yer kürenin sıcaklığının 1-2 °C arttığı nasıl hesaplanabilir? Yeryüzünün her noktasında ölçüm yapılacak olursa milyarlarca adet ölçüm istasyonu gerekiyor ki bunun gerçekleştirilemeyeceği açık. Bu nedenle dünyada belirlenen kara ve denizlerdeki uygun 10.000'i aşkın noktadaki sistematik ölçümlerle yetiniliyor. Ölçümler, hesaplamalar ve değerlendirmeler sonucu bulunan uzun yılların ortalaması da, bu değerden sapmalar da (anomali), bu nedenle, "en iyi yaklaşık ve göreceli değerler" olmak durumunda. Bu ölçümleri, hesapları ve değerlendirmeleri dünyada bugün dört farklı kurum yapıyor.

1) National Aeronautics and Space Administration (NASA)

- 2) National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)
- 3) Hadley Centre, İngiltere MetOffice Climatic Research Unit University of East Anglia
- 4) Japonya Meteoroloji Kurumu (JMA).

Ölçümler, İngiltere’de 1850, ABD’de 1880, Japonya’da 1891’den beri yapılıyor.

Bu kurumların her biri, biraz farklı ölçüm değerleri ve hesaplama yöntemleri kullanıyorlar.

NOAA’nın 1951 ile 1980 yılları arasındaki ölçümlere dayanan hesaplama ve değerlendirmelerine göre yerküresinin bu zaman aralığını kapsayan ortalama sıcaklığının +14 °C derece olduğu belirlenmiştir ve bu değer, bugün yapılan ölçüm ve değerlendirmelerde “uzun yılların ortalaması” olarak alınıyor. Bu değeri başka araştırmacılar, 1961-1990 yılları arası gözlemlerle de, doğruluyorlar: $14,0 \pm 0,5$ °C (Jones et al 1999). NOAA’nın bugün dünyada ilgili standarta uygun 14.000 ölçüm istasyonu bulunuyor ve buralarda iklimle ilgili sürekli ölçümler yapıp, değerler merkeze bildiriliyor. Ölçümler hem karasal (kıtalarda) hem de denizlerde yüzeysel olarak yapılıyor. Deniz yüzeylerindeki ölçüm sonuçları, gemilerden ve şamandıralardan/dubalardan alınıyor. Çizelgede uzun yılların ortalaması olan +14 °C dereceden sapmalar, bu dört kurumun değerlendirmelerine göre ve son 30 yılın ilk 2 yılıyla son 3 yılı için verilmiştir. Görüldüğü gibi, 2020 yılında, Japonya’daki kurumun değerlendirmesinin dışında, dünya ortalama sıcaklığındaki artım 1 derece kadar olmuştur. Şimdiye kadar en sıcak yıl, ikinci sıcak yıl, üçüncü sıcak yıl görülüyor (Deutscher Wetterdienst).⁵

YILLAR	NOAA	NASA	MetOffice	JMA
1990	0,45	0,45	0,36	0,04
1991	0,39	0,41	0,34	-0,02
2018	0,83	0,85	0,76	0,31
2019	0,95	0,99	0,89	0,43
2020	0,98	1,02	0,92	0,47

Dünya ortalama sıcaklığındaki 1 °C artımın sonuçları

Yukarıdaki açıklamalarımızdan ve Çizelgeden görüldüğü gibi yeryüzünün +14 °C derece ortalama sıcaklık değerinden sapmalar (anomaliler) uzun süredir çok kapsamlı ölçüm ve değerlendirmeler sonucu belirleniyor. Son 30 yıldır belirlenen ve çok az gibi görünen bu 0,5 ile 1 °C arasındaki sıcaklık artımının, dünyanın çeşitli bölgelerindeki olumsuz etkileri her geçen yıl artıyor: Karasal ve deniz buzullarındaki erimeler, deniz düzeyindeki yükselmeler, artan orman yangınları ve diğerleri. Bugün yapılan kestirimlere göre, 2015 Paris sözleşmesindeki yaptırımlar yerine getirilse bile, 2100 yılında +2 °C sıcaklık sınırlaması korunamayacak. Yeryüzünün daha fazla ısınmasını önlemek için tüm dünya ülkelerinin sera gazları salmayan enerji üretim tekniklerini geliştirmelerinden, enerjinin korunumuna kadar bir dizi önlem almaları gerekiyor. Ülkelerin yükümlülüklerini ya da sözlerini ne ölçüde yerine getirebileceklerini ise zaman gösterecek. Öte yandan bunun, aşırı artan nüfus, konforlu ve savurgan yaşamla kolay kolay sağlanamayacağı da ne yazık ki bir gerçek.⁵⁻⁷ 2010 yılındaki dünya nüfusuna göre yapılan hesaplar, herhangi bir önlem alınmaması halinde, ortalama sıcaklığın 2°C artması durumunda dünyada 10 milyon kişinin, deniz yüzeyinin yükselmesinden etkileneceğini gösteriyor. Eğer ortalama sıcaklık artımı 2°C yerine, 1,5°C'ye çekilebilirse, denizlerin 10 cm daha az yükseleceği ve dünyadaki ekonomik zararın çok daha az olabileceği hesaplanıyor.

Son yıllarda tüm dünyada ve Türkiye’de artan orman yangınlarını ve can alan selleri biliyoruz. Almanya’da da iklim değişimi sonucu olduğu açıklanan Ağustos 2021 selleriyle Altenahr-Kreuzberg’de büyük yıkım oluştu. Oradaki binaların % 80’i yerle bir oldu. 134 kişi yaşamını yitirdi, 700’den fazla sakatlanan ve binden fazla evsiz kalan oldu. 68 köprüden 19’u yıkıldı. Sadece yolların onarımı için 100 milyon Euro gerekti. 200.000 ton çöpün kaldırılması 55 milyon Euro tutuyor. İnşaat çöpü, bu miktarın içinde değil. Böyle bir yıkım Almanya’da şimdiye kadar kaydedilmedi. BG 31 Aralık 2021

Glasgow iklim kararlarına rağmen 2050 yılında bile CO2 salınımı sürecek



Glasgow iklim kararlarına rağmen, bilimsel araştırmalar 2050 yılında bile Dünya’da fosil yakıtlarla elektrik üretiminin ve havaya CO₂ salınmasının süreceğini gösteriyor.

Dünya’daki durum

Tüm dünyada bir yandan aşırı nüfus artımı (bugün 7,9 milyar, 2050’de 10 milyar kişi), öte yandan gitgide artan konforlu ve savurgan yaşam için gereken elektriği karşılayabilmek amacıyla, tüm kaynaklardan elektrik üretimi gitgide artıyor (Dünya’da 2020’de

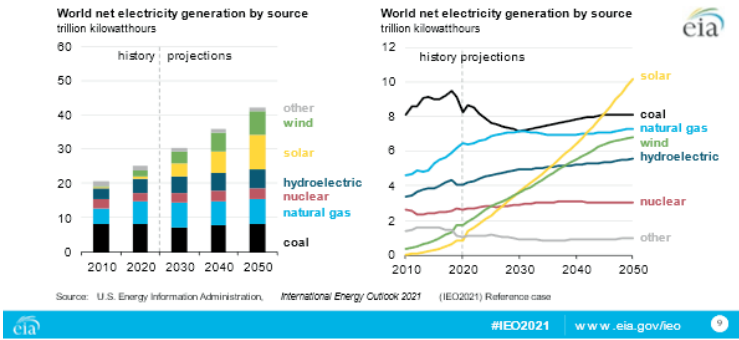
yaklaşık 26 Trilyon kWh olan elektrik üretiminin, 2050 'e % 43 artarak 44 Trilyon kWh' a ulaşması bekleniyor (*): Şekil 1). Elektrik üretimindeki bu enerji artımı, benzer şekilde primer enerjilerin kullanımında (endüstride, evleri ısıtmada ve trafikte) bugünkü gibi sürerse, havaya salınan CO₂ ve metan gibi diğer sera gazlarıyla dünyanın ortalama sıcaklığının ileride (2050 yılı ve sonrasında) 2° C'yi aşacağı ve gelecek kuşakların dünyayı yaşanamaz bir yer olarak bulacakları kesinleşiyor. Böyle bir durumun ortaya çıkmasını önlemek amacıyla, son 20 yıldır gitgide artırılan Yenilenebilir Enerjilerin (YE) tüm dünyada daha da artırılması ve kömürlü santrallerin kapatılması için ülkelerin planlar yapmasının gerektiği, son Glasgow (Kasım 2021) İklim Toplantılarında tartışıldı. Dünyanın ortalama sıcaklığındaki artımın 1,5 derecenin altına kalması planlarının da yapıldığı biliniyor.

Bazı ülkeler ve otomobil şirketleri (örneğin Mercedes) 2040 yılına kadar elektrikli otomobillere geçmeyi planladıklarını açıkladılar. Bunların elektriğinin de YE'den sağlanacağı öngörülmüyor. YE'ler yetecek mi? sorusu ise yanıtsız kalıyor. Bu toplantılardan medyaya aktarılan bildirilerde, aşırı nüfus artımının, konforlu ve savurgan yaşamın frenlenmesiyle ilgili önlemlerin alınması gerektiği ise izleyebildiğimiz kadarıyla, yer almıyor. Halbuki bunlar, enerji tüketiminin ve CO₂ artımının ana nedenleri!

Öte yandan Uluslararası Enerji Kurumu'nda (EIA ya da IEA /1/) ileriye dönük yapılan bilimsel araştırmalar, artan dünya elektrik üretiminde, YE'lerin payı her geçen yıl artmasına rağmen, 2050 yılında bile, artan enerji tüketimi sonucu, havaya salınan CO₂ azalmıyor, hatta az da olsa artıyor (Bkz. EIA-Şekiller 1 ve 2). Bu nedenle yapılan bilimsel araştırmalar, gelecekte CO₂ ve diğer sera gazlarının sınırlanamayacağını ve 'Nötral İklim' hedefine, varılamayacağını gösteriyor. Kaldı ki ileriye dönük bu kestirimler oldukça iyimser

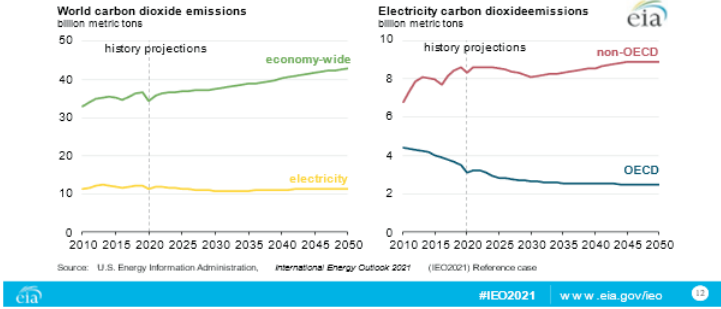
senaryolara dayanmakta olup, dünya'da sayıları 200'e varan ülkeler içinde bunların ne ölçüde uygulanabileceği ya da ülkelerin iklim toplantılarında fosil yakıtları azaltmaları doğrultusunda atıkları imzalara ne derece sadık kalacakları bilinmiyor. IEA, ilgili raporunun ön sözünde, dünya'da YE'lerle ilgili projelerin ağır ilerlediği, havaya 2021 yılında aşırı salınan CO₂ miktarının hatta bugüne kadar salınan miktarın çok üstünde olduğu vurgulanıyor

Figure 27

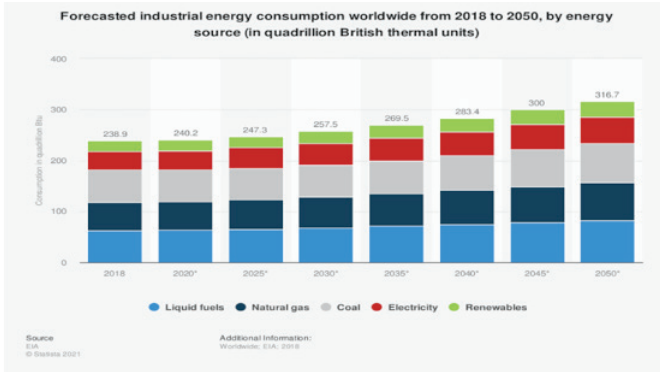


Şekil 1: Enerji kaynaklarına göre dünya elektrik üretiminde beklenen artım: (Trilyon kWh) Soldaki şekilden görüldüğü gibi YE'lerin payı 2050'ye doğru çok artmasına rağmen, kömür ve doğalgazın payları azalmıyor (Şekildeki sütunların siyah ve mavi bölümlerindeki gelişmelere bkz.)

Figure 30



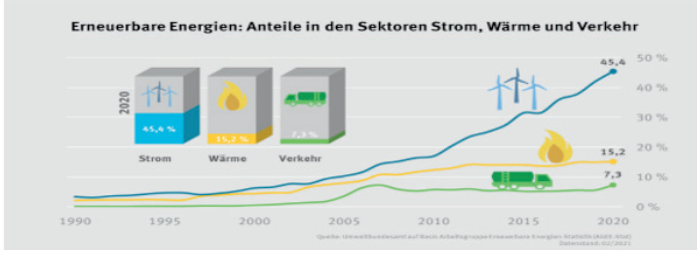
Şekil 2: Soldaki şekil tüm kaynakların katkılarıyla havaya salınan CO2 miktarlarındaki artışları, sağdaki şekil ise sadece elektrik üretimi sonucu havaya salınan CO2 miktarlardaki artışları gösteriyor.



Şekil 3: Dünya'da endüstrinin kullandığı enerji kaynaklarındaki yıllara göre gelişmelere bakıldığında, Yenilenebilir enerjiler (Renewables, yeşil) endüstride çok az kullanılabilir (EIA).

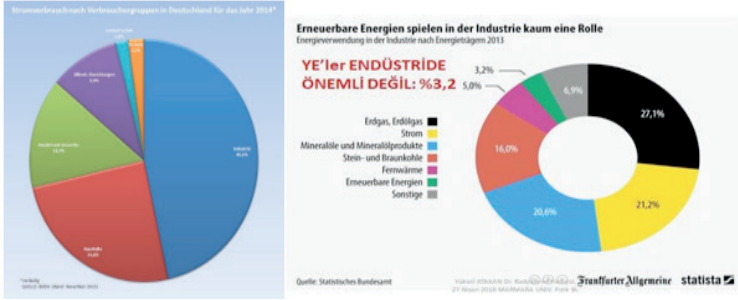
Almanya'da durum

Almanya'da, güneş ve rüzgar enerjilerinin özellikle son 10 yıldır büyük ölçüde arttığı biliniyor, bununla ilgili gelişmeler daha önceki yazılarımızda bulunuyor /3/.



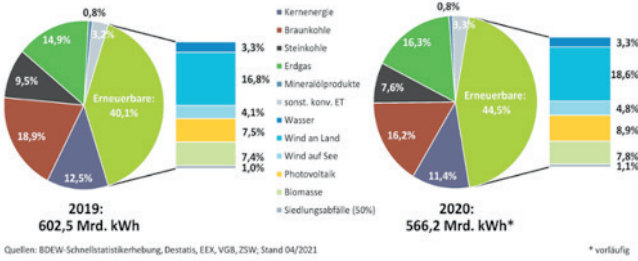
Şekil 4: Almanya'da YE'lerin ilgili sektörlerdeki payları, bunlardaki yıllara göre gelişmeler (Elektrik, ısı enerjisi ve trafik/araçlar olarak) görülüyor.

2020 yılında YE'lerin elektrik üretimindeki payı % 45, bunların ısı enerjisi ve trafikte (araçlarda) kullanılmasının payları ise sırasıyla % 15 ve % 7 kadar olmuştur. Endüstrinin kullandığı enerji kaynaklarıyla bunların payları Şekil 3 ve 4 de bulunuyor. Görüldüğü gibi endüstri, YE'leri çok az kullanabiliyor.



Şekil 5: Almanya'da 2014 yılında kullanılan elektrik enerjisinin sektörlere göre dağılımı görülüyor (En büyük pay % 46 ile endüstride), Şekil 4b: Yenilenebilir enerjilerin ise endüstrideki payı sadece % 3,2.

Bruttostromerzeugung nach Energieträgern in Deutschland Vorjahresvergleich



Şekil 6: Almanya'da 2019 ve 2020 yıllarında üretilen brüt elektrik enerjisinin çeşitli kaynaklara göre yüzde olarak payları gösteriliyor. Görüldüğü gibi toplam elektrik üretimi 2020 yılında (Corona kapanma yılı) bir miktar düşmüştür. 2021'de, YE'lerin toplamdaki payı % 45'e yükselmiştir

Almanya, 2020 yılında, büyük bölümü CO₂'den oluşan 739 milyon ton sera gazını havaya saldı (Kişi başı ortalama olarak 8 ton kadar). Bu değer, önceki yıllara göre gitgide artan YE'lerin kullanımı sonucu, epey azdır.

Not: Nisan 2023'de tüm nükleer santralleri kapatan Almanya, 2035'de de kömür santrallerini de kapatmayı planlamıştır. CO₂ vergisinin ton başına 50 ile 100 € olması nedeniyle ve 1000 MWe kurulu güçlü bir kömür santralinin yılda 800 milyon ton CO₂ salılabileceğini de göz önüne alan, santralleri işleten şirketler (ödenecek toplam vergiyi çok buldukları için) santralleri önceden 2030 yılında kapatabileceklerini açıklamışlardır. İleride YE'ler daha da arttırılsa bile, bunlar kömür ve nükleer enerjilerle üretilen elektrik miktarı açığını karşılayamayacaklarından, Almanya'nın AB şebekesinden elektrik satın alacağı beklenir. Alınacak elektrik miktarının büyük bölümü ise yine Fransa gibi komşularında üretilen nükleer enerji kaynaklı olacak.

Türkiye’de durum

Daha önceki bir dizi yazımızda Türkiye’de elektrik enerjisi üretimini ilerdeki beklentileri açıklamıştık (Bkz /3/. Bunları aşağıda kısaca güncelleyeceğiz.

Çizelge 1: Türkiye’de 2019 ve 2020 yıllarında üretilen elektrik miktarlarını gösteriyor.

Türkiye’de Elektrik üretimi (TWh); Yıllık Elektrik Üretiminin Kaynaklara Dağılımı (Enerji Atlası)				
Kaynak	2019 Üretimi (TWh)	2020 Üretimi (TWh)	Değişim (%)	2020 Oran (%)
Hidroelektrik	88,9	77,9	-12,4	25,8
Doğalgaz	56,5	68,0	20,4	22,5
İthal Kömür	60,4	62,5	3,5	20,7
Taş Kömürü, Linyit ve Asfaltit	52,7	43,8	-16,9	14,5
Rüzgar	21,7	24,6	13,4	8,1
Güneş	9,6	11,2	16,7	3,7
Jeotermal	8,9	9,3	4,5	3,1
Biyogaz	4,5	4,3	-4,4	1,4
Fuel-Oil ve Motorin	0,7	0,3	-57,1	0,1
Toplam	303,9	301,9	-2,0	100

Türkiye’de 2019 yılında havaya salınan sera gazları miktarı 506 milyon ton olmuştur.Bu, ortalama olarak kişi başına 6,0 ton kadardır (TUIK verileri).

Türkiye’nin ileriye dönük üreteceği elektrik miktarları içinde YE’lerin payı ne kadar artırılabilir? sorusuna yanıt verebilmek için, örnek olarak daha önce Güneş Enerjisiyle elektrik üretiminin 2030 yılındaki payını incelemiştik. Ayrıca havaya CO₂ salmayan Nükleer Enerji’nin 2030 yılında, toplam elektrik üretimindeki payının ne kadar olabileceğini de hesaplamıştık (Bunlarla ilgili açıklamalar ilgili yazı ve sunumlarımızda bulunuyor (Bkz /2, 3, 4/).

Elektrik üretiminde farklı enerji kaynaklarının karşılaştırılması

Konuya yabancı olanlar, örneğin **1000 MWe kurulu gücünde**, farklı enerji kaynaklarıyla çalışan elektrik santrallerinin, yıl boyunca

üretecekleri elektrik miktarlarını göz önüne almadan ya da bunları hesaplarla karşılaştırmadan, bunlar, sanki yıl boyunca aynı elektrik miktarını üreteceklermiş gibi düşünebilirler. Elektrik üretiminde bir santralin en çok üretebileceği elektriğin bir ölçütü olan ve **‘MW’ birimiyle gösterilen kurulu güç** önemli olmakla birlikte, çok daha önemlisi ilgili elektrik santralının **yıl boyunca üretebileceği elektrik miktarı olan MWh’tır.**

Örneğin, 1000 MWe kurulu güçteki bir güneş santralının yıl boyunca üretebileceği elektrik miktarıyla, aynı kurulu güçteki bir kömür ya da doğalgaz ya da nükleer santralin yıl boyunca üretebilecekleri elektrik miktarlarını karşılaştırarak farklılığı göstereceğiz. Güneş enerjisinden üretilen elektriğin yıl boyunca **ortalama verimi (kapasite faktörü)** örneğin Almanya’da % 11 iken daha çok güneşli ülkemizde bu, ortalama % 18 kadardır.

Karşılaştırmamızda ayrıca güneş santralının **300 MW / 900 MWh’lık bir güneş batarya tarlasıyla** donanımlı olduğunu var sayacağız. Bu demektir ki maksimum 300 MW kurulu gücündeki bataryalar her gün dolduktan sonra, örneğin geceleri 3 saat boyunca yakındaki bir kente elektrik vermeyi sürdürüyorlar. Hesap sonuçları Çizelge 2’de bulunuyor.

Çizelge 2: Farklı kaynaklardan yıl boyunca üretilen elektrik miktarlarının karşılaştırılması

ENERJİ KAYNAĞI	KURULU GÜÇ (MW)	SANTRALİN YILDA ÇALIŞMA SÜRESİ (h)	YILDA ÜRETİLEN ORTALAMA ELEKTRİK (MWh)	Toplam üretilen elektrik (MWh)	Güneş santraline göre, kaç kat daha çok MWh?
Güneş panelleri tarlası	1000	24 x 365 x 0.18	1.576.000 (1)	Güneş Toplam (1) + (2)	
Güneş batarya tarlası	300	3x365 x 0,80	262.800 (2)	1.838.800	1 x
Kömür, Doğalgaz santrali	1000	24 x 365 x 0.60	5.256.000	5.256.000	2,9 x
Nükleer santral	1000	24 x 365 x 0.80	7.008.000	7.008.000	3,8 x

Çizelge 2’den görüldüğü gibi 1000 MWe kurulu gücündeki (hatta ek olarak güneş batarya tarlasıyla donanımlı) bir güneş tarlası, aynı kurulu güçteki kömür ya da doğalgaz ya da nükleer santralin yıl boyunca üretebilecekleri elektrik miktarının, sırasıyla ancak 1/3, 1/3 ve 1/4 ‘ü kadarını üretebiliyor.

Güneş panelleri tarlalarının 10 yılda üretecekleri enerji

300 MW/ 900 MWh güneş batarya tarlasıyla donanımlı 1000 MW kurulu güçteki bir güneş tarlasından ülkemizde 2031 yılına kadar örneğin 10 adet kurulursa, 10 adet güneş santralinin yılda üretecekleri elektrik enerjisi kabaca:

$10 \times 1.838.800 = 18 \text{ TWh}$ olabilir. Bu ise 10 yıl sonra ülkemizde beklenen 500 TWh toplam elektrik tüketiminin ancak $18 / 500 = \% 3,6$ kadarını karşılayabilir (ileride beklenen elektrik üretimi için Enerji Bakanlığı internet sayfalarına bkz).

Güneş panellerinin adedi ve kaplayacakları alan

1000 MW_{peak} bir güneş tarlası (santrali) için ortalama 5 milyon güneş paneli gerekecek. Bunlardan 10 adet 10 yılda kurulacak olursa, toplam olarak 50 milyon güneş paneli ve toplam 20.000 Hektar’lık çok sayıda güneş tarlaları gerekecek (toplamı: 28.000 futbol sahası kadar!) /Bkz 4/. Önümüzdeki 10 yılda böyle büyük bir projenin, daha küçük kurulu güçlerle de olsa (100 MW’lık santraller gibi), gerçekleşmesi için ise Enerji Bakanlığı’nın ya da ilgili şirketlerin internet sayfalarında, izleyebildiğimiz kadarıyla, bir proje ya da planlama bulunmuyor. Düşüncemiz, önümüzdeki 10 yılda en çok 2-3 bin MW kurulu güçte güneş panelleri tarlalarının kurulabileceğidir.

Türkiye’de elektrik tüketimine nükleer enerjinin katkısı

Daha önceki yazımızda ve sunumumuzda /4/ ülkemizde 2030 yılına kadar ancak en fazla 4 adet Akkuyu nükleer reaktörlerinin kurulabileceğini / işletilebileceğini öngörmüş ve bu reaktörler tam kapasile ve sorunsuz çalıştırılabilirlerse, nükleer enerjinin, toplam elektrik tüketiminin ancak % 6 kadarını karşılayabileceğini hesaplamıştık (Nükleer santrallerin yapım sürelerinin 10 -20 yıl kadar uzun olmaları ve dövizle finansman sorunu nedenleriyle).

SONUÇLAR

Türkiye’de, 2030 ve sonraki yıllarda da güneş ve nükleer enerjiden elde edilebilecek elektrik enerjilerinin toplamı, gitgide artan elektrik tüketimini karşılamakta toplam olarak ancak % 10 -15 de kalabilecektir. Rüzgar, su ve diğer YE’lerin katkılarına ragmen, fosil ve nükleer enerjilerin ileride % 50 kadar katkıları olmaksızın elektrik tüketiminin karşılanamayacağı kestirilebilir. Bu nedenlerle Türkiye’de 2050’de de büyük oranda doğal gaz ve kömür enerjileriyle elektrik üretiminin sürdürüleceği kestirilebilir.

Dünya’da ve özellikle Türkiye’de gittikçe artan nüfus, aşırı elektrik tüketiminin ana kaynağıdır.

Bir örnek verilirse dünya’da gitgide artan internet kullanımı da yılda 300 nükleer santralin üretebilecekleri kadar elektrik tüketiyor (Bkz /5/).

Öte yandan güneş enerjisinin sorunlu yanları olduğu da göz önüne alınmalıdır. Unutmamalıdır ki bunların kurulmaları sırasında, uygun elektrik ağlarının, yol, su gibi yan projelerinin ve alt yapının da yapılması, lisanslanması ve öngörülen sürede gerçekleştirilmesi gerekiyor. Güneş tarlaları kurulurken çevredeki flora ve faunanın korumasına, panellerdeki zehirli maddelerin çevreye yayılmaması

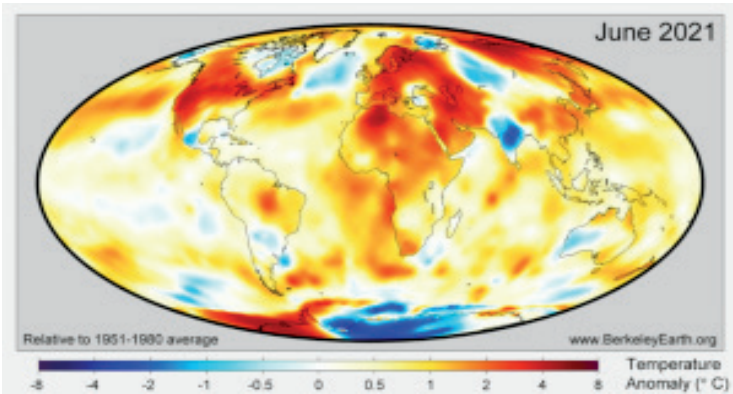
için kaliteli panellerin seçilmesine zen gösterilmesi gerektiğine ve 25 yıl kadar sonra da paneller işlevlerini tamamladıklarında, geri dönüşümlerinin yapılması da planlanmalıdır. Milyonlarca panel için uygun olacak atık depolarının da şimdiden planlanması, üzerinde önemle durulacak bir sorundur (Bunlarla ilgili bir dizi yazımız için Bkz /6,7,8/).

Fosil yakıtlarla elektrik enerjisi üretiminin ve sera gazlarının büyük lde azaltılmasında zm, her şeyden önce nüfus planlaması yapılması, konfor ve savurganlığı azaltacak, halkı bu yönde özendirecek önlemlerin alınması beklenir. Umarız uygulanır. BG 29 Kasım 2021

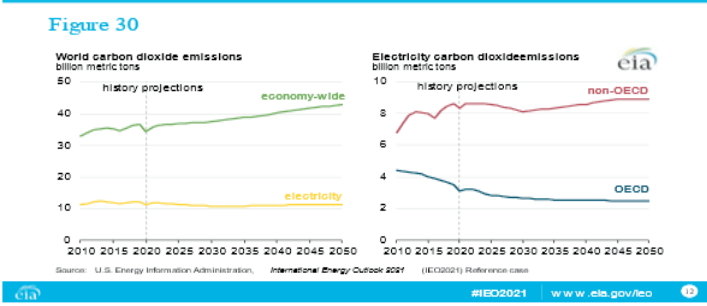
18. SERA GAZLARI SALINIMINDA DÜNYA VE TÜRKİYE BUGÜN NE DURUMDA?

Daha önceki yazılarımızda doğa ve insan kaynaklı sera gazlarının etkilerinin fizikiğini ve Dünya’da 1-2 derecelik sıcaklık artımının nasıl ölçülüp, hesaplandığını açıklamıştık. Bu yazımızda, Dünya’da ve Türkiye’de sera gazlarıyla ilgili gelişmeleri, geçmişten bugüne, şekillerle aktararak okuyucuların genel bir bilgi edinmelerine katkıda bulunmaya çalışacağız.

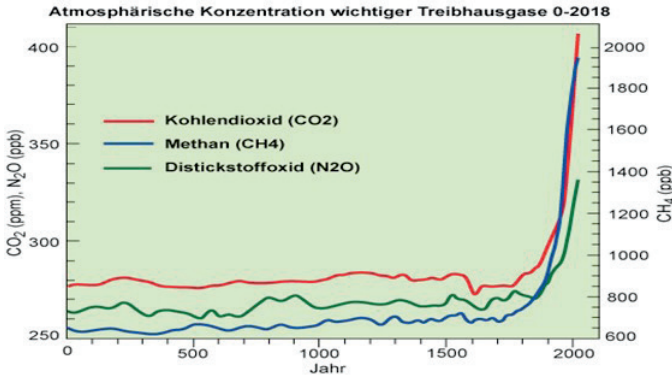
Berkeley Earth analizlerine göre **Şekil 1**’de, Haziran 2021’de, dünyanın çeşitli bölgelerindeki ortalama sıcaklıklardaki değişimler (anomaliler) gösteriliyor. Haziran 2021, 1850’den beri gözlenen dördüncü en sıcak ay olmuştur. Almanya ve daha birçok ülkede, Türkiye’nin doğusunda da sera gazlarının etkisiyle ortalama sıcaklıkta 2 °C derecenin üstünde artımlar **Şekil 1**’de kırmızı renkte gösteriliyor.



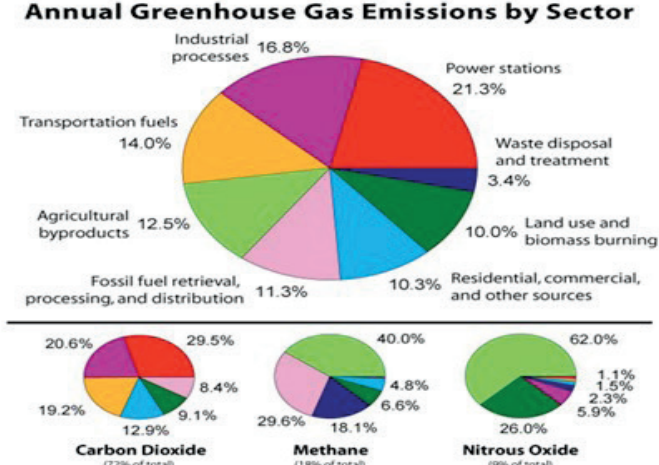
Diğer yazılarımızda çizelgelerle de verdiğimiz gibi, YY'lar boyunca atmosferdeki CO₂ miktarında 200 ile 300 ppm arasında değişimler olmuşken, CO₂ miktarı son yıllarda 400 ppm'e yükselmiştir (Önceki YY'daki değerler buzulların derinliklerindeki çeşitli katmanlardan alınan buz örneklerinde yapılan ölçümlerle hesaplanmıştır / oransal olarak, ppm: milyonda biri/).



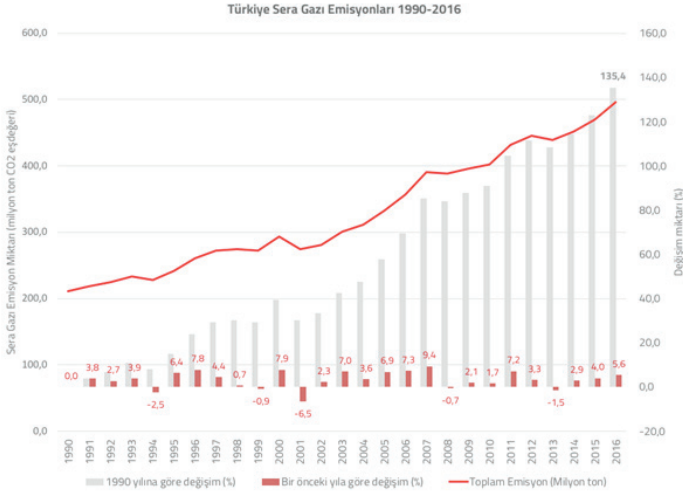
Şekil 2: Sol üst yeşil çizgi Dünya'da tüm kaynaklardan (geniş ekonomi) havaya salınan CO₂ miktarlarındaki artımları, alttaki sarı çizgi ve sağdakiler ise sadece elektrik üretimi sonucu havaya salınan CO₂ miktarlardaki artımları gösteriyor (milyar ton)



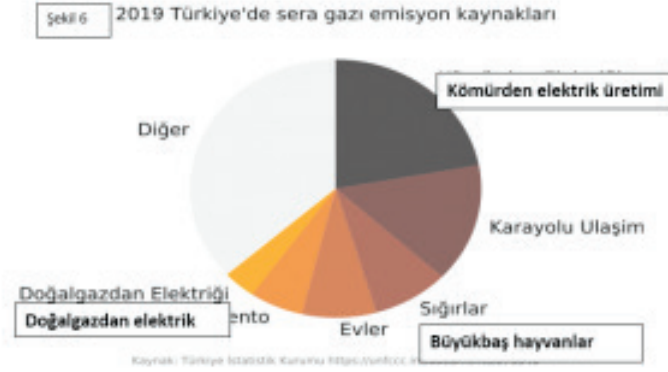
Şekil 3: Önemli sera gazlarının atmosferdeki derişimleri



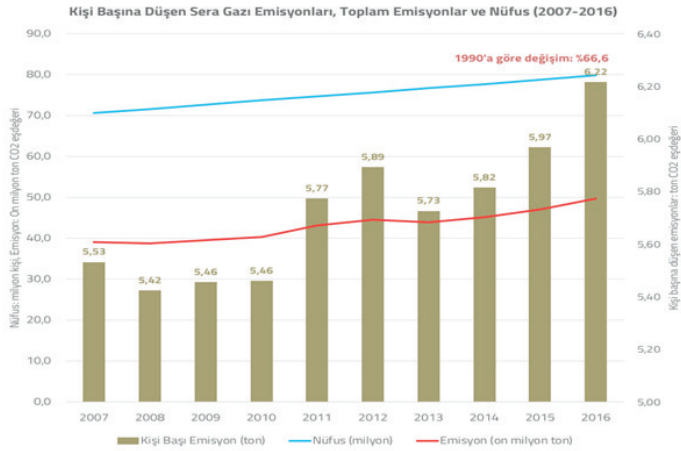
Şekil 4: Dünya'da sera gazlarının yayınlandığı sektörlere göre kaynakları
(Sera gazları: % 72 CO₂, Metan % 18, Kükürt dioksit % 9)



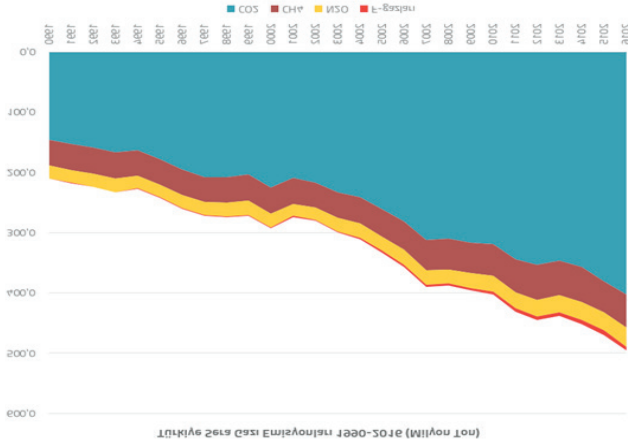
Şekil 5



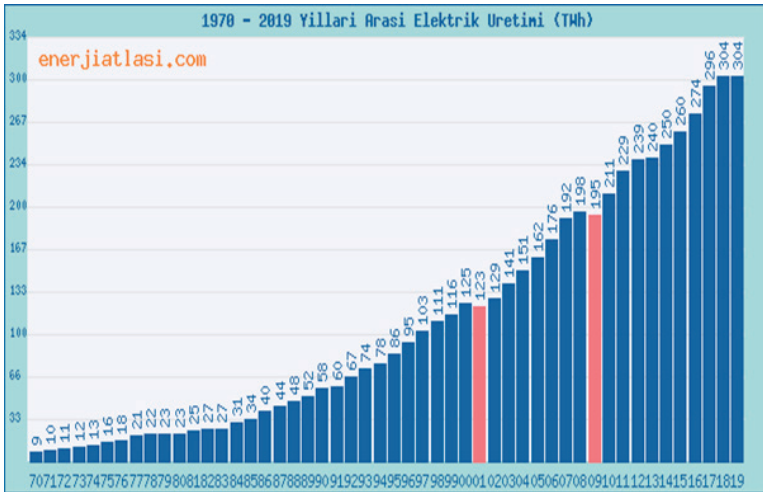
Şekil 6



Şekil 7: Türkiye'de kişi başına düşen ortalama CO₂ miktarı 2016 yılında 6,22 ton olmuştur



Şekil 8: Görüldüğü gibi en büyük katkırı CO2 veriyor



Şekil 9: Türkiye'de elektrik üretiminin her geçen yıl ne kadar arttığı görülüyor



Şekil 10: Sera gazları salınımindaki ayak izlerimize. Bireysel olarak azaltmamızın önemine dikkat çekilen öneriler. Bunlar sol yukarıdan aşağıya doğru: Mevsimlik yerel meyve ve sebze ye, daha az peynir ye, süt iç, çamaşırını soğuk yıka, daha az et ye, ikinci el giysi giy, bisiklet ve toplu taşıma kullan, geri dönüşümlü şişe bardak kullan, enerji tutumlu ampul kullan, gereksiz cihazları kapat, şarj edilebilir batarya kullan, fişi prizden çek.

Not: Bunların bir çoğunu pek kimsenin yapmayacağı/yapamayacağı da açık

Sonuç

Diğer yazılarımızda da vurguladığımız gibi aşırı artan nüfus, konfor ve savurganlık dizginlenmedikçe, daha fazla enerji gerekecek ve sera gazları salınımı sürecek. 2050’de Dünya nüfusu 10 milyar kişiyi bulurken, Türkiye 100 milyon kişiyi geçecek. Yenilenebilir enerjilerin kullanımının artmasına karşın, artan nüfusa ve yaşam tarzına bunlar yetmeyeceğinden fosil yakıtların kullanımının pek azalmadan 2050’de bile süreceği kestirimi yapılan bilimsel araştırmaların sonucu! /1-5/.HBT 28 Aralık 2021

19. DÜNYA İKLİMİNİ ETKİLEYEN 1-2°C SICAKLIK ARTIMI NASIL HESAPLANIYOR?

İnsan kaynaklı sera gazları

İnsan kaynaklı sera gazlarının, sanayi dönemi öncesine göre, bugün dünyanın ortalama sıcaklığını

0,9 ile 1,2 °C arasında artırdıkları hesaplanıyor. Bunlar, örneğin kömürlü elektrik santrallerinden salınan CO₂ başta olmak üzere metan, kükürtdioksit ve diğer eser gazlardan oluşuyor. Bu gazların atmosferdeki oranları sanayi dönemi öncesine göre iki katına yaklaşıyor. Örneğin, CO₂'in atmosferdeki miktarı 278 ppm'den 413 ppm'e yükselmiş (ppm: oransal olarak, milyonda biri).

1-2 derecelik sıcaklık artımıyla dünyanın iklimi nasıl değişebilir, dünya nasıl ısınır da bir çok yeri seller basar? Zaten her gün çok daha fazla sıcaklık değişimleri olmuyor mu?

Ayrıca, bu kadar az sıcaklık artımı tüm yeryüzünde nasıl ölçülüp, hesaplanabilir?

Bu yazımızda bu sorulara yanıt vermeye çalışacağız.

Buradaki sıcaklık değişimleri günlük, aylık ya da mevsimlik değişimler olmayıp, uzun yıllar binlerce yerde yapılan sıcaklık ölçümlerinin ortalama değerine göre ilgili yıldaki sapmadır; buna 'anomalı' deniyor.

Şekil 1: Eriyen kuzey denizi buzullarında ve artan orman yangınlarında ne yapacağımızı bilemeyenler! /1/



Çok geniş kıtalar, okyanuslar, denizler ve göllerle kaplı olan yer yüzünde, sıcaklık nasıl her noktada sürekli ölçülebilir ve yer kürenin sıcaklığının 1-2 °C arttığı hesaplanabilir? Yer yüzünün her noktasında ölçüm yapılacak olursa milyarlarca adet ölçüm istasyonu gerekiyor ki bunun gerçekleşemeyeceği, başka nedenlerle de, açık. Bu nedenle dünyada belirlenen kara ve denizlerdeki uygun 10.000'i aşkın, noktadaki sistematik ölçümlerle yetiniliyor. Ölçümler, hesaplamalar ve değerlendirmeler sonucu bulunan uzun yılların ortalaması da, bu değerden sapmalar da (anomali), bu nedenle, yaklaşık ve göreceli değerler olmak durumunda.

Bu ölçümleri, hesapları ve değerlendirmeleri dünyada bugün dört farklı kurum yapıyor /2/:

- 1- National Aeronautics and Space Administration (**NASA**),
2. National Oceanic and Atmospheric Administration (**NOAA**)
3. Hadley Centre, İngiltere **MetOffice** Climatic Research Unit University of East Anglia
4. Japonya Meteoroloji Kurumu (**JMA**).

Ölçümler, İngiltere'de 1850, ABD'de 1880,ve Japonya'da 1891'den beri yapılıyor.

Bu kurum'ların her biri biraz farklı ölçüm değerleri ve hesaplama yöntemleri kullanıyorlar.

NOAA'nın 1951 ile 1980 yılları arasındaki ölçümlere dayanan hesaplama ve değerlendirmelerine göre yer küresinin bu zaman aralığını kapsayan ortalama sıcaklığının + 14 °C derece olduğu belirlenmiştir ve bu değer, bugün yapılan ölçüm ve değerlendirmelerde 'uzun yılların ortalaması' olarak alınıyor. Bu değeri, başka araştırmacılar, 1961-1990 yılları arası için de, doğruluyorlar: $14,0 \pm 0,5$ °C (Jones et al 1999). **NOAA'nın bugün dünyada ilgili standarda uygun 14.000 ölçüm istasyonu bulunuyor ve buralarda iklimle ilgili sürekli ölçümler yapılıp, değerler merkeze bildiriliyor.** Ölçümler hem karasal (kıtalarda) hem de denizlerde yüzeysel olarak yapılıyor. Deniz yüzeylerindeki ölçüm sonuçları, gemilerden ve şamandıralardan /dubalardan alınıyor.

Çizelge 1'de uzun yılların ortalaması olan +14 °C dereceden sapmalar, bu dört kurumun değerlendirmelerine göre ve son 30 yılın ilk 2 yılıyla son 3 yılı için verilmiştir. Görüldüğü gibi, 2020 yılında, Japonya'daki kurumun değerlendirmesinin dışında, dünya ortalama sıcaklığındaki artım 1 derece kadar olmuştur.

Şimdiye kadar en sıcak yıl, ikinci sıcak yıl, üçüncü sıcak yıl görülüyor (Deutscher Wetterdienst) /1/

YILLAR	NOAA	NASA	MetOffice	JMA
1990	0,45	0,45	0,36	0,04
1991	0,39	0,41	0,34	-0,02

2018	0,83	0,85	0,76	0,31
2019	0,95	0,99	0,89	0,43
2020		0,98	0,92	0,47

Dünya ortalama sıcaklığındaki 1 °C artımın sonuçları !

Yukarıdaki açıklamalarımızdan ve Çizelge 1’den görüldüğü gibi yeryüzünün +14 °C derece ortalama sıcaklık değerinden sapmalar (anomaliler) uzun süredir çok kapsamlı ölçüm ve değerlendirmeler sonucu belirleniyor. Son 30 yıldır belirlenen ve çok az gibi görünen bu 0,5 ile 1 °C arasındaki sıcaklık artımının, dünyanın çeşitli bölgelerindeki olumsuz etkileri her geçen yıl artıyor: Karasal ve deniz buzullarındaki erimeler, deniz düzeyindeki yükselmeler, artan orman yangınları ve diğerleri. Bugün yapılan kestirimlere göre, 2015 Paris sözleşmesindeki yaptırımlar yerine getirilse bile 2100 yılında +2 °C sıcaklık sınırlaması korunamayacak. Yeryüzünün daha fazla ısınmasını önlemek için tüm dünya ülkelerinin sera gazları salmayan enerji üretim tekniklerini geliştirmelerinden, enerjinin korunumuna kadar bir dizi önlem almaları gerekiyor. Ülkelerin yükümlülüklerini ne ölçüde yerine getirebileceklerini ise zaman gösterecek. Öte yandan bunun, aşırı artan nüfus, konforlu ve savurgan yaşamla kolay kolay sağlanamayacağı da, ne yazık ki, bir gerçek /2,3,4 ve 5/.

2010 yılındaki dünya nüfusuna göre yapılan hesaplar, herhangi bir önlem alınmaması halinde, ortalama sıcaklığın 2°C artması durumunda dünyada 10 milyon kişinin, deniz yüzeyinin yükselmesinden etkileneceğini gösteriyor. Eğer ortalama sıcaklık artımı 2°C yerine, 1,5°C’ye çekilebilirse, denizlerin 10 cm daha az yükseleceği ve dünyadaki ekonomik zararın çok daha az olabileceği hesaplanıyor.



Son yıllarda Türkiye’de artan orman yangınları ve can alan selleri biliyoruz. Almanya’da da iklim değişimi sonucu olduğu açıklanan Ağustos 2021 selleriyle Altenahr-Kreuzberg’de büyük yıkım oluştu (Resim). Oradaki binaların % 80’i yerle bir oldu. 68 köprüden 19’u yıkıldı. Sadece yolların onarımı için 100 milyon Euro gerekti. 200.000 ton çöpün kaldırılması 55 milyon Euro tutuyor. İnşaat çöpü, bu miktarın içinde değil.

Sera gazı olayının tarihçesi

Sera gazı olayını tarihte ilk kez 1824’de Josef Fourier ortaya atıyor ve 1850’den sonra bu konuda araştırmalar yapılıyor. 1896’da fizikokimyacı Svante Arrhenius yeryüzünün insan kaynaklı CO₂ ile ısınacağını öngördüğünü açıklıyor. İlk kez 1938’de Guy Stewart Callendar sıcaklık ölçümlerine dayanarak küresel ısınmayı kanıtlıyor. II.Dünya savaşıdan sonra bu konuda bilimsel çalışmalar artıyor ve Roger Revelle, Hans E.Suess 1957’de büyük ölçekte küresel ısınmaya dikkat çekiyorlar. Nathaniel Rich 2019’da yayınlanan *Losing Earth* kitabında, yeryüzünün insan kaynaklı ısınmasını ayrıntılarıyla belgeliyor. Yer kürenin gitgide ısınmasının ana nedeninin, 1850’den bu yana atmosfere salınan insan kaynaklı sera gazları olduğunda artık bilim dünyası birleşiyor.

Fourier dizileriyle bildiğimiz matematikçi ve fizikçi **Josef Fourier (1768-1830)**, atmosferin, yeryüzünden yansıyan güneş ışınlarıyla gitgide ısınacağını bundan 200 yıl önce 1828 yılında ortaya atmıştır. Bu büyük Fransız bilim adamı, Fransız devrimine katılmış, tutuklanmış ve başını, giyotinden zar zor kurtarabilmiştir.

Not: Bu yazımız Bilim ve Gelecek dergisinin Ocak 2022 sayısında yayımlanmıştır.

20. DOĞU'DA 5000 MW'LIK GÜNEŞ SANTRALLERİ KURULABİLMESİ İÇİN NELER YAPILMALI?



Almanya bugünkü 59.000 MW'lık GES kurulu gücünü 2030'da 200.000 MW'a yükseltmeyi planlarken, Türkiye'nin en azından % 50 daha fazla güneş potansiyelimizle, Doğu'da planlanan 5000 MW GES'leri ve diğer yapılacaklarla birlikte toplam GES kurulu gücünü en azından iki katına yükseltebilmesi bile Almanya'dakilere göre çok az kalacaktır. Bu nedenle GES'ler daha da artırılmalıdır. Ayrıca GES'lerin elektrik ağları, yol ve su gibi gereksinimleri de planlanmalıdır.

Saygın bir parti başkanımız 13 Mart 2022'de Siverek'te "5000 MW gücünde güneş enerjisi santralleri kuracağız ve halka elektriği ücretsiz vereceğiz" sözünde bulundu ve bu miktarı Akkuyu Nükleer Güç Santralinin üreteceği elektrik miktarıyla karşılaştırdı. Bu karşılaştırmanın doğru olmadığını, aynı kurulu güçte Akkuyu'daki 4 reaktörün ileride üretebileceği elektriğe göre, güneş enerjisi sant-

rallerinin (GES), ancak beşte bir kadar elektrik üretebileceklerini bir yazımızda ayrıntılarıyla açıklamıştık.^{1,2} Daha sonra, parti başkanımız, Şanlıurfa'da 2.300.000 dönüm (yaklaşık 48 km²) verimsiz bir araziye güneş enerjisi santrali kurma düşüncesini de bildirdi.³



Aşağıdaki inceleme ve açıklamalarımıza yakından bakıldığında ve bunlar son 25 yılda ülkemizde ancak yapılabilen 7300 MW peak toplam kurulu gücündeki güneş enerjisi miktarıyla karşılaştırıldığında, 5000 MW peak (Yazıdaki tüm MW değerlerden, güneş ışığının en şiddetli olduğu saatlerdeki değerler anlaşılmalıdır) kurulu güçteki GES projesinin, çok büyük bir proje olduğu ve kısa sürede gerçekleştirilmesinin çok zor olacağı görülecektir. Türkiye'de yıllar önce, GES'lerde yılda en fazla 500 MW'lık kurulu güçte bir artım olabileceği kestirilmesine rağmen, bu artım geçen yıllarda gerçekleşmemiştir (Aşağıdaki Enerji Atlası verilerine bkz). Öte yandan, yılda 500 MW değil, hatta iki katı, 1000 MW'lık iyimser artım sağlanabilse bile, 2030 yılında, güneş enerjisinin Türkiye'nin toplam elektrik üretimine katkısının sadece % 5 düzeyinde kalacağını da hesaplamıştık.⁴ Sözü edilen 48 km²'lik verimsiz arazinin nerelerine ve hangi kurulu

güçlerde kurulabileceğinin belirlenmesinin yanı sıra, çok büyük olmasına rağmen, bu alan toplam 5000 MW kurulu güç için, aşağıda hesaplanacağı gibi, yeterli olmayacağından, başka uygun yerlerin de bulunması araştırılmalıdır. Bu amaçla, bir danışmanlık (consulting) bürosuna önproje yaptırılması gerekecektir. Böyle bir önprojeden alınacak sonuçlara göre GES'lerin tam olarak nerelerde, hangi MW kurulu güçlerde ve nasıl kurulabileceği, yan gereksinimlerle birlikte (elektrik ağı, su sağlanabilmesi, çok geniş panel tarlasında su boru hatları ve kablo kanallarıyla, yol ve gerekli tüm malzemeler gibi) ortaya çıkacak ve verilen sözün tutulabilmesi için gerekli hazırlıklara gecikilmeden başlanabilecektir umarız.

Türkiye’de bugün güneş elektrik santralleriyle ilgili genel durum

Türkiye’de GES’lerin durumu Enerji Atlası’na göre son bilgiler (2019)5

Kayıtlı Santral Sayısı:	667
GES Kurulu Güç:	7325 MWe Kayıtlı: 7116 Mwe
Kurulu Güce Oranı :	% 7,51
Yıllık Elektrik Üretimi:	~ 11.056 GWh
Üretimin Tüketime Oranı:	% 3,69
Lisans Durumu:	36 lisanslı, 631 lisanssız
	Buradan, kapasite faktörü ya da daha iyi anlaşılması için GES’lerin verimi hesaplanırsa $= 11.056 \text{ GWh} / 7325 \text{ MW} \times 24\text{h/g} \times 365 \text{ g/yıl} = \% 17,23 \text{ bulunur.}$

Bugün devrede Olan 10 büyük Güneş Enerjisi Santralleri

	Santral Adı	İl	Firma	Kurulu Güç
1)	Karapınar YEKA-1 GES	Konya	Kalyon Güneş Enerjisi	285 MW (1000 MW)

	Santral Adı	İl	Firma	Kurulu Güç
2)	Naturel & Esenboğa Enerji GES	Ankara	Naturel Enerji	118 MW
3)	Kayseri OSB Güneş Enerjisi Santrali	Kayseri	Kayseri OSB	50 MW
4)	Özkoyuncu Madencilik Balıkesir GES	Balıkesir	Özkoyuncu Madencilik	40 MW
5)	Teksin Enerji GES	Karaman	Teksin Enerji	33 MW
6)	Kıvanç 2 GES	Mersin	İlgaz Elektrik Üretim	31 MW (35 MW)
7)	Cıngıllı GES	Niğde	Cıngıllı Organik Tarım	26 MW
8)	Van Arısu Güneş Enerjisi Santrali	Van	Boydak Enerji	24 MW (45 MW)
9)	Fernas 4 GES	Burdur	Fergün Enerji	20 MW
10)	Küçükköy GES	Antalya	RES Anatolia Holding	19 MW

Yukarıdaki çizelgeden görüldüğü gibi santrallerin çoğu 100 MW kurulu gücün altındadır. En büyüğü 1000 MW'lık Konya-Karapınar olup bugün 285 MW'lık bölümü çalışmaktadır. Kalanının yapımı sürüyor (Nisan 2022).

5000 MW kurulu güçteki güneş enerjisi santralleri için ne kadar alan gerekir?

Öngörülen 48 km²'lik verimsiz arazinin, toplam 5000 MW kurulu güç için yetmeyeceği Karapınar örneğiyle görülebilir: 1000 MW'lık Karapınar 20 km²'lik bir alana kuruluyor. 5000 MW için 100 km² arazi gerekecektir. Bu alan, öngörülen 48 km²'lik arazinin yaklaşık iki katıdır. Ayrıca ileride Doğu'daki çeşitli kentlere elektrik verilmesi de düşünüldüğünden ve buralarda başta sulama yapılması için pompaları çalıştırmada elektrik kullanılacaksa, GES'lerin bu kentlere yakın olmaları gerekir. Bu nedenle, 5000 MW'lık toplam kurulu gücün 5-50 kadar daha küçük güçlere bölünerek farklı yer-

lerde GES'lerin kurulması çok daha yararlı olacaktır. Örneğin eğer 1000 MW'lık 5 adet GES yapılırsa, bunların her biri için, 1000 MW'lık Konya Karapınar GES örneğiyle 20 km²'lik uygun arazi gerekir. 100 MW'lık çok daha küçük GES'ler yapılacaksa, o zaman bunlardan 50 adet gerekecektir ki, dağlık bölgesi çok olan Doğu'da yol, su ve elektrik dağıtım hatlarının yapımı da düşünüldüğünde, her birinin 1,65 km² kadar geniş alanları kaplaması sorunlar yaratabilir. Farklı yerlerde bu sayıda yaklaşık 1,65 km x 1 km alanlar bulunabilir mi, araştırılmalıdır.



Konya-Karapınar'daki güneş santrali.

Binaların çatılarına da GES'ler kurulmalı

Panellerin bir bölümü binaların çatılarına, duvarlarına ve kullanılmayan suların yüzeylerine de kurulabilir. Almanya'da toplam panellerin % 70 kadarı çatılardadır. Türkiye'de ise bu oran sadece % 7'dir. 5,6 Çatılar, ayrıca elektrik ağı gerektirmedikinden ve giderleri bina sahiplerince karşılanacağından devlete yük olmayacaklardır. Ancak çok kişinin bunları kurduracak gücü olmadığından vergi indirimi yoluyla çatı GES'leri desteklenmelidir.

Kaç adet panel gerekir?

Panel adedi, seçilen panellerin Watt cinsinden gücüne bağlı olarak değişiyor. 1000 MW kurulu güç için, Karapınar GES örnek alınarak 285 Watt'lık panellerden 3,5 milyon adet ya da biraz daha büyük güçte olanları kullanılırsa 3 milyon kadar panel gerekecektir (Şirketin prospektinde 3,3 milyon yer alıyor). Bunlar uygun açılarla hafif eğimli arazide güneye bakan yönde yerleştirilebilirlerse verim artacaktır. Her bir GES alanı, elektrik kayıplarını azaltmak için, kullanılacakları yerlere (yerleşim yerleri, tarlalar) yakın olmalıdır.

Güneş tarlalarına yer seçimi ve hazırlıklar

Güneş elektrik santrallerinin kurulmasında, en büyük sorun hem flora ve faunayı bozmayacak, hem de güneş enerjisi teknolojisine göre elektrik üretim verimine en büyük katkıyı sağlayacak uygun ve geniş alanların bulunabilmesidir. Bu nedenlerle, GES'in kurulacağı arazi gün boyu en yüksek güneş enerjisi potansiyeline sahip olacak şekilde seçilmeli ve ilgili tüm yasalara ve yönetmeliklere uyacak şekilde gereken izinler alınmalıdır.8,9,10 Kurulacak alan güneye bakmalı, tarım arazisi ve kesilecek ağaçlıklı bölgeler, gölgeli yerler fazla olmamalı, yanınında taş ocakları gibi tozlu yerler, yollar bulunmamalı. Paneller tozla kirlendiğinde, toz tabakası ışınları tuttuğundan, panellerin elektrik üretme verimi düşecektir ve sık sık yıkanmaları gerekecektir.

Türkiye'deki elektrik santralleri adetleri ve kurulu güçleri (Teiaş Şubat 2022).

BİRİNCİL KAYNAKLARA GÖRE SANTRAL ADETLERİ VE KURULU GÜÇ		
BİRİNCİL KAYNAK	SANTRAL ADEDİ	KURULU GÜÇ (MW)
AKARSU	603	8.218,5
ASFALTIT KÖMÜR	1	405,0
ATIK ISI	94	390,9
BARAJLI	143	23.293,9
BİYOKÜTLE	380	1.661,0
DOĞALGAZ	352	25.354,0
FUEL OİL	9	251,9
GÜNEŞ	8.535	7.953,3
İTHAL KÖMÜR	15	8.993,0
JEOTERMAL	63	1.676,2
LÜKYİT	47	10.142,5
LNG	1	2,0
MOTORİN	1	1,0
NAFTA	1	4,7
RÜZGAR	355	10.711,0
TASKÖMÜR	4	840,8
TOPLAM	10.604	99.890,1

Güneş santralleri kurulmadan önce, panellerin yerleştirilebilmesi için geniş toprak yüzeyinin genellikle temizlenmesi (boyları büyük bitkilerin ve varsa ağaçların kesilmesi) gerekiyor. Bu nedenle boyları büyük bitki ve ağaçlık bölgeler seçilmemeli. Panellerin monte edildiği metal konsolların da toprağa yerleştirilen beton ya da metal ayaklara (sütunlara) sabitlenmesi gerekiyor. Bunlar ekosistemi bozuyor (bitkilerin, böceklerin ve bunlarla beslenen kuşların ve diğerlerinin etkileneceğinin de düşünülmesi gerekiyor). Güneş tarlasının ilgili binalarının, ana ve ara yollarının yapılması, su boru hatlarının ve kablo kanallarının döşenmesinin ilk öncelikler olduğu bilinir. Trafo ve elektrik ağının da sonradan yapılacağı planlanıp, GES toplam fiyatı ona göre belirlenmelidir.

Daha çok tarlalara su pompalamada kullanılacaksa...

Güneş enerjisinden elde edilen elektrikle sulama pompaları çalıştırılarak tarımsal sulama yapılması çok önemlidir. Öte yandan bilindiği gibi GES'ler özellikle yaz aylarında ve Güneş ısısının en şiddetli olduğu öğle saatlerinde en fazla elektrik üretirler. Ancak

genellikle yazları ve öglenleri sulama için uygun zaman değildir. Akşamüstü sulama yapıldığında ise toprak sıcak olduğundan suyun büyük bölümü toprağın derinliklerine inmeden buharlaşır. Bu nedenlerle sabah çok erken saatlerde sulama yapılması en uygun zamandır. Bu saatlerde ise güneş enerjisi gereken elektriği üretmede genellikle yetersiz kalacak, sulama için çekilen elektrikte güneşin payı ya olmayacak ya da az olacak ve gün boyu üretilen elektrik tam kapasiteyle kullanılamayacaktır. Gerçek durum, ilgili bölge ve yörede araştırılmalıdır.

Üretilen elektriği depolamak

Gündüzleri Güneş'ten üretilen elektriği depolamak ve sonra kullanmak için batarya tarlaları planlanması da düşünülmelidir. Güneş santralleri günde ortalama 7-8 saat çalışabildiklerinden, özellikle aşırı güneşli günlerde üretilen elektriğin kullanılmayan bölümünü depolayabilmek ve böylelikle santralin verimini artırmak için çok sayıda büyük akü (pil) tesislerinin güneş santrallerinin yanına kurulması yararlı olur. Batarya tarlalarının çok büyüklere bugün Avustralya ve ABD'de GES'lerin yanında bulunuyor.¹¹ Özellikle yaz aylarında ve öğle saatlerinde GES'lerde üretilen kullanılmayan elektriğin fazlasını aşağıdaki havuzlardan, tepelerdeki havuzlara pompalayıp, elektriğin gerektiği saatlerde, suyu aşağı salarken bir türbinden geçirip tekrar elektrik üretilmesi de planlanabilir. Böylelikle epey paraya mal olacak GES'ler tam kapasiteyle kullanılabilecektir.

Panellerin toz tabakasından arındırılması

GES çiftliklerinde panellerin üzerinde zamanla biriken toz tabakaları güneş ışınlarını bir miktar soğurduğundan elektrik üretim verimi düşüyor. Bu nedenle yıkama ya da otomatik kuru temizle-

meyle, panellerin toz tabakalarından zaman zaman arındırılmaları gerekiyor. Bu nedenle, geniş alanlara yayılan güneş panellerinin yılda bir kaç kez yıkanıp temizlenmesi için büyük miktarda su kullanımı ve suyun pompalarla yakınlarda bulunan sulardan ya da yeraltı suyundan çekilmesi ve bu çok geniş panel çiftliğine ayrıca pompalanması gerekiyor (Örneğin her biri 200 hektar= 2.000.000 m² = 1414 km x 1414 km kare alan). Bu ise, aşırı miktarda su ve elektrik enerjisi kullanımıyla sonuçlanıyor. Bunlar da hesaplanmalı. Bir panelin temizlenmesi için gerekli temizlik sıvılarının yanı sıra, ortalama 1-2 litre su gerekebiliyor, bu 100 MW'lık bir santraldeki yaklaşık 500.000 panel için her yıkamada 500-1000 ton su miktarı kadar demek olup, bu işlem için, suyun ve personelin de hazırda bulundurulmaları gerekiyor. Yıkamanın otomatik yapılmasının personel giderlerini azaltacağı açıktır. Panellerin elektrikli hareketli sistemlerle de yıkanması olası. Bununla ilgili çeşitli tasarımlar bulunuyor. Panellerin yağmurla temizlenebilmesiyle verimlerinin azalmaması, ayrıca ekosistemin olduğunca korunabilmesi amacıyla panellerin yatay değil, çok sık olmayacak şekilde genellikle % 30 eğimli olarak yerden en az 1 m yüksekteki konsollara yerleştirilmesi yararlı olacaktır. Açık optimizasyonu daha incelikli yapılabilir: Türkiye ortalama 40 derece, baharda 39 derece enlemedir. Sulama daha çok ilkbaharda (Mart sonu) gerekeceği için, optimize etmek açısından, panellere % 39 eğim verilmesi daha uygun olur.¹² Böylelikle, hem yağmurlarla panellerin doğal yıkanması sağlanırken hem de panellerin altında hava akımı oluşur, topraktaki yeşillik ve çiçeklerle bunlarla beslenen arı ve yararlı böceklerin doğal yaşamı pek bozulmaz ve sıcak toprağın ısı enerjisi de panellere daha az iletilir (Paneller çok ısınırsa, bunların elektrik üretim verimi düşüyor. Bu durum, kullanılırsa, bataryalarda da böyledir). Panellerin su kullanılmadan temizlenmesiyle (kuru temizleme) ilgili

farklı teknikler bulunuyor. Ancak bunlar GES tarlalarında henüz uygulanmıyorlar. Özellikle suyun az olduğu yerlerde kullanılabilirler. İlk vibrasyon tekniği denebilecek panellerin hızlı titreşimle tozlardan kendiliğinden arındırılması.¹³ Ancak titreşimlerin panel içyapısında herhangi bir bozukluğa neden olup olmayacağı, bu yöntemle temizleme ara sıra olsa da uzun yıllar sonunda panellerin içinde bozulma olup olmayacağı denenmiş değil. Diğer ultrasonik teknik olup bununla ilgili çeşitli araştırma ve uygulamalar sürüyor ama henüz GES tarlalarında kullanılmıyor.¹⁴

Hurdaya çıkacak paneller

Panellerdeki güneş hücrelerinin 25-30 yıl sonra verimleri iyice düştüğünden, eskiyen panellerin hurdaya çıkarılmaları gerekiyor. Milyonlarca panel için GES'lerin çevrelerinde uygun kapalı depo yerleri kurulması da planlanmalıdır. Hurdaya çıkan panellerin içindeki zehirli maddelerin ve panel malzemesinin geri dönüşümünün yapılması hazırlıkları da yapılmalıdır.¹⁵ İçlerinde çeşitli zehirli kimyasallar bulunan milyonlarca güneş panelinden 25-30 yıl sonra dağ gibi yükselecek çöplerin zamanla çürümesiyle toprağa, bitkilere ve yeraltı sularına karışacak zehirli maddelerin sonunda çevredeki insanlara ulaşacağı düşünülerek, zehirli maddeleri az olan paneller seçilmelidir. Panellerin yapısındaki cam, alüminyum, silisyum gibi tüm değerli maddelerin de ileride geri dönüşümlerinin önceden planlanmasının önemi büyüktür. Almanya'da güneş santralleri kurulurken lisanslama döneminde, ilgili yasa ve yönetmelikler uyarınca, santrali kuran kurumun, 25-30 yıl sonra hurdaya çıkacak panelleri sökeceği, bunların depolanacağı yerleri açıklaması ve geri dönüşümlerinin yapılacağını garanti etmesi gerekiyor. Benzer maddelerin, Türkiye'de de ilgili yönetmeliğe alınarak her güneş santrali için ruhsat (lisanslama) döneminde uygulanması yararlı olur.

Panellerin bir bölümü, 25-30 yıllık normal sürelerinden önce de bozulabildiklerinden yenileriyle değiştirilmeleri gerekiyor (Aşırı sıcak ve soğuk hava koşulları, şiddetli dolu ve taşıma yerleştirmede ortaya çıkan hasarlar gibi nedenlerle). Deneyimler, toplam panel sayısının ortalama olarak % 3 kadarının normal kullanım sürelerinden önce bozulmalar sonucu hurdaya çıktığını gösteriyor, bunlar yenileriyle değiştiriliyor. Paneller satın alınırken, ucuzuna gidilmemesi, kaliteli olanların seçimine özen gösterilmesi ilerideki sorunları azaltıyor. Örneğin kalitesiz, ince alüminyum çerçeveli paneller aşırı sıcaklık nedeniyle zamanla eğilip büküldüğünden, tüm panelin kırılıp bozularak işlevini görememesiyle sonuçlanabiliyor.

GES'lerin maliyeti

GES'lerin arazi fiyatı dışında, hafriyat, arazinin temizlenmesi, panellerin satın alınması, taşınması, yerlerine sabitlenmesi ve diğer tüm gerekli malzemeler ve işçilik gibi giderlerle birlikte toplam maliyeti, 1 MW başına 1,2 milyon USDS kestirimiyle 5000 MW için en az 6 milyar usd tutabilir.16 Sayın parti başkanımızın sözünü ettiği 3 milyar USD'lik tutarın, arazi devlet arazisi olsa bile çok az olduğu öngörülmüştür. Arazinin bir bölümü devlet arazisi değilse ve trafo ve elektrik ağının da yapımı (şebeke) gözönüne alındığında maliyetin 8-10 milyar UDSD'yi bulabileceği beklenir. Bir güneş panelinin yapımı için kullanılmış olan enerjiyi, panel, üreteceği elektrik enerjisiyle ancak 3 yılda karşılayabiliyor. Amortismanı ise ortalama 7 yıl kadar sürüyor. Güneş santralleri için çok sayıda panelin yanı sıra, konsol, beton, metal ayaklar gibi çok çeşitli malzeme gerektiğinden, güneş santrallerinde, diğer santrallere göre çok daha fazla malzeme (özellikle beton ve demir) kullanılması gerekiyor. Maliyetin yüksek olmasının ana nedeni de bunlar.



Su yüzeyine kurulan panellere bir örnek.

Türkiye'nin 2019-2023 enerji planlaması

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığınca yayınlanan teknik raporda 17 yenilenebilir enerjilerle ilgili hedef olarak şu cümle yer alıyor: “Yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik kurulu gücünün toplam kurulu güce oranının % 59’dan % 65 seviyesine yükseltilmesi sağlanacaktır.”

Buna göre, güneş, rüzgâr, su (hidrolik), biyokütle vd. birlikte yenilenebilir enerjilerde toplam olarak sadece % 6’lık bir artım öngörülmüştür. Güneş enerjisi kurulu gücünde 2023 yılındaki hedef ise 10.000 MW’dır. Bu hedef ise, Türkiye’nin yüksek güneş potansiyeline göre çok azdır. Ayrıca hedefler konurken nerelerde, hangi kurulu güçlerde, kaç adet ve hangi tarihlere kadar GES’lerin yapılacağı, bu teknik raporda da Enerji Bakanlığı internet sayfalarında da bulunmuyor. Böyle bir planlamanın en azından 2030 yılına kadar yapılması beklenir. Doğuda kurulması düşünülen 5000 MW GES için bir an önce hazırlıklara başlanması çok yararlı olacaktır. Bugünkü GES kurulu gücü (2022 Şubat) ise sadece 7953 MW’dır.18

Almanya ile karşılaştırma ve sonuç

Yukarıda belirtildiği gibi binaların çatılarındaki GES oranı da Türkiye’de çok az olup toplam güneş enerjisi kurulu gücünün sadece % 7’si kadarıdır. Bu oran, Almanya’da % 70’dir.6 Almanya bugünkü

59.000 MW'lık GES kurulu gücünü 2030'da 200.000 MW'a yükseltmeyi planlarken, Türkiye'nin en azından % 50 daha fazla güneş potansiyelimizle, Doğu'da planlanan 5000 MW GES'leri ve diğer yapılacaklarla birlikte toplam GES kurulu gücünü en azından iki katına yükseltebilmesi bile Almanya'daki gelişmelere göre çok az kalacaktır. Bu nedenle GES'ler daha da artırılmalıdır. Ayrıca GES'lerin elektrik ağı, yol ve su gibi gereksinimleri de planlanmalıdır.



Her yandan hava akımının sağlandığı, yazları sıcak toprağa yapışmayan, ekosistemi pek bozmayan bir GES.

Doğu'da 5000 MW kurulu güçte GES kurulması sözünün yerine getirilebilmesi için, yukarıdaki açıklamaların incelenerek ilgili sorunlara çözümler getirilmesi önemlidir. Yeni GES'nin, düşünülen 48 km²'lik alana öncelikle kurulması; ancak bu alan 5000 MW'ın en fazla yarısı için yetebileceğinden, arta kalan GES'lerin ilgili kentlerin yakınlarındaki yerlerde, örneğin eski endüstri ve kömür ocak bölgelerinde, eski hava alanları gibi artık kullanılmayan yerlerde, evlerin çatılarında, baraj göllerinde ve diğer kullanılmayan suların yüzeylerinde kurulmaları, ekosistemi önemli ölçüde koruyacaktır. İleride ortaya çıkacak milyonlarca panelin de geri dönüşümleri planlanarak 20-30 yıl içinde panel çöplüklerinin ortaya çıkması ön-

lenmelidir.¹⁵ Umarız tüm bunları araştırılıp bir önproje yapılır ve 5000 MW'lık GES'ler Doğu bölgesinde kurulur ve çevre halkına elektrik ücretsiz verilebilir. 29 Nisan 2022

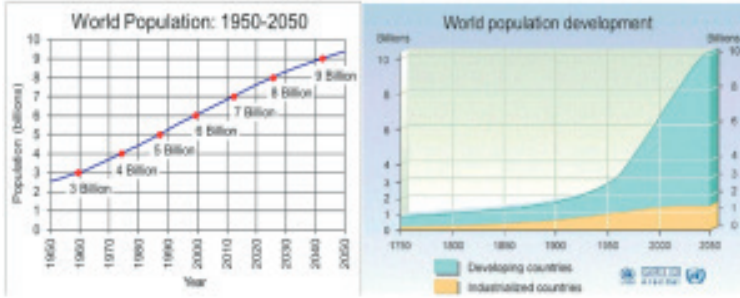
21. DÜNYA VE TÜRKİYE ELEKTRİK TÜKETİMİNE 2030-2040 YILLARINDA GÜNEŞ, RÜZGÂR VE NÜKLEER ENERJİLERİN KATKILARI NE KADAR OLABİLİR?

Gitgide artan nüfus, konforlu ve savurgan yaşam sonucu artan elektrik tüketimine, güneş, rüzgâr ve nükleer enerjilerle üretilen elektrik yetişemiyor, arslan payı ileride de yine fosil yakıtlarda. Dünya'daki ve Türkiye'deki durumun ayrıntılı bir analizi.

Dünya ve Türkiye'de aşırı nüfus artımı

1970'de 3,8 milyar olan dünya nüfusu, gitgide artarak 2020'de 7,8 milyara ulaştı, 2040'ta da 9 milyarı bulacağı hesaplanıyor (Şekil 1). Şekil 2'den görüldüğü gibi, nüfus artımı, sanayi ülkelerinde çok az kalırken, gelişmekte olan ülkelere ise 1950'den sonra şaha kalkıyor ve 2050 de sanayi ülkelerini 10 kat geçecek. 1970'de 35 milyon kadar olan nüfusumuzun da 2020 yılında 84 milyonu geçtiği açıklanıyor (<https://worldpopulationreview.com/>), ileride 100 milyonu bulacağı da hesaplanabilir. Dünyada olduğu gibi Türkiye'de de gitgide artan nüfusun yanı sıra, konforlu ve savurgan yaşam da daha çok elektrik gerektiriyor. Neredeyse herşeyin üretim ve tüketiminde elektrik kullanılıyor.

Şekil 1 ve 2: *Gitgide artan dünya nüfusu (yıllara göre milyar)*



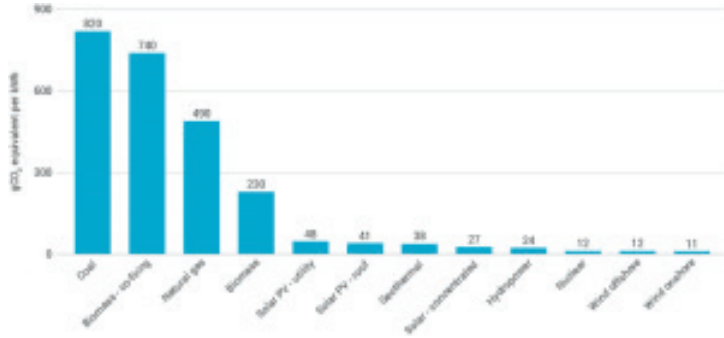
Örneğin gıda ve kullanım maddelerinin, TV, cep telefonlarının üretim ve kullanımında, hatta evlerimize pompalarla basılan musluk suyu ve internet için de elektrik gerekiyor. Tüm dünyada internette harcanan elektrik, 300 nükleer santralin ürettiği elektriğe eşdeğer /20/. Dünyaya gelen her kişi elektrik tüketimini artırıyor. Dünyada bilim ve teknoloji dallarında çalışan uzmanların ileriye dönük yaptıkları hesaplar, 2030/2040' yıllarında güneş, rüzgâr, su gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından sağlanabilecek elektriğin, artan nüfusun kullanımına yetmeyeceği ve elektrik üretiminin yarısından fazlasının yine sera gazları yayan fosil yakıtlardan karşılanabileceğini gösteriyor (Şekil 3). Bu nedenle, eğer elektrik üretiminin artarak sürmemesi, özellikle iklimin zararlı gazlarla daha fazla bozulmaması ve çevrenin kirlenmemesi isteniyorsa, gelişmekte olan ülkelerde nüfus planlamasının yapılması, konforlu ve savurgan yaşamımızın dizginlenmesi gerekiyor. Ancak bu, her kişinin yaşam tarzıyla ilgili olduğundan, pek değişeceği de beklenmiyor. Devletlerin özellikle nüfus politikaları, toplumların eğitim ve bilinçleri değişmedikçe, dünya halklarının daha fazla elektrik üretip tüketerek, ne yazık ki, hem iklimin bozulması, hem de çevrenin zararlı maddelerle kirlenmesi süreci.

İklim değişimine büyük katkısı olan CO₂ ile birlikte başka sera gazları da salan kömür, petrol ya da doğal gazla çalışan (fosil kaynaklı) elektrik santralleri yerine, kimimiz nükleer santrallerin, kimimiz ise güneş ve rüzgâr enerjili santrallerin daha çok sayıda yapılması gerektiğini ileri sürüyor. Çünkü güneş, rüzgâr ve nükleer enerjilerden elektrik üretilirken sera gazları salınmıyor (Bkz.Şekil 4). Ayrıca, savunana göre, bunların başka olumlu özellikleri de var ve tüm bu nedenlerle bunlar iklim ve çevre için tertemizler.

Şekil 3: 2018 – 2040 yılları arasında dünyadaki elektrik üretiminde kullanılan enerji kaynaklarına göre artımı görülüyor. Yeşille gösterilen ve 2040'da toplamın yarısından daha az kadar olabilecek elektrik su, güneş, rüzgâr, biyokütle gibi enerjiler, yenilenebilir enerji kaynaklarından geliyor (Not: Aşağıdaki grafik 2050 yılına kadar uzanıyorsa da, biz ileride yeni başka teknolojilerin (hidrojen, füzyon) devreye girebileceğini öngörerek kestirimlerin 2040 yılında kadar geçerli olabileceğini varsayıyoruz).



Şekil 4: Şekilde, çeşitli enerji kaynaklarından üretilen her kWh (*) elektrik miktarı başına, havaya salınan CO₂ miktarı kabaca gram olarak gösteriliyor. Absiste soldan sağa: kömür, biyokütle kömür karışımı, doğal gaz, güneş fotovoltaik santral, güneş fotovoltaik çatı, geotermal, konsentre güneş, hidrolik (su), nükleer, rüzgâr santral, denizde, rüzgâr santral, karada



Daha önceki bir dizi yazımızda Güneş Enerjisinden Elektrik Üretiminin tarihçesini, dünyadaki ve ülkemizdeki gelişmelerini, sorunlu yanlarının giderilmesini, hurda panellerdeki zehirli maddelerin geri dönüşümlerini, yüzer güneş santrallerini ve ülkemizin elektrik üretimine ileride olabilecek katkısını inceledik ve bazı sonuçlar çıkarıp önerilerde bulunduk /1-11/. Bu nedenlerle, bu konularla yakından ilgilenenlerin tüm bu yazılarımızı dikkatlice gözden geçirmeleri yararlı olabilir.

Aşağıdaki yazımızda, daha önceki yazılarımızdan özetleri verdikten sonra, güneş ve nükleer enerjilerin, Türkiye'nin elektrik tüketimine ileride ne kadar bir katkı sağlayacağını hesaplayıp, bazı karşılaştırmalar yapacağız.

Tüm yazılarımızda olduğu gibi, bu yazımızda da, herhangi bir art düşünce gütmenden, bugünkü bilimsel düzeyi, gerçek sayıları (verileri) ve uzmanların araştırmalarından çıkan sonuçları, dünyadaki ve Türkiye'deki ilgili kaynaklara dayanarak, okuyucularımıza doğru olarak yansıatacağız. Bu nedenle, yazımızdaki bazı olumsuz görülebilecek sonuçlar ve açıklamalar işin doğasındandır, bizim düşüncemiz ya da katkımız değildir. Bunların bilinmesi, yazılarımızın önyargısız okunması, başımızı deve kuşu gibi kuma sokmadan ya da gözlerimi-

zi yummadan, gerçekleri gormemizi sağlayacak ve belki de gerekli önlemlerin Şimdiden alınmasına katkıda bulunacaktır umarız.

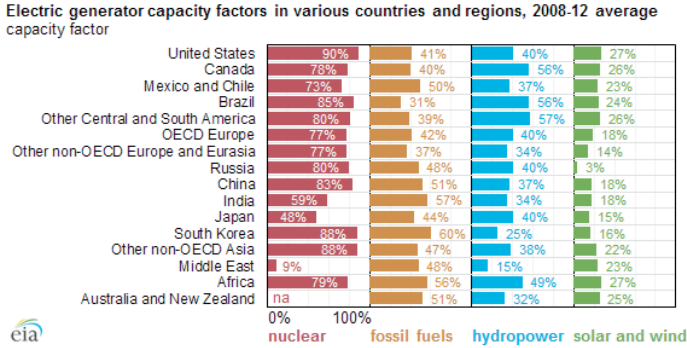
Güneş enerjisinin elektrik üretiminde sorun nerede?

Çoğumuz Őöyle düŐünüyor olmalı: Güneş enerjisi her yerde var, ayrıca bedava ve tertemiz! Elektrik tktimini karŐılamada neden daha çok sayıda güneş santralı yapılmıyor da iklimi bozan, çevremizi kirleten CO₂ ve diğer bir dizi zehirli gazları salan kömür, doğal gaz gibi yakıtlarla çalışan elektrik santralları yapılıyor? Çok haklı görülen bu sorunun kısa yanıtı: Güneş santrallarının veriminin ya da yıl boyunca üretebildikleri elektrik miktarının çok düşük olması ve buna karşın, güneş santrallarının (parklarının) ok geniş alanlar kaplayarak ekosistemi bozabileceğinden yer bulunması güçlüğüdür. Güneş santrallarının verimleri: Almanya'da % 11, güneşi daha fazla Türkiye'de ise en fazla % 18 kadardır. Bu ne demektir? Aynı kurulu güçte 1 kömür santralına karşın, kabaca 3 ve 1 nükleer reaktöre karşın ise 5 adet güneş santralıyla yıl boyunca aynı miktarda elektrik retilbilmesi gerçeğidir. Çünkü güneş santralları yıl boyunca Türkiye'de en fazla % 18 elektrik üretirlerken, bunlar sırasıyla yıl boyunca kabaca % 60 ve % 80 verimle elektrik retebiliyorlar.

Güneş santralları neden bu kadar verimsiz?

Bilindiği gibi güneş ışınları, yer yüzünün her yerine ve her an, aynı Şiddette gelmiyor: Aylara, günlere ve günün saatlerine göre, bir yerde, büyük değişimler gösteriyor, geceleri ise hiç yok.

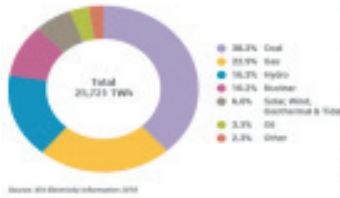
Şekil 5: Elektrik üretiminde çeşitli santrallerin verimleri (kapasite faktörleri), ilgili ülkelerdeki santrallara göre gösteriliyor (Bunlar ortalama değerler olup değişimler gösterebiliyor), altta soldan sağa: nükleer, su, fosil, güneş ve rüzgar



Sanayinin, kentlerin, çok çeşitli kurum ve şirketlerin elektriğini karşılamak için ise, 1000 MegaWatt gibi oldukça büyük kurulu güçteki, elektrik santrallerinin sürekli elektrik üretmeleri gerekiyor. Bunlardan Türkiye'nin elektrik tüketimini karşılamak için, bugünkü enerji kaynaklarının dağılımına göre, 100 adet kadar (kurulu güçte) gerekli. Eğer bunların tümü güneş kaynaklı olacak olursa, 1000 MW'lık santrallerden bir kaç yüz kat yapılırsa yine az gelecektir ve zaten bu kadar çok sayıda da kurulamaz ve yer de bulunamaz. Nedeni aşağıdaki bölümlerde.

Şekil 6a: 2019'da dünya elektrik üretim toplam miktarı (25.721 TWh), (*) enerji kaynaklarına göre (yukarıdan aşağıya: kömür, doğal gaz, hidrolik (su), nükleer, güneş, rüzgâr , jeotermal, petrol, diğerleri). Güneş, rüzgâr , jeotermal: % 6,6

Şekil 6b: Rüzgar ve güneş parkılarının yanyana olduğu elektrik santralleri



Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2018/2019 verileri (Bakanlığın internet Sf.bkz)

Türkiye'nin elektriği bugün toplam 90.000 MW kurulu güçteki, çoğu bir kaç yüz MegaWatt'lık kurulu güçteki çok sayıdaki çeşitli enerji santrallerinden sağanıyor. 2019 yılı Eylül ayı sonu itibarıyla kurulu gücümüzün kaynaklara göre dağılımı; yüzde 31,4'ü hidrolik enerji, yüzde 28,6'sı doğal gaz, yüzde 22,4'ü kömür, yüzde 8,1'i rüzgâr, yüzde 6,2'si güneş, yüzde 1,6'sı jeotermal ve yüzde 1,7'si ise diğer kaynaklar şeklindedir.

Ayrıca Ülkemizde elektrik enerjisi üretim santrali sayısı, 2019 yılı Eylül ayı sonu itibarıyla 8.069'a (Lisanssız santraller dahil) yükselmiştir. Mevcut santrallerin 669 adedi hidroelektrik, 68 adedi kömür, 262 adedi rüzgâr, 52 adedi jeotermal, 330 adedi doğal gaz, 6.435 adedi güneş, 253 adedi ise diğer kaynaklı santrallerdir. 2018 yılında elektrik üretimimizin, %37,3'ü kömürden, %29,8'i doğal gazdan, %19,8'i hidrolik enerjiden, %6,6'sı rüzgârdan, %2,6'sı güneşten, %2,5'i jeotermal enerjiden, ve %1,4'ü diğer kaynaklardan elde edilmiştir.

Türkiye'nin en büyük güneş santrali 'Konya Karapınar' 2023'de işletmeye açıldı

Basından (daha eski bir haber ne diyor?):

1000 MW'lık Konya Karapınar Güneş Enerjisi Santrali'nin de Nisan 2020'de inşaatına başlayacak olan Kalyon Enerji, santrali 2023'te devreye almayı planlıyor. Şirket, bu yatırımı için de 1.1 milyar dolar harcayacak. Konya Karapınar Güneş Enerjisi Santrali'nin inşaat sürecinde 800, operasyona başladığında ise 100 kişiye istihdam sağlanacak. 22 bin hektarlık alana kurulacak olan santralin büyüklüğü 14 bin 386 futbol sahasına eşdeğer olacak. Bir ucundan diğerine 12 kilometrelik uzunluğa sahip olan santralde, yaklaşık 3.5 milyon güneş paneli kullanılacak. Santral yılda 2.5 milyar kWh elektrik üretecek ve 1 milyondan fazla hanenin enerji ihtiyacını karşılayacak. Güneş enerjisinden 1 GW'lık elektrik üretimi yapacak olan santral ile yılda yaklaşık 1.5 milyon ton karbon salımına da engel olunması hedefleniyor'.

Yazarın Notu: Konya bölgesinde güneş ışınlarının yüksek şiddeti gözönüne alınırsa dahi, 1000 MW'lık (*) bir güneş santralının yıl boyunca en yüksek verimi olabilecek % 18 ile ancak 1,57 milyar kWh ya da 1,57 TeraWattSaat'lik elektrik elde edilebileceği hesaplanır. Bu nedenle yukarıda verilen 2,5 milyar kWh ancak % 28 verimle elde edilebilir ki, Çin'deki Tengger çölünde dahi, yıl boyunca, ancak % 15'lik bir verim sağlanabiliyor/1/. Bu nedenle, güneş enerjisinde, % 28'lik bir verimle 2,5 milyar kWh'lık elektrik miktarına ulaşılması olası değildir.

Türkiye'de Güneş enerjisinden elektrik üretiminin 2030 yılındaki payı ne kadar olabilir?

'Türkiye Elektrik üretiminde Güneş Santrallerinin Payı İleride Ne kadar Artabilir?' başlıklı daha önceki yazımızda /1/, çok iyimser varsayımla, her yıl 10 adet 100 MegaWatt'lık yeni güneş santralları

yapılabilirse 2030 yılında güneş enerjisinin toplam elektrik tüketimini karşılamadaki payının en fazla % 5 olabileceğini hesapladık. 1000 MW 'lık Konya Karapınar güneş santralının yukarıda verilen 3 yıllık bitirilme süresi gözönüne alındığında, yıllık varsaydığımız $10 \times 100 \text{ MW} = 1000 \text{ MW}$ 'lık 'lık yaklaşımın çok iyimser olduğu, Karapınar örneğinden de görülüyor.

2030 yılında, toplam elektrik tüketimine olabilecek % 5'lik düşük katkısına rağmen, bu katkıyı sağlayacak yeni güneş santrallerindeki toplam 75 milyon güneş panelinin çok büyük toprak alanlar gerektirdiği ve buralarda ekosistemi bozacak sorunlar yaratılmaması için, gerekli araştırmaların yapılmasını önerdik. Bu nedenle bu konuyla ilgilenenlerin önceki yazılarımızı incelemelerini öneririz /1-11/.

Güneş panellerin içlerindeki zehirli maddeler önceden sorulup öğrenilmeli, ucuzuna gidilmemeli, kaliteli paneller seçilmeli

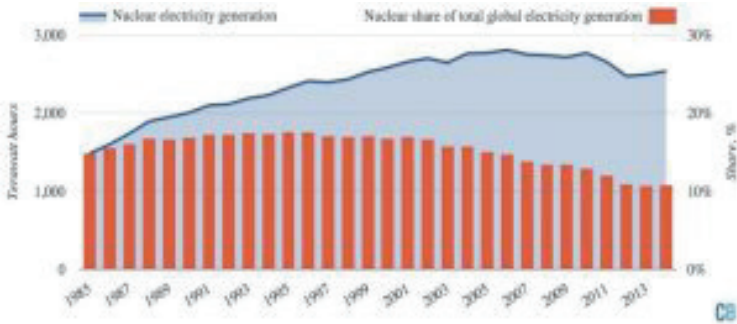
Güneş panellerinin içlerinde, çevreye ve insana zararlı kurşun, kadmiyum ve antimon gibi zehirli maddeler olduğunu halk pek bilmiyor. Güneş panelleri 25 yıl kadar olan normal kullanım süreleri sonunda, sadece depolandıkları yerlerde değil, bunların % 3 kadarı ki (bu toplamda hiç de az panel sayısı değil) taşınırken, kurulurken ve kullanılırken de dış etkenlerle (çatlaklar, çerçevenin aşırı sıcakta eğilip bükülmesiyle çam levhanın kırılıp içindekilerin çevreye yayılması gibi) zamanla havaya, toprağa, bitkilere, hayvanlara ve sonunda insanlara ulaşabildiklerini ilgili araştırmacılar açıklıyorlar /3, 11/. Bu konuda ülkemizde henüz ayrıntılı bir plan bulunmuyor. Bu konular, güneş enerjisiyle ilgili kurumların, şirketlerin teknik raporlarında, hatta Türkiye Bilimler Akademisinin (TÜBA) güneş enerjisi teknik raporunda da yer almıyor /11/.

Nükleer Enerjiden Elektrik Üretimi

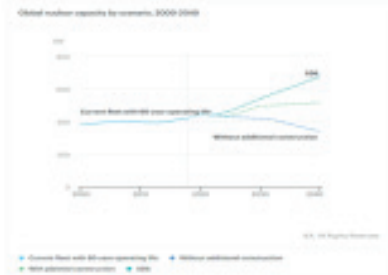
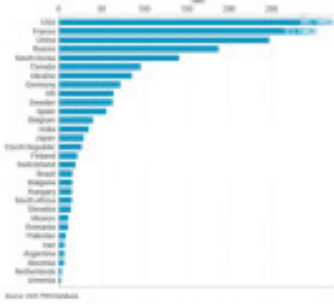
Dünyadaki durum

11 Mart 2011 Fukuşima kazası sonucu Almanya, Belçika, İsviçre, İspanya ve İtalya, nükleer enerjiyi ileride kullanmama kararı aldılar ve yenilenebilir enerjilere ağırlık verdiler. Buna karşın özellikle Çin ve Hindistan gibi daha bir dizi ülkede nükleer santrallerin yapımına hız verildi. Bugün dünyada 440 adet nükleer santral çalışıyor, 55 adet yapım durumunda ve 109 adet de planlanıyor (Dünya Nükleer Kurum verileri /12/. Nükleer enerjiyle üretilen elektriğin, dünya toplam elektrik üretimine katkısı ise % 10 kadar (Bkz.Şekil 6 ve 7).

Şekil 7: Mavi eğride dünyadaki nükleer reaktörlerin ürettikleri elektrik miktarının (TWh) önce arttığını, sonradan artan dünya nüfusu sonucu, fosil ve yenilenebilir enerji kaynaklarının daha büyük katkılarıyla 2013’de bir miktar azaldığını (kırmızı sütunlar), buna rağmen dünya elektrik üretimine katkısının % 10 dolayında kaldığını gösteriyor (Şekil 6 ‘daki sayılara da bkz).



Şekil 8 ve 9: Dünyada ülkelerin nükleer enerjiden TWh olarak ürettikleri elektrik miktarlarıyla, dünya nükleer kurulu gücünün (kapasitesinin 2040 yılına kadar olabilecek gelişmesi gösteriliyor



Sonuçlar

Bugün dünyada işleyen nükleer santraller cinsinden (III. Kuşak) yaptırılacak santrallerin fiyatlarının çok yüksek olmaları ya da yeni kuşak nükleer santrallerin henüz standartlarının hazırlanmamış ve yeterince denenmemiş olmaları sonucu, bunlardan, Türkiye'nin elektrik tüketimine önemli bir katkı sağlayacak sayıda kurulamayacakları yukarıdaki hesaplamalarımızdan görülüyor. Bu nedenle, Akkuyu NGS'nin uzun süre Türkiye'nin 4 reaktörlü tek nükleer santrali olarak kalacağı öngörülebilir.

Sonuç olarak, ileride nükleer santrallerin, Türkiye'nin elektrik tüketimine olabilecek en fazla toplam katkısının % 5 ile % 8 arasında kalacağı kestirilebilir. Bu bile, ancak nükleer reaktörler ileride, uzun yıllar boyunca, teknik ve politik olarak sorunsuz işletilebilirlerse ya da işletilmelerine yargı ya da nükleer karşıtlar yoluyla izin verilebilirse olasıdır. Nükleer santrallerden Türkiye'nin elektrik tüketimine, daha fazla bir katkı ummak, bugünkü perspektife göre aşırı iyimserlik olur.

Özetle, Akkuyu'nun yanı sıra, güneş, rüzgâr, su (hidrolik) kaynaklarından üretililecek elektrik miktarının toplamının, Türkiye'nin elektrik tüketimindeki payının % 50'nin altında kalaca-

ğı hesaplanabileceğinden, 2030'dan sonra da, doğal gaz ve kömür santrallerinde üretilen elektriğin, tüm dünyada olduğu gibi, ülkemizde de, arslan payını alacağı beklenebilir. Bilim ve Gelecek 26 Haziran 2020

Not 1: Bu yazının daha da uzamaması için rüzgâr enerjisiyle elektrik üretiminin ayrıntılarına girilmemiştir. Kaba bir yaklaşımla rüzgâr enerjisinin, elektrik tüketimine katkısı, güneş enerjisiyle üretilen elektrik miktarının iki katı kadar kabul edilirse pek yanlış olmayacaktır.

Not 2 : Elektrik santrallerinin kurulu güçleriyle, elektrik miktarı karıştırılmamalı (örneğin Türkiye'nin 2018 kurulu elektrik gücü 90 GigaWatt ile 2018 yılında üretilen 305 TeraWattSaat elektrik miktarı). Aynı kurulu güçteki farklı cins santraller, farklı verimleri (kapasite faktörleri sonucu) yıl boyunca farklı miktarlarda elektrik üretiliyorlar (*).

22. NÜKLEER ENERJİDEN ÇIKAN ALMANYA'DA RÜZGAR VE GÜNEŞ ENERJİLERİNDEN ELEKTRİK ÜRETİMİNDE BÜYÜK ATILIM VE ÜLKEMİZDEKİ DURUMLA KARŞILAŞTIRMA

11 Mart 2011 tarihindeki Fukushima nükleer santralindeki büyük kazadan hemen sonra Almanya, nükleer enerjiden çıkış kararı aldı ve ülkedeki tüm nükleer güç santrallerini 2023 tarihine kadar kapatmayı planladı.

Almanya kapsamlı bir programla ileride oluşacak elektrik açığını nasıl kapatacağını belirledi. Bu programın en önemli bölümü rüzgar ve güneşten elektrik üretimini büyük ölçüde artırmaktı.

Türkiye’de de, Almanya’daki kadar olmasa da, özellikle rüzgar-
dan elektrik üretiminde sevindirici gelişmeler oldu.

Bu yazımızda, önceki yıllardaki ilgili yazılarımızı, aradan geçen 7 yılda, Almanya’daki ve Türkiye’deki gelişmelerin ve verilerin ışığında güncelleyerek son bilgileri aktarmaya çalışacağız. Almanya’da hedef, toplam elektriğin 2030 yılında %50 ve 2050 yılında ise %80’inin yenilenebilir enerjilerden (YE) üretilmesidir. Bu hedefe ulaşılıp ulaşılamayacağı ise bilinmiyor. Hükümetin 2011 yılında kabul ettiği enerji dönüşümü (Energiewende) planıyla ilgili olarak ortaya çıkan çok çeşitli sorunların ayrıntılarını başka bir yazımızda ele alacağız.

Yazımızdan çıkan sonuçları özetlersek:

Almanya’da 2017 yılında fosil, nükleer ve yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen **toplam 654 Milyar kWh’lık** elektriğin,

105 Milyar kWh’lık bölümü (%16,1) rüzgar, 40 Milyar kWh’lık bölümü (%6,1) ise güneş kaynaklıdır (*).

Yaklaşık aynı nüfusu bulunan ülkemizde 2017 yılında, daha çok doğalgaz, kömür ve barajlardan üretilen **toplam 280 Milyar kWh** kadar elektrik enerjisinin (Almanya’dakinin %43’ü kadar), **16 Milyar kWh (% 6) kadarı rüzgar** (Almanya’nın %15’i) ve **1,1 Milyar kWh’ı (% 0,4) da Güneş** (Almanya’dakinin %3’ü kadar) kaynaklıdır. Buradan, ülkemizde rüzgardan elektrik üretiminin daha da artırılmasının yanı sıra, güneşli günleri ve saatleri Almanya’ya göre bol olan ülkemizde, özellikle güneş enerjisinden elektrik üretimine çok daha fazla hız verilmesi gereği açık.

Almanya’da, rüzgar ve güneş enerjilerinden elektrik üretimiyle ilgili bu büyük atılıma rağmen, ileride nükleer enerjinin tümüyle yokluğundan doğacak elektrik açığı kapatılamayacağı için, **kömürlü ve doğal gazlı yeni santrallerin yapımı da sürüyor.** Resmi bir raporda 1 linyitli (1100 MW), 2 taşkömürlü (Toplam 2052 MW) ve 19 doğal gazlı (Toplam 9500 MW) olmak üzere 2025 yılına kadar ve sonrasında, çeşitli yıllarda, işletmeye açılacak fosil yakıtlı santrallerin yapılmakta olduğu ya da planlandığı yer alıyor /1/. Buna karşın, 2020 yılına kadar, toplam 1800 MW gücünde fosil yakıtlı 8-10 adet eski santralin da kapatılacağı bildiriliyor /1/. Buradan fosil yakıtlı santral gücünün ileride net 11000 MW kadar artacağı anlaşıyor ki bu 10 adet nükleer santral gücüne eşdeğerdir. Greenpeace’in bir raporunda ise 13 adet kömürlü santralin yapımı açıklanıyor /2/. Fosil yakıtlı santrallerin saldıgı gazlarla yavaş yavaş sağlığı, çevreyi ve iklimi olumsuz etkilediği ise biliniyor. Aşağıdaki **Sekil 1 ve alt yazıda** kömürlü bir santralin durumu gösteriliyor.



Şekil 1: Almanya'nın Kuzey Saksonya eyaletindeki Mehrum Taşkömürlü Elektrik santrali 250 m'lik ince uzun bacasıyla ve geniş soğutma suyu kulesiyle 650 MW net güçte elektrik üretiyor (kömür yakılmasıyla saatte havaya 2,5 milyon m³ bacagazı ve 24 ton kül atıyor). Santralde taş kömürünün yanı sıra saatte 144 ton arıtma çamuru da yakılıyor. (Foto: dpa)

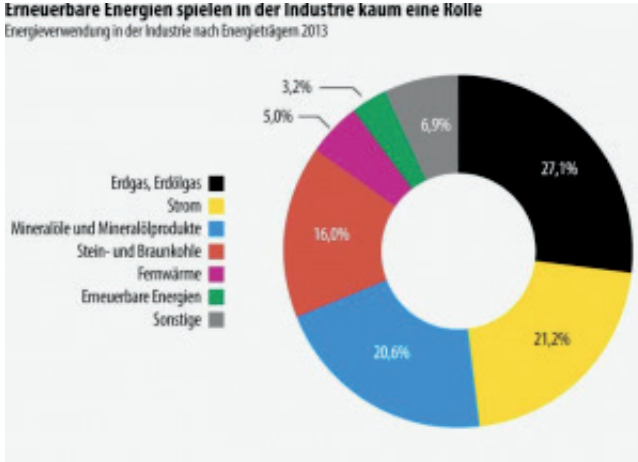


Şekil 2'de Almanya'da 2016 ve 2017 yıllarında üretilen brüt elektriğin enerji kaynaklarına göre dağılımı gösteriliyor. Yenilenebilir enerjilerle (Erneuerbare, YE) elektrik üretiminin, toplam elektrik üretimi olan 654 Milyar kWh'a oranı 2017'de %33,1 değerine yükseldiği görülüyor (Aslında

elektrik kullanımında tasarruf yapılabilseydi, toplam elektrik üretiminin azaltılması gerekiyordu ama yapılamadı). YE içinde rüzgar ve güneş enerjilerinin toplam payı %22 kadardır. Şekilde, rüzgar %13,3 (karada), rüzgar %2,8 (denizde), güneş %6,1, su / barajlar %3; taşkömürü %14,4, linyit %22,6, nükleer %11,6, doğalgaz %13,1 ve diğerleri gösteriliyor. Almanya'da 2017'de, fosil kaynaklı enerjiler toplamda %50,1 ile yine en büyük katkıyı sağlıyor.



Şekil 3: Almanya'da bir rüzgar santrali pervanelerinin büyüklüğü, kurulum sırasında görülüyor.



Şekil 4: Endüstrinin kullandığı enerjinin kaynaklara göre payları: Siyah: Doğalgaz, Sarı: Elektrik, Mavi: Petrol, Kırmızı: Linyit ve Taşkömürü, Yeşil: EE, Bordo: Uzaktan ısıtma, Gri: diğerleri (Statistisches Bundesamt, 2013)

Çizelge 1: Almanyada elektrik enerjisi üretiminde kullanılan çeşitli kaynaklarla ilgili kurulu güçlerin dağılımı. Auswertung Kraftwerksliste Bundesnetzagentur 02.02.2018 (Bu değerlerin içinde, Lüksemburg, İsviçre ve Avusturyadan Almanya şebekesine elektrik besleyecek kurulu güçler de vardır.)

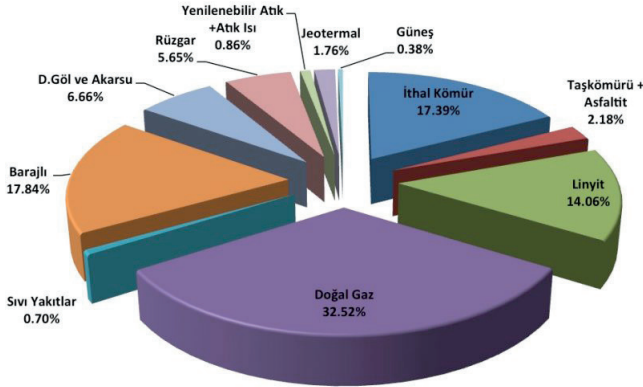
ENERJİ KAYNAKLARI (sağlanan kurulu güç değerleri sağ sütunlarda)	KURULU GÜÇ Yenilenebilir Enerji (YE) Evet / Hayır (Net MW)		KURULU GÜÇ
	Evet	Hayır	Toplam
Çöp (toplam çöpün yarısı YE)	894	894	1.788
Biyokütle	7.354	0	7.354
LİNYİT		21.203	21.203
Depolanmış gaz	185	0	185
DOĞALGAZ		29.548	29.548
Geotermik	39	0	39
MADENOCAĞI GAZI		234	234
NÜKLEER ENERJİ		9.516	9.516
Aritma gazı	192	0	192
Akarsu	3.947	0	3.947
Çeşitli (yenilenebilir değil)		152	152
Mineral üretim		4.437	4.437
POMPALANMIS DEPO SUYU		9.452	9.452
Güneş enerjisi	40.716	0	40.716
DİGER ENERJİLER		2.758	2.758
Deposuyu (pompanmamış)	1.543	0	1.543
TAŞKÖMÜRÜ		25.048	25.048
EK ENERJİLER		227	227
Rüzgar enerjisi (Denizde)	4.132	0	4.132
Rüzgar enerjisi (Karada)	45.460	0	45.460
Toplam enerji MW	104.462	103.469	207.932

Öte yandan büyük ölçekli endüstrinin kullandığı enerji kaynakları gözönüne alındığında (Şekil 4), Yenilenebilir Enerjilerin payı sadece %3,2 ile çok düşük kalıyor. Bu değer, yenilenebilir enerjilerin her an (gece gündüz) endüstrinin gereksinimini (gerekli olan yüksek miktarda elektrikle) karşılamadığını gösteriyor. Bu nedenle, yenilenebilir enerjilerin elektrik üretimine katkısı, ileride daha çok artsa dahi, büyük endüstri için bunların her an sunum ve büyüklüklerinin yetersiz kalacağı ve fosil yakıtlı enerjilere gereksinim duyulacağı gözden kaçırılmamalı ya da yenilenebilir enerjilerle büyük ölçekli endüstrinin (çelik, alüminyum endüstrileri gibi) beslenemeyeceği görülüyor

Bir hesaplama: Yenilenebilir enerjilerin yüksek kurulu güçleriyle üretilen elektrik neden az? YE'lerin, diğerleri kadar yüksek olan kurulu güçleriyle üretilen elektrik, YE'lerin verimliliklerinin fosil ve nükleer yakıtlılara oranla, çok düşük kalması nedeniyle çok daha az. Örneğin: Almanya'da 2017'de 104.462 MW kurulu güçteki yenilenebilir enerjilerle üretilen toplam elektrik $654 \times 0,331 = 216$ Milyar kWh iken, yaklaşık aynı toplam kurulu güçteki fosil, nükleer ve diğer yakıtlarla üretilen elektrik miktarı ise $654 \times 0,669 = 438$ Milyar kWh ya da YE'lerle üretilenin iki katı olmuştur (Bkz. Çizelge 1). Bunun başlıca nedeni YE'lerin günün 24 saati devreye girememeleri ve çok daha sık durdurulmaları sonucu verimlerinin düşük olmasıdır (YE verimi: ortalama %24, diğerlerinin ortalama verimi ise: %67).

TÜRKİYE’de durum

GRAFİK III.I- 2016 YILI TÜRKİYE ELEKTRİK ENERJİSİ
ÜRETİMİNİN KAYNAKLARA GÖRE DAĞILIMI



Çizelge 2: Türkiye’de 2016’da elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılımını Milyar kWh ve toplam üretimdeki payları (% olarak) gösteriliyor (2017 değerleri henüz tam olarak açıklanmadığından, 2016 değerleri kullanılmıştır). 2016’da Toplam Kurulu Güç: 78.497 MW, Rüzgar: 5.751 MW, Güneş: 832 MW. 2017 Kurulu Gücü: 83.000 MW /3/.

KAYNAK	ÜRETİM (GWh)	KATKISI (%)
İthal Kömür	47.717,90	17,39
Taşkömürü + Asfaltit	5.985,30	2,18
Linyit	38.569,90	14,06
Doğal Gaz	89.227,10	32,52
Sıvı Yakıtlar	1.926,30	0,7
Barajlı	48.962,10	17,84
D.Göl ve Akarsu	18.268,80	6,66
Rüzgar	15.517,10	5,65
Yenilenebilir Atık + Atık Isı	2.371,60	0,86
Jeotermal	4.818,50	1,76
Güneş	1.043,10	0,38
TOPLAM	274.407,70	100

Sonuç

Türkiye'deki elektrik üretimi 2016 ve 2017 yıllarında, yaklaşık olarak, Almanya'dakinin %43 kadardır. Türkiye'de rüzgar enerjisinin toplam elektrik üretimindeki payı %6 kadar, güneş enerjisinin payı ise %1'in altındadır (sadece % 0,4). Rüzgar ve Güneş enerjilerinden elektrik üretim değerleri 2017 yılı için karşılaştırılırsa, Türkiye değerlerinin çok düşük kaldığı görülür: Almanya'da rüzgardan elektrik üretimi: 105 Milyar kWh; Türkiye'de rüzgar: 16 Milyar kWh güneş enerjisinden ise Almanya yaklaşık 40 Milyar kWh elektrik üretirken, Türkiye sadece 1 milyar kWh üretiyor. (1/40). Rüzgar ve güneş enerjileri için verilen, kurulu güç ya da kapasite (MW) artımı değerleri oldukça yüksek olmasına rağmen, bunlardan üretilen elektrik enerjisi (Milyar MWh) değerlerinin düşük olması, YE'lerin verimlerinin düşük olmasındandır (ortalama %24 kadar). Almanya örneğiyle, gerek rüzgar, gerekse güneş enerjisiyle üretilen elektrik enerjisinin, ülkemizde de, toplam elektrik üretimine olan katkısının çok daha fazla artması ve buna uygun elektrik şebekesinin kurulması umulur. BG 6 Mart 2018

23. DÜNYA NEDEN KÖMÜR VE NÜKLEERİ BIRAKAMIYOR?



Dünyada bugün irili ufaklı birkaç bin kömürlü (linyit ve taş kömürlü) elektrik santraline ek olarak, 1600 kömürlü elektrik santrali daha yapılıyor ve bunlardan 93'ü ise ülkemizde planlanıyor. Bugün dünyada bulunan 448 nükleer santralden başka, yapımı süren 56, planlanan 158 ve önerilen ise 351 adet. Bunlar neden artıyor ya da dünya neden kömür ve nükleer santralleri bırakamıyor? Yanıtları bu yazımızda...

Rüzgâr ve güneşten elektrik enerjisi üretimindeki bugün ve ileride beklenen büyük artışa rağmen, nüfusun aşırı artması, daha konforlu yaşam ve savurganlık sonucu, hem insanların hem de insanlara her şeyi yetiştirmekte olan endüstrinin/fabrikaların tüketeceği elektrik enerjisine, Yenilenebilir Enerjilerin (YE) yetmediği, yetme-

yeceği, kömür ve nükleerin azalmadan hatta artarak süreceği, ilgili bilimsel araştırma raporlarında açıklanıyor /1,2/.

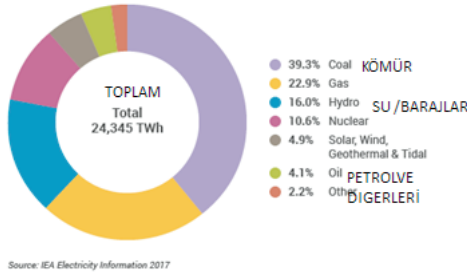
2050 yılında rüzgâr, güneş ve su (barajlar) kaynaklarıyla birlikte yenilenebilir enerjilerin dünya toplam elektrik enerjisi üretimine katkısı en çok %30 kadar olabilecek. Arta kalanının büyük bölümü (%65) ancak kömür, doğal gaz ve nükleer enerjilerden karşılanabilecek. Bunların ayrıntılı   izelge ve grafikleriyle açıklamaları bu yazımızda bulunuyor.

Dünya nüfusu bugün 7,6 milyar ve her geçen gün artarak 2050’li yıllarda 10 milyarı aşacağı kestiriliyor. Dünyaya gelen her kişinin beslenmesi, giyimi, barınması gibi daha birçok ihtiya ının karşılanması, sağlık, okul, yol gibi alt yapıdan yararlanması gereği de açık. Nüfus gitgide artarken insanlar kuşkusuz daha iyi yaşama çabasında. Evlerimizde birkaç TV’den klima aletlerine kadar elektrikle çalışan çok çeşitli aygıt var. Artan nüfus için yeni evler yapılıyor, kentler yüksek evlerle dolup taşıyor. Bunların malzemelerinin üretiminde elektrik gerektiği gibi kentleri dolduran çok katlı binalara su basmak için de elektrik gerekiyor. Yoksul ülkelerde de fabrikaların daha çok üretim yapmasını, i  ve dış satımın artmasını, daha çok iş ve kazanç sağlanarak insanların gelişmiş ülkelerdeki gibi yaşam düzeylerinin yükseltilmesi gerekiyor. Öte yandan savurganlık da artıyor. Eve giren 3 torba yiyecekten birinin çöpe gittiği açıklanıyor. Tüm bunlar için ise gece gündüz kesintisiz elektrik gereke  i açık. Elektriğin sağlanmasında dünyanın birçok ülkesinde son 20 yıldır özellikle rüzgâr ve güneşten elektrik   retilmesinde atılım yapıldı, yapılıyor. Bu ileride de sürecek. Ancak artan nüfus, daha olanaklı yaşam ve savurganlık nedenleriyle yenilenebilir enerjilerle üretilecek elektrik yeterli olamayacak. Bunları, ilgili kurumlarının uzmanları teknik raporlarında ayrıntılarıyla açıklıyorlar.

Dünyada bugün üretilen toplam elektrik ne kadar ve hangi kaynaklardan üretiliyor?

Şekil 1’de, 2017’de dünyada üretilen toplam elektrik enerjisinin hangi kaynaklardan ve ne oranlarda sağlandığı görülüyor (2016 IEA, EIA verileri /1,2/). En büyük pay %39 ile kömür ve %23 ile doğal gazdan. Su/barajlar %16 iken, rüzgâr ve güneşin toplam katkısı sadece %5. Nükleer enerjinin payı %11. 2017’de dünya toplam elektrik enerjisi miktarı ise 24.345 TWh (TeraWattSaat/Birimler için bkz.*). Bu miktarın, 2040 yılında %50 artacağı kestiriliyor ($24345 \times 1,5 = 36517$ TWh).

Şekil 1: Elektrik üretiminde kaynakların dağılım oranları ve toplam (2017)



Kömürlü santrallerde artış

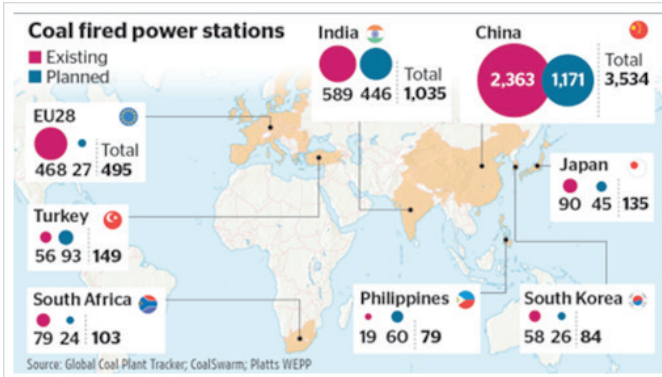
Dünyada irili ufaklı 5 bin adet kömürlü santral olduğu kestiriliyor.

İşletim süresini doldurmuş ya da başka nedenlerle kapatılan az sayıda kömürlü santrale karşın, bugün dünyada yapım ya da planlama döneminde olan 1600 yeni kömürlü santral bulunuyor /3/. Yeni kömürlü santrallerden 93 adeti ve bugün işletilen 56’sı Türki-

ye'de. Şekil 2'de, 1600 yeni kömürlü santralin ilgili ülkelere dağılımı (mavi) ve bugün işletilen kömürlü santraller (kırmızı) gösteriliyor.

Öte yandan Almanya'da, rüzgâr ve güneş enerjilerinden elektrik üretimiyle ilgili büyük atılıma rağmen, ileride nükleer enerjinin tümüyle yokluğundan doğacak elektrik açığı kapatılamayacağı için, kömürlü ve doğal gazlı yeni santrallerin yapımı da sürüyor. Resmi bir raporda 1 linyitli (1100 MW), 2 taşkömürlü (toplam 2052 MW) ve 19 doğal gazlı (toplam 9500 MW) olmak üzere 2025 yılına kadar ve sonrasında, çeşitli yıllarda, işletmeye açılacak fosil yakıtlı santrallerin yapılmakta olduğu ya da planlandığı yer alıyor /1/.

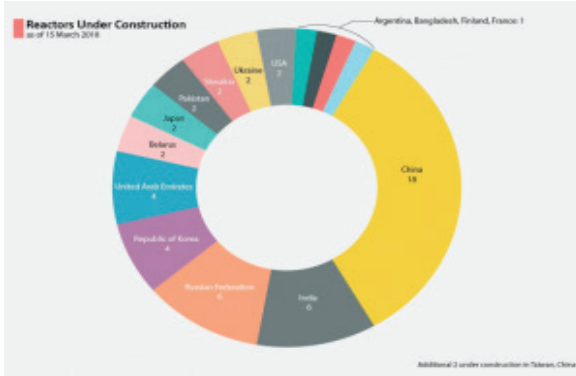
Şekil 2: 1600 yeni kömürlü elektrik santralinin ilgili ülkelerdeki sayıları (mavi) ve bugün çalışan kömürlü santral sayıları (kırmızı) gösteriliyor /3/. Dünyada büyük kömürlü santrallerin toplamı 5614 adet olacak (bugün 4000 adet kadar var). Küçük santrallerle birlikte dünyada 5000 adet kömürlü santralin çalıştığı kestirilebilir.



Nükleer reaktörlerde artış

Dünyadaki nükleer santraller eskidikçe ileride sırayla kapatılacaklar. Buna rağmen bunların sayısının ileride azalmayacağını hatırlatıyor. Bugün dünyada

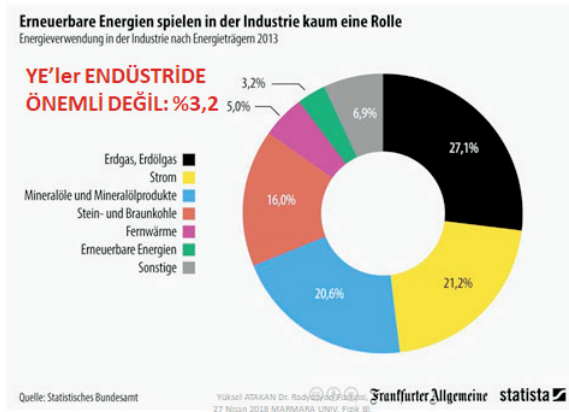
Nuclear Energy Agency (NEA) ve Uluslararası Atom Enerjisi Kurumu'nun (IAEA) verilerine göre 30 ülkede bulunan 449 nükleer reaktörden başka, 15 ülkede 56 adetinin yapımı sürüyor, 158 adet planlanıyor ve 351 adet de öneriliyor (Şubat 2018) /4/. Planlanan nükleer reaktörlerin çoğu: Çin'de 41, Rusya'da 26, Hindistan'da 20, ABD'de 16 adet (Şekil 3) /4/. Nükleer enerjiden çıkan ülkeler ise sadece 4 adet: Almanya, İsviçre, Belçika ve İspanya. Avusturya ve İtalya'da ise nükleer santral bulunmuyor, yapılmaması kararı aldılar. **Şekil 3:** 15 ülkede yapımı süren 56 nükleer reaktörün ülkelere göre dağılımı /1/. Çin (sarı), Hindistan ve Rusya en başlarda.



Elektrik üretim ve tüketiminde yenilenebilir enerjilerin payı

Dünyada üretilen toplam elektrik enerjisinin yaklaşık olarak %75'ini endüstri kullanıyor. Arta kalanı ise evlerde, iş yerlerinde ve aydınlanmada kullanılıyor. Endüstride yenilenebilir enerjilerin payı ise çok düşük. Nedeni sürekli ve endüstri için gerekli miktarda yüksek olmaması, ara ara kömürlü santrallerin devreye girmesi zorun-

luluğu. Kömürlü santrallerin ara ara devreye girmesini, santrallerin standby'da bekletilmesini işleten şirketlerin pek kabul etmemeleri ve bunların da standby'da boş yere enerji sarf etmeleri /6/.



	2015	2020	2035	2050
Tüm Enerji Tüketiminde YE payı	12.5%	13.7%	16.9%	18.0%
Sıvı Yakıt Üretiminde YE payı	2.2%	2.4%	2.9%	2.8%
Elektrik Üretiminde YE payı	21.0%	23.7%	28.9%	29.8%

Şekil 5'te 2012'den 2040 yıllarına doğru, kömür (coal) ve nükleerden elektrik üretiminde az miktarda artımın beklenmesine karşın, doğal gaz ve yenilenebilir enerjilerden (renewables) elektrik üretimi-

nin büyük artış göstereceği, ancak YE'lerin %31'i pek geçemeyeceği kestiriliyor /1/.

Hindistan'da bugün elektrik %2 nükleerden, %12 yenilenebilir ve %70 de fosil kaynaklardan üretiliyor. Hindistan dünyada, katı yakıtlı toryumlu reaktörlerin uzun erimli olarak planlandığı ve bunların bütçelerinin bulunduğu ve devletin desteklediği tek ülke. Hindistan 2050 yılına kadar elektrik enerjisinin %30'unu toryumlu nükleer santrallerden karşılamayı planlıyor. 62 planlanan nükleer santralden çoğunun toryumlu reaktörler olması ve 2025 yılında işletmeye açılması bekleniyor.

Hindistan'da bugün (Ocak 2018) uranyumla çalışan 22 ve yapımı süren 6 nükleer santral var. Çoğu toryumlu reaktörlerden oluşacak 19 santral planlanıyor ve 46 santral de öneriliyor. Ancak son yıllarda Hindistan, hızlı nötronlu-üretken Ergimiş Tuz Reaktörlerinin (ETR) çok daha verimli bir şekilde toryumu kullanacağını anladığından çok kapsamlı bir toryum-ETR programını yürürlüğe sokmuştur. Türkiye de AB araştırma projeleri çerçevesinde toryum ergimiş tuz reaktörlerinin geliştirilmesinde etkin katkıda bulunuyor /5/.

Fransa ve Birleşik Krallık'ın (Büyük Britanya) ileride benzin ve dizel kullanmamayı kararlaştırıp, bugün 2 milyon kadar olan elektrikli otomobil sayısını 2040'a kadar 280 milyona çıkaracağını açıklaması, Çin ve Hindistan'a yeni bir iş kapısı açacak. Bunu karşılayabilmek için ise Çin ve Hindistan'ın kendi elektrik üretim sistemlerine 2040 yılına kadar Çin'in ABD'nin elektrik enerji üretim sistemi kadar, Hindistan'ın ise AB'ninki kadar ekleme yapmaları gerekiyor. Bu kadar büyük üretim için ise yeterli elektrik enerjisi ancak YE'lerin yanı sıra yine fosil ve nükleer yakıtlarla sağlanabilecek /1/.

Sonuç

Rüzgâr ve güneş enerjilerinin elektrik üretimine katkıları tüm dünyada her yıl gitgide artarak 2040/2050 yıllarında toplam elektrik üretimine %30 kadar olabilecek. Arta kalan %70'lik payın büyük bir bölümü yine kömür, doğal gaz ve nükleer enerjilerden karşılanabilecek. Sürekli artan nüfus için besin, giyim eşyası, bina yapımı, her türlü araç ve gereç gibi sayısız maddenin gereğinden çok daha fazla üretimi, endüstride birincil enerjilerin yanı sıra aşırı elektrik kullanımını da zorunlu kılıyor. Bu nedenle aşırı elektrik kullanımını bir miktar durdurabilmek, ancak dünya ölçeğinde nüfus planlaması, daha az konforlu yaşam ve daha az savurganlıkla olabilir ama bunlar kişilerin yaşam tarzlarıyla uyuşmuyor. Hükümetler de bu büyük sorunu ele almak, bunlara çözümler getirmek yerine, sorunu daha ilerideki hükümetlere aktarıyor olmalılar. Savurganlığa bir örnek geçenlerde TV'lerde açıklandı: Türkiye'nin son 10 yılda satın aldığı cep telefonlarına giden dövizle, iki adet hava alanı kurabiliyor! Bilim ve Gelecek 11 Temmuz 2018

24. ALMANYA ENERJİ ÜRETİM VE TÜKETİMİNDEKİ BÜYÜK SORUNLAR VE ÇÖZÜM ÇABALARI



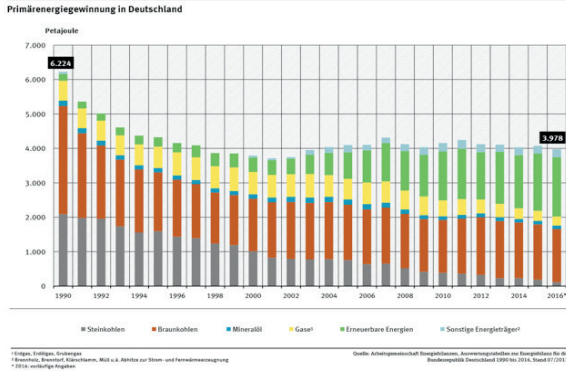
Daha önceki yazılarımızda, nükleer enerjiyi 2023 yılında tü-
müyle bırakarak, Yenilenebilir Enerjilere (YE) ağırlık veren Al-
manyadaki elektrik üretimiyle ilgili gelişmeleri ele almıştık /1,2,3/.
Bugünkü yazımıza birincil (primer) enerji üretim ve tüketimini de
katarak, Almanyadaki büyük enerji sorunlarını ve çözüm çabaları-
nı, bugünün yeni verileriyle özetlemeye çalışacağız. Umarız bunlar,
Türkiye’de bu konudaki benzer sorunlara ve çabalara ışık tutabilir.

Son yıllarda güneş ve rüzgardan elektrik üretiminde büyük atı-
lım sağlandı, sağlanıyor, özellikle Çin ve Almanya bunlarda başı
çekiyor. Ülkemizde de rüzgardan elektrik üretiminde epey artım
var, güneşten elektrik üretiminde de artım bekleniyor. Hepimiz bu

tükenmeyen kaynaklardan enerji üretiminin daha da artmasını diliyoruz. Çoğumuz, özellikle güneş ve rüzgardan üretilecek enerjilerle yakın bir zamanda olmasa da ileride, kömür, doğal gaz, petrol ve nükleer enerji kaynaklarının yerini, alacağı inancını taşıyor. Daha önceki yazılarımızda bu konulardaki gelişmeleri ve ileriye dönük kestirimleri ilgili bilimsel araştırmalara dayanarak Almanya, Türkiye ve dünya için ayrıntılarıyla ve ilgili grafiklerle açıklamıştık. 2040'lı yıllarda dünyada YE'lerle elektrik üretimin toplam üretimin ancak %30 kadarını karşılayabileceğini, kalanının ise yine, kömür, doğal gaz ve nükleerden sağlanabileceğini belirtmiştik /1/. Bunun nedeninin ise, artan nüfus, konforlu yaşam ve savurganlık sonucu git gide artan enerji gereksinimi olduğunu da belirtmiştik. Aşağıda, bu konudaki gelişmelere yakından bakacağız.

Almanya'da birincil enerji üretim ve tüketimi:

Kömür, doğalgaz, petrol, nükleer yakıtlar ve YE'ler, birincil enerjiler olarak bilindiği gibi yerine göre, evlerin ısıtılması, endüstrinin, elektrik santrallerinin, taşıt araçlarının çalıştırılması gibi daha bir çok yerde kullanılıyor. **Almanya'da tüketilen birincil enerji-nin, ancak üçte biri ülkede üretilebiliyor** (Toplam üretilen miktar bugün yaklaşık olarak sadece 4000 Petajoule iken, tüketilen miktar 13500 Petajoule*). Bkz. Şekil 1: Almanya'daki son kömür ocağı da 2018 sonu kapatıldı. Artık kömürlü elektrik santralleri dış alım (ithal) kömürle işletiliyor.



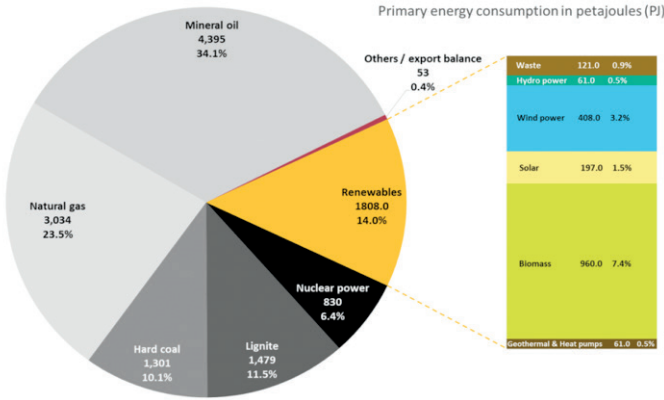
Şekil 1: Almanya'da üretilen birincil enerjilerde çeşitli kaynakların yıllara göre payları (Siyah: taşkömürü, Kırmızı: linyit, Mavi: petrol, Sarı: doğalgaz, Yeşil: YE ve diğerleri)

Almanya'da 2018'de birincil enerji tüketiminde Yenilenebilir Enerjilerin toplam payı Şekil 2'de görüldüğü gibi %14. Bunda en büyük pay biyokütlenin olup %7,4. Biyokütle, sadece odun, gübre, tezek ve diğer bitkisel atıklar gibi bitki yakmak olmayıp, kolza (raps) ve mısır yetiştirilerek bunlardan biyogaz, biyodizel, biyoetanol gibi yakıtlar üretilerek de bunların kullanımını içeriyor.

Not: Her ne kadar biyokütlenin doğrudan ya da dolaylı olarak yakılmasıyla havaya CO₂ ulaşıyorsa da, ulaşan miktar havadan son yıllarda alınan miktar kadar olduğundan atmosferdeki CO₂ dengesi bozulmuyor. Fosil yakıtlardan örneğin linyitte ise, milyonlarca yıl boyunca havadan alınan CO₂'ten bitkide biriken karbon, linyitte yakıldığında, açığa çıkan CO₂ bir anda atmosfere aktarılarak denge bozuluyor ve havadaki bugünkü CO₂ derişimi, linyit yakıldıkça artıyor. Birincil enerjilerin kullanımında, rüzgarın toplam YE'deki payı: %3,2, güneşin ise: %1,5. Su (barajlar) ve çöp enerjilerinin payları ise çok daha az.

German energy mix 2018: Energy sources' share in primary energy consumption.

Data: AG Energiebilanzen 2018 (preliminary).



CC BY SA 4.0

Şekil 2: Koyu gri: petrol, Açık gri: doğalgaz, Koyu siyah: nükleer, Açık siyah: linyit ve taşkömürü

Almanya'da birincil enerjilerin tüketiminde endüstrinin kullanım payı

Aşağıdaki çizelgede görüldüğü gibi endüstrinin, birincil enerjilerin kullanımındaki payı yaklaşık olarak Almanya'da üretilen enerji kadar olup (4000 Petajoule*), toplam tüketimin üçte biri kadardır. Endüstri ise YE'lerin sadece %3,2'lik çok az bir bölümünü kullanabiliyor (2017'de sadece 130 Petajoule).

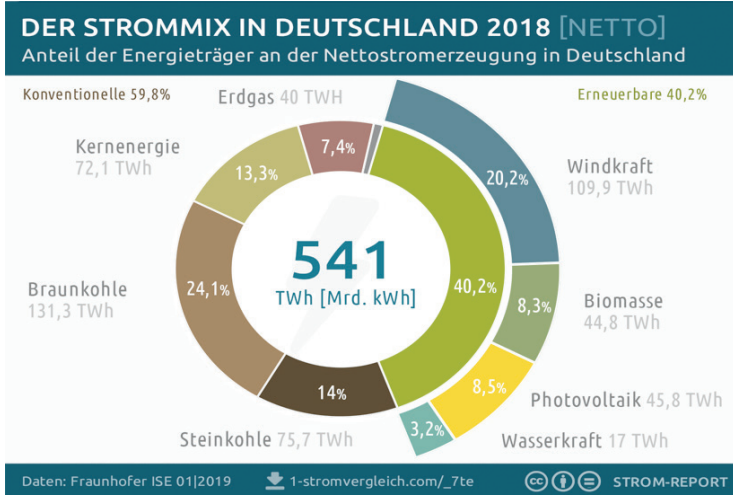
Almanya'da endüstride enerji kaynaklarının kullanım miktar ve oranları (2017)		
Enerji kaynakları	Petajoule	Toplamın %
Insgesamt	4.076	100
Doğalgaz	1.200	29,4
Elektrik	866	21,2
Taşkömür ve Linyit	693	17
Petrol ve ürünleri	686	16,8
Yabancı kaynaklardan ısıtma	186	4,6
Yenilenebilir Enerjiler	130	3,2
Diğer kaynaklar	315	7,7

İkincil enerji: Elektrik enerjisi üretim ve tüketimi

Almanya'da tüketilen elektrik enerjisinin yaklaşık olarak tümü, ülkede üretilebiliyor. 2018'de üretilen toplam elektrik enerjisi 541 TWh (=1948 Petajoule) olup buna katkıda bulunan birincil enerji kaynakları (Bkz. Şekil 3): **YE: %40,2, Linyit: %24,1, Taşkömürü: %14, Nükleer: %13,3.**

Böylelikle Almanya'da 2018'de ilk kez YE'den elektrik üretiminde %40'luk payla rekor kırıldı! Elektrik enerjisi üretiminde güneş enerjisinin YE'e katkısı %8,5, rüzgarın ise %20,2 oldu. Arta kalanı: biyokütle, su (barajlar) ve diğerleri. Endüstride ise Yenilenebilir Enerjiler (YE) sürekli olmadığından ancak %3 kadar kullanılabiliyor. Halbuki endüstri birincil (primer) enerjilerin %30'unu kullanıyor ve bunun gece gündüz sürmesi gerek. Örneğin çelik ve alüminyum endüstrisinde 2500 dereceye varan sıcaklık için kesin-tisiz enerji gerek. Güneş ve rüzgarın olmadığı saatlerde kömür ve

nükleer santrallerin devreye alınması gerekiyor. Buna da şirketler şu nedenlerle karşı çıkıyor: İlkide bir gelen «çalıştır / durdur!» emirleri makinelerin yıpranmasına neden oluyor ve emre amade beklemek istemiyorlar.



Şekil 3: Almanya'da 2018'de üretilen elektrik enerjisinin kaynaklara göre dağılımı

Birincil ve elektrik enerjilerinin üretimi, tüketimi ve dağıtımında sorunlar, çözüm çabaları

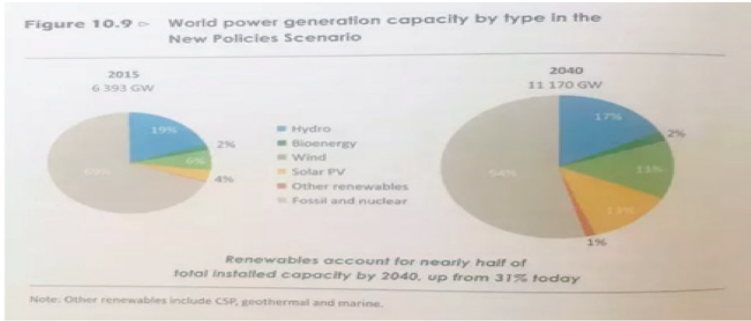
İklimi daha fazla etkilememek için havaya salınan CO₂ miktarını azaltmak amacıyla kömürlü santrallerin en geç 2038 yılına kadar tümüyle kapatılması Almanya ilgili uzlaşma kurulunun yeni önerisi (26.01.2019). Bu henüz hükümette görüşülüp kabul edilmedi. Tüm kömürlü santraller kapatılırsa elektriğin kWh-fiyatının 0,50 EuroCent kadar artacağı da ileri sürülüyor.

Öte yandan kömürlü yeni elektrik santralleri ise son yıllarda yapım halinde /1/. Bunlar da ileride kapatılırsa, doğalgaz ve biyogazla çalışanların yapılması gerekiyor. 2011'den beri rüzgar ve güneş santralleri için yılda 10 milyar Avro'yu geçen yatırımlar yapılarak büyük çaba harcandı, harcanıyor. Bunlar daha çok, halkın elektrik faturalarına yansıtılıyor. Özellikle rüzgarı bol kuzey Almanya ve deniz, rüzgar kuleleri parklarıyla doldu. Çok rüzgarlı havalarda üretilen çok fazla elektrik, güney Almanya'ya yüksek gerilim hatları henüz yapılmamış olduğundan iletilemiyor ve kullanılamıyor. Kuzeyden güneye rüzgar kaynaklı elektriğin aktarımı için yeni şebekenin bütçe bulunarak kurulması gerekiyor.

Çevre halkı ise yüksek gerilim hatlarının yanı başından geçmesini istemediği gibi rüzgar kulelerinin görünüm ve gürültüsünü de istemiyor. İmza toplanarak, yargı yoluyla bunlar engelleniyor. 2023'te nükleer santraller tümüyle devreden çıkacağından bunların ürettikleri enerjiyi üretmede YE'ler yeterli olamayacağından özellikle endüstrinin gerek duyduğu enerji yine fosil yakıtlı santrallerden karşılanabilecek. Almanya ileride olabilecek enerji açığını AB şebekesinden sağlayabilecek ancak bunun da garantisi yok. Çünkü komşu ülkelerin, kendileri için gereken enerjiyi her zaman Almanya'ya vermeyecekleri biliniyor. Ayrıca AB şebekesindeki elektriğin ise büyük bölümü, Almanya'nın karşı olduğu, Fransa gibi ülkelerdeki nükleer santrallerden gelecek. Gerek kömür ocaklarının kapatılması gerekse kömürlü santrallerin kapatılmasından ekonomik olarak etkilenen personelin ve çevre halkının ise işyerlerinin kapanması sonucu önümüzdeki 20 yılda 50 milyar Avro'yu geçen ödemeleri de devletin yapması isteniyor.

Sonuçlar

Almanya'da YE'lerle elektrik üretiminde büyük yatırımlarla sağlanan atılıma ve toplam elektrik üretiminin %40'lık bölümüne ulaşılmasına rağmen birincil enerjilerin tüketiminde rüzgar ve güneş kaynakları %5'in altında kalırken, diğer YE'lerle birlikte toplam tüketimdeki pay %14 kadar. Endüstride ise YE'lerin kullanım payı daha da az: %3,2. Bu nedenle bugün ve yakın bir zamanda fosil kaynakların, nükleer enerjiyle birlikte payı %80 dolayında 2023 yılına kadar sürecek, daha sonra 2038 yılına kadar yine kömür, doğal gaz ve petrol santralleri enerji tüketiminin büyük bir bölümünü karşılayabilecek.



DÜNYA ELEKTRİK ÜRETİMİ KURULU GÜCÜ (GIGAWATT):
2015'de: %69 Fosil ve Nükleer (2040'da: %26); 2015'de %10 YE (2040'da: %26)

MARMARA UNIV.SEMİNERİ 21.04.2017

Şekil 4: Dünya elektrik üretiminde kaynaklar 2015 ve 2040 (kestirim)
(Birim*): Petajoule (PJ): 10¹⁵ Joule (1'in sağında 15 adet sıfır, 1 Joule:
1 Wattsaniyelik enerji) 1 Petajoule=278 GWh=0,278 TWh 1 TWh=3,6
Petajoule.

Yukarıda özetlediğimiz çok çeşitli sorunlarla ilgili 2011 den beri uğraşılabilen çözüm çabaları sürüyor ve bunların nasıl çözümleneceğini ancak zaman gösterecek. Özellikle 2023 yılında nükleer

santraller tümüyle durdurulunca, durum daha iyi anlaşılabilir, eksik elektriğin nereden sağlanacağı belirlenecek. Politik ve teknik önlemlerin neler olacağı daha belirgin olarak ortaya çıkacak.

İleride biyokütleden sağlanacak enerjinin gerektiği kadar artırılmasında da sorunlar bekleniyor: Kolza (raps) ve mısır tarlaları gitgide büyük alanlar kapladıkça, artan nüfusu besleyebilecek tarım için çok daha az tarla kalacak.

Dünyada ise Şekil 4'den görüldüğü gibi 2040 yılında rüzgar ve güneş enerjilerinin, toplam elektrik üretiminin ancak %26 kadarını karşılayabileceği, arta kalanın, su (barajlardan: %17), fosil ve nükleer yakıtlardan (%54) sağlanabileceği kestiriliyor /1,4/. Bunun nedeninin ise, 9 milyara varacak nüfus, konforlu yaşam ve savurganlık sonucu gitgide artan enerji gereksinimi olduğunu önceki yazılarımızda belirtmiştik.

Çözümlerin ise, devletlerin doğayı ve iklimi koruyucu politikalarında, nüfus planlanmalarında, halkların bilim ve teknolojiye dayanan temel eğitimlerinde, bizlerin de daha bilinçli, tutumlu ve daha az savurgan yaşamamızda olduğu zamanla daha açık görülecek. Umarız iş işten geçmeden bunlar gerçekleşebilir ve hep birlikte enerji sorununa çözümler getirilebilir. Bilim ve Gelecek 28 Ocak 2019

25. GÜNEŞ SANTRALLARININ SORUNLU YANLARININ GİDERİLEBİLMESİ İÇİN NELER YAPILABİLİR?



Güneş santrallerinin olumlu yanlarının yanı sıra, zayıf ve sorunlu yanları da bulunuyor. Bunların santrallar planlanırken iyice incelenmesi, sorunların giderilmesine ve ekosistemle uyumlu olarak kurulmasına katkıda bulunacaktır.

Güneş ışınlarından elektrik üretiminin genellikle olumlu yanları biliniyor. Bizim de güneş santrallerinin olumlu yanlarıyla ilgili olarak, daha önce yayımlanmış bir dizi yazımız bulunuyor.⁽¹⁾ Güneş ışınlarından fotovoltaik yöntemiyle elektrik üretiminin bilinen olumlu yanlarının yanı sıra pek bilinmeyen ya da üzerinde durulmayan bir dizi zayıf ve sorunlu yanlarının da önceden iyice

incelenmesi, bunlara çözümler aranması ilerideki büyük sorunları azaltacaktır. İlgili sorunlar, bu konularda dünyada bilim ve teknoloji dallarında çalışan araştırmacılarca örnekleriyle açıklanıyor.⁽²⁻⁴⁾ Bu yazımızda, güneş santrallerinin zayıf ve sorunlu yanlarını açıklayıp, bunlara bilim ve teknolojideki araştırmalarla Almanya'daki uygulamaların ışığında ne gibi çözümler getirilebileceğini ele alacağız.

Önce, güneş santrallerinin olumlu yanlarını gözönüne alalım:

- Kaynağı Güneş olduğundan tükenmez, her gün yenilenen ve ücretsiz bir enerji kaynağıdır.
- Çalışırken çevreye CO₂ salınmaz.
- Dünyanın her yerinde geniş alanlara kurulabildiği gibi evlerin çatılarına da kurulabilir.

Güneş santrallerinin zayıf ve sorunlu yanları neler?

1) Güneş santrallerinin yılda üretecekleri elektrik miktarı (verimi, kapasite faktörleri⁽³⁾), aynı kurulu güçteki diğer santrallara göre çok düşüktür. Aynı kurulu güçteki bir güneş santralının, fosil yakıtlılara oranla yılda üreteceği elektrik miktarı: 1/3, nükleer santrallara oranla sadece: 1/5. Örneğin 1000 MWe kurulu güçte bir nükleer santral yılda ortalama 800 MWe karşılığı elektrik üretirken, aynı güçteki güneş santralı yılda ortalama olarak Türkiye'de sadece 180 MWe karşılığı elektrik üretebiliyor (Almanya'da güneşli günler daha az olduğundan daha da az: 110 MWe).

2) Güneş santralleri için çok geniş araziler-alanlar gerekiyor ve bu alanlara yerleştirilen yüzbinlerce güneş paneli nedeniyle ekosistem duruma göre az ya da çok değişiyor. Örneğin 100 MWp (MegaWatt peak) kurulu gücündeki pek büyük olmayan bir güneş santralı için her biri 1,65m x 1m büyüklükte 200 Watt'lık 500.000 adet panel gerekiyor ve bunun için paneller arası bırakılması gereken uzaklık, yan yollar vb. sonucu toplam olarak ortalama 200 Hektar (2 milyon

m²)'lik bir alan gerekiyor (Bu ise, bir kent merkezi genişliğindeki 1,4 km x 1,4 km'lik bir kare ya da 280 futbol sahası kadar bir alan).

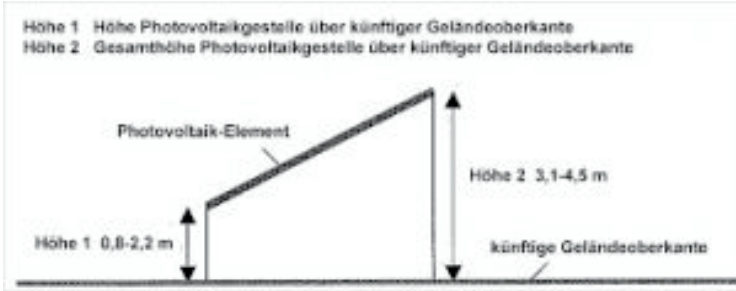
3) Konya Karapınar'da⁽⁷⁾ planlanan 1.000 MWp kurulu güçteki güneş santralında bu çeşit panellerden kullanıldığında 5 milyon adet panel için 2000 Hektar ya da 20 milyon m²'lik çok geniş bir alan gerekecektir (5 km x 4 km). Güneş santralının en çok % 18'lik düşük verimi nedeniyle yıl boyunca üretilen ortalama elektrik enerjisi ise, 1000 MWp'lık kurulu güçteki santraldan değil de sanki 180 MWe'lık bir santraldan elde edilmiş kadar olacaktır: (1000 MW x 0,18 x 8760h=1,57 TWh (TeraWatt Saat).

4) Bir güneş santralının, diğer santrallarla aynı elektrik gücüne ulaşabilmeleri için çok sayıda güneş santrali gerektiğinden, bu sayıda uygun alanların ekosistemi pek bozmayacak şekilde bulunması gerekiyor (eski endüstri bölgeleri, eski hava alanları, yüzer güneş santralları, belirli bir oranda çözüm olabilir, araştırılmalıdır⁽¹⁾)

5) Bir güneş panelinin yapımı için kullanılmış olan enerjiyi, panel, üreteceği elektrik enerjisiyle ancak 3 yılda karşılayabiliyor. Güneş santralları kurulmadan önce, panellerin yerleştirilebilmesi için, geniş toprak yüzeyinin genellikle temizlenmesi (boyları büyük bitkilerin ve varsa ağaçların kesilmesi) gerekiyor. Ayrıca panellerin monte edildiği metal konsolların da toprağa kazılan, yerleştirilen beton ya da metal ayaklara (sütunlara) sabitlenmesi gerekiyor. Tüm bunlar ekosistemi bozuyor (bitkilerin, böceklerin ve bunlarla beslenen kuşların ve diğerlerinin etkileneceğinin de düşünülmesi gerekiyor.



Her yandan hava akımının sağlandığı, yazları sıcak toprağa yapışmayan, ekosistemi pek bozmayan güneş enerjisi elektrik üretim çiftliklerine bir örnek (santrali) yukarıda



Bir güneş panelinin monte edileceği konsol için uygun olabilecek eğimi ve yerden yüksekliği şekilde gösteriliyor (Almanya'dan bir model). Şekilde gösterilen eğimli fotovoltaik güneş panelinin alçak ucu yerden 0,8-2,2 m, yüksek ucu yerden 3,1-4,5 m yüksekte olabiliyor.

6) Yukarıdaki nedenlerle güneş santralleri geniş alanlar kapladığından bunların yapımında, montajında diğer santrallara oranla çok daha fazla malzeme (beton ve demir) kullanılması gerekiyor .

7) Panellerin yıkanıp temizlenmesi belirli aralıklarla yapılmaz ise verimleri düştüğünden çok daha az elektrik üretiliyor. Bu nedenle, geniş alanlara yayılan (örneğin her biri 200 hektar kadar) güneş panellerinin yılda 1-2 kez yıkanıp temizlenmesi için büyük miktarda su kullanımı ve suyun pompalarla yeraltından çekilmesi ve panellerin yıkanması için de ayrıca pompalanarak suyun geniş alana yayılabilmesi gerekiyor. Bu ise, fazla miktarda su ve elektrik enerjisi kullanımıyla sonuçlanıyor.



Panellerle kaplanan alanda, doğal bitki örtüsünün korunduğu bir örnek

8) Tek bir panelin temizlenmesi için gerekli sıvıların (solüsyonların) yanı sıra ortalama 1 litre su gerekiyor, bu 100 MWp'lik bir santraldaki 500.000 panel için her yıkamada 500 ton su demektir .

9) Panellerdeki güneş hücrelerinin 25-30 yıl sonra verimleri iyice düştüğünden ya da eskidiklerinden bunların hurdaya çıkarılmaları gerekiyor. Ülkedeki yüzlerce güneş santralindeki milyonlarca panel için uygun depo yerleri kurulması gerekiyor.

10) Hurdaya çıkan panellerin içlerindeki kurşun, kadmiyum, antimon gibi zehirli maddelerin ve cam, aliminyum gibi panel malzemesinin geri dönüşümlerinin yapılması gerekiyor.

11) Panellerin bazıları, 25-30 yıllık normal sürelerinden çok önce de bozulabildiklerinden yenileriyle değiştirilmeleri gerekiyor (Aşırı sıcak ve soğuk hava koşulları, şiddetli dolu ve taşınmaları, yerleştirilmelerinde ortaya çıkan hasarlar gibi nedenlerle). Deneyimler ortalama olarak toplam panel sayısının % 1-3 kadarının normal kullanım sürelerinden çok önce, bozulmalar sonucu hurdaya çıktığını gösteriyor. Bunların yenileriyle değiştirilmesi ilerideki toplam hurda panel sayısını artırıyor.

Bu nedenlerle güneş santralleri, yukarıdaki zayıf noktalar ve olumsuzluklar önceden iyice incelenerek ve giderilerek kurulabilirlerse ilerideki sorunların ortaya çıkmayacağı açıktır.

Almanya'daki örneklerle sorunlara bazı çözümler

1) Güneş santralleri günde ortalama 7,5 saat çalışabildiklerinden, özellikle aşırı güneşli günlerde üretilen elektriğin kullanılmayan bölümünü depolayabilmek ve böylelikle santralin verimini artırmak için çok sayıda büyük akü (pil) tesislerinin güneş santrallerinin yanına kurulması.

2) Güneş santralında özellikle yaz günleri üretilen aşırı elektrik enerjisiyle, alçak yerdeki bir havuzdaki suyun, yüksekteki bir havuza pompalanması ve daha sonra gerektiğinde suyun aşağıdaki havuza salınırken bir türbinden geçirilerek tekrar elektrik üretilmesi ve böylelikle santralin elektrik üretim veriminin artırılması.

3) Panellerin yağmurla temizlenebilmesiyle verimlerinin artırılması, ayrıca ekosistemin olduğunca korunabilmesi için panellerin yatay değil, çok sık olmayacak şekilde genellikle % 30 eğimli olarak yerden en az 1 m yüksekteki konsollara yerleştirilmesi. Böylelik-

le, panellerin altında hava akımı sağlanırken, bitki örtüsüyle ya da çiçeklerle beslenen arı ve diğer böceklerin doğal yaşamı pek bozulmuyor ve sıcak toprağın ısı enerjisi de panellere daha az iletiliyor (Paneller çok ısınırsa, bunların elektrik üretim verimi düşüyor).

4) Paneller satın alınırken kaliteli olanların seçimi ve içinde ne gibi kimyasalların bulunduğu sorulup belgelenmesine özen gösterilmesi ilerideki sorunları azaltıyor. Örneğin ince alüminyum çerçeveli paneller aşırı sıcaklık nedeniyle zamanla eğilip büküldüğünden, tüm panelin kırılıp bozularak işlevini görememesiyle sonuçlanabiliyor. Santral çalışırken (Paneller hurdaya çıkmadan çok önce de) panellerin bazıları, aşırı yağmur, dolu ve sıcaklık sonucu zamanla bozulup çatlayabiliyorlar ve bunlardaki zehirli kimyasallar havaya, toprağa ve yeraltı sularına geçebiliyorlar.⁽⁴⁻⁶⁾

5) İçlerinde çeşitli zehirli kimyasallar bulunan milyonlarca güneş panelinden 25-30 yıl sonra dağ gibi yükselecek çöplerin zamanla çürümesiyle toprağa, bitkilere ve yeraltı sularına karışacak zehirli maddelerin sonunda çevredeki insanlara ulaşacağı düşünülerek, en az zehirli maddeli olanları seçilmeli.

6) Panellerdeki sadece zehirli maddelerin değil, panel yapısındaki cam, alüminyum, silisyum gibi tüm değerli maddelerin de ileride geri dönüşümlerinin önceden planlanması önemli. Almanya'da güneş santralleri kurulurken lisanslama döneminde, ilgili yasa ve yönetmelikler uyarınca, santral kuran kurumun, 25-30 yıl sonra hurdaya çıkacak panelleri sökeceği ve bunların depolanacağı yerleri açıklaması ve geri dönüşümlerinin yapılacağını kabul etmesi gerekiyor. Bu, Türkiye'de de ilgili yönetmeliğe alınmalı ve her güneş santrali için ruhsat (lisanslama) döneminde uygulanmalı, ayrıca ruhsatsız çalışan santral kalmamalıdır.

Sonuç

Güneş santralleri kurulmadan önce yukarıda açıkladığımız sorunların iyice incelenerek çözümler getirilmesinin önemi büyüktür. Yeni santrallerin, eski endüstri ve kömür ocak bölgelerinde, eski hava alanları gibi yerlerde kurulmaları, baraj ve diğer sularda da yüzer güneş santralleri yapılması ekosistemi pek bozmayacaktır. İleride ortaya çıkacak milyonlarca panelin de geri dönüşümleri planlanarak Türkiye’de 20-30 yıl içinde dağ gibi yükselen panel çöplüklerinin, gitgide artarak ortaya çıkması önlenmelidir. Bilim ve Gelecek 6 Nisan 2020

(6)

26. GÜNEŞ, RÜZGAR, NÜKLEER VE KÖMÜRDEN ENERJİ

ELEKTRİK ÜRETİMİNDE GERÇEK SORUNLAR



Nüfusumuz gitgide artıyor ve daha kaliteli yaşama çabasındayız. Evlerimizde birkaç TV'den klima aletlerine kadar elektrikle çalışan çok çeşitli aygıtları kullanıyoruz. Yeni evler yapılıyor, kentlerimiz yüksek evlerle dolup taşıyor. Fabrikalarımızın daha çok üretim yapmasını, iç ve dış satımın artmasını, daha çok iş ve kazanç sağlanarak insanlarımızın yaşam düzeylerinin yükseltilmesini istiyoruz. Tüm bunlar için ise gece gündüz kesintisiz elektrik gerektiği açık.

Güneş ve rüzgardan elektrik üretimi tüm dünyada, özellikle Almanya'da, gelişme gösterirken Türkiye'de yerinde sayıyor denebilir. Bu yazının sonundaki Avrupa Fotovoltaik Birliğinin (EPIA) 2012 ve 2013 yıllarıyla ilgili harita ve çizelgesine bakıldığında, nüfus başına düşen fotovoltaik kaynaklı elektrik üretimindeki kurulu güçlerde, ülkemizin, Bulgaristan ve Yunanistan gibi küçük ülkelerin de

çok gerisinde kaldığı, sonlarda yer aldığı ya da fotovoltaitken elektrik üretebilecek kurulu gücü olmadığı görülüyor. Güneş ışınlarını doğrudan elektriğe çeviren fotovoltaitk tekniğiyle elektrik üretimi, güneşi bol Türkiye’de, özel sektörde dahi geliştirilememiştir.

Güneş, rüzgar, nükleer ve kömürden elektrik üretimiyle ilgili dünyadaki ve ülkemizdeki gerçek durum ancak verilerle olduğu gibi ortaya konulabilirse, bunlar bilimsel ve teknolojik yöntemlerle karşılaştırılabilirlerse, nelerin yapılması gerektiği belirlenebilir ya da çözümler üretilebilir. Dünya’daki ve Türkiye’deki gerçek durumu olduğu gibi yazmak, ne nükleer ne de fosil yakıtlı santrallerin propagandasıdır. Bunları yazmamak, dünyadaki ve ülkemizdeki durumu görmemek ya da kendimizi aldatmak olur. Ayrıca dünyadaki ve ülkemizdeki gerçek durum olduğu gibi ortaya konulmadığında, yazılmadığında, gerçek durumda da bir değişiklik olmayacaktır. Bu nedenlerle okuyucuların yazımızı önyargısız okumalarını ve gerçekleri yazdığımız için bizi nükleer enerji savunucusu olarak görmemelerini dileriz.

Planlanan 2023 hedefleri (Enerji Bakanlığı)

Güneş, rüzgar ve su kaynaklı (hidrolik/HES) tüm yenilenebilir enerjiler için 2023’de hedeflenen üretim, Türkiye’nin artmakta olan toplam elektrik gereksinimini ne ölçüde karşılayabilecek ya da bunların elektrik üretimindeki toplam payı nedir? Bu soruyu aşağıdaki verilerle ele almadan önce konunun temelinde yatan unsurlara bir göz atalım: Nüfusumuz gitgide artıyor ve daha kaliteli yaşama çabasındayız. Evlerimizde birkaç TV’den klima aletlerine kadar elektrikle çalışan çok çeşitli aygıtları kullanıyoruz. Artan nüfus için yeni evler yapılıyor, kentlerimiz yüksek evlerle dolup taşıyor. Bunların malzemelerinin üretiminde elektrik gerektiği gibi kentleri dolduran 20-30 katlı binalara su basmak için de elektrik gerekiyor. Fabrika-

larımızın daha çok üretim yapmasını, iç ve dış satımın artmasını, daha çok iş ve kazanç sağlanarak insanlarımızın gelişmiş ülkelerdeki gibi yaşam düzeylerinin yükseltilmesini istiyoruz. Tüm bunlar için ise gece gündüz kesintisiz elektrik gerektiği açık.

Elektrik enerji üretimindeki birimlere yabancı olanların da durumu değerlendirebilmesi için elektrik faturalarımızda bulunan kiloWatt saati (kWh) açıklayarak konuya girelim. Evlerimizde 100 Watt'lık 10 ampul 1 saat boyunca yandığında 1000 Watt saat'lık ya da 1 kiloWatt saatlik (1kWh) elektrik enerjisini kullanmış oluyoruz. Elektrik enerjisi üretiminde kWh'ın milyon katı olan MegaWattsaat (MWh) ya da milyar katı olan GigaWattsaat (GWh) kullanılıyor.

Şimdi, gerçek duruma, aşağıdaki verilerle bir bakalım:

Çizelge 1'de dünyadaki ve Türkiye'deki elektrik üretiminde kullanılan kaynaklar oransal olarak gösteriliyor. Türkiye'de doğal gaz ve kömürden (fosil kaynaklardan) üretilen elektrik enerjisinin toplam üretimdeki payının % 73 kadar yüksek olduğu Çizelge 2'den görülüyor. 2010 yılında Türkiye'de tüm kaynaklardan üretilen toplam 212 milyar kWh'lık elektrik enerjisinin 2023 yılında 500 milyar kWh'a yükseltilmesi hedefleniyor. (3)

Kaynaklar	Dünya ²⁴	Türkiye ²⁵
Petrol	%5,5	%1,0
Doğalgaz	%21,3	%46,2
Kömür	%41,0	%25,9
Hidro	%15,9	%24,4
Nükleer	%13,5	%0,0
Diğer (Yenilenebilir vb.)	%2,8	%1,9
TOPLAM	20 181 Milyar kWh	212 Milyar kWh

Çizelge 1: Dünya'da ve Türkiye'de 2010 yılında üretilen elektriğin kaynaklara göre dağılımı

Kömür ve nükleer yakıtlı santrallerin dünyadaki durumu

Öte yandan, nükleer enerjiden 2023’de tümüyle çıkacak olan Almanya, güneş ve rüzgarla elektrik üretimini iyice artırmasına rağmen 2030’da toplam elektrik üretiminin ancak % 50’sini yenilenebilir enerjilerden sağlayabileceğinden, yeni, bir dizi kömürlü elektrik santralleri yapımına başlamıştır. (1, s.287) ABD’de ise Fukuşima kazasına rağmen ne 104 nükleer ne de kömür yakıtlı santraller kapatılmıştır. Kömürlü santrallerde kullanılan kömür miktarının aşırı büyüklüğünü, uzayıp giden sayısız vagonlarla kömür taşıyan bir tren katarı resmi gösteriyor. Kömür, santrallerde, yer altından çıkarıldığı gibi de kullanılamıyor, önce dağlarca kömürün öğütülmesi ve bunun için de enerji gerekiyor. Linyit yakıtlı bir santralde toz halindeki kömür saniyede 250 kg miktarında fırına püskürtülerek yakılıyor ki bu dakikada 15 ton ve yılda 6,5 milyon ton linyit kullanımı demek (Santralde dakikada kullanılan 15 ton kömür ise 10 ailenin 1 yıllık yakıtı kadardır!). Kömürden 1 kWsaat elektrik enerjisi üretimi için 1000 gram CO₂ salınıyor. Buna karşın nükleer santrallerden bunun % 1’i kadar CO₂ salınması, kömürlü santrallerin iklimi ve çevreyi olumsuz etkilemesi nedenleriyle gitgide terk edilmesini gerektirmesine rağmen, kömürlü santrallerin hâlâ kullanılması ve hatta yeni kömürlü santraller yapılması, artan elektrik enerjisi talebinden kaynaklanıyor. Buradan, pek kimsenin tahmin edemeyeceği kadar dünyada çok sayıdaki (50.000 adet) kömürlü santralin her yıl toplam olarak en azından 10 milyar ton CO₂ gazını havaya saldığı hesaplanabilir ve iklimin her geçen yıl sürekli olarak ne ölçüde etkilenebileceği kestirilebilir.

Kaynaklar	Üretim (GWh)	Katkı
Doğalgaz	98.144	%46,2
Linyit	35.942	%16,9
İthal Kömür	14.531	%6,8
Taşkömürü	3.588	%1,7
Petrol	2.143	%1,0
Asfaltit	0.984	%0,5
TERMİK TOPLAM	155.827	%73,2
HİDROLİK TOPLAM	51.796	%24,4
Rüzgar	2.916	%1,4
Jeotermal	0.668	%0,3
Yenilenebilir+Atık	0.458	%0,2
YENİLENEBİLİR TOPLAM	3.584	%1,9
DIŞ ALIM TOPLAM	1.143	%0,5
TOPLAM	212.351	%100

Çizelge 2: Türkiye’de 2010 yılında üretilen elektriğin kaynaklara göre dağılımı (GWh=milyarWattsaat)

Dünyada, yeni teknolojilerle geliştirilmiş nükleer santrallere talep, Fukuşima’daki gibi kazaların ortaya çıkmasını önleyecek şekilde, gitgide artıyor ve yenileri planlanıyor. Fukuşima kazasından sonra nükleer santralleri kapatan Japonya, bunları bu yıl teker teker tekrar açmaya başladığı gibi, Fukuşima nükleer santralini işleten TEPCO şirketinden yeni bir nükleer santral yapımı için de geçen Mart’ta teklif istemiştir. Finlandiya’da yeni 3. kuşak bir nükleer santral bitirilmeye çalışılırken, ülke elektriğinin % 75’ini nükleerden sağlayan Fransa’da 3. kuşak yeni bir nükleer santralin yapımı sürüyor. Çin, Rusya ve Hindistan’da da çok sayıda nükleer santral yapılıyor.



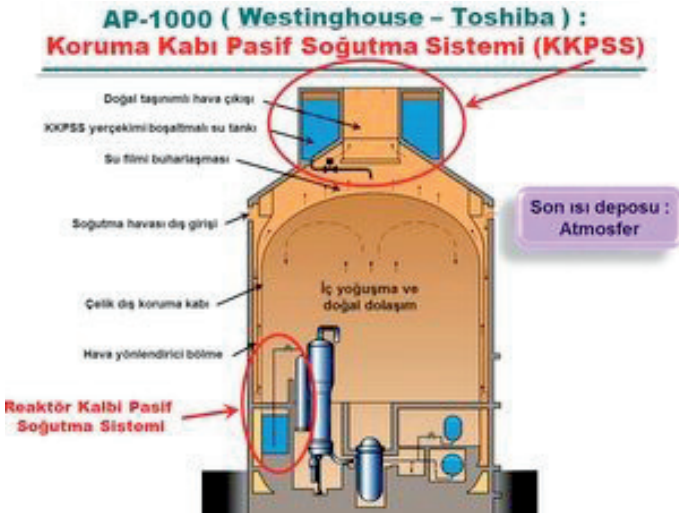
ABD’de, santrallere kömür taşıyan, uzayıp giden yük vagonları katarı görülmüyor. (Foto: Kaynak: USA BNSF Coal Trains in Powder River Basin/ Fizik Y.Müh. Ahmet Cangüzel Taner’in bir yazısından).

Bugün dünyada 434 adet nükleer santralin işletilmesi sürüyor, 72 adeti yeni yapılıyor, 173 adeti planlanıyor ve 309 adeti de öneriliyor. (2) Şekil 2’de Fukuşima kazası öncesi ve sonrası dünyadaki reaktör sayıları ve kurulu güçleriyle ilgili gelişmeler gösteriliyor. Fukuşima kazasına rağmen nükleer enerjiye dünyada ilgi, daha güvenli santraller planlanarak bu gibi kazaların önüne geçilme çabalarının birçok ülkede kabul görmesinin yanı sıra, fabrikalara ve kentlere her an gereken elektriğin, yenilenebilir enerjiler artırılrsa da karşılanamayacağı gerçeğinden kaynaklanıyor.

Geliştirilmiş nükleer santral projelerinden birine örnek Westinghouse’ın yeni AP1000 santrali modelidir. Bu santralde, bir kaza durumunda elektrikler kesilse bile, su pompalarına gerek kalmadan yerçekimiyle depolardaki suyun akarak reaktörü 3 gün boyunca soğutabilme tekniği bulunuyor (Bkz. Şekil 3). Bu model bir reaktörün

Çin’de yapımı sürerken Bulgaristan da Westinghouse’dan bu model bir nükleer santral yaptırmak için teklif istemiştir. Türkiye’de, Rusların yapacağı nükleer santralde bu modeldeki teknik bulunmuyor.

Türkiye’de, bütçeden bir para çıkmadan, bir Rus şirketin yapacağı Akkuyu nükleer santralinin güvenliği, ilgili tüm sistem ve parçalarında kalite kontrollerinin nasıl yapılacağı sorgulanmalıdır. Böylelikle ileride olabilecek kazalar, şimdiden alınabilecek önlemlerle önlenabilir.



Mart 2011’de Fukushima kazasından sonra Almanya nükleerden çıkarken, bu kazadan sonra dünyada yapılmakta olan ve planlanan santrallerin ülkelere göre sayıları ve kuruluş güçleri (GW olarak) gösteriliyor. Soğutma kulelerinin solundaki sayılar Fukushima kazasından önceki reaktör sayısı, sağdakiler kazadan sonra kurulacak olanlar, koyu maviler işlemekte olanlar ve tepedekiler ulaşılabilecek toplam güç ve toplam reaktör sayılarını gösteriyor.

Geçmişte, Türkiye’de hükümetler, bütçeye büyük yük olacağı için (8 reaktör için 50 ile 100 milyar usd arası) son 35 yıldır nükleer santral projelerini sürekli ertelemişlerdir. Rus şirketinin finanse edeceği ve sonradan üretilen elektriği Türkiye’ye satacağı ‘yap işlet ve elektrik sat’ modeline Ruslardan başka teklif veren de olmamıştı. Parasını kendimizin ödemediği bir santralin güvenlik sistemlerinin ve ilgili parçalarının standartlara uygunluğunun ayrıntılı kontrolünü ise Rus şirketin kolayca kabul edeceği beklenmemelidir. Çünkü kalite kontrolünde, uluslararası standartlarla olabilecek uyumsuzluklar ve bunların yerine getirilmesiyle ilgili yaptırımlar, santralin fiyatının artması ve yapım süresinin uzamasıyla sonuçlanacaktır. Bunu, Türkiye de istemeyecektir.

Türkiye’nin bugüne kadar fotovoltaik ve rüzgar enerjisinde geri kalmasının en önemli nedeninin de hükümetlerin bunlara bütçede para ayırmaması ve komşu ülkelerden gelen doğal gazı satın alması ve ithal kömürü kullanması olarak düşünülebilir. Türkiye’de hükümetler nükleere de, yenilenebilir enerjilere olduğu gibi, bütçeye yük olacağı için bir para ayırmamışlardır. Buna karşın, 8 Ocak 2011’de yayımlanan yenilenebilir enerji yasasına göre, güneş enerjisi sistemleriyle üretilen elektriğe, devlet alım garantisi sağlıyor ve üretilen her kWsaat’a 13,3 dolar-sent ödüyor. Sistem elemanlarında yerli malı kullanıldığında ise bu miktar 16 sent’e yükseliyor. Buna rağmen özel sektör de, bugüne kadar büyük güneş enerji santralleri kurma eğilimine girmemiştir. Devletin yaptırmayacağı nükleer santrallere ise herhangi bir devlet desteği /teşvik bulunmuyor. Ancak Rus şirketinin nükleer santral için, Türkiye’de yaptıracığı birçok aygıt ve parça için vergi indirimi isteyeceği medyada yer alıyor.

Yenilenebilir Kaynaklarımız	Toplam Kurulu güç potansiyeli	Kurulu gücümüz	Kapasite faktörü	2023 Hedefi	Yıllık ortalama üretim potansiyeli (milyon kWh/yıl)
Hidro	36.000	16.934	% 44	36.000	144.000
Rüzgar	48.000 ¹⁹⁾	1.587	% 30	20.000	60.000
Güneş	50.000 ²⁰⁾	-	% 20	3.000	7.500
Jeotermal	600	94	% 84	600	4.400
Biyolojikle	2.000	44	% 80	2.000	14.000
TOPLAM	136.600	18.659	-	61.600	229.900

Yenilenebilir enerjiler ve hedeflenen elektrik üretimi (çizelgedeki kurulu güçler MegaWatt = MW = MilyonWatt)

Not: Kapasite faktörü: Bir santralin yıl boyunca gece gündüz çalışmaması sonucu hesaplanan oransal bir katsayı olup, kurulu güçten 1 yılda gerçekte üretilen elektrik enerjisi miktarının, bu kurulu güç yıl boyunca sürekli çalışabilseydi üreteceği elektrik enerjisi miktarına oranıdır. Almanya'da güneş enerjisi için bu katsayı 2012 yılında % 9, rüzgar için ise % 17'dir (Türkiye için aşağıdaki çizelgede verilen değerler oldukça yüksek olduğundan bunların ileride gerçekleşebileceği şüphelidir).

Nükleer enerjiden çıkan ülkelerde özellikle Almanya'daki durum

Fukuşima kazasından sonra, önce Almanya, daha sonra İsviçre, İspanya, Belçika ve İtalya nükleer enerjiyi kullanmayacaklarını açıklayarak gerekli değişiklikleri ilgili yasa ve yönetmeliklerinde yaptılar. Özellikle Almanya, rüzgar ve güneş enerjileriyle elektrik üretimine önem vererek bunlarla ilgili büyük yatırımların çeşitli kolaylıklarla desteklemesinin yanı sıra halkın elektrik faturalarına da eklemeler yapılarak, bu yatırımlar karşılanmaya çalışıldı. Bu gelişmeler sonucu Almanya'da 2012 yılında rüzgar kaynaklı elektrik üretimi, toplam

elektrik üretiminin % 8'i ve güneş kaynaklı olanı ise toplamın % 4' üne ulaştı. Biyokütle ve su kaynaklarıyla birlikte Almanya'da tüm yenilenebilir kaynaklardan 2012'de üretilen elektrik enerjisinin payı % 22'ye yükseldi. Bunun 2030 yılında % 50'ye yükseltilmesi planlanmıştır (1, s.280-Grafik). Almanya'da yenilenebilir kaynaklardaki bu olumlu gelişmelere rağmen, 2023 yılında nükleer santrallerin tümünün devreden çıkarılması sonucu, arta kalan elektrik gereksiniminin karşılanabilmesi için kömür ve doğal gaz kaynaklı yeni santrallerin yapımına ise başlanmıştır. Tüm modern tekniklerin kullanıldığı filtrelemelere rağmen kömürlü santrallerin bacalarından saldıkları ağır metaller, zehirli gazlar ve CO₂ yoluyla çevreye ve iklime zararları biliniyor. (1) Kömürün bileşiminde bulunan uranyum ve toryumdan türeyen radyum, polonyum ve kurşun gibi ağır radyoaktif maddeler de kurum ve külde birikerek çevreye ve yakınlardaki insanlara zararlı oluyor (Bu çeşit ağır radyoaktif maddeler nükleer santrallerden salınıyor). Kömür yakıtlı 800 MegaWatt gücünde bir elektrik santralinin bacasından çeşitli modern eleme (filtrasyon) tekniklerine rağmen çevreye, yılda ortalama olarak, 6 ton kurşun, 4 ton kükürtoksit, 4 ton azotoksit, 1 ton arsenik, 500 kg kadmiyum, 500 kg talyum, 600 kg civa salınıyor. Bunların insan vücuduna etkileri sonucu, bir kömür santralinin 40 yıllık işletilme süresince, çevredeki 1000 kişide ölümcül kansere neden olduğu hesaplanıyor. Bu nedenle Almanya'da kömürlü santrallere karşı çevre halkı direnişleri sürüyor. Bunun yanı sıra, gerek kuzeyden güneye yapılması gereken yüksek gerilim hatlarını, rüzgar değirmenlerini (gürültü ve görünümü bozduğu için) bunların çevresindeki yerleşim yerlerindeki istemiyor. Bu durumda Almanya ileride eksik elektriğini komşu ülkelerden AB şebekesi yoluyla karşılamak zorunda kalacaktır ki bunda da yine Fransa ve diğer ülkelerdeki nükleer kaynaklı elektriğin önemli bir payı olacaktır. Bu nedenle nükleer

enerjiyi bırakan Almanya, dolaylı olarak nükleer enerjiyi ileride kullanmış olacaktır.

Dünya nükleer enerjiden neden vazgeçemiyor?

Bunun başlıca nedeni, ülkelerin gitgide artan enerji gereksinimi ve yenilenebilir enerji kaynaklarının ileride de hem büyük endüstrinin hem de özellikle akşamları kentlerin elektriğini karşılayacak miktarda elektriği devreye (şebekeye) aktaramayacakları gerçeğinde yatıyor. Gitgide artan elektrik gereksinimi, ülkelerdeki nüfus artımıyla hem de nüfusun daha konforlu yaşamasından doğan daha çok elektrik kullanımıyla olduğu açıktır. Örneğin bugün İstanbul gibi kentlerde yükselen yüzlerce binanın her parçasının üretiminden, binaların yapımına ve ileride bu binalara su basmak için pompaları çalıştıracak elektrik enerjisinin bile ne boyutlarda olabileceği bu konuda bir fikir verebilir. Ayrıca her bir ülke, sadece kendi halkı için değil, dış satımı artıracak şekilde üretimi artırmaya gayret ettiğinden daha fazla elektrik enerjisine gereksinim duyuyor.

Dünya Elektrik Enerjisi Üretiminin kaynakları (Tüm Dünya için 2008)/Bkz.3a/							
	Kömür	Petrol	Doğal Gaz	Nükleer	Yenilenebilir	Diğer	Toplam
Ortalama elektrik üretimi (TWh/yıl)	8,263	1,111	4,301	2,731	3,288	568	20,261
Ortalama elektrik gücü (GW)	942.6	126.7	490.7	311.6	375.1	64.8	2311.4
Toplam değere göre oranları	41%	5%	21%	13%	16%	3%	100%

Yenilenebilir kaynaklar içinde hidroelektrik (su) ve biyokütle enerjileri de büyük oranda bulunuyor.

Çok arzu ettiğimiz yenilenebilir kaynaklardan üretilen elektrik büyük miktarlarda depolanamıyor ve istenilen saatlerde devreye aktarılamıyor. Bir rüzgar santralının kurulu gücünün yıl boyunca

işletilebilme oranı ortalama % 20 kadar, bir güneş enerji santralinin ise % 10'un altında (kapasite kullanım oranı). Bu oran nükleer santrallerde %70-80 arasında. Kömürlü santrallerde ise bunun biraz daha altında. Bu nedenlerle hem nükleer santral hem de fosil yakıtlı santral sayısı gitgide artıyor.

Çizelge 4'te Dünya elektrik üretiminin kaynakları ve Terawattsaat (= 10⁹ kWh) olarak üretilen ortalama elektrik ile ortalama elektrik gücü Gigawatt (=Milyar Watt=milyon kW) olarak gösteriliyor.

Elektrik üretiminde kaynaklara göre CO ₂ salınma miktarı (kWh, başına gram CO ₂)		
<u>Teknoloji</u>	<u>Tanım</u>	<u>(g CO₂/kWh.)</u>
<u>Hidroelektrik</u>	barajlar	4
<u>Rüzgar</u>		12
<u>Nükleer</u>		16
<u>Biyokütle</u>		18
<u>Solar</u>	<u>parabolik paneller</u>	22
<u>Geotermal</u>	Sıcak kuru kayalar	45
<u>Solar PV</u>	<u>Polycrystalline silikon/Fotovoltaik</u>	46
<u>Doğal gaz</u>	Çeşitli tip santraller	469
<u>Kömür</u>	Çeşitli tip santraller	1001

Çizelge 5'te görüldüğü gibi her bir kWh elektrik enerjisi üretiminde hidroelektrikten sadece 4 gram, rüzgar ve nükleerden 12-16 gram kadar az CO₂ salınırken, kömürlü bir santralden 1000 gram kadar çok CO₂ salınıyor. Dünyada 50.000 dolayında kömürlü elektrik santrali olduğı ve bunların her yıl toplam olarak en azından 10 milyar ton CO₂ gazını havaya saldığı yukarıda belirtilmişti. Buradan kömürlü santrallerin Almanya ve tüm dünyada gitgide artmasının iklime olan olumsuz etkisi kestirilebilir.

Türkiye neden nükleer enerjiyi kullanmak istiyor?

Türkiye'de son 40 yıldır nükleer santral yapımı, bütçeye büyük yük getireceğı için sürekli ertelendi. Tek reaktörlü bir nükleer sant-

ralin bugünkü 50.000 MW'lık kurulu güce katkısı sadece % 2,4 (= 1. 200/50.000) kadar az olduğundan, bunlardan en azından 10 adet yapılırsa, bugünkü kurulu güç % 24 artabilir. Bu ise bütçeye önümüzdeki 5-10 yıl içinde 50 ile 100 milyar USD yük getirecektir. Bu miktar döviz yatırımı, bütçeyi alt üst edeceğinden bugünkü hükümetin uyguladığı yol, yabancı şirketlere bir otomobil fabrikası yaptırır gibi, santrali kurdurup işlettirmesi ve şirketin ileride Türkiye'ye satacağı elektrikten elde edeceği kâr ile santrali sonradan finanse etmesi olmuştur. Türkiye hükümetleri yenilenebilir enerji santrallerine de nükleer enerji santrallerine de bütçeden bir para ayırmamıştır. Bilindiği gibi Akkuyu nükleer santrali, bütçeden bir para çıkmadan, bu yolla Rus şirketine yaptırılıyor.

Ancak nükleer santralin ve santraldeki her bir sistemin hangi güvenlik standartlarına göre kurulup kalite kontrolleriyle denetleneceği belirlenmiş değil. Bu, büyük bir boşluk ve ilerisi için de büyük bir sorun oluşturuyor (Ayrıntılar için dergimizin Temmuz sayısı Forum bölümündeki Akkuyu ile ilgili seminerler yazısına bkz.). Türkiye'de rüzgar kaynaklı elektrik üretiminde bir miktar gelişme olmuş ise de bu katkı toplam elektrik üretiminin sadece % 2'si kadardır. (1, s.283 ve Çizelge 2) Güneş enerjisinin ise üretilen elektriğe bugün bir katkısı bulunmuyor. Bunların paylarının Almanya'daki gibi artırılması beklenir.

Türkiye'de nükleer karşıtlarının, muhalefetin ve halkın nükleer santrallere bakışı nasıl?

Türkiye'deki nükleer karşıtları, Nükleer Karşıtları Platformu (NKP) adıyla çeşitli aktivitelerde bulunuyorlar. Bu platformu destekleyen sayıları 100'e varan dernek, mühendislik odaları ve sivil toplum kuruluşları var (2006'daki sayıları: 92). (6) NKP'nin zaman zaman nükleer santrallere karşı toplantılar, sempozyumlar, gösteri-

ler yaptığını kendi yayınlarından ve medyadan öğreniyoruz. Medya haberlerinden görebildiğimiz kadarıyla, toplantıları, daha çok kendi katılımcılarıyla ve ilgi duyan az sayıda kişilerle yapılıyor. Gösterilerinde kuşkusuz daha çok kişi bulunuyor ve imza kampanyalarıyla 10 bin kişinin desteğini de sağladıklarını açıklıyorlar. Ancak tüm bu çalışmaları, uğraşları, nükleer enerjiye karşı görünen gazetelerde bile manşete çıkamıyor, orta ya da son sayfalarda resimli haberler olarak yayımlanıyor. Çok izlenen TV programlarında da nükleer karşıtların aktiviteleri pek yer bulamıyor.



Haritada, Doğu ve Kuzey Avrupa ile Rusya'daki çok sayıda nükleer santralin yerleri ve modellerine göre adetleri gösteriliyor (örneğin RBMK, VVER.440/230).

Muhalefet partilerinin gündeminde ise nükleer enerjiye pek rastlanmıyor. Sadece, Akkuyu sözleşmesi TBMM’de yasalaştıktan sonra, CHP’nin Anayasa Mahkemesine başvurduğunu, yasanın iptalini istediğini ve Anayasa Mahkemesinin de bunu 31 Mayıs 2012 günü reddettiğini medyadan öğreniyoruz.

Halkın büyük çoğunluğunun gazete bile okumadığı, gazetelerin tirajlarının bu nedenle batı dünyasına oranla çok aşağılarda kaldığı bilinirken, diğer teknik konularda olduğu gibi, nükleer enerji konusunda da halkın büyük bir bölümünden kitlesel bir katkı beklenmiyor ki zaten bugüne kadar bu, gerçekleşmedi.

Bugünkü 50.000 MW’lık toplam elektrik kurulu gücünü ilerde iki katına çıkarmayı öngören Türkiye’de, yenilenebilir enerjiler artırılrsa ve pek beklenmeyen % 30’a bile çıkarılrsa yine de % 70’lik bölümün fosil kaynaklardan ve nükleerden üretilmesi kaçınılmaz olacaktır. Artan enerji gereksinimini karşılamak durumunda olacak olan ilerideki başka hükümetlerin de bu durumu kabul etmesi gerekecektir.

Bu nedenle Türkiye’de nükleer santraller yapılacaksa, Bulgaristan’ın bile öngördüğü, en modernleri seçilmeli ve uluslararası güvenlik standartlarına göre ilgili sistem ve parçaların kalite kontrolü deneyimli bilirkişilerce denetlenmeli ve ancak testleri yapıp onay alındıktan sonra nükleer santraller işletmeye açılmalıdır.

Doğu ve Kuzey Avrupa ile Rusya’daki durum

Aşağıdaki haritada, Doğu ve Kuzey Avrupa ile Rusya’daki çok sayıdaki nükleer santralin yerleri ve modellerine göre adetleri gösteriliyor (örneğin RBMK, VVER.440/230). (5)

Elektrik enerjisi talebinin artmasındaki etkenler, savurganlık ve sonuç

Elektrik enerjisi gereksiniminin artmasındaki en önemli etkenlerin artan nüfus, artan iç ve dış satım için üretim ve savurganlık olduğu biliniyor. Çünkü her kişinin yemesi, içmesinden, oturacağı ev ve işyerinden, bineceği araba, uçağa kadar her dalda yapılması gereken üretimde elektrik gerekiyor (Dünya nüfusunun 2050’de 9 milyarı geçeceği kestiriliyor).

Türkiye’de henüz nükleer santral yok, ancak kömür ve doğal gaz kullanılmadığında, yaşamın duracağı kesindir. Bu, kömürü ve doğal gazı elektrik üretiminde çok kullanalım demek değildir, sadece gerçek durumu gözler önüne sermektir.

Güneş ve rüzgardan elektrik üretimi, 2023’e kadar Çizelge 3’deki kadar artırılsa bile (ki bu planlama değerlerine ulaşılabilmesi de çok şüphelidir) bunun, hedeflenen 500 milyar kWh’lık toplam elektrik gereksinimindeki payının sadece % 13,5 kadar olabileceği Çizelge 3’den hesaplanabilir ($67,5/500=\%13,5$). 2023’de hedeflenen güneş, rüzgar, hidrolik (HES)’lerle birlikte tüm yenilenebilir kaynaklı 230 milyar kWh’lık üretimin ise, 2023’de hedeflenen toplam 500 milyar kWh’lık elektrik üretiminin yarısını bile karşılayamayacağı da Çizelge 3’den ($230/500= \% 46$) görülüyor.

Öte yandan güneş geceleri, rüzgar da her an yok. Bunlarla üretilen elektrik enerjisi, büyük miktarlarda depolanamıyor. Bu nedenlerle, özellikle fabrikaların ve akşamları da kentlerin büyük elektrik gereksiniminin güneş ve rüzgarla karşılanması olası değil.

Buna rağmen, güneş ve rüzgardan olduğunca fazla yararlanılmasının ve elektrik üretimi yelpazesindeki payının gitgide artırılmasının yanı sıra, şebeke kayıplarının ve savurganlığın azaltılmasının çok yararlı olacağı da açıktır. BG 6 Mart 2018

27. FOTOELEKTRİK OLAY VE FOTOVOLTAİK OLAY ARASINDA FİZİKTEKİ FARK? (İLGİLENENLER İÇİN)

Einstein'ın açıkladığı fotoelektrik olayda, elektromanyetik radyasyondan, iletken (metal) malzemenin cinsine bağlı olarak belirli bir eşik enerjinin üzerinde enerji alan elektronlar serbest kalırlarken (bir elektrik akımı oluşturacak şekilde yönlendirilmezlerken), fotovoltaik olayda, elektronlar yarıiletken malzemenin içinde yönlendirilerek bir elektrik akımı oluşturuyorlar ve böylece güneş ışınlarının enerjisi, elektrik enerjiye dönüştürülüyor. Buradan güneş hücrelerinde neden metallerin kullanılmasının uygun olmadığı anlaşılır.

Işınlardan enerjileri, malzemeye bağlı bir enerji aralığında olmak zorunda. Çok fazla ya da çok az ışın enerjisiyle elektrik akımı ortaya çıkamıyor. Işın (foton) enerjisi, kendi frekansı ile doğru orantılı. Bunun anlamı ise ışık spektrumunun sadece bir bölümü işe yarayabiliyor.

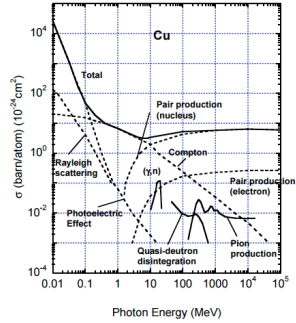
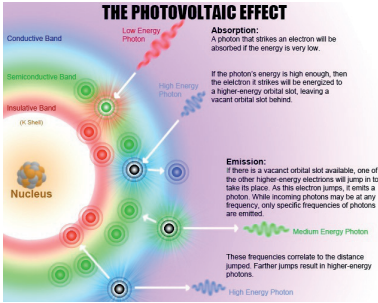


Figure 1: Cross section of Cu for photons between 10 keV and 100 GeV.[8].

Fotonların elektronlarla etkileşimi temelde bir kuantum mekaniği olayı olup istatistikseidir. Olasılığı, kuantum elektrodinamiğine göre ilgili elementin atomlarının Barn olarak etkileşme kesitleriyle aşağıdaki şekildeki gibi belirleniyor.

Işınların frekanslarına, dolayısıyla fotonların enerjilerine göre ($E=hf$, h :Plank sabiti, f :frekans) etkileşmede, hangi olay sonucu elektronların ortaya çıkacağını, atomların etkileşme (tesir) kesitleri (barn/atom) şekilde gösteriyor. Örneğin bakır (Cu) için foton enerjisi 0,1 ile 100 keV arasındaysa fotoelektrik olay baskın. Foton enerjisi 200 keV ile 10 MeV arasındaysa Compton ve 10 MeV'dan büyükse 'Çift Oluşumu (Pair production)' olayları baskın oluyor.

Bu nedenle güneş ışığı içindeki farklı enerjideki (frekanstaki) ışınların, hangi cins metalden, yukarıdaki hangi olay sonucu, atomların hangi elektron bandından, hangi olasılıkla, ne miktar elektron sökebilecekleri farklı olacaktır.

Birimler

(*) **1 Watt: Elektrik güç birimi olup 'Enerji aktarım (transfer) hızını' gösteriyor (enerji değil, enerjiyle karıştırılmamalı!).**

Güç (W)= Ws/s (Fizikte temeli: iş/zaman: Belirli bir zamanda örneğin saatte yapılan iş ya da sarfedilen enerji)

Enerji birimi: WattSaniye (Ws) = Güç (Watt) x Saniye (s).

1 WattSaniye (1Ws): 1 saniyede üretilen ya da tüketilen 1 Joule'lük enerji, elektrikte, 1 Ws'dir.

1 Joule: Örneğin 100 gramlık çikolata paketini yerden 1m yukarıya kaldırmak için gereken enerji.

1 WattSaat (1 Wh) = Güç (Watt) x Saat (h).

1 kWh = 1000 Wh, 1 MWh= 1 Milyon Wh, 1 GWh= 1 Milyar Wh, 1 TWh= 1 Trilyon Wh= 1 Milyar kWh

Örneğin 1 milyar 100 Watt'lık ampulü 10 saat yakabilmek için 1 milyar kWh'lük enerji gerekecek.

KAYNAKLARLA İLGİLENENLER İÇİN:

Bu kitaptaki kaynaklar için aşağıdaki web sitesinin 3.Bölümündeki ilgili yazı başlığındaki yazının, son sayfasına bakınız:

www.radyasyonyatakan.com , 3. Bölüm GÜNEŞ ENERJİSİNİN OLUMLU VE OLUMSUZ YANLARI

Çöplüğe atılan içleri çevre ve insan sağlığı için zararlı maddeli hurda güneş panelleri



Her kazanımın ödenmesi gereken bir bedeli vardır Türkiye'nin ilk radyasyon fizikçilerinden ve uzun yıllar Almanya ve ABD'de çalışmış dostum Yüksel Atakan herkesin deyim yerindeyse "üzerine atladığı" güneşten elektrik elde edilmesi ve enerji edilmesi ile yapılan girişimlerden gelecekte doğabilecek bir dizi olumsuzluklara dikkati çekerek, yetkilileri uyarmak ve halkı doğru bilgilendirmek amacıyla kaleme aldığı ve çeşitli dergilerde yayınladığı bir dizi makaleyi toplu halde bu kitapta okuyucularına sunuyor. Kendisi, Güneş ve Rüzgar enerjileri konularına derinlemesine girmiş dünyadaki, en yeni araştırmaları izleyerek bunların sonuçlarını kendi bilgi ve deneyimleriyle yoğurarak bu kitapta herkesin anlayacağı şekilde okuyucularına objektif olarak açıklamaya çalışıyor. Bilimin en önemli yanı, yaşayarak öğrenme değil, önceden tahmin edip, gerekli önlemlerin alınmasını sağlamaktır. Bu açıdan bakıldığında dostum Yüksel Atakan gelecekte yaşanabilecek en büyük krizlerden biri olan enerji sorununa bir bilim insanı kimliği ile açıklık getirmektedir. Kendisine katkılarından dolayı şahsım ve ülkem adına teşekkür ederim. Bu kitaptaki yazıları herkesin dikkatlice okumasını öneririm. Doğru bilgilendirmenin önemi görülecek ve - hayret demek bazı şeyleri ne kadar da yanlış biliyormuşuz denecektir..

Prof. Dr. Ali Demirsoy

