Dünya ve Türkiye Elektrik Tüketimine 2030-2040 yıllarında..

Güneş, Rüzgâr ve Nükleer Enerjilerin Katkıları Ne Kadar Olabilir?

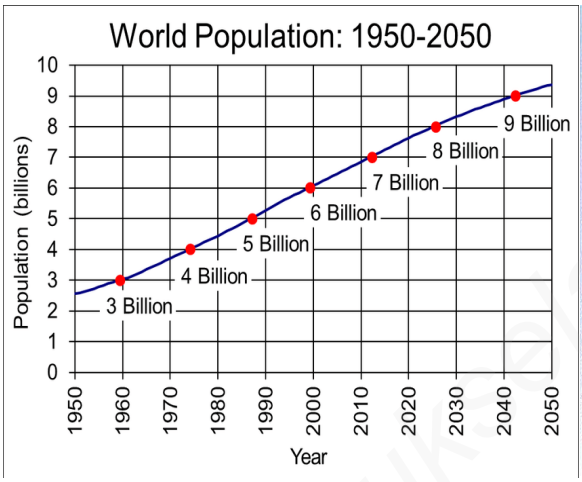
Gitgide artan nüfus, konforlu ve savurgan yaşam sonucu artan elektrik tüketimine, güneş, rüzgâr ve nükleer enerjilerle üretilen elektrik yetişemiyor, arslan payı ileride de yine fosil yakıtlarda. Dünya'daki ve Türkiye'deki durumun ayrıntılı bir analizi.

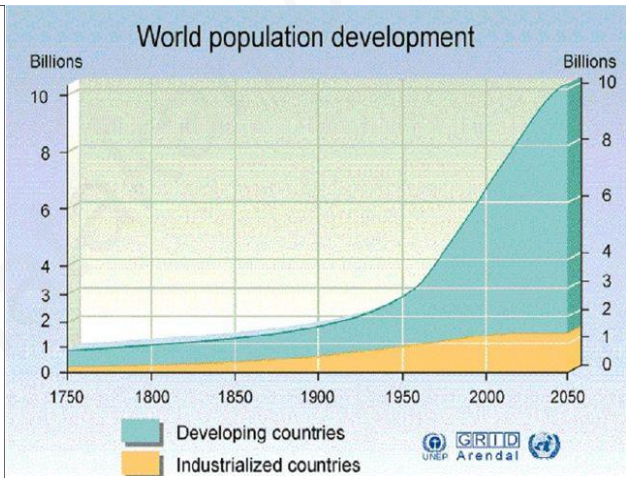
Yüksel Atakan Dr. Y.Müh., Almanya

Dünya ve Türkiye'de aşırı nüfus artımı

1970"da 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, sanayı ülkelerinde çok az kalırken, gelişmekte olan ülkelerde 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)

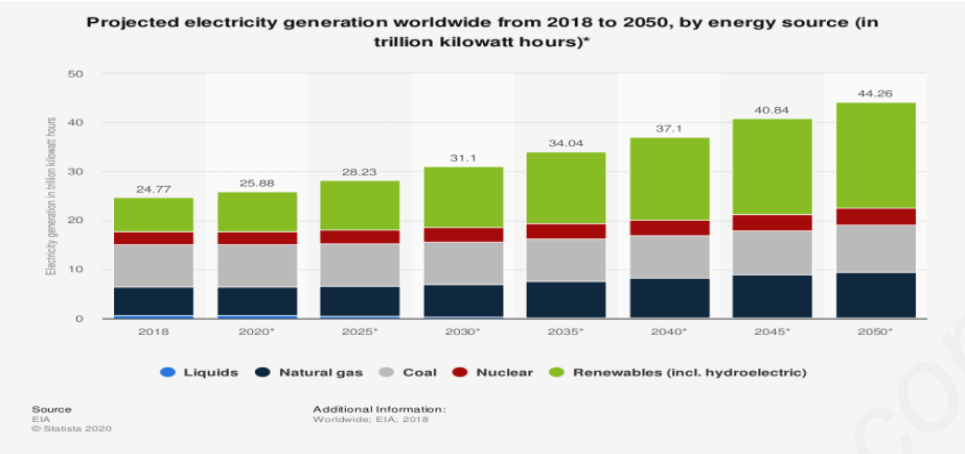




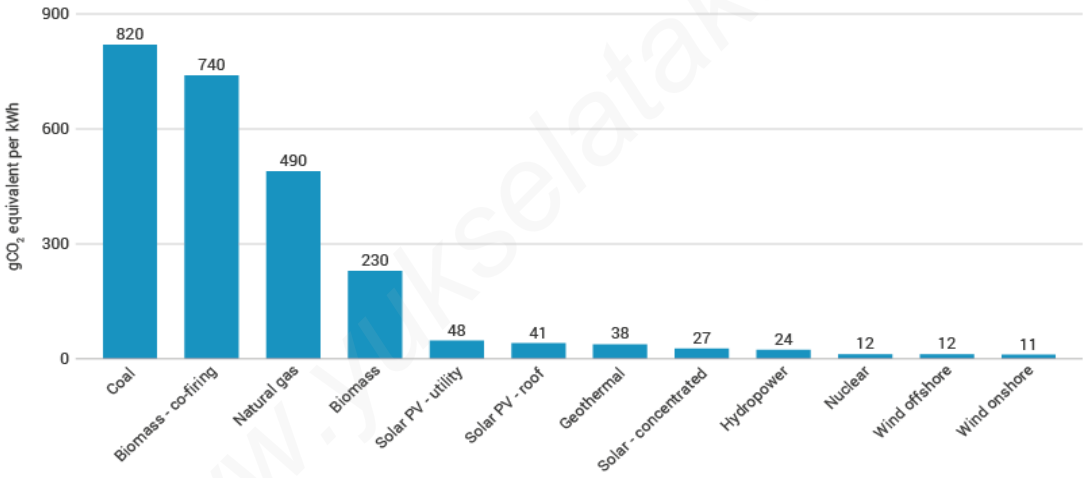
Örneğin gıda ve kullanım maddelerinin, TV, cep telefonlarının üretim ve kullanımında, hatta evlerimize pompalarla basılan musluk suyu ve internet için de elektrik gerekiyor. Tüm dünyada internette harcanan elektrik, 300 nükleer santralın ürettiği elektriğe eşdeğer /20/. Dünyaya gelen her kişi elektrik 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. Devletlelerin 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 sürecek.

İklim değişimine büyük katkısı olan $C0_2$ ile birlikte başka sera gazları da salan kömür, petrol ya da doğal gazla çalışan (fosil kaynaklı) elektrik santralları yerine, kimimiz nükleer santralların, kimimiz ise güneş ve rüzgâr enerjili santralların daha çok sayıda yapılması gerektiğini ileri sürüyor. Çünkü güneş, rüzgâr ve nükleer enerjilerden elektrik üretilirken sera gazları salınmıyor (Bkz.Şekil 4). Ayrıca, savunanlara 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 CO_2 miktarı kabaca gram olarak gösteriliyor. Absiste soldan sağa: kömür, biyokütle kömür karışımı, doğal gaz, güneş fotovoltaik santralı, güneş fotovoltaik çatı, geotermal, konzentre güneş, hidrolik (su), nükleer, rüzgâr santralı denizde, rüzgâr santralı 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 santrallarını 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 gütmeden, bugünkü bilimsel düzeyi, gerçek sayıları (verileri) ve uzmanların araştırmalarından çıkan sonuçları, dünyadaki ve Türkiye'deki ilgili kaynaklara dayanarak, okuyucularımıza doğru olarak yansıtacağız. 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 gözlerimizi yummadan, gerçekleri görmemizi sağlayacak ve belki de gerekli önlemlerin şimdiden alınmasına katkıda bulunacaktır umarız.

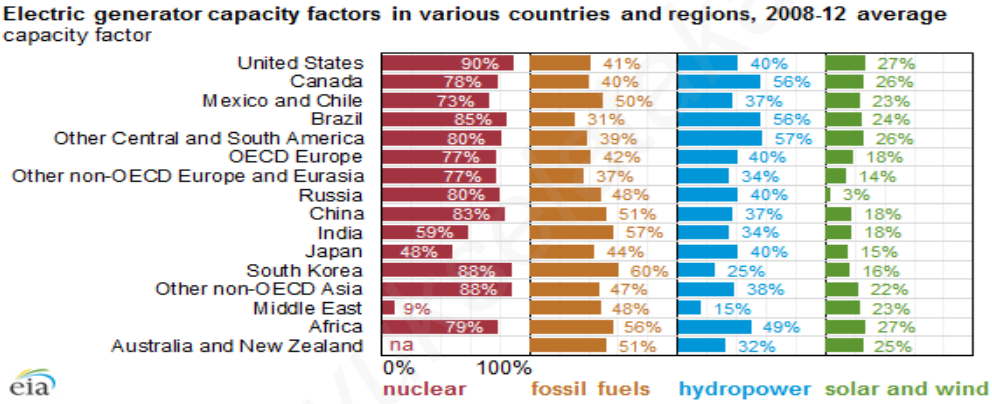
Güneş enerjisinden elektrik üretiminde sorun nerede?

Çoğumuz şöyle düşünüyor olmalı: Güneş enerjisi her yerde var, ayrıca bedava ve tertemiz! Elektrik tüketimini karşılamada neden daha çok sayıda güneş santralı yapılmıyor da iklimi bozan, çevremizi kirleten CO_2 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) çok 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 üretilebilmesi gerçeğidir. Çünkü güneş santralları yıl boyunca Türkiye'de en fazla % 18 elektrik üretirlerken, bunlar sırasıyla yıl boyunca kabaca % 60 ve % 80 verimle elektrik üretebiliyorlar.

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.

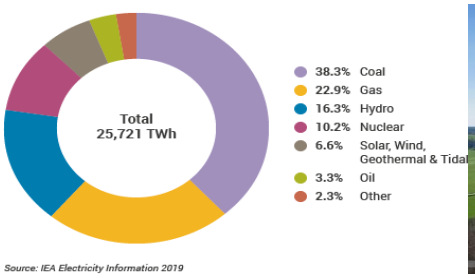
Şekil 5: Elektrik üretiminde çeşitli santralların verimleri (kapasite faktörleri), ilgili ülkelerdeki santrallara göre gösteriliyor (Bunlar ortalama değerler olup değişimler gösterebiliyor), altta soldan sağa: nükleer,su, fosil, güneş ve rüzgâr



Sanayinin, kentlerin, çok çeşitli kurum ve şirketlerin elektriğini karşılamak için ise, 1000 MegaWatt gibi oldukça büyük kurulu güçteki, elektrik santrallarının 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 santrallardan 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 , geotermal, petrol, diğerleri). Güneş, rüzgâr , geotermal: % 6,6

Şekil 6b: Rüzgâr ve güneş parkılarının yanyana olduğu elektrik santralları



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 santrallarından 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 santralı 'Konya Karapınar' 2023'de işletmeye açılacak
Basından:
, 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 Santrallarının 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 x 100 MW= 1000 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 santrallarındaki 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 yazlarımızı 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,

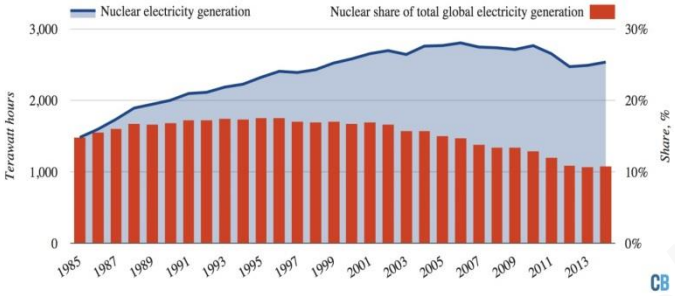
şirketlerin teknik raporlarında, hatta Türkiye Bilimler Akademisinin (TÜBA) güneş enerjisi teknik raporunda da yer almıyor /11/.

Nükleer Enerjiden Elektrik Üretimi

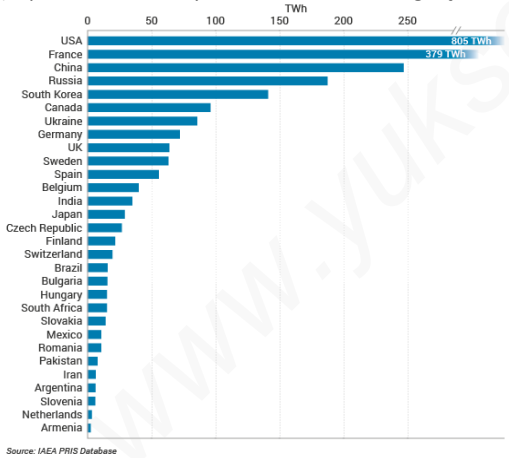
Dünyadaki durum

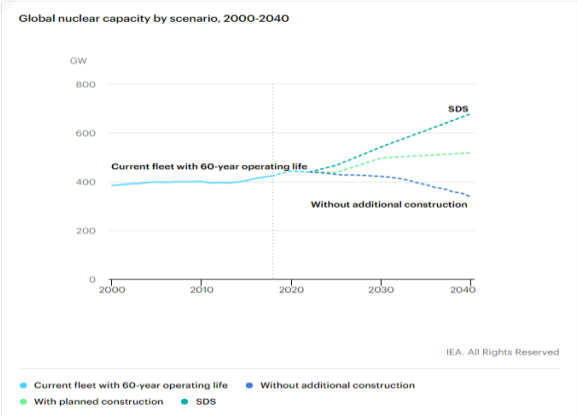
11 Mart 2011 Fukuşima kazası sonucu Almanya, Belçika, İsviçre, İspanya ve İtalya, nükleer enerjiyi ileride kullanmama kararı aldılar ve yenilenebilir enerjilere ağırlık verdiler. Buna karşın özellikle Çin ve Hindistan gibi daha bir dizi ülkede nükleer santralların yapımına hız verildi. Bugün dünyada 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 yenilenebilr enerji kaynaklarının daha büyük katkılarıyla 2013'de bir mikter azaldığını (kırmızı sütünlar), 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





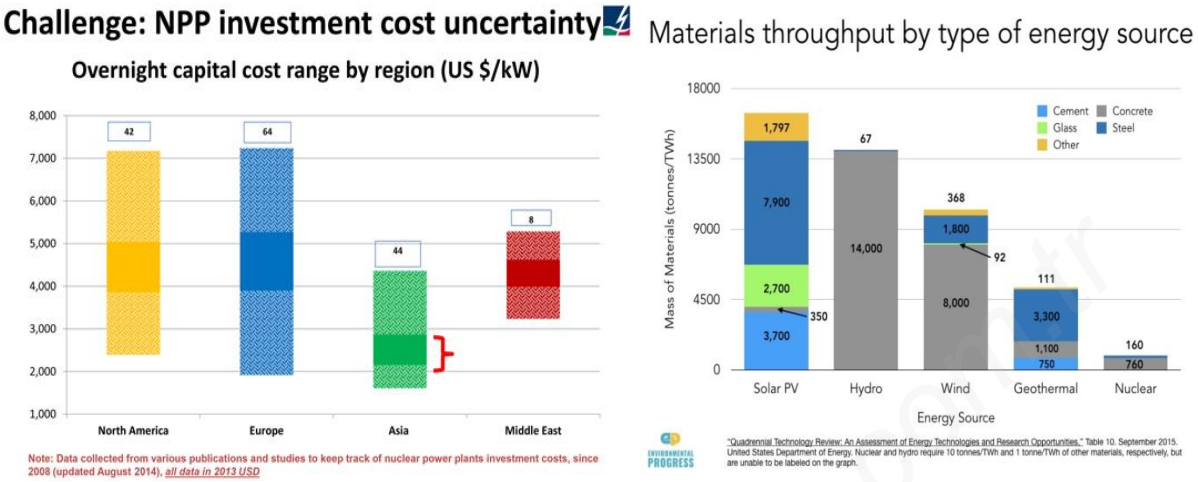
Türkiye'de Nükleer Enerjinin Durumu

Biz, nükleer santrallar Türkiye'de yapılırsa iyi mi olur, kötü mü olur? tartışmalarını bir yana bırakıp, zaten bunların fiyatlarının çok yüksek olması ve yapımlarının da 10-20 yıl kadar uzun sürmesi nedenleriyle, nükleer santralların Türkiye'nin elektrik üretimine ileride önemli bir katkı sağlayabilecek sayıda yapılamayacaklarını bir kaç hesapla göstereceğiz. Örneğin 4 reaktörlü Akkuyu Nükeer santralı sözleşmesinin 2010 yılında hatta TBMM'de onaylanmasına rağmen, bugün 2020 yılında henüz ilk reaktörün kaba inşaatı dahi bitirilmiş değil. Öte yandan Finlandiya'da 2003 yılında başlanan 1600 MW'lık 'Olkiluoto 3' adlı nükleer santralına gelen ek yaptırımlar nedeniyle 2009'da yapımının bitirilmesinin planlanmasına rağmen, 2020 yılında dahi henüz işletmeye açılamadı. Daha da gecikme olmaz ise Temmuz 2020'de işletmeye açılması planlanıyor. Fiyatının ise başlangıçta 3-4 milyar Avro

www.yuksentakan.com.tr

olarak planlanmasına karşın, gecikmeler ve ek yaptırımlar nedeniyle 12 milyar Avro'yu geçtiği kestiriliyor.

Şekil 10: Dünyanın çeşitli bölgelerinde nükleer santralların kW kurulu güç başına yaklaşık yapım fiyatları
Şekil 11: Enerji kaynaklarına ve ürettikleri TWh elektrik **(*)** başına ton olarak, elektrik santrallarının kullandıkları yaklaşık malzeme miktarları. Görüldüğü gibi en çok malzemeyi güneş santralları kullanıyor.



Akkuyu'da yapımı süren nükleer santral, ileride Türkiye'nin elektrik üretimine ne kadar katkıda bulunabilir?

Akuyu'daki 4 nükleer reaktörün herbirinin 1.200 MWe kurulu gücüyle **(*)**, ileride, ortalama % 80 verimle (kapasiteyle) birlikte aksamadan, çalıştıklarında üretebilecekleri elektrik miktarı yılda:
4 x 1.200 MW x 0.80 x 24 saat/gün x 365 gün/yıl =33,6 TWh (TeraWattSaat) olacaktır.
Bu miktar elektrik, Enerji ve Tabii kaynaklar Bakanlığı'nın 2030 yılında beklediği 500 TWh'lık toplam elektrik tüketimine ancak % 6,7 oranında oldukça az bir katkı sağlayabilecektir (= 33,6/500).
Ancak dünyadaki çeşitli reaktörlerin sorunsuz işletilemedikleri gerçeğini gözönüne alarak, Akkuyu'daki reaktörlerin de ileride çeşitli sorunlarla karşılaşacaklarını (teknik, idari, yargı) ve tam kapasiteyle çalıştırılamayacakları öngörülmelidir. Bu nedenlerle, Akkuyu'daki 4 nükleer reaktörün hep birlikte, 2030'daki Türkiye'nin toplam elektrik tüketimine en çok % 5 kadar bir katkı sağlayabileceklerini hesap etmek gerçek bir yaklaşım olacaktır.

Sinop ve Trakya için planlanan nükleer santralların durumu?

Her ne kadar Sinop ve Trakya'da nükleer santrallar kurulması planları 2010'dan beri yapılıyorsa da, geçen uzun sürede durumun belirsizliğini koruduğu görülüyor.
Sinop Nükleer Santral projesi durdu haberini, *Birgün gazetesi şöyle verdi (04.06.2019):*
‚Erdoğan mülakatta, projenin başlangıçtaki maliyet tahminlerinin ikiye katlanması üzerine durdurulduğu konusundaki soruya şu yanıtı veriyor: Sinop nükleer enerji santrali projesinde arzu edilen noktada değiliz. Japon tarafınca hazırlanan fizibilite çalışması raporu ve maliyet analizi, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığımız ve diğer gerekli kurumlarımız tarafından ayrıntısıyla incelendi. Hem maliyet, hem de takvim bakımından başlangıçtaki anlaşmamızla uyum içinde olmayan bir tabloyla karşılaştık'.
Bu nedenlerle gerek Sinop gerekse Trakya nükleer santral projelerinin, öngörülebilir sürelerde gerçekleşebileceği bilinemediğinden ve bugün yapımlarına başlanılsa dahi, 10 yılda işletmeye açılmaları beklenemeyeceğinden, bunların 2030'da Türkiye elektrik tüketimine bir katkıları olamayacakları sonucu çıkarılabilir.
Daha sonraki yıllarda da (örneğin 2040 yılına kadar) Türkiye'de nükleer santral yapılması, aşağıdaki iki yoldan birinin izlenmesiyle olasıdır, ancak bu yolların her birinin de gerçekleşmesi pek kolay değildir:

1. Yap işlet ve bize elektrik sat modeli

Bu model Akkuyu NGS modeli olup, bütçeye herhangi bir yük getirmeden tüm yapım giderlerinin, santralı kuracak şirketçe karşılanmasıdır ki bunun finansmanı 10-20 yıllık yapım süresinde yapan şirketin bankalara artan faiz ve geri ödemeler yükümlülükleri nedeniyle çok yüksek giderlerle

sonuçlanacağından bu modeli kabul edecek şirket bulmak çok zordur. Nitekim Akkuyu santralı için 2010 öncesi, batılı şirketler teklif vermemişler sadece Rusya teklif vermiştir. Benzer durum Sinop santralı için de ortaya çıkmış, Japonya Sinop NGS için fiyatı çok artırdığından Türkiye hükümeti yaptırımdan vazgeçmiştir. Bu modele göre yapacak bir şirket bulunsa dahi, şirketin ileride üretip, satacağı elektrik fiyatını bu giderlere göre iyice yükseltmesi gerekecek ve artan fiyatı ise Türkiye kabul etmeyecektir. Ayrıca bu modelle uluslararası standartlara uygun yaptırımları içeren yüksek kalitede bir santral yaptırılması, şirketin ileride gider artımına neden olacağından, şirketin bu ek yaptırımları kabul etmesi ise beklenemez. Bunun sonucunda, nükleer ve radyasyon güvenliği daha düşük, riski daha büyük bir nükleer santralın ortaya çıkmaması için denetleyici kuruma çok iş düşecektir (Bu konuda ayrıntılar için Fizik Müh.Odasına verdiğimiz 50 sayfalık Teknik Rapora bakılması /13/).

2. Türkiye'nin nükleer santralı kendi bütçesinden para ayırarak yaptırma seçeneği

Akkuyu örneğindeki 4 reaktörlü bir nükleer santral Türkiye'nin elektrik tüketimine sadece % 5 katkı sağlayabildiğinden, ancak Akkuyu gücünde yeni 3 santral (toplam 12 reaktörlü) yapılacak olursa, Türkiye'nin elektrik tüketimine önemli bir katkı sağlanabileceğinden, biz, bunlar için yaklaşık fiyatı hesaplayacağız ve Türkiye bu parayı bütçesinden ayırabilir mi? sorusuna bir yanıt arayacağız.
Akkuyu santralındaki 1.200 MW'lık her bir reaktörden 12 adedi örneğin 2040'da aksamadan çalışabilirlerse, yılda:

12 adet x 1200 x 0,80 x 24 h/gün x 365 gün/yıl = 100 TWh' lik elektrik üretebilirler.

Akkuyu santralı ile birlikte toplam elektrik üretimi 100 +33,6= 133,6 TWh'a yükselebilir. Bu ise 2040 yılındaki toplam elektrik tüketimi olacak 740 TWh'ın % 18'i kadar olabilecektir (= 117,6 / 740).

Not: 2040 yılındaki 740 TWh'lık yıllık tüketim, 2030 yılındaki 500 TWh'lık tüketimin Enerji Bakanlığının öngördüğü yıllık % 4,8 oranındaki artıma göre hesaplanmıştır.

Ancak bu 12 adet reaktörün yapılabilmesi çok zordur. Bu sorunun yanıtı nükleer santralların yüksek yapım fiyatlarında ve Türkiye'nin bütçesinde buna para ayrılamayacağında yatıyor. Şekil 10, nükleer santralların kW başına yapım fiyatının Avrupa için yaklaşık olarak 7 bin usd olduğunu gösteriyor. Herbiri 1200 MW'lık 12 adet nükleer santral için: 12 adet 1200 MW x 7.000 usd/kW = 100 milyar usd.

Değil bu kadar yüksek miktarı, 80' li yıllarda Özal ve 90'lı yıllarda Ecevit hükümetleri, o zamanki bir tek reaktör fiyatı olan 4-5 milyar usd'yi bile, bütçeyi altüst edeceği için ayıramadı.

Not : İleriye dönük elektrik üretim miktarlarıyla ilgili kestirimler Şekil 3'de görüldüğü gibi genellkle 2050 yılına kadar uzatılıyorsa da, biz ileride yeni başka teknolojilerin (Hidrojen, Füzyon) devreye girebileceğini öngörerek, yaptığımız hesaplamaların 2040 yılına kadar geçerli olabileceğini varsaydık.

Bir karşılaştırma:
Akkuyu nükleer santralının üreteceği elektriği üretebilmek için kaç güneş santralı gerekir?
Aynı miktar elektriği üretebilmek için güneş santrallarının toplam kurulu gücü (çok daha düşük % 18 verimleri nedeniyle) : **21.300 MW** (= 33,6/0.18 x 24 saat/gün x 365 gün/yıl) olacaktır **(*)**. Buradan, 4 nükleer santralın toplam **4.800 MW** kurulu gücüne karşın, toplam kurulu gücü **21.300 MWp** güneş santralları kurulup %18 ortalama bir verimle yıl boyunca işletilebilirse, yıl sonunda aynı elektrik miktarı elde edilebilir. Bu, aynı miktar elektriği elde edebilmek için, yaklaşık 5 kat daha fazla MW'lık kurulu güçte güneş enerjisi santralı kurmak demektir.
Bu çok yüksek miktardaki kurulu güç için herbiri 200 Watt'lık panellerden 106,5 milyon adet gerekecektir (= 21.300.000.000/200). Panellerin her biri için en azından 4 m^2 lik bir brüt alan gerekeceğinden, bunların kaplayacağı toplam alan ise: 426 milyon m^2 ya da 42.600 Hektar kadar olup, bu da 60.000 futbol sahası kadardır.
Sadece 4 reaktörlü Akkuyu nükleer santralının 4.800 MW kurulu gücüyle, 2030 yılında üretebileceği 33,6 TWh'lık elektrik miktarının, daha önceki yazımızda hesapladığımız çok daha büyük toplam 15.000 MW kurulu güçlü güneş enerjisi santrallarıyla 2030 yılında üretilebilecek toplam 24 TWh'lık elektrikten % 40 kadar daha fazla olacağı görülür.

Yeni Kuşak (nesil) Nükleer Santrallar

IV Kuşak da denilen yeni kuşak nükleer santrallarla ilgili araştırmalar 2000'li yıllardan beri, Türkiye'nin katılmadığı çeşitli ülkelerin uzmanlarınca sürdürülüyor. Ancak bu çalışmalar reaktör tipini geliştirmekle ilgili olmayıp, çeşitli teknolojileri araştırma niteliğindedir. Ayrıntılar için bkz. /14,15/.

1. Toryumlu Ergimiş Tuz Reaktörleri (ETR) /16,17/

Bu konuda daha önceki yazımızdan /10/:

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

Bugün özellikle Toryumlu Ergimiş tuz reaktörlerinin (ETR), toryum yakıtıyla çalışacak en uygun reaktör modeli olduğu çeşitli kaynaklarda vurgulanıyor. Bunların kaza olasılığının yok derecede az olduğu çeşitli bilimsel çalışmalarda gösteriliyor ve bunlarla ilgili araştırma çalışmaları AB, Çin, Rusya başta olmak üzere sürüyor. Bu konuda FIGES ARGE Dergisinden bir alıntı aşağıda bulunuyor: Avrupa Birliği'nin ilgili araştırma grubunun başlattığı ,SAMAFOR güvenlik değerlendirme projesi, Ergimiş Tuz Reaktörleriyle ilgili çalışmalar yapmakta ve Türkiye'den FİGES A.Ş. de bu projede aktif gözlemci olarak yer alıyor. FİGES'e verilen görev yüksek sıcaklıkta çalışan ergimiş flüorürlü tuz sıvısından ısı çekecek olan "ısı değiştiricilerin hesaplama ve tasarımıdır".

Toryumlu Ergimiş Tuz reaktörleriyle ilgili bu olumlu gelişmelere rağmen, daha önceki yazımızda ayrıntılarıyla açıkladığımız gibi bu reaktörlerle ilgili henüz standartların hazırlanamamış ve bu cins reaktörlerin çalışmaları uzun süre denenmemiş olması sonucu, Çin ve Hindistan gibi bir kaç ülke dışında, diğer ülkeler bu cins santralları bu nedenlerle henüz kullanmak istemiyor olmalılar.

Türkiye'de ileride bu cins santrallardan, henüz denenmeden çok sayıda kurulması beklenmediğinden, sadece 1-2 adet kurulması durumunda, bunların elektrik tüketimine olabilecek katkısının ise % 1-2 dolayında kalacağı kestirilebilir.

2. Küçük Yapılı Reaktör SMR (Small Modular Reactor) /18,19/

Tasarımı 1950'lere kadar giden bu tip küçük yapılı reaktörler 25 – 50 MW arasında kurulu güçlerde ilgili fabrikalarda üretilip, kullanım yerlerine götürülüyor. Yavaş ve hızlı nötronlarla çalışabilen bu çeşit reaktörlerin 2017 yılında 60 farklı tasarımı yapıldı. ABD ve İngiltere araştırmalarda, önde gidiyor. İngiltere'de Rolls-Royce şirketi 2029 yılına kadar SMR reaktörleri planlıyor. SMR'ler, yenilenebilir enerjili elektrik santrallarıyla birlikte dönüşümlü olarak da çalıştırılabiliyorlar. Büyük nükleer santralların, durdurulup tekrar çalıştırılma sorunları bunlarda bulunmuyor. Reaktör ve radyasyon güvenliği, atık sorunları gibi diğer sorunlar, bu tip reaktörlerde daha basit olarak çözülüyor. Büyük santrallardaki finansman sorunları da, bu santrallarda bulunmuyor. Ancak ürettikleri elektrik miktarları büyük santrallara oranla, çok daha az olduğundani fazla enerji gerektiği yerlerde bunlardan çok sayıda yapılması gerekiyor ya da yörel olarak kurulmaları gerekiyor. Birbirinden bağımsız çalışan 12 adet SMR, birlikte çalıştıklarında 600 MW güç oluşturabiliyorlar. 2035 yılında dünyadaki nükleer santralların % 10 kadarının SMR olacağı kestiriliyor.

ABD'de Küçük Yapılı bir Reaktör (SMR) ve çevresi: NuScale SMR site. Courtesy: NuScale Power

Basından (18.05.2020): '*Türkiye, ilk nükleer güç santrali Akkuyu NGS'nin ardından, küçük nükleer güç reaktörleri (SMR) geliştirme ve üretme konusunda da ilk adımını attı. Geçtiğimiz günlerde EUAS International ICC ile İngiliz şirketi Rolls-Royce, SMR'lerin Türkiye'de teknik, ekonomik ve hukuki uygulanabilirliği ve üretim imkanlarını değerlendirmek üzere mutabakat zaptı imzaladı'*
Dünya Nükleer Derneği (WNA), SMR'lerin sahip olduğu avantajlardan bazılarını şöyle sıralıyor; "Küçük güç ve kompakt mimari nedeniyle aktif güvenlik sistemlerine ve ek pompalara daha az gereksinim ve kazaların azaltılması için de daha az alternatif akıma ihtiyaç duyuyor. Reaktör ünitesi deprem, tsunami gibi doğal veya insan kaynaklı tehlikelere karşı güvenilir korumaya sahip. Soğutma suyuna erişim için daha az gereksinim duyması onu daha uzak bölgelerde ve madencilik veya tuzdan arındırma gibi belirli uygulamalarda öne çıkarıyor."

2030-2040 arasında Türkiye'de gerek Toryumlu Ergimiş Tuz reaktörlerinden (ETR), gerekse Küçük Modül Reaktörlerden (SMR) bir kaç adet yapılıp işletilebilseler dahi, bunların toplam elektrik tüketimine olabilecek katkılarının % 2-3'ü geçmeyeceğini aşağıdaki hesaplama gösterebilir:

2040 yılında öngörülen yıllık tüketim olan 740 TWh'ın % 3 = 22 TWh/yıl üretebilmek için, hangi kurulu güçte kaç adet ETR ve SMR gerekebilir:

Bu miktar elektrik üretilebilmesi için örneğin 2 adet 1000 MWe'lık ETR ve 20 adet 50 MWe'lık SMR reaktörleri, % 80 verimle (kapasite faktörü) 2040 yılına kadar kurulup işletilmelidir. Bir tek 1000 MWe'lık ETR'in yıl sonunda üretebileceği elektrik miktarı: 1000 MW x 0,80 x 24 x 365= 7 TWh.

Bugünkü reaktör yapım fiyatlarıyla, 2 adet 1000 MWe'lık ETR ile 20 adet 50 MWe SMR'in yapım giderleri için, toplam olarak, en azından 20 milyar usd gerekebilir. Bütçeyi altüst edebilecek bu miktarı ise Türkiye'de hükümetlerin ayırması ise beklenmemeli. Yap, işlet ve bize elektrik sat modeliyle uluslararası standartlarda kaliteli nükleer santral yapacak şirket bulunması da pek olası görülmediğinden, Türkiye'de elektrik üretecek III ya da IV model nükleer santrallar değil de araştırma reaktörlerinin kurulabilmesi olasılığı daha yüksektir ve onlar için dahi hükümetlerin bütçede ancak çok düşük bir para ayırabilecekleri gerçeğini kabul etmek gerekecektir.

Sonuçlar

Bugün dünyada işleyen nükleer santrallar cinsinden (III. Kuşak) yaptırılabilecek santralların fiyatlarının çok yüksek olmaları ya da yeni kuşak nükleer santralların 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'nın uzun süre Türkiye'nin 4 reaktörlü tek nükleer santralı olarak kalacağı öngörülebilir.

Sonuç olarak, ileride nükleer santralların, 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 santrallardan 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 üretilebilecek elektrik miktarının toplamının, Türkiye'nin elektrik tüketimindeki payının % 50'nin altında kalacağı hesaplanabileceğinden, 2030'dan sonra da, doğal gaz ve kömür santrallarında üretilen elektriğin, tüm dünyada olduğu gibi, ülkemizde de, arslan payını alacağı beklenebilir.

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 santrallarının 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 santrallar, farklı verimleri (kapasite faktörleri sonucu) yıl boyunca farklı miktarlarda elektrik üretiyorlar **(*)**.

……

(*) Birimler:

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 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'lık enerji gerekecek.

Kaynakça:

/1/ Türkiye Elektrik üretiminde Güneş Santrallarının Payı İleride Ne kadar Artabilir?
https://bilimvegelecek.com.tr/index.php/2020/05/22/turkiye-elektrik-uretiminde-gunes-santrallarinin-payi-ileride-ne-kadar-artabilir/

/2/ https://docs.google.com/viewer?url=https://www.fmo.org.tr/wp-content/uploads/2019/12/ELEKTRIK-SANTRALLARI-ARTIMI-X-atakan-Aralaik-2019.pdf&embedded=true&iframe

/3/ 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

/4/ https://docs.google.com/viewer?url=https://www.fmo.org.tr/wp-content/uploads/2020/01/GUNES-ENERJISINDEN-ELEKTRIK-atakan-FMOX-17-Ocak-2020.pdf&embedded=true&iframe

/5/ https://bilimvegelecek.com.tr/index.php/2020/04/15/gunes-enerjisiyle-elektrik-uretiminde-atilim-yosunlardan-bile-elektrik-uretimi/

/6/ https://bilimvegelecek.com.tr/index.php/2020/04/06/gunes-santrallarinin-sorunlu-yanlarinin-giderilebilmesi-icin-neler-yapilabilir/

/7/ https://docs.google.com/viewer?url=https://www.fmo.org.tr/wp-content/uploads/2020/03/Gunesten-PRATIKTE-ELEKTRIK-HBT-9-xxatakan-20-Mart20-1-1.pdf&embedded=true&iframe

/8/ https://docs.google.com/viewer?url=https://www.fmo.org.tr/wp-content/uploads/2020/03/GUNES-SANTR-HBT-206-6-Mart-20.pdf&embedded=true&iframe

/9/ https://docs.google.com/viewer?url=https://www.fmo.org.tr/wp-content/uploads/2020/03/GUNESTEN-ELEKTRIK-PDF9-TARIHCE-atakan-HBT-280220.pdf&embedded=true&iframe

/10/ https://www.carbonbrief.org/carbon-brief-profile-turkey

/11/ https://docs.google.com/viewer?url=https://www.fmo.org.tr/wp-content/uploads/2020/04/HURDA-PANELLER-SNN-180420-Atakan-1.pdf&embedded=true&iframe

/12/https://www.world-nuclear.org/Information-Library/Facts-and-Figures/World-Nuclear-Power-Reactors-and-Uranium-Requireme.aspx).

/13/ https://docs.google.com/viewer?url=https://www.fmo.org.tr/wp-content/uploads/2018/07/FMO-NGS-TEKNIK-RAPOR-20151.pdf&embedded=true&iframe

/14/ https://www.world-nuclear.org/information-library/economic-aspects/economics-of-nuclear-power.aspx

/15/ https://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/nuclear-power-reactors/generation-iv-nuclear-reactors.aspx

/16/ https://docs.google.com/viewer?url=https://www.fmo.org.tr/wp-content/uploads/2018/04/Toryum-NGS-OCAK-2018-Atakan-14-Ocak-2018.pdf&embedded=true&iframe

/17/ Competitive Thorium Fuel Cycle for Pressurized Water Reactors of Current Technology,
Proceedings of three International Atomic Energy Agency meetings held in Vienna in 1997, 1998 and

/18/ SMR: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S036054421200093X

/19/ https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0149197013001303

/20/ https://docs.google.com/viewer?url=https://www.fmo.org.tr/wp-content/uploads/2019/12/INTERNET-VE-CO2-atakan-xxx051219-1.pdf&embedded=true&iframe

Not: Bu yazımız, 26.06.2020 günü Herkese Bilim Teknoloji dergisi portalında yayımlanmıştır.

www.suksatakan.com.tr