

Yoğun Karbon Emisyonlu Baz Yüklü Kömür Santralleri Yerine Temel Enerji Kaynağı Karbonsuz Yenilikçi Nükleer Santraller Kurulması Süreci

Ahmet Cangüzel Taner

Fizik Yüksek Mühendisi

Fizik Mühendisleri Odası FMO (canguzel.taner@gmail.com)

Sanayi devriminden beri yaklaşık 200 yıldır karaelmas kömür, dünya enerji üretimi görünümü kapsamında çok önemli bir yer tutmaktadır. Ancak, yerkürenin ısınması ve global iklimsel değişimler problemlerinin hızla gelişmesi karşısında Birleşmiş Milletler BM 2015 Paris İklim Değişiklikleri Anlaşması gereği sera gazı emisyonlarının azaltılması, kontrol ve denetim altına alınması yönünde küresel karbonsuzlaştırma teknolojileri periyodu yaşanmaktadır. Çin hariç olmak üzere 2050 yılına kadar emisyon nötr ülke olma, sıfır karbondioksit emisyonları ve karbon ayak izinin sıfırlanması projeksiyonları yol haritası çoğu Birleşmiş Milletler BM üyesi tarafından kabul görmektedir. Temel yük kaynakları kömür, petrol ve doğalgaz elektrik enerjisi santralleri kompleksleri içinde bilhassa baz enerji kaynağı kömür yakan termik santraller üniteleri, maalesef atmosfere yoğun karbondioksit emisyonları yaymaktadır. Şöyle ki, bir kilogram karbon yakılması halinde çevreye yaklaşık üç buçuk kilogram karbondioksit salınımları yayılmaktadır. Çevreye yayılan karbondioksit emisyonları ise, ne yazık ki, atmosfer içerisinde takribi yüz yıl kadar uzunca bir süre kalmaktadır. Özellikle, düşük karbon teknolojili çevreci yenilenebilir enerji kaynakları YEK odaklı güneş enerjisi santralleri GES ve rüzgar enerjisi santralleri RES üniteleri kompleksleri ile birlikte iklim dostu inovatif yeni kuşak küçük modüler reaktörler (**Small Modular Reactors - SMRs**) projeleri yatırımları da hız kazanmaktadır. Birleşik Arap Emirlikleri - BAE (**United Arab Emirates - UAE**) 2023 yılı **Dubai COP28 BM İklim Değişikliği Taraflar Konferansı** içeriğinde temel enerji kaynağı kömür yakıtlı termik santraller üniteleri yerine karbonsuz inovatif evrimsel nükleer güç santralleri NGS reaktörleri tesisi geçiş süreci çalışmalarında Kanada, Romanya ve Amerika Birleşik Devletleri ABD örneği bu yazıda ele alınmaktadır.

Global sera gazı emisyonlarının dizginlenmesi ve kısıtlandırılması önlemlerine rağmen küresel karaelmas kömür tüketimleri ve kullanımları bir türlü hız kesmemektedir. Söz konusu olumsuz dünya sera gazı emisyonları artışları ise hükümetleri inovasyona dayalı karbonsuz küçük modüler reaktörler (**Small Modular Reactors - SMRs**) yapımları dahil olmak üzere iklim dostu ileri nükleer santraller projeleri yatırımlarına doğru yönlendirmektedir. **COP28 BM İklim Zirvesi** müzakereleri görüşmelerinde Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı - **IAEA** (**International Atomic Energy Agency - IAEA**) tarafından düzenlenen **Atoms 4 Climate** köşesi oturumunda Kanada, Romanya ve Amerika Birleşik Devletleri ABD yetkililerince ülkelerinin temel enerji kaynağı kömürlü elektrik santralleri ünitelerinin kapatılması aynı zamanda yerine baz yüklü karbonsuz nükleer güç santrali NGS reaktörleri kurulması stratejileri anlatılmıştır. Mevzu bahis bildirilerde güvenilir nükleer güç teknolojisinin ekonomik faydaları, sürdürülebilir yeşil, doğa dostu, çevreci kriterler açısından yararları sunulmuştur.

Kanada örneği olarak **Ontario** Eyaleti'nde kömür yakıtlar yerine nükleer enerjinin kullanımı sayesinde atmosferin nasıl temizlendiği konusunda bilgilendirilmiştir. Ayrıca, karbonsuz nükleer elektrik üretimi ile beraber yerel hava kirliliğinin önlenmesi

içerikli **A Bright Future** adlı kitap da tanıtılmıştır. **Ontario** Eyaleti kapsamında son baz yüklü kömüre dayalı termik santral üniteleri 2014 yılında kapatılmış ve karbonsuz yeni nesil nükleer reaktörler kurulmuştur. Netice itibariyle eyalet çevresinde kilowatt-saat (kWh) başına karbondioksit (CO₂) miktarı, 230 gram dan takribi 25 gram'a kadar düşmüştür **BM Paris İklim Anlaşması** ise kWh başına 50 gram CO₂ koşulu getirmiştir. **Bruce Nükleer Güç Santrali NGS Üniteleri (Bruce Nuclear Generating Station)** Şirket İlişkileri Direktörü **Pat Dalzell**, çevreci yenilenebilir enerji kaynakları **YEK** kompleksleri ve sürdürülebilir baz yüklü karbonsuz nükleer elektrik üretimleri işbirliği ile **Ontario** Eyaleti'nin bir zamanlar çok kirli olan turuncu renkli atmosferinin temiz mavi renkli gökyüzüne dönüştürüldüğünün açıkça gözlemlendiğini vurgulamaktadır. **Bruce Nükleer Elektrik Üretim Tesisi (Bruce Nuclear Generating Station)** tarafından 8 adet **CANDU** tipi basınçlı ağır sulu güç reaktörleri (**pressurized heavy-water reactors**) işletilmektedir.

Kanada **Bruce B Nükleer Güç İstasyonu** aşağıdaki resimde görüntülenmektedir.



Kaynak: Wikipedia Özgür Ansiklopedi

Kanada'nın en kalabalık **Ontario** Eyaleti **Toronto** kenti, tamamen doğal mavi renkli temiz şehir görünümüne dönüşmüş ve iklim dostu nükleer enerji kompleksleri ile 22000 kişiye iş imkânları sağlanmıştır. Gelecekte ise kent genelinde karbonsuz nükleer santral reaktörleri üniteleri ömürlerinin uzatılması süreci zarfında ilave 5000 kişiye iş olanakları temin edilmesi beklenmektedir.

Dünya elektrik enerjisi üretimi portföyü içerisinde temel enerji kaynağı kömür yakıtlı güç santralleri üçte bir oranında yer almaktadır. Böylece, baz yüklü kömür yakan termik santraller global karbondioksit emisyonları payı en yüksek düzeylere kadar ulaşmakta olup, yeryüzünün ısınması ve küresel iklim değişiklikleri sorunları bakımından anahtar bir rol üstlenmektedir. Romanya ve **ABD**, düşük karbon

ekonomisi ve teknolojileri kapsamında kömür santralleri kapatılması suretiyle ulusal enerji arz güvenliği problemleri yaşanmaması bağlamında yine 7 gün 24 saat güç üretimleri yapılabilen iklim dostu temel nükleer elektrik enerjisi projeleri yatırımları planlanmaktadır. Baz enerji kaynağı kömür yakan termik santraller üniteleri ve temel yük kaynağı nükleer güç santrali **NGS** kompleksleri, istihdam olanakları açısından ve mevcut alt yapının korunması yönünden benzer nitelikler taşımaktadır. Örneğin, kömürlü santraller sahaları da radyoaktif atıkların bertarafı ve yok edilmesi çerçevesinde nükleer atık yönetimi prensipleri dahilinde dekontaminasyon işlemleri için radyasyon güvenliği ve nükleer güvenlik kriterleri kurallarına tabi tutulması gerekmektedir. Romanya'da baz yüklü kömür yakıtlı termik santral (**Doiceşti Power Station**) sahası ülkenin ilk iklim dostu temel enerji kaynağı karbonsuz yeni nesil küçük modüler reaktörler (**Small Modular Reactors - SMRs**) kurulması bölgesi olarak seçilmiştir. Romanya **Doiceşti** sahası kapsamında demode kömür kaynaklı güç santralleri yerine Amerikan **NuScale Power** Firması tarafından her biri 77 MW olan toplam 462 MW kapasiteli 6 adet karbonsuz evrimsel küçük modüler reaktörler (**Small Modular Reactors - SMRs**) inşaatları projelendirilmiştir. Romanya devlete ait **Nuclearelectrica Nükleer Güç Şirketi** temsilcisi **Ana Birchall**, nükleer konularda yoğun kamuoyu bilgilendirilmesi sayesinde nükleer santral sahası çevresinde yaşayan yöre halkında nükleer karşıtı görüşler oluşmadığını ifade etmektedir. Amerika Birleşik Devletleri **ABD Wyoming** Eyaleti'nde faaliyet gösteren baz yüklü kömüre dayalı **Naughton** güç santrali üniteleri kapatılması 2025 yılında gerçekleşecektir. Atmosferi aşırı kirleten kömür santrali yerine temel enerji kaynağı yenilikçi iklim dostu sodyum soğutmalı dördüncü nesil **Ergimiş Tuz Reaktörleri ETR (Molten-Salt Reactors - MSR)** üniteleri yatırımları programlanmaktadır.

ABD Wyoming Eyaleti Naughton kömür yakıtlı termik santrali aşağıda görülmektedir.



Kaynak: Flickr Creative Commons, By Tom Brandt

ABD Idaho Ulusal Laboratuvarı (Idaho National Laboratory - INL) üst düzey ekonomisti **Dr Jason Hansen**, kapatılacak olan kömür ocakları ve kömür santrali çalışanlarının kurulacak ve çok daha fazla iş olanakları sağlanması olası karbonsuz iklim dostu nükleer güç tesisleri ünitelerinde istihdamlarının mümkün olacağını açıklamaktadır. Sonuçta, yeryüzünün ısınması ve küresel iklim değişiklikleri mekanizmaları sorunlarının engellenmesi mücadelesi yönünden aynı zamanda 2050 yılına kadar düşük karbon ekonomisi kapsamında yatırımları süregelen yenilenebilir enerji kaynakları **YEK** kökenli güneş enerjisi santralleri **GES** kompleksleri ve rüzgar enerjisi santralleri **RES** çiftlikleri ünitelerini destekleyecek olan baz yüklü iklim dostu karbonsuz yeni kuşak nükleer güç santralleri **NGS** reaktörleri tesislerinin küresel boyutta yaygınlaştırılması elzem kabul edilmektedir.

Kaynaklar:

- Yeni Nesil Nükleer Güç Reaktörleri, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2006.
- Nükleer Güç Santralleri Gelişiminde Nükleer Emniyet ve Nükleer Güvenlik, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2008.
- Amerika; Yeni Nesil Nükleer Elektrik Santralleri ve Nükleer Rönesans, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2010
- İleri Nükleer Santraller, İklimsel Değişim Mekanizmaları, Küresel Isınma ve İklim Değişiklikleri Bilimsel Raporları, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2010.
- Amerika Birleşik Devletleri Enerji Politikası ve Evrimsel Nükleer Santraller, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2011.
- ABD** Nükleer Enerji Politikaları Çerçevesinde Geliştirilen Modern Yeni Kuşak Nükleer Elektrik Santralleri Stratejileri, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2012.
- Dünya Elektrik Arz Güvenliği Sıkıntıları Çözümü Perspektifleri Kapsamında Yüzer Karbonsuz Yeni Nesil Nükleer Enerji Santralleri Kurulması Çalışmaları, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2014.
- Klasik Nükleer Güç Santrali **NGS** Ünitelerine Kıyasla Denizlerde Kurulacak Yüzer ve Denizaltı İnovatif Nükleer Reaktör Kompleksleri Avantajları, Ahmet Cangüzel Taner, **Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2017.
- Rusya Federasyonu Küresel Karbonsuz Nükleer Güç Santralleri Yatırımları ile Çin, Güney Kore, Fransa ve Amerika Nükleer Enerji Projeleri Rekabeti, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2018.
- Suudi Arabistan Nükleer Enerji Programı ve Ortadoğu Ülkeleri Zenginleştirilmiş Uranyum ve Plütonyum - 239 (Pu -239) Nükleer Silahlar Üretilmesi Olasılığı, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2018.
- Amerika Nükleer Yakıt Arz Güvenliği ve Nükleer Silahlar Geliştirilmesi Açısından Önemli Sayılan Hızlı Üretken Deneme Reaktörleri Dirilişi, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2018.
- Çin, Hindistan, Türkiye, Mısır, Suudi Arabistan, Ürdün ve **BAE** Nükleer Güç Programları ile Birlikte Nükleer Yakıt Uranyum Ticareti Canlanması, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2018.
- Karbonsuz Hızlı Nükleer Santraller veya Hızlı Üretken Reaktörler ile Baz Yüklü Küçük Modüler Nükleer Güç Reaktörleri (**SMR**) Yatırımları Projeksiyonları, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2019.
- Amerikan Enerji Bakanlığı **DOE** Tarafından Yenilikçi İleri Nükleer Santraller

- Geliştirilmesi İçin Sunulan Ekonomik Destekler ve Mali Yardımlar, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2020.
- Temel Enerji Kaynağı Karbonsuz Yeni Nesil **Nükleer Güç Santralleri NGS** Üstünlükleri ve İyonlaştırıcı Radyasyon Teknolojileri Avantajları, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2020.
 - Temel Güç Kaynakları Karbonsuz Mini Nükleer Elektrik Reaktörleri ve Global Nükleer Yakıt Erimesi Kazaları Karşısındaki Teknolojik Üstünlükleri, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2020.
 - ABD** Yönetimince Mali Destek Uygulanan Birincil Enerji Kaynakları Karbonsuz Mini Modüler Nükleer Güç Üniteleri Maliyetleri Artışları Sorunları, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2020.
 - Microsoft Şirketi Kurucusu ve Dünyanın Önde Gelen Girişimcisi **Bill Gates**'in Temel Enerji Kaynağı Karbonsuz **Nükleer Güç Santrali NGS** Yatırımları, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2021.
 - Küresel İnovatif Nükleer Güç Sanayi Gelişmeleri Doğrultusunda **Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı UAEA** 2050 Nükleer Elektrik Üretimi Projeksiyonları, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2021.
 - Japon Fukushima Daiichi **Nükleer Güç Santrali (NGS)** Reaktörleri Kazaları Sonrası Baz Yüklü Yeni Kuşak Nükleer Elektrik Santralleri Gelişimi, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2021.
 - Baz Yüklü Küresel Petrol, Doğalgaz ve Kömür Yakan Termik Santraller Ünitelerinin Çalıştırılması ile Artan Global İklim Krizi Kaygıları, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2021.
 - Çin Karbonsuz Toryum Yakıtlı Dördüncü Nesil **Ergimiş Tuz Santralleri ETS** Kompleksleri Kurulması ve Ticari Nükleer Güç Üretimi Başlatılması Planları, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2021.
 - Global Enerji Arz Güvenliği Darboğazı Aşılması Açısından İklim Dostu Karbonsuz **Nükleer Güç Santralleri NGS** Reaktörleri Popülaritesi, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2022.
 - Dünya İklim Krizi, Rusya Ukrayna Savaşı ve Artan Küresel Doğalgaz Fiyatları Sonucu Yükselen Global Küçük Modüler Güç Reaktörleri **SMR** İlgisi, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2022.
 - Alternatif Baz Yüklü Karbonsuz Nükleer Elektrik Santralleri Geliştirilmesi Süreci Kapsamında Nükleer Yakıt Olarak Toryum Elementi Kullanımı ve Tüketimi, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2022.
 - Güney Kore Net Sıfır Karbon Emisyonları Planı Başarılması İçin Doğa Dostu **YEK** ve Karbonsuz **NGS** Karbonsuzlaştırma Teknolojileri Yatırımları, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2023.
 - Amerika Karbon Ayak İzinin Sıfırlanması Yönünde Karbonsuz Baz Yüklü İnovatif **Nükleer Güç Santralleri NGS** Reaktörleri Ekonomik Destekleri, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2023.
 - Baz Yüklü Yüzer Karbonsuz Yeni Kuşak Nükleer Güç Santrali Reaktörleri Ünitelerinin Küresel Karbonsuzlaştırma Hedefleri Kapsamındaki Rolü, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2023.
 - Güneş Sisteminde Yaşanabilir Yeşane Mavi Gezegen Dünyanın Isınması ve İklim Krizinin Önlenmesi Bağlamında Karbonsuz Nükleer Gücün Önemi, Ahmet Cangüzel Taner, **Fizik Mühendisleri Odası FMO** Yayınları, Faydalı Bilgiler, 2023.
 - Repurposing Coal Power Plant Sites with Low Carbon Nuclear, **IAEA** Yayını, 07 Aralık 2023. **Fizik Mühendisleri Odası FMO Resmi İnternet Sitesi:**

www.fmo.org.tr/_yayinlar/faydali-bilgiler