

## Yüksek verimli kömür teknolojisinin 2°C senaryoları ile uyumsuzluğu



## Yüksek verimli kömür teknolojisinin 2°C senaryoları ile uyumsuzluğu

**Lindee Wong, David de Jager ve Pieter van Breevoort**

**Nisan 2016**

**Proje numarası: ESMNL16513**

© Ecofys 2016: WWF Avrupa Politika Ofisi'nin talimatıyla hazırlanmıştır.

Raporun aslı Ecofys tarafından İngilizce yazılmıştır. Türkçe'ye çevirisi WWF-Türkiye tarafından yapılmıştır.

## Özet

2015 yılı Aralık ayında Paris'te toplanan hükümetler, ortalama küresel sıcaklık artışını sanayileşme öncesi seviyelerin en fazla 2°C üzerinde sınırlandırma ve bu artışı 1,5°C'nin altında tutabilmek için çaba gösterme taahhüdünde bulundu. Bu taahhütleri yerine getirebilmek için dünyanın düşük karbonlu bir ekonomiye doğru yol alması gerekiyor. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC) emisyon senaryoları ile ilgili yaptığı değerlendirmeye göre bu hedef, **elektrik sektörünün küresel ölçekte 2050 yılına kadar karbondan arındırılması** gerekliliğine işaret ediyor. Yüksek verimli ve düşük emisyonlu kömür yakıtlı elektrik santrallerinin kurulması, kömür endüstrisi ve bazı hükümetler tarafından iklim dostu bir teknoloji olarak sunuluyor, bu teknolojinin farklı bir teknoloji olan karbon yakalama ve depolama (CCS) sistemleri ile bir arada kullanılması halinde nihai olarak sıfır, hatta negatif emisyon değerlerini mümkün kılacağı iddia ediliyor. Yüksek verimli ve düşük emisyonlu kömürden elektrik üretimi teknolojileri, kömür santrallerinin emisyonlarını mevcut kömür santralleri için 1.000 gCO<sub>2</sub>/kWs'in üzerindeki seviyelerden gelecekteki en verimli kömür santralleri için 670 gCO<sub>2</sub>/kWs seviyesine düşürebilir. Bir karşılaştırma yapmak gerekirse, doğrudan CO<sub>2</sub> emisyonu değerleri gaz türbinleri için 350-490 gCO<sub>2</sub>/kWs, rüzgâr ve güneş enerjisi santralleri için ise için 0 gCO<sub>2</sub>/kWs seviyesinde.

**Bu rapor, yüksek verimli ve düşük emisyonlu kömür santrallerinde yapılacak elektrik üretiminin, küresel sıcaklık artışını 2°C'nin altında tutma hedefiyle bağdaşmadığını gösteriyor.** 2°C hedefi altındaki küresel karbon bütçesi ve sera gazı emisyonlarını azaltmak için elimizde kalan süre, yeni kapasite ilavesi yapmak bir yana, faaliyet dışı kalan kömür santrallerinin daha verimli yeni kömür santralleriyle ikame edilmesine bile imkân vermiyor. Hâlihazırda planlanan 1.400 GW'lık yeni kömür kurulu gücü kapasitesi, küresel ortalama sıcaklıklardaki artışı 2°C ile sınırlandırma hedefiyle uyumlu değil. Planlanan kapasite artışının tamamı yüksek verimli ve düşük emisyonlu kömür santrallerinden meydana gelse bile sıcaklık artışını 2°C hedefinin altında tutma hedefine ulaşmak mümkün olmayacak.

Bu sonuca, IPCC'nin Beşinci Değerlendirme Raporu'nda sunulan senaryolar, Uluslararası Enerji Ajansı'nın (UEA) 2015 Dünya Enerji Görünümü (WEO) senaryoları kapsamında kömür santrallerinin rolüne ilişkin değerlendirmeler ve hâlihazırda planlanan ve/veya yapım aşamasındaki kömür santrallerine ilişkin veriler göz önüne alınarak ulaşıldı.

# İçindekiler

<b>1 Giriş</b>	<b>1</b>
<b>2 Yüksek verimli ve düşük emisyonlu kömür yakıtlı elektrik üretiminin 2°C senaryolarındaki rolü</b>	<b>4</b>
2.1 2°C senaryolarının kömür yakıtlı elektrik üretimi ve elektrik sektörü emisyonlarına yansımaları	4
2.2 UEA'nın 2015 Dünya Enerji Görünümü (WEO) Raporu'nun IPCC'nin 2°C senaryolarıyla karşılaştırılması	7
2.3 Kömür kapasite artırım planlarının 2°C senaryoları bağlamında değerlendirilmesi	11
<b>3 Sonuçlar</b>	<b>15</b>

# 1 Giriş

Uzun vadeli ortalama küresel sıcaklık artışının sanayileşme öncesi seviyelere göre 2°C'nin mümkün olduğunca altında sınırlandırılması için dünyanın 2050 yılına kadar düşük karbonlu bir ekonomiye ve karbondan tamamen arındırılmış bir elektrik sektörüne doğru ilerlemesi gerekiyor. 2015 yılının Aralık ayında Paris'te düzenlenen İklim Zirvesi'nde taraflar "iklim değişikliğinin risk ve etkilerini önemli ölçüde sınırlamak için küresel ortalama sıcaklıklardaki artışı endüstri öncesi düzeylerin 1,5°C üstüyle sınırlama yönünde çaba göstereceklerini" taahhüt ederek 2°C hedefini daha sıkı hale getirdiler<sup>1</sup>. Yüksek verimli ve düşük emisyonlu kömür yakıtlı elektrik üretimi, sera gazı emisyonlarının azaltılması yolunda çözüm önerilerinden biri olarak sunuluyor. Bu rapor, bu kömür santrallerinin 2°C hedefiyle uyumlu politikadaki rolünü inceliyor.

## Yüksek verimli ve düşük emisyonlu kömür yakıtlı elektrik üretimi nedir?

Yüksek verimli ve düşük emisyonlu kömür yakıtlı elektrik üretimi ile geleneksel kritik-altı kömür santrallerine oranla daha yüksek çevrim verimine<sup>2</sup> ve daha düşük karbondioksit emisyon yoğunluğuna sahip santrallerde elektrik üretilmesi kast ediliyor<sup>3</sup>. Bu özellikleri nedeniyle kömür endüstrisi ve bazı hükümetler söz konusu teknolojilerin geliştirilmesini, enerji sektöründeki karbondioksit emisyonlarının azaltılmasına yönelik temel adımlardan birisi olarak teşvik ediyor<sup>4</sup>. Elektrik üretimi için geliştirilmiş, farklı çevrim verimlilik derecelerine ve emisyon seviyelerine sahip bir dizi yüksek verimli ve düşük emisyonlu teknoloji bulunuyor. Bunların arasında, süperkritik (SC), ultra-süperkritik (USC), ileri ultra-süperkritik (A-USC) ve entegre gazlaştırma kombine çevrim (IGCC) santralleri sayılabilir. Bu santrallerin verimlilikleri, karbondioksit emisyon yoğunlukları ve kömür tüketim seviyeleri Tablo 1'de görülebilir.

2011 yılında, kömür yakıtlı yeni elektrik santrallerinin yaklaşık yüzde 50'si yüksek verimli ve düşük emisyonlu teknolojileri, ağırlıkla da süperkritik ve ultra-süperkritik pulverize kömür yakma ünitelerini kullandılar<sup>5</sup>. Ultra-süperkritik kömür yakımının günümüzdeki en verimli ve düşük karbonlu teknoloji olduğu söylenebilir. Bazı ultra-süperkritik üniteler yüzde 45 çevrim verimine ve 740 gCO<sub>2</sub>/kWs'lik emisyon yoğunluğuna ulaşabiliyor. İleri ultra-süperkritik teknolojisinin 2020'lerde geliştirilmeye başlanması ve bu teknoloji ile emisyonların 670 gCO<sub>2</sub>/kWs seviyesine indirilmesi bekleniyor.

---

<sup>1</sup> Paris Anlaşması, <http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/l09r01.pdf>

<sup>2</sup> Bir kömür santralinin enerji çevrim verimi, (net) kullanılabilir enerji çıktısı (örneğin; elektrik) ile yakıt girdisinin (örneğin; kömür) enerji içeriği (daha düşük ısı değeri) arasındaki orandır.

<sup>3</sup> Kaynak: Uluslararası Enerji Ajansı, 2012, *Yüksek Verimli, Düşük Emisyonlu Kömür Yakıtlı Elektrik Üretimi Teknolojisi Yol Haritası*.

<sup>4</sup> Kaynak: A.g.e.; Dünya Kömür Birliği, *Yüksek verimli düşük emisyonlu kömür*, <https://www.worldcoal.org/reducing-co2-emissions/high-efficiency-low-emission-coal>

<sup>5</sup> Kaynak: Uluslararası Enerji Ajansı, 2012, *Yüksek Verimli, Düşük Emisyonlu Kömür Yakıtlı Elektrik Üretimi Teknolojisi Yol Haritası*.

**Tablo 1: Farklı kömür teknolojilerine ait çevrim verimi, karbondioksit emisyon yoğunluğu ve kömür tüketim değerleri<sup>6,7</sup>**

Teknoloji	Çevrim verimi <sup>2</sup>	CO <sub>2</sub> emisyon yoğunluğu (gCO <sub>2</sub> /kWs)	Kömür tüketimi (g/kWs)
Kritik-altı	%38'e kadar	≥880	≥380
Süperkritik	%42'ye kadar	800-880	340-380
Ultra-süperkritik	%45'e kadar	740-800	320-340
İleri ultra-süperkritik / Entegre gazlaştırma kombine çevrim	%45-50	670-740	290-320

Yüksek verimli ve düşük emisyonlu kömür teknolojisiyle ilgili bazı önemli noktalar:

- Bahse konu kömür teknolojisinin "yüksek verim" ve "düşük emisyon" özellikleri, geleneksel kritik-altı kömür yakıtlı elektrik santrallerinin nitelikleriyle karşılaştırarak tanımlanır. Diğer teknolojiler daha yüksek verimlilik oranlarına (örneğin, gaz türbinlerinin verimlilik oranları yüzde 60'a kadar çıkabilir) ve daha düşük doğrudan karbondioksit emisyon faktörlerine (örneğin, gaz türbinleri 350-490 gCO<sub>2</sub>/kWs, rüzgâr ve güneş enerjisi 0 gCO<sub>2</sub>/kWs) sahiptir<sup>8</sup>.
- Tablo 1'deki göstergelere, eğer kömür santrali sabit ve yüksek kapasiteyle çalışırsa ulaşılabilir. Pratikte santraller daha düşük kullanım oranlarına sahiptir ve sıklıkla üretimi azaltıp artırmak durumunda kalırlar. Bu da performans göstergelerini olumsuz etkiler. Yenilenebilir elektriğin daha büyük pay sahibi olacağı gelecekteki elektrik sistemlerinde bu durum daha da yaygın olacak.
- Tablo 1'de sunulan karbondioksit emisyon yoğunluğu, santral düzeyindeki doğrudan emisyonları kapsıyor (aralıklar, başka etkenlerin yanı sıra kömür girdisindeki kalite farklılıklarını yansıtır). Kömürün çıkarılması, işlenmesi, nakliyesi gibi aşamaları kapsayacak şekilde, sürecin tamamına ait emisyonlar (yaşam döngüsündeki emisyonlar) göz önüne alındığında, emisyonlar yaklaşık 40-70 gCO<sub>2</sub>/kWs seviyesinde yükselecek<sup>8</sup>.

### **Karbon yakalama ve depolama (CCS) sistemine sahip kömür yakıtlı elektrik üretimi sadece emisyon yoğunluğunu değil aynı zamanda çevrim verimini de düşürecek.**

Karbon yakalama ve depolama (CCS) sistemine sahip kömür yakıtlı elektrik üretimi, sera gazı emisyonlarının azaltılmasına yönelik olası bir tedbir gibi öneriliyor. Bu sebeple Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) ve Uluslararası Enerji Ajansı (UEA) tarafından geliştirilen 2°C senaryolarında kritik bir rol oynuyor. Karbon yakalama ve depolama; karbondioksitin endüstriyel ve enerji sektörüne ait emisyonlardan ayrıştırılması, bir depolama alanına taşınması ve uzun vadede atmosferden izole edilmesini içeren bir süreç<sup>9</sup>.

<sup>6</sup> Kaynak: Uluslararası Enerji Ajansı, 2012, *Yüksek Verimli, Düşük Emisyonlu Kömür Yakıtlı Elektrik Üretimi Teknolojisi Yol Haritası*.

<sup>7</sup> CO<sub>2</sub> emisyon yoğunlukları kömür tipine göre değişiklik gösterir: Btümlü ve altbtümlü kömürden linyite doğru artarak devam eder, bu da emisyon yoğunluk aralıklarına yansır.

<sup>8</sup> Kaynak: Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli, 2014, *İklim Değişikliği 2014: İklim Değişikliğiyle Mücadele. Üçüncü Çalışma Grubu'nun Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli Beşinci Değerlendirme Raporu'na Katkısı* (Ek III).

<sup>9</sup> Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli, 2005, *Karbondioksit Yakalama ve Depolama Üzerine IPCC Özel Raporu*.

Bu raporda, karbon yakalama ve depolama ile donatılmış kömür santrallerinin yaklaşık 100 gCO<sub>2</sub>/kWs'lik emisyon yoğunluğuna sahip olduğu varsayılıyor (bu değerin ihtiyatlı bir tahmin olduğu düşünülüyor)<sup>10</sup>. Bu değer, verimliliği en yüksek olan düşük emisyonlu santrallerin emisyon yoğunluğundan yüzde 20 oranında daha az.

Ancak, tıpkı yüksek verimli ve düşük emisyonlu kömür teknolojisinde olduğu gibi, karbon yakalama ve depolama teknolojisinin gerçekteki emisyon yoğunluğu daha yüksek, çevrim verimi ise daha düşük olacak. Bunun nedeni, karbondioksit yakalama sürecinde enerji tüketilmesi. Karbon yakalama ve depolama teknolojileri için yaşam döngüsündeki emisyonlar, literatürde bildirilen 95-150 gCO<sub>2</sub>/kWs aralığından 70-110 gCO<sub>2</sub>/kWs daha yüksek<sup>11</sup>.

**Bu rapor, yüksek verimli ve düşük emisyonlu kömür santrallerinde yapılacak elektrik üretimini, küresel sıcaklık artışını 2°C'nin altında tutma hedefi ışığında inceliyor.**

Rapor ilk olarak, Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC) göz önüne aldığı 2°C senaryoları ve bu senaryoların elektrik sektörü emisyonları ve kömür yakıtlı elektrik üretimi açısından sonuçlarını ortaya koyuyor.

İkinci olarak, Uluslararası Enerji Ajansı'nın (UEA) hazırladığı Dünya Enerji Görünümü (WEO) 2015 raporu kapsamındaki senaryoları inceliyor. Analizin bu bölümü, modellerin dayandığı varsayımlara ve bu varsayımların sonuçlarının IPCC'nin 2°C senaryolarıyla karşılaştırılmasına odaklanıyor.

Son olarak, IPCC ve UEA'nın ortaya koyduğu senaryoları yeni kömür kurulu gücü planlarıyla karşılaştırılarak değerlendiriyor. Analizin bu bölümünde yeni kömür kurulu gücü kaynaklı emisyon öngörülerine bakılıyor, bu emisyon seviyelerinin küresel ısınmanın 2°C eşiğinin altında kalması hedefiyle uyumlu olup olmadığı irdeleniyor. Bu bölümde, ayrıca, planlanan yeni kömür kurulu gücünün tamamının yüksek verimli ve düşük emisyonlu kömür teknolojileri veya karbon yakalama ve depolama teknolojisine dayandığı iki farklı teorik vaka ele alınıyor.

<sup>10</sup> CCS ile donatılmış yeni bir pulverize kömür santralinin emisyon yoğunluğunun 92–145 gCO<sub>2</sub>/kWs aralığında gerçekleştiği, temsili değerin ise 112 gCO<sub>2</sub>/kWs olduğu; öte yandan yeni bir IGCC santralinin emisyon yoğunluğunun ise 108 gCO<sub>2</sub>/kWs temsili değeriyle 65-152 gCO<sub>2</sub>/kWs aralığında olduğu IPCC tarafından ifade edilmiştir. Bu çalışma, bu temsili değerleri dikkate alarak emisyon yoğunluğunu 100 gCO<sub>2</sub>/kWs olarak kabul etmektedir. Kaynak: A.g.e.

<sup>11</sup> Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli, 2014, *İklim Değişikliği 2014: İklim Değişikliğiyle Mücadele. Üçüncü Çalışma Grubu'nun Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli Beşinci Değerlendirme Raporu'na Katkısı* (Ek III).

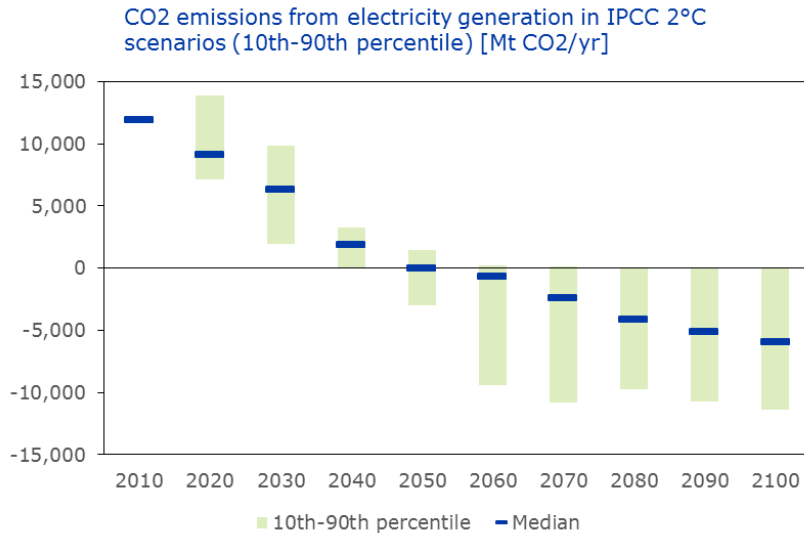
## 2 Yüksek verimli ve düşük emisyonlu kömür yakıtlı elektrik üretiminin 2°C senaryoları altındaki rolü

### 2.1 2°C senaryolarının kömür yakıtlı elektrik üretimi ve elektrik sektörü emisyonlarına yansımaları

**2°C hedefine ulaşılması için, elektrik sektörünün 2050 yılına kadar karbondan arındırılması gerekiyor.**

Küresel sıcaklık artışının sanayileşme öncesi seviyelere göre 2°C'nin mümkün olduğunca altında sınırlandırılması için bütün sektörlerin sera gazı emisyonlarının önümüzdeki on yıllar içerisinde büyük oranda kısıtlanması gerekiyor.

Şekil 1; IPCC'nin Beşinci Değerlendirme Raporu (AR5) senaryolarını ortaya koyuyor (senaryolara dair açıklamalar için Kutu 1'e bakınız). IPCC'ye göre, elektrik sektörünün yıllık emisyonlarının 2013 yılındaki 13.4 GtCO<sub>2</sub> düzeyinden<sup>12</sup> 2050 yılında yaklaşık sıfır düzeyine yaklaşması<sup>13</sup>, 2050 yılından itibaren ise negatif emisyon değerlerine ulaşılması gerekiyor. Beşinci Değerlendirme Raporu'nda; negatif emisyonların, karbon yakalama ve depolama sistemine sahip biyokütle enerjisi (BECCS) kullanımı veya yeniden ormanlaştırma, atmosferden karbondioksitin doğrudan çekilmesi (hava yakalama) ve mineral karbonlama gibi elektrik sektörü dışındaki yöntemler ile sağlanabileceği belirtiliyor.



**Şekil 1** IPCC'nin Beşinci Değerlendirme Raporu'nda yer alan 2°C senaryolarına göre elektrik üretimi kaynaklı karbondioksit emisyonları. Gri aralık 10.-90. yüzdelerlik dilim arasını, mavi çizgi ise medyan değeri gösteriyor<sup>13</sup>.

<sup>12</sup> Kaynak: Uluslararası Enerji Ajansı, 2015, *Dünya Enerji Görünümü*.

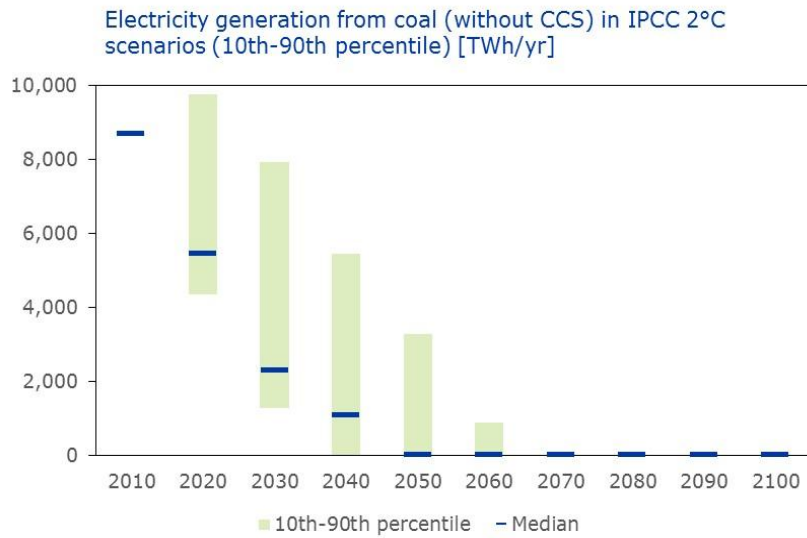
<sup>13</sup> Kaynak: Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli, 2014, *İklim Değişikliği 2014: İklim Değişikliğiyle Mücadele. Üçüncü Çalışma Grubu'nun Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli Beşinci Değerlendirme Raporu'na Katkısı*.



## Kutu 1 IPCC senaryoları<sup>13</sup>

IPCC, yüzyıl sonuna kadar atmosferdeki karbon düzeyinin 430–480 ppmCO<sub>2</sub>e aralığına ulaştığı emisyon patikaları izlendiği takdirde, küresel sıcaklık artışını 2100'e kadar 2°C'nin altında tutma hedefini gerçekleştirme olasılığının yüzde 66 olacağını belirtiyor. Araştırmamızda, 430-480 ppmCO<sub>2</sub>e eşiğinde kalan 450 ppm senaryolarının 2°C hedefiyle tutarlı olduğu varsayılırken, aşağıdaki nitelikleri taşıyan senaryolar araştırma kapsamı dışında bırakıldı: (1) sıcaklık artışının 2°C'nin altında sınırlandırılması hedefini en az yüzde 66 olasılıkla gerçekleştiremeyen senaryolar; (2) küresel emisyonların 2010 yılında ulaştığı seviyeye dair geçmiş veriye dayalı tahminlerde gerçekleşen değerlere göre yüzde 5'in üzerinde sapma bulunan senaryolar; (3) yüzyıl sonuna kadar -20 GtCO<sub>2</sub>/yıl gibi aşırı seviyelerde negatif karbondioksit emisyonu varsayımında bulunan senaryolar; (4) küresel ısınmayla mücadele çabalarını "kasti olarak" geciktiren senaryolar<sup>14</sup>.

Söz konusu senaryolar farklı araştırma ekiplerinden sağlanan çeşitli yazılımlar kullanılarak oluşturuldu. Dolayısıyla, emisyonlar gibi sayısal değerler, aralıklar kullanılarak belirtildi. Bu raporda, medyan değer ve 10.-90. yüzdelerlik dilim aralığı sunuluyor, bu da öngörülen değerlerin ana dilimi olan yüzde 80'lik kısmını yansıtır.



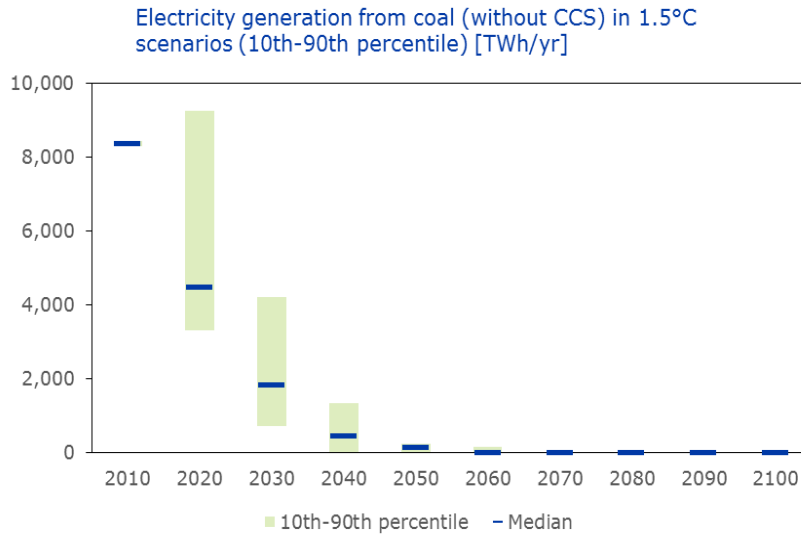
**Şekil 2 IPCC'nin Beşinci Değerlendirme Raporu'nda yer alan 2°C senaryolarına göre kömürden elektrik üretimi (karbon yakalama ve depolama teknolojileri kullanılmadan). Gri aralık 10.- 90. yüzdelerlik dilim arasını, mavi çizgi ise medyan değeri göstermektedir <sup>13</sup>.**

<sup>14</sup> Kaynak: İklim Eylem Takipçisi, 2015, Kömür İhtilafı: Planlanan kömür yakıtlı elektrik santralleri 2°C hedefiyle bağdaşmıyor ve ulusal emisyon azaltım hedeflerinin gerçekleştirilmesini zora sokuyor, [http://climateactiontracker.org/assets/publications/briefing\\_papers/CAT\\_Coal\\_Gap\\_Briefing\\_COP21.pdf](http://climateactiontracker.org/assets/publications/briefing_papers/CAT_Coal_Gap_Briefing_COP21.pdf)

## Karbondan arındırılmamış kömür kullanımı 2050 yılına kadar adım adım sonlandırılmalı.

2050 yılına kadar elektrik sektörünün karbondan arındırılması gerekliliği dikkate alındığında, karbondan arındırılmamış kömürden elektrik üretiminin (diğer bir deyişle karbon yakalama ve depolama olmadan yapılan kömür yakıtlı elektrik üretiminin) büyük ölçüde azaltılmasının zorunluluğu açıkça ortaya çıkıyor. IPCC'nin 2°C senaryoları, karbondan arındırılmamış kömürden elektrik üretiminin 2050 yılına kadar neredeyse tamamen sonlandırılması gerektiğini gösteriyor (bkz. Şekil 2)<sup>13</sup>.

Karbondan arındırılmamış kömürden elektrik üretiminde 2050 yılına kadar öngörülen düşüşün 1,5°C senaryoları<sup>15</sup> için çok daha hızlı olması gerektiği, Şekil 3'te açıkça görülüyor. 2°C senaryolarına göre daha katı 1,5°C senaryoları, karbondan arındırılmamış kömür yakıtlı elektrik üretiminin çok daha kısa sürede sonlandırılmasını gerektiriyor. 1,5°C senaryolarına göre karbondan arındırılmamış kömür yakıtlı elektrik üretimi 2010-2020 döneminde yılda yüzde 5, 2030-2040 arası dönemde ise yılda yüzde 8 oranında azaltılmalı (Bu oranlar 2°C senaryolarında sırasıyla yıllık yüzde 4 ve yüzde 5'tir). 2°C senaryolarına benzer şekilde, 1,5°C senaryoları altında da karbondan arındırılmamış kömür yakıtlı elektrik üretiminin neredeyse tamamının 2050 yılına kadar devreden çıkarılması gerekiyor.



**Şekil 3 1,5°C senaryolarına göre kömürden elektrik üretimi (karbon yakalama ve depolama teknolojileri kullanılmadan). Gri aralık 10.- 90. yüzdelik dilim arasını, mavi çizgi ise medyan değeri göstermektedir <sup>13</sup>.**

<sup>15</sup> Kaynak: Rogelj, J., G. Luderer, R. C. Pietzcker, E. Kriegler, M. Schaeffer, V. Krey ve K. Riahi (2015). "Energy system transformations for limiting end-of-century warming to below 1,5°C." *Nature Clim. Change* 5(6): 519-527.

## 2.2 UEA'nın 2015 Dünya Enerji Görünümü (WEO) Raporu'nun IPCC'nin 2°C senaryolarıyla karşılaştırılması

**UEA'nın 450 senaryosu da karbondan arındırılmamış kömür yakıtlı elektrik üretiminin süratle azaltılması gerektiğini gösteriyor.**

Uluslararası Enerji Ajansı'nın (UEA) 2015 Dünya Enerji Görünümü Raporu 2040 yılına kadarki dönem için üç enerji senaryosu ortaya koyuyor (bkz. Kutu 2). Bu senaryolar arasından 450 senaryosu (450S) 2°C eşiğiyle uyumlu olacak şekilde tasarlandı (bkz. Kutu 2 ve Kutu 3). Bu senaryoda 2040 yılı için öngörülen **fosil yakıtlardan kaynaklanan toplam karbondioksit emisyonları**, IPCC'nin 2°C senaryolarında belirtilen yüzdelik dilim aralığını yüzde 20 oranında aşıyor.

### Kutu 2 2015 Dünya Enerji Görünümü Senaryoları<sup>16</sup>

**450 Senaryosu (450S)**, enerji sektörü kaynaklı sera gazı emisyonlarında, ortalama küresel sıcaklıklardaki uzun vadeli artışı 2°C ile sınırlama hedefini yüzde 50 olasılıkla gerçekleştirmeye imkân tanıyacak bir dizi politikaya dayanıyor. Bu senaryoya göre, atmosferdeki sera gazı düzeyi içinde bulunduğumuz yüzyılın ortaları itibarıyla 450 ppm seviyesini (bu seviye küresel ısınmanın 2°C'nin altında tutulması için gerekli eşik olarak kabul ediliyor) aşarak zirve noktasına çıkacak, ancak 2°C hedefinin erişilmez hale gelmesine yol açabilecek kadar yüksek bir seviyeye ulaşmayacak. Bu senaryo altında atmosferdeki sera gazı düzeyinin 2100 yılından sonra yaklaşık 450 ppm seviyesinde kalması öngörülmüyor. Bu senaryoya ilişkin varsayımları daha detaylı incelemek için Kutu 3'e bakınız.

**Mevcut Politikalar Senaryosu (CPS)** yalnızca 2015 yılı ortası itibarıyla uygulama tedbirleri resmi olarak kabul edilen politikaları dikkate alıyor ve bu politikaların değişmeden süreceğini varsayıyor. (Bu senaryo daha önceki raporlarda Referans Senaryo olarak adlandırılıyordu).

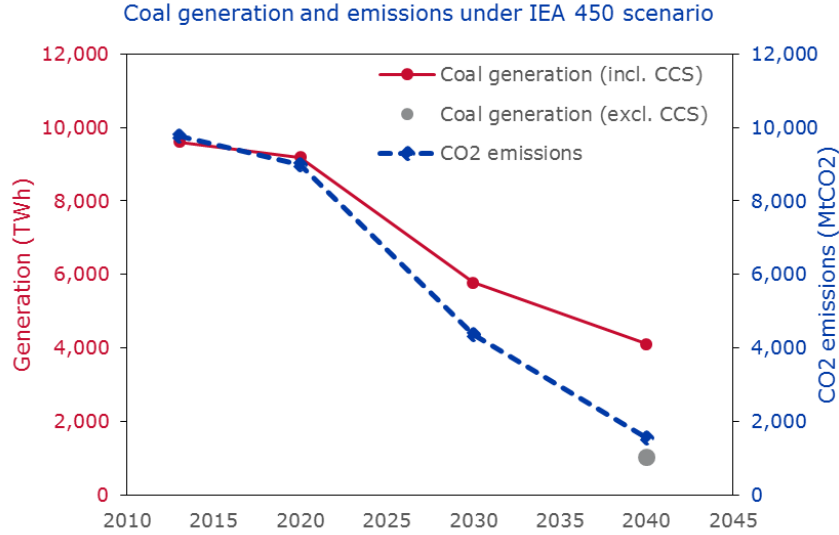
**Yeni Politikalar Senaryosu (NPS)** enerji piyasalarını etkileyen ve 2015 yılı ortası itibarıyla kabul edilmiş politika ve tedbirleri içeriyor. Bu senaryo, uygulama tedbirleri henüz tam ve kesin tanımlanmamış olsa da ilan edilmiş diğer ilgili açıklama ve niyetleri de hesaba katıyor. 1 Ekim 2015 tarihine kadar Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ne (BMİDÇS) sunulan ulusal katkı niyet bildirimlerinde (INDC'ler) yer alan enerjiyle ilgili bileşenler buna dâhil. Bu senaryoya göre, yüzyılın sonu itibarıyla ortalama küresel sıcaklık artışı 2,7 ile 3,6°C arasında gerçekleşecek<sup>17</sup>.

450 senaryosu, **kömür yakıtlı elektrik üretiminden kaynaklanan karbondioksit emisyonlarının** 2013-2040 yılları arasındaki dönemde yüzde 84 oranında azalarak yılda 1,5 GtCO<sub>2</sub> seviyesine inmesi gerektiğini gösteriyor (bkz. Şekil 4)<sup>16</sup>. Bu emisyon patikası, IPCC'nin 2040 yılına kadar elektrik sektörü için ortaya koyduğu 2°C senaryolarının medyan eğrisiyle uyumlu (bkz. Şekil 5). 450 senaryosunun temel varsayımlarından birisi, karbon yakalama ve depolama teknolojilerinin kurulmasını destekleyecek politika ve tedbirlerin yürürlükte olduğu varsayımı. 450 senaryosuna göre 2040 yılına gelindiğinde karbondan arındırılmamış kömür yakıtlı elektrik üretimi, IPCC'nin 2°C senaryolarındaki medyan değere yakın bir seviye olan 1.000 TWs seviyesinde, toplam kömür yakıtlı elektrik üretimi çok daha yüksek bir miktar olan 4.100 TWs seviyesinde gerçekleşecek. 450 senaryosu, elektrik sektöründe karbon yakalama ve depolama sistemlerinin Çin'de 2020, Hindistan'da 2025 yılından itibaren kurulmaya başlanacağını, Japonya'da kömür yakıtlı elektrik üretiminde bu teknolojinin kullanılacağını, A.B.D. ile AB'de de CCS'e geniş çaplı destek verileceğini varsayıyor. Sonuç olarak, kömürden üretilen tüm elektriğin dörtte üçünün (3.100 TWs) karbon yakalama ve depolama sistemleri ile donatılmış santrallerden geleceği öngörülmüyor.

<sup>16</sup> Kaynak: Uluslararası Enerji Ajansı, 2015, *Dünya Enerji Görünümü*.

<sup>17</sup> <http://climateactiontracker.org/>

Dünya Enerji Görünümü raporu, 450 senaryosunda öngörülen yüksek verimli ve düşük emisyonlu santral sayısını açıkça belirtmiyor. Bununla beraber, 450 senaryosunda karbon yakma ve depolama teknolojilerine verilen yer ve kömür santrallerinin emisyon yoğunluğunda öngörülen düşüş hesaba katıldığında (bkz. Kutu 3), yüksek verimli ve düşük emisyonlu kömür santrallerinin küresel ısınmayı 2°C'nin altında tutma hedefini tek başlarına sağlayamayacakları açıkça görülüyor.



**Şekil 4** Karbon yakalama ve depolama teknolojisi ile donatılmış santralleri de kapsayan UEA 450 senaryosuna göre karbondan arındırılmamış kömür yakıtlı elektrik üretimi (gri nokta), karbon yakalama ve depolama sisteminin kullanıldığı durumlar dâhil kömür yakıtlı elektrik üretimi (kırmızı çizgi) ve karbondioksit emisyonları (mavi çizgi) <sup>18</sup>.

<sup>18</sup> Kaynak: Uluslararası Enerji Ajansı, 2015, *Dünya Enerji Görünümü*; Uluslararası Enerji Ajansı, 2016, Kişisel görüşme.

### Kutu 3 UEA 450 senaryosunda kömür yakıtlı elektrik üretimine ilişkin varsayımlar<sup>18</sup>

450 senaryosunda kömür yakıtlı elektrik üretim kapasitesi 2020-2040 arasındaki dönemde 2.000 GW'tan 1.250 GW'a düşüyor. Dünya Enerji Görünümü Raporu'nda, bu senaryo altında mevcut santrallerden kaç tanesinin faaliyet dışı kalacağı açıkça belirtilmiyor ve yeni kömür kapasitesiyle ilgili varsayımlar net değil. Bununla beraber, faaliyet halindeki kömür santrallerinin türü, emisyon yoğunluk eğilimlerinden anlaşılabilir. 450 senaryosu altında emisyon yoğunluğu 2020 yılındaki 978 gCO<sub>2</sub>/kWs seviyesinden 2030 yılında 756 gCO<sub>2</sub>/kWs seviyesine, 2040 yılında ise 374 gCO<sub>2</sub>/kWs<sup>19</sup> seviyesine geriliyor. Bu eğilim, 450 senaryosu altında 2020 yılında kritik-altı santrallerin halen önemli bir paya sahip olduğunu gösteriyor. 2030'a gelindiğinde emisyon yoğunluğu ultra-süperkritik santrallere özgü yoğunluk seviyesinde olduğundan, kritik-altı santrallerin payının daha düşük olacağı söylenebilir (bkz. Tablo 1). Bu durum, karbon yakalama ve depolama sistemlerine sahip santrallerin sayısında artış veya yüksek verimli ve düşük emisyonlu santrallerin faaliyete girmesiyle açıklanabilir. 2040 yılı itibarıyla öngörülen düşük emisyon yoğunluğu, karbon yakalama ve tutma teknolojisine sahip santrallerin (hem yeni kurulan hem de sonradan CCS ile donatılan santraller) yaygın kullanılmaya başlanmış olduğunu gösteriyor.

450 senaryosuna göre, kömür santrallerinin çevrim verimi 2020-2030 arasında yüzde 36 seviyesinde sabit kalırken bu oran 2040 yılında yüzde 34'e düşüyor<sup>20</sup>. Bu eğilim, 450 senaryosunda karbon yakalama ve depolama sistemlerinin büyük bir paya sahip olmasıyla açıklanabilir. Karbon yakalama ve depolama enerji tüketen bir sistem olduğu için santralin genel çevrim verimini düşürür. Ancak suyun sınırlı olduğu bölgelerde kuru soğutma teknolojilerinin kullanılması veya daha düşük kullanım oranları (2015 WEO Raporu'nda açıkça belirtilmese bile) UEA tarafından olası nedenler olarak gösteriliyor.

450 senaryosu altında kömür santrallerinin kapasite faktörü 2020 yılındaki yüzde 53 seviyesinden 2030 yılında yüzde 43'e, 2040 yılında ise yüzde 37'ye düşüyor<sup>21</sup>. Bu düşüş yenilenebilir enerjinin kullanılmasıyla açıklanabileceği gibi, kömür yakıtlı elektrik üretiminin maliyetini artıran ve dolayısıyla daha düşük karbonlu üretimle rekabet edemeyecek hale getiren karbon fiyatlandırması ve karbon yakalama ve depolama sistemlerinin maliyetlerine de bağlanabilir.

Özetle, Dünya Enerji Görünümü Raporu'nda açıkça ifade edilen veya bu rapor üzerinden çıkarım sonucu ulaşılan varsayımlar akla yatkın ve 450 senaryosunun tanımıyla uyumlu. Her ne kadar yüksek verimli ve düşük emisyonlu teknolojilerin kullanımıyla ilgili kısıtlı çıkarımlar yapılabilsede, UEA 450 senaryosuna göre sıcaklık artışını 2°C'nin altında tutmak için bu teknolojilerden ziyade karbon yakalama ve depolama teknolojisinin elektrik sektörü açısından kritik önemde olduğu aşikar.

### Uluslararası Enerji Ajansı'nın "Mevcut Politikalar" ve "Yeni Politikalar" senaryoları 2°C hedefiyle uyumlu patikalarla bağdaşmıyor.

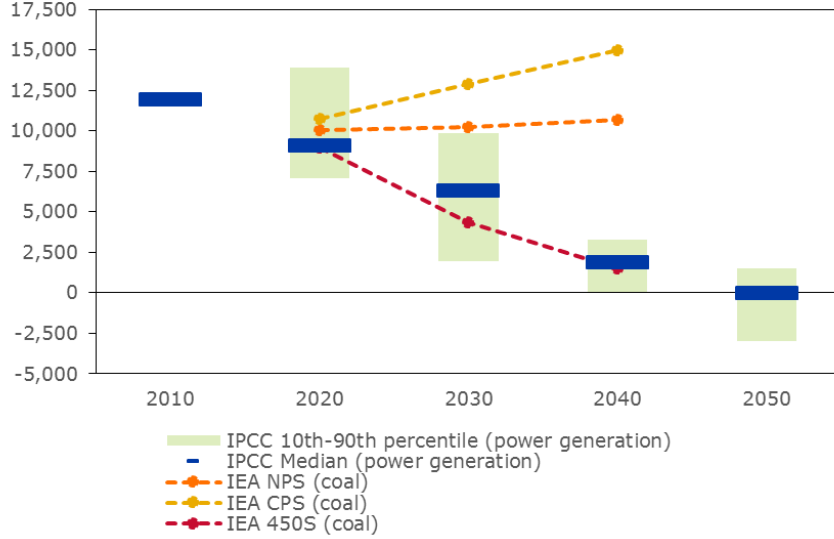
2015 Dünya Enerji Görünümü Raporu'nun hem Mevcut Politikalar Senaryosu (CPS) hem de Yeni Politikalar Senaryosu (NPS) 2°C hedefiyle bağdaşmıyor. Bu senaryolara göre, 2040 yılı itibarıyla sadece kömür yakıtlı elektrik üretimi kaynaklı **karbondioksit emisyonları**, IPCC'nin 2°C senaryoları altında bütün fosil yakıt kaynaklarına dayalı elektrik üretiminin sebep olduğu karbondioksit emisyonlarının medyan değerinden en az 8.000 MtCO<sub>2</sub>/yıl daha yüksek (bkz. Şekil 5).

<sup>19</sup> Kaynak: Uluslararası Enerji Ajansı 2015 Dünya Enerji Görünümü raporunda sunulan kömür yakıtlı elektrik santrallerine ait elektrik üretimi ve emisyon verilerine dayanarak tarafımızca hesaplanmıştır.

<sup>20</sup> Kaynak: Uluslararası Enerji Ajansı 2015 Dünya Enerji Görünümü raporunda sunulan elektrik üretimi ve elektrik sektöründeki kömüre ait toplam birincil enerji talebi (TPED) verilerine dayanarak tarafımızca hesaplanmıştır.

<sup>21</sup> Kaynak: Uluslararası Enerji Ajansı 2015 Dünya Enerji Görünümü raporunda sunulan elektrik üretimi ve kurulu güç verilerine dayanarak tarafımızca hesaplanmıştır.

CO2 emissions from electricity generation in IPCC 2°C scenarios compared to CO2 emissions in IEA scenarios [MtCO<sub>2</sub>/yr]



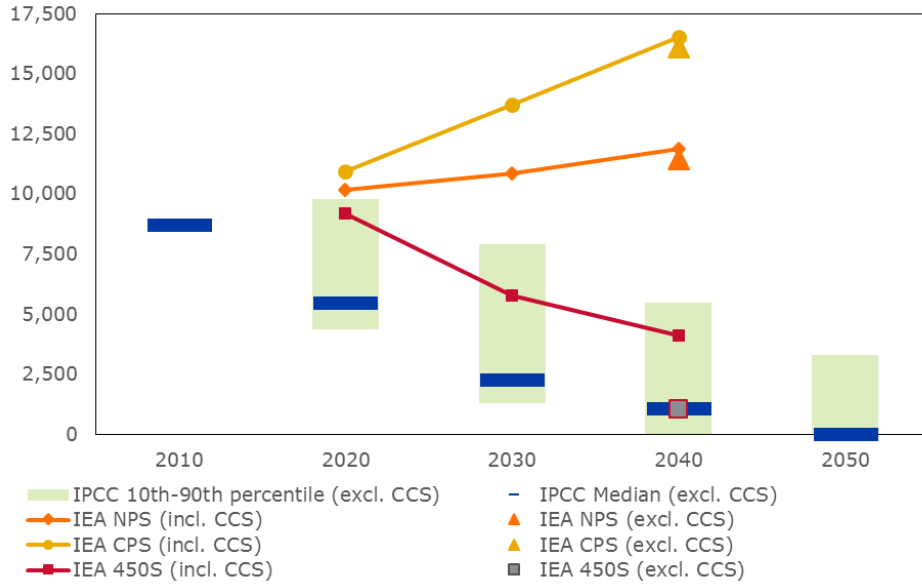
**Şekil 5 IPCC'nin 2°C senaryolarındaki elektrik üretimi kaynaklı karbondioksit emisyonlarının UEA senaryolarındaki kömür yakıtlı elektrik üretimi kaynaklı karbondioksit emisyonları ile karşılaştırılması [MtCO<sub>2</sub>/yıl]. Hem UEA senaryoları hem de IPCC senaryoları altında karbon yakalama ve depolama sistemlerinin kullanılacağı varsayılmaktadır<sup>22</sup>.**

UEA'nın Mevcut Politikalar ve Yeni Politikalar senaryoları altında 2020-2040 dönemi için kömür santrallerinden **üretilmesi öngörülen elektrik miktarı**, IPCC'nin 2°C senaryolarında öngörülen aralığın üzerinde (bkz. Şekil 6). Bu karşılaştırmadaki tutarsızlığın nedenlerinden birisinin, IPCC'nin 2°C senaryolarında karbondan arındırılmamış kömürden elektrik üretimi dikkate alınırken, UEA senaryolarının karbon yakalama ve depolama teknolojilerini hesaba katması olduğu söylenebilir. 2015 Dünya Enerji Görünümü raporu, 2020-2040 döneminin tamamı için karbon yakalama ve depolama sistemleri ile donatılmış kömür santrallerinde üretilen elektriğin miktarını açıkça belirtmiyor. Ancak, söz konusu dönemin bitiş noktası 2040 yılına ait veriler temel alındığında, Mevcut Politikalar ve Yeni Politikalar senaryolarının her ikisinin de 2°C hedefiyle uyumlu olmadığı sonucuna ulaşmak mümkün:

- UEA'nın Yeni Politikalar Senaryosu'nda "2040 yılı itibarıyla karbon yakalama ve depolama sistemleri ile donatılmış santrallerden elde edilecek toplam elektrik üretiminin 470 TWS seviyesine ulaşacağı, bunun da yüzde 90'dan fazlasının kömür yakıtlı santrallerden sağlanacağı" belirtiliyor. Dolayısıyla, karbon yakalama ve depolama donanımına sahip kömür santrallerinden 420 TWS civarında elektrik üretimi öngörülmüyor.
- Mevcut Politikalar ve Yeni Politikalar senaryoları altında 2040 yılı için kömürden elektrik üretimi öngörülleri sırasıyla 16.500 TWS ve 11.900 TWS. Bu miktarlar ile IPCC'nin 2°C senaryolarında karbondan arındırılmamış kömürden elektrik üretimi için öngördüğü miktarlar arasında (15.500 TWS ve 10.800 TWS) kayda değer bir uçurum bulunuyor.
- Buna bağlı olarak, Mevcut Politikalar ve Yeni Politikalar senaryolarından karbon yakalama ve depolama sistemleri ile donatılmış kömür yakıtlı elektrik üretimi çıkarıldığında, her iki senaryonun da 2°C patikalarıyla tamamen uyumsuz olduğu açıkça görülüyor.

<sup>22</sup> Kaynak: Uluslararası Enerji Ajansı, 2015, *Dünya Enerji Görünümü*; Uluslararası Enerji Ajansı, 2016, Kişisel görüşme; Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli, 2014, *İklim Değişikliği 2014: İklim Değişikliğiyle Mücadele. Üçüncü Çalışma Grubu'nun Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli Beşinci Değerlendirme Raporu'na Katkısı*.

Comparison of electricity generation from coal in IEA scenarios and IPCC 2°C scenarios [TWh/yr]



**Şekil 6 UEA senaryoları ve IPCC'nin 2°C senaryolarında (10.- 90. yüzdelik dilim arası) öngörülen kömürden elektrik üretimi miktarlarının karşılaştırılması. Karbon yakalama ve depolama teknolojisi IPCC senaryolarının kapsamı dışındadır. UEA verileri ise karbon yakalama ve depolama dâhil edilmiş ve dâhil edilmemiş veriler olarak ayrı ayrı sunulur. UEA'nın Mevcut Politikalar ve Yeni Politikalar senaryolarında karbon yakalama ve depolama sistemlerinin dâhil edilmediği elektrik üretimi verileri, karbon yakalama ve depolama ile donatılmış kömür yakıtlı elektrik üretiminin üst limitini (420 TWs) esas alır.**

## 2.3 Kömür kapasite artırım planlarının 2°C senaryoları bağlamında değerlendirilmesi

**Küresel ölçekte planlama aşamasındaki 1.400 GW'lık yeni kömür kurulu gücü, sıcaklık artışını 2°C'nin altında tutma hedefiyle uyumlu değil.**

Küresel Kömür Santrali Takipçisi'ne (Global Coal Plant Tracker) göre şu anda küresel ölçekte 1.400 GW'lık ilave kömür kapasitesi planlanıyor. Bunun bir kısmı faaliyet dışı kalan santrallerin yerini alacak, bir kısmı ise kömür kurulu gücünü artıracak.<sup>23</sup> Planlanan yeni kömür kurulu gücünün 350 GW'lık kısmı hâlihazırda inşa aşamasında, kalan 1050 GW'lık kısmı ise planlama, ruhsatlandırma, vb. aşamalarda bekliyor. **2030** yılı itibarıyla bütün bu planlanan kömür santrallerinin faaliyet halinde olacağını varsayarsak<sup>24</sup>, söz konusu yılı takip eden dönemde 2°C hedefiyle uyumlu bir emisyon patikasında kalmak mümkün olmayacak. Bu santrallerden kaynaklanacak yıllık karbondioksit emisyonları (6.100 MtCO<sub>2</sub><sup>25,26</sup>), IPCC'nin 2°C senaryoları kapsamında izin verilen, elektrik sektörünün tamamının (yani tüm fosil yakıt kaynaklarının) neden olduğu yıllık emisyon miktarının medyan değerine (2030 yılında 6.300 MtCO<sub>2</sub>/yıl, bkz. Şekil 7) oldukça yakın olacak.

<sup>23</sup> Kaynak: Küresel Kömür Santrali Takipçisi, 2016, *Ülke Bazında Planlanan Kömür Santralleri (MW) – Ocak 2016*.

<http://endcoal.org/wp-content/uploads/2016/01/Global-Coal-Plant-Tracker-December-2015-Countries-MW.pdf>.

<sup>24</sup> Kömür yakıtlı bir elektrik santralının inşa süresi genel olarak beş yıl<sup>8</sup> olduğundan bu gerçekçi bir varsayımdır. İnşa öncesi hazırlık süresi ise 5-10 yıl arasındadır.

<sup>25</sup> Kaynak: Küresel Kömür Santrali Takipçisi, 2015 *Ülke Bazında Planlanan Kömür Santralleri: Milyon Ton Cinsinden Yıllık CO<sub>2</sub> Miktarları (Aralık 2016)*.

<http://endcoal.org/wp-content/uploads/2016/01/Global-Coal-Plant-Tracker-December-2015-Countries-Annual-CO2.pdf>.

<sup>26</sup> Muhtemelen planlanan kapasite artırımının tamamı gerçekleşmeyecektir. Shearer ve arkadaşları tarafından yürütülen bir çalışma (2015) çevre ile ilgili kaygılar ve yenilenebilir enerji kaynaklarıyla rekabet gibi sebeplerle, giderek daha fazla sayıda kömür santrali projesinin iptal edildiğini tespit etmiştir. Kaynak: Shearer C., N. Ghio, L. Myllyvirta, ve T. Nace, 2015, "Boom and bust – Tracking the Global Coal Plant Pipeline", <http://endcoal.org/wp-content/uploads/2015/05/BoomBustMarch16embargoV8.pdf>.



Bu, hem planlanan yeni kömür kurulu gücü devreye sokulacak hem de 2°C hedefiyle uyumlu bir emisyon kulvarında ilerlenecekse, 2030 yılına kadar neredeyse tüm mevcut kömür kurulu gücünün devre dışı bırakılması ve sadece çok düşük miktarda doğal gaz yakıtlı karbondan arındırılmamış üretime izin verilmesi gerektiği anlamına geliyor.

1.400 GW'lık yeni kömür kurulu gücü, IPCC'nin 2°C senaryoları patikası altında öngörülen kömür yakıtlı elektrik üretiminin medyan değeri ( 2.300 TWs, bkz. Şekil 2) ile bir arada değerlendirildiğinde, bu santrallerin yüzde 20'den daha az bir kapasite faktörüne (1.600 tam yük saati) sahip olabilecekleri sonucuna ulaşılabilir. Böyle bir senaryo, finansal maliyetler ve düşük karbona geçişin unsurlarından birisi olacağı öngörülen kömür-gaz yakıt dönüşümü nedeniyle gerçekçilikten çok uzak kalıyor. Bu da, planlanan yeni kömür kurulu gücünün 2030 yılına kadarki 2°C patikasıyla bağdaşmadığını gösteriyor.

**2040** yılı öngörülerine bakılınca, bu uyumsuzluk çok daha dikkat çekici. Planlanan yeni kömür kurulu gücü kaynaklı emisyonlar, IPCC'nin 2°C senaryosunda elektrik sektörünün tamamı için izin verilen toplam emisyonlardan daha yüksektir (bkz. Şekil 7). Bu durum, planlanan yeni kömür kurulu gücünün 2040'tan sonraki dönemde 2°C patikasıyla uyumlu olmadığını çok yüksek bir kesinlikle gösteriyor.

Buna ek olarak, planlanan yeni kömür kurulu gücü, UEA 450 senaryosuna göre 2040 itibarıyla 2°C patikasının izin verdiği küresel kömür kapasitesinden de (karbon yakalama ve depolama sistemleriyle donatılmış santraller dâhil) daha fazla. 2°C patikasında kalabilmek için, kurulacak santrallerin bir kömür santralının teknik ömrü olan 50 yıldan çok daha önce hızla devreden çıkarılması<sup>27</sup> veya bütün santrallerin sonradan CCS ile donatılması gerekiyor. Alternatif olarak, emisyonları engellemek için karbon yakalama ve depolama sistemine sahip biyokütle enerjisi (BECCS) yaygın kullanılmalı. Bunlar çok pahalı önlemler ve gerekli finansmanın sağlanması için yüksek karbon fiyatları gerektiriyor. Bu durum da, planlanan yeni kömür santrali kapasitesinin 2°C hedefi ile uyumlu olmadığı sonucunu doğruluyor.

**Planlanan kapasitenin tamamının yüksek verimli ve düşük emisyonlu kömür yakıtlı elektrik santrallerinden meydana gelmesi durumunda bile 2°C hedefine ulaşmak mümkün olmayacak.**

Planlanan yeni kömür kurulu gücü için hesaplanan ortalama emisyon faktörünün 830 gCO<sub>2</sub>/kWs<sup>28</sup> olması, planlanan santrallerin tamamının yüksek verimli ve düşük emisyonlu santraller olmadığını gösteriyor. Planlanan tüm kapasitenin, emisyon yoğunluğu 670 gCO<sub>2</sub>/kWs olan ileri ultra-süperkritik santrallerden meydana geleceği farazi bir durumda bile bu santrallerden kaynaklanan emisyon miktarı 5.000 MtCO<sub>2</sub> seviyesinde olacak. Bu miktar IPCC'nin 2°C senaryolarında 2030 için öngörülen yıllık elektrik sektörü emisyonlarına (tüm fosil yakıtlardan kaynaklanan emisyonlar) ait medyan değer in yüzde 80'ine tekabül ediyor (bkz. Şekil 7).

<sup>27</sup> Kaynak: Uluslararası Enerji Ajansı, 2015, *Dünya Enerji Görünümü*.

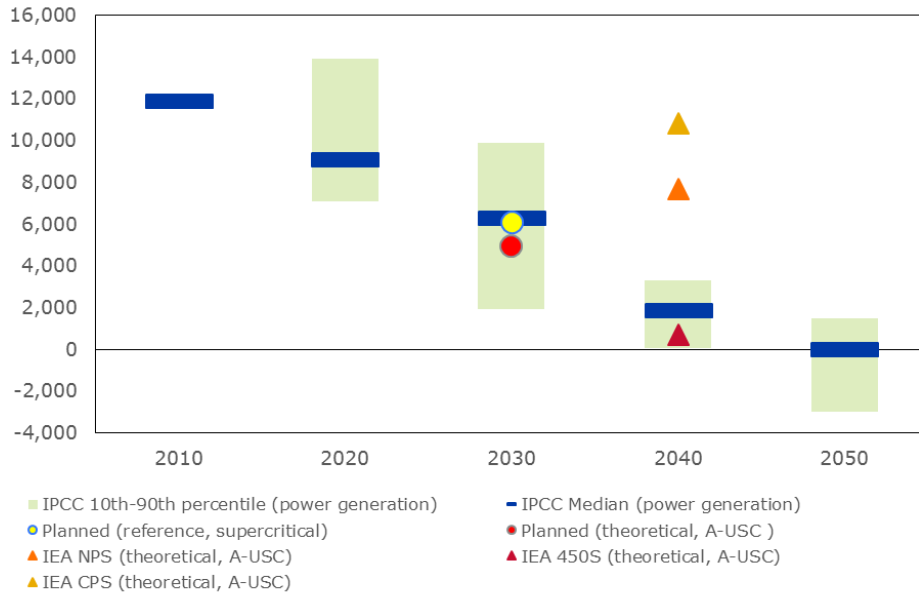
<sup>28</sup> Kaynak: Küresel Kömür Santrali Takipçisi'nin % 59'luk kapasite faktörü varsayımına dayanarak tarafımızca hesaplanmıştır.



5.000 MtCO<sub>2</sub> seviyesi, IPCC'ye göre 2040 yılı sonrası dönemde öngörülen yıllık elektrik sektörü emisyonlarının 10.-90. yüzdelik dilim aralığının yukarısında kalacak. Planlanan kömür santrallerinin tamamının yüksek verimli ve düşük emisyonlu teknolojilerle inşa edileceği durumda bile 2°C hedefine ulaşmak mümkün olmayacak.

Şekil 7, yüksek verimli ve düşük emisyonlu santrallerin **UEA** senaryolarında öngörülen karbondan arındırılmamış kömür yakıtlı elektrik üretimi üzerindeki etkilerini de ortaya koyuyor. 2030 yılında eğer karbondan arındırılmamış kömür yakıtlı elektrik üretiminin tamamı ileri ultra-süperkritik santrallerden sağlanırsa, UEA'nın Mevcut Politikalar ve Yeni Politikalar senaryoları altında nihai olarak ortaya çıkan emisyon miktarı, IPCC'nin 2°C senaryosunda izin verilen tüm fosil yakıt kaynaklı elektrik sektörü emisyonlarının medyan seviyesinden daha yüksek olacak. 2040 yılı itibarıyla ise Mevcut Politikalar ve Yeni Politikalar senaryolarındaki emisyon seviyesi, IPCC'nin 2°C senaryolarında öngörülen elektrik sektörü emisyonlarının medyan seviyesinden en az üç kat daha yüksek olacak.

CO2 emissions from unabated HELE coal-fired power plants vs those of the entire electricity generation in IPCC 2°C scenarios [MtCO<sub>2</sub>/yr]



## Şekil 7 Karbondan arındırılmamış yüksek verimli ve düşük emisyonlu kömür yakıtlı elektrik santrallerinin sebep olduğu karbondioksit emisyonlarının, IPCC'nin 2°C senaryolarında elektrik üretiminin tamamından kaynaklanması öngörülen karbondioksit emisyonlarıyla karşılaştırılması.

'Planlanan' ibaresi Küresel Kömür Santrali Takipçisi'nde tanımlanan 1.400 GW'ı ifade etmektedir. UEA NPS, CPS ve 450S ibareleri Uluslararası Enerji Ajansı 2015 Dünya Enerji Görünümü Raporu'ndaki üç senaryoyu ifade etmektedir (bkz. Kutu 2). 'Referans, süperkritik' için bütün kapasite ilavelerinin geleneksel süperkritik elektrik santrallerinden oluşacağı kabul edilmektedir. 'Teorik, ileri ultra-süperkritik' için tüm yeni kapasitenin ileri ultra-süperkritik teknolojileri kullanacağı kabul edilmektedir<sup>29</sup>.

<sup>29</sup> Kaynak: Tarafımızca yapılan hesaplamalar; Küresel Kömür Santrali Takipçisi, 2016, *Ülke Bazında Planlanan Kömür Santralleri (MW)* – Ocak 2016, <http://endcoal.org/wp-content/uploads/2016/01/Global-Coal-Plant-Tracker-December-2015-Countries-MW.pdf>; Uluslararası Enerji Ajansı, 2015, *Dünya Enerji Görünümü*; Uluslararası Enerji Ajansı, 2016, Kişisel görüşme; Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli, 2014, *İklim Değişikliği 2014: İklim Değişikliğiyle Mücadele. Üçüncü Çalışma Grubu'nun Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli Beşinci Değerlendirme Raporu'na Katkısı*.

**Planlanan yeni kömür kurulu gücü kapasitesinin tamamının karbon yakalama ve depolama sistemleriyle donatılması durumunda bile 2°C hedefine ulaşılacağına dair bir garanti yok.**

Planlanan yeni kömür kurulu gücü kapasitesinin tamamının karbon yakalama ve depolama sistemleriyle donatılması, teorik olarak santralleri 2050 yılına kadar 2°C patikası altında sürdürülebilir hale getirebilir. Karbon yakalama ve depolama sistemleriyle donatılmış santrallerin emisyonlarının 740 MtCO<sub>2</sub>/yıl<sup>30</sup> seviyesinde olacağı öngörülmüyor ve bu da küresel ısınmayı 2°C ile sınırlandırmak için 2050 yılına kadar gerekli emisyon eğrisi sınırları içinde kalıyor (bkz. Şekil 7). Bu senaryoda, kömür santrallerinde her yıl 5.400 MtCO<sub>2</sub> miktarında emisyon yakalanacak ve depolanacak. Ancak karbon yakalama ve depolama sistemlerinin 2030 yılına kadar, yani 15 yıldan az bir süre içinde bu kadar yaygın bir şekilde kurulması pek mümkün gözüküyor. Günümüzde, yılda 1 MtCO<sub>2</sub> karbon yakalayan sadece bir adet büyük ölçekli karbon yakalama ve depolama santrali faaliyet halinde<sup>31</sup>. Karbon yakalama ve depolama sistemlerinin görece yüksek maliyetleri, diğer düşük karbon teknolojilerinin güçlü rekabeti, elektrik piyasalarındaki değişen dinamikler, depolama alanlarının ve bağlı altyapının kurulması için yapılması gerekenler, düzenleme mekanizmalarıyla ilgili sorunlar ve toplumsal zorluklar gibi etkenler hesaba katıldığında, karbon yakalama ve depolama sisteminin 2030 yılında gerektiği kadar yaygınlaşma olasılığı oldukça düşük görünüyor.

2°C derece hedefine ulaşabilmek için 2050 yılından sonraki dönemde, elektrik sektörü kaynaklı emisyonların negatif değerleri sağlaması gerekiyor (bkz. Şekil 1). 1.400 GW'lık kurulu güce sahip, karbon yakalama ve depolama teknolojisiyle donatılmış bir kömür santrali filosunun, böyle uzun vadeli bir negatif emisyon patikasıyla uyumlu olup olmadığı tartışmalı bir konu.

<sup>30</sup> Emisyon faktörü 100 g/kWs olarak kabul edildiğinde.

<sup>31</sup> Kaynak: Küresel Karbon Yakalama ve Depolama Enstitüsü, *Geniş Ölçekli CCS Projeleri*, <http://www.globalccsinstitute.com/projects/large-scale-ccs-projects>.

### 3 Sonuçlar

Uzun vadeli ortalama küresel sıcaklık artışı sanayileşme öncesi seviyelerin en fazla 2°C üzerinde sınırlandırmak ve bu artışı 1,5°C'nin altında tutabilmek için dünyanın düşük karbonlu bir ekonomiye doğru yol alması gerekiyor. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC) emisyon senaryoları ile ilgili yaptığı değerlendirmeye göre bu hedef dahilinde **elektrik sektörünün 2050 yılına kadar karbondan arındırılması** şart. Kömür endüstrisi ve bazı hükümetler, yüksek verimli ve düşük emisyonlu kömür yakıtlı elektrik santrallerini, karbon yakalama ve depolama teknolojisiyle desteklendiği takdirde nihai olarak sıfır ve hatta negatif emisyon seviyelerine ulaşımayı sağlayacak iklim dostu bir teknoloji gibi sunuyor. Elektrik retimi için geliştiren yüksek verimli ve düşük emisyonlu kömür teknolojileri süperkritik (SC), ultra-süperkritik (USC), ileri ultra-süperkritik (A-USC) ve entegre gazlaştırma kombine evrim (IGCC) santrallerini kapsıyor. Kömür santrallerinin emisyon yoğunluğu mevcut (ve eski) kömür santrallerinde 1.000 gCO<sub>2</sub>/kWs'in üzerinde iken, yenilikçi teknolojilerin kullanılacağı gelecekteki kömür santrallerinde 670 gCO<sub>2</sub>/kWs seviyesine düşebilir. Bir karşılaştırma yapmak gerekirse, doğrudan karbondioksit emisyonu değerlerinin gaz türbinleri için 350-490 gCO<sub>2</sub>/kWs, rüzgâr ve güneş enerjisi santralleri için ise için 0 gCO<sub>2</sub>/kWs seviyesinde olduğu söylenebilir.

**Bu rapor yüksek verimli ve düşük emisyonlu kömür yakıtlı elektrik üretiminin rolünü inceleyerek ve bu teknolojinin 2°C patikalarıyla uyumsuz olduğu sonucuna varıyor.**

**2°C hedefi altındaki** küresel karbon bütçesi ve sera gazı emisyonlarını azaltmak için elimizde kalan süre, yeni kapasite ilavesi yapmak bir yana, faaliyet dışı kalan kömür santrallerinin daha verimli yeni kömür santralleriyle ikame edilmesine bile imkân vermiyor. Bu santrallerin emisyonları, elektrik sektörünü karbondan arındırmak için izlenebilecek patikalar için fazla yüksek olacak.

Bu sonuca, IPCC'nin Beşinci Değerlendirme Raporu'nda sunulan senaryolar, Uluslararası Enerji Ajansı'nın (UEA) 2015 Dünya Enerji Görünümü senaryoları kapsamında kömür santrallerinin rolüne ilişkin değerlendirmeler ve hâlihazırda planlanan ve/veya yapım aşamasındaki kömür santrallerine ilişkin veriler göz önüne alınarak ulaşıldı.

IPCC'nin 2°C senaryoları gibi, UEA'nın 450 senaryosu da karbondan arındırılmamış kömür yakıtlı elektrik üretiminin süratle azaltılması gerektiğini gösteriyor (2013-2040 arası dönemde yüzde 84 oranında). Bununla beraber, UEA'nın elektrik sektörü kaynaklı toplam emisyonlarına dair ngrleri, IPCC'nin öngörülerinin üzerinde. UEA'nın 450 senaryosuna göre sıcaklık artışını 2°C ile sınırlandırma hedefine ulaşmak için karbon yakalama ve depolama tesislerinin yaygın kullanımı, yüksek verimli ve düşük emisyonlu kömür teknolojilerinden daha kritik bir öneme sahip. UEA'ya göre 2°C hedefi için 2040 yılı itibarıyla kömür yakıtlı elektrik üretiminin dörtte nn karbon yakalama ve depolama teknolojileri ile donatılmış santrallerden karşılanması gerekiyor. UEA'nın Dünya Enerji Görünümü Raporu'nda yer alan diğer senaryolar [Mevcut Politikalar (CPS) ve Yeni Politikalar (NPS) senaryoları] ise 2°C senaryolarıyla uyumlu değil.

Mevcut durumda, önümüzdeki on yıllar içinde yaklaşık 1.400 GW'lık yeni kömür kurulu gücünün inşası planlanıyor. Planlanan bu yeni kömür santralleri ne IPCC'nin 2°C senaryolarıyla ne de UEA'nın 450 senaryosuyla uyumludur. Bu santrallerden kaynaklanacak emisyonlar, 2040 yılından sonraki dönemde IPCC'nin 2°C senaryolarında öngörülen tüm elektrik sektörü emisyonlarından daha yüksek olacak. Planlanan bütün santrallerin **yüksek verimli ve düşük emisyonlu kömür teknolojileri ile inşası bile bu sonucu değiştirmeyecek.**

Planlanan tüm yeni kömür kurulu gücünün karbon yakalama ve depolama sistemleriyle donatılması, 2050'ye kadarki dönem için 2°C hedefiyle uyumlu patikalarla tutarlı olur. Ancak 2050 yılından sonrası için, elektrik sektörünün negatif emisyon patikasına geçmesi gerekiyor.

Bu raporda santrallerin çevrim verimlilikleri ve yeni teknolojilerin yaygınlaşma hızına ilişkin iyimser değerler kullanıldı. Bununla beraber, toplam 1.400 GW kurulu güce sahip karbon yakalama ve depolama sistemleriyle donatılmış yeni kömür santrallerinin 2030 yılına kadar devreye girmesi gerçekçi bir varsayım değil. Emisyon yoğunluğunu 100 gCO<sub>2</sub>/kWs'e düşürmek için gereken yüksek yakalama veriminin maliyeti çok yüksek olabilir. Dolayısıyla, planlanan 1.400 GW'lık yeni kömür kurulu gücünün uzun vadeli bir 2°C eğrisiyle uyumlu olması düşük bir ihtimal.

**Yüksek verimli ve düşük emisyonlu kömür teknolojilerinin ve karbon yakalama ve depolama sistemleriyle donatılmış kömür yakıtlı elektrik santrallerinin** aleyhine işleyen başka etkenler de var. Bu ileri teknolojilerin geliştirilmesi ve yaygınlaşması garantili süreçler olmaktan uzak. Teknolojik, ekonomik ve toplumsal engeller nedeniyle bu seçeneklerin teoride varsayılan performans ve yaygınlaşma oranlarına ulaşamaması kuvvetle muhtemel. Gelecekte kömür santrallerin kullanım oranları/yük faktörlerinin daha düşük olması, üretimdeki artış ve azalmaların daha sık yaşanmasıyla beraber daha düşük çevrim verimi ve daha yüksek emisyon yoğunluğu değerlerinin görülmesi beklenebilir. Öte yandan, yaşam döngüsündeki sera gazı emisyonları da faaliyet aşamasındaki doğrudan emisyonlardan 40-110 gCO<sub>2</sub>/kWs daha yüksek olabilir.



sustainable energy for everyone

**ECOFYS Netherlands B.V.**

Kanaalweg 15G  
3526 KL Utrecht

T: +31 (0) 30 662-3300  
F: +31 (0) 30 662-3301

E: [info@ecofys.com](mailto:info@ecofys.com)  
I: [www.ecofys.com](http://www.ecofys.com)