Almanya 2045 analizi temelinde YZ Destekli Bilimsel Araştırma

Yeşil Dönüşüm "Sıfır CO_2" Değildir:Gizli Salınımların Almanya Örneği

Hazırlayan: Yüksel Atakan ybatakan4@gmail.com *17 Ekim 2026*

1. Ana mesaj

Yeşil dönüşüm, enerji sisteminden fosil yakıtlı elektrik üretimini büyük ölçüde çıkarmayı hedefler; ancak "hiç CO_2 salınmayacak" anlamına gelmez. Üç neden vardır: (i) hedef **net sıfırdır**, kalan emisyon giderimle dengelenir [4][6]; (ii) türbin, panel ve şebeke **üretilirken** bugün hâlâ fosil enerji kullanılır (gömülü emisyon); (iii) ulusal envanterler yalnızca ülke içindeki salımı saydığından **ithal ürünlerin üretim emisyonu başka ülkenin hanesine yazılır** ve görünmez kalır.

2. Gizli salınımı gösteren örnekler

Örnek 1 — Güneş paneli: üretimde kömür

- IEA'ya göre Çin, panel üretiminin tüm aşamalarında %80'in üzerinde paya sahiptir; PV imalatında kullanılan elektriğin **%60'tan fazlası kömürden** gelir (küresel şebekede kömür payı %36). Küresel polisilisyumun yaklaşık %40'ı Xinjiang'dadır [12].
- Fraunhofer ISE'ye göre modül üretim emisyonu Çin'de 750-810, Almanya'da 520-580, AB'de 420-480 kg CO_2e/kWp'dir [11]. Yani Çin üretimi Almanya'dakinden kWp başına yaklaşık 230 kg CO_2e fazladır.



Örnek 2 — Rüzgâr türbini: çelik ve beton

- Çelik, türbin kütlesinin %80-90'ını oluşturur ve Vestas'ın dolaylı emisyonlarının yaklaşık yarısından sorumludur [16]. Geleneksel çelikte ton başına yaklaşık 1,91 t CO_2 salınır [17]; çelik sektörü dünya CO_2'sinin yaklaşık %7-8'ini üretir [18][19]. Kara rüzgârında çelik kule, santralin sera gazı emisyonunun yaklaşık %20'sidir [35].

Örnek 3 —Hesaplama: Emisyon başka ülkenin hesabında

Çin'de üretilip Almanya'ya kurulan panelin üretim emisyonu Çin'in hesabına yazılır; Almanya'nın karasal hedefinde "temiz" görünür [4]. **Bu nedenle Almanya'nın 2045'te "nötr" olması, tükettiği malların küresel ayak izinin sıfır olduğu anlamına gelmez**.

Örnek 4 — Türkiye ve hedef-gerçekleşme farkı

Türkiye'de kurulu gücün %62,3'ü yenilenebilirdir; ancak 2025 üretiminde rüzgâr ve güneş %22, kömür %34'tür [28]. **Toplam emisyon 2024'te %5,3 artarak 584,5 Mt CO_2e olmuştur** [25]. Almanya'da UBA, 2030'da %62,6 azaltım (hedef %65) ve 2040'ta yaklaşık %80 (hedef %88) öngörür [5]. **Dünyada fosil CO_2 2025'te rekor 38,1 GigaTon'a çıkmıştır** [21].

3. Almanya için hesaplama: "üretim Almanya'da yapılmadığı için" hesapta görünmeyen CO_2

3.1 Güneş panelleri: 1 milyon panel temelinde

Varsayım: bir modül 400 Wp (güncel modüller yaklaşık 400-430 Wp); 1 milyon panel = 400 MWp. Birim değerler Fraunhofer ISE'ye aittir [11].

Tablo 1. 1 milyon panelin (400 MWp) üretim emisyonu

Üretim yeri	kg CO_2e/kWp	1 milyon panel için (kton CO_2e)
Çin	750-810	300-324
Almanya	520-580	208-232
AB	420-480	168-192
Fark: Çin − Almanya	≈ 230	≈ 92 kt

Değerler yalnızca modülü kapsar; evirici, taşıyıcı yapı ve nakliye hariçtir. Cam-arka levha (üst) ve cam-cam (alt) modül değerleri aralık olarak verilmiştir.

3.2 Son 10 yılda (2016-2025) Çin'den gelen paneller

- **Kurulum:** Almanya'da PV kapasitesi 2025 sonunda 117 GW'tır [36]; 2023 sonunda 81,8 GW olan stok 2016'ya göre iki katıdır [37]. Buna göre 2016-2025 net eklemesi **yaklaşık 77 GW**'tır; 300-420 Wp ortalama modül gücüyle bu **yaklaşık 180-260 milyon panel** eder (hesaplama).
- **Çin payı:** Destatis'e göre Almanya'ya ithal edilen PV ürünlerinin %86,4'ü (2023) ve %85,8'i (2024) Çin kaynaklıdır (değer bazında) [38]. Yurt içi modül üretimi 2023'te yaklaşık 3,5 milyon, 2024'te yaklaşık 1,5 milyon adettir [38]; yıllık yaklaşık 35-40 milyon panellik kuruluma kıyasla %4-10'luk bir paydır. On yıl boyunca %86 Çin payı varsayılırsa **yaklaşık 66 GW (yaklaşık 160-220 milyon panel)** Çin kaynaklıdır.

Tablo 2. 66 GW'lık Çin kaynaklı panelin üretim emisyonu (Mt CO_2e)

Senaryo	Alt	Üst
Çin'de üretildi (gerçek durum)	≈ 50	≈ 54
Aynı miktar Almanya'da üretilseydi	≈ 35	≈ 39
Aynı miktar AB'de üretilseydi	≈ 28	≈ 32
Almanya envanterinde görünmeyen toplam	≈ 50	≈ 54
Üretim Almanya'da olsaydı küresel ek yük (fark)	≈ 15	≈ 15

Yıllık ortalama yaklaşık 5 Mt CO_2e. Çin payı %80-90 alınırsa toplam yaklaşık 46-56 Mt olur. 2016-2019 modülleri daha düşük verimli olduğundan kWp başına emisyon bugünkü değerlerden yüksek olabilir; Çin şebekesi ise zamanla temizlenmiştir. Sonuç büyüklük mertebesidir.

3.3 Rüzgâr santralleri: Çin'den malzeme alımı

Panellerden farklı olarak Almanya'nın rüzgâr türbinleri ağırlıklı olarak Avrupa'da üretilir; **Çin payına ilişkin resmî bir hacim verisine ulaşamadım**, bu nedenle sonuç senaryo olarak verilmiştir. Bilinenler: AB'nin kalıcı mıknatıs ve nadir toprak elementlerinin yaklaşık %90'ı Çin'den gelir [39]; dünyanın en büyük 15 türbin

üreticisinin üçte ikisi Çinlidir [40]; Alman enerji şirketleri 2030 hedeflerinin Çin donanımı olmadan zor olduğunu belirtmiştir [41].

- **Birim değer:** Vestas'ın V162-6,2 MW türbini için LCA'sı, yalnızca türbin için yaklaşık 313 t CO_2e/MW, tüm santral için yaklaşık 430 t CO_2e/MW vermektedir (ikincil aktarım) [42]. Yani 1 MW rüzgâr türbini yaklaşık 313 t, 6,2 MW'lık bir türbin yaklaşık 1.940 t CO_2e içerir. Rüzgârda yaklaşık 115 t çelik/MW kullanılır [43].
- **Kurulum:** Almanya'da rüzgâr kapasitesi 2025 sonunda yaklaşık 77,6 GW'tır [36]; 2015 sonundaki yaklaşık 45 GW'a göre on yıllık net ekleme **yaklaşık 33 GW**'tır (yaklaşık değer). Bu, yaklaşık 10 Mt CO_2e (türbin) ve yaklaşık 14 Mt CO_2e (tüm santral) gömülü emisyon demektir.

Tablo 3. Çin kaynaklı pay senaryolarına göre envanter dışında kalan emisyon (33 GW için)

Çin payı (türbin emisyonu içinde)	Türbin (Mt CO_2e)	Tüm santral (Mt CO_2e)
%10	≈ 1,0	≈ 1,4
%25	≈ 2,6	≈ 3,5
%50	≈ 5,2	≈ 7,1
Yalnızca kuleler (santral emisyonunun ≈ %20'si) tamamen Çin'den olsaydı	—	≈ 2,8

Çin'de üretilen çeliğin emisyon yoğunluğu için kaynaklı veri kullanılmadığından, gerçek değerler bu senaryolardan yüksek olabilir.

3.4 Toplam ve yorum

Panel ve rüzgâr kalemleri birlikte düşünüldüğünde, Almanya'nın son on yılda kurduğu sistemlerin üretim emisyonunun **yaklaşık 50-60 Mt CO_2e**'lik bir bölümü (panellerde ≈ 50-54 Mt, rüzgârda senaryoya göre ≈ 1-5 Mt) Çin'in envanterinde kalmıştır; bu miktar Almanya'nın resmî azaltım istatistiklerinde görünmez. Bu "kayıp" bir muhasebe sonucudur: üretim Almanya'da yapılsaydı panel için küresel emisyon yine de yaklaşık 15 Mt daha düşük olurdu. Ölçek açısından bu salım, aynı panellerin ömürleri boyunca önleyeceği emisyonun küçük bir bölümüdür (yaklaşık 4-14 aylık karbon geri ödeme süresi, ana rapor Bölüm 6.3); fakat bu **sıfır olduğu anlamına gelmez**.

4. Söylem ve veri

Söylem	Veri	Kaynak
"Güneş ve rüzgâr sıfır emisyonludur."	Yaşam döngüsünde rüzgâr 11-12, güneş 13-48 g CO_2e/kWh; kömür 820	[9][10][11]
"Panel üretimi temiz enerjiyle yapılıyor."	PV imalat elektriğinin %60'tan fazlası kömürden	[12]
"Almanya 2045'te nötr olacak."	Karasal envanter; ithal panelin ≈ 50-54 Mt'u dışarıda; ara hedefler risk altında	[4][5], Bölüm 3
"Türkiye'nin gücünün %62'si yenilenebilir."	Üretimde kömür %34; emisyon 2024'te arttı	[25][28]

5. Sonuç ve önerilen ifadeler

- Teknoloji için "sıfır emisyon" yerine **"düşük karbonlu"**, ülke için "nötr" yerine **"net sıfır yolunda"** denmelidir.
- Hedefler, karasal envanterle birlikte **tüketim temelli ayak izi** ve ithal malların gömülü emisyonuyla raporlanmalıdır.

- Çelik, çimento ve polisilisyum gibi ara malların dönüşümü (düşük karbonlu üretim, çeşitlendirme, karbon fiyatı) dönüşümün ön koşuludur.

Varsayımlar ve sınırlar: Bölüm 3'teki sayılar yayımlanmış birim değerlerin kurulum miktarlarıyla çarpılmasıyla elde edilen büyüklük mertebeleridir. Kurulum miktarı net eklemeyi (söküm ve yenileme dahil) yansıtır; Çin payı değer bazlıdır; rüzgâr için Çin payı bilinmediğinden senaryo kullanılmıştır. Resmî kullanım öncesinde Destatis ve Bundesnetzagentur birincil verileriyle teyit edilmelidir. Numaralar [1]-[34] ana rapordaki kaynakçayla aynıdır.

Ek kaynaklar

[35] WindEurope (2026). Comparative LCA of steel vs. hybrid concrete-steel towers (165 m). https://windeurope.org/annual2026/conference/presentations/5

[36] Bundesnetzagentur (2026). Ausbau der erneuerbaren Energien 2025 (solarserver.de aktarımı). https://www.solarserver.de/2026/01/08/bundesnetzagentur-legt-zahlen-zum-ausbau-der-erneuerbaren-energien-in-2025-vor/ ; zfk.de: https://www.zfk.de/energie/strom/erneuerbare-legen-2025-deutlich-zu-solar-bleibt-treiber-wind-holt-auf

[37] Bundesnetzagentur / solarserver.de (2024). PV-Zubau 2023: 14,3 GW; Bestand 81,8 GW. https://www.solarserver.de/2024/01/19/photovoltaik-zubau-im-dezember-2023-bei-882-mw-gesamtjahr-143-gw/

[38] Destatis (2024, 2025). PV-Importe und -Produktion (pv magazine / pv magazine Deutschland aktarımı). https://pv-magazine.com/2024/08/01/germany-value-of-pv-imports-exports-plunges-66 ; https://www.pv-magazine.de/unternehmensmeldungen/42-millionen-photovoltaikanlagen-in-deutschland-installiert/

[39] Reuters (2025), 5 Ağustos: Germany seeks to cut dependence on China for wind power components. https://moderndiplomacy.eu/2025/08/05/germany-seeks-to-cut-dependence-on-china-for-wind-power-components/

[40] t-online (WirtschaftsWoche/rapor aktarımı): Industrie warnt vor Zugriff Chinas auf Windenergie. https://www.t-online.de/finanzen/aktuelles/wirtschaft/id_92353846/warnungen-vor-zugriff-chinas-auf-windenergie.html

[41] Clean Energy Wire. German energy companies say 2030 wind power targets cannot be achieved without Chinese hardware. https://www.cleanenergywire.org/news/german-energy-companies-say-2030-wind-power-targets-cannot-be-achieved-without-chinese-hardware

[42] Vestas V162-6.2 MW LCA verileri (ikincil aktarım): https://greencalculus.com/guides/carbon-footprint-of-a-wind-turbine/

[43] Rüzgâr türbini malzeme yoğunluğu (≈ 115 t çelik/MW): MIT, https://calischs.pages.cba.mit.edu/energy/studies/wind-turbine.html