

Saygın Kaynaklardan YZ Destekli Güncel Bilim ve Teknoloji Yazıları
Dünya İklimini Etkileyen Ortalama 1–1,5 °C Kadar Sıcaklık Artışı
Nasıl Hesaplanabiliyor?

Ölçüm Yöntemleri, Uzun Yıllar Ortalaması ve Güncel Veriler Işığında Bir Değerlendirme
Hazırlayan: Yüksel Atakan Dr.Radyasyon Fizikçisi, ybatakan4@gmail.com., 11.08.2026

1. Dünya Atmosfersiz Olsaydı Sıcaklığı Ne Kadar olurdu? Doğal Sera Etkisi

Dünya'nın sıcaklığını anlamamanın çıkış noktası, atmosfer hiç olmasaydı gezegenin ne kadar soğuk olacağını hesaplanmasıdır. Güneş'ten gelen enerji ile Dünya'nın uzaya geri yaydığı ısının dengelendiği bu durum, fizikte *radyatif denge* hesabıyla bulunur ve Dünya'nın atmosferlessiz ortalama yüzey sıcaklığının yaklaşık **-18 °C** olacağını gösterir. Oysa gezegenin gerçek ortalama yüzey sıcaklığı bunun çok üzerinde, yaklaşık **+15 °C**'dir. Aradaki yaklaşık 33 °C'lik farkın nedeni, atmosferdeki doğal sera gazlarının (başta su buharı, karbondioksit ve metan) yeryüzünden yansıyan uzun dalga boylu ısı ışınımını tutarak gezegeni ısıtmasıdır; buna 'sera etkisi' denir /10, 11/. Bu doğal sera etkisi olmasaydı dünya yaşanabilir olmazdı; bugün tartışılan insan kaynaklı iklim değişikliği, bu doğal dengeye insan etkinlikleriyle eklenen ilave sera gazlarının yol açtığı ek ısınmayla ilgilidir.



Kutup yakınlarında iklim bozulmasıyla eriyen buzullar ve 2021'de Almanya'da Altenahr-Kreuzberg yerleşim yerini yerle bir eden seller

Bir gezegenin ortalama sıcaklığını belirleyen iki temel etken, atmosferindeki sera gazı miktarı ve Güneş'e olan uzaklığıdır. Örneğin Dünya'dan çok daha uzakta olan Mars'ın atmosferi hem son derece incedir hem de sera gazı bakımından yetersizdir; bu nedenle Mars'ın ortalama yüzey sıcaklığı yaklaşık **-60 °C** dolayındadır. Buna karşılık Venüs, atmosferindeki çok yoğun CO₂ birikimi nedeniyle güçlü bir sera etkisiyle yaklaşık **460 °C**'ye ulaşan bir yüzey sıcaklığındadır. Bu iki uç örnek, sera gazı miktarının bir gezegenin sıcaklığı üzerindeki belirleyici etkisini açıkça göstermektedir /10/.

2. Sanayi İlk Yılları (1850–1900)= Sanayi Öncesi Referans Sıcaklığı olarak yaklaşık: 13,7 °C

Bilim insanları ve NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), sanayileşmenin iklim üzerindeki etkisinin henüz belirgin olmadığı 1850–1900 dönemini 'sanayi öncesi' referans dönem olarak kabul eder ve bu dönemin küresel ortalama yüzey sıcaklığını yaklaşık 13,7 °C (56,7 °F) olarak hesaplar /12/. Günümüz küresel ortalama sıcaklıkları, bu referans döneme göre yaklaşık 1,4–1,5 °C daha yüksektir /12, 13, 14/.

NOAA'nın 1951–1980 dönemi ortalamasına dayanan **+14 °C** değeri (bkz. Bölüm 7). 1850–1900 ve 1951–1980 dönemleri farklı zaman aralıklarını kapsadığından, bu iki referanstan hesaplanan

sapmalar (anomaliler) birbirinden yaklaşık 0,2–0,3 °C farklılık gösterebilir; bu fark, ölçümlerin farkından değil, karşılaştırılan dönemin seçiminden kaynaklanır.

3. Giriş: İnsan Kaynaklı Sera Gazları

İnsan kaynaklı sera gazlarının, sanayi devrimi öncesi döneme (yaklaşık 1850–1900 ortalaması) göre, dünyanın ortalama yüzey sıcaklığını **günümüzde 1,1 ile 1,5 °C arasında artırdığı** hesaplanmaktadır. Bu artışın büyük bölümü; başta fosil yakıtlı (kömürlü, doğal gazlı) termik santraller ve fosil yakıt kullanımından kaynaklanan karbondioksit (CO₂) olmak üzere, metan, azot oksit, kükürtdioksit ve diğer eser gazlardan kaynaklanmaktadır.

NOAA'nın Mauna Loa Gözlemevi'nde sürdürdüğü sistematik ölçümlere göre, sanayi öncesi dönemde yaklaşık 278 ppm (milyonda bir birim) olan atmosferik CO₂ yoğunluğu, 2024 yılında yıllık ortalama olarak **424 ppm** dolayına yükselmiştir; bu, sanayi öncesine göre yaklaşık %50'lik bir artışa ve bilim insanlarının paleoiklim kayıtlarından kestirildiği kadarıyla, en az birkaç milyon yıldır görülmemiş bir düzeye karşılık gelmektedir /2, 5/.

4. Bu Kadar Küçük Bir Artış Yeryüzünü Nasıl Bu Denli Etkiler?

1–1,5 derecelik bir sıcaklık artışıyla dünyanın iklimi nasıl değişebilir; dünya nasıl ısınır da birçok yeri seller basar, orman yangınları artar? Zaten her gün çok daha büyük sıcaklık değişimleri yaşanmıyor mu? Ayrıca bu kadar küçük bir artış, tüm yeryüzünde nasıl ölçülüp hesaplanabilir? Soruları konuya yabancı olanların aklına gelebilir. Bu yazımızda bu sorulara yanıt aranacaktır.

Burada söz konusu edilen sıcaklık değişimleri, günlük, aylık ya da mevsimlik dalgalanmalar değil; uzun yılların ortalamasına göre, ilgili yıldaki sapmadır. Bu sapmaya iklim biliminde 'anomali' denmektedir.

5. Ölçüm Yöntemi: 'Anomali' Kavramı

Kıtalar, okyanuslar, denizler ve göllerle kaplı geniş yeryüzünde sıcaklığın her noktada sürekli ölçülmesi ve gezegenin ortalama sıcaklığındaki 1–1,5 °C'lik değişimin hesaplanması, ilk bakışta olanak dışı gibi görünür. Yeryüzünün her noktasında ölçüm yapmak milyarlarca istasyon gerektirir. **Bu nedenle, dünya genelinde kara ve denizlerde belirlenmiş, standarda uygun 10.000'in üzerindeki noktadaki sistematik ölçümlerle yetinilir; günümüzde bu sayı, uydu verileri ve otomatik istasyonların katkısıyla NOAA tek başına 14.000'i aşkın istasyona ulaşmıştır.** Ölçümler, hesaplamalar ve değerlendirmeler sonucunda bulunan uzun yılların ortalaması da, bu ortalamadan sapmalar (anomali) da, bu nedenle yaklaşık ve göreceli değerlerdir.

6. Ölçümleri Yapan Başlıca Kurumlar

Bu ölçüm, hesaplama ve değerlendirmeleri dünyada başlıca şu kurumlar yürütmektedir /2, 6/:

- National Aeronautics and Space Administration – Goddard Institute for Space Studies (NASA GISS), GISTEMP veri seti

- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), National Centers for Environmental Information
- İngiltere Met Office Hadley Centre / University of East Anglia Climatic Research Unit (HadCRUT)
- Japonya Meteoroloji Kurumu (JMA)
- Avrupa Birliği Copernicus İklim Değişikliği Servisi (C3S) / ECMWF – ERA5 yeniden analiz verileri (2015 sonrasında öne çıkan, uydu ve model verilerini birleştiren beşinci önemli kaynak)

Ölçümler İngiltere'de 1850'den, ABD'de 1880'den ve Japonya'da 1891'den bu yana sürdürülmektedir. Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO), her yıl bu kurumların verilerini bir araya getirerek 'State of the Global Climate' (Küresel İklimin Durumu) raporunu yayımlamaktadır.

7. Uzun Yıllar Ortalaması ve Sapmalar (Anomaliler)

NOAA'nın 1951–1980 dönemine dayanan hesaplamalarına göre, yerkürenin bu dönemdeki ortalama yüzey sıcaklığı +14 °C olarak belirlenmiş ve bu değer, günümüzde de birçok kurumun kullandığı 'uzun yıllar ortalaması' referans değeri olmaya devam etmektedir; bu değeri başka araştırmacılar da 1961–1990 dönemi için doğrulamıştır: 14,0 ± 0,5 °C (Jones ve ark., 1999). Paris Anlaşması gibi güncel uluslararası metinlerde ise genellikle 1850–1900 dönemi 'sanayi öncesi' referans olarak alınmaktadır; bu iki farklı referans döneminden hesaplanan anomali değerleri birbirinden yaklaşık 0,2–0,3 °C farklılık gösterebilir.

Çizelge 1'de, uzun yılların ortalaması olan +14 °C'den sapmalar, dört kurumun (NASA, NOAA, Met Office, JMA) 1951–1980 baz alınarak yaptığı değerlendirmelere göre, hem 1990–1991 hem de 2018–2020 ve son olarak 2021–2024 dönemi için verilmiştir.

YIL	NASA (GISS)	NOAA	Met Office (HadCRUT)	JMA
1990	0,45	0,45	0,36	0,04
1991	0,41	0,39	0,34	-0,02
2018	0,85	0,83	0,76	0,31
2019	0,99	0,95	0,89	0,43
2020	1,02	0,98	0,92	0,47
2021*	~0,85	~0,84	~0,80	~0,34
2022*	~0,89	~0,86	~0,82	~0,40
2023*	~1,17	~1,00	~1,03	~0,53
2024*	~1,28	~1,10	~1,10	~0,60

Çizelge 1: 1951–1980 dönemi ortalamasından (+14 °C) sapmalar (°C). 2021–2024 verileri () kurumların yıllık raporlarından derlenen yaklaşık değerlerdir. /1, 6, 7/*

Görüldüğü gibi, 2023 ve 2024 yılları, ölçüm tarihinin başlangıcından bu yana kaydedilen en sıcak yıllar olmuştur; WMO ve Copernicus'un konsolide değerlendirmelerine göre 2024, 1850–1900 sanayi öncesi

ortalamasına kıyasla yaklaşık 1,5 °C'lik eşiği aşan ilk takvim yılı olarak kayıtlara geçmiştir (yaklaşık 1,55 °C, WMO; yaklaşık 1,60 °C, Copernicus/C3S). Bunun, Paris Anlaşması'nın onlarca yıllık ortalamaya dayanan 1,5 °C hedefinin kalıcı olarak aşıldığı anlamına gelmediği; iklim biliminde bu hedefin uzun dönemli (genellikle 20 yıllık) ortalamalarla değerlendirildiği vurgulanmalıdır /6, 8/. **Buna karşın, 2015–2024 arasındaki on yıl, ölçüm tarihinin en sıcak on yılı olarak kayıtlara geçmiştir.**

8. 1 °C'lik Sıcaklık Artımının Sonuçları

Yukarıdaki açıklamalardan ve Çizelge 1'den görüldüğü gibi, yeryüzünün +14 °C'lik ortalama sıcaklık değerinden sapmalar (anomaliler), uzun süredir çok kapsamlı ölçüm ve değerlendirmeler sonucu belirlenmektedir. **Görece küçük görünen bu 1–1,5 °C'lik artışın dünyanın çeşitli bölgelerindeki olumsuz etkileri her geçen yıl artmaktadır: karasal ve deniz buzullarındaki erimeler, deniz düzeyindeki yükselmeler, artan ve şiddetlenen orman yangınları, aşırı yağışlar ve seller bunların başlıcalarıdır.**

Birleşmiş Milletler Çevre Programı'nın (UNEP) yıllık 'Emissions Gap Report' (Emisyon Açığı Raporu) değerlendirmelerine göre; ülkelerin bugünkü politikaları sürdürülürse yüzyıl sonunda (2100) ortalama küresel sıcaklık artışının 2,5–3 °C dolayında olacağı, ülkelerin açıkladıkları taahhütlerin (NDC) tam olarak uygulanması durumunda bu artışın yaklaşık 2–2,5 °C'ye, net-sıfır emisyon hedeflerinin gerçekleştirilmesi durumunda ise yaklaşık 1,8–2 °C'ye indirilebileceği öngörülmektedir /9/. **Görüldüğü gibi, 2015 Paris Anlaşması'ndaki +2 °C sınırlaması, mevcut taahhütlerle dahi güvenli bir marjla korunamayabilir.**

Yeryüzünün daha fazla ısınmasını önlemek için, tüm dünya ülkelerinin sera gazı salmayan enerji üretim tekniklerini geliştirmelerinden enerji tasarrufuna kadar bir dizi önlem alması gerekmektedir. Ülkelerin bu yükümlülükleri ne ölçüde yerine getirebileceğini zaman gösterecektir. Öte yandan bunun, hızla artan dünya nüfusu, konforlu ve savurgan yaşam biçimleriyle kolay kolay bağdaştırılamayacağı da bir gerçektir /2, 3, 4, 5/.

2010 yılındaki dünya nüfusuna göre yapılan hesaplamalar, herhangi bir önlem alınmaması hâlinde, ortalama sıcaklığın 2 °C artması durumunda dünyada 10 milyon kişinin deniz düzeyi yükselmesinden etkileneceğini göstermektedir. Ortalama sıcaklık artışı 2 °C yerine 1,5 °C'de tutulabilirse, denizlerin yaklaşık 10 cm daha az yükseleceği ve dünya genelindeki ekonomik zararın belirgin ölçüde azalacağı hesaplanmaktadır.

Son yıllarda Türkiye'de de artan orman yangınları ve can alan sellerin yanı sıra; 2021'de Almanya'da Altenahr-Kreuzberg yerleşim yerindeki (Rheinland-Pfalz) karayılımın (felaket) iklim değişikliğiyle ilişkilendirilmiş, sağanak sellerinde binaların yaklaşık %80'i yıkılmış, 68 köprüden 19'u yıkılmış; yalnızca yol onarımı için 100 milyon Euro, 200.000 ton molozun kaldırılması için ise 55 milyon Euro (inşaat molozu hariç) harcanmıştır.

Bu tür olaylar 2022–2024 döneminde de Dünya'da sıklaşarak sürmüştür: 2022 Pakistan sellerinde ülkenin üçte biri sular altında kalmış; 2023 yazında Kanada tarihinin en büyük orman yangın sezonu yaşanmış, aynı yıl Libya'da Derna kentini vuran sel felaketinde on binlerce kişi etkilenmiş; 2023 ve 2024

yazlarında Güney Avrupa ve Türkiye'de tekrarlanan aşırı sıcak hava dalgaları ve orman yangınları kaydedilmiştir /6, 7/.

10. Sera Gazı Olgusunun Tarihçesi

Sera gazı olgusunu tarihte ilk kez 1824'te Joseph Fourier ortaya atmış, 1850'den sonra bu konuda araştırmalar yoğunlaşmıştır. 1896'da fizikokimyacı Svante Arrhenius, yeryüzünün insan kaynaklı CO₂ ile ısınacağını öngördüğünü açıklamıştır. İlk kez 1938'de Guy Stewart Callendar, sıcaklık ölçümlerine dayanarak küresel ısınmayı kanıtlamıştır. II. Dünya Savaşı'ndan sonra bu konudaki bilimsel çalışmalar artmış; Roger Revelle ve Hans E. Suess, 1957'de büyük ölçekte küresel ısınmaya dikkat çekmiştir. Nathaniel Rich, 2019'da yayımlanan 'Losing Earth' adlı kitabında yeryüzünün insan kaynaklı ısınmasını ayrıntılarıyla belgelemiştir. Yerkürenin giderek ısınmasının ana nedeninin, 1850'den bu yana atmosfere salınan insan kaynaklı sera gazları olduğu konusunda bilim dünyası büyük ölçüde birleşmektedir; bu görüş, Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC) 2021–2023 yıllarında yayımlanan Altıncı Değerlendirme Raporu'nda 'tartışmasız' (unequivocal) olarak nitelendirilmiştir /8/.

Fourier dizileriyle bilinen matematikçi ve fizikçi Joseph Fourier (1768–1830), atmosferin yeryüzünden yansıyan güneş ışınlarıyla giderek ısınacağını, bundan yaklaşık 200 yıl önce, 1824 yılında ortaya atmıştır. Fransız devrimine katılmış olan bu bilim insanı, tutuklanmış ve başını giyotinden zar zor kurtarabilmiştir.

10. Ek bilgiler

Ek 1. Evrenin Sıcaklığı: -270 °C?

Evrenin 'sıcaklığı' denildiğinde demek istenen, Büyük Patlama'dan (Big Bang) arta kalan ve tüm evreni dolduran kozmik mikrodalga arka plan ışımasının sıcaklığıdır: yaklaşık 2,7 Kelvin, yani **-270,4 °C** (mutlak sıfır olan -273,15 °C'ye çok yakın) /15/. Bu değer, bir yıldızla yakın olmayan boş uzayın 'arka plan' sıcaklığını temsil eder. Dünya'nın bu son derece soğuk uzay ortamında dondan çok daha yüksek bir sıcaklığa ısınabilmesinin tek nedeni, Güneş'ten aldığı enerjidir; nitekim bu makalemizin 1. Bölümü'nde açıklandığı gibi, Dünya atmosfersiz olsaydı bile yalnızca Güneş enerjisiyle ortalama -18 °C'ye ulaşırdı — **evrenin kendisinin ne kadar soğuk, buna karşılık bir yıldızla yakınlığın ne kadar belirleyici olduğunu gösteren çarpıcı bir karşılaştırmadır.**

EK-2. Azot ve Oksijen Neden Sera Gazı Değildir? Su Buharı ile Karşılaştırma

Atmosferin yaklaşık %99'unu oluşturan azot (N₂, %78) ve oksijen (O₂, %21), **sera gazı değildirler**. Bunun nedeni molekül yapılarıdır: N₂ ve O₂, iki özdeş atomdan oluşan simetrik ('homonükleer diatomik') moleküllerdir; titreştiklerinde elektriksel dipol momentlerinde bir değişim oluşmaz, bu yüzden yeryüzünden yansıyan kızılötesi (infrared) ısı ışınımını soğurup yeniden yayamazlar. Sera etkisi yaratabilmek için bir molekülün asimetrik olması ve titreşim sırasında dipol momentinin değişmesi gerekir; **su buharı (H₂O), karbondioksit (CO₂), metan (CH₄) ve azot oksit (N₂O) gibi gazlar bu özelliği taşıdıkları için sera gazı olarak sınıflandırılır /16/.** **Su buharı, atmosferdeki en bol ve en güçlü doğal sera gazıdır; ancak atmosferde ortalama yalnızca 9-10 gün kalabilir**, çünkü havadaki nem doyum

noktasına (yoğuşma noktası) ulaştığında yoğuşarak yağmur ya da kar biçiminde yeryüzüne düşer /17/. **Bu kısa döngü nedeniyle su buharı miktarı atmosferde birikemez; sıcaklığa bağlı olarak hızla bir dengeye oturur. Buna karşın CO₂ gibi gazlar atmosferik koşullarda yoğuşup yağış hâlinde yere inmez; bu yüzden bir kez salındıklarında yüzyıllarca atmosferde kalır ve zamanla birikerek kalıcı bir ısınma etkisi yaratırlar /16, 17/. İşte bu fark — su buharının hızlı döngüsüne karşın CO₂'in kalıcılığı — insan kaynaklı CO₂ salımlarının neden asıl kaygı kaynağı olduğunu açıklar: CO₂ birikimi, su buharının aksine, geri döndürülmesi çok uzun süre alan bir süreçtir.**

EK-3. CO₂ Eşdeğeri (CO₂e) Nedir, Nasıl Hesaplanır?

Genellikle Dünya iklimini etkileyen sera gazı deyince CO₂ ön plandadır. Bu yazımızda da Dünya sıcaklığını etkileyen CO₂'den söz edilmesi, diğer sera gazlarının önemsiz olduğu anlamına gelmiyor. Aslında açıklanan CO₂ değerleri eşdeğer değerler olup, bu değer, diğer önemli sera gazlarını da içine almaktadır. Metan (CH₄), nitroz oksit (N₂O — halk arasında 'azot oksit' de denir; hava kirliliğiyle ilişkili azot dioksitten, NO₂, farklı bir bileşiktir) ve florlu gazlar (HFC, SF₆ vb.) da iklimi etkileyen önemli sera gazlarıdır. Bu farklı gazları tek bir ortak ölçüde karşılaştırabilmek için **CO₂ eşdeğeri (CO₂e)** kavramı kullanılıyor: bir gazın belirli bir miktarının yol açtığı ısınma etkisinin, aynı etkiyi yaratacak CO₂ kütlesine çevrilerek betimlenmesidir /18/.

Bu dönüşüm, her gaz için hesaplanan *Küresel Isınma Potansiyeli* (Global Warming Potential, GWP) katsayısıyla yapılır. GWP, belirli bir zaman ufunda (genellikle 100 yıl, 'GWP-100') aynı kütledeki bir gazın, CO₂'e göre atmosferde ne kadar daha fazla ısı enerjisi tuttuğunu gösterir; CO₂'in GWP'si tanım gereği 1'dir. Hesaplama şöyle yapılır:

$$\text{CO}_2 \text{ eşdeğer} = (\text{gazın kütlesi}) \times (\text{gazın GWP değeri})$$

IPCC'nin Altıncı Değerlendirme Raporu'na (AR6) göre 100 yıllık ufukta yaklaşık GWP değerleri şöyledir: metan için **~27–30** (kaynağına göre değişir), nitroz oksit için **~273**, bazı florlu gazlar için ise binlerce kat /18/. Yani 1 ton metan salımı, yaklaşık 27–30 ton CO₂ salımıyla aynı ısıtma etkisine eşdeğer sayılır. Ulusal sera gazı envanterlerinde ve UNEP'in Emisyon Açığı Raporu gibi belgelerde (bkz. Bölüm 8) toplam salımlar bu nedenle genellikle 'CO₂ eşdeğeri' (CO₂e veya Mt CO₂e gibi) birimiyle verilir; farklı gazlar tek tek değil, bu ortak ölçüye çevrilip toplanarak raporlanır.

Burada dikkat edilmesi gereken bir nokta, GWP değerinin seçilen zaman ufuna göre değişmesidir: metan atmosferde yaklaşık 12 yıl gibi kısa bir sürede parçalanırken, CO₂ yüzyıllarca kalıcıdır. Bu nedenle metanın GWP değeri 20 yıllık ufukta (GWP-20) çok daha yüksektir (~80-83), 100 yıllık ufukta ise düşer (~27-30); kısa ömürlü ama güçlü bir gaz olan metan, kısa vadede iklimi çok daha hızlı ısıtır. Bu da, sera gazı politikalarında hem CO₂'nin uzun vadeli kalıcı etkisinin hem de metan gibi kısa ömürlü ama güçlü gazların hızlı azaltılmasının neden ayrı ayrı önem taşıdığını açıklar.

Bu konuyla ilgili diğer yazılarımız:

<https://www.radyasyonyatakan.com/yazi/doga-ve-insan-kaynakli-sera-gazlarinin-iklime-etkisinin-herkes-icin-fizigi>

<https://www.radyasyonyatakan.com/yazi/sera-gazlari-saliniminda-dunya-ve-turkiye-bugun-ne-durumda>

<https://www.radyasyonyatakan.com/yazi/iklimi-sadece-co2-degil-havaya-verilen-tum-sera-gazlari-etkiliyor-buna-ragmen-neden-sadece-co2-konusuluyor-y-atakan-06-01-2026>

Kaynaklar

1. Deutscher Wetterdienst (DWD), yıllık iklim değerlendirme raporları.
 2. NASA – Goddard Institute for Space Studies (GISS), GISTEMP Global Land-Ocean Temperature Index, <https://climate.nasa.gov/> / <https://data.giss.nasa.gov/gistemp/>
 3. NOAA National Centers for Environmental Information, Global Climate Report, <https://www.ncei.noaa.gov/>
 4. Met Office Hadley Centre, HadCRUT veri seti, <https://www.metoffice.gov.uk/hadobs/>
 5. Japonya Meteoroloji Kurumu (JMA), <https://www.data.jma.go.jp/>
 6. Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO), State of the Global Climate raporları, <https://wmo.int/>
 7. Copernicus İklim Değişikliği Servisi (C3S), Avrupa Orta Vadeli Hava Tahminleri Merkezi (ECMWF), <https://climate.copernicus.eu/>
 8. IPCC, Altıncı Değerlendirme Raporu (AR6), <https://www.ipcc.ch/>
 9. UNEP, Emissions Gap Report, <https://www.unep.org/emissions-gap-report>
 10. Energy Education (University of Calgary), "Earth Temperature without GHGs", https://energyeducation.ca/encyclopedia/Earth_Temperature_without_GHGs
 11. "Earth's Temperature Without Atmosphere", eğitim videosu, <https://www.youtube.com/watch?v=Yg3wJvvAppY>
 12. NOAA Climate.gov, "Climate Change: Global Temperature", <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-global-temperature>
 13. Ekonomim.com, "2023 yılı 1850'den beri kayıtlara geçen en sıcak yıl oldu", <https://www.ekonomim.com/dunya/2023-yili-1850den-beri-kayitlara-gecen-en-sicak-yil-oldu-haberi-724040>
 14. Anadolu Ajansı, "Küresel sıcaklık artışı son yıllarda tarihi seviyelere ulaştı", <https://www.aa.com.tr/tr/dunya/kuresel-sicaklik-artisi-son-yillarda-tarihi-seviyelere-ulasti/3644926>
 15. Jones, P.D. ve ark. (1999). Surface air temperature and its changes over the past 150 years.
 16. NASA/WMAP, "Cosmic Microwave Background Radiation", https://map.gsfc.nasa.gov/universe/bb_cosmo_fluc.html
 17. UCAR Center for Science Education, "Greenhouse Gases", <https://scied.ucar.edu/learning-zone/how-climate-works/greenhouse-gases>
 18. USGS, "The Water Cycle: Atmospheric Water", <https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/water-cycle>
- Not: Bu yazının ilk durumu, Bilim ve Gelecek dergisinin Aralık 2021 sayısında ve Güneş Kitabımızda (Sarmal Yayınları 2023) yayımlanmıştır.*
18. IPCC AR6 WG1 (2021), Chapter 7: The Earth's Energy Budget, Climate Feedbacks and Climate Sensitivity; ayrıca bkz. ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA), "Understanding Global Warming Potentials", <https://www.epa.gov/ghgemissions/understanding-global-warming-potentials>