

CONSTRAIN



ZERO İÇİNDE
ACIK

YENİ NESİL İKLİM MODELLERİ, COVID-19 VE
PARİS ANLAŞMASI

EROZDARAPOR SERİSİ

CONSTRAIN projesinin yıllık ZERO IN raporları, bilim-politika arayüzündeki yeni gelişmelerin arka planı ve bağlamı da dahil olmak üzere Paris Anlaşması için hayati önem taşıyan bilimsel konular hakkında bilgi sağlar. Buna, iklim modellerinde temsil edilen karmaşık süreçlere ve bunların önümüzdeki on yıllarda sıcaklık değişimi ve diğer iklim etkileri için ne anlama geldiğine dair yeni bakış açıları dahildir.

İklim modellemesindeki bu ilerlemeler, özellikle Paris Anlaşması'nın özüne, yani iklim değişikliğinin en yıkıcı etkilerinden kaçınmak için uygulamaya konulan Uzun Vadeli Sıcaklık Hedefi'ne (LTTG) gelince önem kazanıyor. LTTG, "küresel ortalama sıcaklıktaki artışın sanayi öncesi seviyelerin 2°C üzerinde tutulması ve sıcaklık artışının sanayi öncesi seviyelerin 1,5°C üzerinde sınırlandırılması için çaba gösterilmesi" çağrısında bulunuyor.

En son nesil iklim modelleri (CMIP6), iklim sistemi ve küresel sıcaklıkların nereye gittiğine dair anlayışımızı geliştiriyor, buna 1,5 veya 2 C° eşiklerini ne zaman geçebileceğimiz ve bunu önlemek için bize yardımcı olabilecek hafifletici eylemler de dahil. Ancak, yeni model sonuçları dikkatli yorumlama gerektiriyor.

Ayrıca, küresel sıcaklıkların bugüne kadar nasıl değiştiğini değerlendirmek ve iklim geleceğimizi etkileyen kararlar almada modelleri etkili bir şekilde kullanmak için LTTG bağlamında sıcaklık değişiminin nasıl ölçüldüğünü anlamamız gerekiyor. Bu, COVID-19 salgını ışığında dünyanın karşı karşıya olduğu ekonomik ve toplumsal seçimler göz önüne alındığında özellikle önemlidir.

Bu yılki ZERO IN raporu bu nedenle yeni CMIP6 iklim modellerine ve LTTG'nin arkasındaki bilime odaklanıyor ve her iki alanda da daha iyi bir anlayışın önümüzde bizi neyin beklediğini daha iyi planlamamıza nasıl yardımcı olabileceğini vurguluyor. Özellikle, COVID-19'un iklim üzerindeki etkisinin şimdiye kadar ihmal edilebilir düzeyde olduğunu, ancak yeşil bir toparlanmanın önümüzdeki yirmi yılda iklim değişikliğinin gidişatını kökten değiştirebileceğini görüyoruz. Bulgularımız ayrıca dünyayı 1,5°C'lik bir yola sokmak için sıkı yakın vadeli emisyon azaltımlarının ve 2050 yılına kadar net sıfır CO emisyonuna ulaşmanın önemini yeniden teyit ediyor.

Ayrıca, kalan küresel karbon bütçesi hakkında yıllık güncellememizi sağlıyoruz. Bu, 2021'in başından itibaren kalan bütçe için bir tahminin yanı sıra ulusal ve bölgesel politikada karbon bütçelerinin kullanımı hakkında daha fazla bağlam içerir.

CONSTRAIN PROJE

AB tarafından finanse edilen CONSTRAIN projesi, önümüzdeki 20-50 yıla ilişkin küresel ve bölgesel iklim projeksiyonları konusunda daha iyi bir anlayış geliştirmekle görevli 14 Avrupalı ortak tarafından oluşan bir konsorsiyumdur.

CONSTRAIN, 16 IPCC Lider Yazarı (9'u yaklaşan IPCC AR6 Raporu'na katkıda bulunacak), 1,5°C Küresel Isınma (SR1,5) ile ilgili IPCC Özel Raporu'na katkıda bulunan 4 kişi ve 7 modelleme grubunun temsilcileri de dahil olmak üzere dünyanın önde gelen bilim insanlarını bir araya getiriyor.

Konsorsiyumda, Avrupa'nın önde gelen akademik kurumlarının yanı sıra, politika yapıcılar ve uygulayıcılara bilgi sunma ve yayma konusunda uzmanlık sağlayan Climate Analytics de yer alıyor.

CONSTRAIN, her yıl UNFCCC Taraflar Konferansı'nda (COP) veya eşdeğer etkinliklerde (2020 için) ZERO IN raporlarını yayınlayarak, raporlarda yer alan iklim bilimindeki yeni gelişmeleri tartışmak için bir platform sağlıyor.

TEMAS ETMEK **CONSTRAIN**

 www.constrain-eu.org

 kisiltlama@leeds.ac.uk

 [@constrain_eu](https://twitter.com/constrain_eu)

 AB'yi kısıtlamak



Bu proje Avrupa Birliği'nin
Ufuk 2020'sinden fon aldı

hibe kapsamında araştırma
ve inovasyon programı
Anlaşma No 820829.

YÖNETİCİ ÖZET

YENİ İKLİM MODELLERİ PROJESİ NE KADAR ISINMA?

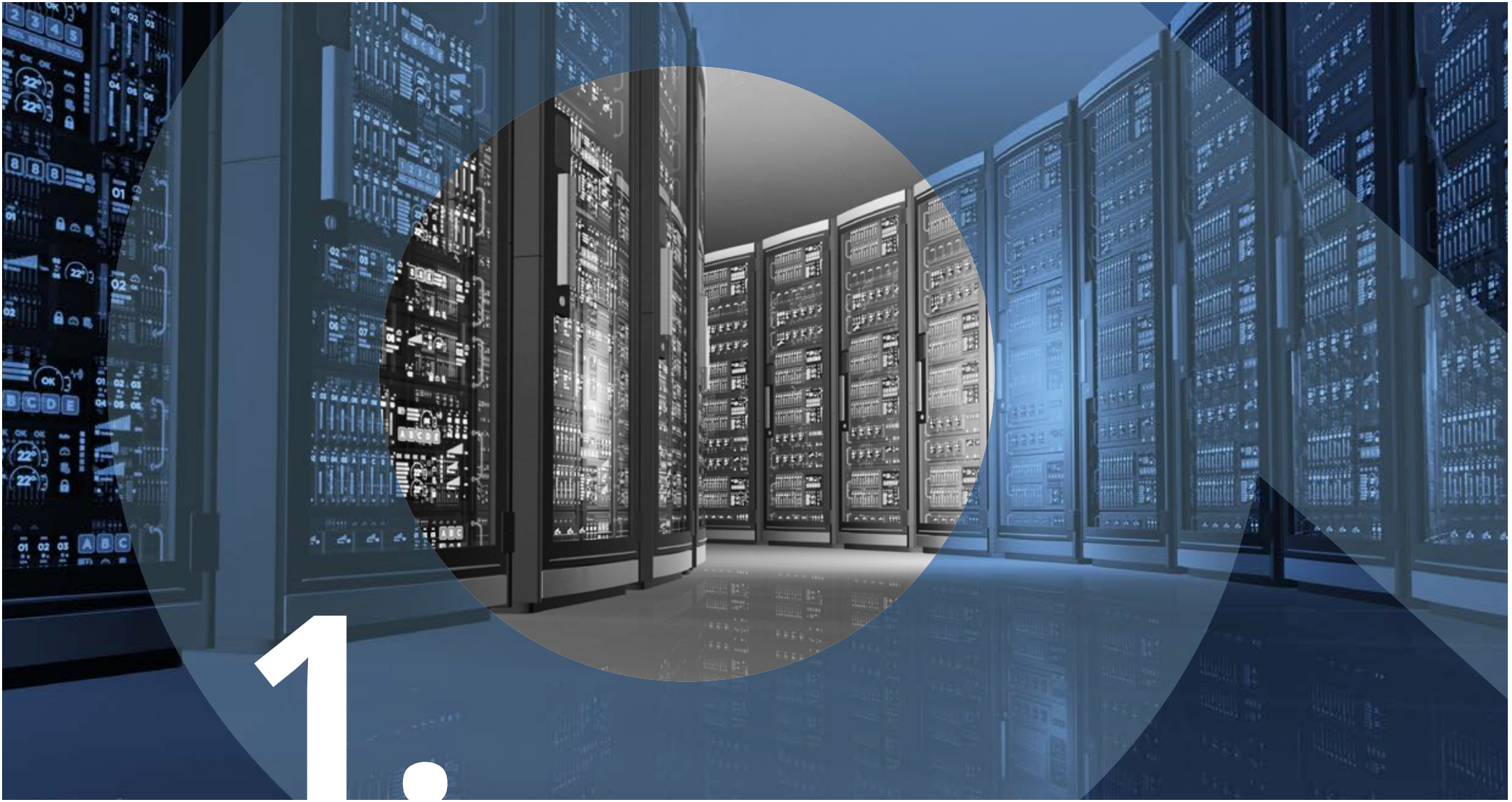
- En son iklim modellerinden bazıları (CMIP6), atmosferdeki CO konsantrasyonları sanayi öncesi seviyelerin iki katına çıkarsa, sıcaklıklarının diğer kanıt hatlarından beklenenden daha fazla arttığını göstermektedir. Daha yüksek değerlerin büyük ölçüde modellerin karmaşık bulut süreçlerini nasıl temsil ettiğine ilişkin değişikliklerin bir sonucu olduğu düşünülmektedir.
- CMIP6 projeksiyonlarının aralığı, "kısıtlama" adı verilen bir yöntem kullanılarak yakın tarihli sıcaklık değişiminin gözlemleriyle karşılaştırılarak daraltılabilir. Bu, daha yüksek gelecekteki sıcaklık projeksiyonlarına sahip CMIP6 modellerinin geçmiş sıcaklık artışını da abarttığını ve bu projeksiyonların da çok yüksek olduğunu öne sürdüğünü gösterir.
- Genel olarak, bazı CMIP6 modelleri tarafından öngörülen daha güçlü bir gelecekteki ısınmaya dair çok az kanıt bulunmaktadır ve sınırlı CMIP6 aralığı, takip ettiğimiz emisyon yoluna bağlı olarak küresel sıcaklıkların nereye gittiğini gösteren önceki model nesilleriyle tutarlıdır.

PARİS ANLAŞMASI UZUN VADELİ SICAKLIK HEDEFİ (LTTG) KONUSUNDA NEREDEYİZ ANLAMAK

- Paris Anlaşması, iklim sistemindeki kısa vadeli doğal değişkenliği hariç tutan küresel, insan yapımı uzun vadeli sıcaklık değişimini yansıtır. Bu nedenle, yıl bazında değişkenlik sonucu bir veya daha fazla yıl boyunca 1,5°C'yi aşan bir ısınma, Paris Anlaşması LTTG'sinin ulaşıldığı veya aşıldığı anlamına gelmez.
- LTTG açısından şu anda nerede olduğumuzu ölçmek, IPCC Beşinci Değerlendirme Raporu'nda (AR5) belirtildiği gibi, o zaman için mevcut en iyi bilimi izleyerek, onu belirlemek için kullanılan aynı yaklaşımı kullanmak anlamına gelir. Bu, modern bir referans döneminden (1986-2005) ileriye bakmayı içerir ve bu nedenle, bu zamandan önce sıcaklıkların nasıl değiştiğini belirlemedeki bilimsel gelişmeler, 1,5°C sınırına doğru gidişatımızı etkilemeyecektir.
- Genel olarak, tek bir yıl, ay veya lokasyonda 1,5°C'lik ısınmaya ulaşmak veya onu aşmak, insan kaynaklı ısınma hala 1,5°C'nin altında kaldığı sürece LTTG'nin ihlal edildiği anlamına gelmez. İnsan kaynaklı ısınmanın önümüzdeki on yılda sanayi öncesi seviyelerin 1,5°C üzerine çıkması olası değildir.

COVID İYİLEŞMESİ, YAKIN VADEDE ISINMA VE PARİS ANLAŞMASINA UYULMASI

- Sert ve hızlı iklim eylemlerini COVID ekonomik toparlanma paketleriyle bütünleştirmek, önümüzdeki 20 yıl içinde insan kaynaklı küresel ısınmayı 2000 yılından bu yana deneyimlediğimiz oranın yarısına kadar yavaşlatabilir ve gelecekteki iklim etkilerine uyum sağlamak için bize hayati önem taşıyan zaman ve alan sağlayabilir.
- Fosil yakıt şirketlerini kurtarmayı reddederken, GSYİH'nın yalnızca %1,2'sini yeşil teknolojilere ve endüstrilere yatıran bu "güçlü yeşil toparlanma", 2050 yılına kadar toplam ısınma miktarını da azaltabilir ve bizi LTTG'nin 1,5°C sınırının içinde kalma yoluna geri döndürebilir.
- Ayrıca bu yaklaşım bizi net sıfıra ulaşma yoluna götürecektir; bu yolda, yapısal ekonomik değişime yol açan kararlı siyasi eylemlerle kolaylaştırılan, küresel bir topluluk olarak en tehlikeli iklim etkilerinden kaçınmamızı sağlamak için herkes kendi rolünü oynayabilir.
- 2019'dan 2020'ye yıllık CO emisyonlarında rekor düşüşe rağmen karbon bütçesi tükenmeye devam ettiği için böyle bir yeşil toparlanmaya acilen ihtiyaç duyulmaktadır. 1,5°C'nin altında kalmak için kalan karbon bütçesinin 355 Gt CO (yüzde 50 olasılık) olacağını değerlendiriyoruz.



ZERO AÇIK:
EN SON İKLİM MODELLERİ PROJESİ NE
KADAR ISINMA

1. ZERO AÇIK: EN SON İKLİM MODELLERİ PROJESİ NE KADAR ISINMA

CMIP6 olarak bilinen son nesil iklim modellerinin derinlemesine analizi, sıcaklık değişiminin geçmiş gözlemleriyle karşılaştırmalar da dahil olmak üzere, sonuçlarını daha iyi yorumlamamızı ve ısınma projeksiyonlarına odaklanmamızı sağlıyor. Model sonuçlarının tam seti, diğer kanıt hatlarına kıyasla beklediğimizden daha geniş bir sıcaklık projeksiyon aralığını yansıtıyor, ancak bunun nedenini artık anlıyoruz. Genel olarak CMIP6, iklim sisteminin önemli yönleri hakkındaki bilgimizi genişletti ve küresel sıcaklıkların gelecekte nereye gidebileceğini anlamamıza yardımcı oluyor.

CMIP6 (Eşleştirilmiş Model Karşılaştırma Projesi Aşama 6), bugüne kadarki en kapsamlı iklim simülasyonları setidir ve önceki nesil CMIP5'e göre önemli bir ilerlemeyi temsil eder. Örneğin, daha fazla araştırma grubu daha geniş bir gelecek senaryoları setini araştırıyor ve daha geniş bir modelleme deneyleri yelpazesi yürütüyor. CMIP6 ayrıca sadece iklim biliminde değil, aynı zamanda model geliştirme ve hesaplama gücünde de sekiz yıllık ilerlemeden yararlanıyor ve çok daha yüksek mekansal çözünürlüğe sahip özel iklim modeli deneyleriyle sonuçlanıyor.

Tüm bunlar, iklim sisteminin birçok karmaşık yönüne ilişkin anlayışımızı geliştirirken, iklim bilimindeki daha geniş ilerleme, model sonuçlarını etkili bir şekilde analiz etme ve gelecekteki araştırma ihtiyaçlarını belirleme yeteneğimize olan güvenimizi artırdı (bkz. Bilimsel Arka Plan I).

CMIP'nin birçok rolünden biri, küresel seçimlere ve bunlarla ilişkili sera gazı emisyonlarına bağlı olarak iklimin bu yüzyıl boyunca nasıl değişebileceğini araştırmaktır. İklim geleceğimiz büyük ölçüde bu seçimleri ve emisyonları yansıtacak olsa da, CMIP6 modelleri aynı emisyon yollarını izlese bile sıcaklık projeksiyonları beklediğimizden daha fazla farklılık gösterir; yani, CMIP5'te kullanılan benzer senaryolarda gördüğümüzden daha geniş bir yüzyıl sonu sıcaklık aralığı gösterirler. Bu nedenle, model sonuçları dikkatli yorumlama gerektirir.



İKLİM DUYARLILIK

Modellerin iklim sisteminin sera gazı emisyonlarına olan duyarlılığını nasıl yansıttığı önemli bir faktördür: Sıcaklık projeksiyonlarını yaparken modeller ayrıca, küresel sıcaklıkların, sanayi öncesi yaklaşık 280 milyon parça (ppm) seviyelerinden iki katına çıkan CO konsantrasyonlarına yüzyıllar boyunca nasıl tepki vereceğinin bir tahmini olan Denge İklim Duyarlılığını (ECS) hesaplar. Atmosferik CO konsantrasyonlarının 2020'de 412 ppm'ye ulaşması tahmin edilmektedir. Ancak, 560 ppm'ye ne zaman ve nasıl çıkacağı gelecekteki emisyonlara bağlıdır (bkz. Şekil 4, Bilimsel Arka Plan I).

ECS'nin uzun zamandır 1,5 ile 4,5°C arasında olduğu düşünülüyordu [1]. Ancak, bu aralık yakın zamanda tarihsel ve jeolojik kayıtlar ve uydu gözlemleri [2] gibi kanıtlara dayanarak 2,3-4,5°C'ye daraltıldı, bu da artık CO iki katına çıktığında iklimin ne kadar güçlü tepki vereceği konusunda daha emin olabileceğimiz anlamına geliyor.

Karşılaştırıldığında, CMIP6 modelleri 1,8-5,5°C'lik bir ECS aralığına sahiptir [3]. Daha önce bildirilen aralıkların üstünde bir ECS'ye sahip modeller, bu aralıklara girenlere kıyasla artan CO₂ konsantrasyonlarıyla daha fazla ısınma öngörür (tersine, yeni aralığın altında bir ECS'ye sahip modeller daha az ısınma öngörür). Daha yüksek iklim duyarlılığının ana itici gücü, bu modellerin oldukça karmaşık bulut süreçlerini nasıl temsil ettiğidir (bkz. Bilimsel Arka Plan I).

CONSTRAIN araştırmacıları ve diğerleri tarafından yapılan son araştırma çabalarının birçoğu CMIP6 modellerini daha fazla araştırdı. Model sonuçlarını aynı zaman dilimindeki sıcaklık gözlemleriyle karşılaştırarak, yüksek ECS modellerinin çoğunun yakın zamandaki ısınma eğilimlerini de abarttığını ve gelecekteki sıcaklık projeksiyonlarının da çok yüksek olduğunu gösterdiğini görebiliriz [4] (bkz. Şekil 1a).

21ST YÜZYIL KÜRESEL ORTALAMA SICAKLIK PROJEKSİYONLARI

Çok yüksek emisyonlu bir gelecekte, CMIP6 sonuçlarının tam aralığı, sıcaklıkların yüzyılın sonuna kadar sanayi öncesi seviyelerin ortalama 4,6°C üzerine çıkacağını gösteriyor. Ancak bunu geçmiş ve mevcut sıcaklık artışını aşırı tahmin eden modeller için düzeltmek (buna "kısıtlama" adı verilen bir yöntem kullanılır) bunu 4,1°C'ye düşürür.

Sıcaklık artışını sanayi öncesi seviyelerin 2°C üzerinde sınırlamayı hedeflediğimiz bir gelecekte, CMIP6 modellerinin yalnızca yarısı yüzyılın sonuna kadar bunu başaracaktır (bkz. Şekil 1b pembe alan). Ancak yakın zamandaki sıcaklık değişimini aşırı tahmin eden yüksek ECS modellerini düzeltmek, bu gelecekteki ısınma projeksiyonlarını aşağı çeker, böylece CMIP6 tahminlerinin neredeyse tüm olası aralığı 2°C ısınma hedefinin altında kalır (Şekil 1b mavi alan).

Diğer çalışmalar bu bulguları doğruluyor [3, 5–7] ve genel olarak, yüksek ECS modelleri tarafından öngörülen daha güçlü gelecekteki ısınmaya dair çok az kanıt var.

Sonuç olarak, CMIP6 modellerini incelemek ve hangi modellerin daha gerçekçi sıcaklık projeksiyonları sağladığını anlamak için yapılan kapsamlı araştırma çabası, dünyanın ne kadar ısınacağını tahmin etmede bize daha fazla güven verdi. Ayrıca, CMIP6'nın önceki modelleme çalışmalarından daha aşırı ısınmaya işaret ettiği yönündeki ilk endişeleri hafifletirken, önemli ve karmaşık iklim süreçlerine dair içgörüler sağladı.

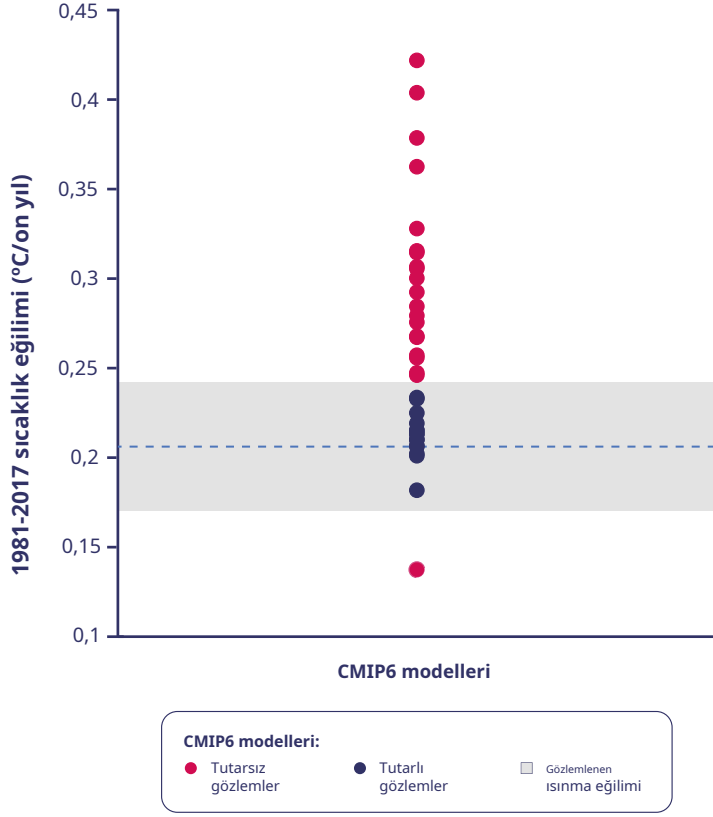
Ancak, ne kadar olası olmasa da, daha yüksek ECS değerleri ve bunun sonucunda ortaya çıkan yüksek sıcaklık projeksiyonları istatistiksel olarak hala olasıdır ve tamamen göz ardı edilemez ve bunun getirebileceği daha aşırı iklim etkilerinin farkında olmalıyız. Aslında, yüksek uç projeksiyonlar, iklim ısındıkça dayanıklılığımızı giderek daha fazla test edecek olan daha aşırı yağışlar, fırtınalar, kuraklıklar ve seller gibi düşük olasılıklı, yüksek etkili olaylar hakkında düşünmemize yardımcı olabilir.

Modeller gelişmeye devam ettikçe, iklim sisteminin artan CO konsantrasyonlarına ve bunun sonucunda oluşan ısınmaya ne kadar duyarlı olduğuna dair daha fazla içgörü kazanacağız. Ancak nihayetinde, küresel bir toplum olarak yaptığımız seçimler ve bunların emisyonlar üzerindeki etkileri, modellerin ne kadar ısınmayı öngördüğünü belirlemede en büyük faktörler olmaya devam ediyor.

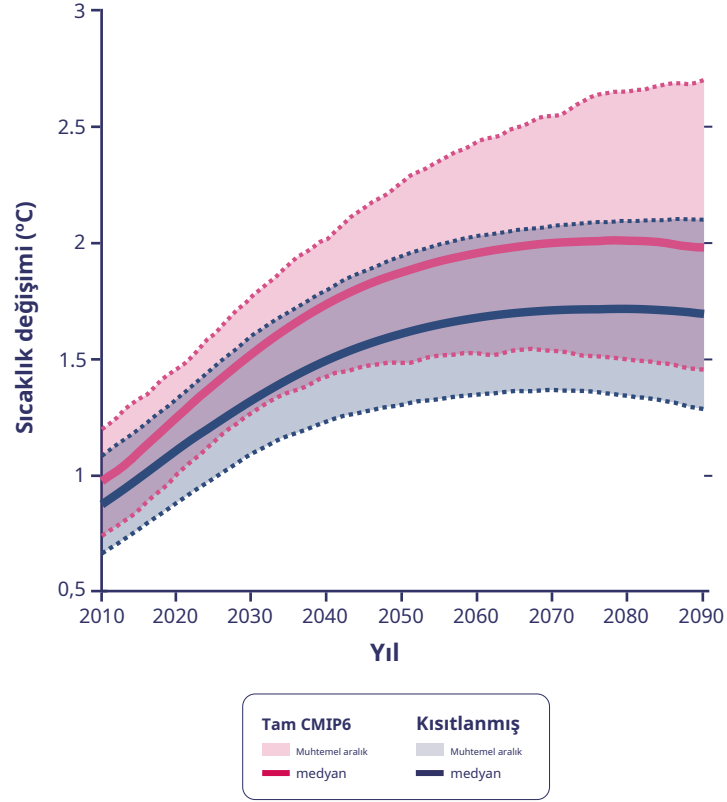
^a <https://www.globalcarbonproject.org/index.htm>

^b SSP5-8.5 yolunu izleyerek – Bilimsel Arka Plan I'e bakın

a. 1981-2017 dönemi için ısınma eğilimi



b. Sıcaklık artışını 2°C ile sınırlamayı hedefleyen bir senaryoda gelecekteki ısınma



ŞEKİL 1: CMIP6 projeksiyonlarına dayalı, güçlü emisyon kesintileri yaptığımız bir gelecek için sanayi öncesi zamanlardan (1850-1900) bu yana sıcaklık değişimi [4]. Panel a: CMIP6 modellerinde son ısınma eğilimleri. Gözlemlenen eğilime uyan modeller mavi renkle gösterilmiştir; gözlemlenen eğilimi aşırı (veya az) tahmin edenler pembe renkle gösterilmiştir. Panel b: Pembe (noktalı) çizgiler/gölge alan CMIP6 sonuçlarının tam aralığını göstermektedir ve yüzyılın sonuna kadar ortalama 2°C'lik bir sıcaklık artışıyla sonuçlanmaktadır (düz pembe çizgi); mavi (noktalı) çizgiler/gölge alan geçmiş ve mevcut sıcaklık değişimini daha yakından yeniden oluşturan modellerden elde edilen sonuçları göstermektedir ve ortalama 1,7°C'lik bir ısınmayla sonuçlanmaktadır (düz mavi çizgi). Gölge alanlar olası aralık olarak %66 model aralığını, medyana uygulanan 30 yıllık düzeltmeyi göstermektedir.



2.

**ZERO AÇIK:
PARİS ANLAŞMASI UZUN VADELİ SICAKLIK
HEDEFİ (LTTG) KONUSUNDA NEREDEYİZ
ANLAMAK**

2. ZERO AÇIK:PARİS ANLAŞMASI UZUN VADELİ SICAKLIK HEDEFİ (LTTG) KONUSUNDA NEREDEYİZ ANLAMAK

İklim modelleri, küresel sıcaklıkların nereye gittiğini anlamamıza yardımcı olabilir, ancak tehlikeli iklim değişikliğinden kaçınmayı amaçlayan yollar planlamak ve uygulamak, Paris Anlaşması Uzun Vadeli Sıcaklık Hedefi (LTTG) açısından nerede olduğumuzu da bilmemiz gerektiği anlamına gelir. Sıcaklıkların bugüne kadar nasıl değiştiğini ölçmenin birkaç yolu vardır, ancak uzun vadeli, küresel ortalama sıcaklık değişikliğini yansıtan LTTG yaklaşımını takip etmek, bizi Paris Anlaşması'nı hala karşılayabileceğimiz sonucuna götürür.

Paris Anlaşması'nın LTTG'si, "küresel ortalama sıcaklıktaki artışı sanayi öncesi seviyelerin 2°C üzerinde tutmayı ve sıcaklık artışını sanayi öncesi seviyelerin 1,5°C üzerinde sınırlama çabalarını sürdürmeyi" amaçlamaktadır. Bu küresel sıcaklık seviyeleri, hem iklim etkilerine doğrudan bağlanabildikleri için adaptasyon hem de küresel sıcaklıkları düşük tutmak için gereken emisyon azaltımları için anlamlı ölçütler temsil eder ve kalan küresel karbon bütçesi gibi kavramlarla bağlantı kurar (ilk ZERO IN Raporu ve Bilimsel Arka Plan III'e bakın).

LTTG'nin kendisi ileriye dönük olup, bu yüzyılın ikinci yarısına kadar net sıfır sera gazı emisyonuna ulaşacak azaltma çabaları yoluyla iklim değişikliğinin gelecekteki risklerini ve etkilerini azaltmayı, çeşitli emisyon kaynaklarını ve yutaklarını dengelemeyi amaçlamaktadır.

LTTG ayrıca bilimsel değerlendirmeye dayalı politik bir fikir birliğini yansıtır. İnsan yapımı iklim değişikliğinin tam kapsamını yakalamak için LTTG, sanayi öncesi zamanlardan beri deneyimlediğimiz ısınmaya atıfta bulunur. Bu politik olarak çok mantıklıdır, ancak 1900'lerin başı veya öncesine ait veriler kıt olduğundan bilimsel olarak zordur. Sonuç olarak, sanayi öncesi ısınma seviyeleri hakkında önemli belirsizlikler vardır (bkz. Şekil 2).

Bu belirsizlikler nedeniyle, Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) de dahil olmak üzere bilimsel değerlendirmeler, yeterli gözlemsel verinin mevcut olduğu daha yakın bir temel çizgiye göre gelecekteki ısınmayı ve etkileri göz önünde bulundurur. 2014 yılında yayınlanan ve daha sonra 2015 Paris Anlaşması'nın bilimsel temeli olarak kullanılan IPCC'nin Beşinci Değerlendirme Raporu (AR5) [1], 1986-2005 temel çizgisini kullanır. AR5, 1850-1900 (AR5'in "sanayi öncesi" için zaman çerçevesi) ile 1986-2005 arasında yaklaşık 0,6°C'lik bir ısınma olduğunu tahmin ettiğinden, sırasıyla 0,9°C ve 1,4°C'lik küresel ortalama sıcaklık artışıyla 1,5°C ve 2°C'lik ısınma seviyelerine ulaşılacaktır.



10 | ZERO AÇIKTA YENİ NESİL İKLİM MODELLERİ, COVID-19 VE PARİS ANLAŞMASI

3.



ZERO AÇIK:
COVID İYİLEŞMESİ, YAKIN VADEDE ISINMA VE
PARİS ANLAŞMASINA UYULMASI

3. ZERO AÇIK: COVID İYİLEŞMESİ, YAKIN VADEDE ISINMA VE PARİS ANLAŞMASINA UYULMASI

Yeni CONSTRAIN araştırması, önümüzdeki 20 yıl içinde ısınmayı yavaşlatabileceğimizi, hızını yarıya kadar düşürebileceğimizi gösteriyor; ancak güçlü ve hızlı emisyon kesintileri yapmamız gerekiyor. Bu, COVID-19 salgınından çıkarken ekonomik büyümeyi teşvik etmekle bütünleştirilebilir ve ayrıca yüzyılın ortasına kadar görmeyi beklediğimiz ısınma miktarını yarıya indirebilir. Bu nedenle sert ve hızlı azaltma önlemleri, önümüzdeki on yıllarda iklim etkilerinin sunduğu riskleri azaltmakla kalmayıp, aynı zamanda bizi Paris Anlaşması'nı karşılama yoluna da sokabilir.

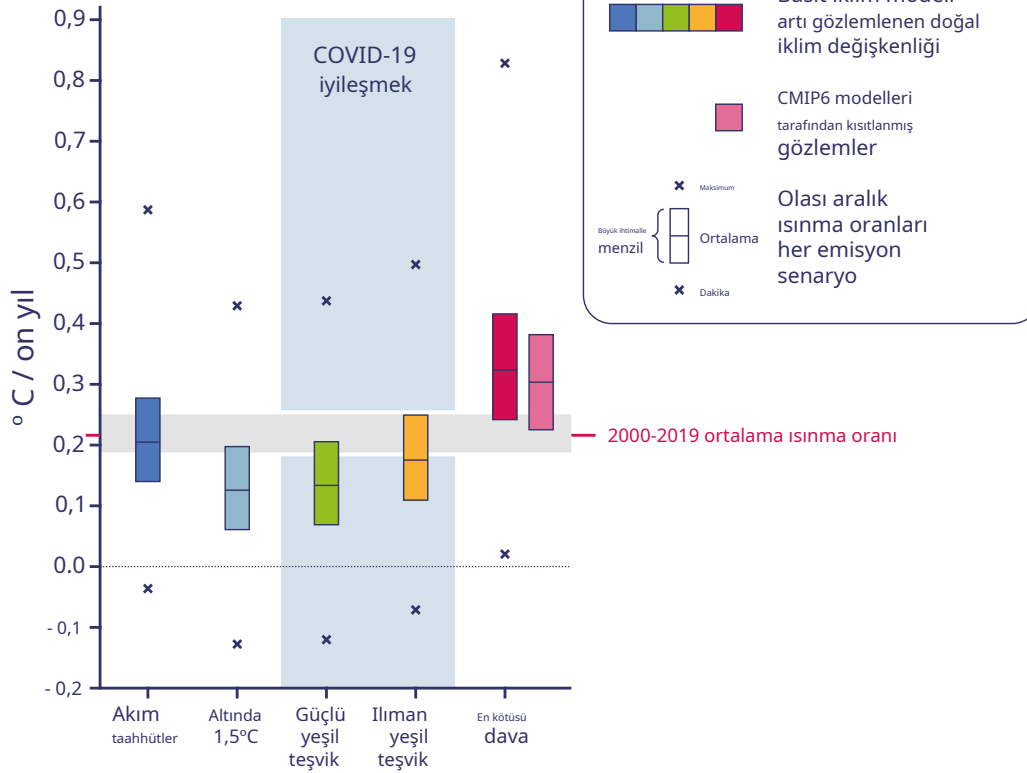
Eğer ısınma on yılda 0,22°C'lik mevcut hızında devam ederse^{ve}, 2030 ile yüzyılın ortası arasında bir yerde 1,5°C eşiğine ulaşacağız. Önemli olan, ısınma oranı ne kadar yüksek olursa, dayanıklılık oluşturmak ve etkili uyum önlemleri uygulamak için o kadar az zaman olacaktır. Ancak CMIP6 sonuçlarını diğer modelleme yaklaşımlarıyla bütünleştiren yeni CONSTRAIN araştırması, güçlü emisyon kesintileri yapmanın yakın vadede büyük karlar sağlayabilir ve önümüzdeki 20 yıl içinde insan kaynaklı ısınmanın mevcut oranını yarıya kadar düşürebilir. İklim sistemindeki doğal değişkenlik tamamen hesaba katıldığında bile, 2021-2040 ısınma oranının son 20 yılda (2000-2019) gözlemlenen orandan daha düşük olma olasılığı yüksektir (%66'dan daha iyi) [11] (Şekil 3).

^{ve}Dört veri setinin ortalaması: GISTEMPv4'te 2000–2019 için 0,25 °C/onyıl, Berkeley Earth'te 0,22 °C/onyıl Kara-Okyanus), 0,21°C/onyıl (Cowtan-Wayv2), 0,19°C/onyıl (HadCRUT4.6). Daha fazla bilgi için [11]'e bakın.

^{ve}SSP1-1.9 yolunu izleyerek - Bilimsel Arka Plan I'e bakın



Önümüzdeki 20 yıldaki küresel ısınma oranı



Aynı yaklaşımın COVID-19 ekonomik toparlanma senaryolarına uygulanması benzer bir resim ortaya koyuyor: Güçlü yeşil teşvik önlemlerinin yanı sıra kararlı iklim eylemlerini de içeren bir toparlanma, yalnızca sera gazı emisyonlarını 2030 yılına kadar %50 oranında azaltmakla ve bizi 2050 yılına kadar net sıfır emisyonu giden bir yola sokmakla kalmayacak, aynı zamanda yakın vadeli ısınma oranlarını yarıya kadar düşürecektir. Bu da bize Paris Anlaşması'nın 1,5°C hedefinin altında kalma ve daha yüksek sıcaklıkların getirebileceği risklerden ve etkilerden kaçınma şansı verecektir [12].

Genel olarak, 2020'deki benzeri görülmemiş küresel karantinaların küresel sıcaklıkları düşük tutmada ihmal edilebilir bir etkiye sahip olmasına rağmen [12], pandemi gelecekteki iklim değişikliğinin oranını ve ölçeğini etkilemek için beklenmedik bir fırsat sunuyor.

Hem ısınma oranlarını düşürmek hem de bizi net sıfır dünyaya doğru yola koymak için gereken yatırım düzeyi, şu anda küçük bir kısmı bizi Paris Anlaşması'na [13] uymaya yönlendirebilecek olan mevcut COVID-19 ekonomik toparlanma paketlerinin boyutuyla karşılaştırıldığında çok küçük kalmaktadır. Kasım 2021'deki gecikmiş COP26 görüşmelerine yaklaşıyoruz. Burada küresel sıcaklık artışını 1,5°C'nin altında tutmak ve COVID-19 krizinden ekonomik toparlanmayı desteklemek için gerekli eylemleri gerçekleştirme fırsatına sahibiz. Büyük küresel ekonomiler de dahil olmak üzere iklim eylemine daha güçlü bir bağlılığın cesaret verici işaretleri var ancak kararlı önlemler takip edilmeli: Dayanıklı ve yeşil ekonomilerle daha iyi bir dünyayı yeniden inşa etmek için büyük fırsatlar var, bunları gerçekleştirip gerçekleştiremeyeceğimiz artık siyasi irade meselesi.

ŞEKİL 3: Mevcut emisyon azaltma taahhütlerine (Ulusal Olarak Belirlenmiş Katkılar veya NDC'ler) kıyasla iki COVID-19 kurtarma seçeneğini araştırarak yollar (orta ve güçlü yeşil teşvik yollarını takiben) için kısa vadeli (20 yıllık) ısınma eğilimleri, yüzyılın sonuna kadar ısınmayı 1,5°C'nin altında sınırlayan bir yol ve en kötü durum, hiçbir azaltma yapılmayan fosil yakıtlı senaryo. Orta düzeyli yeşil teşvik (turuncu çubuk), düşük karbonlu teknolojilere yapılan yatırımlarda %0,8'lik bir artışı, fosil yakıtlara yapılan yatırımlarda ise %0,3'lük bir düşüşü, 2030 yılına kadar sera gazı emisyonlarında %35'lik bir düşüşü ve 2060 yılına kadar küresel net sıfır CO₂'yu yansıtır. Güçlü yeşil teşvik (yeşil çubuk), düşük karbonlu teknolojilere yapılan yatırımlarda %1,2'lik bir artışı, fosil yakıtlara yapılan yatırımlarda %0,4'lük bir düşüşü, 2030 yılına kadar sera gazı emisyonlarında %50'lik bir düşüşü ve 2050 yılına kadar küresel net sıfır CO₂'yu yansıtır. Tüm yollar, mevcut doğal iklim değişkenliği etkilerini hesaba katıyor. Son yirmi yıldaki ortalama ısınma oranı kırmızı çizgiyle (gri renkle gösterilen aralık) gösterilmektedir.



BİLİMSEL ARKA PLAN

BİLİMSEL ARKA PLAN I

EN SON NESİL İKLİM MODELLERİ (CMIP6)

Uluslararası iklim modelleme çalışmaları onlarca yıldır Dünya İklim Araştırma Programı (WCRP) Eşleştirilmiş Model Karşılaştırma Projesi (CMIP) kapsamında yürütülüyor.

CMIP, IPCC değerlendirme döngüleriyle uyumlu aşamalarda yürütülen geçmiş, şimdiki ve gelecekteki iklim değişikliğinin anlaşılmasını iyileştirmek için büyük bir çabadır. 1995'teki kuruluşundan bu yana CMIP, dünya çapında 40'tan fazla araştırma grubundan yaklaşık 100 iklim modeli bir araya getirecek şekilde büyüdü. 6. IPCC Değerlendirme Raporu'nu (AR6) bilgilendirecek olan CMIP'nin en son (6.) aşaması, bugüne kadarki en kapsamlı uluslararası iklim modelleme iş birliğini temsil ediyor.

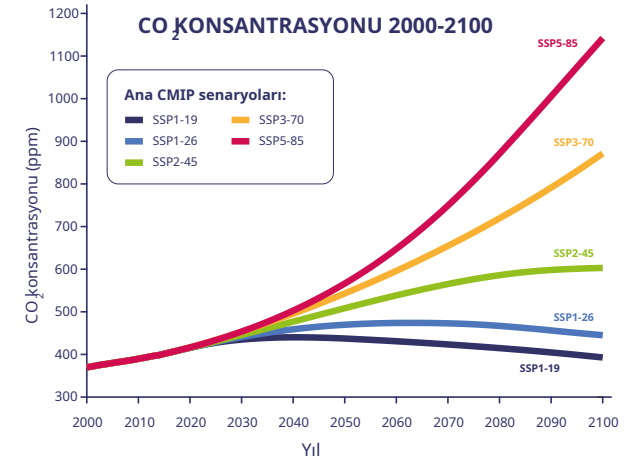
CMIP içinde, her model, kalite kontrolü için de kullanılabilen ortak bir temel çerçeve sağlayan 1850'den bu yana tarihi iklim değişikliğinin bir simülasyonu da dahil olmak üzere bir dizi temel deney gerçekleştirir. Daha sonra modeller, daha küçük Model Karşılaştırması aracılığıyla atmosfer kimyası veya yüksek çözünürlüklü modelleme gibi temalara odaklanarak belirli araştırma sorularını araştırmak için kullanılır. Projeler (MIP'ler).

Bunlardan biri olan ScenarioMIP, iklim değişikliğine uyum ve azaltma açısından değişen zorluk seviyelerinin yanı sıra iklim ve toplum açısından sonuçları da göz önünde bulunduran Ortak Sosyoekonomik Yollara (SSP) dayalı olası iklim geleceğini araştırıyor.

CMIP6 Deneyleri



Ana CMIP6 SSP Senaryoları



ŞEKİL 4:[14, 15, 16]'ya dayalı CMIP6'nın temel yönleri. CMIP6'da kullanılan temel "işaretleme" senaryoları için SSP 21. yüzyıl CO konsantrasyon zaman serileri gösterilmiştir.

Ana Paylaşılan Sosyoekonomik Yollar (SSP) ve bunların radyatif zorlama seviyeleri (Wm) ²	
SSP1-1.9	Daha sürdürülebilir bir yola doğru kademeli bir geçiş: İnsan refahına daha fazla vurgu; kalkınma hedeflerine ulaşma ve eşitsizliği azaltma taahhüdü; tüketim kalıplarının düşük maddi büyümeye ve daha düşük kaynak ve enerji yoğunluğuna doğru ilerlemesi.
SSP1-2.6	Yukarıdaki gibi ancak 2,6 Wm radyasyon zorlama seviyesi ²
SSP2-4.5	Sosyo-ekonomik ve teknolojik eğilimler büyük ölçüde devam ediyor; eşitsiz gelişme ve gelir artışı; sürdürülebilir kalkınma hedeflerine yönelik yavaş ilerleme; kaynak ve enerji yoğunluğu azalmasına rağmen bir miktar çevresel bozulma; küresel nüfus artışı yavaşlıyor, ancak eşitsizlik ve kırılganlık devam ediyor.
SSP3-7.0	Rekabet ve güvenlik endişeleri ile bölgesel çatışmalar, iç/bölgesel konulara odaklanma anlamına geliyor; eğitim ve teknoloji yatırımları azalıyor; yavaş ekonomik kalkınma yavaş; madde yoğun tüketim; eşitsizlikler devam ediyor veya kötüleşiyor; sanayileşmiş ülkelerde nüfus artışı düşük, gelişmekte olan ülkelerde yüksek; çevresel endişelere uluslararası düzeyde düşük öncelik veriliyor.
SSP5-8.5	Hızlı teknolojik ilerleme ve insan sermayesinin gelişimi; küresel pazarların giderek daha fazla bütünleşmesi; sağlık, eğitim ve kurumlara güçlü yatırımlar; bol miktarda fosil yakıt kaynaklarının sömürülmesi; kaynak ve enerji yoğun yaşam tarzları; hızlı küresel ekonomik büyüme; küresel nüfusun zirve yapması ve sonra azalması; yerel çevre sorunlarının başarıyla yönetilmesi; jeo-mühendislik de dahil olmak üzere sosyal ve ekolojik sistemlerin etkili bir şekilde yönetilmesine olan inanç.

Bu arada bireysel CMIP6 modellerinin çoğu, bulutlar, okyanus sirkülasyonu ve buz tabakaları dahil olmak üzere iklim sisteminin belirli yönlerinin nasıl temsil edildiğini iyileştirmeye odaklanır. Bu, su ve biyojeokimyasal döngüler ve aşırı olaylar dahil olmak üzere belirli süreçlerin anlaşılmasını artırırken sistemin genelini daha ayrıntılı bir resmini oluşturmaya yardımcı olur.

Bu nedenle, tüm modeller gelecekteki sıcaklık değişimini tahmin etmek üzere tasarlanmamıştır – projeksiyonlarını tartışırken bazen gözden kaçan bir nokta. Bunun yerine ve SSP'lerin yardımıyla CMIP6 modelleri, küresel sıcaklık değişimi de dahil olmak üzere belirli emisyon yollarını takip edersek ortaya çıkabilecek bir dizi olasılığı araştırır.

Fosil yakıt kullanımında büyük bir artış varsayan SSP5-8.5'i takiben, CMIP6 yüzyılın sonuna kadar ortalama küresel sıcaklık artışının yaklaşık 4°C olacağını tahmin ediyor ve bazı modeller 2100 yılına kadar 7°C'den fazla bir ısınma gösteriyor [17]. Öte yandan, emisyonların SSP1-1.9 ile uyumlu tutulması, Paris Anlaşması'na uygun olarak bu ısınmayı yaklaşık 1,5°C ile sınırlayabilir.

²SSP1-1.9 senaryosunun çoklu model ortalama ısınması 1,4°C'dir (<https://www.carbonbrief.org/cmip6-yeni-nesil-iklim-modelleri-aciklandi>)

YENİ İKLİM MODELLERİNİ ÖNCEKİ NESİLDEN DAHA İYİ KILAN NEDİR?

CMIP6, birçok yönden iklim modellemesinin önceki tur olan CMIP5'ten bu yana önemli ölçüde nasıl ilerlediğini göstermektedir. Yeni modellerin çoğu iklim sistemini daha yüksek bir mekansal çözünürlükte incelemektedir [18] ve çoğu, hem okyanusta [19] hem de karada [20] biyojeokimyasal süreçleri ve El-Nino salınımı [21] ve muson yağmuru [22] gibi bazı büyük ölçekli atmosferik kalıpları temsil etme biçimleri bakımından öncüllerinden daha iyi performans göstermektedir.

CONSTRAIN araştırması, aerosollerin modellerde nasıl temsil edildiğinin iyileştirilmesine yardımcı oldu: aerosoller hem güneş radyasyonunu dağıtır hem de emer ve bulut mikrofiziğini etkileyebilir. Artık açık gökyüzünde antropojenik aerosollerin (fosil yakıtların yakılmasıyla üretilen küçük parçacıklar) iklim etkisini oldukça iyi anlıyoruz [23], ayrıca bulut damlacıklarının sayısını ve konsantrasyonunu artırmalarından kaynaklanan soğutma etkisini de anlıyoruz. Kurumun ana bileşeni ve iklim üzerinde önemli bir etkisi olan siyah karbon hakkındaki bilgi de önemli ölçüde iyileşti [24]. Model iyileştirmelerinin tam listesi çok daha uzundur.

Ancak, model sonuçlarının bazı yönleri önemli ölçüde dikkat çekmiştir. Her şeyden önce, modeller aynı emisyon seçimlerini takip etse bile, sıcaklık projeksiyonları beklediğimizden daha fazla farklılık göstermektedir.

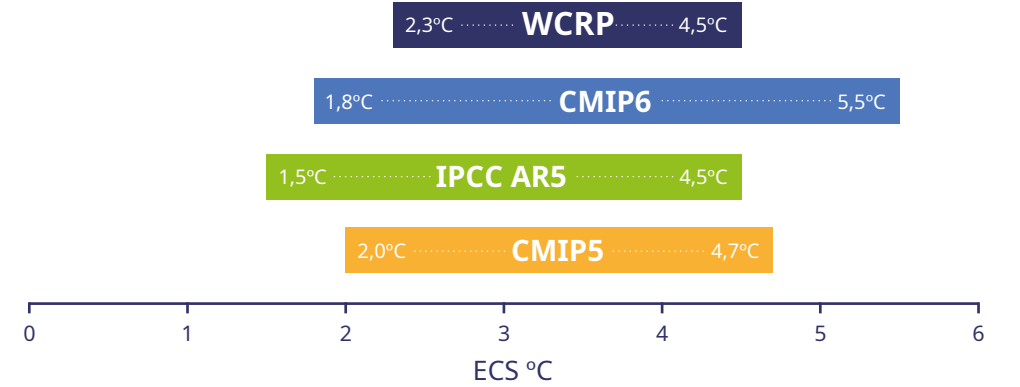
EN YENİ İKLİM MODELLERİNDEN BAZILARI NEDEN ÖNCEKİLERDEN DAHA FAZLA ISINMA ÖNGÖRÜYOR?

Önceki alıştırmalarda olduğu gibi, CMIP6 modelleri, bir dizi emisyon yolu için sanayi öncesi zamanlardan 2100'e kadar küresel sıcaklık değişimini öngörüyor. Ancak, şu ana kadar yayınlanan CMIP6 modellerinin yaklaşık üçte biri, sera gazı emisyonlarının yüzyılın sonuna kadar daha önce düşündüğümüzden daha fazla ısınmaya yol açacağını tahmin ediyor.

İklim sisteminin sera gazı emisyonlarına olan duyarlılığı önemli bir faktördür: Sıcaklık projeksiyonlarını yaparken modeller, küresel sıcaklıkların, yüzyıllar boyunca sanayi öncesi seviyelere göre CO konsantrasyonlarının iki katına çıkmasına (280 ppm'den 560 ppm'ye yükselmesi) nasıl tepki vereceğini yansıtan bir Denge İklim Duyarlılığı (ECS) tahmini üretir.

ECS'nin uzun zamandır 1,5 ile 4,5°C arasında olma olasılığının en az %66 olduğu düşünülüyordu [1], ancak yakın tarihli önemli WCRP raporu [2], ECS'nin bu aralığın alt ucunda olma olasılığının düşük olduğunu gösteriyor; aslında, ECS'nin 2°C'nin altında olma olasılığı %5'ten az ve 2,3 ile 4,5°C arasında olma olasılığı yüksek (%66 olasılık).

Ancak yeni modellerin birçoğunun ECS değerleri 4,5°C'nin üzerindedir; en son CMIP6 ECS aralığı 1,8–5,5°C'dir ve 47 modelden 16'sı 4,5°C'yi aşmaktadır [25]. Sonuç olarak, yüzyılın sonunda nispeten yüksek bir sıcaklık artışı öngörüyorlar.



ŞEKİL 5: ECS'ye genel bakış farklı kaynaklardan gelmektedir: önceki nesil iklim modelleri (CMIP5), IPCC AR5 değerlendirmesindeki "muhtemel" aralık, son nesil iklim modelleri (CMIP6) ve çok sayıda kanıta dayalı "muhtemel" aralığın yakın tarihli WCRP ECS değerlendirmesi [2].

Daha yüksek ECS değerlerinin birden fazla nedeni vardır. Örneğin, bazı CMIP6 modelleri, 20. yüzyılda antropojenik aerosollerin neden olduğu soğuma miktarını hala fazla tahmin ediyor gibi görünüyor ve tarihsel ısınma projeksiyonları gözlemlerden daha düşük [3].

Ancak daha yüksek iklim duyarlılığının en büyük tek sürücüsü, modellerin çok karmaşık bulut süreçlerini nasıl temsil ettiğiyle ilgilidir [25]. Bulutlar atmosferin gelen güneş radyasyonunu nasıl yansıttığını etkilediğinden, CMIP6 modellerindeki bulut fiziğindeki değişiklikler ve iyileştirmeler model ısınma tepkisi üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. CMIP6, bulut oluşumu ve davranışının modellerde nasıl temsil edildiği konusunda büyük iyileştirmeler görmüş olsa da, daha yüksek ECS değerleri CMIP6 modellerinin bulutları ve bunların iklim sisteminin diğer yönleriyle etkileşimlerini ve geri bildirimlerini nasıl temsil ettiğiyle ilgili görünmektedir.

İKLİM MODELLERİNDEKİ EN BÜYÜK BELİRSİZLİKLER NELERDİR?

Yukarıda belirtildiği gibi, bulutlar iklim sisteminde karmaşık bir rol oynar, sera gazı emisyonlarının neden olduğu ısınmayı hem sınırlar hem de güçlendirir. Artık bulutların ortalama olarak ısınmayı güçlendirdiğini biliyoruz, ancak bulutların dünya ısındıkça nasıl davranacağı hem model tahminleri hem de ECS hesaplamaları söz konusu olduğunda hala en büyük bilinmeyendir.

Sadece gökyüzünün sınırlı bir kısmını kaplayan ve nadiren yağmur üreten bulutların oluşumu ve dağılımı gibi bazı bulut süreçlerinin simüle edilmesi özellikle zor olmaya devam ediyor [26], özellikle de iklim modellerinin üzerinde çalıştığı tipik ızgara kutusu boyutlarına kıyasla bu bulutların çok daha küçük boyutları göz önüne alındığında.

Bulutların iklim sistemindeki rolünü daha iyi anlamak için, güneş ışınımını nasıl emdikleri ve yansıtıklarına dair daha kapsamlı bir resme ihtiyacımız var. Bu, 2020'nin başlarında Barbados'ta gerçekleşen EUREC4A gibi büyük uluslararası girişimlere katılım da dahil olmak üzere çabalarla CONSTRAIN için önemli bir araştırma alanıdır. EUREC4A, bugüne kadar bulut, atmosfer ve okyanus süreçlerinin en iddialı Avrupa liderliğindeki saha çalışmasıdır ve bulutlar, atmosfer dolaşımı ve iklim arasındaki etkileşimleri ölçmek için 40 ortak, beş araştırma uçağı, dört araştırma gemisi ve çok sayıda uzaktan algılama cihazını bir araya getirir. Sonuçlar nihayetinde bulutların iklim modellerinde temsil edilme biçimini değiştirecektir.

AYNI SENARYO İÇİN NEDEN FARKLI CMIP6 SICAKLIK PROJEKSİYONLARI VAR?

CMIP6 dahil olmak üzere birçok devam eden modelleme çalışması için, dünyanın dört bir yanındaki araştırma ekiplerinden daha sonra merkezi bir veritabanına gönderilen bir dizi deney yürütmeleri istenir. Bu model sonuçları koleksiyonlarına çoklu model toplulukları denir, çünkü birçok farklı model bunlara veri sağlamıştır. Bu çıktı aralığını analiz etmek, modellerin aynı simülasyonlara verdiği yanıt aralığını keşfetmemizi sağlar. Bu önemlidir çünkü hiçbir tek model gelecekte, özellikle de iç değişkenliğin iklim üzerinde nispeten güçlü bir etkiye sahip olduğu yakın vadede gerçekleşecek kesin iklim dinamiklerini mükemmel bir şekilde tahmin edemez.

Ancak doğal değişkenlik, iklim modellerindeki belirsizliğin üç ana kaynağından sadece biridir. Diğerleri, yukarıda açıklanan SSP'ler gibi senaryolardaki belirsizlikler ve CONSTRAIN araştırmasının ele almayı amaçladığı modellerin kendilerindeki belirsizliklerdir. Bu topluluklara, aynı anda kullanılabilir hale gelen ancak sonuçlarında aynı belirli belirsizlik aralığını içerecek şekilde tasarlanmamış bir model sonuçları koleksiyonu olarak bakıldığında, bunlar "fırsat toplulukları" haline gelir. CMIP bir fırsat topluluğudur: İklim sisteminin farklı yönlerini araştıran farklı araştırma grupları tarafından geliştirilen, aynı senaryolar için iklim modeli çalışmaları oluşturan birçok farklı model kullanır, böylece sonuçlar karşılaştırılabilir ve araştırmacılar hangi sonuçların diğerlerinden daha olası olduğuna karar verebilir.



BİLİMSEL ARKA PLAN II

PARİS ANLAŞMASI UZUN VADELİ SICAKLIK HEDEFİ (LTTG) VE KISA VADELİ ISINMA

Anlaşmada açıkça belirtilmemiş olsa da, Paris Anlaşması LTTG, o dönemdeki en son bilimsel verileri temsil eden IPCC Beşinci Değerlendirme Raporu'ndan (AR5) [1] açıkça bilgilendirilmiştir.

AR5 ısınmayı “sanayi öncesi seviyelerin üzerinde çok sayıda on yıllık Küresel Ortalama Yüzey Sıcaklığı (GMST) artışı” olarak tanımlıyor ve GMST’de sanayi öncesi baz döneminden (1850-1900) modern referans dönemine (1986-2005) doğru değişimi ortaya koyuyor.

AR5'te (HadCRUT4) kullanılan ana gözlemsel veri seti¹, deniz yüzeyi ve kara yüzeyi hava sıcaklıklarını birleştiren aylık enstrüman kayıtlarından küresel bir sıcaklık veri seti) GMST'nin bu süre zarfında 0,61° C arttığını öne sürüyor. Ancak, gözlemlerin sınırlamaları var: HadCRUT4, diğer birçok gözlemsel veri seti gibi, küresel kapsam sağlamaz, bu nedenle yalnızca doğrudan ölçümlerin yapıldığı alanları yansıtır.

SICAKLIK DEĞİŞİMİNİ BELİRLEMEK İÇİN HANGİ YENİ VERİLER VE YÖNTEMLER KULLANILIYOR?

Bugüne kadarki sıcaklık değişimi (doğrudan gözlemlerden) genellikle sanayi öncesi zamanlara (IPCC ürünlerinde 1850-1900) göre ifade edilirken, iklim modelleri küresel ısınmayı daha yakın bir referans döneminden yansıtır. Yakın zamana kadar, AR5 1986-2005 referans dönemi yaygın olarak kullanılıyordu, ancak daha yakın tarihli veriler sürekli olarak mevcut oldukça, daha yakın tarihli referans dönemleri dikkate alınıyor ve uygulanıyor (referans dönemleri söz konusu olduğunda mükemmel bir seçim yoktur - bu, örneğin iklimin hangi yönlerinin modellendiğine ve mevcut gözlemlerin kalitesine bağlıdır).

AR5'in yayınlanmasından bu yana, GMST gözlem veri kümeleri de hem genişletildi hem de rafine edildi. Ek olarak, Küresel Yüzey Hava Sıcaklığı (GSAT) artık tarihsel sıcaklık değişimini tahmin etmek için kullanılıyor [27]. GSAT, iklim modellerinden standart bir sıcaklık çıktısıdır ve tarihsel ısınma tahminlerini ve gelecekteki sıcaklık projeksiyonlarını birleştirmeyi kolaylaştırır.

Tarihsel sıcaklık değişimini türetmek için kullanılan metrikler	
Küresel Ortalama Yüzey Sıcaklık (GMST)	GMST, kara alanlarının iki metre üzerindeki hava sıcaklıkları ile okyanus üzerindeki deniz yüzey sıcaklıklarının (SST) bir karışımını kullanır. GMST, AR5'te gözlenen sıcaklık değişiminin ana ölçüsü olarak kullanılmıştır.
Küresel Yüzey Hava Sıcaklığı (GSTS)	GSAT, hem okyanus hem de kara alanları için yerden iki metre yükseklikteki hava sıcaklıklarını birleştirir. GSAT, iklim modellerinin standart çıktısıdır ve genellikle model analizinde kullanılır.

GMST ve GSAT metrikleri, LTTG ve diğer iklim politikası hedefleriyle ilişkili sıcaklık değişimini değerlendirmek için kullanıldı (ve birleştirildi). IPCC AR5, tutarlı oldukları varsayıldığı için bu metrikleri birleştirdi. Ancak daha yakın tarihli araştırmalar, metrik seçiminin tarihsel ısınma miktarı tahminleri üzerinde tespit edilebilir bir etkiye sahip olabileceğini göstermektedir [28,29].

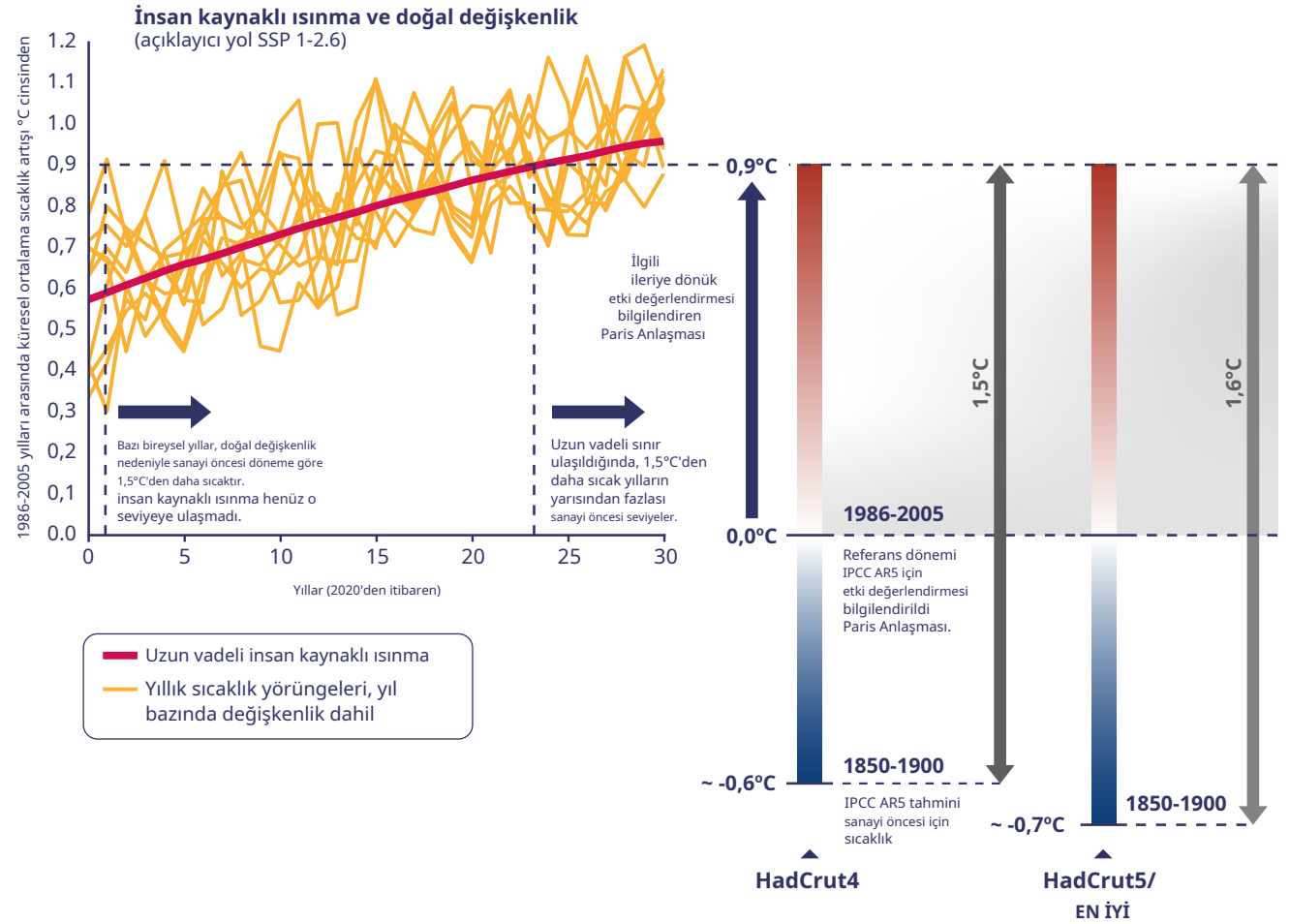
¹<https://www.metoffice.gov.uk/hadobs/hadcrut4/>

Veri kümelerindeki iyileştirmeler, GSAT'de tarihsel ısınmayı ifade etmeye yönelik bir hareketle birleştirildiğinde, tarihsel ısınma tahminlerini yaklaşık onda bir derece kadar değiştirebilir [27,28,33]. Ancak, bu değişiklikler yalnızca AR5 1986-2005 referans döneminden itibaren ısınmayı nasıl etiketlediğimizi etkileyecektir, iklim etkilerini araştırmak için kullanılan projeksiyonlar AR5'in 1986-2006 gibi daha yakın baz hatlarından başladığından yürütülen etki değerlendirmelerinin hiçbirini değiştirmeyecektir. Dolayısıyla tarihsel ısınmadaki herhangi bir değişiklik, gelecekte deneyimlemeyi bekleyebileceğimiz şeyi değiştirmez.

Metrik seçimleri ve veri seti iyileştirmelerinden bağımsız olarak, küresel ısınma devam ediyor. Şu anda, 1850-1900 baz çizgisine göre yaklaşık 1,2 °C küresel ısınmaya ulaştık [10] - son yıllarda devam eden ısınma nedeniyle AR5'teki tahminden önemli ölçüde daha yüksek.

Ek olarak, sera gazı konsantrasyonları AR5'in sanayi öncesi (1850-1900) temel çizgisinden yaklaşık bir yüzyıl önce artmaya başladığından, bir miktar ısınma zaten gerçekleşmiş olabilir [30]. Ancak tarihsel ısınmadaki herhangi bir değişiklikte olduğu gibi, 1850 öncesi ısınmanın değerlendirmeleri, ilerlemeyi ileriye dönük bir şekilde nasıl izleyeceğimizi etkilemeyecektir.

Şekil 6, yalnızca tarihsel sıcaklık değişimini değerlendirme yöntemlerinin nasıl farklılaştığına dair daha fazla ayrıntı sağlamakla kalmıyor, aynı zamanda AR5'e net bir görüş hattı olmadan yöntemlerde bir değişikliğin, LTTG'nin 1,5°C eşliğine ulaşılan kadar kalan ısınmanın etiketlenmesi üzerindeki etkilerini de vurguluyor.



ŞEKİL 6: Paris Anlaşması etki değerlendirmesi bağlamında farklı tarihsel sıcaklık değişim değerlendirme yöntemlerinin kullanılması için basitleştirilmiş şema. HadCRUT4 veri seti 1850-1900'den 1986-2005'e 0,61°C'lik bir sıcaklık artışı verirken, Berkeley Earth Surface Temperatures (BEST) ve HadCRUT5 veri setleri aynı zaman diliminde ~0,7°C'lik bir artış verir. Doğal değişkenlik zaman serisi ve 30 yıllık ortalama tamamen örnek niteliğindedir ve SSP1-26 altında çalışan CMIP6 MPI-ESM2-LR modeline dayanmaktadır.

LTTG BAĞLAMINDA ISINMAYI NASIL DEĞERLENDİRMELİYİZ?

LTTG'ye doğru gidişatımız, onu kurmak için kullanılan yaklaşımla tutarlı bir şekilde izlenmelidir [28], yani 1850-1900'den 1986-2005'e kadar GMST'nin HadCRUT4 veri seti ölçümleri ve sonrasında GSAT tahminleri kullanılmalıdır. İklim bilimindeki ilerlemeler dünyanın nasıl değiştiği ve değişeceği konusunda yeni bulgular getirmeye devam edecek olsa da, bu yaklaşım Paris Anlaşması'nı bilgilendiren metodolojik çerçeveye net bir bakış açısı sağlayacaktır.

ÇEŞİTLİ EMİSYON SENARYOLARI ALTINDA KISA VADELİ ISINMA ORANLARI

Şimdiye kadar, emisyon kesintilerinin iklim üzerindeki kısa vadeli faydalarını belirlemek, özellikle doğal değişkenlik insan etkisini geçici olarak maskeleyebildiği için zorluydu. Ancak farklı kaynaklardan büyük miktarda veriyi birleştiren yeni bir yaklaşım, insan kaynaklı ısınmayı doğal değişkenlikten, daha önce mümkün olduğu düşünüldenden çok daha kısa zaman ölçeklerinde ayırabilir [11].

CONSTRAIN araştırmacıları, CMIP6 da dahil olmak üzere farklı iklim modellerinden binlerce simülasyonun yanı sıra doğal iklim değişkenliğine ilişkin çok sayıda gözlemi kullanarak, çeşitli düzeylerdeki emisyon kesintilerinin önümüzdeki yirmi yıl içinde küresel ısınmanın hızını nasıl etkileyebileceğini araştırdı.

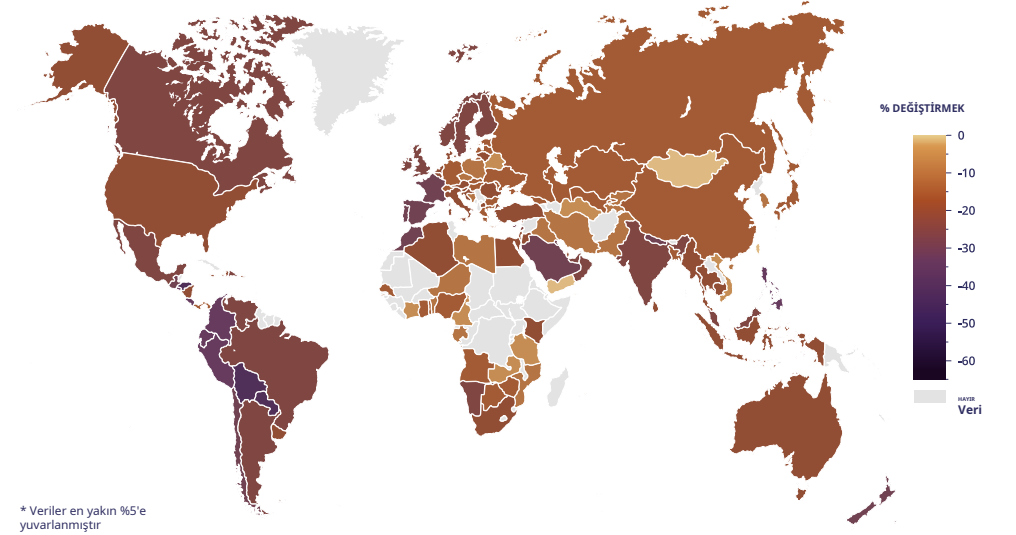
Sonuçlar, sert ve hızlı emisyon kesintilerinin, doğal değişkenlik hesaba katıldığında bile önümüzdeki 20 yıl içinde ısınma oranları üzerinde önemli bir etkiye sahip olacağını gösteriyor: 2000-2019 yılları arasındaki ortalama ısınma oranı on yılda 0,22 °C idi^{Ben}, ancak SSP1-1.9'u takip etmek bunu on yılda 0,13°C'ye düşürecek ve ısınma oranını yarıya kadar azaltacaktır. Aynı COVID-19'dan güçlü bir yeşil ekonomik toparlanmayı yansıtan bir emisyon yolu için geçerlidir (aşağıya bakın). Karşılaştırıldığında, fosil yakıt ağırlıklı bir gelecekte sıcaklıklar on yılda 0,32°C artabilir - bu da Paris Anlaşması sıcaklık sınırlarının 2050'den çok önce ihlal edileceği anlamına gelir.

Kısa vadeli (on yıllık) ısınma oranlarına ilişkin daha fazla bilgi ilk ZERO IN raporunda bulunabilir.

COVID-19 LTTG YOLCULUĞUMUZU ETKİLEDİ Mİ?

2020'deki küresel karantinanın zirvesinde, CO emisyonları bazı ülkelerde %60'ın üzerinde düştü. Ancak emisyonlar yalnızca geçici olarak düştü, büyük ölçüde insanların evde kalmasıyla karayolu taşımacılığında buna karşılık gelen bir düşüş yaşandı ve kısıtlamalar hafifledikçe kısa sürede toparlanma belirtileri görüldü.

ULUSAL TEMEL EMİSYONLARA KIYASLA GÜNLÜK CO2 AZALIŞININ ORTALAMA %'Sİ Şubat-Temmuz 2020 (üst düzey tahmin)



ŞEKİL 7: Virüsün Çin dışına yayılmaya başlamasıyla birlikte, CO emisyonları Şubat-Temmuz 2020 arasında her ay için ulusal baz emisyonlarına kıyasla değişti.

^{Ben} Dört veri setinin ortalaması: GISTEMPv4'te 2000-2019 için 0,25 °C/onyıl, Berkeley Earth Land-Ocean'da 0,22°C/onyıl (Cowtan-Wayv2), Cowtan-Wayv2'de 0,21°C/onyıl, HadCRUT4.6'da 0,19°C/onyıl. Daha fazla bilgi için [11]'e bakın.

Sonuç olarak, COVID-19'un küresel sıcaklıkları düşük tutmada şimdiye kadar ihmal edilebilir bir etkisi oldu ve karantina, sanayi sonrası emisyon yörüngemizde yalnızca bir "sıçrama" anlamına geliyor: CONSTRAIN araştırması, bazı kısmi karantina önlemleri 2021'in sonuna kadar yürürlükte kalsa bile, 2030'daki küresel sıcaklıkların şu anda Ulusal Olarak Belirlenen Katkılar'dan (NDC'ler) beklediğimizden yalnızca yaklaşık 0,01°C daha düşük olacağını gösteriyor [12].

İklim üzerinde kalıcı etkiler, ekonomik toparlanma seçeneklerine ve bunlarla ilişkili emisyonlara bağlı olacaktır: 2021'den itibaren fosil yakıtlara dayalı bir toparlanma (GSYİH'nın %1'ini fosil yakıtlara yatırmak) emisyonların 2030'a kadar %10 artmasına ve nihayetinde 2050'ye kadar ısınmanın 1,5°C'yi aşma olasılığının %80'in üzerinde olmasına yol açacaktır.

Alternatif olarak, kurtarma paketlerine güçlü bir yeşil teşvik (GSYİH'nın %1,2'sini düşük karbonlu teknolojilere yatırmak) dahil etmek, emisyonları 2030 yılına kadar %50 oranında azaltabilir ve mevcut politikalar (NDC'ler) uyarınca 2050 yılına kadar beklenen ısınmanın yarısından fazlasını önleyebilir ve sıcaklık artışını 0,6'dan 0,3 C'ye düşürebilir. Bu, küresel sıcaklıkların 1,5 C'nin altında kalması ve daha yüksek sıcaklıkların getireceği risklerden ve ciddi etkilerden kaçınma şansını artıracaktır.

2021'den itibaren olası COVID ekonomik toparlanma yolları ve emisyonlar üzerindeki etkileri	
Güçlü yeşil teşvik	Orta düzeyli yeşil teşvike gelince, düşük karbonlu teknolojiler için GSYİH'nın %1,2'si oranında yatırım artışı ve fosil yakıt yatırımında %0,4'lük bir düşüş. Bu, mevcut NDC'lere kıyasla 2030 yılına kadar sera gazı emisyonlarında %50'lik bir düşüşe yol açar ve emisyonlar bundan sonra düşmeye devam ederek 2050 yılına kadar küresel net sıfır CO ₂ ya ulaşır. Bu, JTGTG içinde kalma konusunda iyi bir (>%50) şansla sonuçlanır.
Ilıman yeşil teşvik	Emisyonlar 2022 sonuna kadar hafifçe toparlanıyor, ancak önce davranışlar değiştiği ve ardından yeşil teşvikler ekonomi genelinde karbonsuzlaşmaya yol açtığı için asla NDC seviyelerine ulaşmıyor: kurtarma paketleri düşük karbonlu enerji arzını ve enerji verimliliğini hedefliyor ve fosil yakıt şirketlerini kurtarmıyor. Mevcut politikayla karşılaştırıldığında, düşük karbonlu teknolojilere yapılan yatırımda GSYİH'nın %0,8'i oranında bir artış varken, fosil yakıtlar için bu %0,3 oranında düşüyor. Bu, ekonomik faaliyetin emisyon yoğunluğunu yapısal olarak değiştirmeye başlıyor ve mevcut NDC'lere kıyasla 2030 yılına kadar sera gazı emisyonlarında yaklaşık %35'lik bir azalmaya neden oluyor ve emisyonlar bundan sonra düşmeye devam ederek 2060 yılına kadar küresel net sıfır CO ₂ ya ulaşılıyor. 2
Fosil-yakıtlı iyileşmek	Emisyonlar, 2008/9 küresel durgunluğundan sonra olduğu gibi toparlanıyor ve 2022'nin sonuna kadar mevcut NDC'lerde yansıtılanların %4,5 üzerine çıkıyor. Fosil yakıtlı enerji arzına güçlü bir destek var, yatırım COVID-19 öncesi seviyelere kıyasla %1 artarken, düşük karbonlu alternatiflerde önemli ölçüde daha az (0,8% düşüş). Emisyonlar, 2030'da mevcut NDC'leri takip edenlere kıyasla %10 daha yüksek ve bundan sonra artmaya devam ediyor.

BİLİMSEL ARKA PLAN III

KALAN KARBON BÜTÇESİ HAKKINDA GÜNCELLEME

Bu yılki ZERO IN raporu, kalan küresel karbon bütçesi hakkında bir güncelleme sunuyor. Ayrıca, kalan karbon bütçesi kavramını daha fazla inceliyoruz: Son yıllarda, birçok kuruluş, bölge ve ülke kendi karbon bütçelerini belirledi. Aşağıda, net sıfır tarihlerinin emisyon azaltımlarını değerlendirmek için neden aslında daha etkili olduğunu açıklıyoruz.

2021 YILININ BAŞINDA KALAN KÜRESEL KARBON BÜTÇESİ NE KADAR?

2020 yılı için CO emisyonlarının ilk değerlendirmeleri mevcuttur ve küresel emisyonların geçici olarak büyük ölçüde azaldığını göstermektedir. Özellikle, Küresel Karbon Projesi (GCP) [31], 2020 yılı için 34,1 Gt CO toplam enerji ve sanayi CO emisyonu ve yaklaşık 6 Gt CO küresel arazi kullanım değişikliği emisyonu için ön bir projeksiyon sunmaktadır. Bu 40,1 Gt CO'yu ilk ZERO IN raporundaki 2019 kalan küresel karbon bütçesi tahmininden çıkararak, aşağıda 2021 yılı başlangıcı için ön bir kalan karbon bütçesi sağlayabiliriz. Temel metodoloji hakkında daha fazla ayrıntı için lütfen ilk ZERO IN raporuna bakın.

Olasılık Aşağıda kalmanın	Kalan Karbon Bütçesi (2021 yılı başından itibaren)	
	1,5°C	2,0°C
%50	355 Gt CO ₂	1.275 Gt CO ₂
%66	195 Gt CO ₂	945 Gt CO ₂

BÖLGESEL VEYA ULUSAL KALAN KARBON BÜTÇELERİNİN KULLANILMASININ SINIRLAMALARI NELERDİR?

Kalan küresel karbon bütçesi, genellikle Paris Anlaşması LTTG sınırının altında kalırken dünyanın salabileceği CO miktarını tanımlamak için kullanılır ve Paris Anlaşması da dahil olmak üzere küresel iklim politikalarının ve hedeflerinin doğru yolda olup olmadığını değerlendirmenin yararlı bir yoludur.

Geriye kalan küresel karbon bütçesi ise, sıcaklık sınırları (örneğin 1,5 °C veya 2 °C) açısından yaptığımız tercihlere ve bu sınırın altında kalmak konusunda ne kadar emin olmak istediğimize (örneğin %50 veya %66 şans) bağlıdır.

Başlık rakamının ardındaki diğer seçenekler arasında, CO dışı sera gazı emisyonlarının etkilerini hesaba katmak için bütçede ne kadar "baş mesafesi" bırakılacağı; permafrost çözülmesi veya okyanus süreçlerindeki değişiklikler gibi iklim geri bildirimlerinin etkilerinin nasıl hesaba katılacağı; küresel sıcaklıkların gelecekteki emisyonlara nasıl yanıt vereceği; ve bugüne kadar ne kadar ısınma meydana geldiği yer alır. Bu nedenle, kalan küresel karbon bütçesi her zaman nihai bir sayı üretmeye giren seçimlerin ve bilimsel yargıların bilincinde olarak tartışılmalıdır.

Ulusal ve bölgesel karbon bütçeleri söz konusu olduğunda, ek tercihler ve varsayımlar devreye giriyor.

Örneğin, kalan küresel karbon bütçesini ulusal düzeye çevirmek, ülkelerin tarihsel emisyonlarını, nüfus büyüklüklerini, teknolojik kapasitelerini ve gelecekteki kalkınma ihtiyaçlarını adil bir şekilde nasıl hesaba katacaklarına karar vermek anlamına gelir. Ülkeler ayrıca sera gazı emisyonlarını emisyon ticareti veya uluslararası dengeleme açısından farklı şekillerde hesaplayabilir ve bu da tabloyu daha da karmaşık hale getirebilir. Bölgesel veya ulusal karbon bütçeleri politika geliştirme, iklim eylemini destekleme veya diğer kararları bilgilendirme temeli olarak kullanılıyorsa, bu varsayımların ve sınırlamaların açıklığa kavuşturulması gerekir.

SON ARAŞTIRMALAR KÜRESEL KALAN KARBON BÜTÇESİNİN BÜYÜKLÜĞÜNÜ NASIL ETKİLİYOR?

Kalan karbon bütçesi ve çeşitli bileşenleri çok aktif araştırma alanlarıdır. Son çalışmalar, örneğin, doğal iklim değişkenliğinin bütçeyi nasıl etkilediğini tartışmaktadır [8], bu da 1,5 °C ısınmaya yaklaştığımızda giderek daha önemli hale gelmektedir, ECS'deki son çığır açıcı değerlendirme [2] ve CMIP6 modelleri tarafından sunulan ısınmanın araştırmaları [4] gibi daha geniş çalışmalar da atmosferde her bir birim CO emisyonu biriktikçe ne kadar ısınma bekleyebileceğimize ışık tutmaktadır. Ancak genel olarak, bunlar yalnızca kalan karbon bütçesindeki belirsizlikleri vurgulamaya hizmet etmiştir.

CONSTRAIN ve ortaklarının devam eden çalışmaları, bu belirsizliklerin farklı kaynaklarını araştırıyor [32]; bunlar arasında CO biriktikçe ne kadar ısınma meydana geldiği ve ani olayların veya dönüm noktalarının (örneğin büyük çaplı ormansızlaşma veya orman yangını) kalan karbon bütçesini nasıl etkileyebileceği yer alıyor.

NET SIFIR TARİHLERİ KÜRESEL EMİSYONLARIN AZALTILMASINA YÖNELİK İLERLEMENİN DEĞERLENDİRİLMESİ İÇİN NEDEN DAHA FAYDALIDIR?

Tüm belirsizlikleriyle birlikte azalan küresel karbon bütçesinin adil bir şekilde nasıl paylaşılacağı konusunda çok zaman harcanabilirdi, ancak bu arada küresel sıcaklıklar artmaya devam ediyor ve Paris Anlaşması'nı ihlal etmeden önce dünyanın -veya hatta tek tek ülkelerin- ne kadar CO2 salılabileceği konusunda tartışmak için giderek daha az zaman ve alan kalıyor.

Mümkün olduğunca çabuk ve adil bir şekilde ve en geç yüzyılın ortasına kadar net sıfır emisyonlara ulaşmaya odaklanmanızı, iklim risklerini kabul edip bunların potansiyel etkilerine karşı dayanıklılık oluşturmanızı öneriyoruz. Çin, Japonya ve Güney Kore tarafından yakın zamanda duyurulanlar gibi net sıfır hedefleri, belirli (yerel) politikalara çok daha doğrudan bağlanabilir ve daha fazla ısınmayı durdurmak için gereken net sıfır emisyonlara doğru ilerleme daha kolay izlenebilir. Bu yaklaşım yalnızca daha fazla şeffaflık sağlamakla kalmayacak, aynı zamanda net sıfır hedefleri belirleyen her ulusa, bölgeye ve kuruluşa, zorluğun ölçeği ve iklim değişikliğiyle mücadeledeki rolleri hakkında daha net bir resim sunacaktır.



KAYNAKLAR

CONSTRAIN kalın yazıyla yazılmış makaleler

1. IPCC (2014) İklim Değişikliği 2014: Sentez Raporu. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin Beşinci Değerlendirme Raporuna Çalışma Grupları I, II ve III'ün Katkısı [Çekirdek Yazım Ekibi, RK Pachauri ve LA Meyer (editörler)]. IPCC, Cenevre, İsviçre, 151 sayfa.

2. Sherwood S, ve diğerleri (2020) Birden fazla kanıt hattı kullanılarak Dünya'nın iklim duyarlılığının değerlendirilmesi. Rev Geophys:e2019RG000678.

3. Flynn CM, Mauritsen T (2020) Son zamanlardaki eşleştirilmiş model topluluklarında iklim duyarlılığı ve tarihsel ısınma evrimi üzerine. Atmos Chem Phys 20(13):7829–7842

4. Tokarska KB ve diğerleri (2020) Geçmişteki ısınma eğilimi CMIP6 modellerinde gelecekteki ısınmayı kısıtlıyor. Sci Adv 6(12):eaaz9549.

5. Liang Y, Gillett NP, Monahan AH (2020) Gözlemlenen Isınma Eğilimi Kullanılarak 21. Yüzyıl Küresel Isınmasının Kısıtlanması İçin İklim Modeli Projeksiyonları. Geophys Res Lett 47(12):e2019GL086757.

6. Brunner L, vd. (2020) Modelleri performans ve bağımsızlığa göre ağırlıklandırırken CMIP6 projeksiyonlarından küresel ısınmanın azaltılması. Earth Syst Dynam Discuss:1–23.

7. Nijse FJMM, Cox PM, Williamson MS (2020) CMIP5 ve CMIP6 modellerinde tarihsel ısınmadan kaynaklanan geçici iklim tepkisi (TCR) ve denge iklim duyarlılığı (ECS) üzerindeki ortaya çıkan kısıtlamalar. Earth Syst Dynam 11(3):737–750.

8. Allen MR ve diğerleri (2018) Çerçeveleme ve Bağlam. 1,5 C Küresel Isınma: İklim Değişikliği Tehditine Küresel Tepkiyi Güçlendirme Bağlamında, Sanayi Öncesi Seviyelerin 1,5 C Üzerinde Küresel Isınmanın Etkileri ve İlgili Küresel Sera Gazı Emisyon Yolları Hakkında Bir IPCC Özel Raporu, editörler Masson-Delmotte V ve diğerleri.

9. Tokarska KB ve diğerleri (2020) İç iklim değişkenliğinden kaynaklanan karbon bütçesi tahminlerindeki belirsizlik. Environ Res Lett 15:104064.

10. Haustein K, Allen MR, Forster PM. ve diğerleri (2017) Gerçek zamanlı Küresel Isınma Endeksi. Sci Rep 7:15417.

11. McKenna CM ve diğerleri (2020) Sıkı azaltma, benzeri görülmemiş yakın vadeli ısınma oranları riskini önemli ölçüde azaltır. Nat Clim Chang doi:10.1038/s41558-020- 00957-9.

12. Forster PM ve diğerleri (2020) COVID-19'dan kaynaklanan mevcut ve gelecekteki küresel iklim etkileri. Nat Clim Chang 10:913–919.

13. Andrijevic M ve diğerleri (2020) COVID-19 kurtarma fonları temiz enerji yatırım ihtiyaçlarını gölgede bırakıyor. Bilim 370:298–300.

14. Eyring V, ve diğerleri (2016) Eşleştirilmiş Model Karşılaştırma Projesi Aşama 6 (CMIP6) deneysel tasarımı ve organizasyonuna genel bakış. Geosci Model Dev 9(5):1937–1958.

15. O'Neill BC ve diğerleri (2016) CMIP6 için Senaryo Modeli Karşılaştırma Projesi (ScenarioMIP). Geosci Model Dev 9(9):3461–3482.

16. Meinshausen M, ve diğerleri (2020) Paylaşılan sosyo-ekonomik yol (SSP) sera gazı konsantrasyonları ve bunların 2500'e kadar olan uzantıları. Geosci Model Dev 13:3571–3605.

17. Forster PM, Maycock AC, McKenna CM, Smith CJ (2020) En son iklim modelleri acil azaltma ihtiyacını doğruluyor. Nat Clim Chang 10(1):7–10.

18. Haarsma RJ ve diğerleri (2016) CMIP6 için Yüksek Çözünürlüklü Model Karşılaştırma Projesi (HighResMIP v1.0). Geosci Model Dev 9(11):4185–4208.

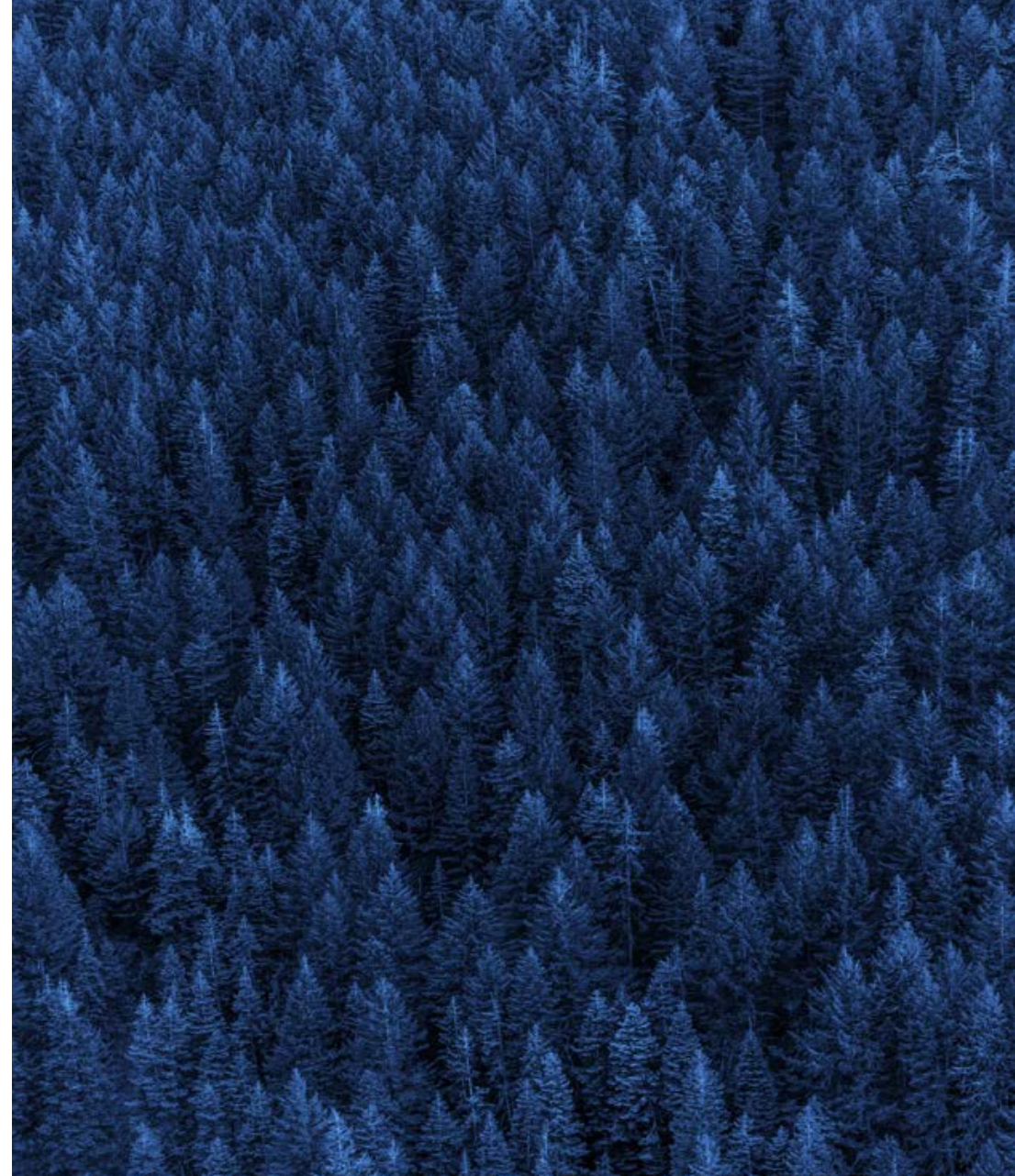
19. Séférian R ve diğerleri (2020) CMIP5 ve CMIP6 Arasındaki Simüle Edilmiş Deniz Biyojeokimyasındaki İyileştirmenin İzlenmesi. Curr Clim Chang Raporları 6(3):95–119.

20. Arora, VK ve diğerleri (2020) CMIP6 modellerinde karbon konsantrasyonu ve karbon iklim geri bildirimleri ve bunların CMIP5 modelleriyle karşılaştırılması. Biyojeobilimler 17:4173–4222.

21. Fiedler S, ve diğerleri (2020) Eşleştirilmiş Model Karşılaştırma Projesi'nin (CMIP) Üç Büyük Aşamasında Değerlendirilen Simüle Edilmiş Tropikal Yağış. Mon Weather Rev 148(9):3653–3680.

KAYNAKLARDEVAMI

22. Gusain A, Ghosh S, Karmakar S (2020) Hint yaz muson yağmurlarının simülasyonunda CMIP5 modellerine kıyasla CMIP6'nın katma değeri. Atmos Res 232:104680.
23. Bellouin N, ve diğerleri (2020) İklim Değişikliğinin Küresel Aerosol Radyasyon Zorlamasını Sınırlandırma. Rev Geophys 58(1):e2019RG000660.
24. Smith CJ, ve diğerleri (2018) Çeşitli Zorlayıcı Etkenlere Hızlı Ayarlamaların Anlaşılması. Geophys Res Lett 45(21):12,12-23,31.
25. Zelinka MD, ve diğerleri (2020) CMIP6 Modellerinde Daha Yüksek İklim Hassasiyetinin Nedenleri. Geophys Res Lett 47(1):e2019GL085782.
- 26. Bony S, Schulz H, Vial J, Stevens B (2020) Şeker, Çakıl, Balık ve Çiçekler: Ticaret Rüzgarı Bulutlarının Mezokala Desenlerinin Çevresel Koşullara Bağımlılığı. Geophys Karar Mektubu 47(7):e2019GL085988.**
27. Richardson M, Cowtan K, Millar RJ (2018) Küresel sıcaklık tanımı uzun vadeli iklim hedeflerine ulaşmayı etkiler. Environ Res Lett 13(5):54004.
- 28. Tokarska KB, ve diğerleri (2019) Karbon bütçesi tahminleri, model değerlendirmesi ve iklim politikası için önerilen sıcaklık ölçümleri. Nat Geosci 12(12):964–971.**
29. Pfliegerer P, Schleussner CF, Mengel M, Rogelj J (2018) Küresel ortalama sıcaklık göstergeleri iklim risklerinden kaçınarak ısınma seviyelerine bağlandı. Environ Res Lett 13(6):064015.
30. Hawkins E, ve diğerleri (2017) Sanayi öncesi dönemden bu yana küresel sıcaklıktaki değişikliklerin tahmini. Bull Am Meteorol Soc 98(9):1841–1856.
- 31. Friedlingstein P, ve diğerleri (2020) Küresel Karbon Bütçesi 2020. Dünya Sistem Bilimi Verileri 12: 3269–3340.**
- 32. Matthews HD ve diğerleri (2020) İklim politikasını yönlendirmek için karbon bütçelerinin kullanımındaki fırsatlar ve zorluklar. Doğa Jeolojisi. 13:769–779.**
33. Morice CP ve diğerleri (2020) 1850'den itibaren yüzeye yakın sıcaklık değişiminin güncellenmiş değerlendirilmesi: HadCRUT5 veri seti. JGR Atmosferleri: e2019JD032361.



BU RAPOR TARAFINDAN HAZIRLANMIŐTIR:

Debbie Rosen (Leeds Üniversitesi), Alexander Nauels (İklim Analitiđi), Katarzyna B. Tokarska (ETH Zürih), Christine McKenna (Leeds Üniversitesi), Carl-Friedrich Schleussner (İklim Analitiđi), Joeri Rogelj (Imperial College London), Piers Forster (Leeds Üniversitesi).

NASIL ATIF YAPILIR:

CONSTRAIN (2020) ZERO IN ON: Yeni nesil iklim modelleri, COVID-19 ve Paris Anlaşması. CONSTRAIN Projesi Yıllık Raporu 2020, DOI:10.5281/zenodo.4282461



CONSTRAIN ortaklarının tam listesi için bkz. www.constrain-eu.org.

TEMAS ETMEK **CONSTRAIN**



www.constrain-eu.org



kisirlama@leeds.ac.uk



[@constrain_eu](https://twitter.com/constrain_eu)



AB'yi kısıtlamak



Bu proje, 820829 sayılı hibe sözleşmesi kapsamında Avrupa Birliği'nin Ufuk 2020 araştırma ve inovasyon programından fon almıştır.

CONSTRAIN