



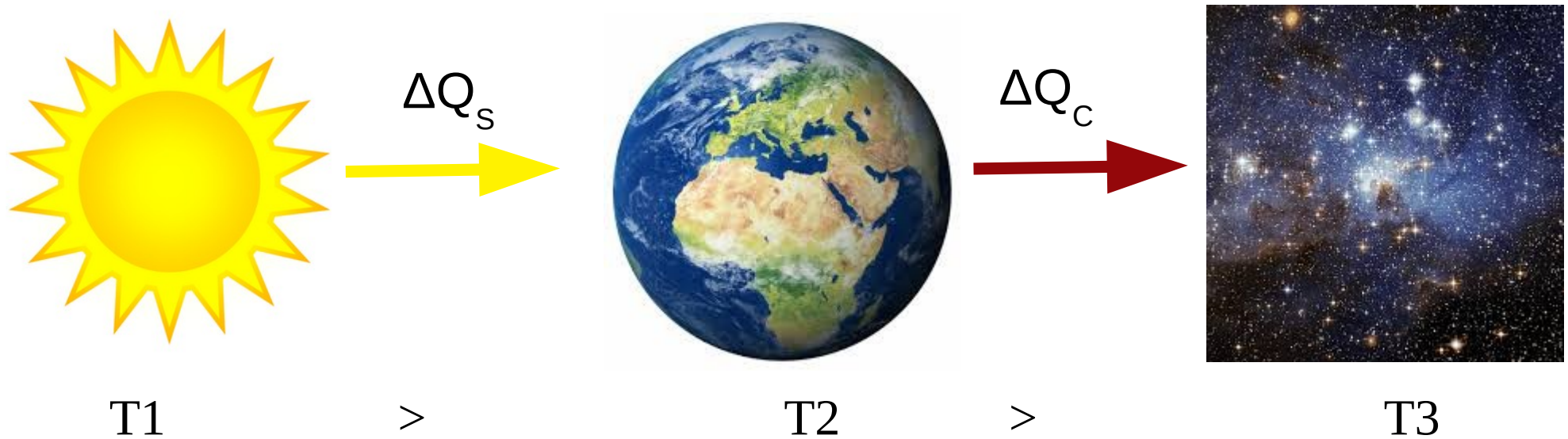
NAUKA O KLIMACIE
DLA SCEPTYCZNYCH

Kultura w starciu z naturą czyli kryzys planetarny, jego możliwe konsekwencje i jak uniknąć najgorszych z nich

Szymon Malinowski
Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego



UNIwersytet
Warszawski



Temperatura planety rośnie, gdy $\Delta Q_s > \Delta Q_c$

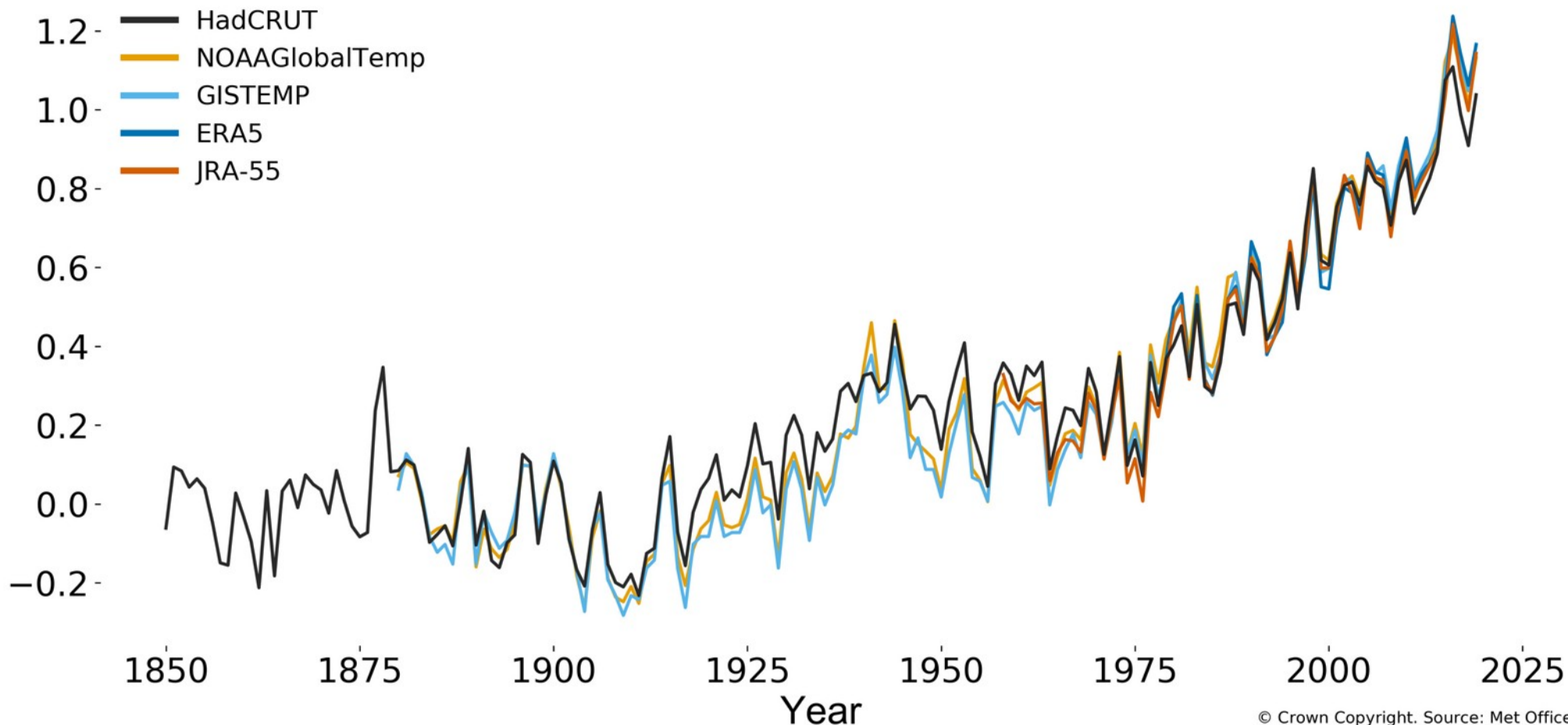
Temperatura planety spada, gdy $\Delta Q_s < \Delta Q_c$



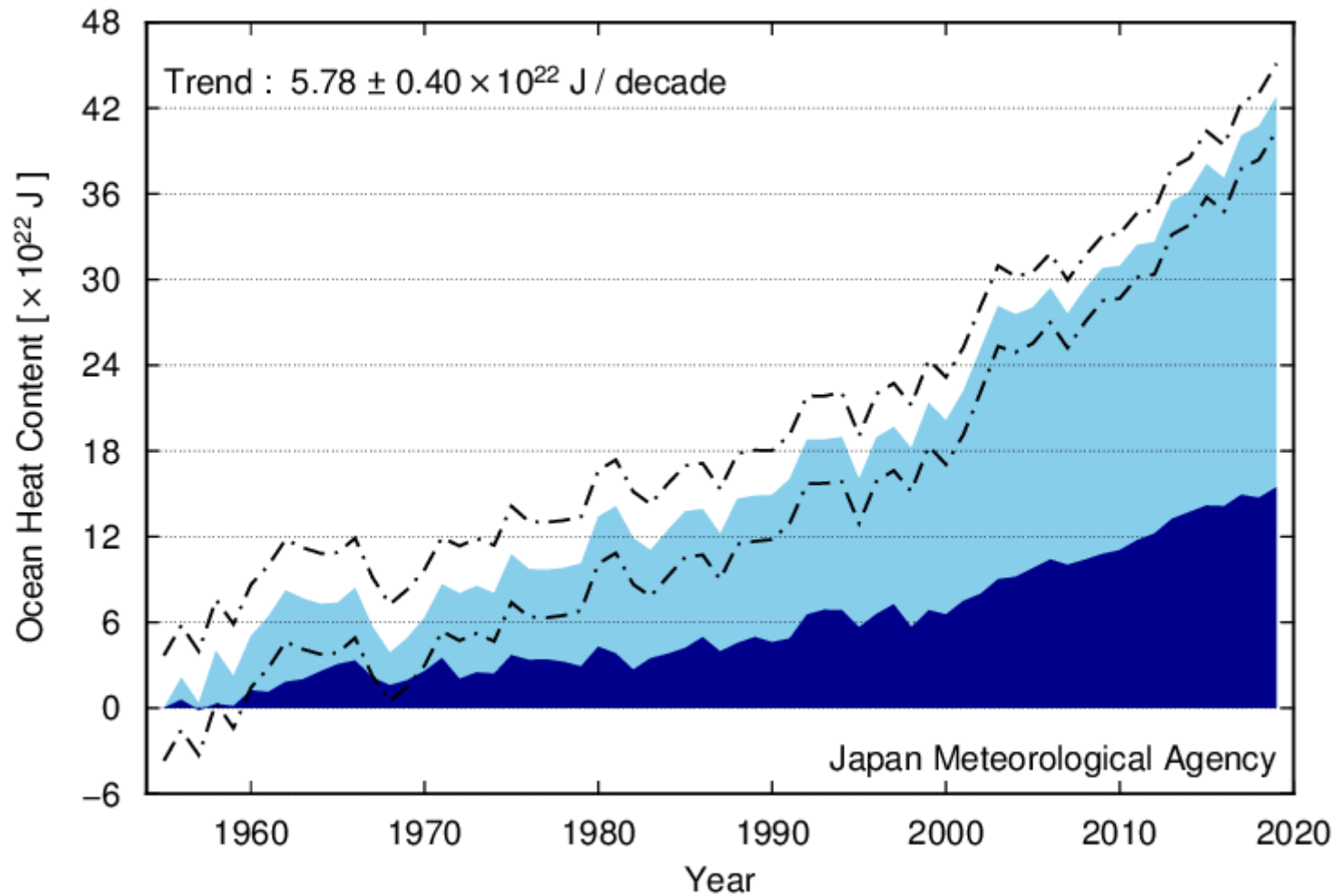
Dodatni bilans energii – temperatura powietrza przy powierzchni planety rośnie...

 Met Office

Global mean temperature difference from 1850-1900 (° C)

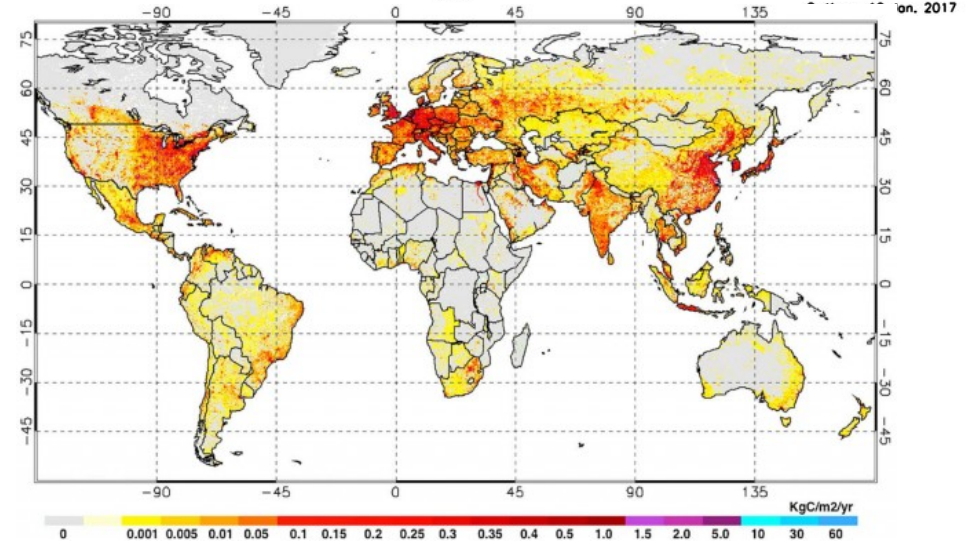
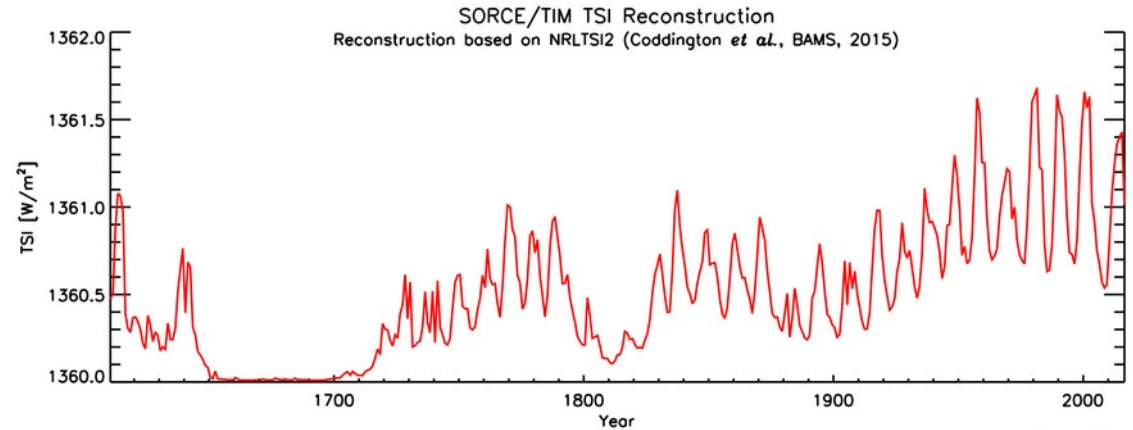
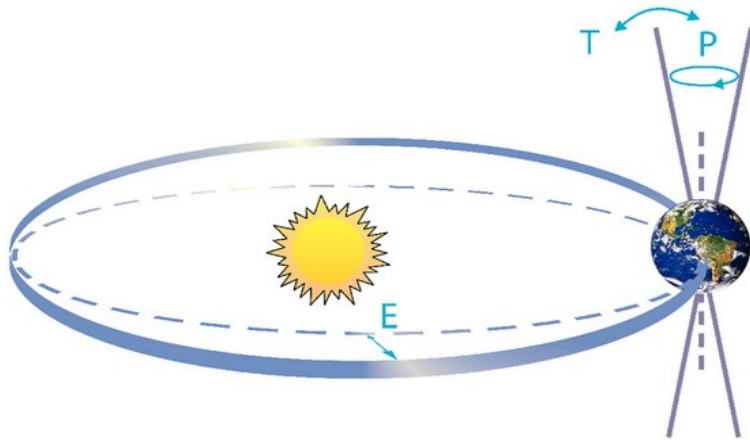


... a prawie cała nadwyżka energii (96%) gromadzi się w oceanie.



Wymuszenia i sprzężenia w systemie klimatycznym

Wymuszenia inicjują zmiany klimatu.



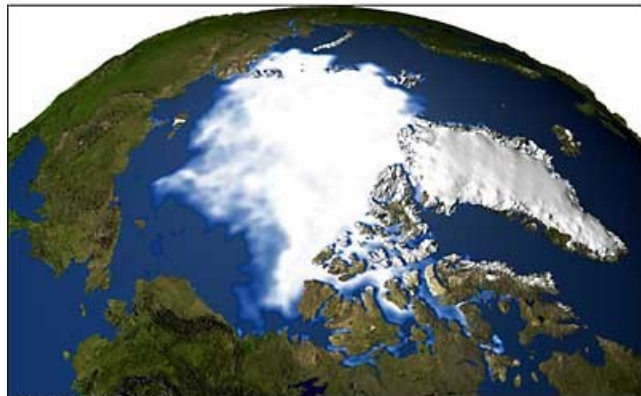
Przykłady: aktywność słoneczna, zmiany orbitalne, antropogeniczne i wulkaniczne emisje gazów czy aerozoli.

Wymuszenia i sprzężenia w systemie klimatycznym

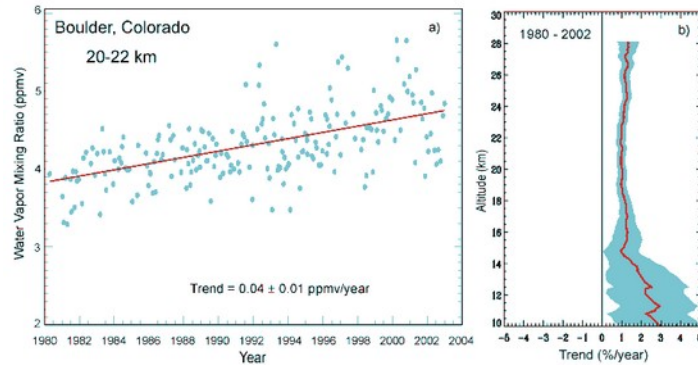
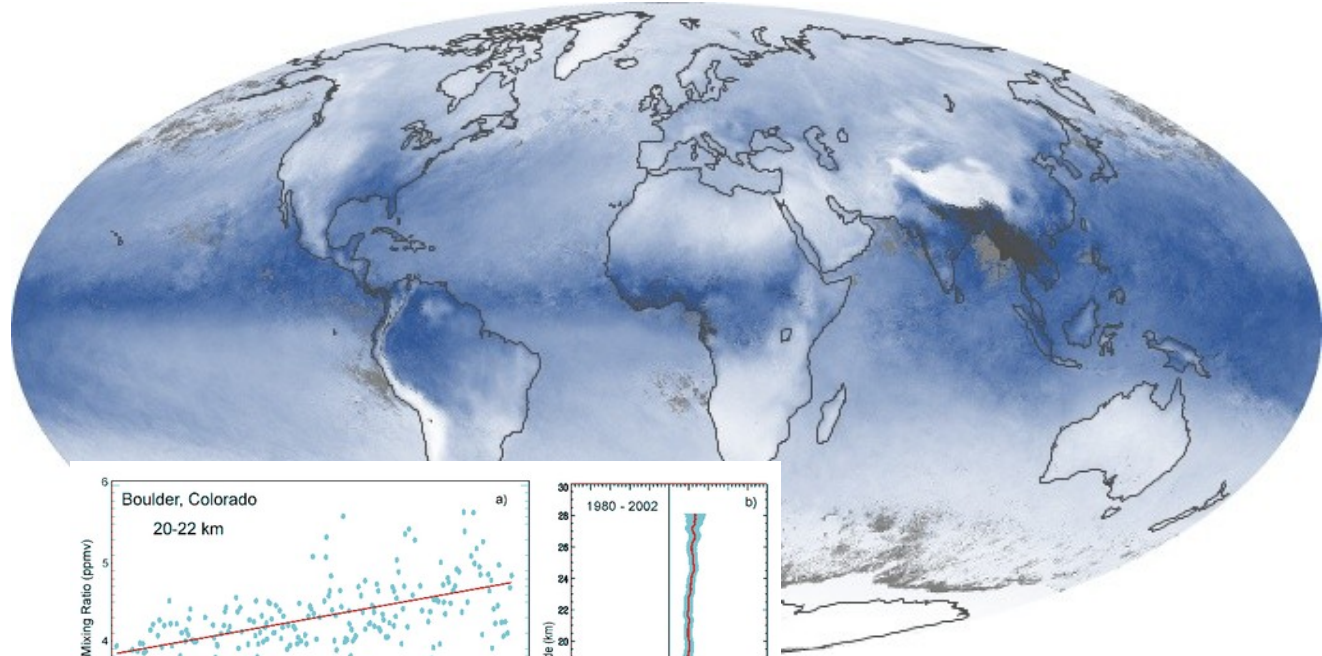
Sprzężenia to procesy zachodzące wewnątrz systemu klimatycznego, które **skutkują dalszymi zmianami klimatu**.



1979 SSM/I Composite Data

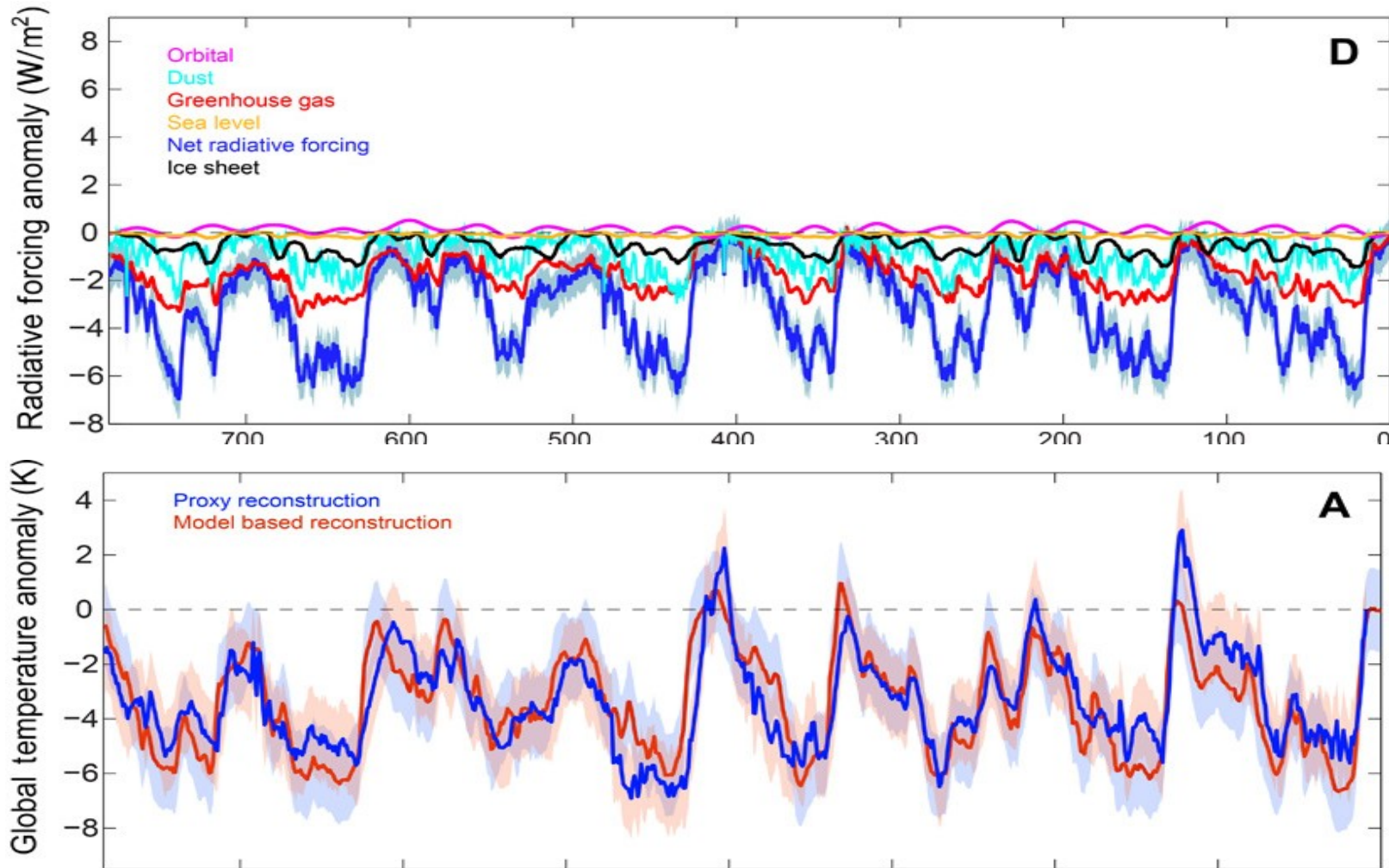


2003 SSM/I Composite Data



Przykłady: zmiany albedo wskutek zmian zlodzenia czy zmiany zawartości pary wodnej w powietrzu wskutek zmian temperatury.

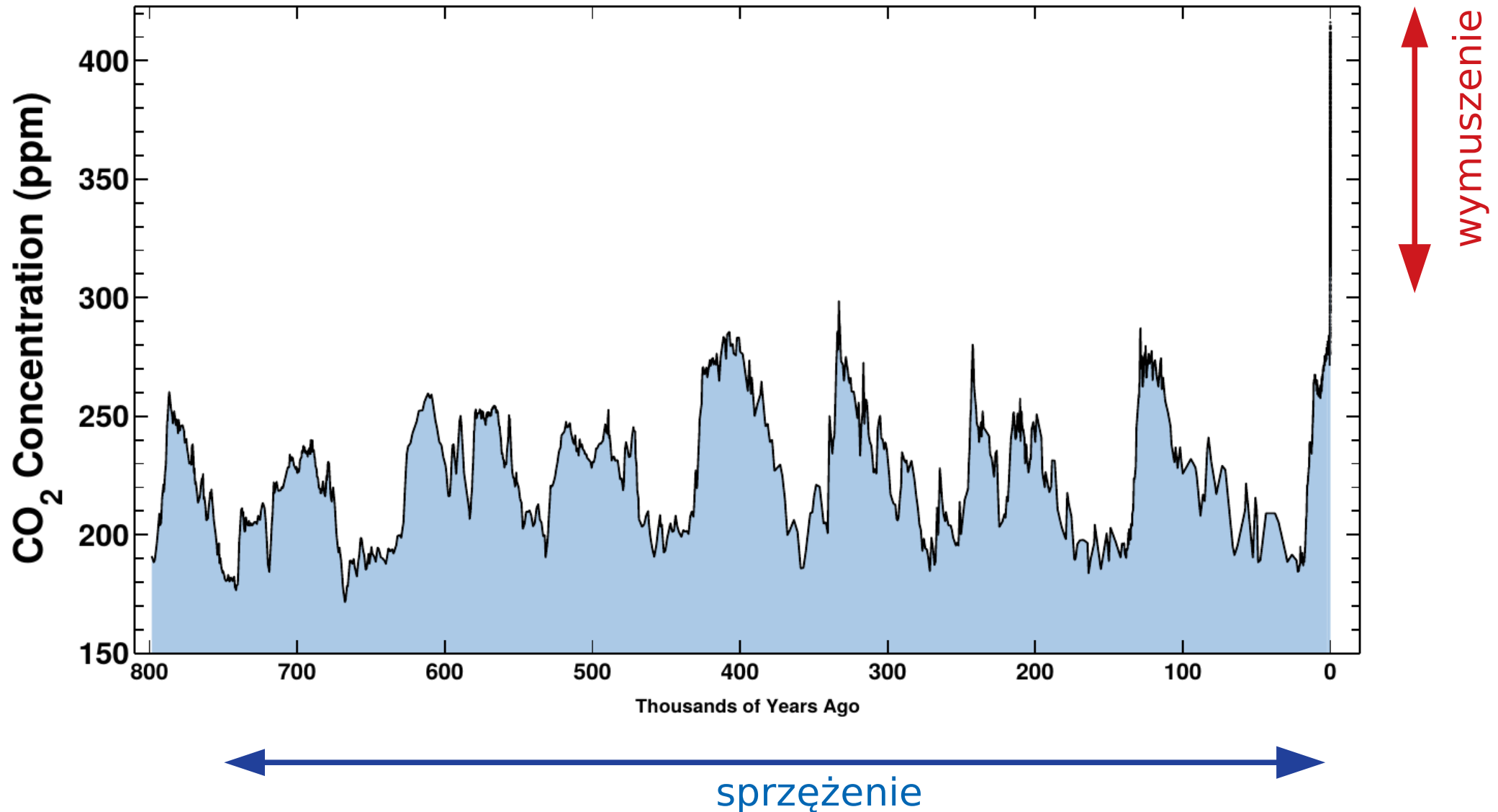
Orbital forcing (A) and **system feedbacks (A)** lead to remarkable **radiative forcings (D)** and consecutive **temperature variations (A)** which explains mechanism of ice ages.



Zmiany koncentracji CO₂: kiedyś sprzężenie, dziś wymuszenie.

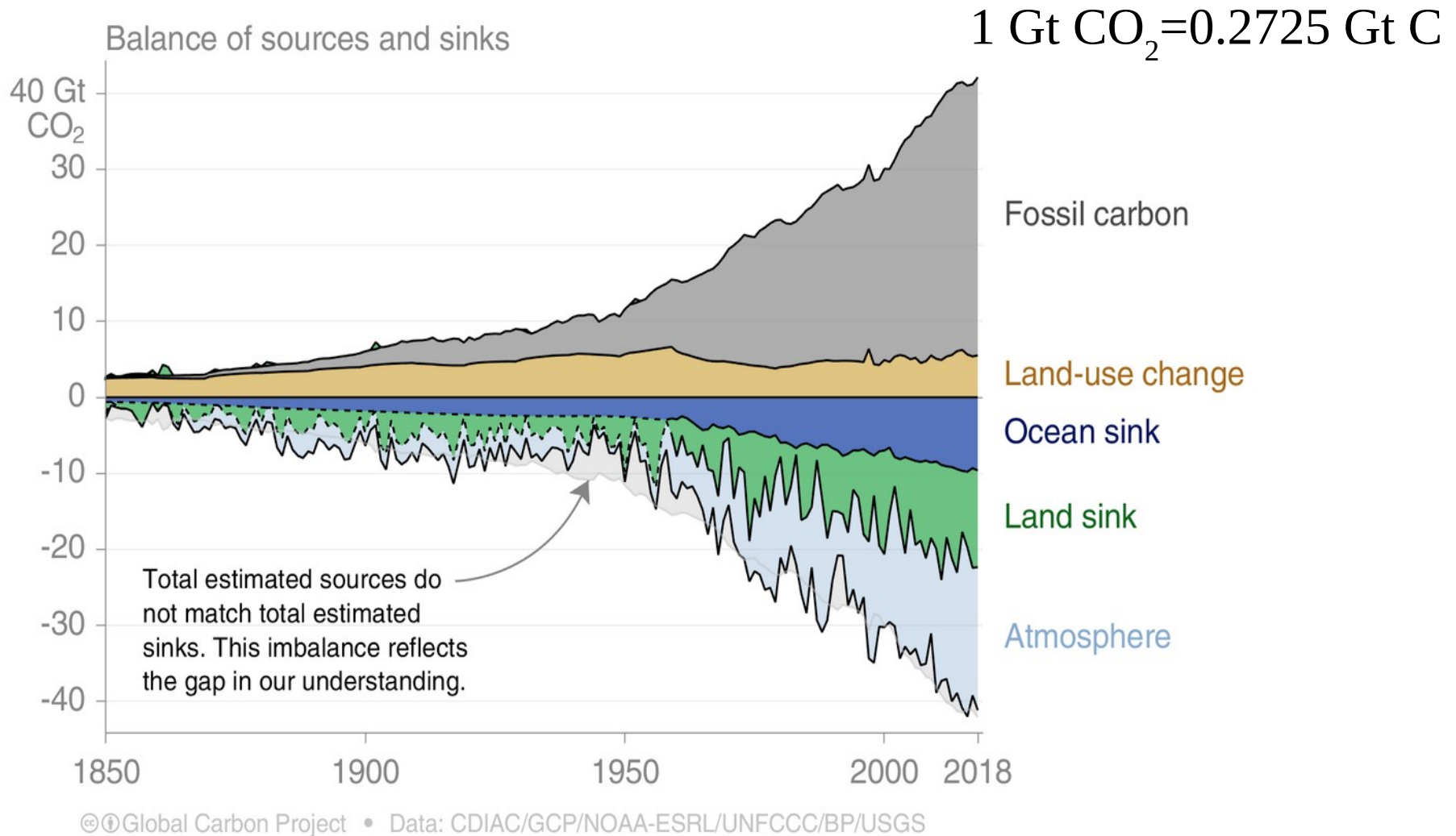
May 20, 2020

Ice-core data before 1958. Mauna Loa data after 1958.



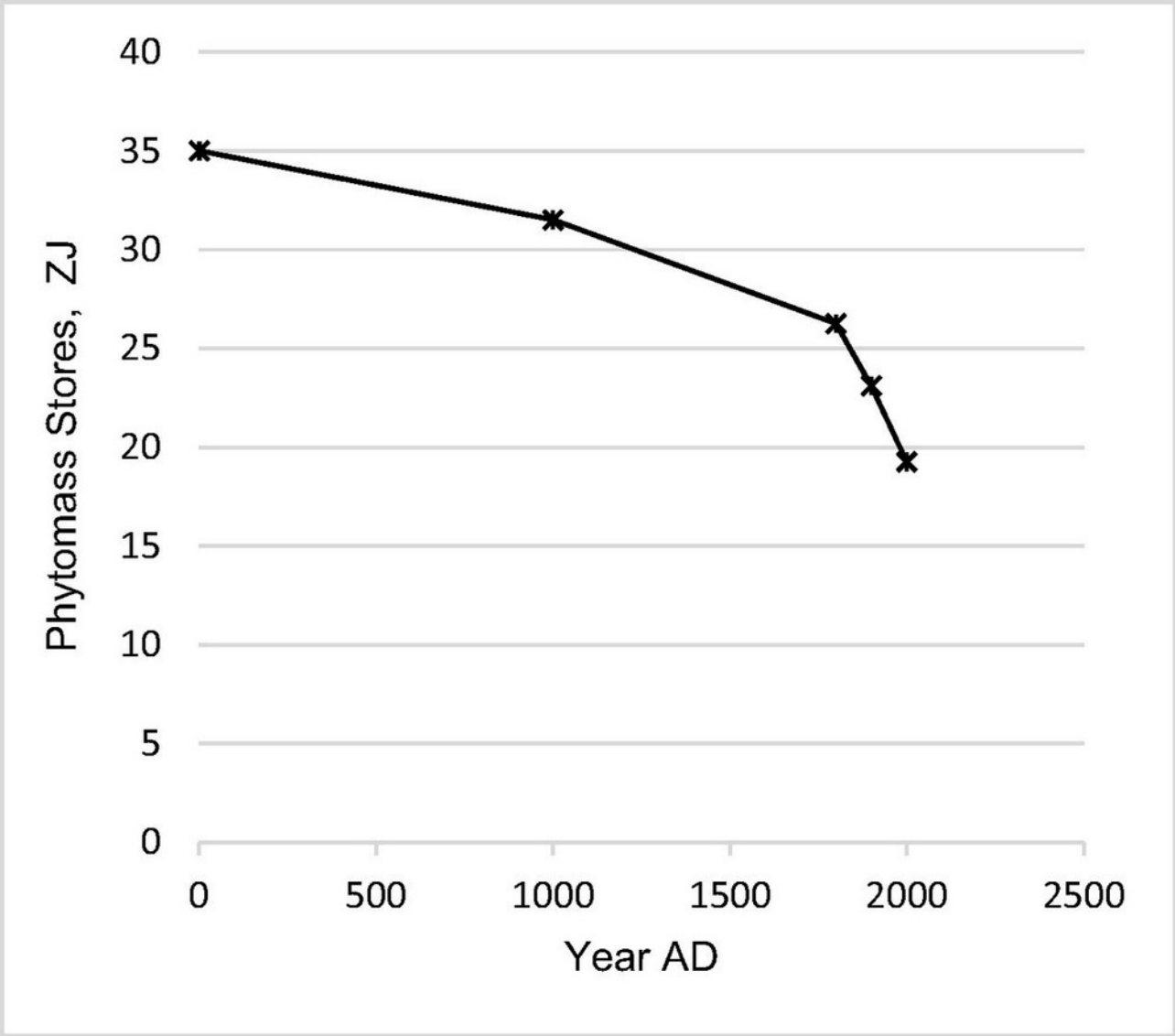
Global carbon budget

Carbon emissions are partitioned among the atmosphere and carbon sinks on land and in the ocean
 The “imbalance” between total emissions and total sinks reflects the gap in our understanding



Source: [CDIAC](#); [NOAA-ESRL](#); [Houghton and Nassikas 2017](#); [Hansis et al 2015](#); [Joos et al 2013](#); [Khatiwala et al. 2013](#); [DeVries 2014](#); [Friedlingstein et al 2019](#); [Global Carbon Budget 2019](#)

Spadek biomasy.



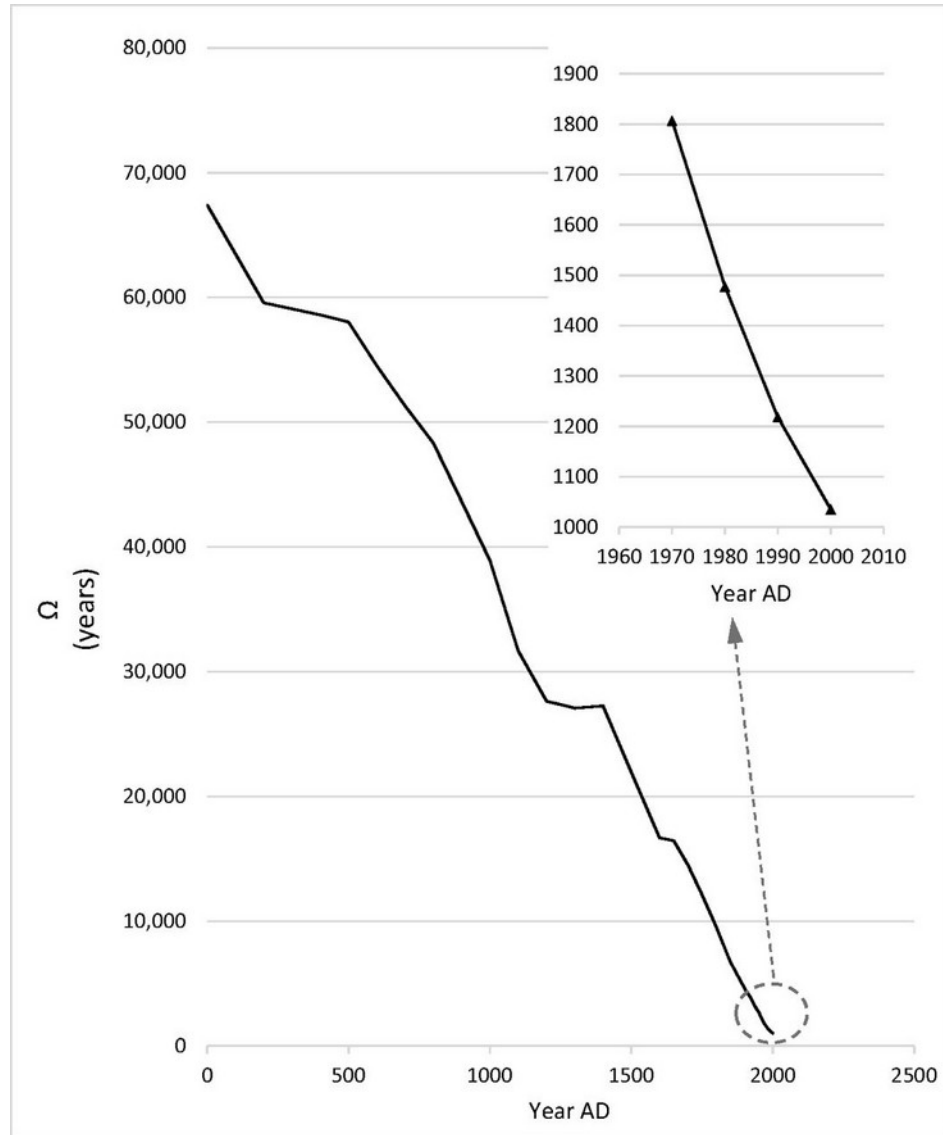
John R. Schramski et al. PNAS 2015;112:31:9511-9517



Maksymalna liczba lat na które przy stanie populacji i biomasy z danego roku wystarczyłyby zasoby masy roślinnej, gdyby całe służyły jedynie żywieniu populacji.

$$\Omega = \frac{P}{BN}$$

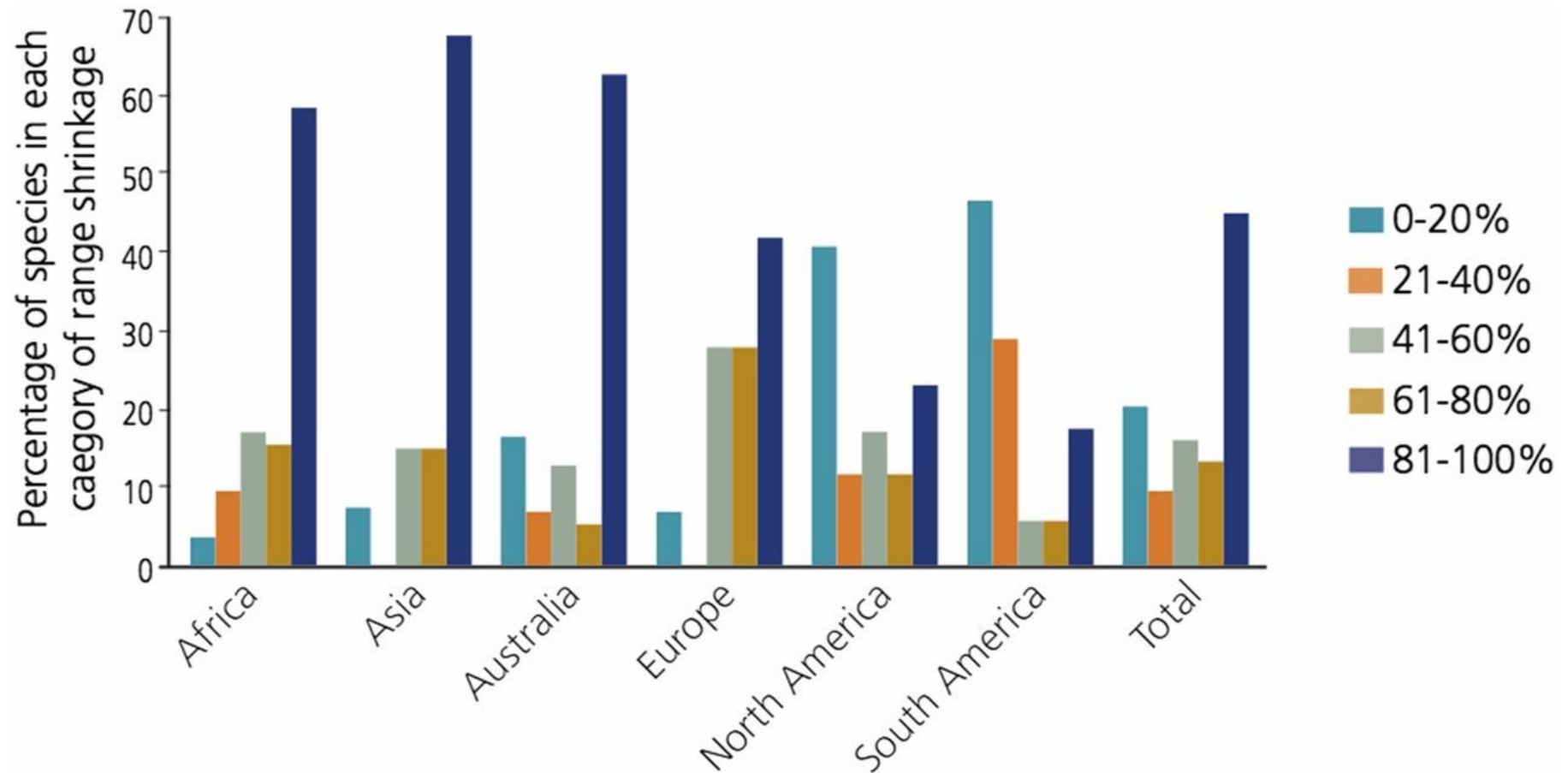
P - energia chemiczna w biomasie
 B - populacja
 N - zapotrzebowanie metaboliczne pojedynczego człowieka w ciągu roku



John R. Schramski et al. PNAS 2015;112:31:9511-9517

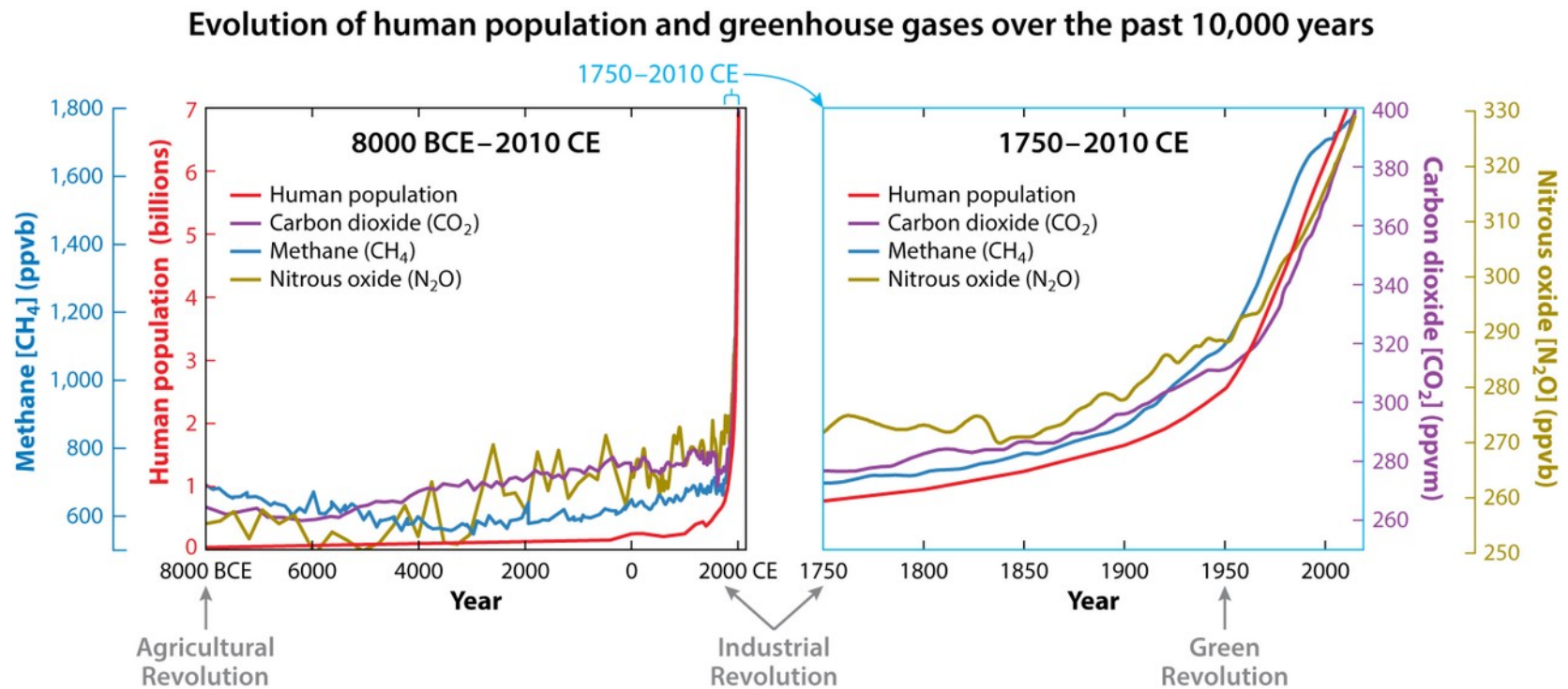
PNAS

Redukcja populacji gatunkow ssakow ladowych w skali 5 kontynentow i globu w okresie 1900–2015. Słupki sumują się do 100%



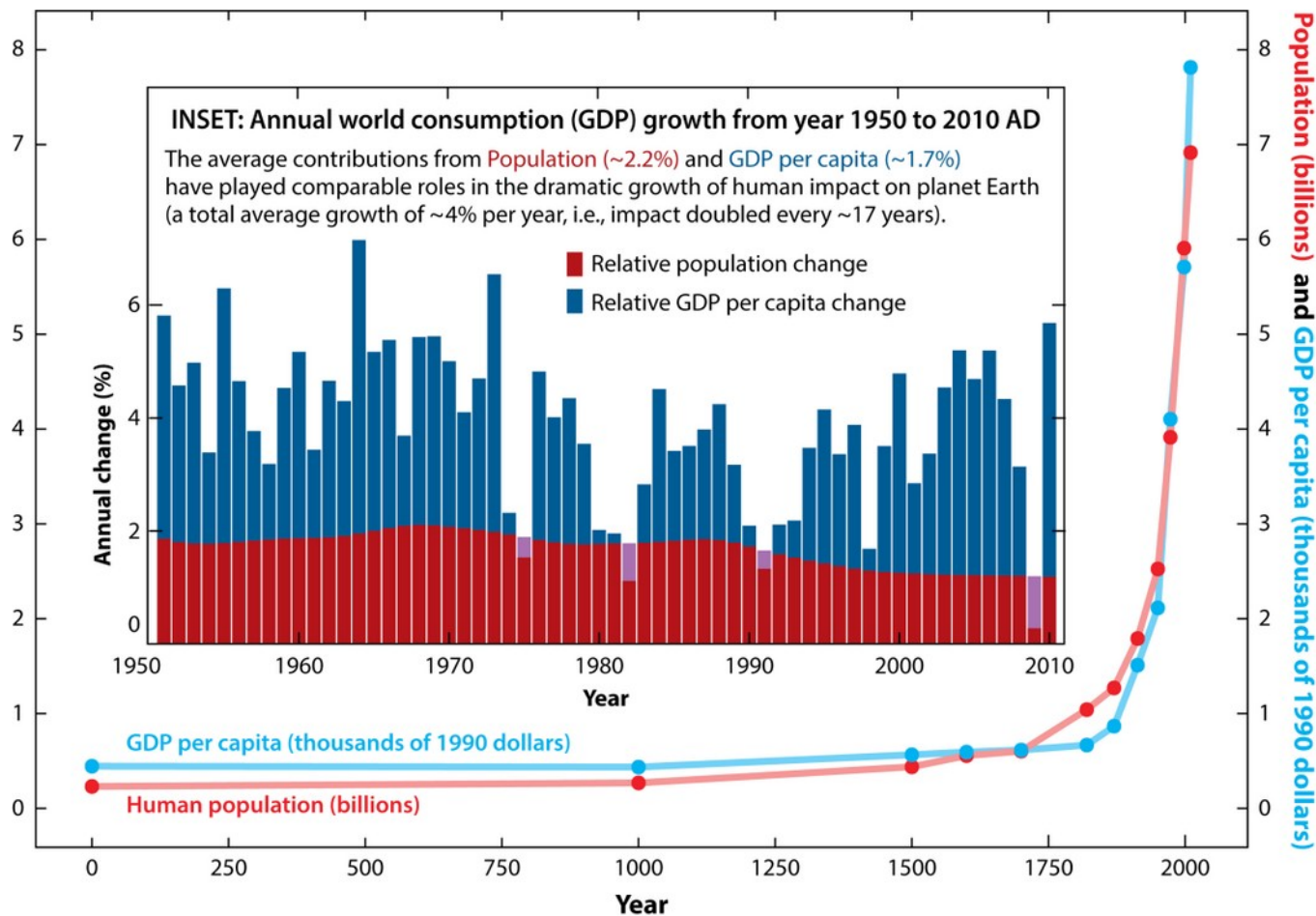
Gerardo Ceballos et al. 13

PNAS



The abrupt and simultaneous upward trajectories of human population and greenhouse gases after the start of the Industrial Revolution (~1750), and the distinct acceleration after the start of the Green Revolution (~1950), show that the Human System has become the primary driver of these gases and the changes in the Earth System.

Adapted from Fu & Li (2016), CC-BY, <https://doi.org/10.1093/nsr/nww094>.

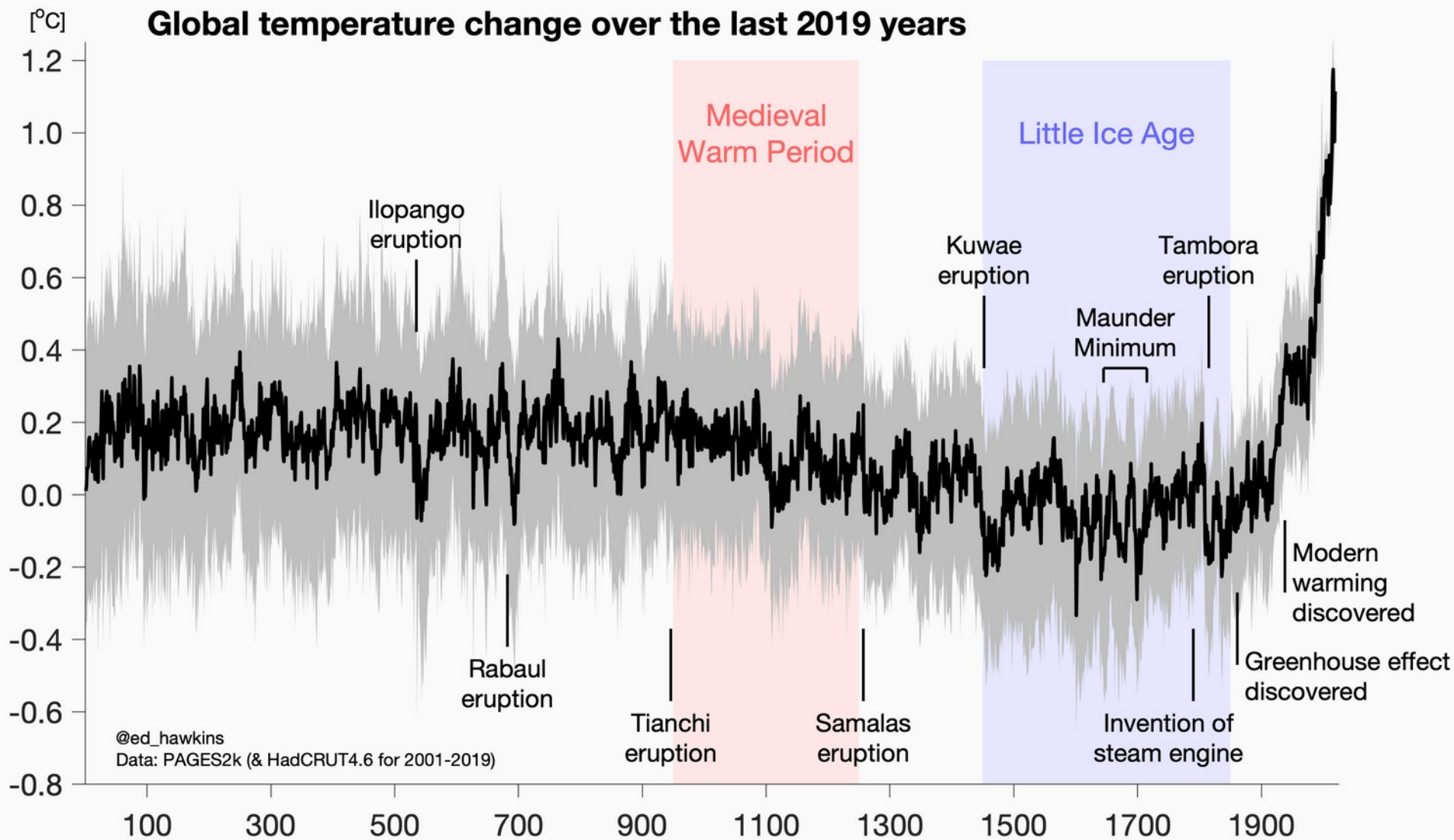


MAIN GRAPH: Population and GDP per capita from year 1 to 2010 AD

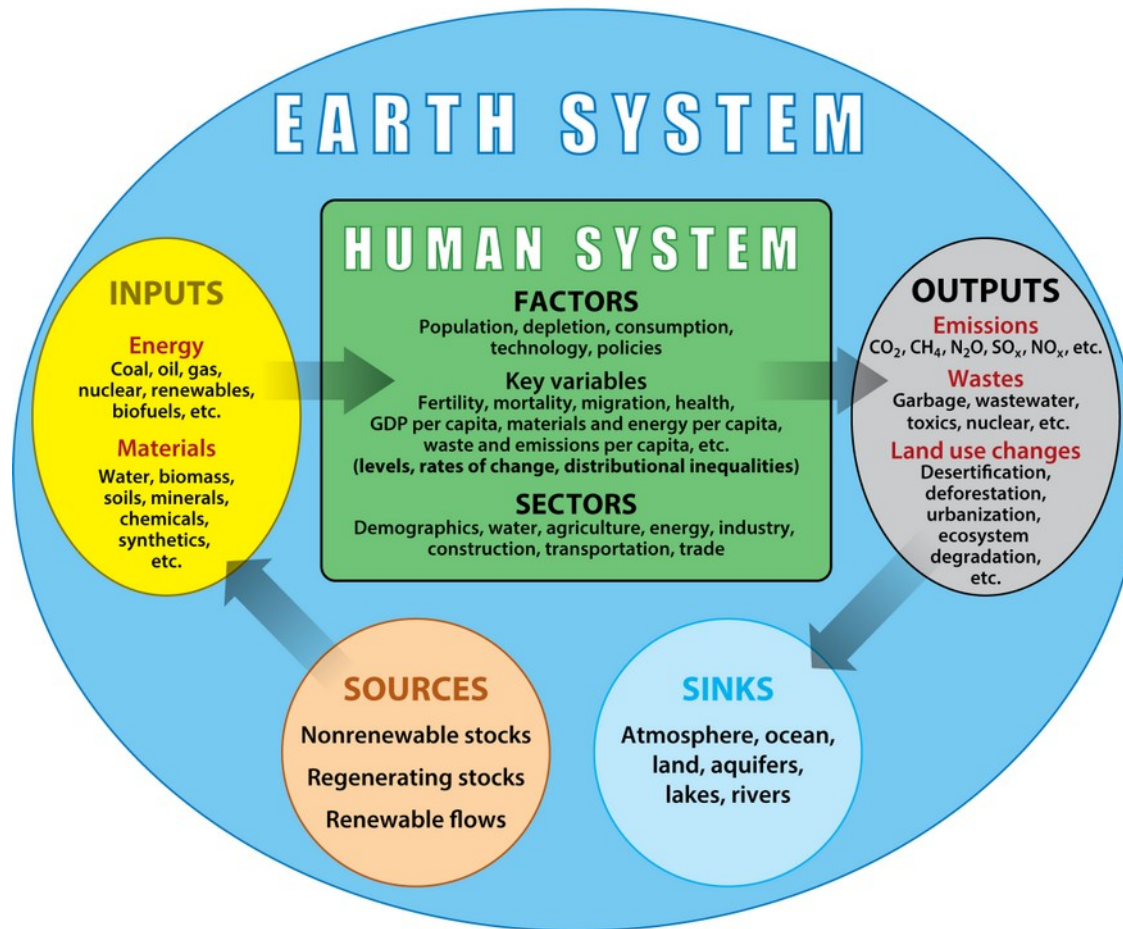
Both **Population** and **GDP per capita** increased explosively following the Industrial Revolution. The human impact is the product of both curves. Adapted from Motesarrei et al. (2016), CC-BY, <https://doi.org/10.1093/nsr/nww081>.

 Mote S, et al. 2020. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.* 48:657–83

Global temperature change over the last 2019 years



Human System–Earth System relationship

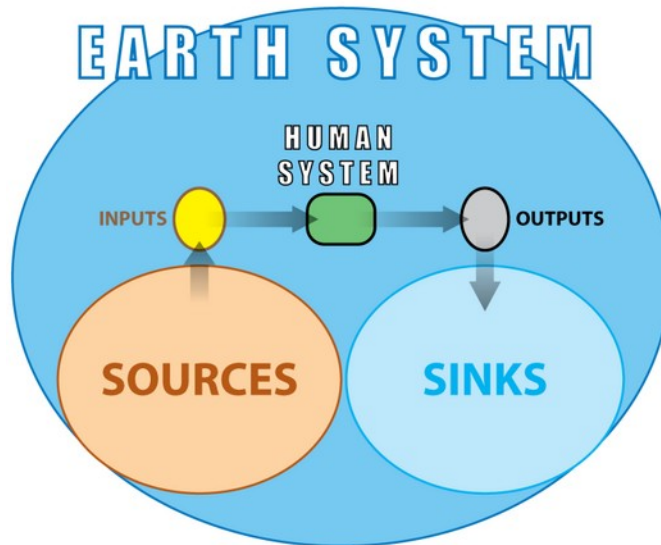


The Human System is within the Earth System: The Earth System provides the sources of the inputs to, and the sinks that absorb the outputs of, the Human System. However, current models are not bidirectionally coupled. Adapted from Motescharrei et al. (2016), CC-BY, <https://doi.org/10.1093/nsr/nww081>.

 Mote S, et al. 2020. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.* 48:657–83

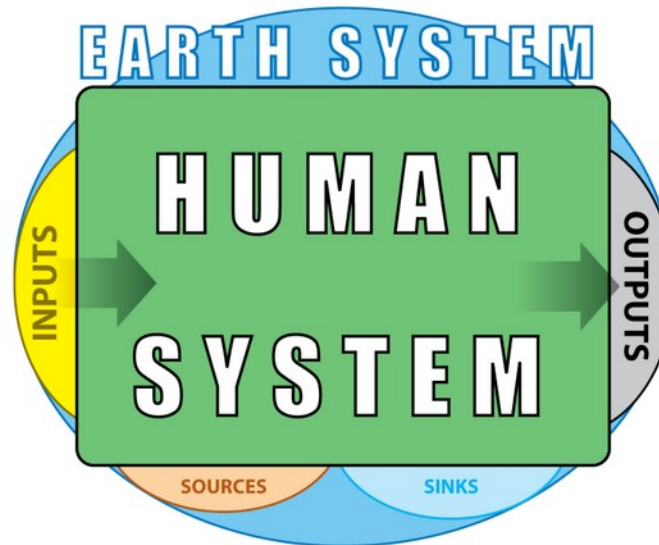
The past: “Empty World” → The present: “Full World”

When the Human System was small relative to the Earth System, the two could be modeled separately.



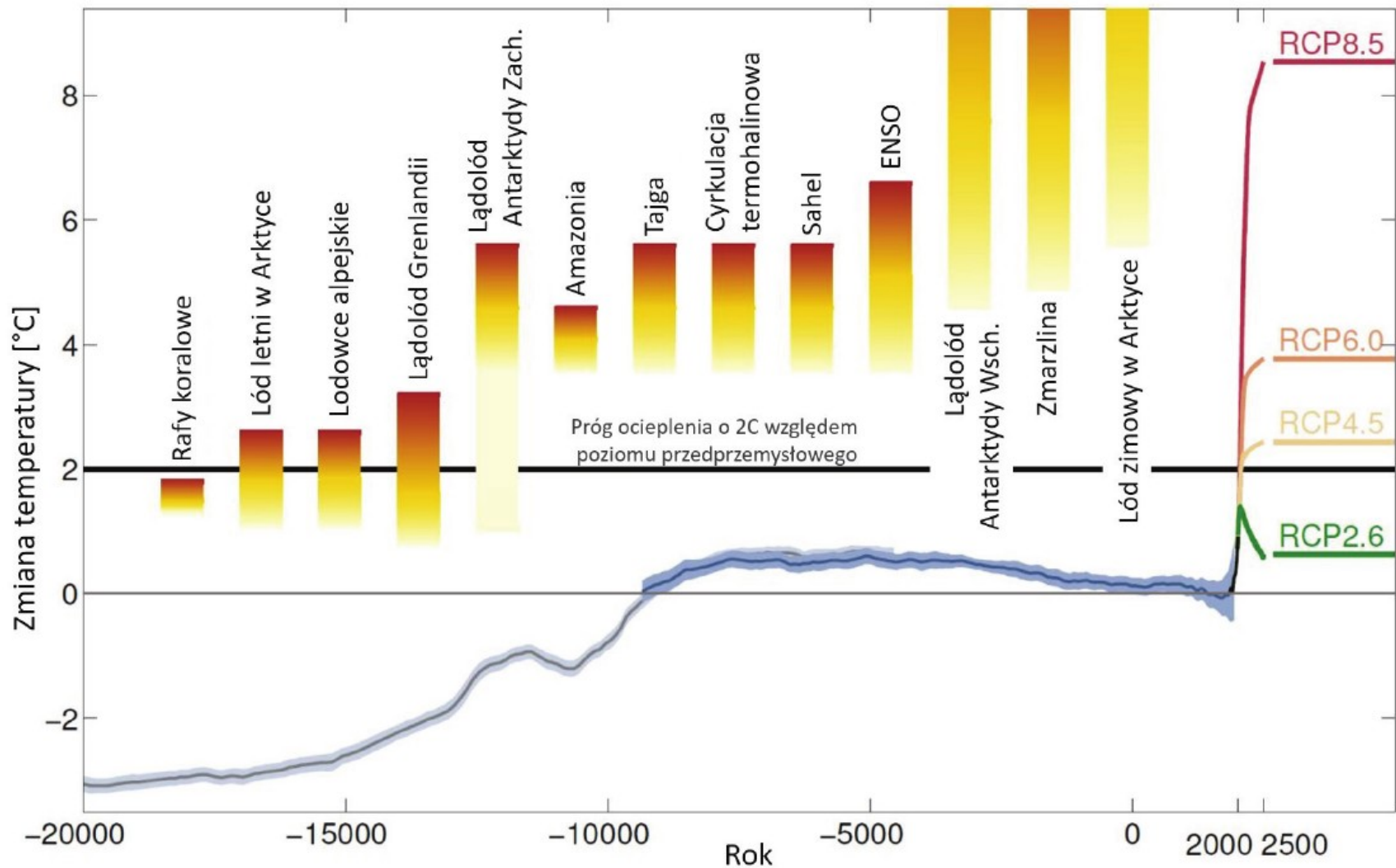
Capacity of Earth System sources was large relative to Human System inputs. Human System outputs were small relative to absorption capacity of Earth System sinks.

The Human System has grown so large that both must now be modeled coupled to each other.



Now, Human System inputs and outputs are so large relative to the Earth System, they threaten to deplete its sources and overwhelm its sinks.

Adapted from Motescharrei et al. (2016), CC-BY, <https://doi.org/10.1093/nsr/nww081>.

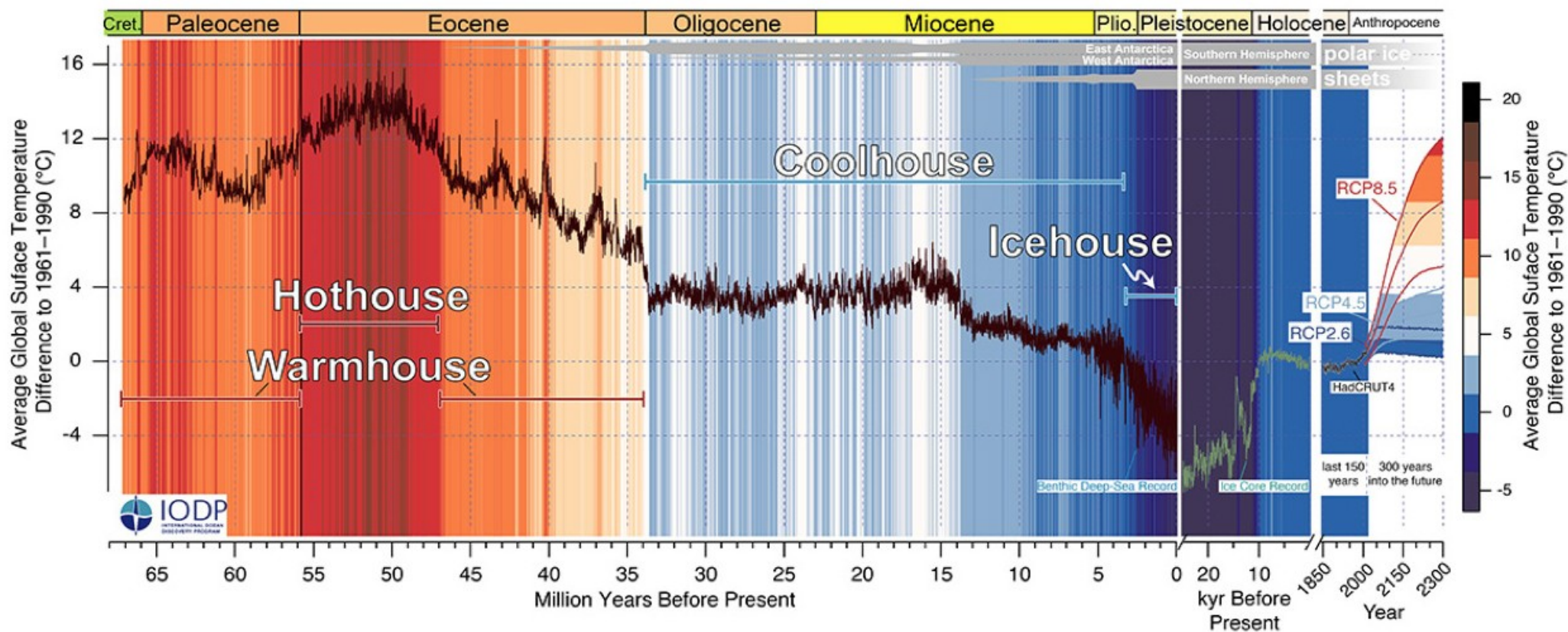


Zmiany średniej temperatury powierzchni Ziemi od ostatniego maksimum epoki lodowej do czasów obecnych wraz ze scenariuszami przyszłej zmiany klimatu.

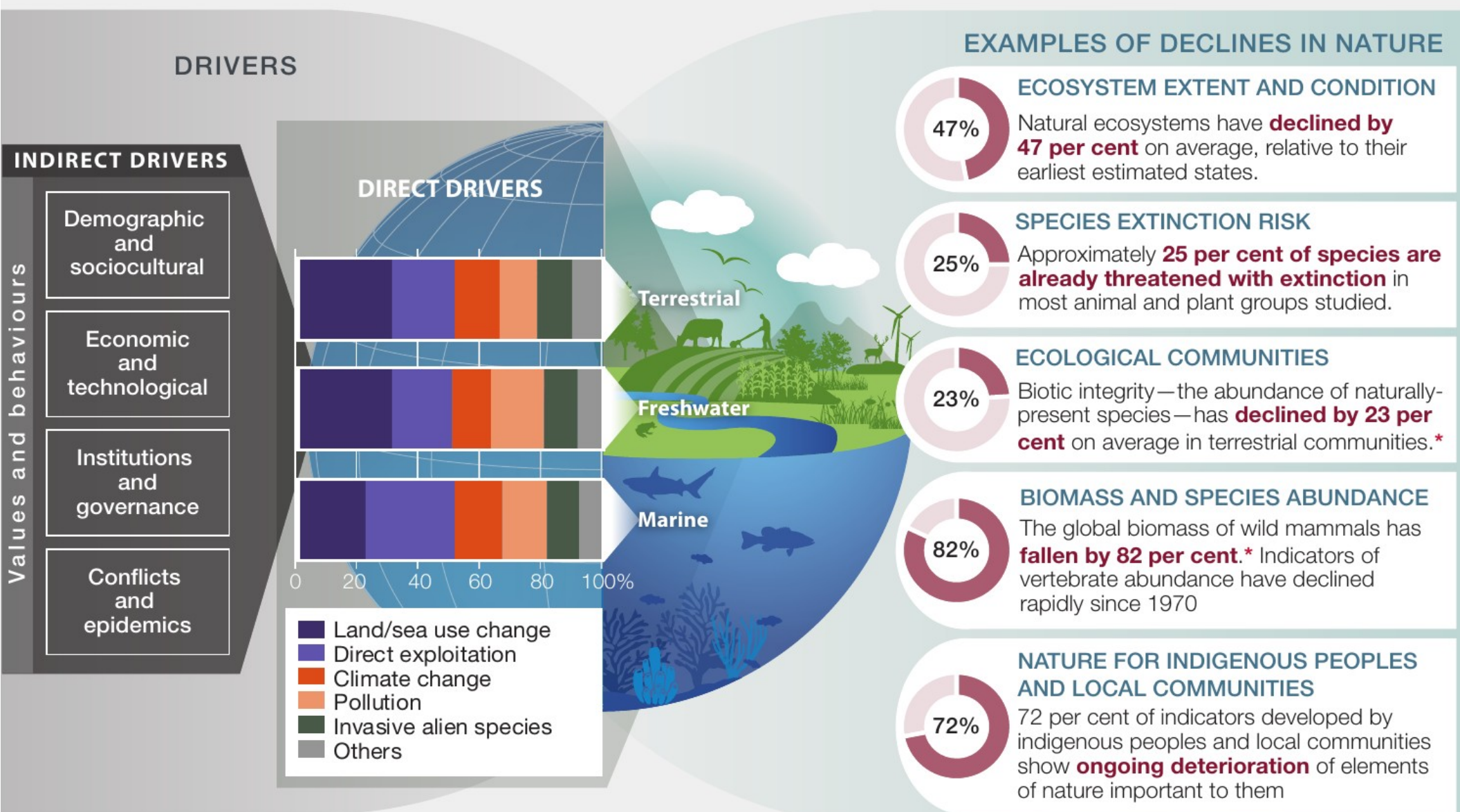
Prostokąty obrazują progi punktów krytycznych ziemskiego systemu klimatycznego – żółty „możliwe”, pomarańczowy „bardzo prawdopodobne”, brązowy „pewne”.

Dolny przedział temperatury oznacza możliwość osiągnięcia punktu krytycznego.

Porównanie zmian średniej temperatury globu od czasów dinozaurów (65 milionów lat temu) do teraz z możliwym antropogenicznym globalnym ociepleniem (450 lat).

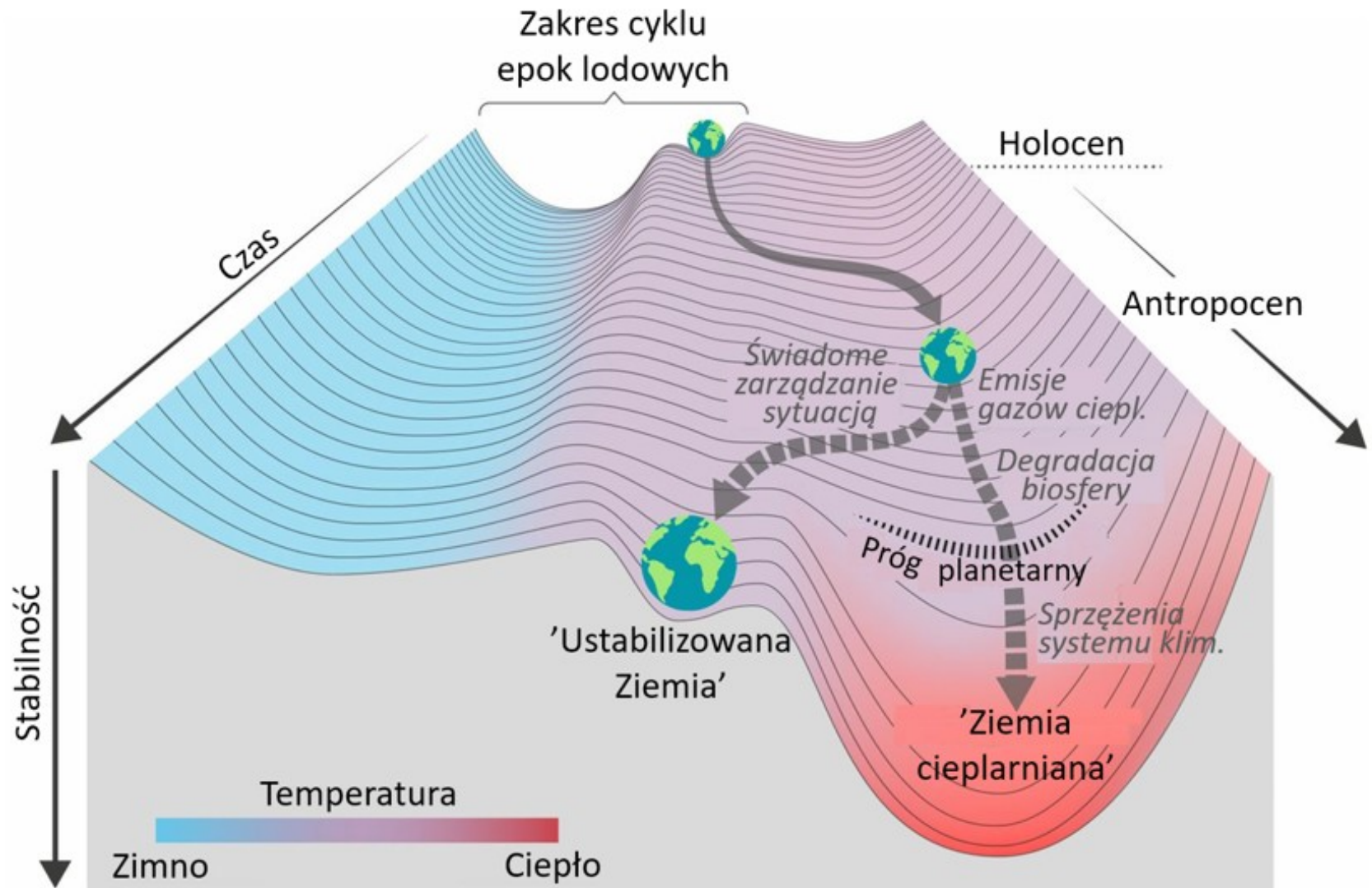


Nie tylko temperatura - raport IPBES na temat bioróżnorodności:



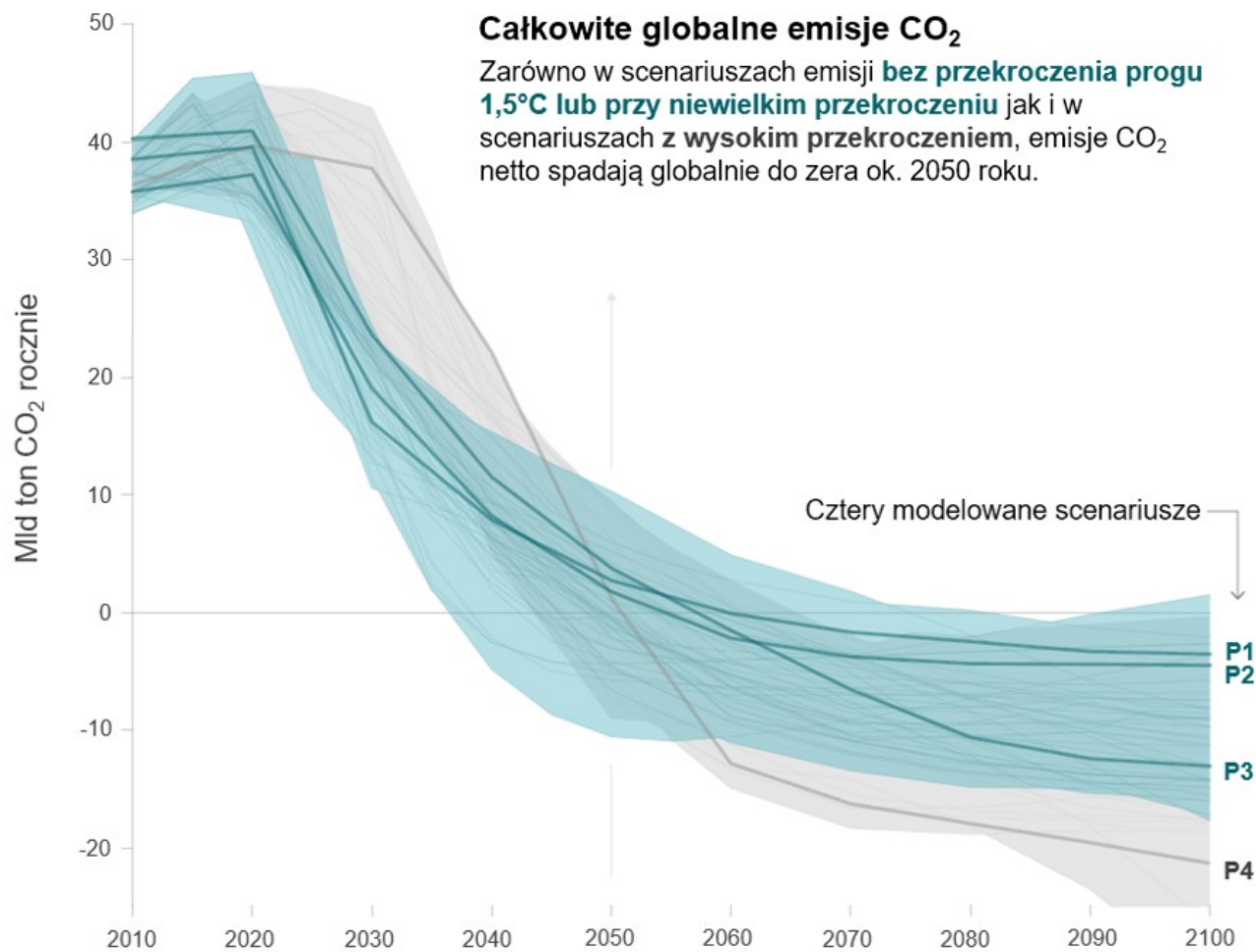
* Since prehistory

Scenariusze na przyszłość



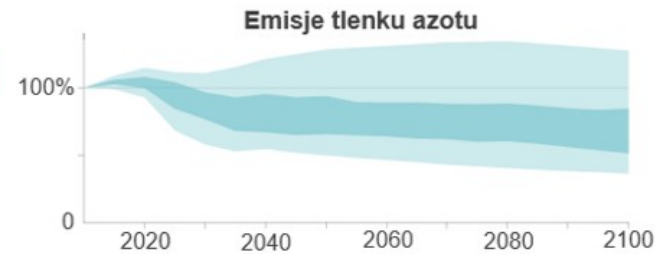
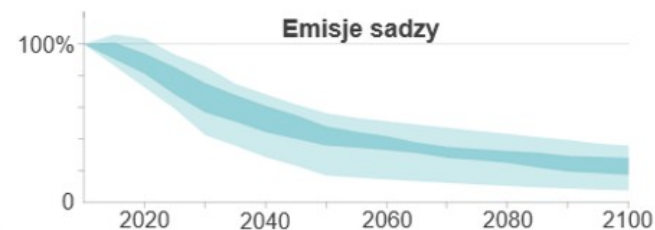
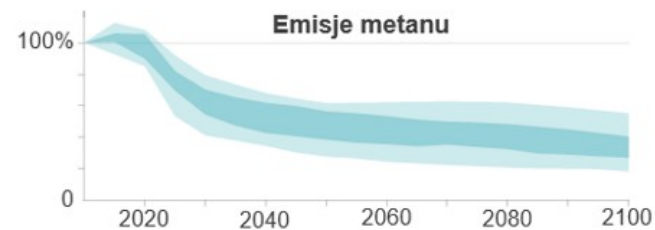
Globalne scenariusze emisji

Ogólna charakterystyka zmian antropogenicznych emisji CO₂ netto oraz emisji metanu, sadzy i tlenku azotu w scenariuszach emisji pozwalających na ograniczenie globalnego ocieplenia o 1,5°C bez przekroczenia tego progu lub z jego niewielkim przekroczeniem. Emisje netto definiowane są jako antropogeniczne emisje pomniejszone o antropogeniczne usuwanie. Redukcja emisji netto może być prowadzona na różne sposoby zilustrowane na rysunku SPM3B.



Inne poza CO₂ emisje względem 2010 roku

Emisje substancji innych niż CO₂ są redukowane także w scenariuszach **bez przekroczenia progu 1,5°C lub przy niewielkim przekroczeniu**, jednak globalnie nie spadają do zera.



Czas spadku emisji CO₂ netto do zera

Cienkie linie pokazują: 5-95 percentyl,
pogrubiłone 25-75 percentyl scenariuszy.

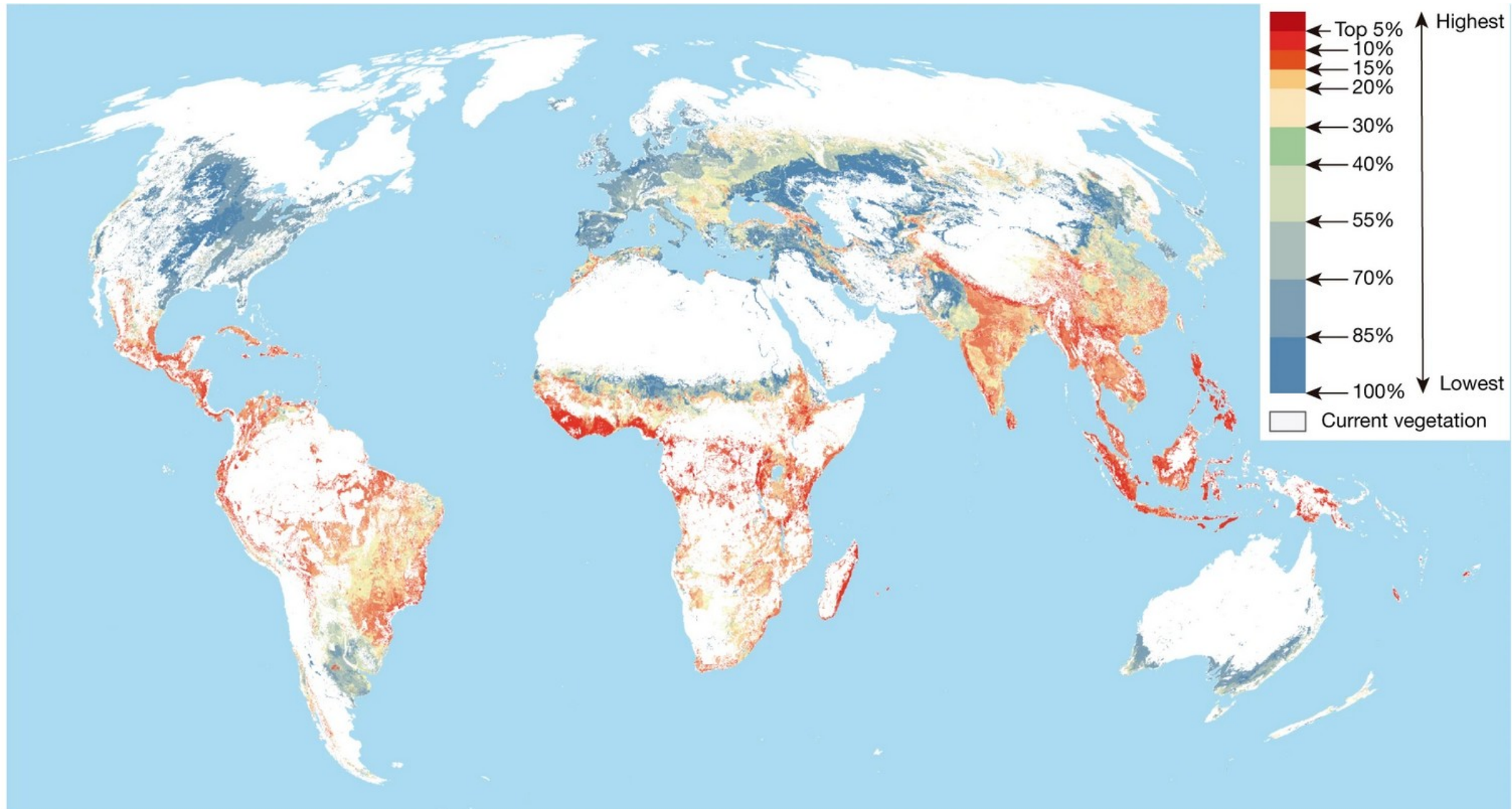
Scenariusze bez przekroczenia progu 1,5°C lub z niewielkim przekroczeniem

Scenariusze z wysokim przekroczeniem progu 1,5°C

Global priority areas for ecosystem restoration

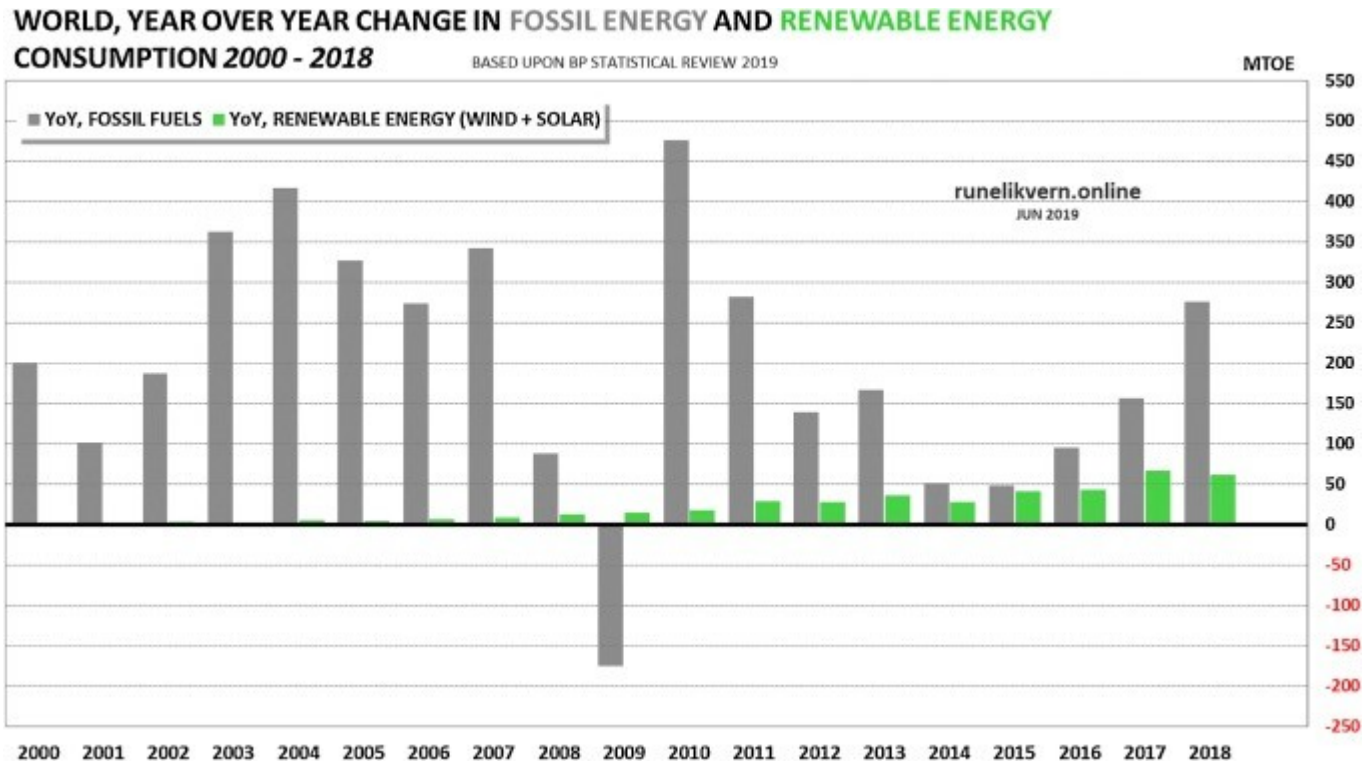
Bernardo B. N. Strassburg , Alvaro Iribarrem, [...] Piero Visconti

Nature (2020) | [Cite this article](#)

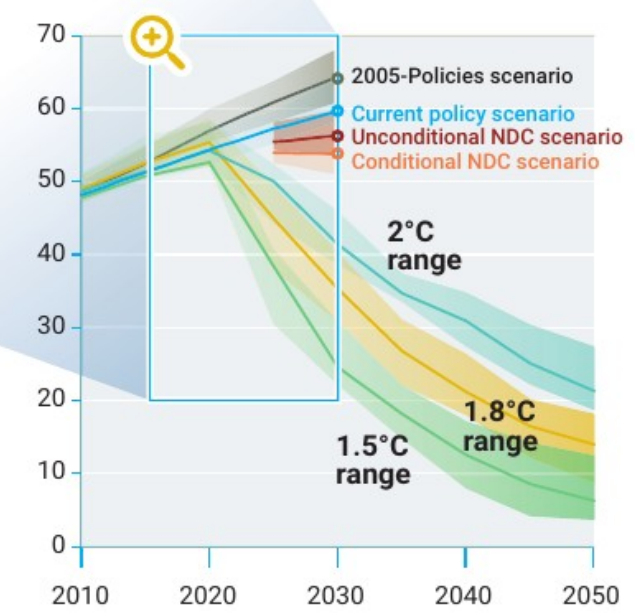
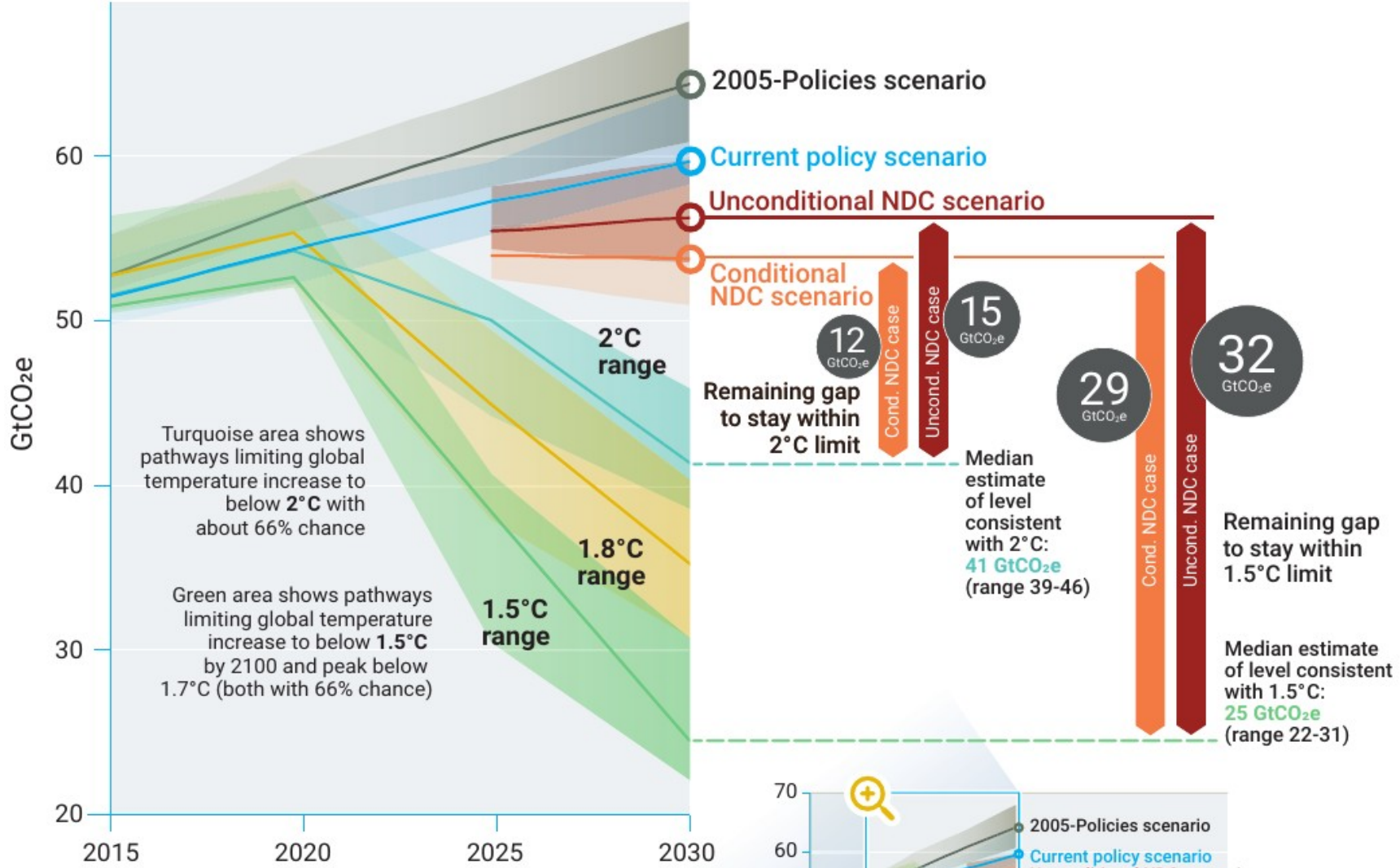


Priorytety przywracania i zachowania bioróżnorodności

Roczne przyrosty konsumpcji energii z paliw kopalnych i źródeł odnawialnych.



N.J. Hagens,
Economics for the future - Beyond the superorganism,
Ecological Economics, Volume 169, 2020,
106520,
ISSN 0921-8009,
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.106520>.



WNIOSKI:

Aktualne sprzężenia między systemem ludzkim (kulturą) a systemem ziemskim (naturą) nie są wystarczające dla utrzymania kryzysu klimatycznego i kryzysu bioróżnorodności pod kontrolą.

Utrzymanie systemu ludzkiego w aktualnej postaci w dłuższym czasie jest niemożliwe, można wyróżnić dwa skrajne scenariusze na przyszłość:

- 1) pożądany – kontrolowana ale szybka zmiana systemu ludzkiego prowadząca do uwzględnienia wzajemnych zależności z systemem natury;
- 2) katastrofalny – dekompozycja systemu ludzkiego wskutek nieuwzględnienia uwarunkowań jakie wynikają z praw natury i ograniczeń planetarnych.

Aktualnie realizuje się scenariusz bliski drugiej skrajności.

Carbon Dioxide Exchange Between Atmosphere and Ocean and the Question of an Increase of Atmospheric CO₂ during the Past Decades

By ROGER REVELLE and HANS E. SUESS, Scripps Institution of Oceanography, University of California, La Jolla, California

(Manuscript received September 4, 1956)

Tellus IX (1957), 1

“Thus human beings are now carrying out a large scale geophysical experiment of a kind that could not have happened in the past nor be reproduced in the future. Within a few centuries we are returning to the atmosphere and oceans the concentrated organic carbon stored in sedimentary rocks over hundreds of millions of years....”

Pytanie przed którym dziś stoimy:

czy potrafimy odzyskać kontrolę nad tym eksperymentem?