

Fizyka Procesów Klimatycznych

Wykład 1

prof. dr hab. Szymon Malinowski
Instytut Geofizyki, Wydział Fizyki
Uniwersytet Warszawski
malina@igf.fuw.edu.pl

dr hab. Krzysztof Markowicz
Instytut Geofizyki, Wydział Fizyki
Uniwersytet Warszawski
kmark@igf.fuw.edu.pl

Materiały do wykładu

Literatura

- David Archer: Globalne ocieplenie – zrozumieć prognozę
- David Randall: Atmosphere, Clouds, and Climate, 2012, ISBN: 9780691143750
- Geoffrey K. Vallis: Climate and the Oceans, 2011, ISBN: 9780691150284
- David Archer: The Global Carbon Cycle, 2010, ISBN: 9780691144146
- Raymond T. Pierrehumbert: Principles of Planetary Climate, 2011, ISBN: 9780521865562
- WORKING GROUP I CONTRIBUTION TO THE IPCC FIFTH ASSESSMENT REPORT CLIMATE CHANGE 2013: THE PHYSICAL SCIENCE BASIS <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1>
- Marcin Popkiewicz, Aleksandra Kardaś, Szymon Malinowski: Nauka o klimacie, 2018, 2019. ISBN: 9788363391775

Uwagi ogólne

Kod przedmiotu: 1103-5 FPK

Liczba punktów ETCS: 3

Nazwa przedmiotu: Fizyka Procesów Klimatycznych

Prowadzący: Szymon Malinowski Krzysztof Markowicz,

Termin: semestr letni, środa, godz. 10.15-12:00

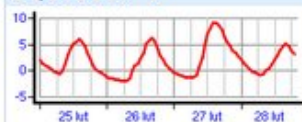
Forma zaliczenia: egzamin pisemny

Pogoda i klimat.

Czas pomiaru: 2014-02-28 19:40:55 CET
2014-02-28 18:40:55 UTC

Parametry powietrza

temperatura: 2,7 °C



wilgotność: 87,7 %



ciśnienie: 996,0 hPa



| temperatury ekstremalne | min | max | | temperatury ekstremalne | min | max | | temperatura punktu rosy | 0,9 | °C |
|---|------|-----|----|---|------|-----|----|-------------------------|--------|-----|
| bieżąca doba 00 ⁰⁰ - 24 ⁰⁰ UTC | -0,8 | 5,1 | °C | 18 ⁰⁰ - 06 ⁰⁰ UTC | 2,7 | 3,1 | °C | temperatura odczuwalna | -4,1 | °C |
| poprzednia doba 00 ⁰⁰ - 24 ⁰⁰ UTC | -1,4 | 9,5 | | 06 ⁰⁰ - 18 ⁰⁰ UTC | -0,7 | 5,1 | | ciśnienie zredukowane | 1009,7 | hPa |

Parametry wiatru

prędkość w porывie
ostatnie 10 min 5,7 m/s

prędkość: 4,4 m/s

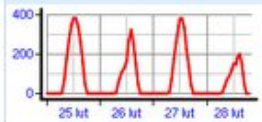


kierunek: 94,0 °



Promieniowanie słoneczne

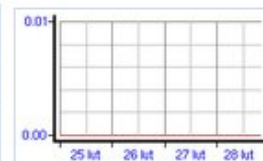
moc: 0,0 W/m2



usłonecznienie
oc śniegu 5,1 h

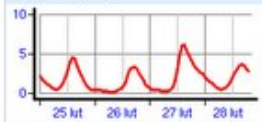
Opad atmosferyczny

| opad [mm] | opad [mm] |
|-----------|-----------|
| 1h 0,0 | 9h 0,0 |
| 2h 0,0 | 12h 0,0 |
| 3h 0,0 | 15h 0,0 |
| 4h 0,0 | 18h 0,0 |
| 5h 0,0 | 21h 0,0 |
| 6h 0,0 | 24h 0,0 |

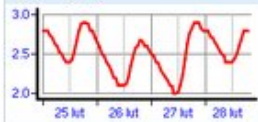


Temperatura gruntu

t (+10cm): 2,5 °C



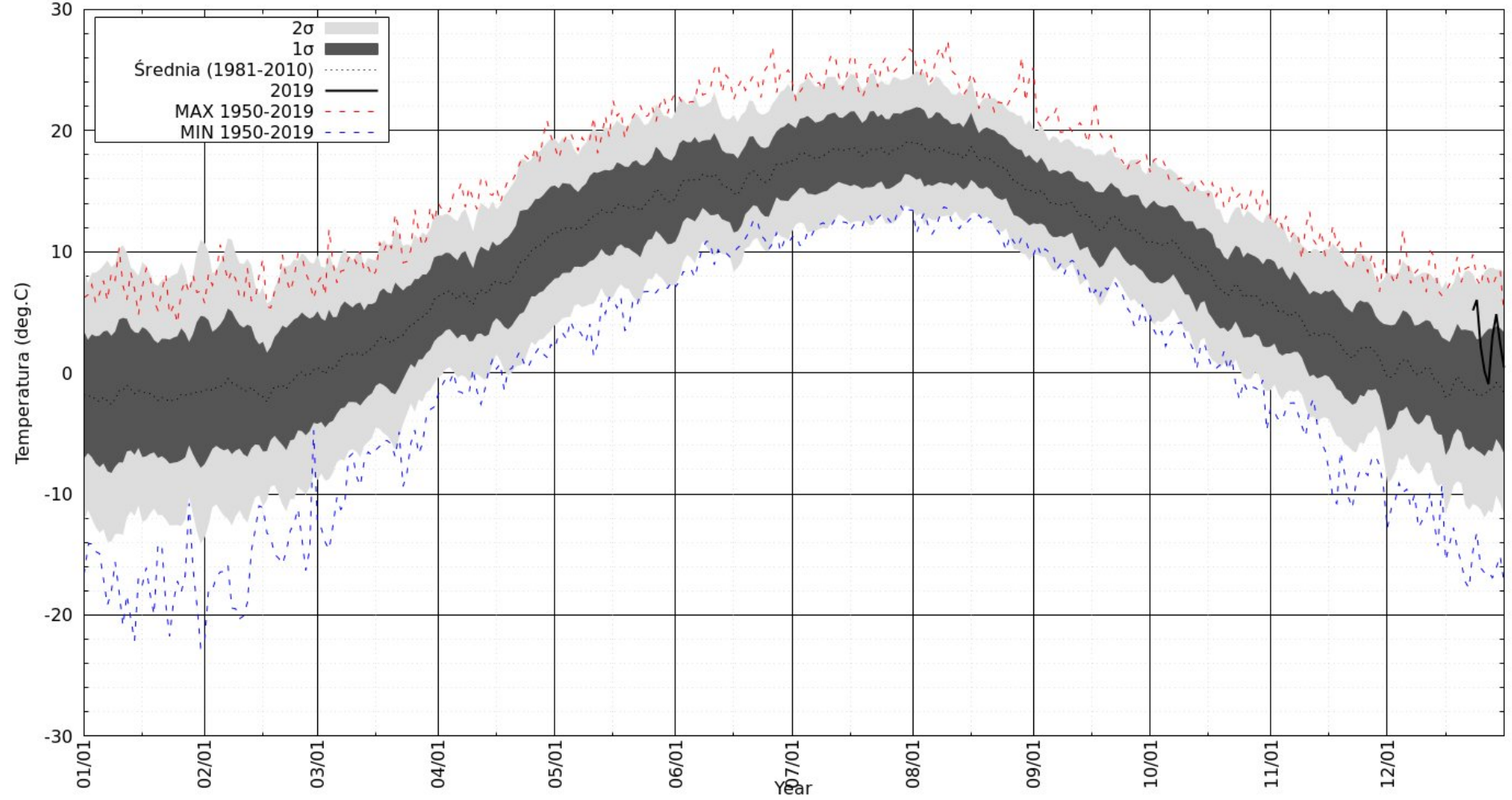
t (-10cm): 2,8 °C



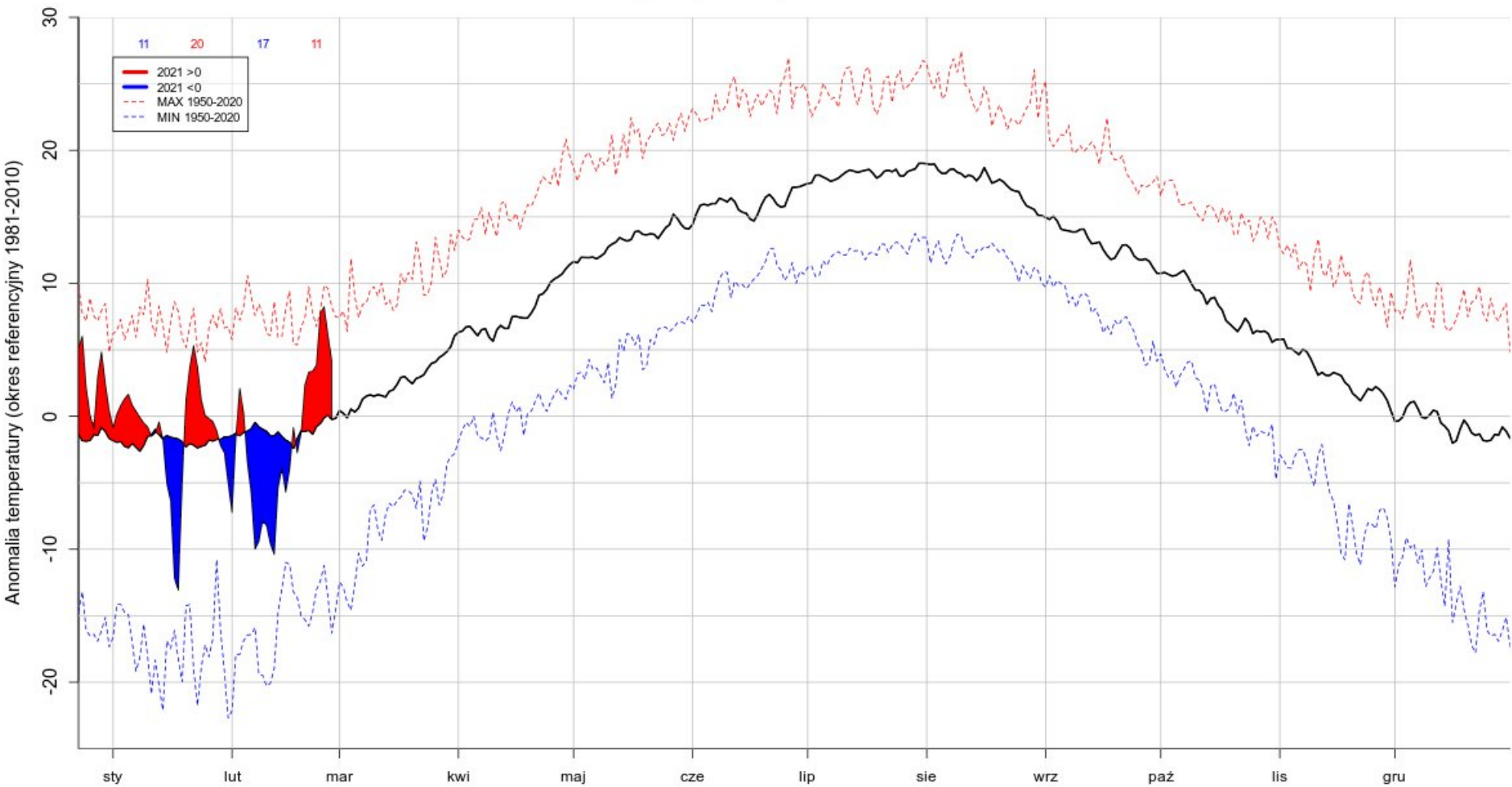
t (-50cm): 2,9 °C



Temperatura w Polsce
(c) <https://meteomodel.pl> 2016-2020



Przebieg temperatury w Polsce w roku 2021



liczba dni > średniej: 31

skrypt: Bartosz Czernecki, modyfikacje: MeteoModel.pl 2019-2021

liczba dni < średniej: 28

Average Temperature

Warsaw, Poland

Average Wind Speed

Warsaw, Poland

Average Number of Days With Precipitation

Warsaw, Poland

Average Number of Days Above 60F/15C

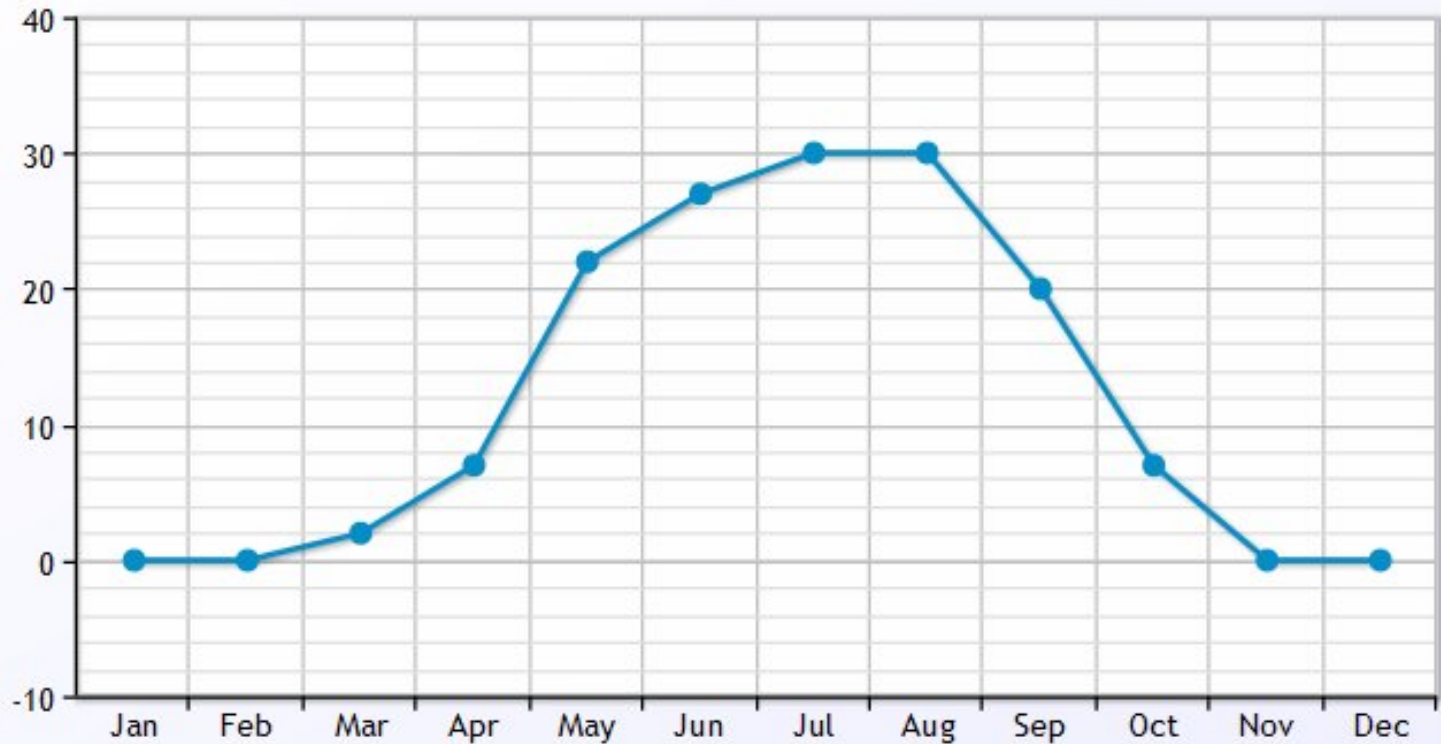
Warsaw, Poland

Celsius

kilometers per hour

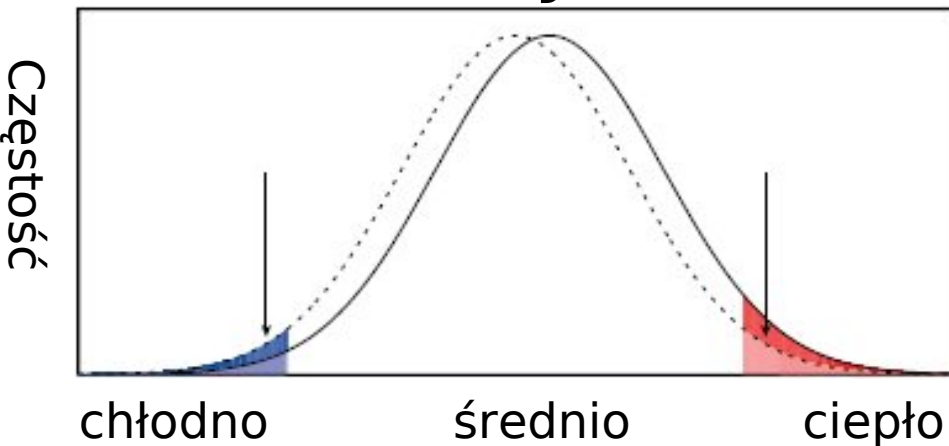
Days

Days

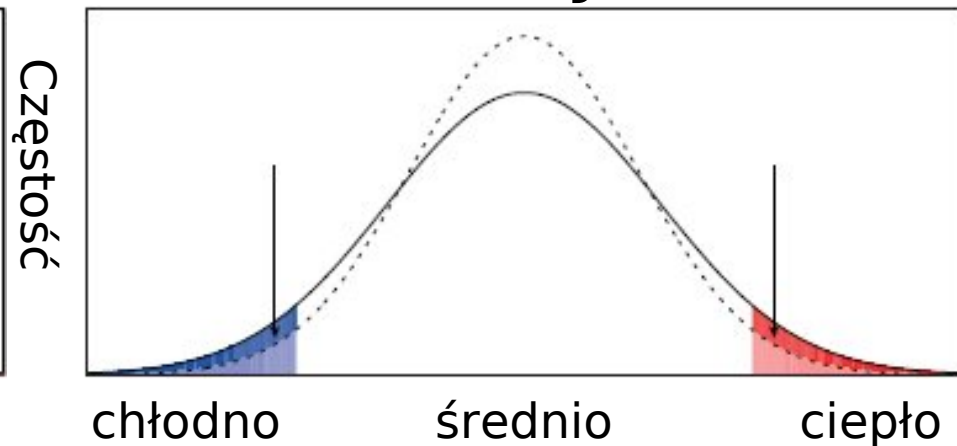


Przykład: zmiany w rozkładzie temperatur

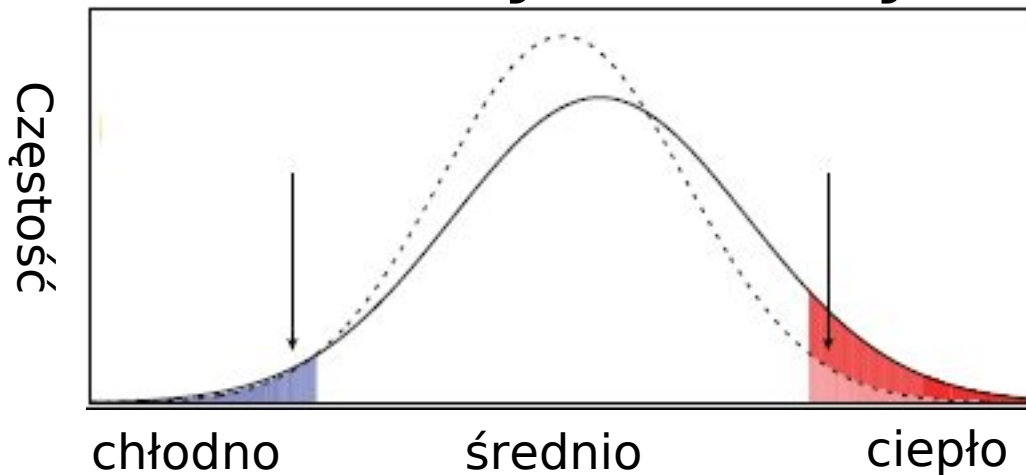
wzrost średniej

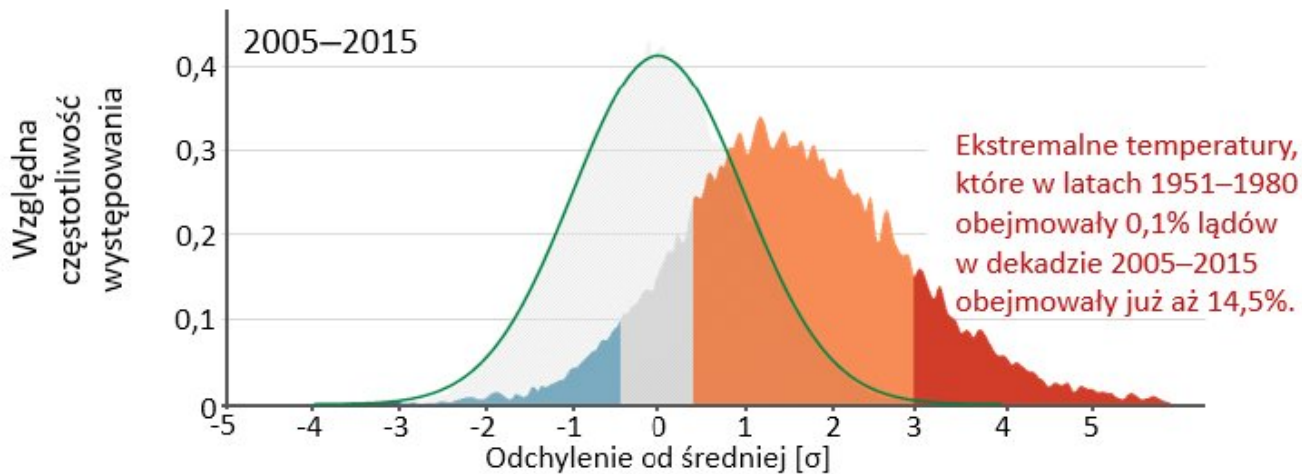
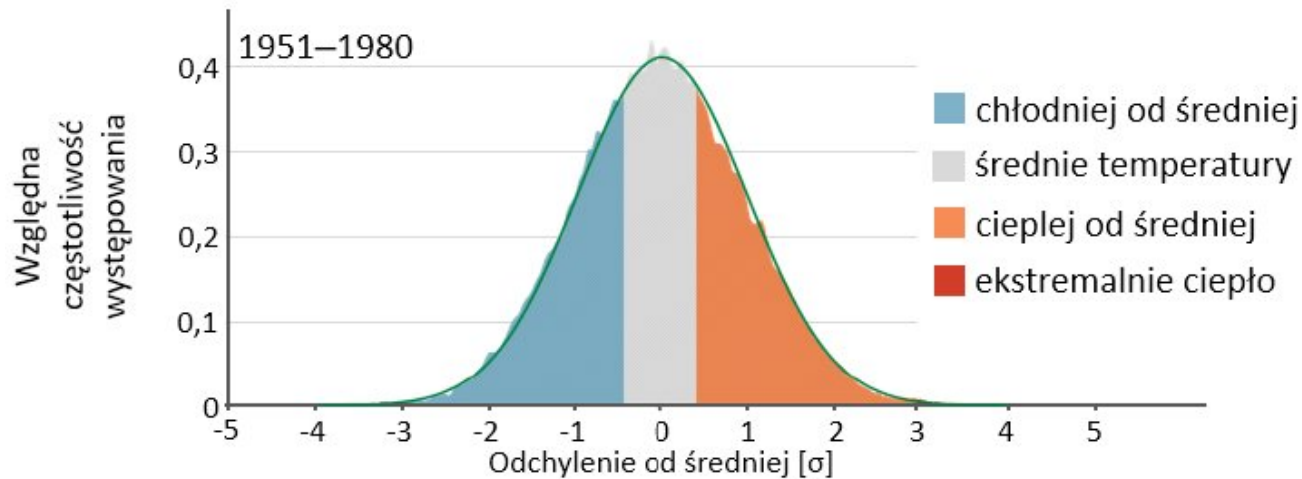


wzrost wariancji



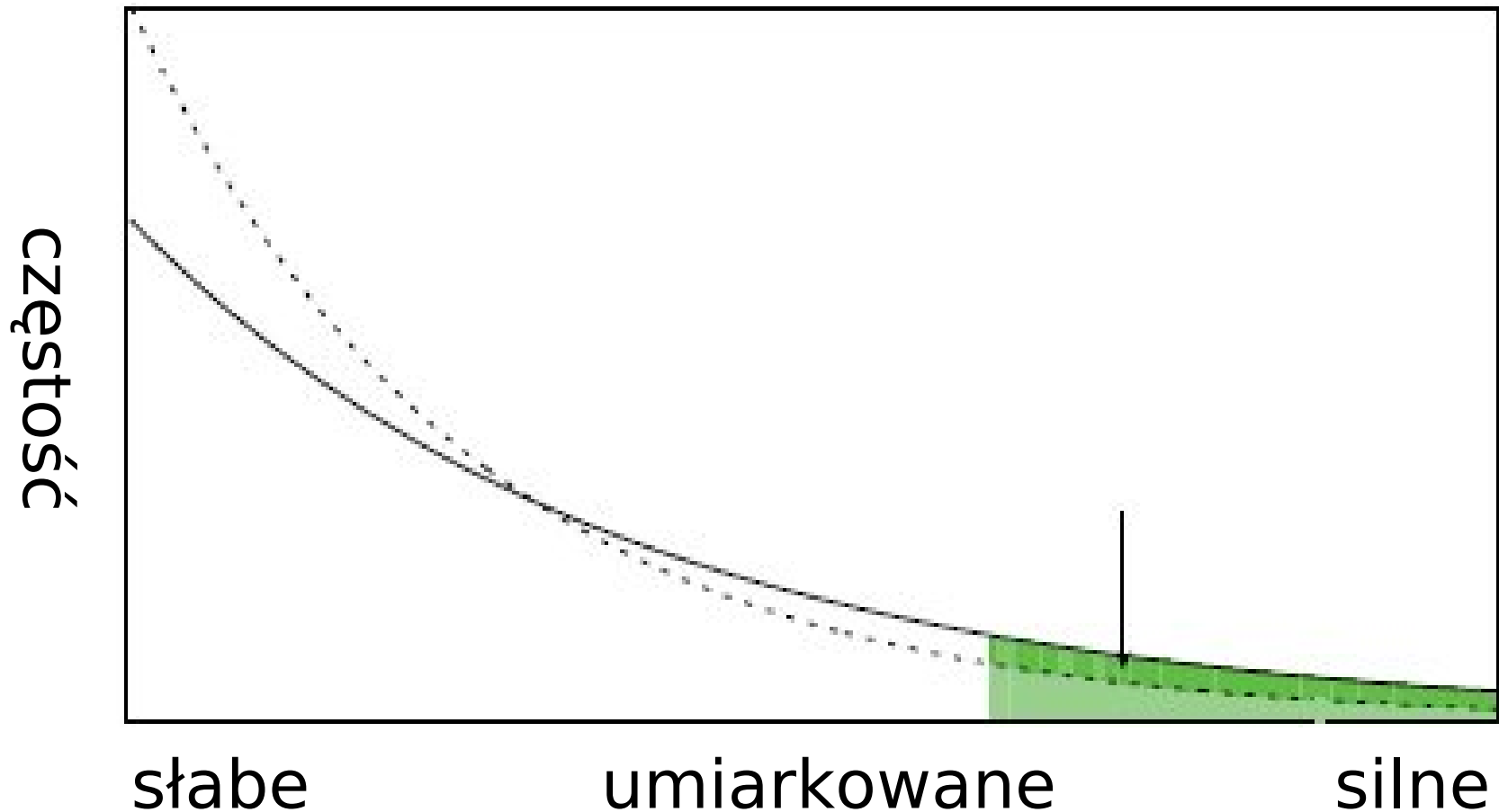
wzrost średniej i wariancji





Częstotliwość występowania lokalnych odchyłeń temperatury latem na lądach półkuli północnej względem okresu bazowego 1951–1980 .

Przykład: zmiany w rozkładzie intensywności opadów



METEOROLOGY GLOSSARY

AMERICAN METEOROLOGICAL SOCIETY

glossary *of* meteorology

Weather:

The state of the atmosphere, mainly with respect to its effects upon life and human activities.

As distinguished from climate, weather consists of the short-term (minutes to days) variations in the atmosphere. Popularly, weather is thought of in terms of temperature, humidity, precipitation, cloudiness, visibility, and wind.

Climate:

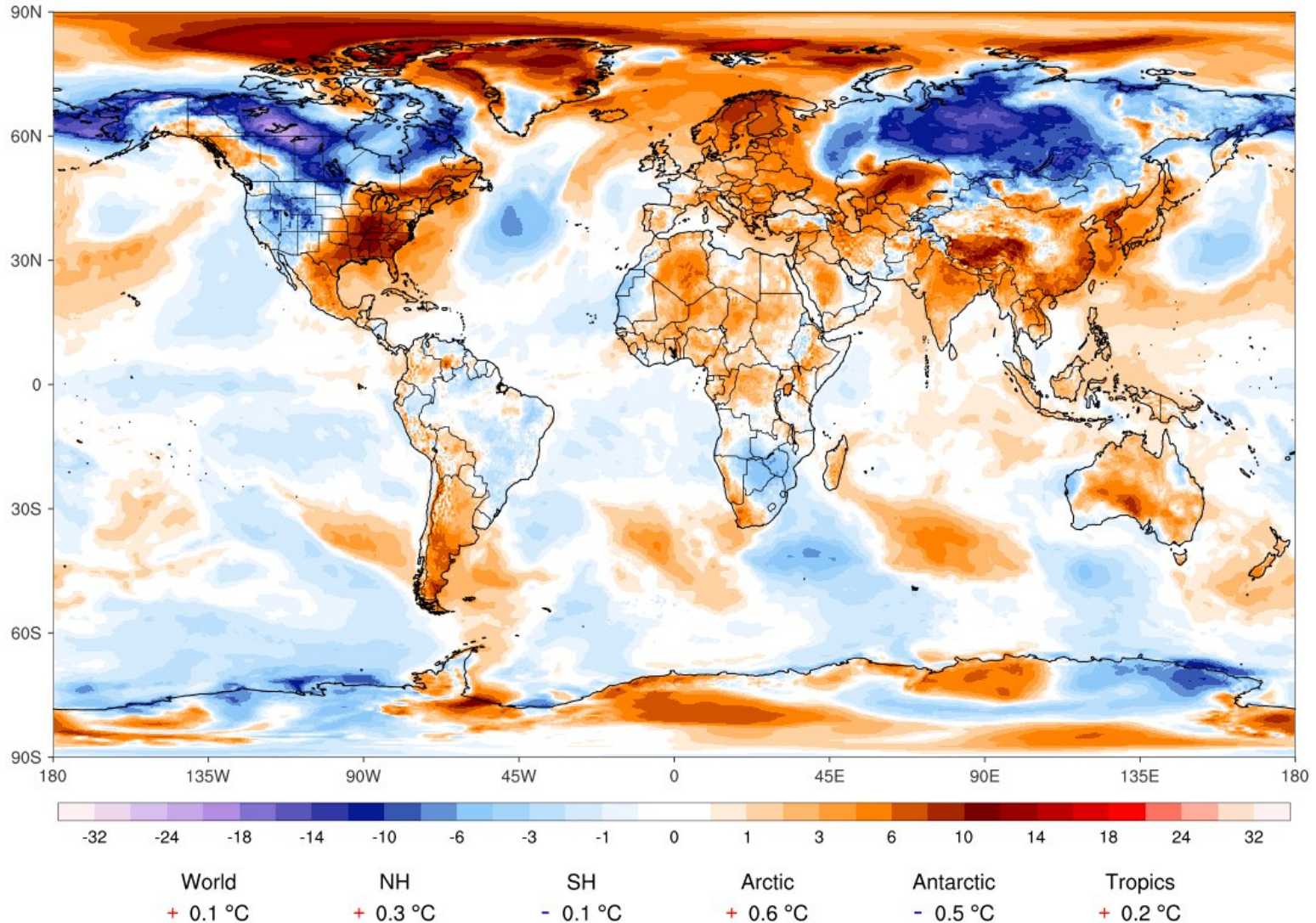
The slowly varying aspects of the atmosphere-hydrosphere-land surface system.

It is typically characterized in terms of suitable averages of the climate system over periods of a month or more, taking into consideration the variability in time of these averaged quantities.

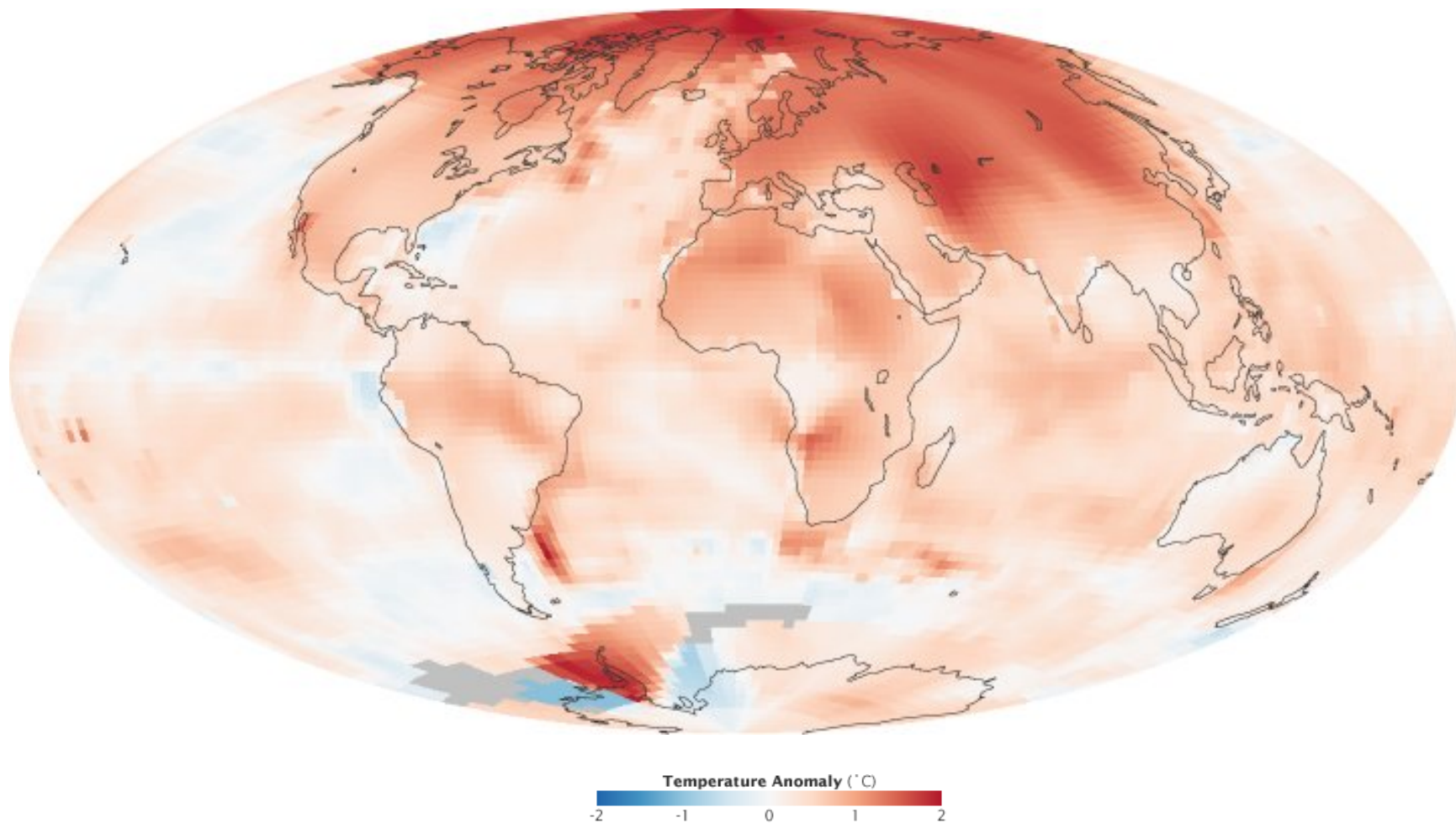
Anomalie pogodowe i klimatyczne

ClimateReanalyzer.org
Climate Change Institute | University of Maine

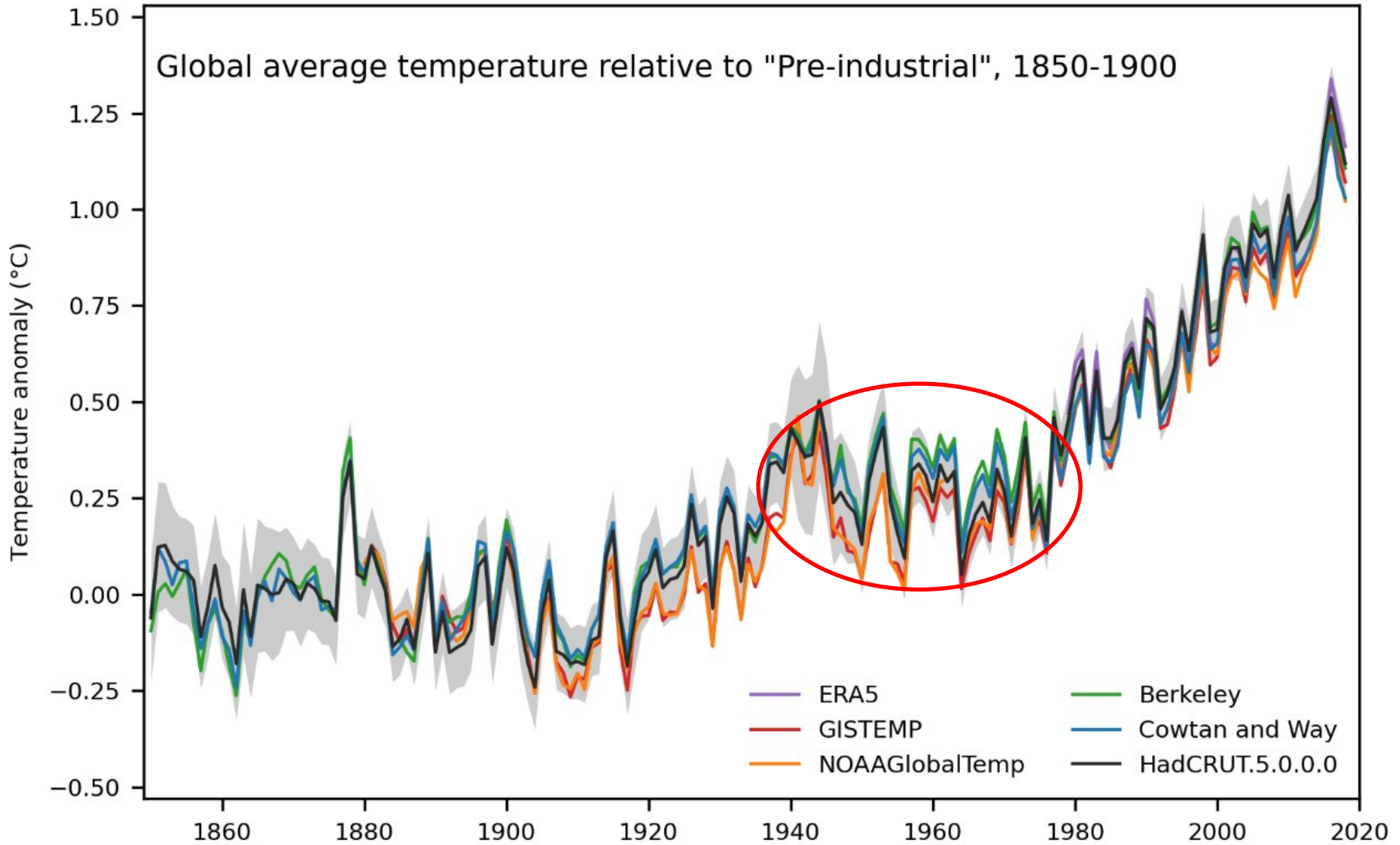
GFS/CFSR 1-day Avg 2m T Anomaly (°C) [1979-2000 base]
Sunday, Feb 28, 2021



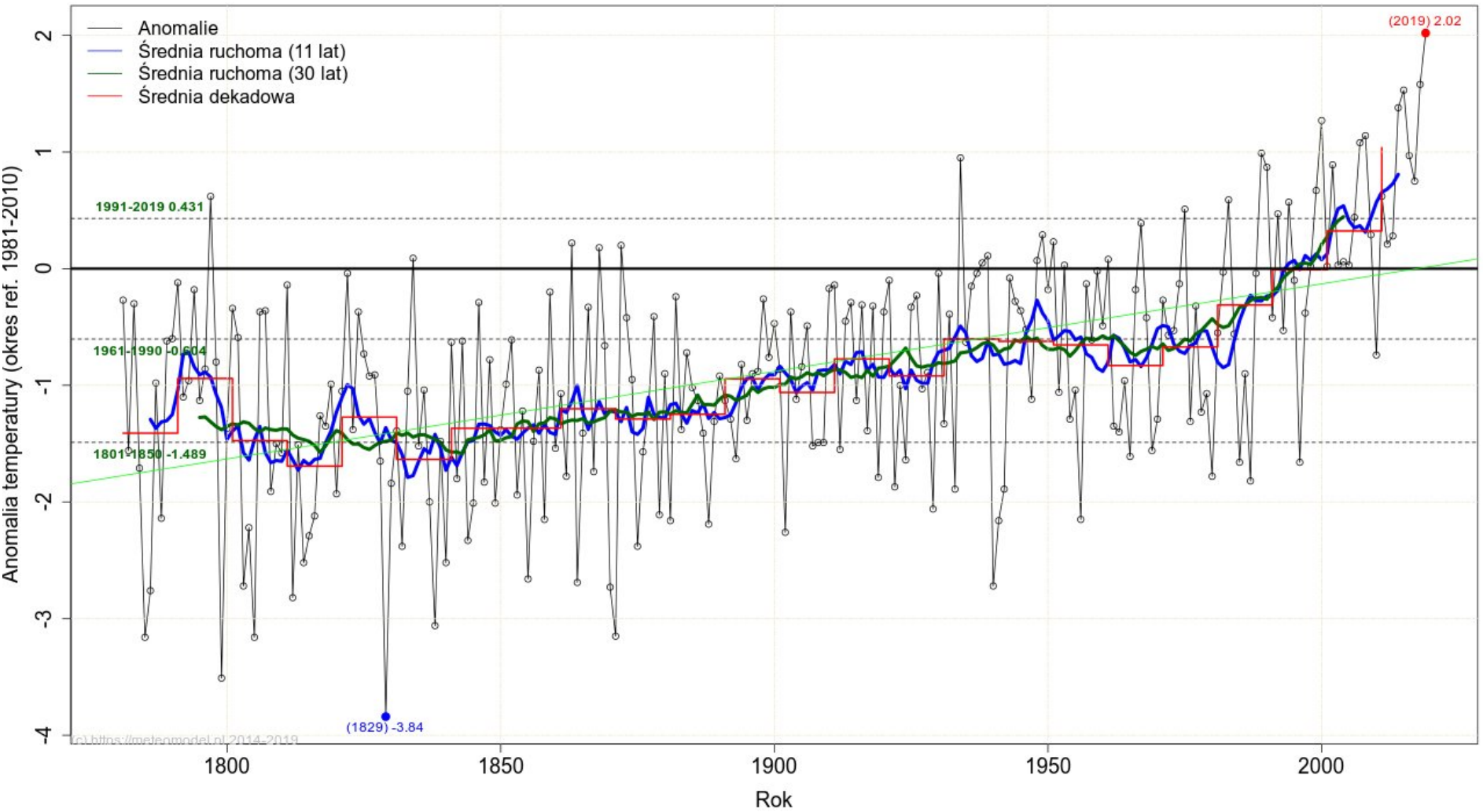
Przykład: średnia anomalia temperatury 2000-2009 względem lat 1951-1980



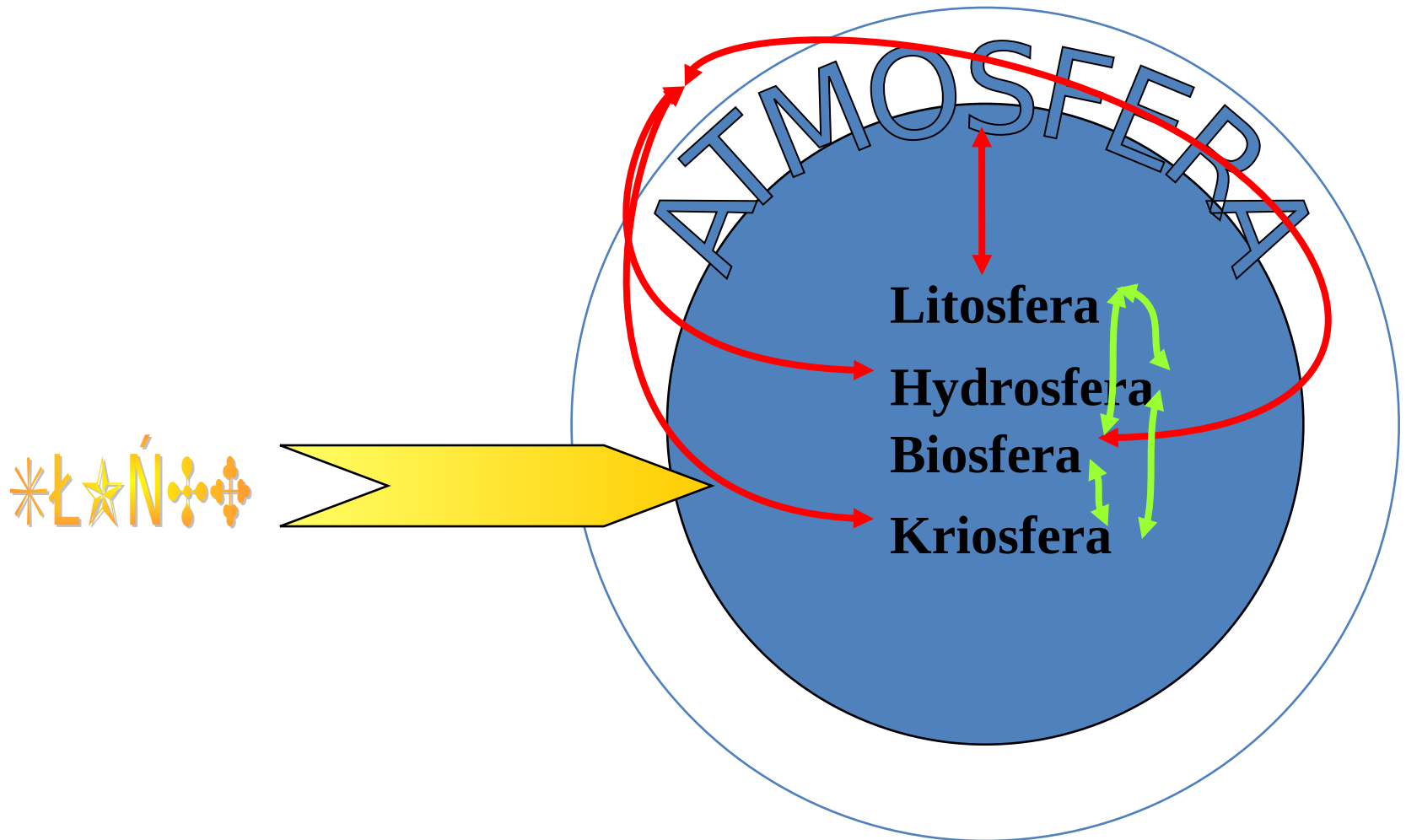
Anomalie c.d.

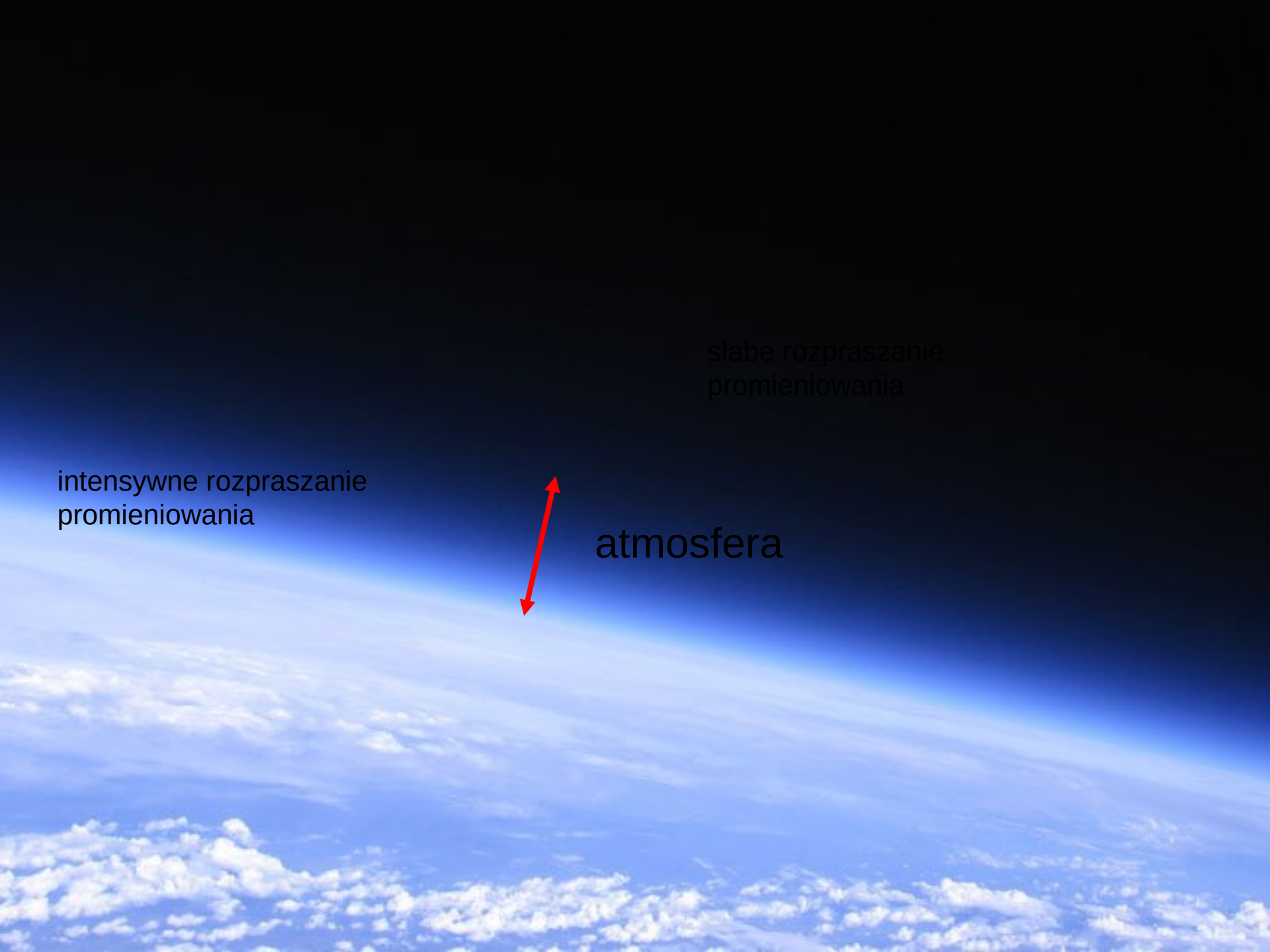


Anomalie temperatury w Polsce (rok 1781-2019)



System klimatyczny





intensywne rozpraszanie
promieniowania

słabe rozpraszanie
promieniowania

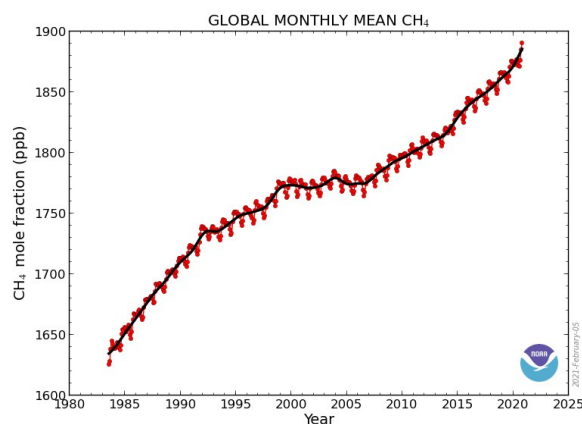
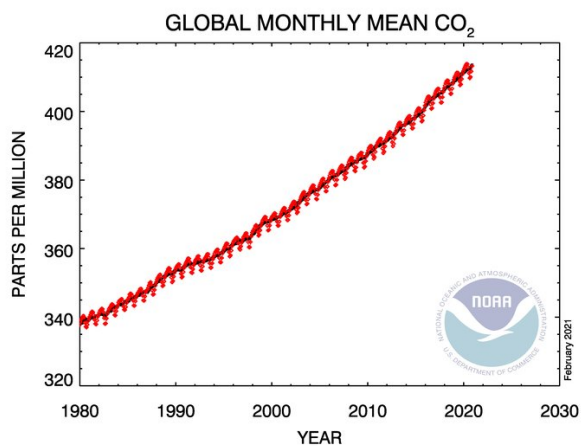
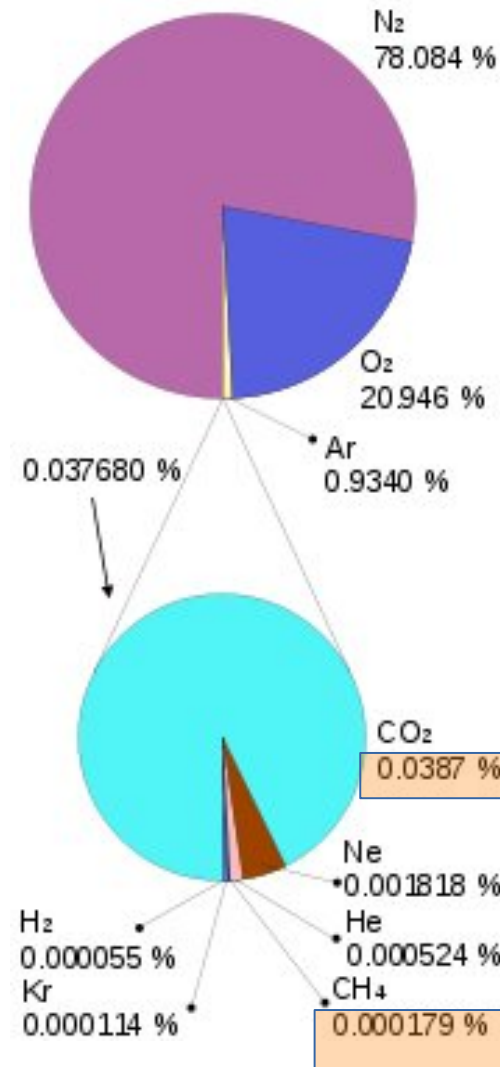


atmosfera



Skład atmosfery gazy stałe

| gaz | % objętości | rola |
|------------------------|-------------|--------------------------------------|
| Azot [N ₂] | 78,08 | biosfera |
| Tlen [O ₂] | 21 | pochłanianie UV, oddychanie |
| Argon [Ar] | 0,9 | gaz nieaktywny, właściwie nieistotny |



Skład atmosfery – składniki zmienne

| Gaz | Symbol | % objętości | Dlaczego ważny? |
|---|------------------|------------------------|------------------------|
| Para wodna | H ₂ O | 0-4 | |
| Dwutlenek węgla | CO ₂ | 0,041 | |
| Metan | CH ₄ | 0,00019 | |
| Tlenek azotu | N ₂ O | 0,00003 | |
| Ozon | O ₃ | 0,000004 | |
| Cząstki stałe (pyły, sadze), tzw aerozole | | 0,000001 | |

Rozkład śladowych gazów w atmosferze

Homosfera $z < 100$ km

Heterosfera $z > 100$ km

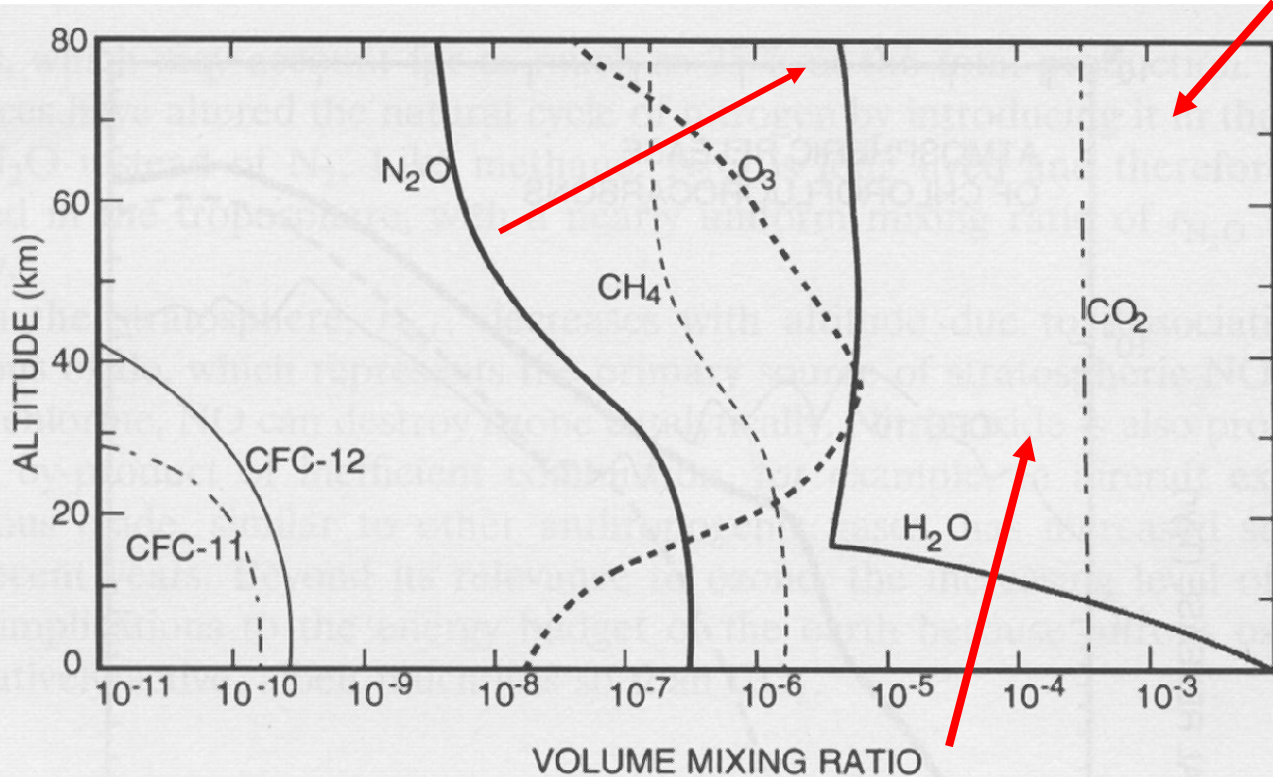
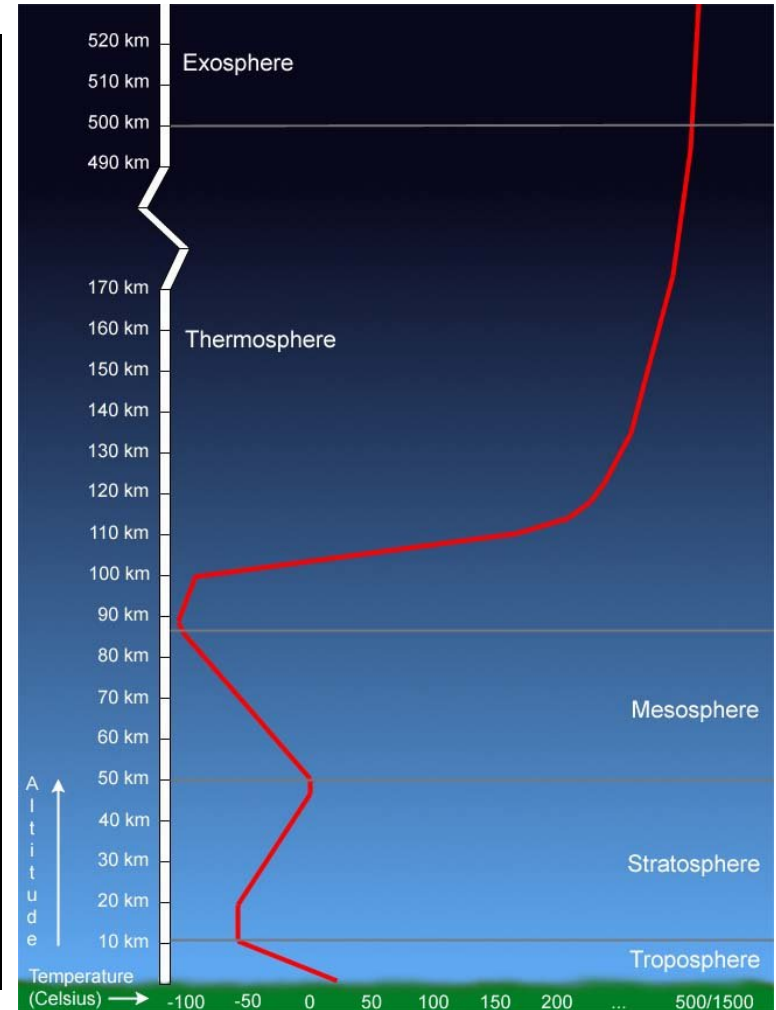
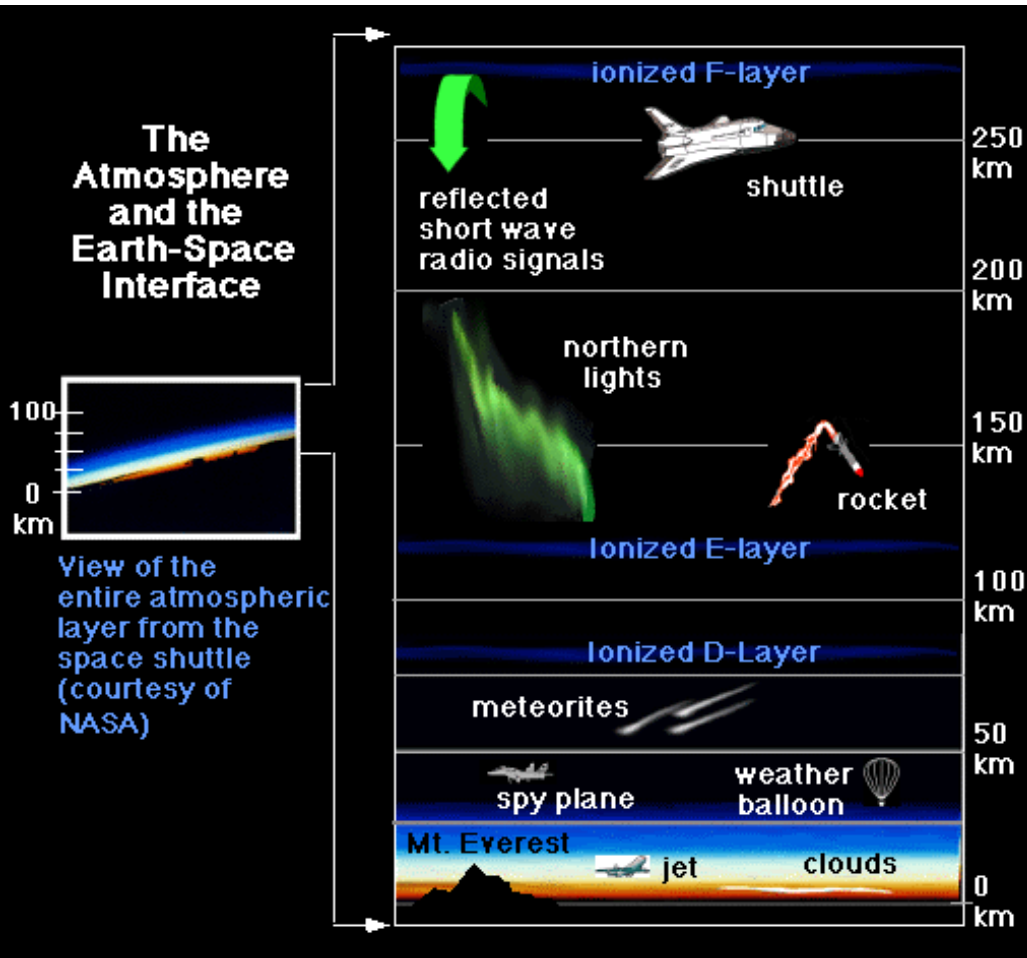


Figure 1.20 Mixing ratios of radiatively active trace species as functions of altitude. *Source:* Goody and Yung (1989).

Podział atmosfery

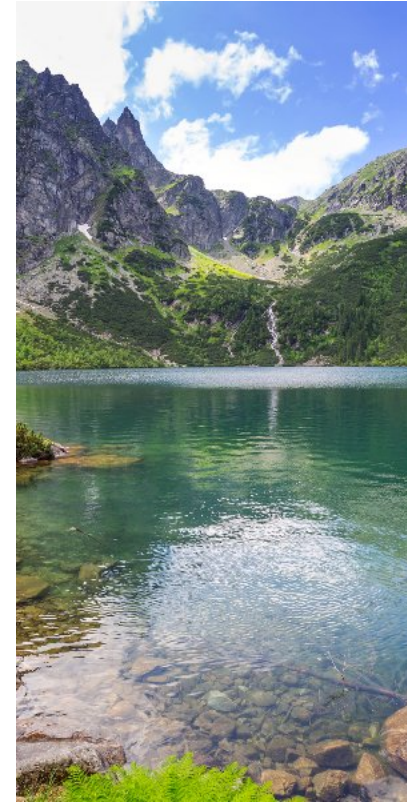


Hydrosfera



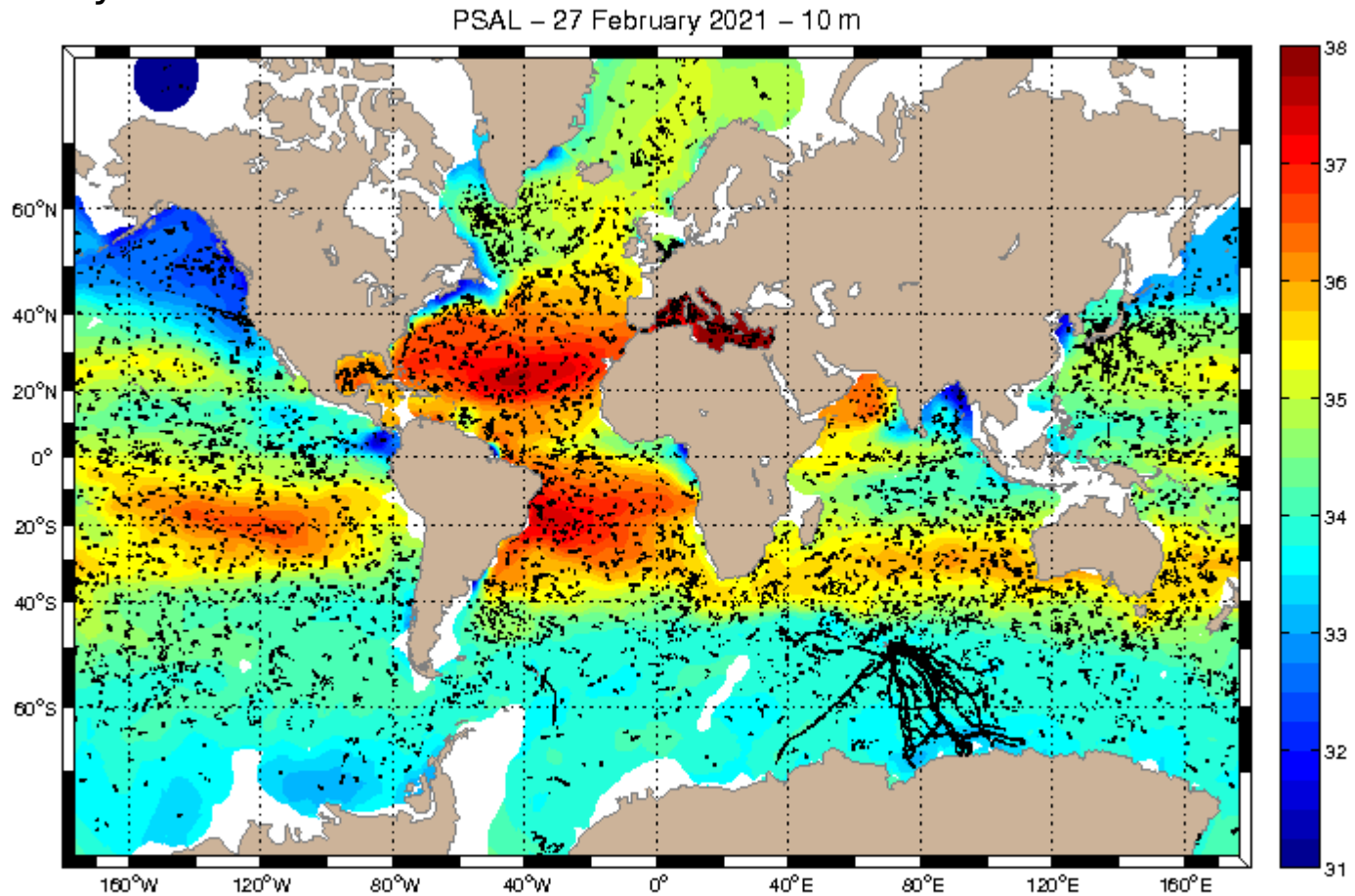
Woda słodka

0,6% zasobów wody, w tym tylko 0,1% to wody powierzchniowe.



Practical salinity unit
(PSAL, PSU) określane
na podstawie
przewodności
elektrycznej wody

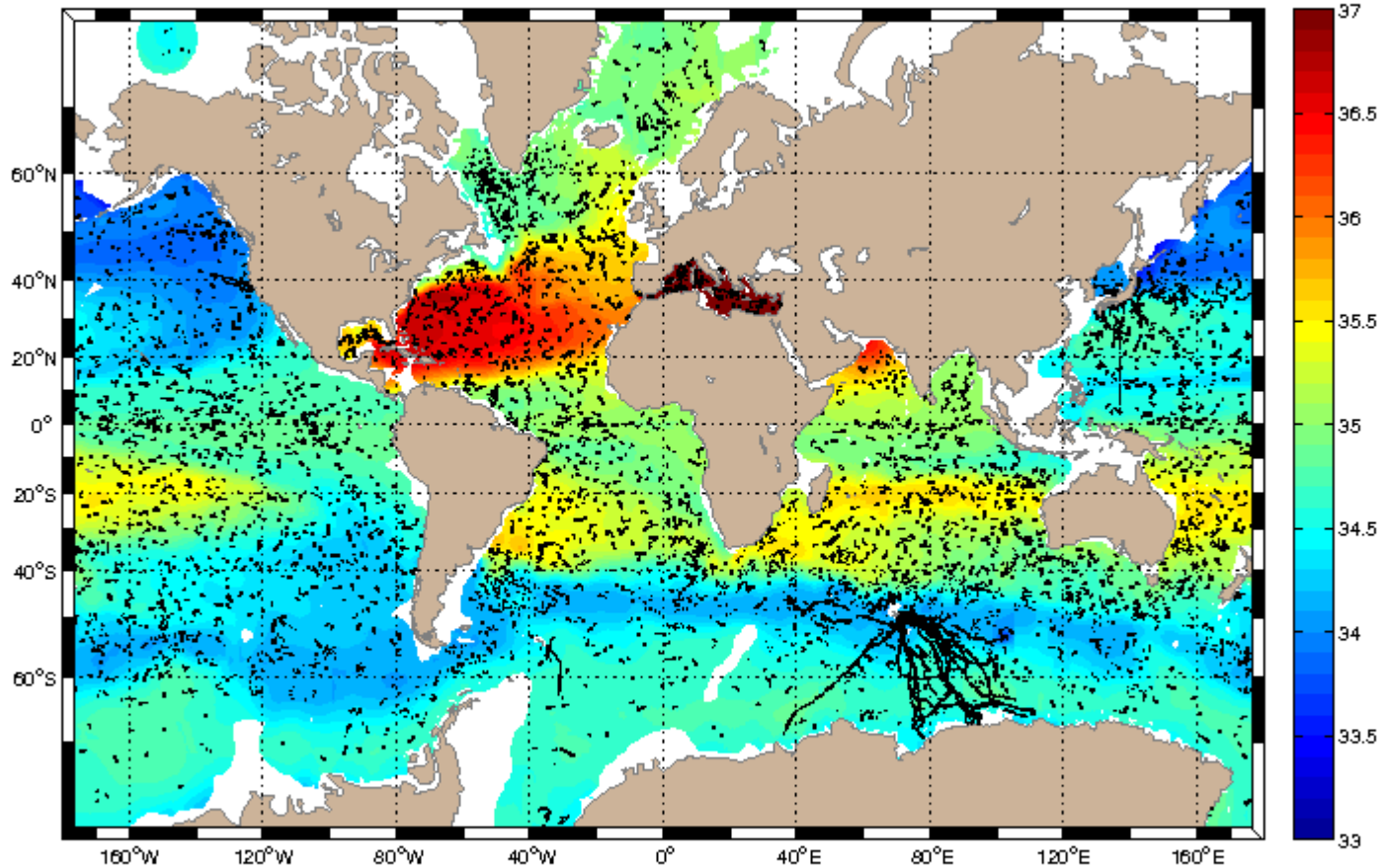
Oceany



Coriolis

Min: 5.00 Max: 40.55 Count: 18178 Error max: 95 % Date update: 27/02/2021 ISAS 6.2 Global Ocean near real time in-situ observations objec

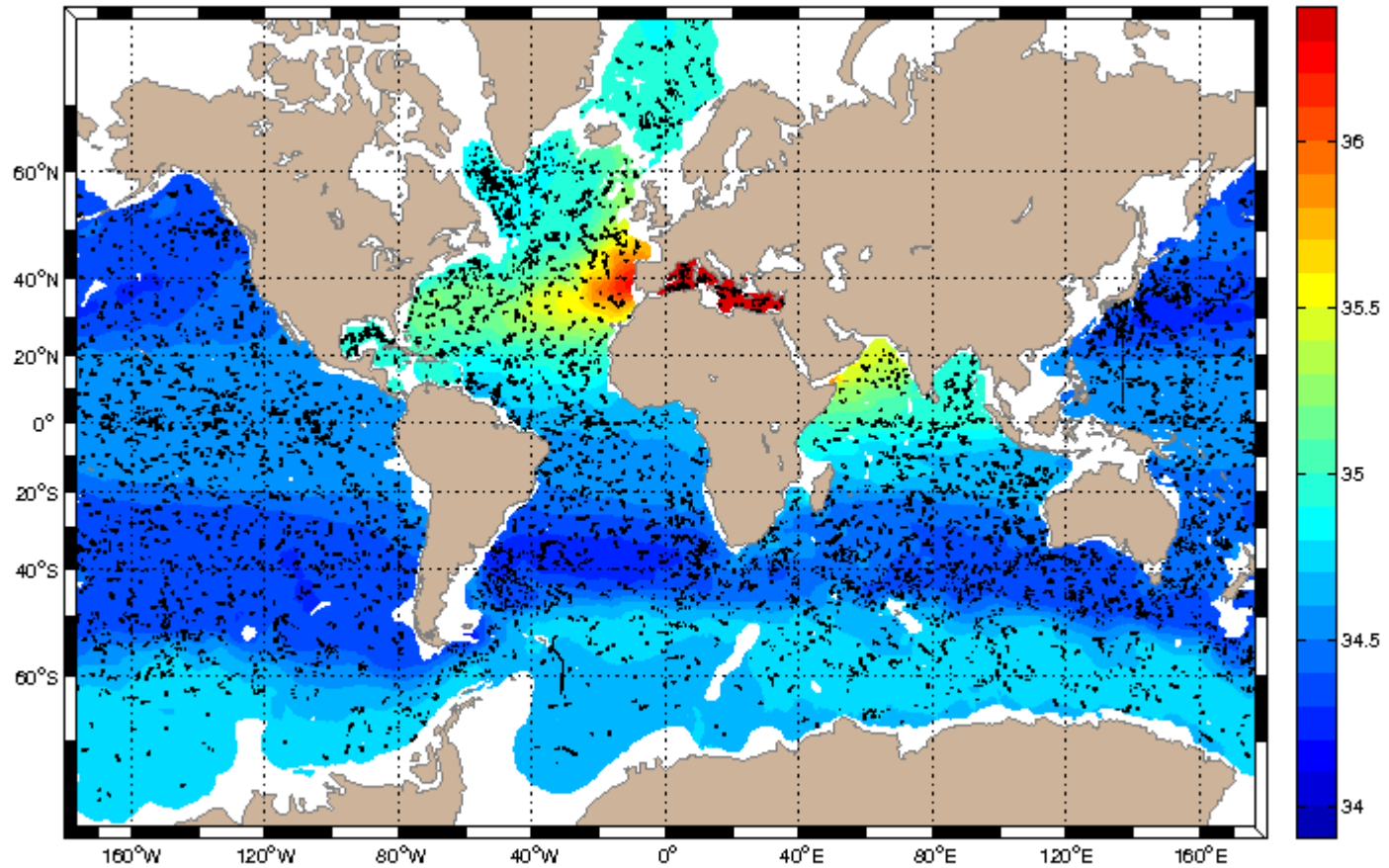
PSAL - 27 February 2021 - 300 m



Coriolis

Min: 21.62 Max: 40.75 Count: 17183 Error max: 95 % Date update: 27/02/2021 ISAS 6.2 Global Ocean near real time in-situ observations obje

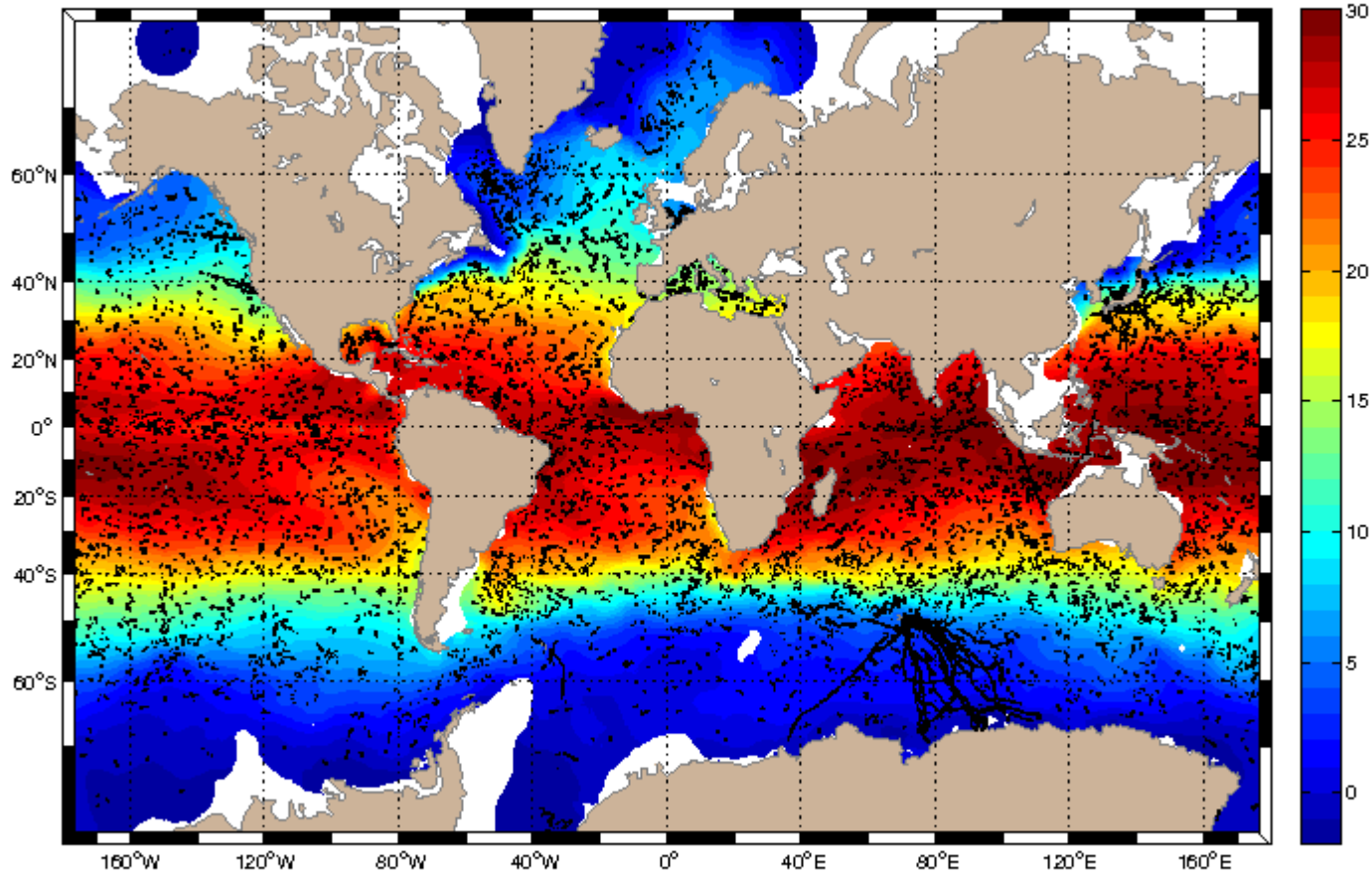
PSAL – 27 February 2021 – 1000 m



Coriolis

Min: 22.24 Max: 40.80 Count: 13139 Error max: 95 % Date update: 27/02/2021 ISAS 6.2 Global Ocean near real time in-situ observations obje

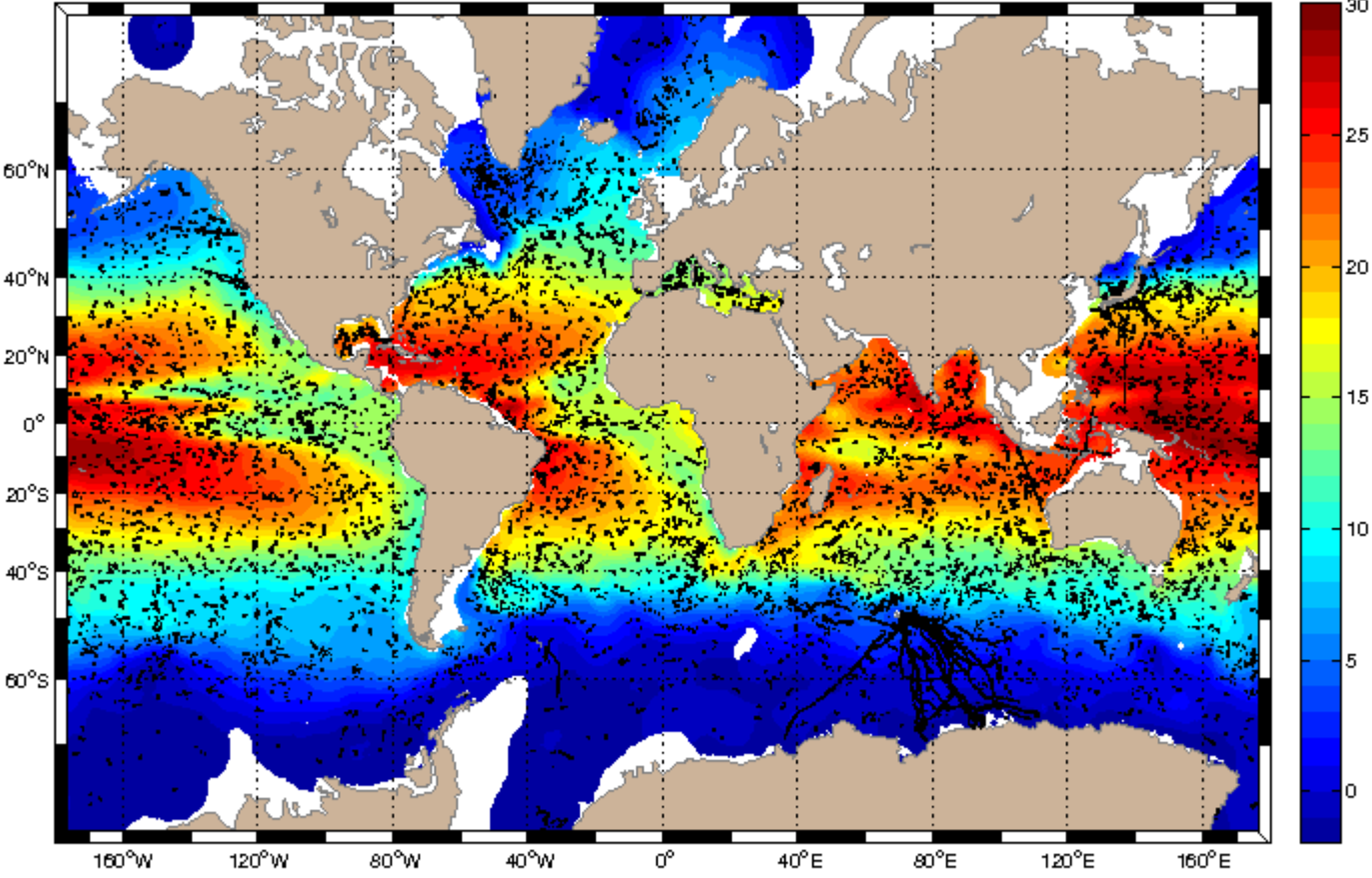
TEMP - 27 February 2021 - 10 m



Coriolis

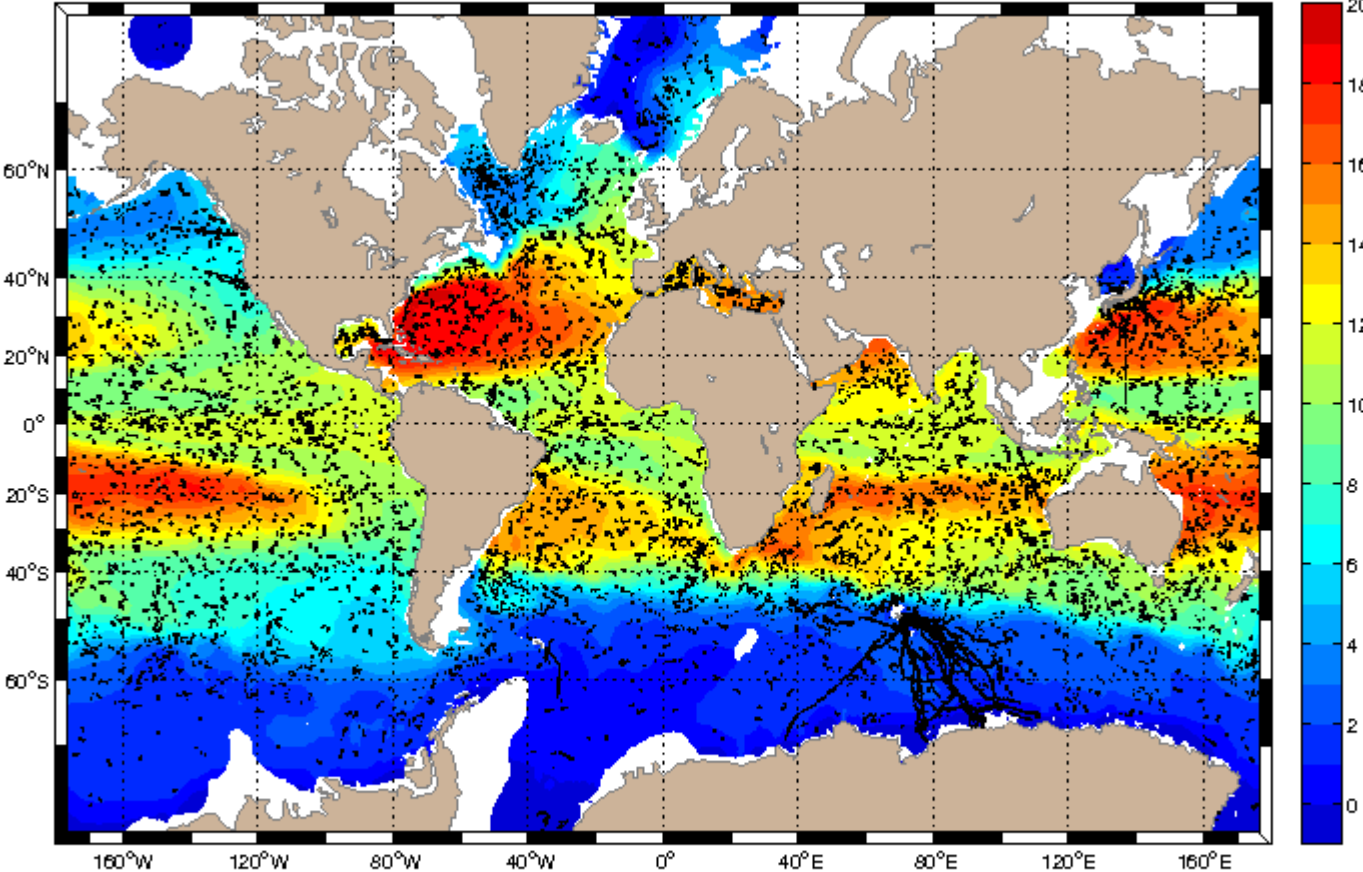
Min: -2.50 Max: 30.86 Count: 20732 Error max: 95 % Date update: 27.02.2021 ISAS 6.2 Global Ocean near real time in-situ observations obje

TEMP - 27 February 2021 - 100 m



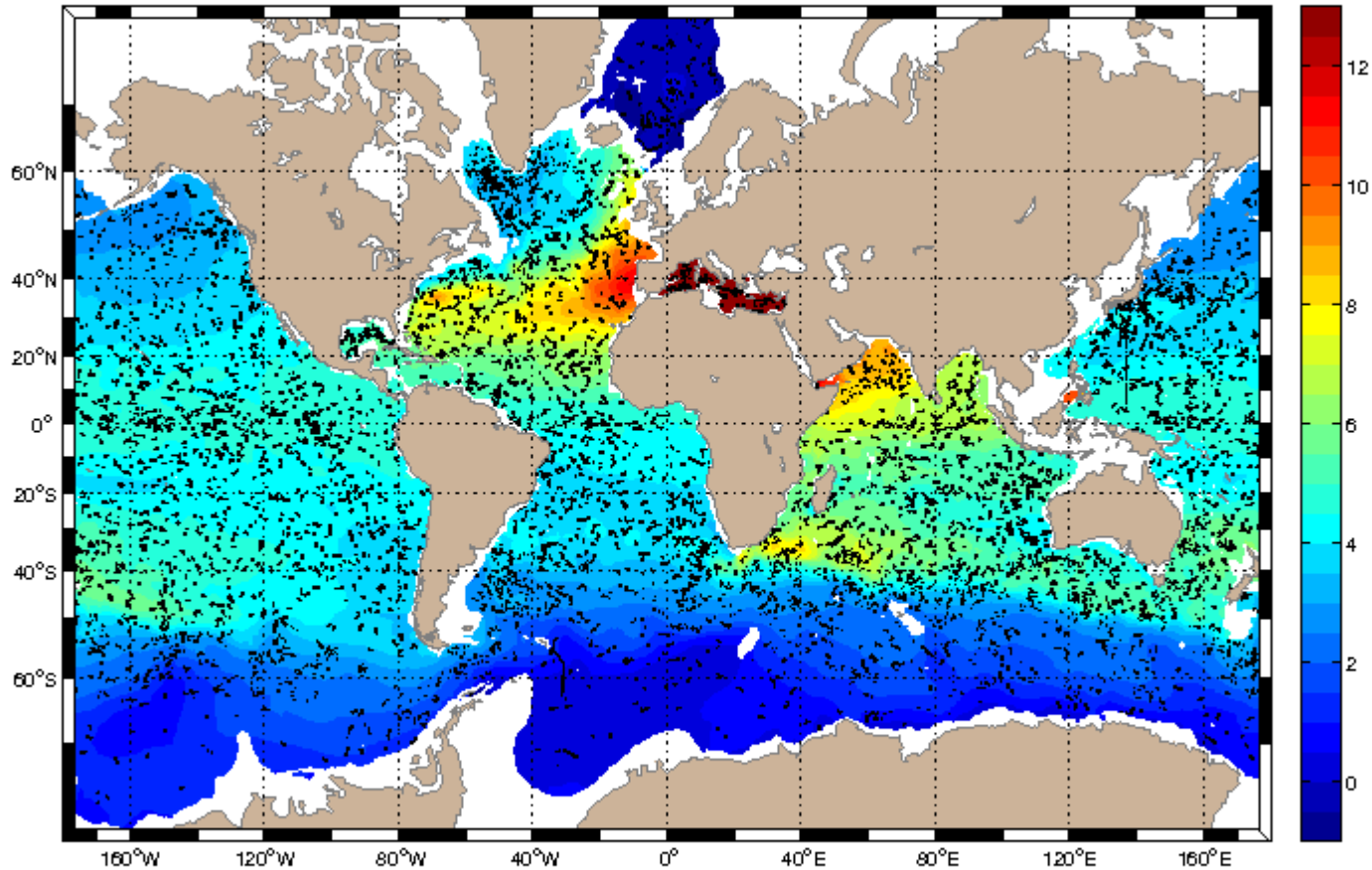
Min: -2.41 Max: 29.14 Count: 20526 Error max: 95 % Date update: 27.02.2021 ISAS 6.2 Global Ocean near real time in-situ observations obje

TEMP - 27 February 2021 - 300 m



Min: -2.52 Max: 21.77 Count: 19689 Error max: 95 % Date update: 27.02.2021 ISAS 6.2 Global Ocean near real time in-situ observations obje

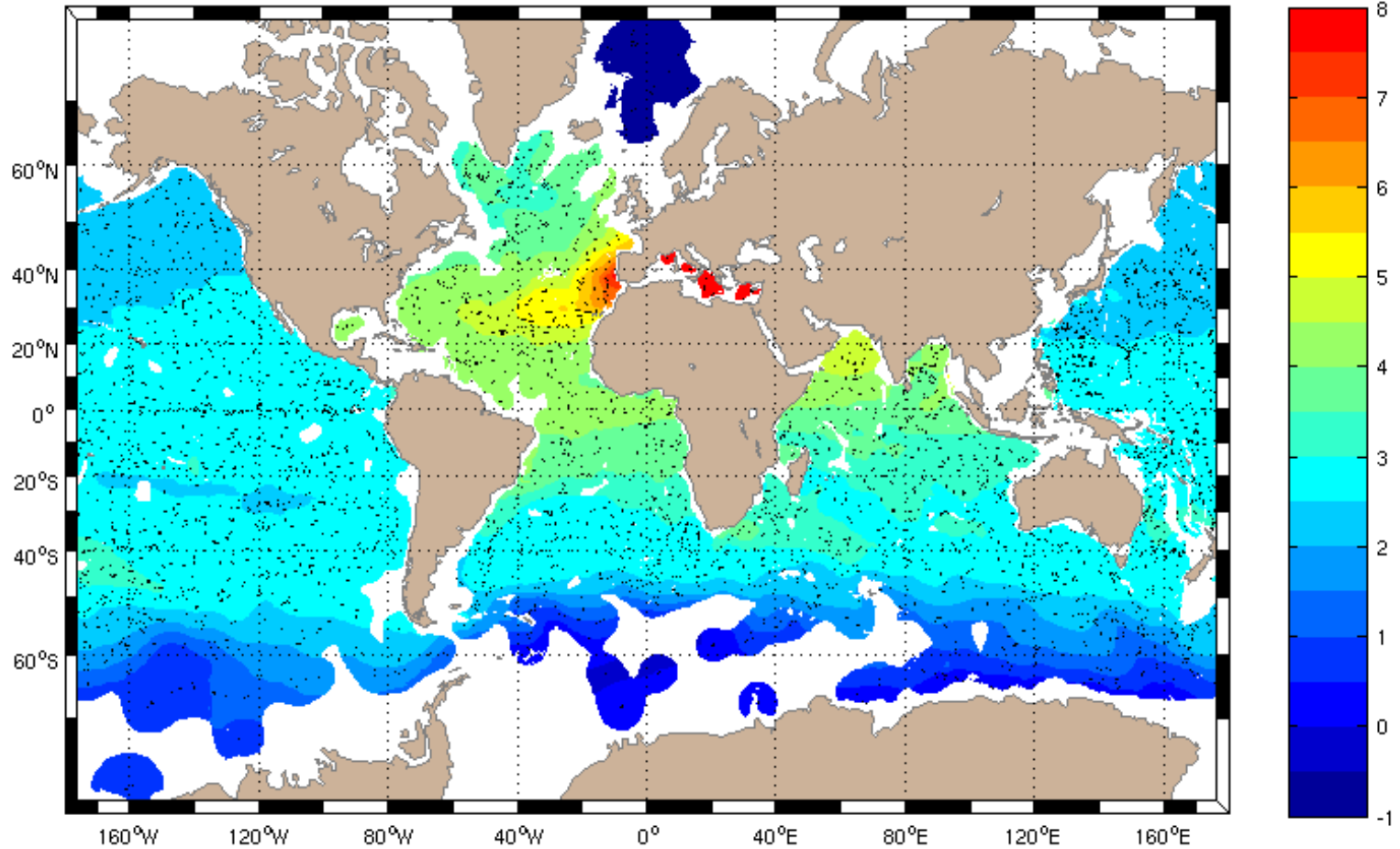
TEMP - 27 February 2021 - 1000 m



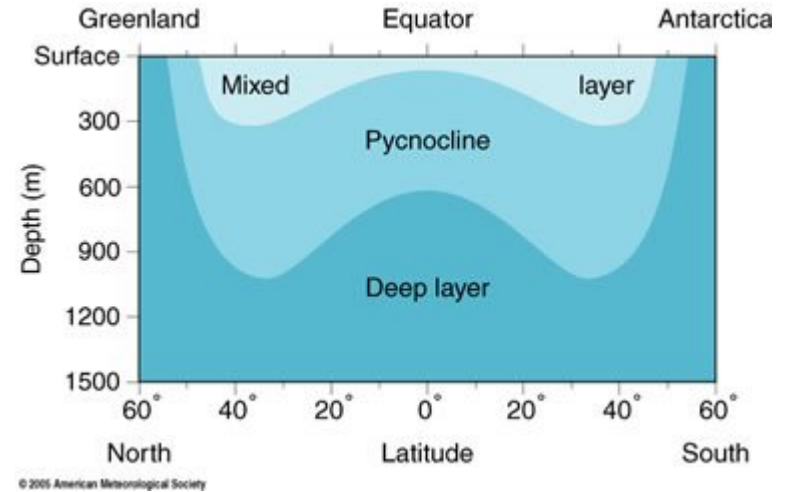
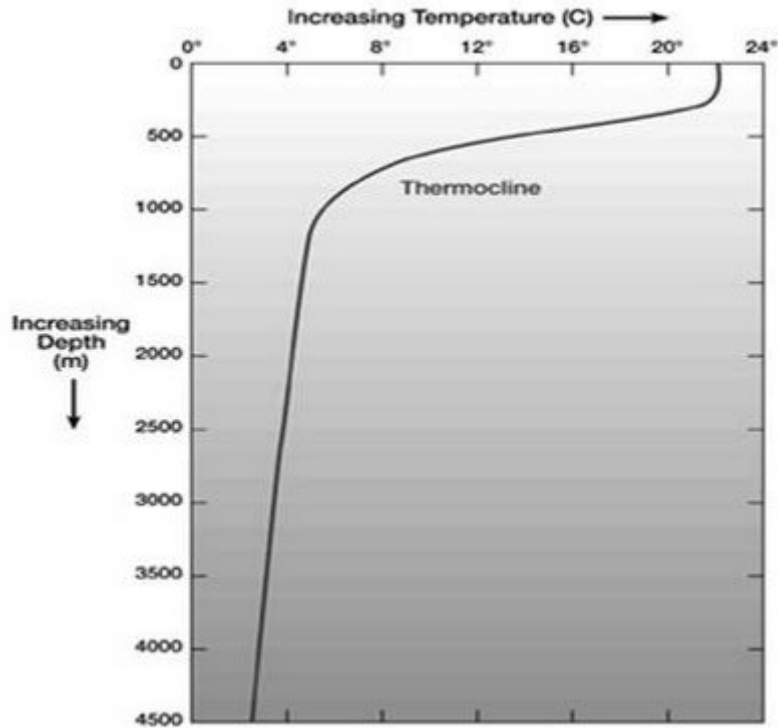
Coriolis

Min: -1.95 Max: 21.70 Count: 15247 Error max: 95 % Date update: 27.02.2021 ISAS 6.2 Global Ocean near real time in-situ observations obje

TEMP - 28 February 2014 - 1600 m



Struktura pionowa oceanów



- warstwa mieszania
- warstwa przejściowa – termoklina
- głębia oceaniczna

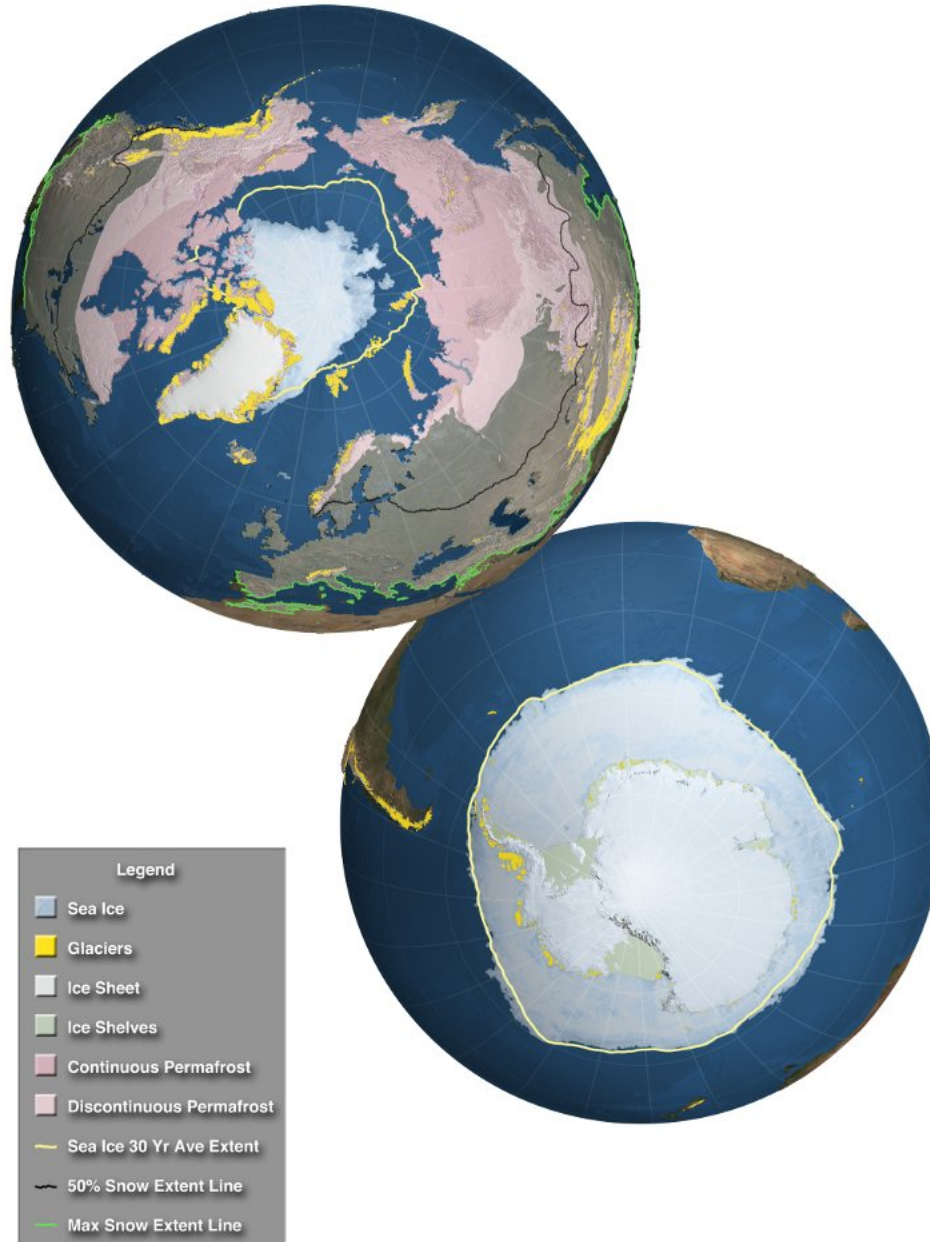
Interakcje pomiędzy atmosferą a oceanem

Wymiana:

- pary wodnej
- dwutlenku węgla
- soli morskiej (produkcja aerozolu morskiego)
- energii
- pędu



Kriosfera

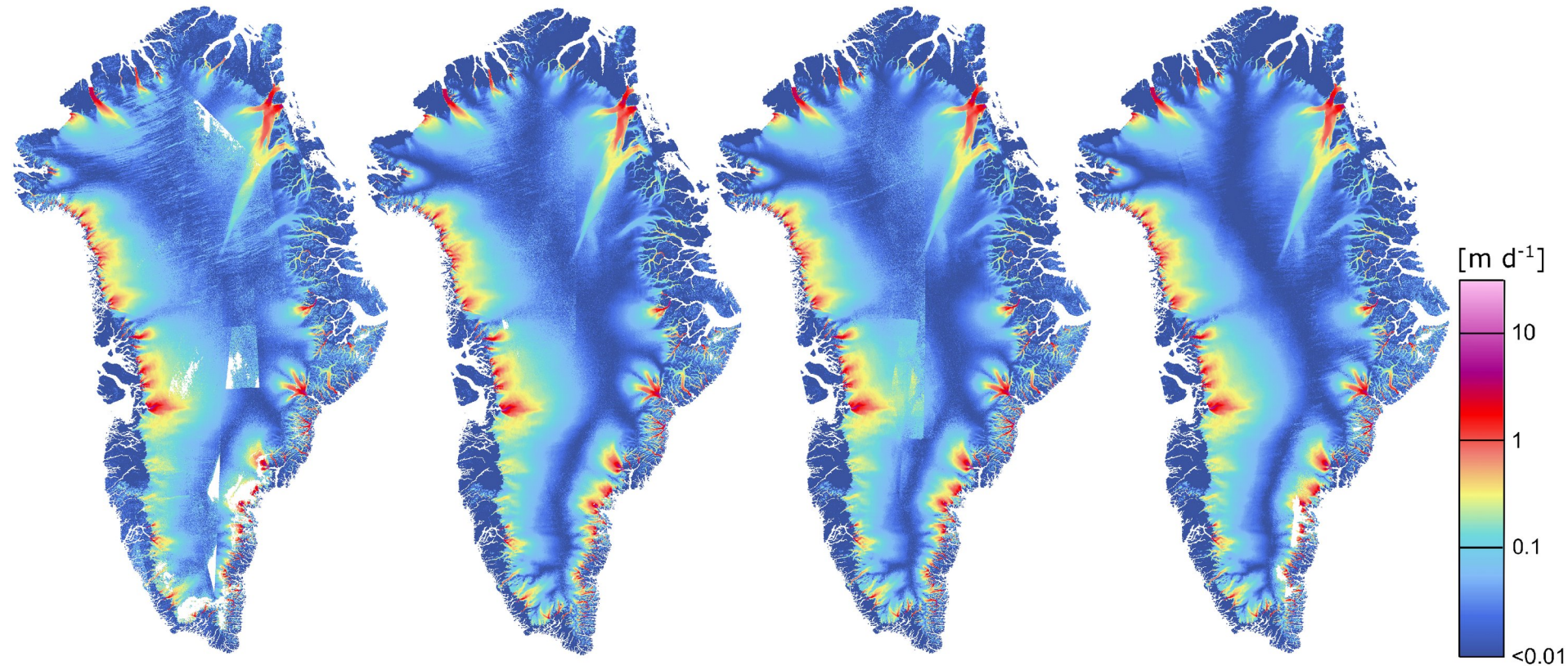


2014/15

2015/16

2016/17

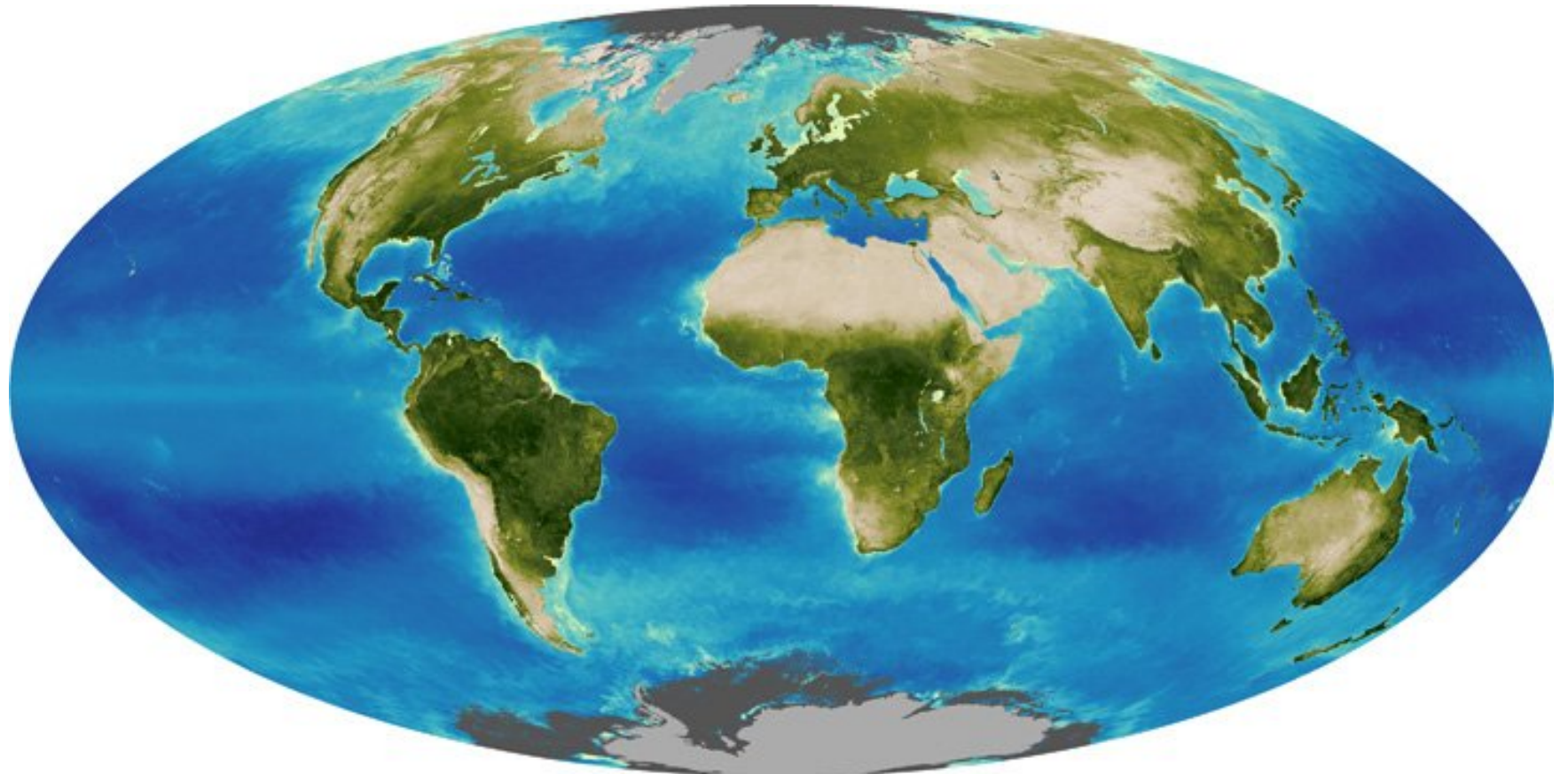
2017/18



Rola kriosfery w systemie klimatycznym

- wpływa na bilans energii (wysokie albedo śniegu i lodu)
- wpływa na poziom światowego oceanu
- wpływa na cyrkulację oceaniczną w wysokich szerokościach geograficznych i nie tylko
- bierze udział w szeregu sprzężeń zwrotnych w systemie klimatycznym

Biosfera



Chlorophyll Concentration (mg/m³)

Vegetation Index

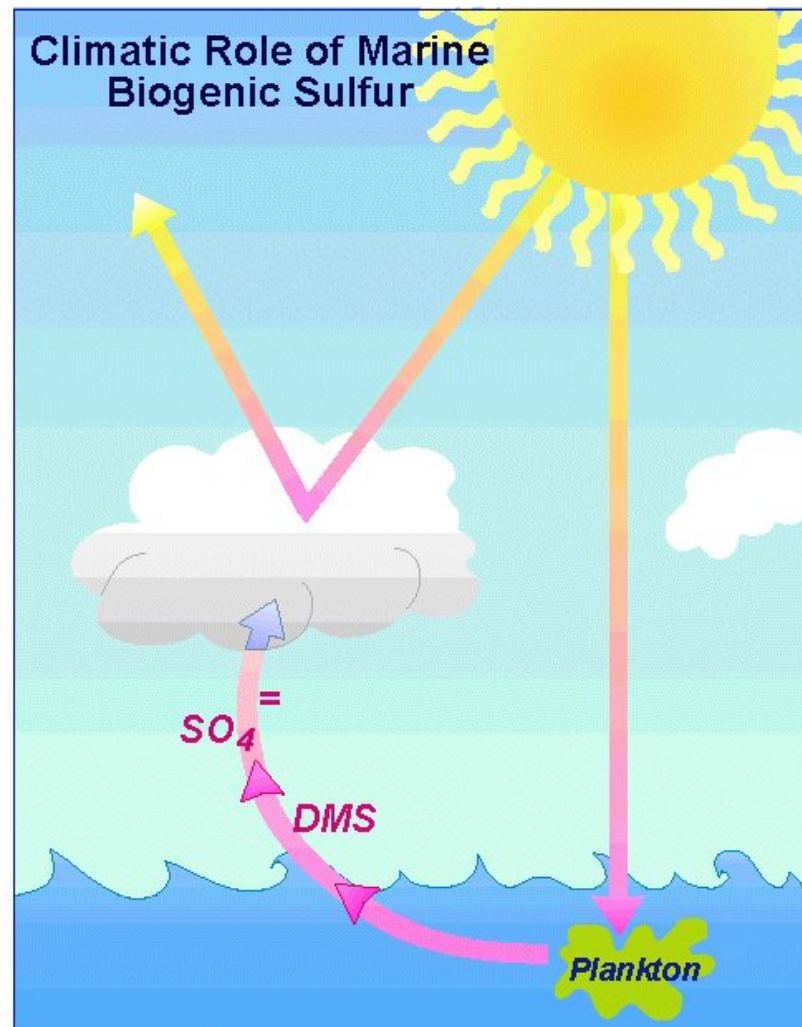
0.01 0.1 1 10 50

0.2 0.4 0.6 0.8

Rola biosfery w systemie klimatycznym

- Obieg węgla, produktywności biosfery
- Wpływ na bilans energii, wymianę pary wodnej (transpiracja)
- Emisja DMS i innych prekursorów aerozoli

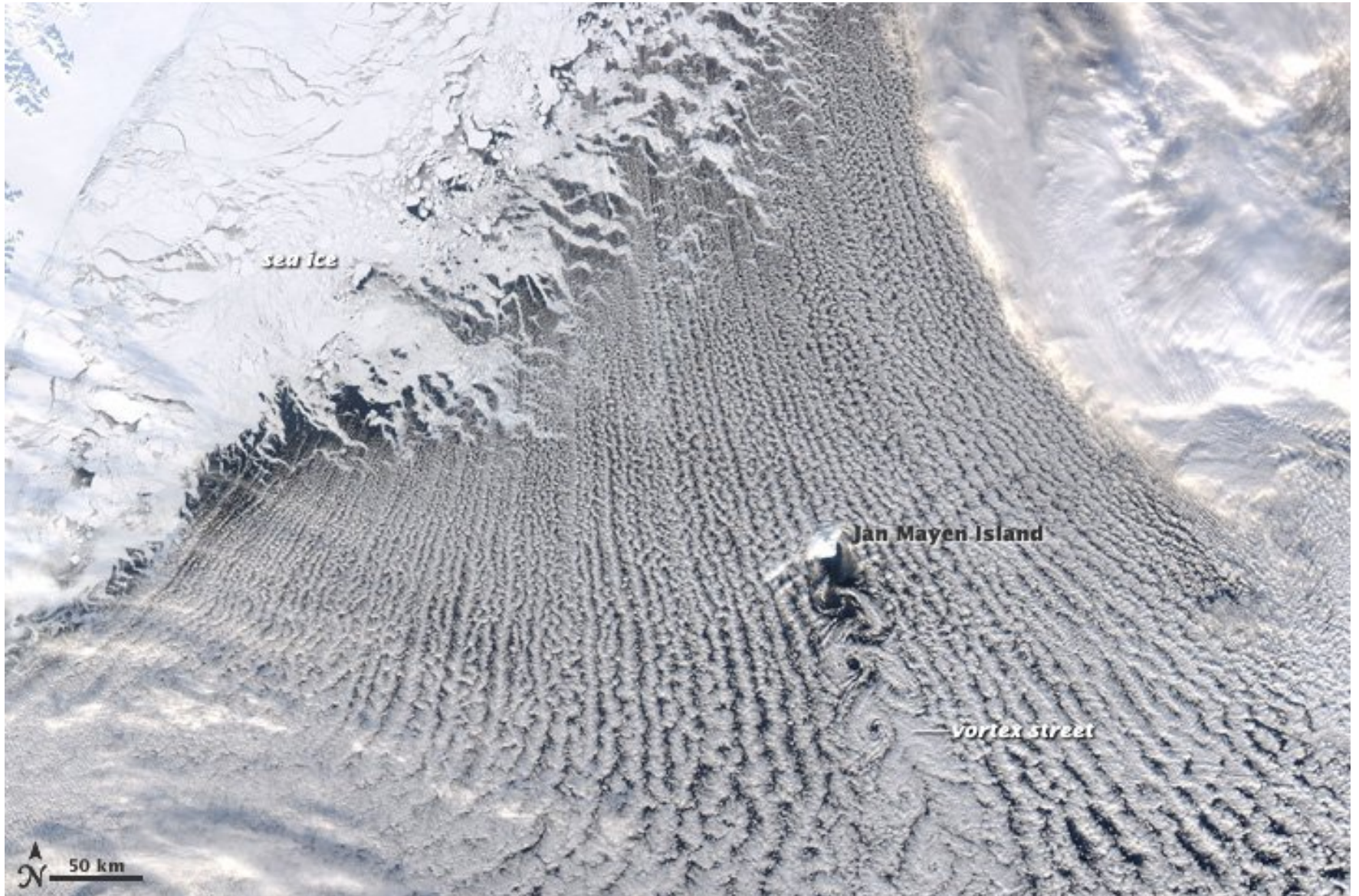
Charlson et al. (*Nature*, 326:655-661, 1987)



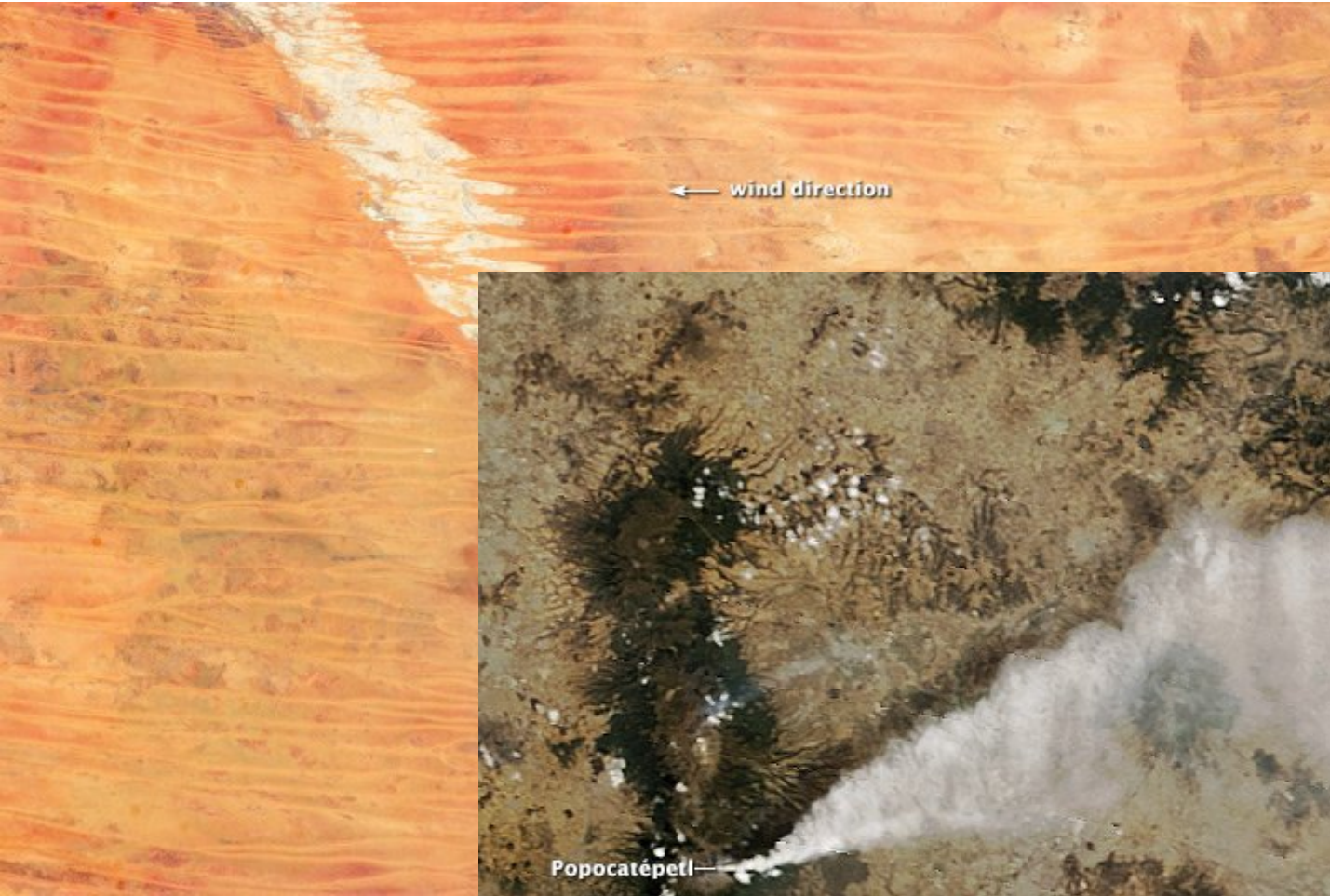
Litosfera

- zewnętrzna sztywna powłoka Ziemi obejmująca skorupę ziemską i warstwę perydotytową zaliczaną do górnej części płaszczka ziemskiego.
- miąższość litosfery wynosi od ok. 10-100 km a jej temperatura dochodzi do 700°C.
- wyróżnia się dwa zasadnicze rodzaje litosfery: kontynentalną i oceaniczną.

Rola litosfery w systemie klimatycznym

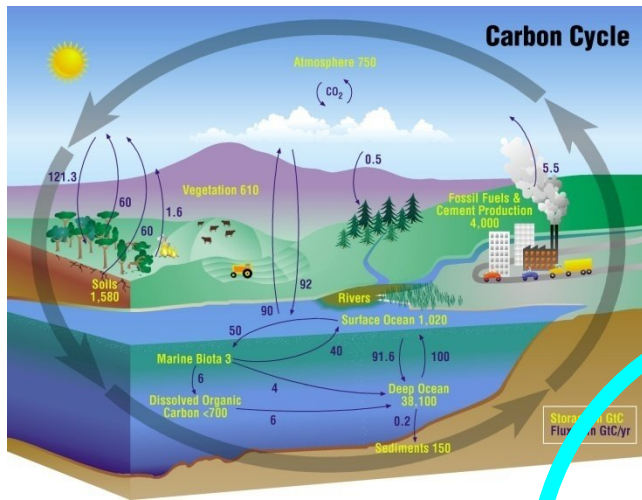


Rola litosfery w systemie klimatycznym

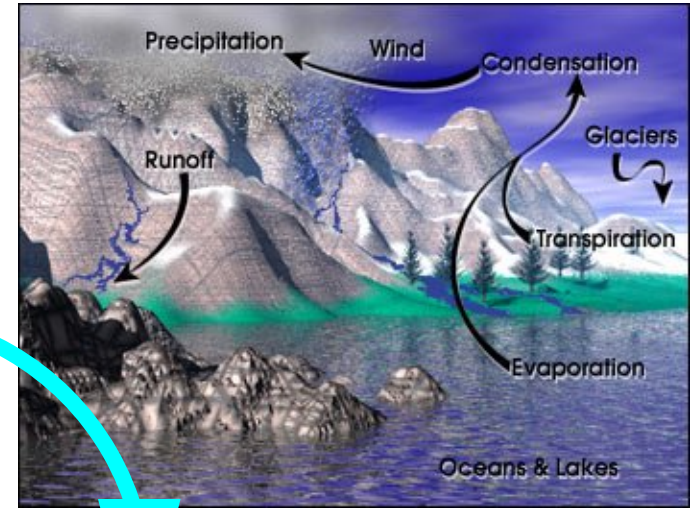


Procesy w systemie klimatycznym

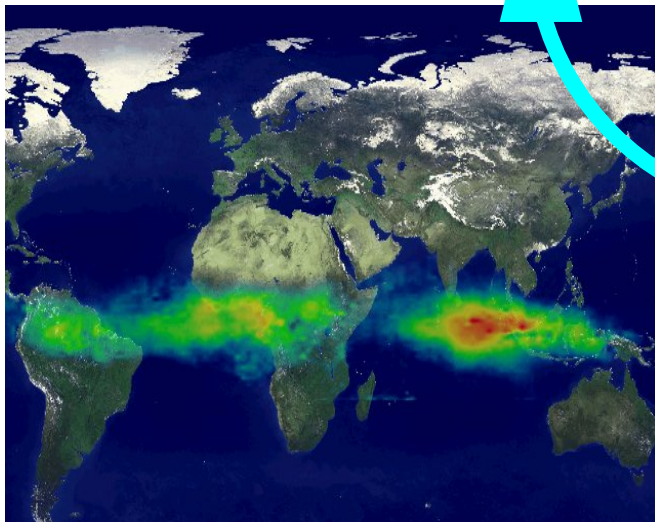
Obieg węgla



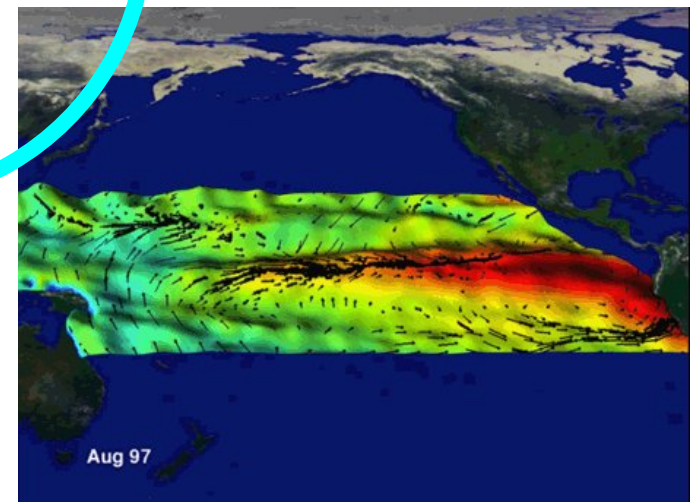
Obieg wody i energii



Reakcje chemiczne w atmosferze

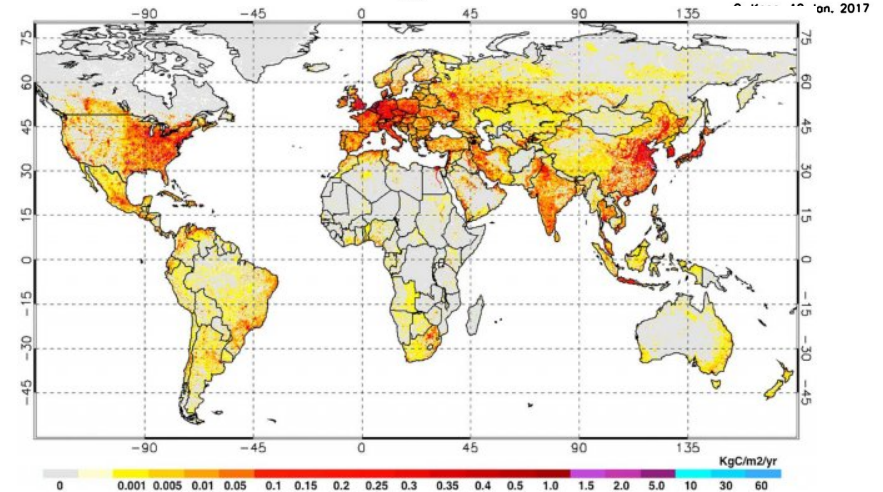
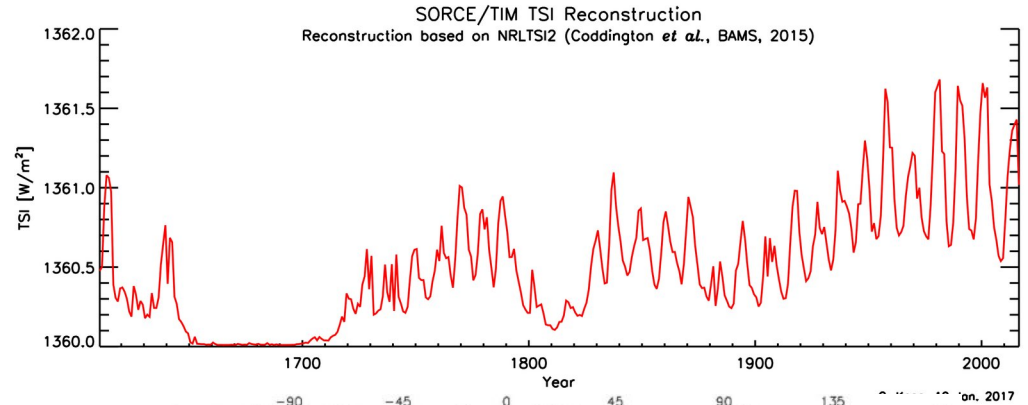
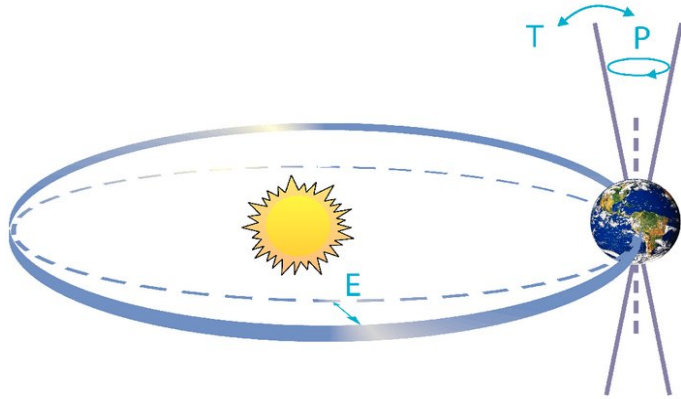


Dynamika atmosfery i oceanu



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.

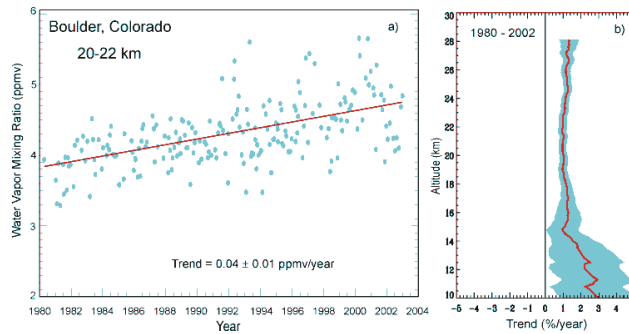
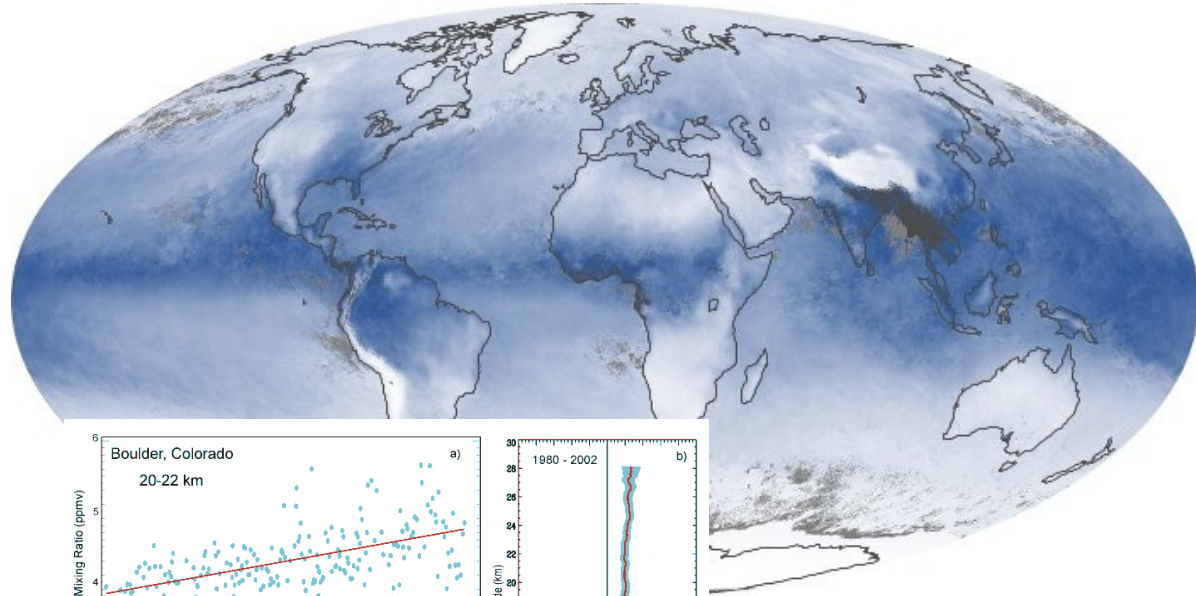
Sprzężenia to procesy zachodzące wewnątrz systemu klimatycznego, które skutkują dalszymi zmianami klimatu.



1979 SSM/I Composite Data

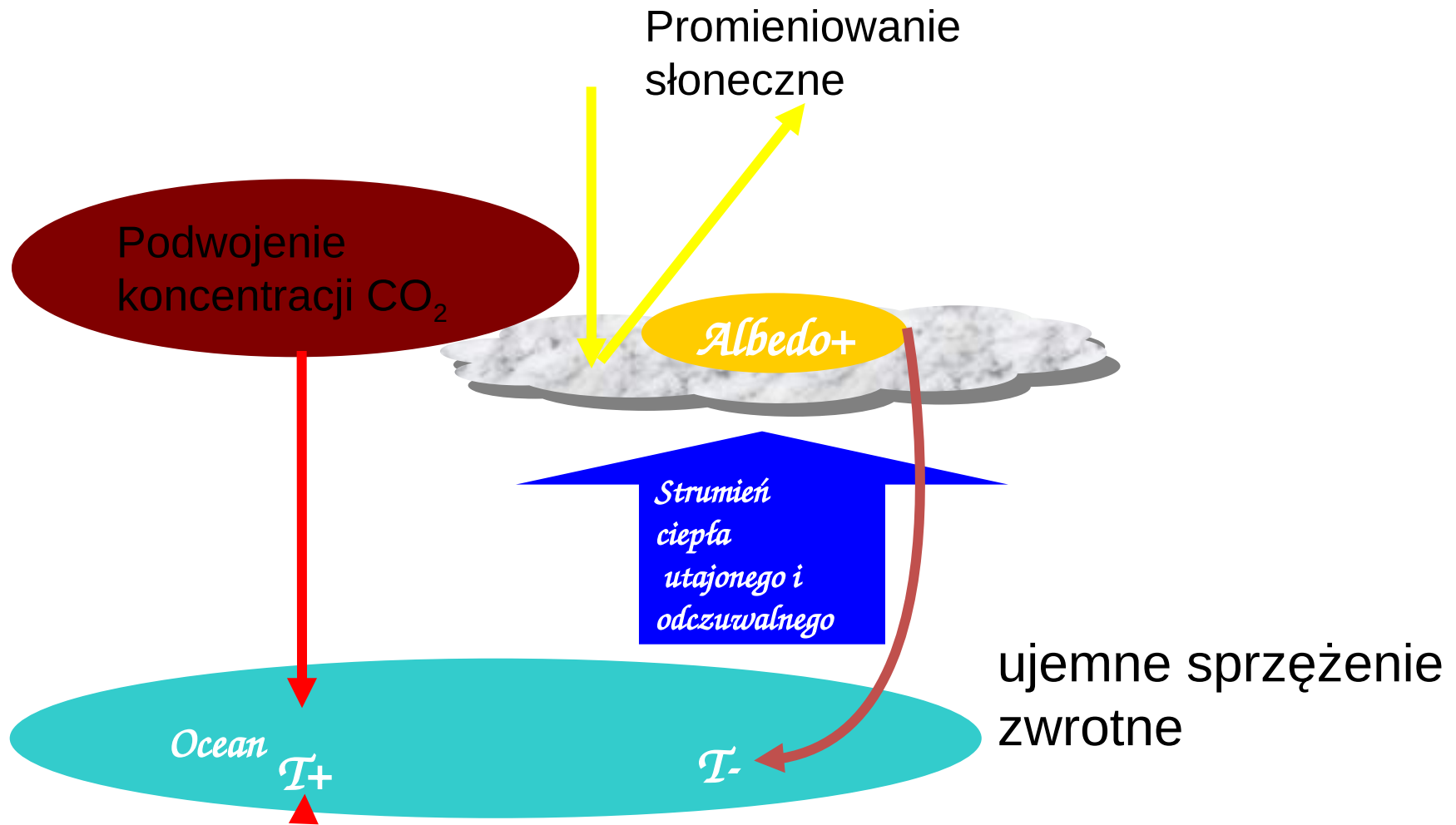


2003 SSM/I Composite Data



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

Przykład sprzężenia zwrotnego w systemie klimatycznym Ziemi-Atmosfera



Badania klimatu

monitoring
zmienności

wymuszanie

odpowieź

konsekwencje

predykcja

