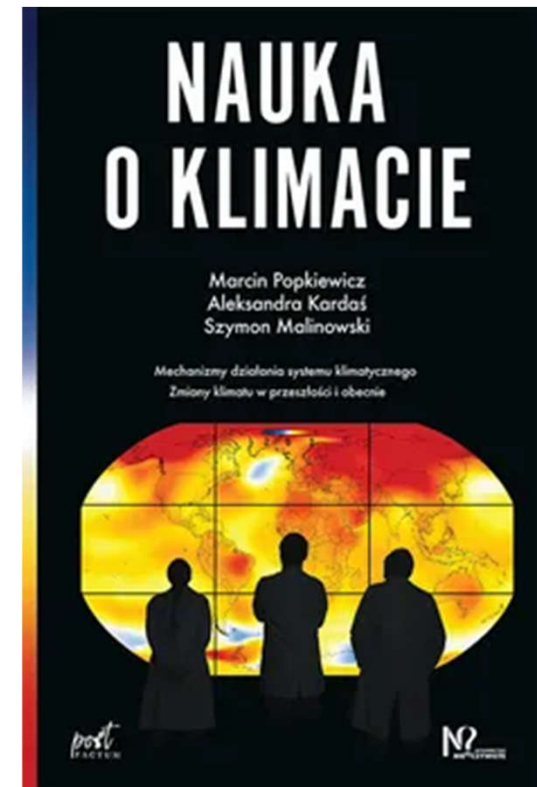
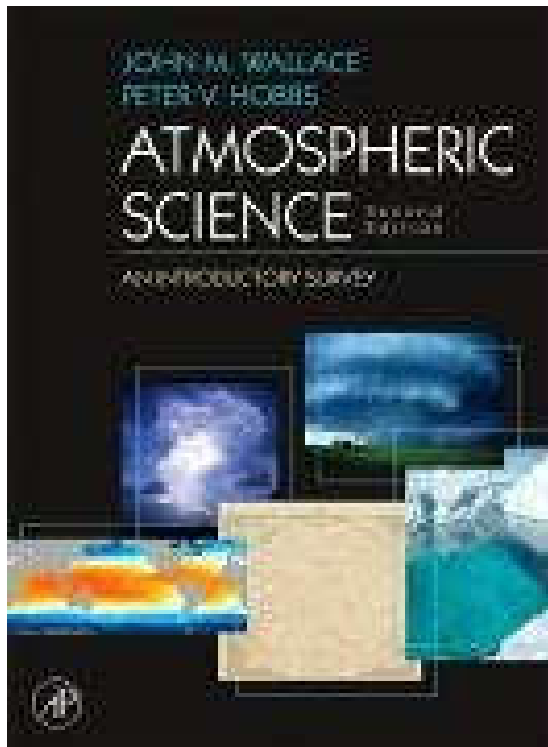


Kriosfera

Magnetosfera

Grzegorz Karwasz

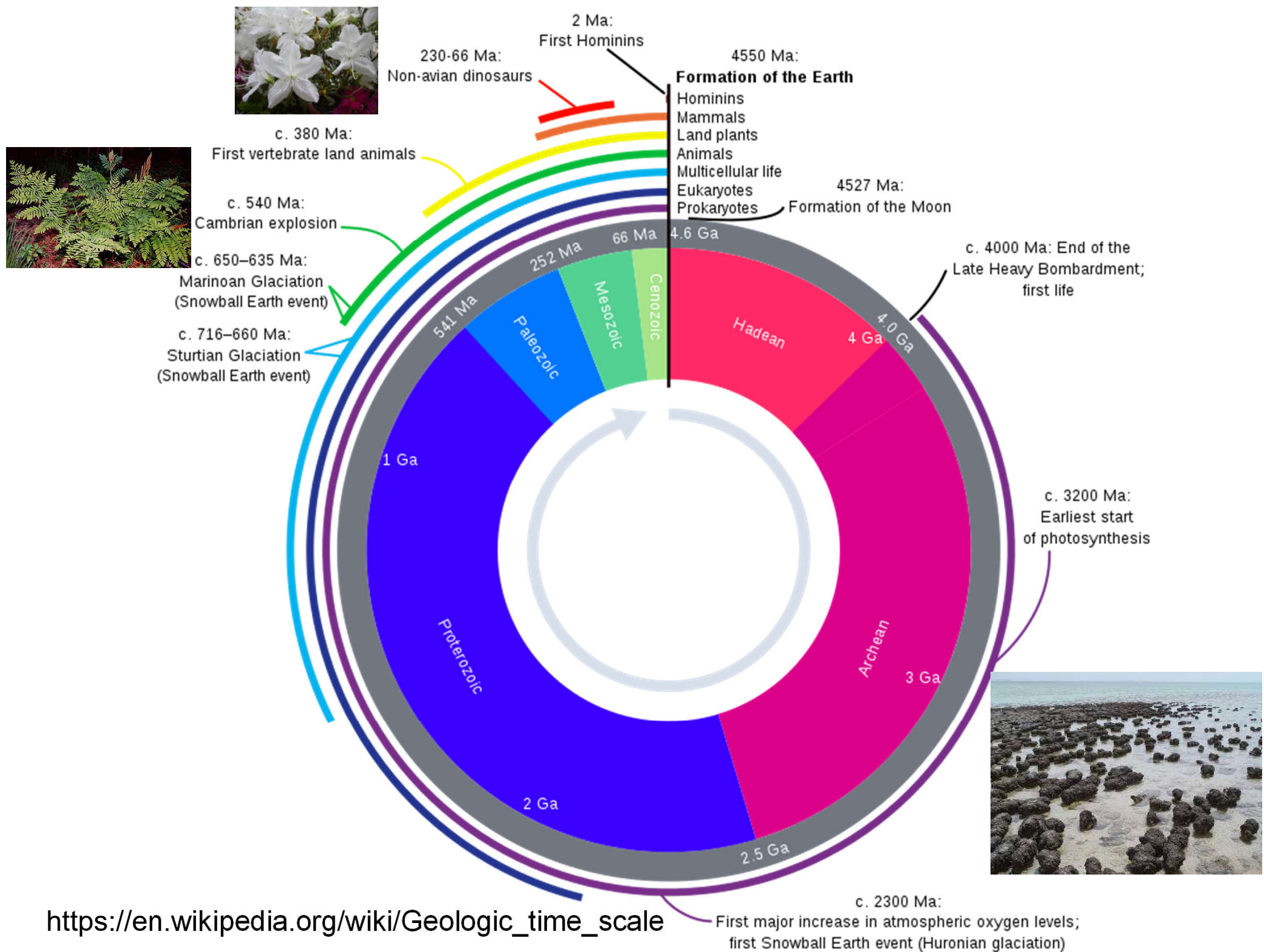
Wykład 10



«Geodium», Torun, cztery ery Ziemi (GK)



1. Epoka Ognia
2. Era wody
3. **Epoka lodowcowa:** pojawienie się tlenu i (wskutek tego?) epok lodowcowych
4. Wiek człowieka (antropocen)



https://en.wikipedia.org/wiki/Geologic_time_scale

Czas



dla Ziemi

Ziemia, mimo szybkiej rotacji dnia/ nocy i powoli następujących pór roku, wydaje się być wieczna jak cały Wszechświat.

W rzeczywistości, **2/3 wieku** Wszechświata minęło bez Ziemi a nawet bez Układu Słonecznego.

Ziemia powstała zaledwie **4,5 mld** lat temu, z „mgławicy planetarnej”, po wybuchu jakiejś Super-Nowej, naszego Pra-Słońca.

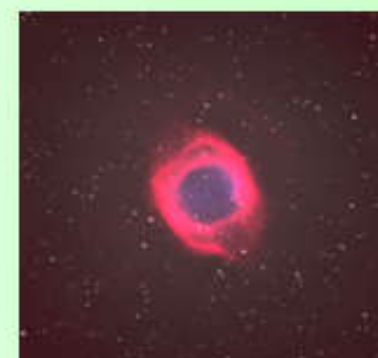


Foto: Hubble Heritage



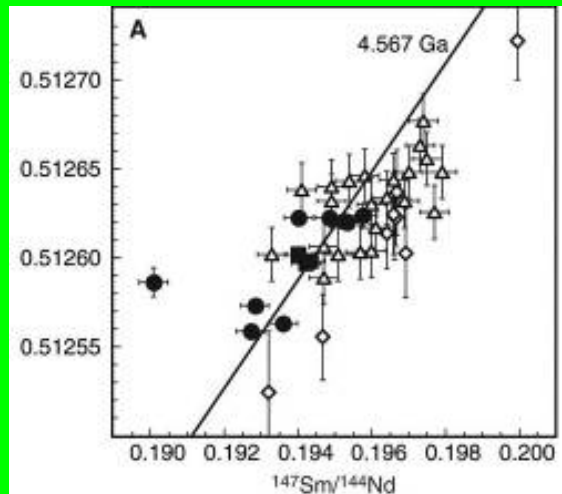
Rys. Krzysztof Kanwacz

Ziemia powstała ze zlepków pyłów w wirującej chmurze, bardzo szybko po wybuchu, w ciągu jakiś **10 mln** lat. Około **100 mln** lat później w Ziemię uderzył obiekt wielkości Marsa.

To były najstraszniejsze 24 godziny w historii naszej planety: z wyrzuconej materii uformował się Księżyc.



Ile lat ma Ziemia?



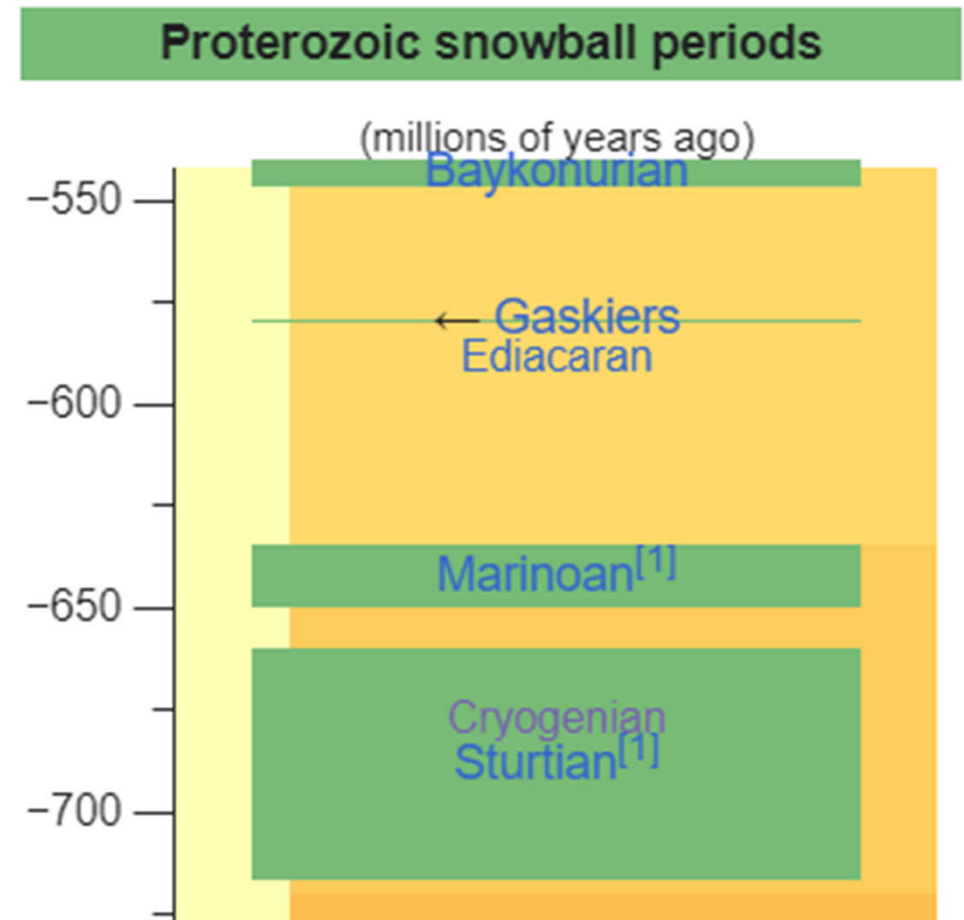
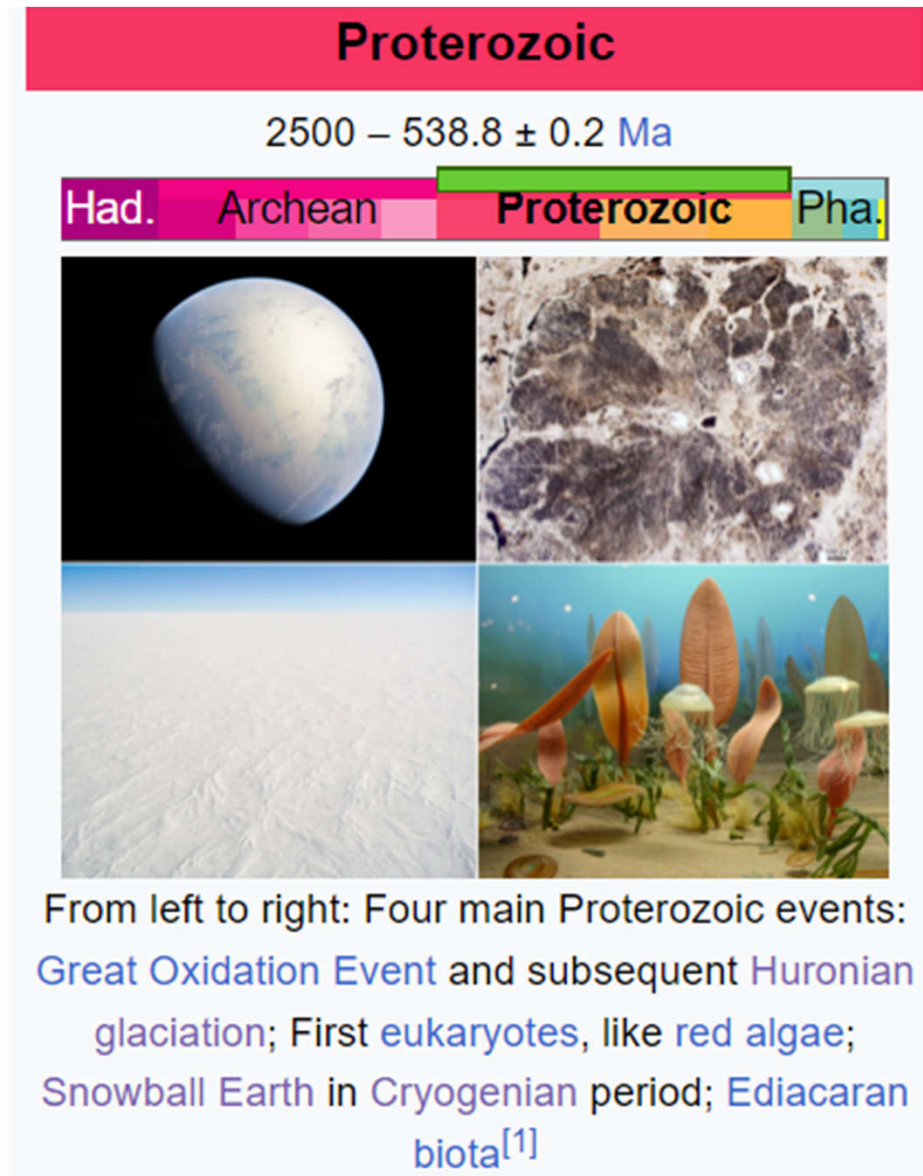
Niedawne badania $^{147}\text{Sm} / ^{144}\text{Nd}$ w ziarenkach zyrkonii, pozwoliły określić wiek Ziemi na **4,567 mld lat**.
Jest to lepsza dokładność określenia czasu Ziemi niż pomiar Twojego biurka!

Śladem pierwszych, beztlenowych (cyjano?) - bakterii są australijskie stromatolity, piaskowce pozlepiane śluzem, tak z około **2,5-3 mld lat** temu.

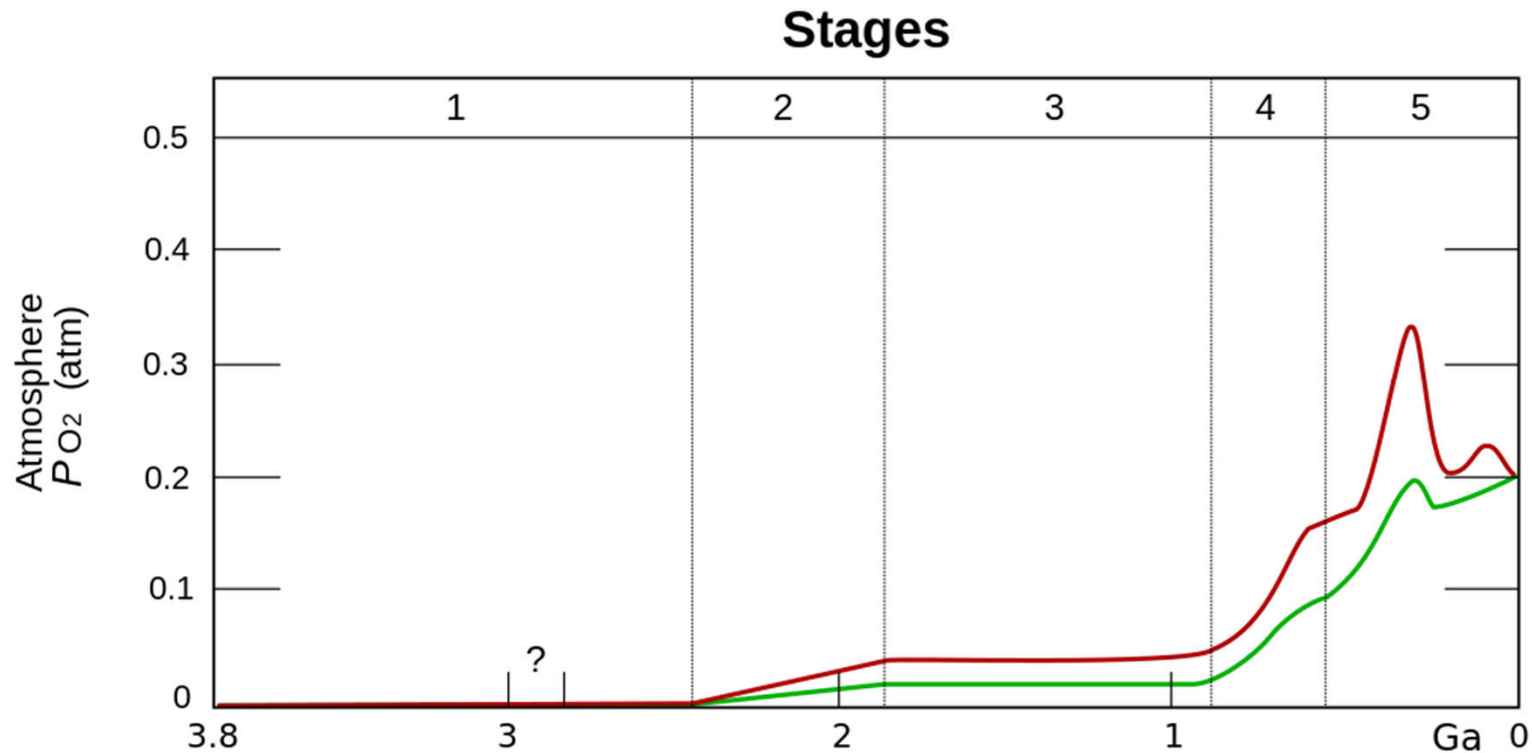
Dopiero po paru miliardach lat fotosyntezy uzbierało się dość tlenu w atmosferze:
542 mln lat temu życie wyszło na ląd



Snowball Earth

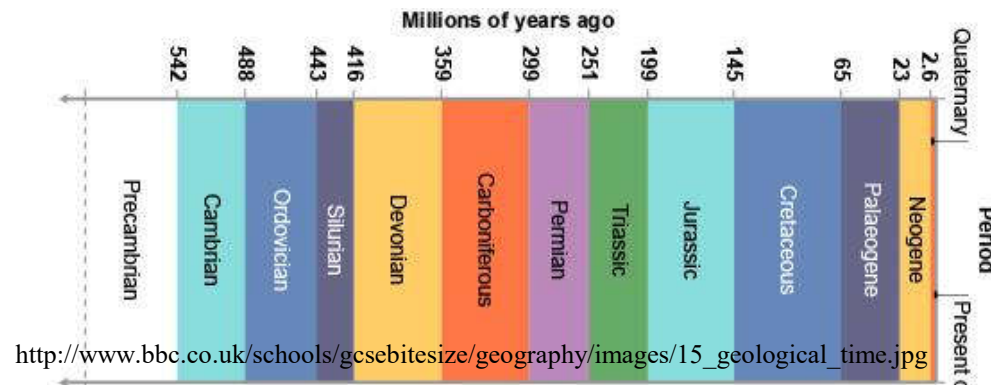
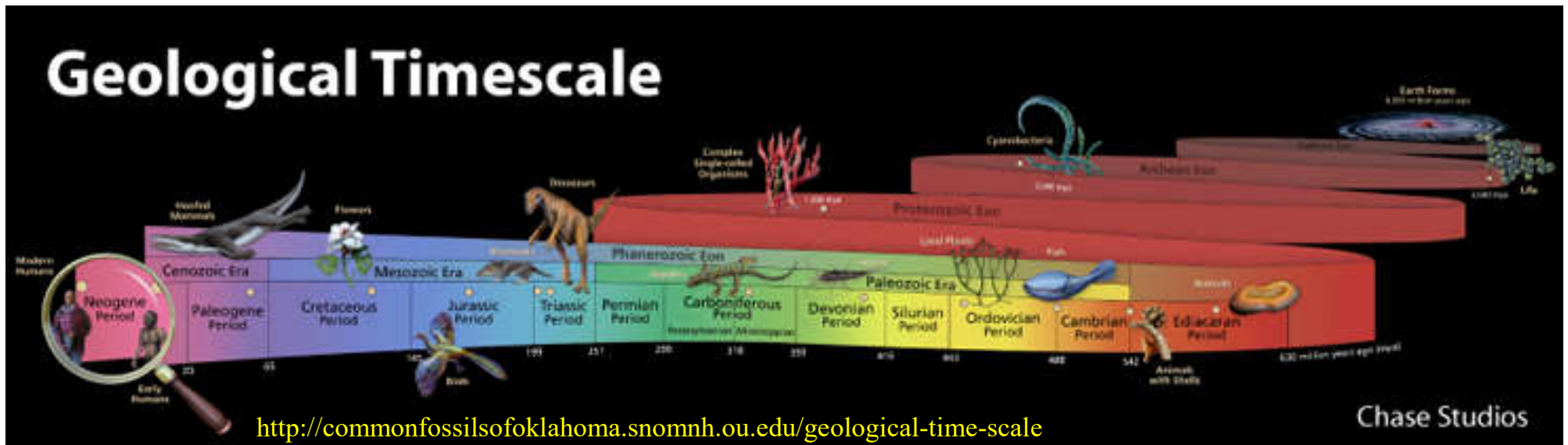


Great Oxygenation Event



- O_2 build-up in the [Earth's atmosphere](#). Red and green lines represent the range of the estimates while time is measured in billions of years ago (Ga). Stage 1 (3.85–2.45 Ga): Practically no O_2 in the atmosphere. The oceans were also largely anoxic – with the possible exception of O_2 in the shallow oceans.
- Stage 2 (2.45–1.85 Ga): O_2 produced, rising to values of 0.02 and 0.04 atm, but absorbed in oceans and seabed rock.
- Stage 3 (1.85–0.85 Ga): O_2 starts to [gas out](#) of the oceans, but is absorbed by land surfaces. No significant change in oxygen level.
- Stages 4 and 5 (0.85 Ga – present): Other O_2 reservoirs filled; gas accumulates in atmosphere. [\[1\]](#)

Ile lat ma życie na Ziemi?

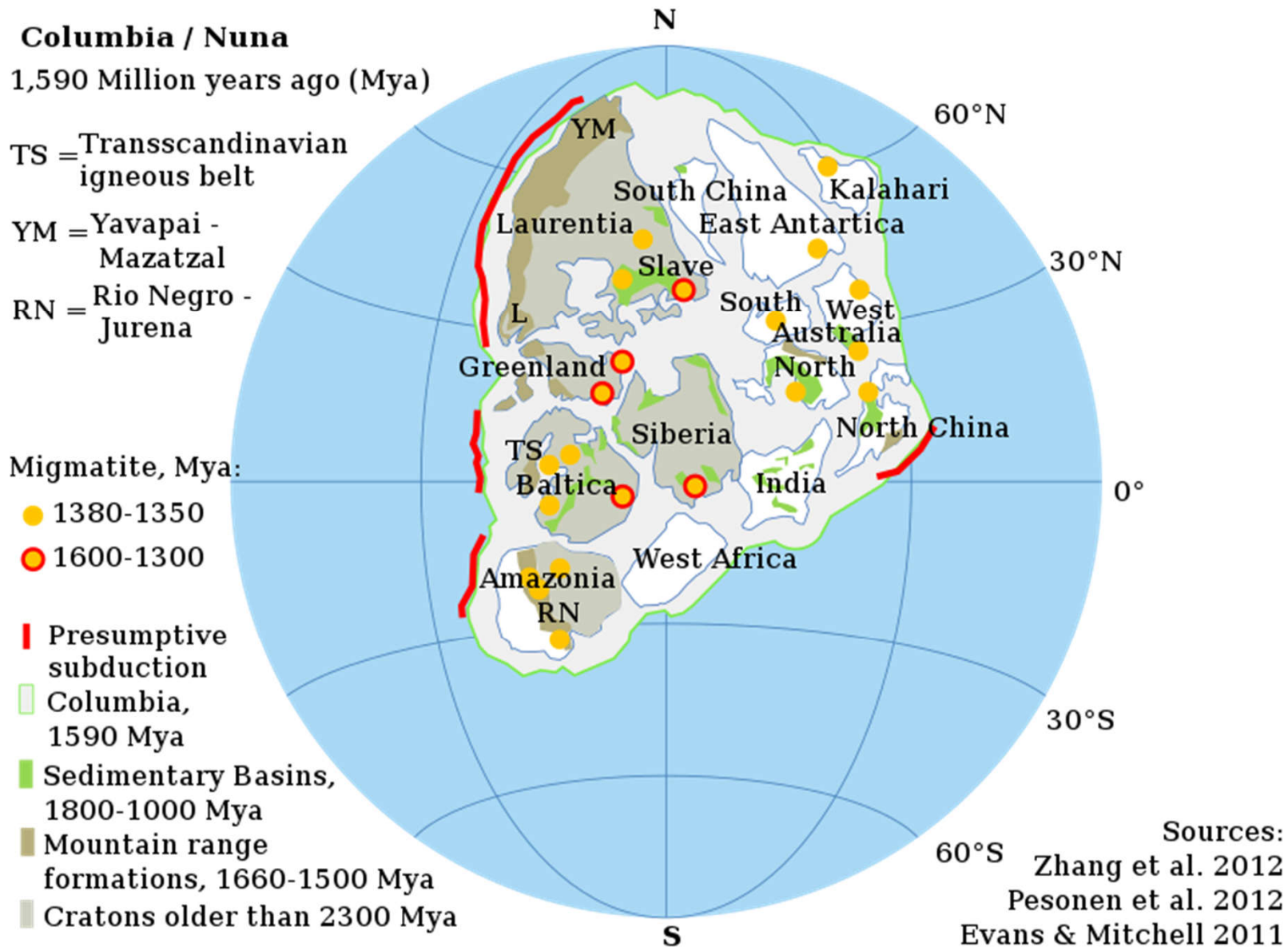


Życie na Ziemi powstało prawie natychmiast - jak tylko Planeta ostygła na tyle, że powstały skały i woda skropliła się. Trzy miliardy lat minęło, zanim w atmosferze zebrał się w obfitości (>10%) tlen, pojawiły się rośliny na lądzie i ryby w oceanach. 400 milionów lat temu na lądzie królowały paprocie i widłaki a na dnie mórz żerowały trylobity. Kwiaty pojawiły się 200 mln lat temu.

Paleontologia



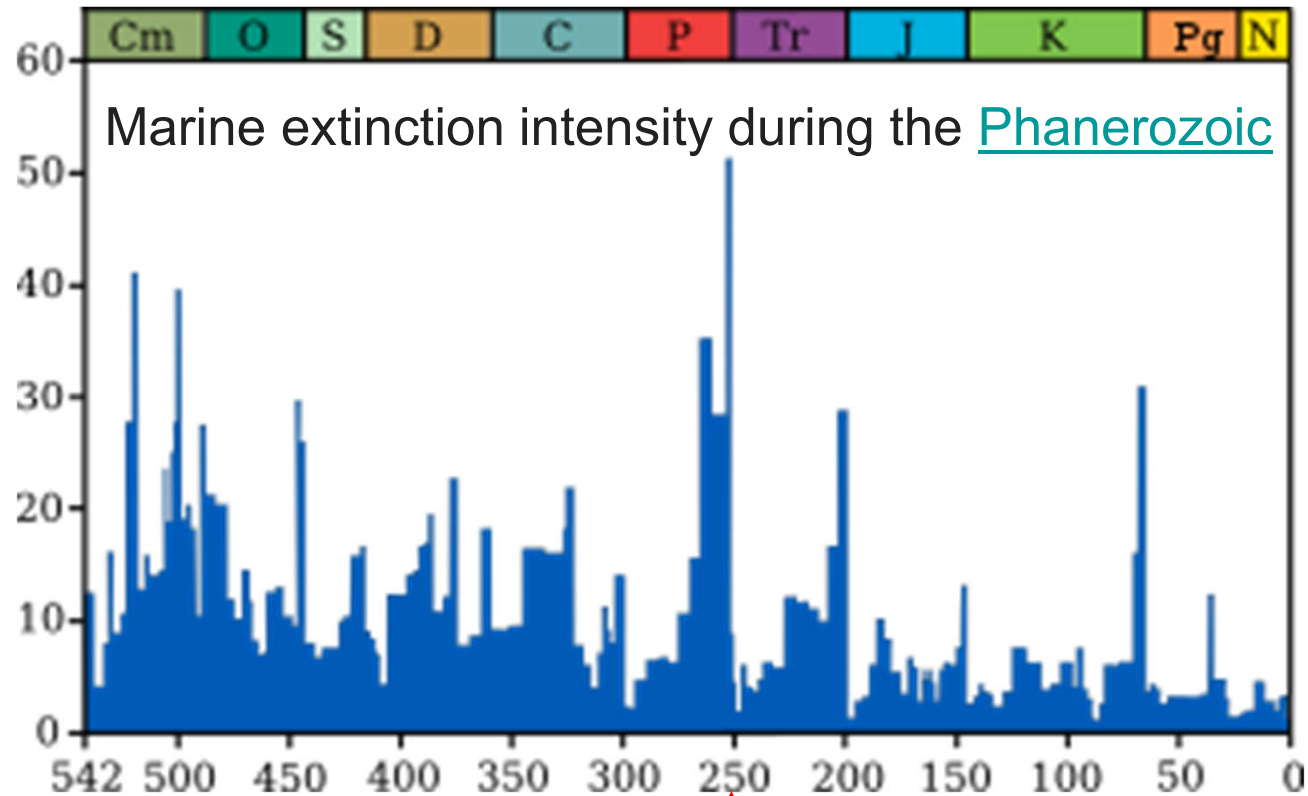
Columbia 1,590 mld temu



Paleogeographic globe, the Columbia supercontinent 1590 Mya

https://en.wikipedia.org/wiki/Boring_Billion#/media/File:Paleoglobe_NO_1590_mya-vector-colors.svg

Great extinctions



https://en.wikipedia.org/wiki/Extinction_event



W naszym organizmie relikty sprzed 2 mld lat

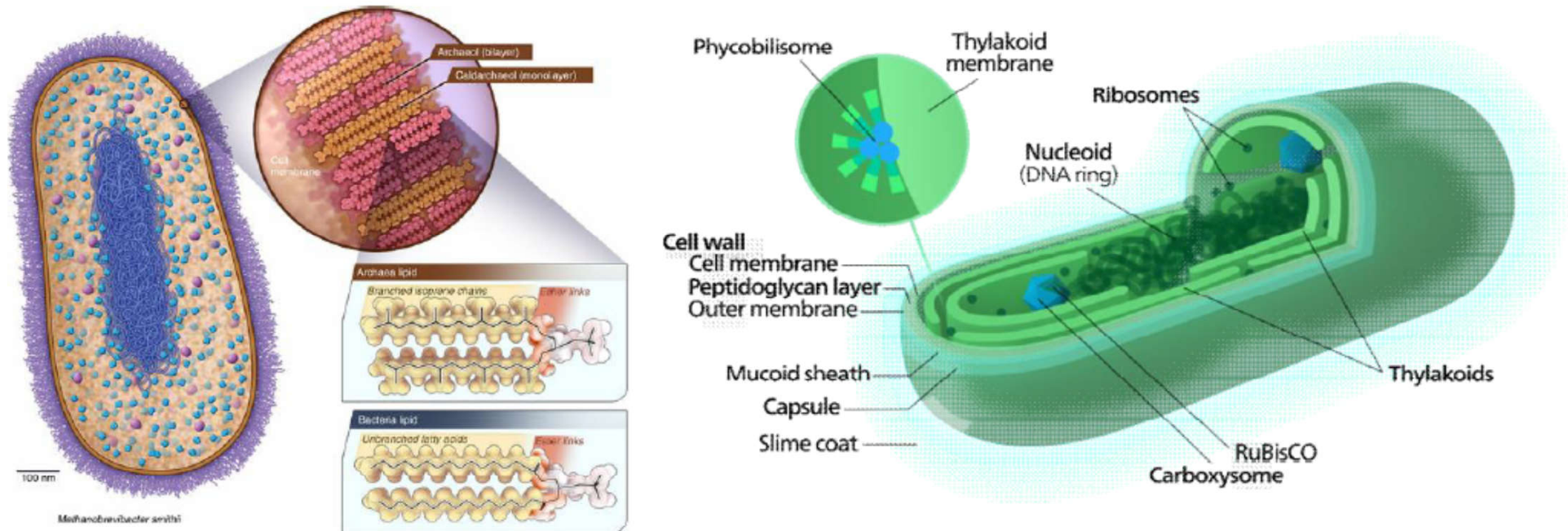


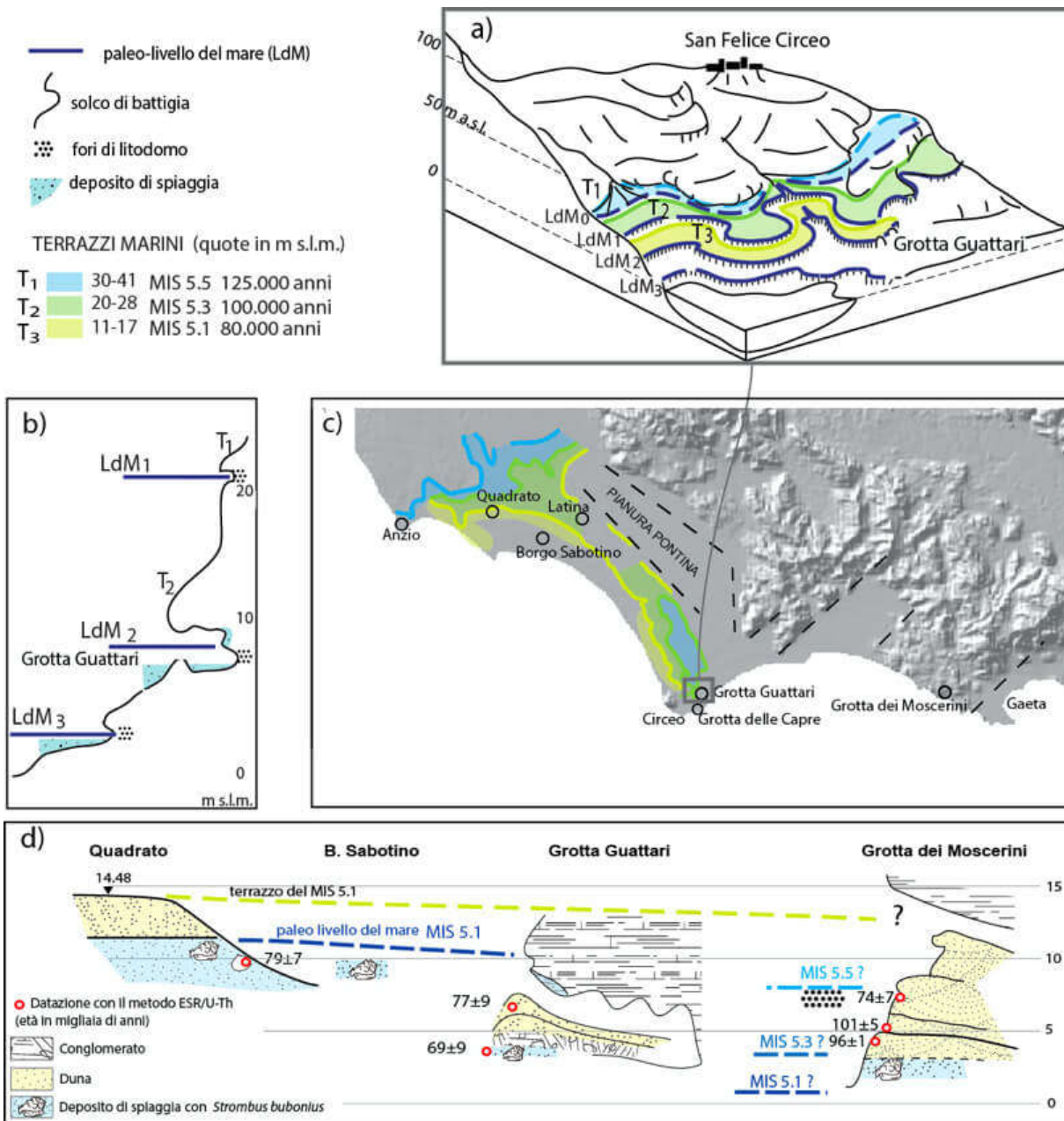
Fig. 5.5 (a) Il *Methanobrevibacter smithii* appartiene al regno Archeae vive nell'intestino umano, dove produce metano digerendo polisaccaridi; esso ha un'anatomia molto semplice: un groviglio di DNA al centro e una membrana cellulare molto primitiva, ancora non basata su lipidi; (b) la struttura del batterio azzurro-verde (cianobatterio) è molto più complicata: contiene delle "sottocellule" specializzate in alcune funzioni, come la fotosintesi o la replicazione (ribosomi). FONTE: Wikipedia.

Globalne zlodowacenia jako laboratorium ewolucji



Figura 4.10. (a) Nel periodo delle glaciazioni globali c'era già l'ossigeno nell'atmosfera: così si potevano osservare anche le aurore boreali, che sono dovute a O_2 e NO (Geodium, Toruń). E forse la presenza d'ossigeno provocò grandi fluttuazioni della temperatura sulla scala globale. (b) Le bocche idrotermali sono ambienti ricchi di vita sorprendente, nei quali l'energia non viene ricavata dal sole, ma dalle reazioni chimiche. (c) Il paesaggio desolato di Marte, privo di acqua e di rocce calcaree. In Giugno 2018, sembra, che sono state trovate le tracce delle sostanze derivanti dalla decomposizione di molecole organiche: non è da escludere, che in tempi remoti (un paio di miliardi d'anni fa) sul Marte esisteva qualche forma primitiva di vita. FONTE: Geodium, Toruń (GK); NASA Astrobiology Institute; <http://mars.nasa.gov>.

Il Tirreniano



Era Tyrreńska to okres interglacjału pomiędzy dwoma ostatnimi zlodowaceniami, które miały miejsce odpowiednio 160 tys. i 20 tys. lat temu. W tym okresie, po tym jak poziom morza obniżył się do 120 metrów poniżej obecnego poziomu z powodu zamarzania dużych mas wody na biegunach, nastąpił jego gwałtowny wzrost. Około 125 tysięcy lat temu poziom morza osiągnął i przekroczył obecny poziom o około sześć metrów.

<https://rivistanatura.com/come-e-cambiato-il-livello-del-mare-nel-mediterraneo/>

Wielkie roztopy 14 tys. lat temu

Home / Press releases / 14 mila anni fa fusione calotta glaciale causa brusco innalzamento del livello globale dei mari

PRESS RELEASE

14 mila anni fa fusione calotta glaciale causa brusco innalzamento del livello globale dei mari

11/10/2016

Cnr, Ogs e Ingv protagonisti nella ricerca di frontiera in Artico con il progetto Arca, finalizzato a comprendere meglio il sistema climatico e i suoi cambiamenti investigando gli eventi estremi del passato e i processi che li hanno generati.

Risale a circa 14mila anni fa l'ultima grande fusione della calotta glaciale artica che ha causato l'immissione negli oceani di grandi volumi di acque fredde e dolci, alterando la circolazione oceanica e innescando uno sconvolgimento climatico e ambientale fino alle zone tropicali. La conferma arriva dalle ricerche nell'ambito del Progetto Arca (ARctic: present Climatic change and pAst extreme events), i cui risultati sono stati presentati oggi presso la sede del Ministero degli affari esteri e della cooperazione internazionale a Roma.

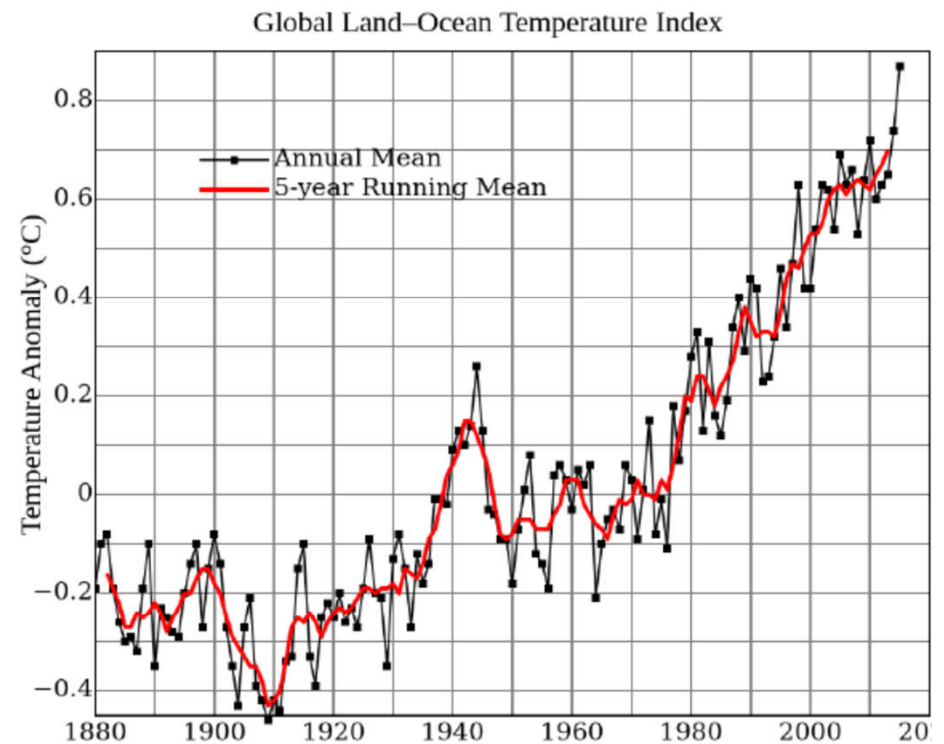
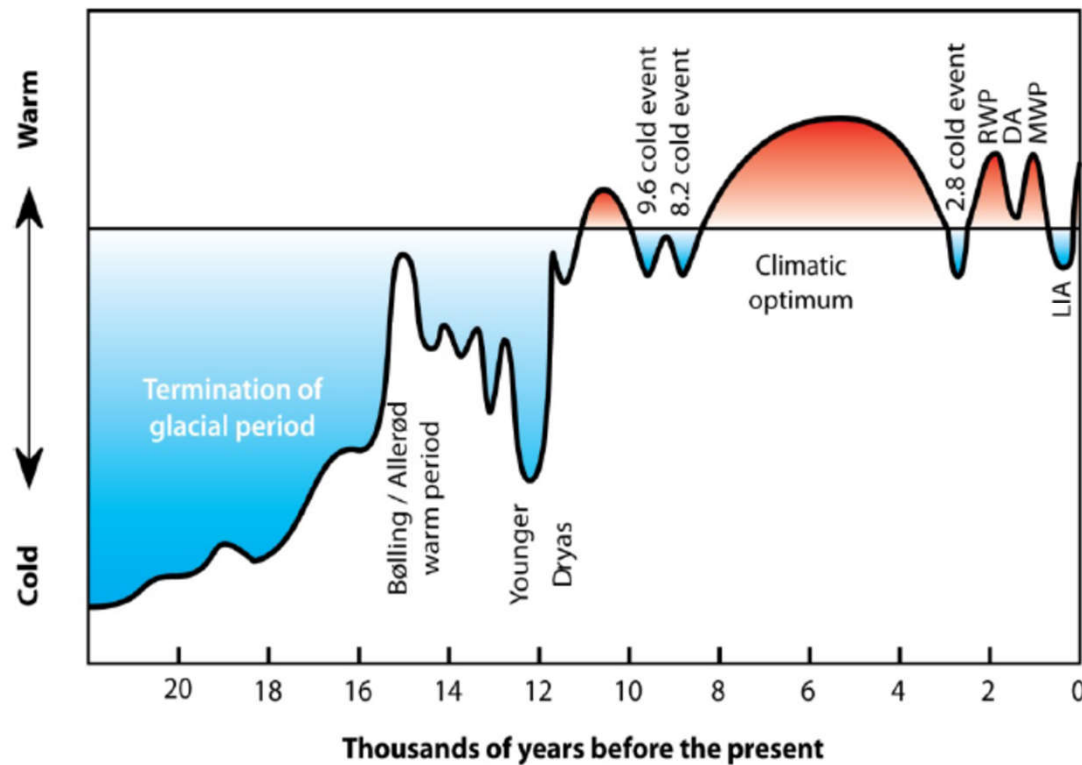
Il progetto, finanziato dal Ministero dell'istruzione, università e ricerca, ha visto impegnati il Consiglio nazionale delle ricerche (Cnr), in qualità di coordinatore, l'Istituto nazionale di oceanografia e di geofisica sperimentale (Ogs) e l'Istituto



<https://www.cnr.it/en/press-release/7067/14-mila-anni-fa-fusione-calotta-glaciale-causa-brusco-innalzamento-del-livello-globale-dei-mari>



Past analogues for present and future climate change

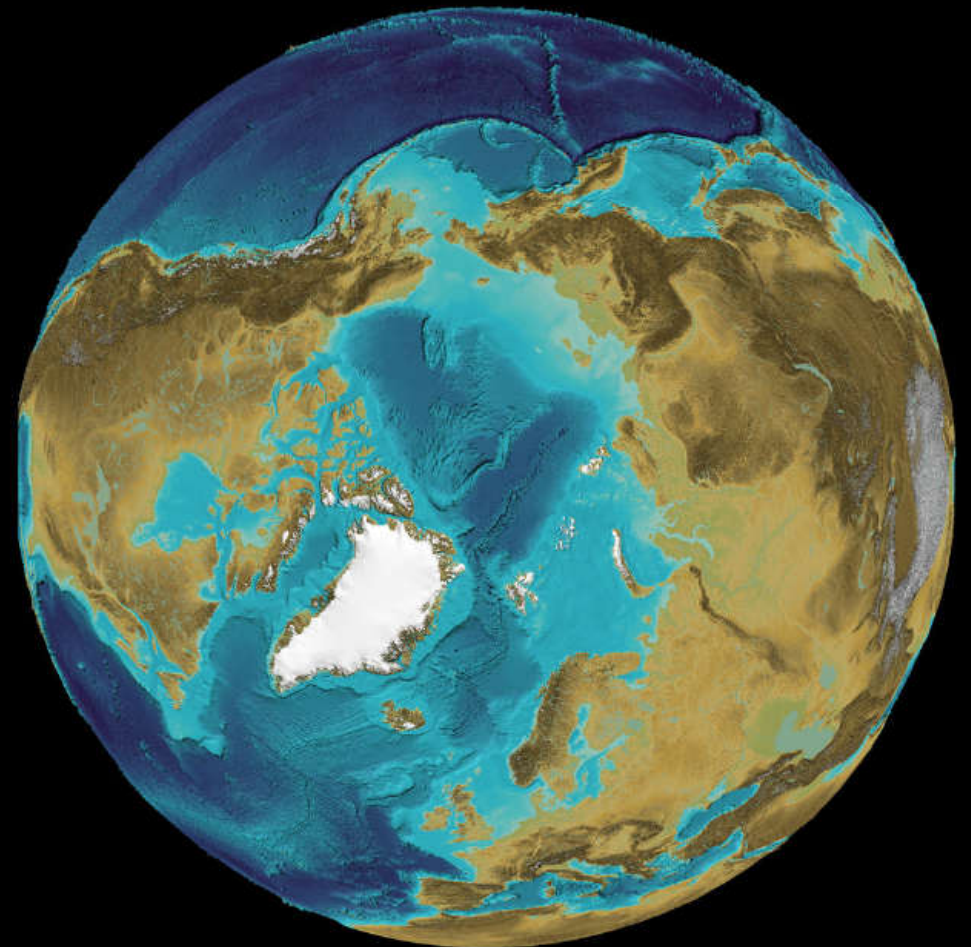




Importance of Arctic Past Climate and Climate Change Studies

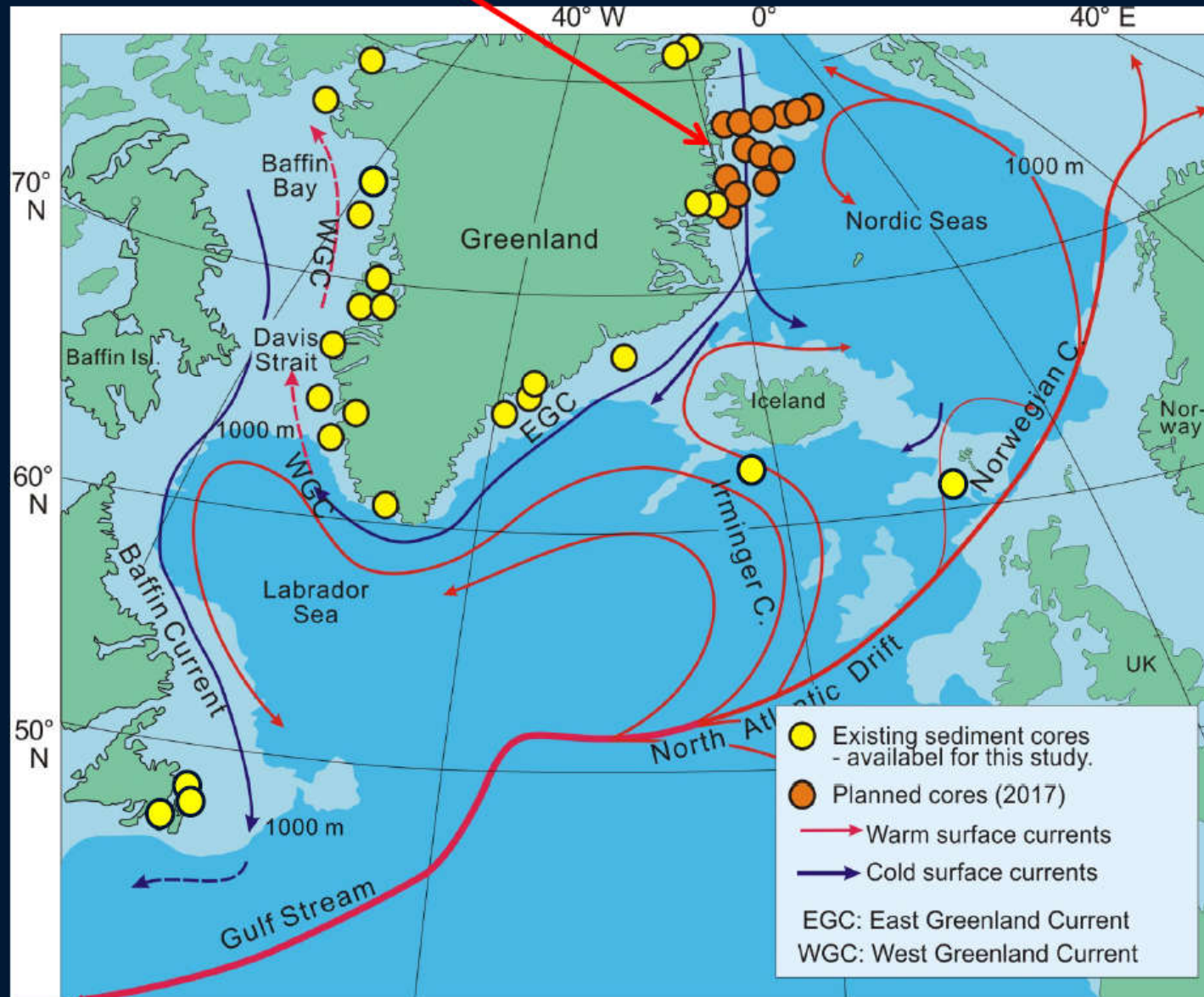
Marit-Solveig Seidenkrantz

Centre for Past Climate Studies
& Arctic Research Centre
Department of Geoscience,
Aarhus University (Denmark)

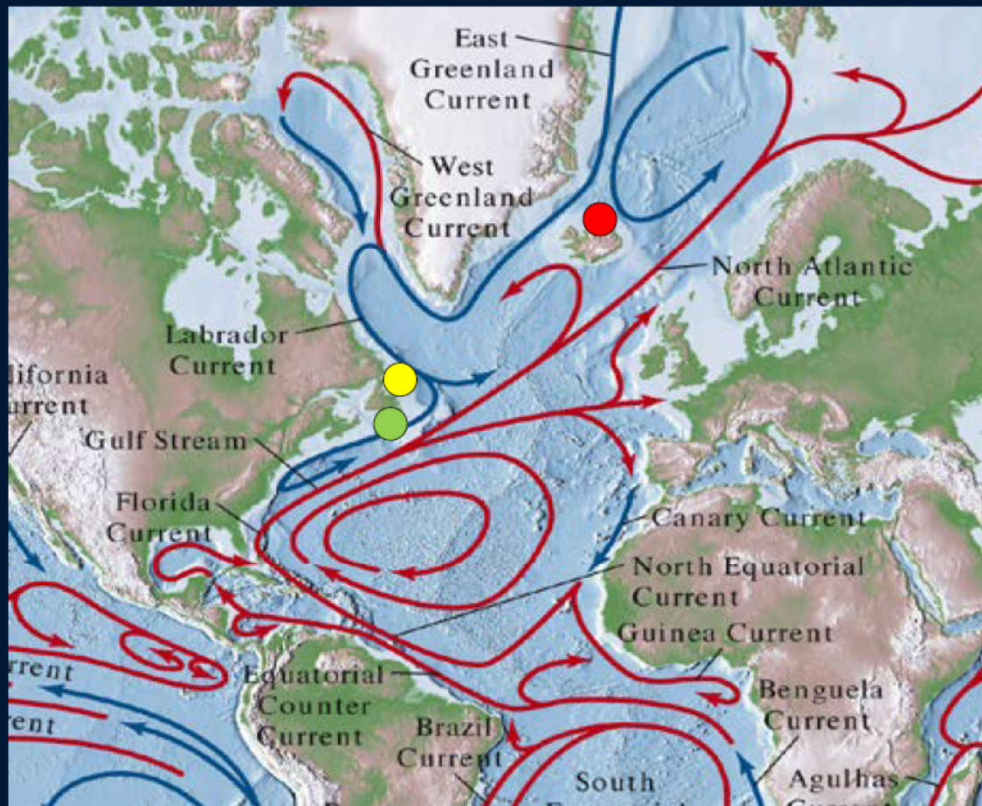




NorthGreen2017



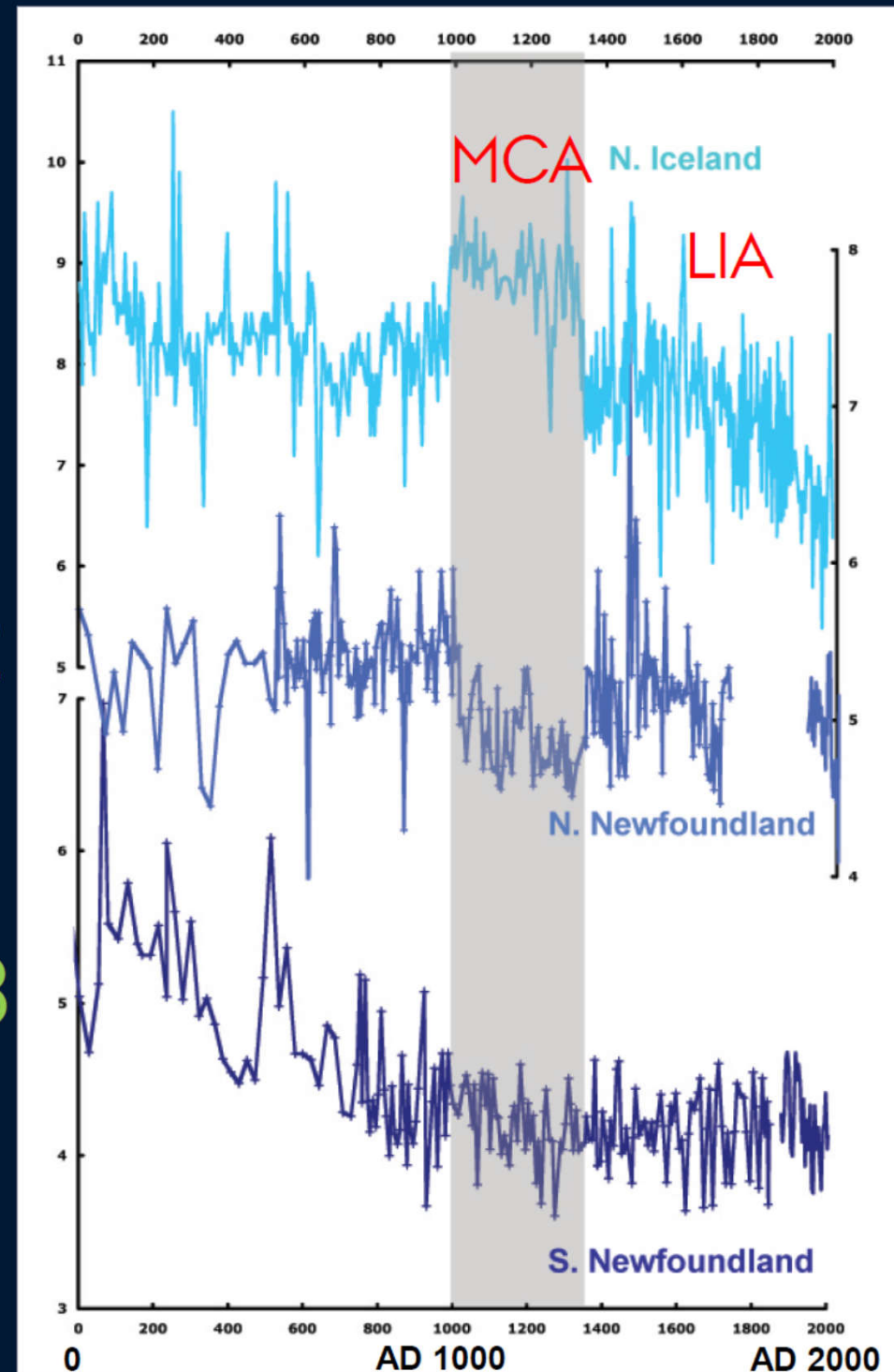
Geographical Differences Explain Mechanisms

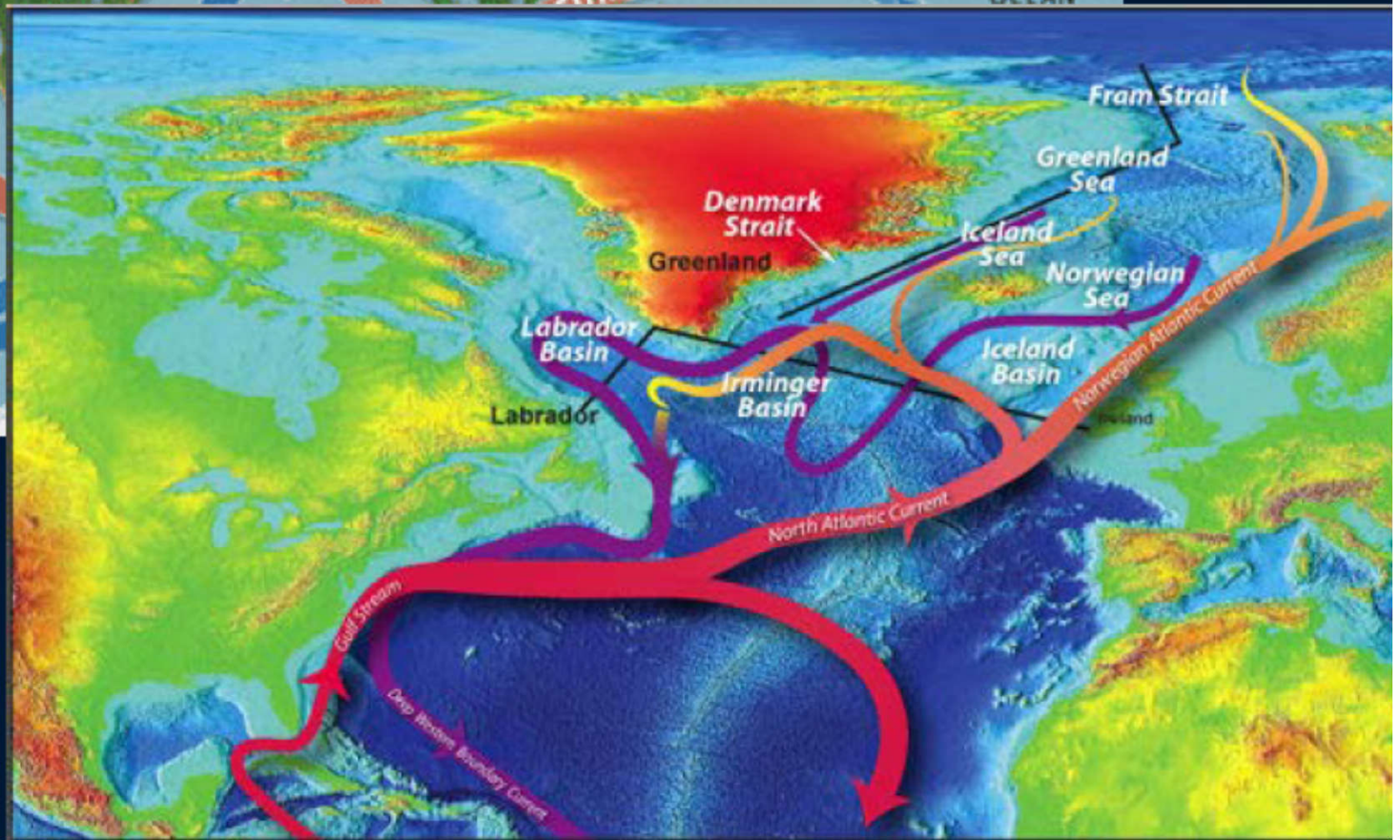
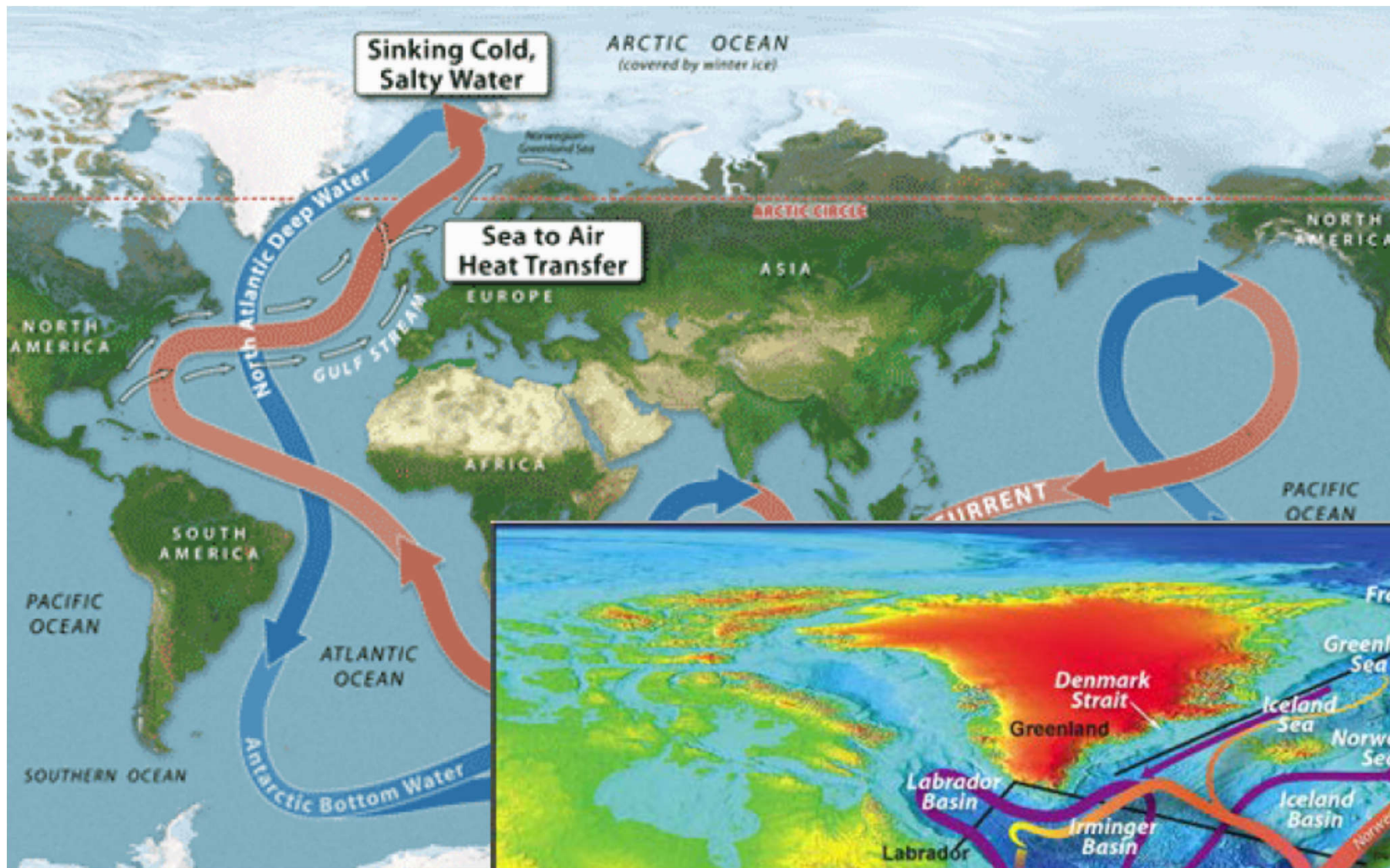


1

2

3

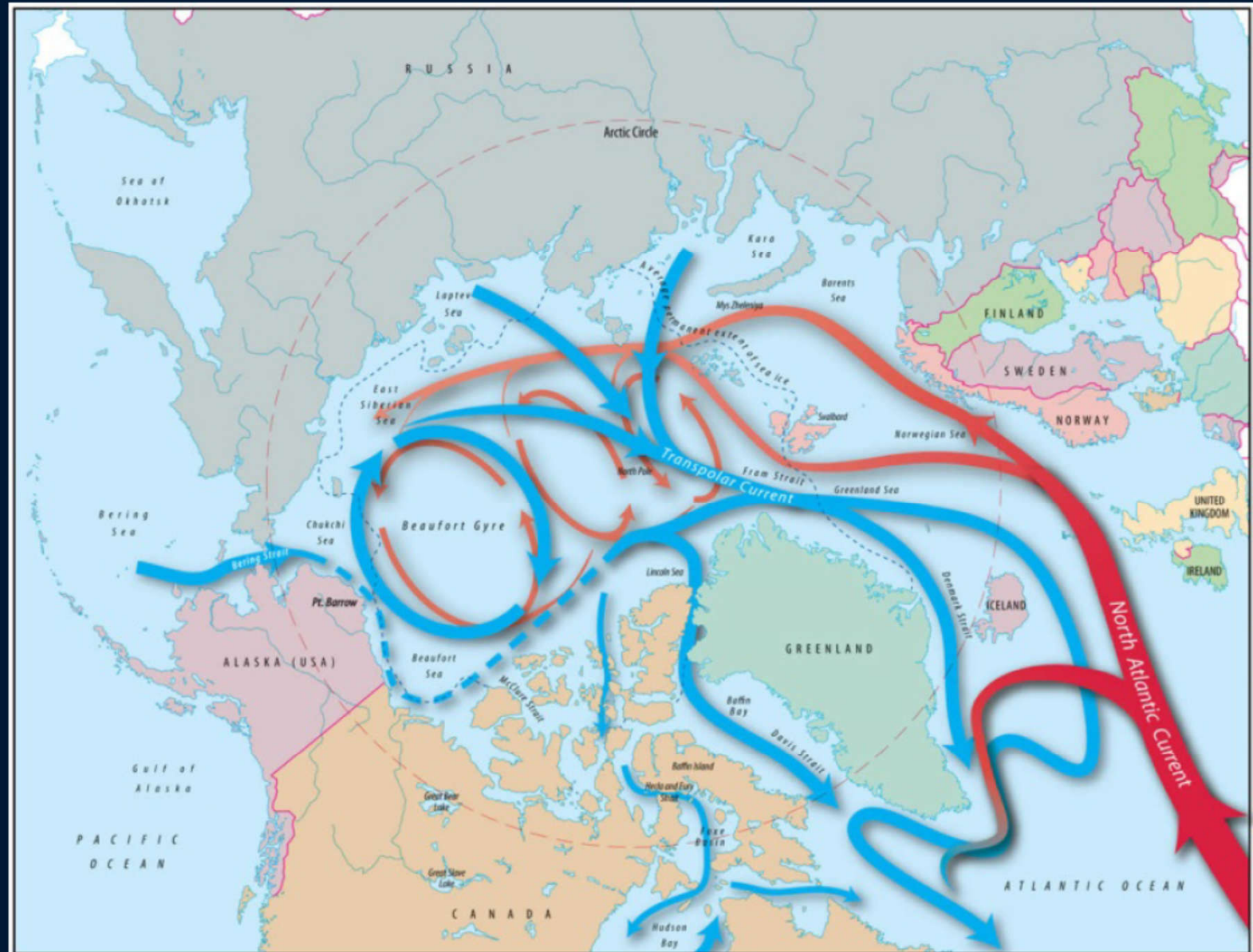




Arctic ocean currents

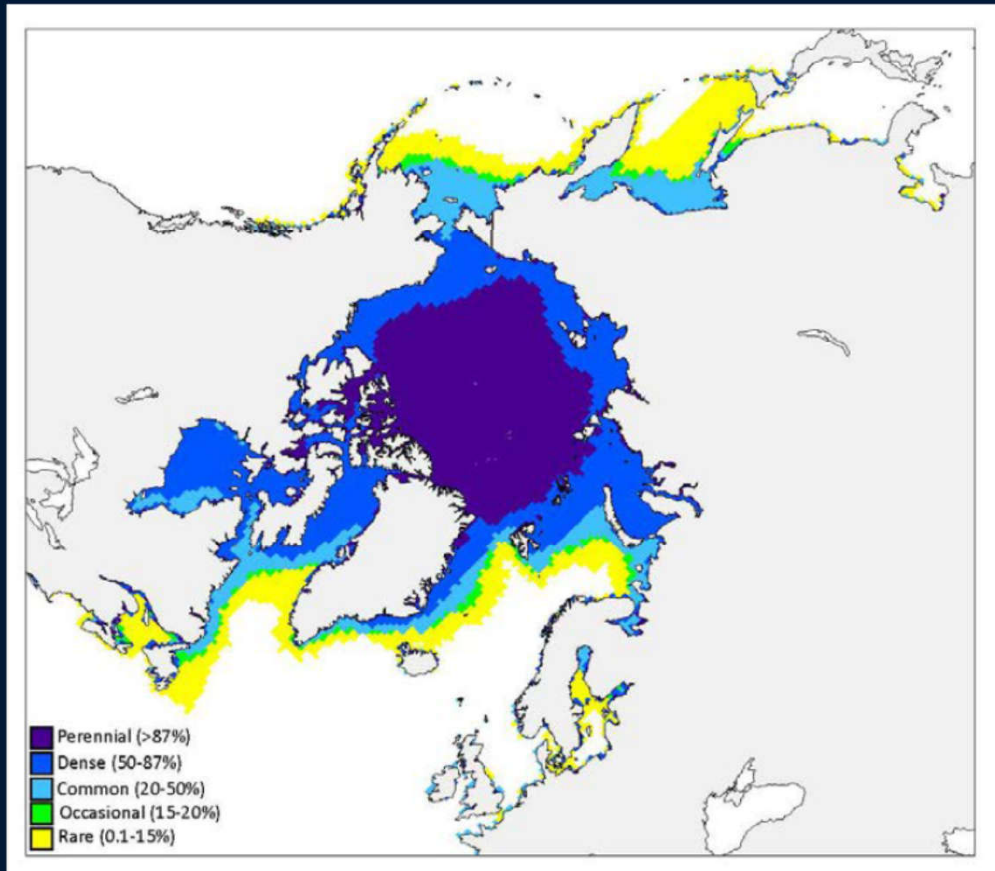
Blue arrows = cold, relatively fresh water.
Red arrows = warm, salty water from the North Atlantic

(Jack Cook, WHOI)

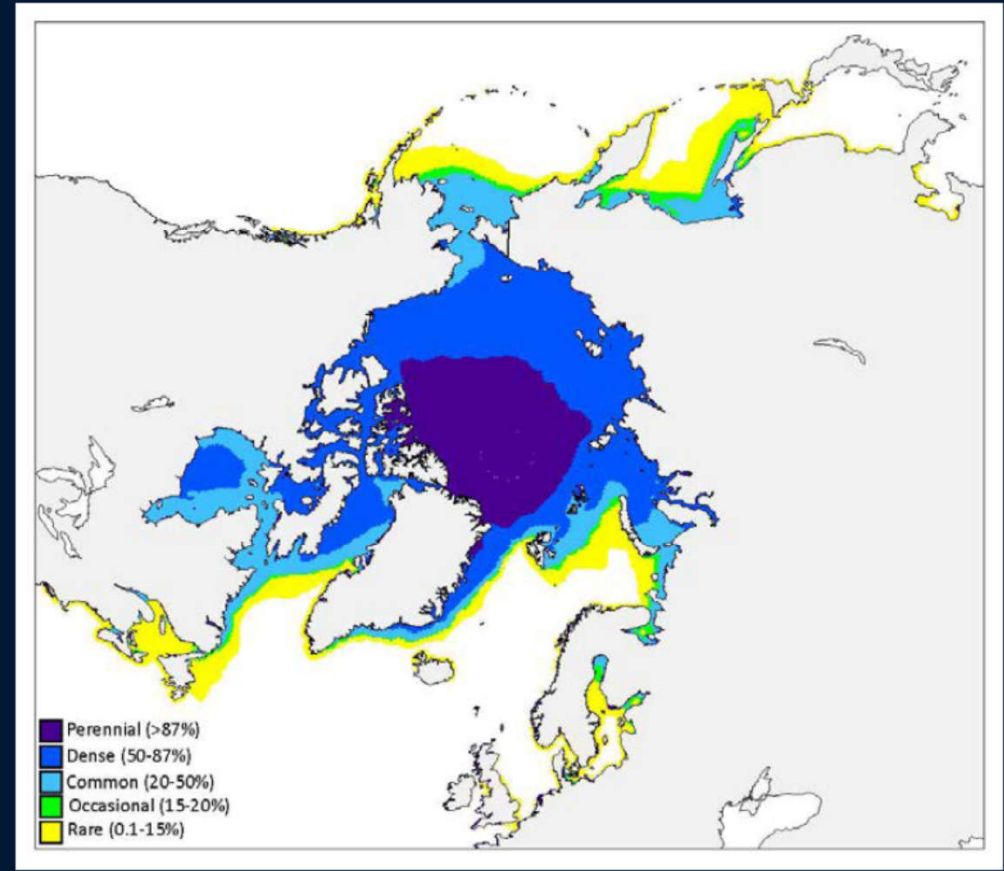




MODERN SEA ICE



1953-2003



2003-2013



With great thanks!
Grzegorz Karwasz



Cryo-sfera dziś

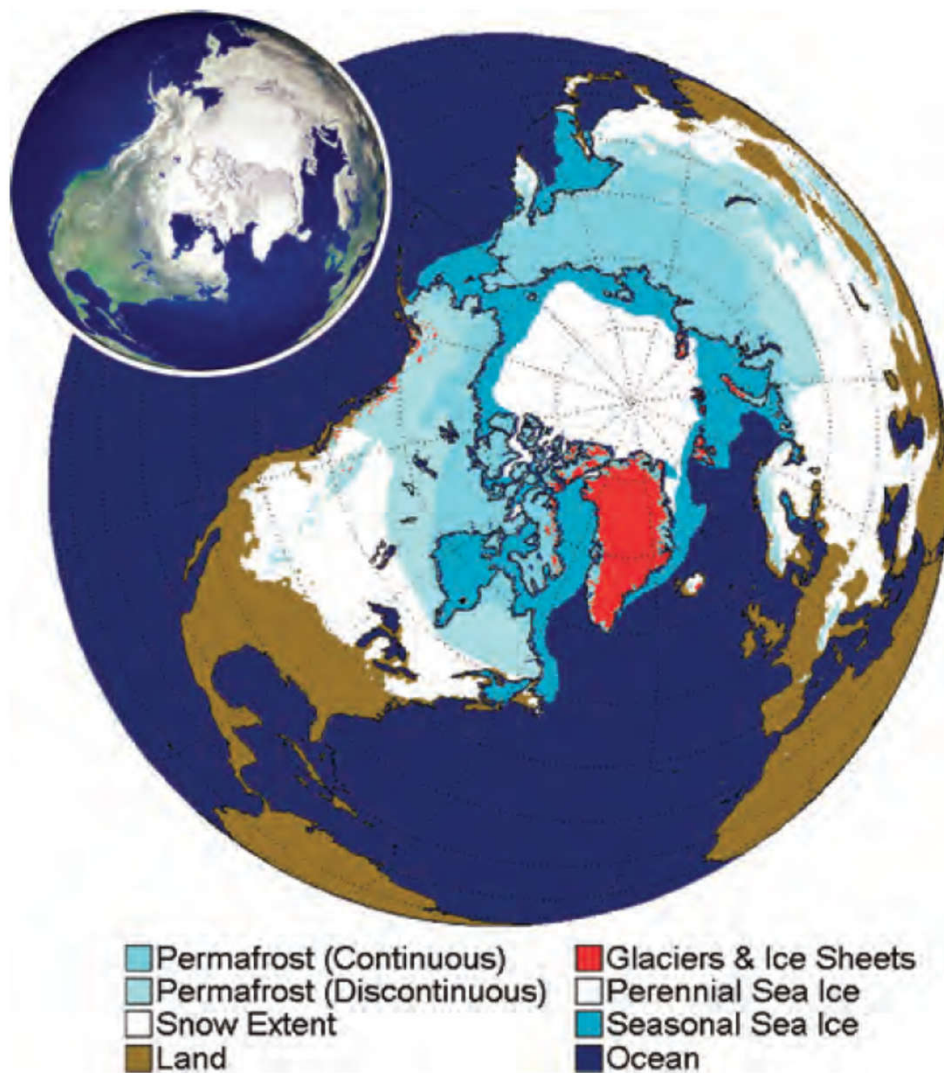


Table 2.1 Surface area and mass of the various components of the cryosphere^a

Cryospheric component	Area	Mass
Antarctic ice sheet	2.7	53
Greenland ice sheet	0.35	5
Alpine glaciers	0.1	0.2
Arctic sea ice (March)	3	0.04
Antarctic sea ice (September)	4	0.04
Seasonal snow cover	9	<0.01
Permafrost	5	1

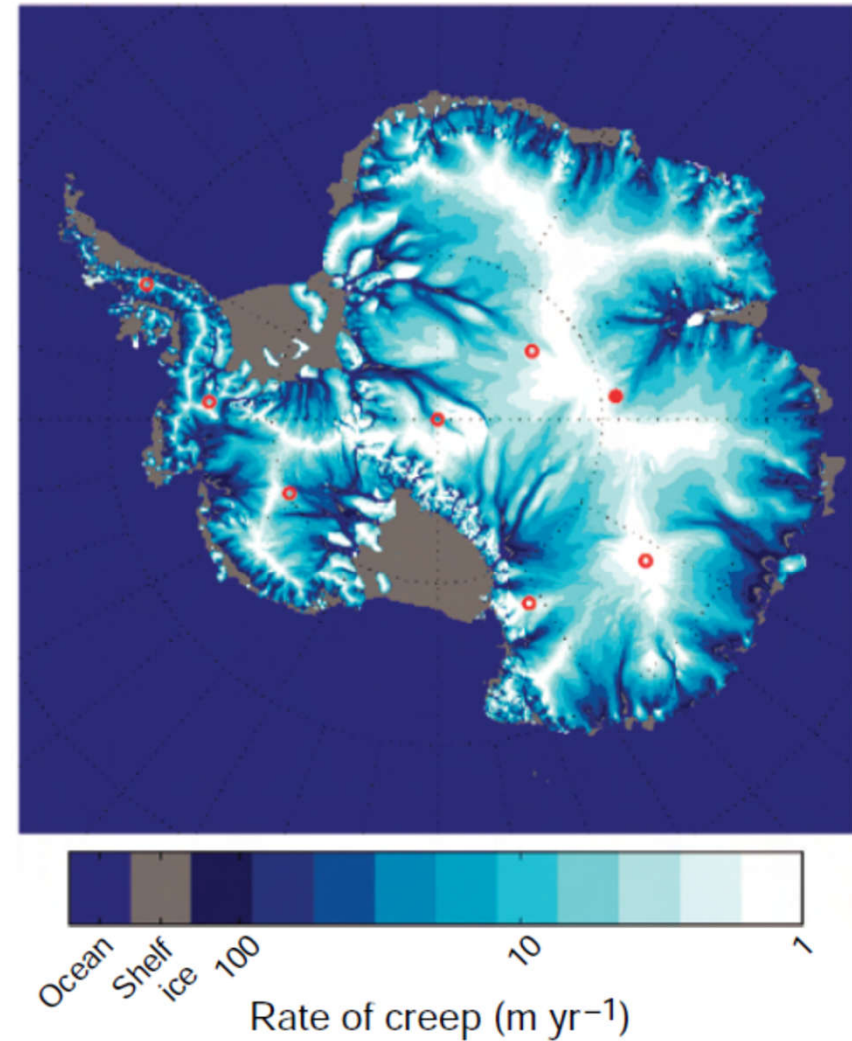
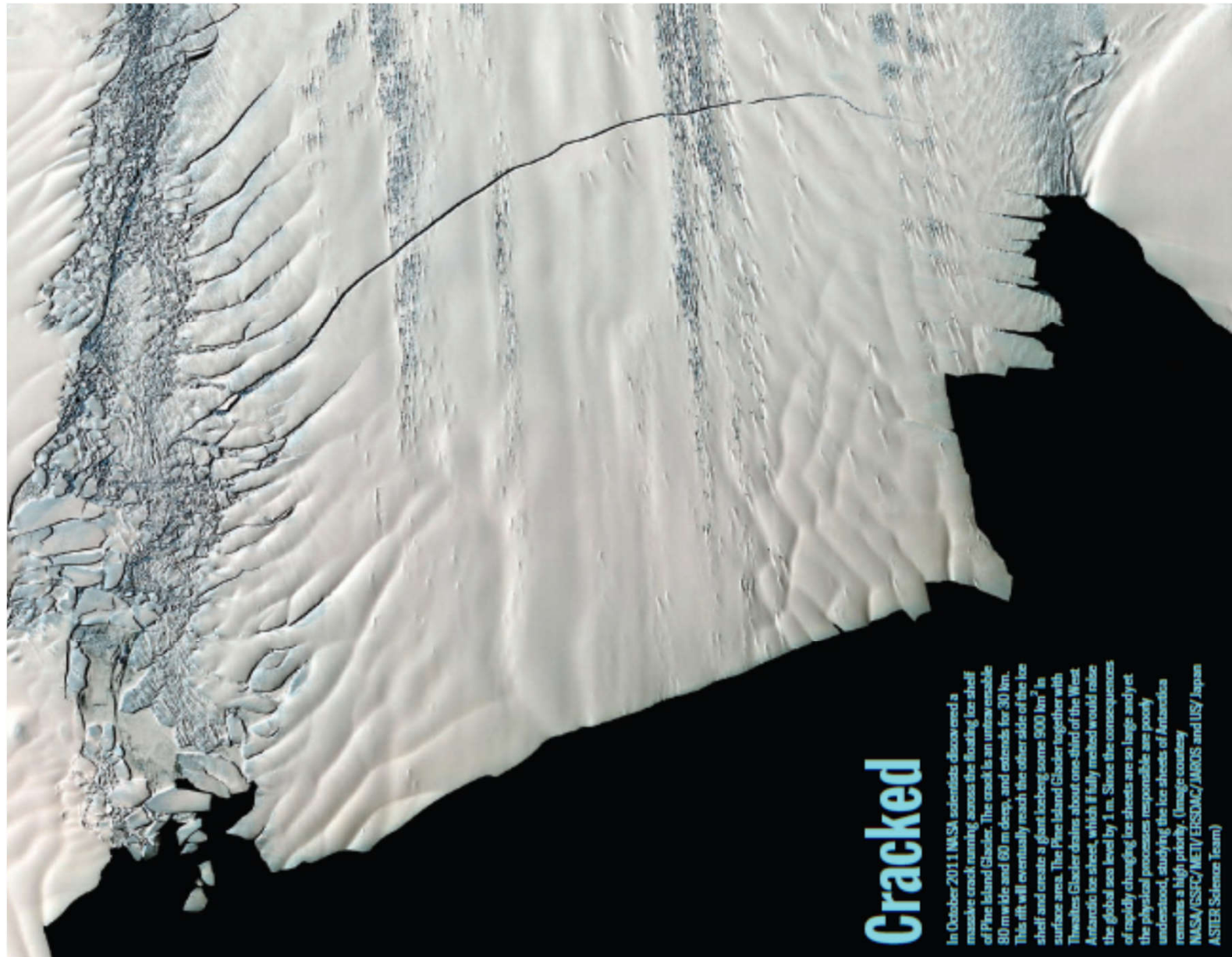


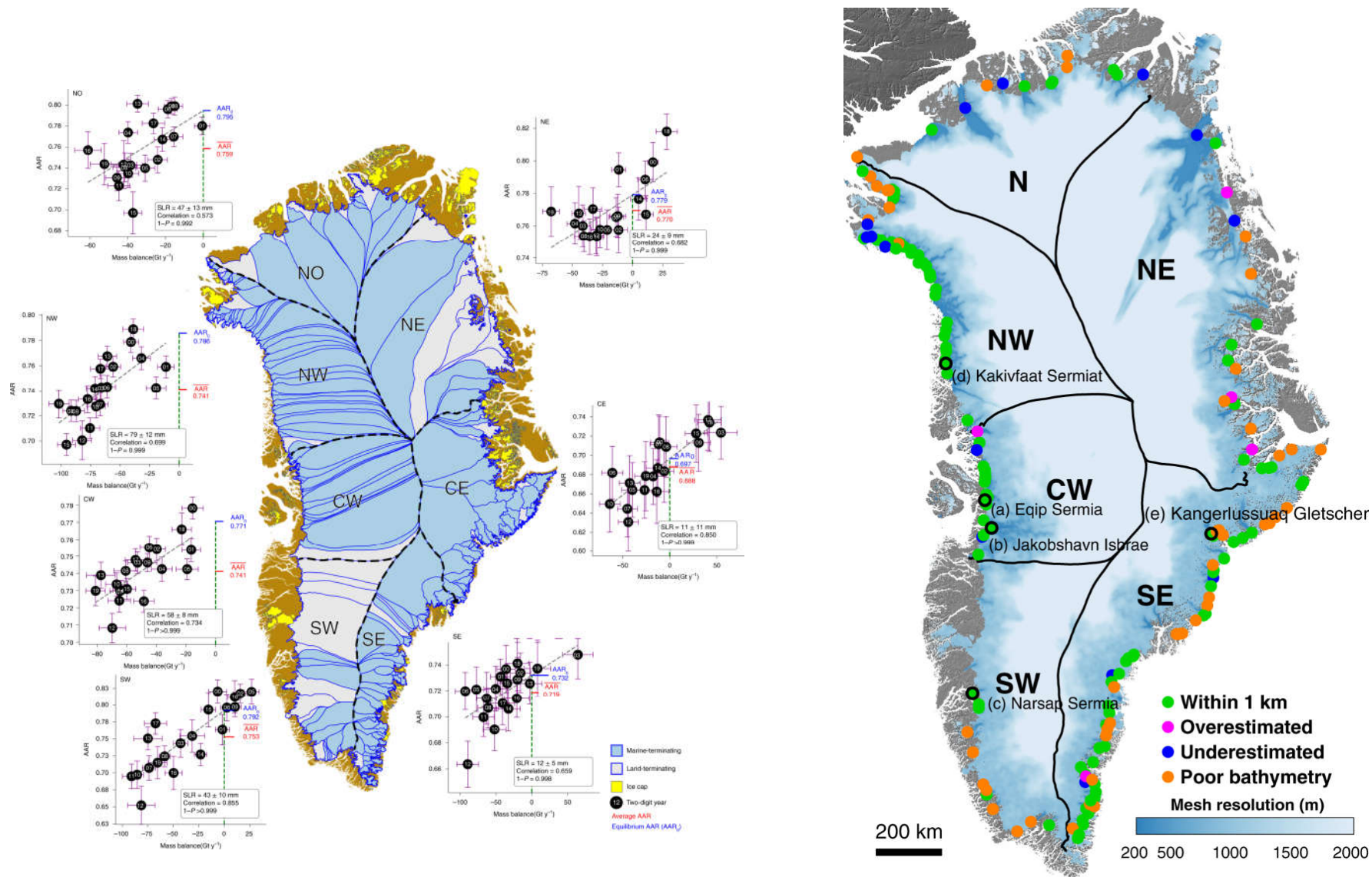
Fig. 2.13 Satellite image of the Antarctic ice sheet showing rate of creep of the ice (in m year^{-1}) on a logarithmic scale. Data show the locations of five ice cores. Most of the ice is moving towards the coast.

Glacjosfera: gdzie się podzieją misie polarne?



Potężne pęknięcia w pokrywie lodowej Antarktydy, spowodowane efektem cieplarnianym

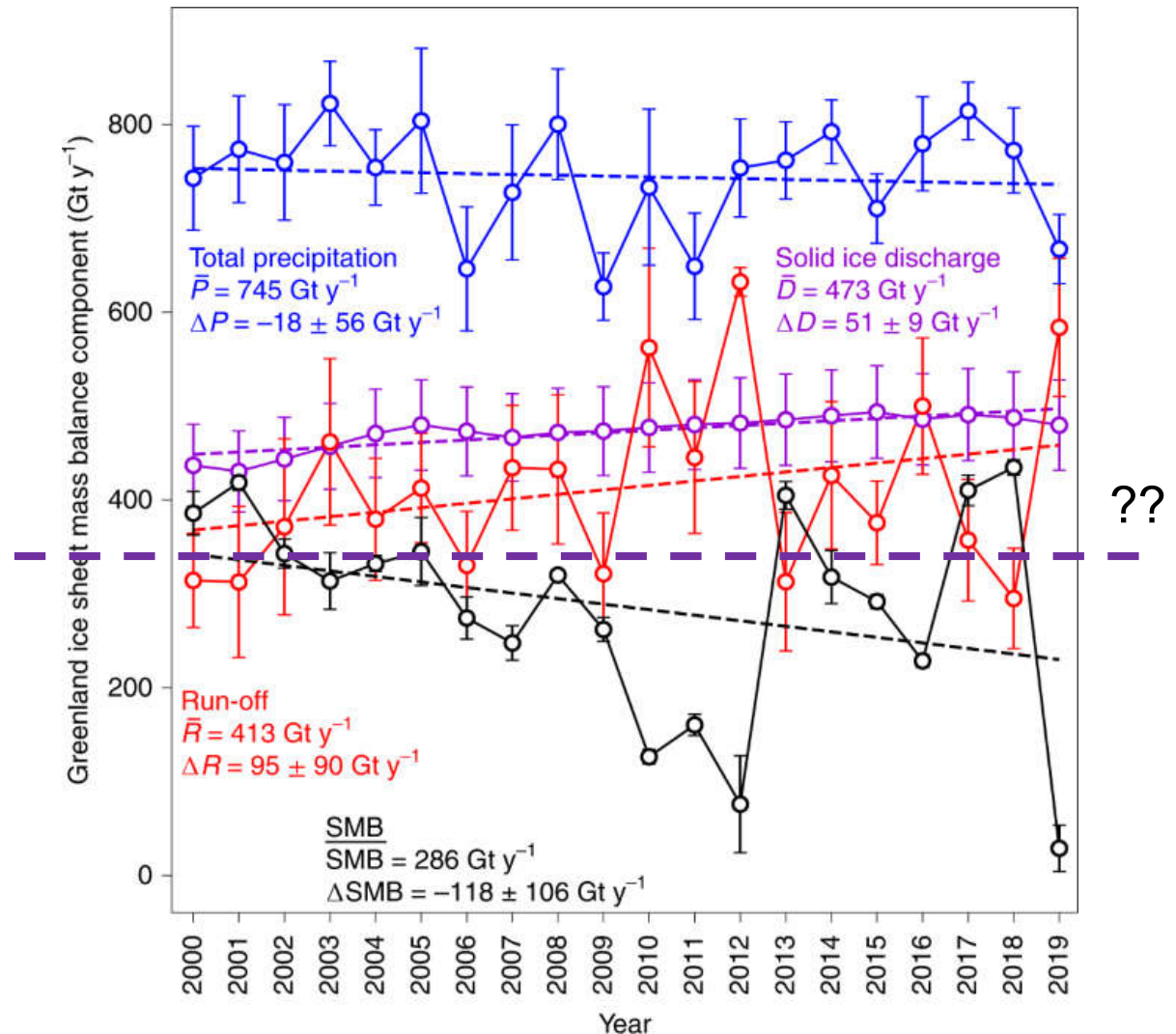
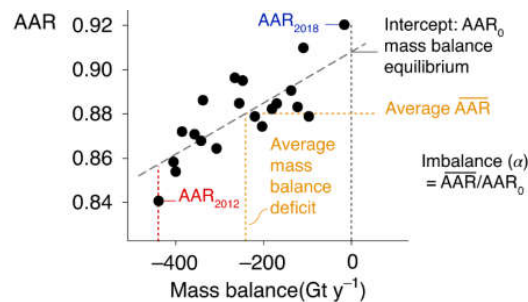
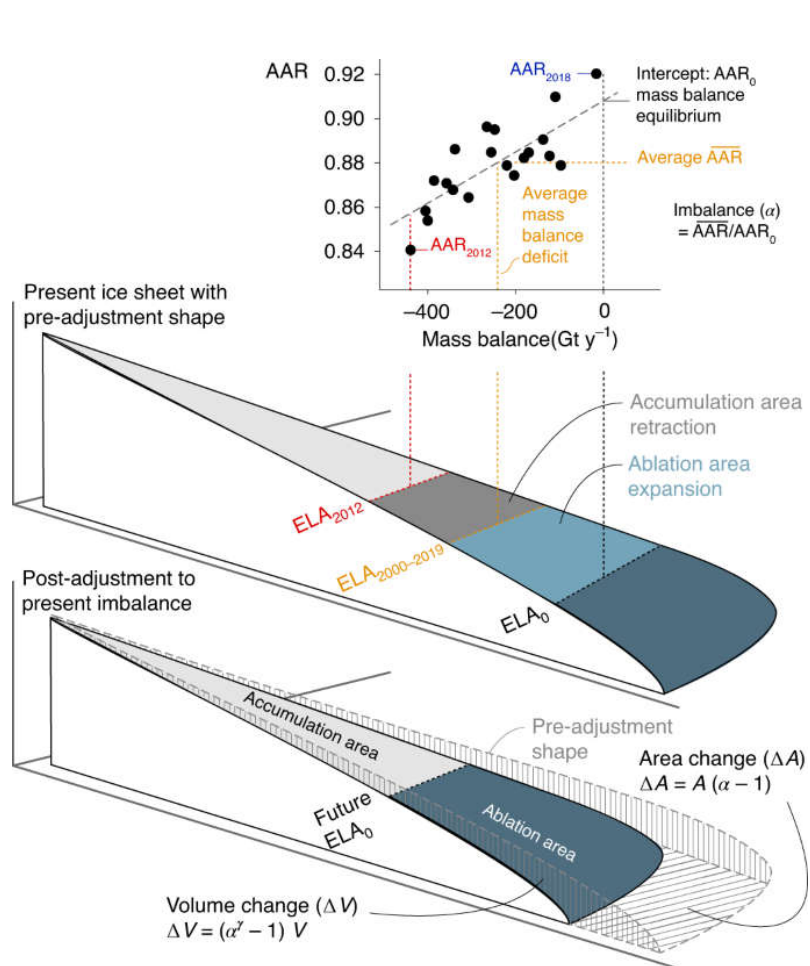
Topnienie Green-landii



<https://www.nature.com/articles/s41558-022-01441-2/figures/3>

<https://www.nature.com/articles/s43247-021-00092-z?fromPaywallRec=false>

Topnienie Grenlandii



Tak jest zbudowany lądolód

<https://www.nature.com/articles/s41558-022-01441-2>

Greenland ice sheet climate disequilibrium and committed sea-level rise, Jason E. Box et al.

Nature Climate Change volume 12, pages808–813 (2022)

Po „usunięciu” czterech punktów linia regresji pozostaje pozioma?

<https://www.nature.com/articles/s41558-022-01441-2>

Dryf lodu w Arktyce

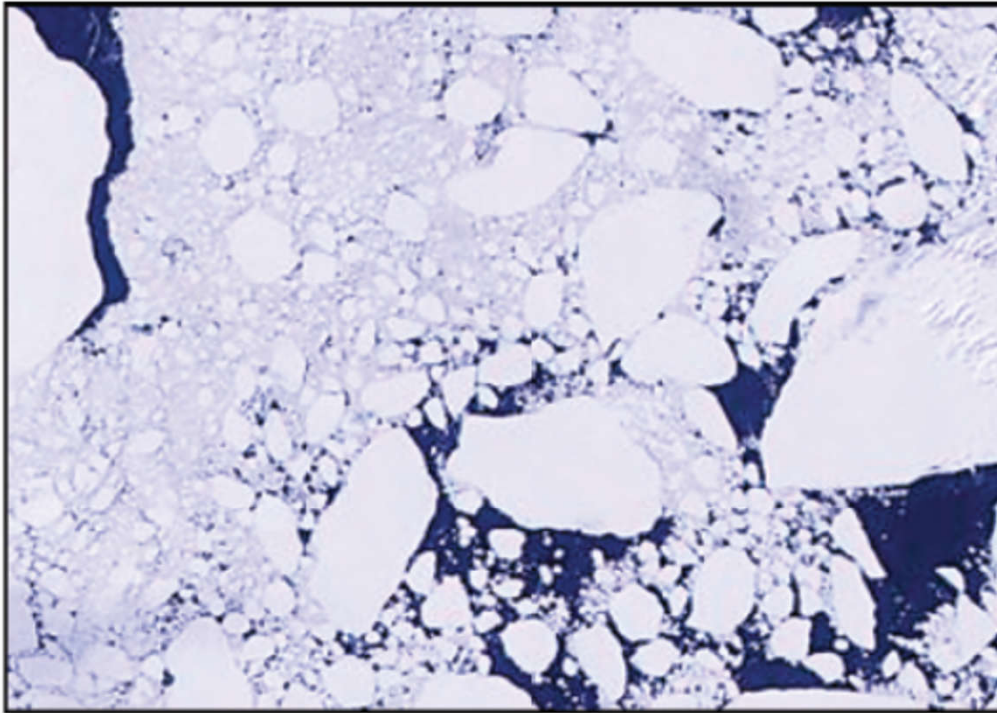


Fig. 2.15 Floes in pack ice streaming southward off the east coast of Greenland. The white area at the upper left is *landfast ice* that is attached to the coast, and the black channel adjacent to it is open water, where the mobile pack ice has become detached from the landfast ice. [NASA MODIS imagery.]

W lewym górnym rogu – lód przylegający do Grenlandii

Atmospheric Science, str. 34

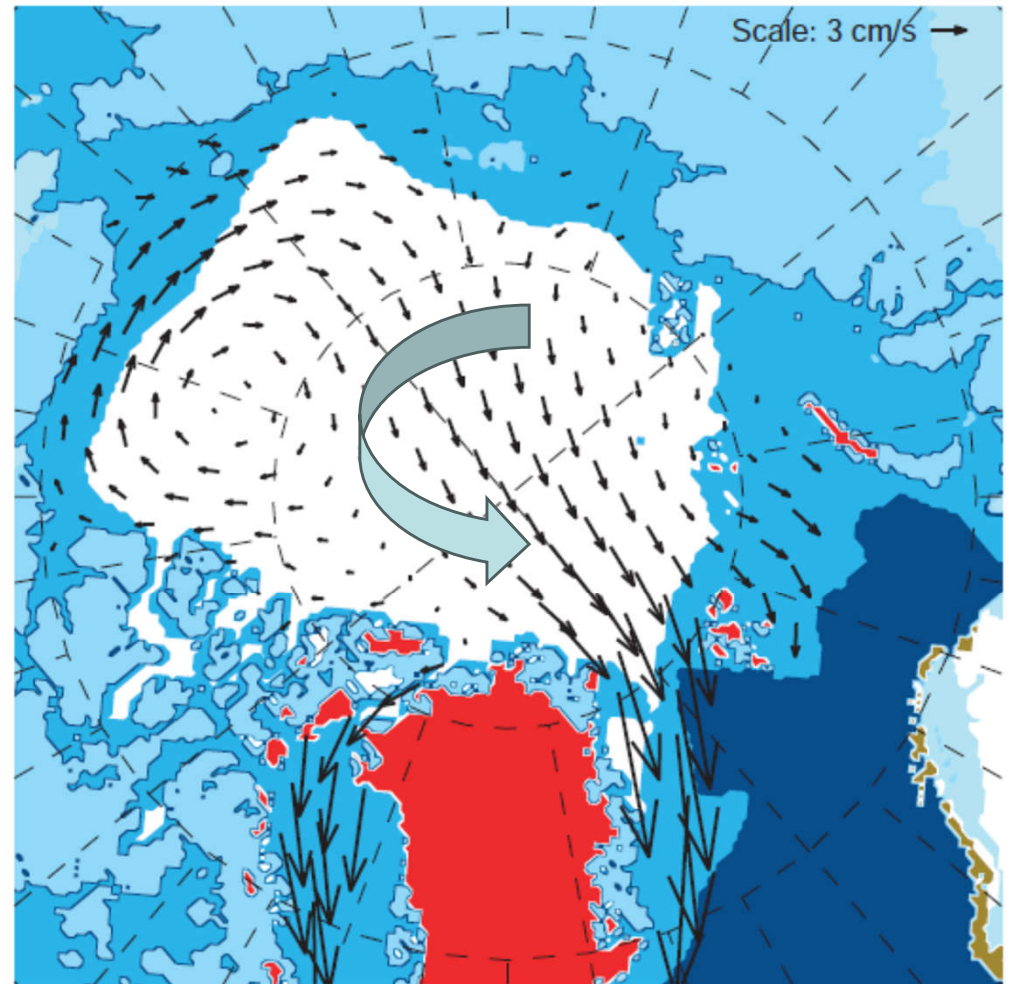
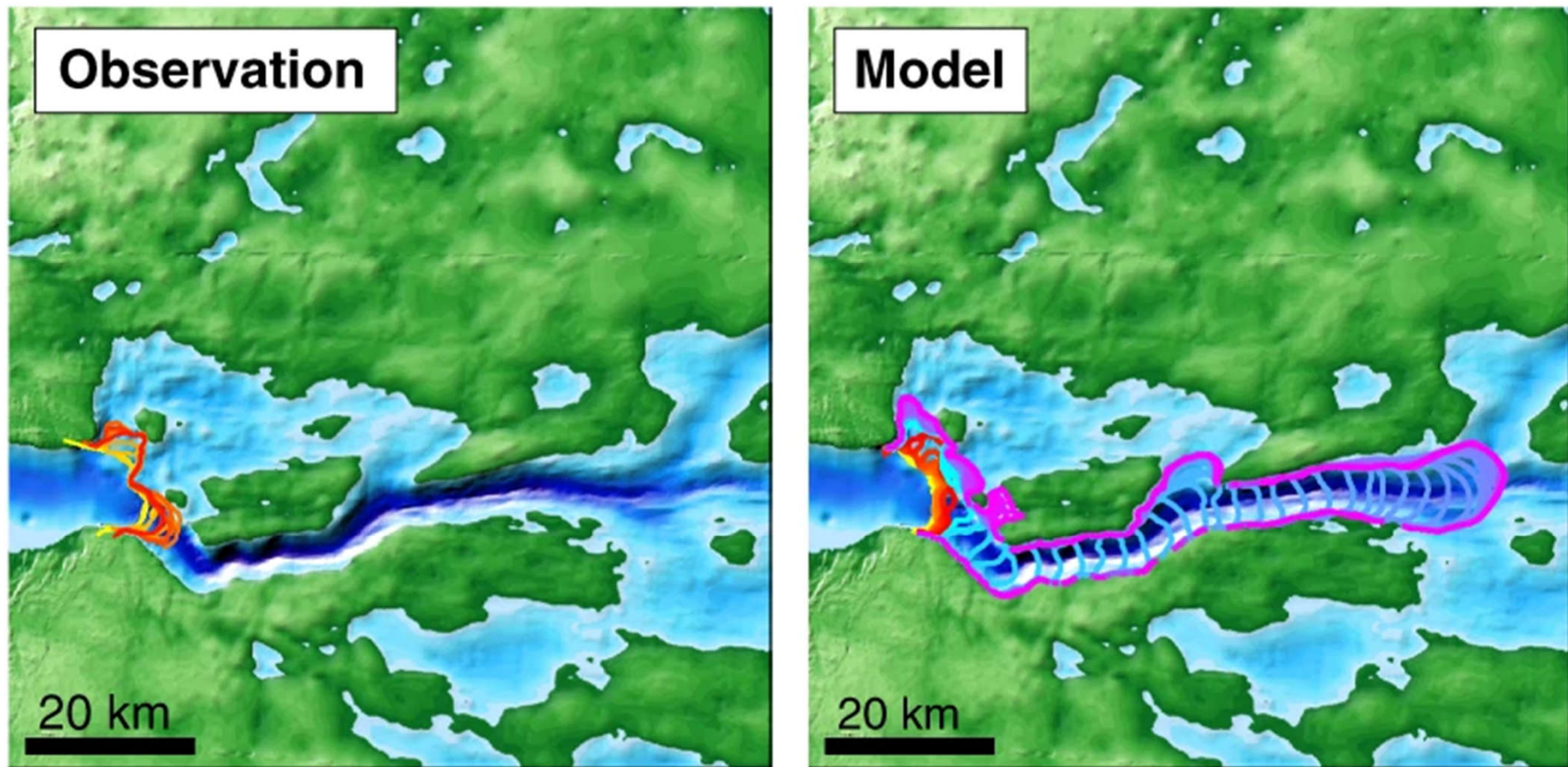


Fig. 2.16 Wintertime Arctic sea ice motion as inferred from the tracks of an array of buoys dropped on ice floes by aircraft. [Courtesy of Ignatius Rigor.]

Wir „dookoła” bieguna to siła Coriolisa (obróć Ziemi)
Kry wypływają z obu stron Grenlandii

Ogólnie, interakcja lód – ocean jest skomplikowana



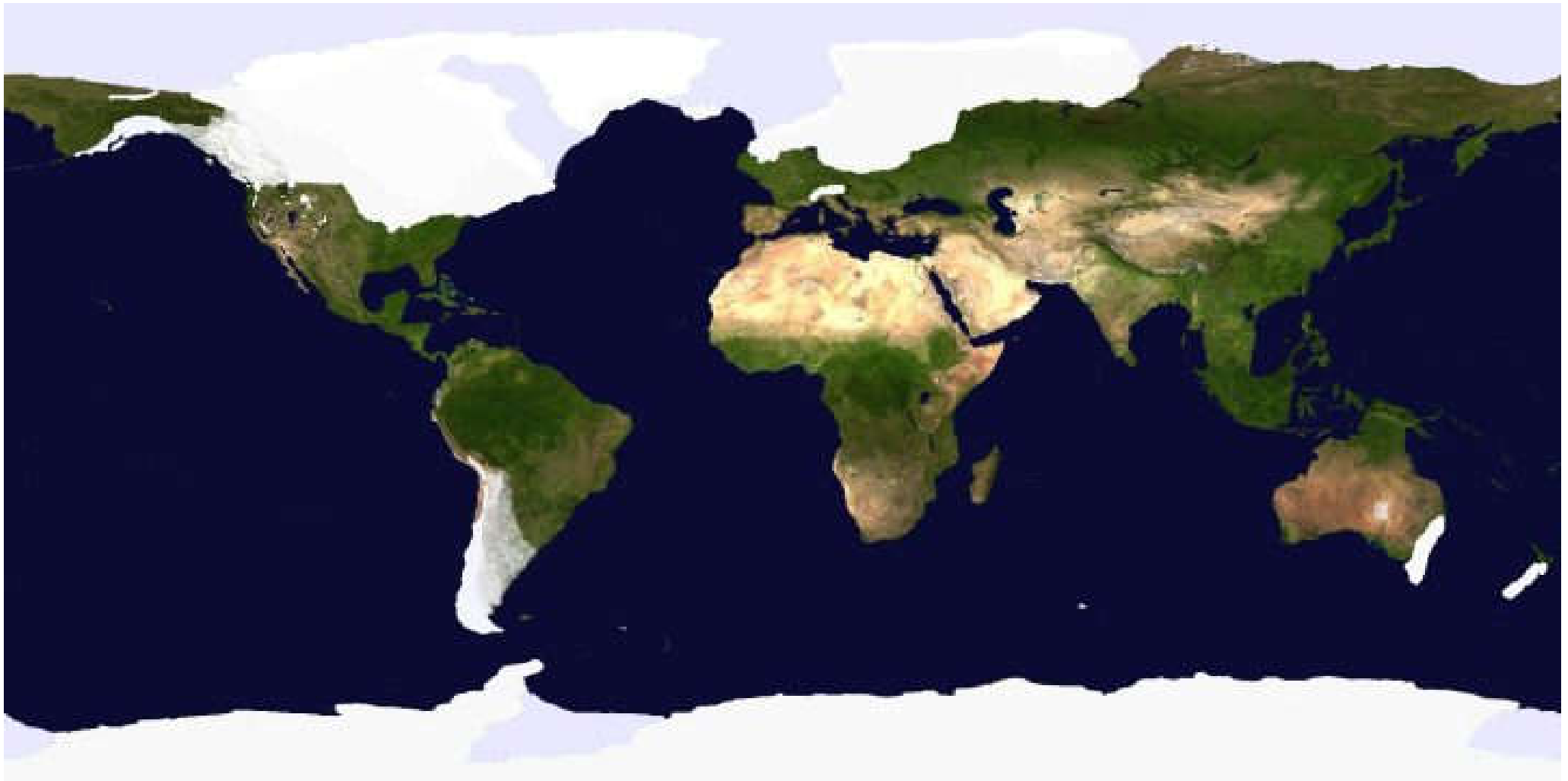
Ice dynamics will remain a primary driver of Greenland ice sheet mass loss over the next century

Youngmin Choi et al.

<https://www.nature.com/articles/s43247-021-00092-z/figures/2>

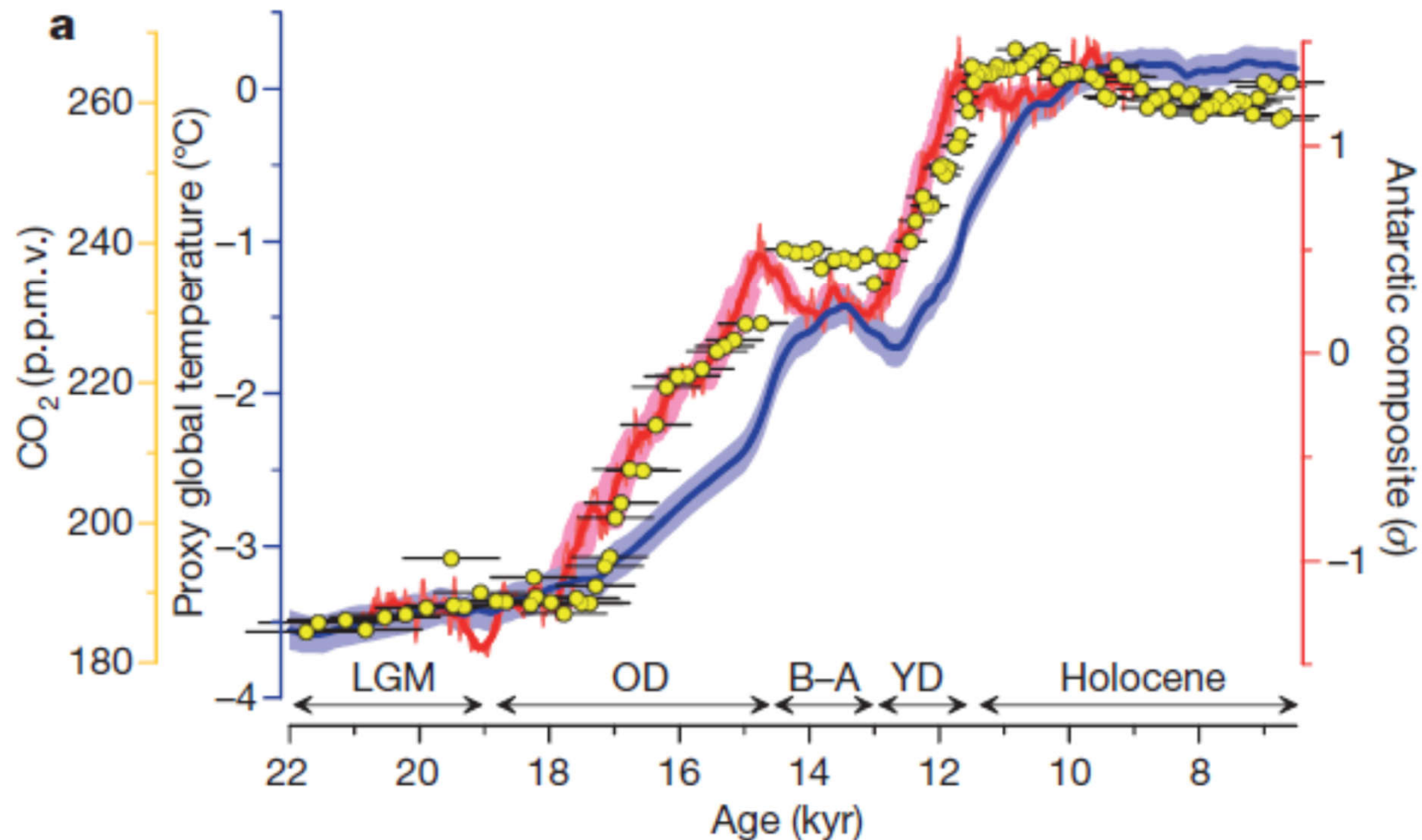
[Communications Earth & Environment](#) **volume 2**, Article number: 26 (2021)

Zlodowacenia holocenu (tj. ostatnie)



This is a *preliminary* attempt at a map of the Earth during the last Ice Age (at about the last glacial maximum, 16,000 B.C.). The base map is a modern map of the Earth from the [Visible Earth](http://www.visibleearth.org) web site. From various sources ice caps and sea level changes are indicated; vegetation changes are only partly represented so far. Map centered on 0° longitude. <https://www.johnstonsarchive.net/spaceart/cmaps/earthicemap.jpg>

Zlodowacenia holocenu (tj. ostatnie)



Zmiany CO₂ wyprzedzają
Zmiany temperatury
J.D. Shakun et al.

Figure 2 | CO₂ concentration and temperature. a, The global proxy temperature stack (blue) as deviations from the early Holocene (11.5–6.5 kyr ago) mean, an Antarctic ice-core composite temperature record⁴² (red), and atmospheric CO₂ concentration (refs 12, 13; yellow dots). The Holocene, Younger Dryas (YD), Bølling–Allerød (B–A), Oldest Dryas (OD) and Last Glacial Maximum (LGM) intervals are indicated. Error bars, 1σ (Methods);

Poziom morza: predykcja

PERSPECTIVE

NATURE CLIMATE CHANGE DOI: 10.1038/NCLIMATE2923

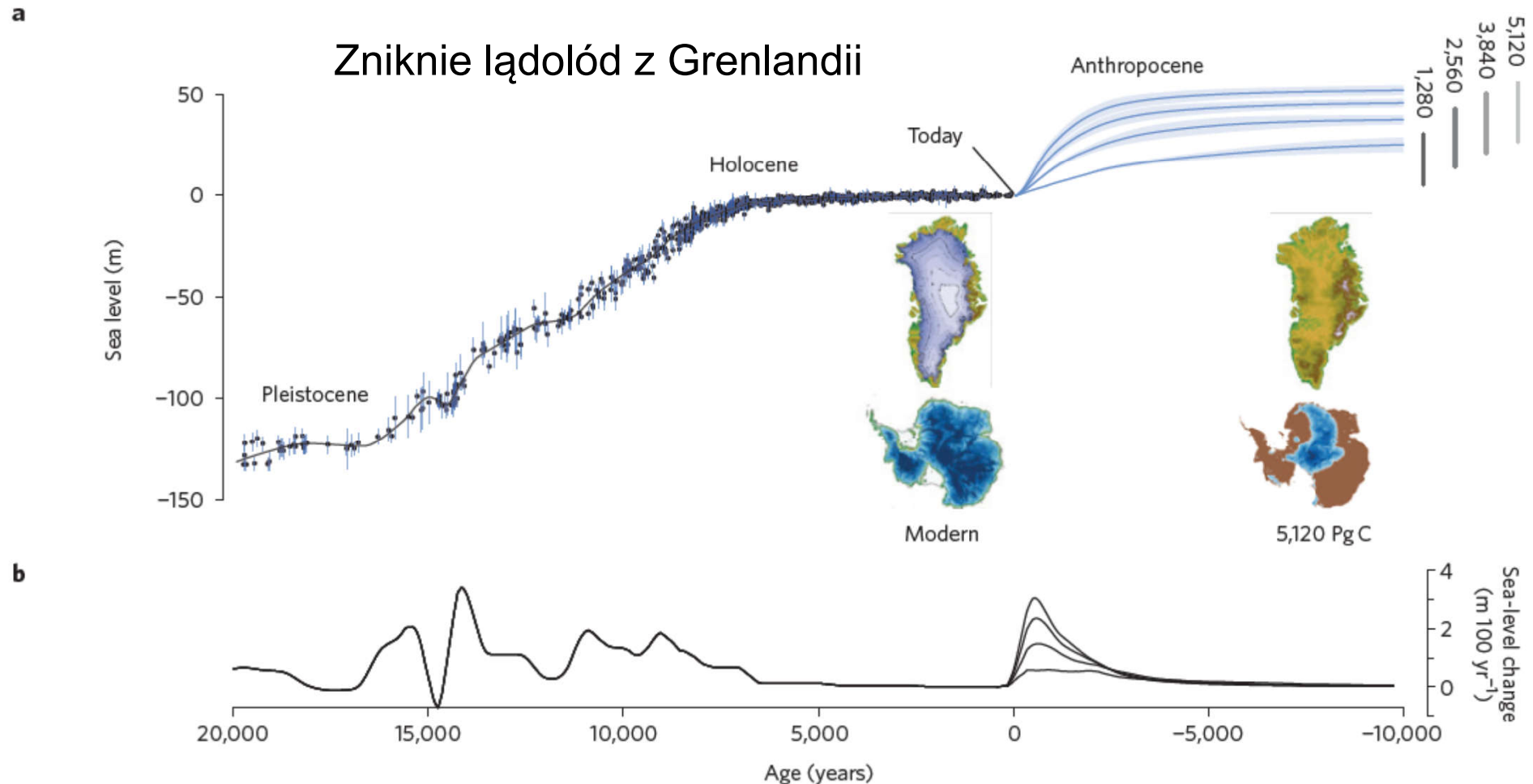
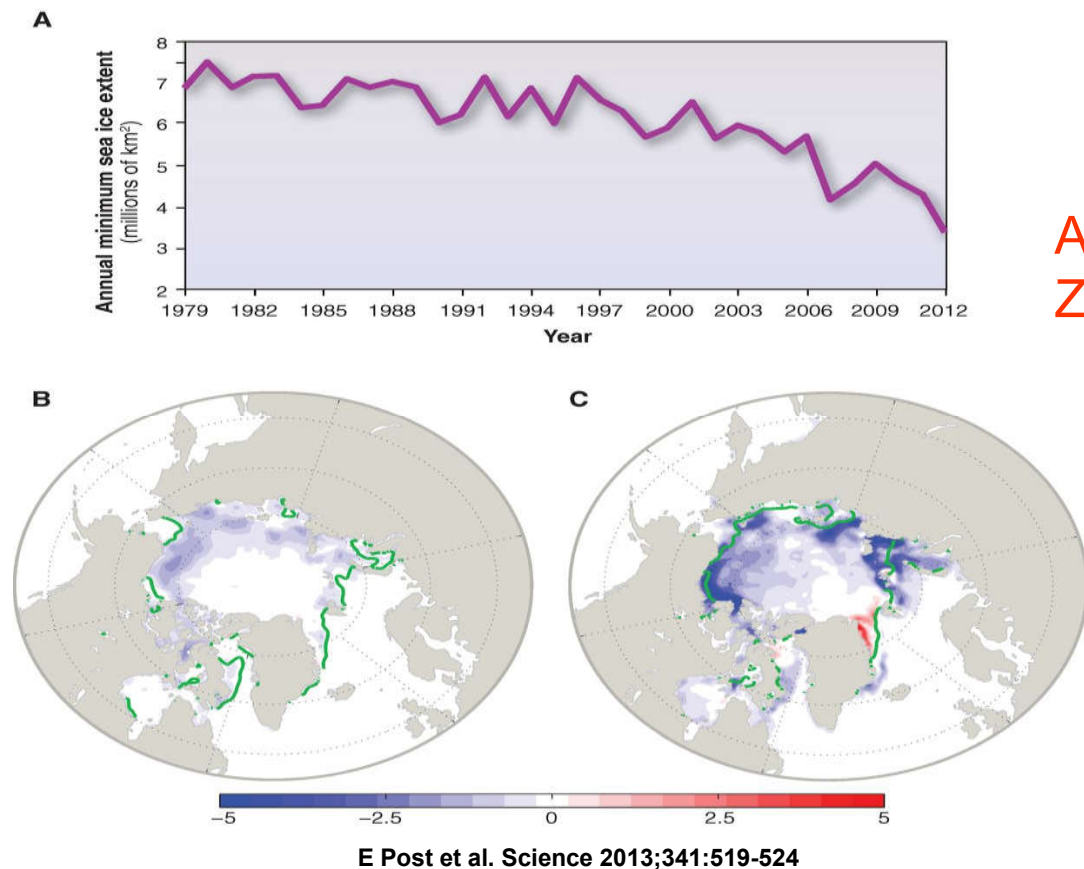


Figure 2 | Past and future changes in global mean sea level. a, Long-term global mean sea-level change for the past 20,000 years (black line) based on palaeo sea level records (black dots with depth uncertainties shown by blue vertical lines)⁶⁰ and projections for the next 10,000 years for four emission scenarios (1,280, 2,560, 3,840, and 5,120 Pg C). Time series for future projections (mean and one standard deviation) are based on thermosteric contributions from the UVic and Bern3D-LPX models, from modelled land-ice changes driven by UVic model runs with an equilibrium climate sensitivity of 3.5 °C, and from Bern3D-LPX model runs in which the total land-ice contribution was estimated from the relation between the UVic and land-ice model results (see

Fig. 2 Trendy dotyczące lodu Morza Arktycznego. Minimalna roczna powierzchnia lodu (A) zmalała drastycznie na przestrzeni lat 1979 - 2012.



Arktyka:
Zniknęła już połowa pokrywy lodowej

Topnienie czap polarnych spowolni rotację Ziemi (31/03/2024)



https://www.smithsonianmag.com/smart-news/melting-polar-ice-sheets-are-slowing-earths-rotation-that-could-change-how-we-keep-time-180984046/?utm_medium=distribution&utm_source=pushly&utm_campaign=editorial

Jeśli znikną góry Antarktydy...

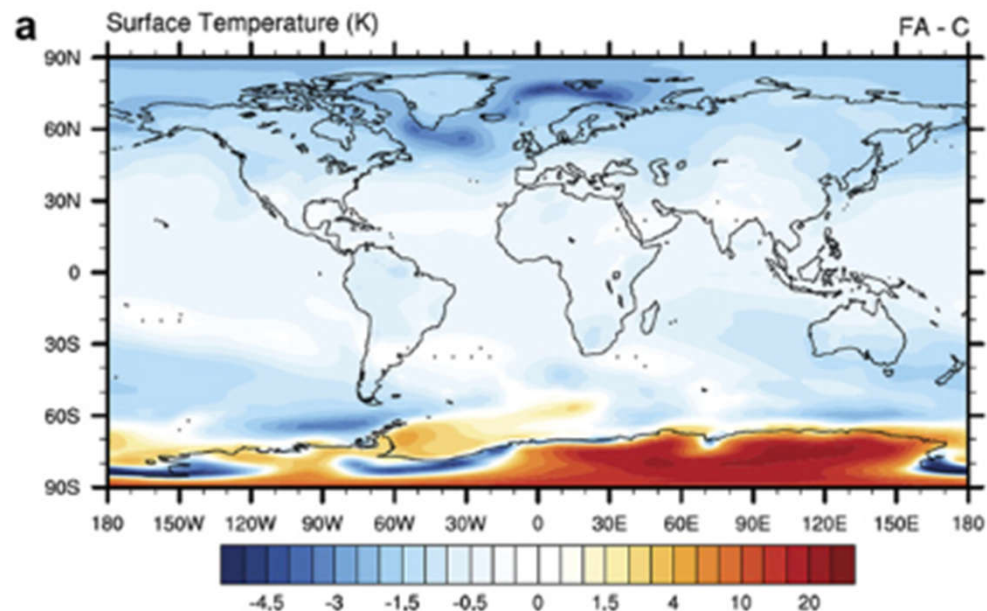
The Global Climate Response to Ice Sheet Melting and the Importance of Ocean Dynamics

HANSI K. A. SINGH, CECILIA M. TROTT

Department of Atmospheric Science,

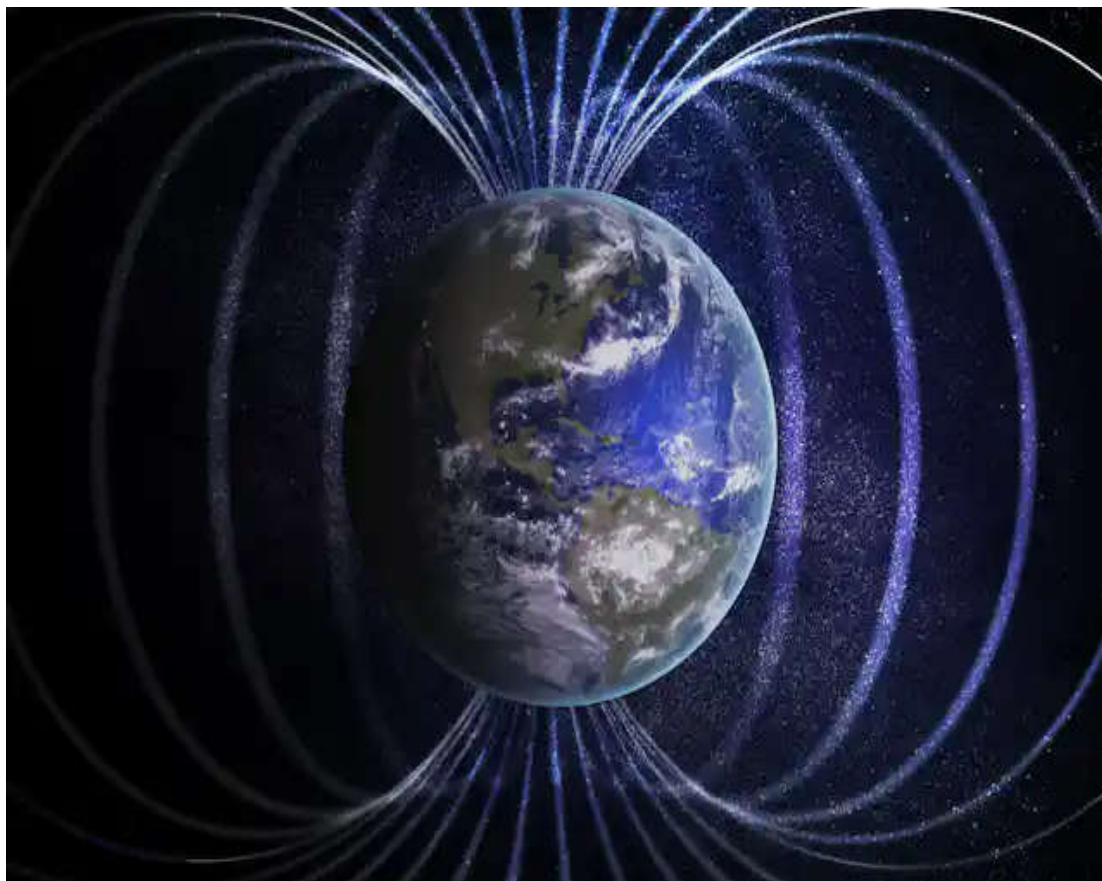
(Manuscript received 25 Jun 2016, in final form 15 Oct 2016, accepted 15 Oct 2016)

J. Climate (2016)



A global climate model is used to study the effect of flattening the orography of the Antarctic Ice Sheet on climate. A general result is that the Antarctic continent and the atmosphere aloft warm, while there is modest cooling globally. The large local warming over Antarctica leads to increased outgoing longwave radiation, which drives anomalous southward energy transport toward the continent and cooling elsewhere. Atmosphere and ocean both anomalously transport energy southward in the Southern Hemisphere. Near Antarctica, poleward energy and momentum transport by baroclinic eddies strengthens. Anomalous southward cross-equatorial energy transport is associated with a northward shift in the intertropical convergence zone. In the ocean, anomalous southward energy transport arises from a slowdown of the upper cell of the oceanic meridional overturning circulation and a weakening of the horizontal ocean gyres, causing sea ice in the Northern Hemisphere to expand and the Arctic to cool. Comparison with a slab-ocean simulation confirms the importance of ocean dynamics in determining the climate system response to Antarctic orography. This paper concludes by briefly presenting a discussion of the relevance of these results to climates of the past and to future climate scenarios.

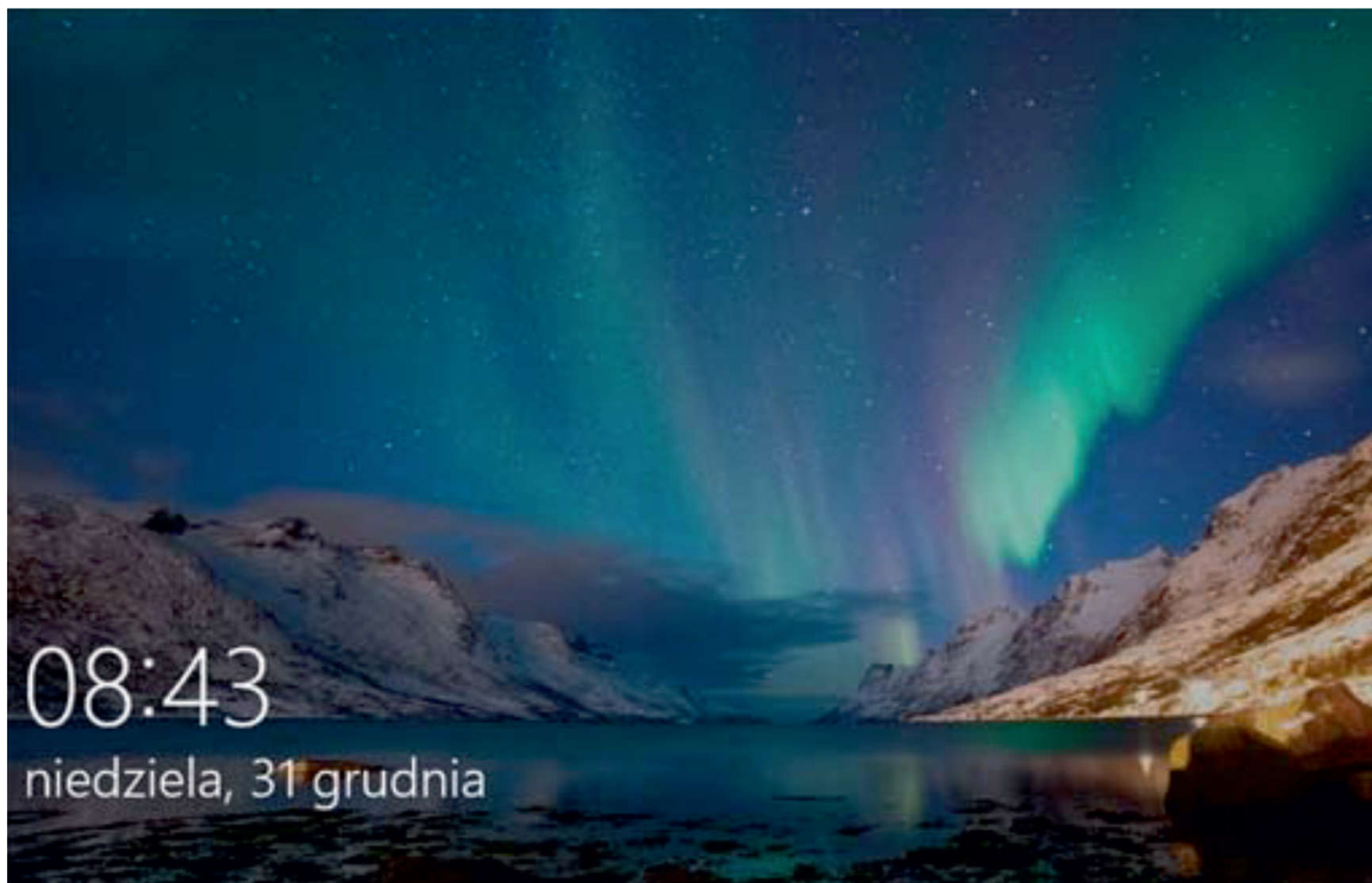
Magnetosfera



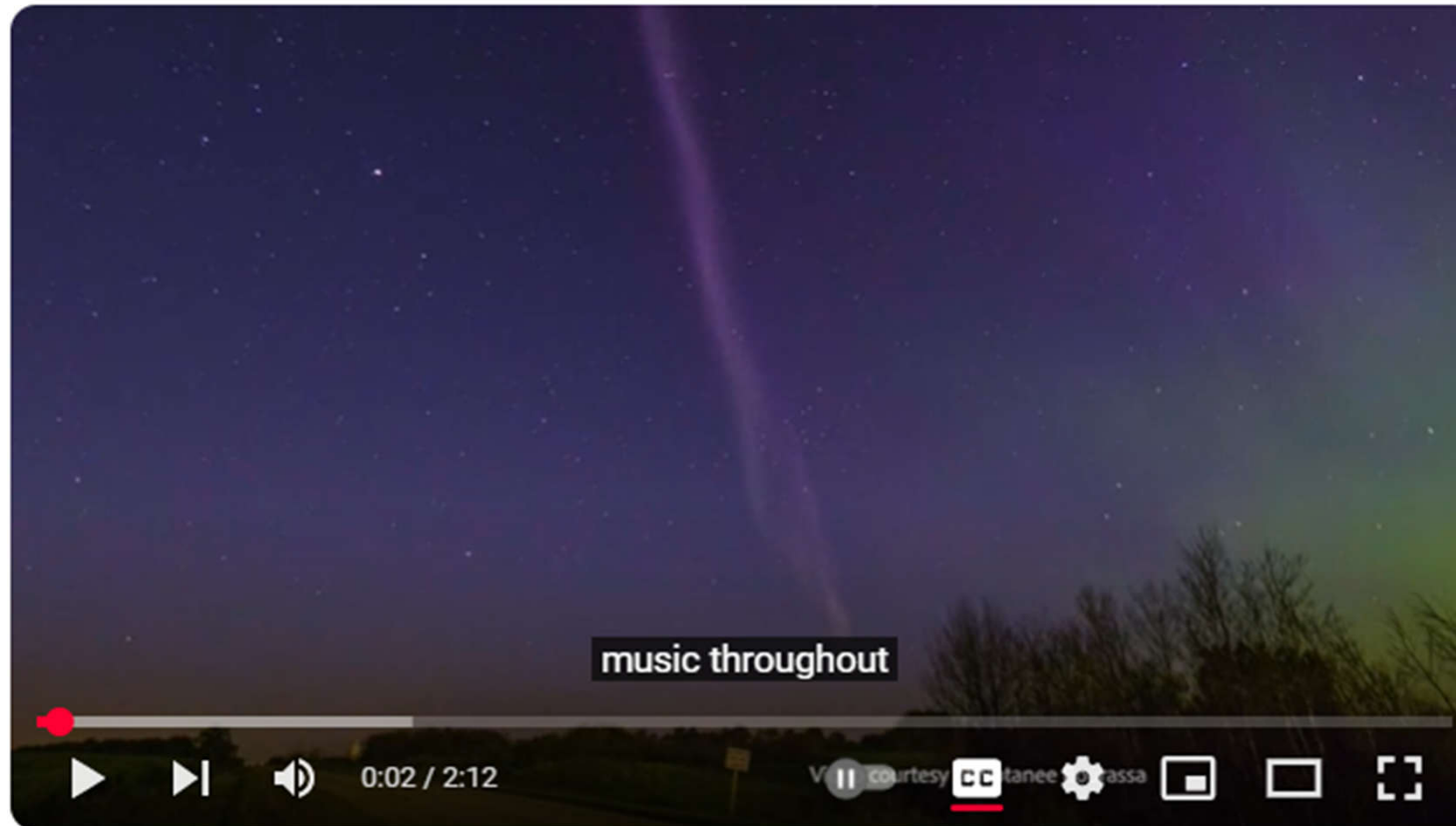
Zorze polarne. Naładowane cząstki z promieniowania kosmicznego (głównie protony) zderzają się cząstkami powietrza zmuszając je do świecenia.



Na czerwono i na zielono świeci tlen, natomiast azot świeci w kolorach purpury i bordo.



Mystery of Purple Lights in Sky Solved With Help From Citizen Scientists



The Aurora Named STEVE

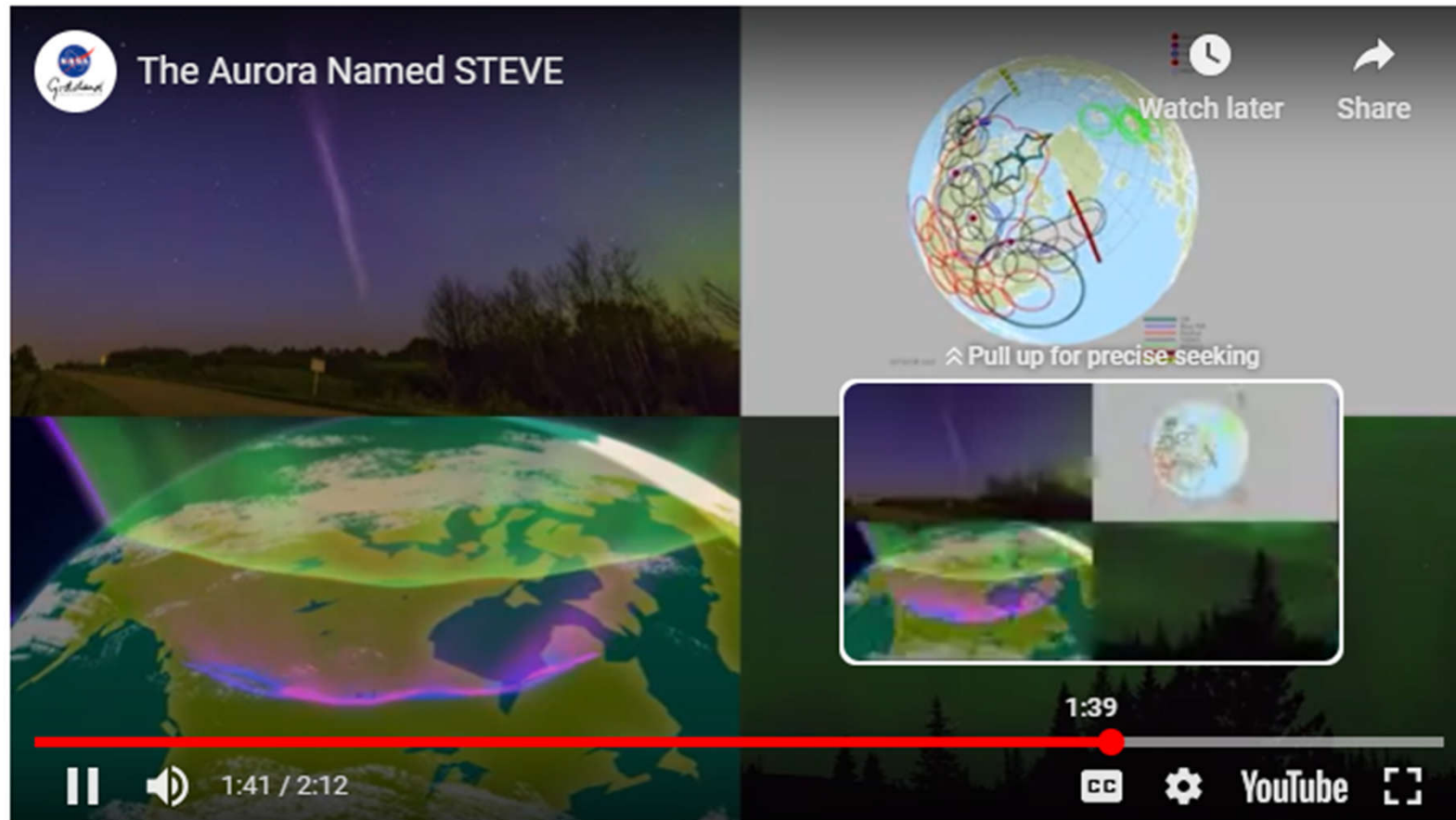
asa.gov/science-research/heliophysics/mystery-of-purple-lights-in-sky-solved-with-help-from-citizen-scientists/

Mystery of Purple Lights in Sky Solved With Help From Citizen Scientists



asa.gov/science-research/heliophysics/mystery-of-purple-lights-in-sky-solved-with-help-from-citizen-scientists/

Mystery of Purple Lights in Sky Solved With Help From Citizen Scientists



[asa.gov/science-research/heliophysics/mystery-of-purple-lights-in-sky-solved-with-help-from-citizen-scientists/](https://www.nasa.gov/science-research/heliophysics/mystery-of-purple-lights-in-sky-solved-with-help-from-citizen-scientists/)

<https://www.youtube.com/watch?v=EMw4OPjRnTo>

Mystery of Purple Lights in Sky Solved With Help From Citizen Scientists



Why the Northern Lights could get more intense | BBC Global

<https://www.youtube.com/watch?v=EMw4OPjRnTo>

UV radiation, atomic oxygen & nitrogen

Accordingly, studies have found O to be the main component of the atmosphere between 200 and 650km [222, 223], with atmospheric models predicting that, by volume, 96 % of the atmosphere in low earth orbit consists of O [224, 225]. As a result, O is essential for cooling the atmosphere through collisions with other atmospheric molecules or direct radiative cooling to the ground state [223].

of oxygen-rich
bodies such as Venus [231] and Europa [232].

Zorza polarna oglądana z kosmosu



Więcej o jonosferze w wykładzie nr 6, o stratyfikacji atmosfery

✓ Pole magnetyczne Ziemi

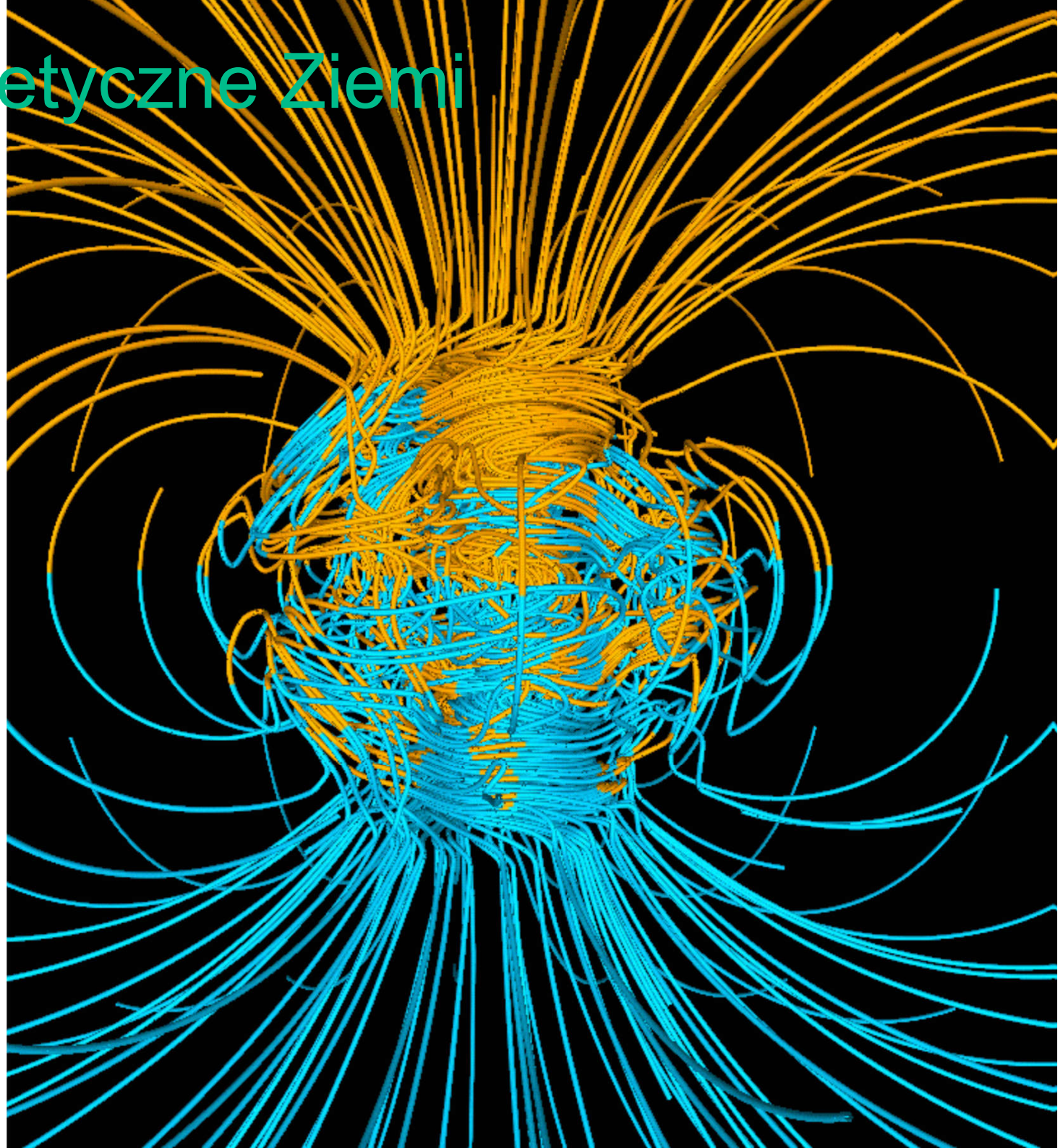
Linie sił pola magnetycznego generowanego przez jądro zewnętrzne

Symulacja pola magnetycznego posiada:

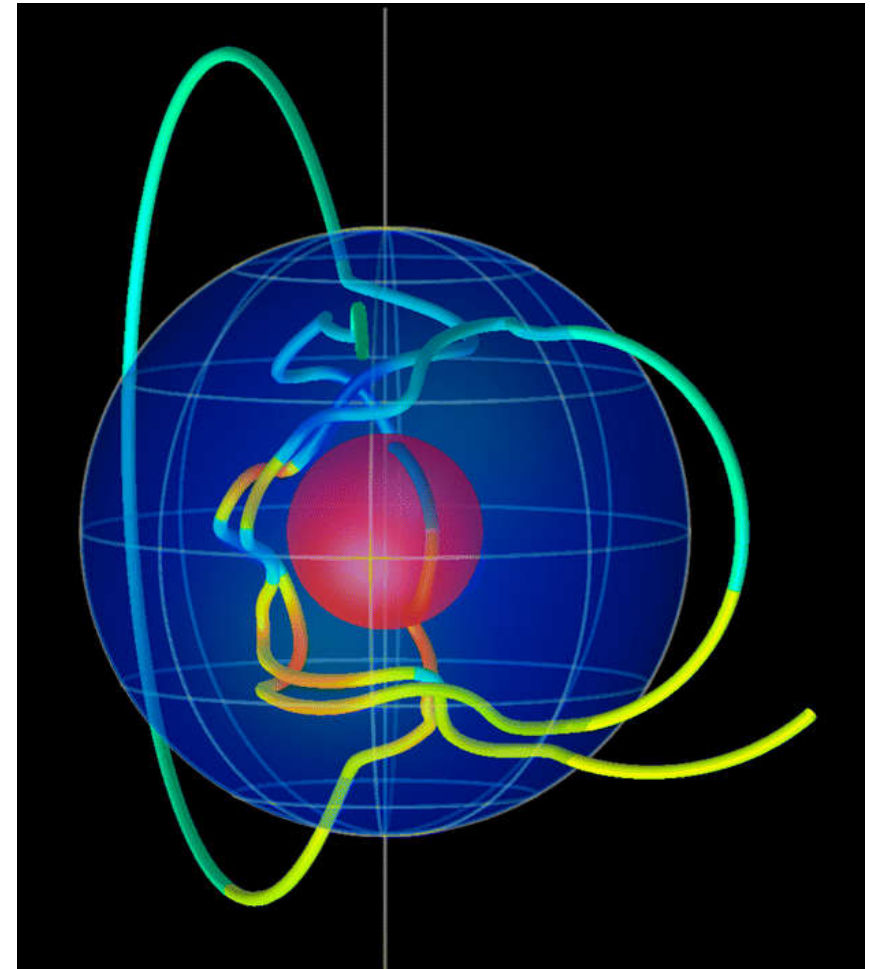
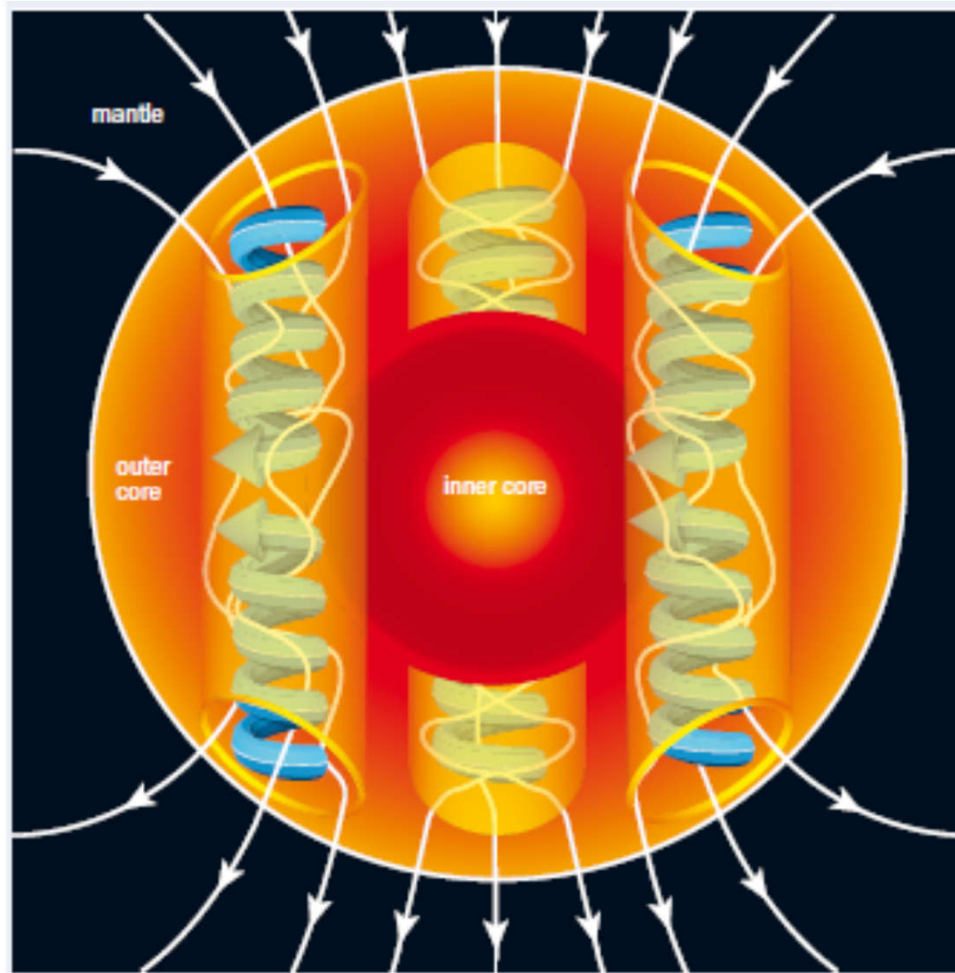
→ intensywność i strukturę dipolową podobną do pola ziemskiego,

Glatzmaier and Roberts 1995

niebieski – pole wewnętrzne,
pomarańczowy – pole zewnętrzne
(opis: J. Chojnacka_



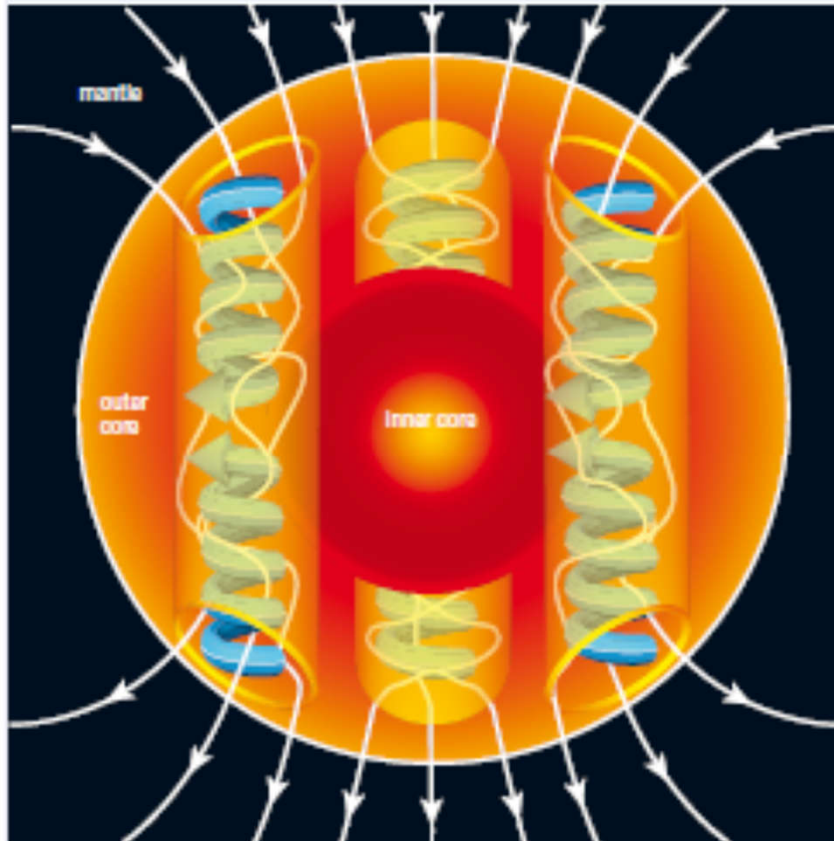
Auto-generacja mega-prądów elektrycznych → auto-generacje pól magnetycznych



Dynamo bywa kapryśne

Physics and the Earth: Geomagnetic reversal

1 At the core of the matter

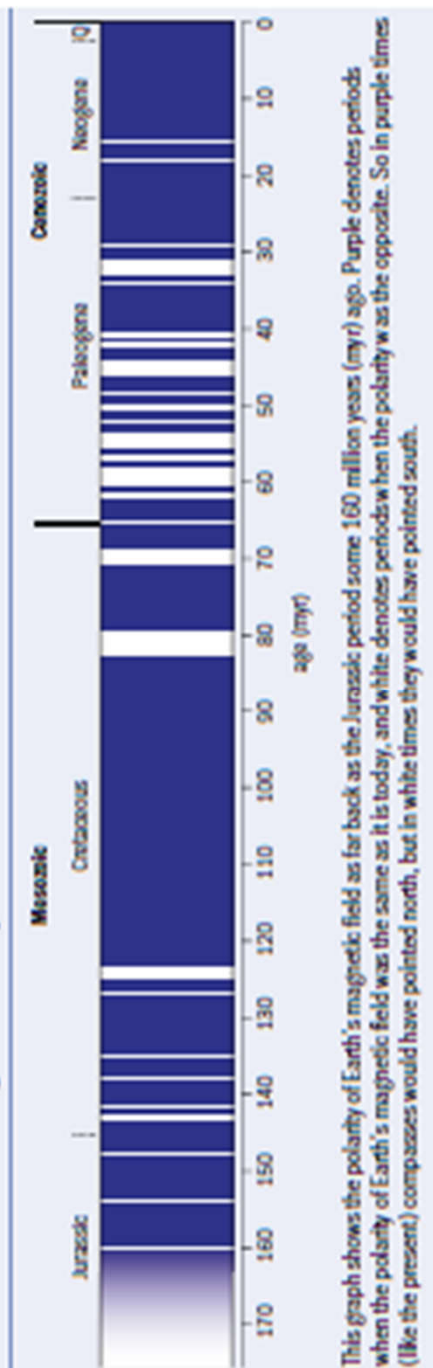


The Earth's magnetic field is produced by the movement of liquid metal in the Earth's outer core. Energy to power this movement comes from heat that is released as material from the outer core slowly freezes onto the solid inner core. This heat powers convection cells in the outer core, which keep liquid metal moving through the magnetic field, thus creating a bigger field in a feedback effect known as the geodynamo. The Earth's spinning motion causes the liquid to form spiralling eddies, the alignment of which allows the magnetic field produced in each to join together to make an even bigger field.

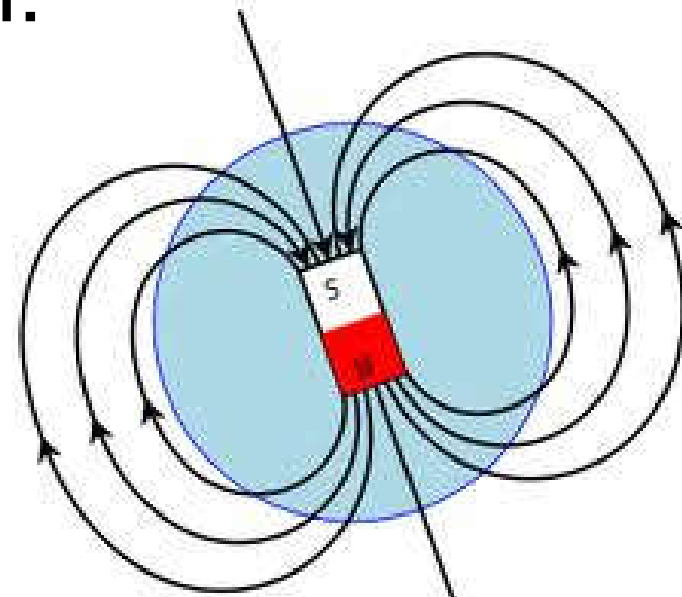
physicsworld.com

Physics and the Earth: Geomagnetic reversal

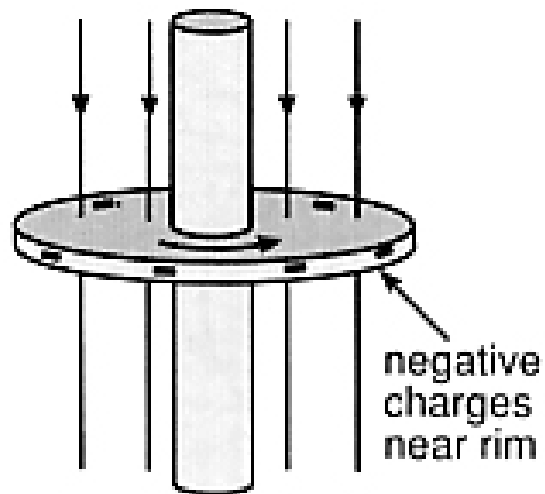
Back and forth throughout history



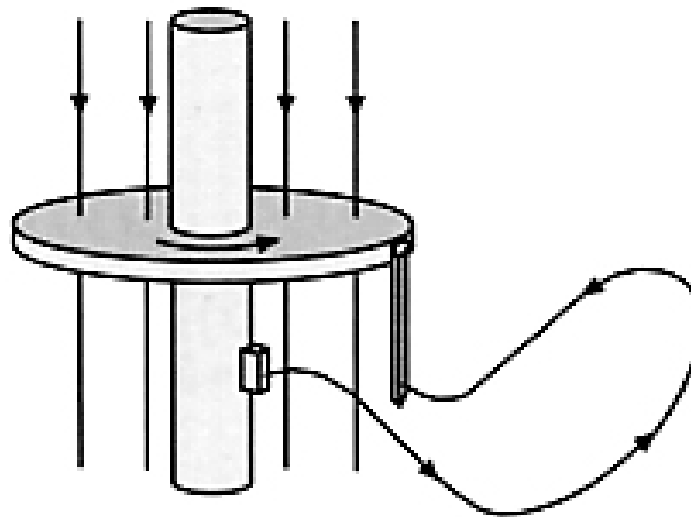
Pole magnetyczne Ziemi: niezbędne do istnienia atmosfery i dla życia



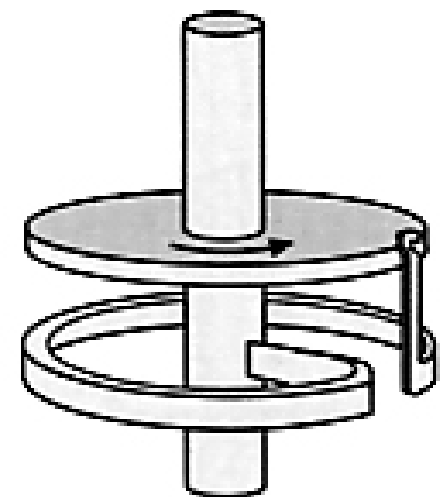
(a)



(b)

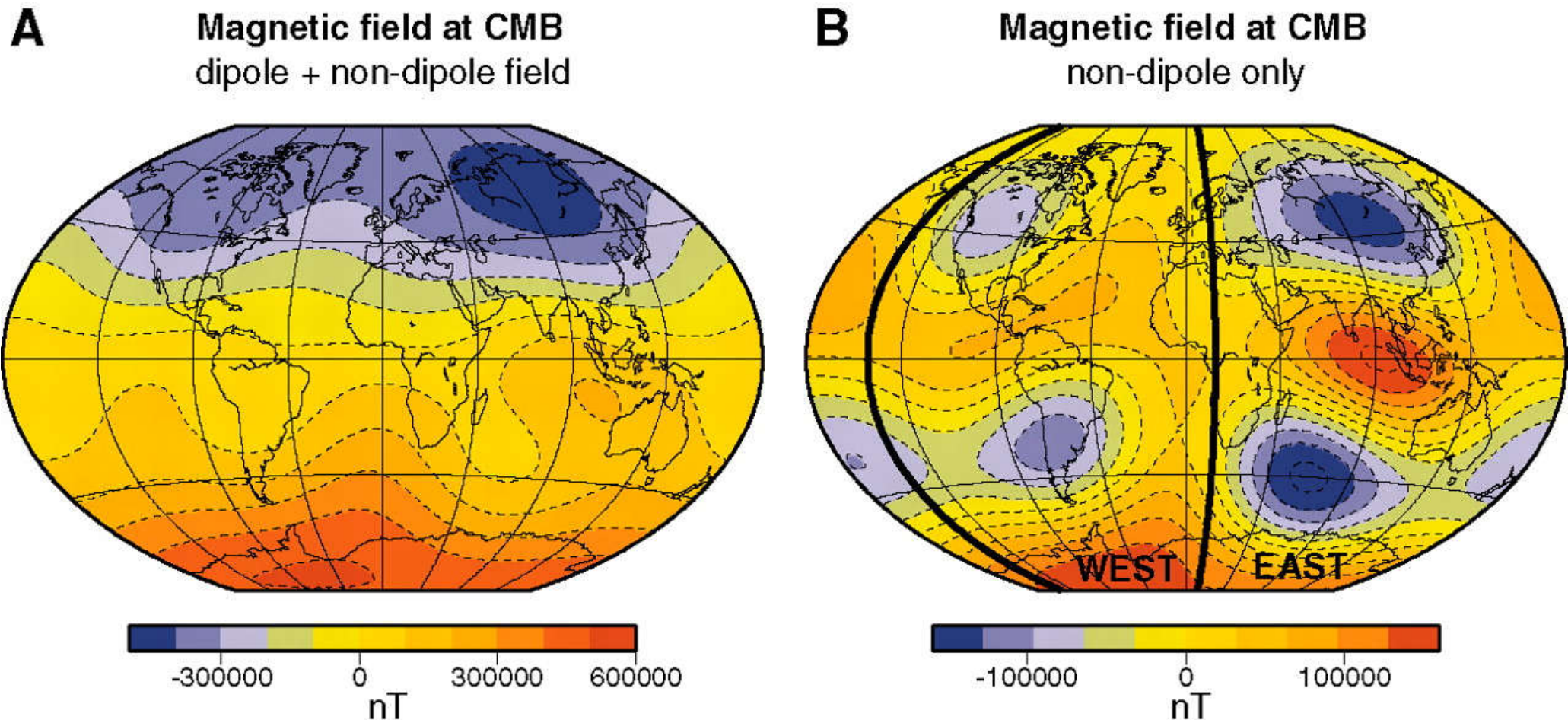


(c)

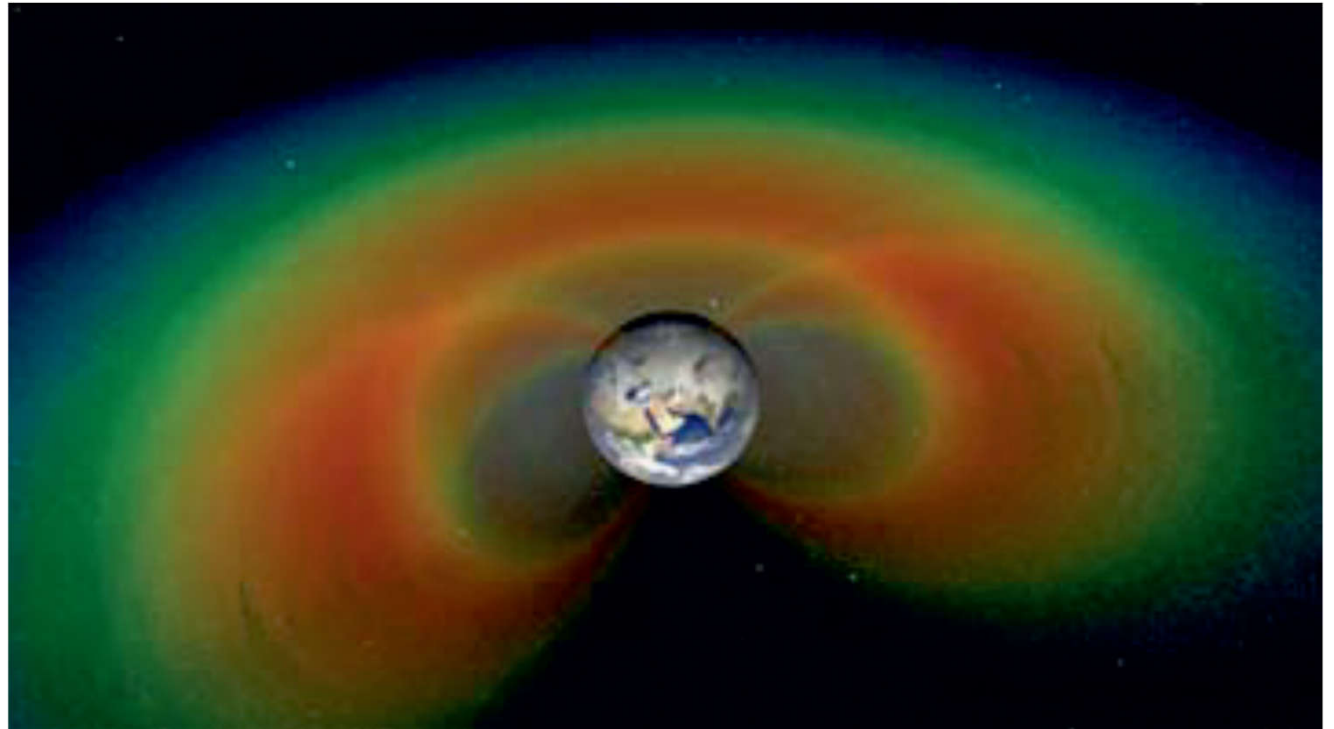
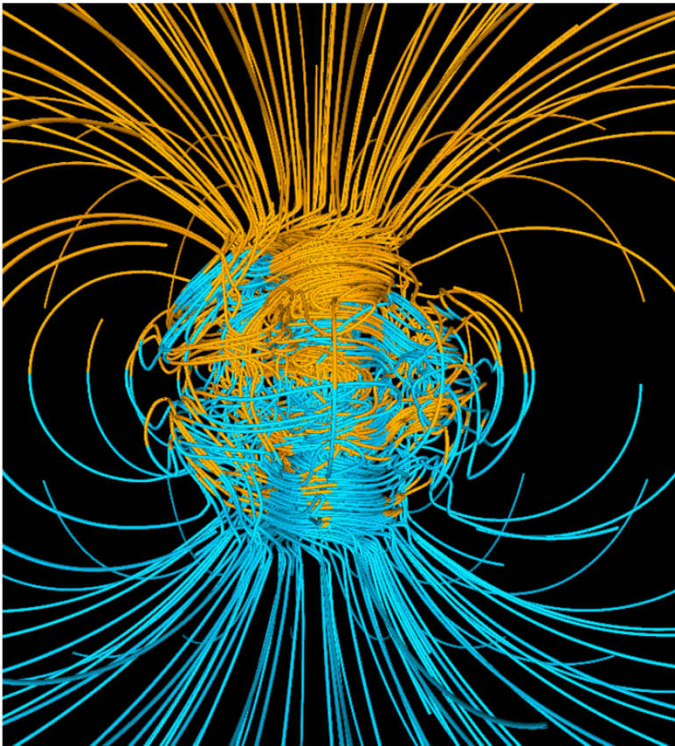


Model geo-dynama: prądy elektryczne płynące w żelaznym, tj. ferro-magnetycznym jądrze.

Szczegółowa konfiguracja pola magnetycznego jest bardzo złożona



Szczegółowy model geo-dynama i generowanego pola jest złożony



Pole magnetyczne odchyła strumienie naładowanych elektrycznie cząstek ze Słońca, które zmiotłyby atmosferę ziemską w kierunku biegunów

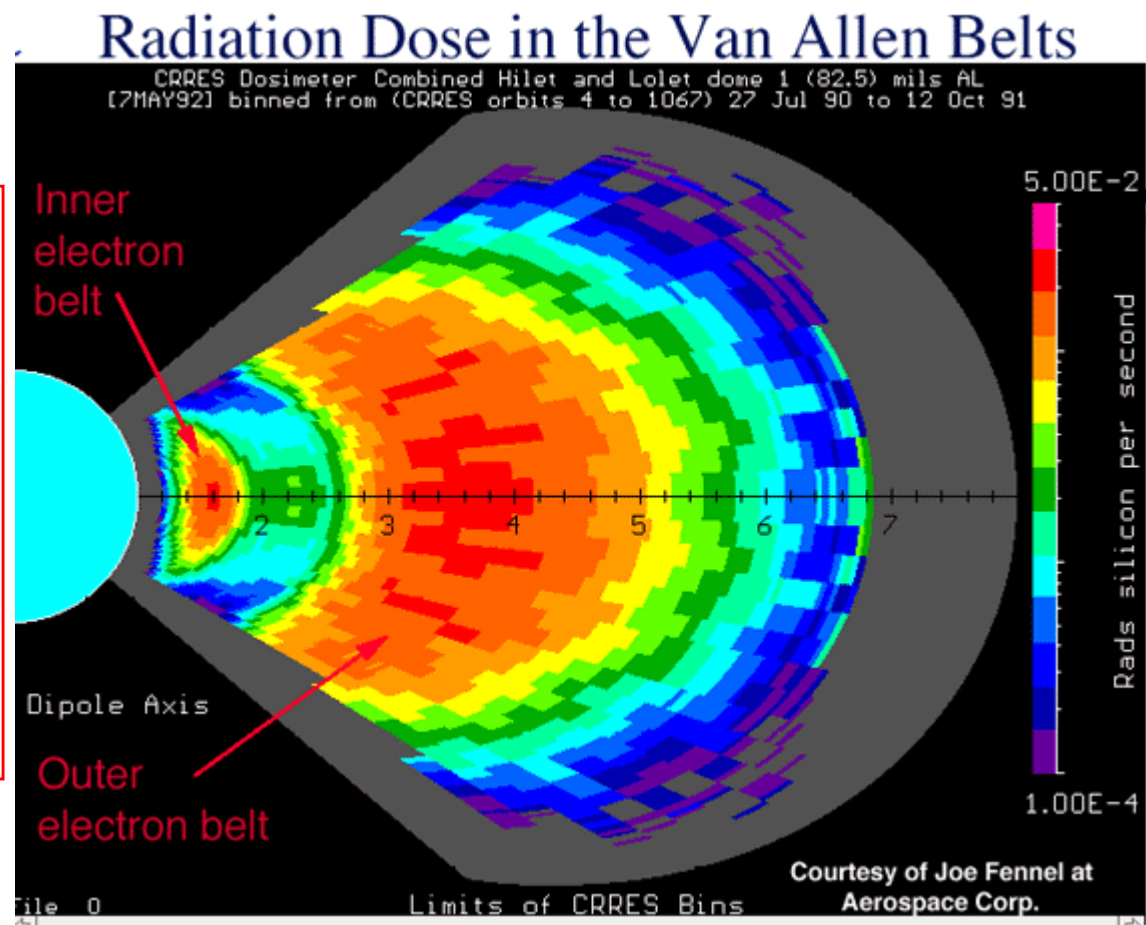
✓ Pasy Van Allena: wiatr cząstek zjonizowanych ze Słońca

- Oprócz regularnego pola, w pobliżu Ziemi obserwuje się również pole magnetyczne związane z silnymi wiatrami wiejącymi w jonosferze z prędkością 100 m/s.
- Pole magnetyczne zabezpiecza nas przed groźnym dla życia strumieniem cząstek zjonizowanych napływających ze Słońca

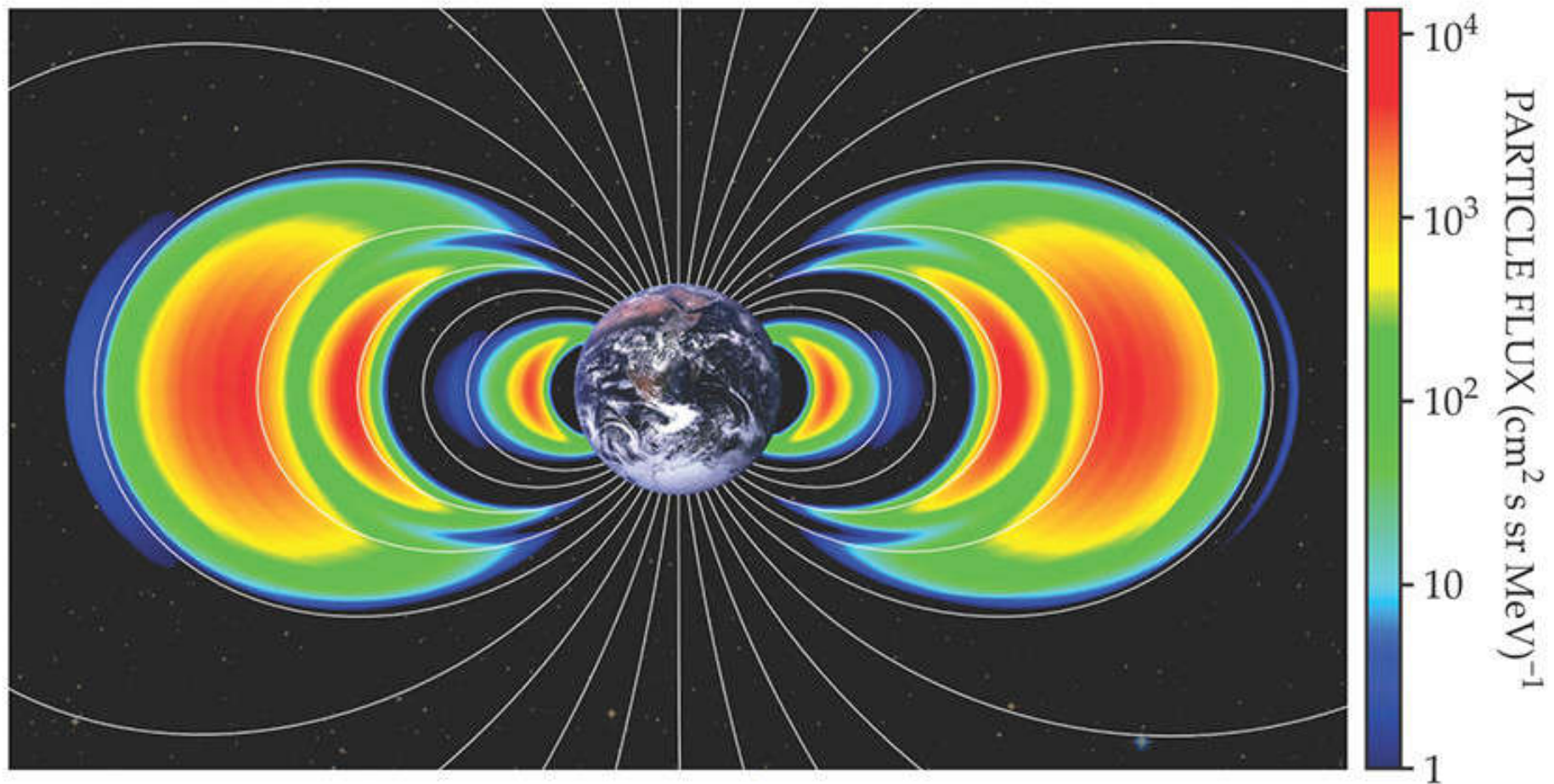
Pasy radiacyjne Van Allena

- odkryte w 1958 r. przez satelitę Explorer I,
 - wewnętrzny: 2400 – 5000 km nad Ziemią,
 - zewnętrzny: 12000 – 25000 km nad Ziemią
- Ziemią*
- wypełnione są protonami i elektronami o bardzo wysokich energiach

© Justyna Chojnacka



Pasy van Allena: gwarancja bezpieczeństwa

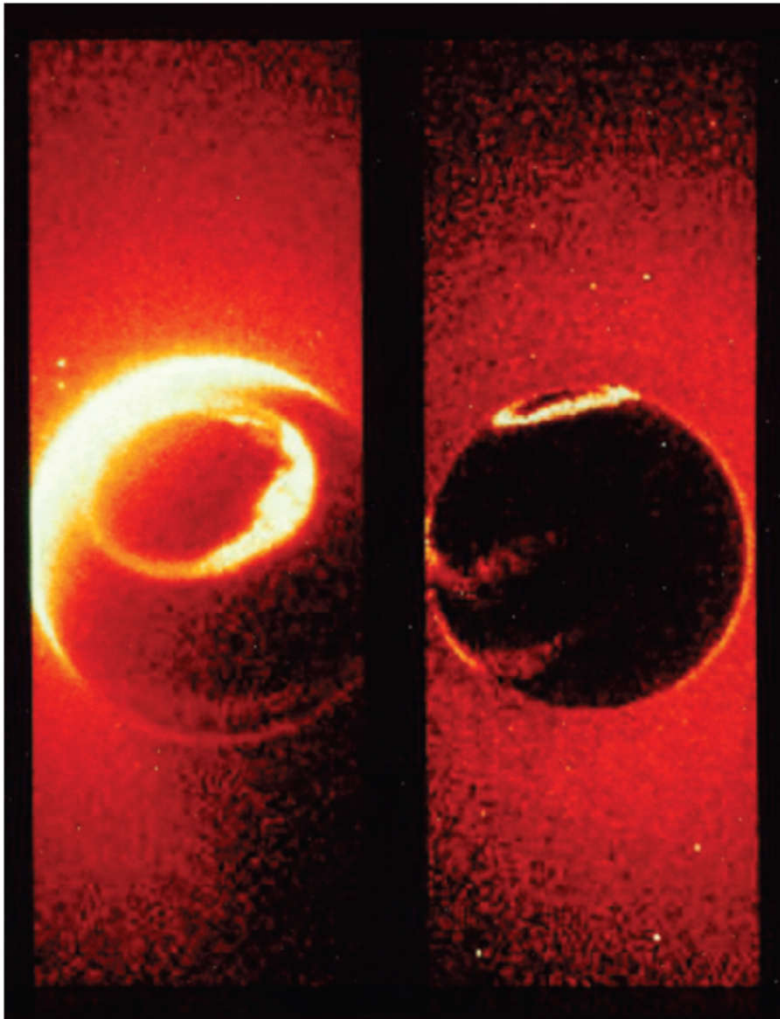


Pole magnetyczne Ziemi, z biegunami na (zimnych) biegunach, utrzymuje (śmiercionośne dla DNA) cząstki naładowane wiatru słonecznego z daleka od ziemi. Discovering

Earth's radiation belts Daniel N. Baker, and Mikhail I. Panasyuk Citation: Physics Today 70, 12, 46 (2017);

<http://www.sinp.msu.ru/ru/system/files/pt.3.3791.pdf>

Woda na Ziemi?



Atmosfera Ziemi rozciąga się aż do Księżyca, albo i dalej.

Widzimy to w sygnale (uciekającego) z Ziemi wodoru

Innymi słowy, powstanie życia na Ziemi, a przez to obecność wolnego tlenu w atmosferze, zabezpiecza Ziemię przed ucieczką wodoru: czytaj wody. Ciekawe, prawda?

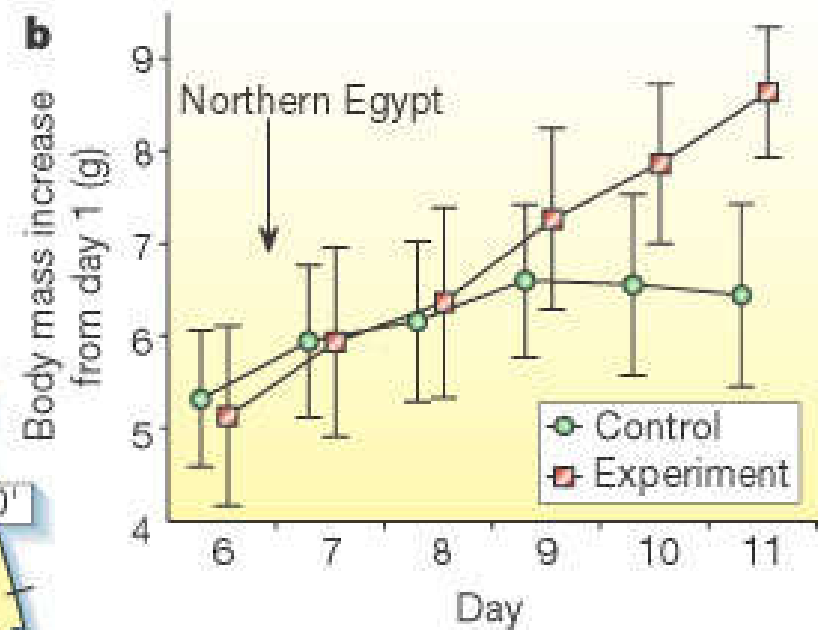
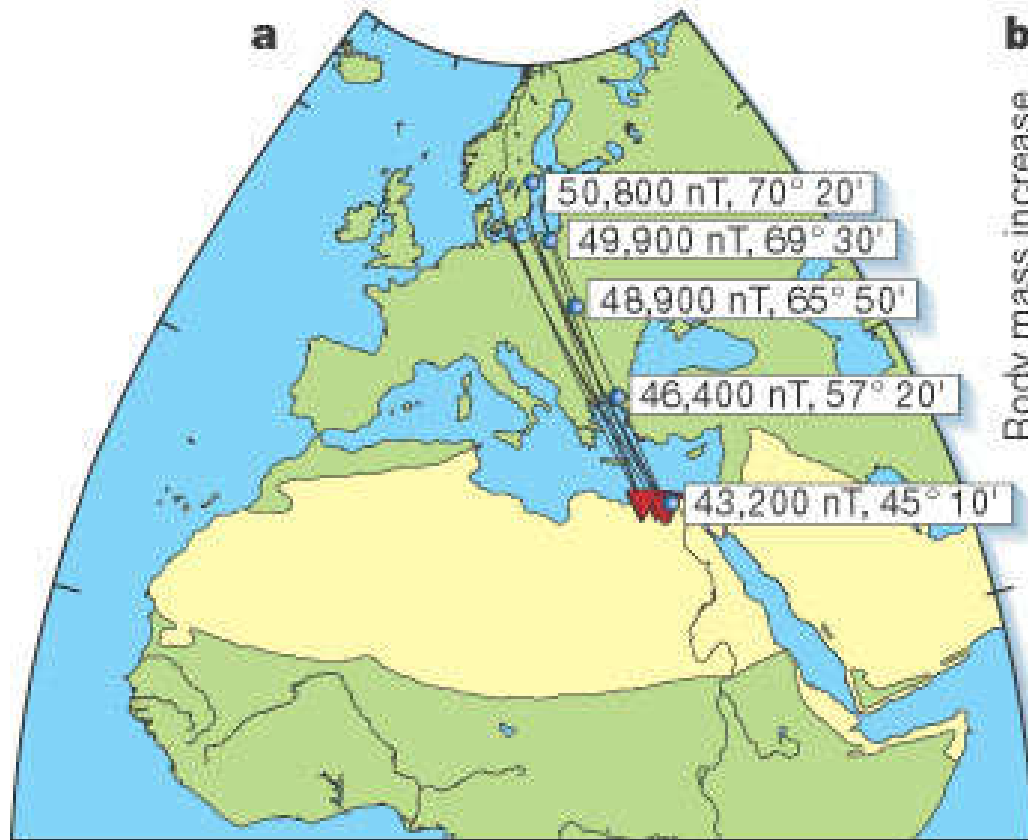
Atmospheric Science, str. 47

Fig. 2.26 The corona around the Earth in this image is due to the scattering of solar radiation by hydrogen atoms that are escaping from the atmosphere. [Image from NASA/Dynamics Explorer/Spin-Scan Auroral Imaging. Courtesy of David Catling.]

Słowik odczuwa zmiany w pola magnetycznego, aby zmienić swoje upierzenie (i wyemigrować ze Szwecji we wrześniu)

Podobnie żółwie, czytaj:

dydaktyka.fizyka.umk.pl/Physics_is_fun/html/turtle.html

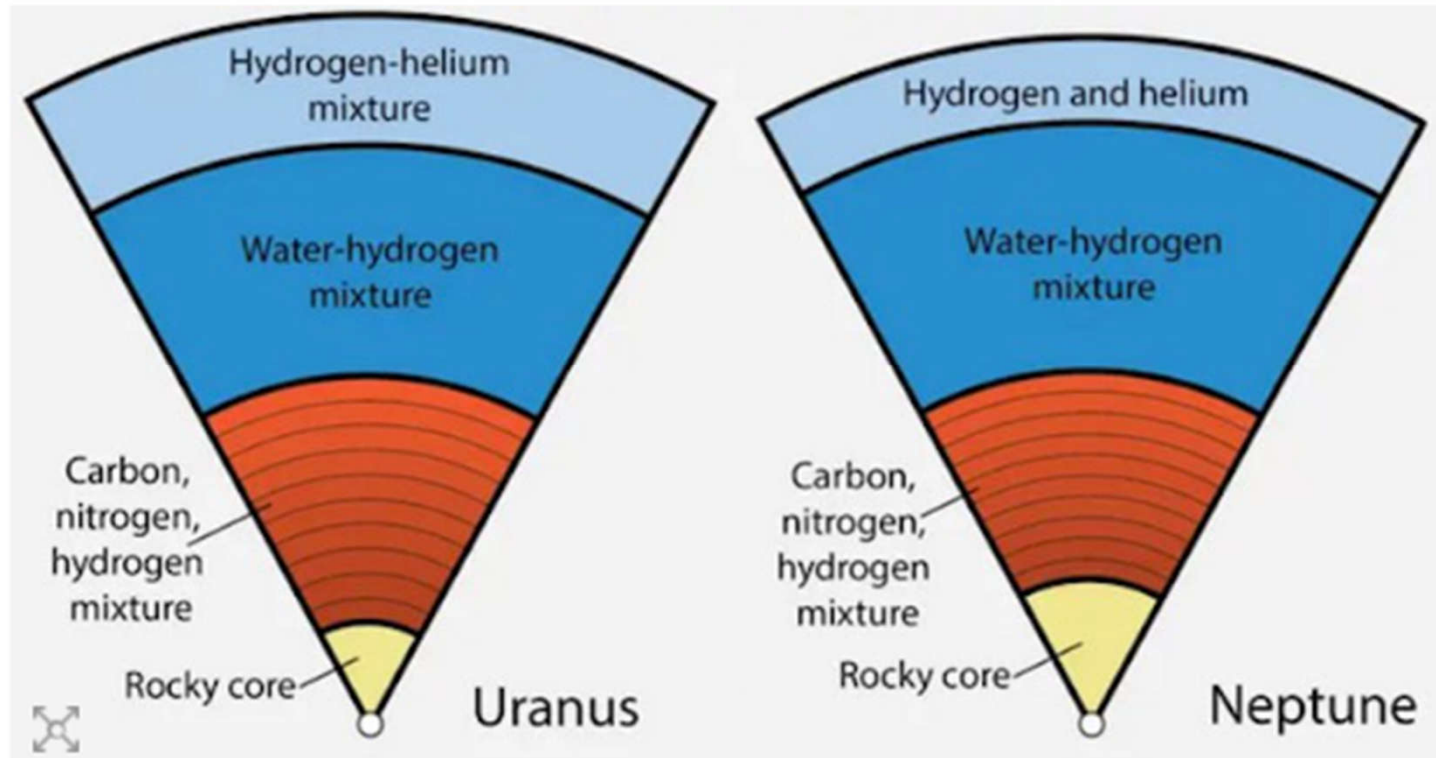


Uran & Neptun: no magnetic poles

lack magnetic poles

17 Dec 2024 Isabelle Dumé

<https://physicsworld.com/a/immiscible-ice-layers-may-explain-why-uranus-and-neptune-lack-magnetic-poles/>



Under the ice: Models for the interior structures of the ice-giant planets Uranus and Neptune have two distinct, intermediate layers: an upper, water-rich convecting layer where disorganized magnetic fields are

To investigate conditions deep beneath Uranus and Neptune's icy surfaces, Militzer developed computer models to simulate how a mixture of water, methane and ammonia will behave at the temperatures (above 4750 K) and pressures (above 3×10^6 atmospheres) that prevail there.

Zagadnienia

Skąd się bierze pole magnetyczne na Ziemi?

Czy zmiany pola magnetycznego są/ będą globalnymi katastrofami?

Pojęcie „Earth – snow ball”

Pasy van Allena

Dla astronomów: czy na Marsie (i Uranie) jest pole magnetyczne?

Czy człowiek może odczuwać pole magnetyczne? (do dyskusji)

Conclusione: l'importanza dell'insegnamento interdisciplinare delle Scienze

- Fisica con Geografia
- Fisica con Chimica
- Chimica con Geologia
- Geografia con Letteratura
- ...
- Biologia con Filosofia
- ...

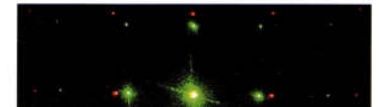
Kształcenie nauczycieli chemii

Rubiny, złote szkło i brazylijskie motyle, czyli o kolorach w fizyce, chemii i biologii

W artykule przedyskutujemy, niejako od początku, zagadnienia obserwacji kolorów. Pokażemy, jak różne aspekty powstawania kolorów może nauczyciel zilustrować prostymi przykładami praktycznymi.

■ GRZEGORZ KARWASZ

Tematyce kolorów poświęconych zostało wiele artykułów w „Chemii w Szkole” w ubiegłych latach. I tak, o podstawach składania kolorów, przy okazji fotografii, pisała J. Ortlw w 2009 r. [1].



||| GEOGRAFIA REGIONALNA

Między Scyllą a Charybdą, czyli o Homerze i wulkanach

■ Homer wysłał Ulisesa na krańce znanego Grekom świata – między dwie skały potwory: Scyllę i Charybdę. Scylla to czarne pionowe urwisko, a Charybda zasysa statki. Nadmiar fantazji? Bynajmniej! Kanał Mesyny, w swym najwęższym miejscu tak właśnie wygląda – silne prądy morskie, sąsiedztwo wulkanów i częste trzęsienia ziemi.



Charybda trzy razy dziennie wysysa i wypłnwa morze