

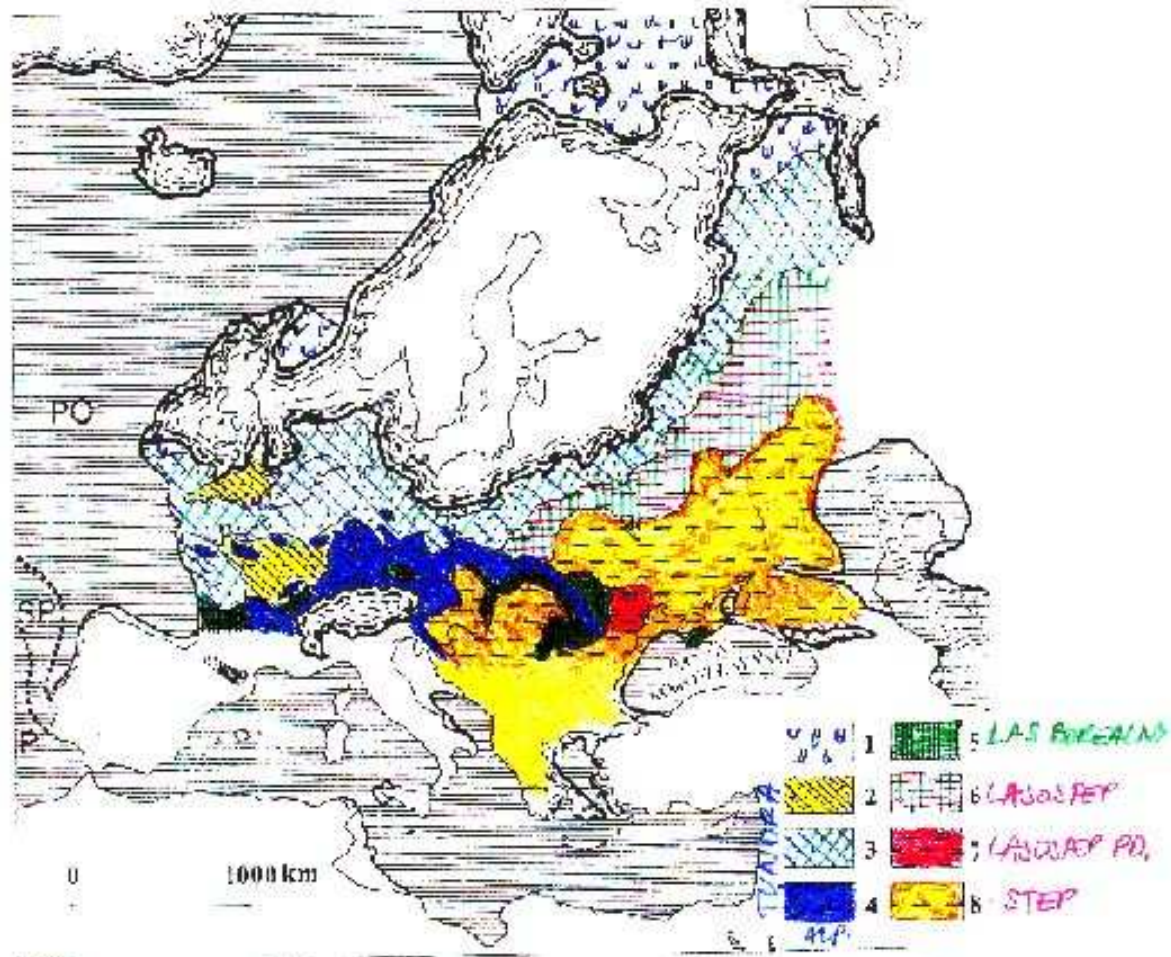
**BIOGEOCHEMIA  
A  
ZMIANY GLOBALNE**

# ZMIANY GLOBALNE

- Biosfera = system dynamiczny
- Nie ma:
  - Stałości
  - Stabilności;
- Zdarzają się:
  - Stany względnej równowagi
  - Bardzo powolne zmiany(w ludzkiej skali czasowej)
  - Czasem bardzo gwałtowne („katastrofy”)

# ZMIANY GLOBALNE

- Zmiany biosfery: zmiany bilansów biogeochemicznych;
- Wszystkie biogeochemiczne procesy mają zasięg globalny;
- Nie ma ekosystemów geochemicznie odizolowanych (poza sztucznymi biosferami).



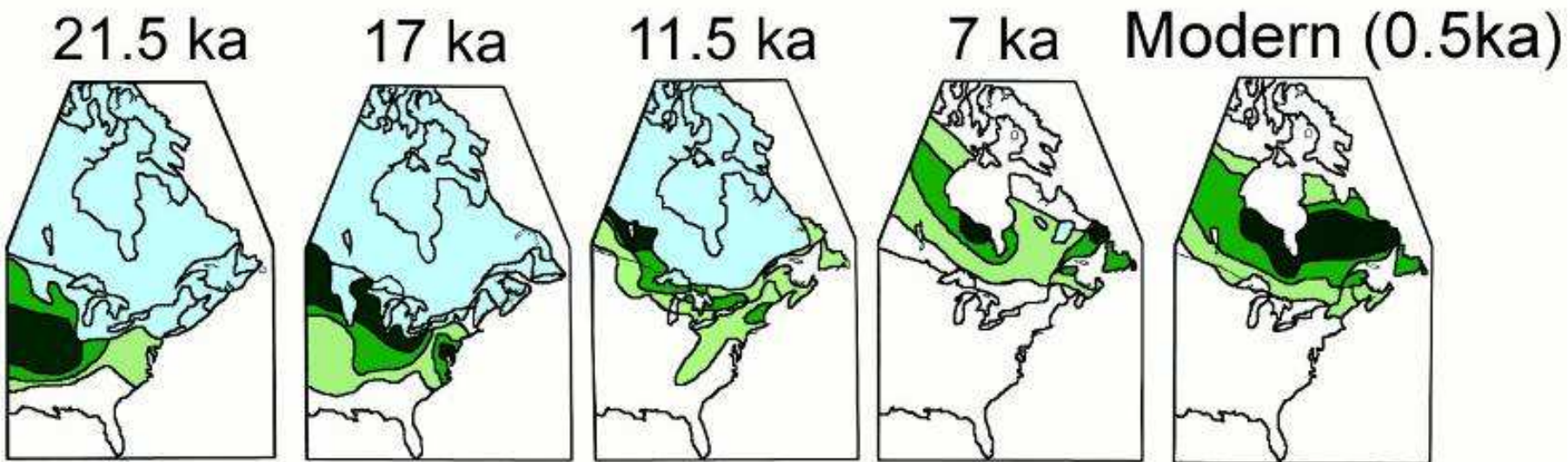
Ryc. 133. Rozkład siedlisk w warunkach naturalnych, w regionie podlega. Zmowa nielwalety, 1972

- 1 - lasy jodłowe, 2 - lasy sosnowe, 3 - lasy bukowe, 4 - lasy dębowe, 5 - lasy mieszane, 6 - lasy mieszane, 7 - lasy mieszane, 8 - lasy mieszane, 9 - lasy mieszane, 10 - lasy mieszane, 11 - lasy mieszane, 12 - lasy mieszane, 13 - lasy mieszane, 14 - lasy mieszane, 15 - lasy mieszane, 16 - lasy mieszane, 17 - lasy mieszane, 18 - lasy mieszane, 19 - lasy mieszane, 20 - lasy mieszane, 21 - lasy mieszane, 22 - lasy mieszane, 23 - lasy mieszane, 24 - lasy mieszane, 25 - lasy mieszane, 26 - lasy mieszane, 27 - lasy mieszane, 28 - lasy mieszane, 29 - lasy mieszane, 30 - lasy mieszane, 31 - lasy mieszane, 32 - lasy mieszane, 33 - lasy mieszane, 34 - lasy mieszane, 35 - lasy mieszane, 36 - lasy mieszane, 37 - lasy mieszane, 38 - lasy mieszane, 39 - lasy mieszane, 40 - lasy mieszane, 41 - lasy mieszane, 42 - lasy mieszane, 43 - lasy mieszane, 44 - lasy mieszane, 45 - lasy mieszane, 46 - lasy mieszane, 47 - lasy mieszane, 48 - lasy mieszane, 49 - lasy mieszane, 50 - lasy mieszane, 51 - lasy mieszane, 52 - lasy mieszane, 53 - lasy mieszane, 54 - lasy mieszane, 55 - lasy mieszane, 56 - lasy mieszane, 57 - lasy mieszane, 58 - lasy mieszane, 59 - lasy mieszane, 60 - lasy mieszane, 61 - lasy mieszane, 62 - lasy mieszane, 63 - lasy mieszane, 64 - lasy mieszane, 65 - lasy mieszane, 66 - lasy mieszane, 67 - lasy mieszane, 68 - lasy mieszane, 69 - lasy mieszane, 70 - lasy mieszane, 71 - lasy mieszane, 72 - lasy mieszane, 73 - lasy mieszane, 74 - lasy mieszane, 75 - lasy mieszane, 76 - lasy mieszane, 77 - lasy mieszane, 78 - lasy mieszane, 79 - lasy mieszane, 80 - lasy mieszane, 81 - lasy mieszane, 82 - lasy mieszane, 83 - lasy mieszane, 84 - lasy mieszane, 85 - lasy mieszane, 86 - lasy mieszane, 87 - lasy mieszane, 88 - lasy mieszane, 89 - lasy mieszane, 90 - lasy mieszane, 91 - lasy mieszane, 92 - lasy mieszane, 93 - lasy mieszane, 94 - lasy mieszane, 95 - lasy mieszane, 96 - lasy mieszane, 97 - lasy mieszane, 98 - lasy mieszane, 99 - lasy mieszane, 100 - lasy mieszane.

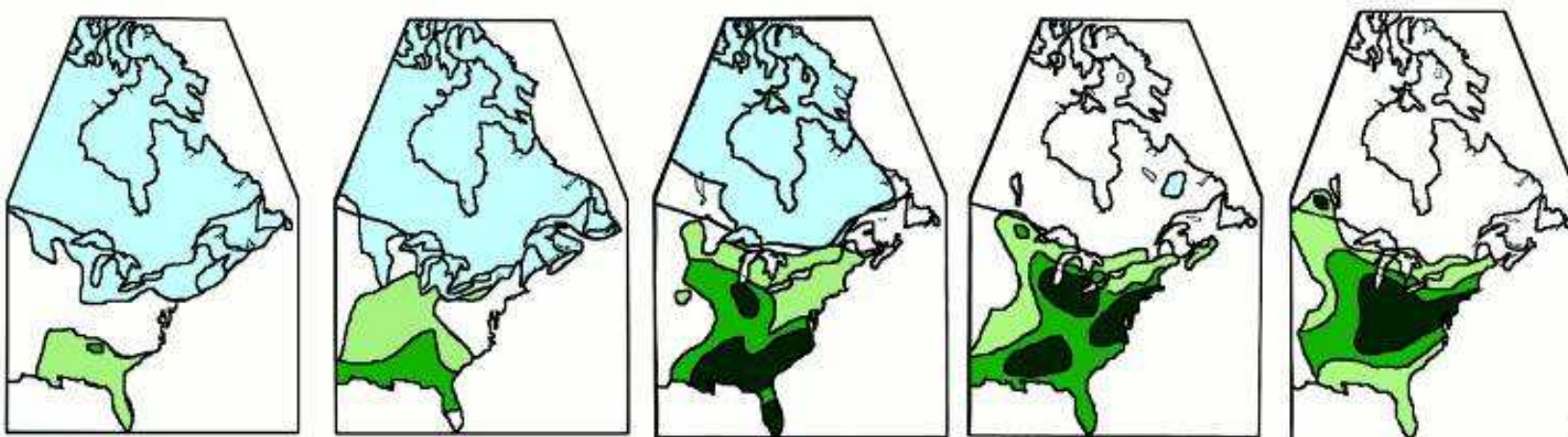
$$^{\wedge} \text{WISKA}^{\wedge} = 100 \div 10 \text{ tj. lat temu}$$

$$= 10 \text{ km}^2$$

(Mojski 1993)



A. Spruce Pollen



B. Oak Pollen



Zmiany zasięgu świerka i dębu  
W Ameryce Pn. po ostatniej glacji

# ZMIANY GLOBALNE

- zmiana klimatu
- zmiany geochemiczne (litosfera, gleba, ocean, atmosfera)
- zmiany geograficzne (linia brzegowa, zasięgi lodowców)
- zmiany biologiczne (zasięgi gatunków i zespołów - w tym zasięgi upraw; zmiany bioróżnorodności)
- skutki społeczne i gospodarcze dla człowieka

# Mechanizmy długofalowych zmian globalnych

Cykl astronomiczny wpływa pośrednio na klimat i biogeochemię

- zmiany aktywności słonecznej (ewolucja gwiazdy)
- cykl Milankovica
- cykl 11-letni aktywności Słońca
- katastrofy kosmiczne (zderzenia)

# Mechanizmy zmian klimatycznych

- „Forcings”:
  - Naturalne
    - Zmiany orbitalne [ $-0.035 \text{ W/m}^2/\text{dekadę}$ ]
    - Zmiany intensywności promieniowania słonecznego [ $+0.3 \text{ W/m}^2$  od 1850 czyli przez 160 lat]
    - Zmiany albedo (naturalne aerozole, wulkany) [ Pinatubo:  $-1.0$  do  $-3.0 \text{ W/m}^2/2 \text{ lata}$ ]
  - Antropogeniczne
    - Gazy cieplarniane
    - Aerozole
- Sprzężenia zwrotne dodatnie i ujemne



# EFEKT MILANKOVICA

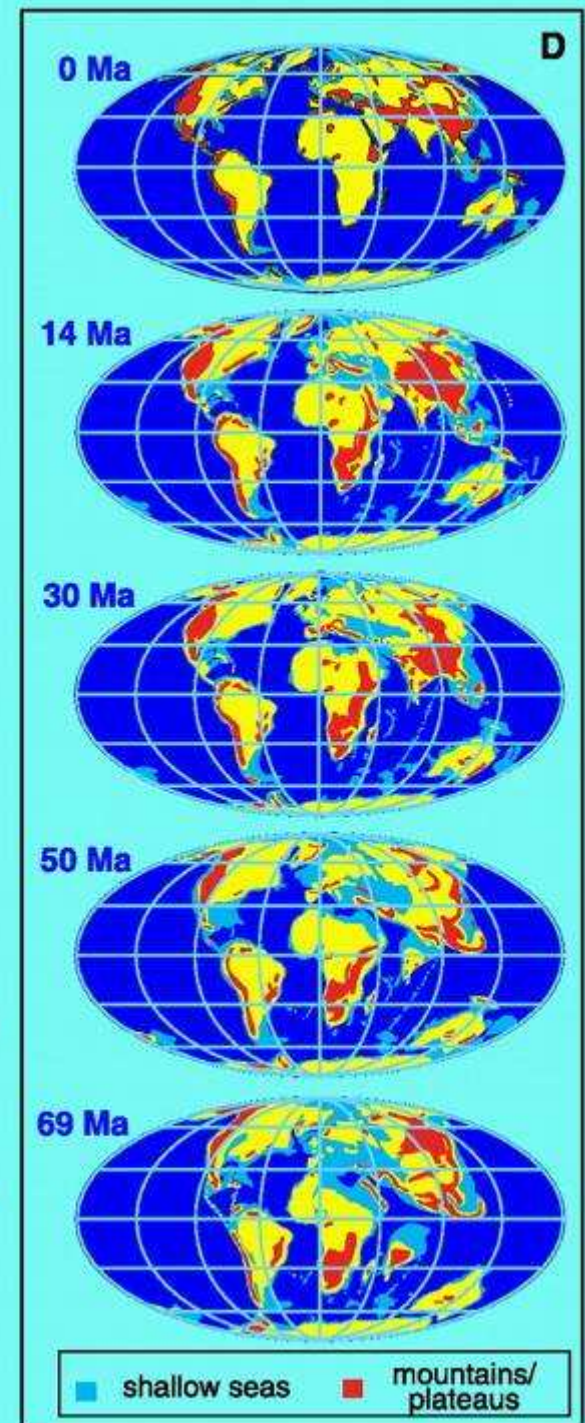
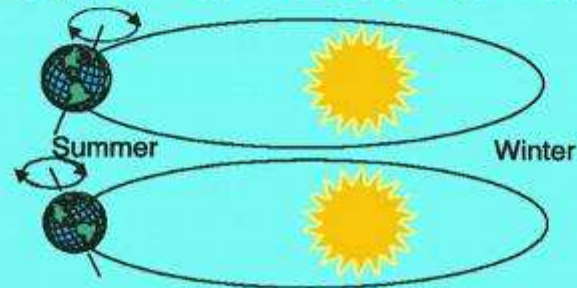
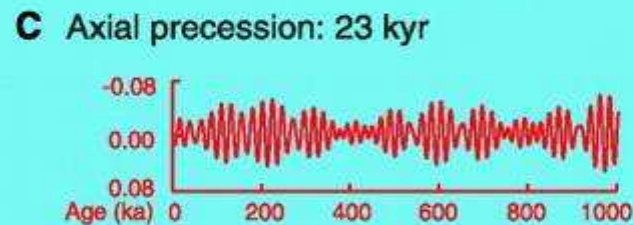
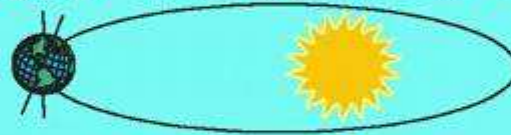
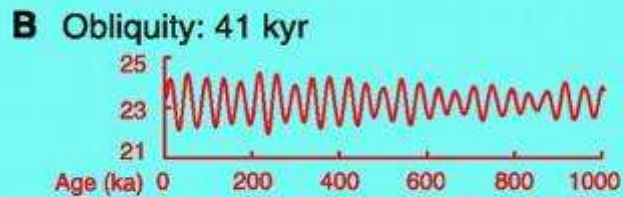
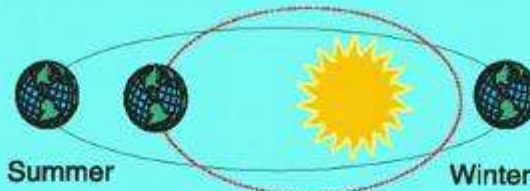
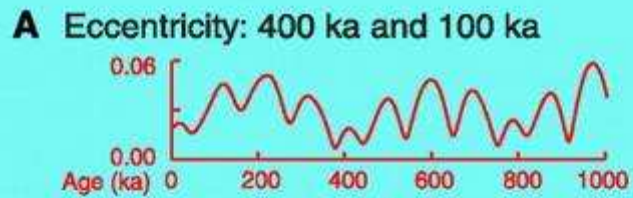
A. ZMIANA MIMOŚRODU ORBITY

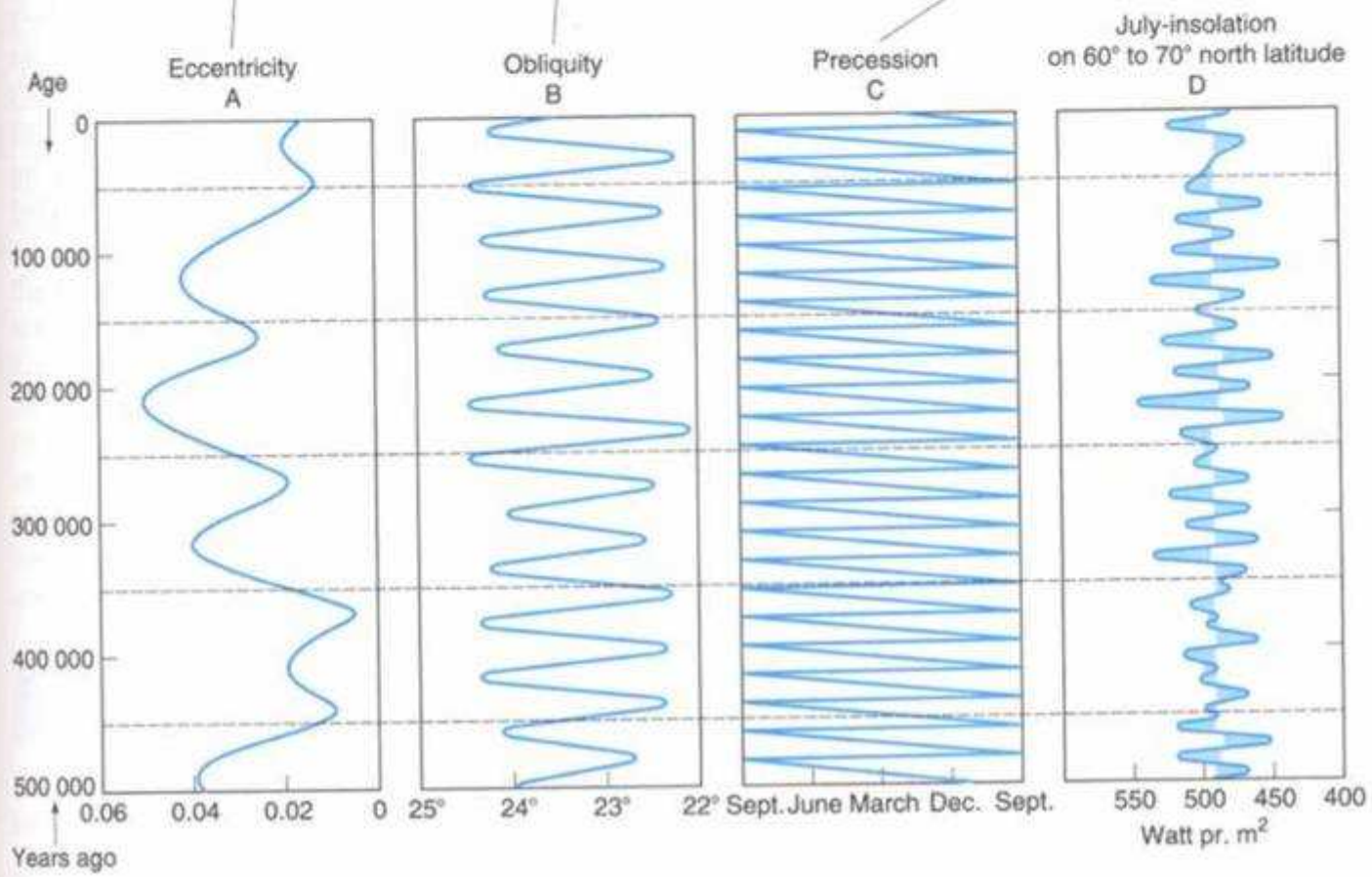
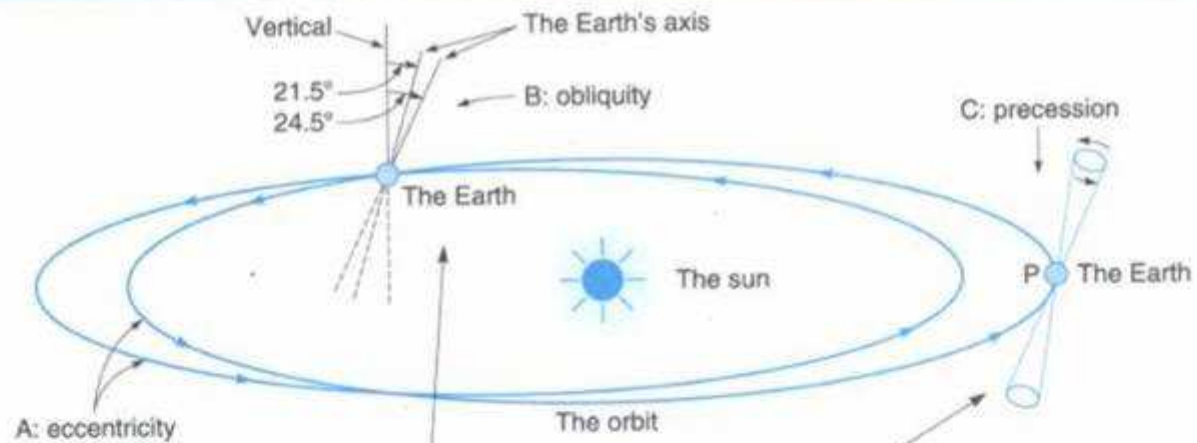
B. ZMIANA NACHYLENIA OSI ZIEMI

C. PRECESJA

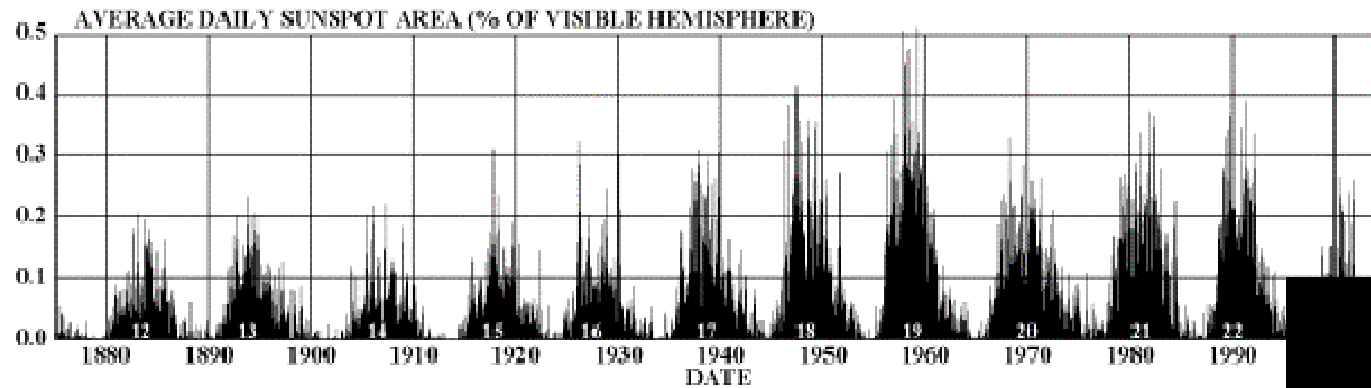
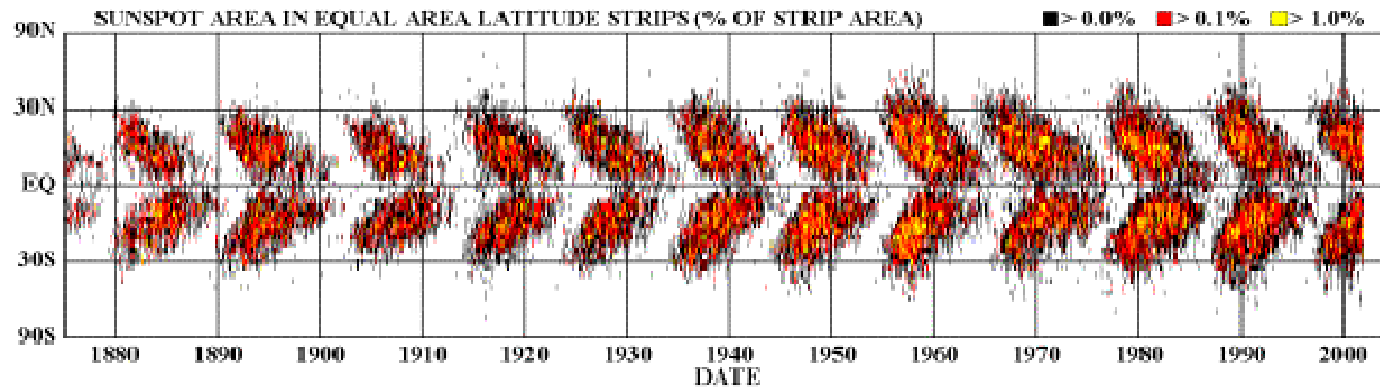
Science

292, 27.04.2001



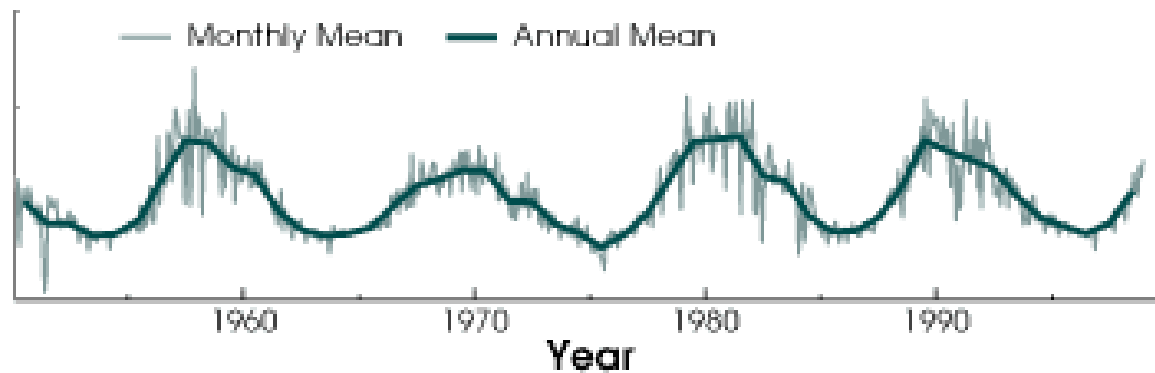


# DAILY SUNSPOT AREA AVERAGED OVER INDIVIDUAL SOLAR ROTATIONS

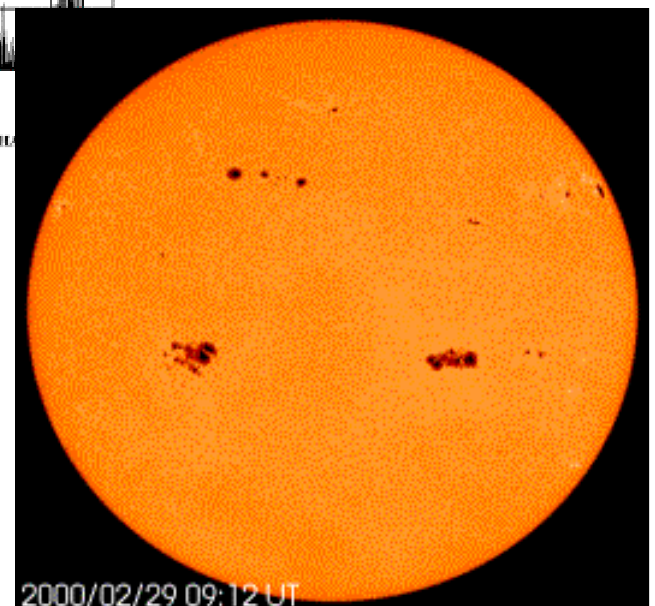


<http://science.nasa.gov/sol/solar/images/tilty.gif>

## Total Solar Irradiance



NASA/MSFC/HEATH



# Aktywność Słońca a klimat

- Stała słoneczna rośnie w tempie 1% na 100 mln lat
- Na to nakłada się wyraźny, ale słaby cykl 11-letni (efekt: amplituda zmian temperatury 0.06 - 0.1 deg; zakres zmian promieniowania docierającego 1.1 W/m<sup>2</sup>, efekt klimatyczny 0.2 W/m<sup>2</sup>)
- **Obecny wpływ człowieka oceniany na 0.35W/m<sup>2</sup> przez 10 lat**

# MECHANIZMY DŁUGOFALOWYCH ZMIAN GLOBALNYCH

## Cykl tektoniczny

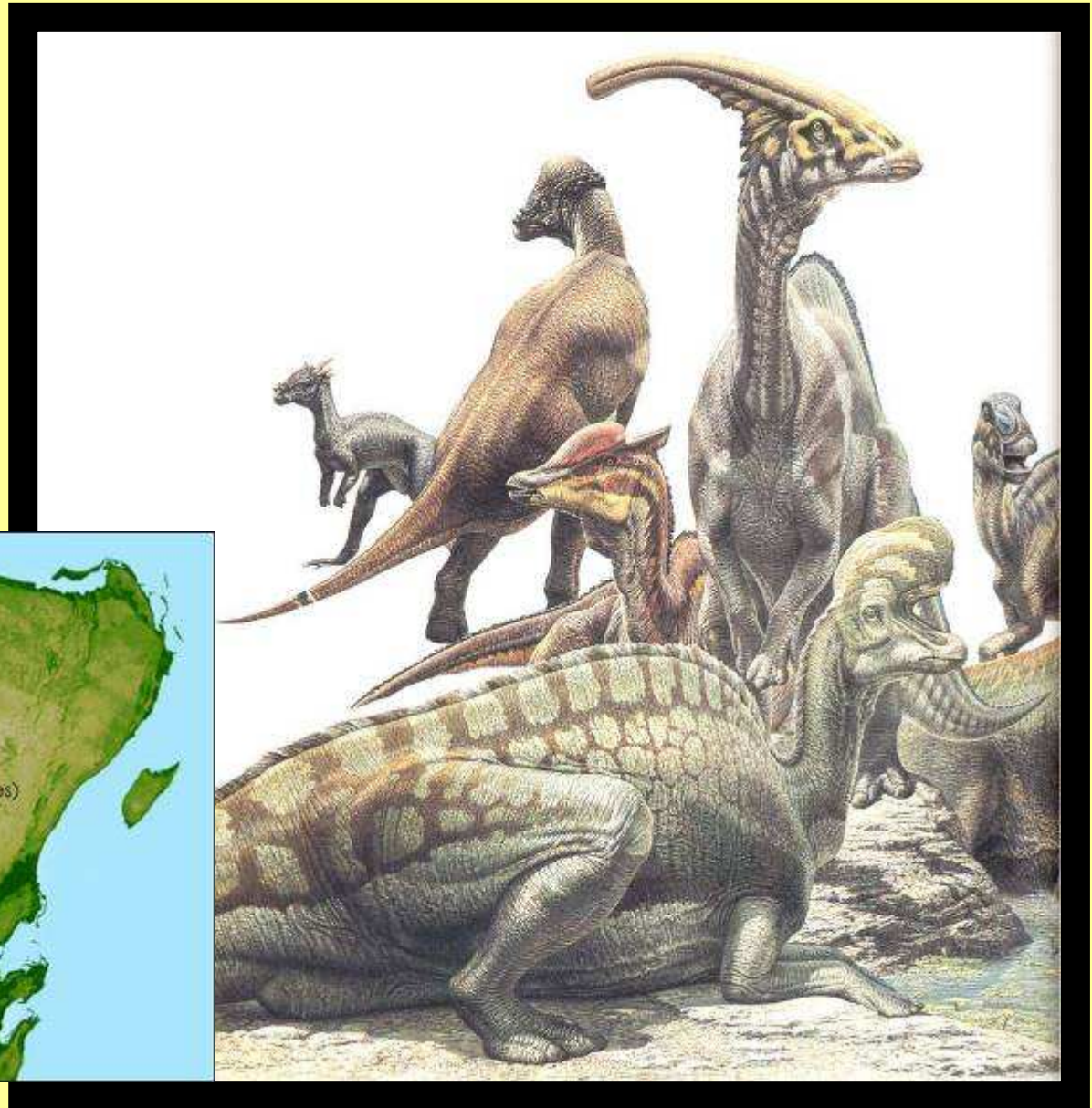
- zmiana położenia kontynentów
- zmiany nasilenia zjawisk wulkanicznych (w tym: podwodnych)

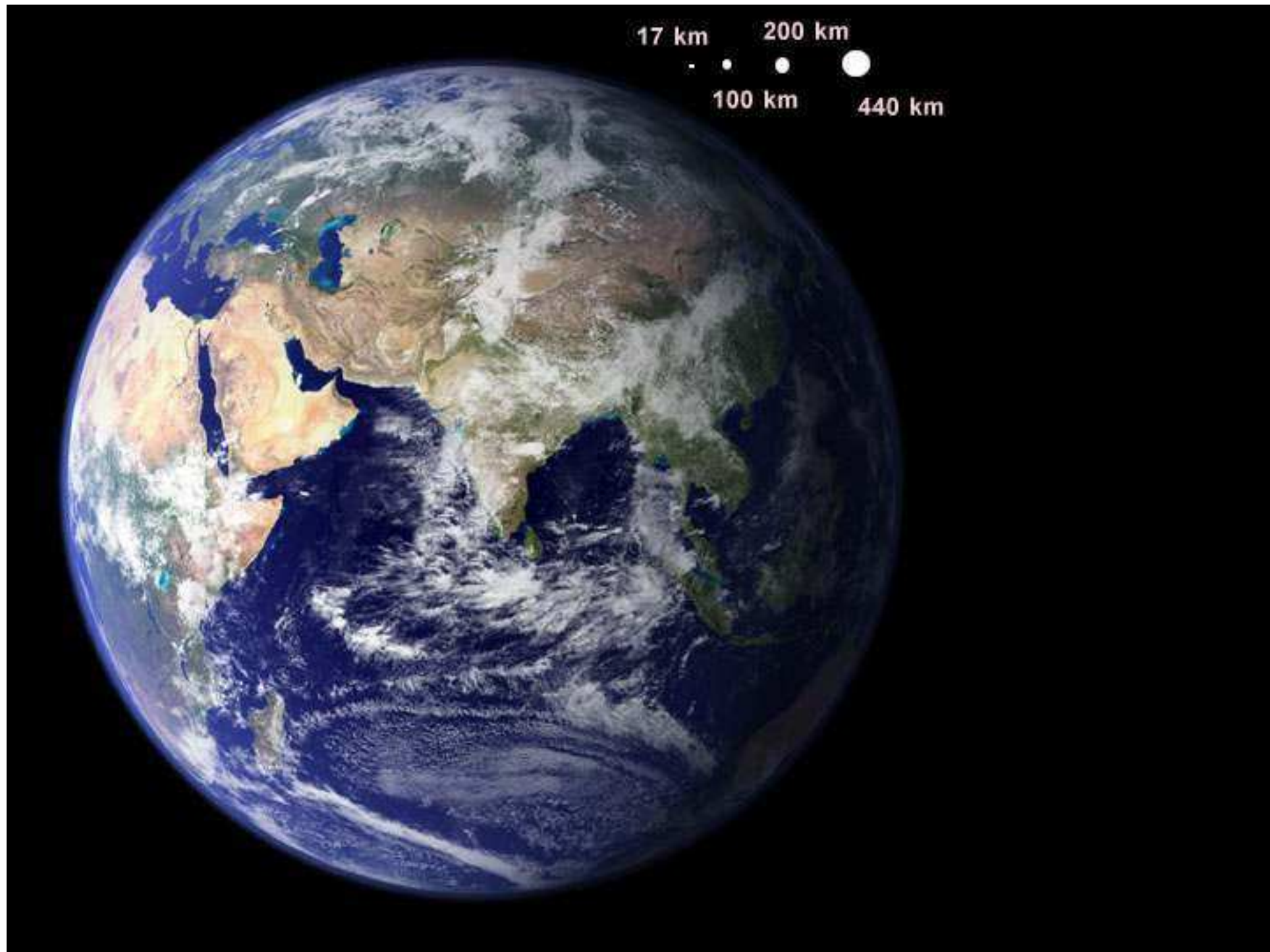


NATIONAL  
GEOGRAPHIC MAPS

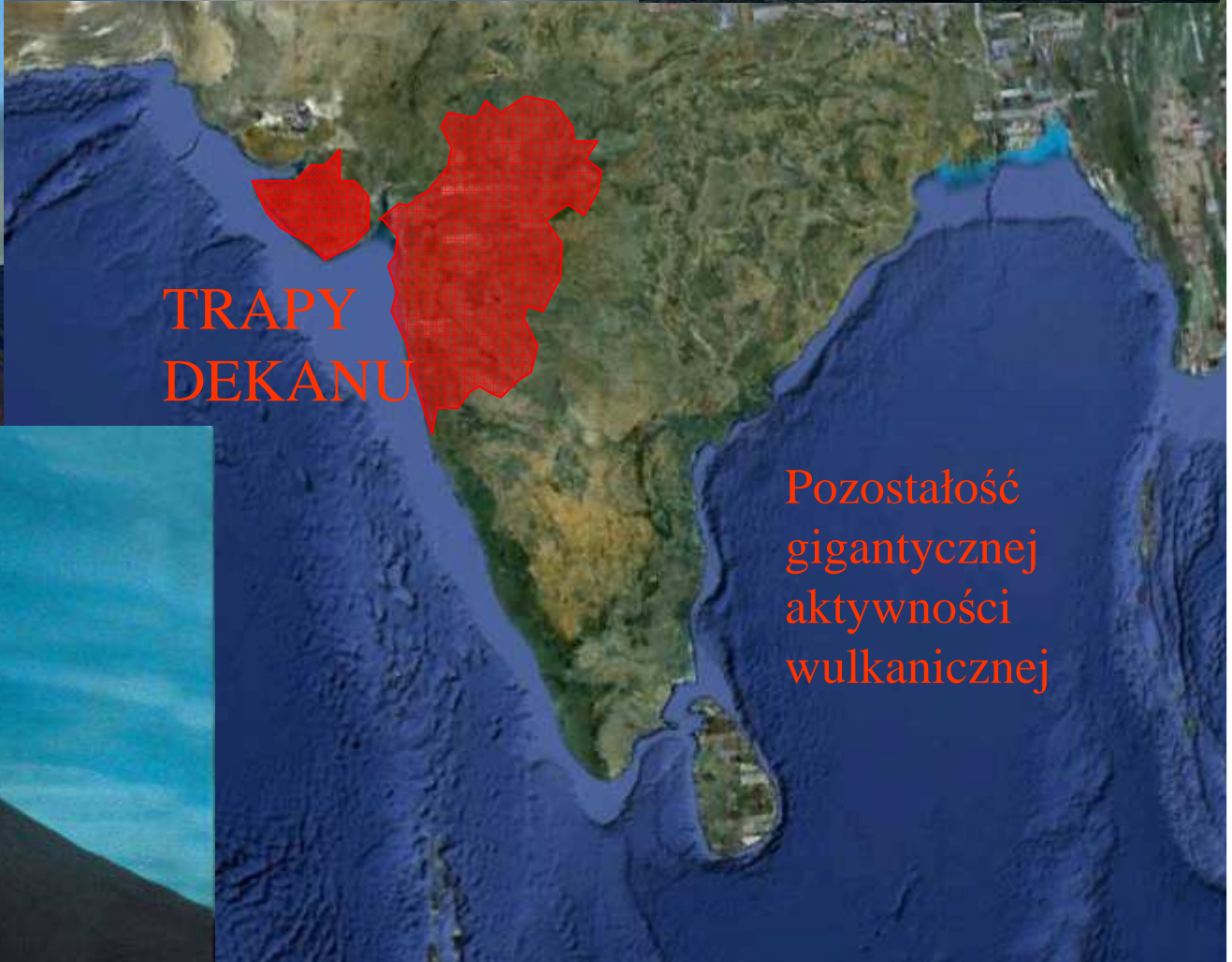
ŹRÓDŁO: CHRISTOPHER R. SCOTSE,  
PALEOMAP PROJECT, RYSUNEK RZEŻBY TERENU TIBOR TÓTH,  
WEDŁUG ORYGINALNEGO RYSUNKU RALPHA SCOTSE

# KATASTROFY KOSMICZNE





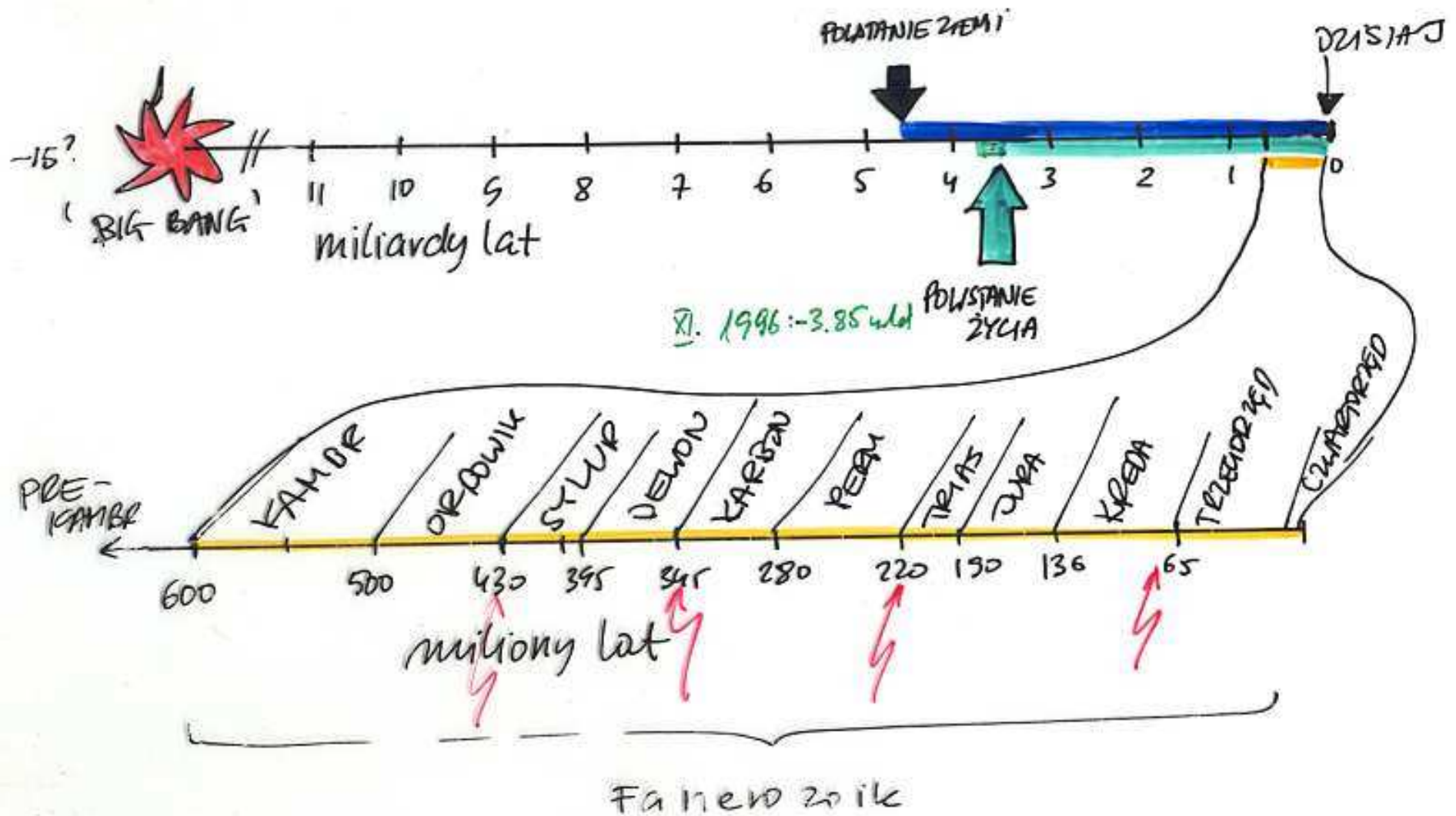




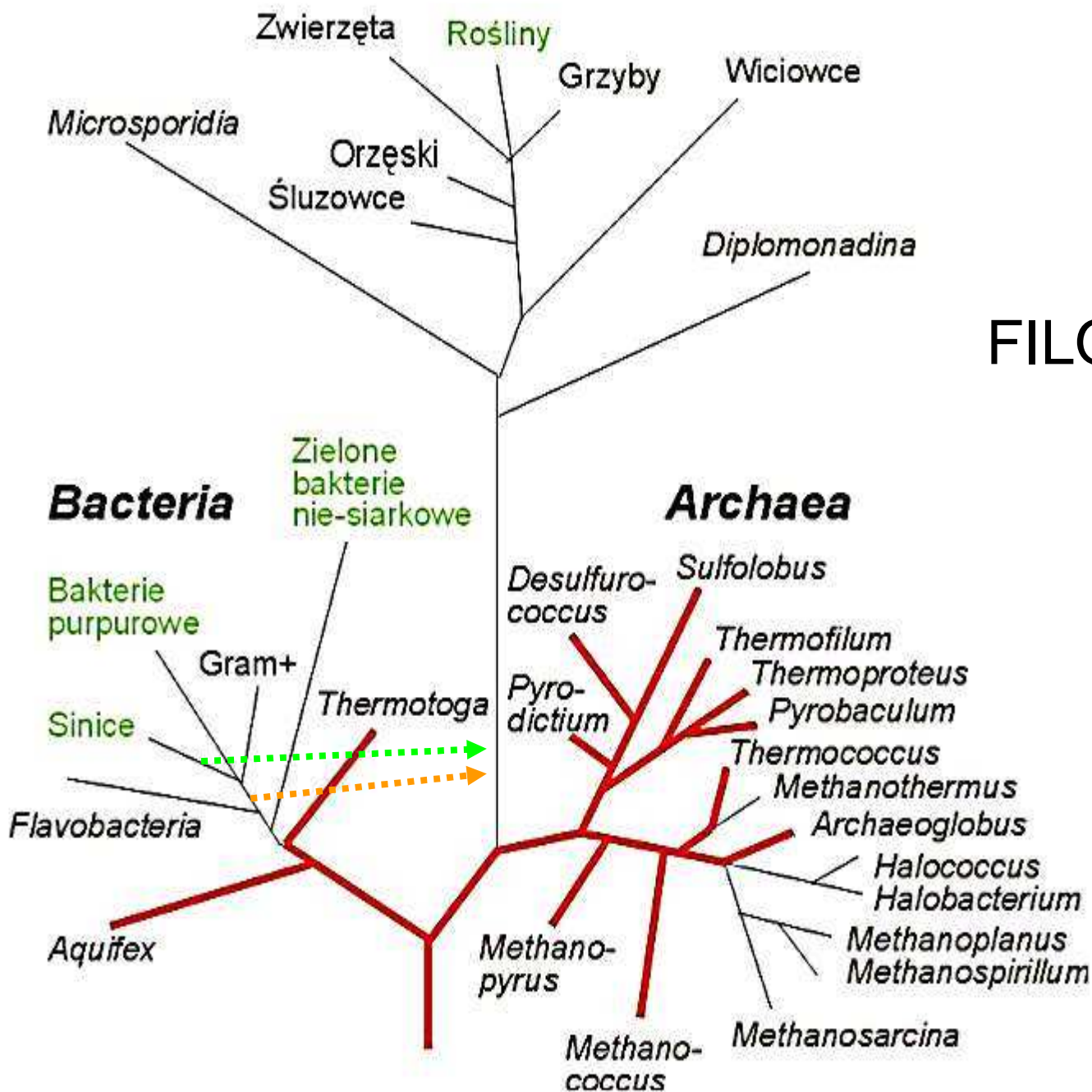
TRAPY  
DEKANU

Pozostałość  
gigantycznej  
aktywności  
wulkanicznej

# Historia Ziemi



# Eucarya



DRZEWO  
FILOGENETYCZNE

GŁÓWNE  
TAKSONY

HISTORIA  
GEOCHEMICZNA  
BIOSFERY

# MECHANIZMY DŁUGOFALOWYCH ZMIAN GLOBALNYCH

## Zmiany aktywności biologicznej biosfery w toku ewolucji

- powstanie życia w warunkach nagromadzonego potencjału redoks; praca sił kosmicznych; wyczerpanie potencjału
- biosfera „uczy się” korzystać z zasobów odnawialnych - praca organizmów. Mechanizm tej „nauki”: dobór naturalny.
- dobór naturalny między organizmami kształtuje globalne cykle biogeochemiczne. Jak? Mimoходом!
- Redukcja węgla, uwolnienie tlenu - radykalna zmiana globalna;
- opanowanie lądów - wzmożenie fotosyntezy, ewapotranspiracja - zmiana globalna



# INTERNATIONAL STRATIGRAPHIC CHART

International Commission on Stratigraphy



| Eonothem<br>Eon | Erathem<br>Era | System<br>Period | Series<br>Epoch | Stage<br>Age  | Age<br>Ma  | GSSP  |
|-----------------|----------------|------------------|-----------------|---------------|------------|-------|
| Phanerozoic     | Cenozoic       | Quaternary       | Holocene        |               | 0.0117     | ➤     |
|                 |                |                  | Pleistocene     | Upper         | 0.126      |       |
|                 |                |                  |                 | "Ionian"      | 0.781      |       |
|                 |                |                  | Pliocene        | Calabrian     | 1.806      |       |
|                 |                |                  |                 | Gelasian      | 2.588      | ➤     |
|                 |                |                  | Neogene         | Miocene       | Piacenzian | 3.600 |
|                 |                | Zanclean         |                 |               | 5.332      | ➤     |
|                 |                | Pliocene         |                 | Messinian     | 7.246      | ➤     |
|                 |                |                  |                 | Tortonian     | 11.608     | ➤     |
|                 |                |                  |                 | Serravallian  | 13.82      | ➤     |
|                 |                |                  |                 | Langhian      | 15.97      | ➤     |
|                 |                |                  |                 | Burdigalian   | 20.43      | ➤     |
|                 |                |                  |                 | Aquitanian    | 23.03      | ➤     |
|                 |                | Paleogene        | Oligocene       | Chattian      | 28.4 ± 0.1 | ➤     |
|                 | Rupelian       |                  |                 | 33.9 ± 0.1    | ➤          |       |
|                 | Priabonian     |                  |                 | 37.2 ± 0.1    | ➤          |       |
|                 | Bartonian      |                  |                 | 40.4 ± 0.2    | ➤          |       |
|                 | Eocene         |                  | Lutetian        | 48.6 ± 0.2    | ➤          |       |
|                 |                |                  | Ypresian        | 55.8 ± 0.2    | ➤          |       |
|                 |                |                  | Thanetian       | 58.7 ± 0.2    | ➤          |       |
|                 |                |                  | Selandian       | ~ 61.1        | ➤          |       |
|                 | Paleocene      |                  | Danian          |               | 65.5 ± 0.3 | ➤     |
|                 |                |                  |                 |               | 70.6 ± 0.6 | ➤     |
|                 |                |                  | Upper           | Maastrichtian | 83.5 ± 0.7 | ➤     |
|                 |                |                  |                 | Campanian     | 85.8 ± 0.7 | ➤     |
|                 |                |                  |                 | Santonian     | ~ 88.6     | ➤     |
|                 |                |                  |                 | Coniacian     | 93.6 ± 0.8 | ➤     |
|                 | Lower          | Turonian         | 99.6 ± 0.9      | ➤             |            |       |
| Cenomanian      |                | 112.0 ± 1.0      | ➤               |               |            |       |
| Albian          |                | 125.0 ± 1.0      | ➤               |               |            |       |
| Aptian          |                | 130.0 ± 1.5      | ➤               |               |            |       |
| Barremian       |                | ~ 133.9          | ➤               |               |            |       |
| Hauterivian     |                | 140.2 ± 3.0      | ➤               |               |            |       |
| Berriasian      | 145.5 ± 4.0    | ➤                |                 |               |            |       |

| Eonothem<br>Eon | Erathem<br>Era | System<br>Period | Series<br>Epoch | Stage<br>Age | Age<br>Ma   | GSSP |
|-----------------|----------------|------------------|-----------------|--------------|-------------|------|
| Phanerozoic     | Mesozoic       | Jurassic         | Upper           | Tithonian    | 145.5 ± 4.0 |      |
|                 |                |                  |                 | Kimmeridgian | 150.8 ± 4.0 |      |
|                 |                |                  | Middle          | Oxfordian    | ~ 155.6     |      |
|                 |                |                  |                 | Callovian    | 161.2 ± 4.0 |      |
|                 |                |                  |                 | Bathonian    | 164.7 ± 4.0 | ➤    |
|                 |                |                  |                 | Bajocian     | 167.7 ± 3.5 | ➤    |
|                 |                | Lower            | Aalenian        | 171.6 ± 3.0  | ➤           |      |
|                 |                |                  | Toarcian        | 175.6 ± 2.0  | ➤           |      |
|                 |                |                  | Pliensbachian   | 183.0 ± 1.5  | ➤           |      |
|                 |                |                  | Sinemurian      | 189.6 ± 1.5  | ➤           |      |
|                 |                |                  | Hettangian      | 196.5 ± 1.0  | ➤           |      |
|                 |                |                  | Rhaetian        | 199.6 ± 0.6  | ➤           |      |
|                 |                |                  | Norian          | 203.6 ± 1.5  | ➤           |      |
|                 |                |                  | Carnian         | 216.5 ± 2.0  | ➤           |      |
|                 | Triassic       | Middle           | Ladinian        | ~ 228.7      | ➤           |      |
|                 |                |                  | Anisian         | 237.0 ± 2.0  | ➤           |      |
|                 |                | Lower            | Olenekian       | ~ 245.9      | ➤           |      |
|                 |                |                  | Induan          | ~ 249.5      | ➤           |      |
|                 | Paleozoic      | Permian          | Lopingian       | 251.0 ± 0.4  | ➤           |      |
|                 |                |                  | Changhsingian   | 253.8 ± 0.7  | ➤           |      |
|                 |                |                  | Wuchiapingian   | 258.4 ± 0.7  | ➤           |      |
|                 |                |                  | Capitanian      | 260.4 ± 0.7  | ➤           |      |
|                 |                |                  | Wordian         | 265.8 ± 0.7  | ➤           |      |
|                 |                |                  | Roadian         | 268.0 ± 0.7  | ➤           |      |
|                 |                | Cisuralian       | Kungurian       | 270.6 ± 0.7  | ➤           |      |
|                 |                |                  | Artinskian      | 275.6 ± 0.7  | ➤           |      |
|                 |                |                  | Sakmarian       | 284.4 ± 0.7  | ➤           |      |
|                 |                |                  | Asselian        | 294.6 ± 0.8  | ➤           |      |
| Carboniferous   |                | Pennsylvanian    | Upper           | 298.0 ± 0.8  | ➤           |      |
|                 |                |                  | Gzhelian        | 303.4 ± 0.9  | ➤           |      |
|                 |                | Mississippian    | Middle          | 307.2 ± 1.0  | ➤           |      |
|                 |                |                  | Moscovian       | 311.7 ± 1.1  | ➤           |      |
| Cambrian        | Upper          | Bashkirian       | 318.1 ± 1.3     | ➤            |             |      |
|                 |                | Serpukhovian     | 318.1 ± 1.3     | ➤            |             |      |
|                 | Lower          | Visean           | 328.3 ± 1.6     | ➤            |             |      |
|                 |                | Tournaisian      | 345.3 ± 2.1     | ➤            |             |      |
|                 |                | 350.2 ± 2.5      | ➤               |              |             |      |

| Eonothem<br>Eon | Erathem<br>Era | System<br>Period | Series<br>Epoch | Stage<br>Age | Age<br>Ma   | GSSP |
|-----------------|----------------|------------------|-----------------|--------------|-------------|------|
| Phanerozoic     | Paleozoic      | Devonian         | Upper           | Famennian    | 359.2 ± 2.5 | ➤    |
|                 |                |                  |                 | Frasnian     | 374.5 ± 2.6 | ➤    |
|                 |                |                  | Middle          | Givetian     | 385.3 ± 2.6 | ➤    |
|                 |                |                  |                 | Eifelian     | 391.8 ± 2.7 | ➤    |
|                 |                |                  |                 | Emsian       | 397.5 ± 2.7 | ➤    |
|                 |                |                  |                 | Pragian      | 407.0 ± 2.8 | ➤    |
|                 |                | Silurian         | Lower           | Lochkovian   | 411.2 ± 2.8 | ➤    |
|                 |                |                  |                 | Pridoli      | 416.0 ± 2.8 | ➤    |
|                 |                |                  | Ludlow          | 418.7 ± 2.7  | ➤           |      |
|                 |                |                  | Ludfordian      | 421.3 ± 2.6  | ➤           |      |
|                 |                |                  | Wenlock         | Gorstian     | 422.9 ± 2.5 | ➤    |
|                 |                |                  |                 | Homerian     | 426.2 ± 2.4 | ➤    |
|                 |                |                  | Llandovery      | Sheinwoodian | 428.2 ± 2.3 | ➤    |
|                 |                |                  |                 | Telychian    | 436.0 ± 1.9 | ➤    |
|                 | Aeronian       | 439.0 ± 1.8      |                 | ➤            |             |      |
|                 | Rhuddanian     | 443.7 ± 1.5      |                 | ➤            |             |      |
|                 | Ordovician     | Upper            | Hirnantian      | 445.6 ± 1.5  | ➤           |      |
|                 |                |                  | Katian          | 455.8 ± 1.6  | ➤           |      |
|                 |                | Middle           | Sandbian        | 460.9 ± 1.6  | ➤           |      |
|                 |                |                  | Darnwilian      | 468.1 ± 1.6  | ➤           |      |
|                 |                | Lower            | Dapingian       | 471.8 ± 1.6  | ➤           |      |
|                 |                |                  | Floian          | 478.6 ± 1.7  | ➤           |      |
|                 |                |                  | Tremadocian     | 488.3 ± 1.7  | ➤           |      |
|                 | Cambrian       | Furongian        | Stage 10        | ~ 492 *      | ➤           |      |
|                 |                |                  | Stage 9         | ~ 496 *      | ➤           |      |
|                 |                |                  | Paibian         | ~ 499        | ➤           |      |
|                 |                |                  | Guzhangian      | ~ 503        | ➤           |      |
|                 |                | Series 3         | Drumian         | ~ 508.5      | ➤           |      |
| Stage 5         |                |                  | ~ 510 *         | ➤            |             |      |
| Series 2        |                | Stage 4          | ~ 515 *         | ➤            |             |      |
|                 |                | Stage 3          | ~ 521 *         | ➤            |             |      |
| Terreneuvian    |                | Stage 2          | ~ 528 *         | ➤            |             |      |
|                 |                | Fortunian        | 542.0 ± 1.0     | ➤            |             |      |

| Eonothem<br>Eon   | Erathem<br>Era    | System<br>Period | Age<br>Ma      | GSSP<br>GSSA |   |
|-------------------|-------------------|------------------|----------------|--------------|---|
| Precambrian       | Proterozoic       | Neo-proterozoic  | Ediacaran      | 542          | ➤ |
|                   |                   |                  | Cryogenian     | ~ 635        | ➤ |
|                   |                   | Meso-proterozoic | Tonian         | 850          | ➤ |
|                   |                   |                  | Stenian        | 1000         | ➤ |
|                   |                   |                  | Ectasian       | 1200         | ➤ |
|                   |                   |                  | Calymmian      | 1400         | ➤ |
|                   | Paleo-proterozoic | Statherian       | 1600           | ➤            |   |
|                   |                   | Orosian          | 1800           | ➤            |   |
|                   |                   | Rhyacian         | 2050           | ➤            |   |
|                   |                   | Siderian         | 2300           | ➤            |   |
|                   | Archean           | Neoproterozoic   | Siderian       | 2500         | ➤ |
|                   |                   |                  | Siderian       | 2500         | ➤ |
|                   |                   | Neoproterozoic   | Neoproterozoic | 2800         | ➤ |
|                   |                   |                  | Neoproterozoic | 2800         | ➤ |
| Hadean (informal) | Hadean (informal) | ~ 3200           | ➤              |              |   |
|                   |                   | ~ 3200           | ➤              |              |   |
|                   | Hadean (informal) | ~ 3600           | ➤              |              |   |
|                   |                   | ~ 3600           | ➤              |              |   |
|                   |                   | ~ 4000           | ➤              |              |   |
|                   |                   | ~ 4600           | ➤              |              |   |

Subdivisions of the global geologic record are formally defined by their lower boundary. Each unit of the Phanerozoic (~542 Ma to Present) and the base of Ediacaran are defined by a basal Global Boundary Stratotype Section and Point (GSSP), whereas Precambrian units are formally subdivided by absolute age (Global Standard Stratigraphic Age, GSSA). Details of each GSSP are posted on the ICS website ([www.stratigraphy.org](http://www.stratigraphy.org)).

Numerical ages of the unit boundaries in the Phanerozoic are subject to revision. Some stages within the Cambrian will be formally named upon international agreement on their GSSP limits. Most sub-Series boundaries (e.g., Middle and Upper Aptian) are not formally defined.

Colors are according to the Commission for the Geological Map of the World ([www.cgmw.org](http://www.cgmw.org)).

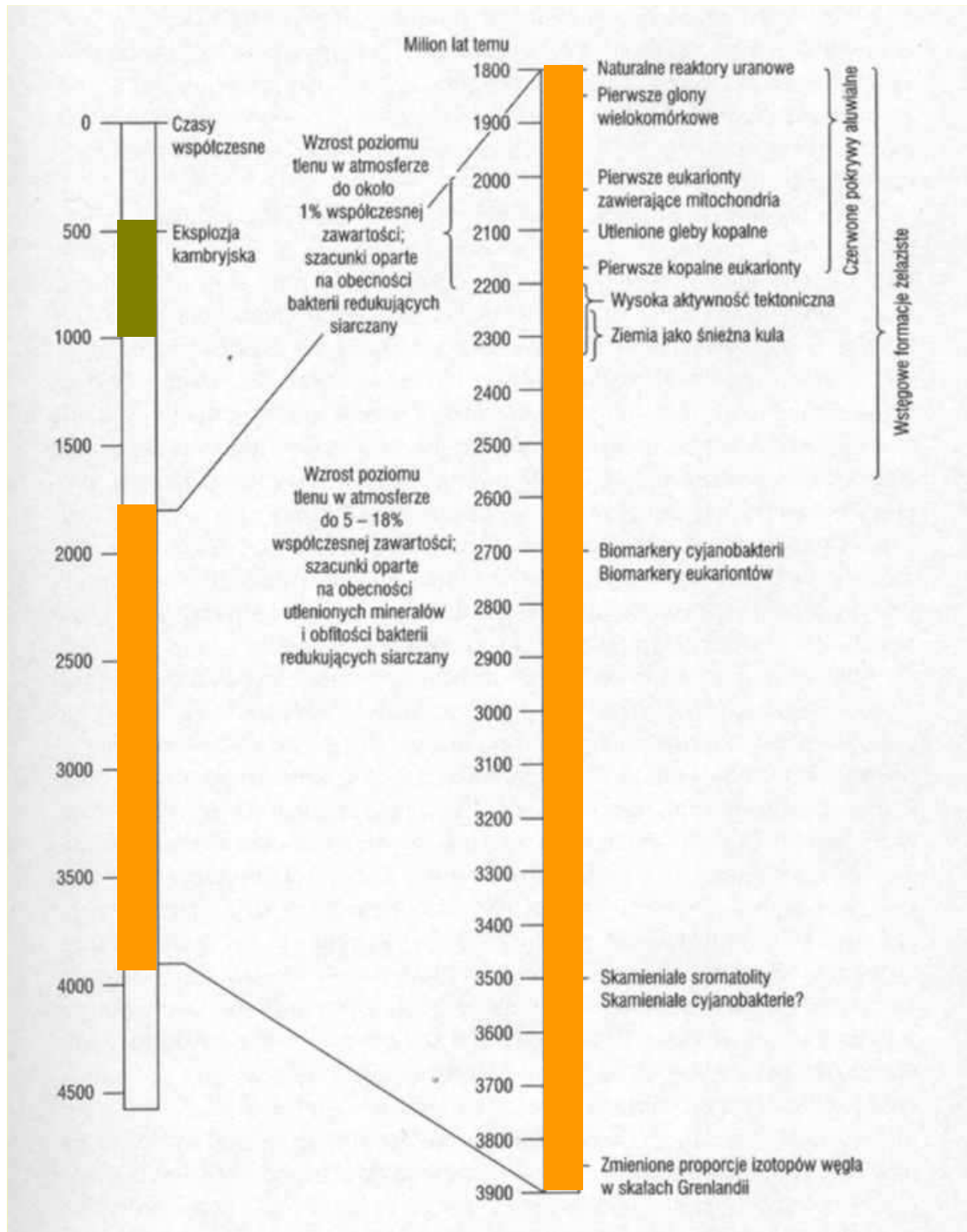
The listed numerical ages are from 'A Geologic Time Scale 2004', by F.M. Gradstein, J.G. Ogg, A.G. Smith, et al. (2004; Cambridge University Press) and 'The Concise Geologic Time Scale' by J.G. Ogg, G. Ogg and F.M. Gradstein (2008).

This chart was drafted by Gabi Ogg. Intra Cambrian unit ages with \* are informal, and awaiting ratified definitions.

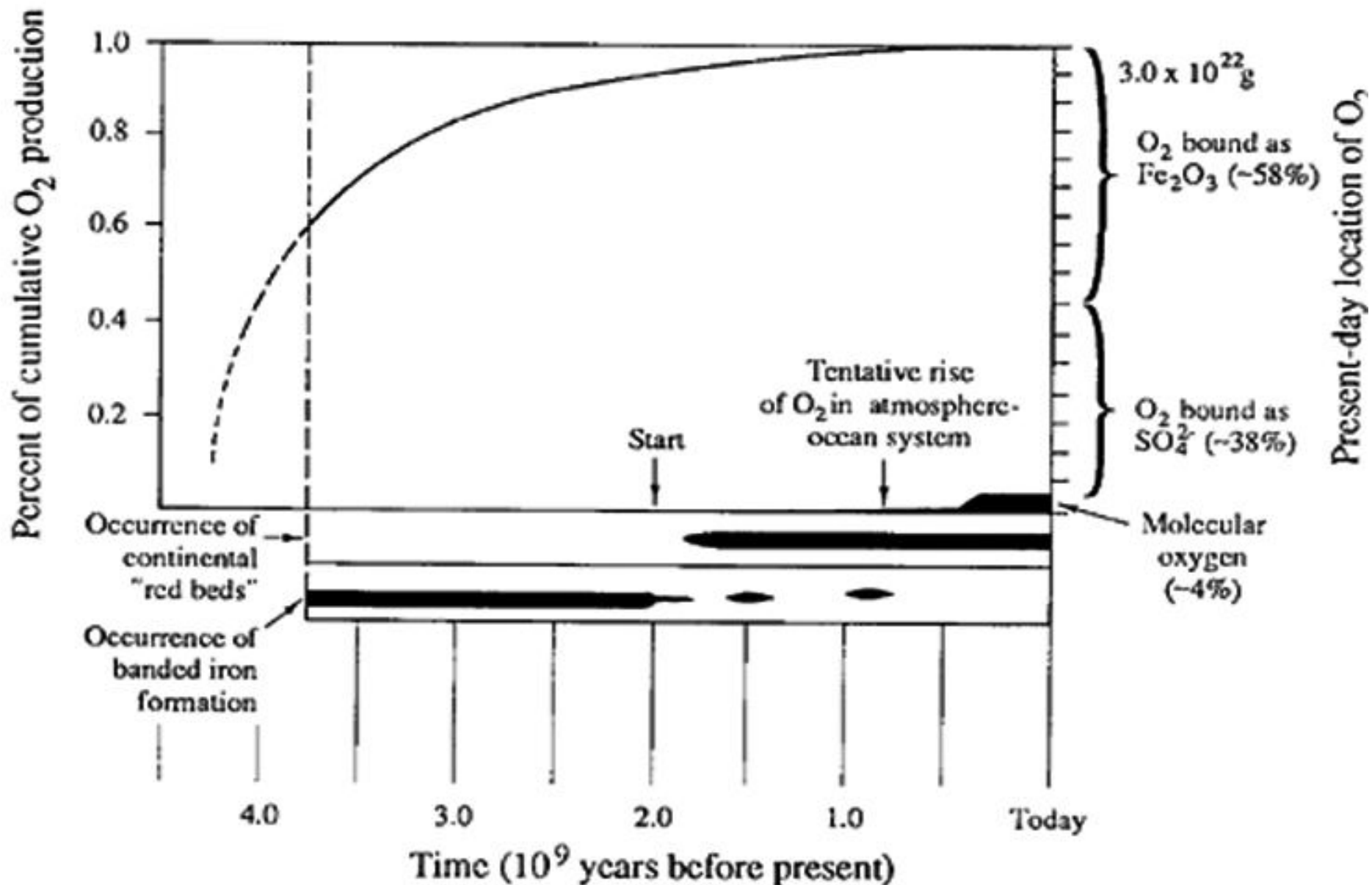
Copyright © 2009 International Commission on Stratigraphy

# HISTORIA BIOSFERY

## Archaik



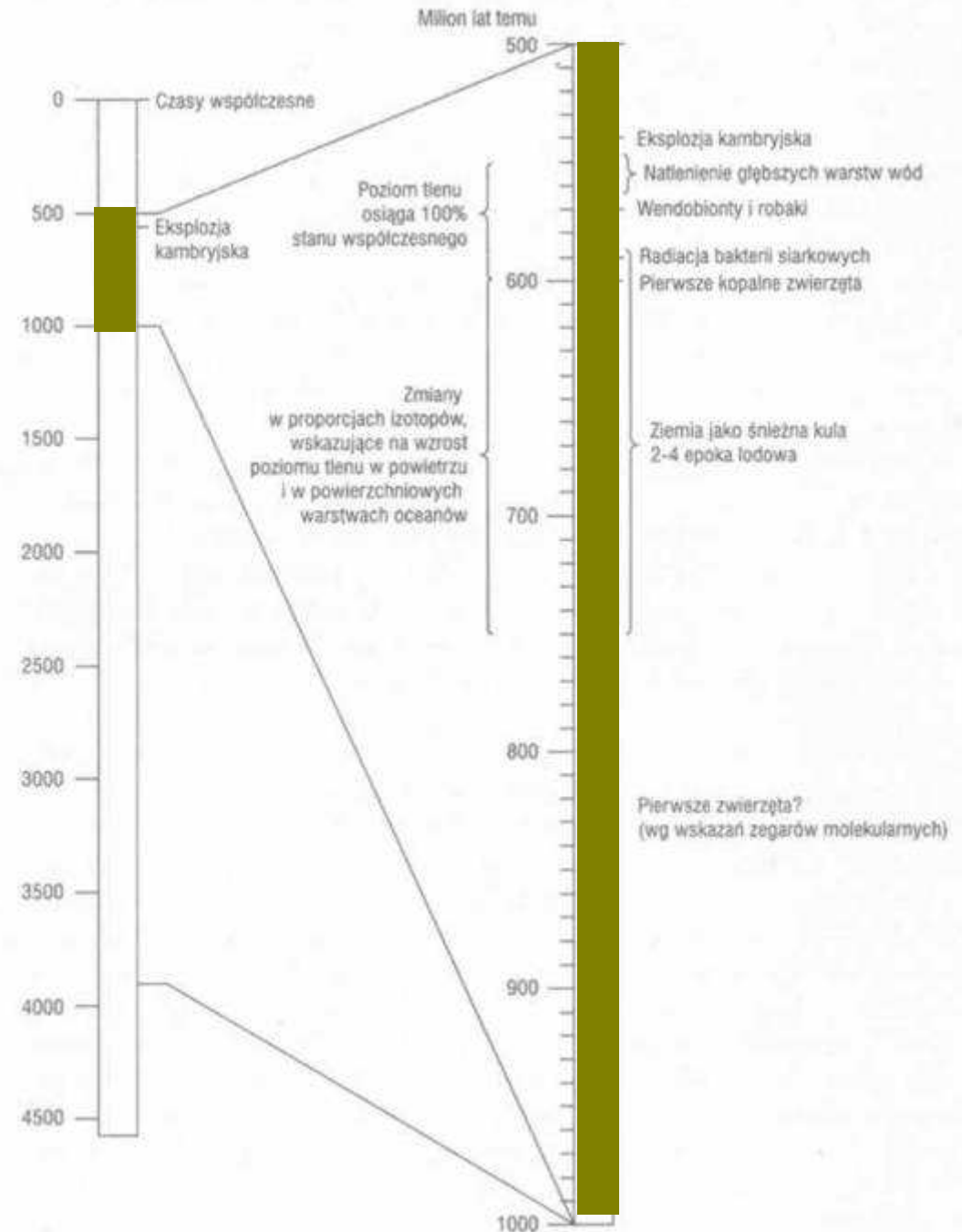
# ZMIANY ZAWARTOŚCI TLENU W ATMOSFERZE



# HISTORIA BIOSFERY

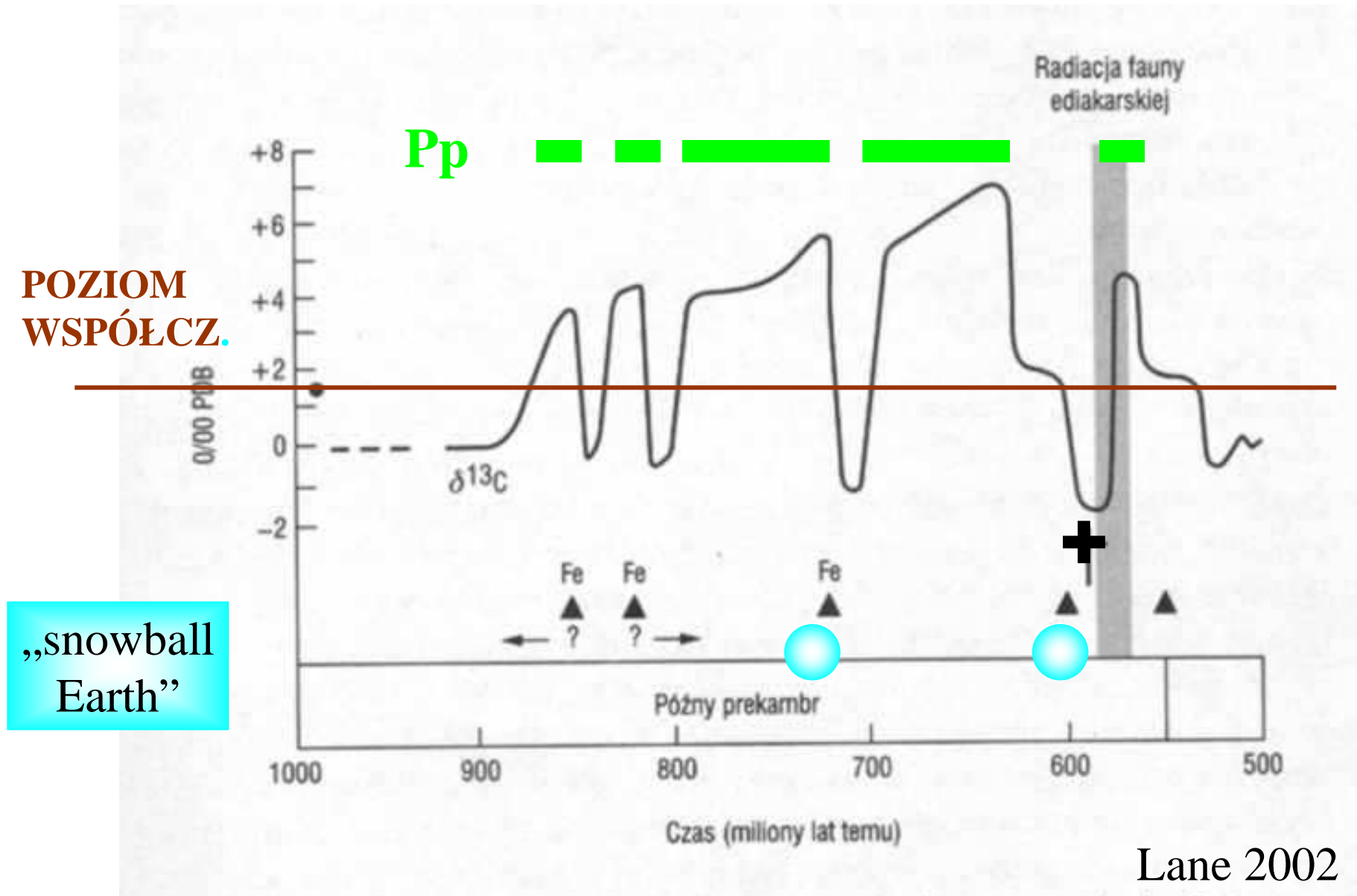
Prekambr

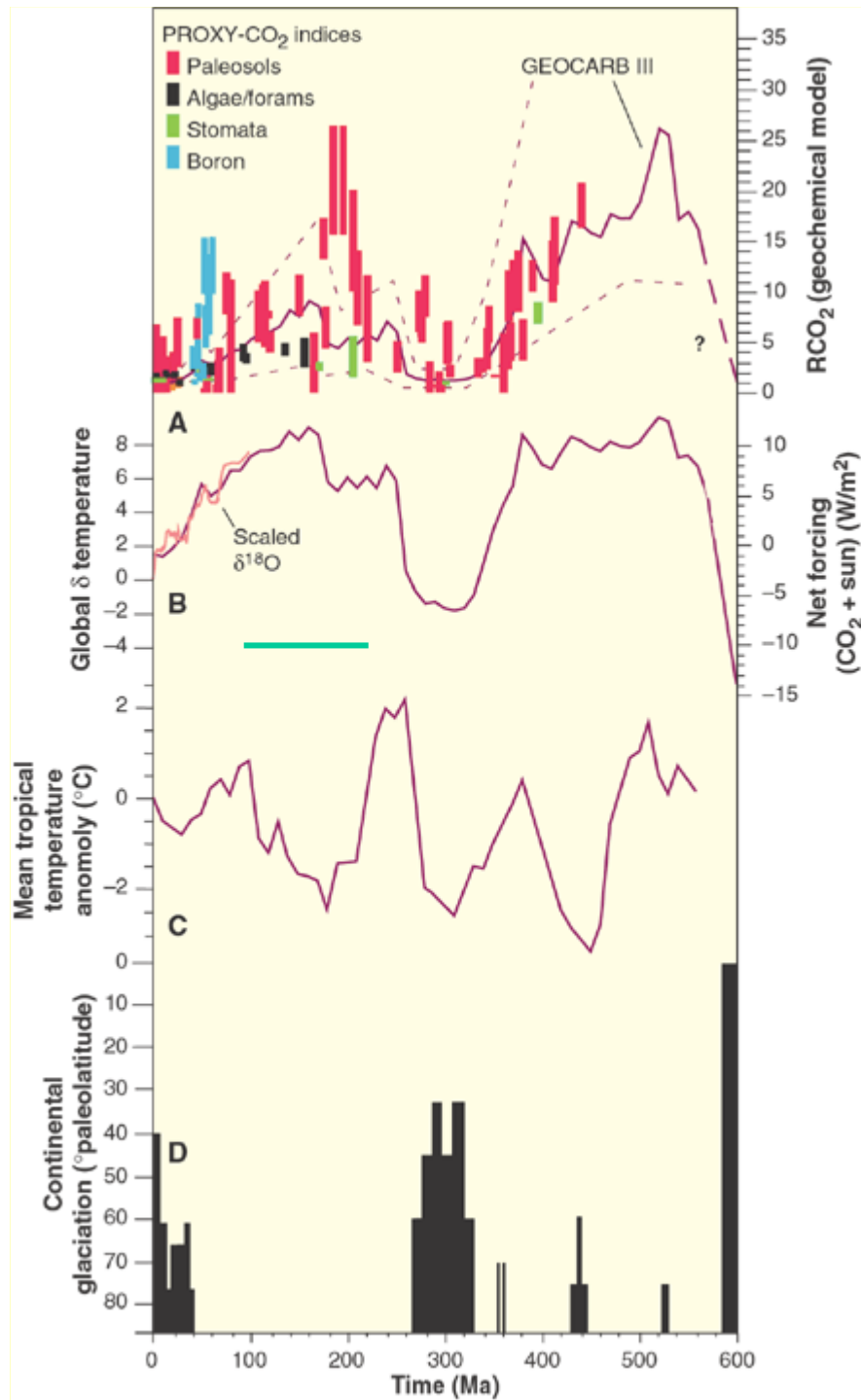
NEOPROTEROZOIK





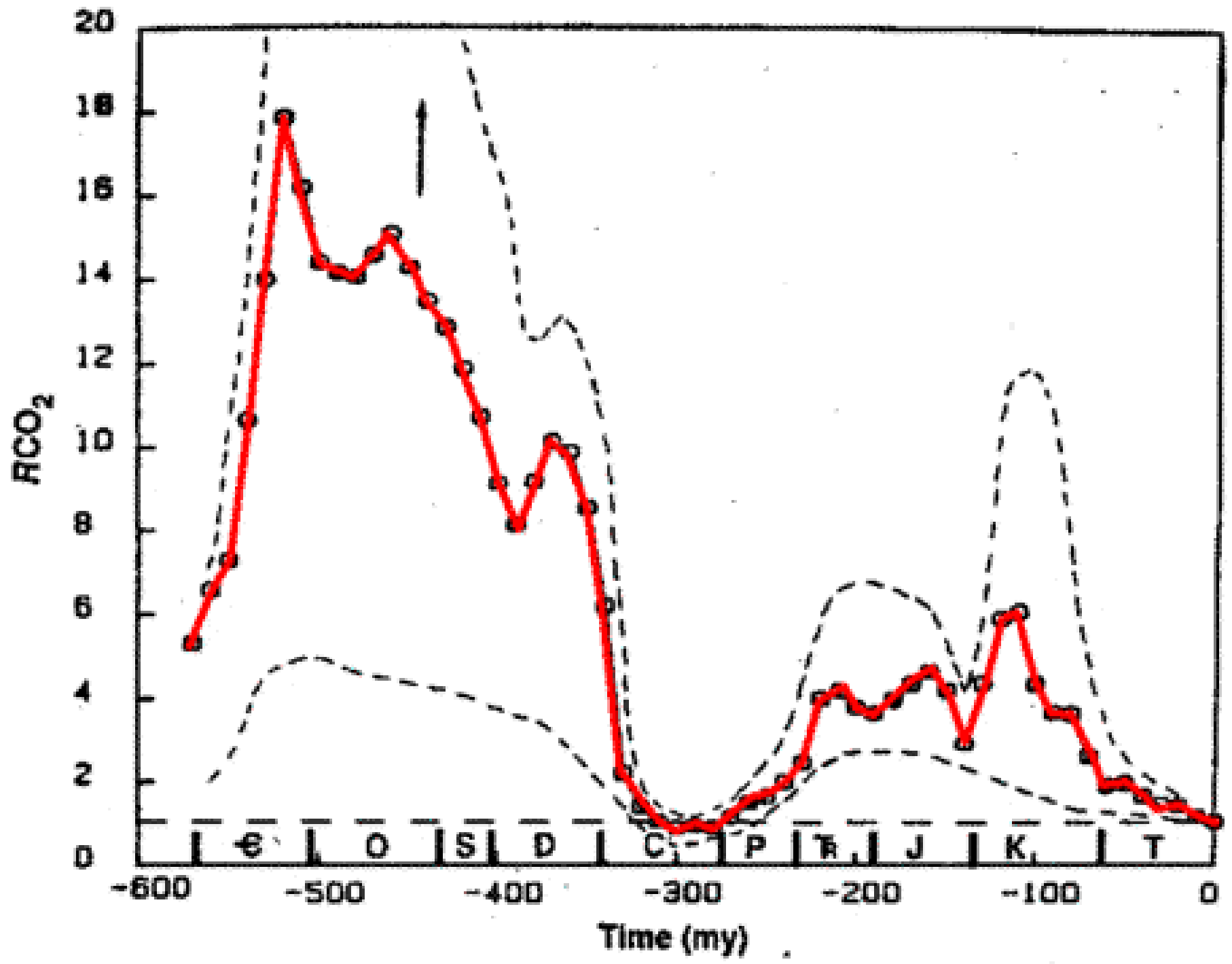
# ZMIANY PROPORCJI $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ W PREKAMBRZE





Fragmentary zgodność modeli  
Opisujących zmiany zawartości  
CO<sub>2</sub>, danych geochemicznych  
oraz paleoklimatologicznych  
(wyraźna rozbieżność 120-220 mln  
lat temu)

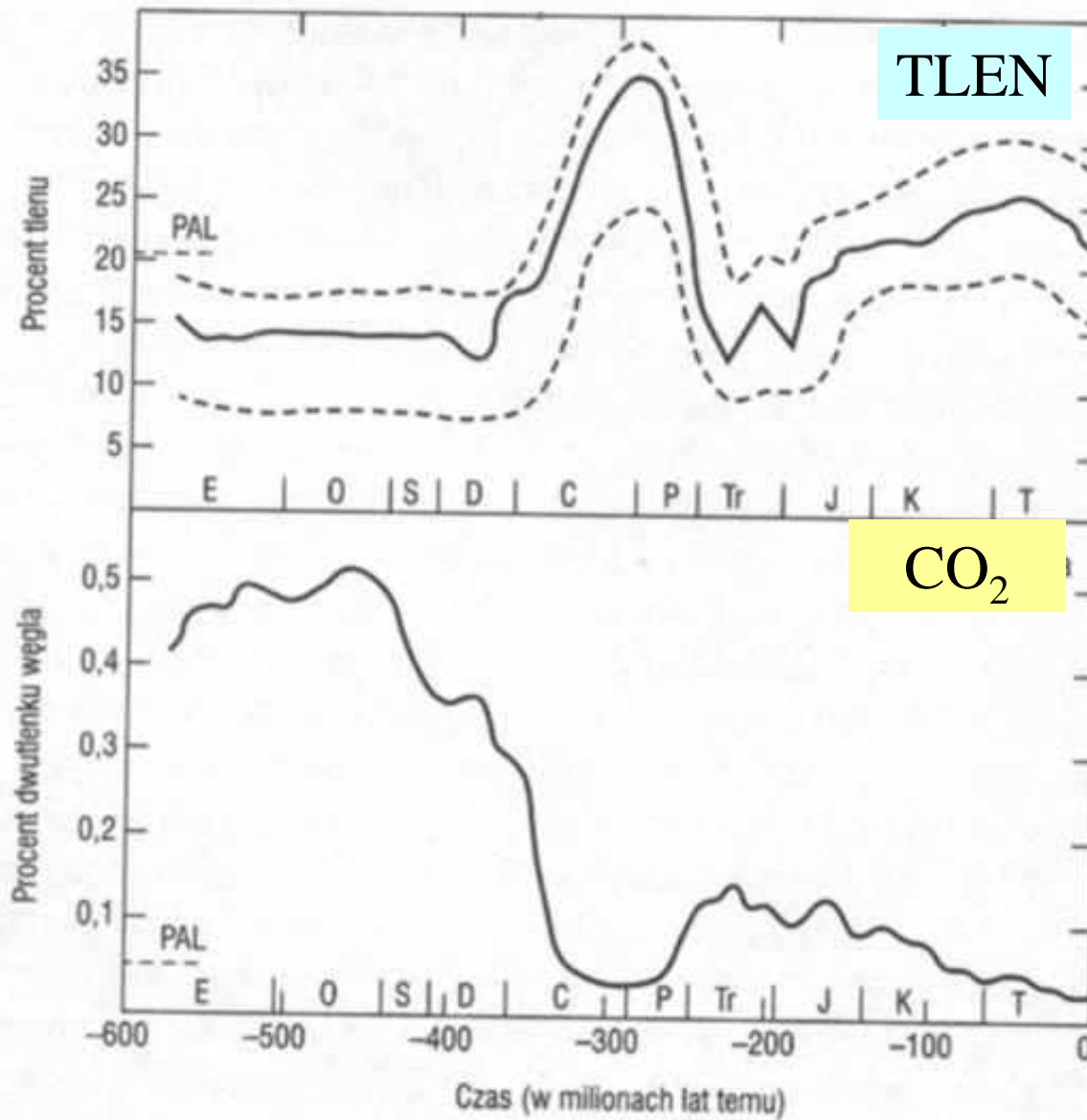
Crowley & Berner  
Science 292  
16.V.2001



# Prehistoria tlenu

- **Jałowa planeta:**
  - Rozbicie cz. wody (UV), absorpcja  $O_2$ , ucieczka  $H_2$ , ucieczka wody
- **Planeta z fotosyntezą:**
  - szybka produkcja  $O_2$ , zatrzymanie  $H_2$ , zatrzymanie wody, atmosfera

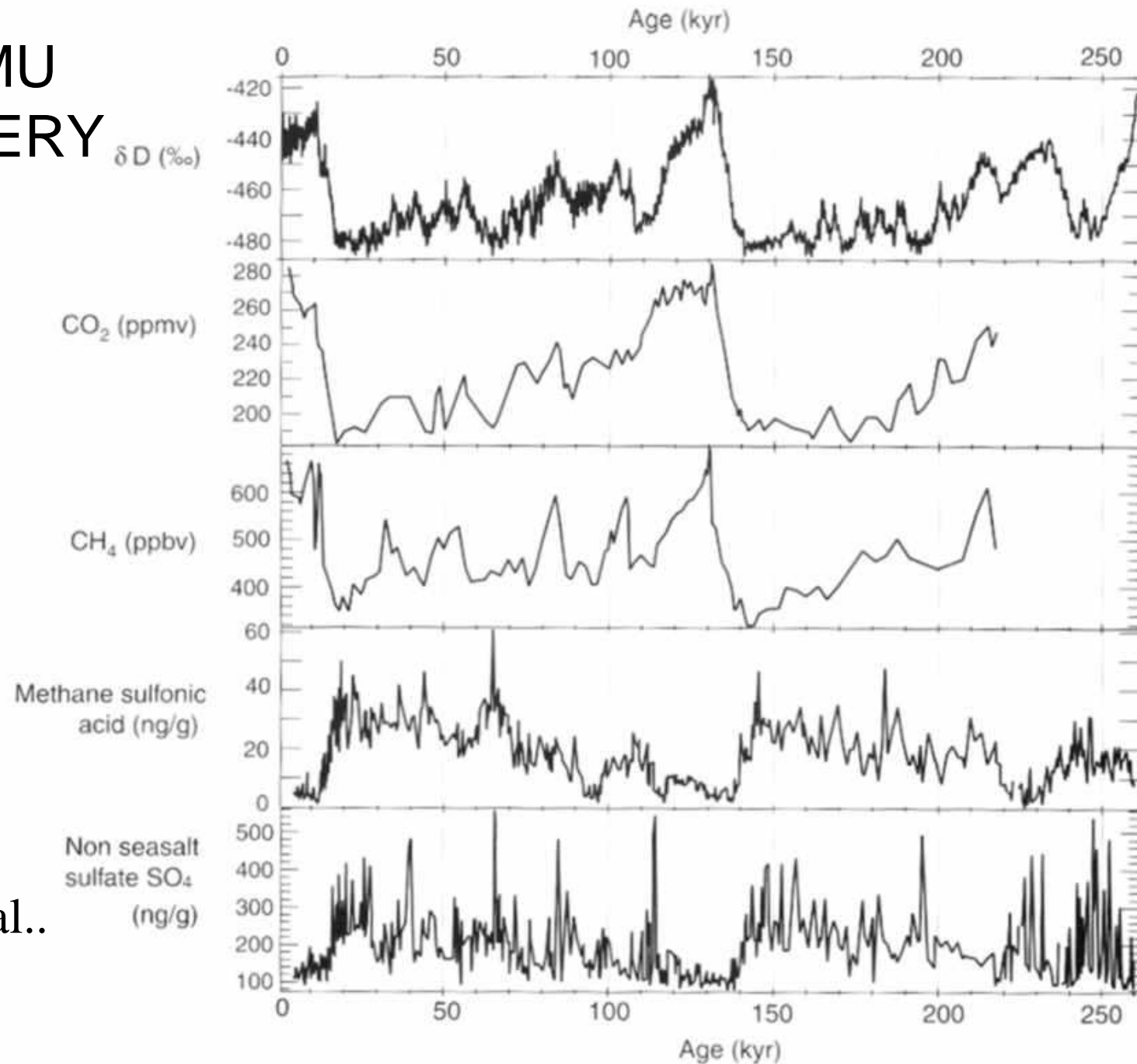
# ZMIANY SKŁADU ATMOSFERY W FANEROZOIKU



Lane 2002

# ZMIANY CHEMIZMU ATMOSFERY

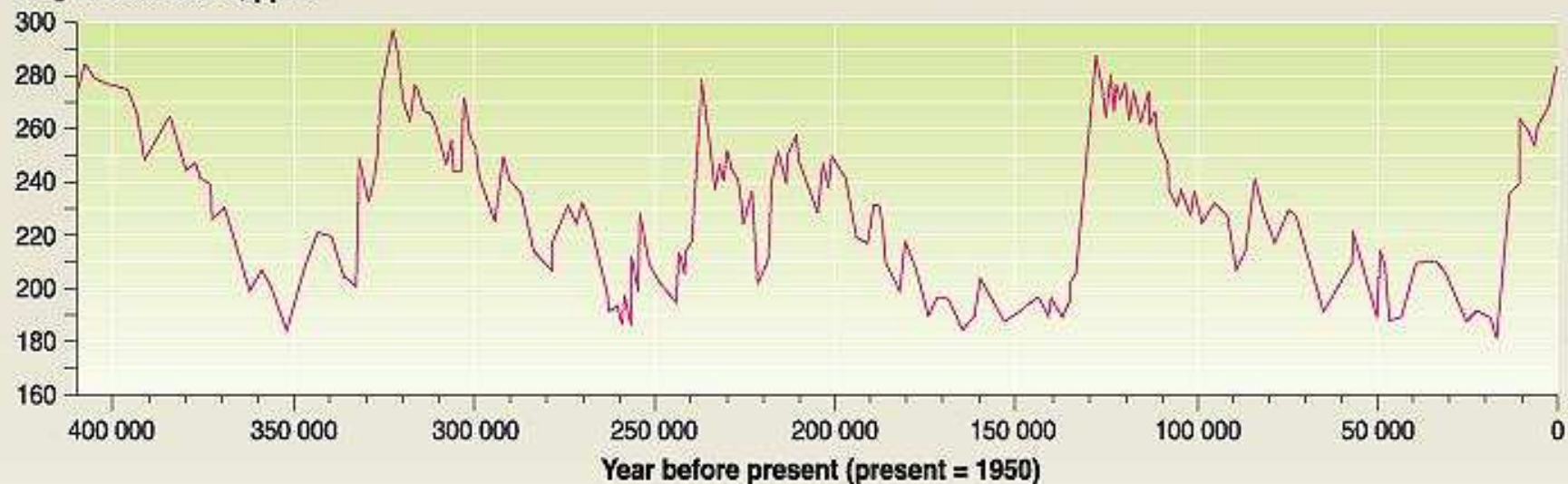
RDZEŃ  
„VOSTOK”



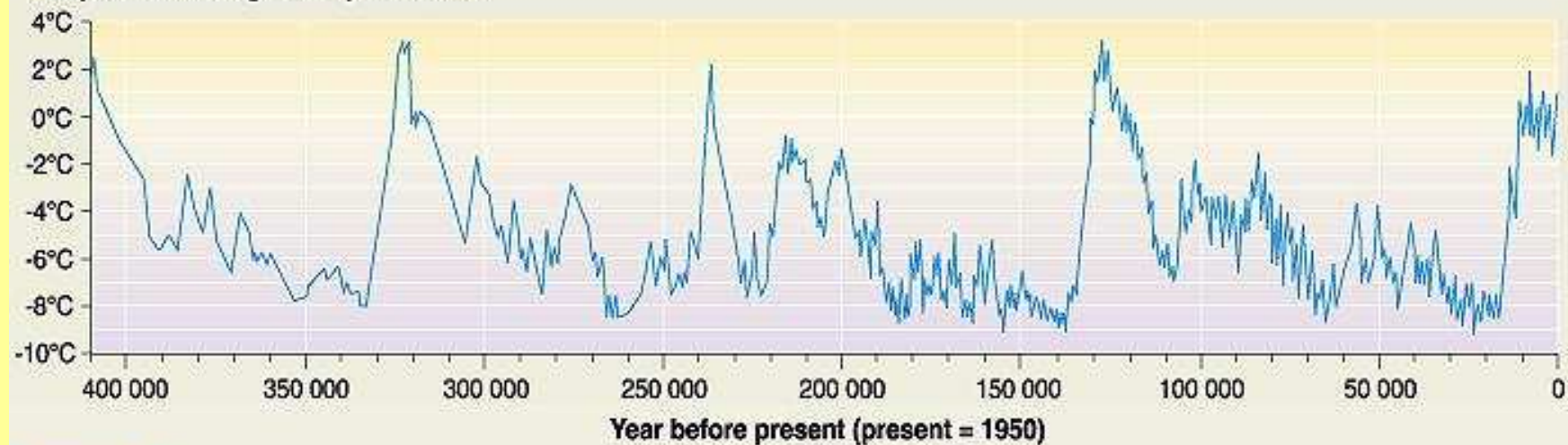
Jacobson et al..  
2003

## Temperature and CO<sub>2</sub> concentration in the atmosphere over the past 400 000 years (from the Vostok ice core)

CO<sub>2</sub> concentration, ppmv

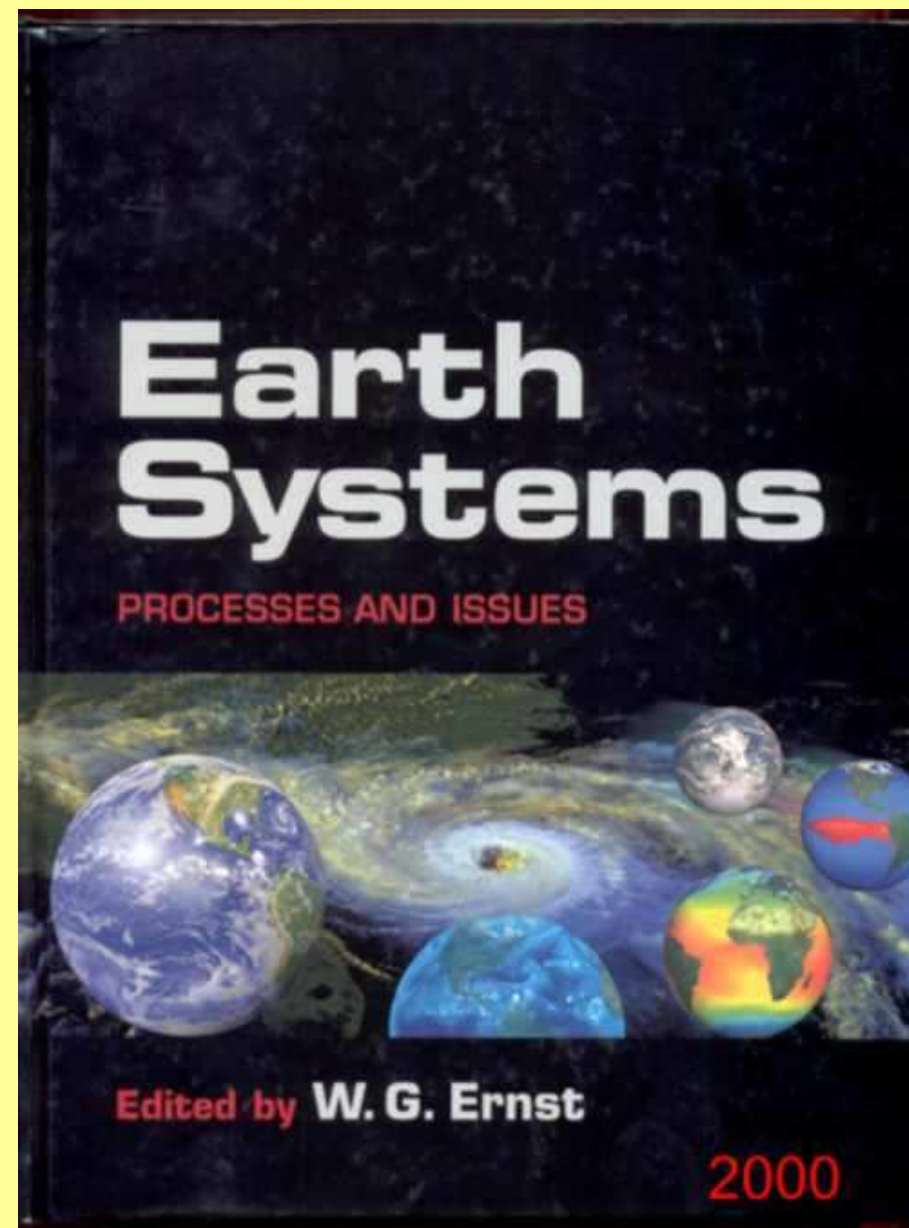
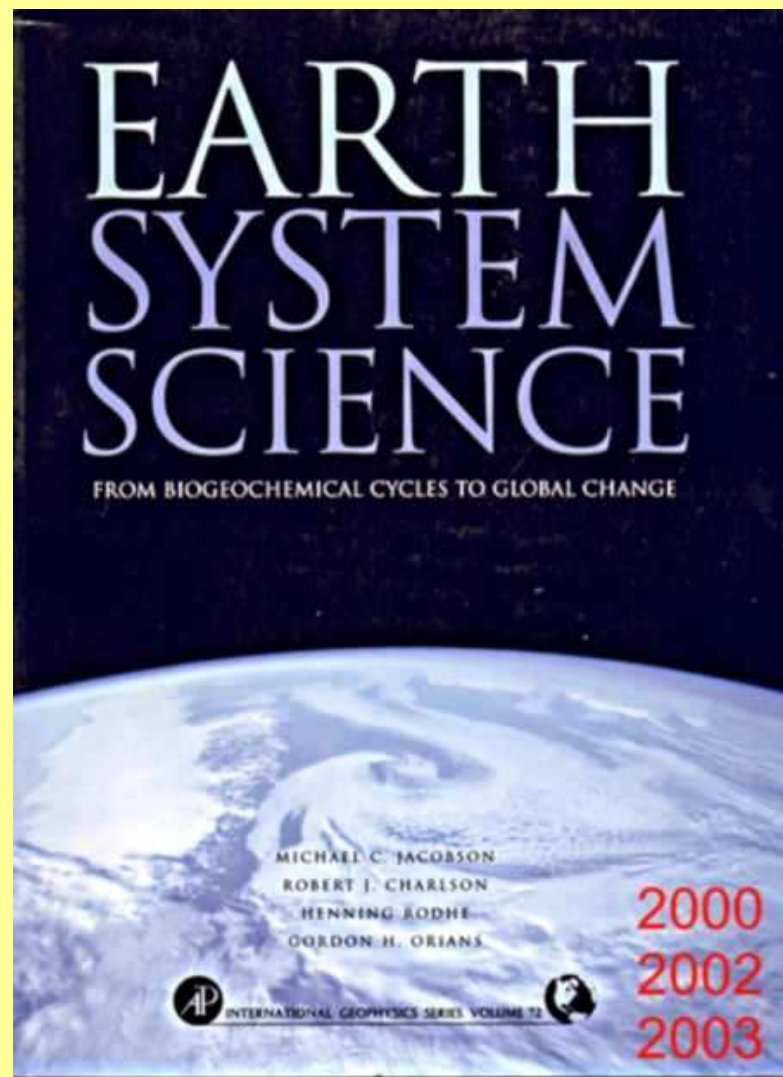


Temperature change from present, °C



# BIOSFERA ZINTEGROWANA







OXFORD

Gary W. vanLoon  
Stephen J. Duffy

# environmental chemistry

a global perspective

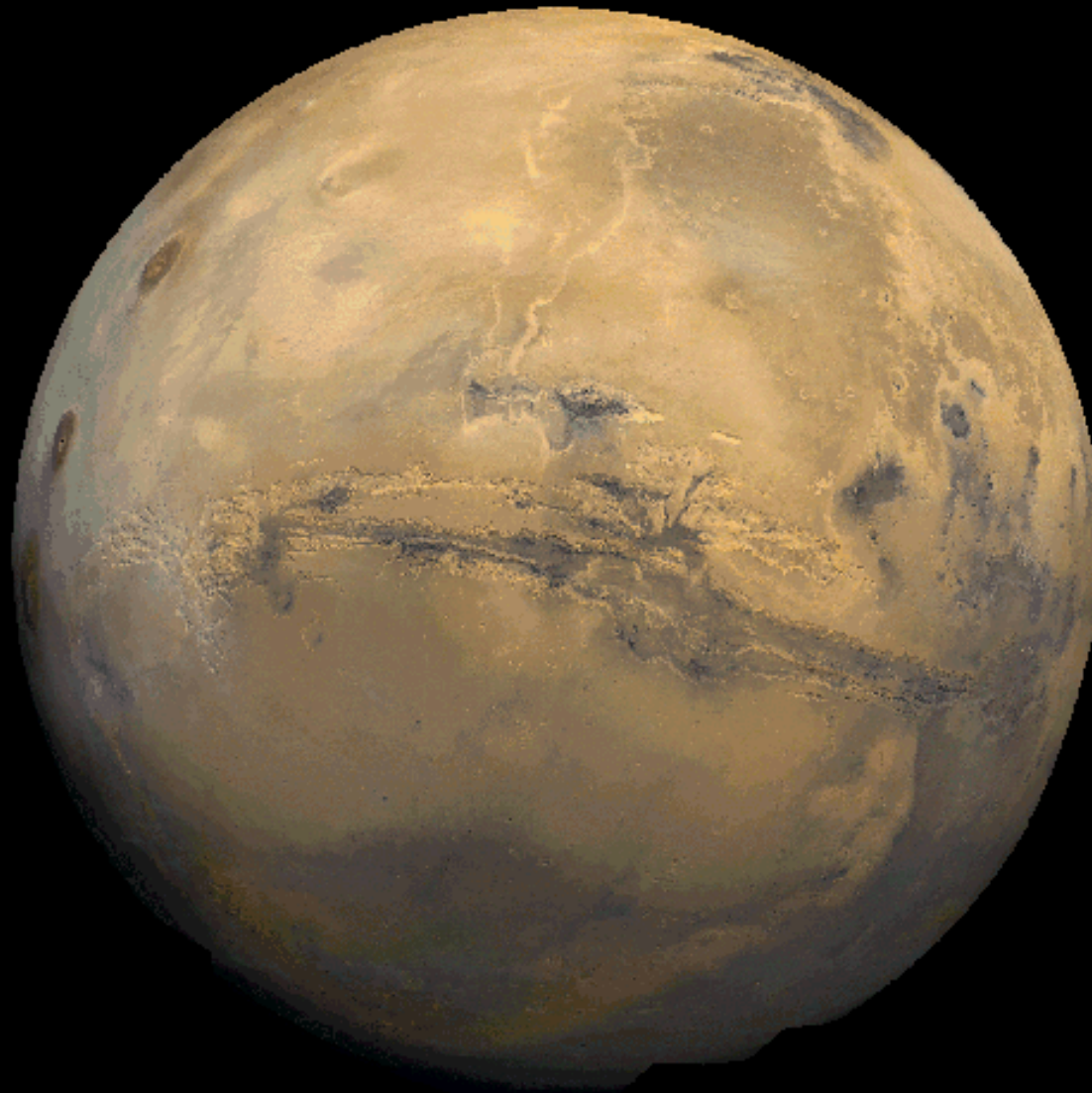
2000, 2001, 2002, 2003



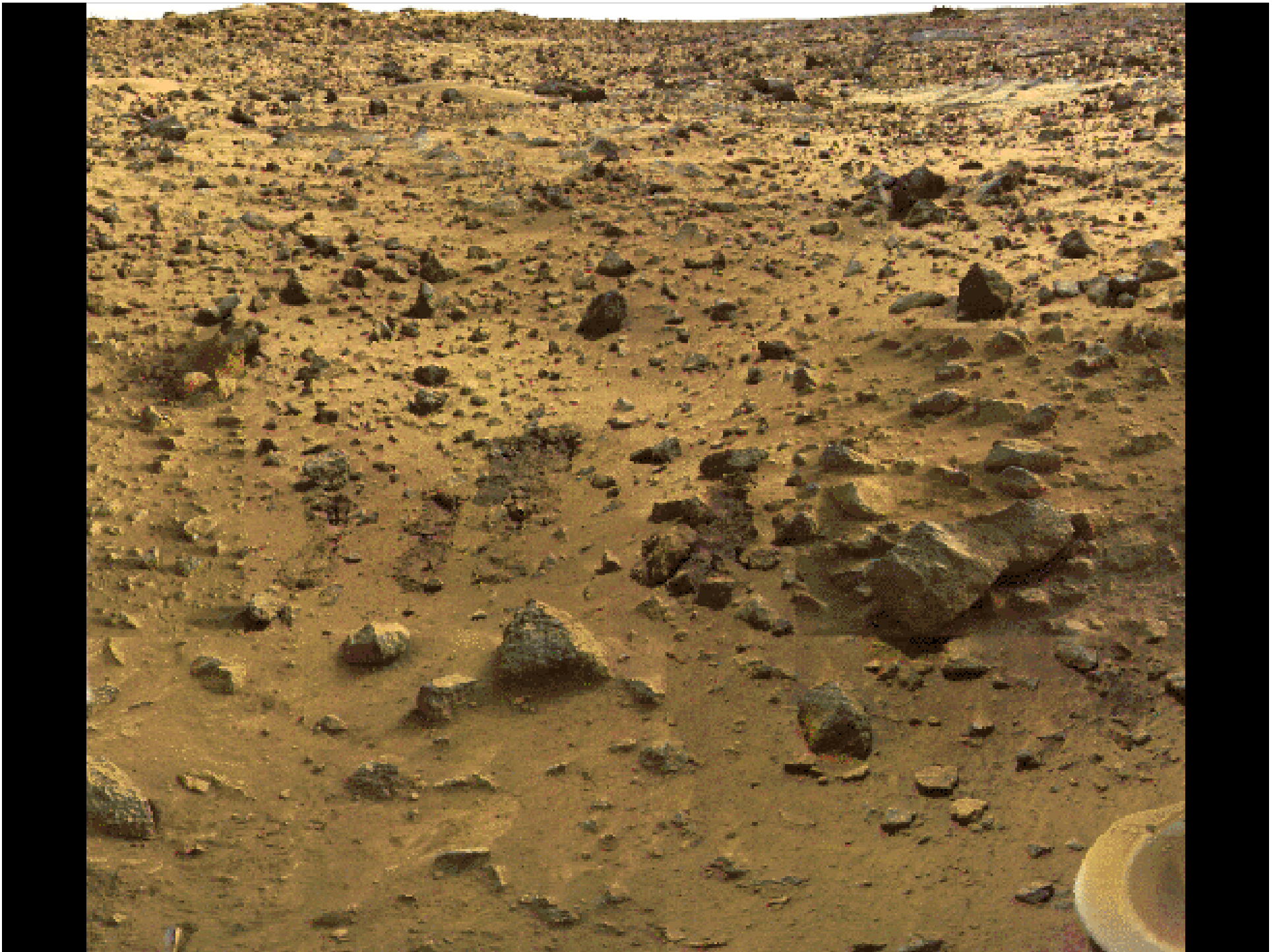
Phoenix; lądowanie na Marsie 26.05.2008



# ŻYCIE NA MARSIE WIDAĆ Z BLISKA ???



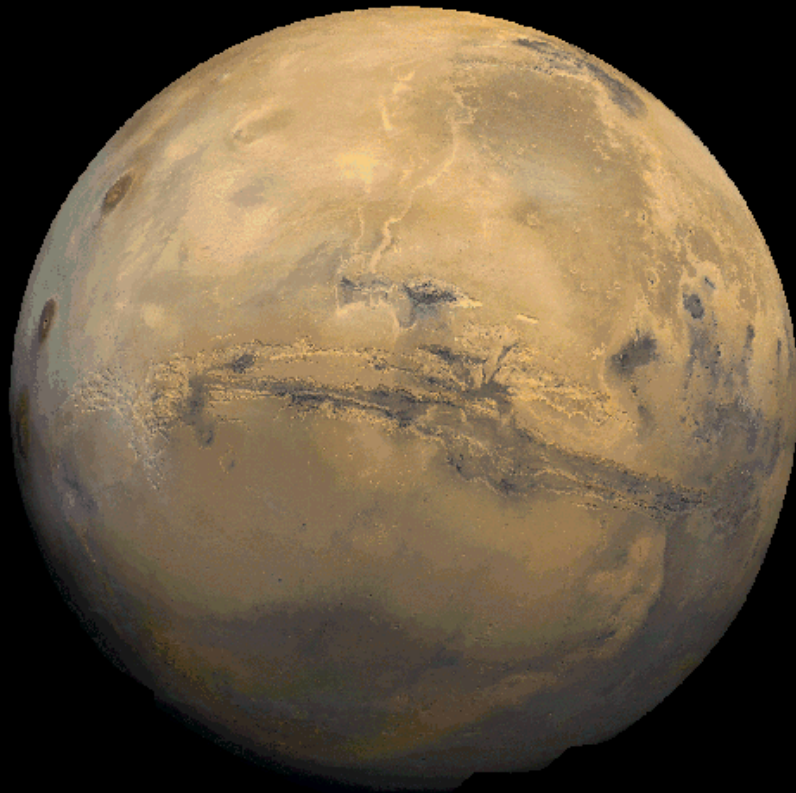
$H_2O$   
 $CH_4$





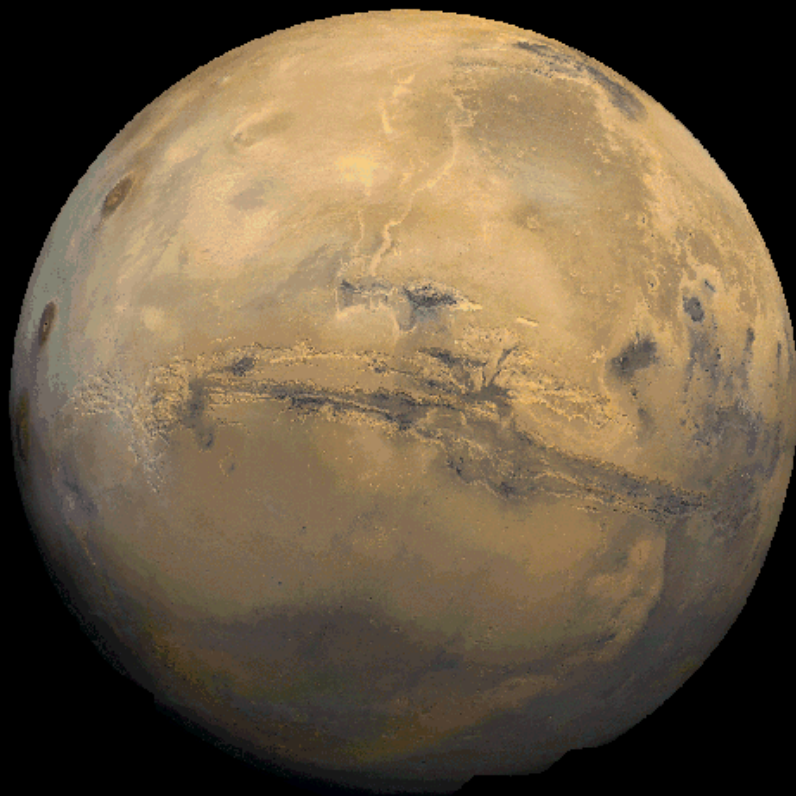
Ziemia

# Życie na Ziemi widać z daleka





# Życie na Ziemi widać z daleka

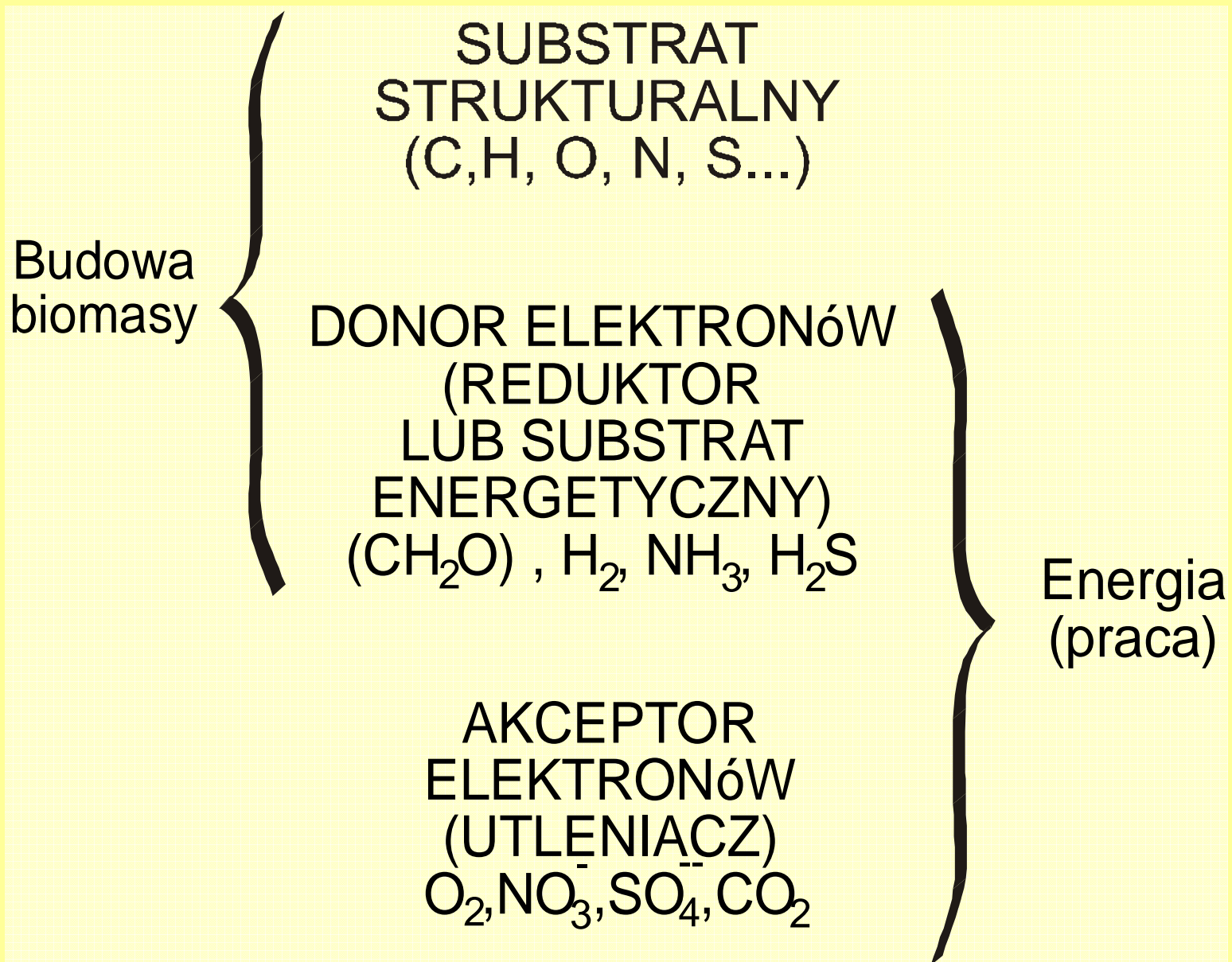


95.3% CO<sub>2</sub> 2.7% N<sub>2</sub>  
1.6% Ar 0.15% O<sub>2</sub>  
0.03% H<sub>2</sub>O



78.1% N<sub>2</sub> 21% O<sub>2</sub> 0.9 % Ar  
1% H<sub>2</sub>O 0.033% CO<sub>2</sub>  
ślady CH<sub>4</sub>

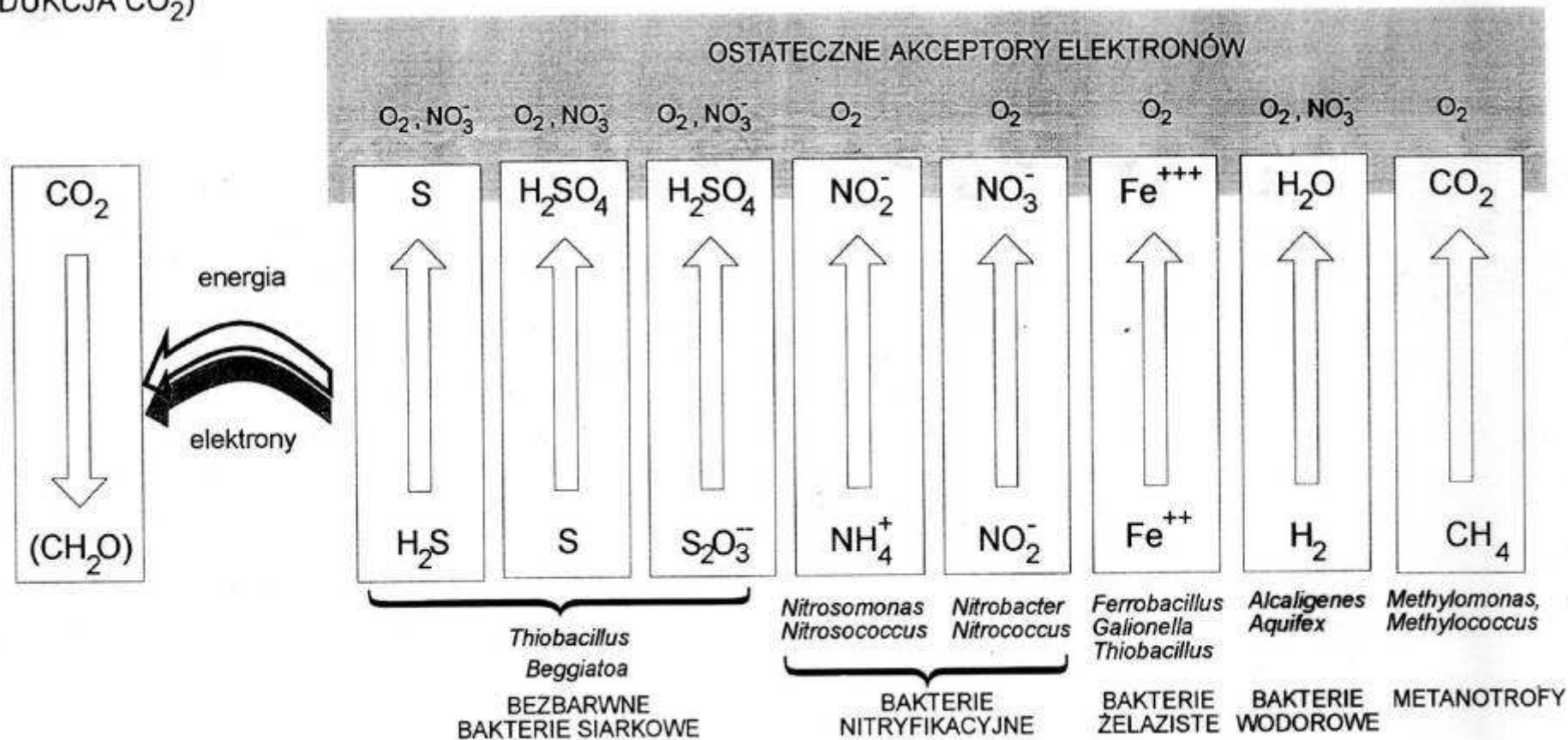
# SUBSTRATY ŻYCIA



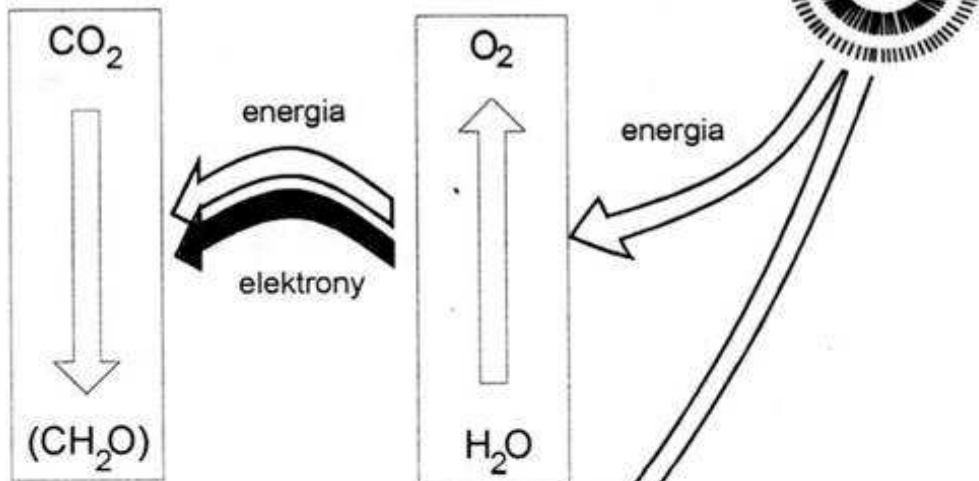
# Metabolizm chemoautotrofów

PRODUKCJA  
BIOMASY  
(REDUKCJA CO<sub>2</sub>)

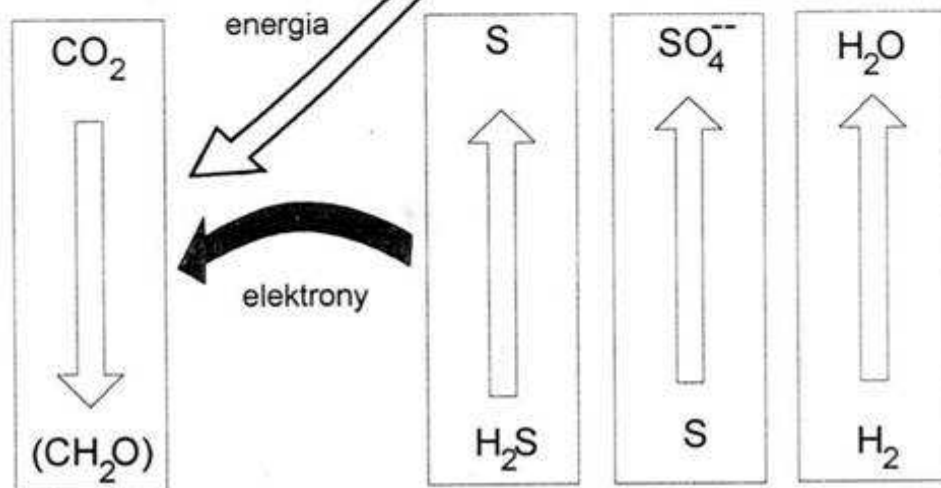
REAKCJE REDOKS DOSTARCZAJĄCE ENERGII I ELEKTRONÓW  
W RÓŻNYCH GRUPACH CHEMOAUTOTROFÓW



FOTOSYNTENZA TLENORODNA  
(rośliny zielone, sinice)



FOTOSYNTENZA BEZTLENOWA  
(bakterie zielone i purpurowe)

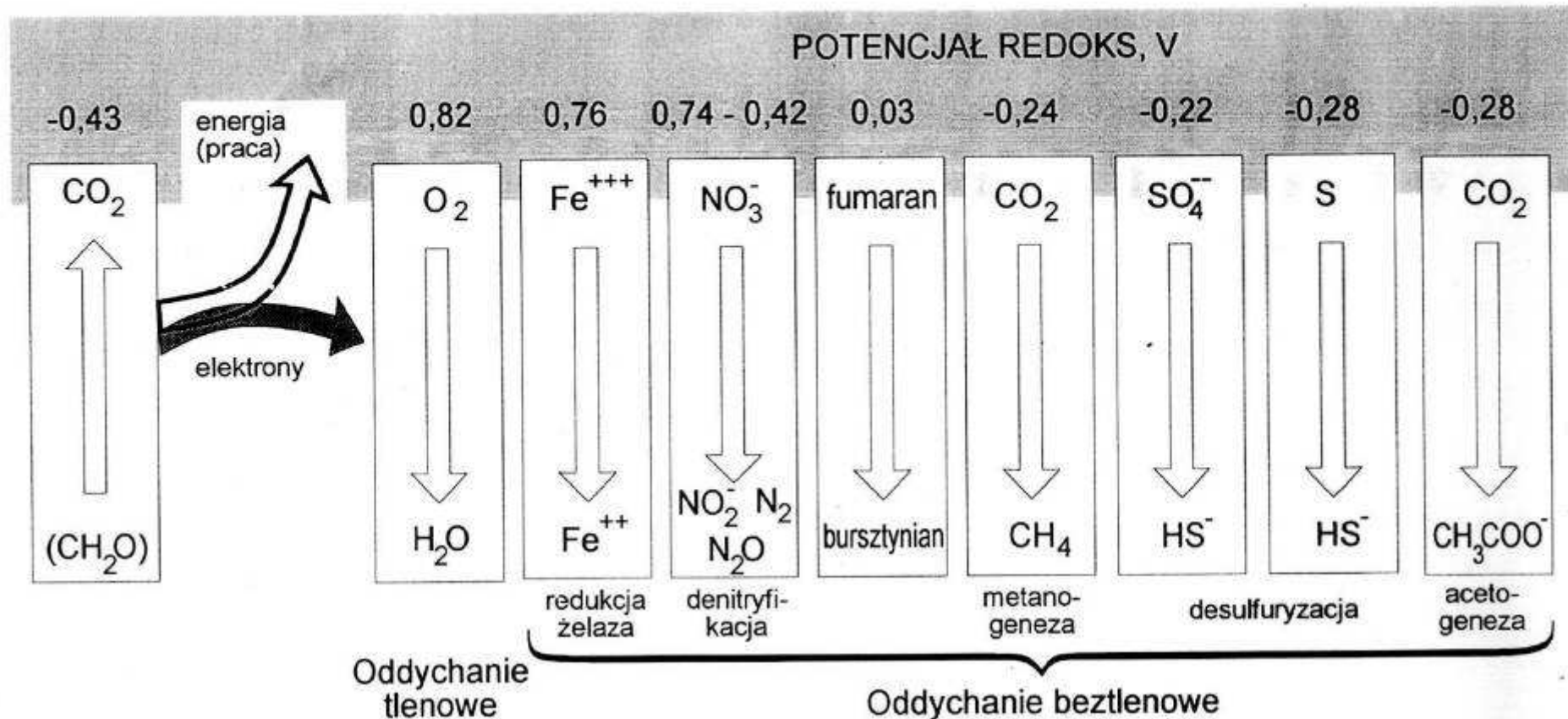


# Potencjał REDOX

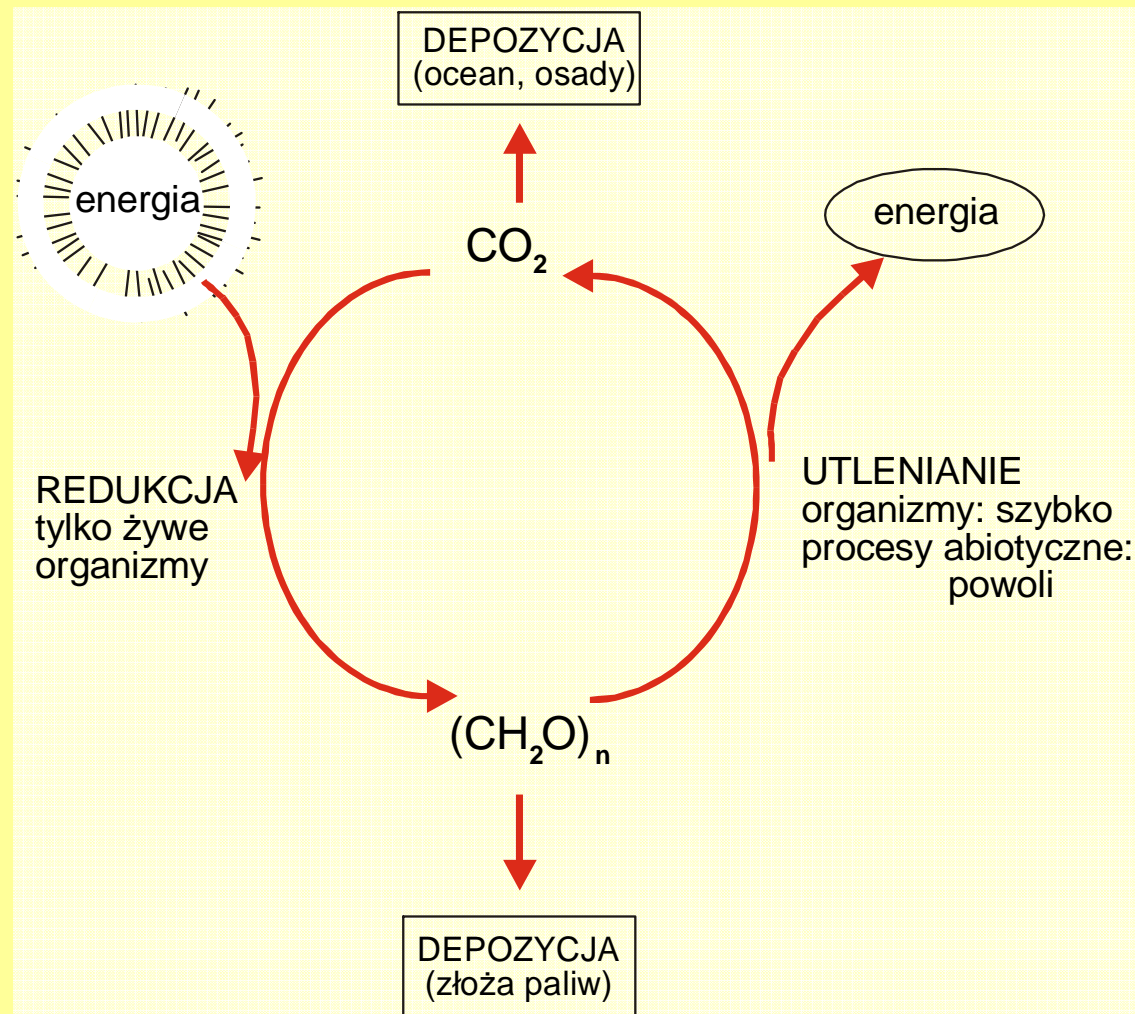
# ODDYCHANIE

ODDYCHANIE  
(UTLENIANIE  
ZWIĄZKÓW  
WĘGLA)

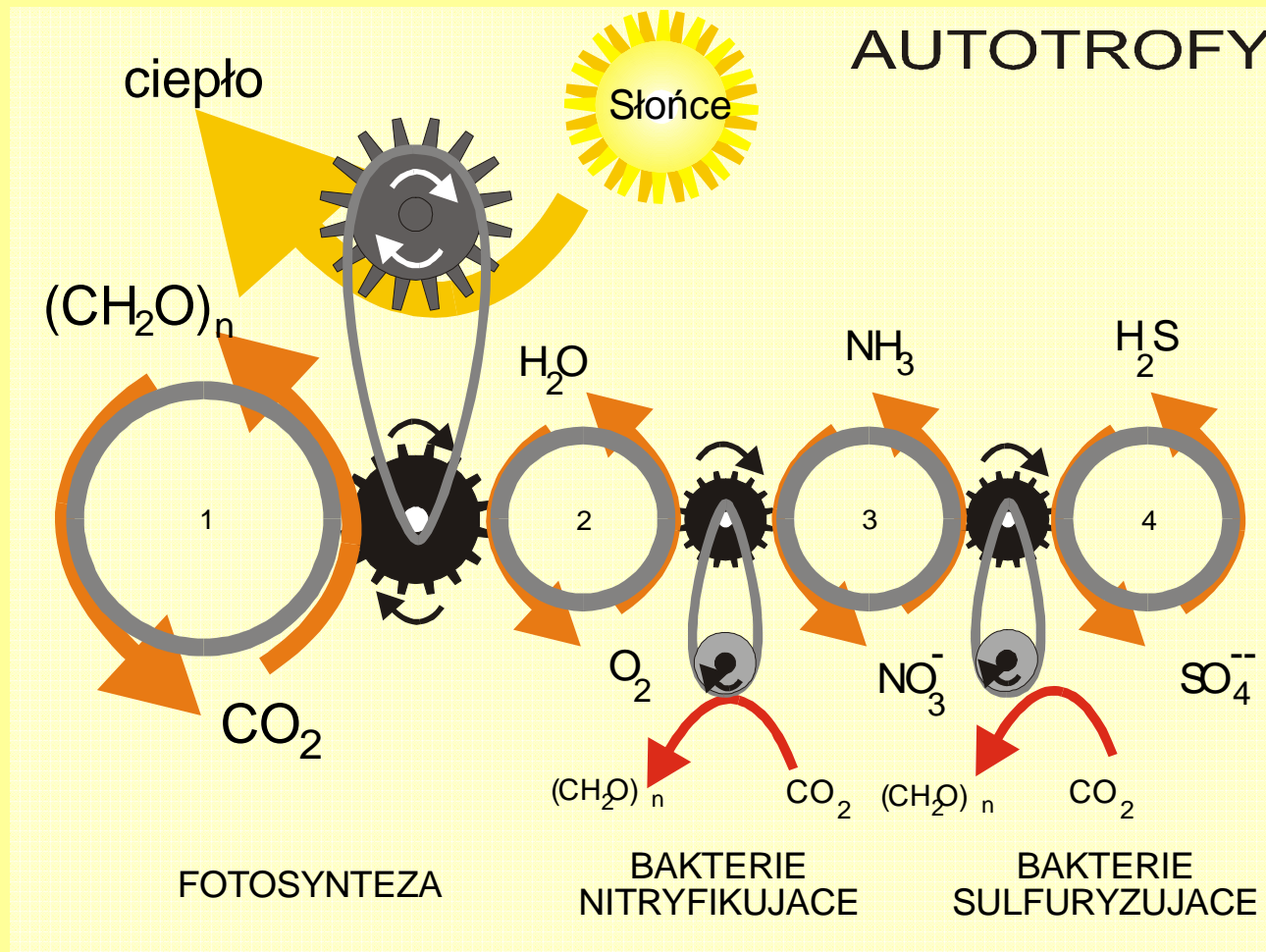
REAKCJE REDOKS PO STRONIE AKCEPTORA ELEKTRONÓW  
W RÓŻNYCH TYPAH ODDYCHANIA



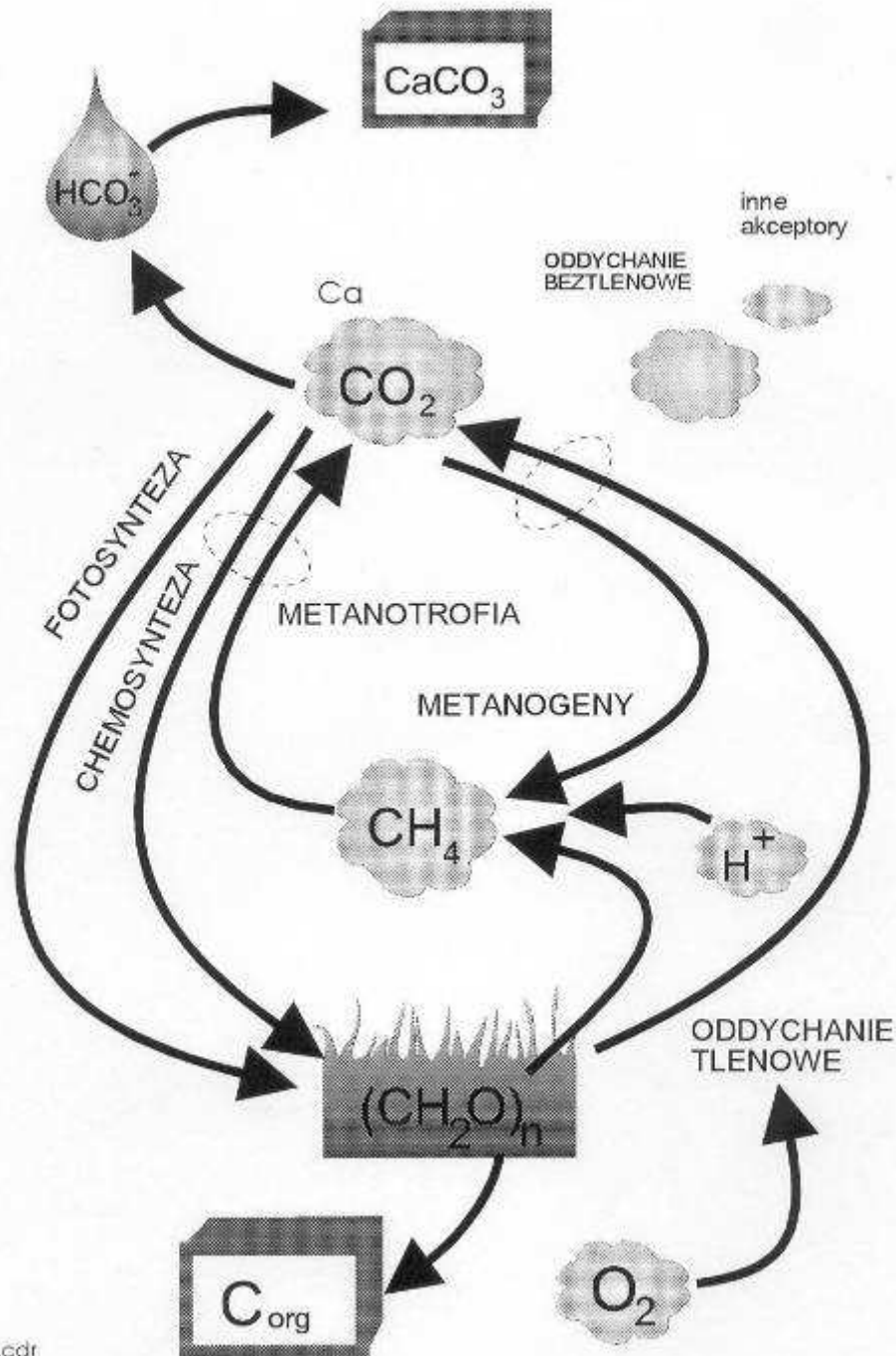
# Życie biosfery = cykl redoks węgla



# Fotosynteza podtrzymuje potencjał redoks w biosferze, napędzając obieg wielu pierwiastków

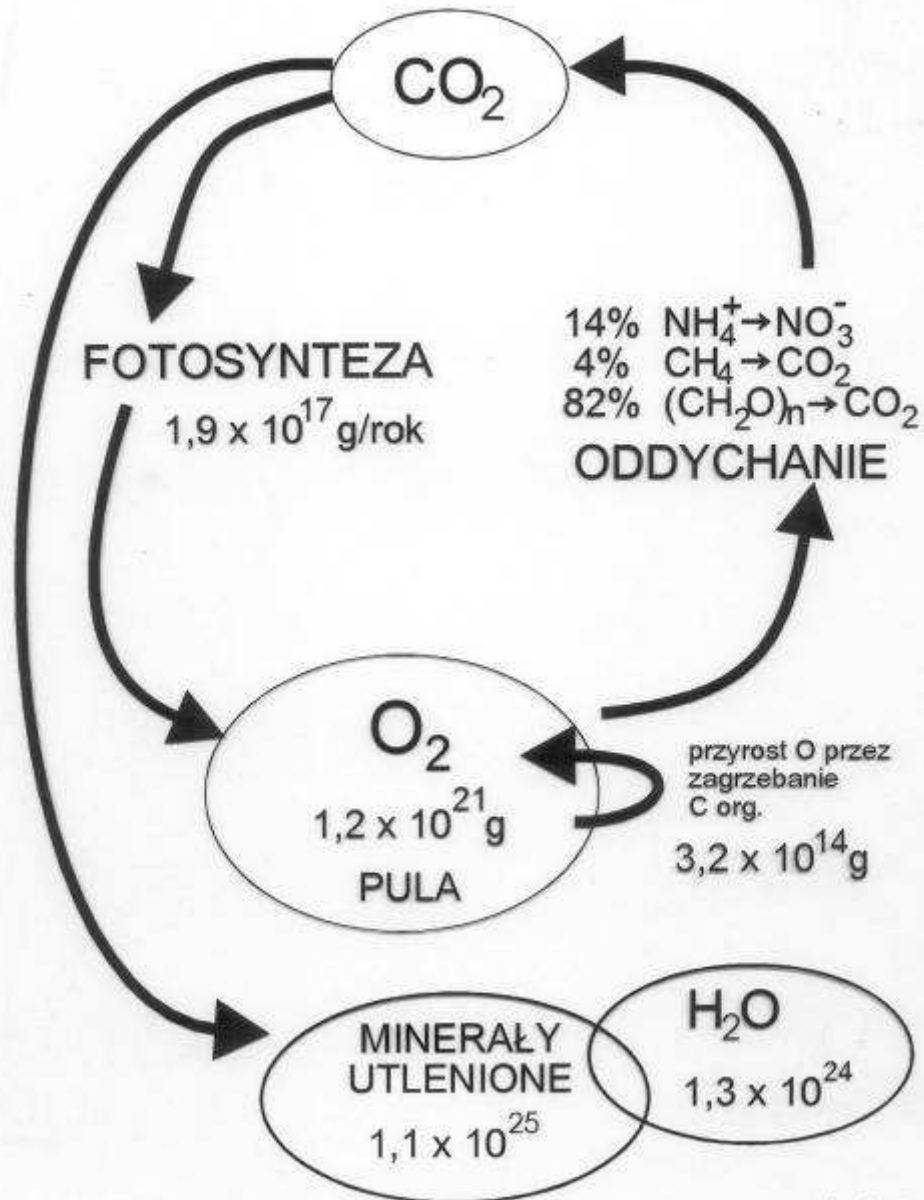


# OBIEG WĘGLA W BIOSFERZE





## OBIEG TLENU



tlen2.cdr

# OBIEG TLENU W BIOSFERZE

## C Przemiany chemiczne grupy organizmów

|  |  |
|--|--|
| Wiązanie $\text{CO}_2 \rightarrow (\text{CH}_2\text{O})_n$   | Fotoautotrofy (rośliny, sinice);<br>Chemoautotrofy (bakterie:<br>nitryfikujące, sulfuryzacyjne,<br>utl. żelazo i wodór); |
| Oddychanie tlenowe $(\text{CH}_2\text{O})_n \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$          | Wszystkie rośliny i zwierzęta,<br>bakterie tlenowe   |
| Mineralizacja $(\text{CH}_2\text{O})_n \pm \text{O}_2 \rightarrow$<br>subst. nieorgan.             | Bakterie i grzyby  |
| Metanogeneza $\text{CO}_2 + \text{H}_2$<br>(organ.) $\rightarrow \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$ | Metanogeny (bakterie,<br>Archea)   |

**N**

## Przemiany chemiczne grupy organizmów

|   |  |
|---|--|
| Wiązanie $N_2 \rightarrow R-NH_2$ (gr. aminowa)             | Bakterie azotowe wolne i symbionty, sinice |
| Nitryfikacja $NH_3 \rightarrow NO_2^- \rightarrow NO_3^-$   | Chemoautotroficzne bakterie nitryfikujące  |
| Denitryfikacja dysymilacyjna $NO_3^- \rightarrow N_2, N_2O$ | Bakterie oddychające beztlenowo            |
| Denitryfikacja asymilacyjna $NO_3^- \rightarrow R-NH$       | Rośliny, bakterie                          |
| Amonifikacja N org. $\rightarrow NH_3$                      | Liczne bakterie i inne mikroorganizmy      |

**S**

## Przemiany chemiczne grupy organizmów

|   |   |
|---|---|
| Sulfuryzacja $\text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{S} \rightarrow \text{S}_2\text{O}_3^{2-} \rightarrow \text{SO}_4^{2-}$ | Purpurowe i zielone bakterie fotoautotroficzne, niektóre sinice |
| Desulfuryzacja dysymilacyjna $\text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{H}_2\text{S}$  | Bakterie desulfuryzacyjne (oddychanie beztlenowe)               |
| Desulfuryzacja asymilacyjna $\text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{R-SH}$  | Rośliny, bakterie   |
| Produkcja DMS $\text{SO}_4^{2-} \rightarrow (\text{CH}_3)_2\text{S}$  | Mikroorganizmy planktonowe                                      |

abiotyczne

ATMOSFERA

Precipitation  
H, C, N, O, S

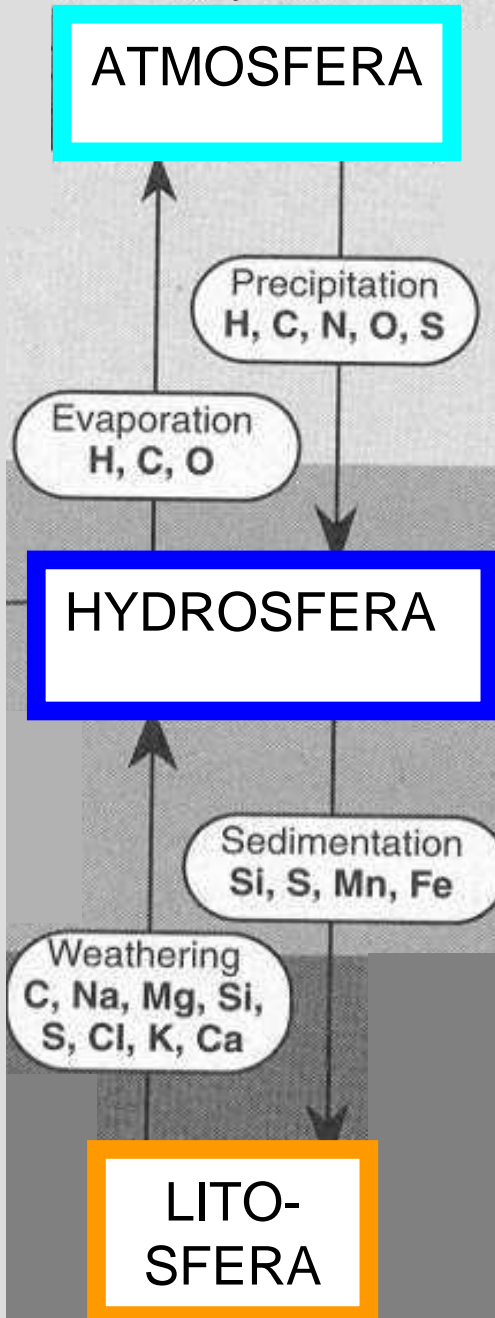
Evaporation  
H, C, O

HYDROSFERA

Sedimentation  
Si, S, Mn, Fe

Weathering  
C, Na, Mg, Si,  
S, Cl, K, Ca

LITO-  
SFERA



abiotyczne

biotyczne

ATMOSFERA

Precipitation  
H, C, N, O, S

Evaporation  
H, C, O

HYDROSFERA

Sedimentation  
Si, S, Mn, Fe

Weathering  
C, Na, Mg, Si,  
S, Cl, K, Ca

LITO-  
SFERA

Photosynthesis,  
fixation C, N

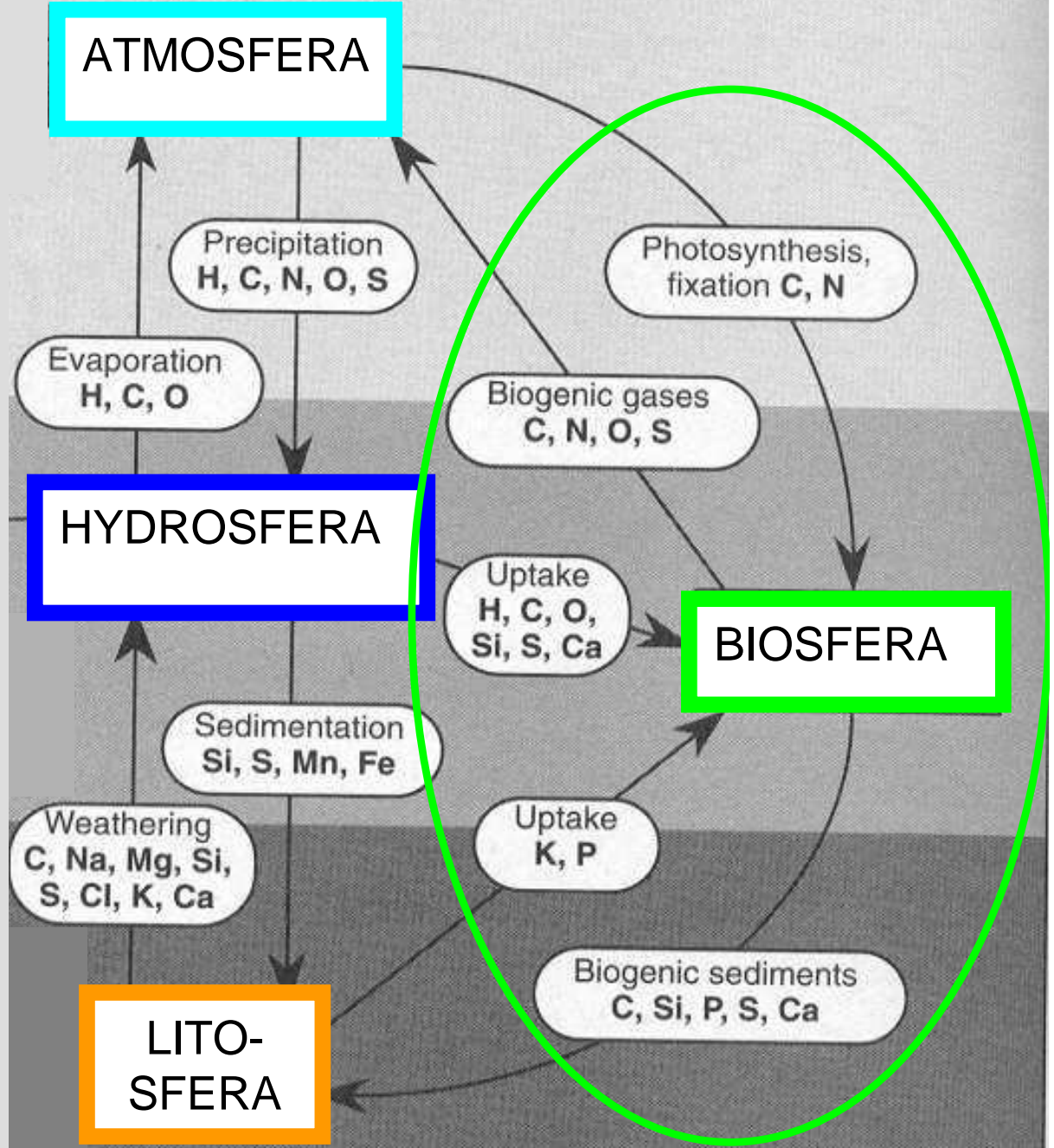
Biogenic gases  
C, N, O, S

Uptake  
H, C, O,  
Si, S, Ca

BIOSFERA

Uptake  
K, P

Biogenic sediments  
C, Si, P, S, Ca



antropogeniczne

abiotyczne

biotyczne

ATMOSFERA

HYDROSFERA

BIOSFERA

PRZEMYSŁ

LITO-SFERA

Volcanoes  
C, N, S

Pollution  
C, N, S, Cl,  
As, Se, Br,  
Pb, Hg

Extraction  
N, O, Ar

Extraction  
Na, Mg,  
Cl, Br, I

Pollution  
Ni, Cu, Cd,  
Pb, Hg

PRZEMYSŁ

Extraction  
C, Al, P,  
S, Cl, Fe

Weathering  
C, Na, Mg, Si,  
S, Cl, K, Ca

LITO-SFERA

Sedimentation  
Si, S, Mn, Fe

Evaporation  
H, C, O

Precipitation  
H, C, N, O, S

Biogenic gases  
C, N, O, S

Uptake  
H, C, O,  
Si, S, Ca

Uptake  
K, P

Biogenic sediments  
C, Si, P, S, Ca

Photosynthesis,  
fixation C, N

# Roczny przepływ pierwiastków w różnych domenach biosfery [mld ton/rok]

| Element                 | Annual flux ( $10^{12}$ kg year <sup>-1</sup> ) through: |                    |                    |                    |
|-------------------------|--|--------------------|--------------------|--------------------|
|                         | atmosphere   | hydrosphere        | biosphere          | industry           |
| H (as H <sub>2</sub> O) | $6 \times 10^4$  | $6 \times 10^4$    | <i>v. large</i>    | <i>large</i>       |
| C                       | 200  | 100                | 150                | 8                  |
| N                       | 0.25   | 0.1                | 6                  | 0.1                |
| O (as O <sub>2</sub> )  | 300  | 1                  | 300                | 0.1                |
| (as H <sub>2</sub> O)   | $5 \times 10^5$  | $5 \times 10^5$    | <i>v. large</i>    | <i>large</i>       |
| Na                      | 0  | 0.2                | –                  | 0.001              |
| Mg                      | 0  | 0.3                | –                  | $3 \times 10^{-4}$ |
| Si                      | 0  | 0.2                | –                  | 0.01               |
| P                       | 0  | 0.001              | 1                  | 0.15               |
| S                       | 0.1  | 0.4                | 0.5                | 0.15               |
| Cl                      | 0.005  | 0.2                | –                  | 0.17               |
| K                       | 0  | 0.05               | –                  | 0.05               |
| Ca                      | 0  | 0.5                | 0.5                | 0.1                |
| As                      | $2 \times 10^{-5}$                                       | $4 \times 10^{-4}$ | –                  | $5 \times 10^{-5}$ |
| Se                      | $5 \times 10^{-6}$                                       | $8 \times 10^{-6}$ | –                  | $1 \times 10^{-6}$ |
| Hg                      | $5 \times 10^{-5}$                                       | $5 \times 10^{-6}$ | –                  | $8 \times 10^{-6}$ |
| Pb                      | 0  | 0.01?              | $2 \times 10^{-4}$ | 0.004              |

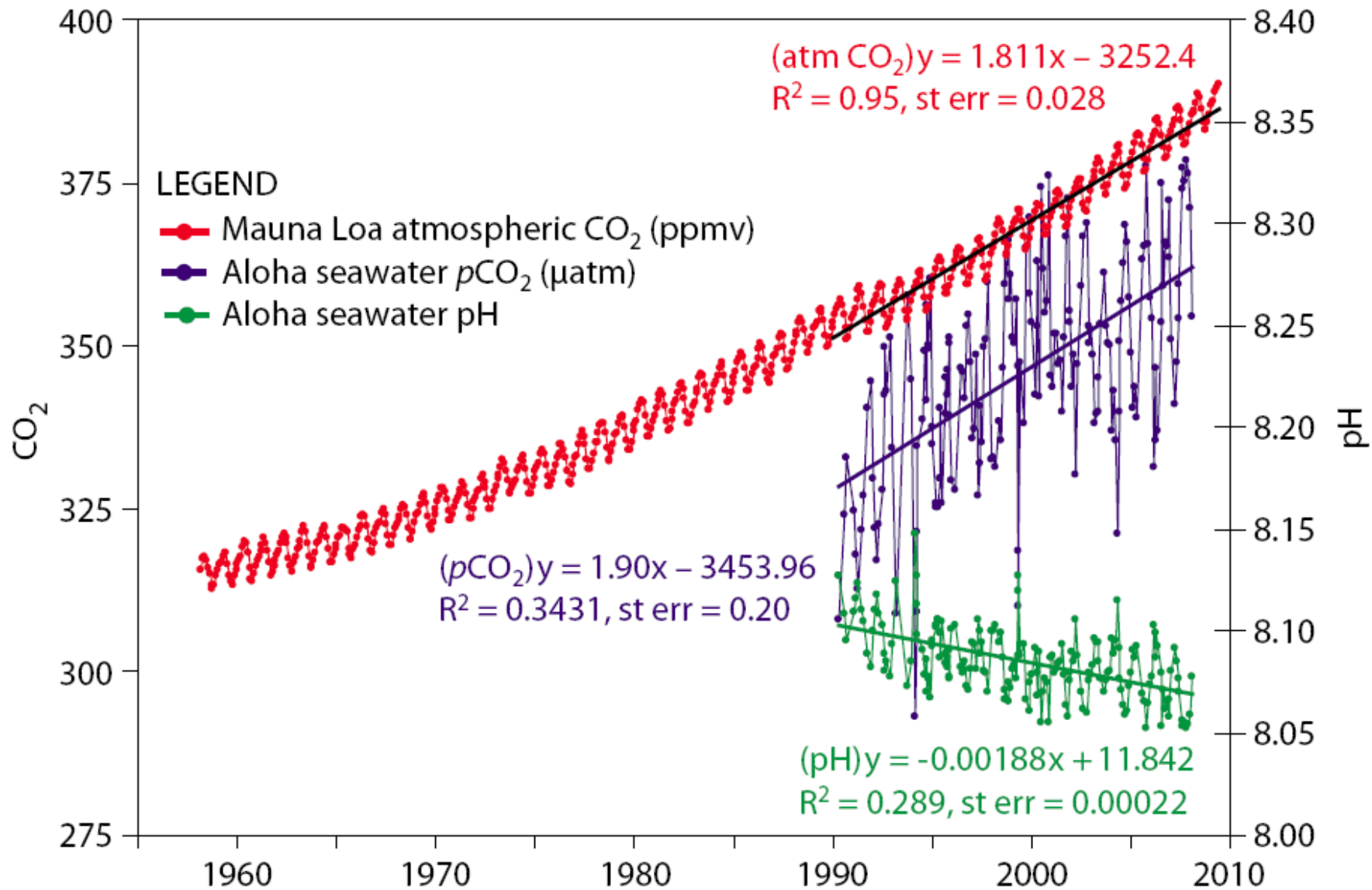




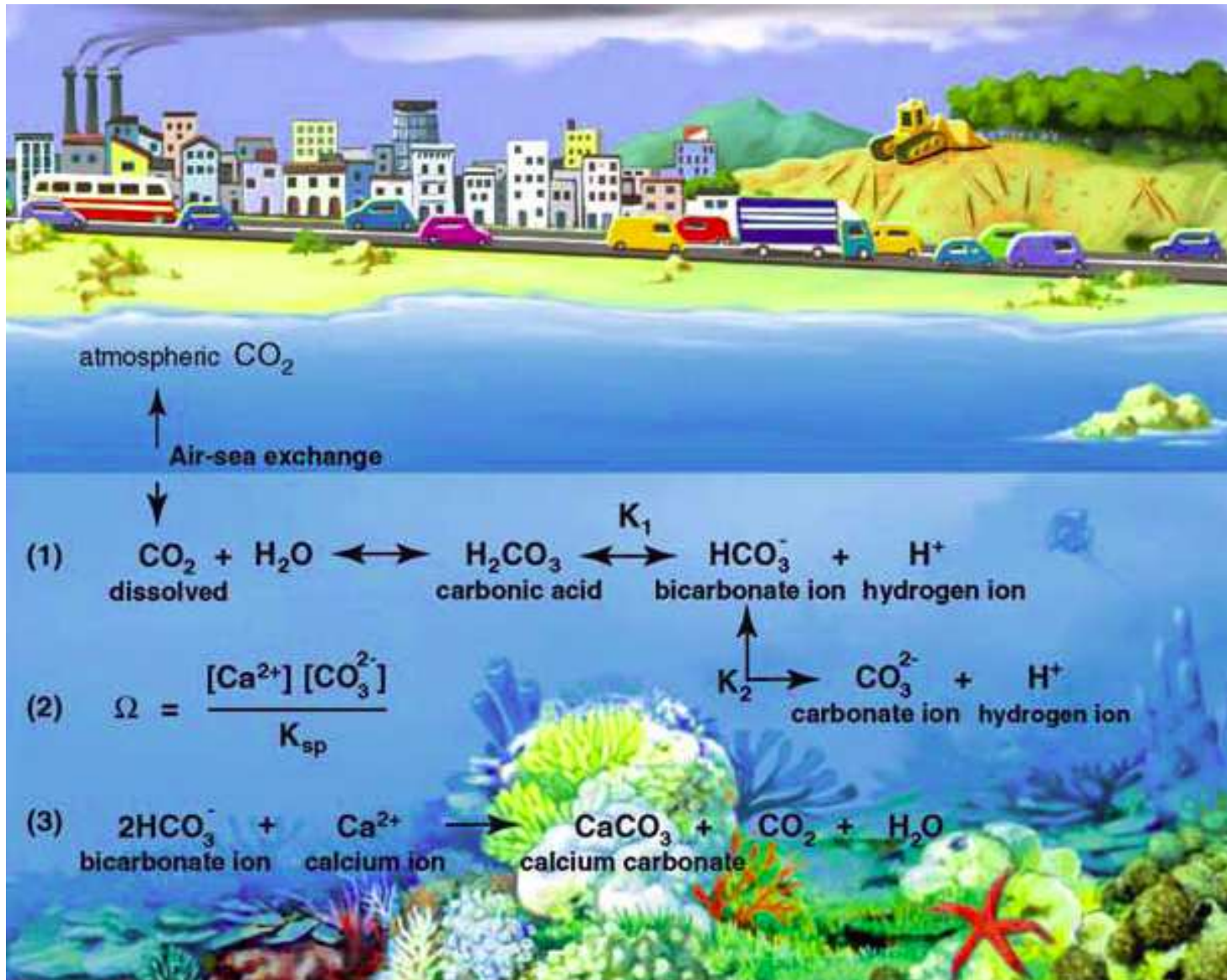
# Globalne zmiany pH oceanu

Wstawić slajd ze zmianami  
temperatury oceanu, albo – ze  
zmianami poziomu morza

# ZMIANY STĘŻENIA CO<sub>2</sub> W ATMOSFERZE I OCEANIE I ZMIANY KWASOWOŚCI OCEANU



# ZMIANY CHEMIZMU WÓD POWIERZCHNIOWYCH OCEANU POD WPŁYWEM WZROSTU ZAWARTOŚCI CO<sub>2</sub> W ATMOSFERZE

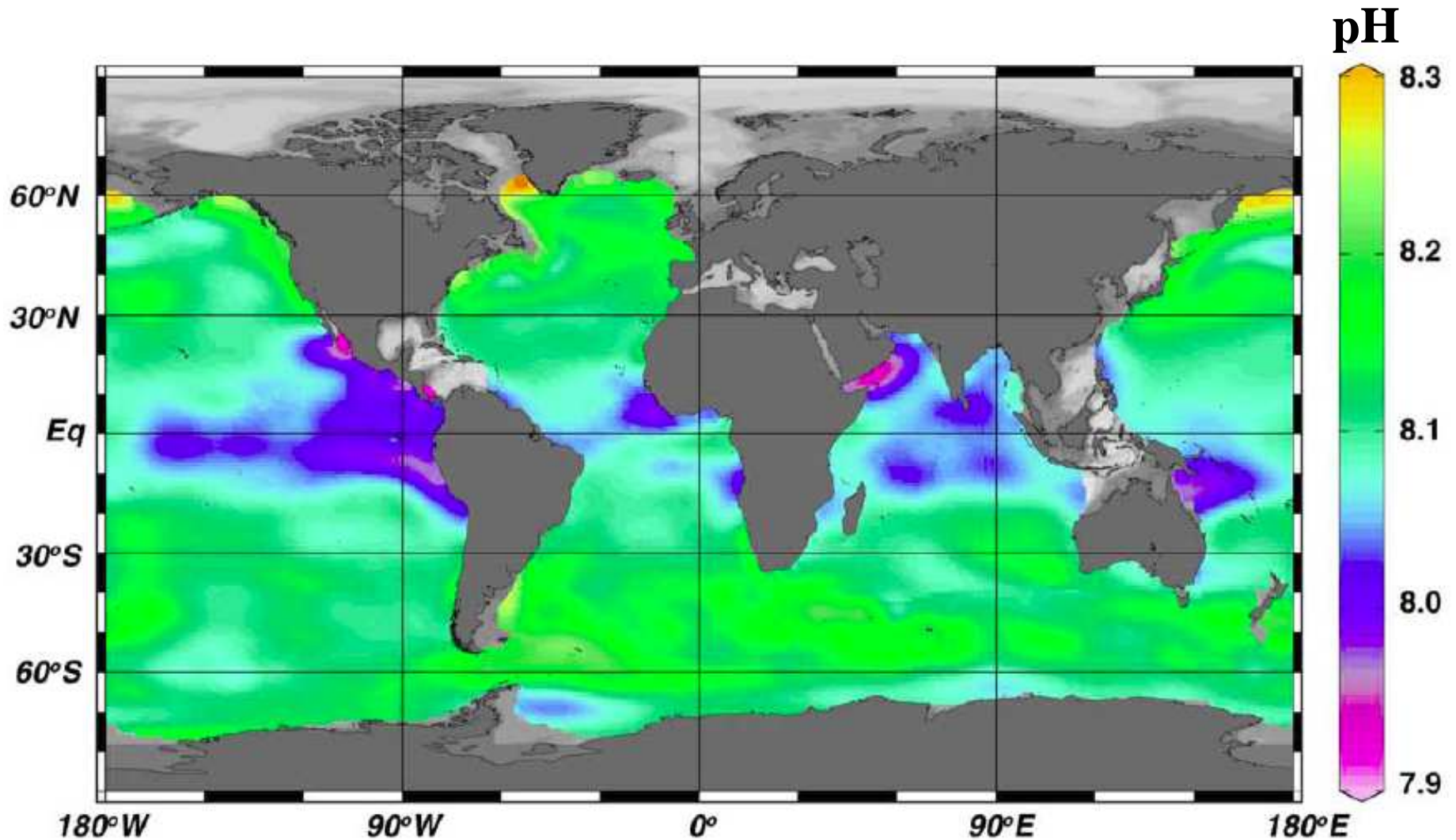


$K_1, K_2$  – stałe dysocjacji wodorowęglanu i dwuwęglanu

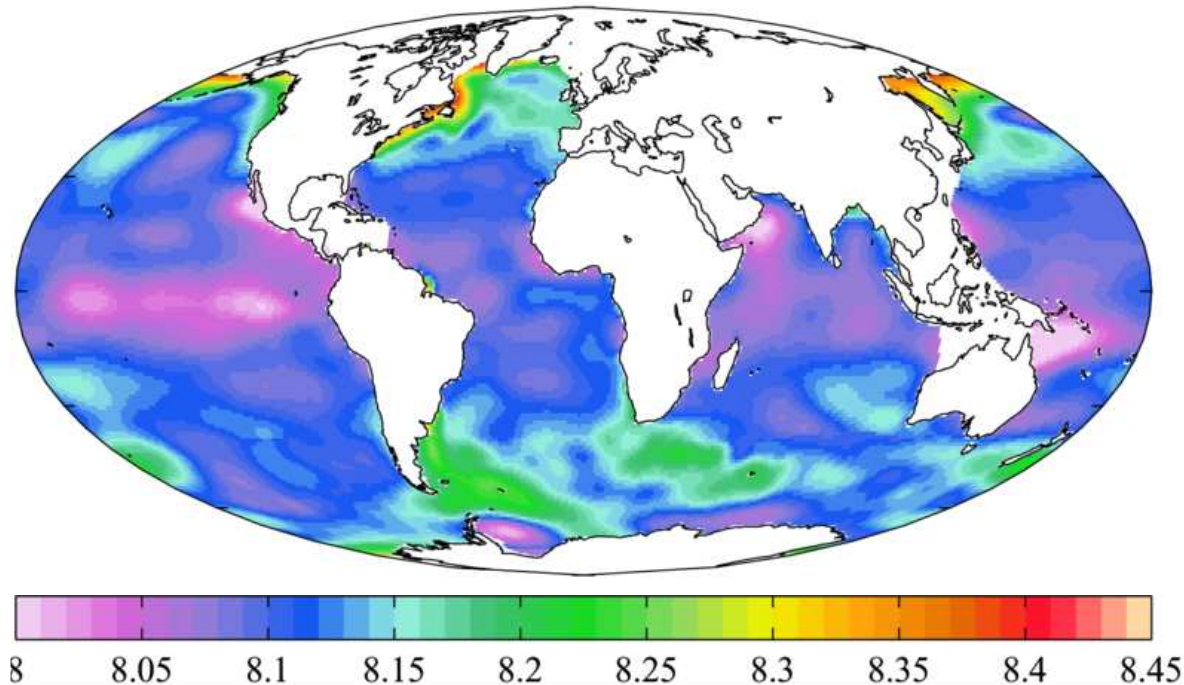
$\Omega$  – stan nasycenia;

$K_{sp}$  – stała rozpuszczalności danej fazy

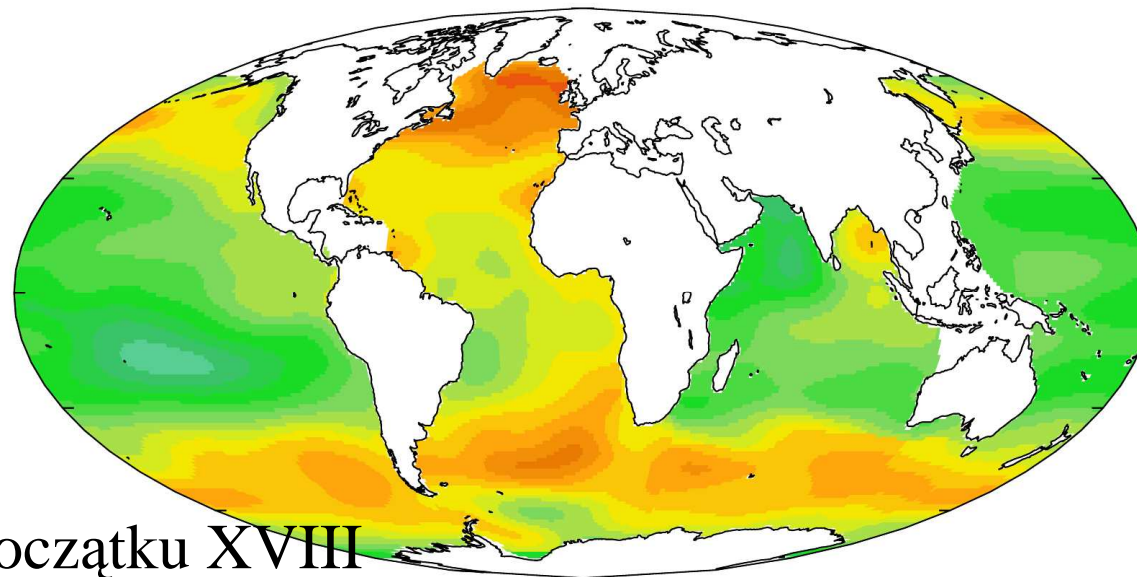
# KWASOWOŚĆ (pH) WÓD POWIERZCHNIOWYCH (50 m)



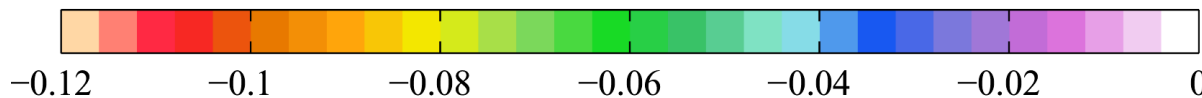
**OSZACOWANA ZMIANA  
ZAKWASZENIA WÓD  
POWIERZCHNIWYCH  
OCEANU  
OD XVIII W.**



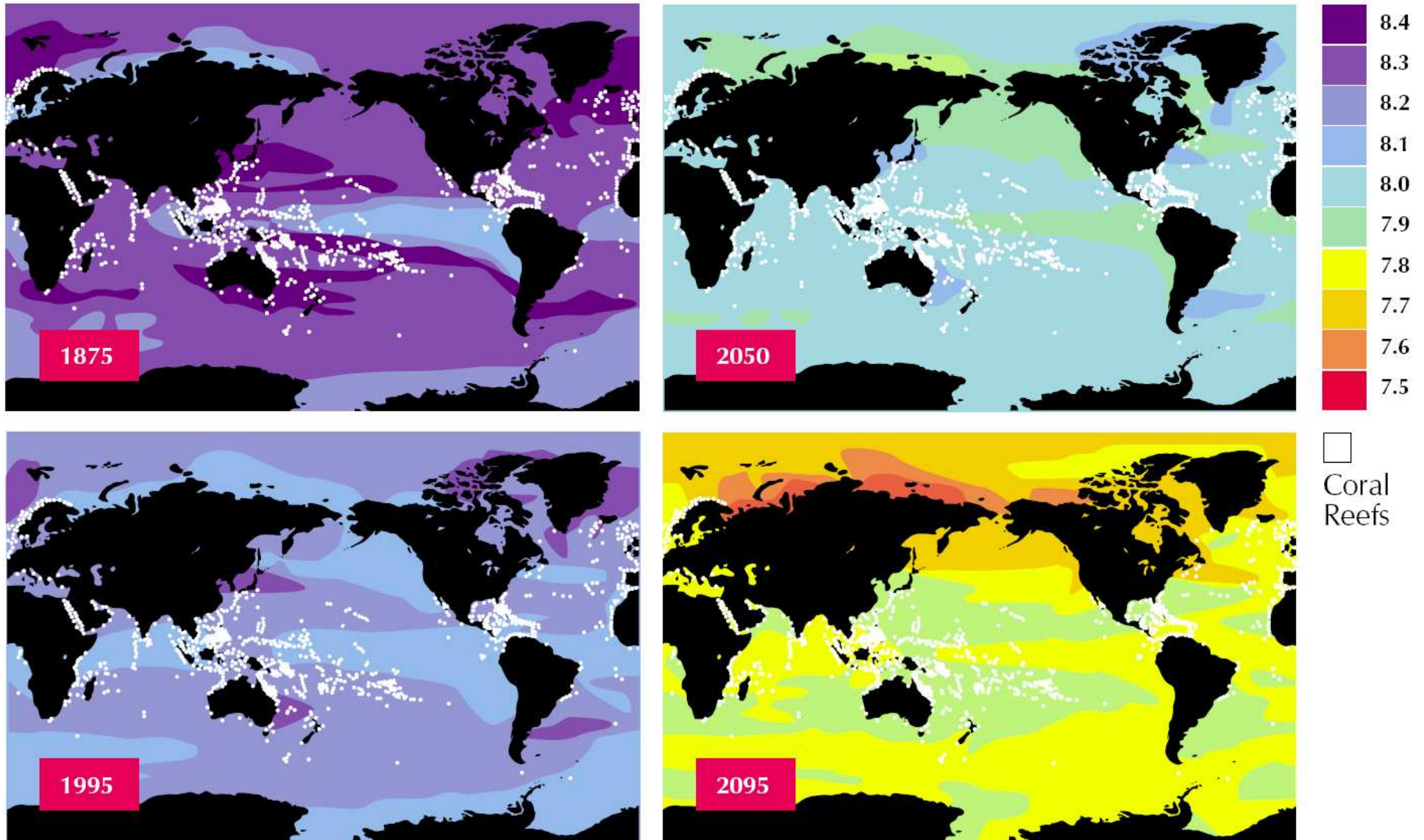
Współczesne wartości pH  
wód powierzchniowych  
oceanu



Zmiana pH w okresie od początku XVIII

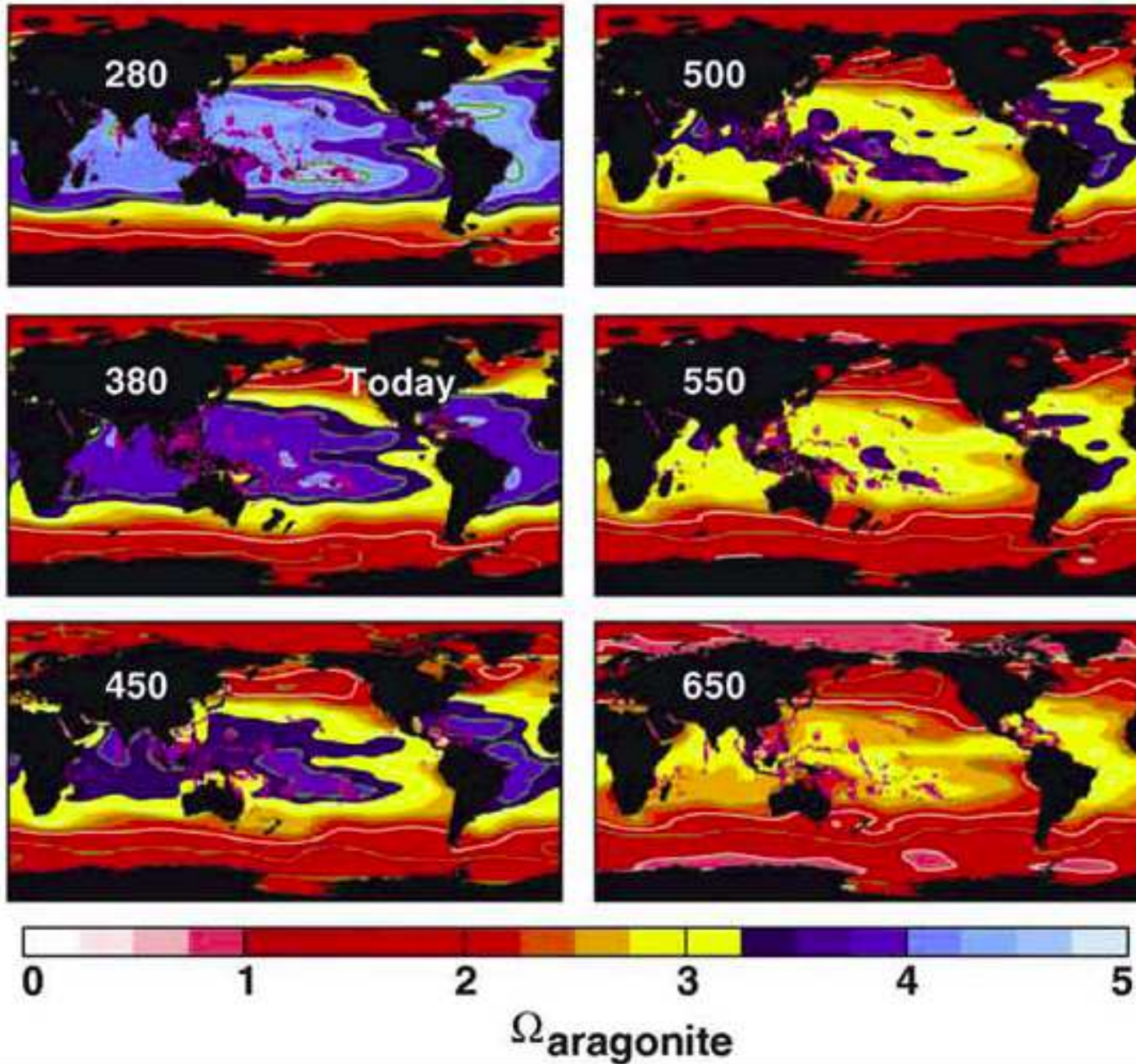


# WSPÓŁCZESNE I PROGNOZOWANE ZMIANY pH OCEANÓW



Feely *et al.*, *Oceanography* (2

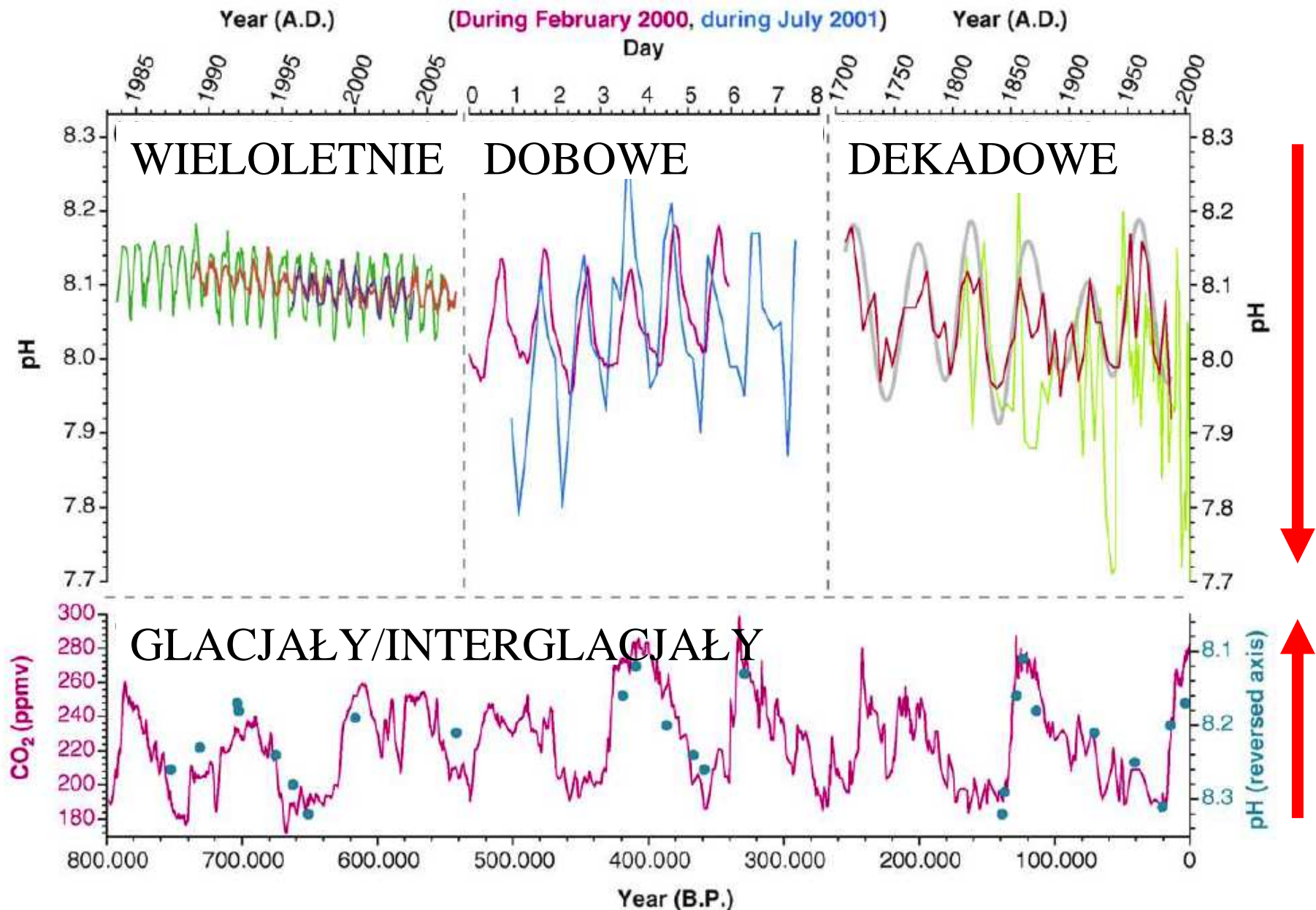




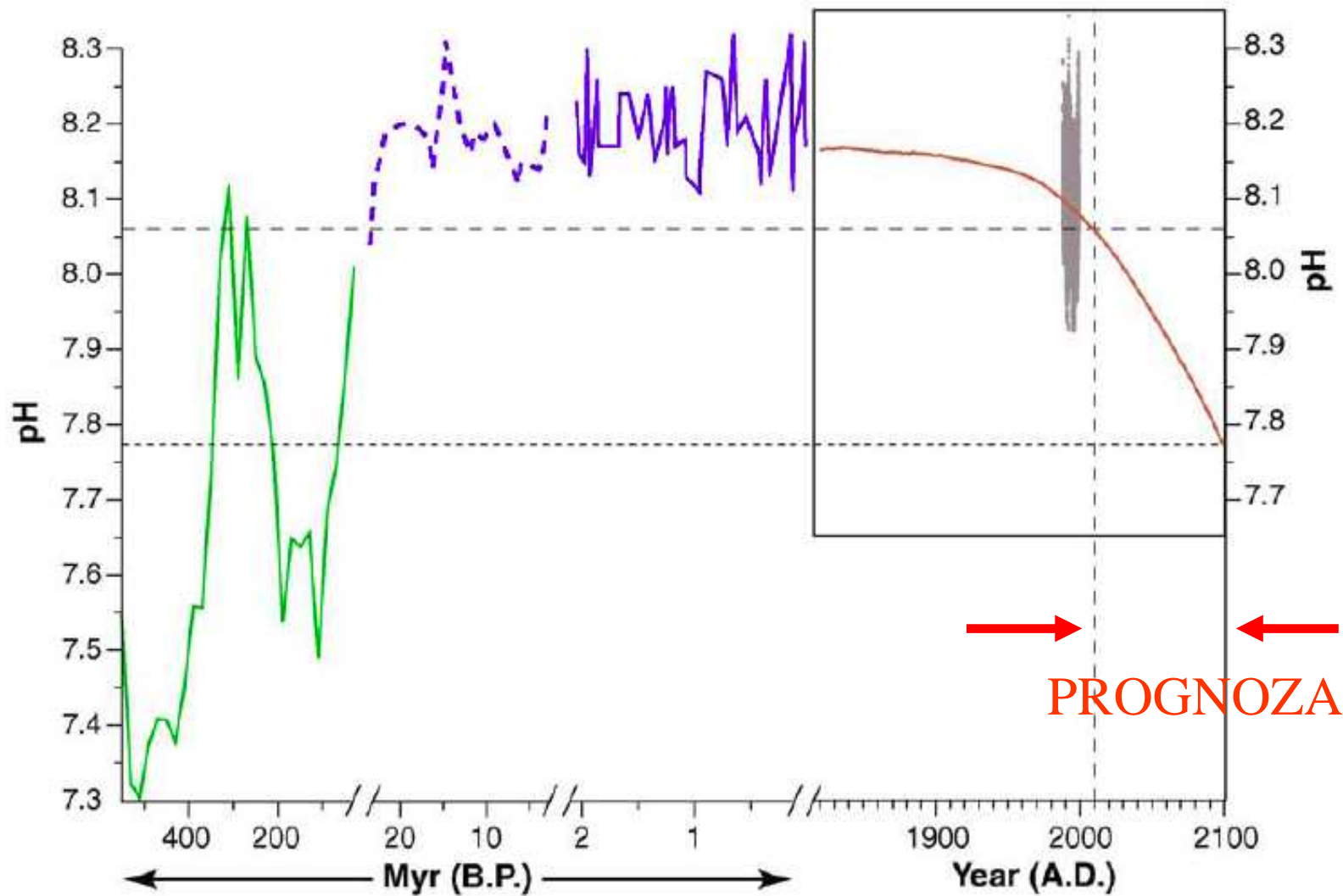
**Stan nasycenia aragonitu w oceanach, zależnie od stężenia CO<sub>2</sub> w atmosferze;**  
 kolor niebieski: minimum stanu nasycenia aby mogły się rozwijać rafy koralowe.

Aragonit = CaCO<sub>3</sub>

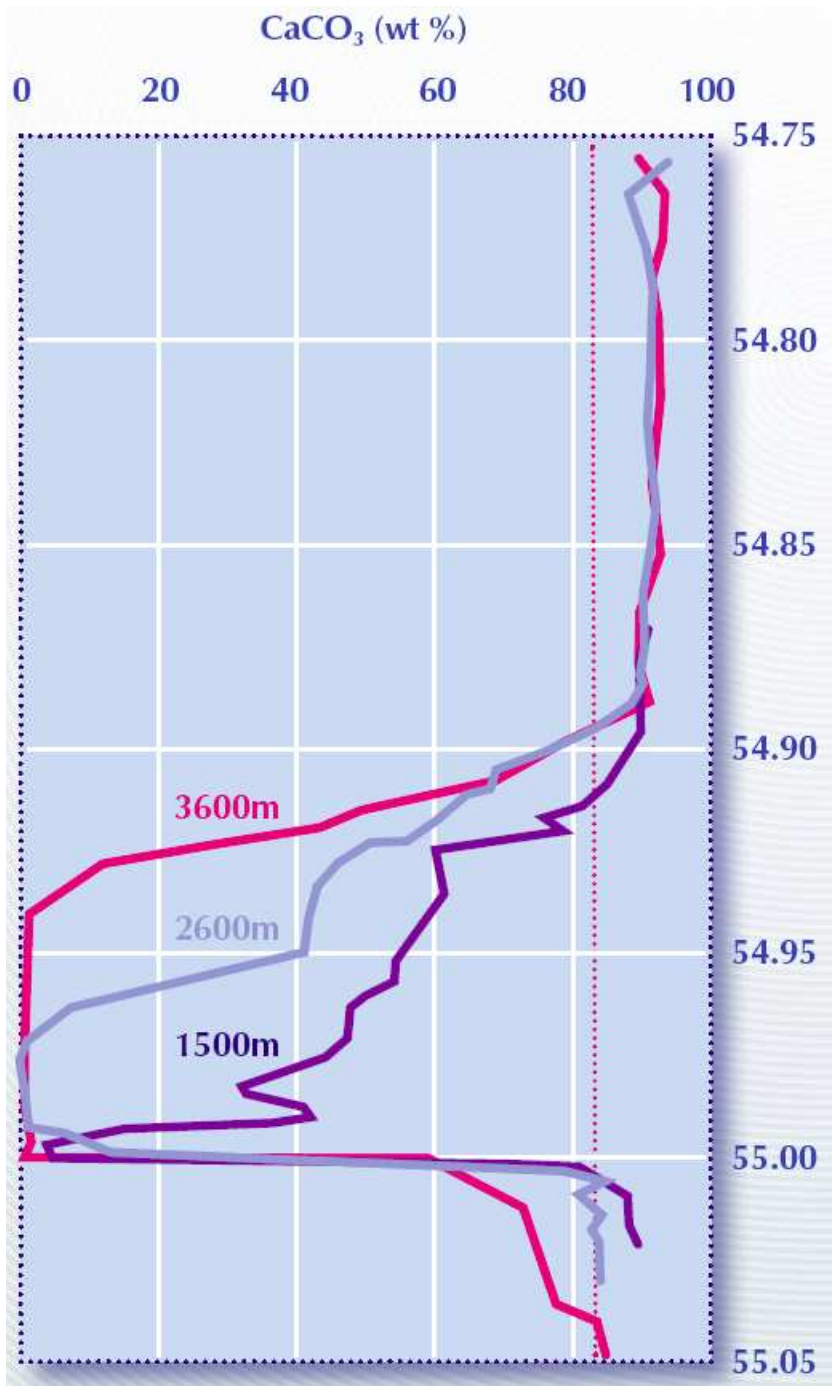
# ZMIANY pH OCEANU W RÓŻNYCH SKALACH CZASOWYCH



# REKONSTRUKCJA DAWNYCH ZMIAN pH OCEANÓW I PROGNOZA DALSZEGO ZAKWASZENIA



TRENDS in Ecology & Evolution



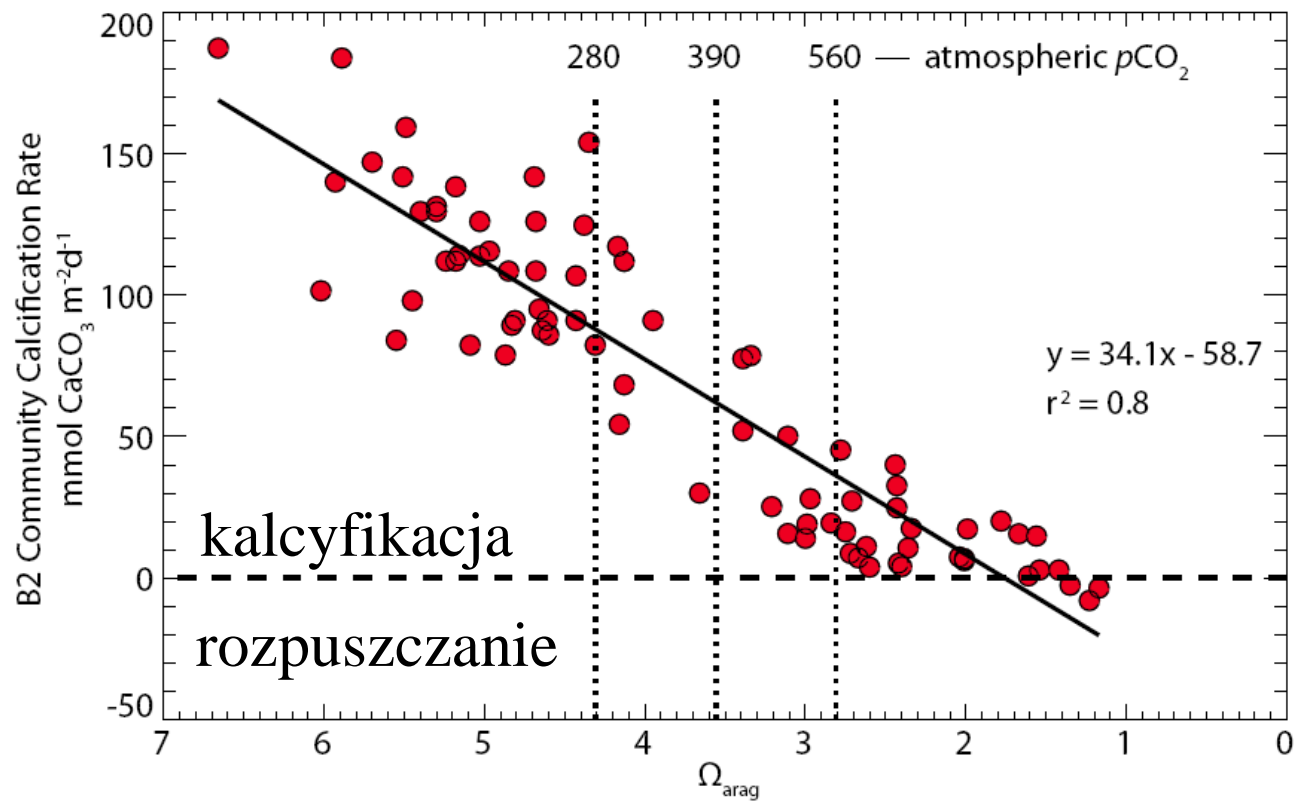
**SZYBKI SPADEK STANU  
NASYCENIA KALCYTU  
W OCEANACH  
PO GWAŁTOWNYM  
OCIEPLENIU EOCENSKIM  
DŁUGOTRWAŁY POWRÓT**

Wiek (mln lat)

Eoceńskie maksimum termiczne

wg. Zachos *et al.*, *Science* (2005), za „Guide to ocean acidification”  
<http://www.epoca-project.eu/index.php/Outreach/RUG/>

# ZMIANY TEMPA KALCYFIKACJI RAFY W ZALEŻNOŚCI OD STOPNIA NASYCENIA ARAGONITU W WODZIE MORSKIEJ (EKSPERYMENT TERENOWY)



# „BLAKNIĘCIE KORALOWCÓW” („CORAL BLEACHING”)

A Zdrowe koralowce



B Martwe koralowce tego samego gatunku



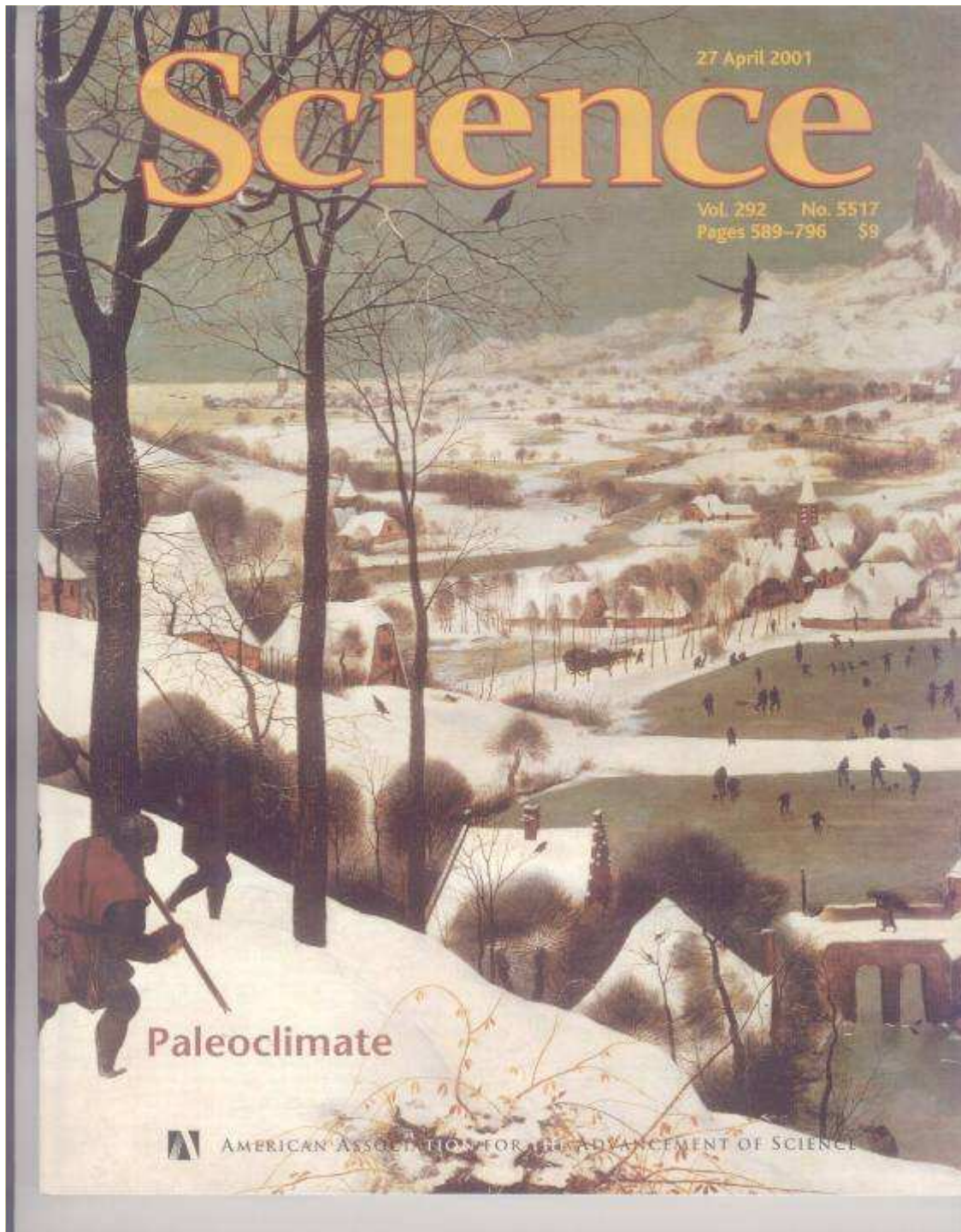
*Acrophora palmata*



# Zmiany globalne, nauka i polityka

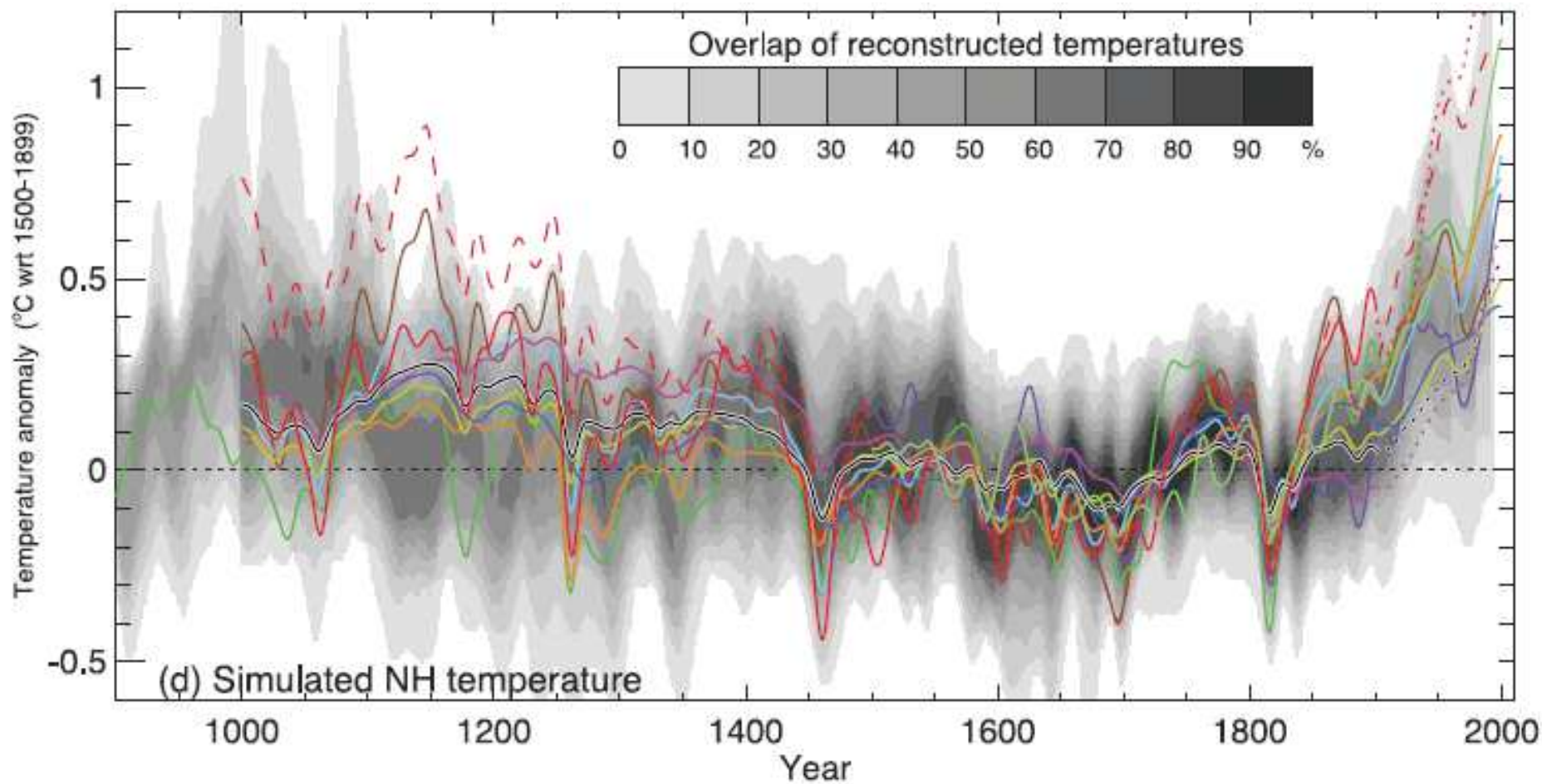
- Cykl węgla: niedomknięty (dlaczego nie?)
- Dynamika CO<sub>2</sub> i zmiany klimatu - „efekt cieplarniany”, „climate forcing”
- Kontrowersje; badania w toku
  - Bilans węgla - „carbon sinks”
  - Historia C i klimatu
  - Czynniki regulujące bilans C (Pp, dekompozycja)
- Paleoklimatologia
- Paleobiogeochemia
- Reakcje biosfery, sprzężenia zwrotne
- Aktywna regulacja klimatu?



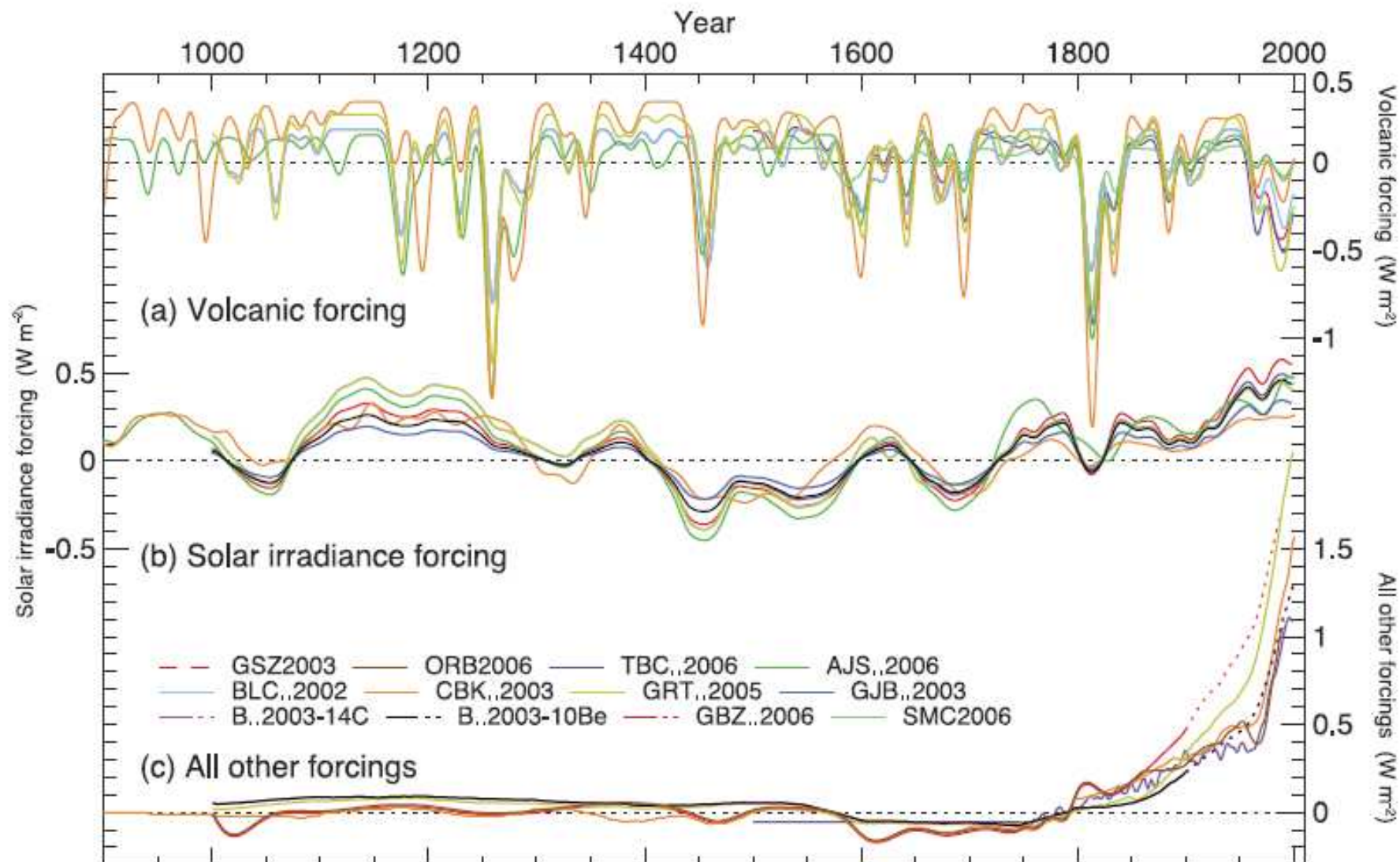


Pieter Bruegel Starszy  
1565  
„Myśliwi na śniegu”

# GORĄCE ŚREDNIOWIECZE I „MAŁA EPOKA LODOWA” Rekonstrukcje temperatury płn. Półkuli (symulacje) Raport IPCC 2007



# Czynniki wymuszające zmiany klimatu półkuli płn. (symulacje) IPCC Report 2007



February 17, 1993



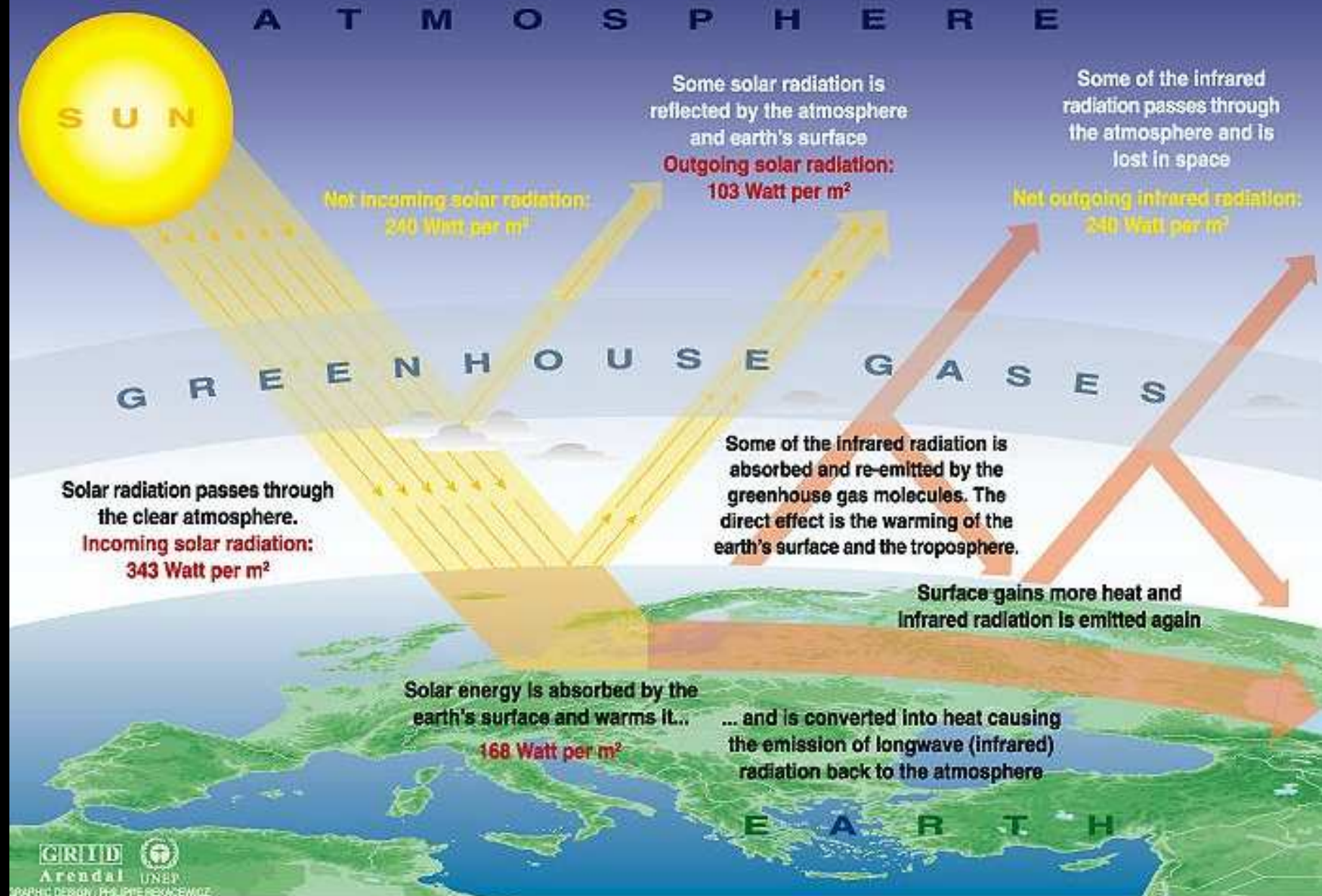
17 lutego 1993  
(Landsat 5)

February 21, 2000



21 lutego 2000  
(Landsat 7)

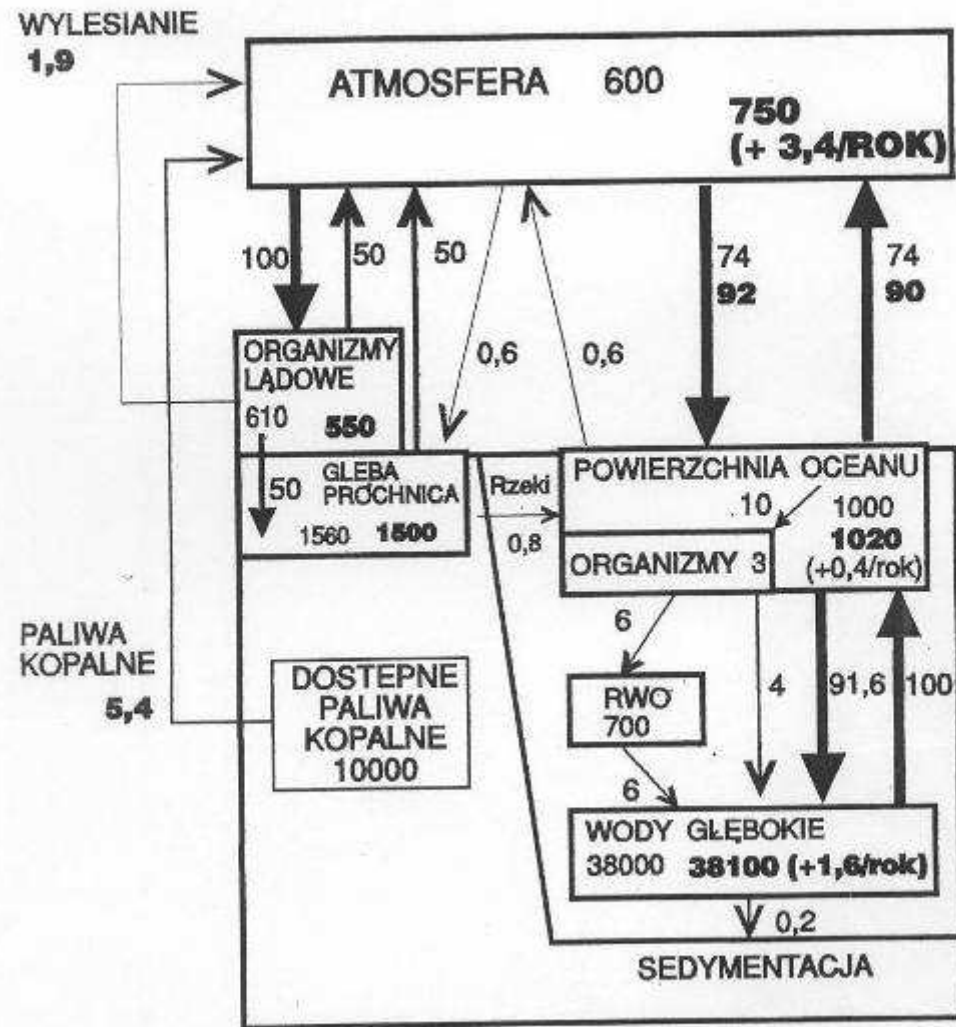
# The Greenhouse effect



GRID Arendal UNEP GRAPHIC DESIGN / PHILIPPE REKACIEWICZ

Sources: Okanagan university college in Canada, Department of geography, University of Oxford, school of geography; United States Environmental Protection Agency (EPA), Washington; Climate change 1995, The science of climate change, contribution of working group 1 to the second assessment report of the intergovernmental panel on climate change, UNEP and WMO, Cambridge university press, 1996.

Obieg węgla w biosferze ( $t \times 10^9$  i  $t \times 10^9 \text{ rok}^{-1}$ )  
w epoce przedindustrialnej i w latach 1980-89 (wyfuszczony)



RWO = rozpuszczalny węgiel organiczny

C

# BILANS WĘGLA W BIOSFERZE

## 10<sup>9</sup> ton/rok

### dopływy

|                          |           |
|--------------------------|-----------|
| SPALANIE PALIW KOPALNYCH | 6 do 7    |
| DEFORESTACJA I ROLNICTWO | 5.5 ± 0.5 |
|                          | 2.5 ± 0.6 |

### ujścia

|   |           |
|---|-----------|
| ROZPUSZCZANIE WĘGLANÓW<br>W MORZU         | 3.2 ± 0.2 |
|   | 50% ?     |
| <i>ROŚLINNOŚĆ LĄDOWA</i>                  | 10% ?     |
| <i>MATERIA ORGAN. GLEBY</i>               | 10% ?     |
| <i>OSADY MORSKIE</i><br>(„POMPA CUKROWA”) | 30% ?     |
| AKUMULACJA W POWIETRZU                    | 3.2 ± 0.2 |

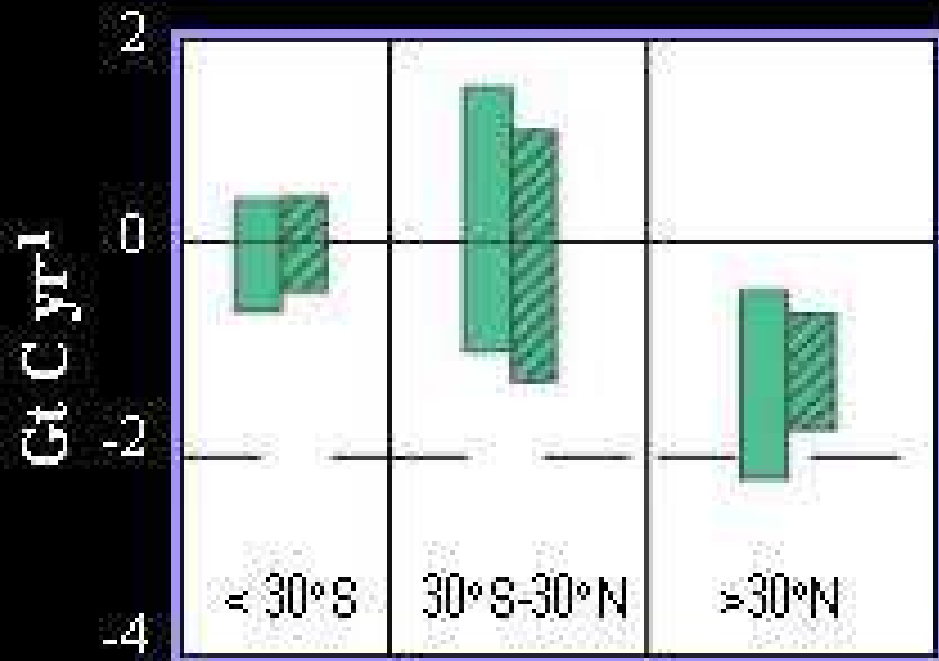
---

**BRAKUJE**

**1.8 ± 1.3**

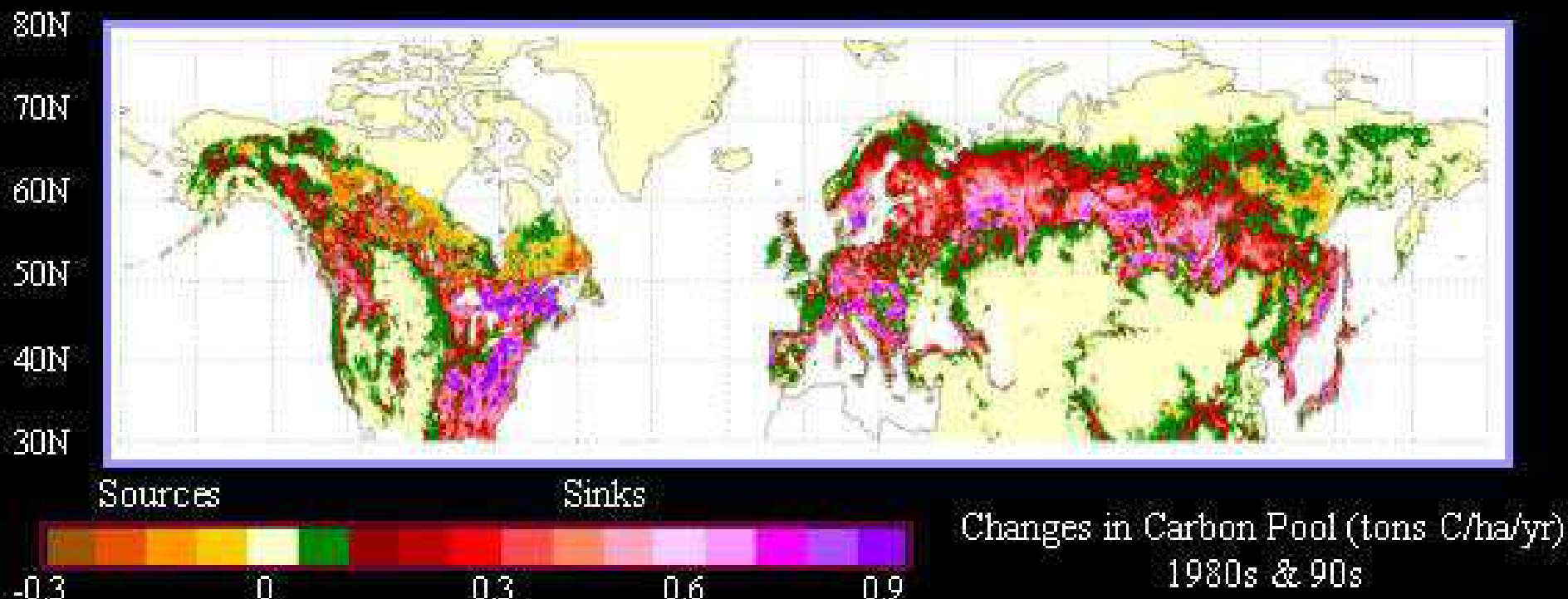
Dane wg Siegentaler & Sarmiento

(około 2.5 ?)



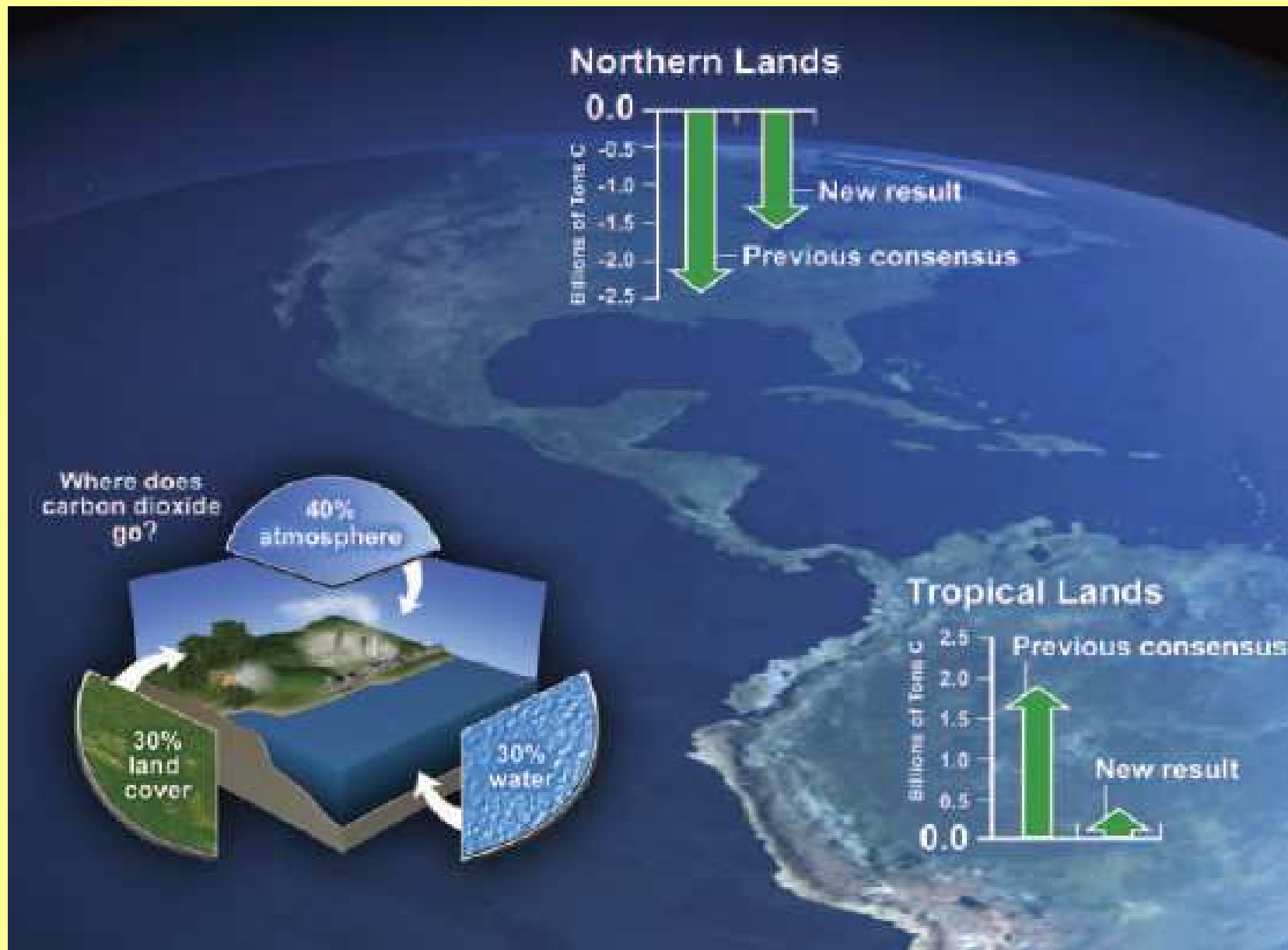
# „SEKWESTRACJA” WĘGLA W LASACH PÓŁNOCNYCH

(IPCC 2001)

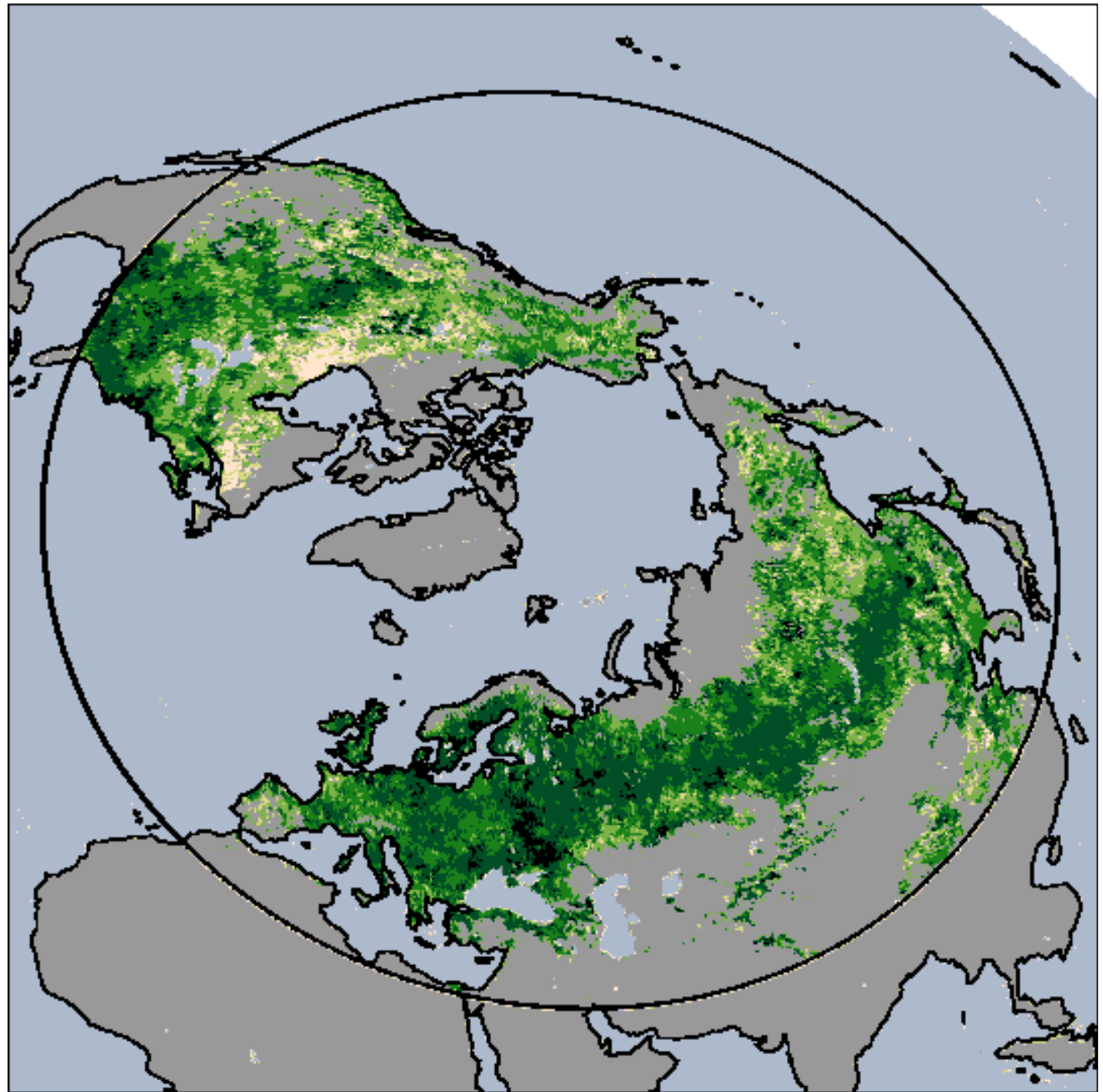




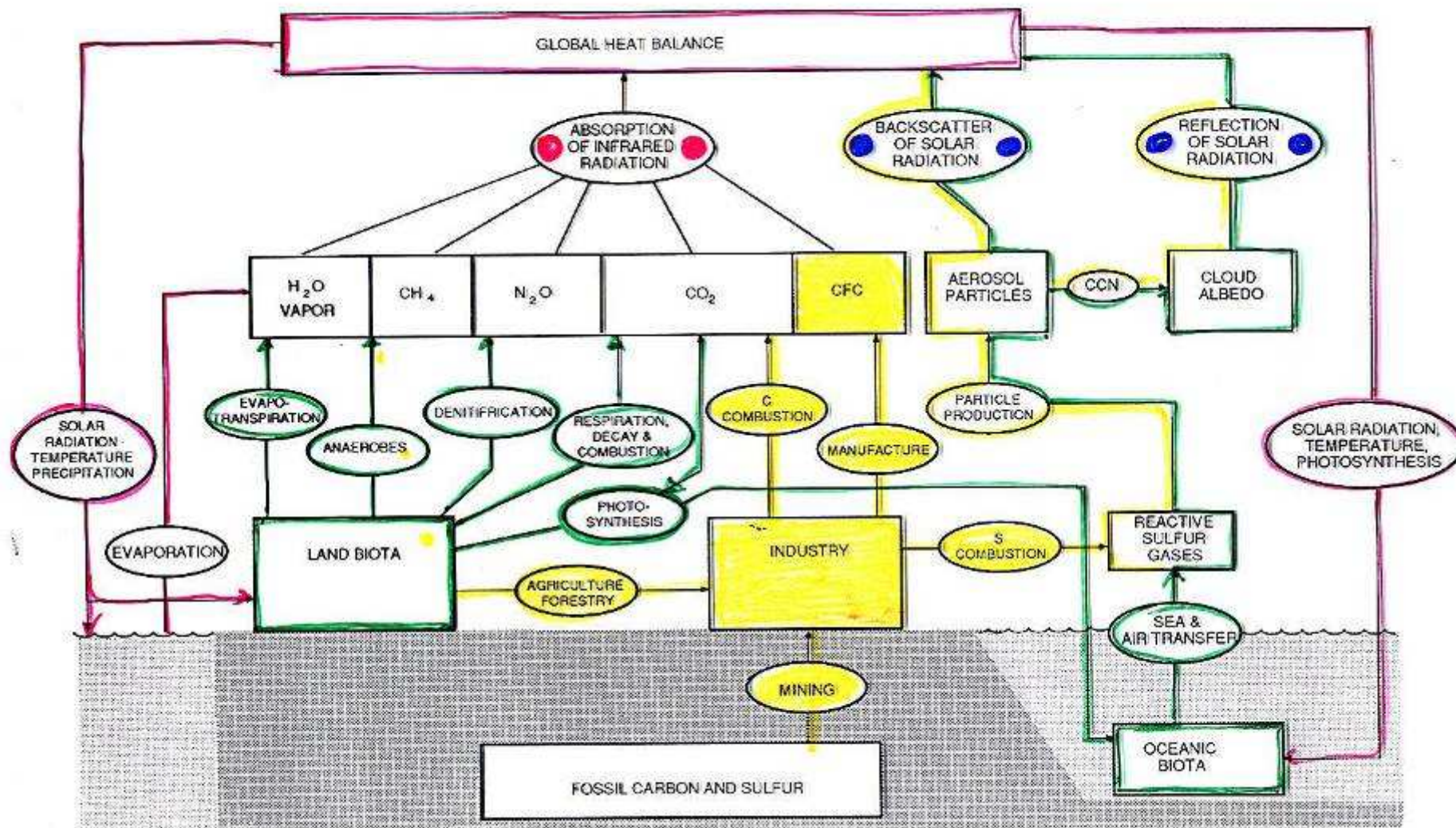
# NOWE DANE (2007) o SEKWESTRACJI WĘGLA: Większa rola lasów tropikalnych



POWTARZALNOŚĆ  
SYMPTOMÓW  
„POZIELENIENIA”

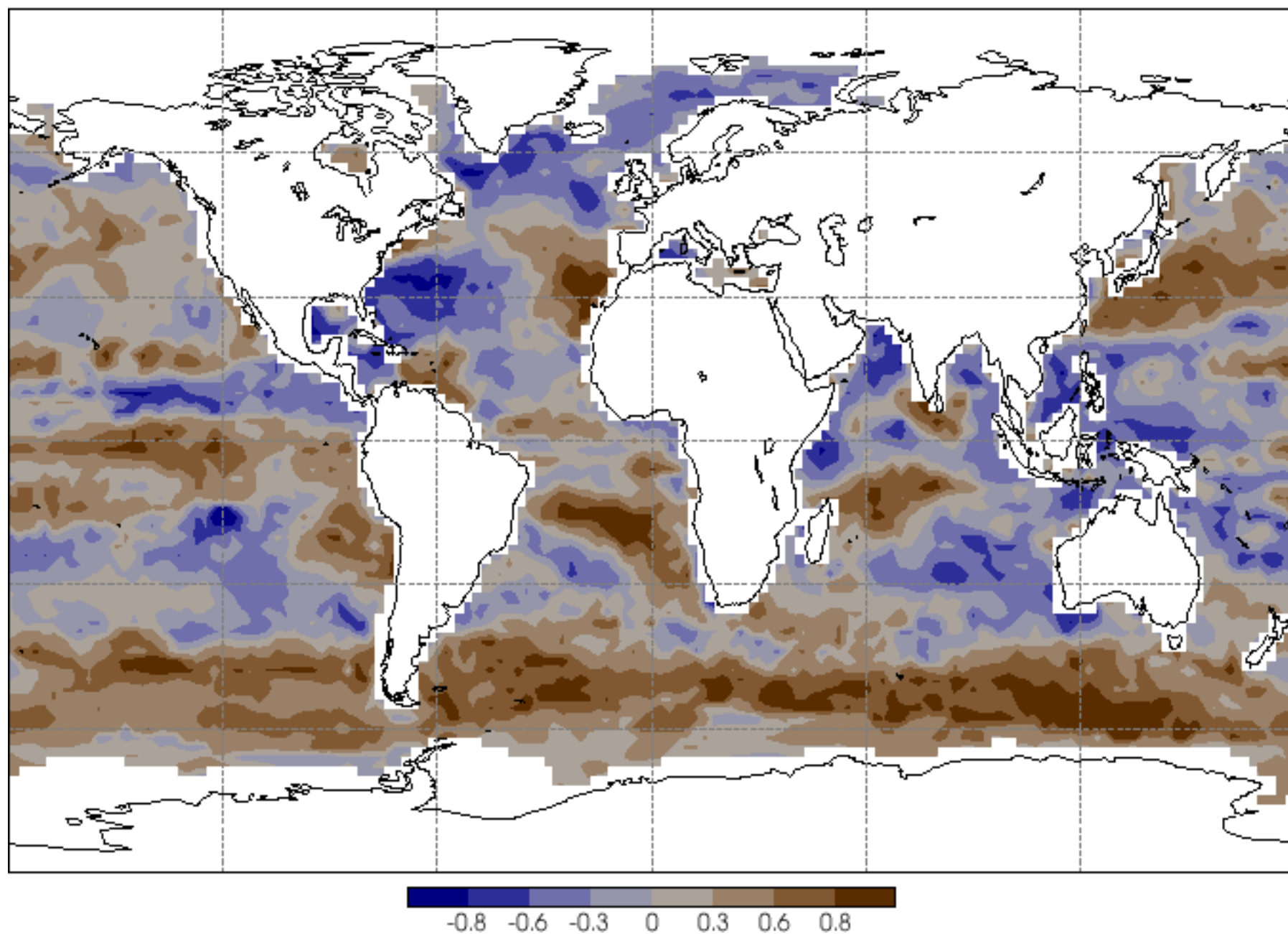


# POWIĄZANIE CYKLI BIOGEOCHEMICZNYCH Z KLIMATEM ZIEMI



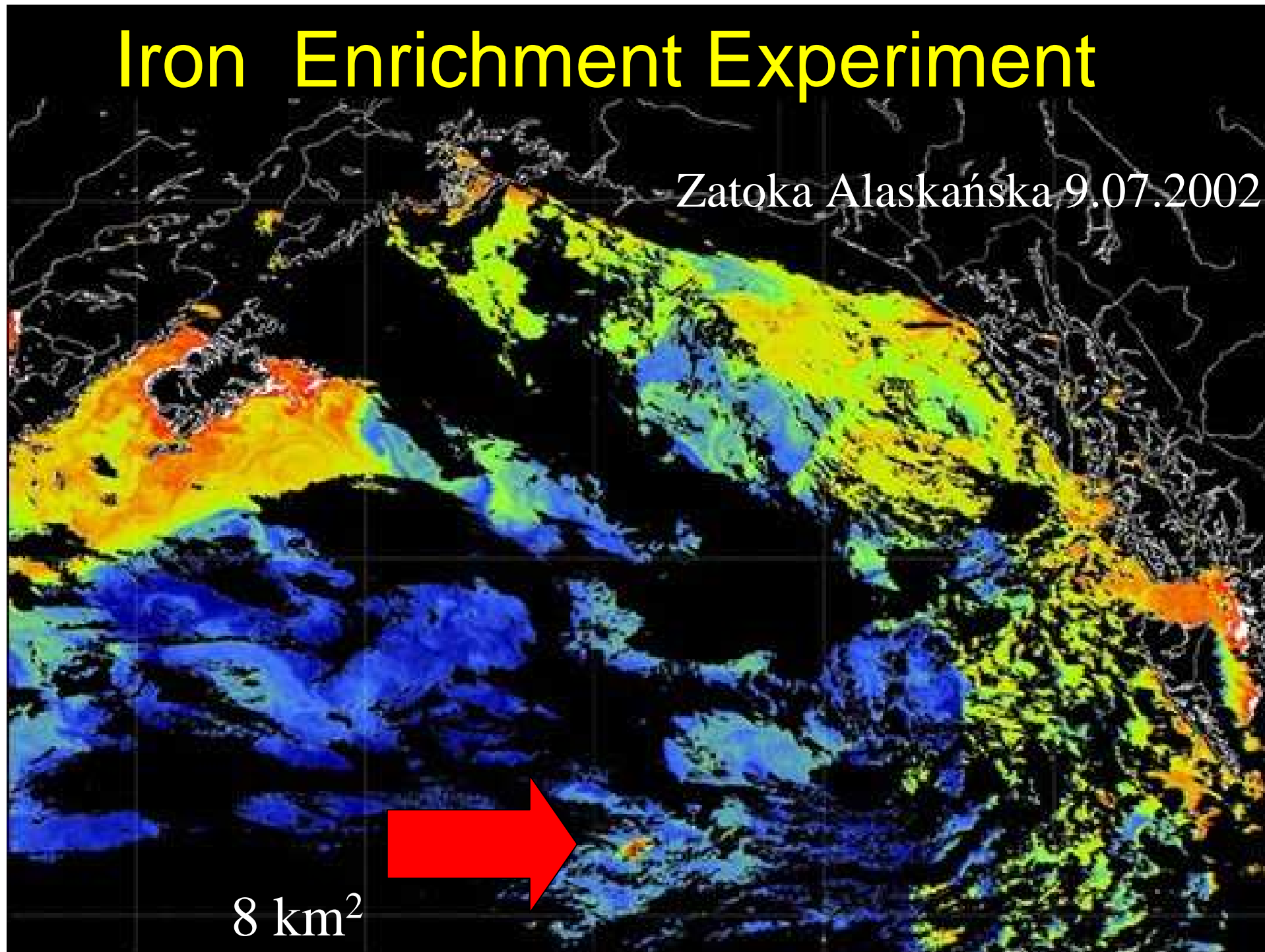
# Correlation Coefficients

Climatology of Dust Deposition and SeaWiFS Chlorophyll



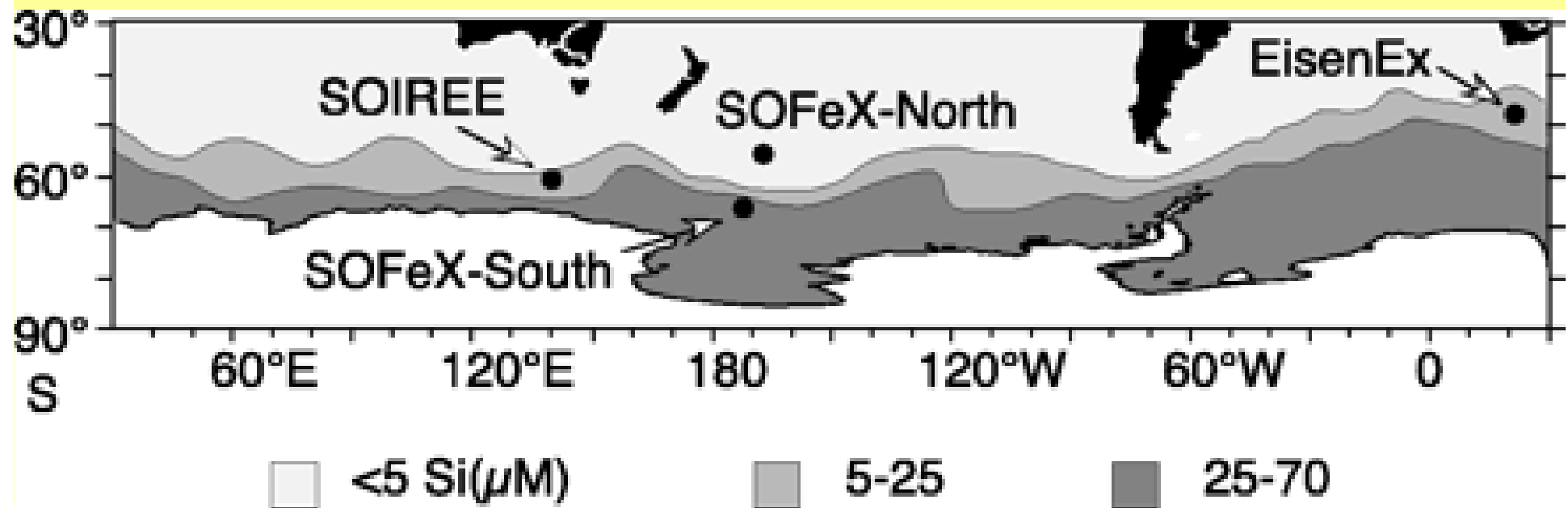
# Iron Enrichment Experiment

Zatoka Alaskańska 9.07.2002



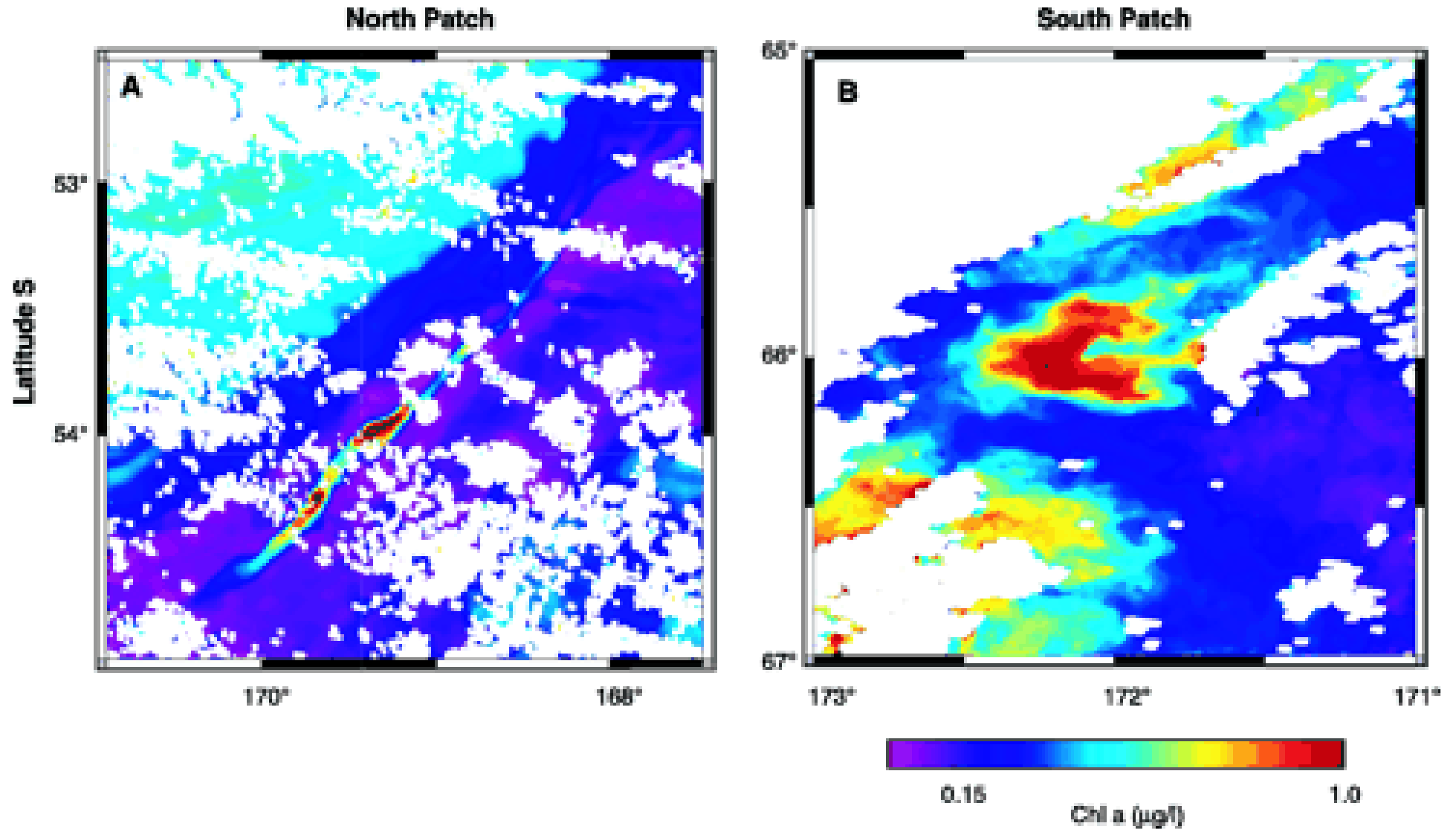
# EKSPERYMENT Z NAWOŻENIEM OCEANU POŁUDNIOWEGO ŻELAZEM

Science, 16.04.2004



Obfitość Si

# OBRAZ SATELITARNY (SEAWIFS) ZAKWITU PLANKTONU PO APLIKACJI Fe



## Reakcja biosfery

1. Wpływ zmian klimatu na organizmy i ekosystemy
2. Możliwe sprzężenia dodatnie i ujemne



## **Możliwe sprzężenia dodatnie, sprzyjające dalszemu wzrostowi temperatury**

1. Roztopienie lodów polarnych → zmniejszenie albedo;
2. Uwolnienie  $\text{CH}_4$  z wiecznej zmarzliny;
3. Przyspieszenie dekompozycji → więcej  $\text{CO}_2$ ;
4. Przyspieszenie metabolizmu roślin i zwierząt → więcej  $\text{CO}_2$ ;
5. Zwiększenie zawartości  $\text{H}_2\text{O}$  w atmosferze.

## **Możliwe sprzężenia zwrotne ujemne, kompensujące wzrost temperatury**

1. Szybsza ewaporacja → chmury → zwiększenie albedo;
2. Szybsza ewaporacja → zwiększone opady śniegu → zwiększenie albedo;
3. Zwiększona zawartość CO<sub>2</sub> → przyspieszenie fotosyntezy.
4. Wzrost zawartości aerozoli siarczanowych → zwiększone albedo [?]

# Znaczenie zmian klimatu

- Muchołówki żałobne wracają do Holandii o zwykłym czasie (regulacja fotoperiodyczna), ale zmienione warunki klimatyczne w Europie zmuszają je do wcześniejszych lęgów.
- Może dojść do wymierania gatunków
- (Both & Visser, Nature 411, 17.05.2001)

## CO NAS TO OBCHODZI?

- Trzeba odróżniać wpływ człowieka od zjawisk naturalnych. To jest trudniejsze, niż sądzono.
- Możemy zapobiegać tylko tym niekorzystnym zmianom, które sami wywołujemy.
- Zmiany naturalne trzeba umieć przewidywać i zapobiegać ich niekorzystnym skutkom - samych zmian zatrzymać nie potrafimy.
- Ocena znaczenia zmian globalnych dla człowieka nie należy do domeny nauk przyrodniczych, polega bowiem na przyjęciu uzgodnionego systemu wartości.

# SKUTKI ZMIAN GLOBALNYCH DLA CZŁOWIEKA

- EKONOMICZNE
- ETYCZNE
- ESTETYCZNE

JAKOŚĆ ŻYCIA

(głód, migracje, wojny = HISTORIA)

- KAŻDA ZMIANA JEST NIEKORZYSTNA
- NIE MOŻNA ZJEŚĆ CIASTECZKA I MIEĆ GO NADAL
- PRZYRODA JEST OBOJĘTNA

# FOURTH ASSESSMENT REPORT OF THE IPCC

## Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability

**Martin Parry**  
Co-Chair,  
IPCC Working Group II

**Paul van der L**  
Deputy Head, Technical  
IPCC Working Gr

Co  
to the  
Intergov  
Published for

## Climate Change 2007 Mitigation

*Edited by*

**Bert Metz**  
Co-chair Working Group III  
Netherlands Environmental  
Assessment Agency

**Ogunlade Davidson**  
Co-chair Working Group III  
University of Sierra Leone

**Peter Bosch**

Technical Support Unit IPCC Working Group III  
Netherlands Environmental Assessment Agency

**Rutu Dave**

**Leo Meyer**

Contribution of Working Group III  
to the Fourth Assessment Report of the  
Intergovernmental Panel on Climate Change

*Published for the Intergovernmental Panel on Climate Change*

 **CAMBRIDGE**  
UNIVERSITY PRESS

## Climate Change 2007 The Physical Science Basis

*Edited by*

**mon**  
Group I

**Dahe Qin**  
Co-Chair,  
IPCC Working Group I

**Martin Manning**  
Head, Technical Support Unit  
IPCC Working Group I

**Kristen Averyt** **Melinda M.B. Tignor** **Henry LeRoy Miller, Jr.**  
Technical Support Unit, IPCC Working Group I

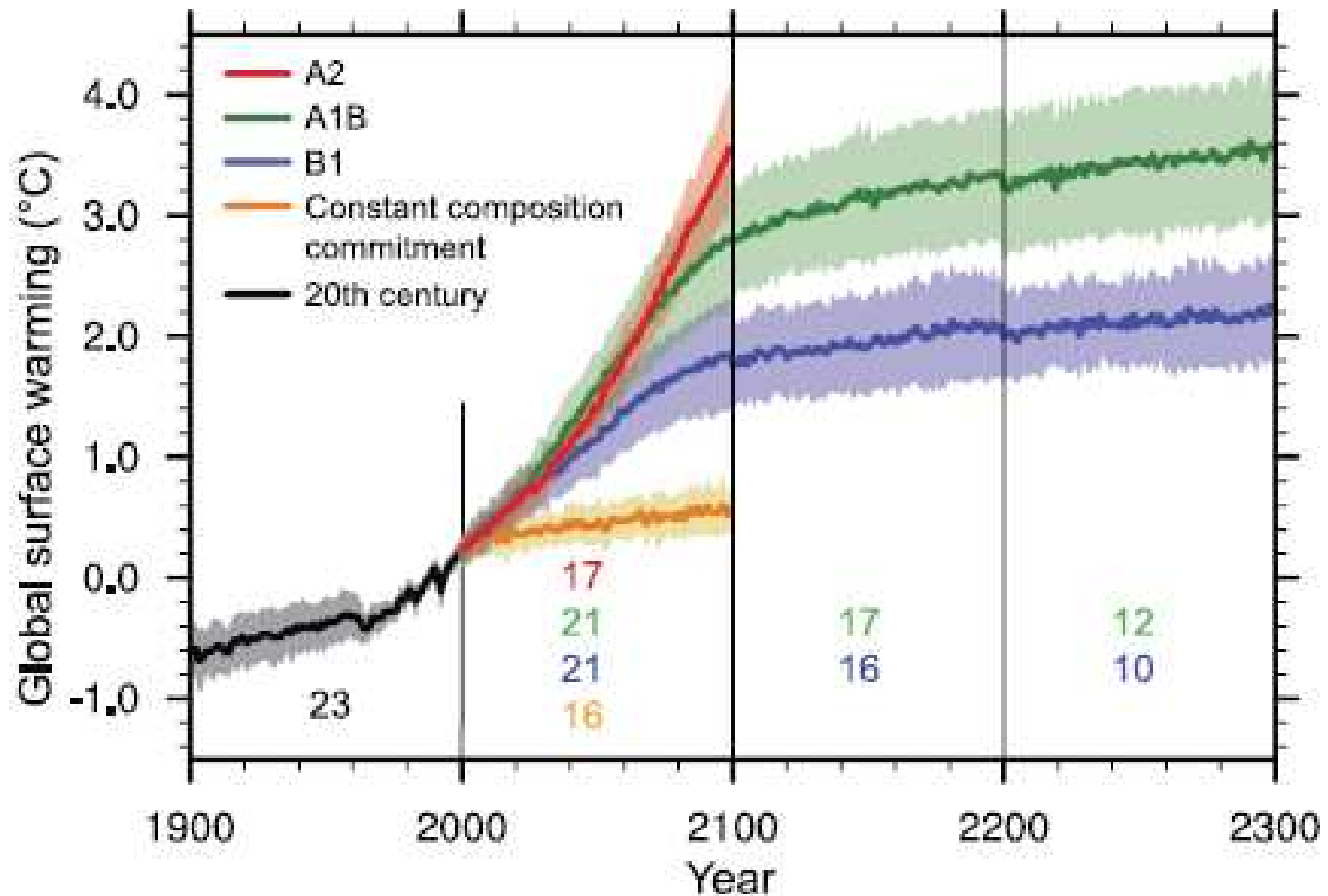
**Zhenlin Chen**  
China Meteorological Administration

Contribution of Working Group I  
to the Fourth Assessment Report of the  
Intergovernmental Panel on Climate Change

*Published for the Intergovernmental Panel on Climate Change*

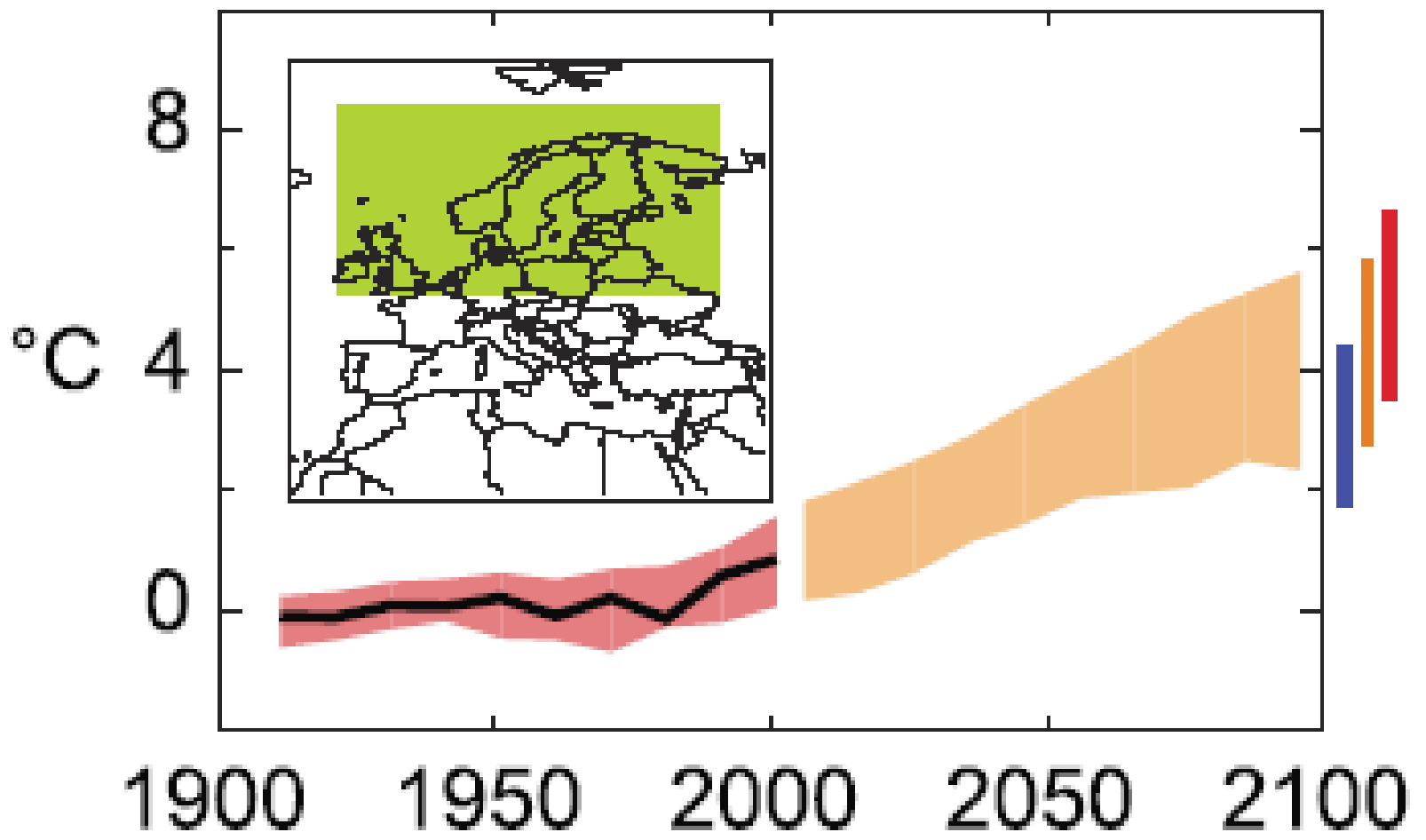
 **CAMBRIDGE**  
UNIVERSITY PRESS

# PROGNOZA ZMIAN TEMPERATURY GLOBALNEJ WG RÓŻNYCH SCENARIUSZY (IPCC 2007)

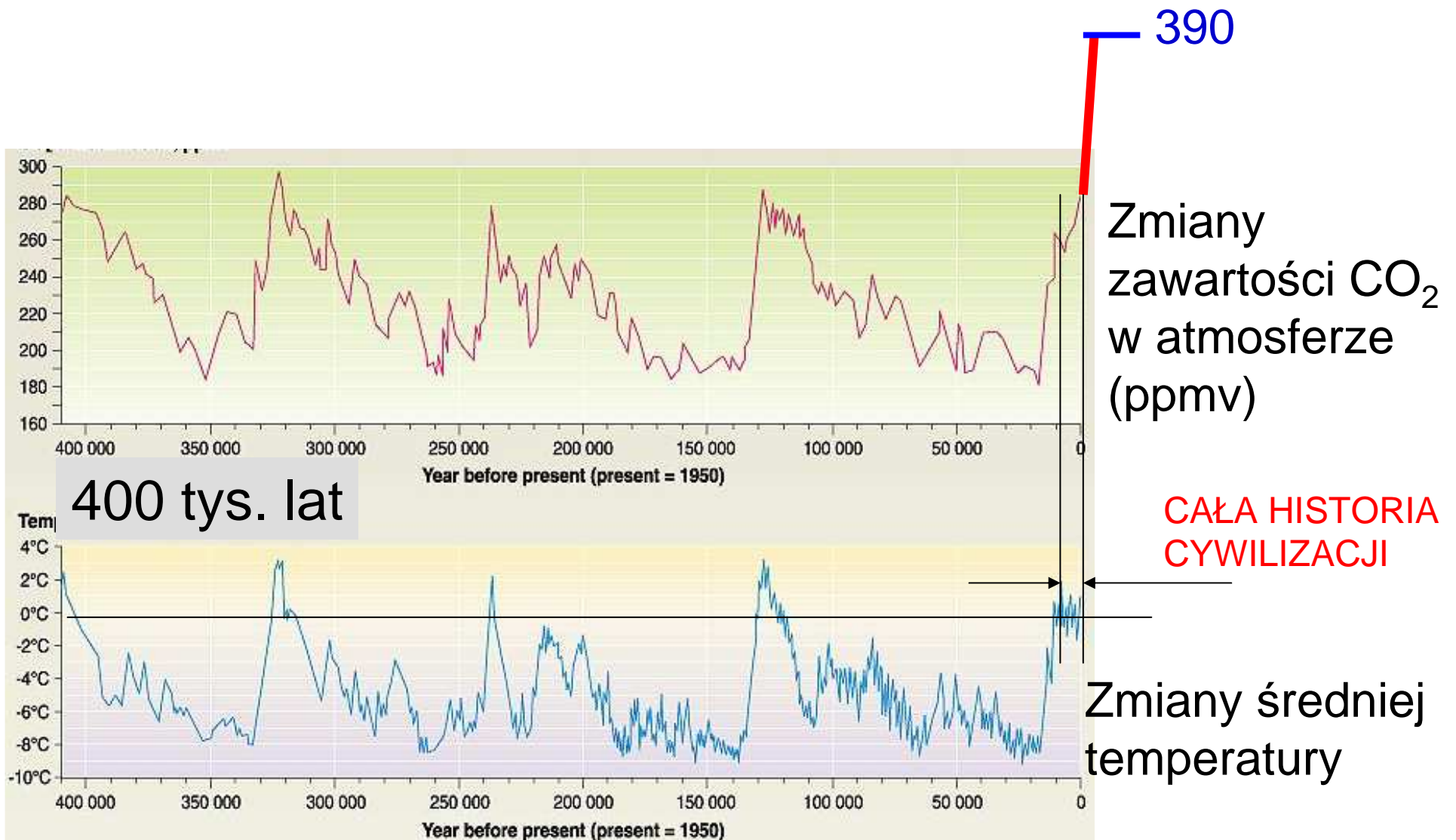


# PROGNOZA ZMIAN TEMPERATURY DLA PN EUROPY (RAPORT IPCC 2007)

## NEU







# WNIOSKI

- Nie istniał pierwotny stan równowagi C w biosferze
- Pule CO<sub>2</sub> i C zredukowanego stale się zmieniały
- Nie istnieje „rozwój zrównoważony”
- Klimat Ziemi ciągle się zmieniał
- Obecne tempo zmian może znacznie przekroczyć zakres znany w historii gatunku *Homo sapiens*



