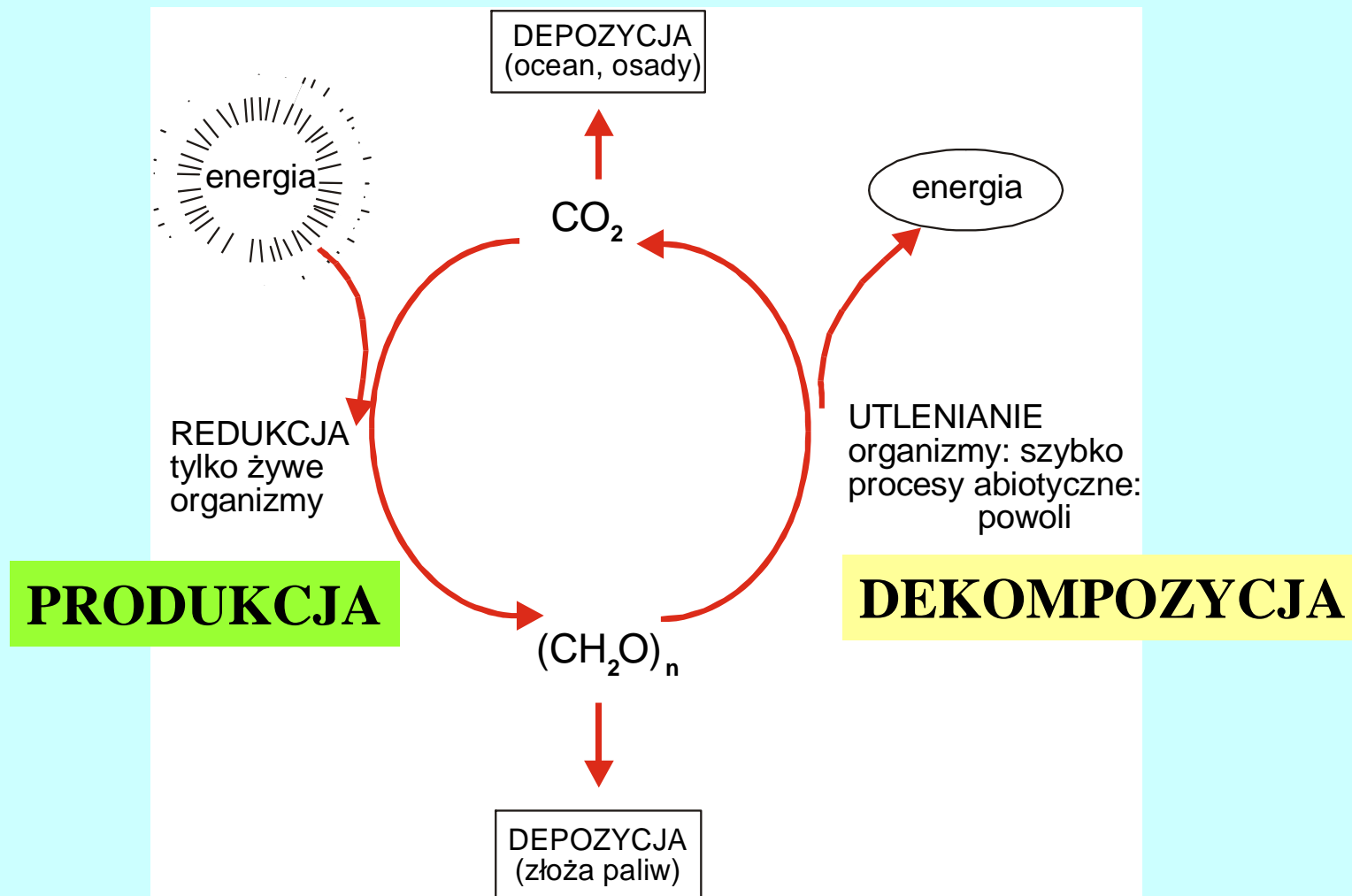


# EKOLOGIA dla BIOTECHNOLOGII

BIOGEOCHEMIA

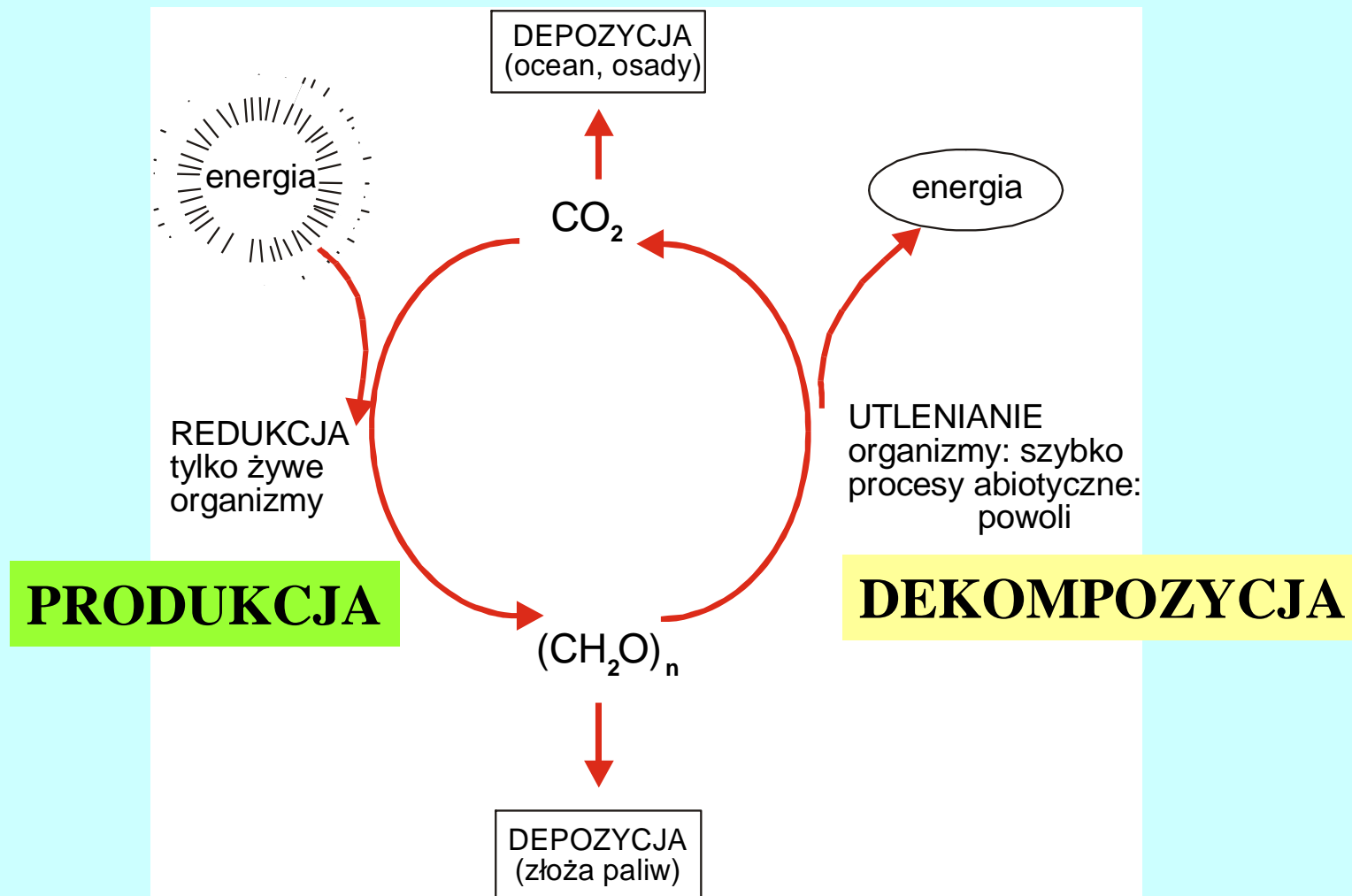
# Życie biosfery = cykl redoks węgla



# CYKL WĘGLA

ZMIANY KLIMATU  
(„GLOBAL CHANGE”)

# Życie biosfery = cykl redoks węgla



# ŹRÓDŁA I UJŚCIA METANU

	Tg/rok	%
bagna	115	21
pola ryżowe	60	11
przeżuwacze	80	15
spalanie	55	10
prod. gazu	45	8
termity	40	7
<b>RAZEM</b>	<b>525</b>	<b>100</b>
do gleby	30	
+wolne rodn.	500	
<b>RAZEM</b>	<b>530</b>	

-----  
zmierzony przyrost  
w atmosferze 44

## BILANS METANU W BIOSFERZE



Rośliny zielone?



# BILANS METANU W BIOSFERZE

## Nowe dane

**Przed rozwojem przemysłu:  
233 mln t/rok**

Mokradła	168
Spalanie biomasy	20
Termity	20
Oceany	15
Hydraty	10

**Obecnie:  
600 mln t/rok**

Produkcja energii	110
Przeżuwacze	115
Mokradła	225
Hydraty	10
Oceany	15
Termity	20
Spalanie biomasy	40
Oczyszczalnie ścieków	25
Wysypiska	40

Keppler & Roeckman  
Świat Nauki, marzec 2007

**Roślinność** 30-60 ?

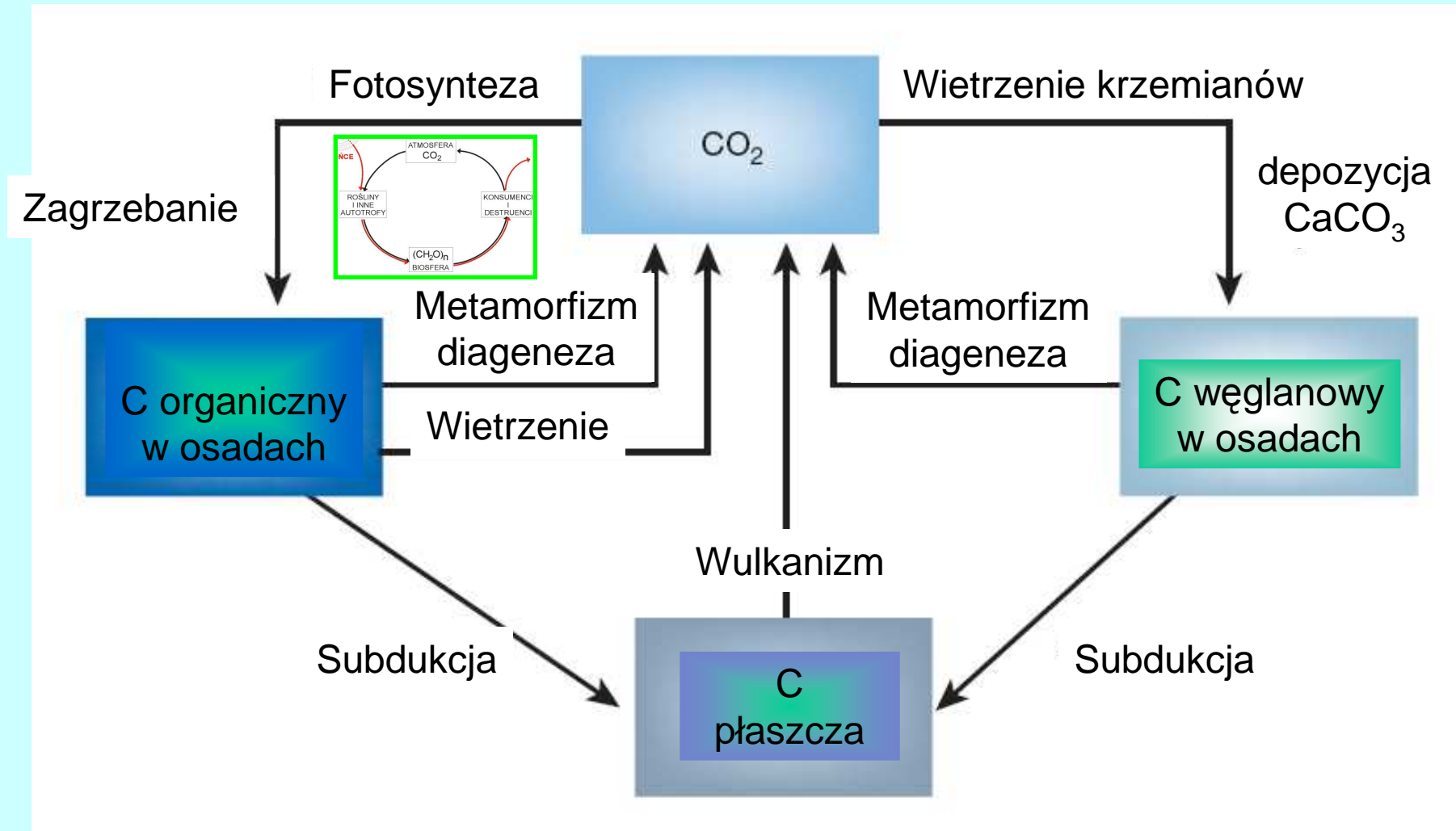
# Hydrat metanu

WiZ 11/2002



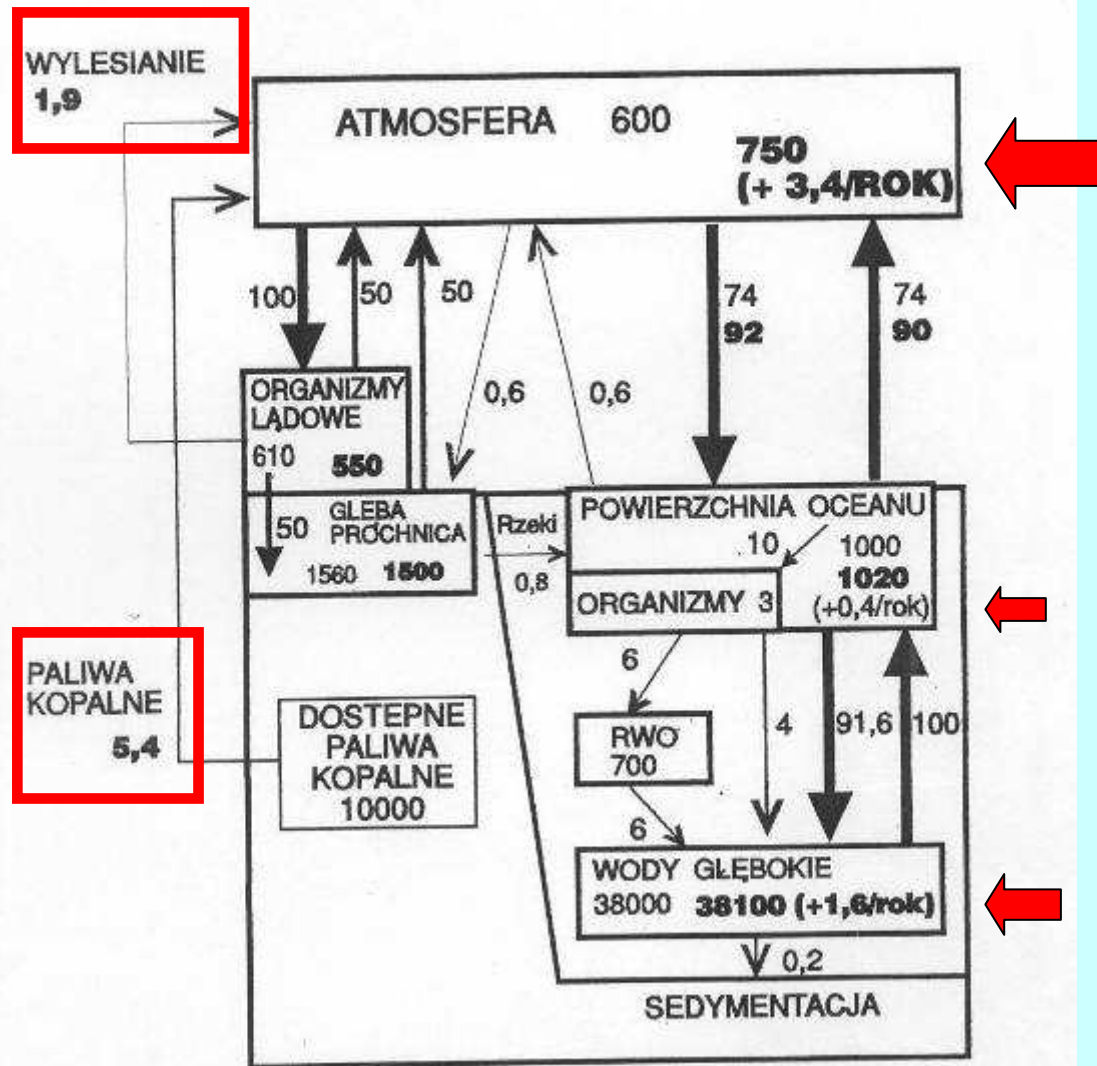


# „DUŻY” OBIEG WĘGLA





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



RWO = rozpuszczalny węgiel organiczny

C

# BILANS WĘGLA W BIOSFERZE $10^9$ ton/rok

## dopływy

SPALANIE PALIW KOPALNYCH	6 do 7
DEFORESTACJA I ROLNICTWO	$5.5 \pm 0.5$
	$2.5 \pm 0.6$

## ujścia

ROZPUSZCZANIE WĘGLANÓW W MORZU	$3.2 \pm 0.2$ 50% ?
ROŚLINNOŚĆ LĄDOWA	10% ?
MATERIA ORGAN. GLEBY	10% ?
OSADY MORSKIE („POMPA CUKROWA”)	30% ?
AKUMULACJA W POWIETRZU	$3.2 \pm 0.2$

---

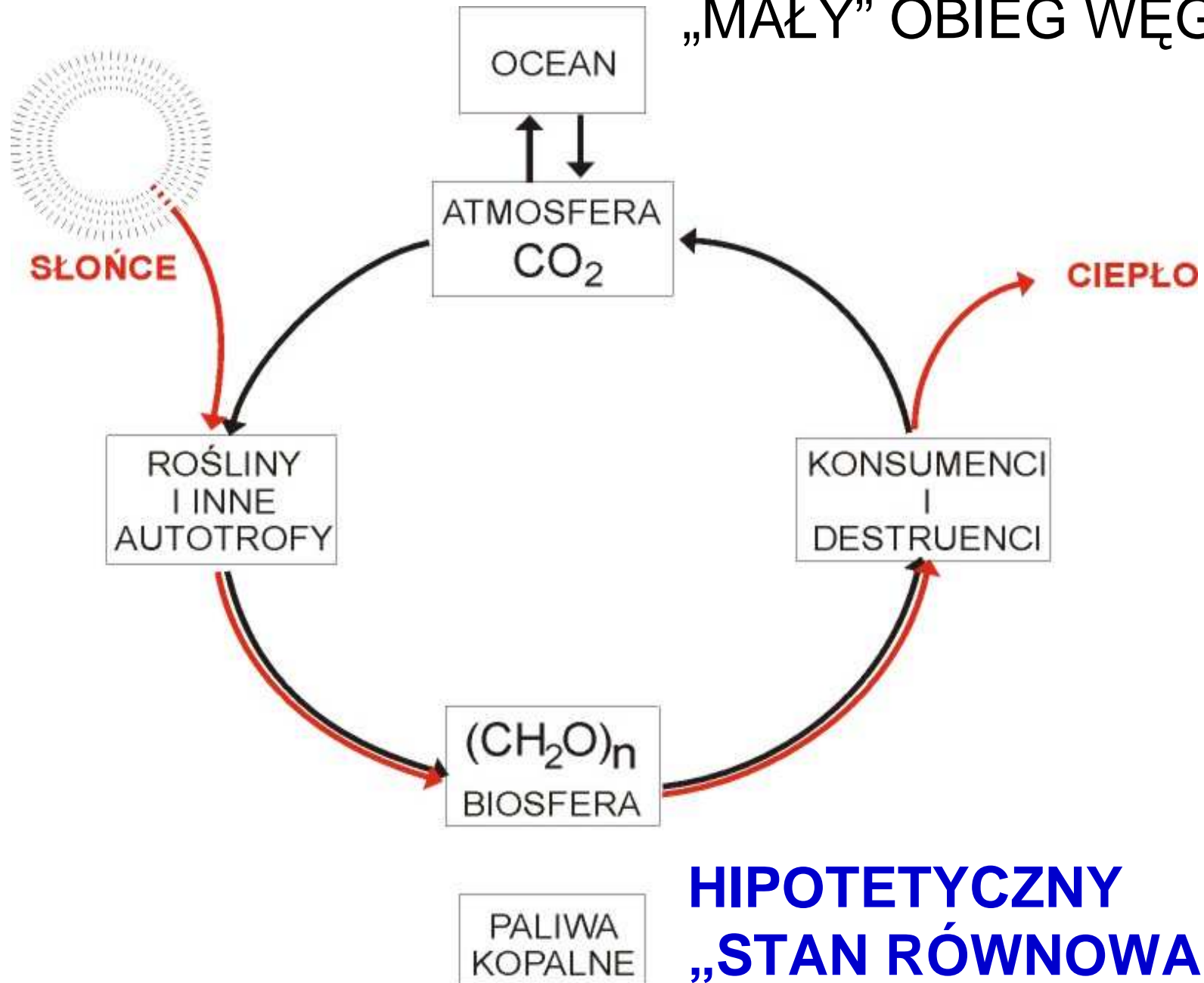
**BRAKUJE**

**$1.8 \pm 1.3$**

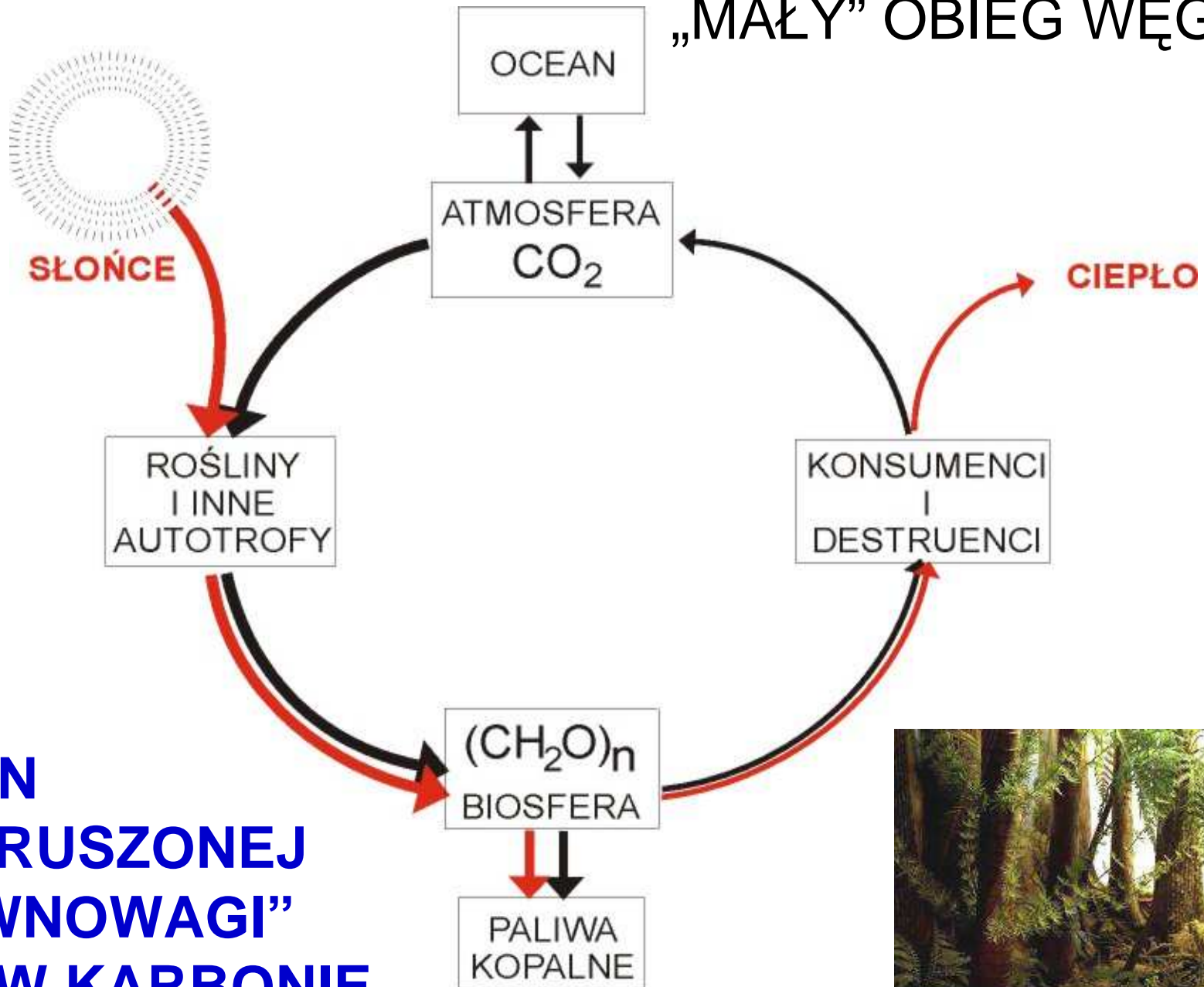
Dane wg. Siegentaler & Sarmiento

**(około 2.5 ?)**

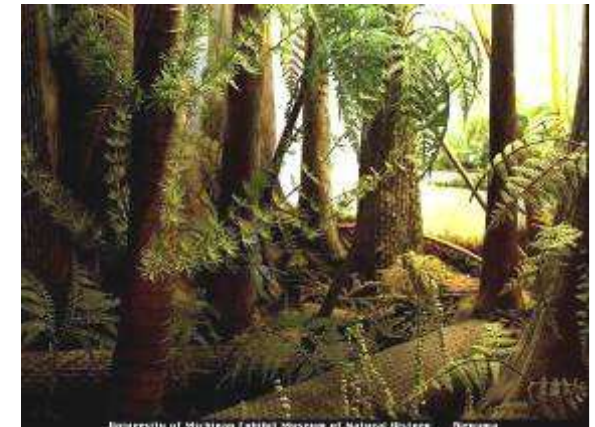
# „MAŁY” OBIEG WĘGLA



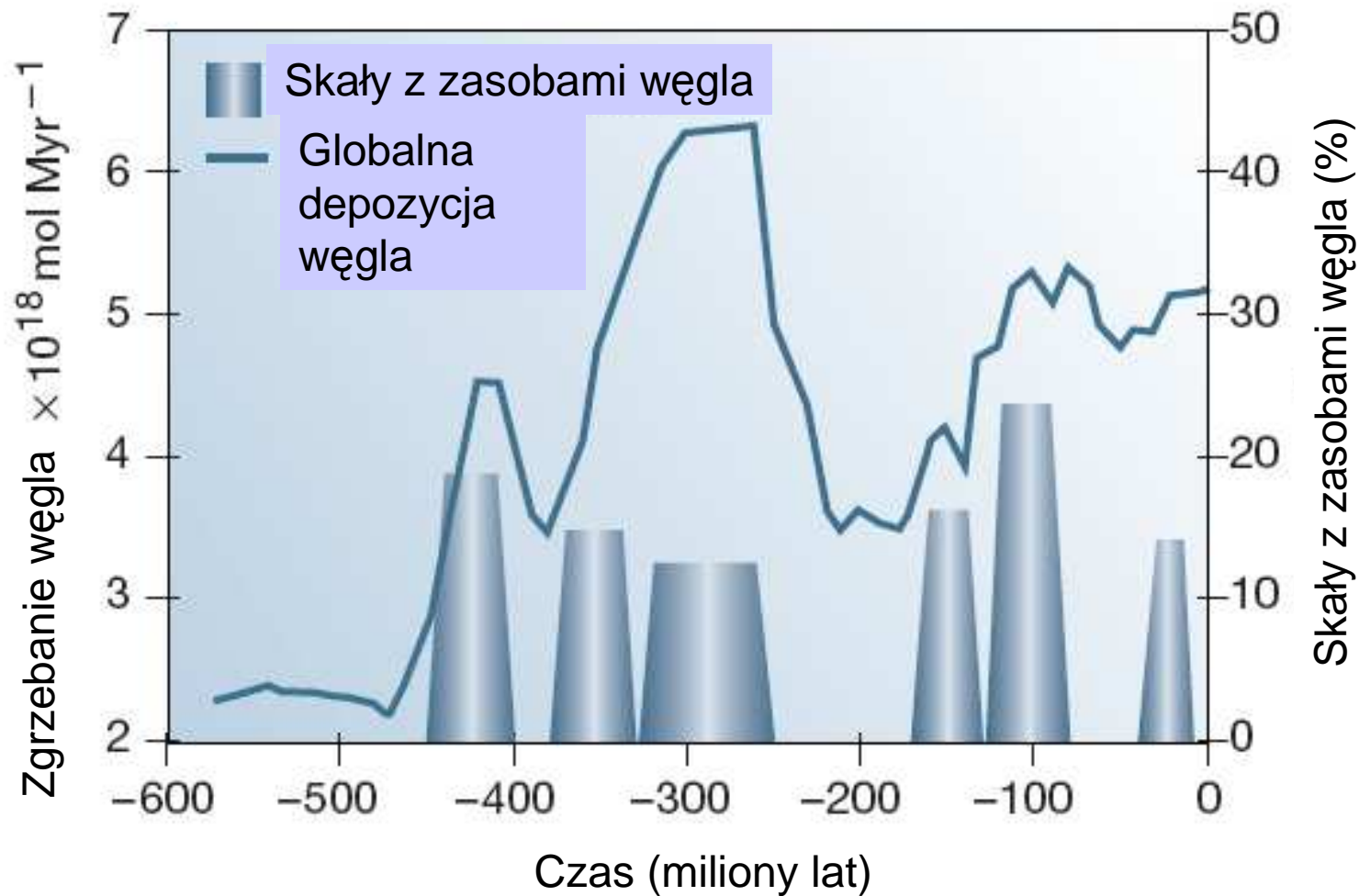
# „MAŁY” OBIEG WĘGLA



**STAN  
„NARUSZONEJ  
RÓWNOWAGI”  
NP. W KARBONIE**

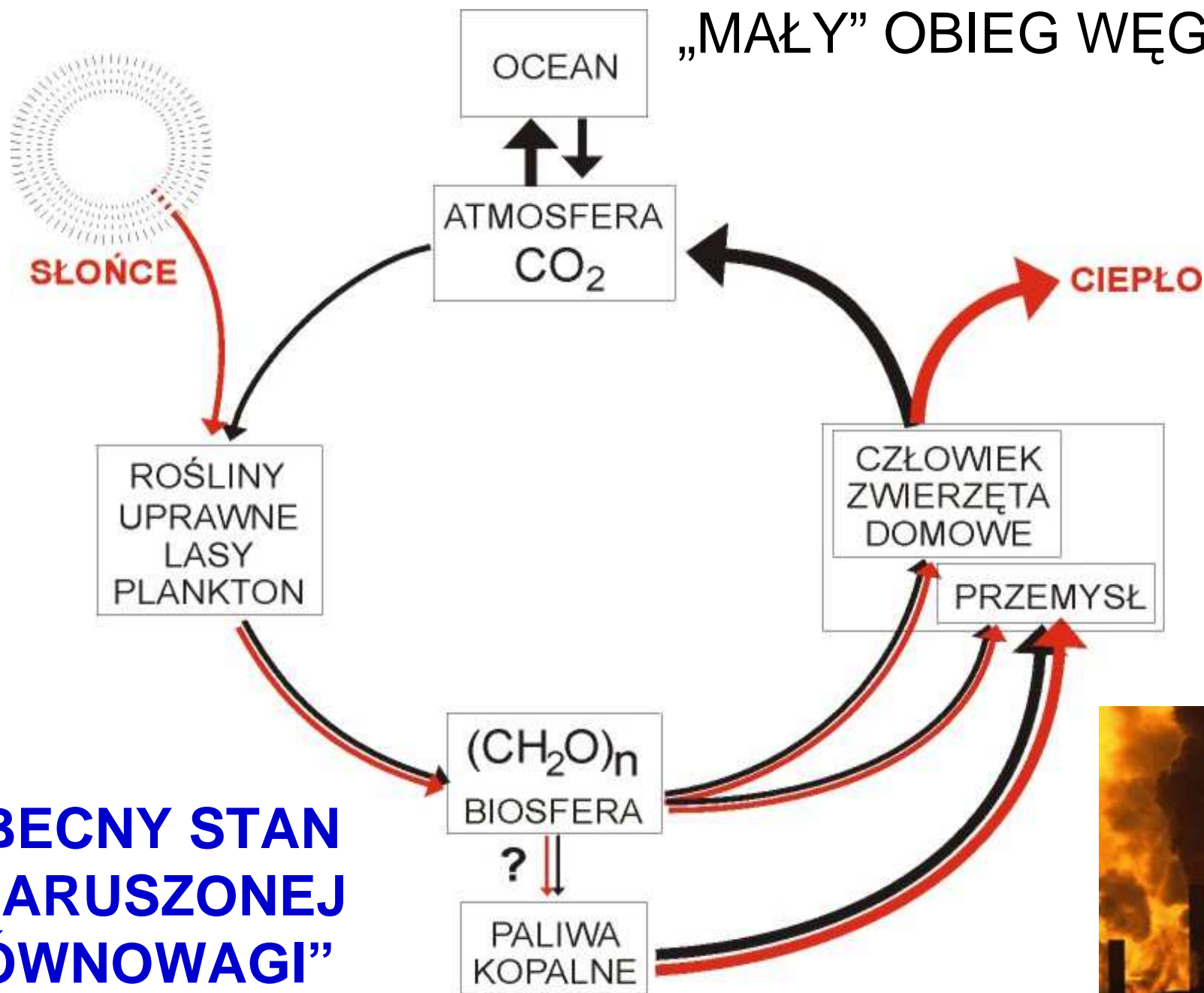


# OKRESY MASOWEJ DEPOZYCJI WĘGLA ZREDUKOWANEGO W FANEROZOIKU





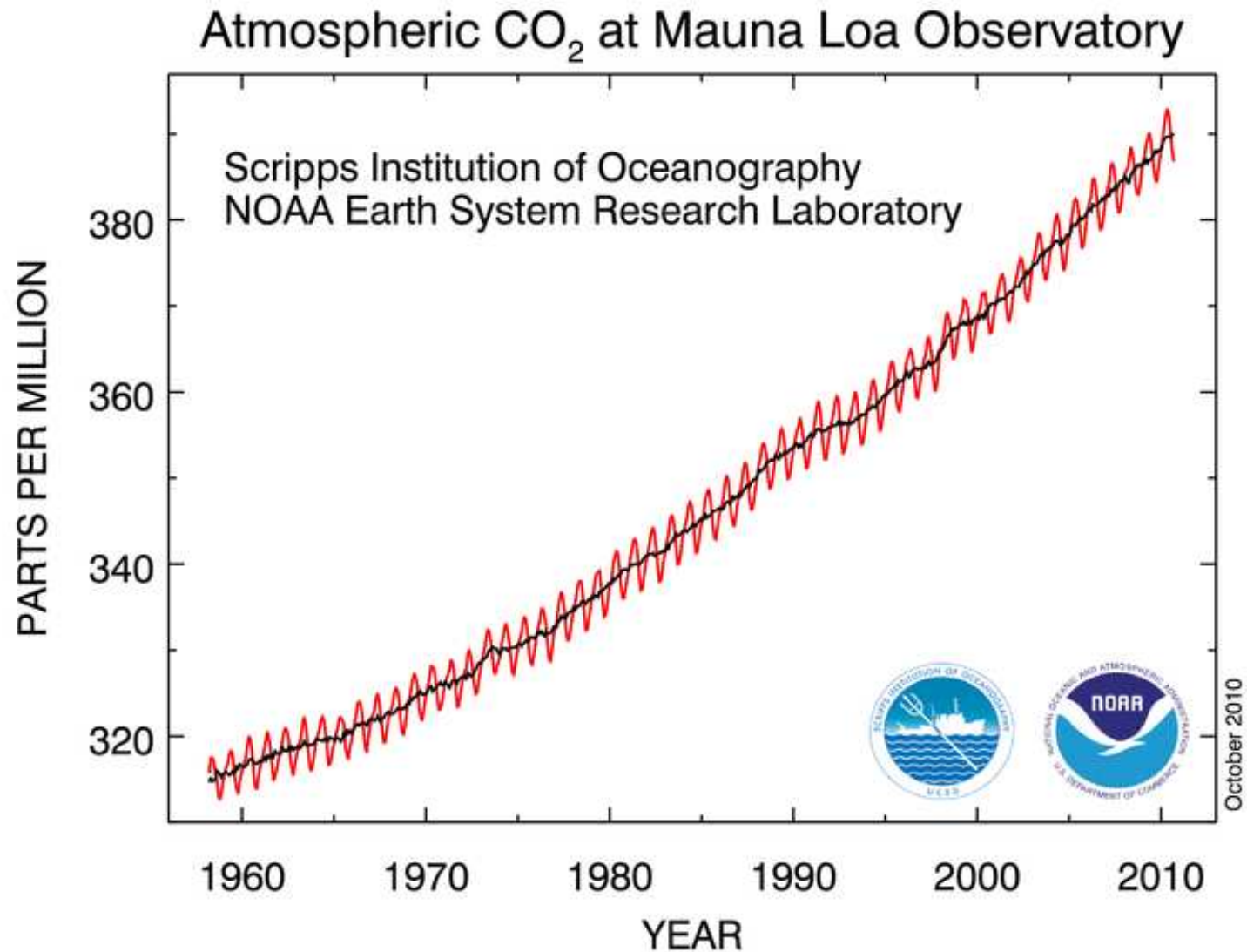
# „MAŁY” OBIEG WĘGLA



**OBECNY STAN  
„NARUSZONEJ  
RÓWNOWAGI”**



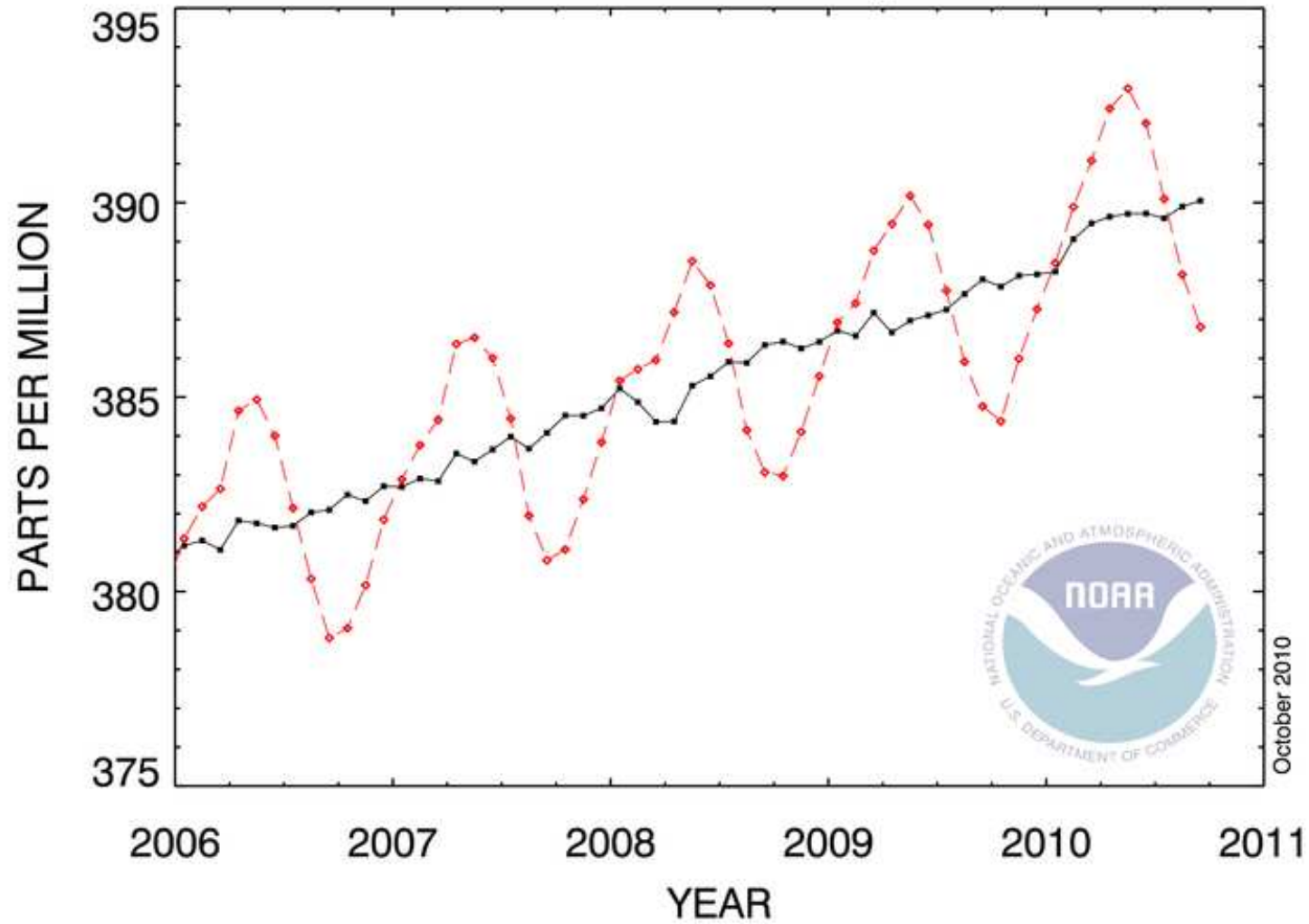
# STĘŻENIE CO<sub>2</sub> W ATMOSFERZE (rośnie, przyspiesza)



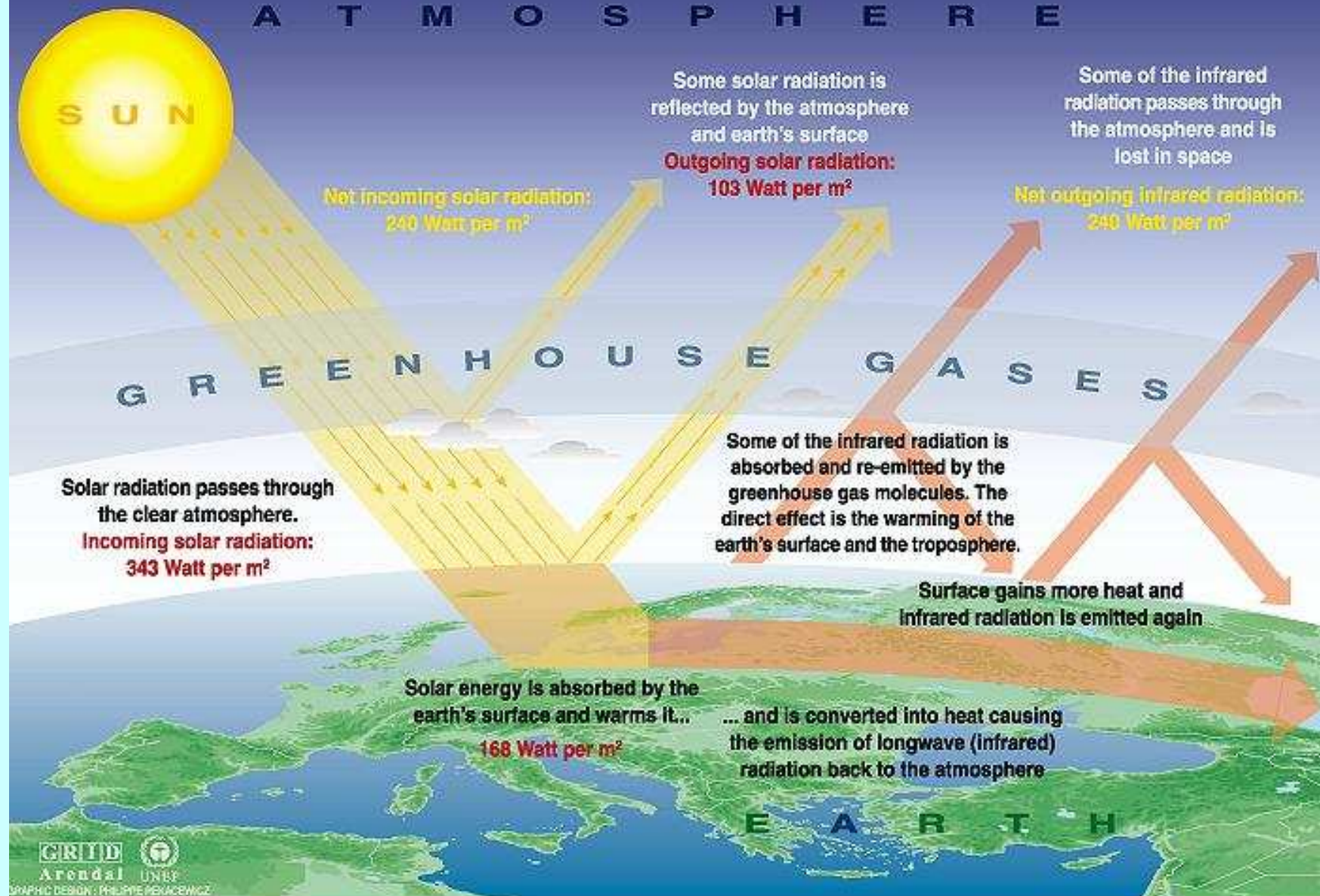


<http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/>

## RECENT MONTHLY MEAN CO<sub>2</sub> AT MAUNA LOA



# The Greenhouse effect



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.



February 17, 1993



17 lutego 1993  
(Landsat 5)

February 21, 2000



21 lutego 2000  
(Landsat 7)



Columbia Glacier c. 1980



Columbia Glacier 2005

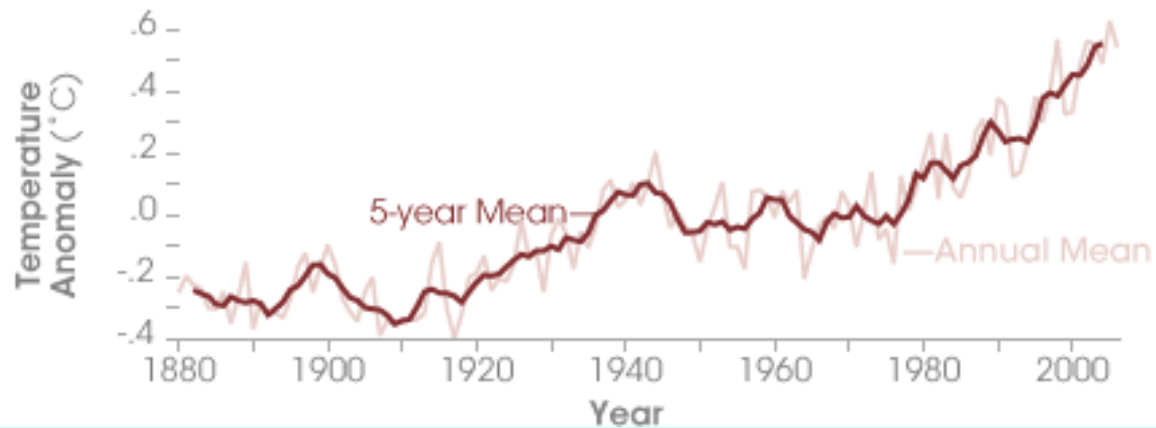
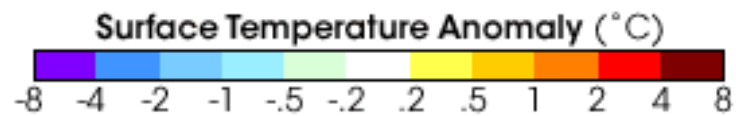
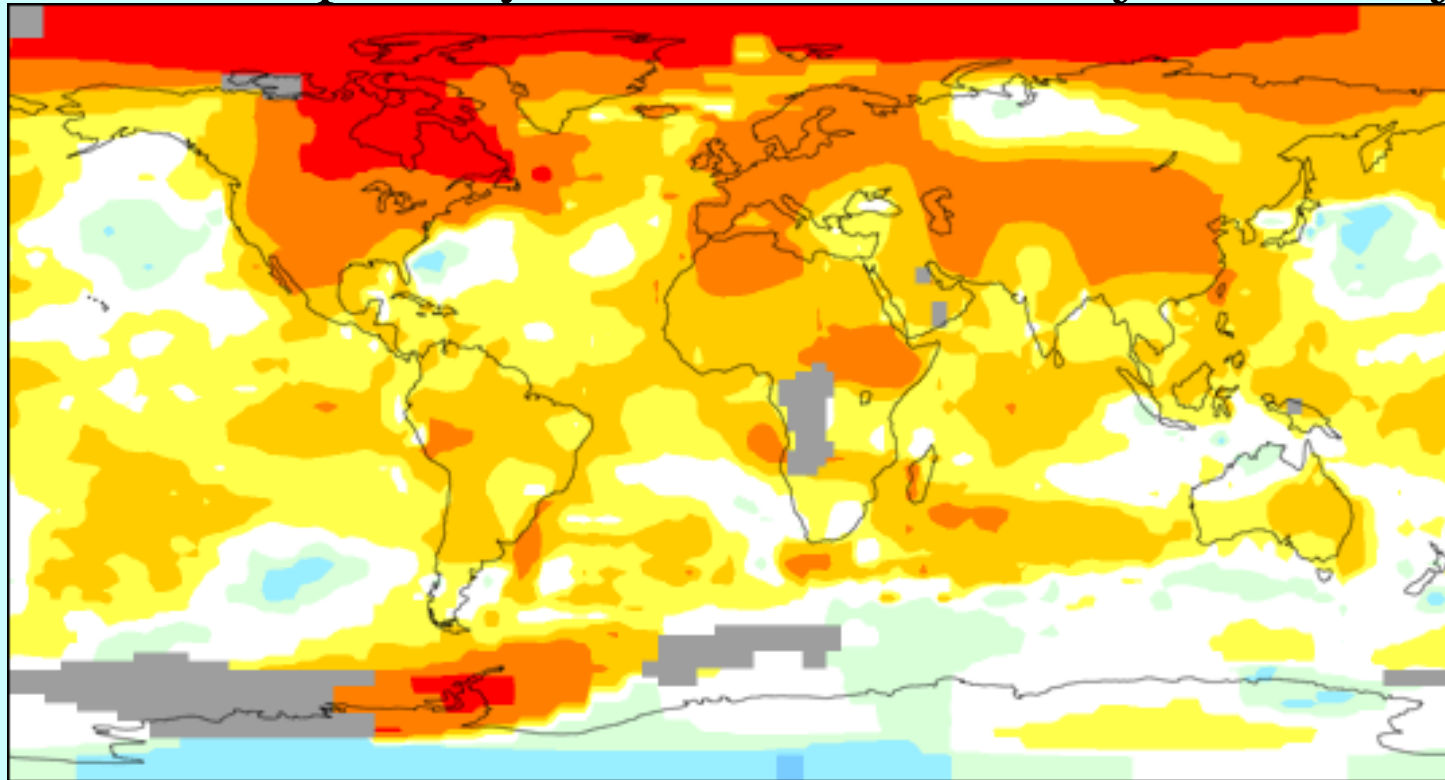


Arapaho Glacier 1898

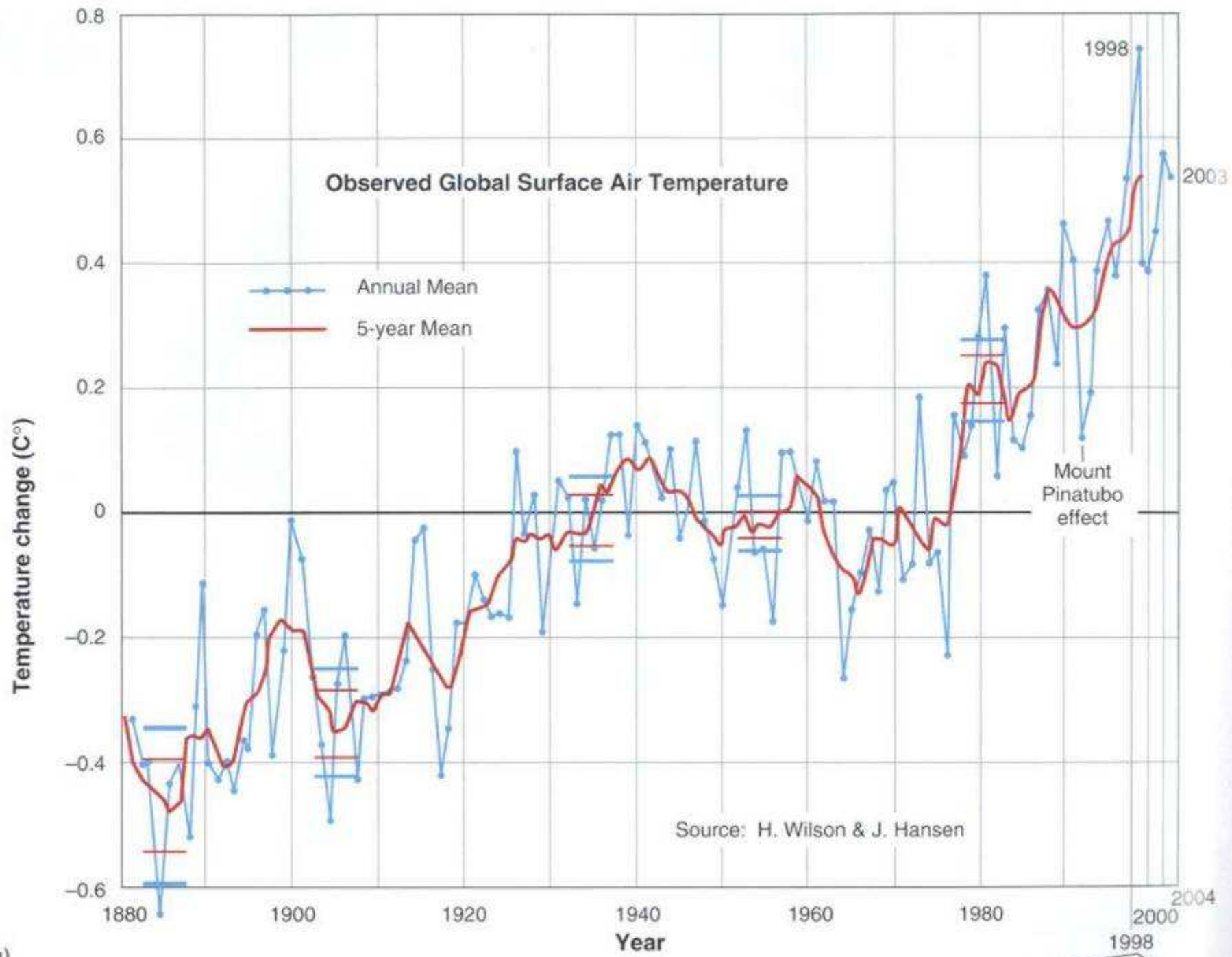


Arapaho Glacier 2003

# Anomalie temperatury w stosunku do średniej wieloletniej

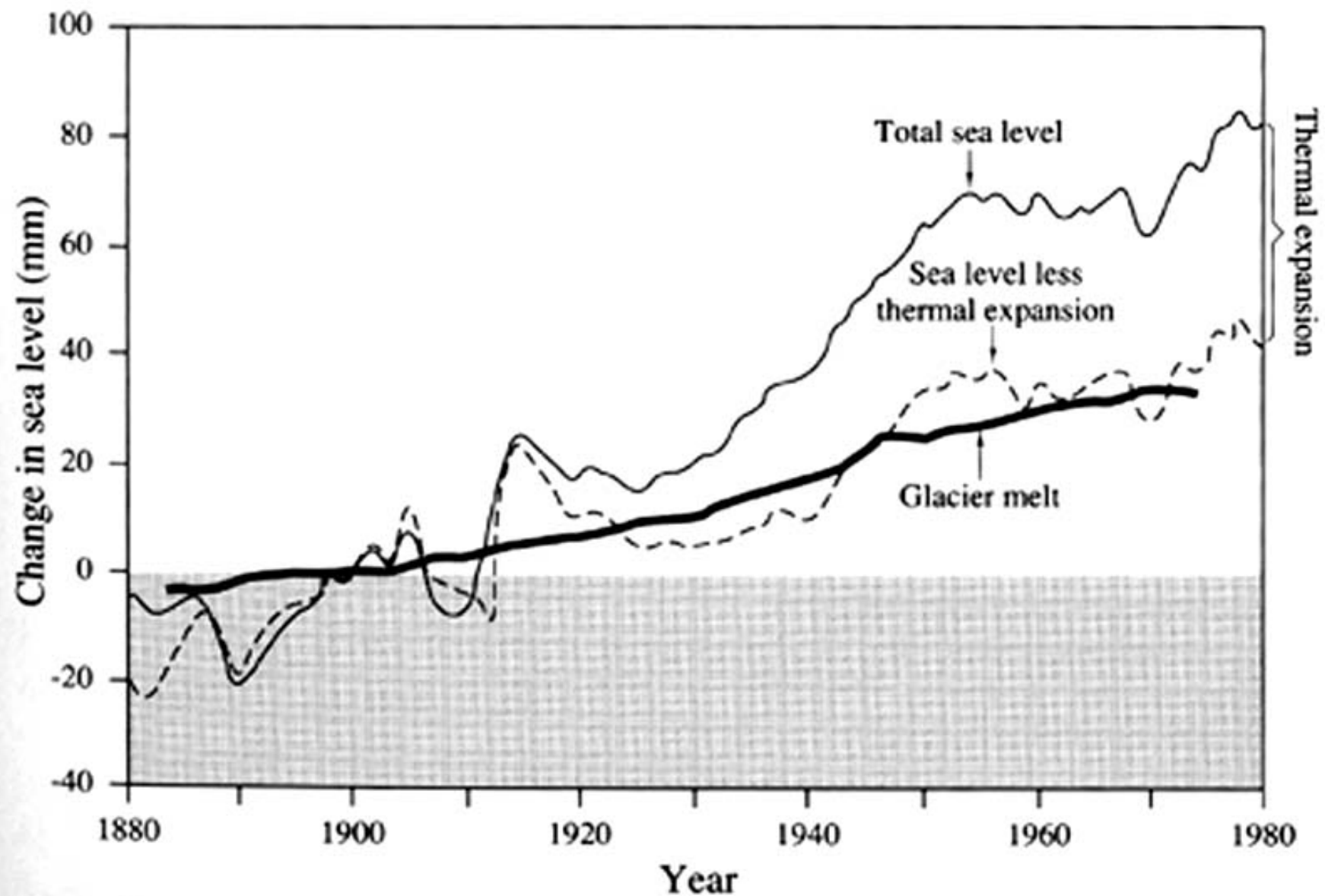






(a)

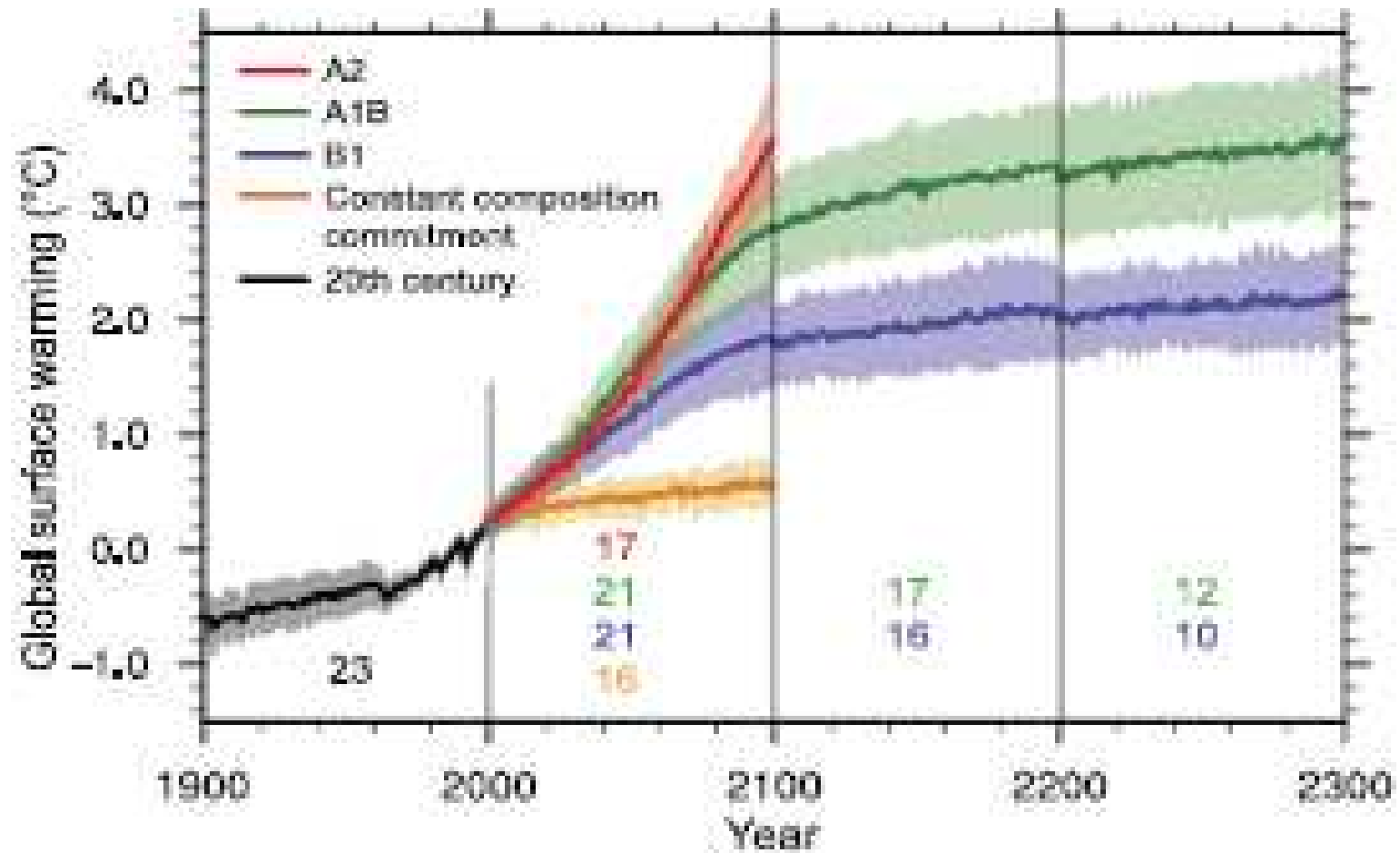




**Figure 9.4** Change in sea level during the last century (Gornitz et al. 1982), indicating the proportion due to thermal expansion of the oceans and that due to melting of glaciers. From Jacobs (1986) after Meier (1984). Copyright 1984 by the AAAS.

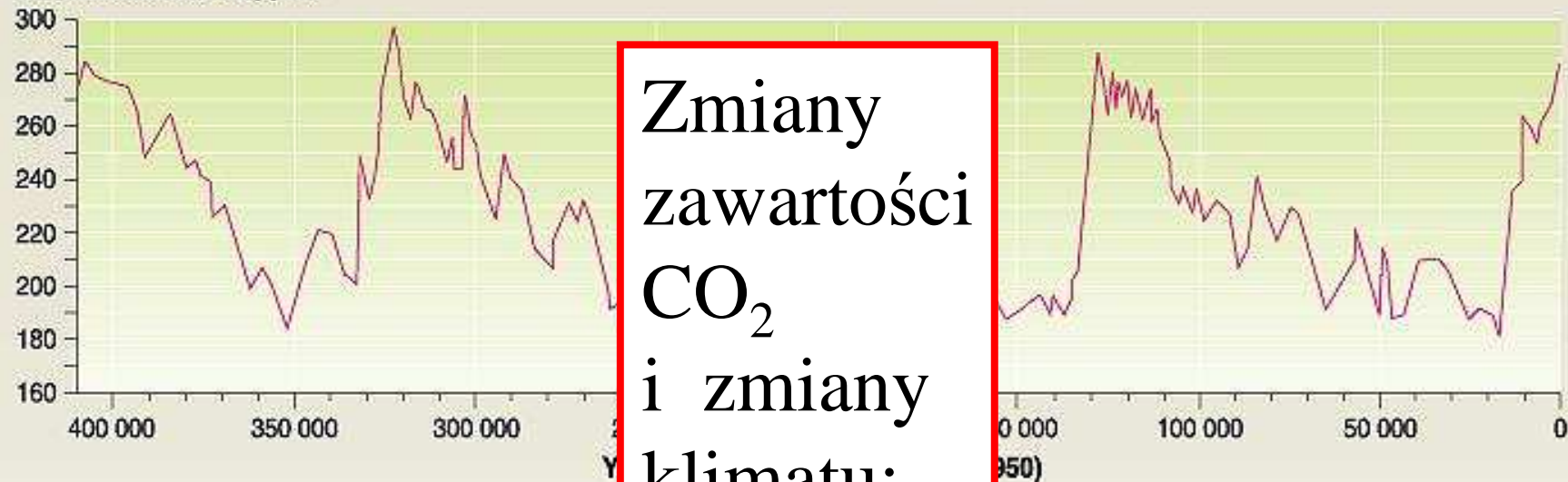
(Schlesinger 1991)

# Prognoza zmian klimatu wg. raportu IPCC 2007

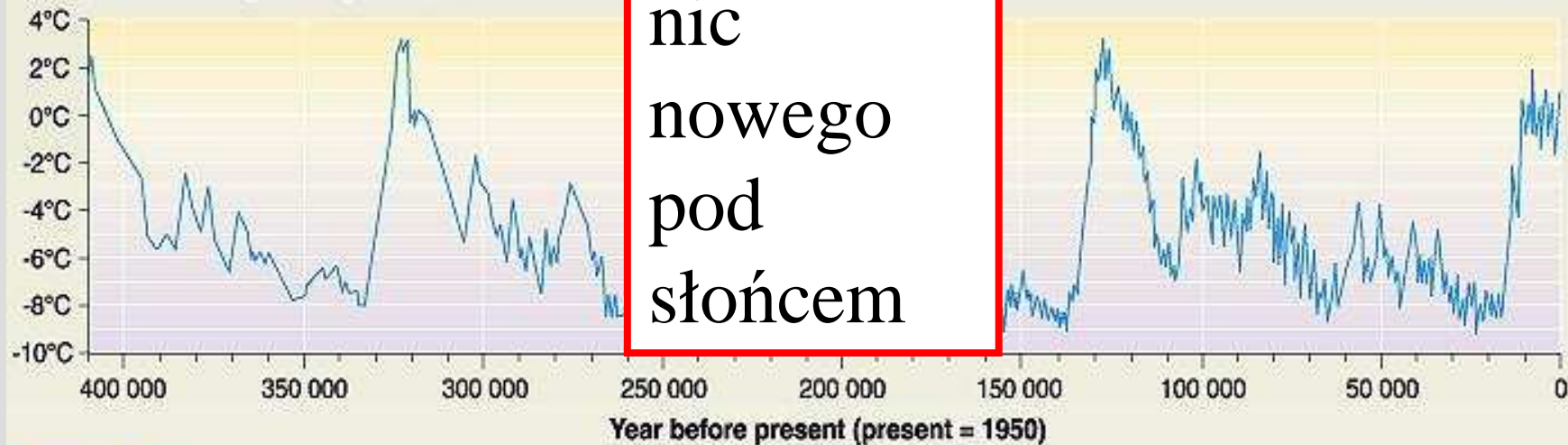


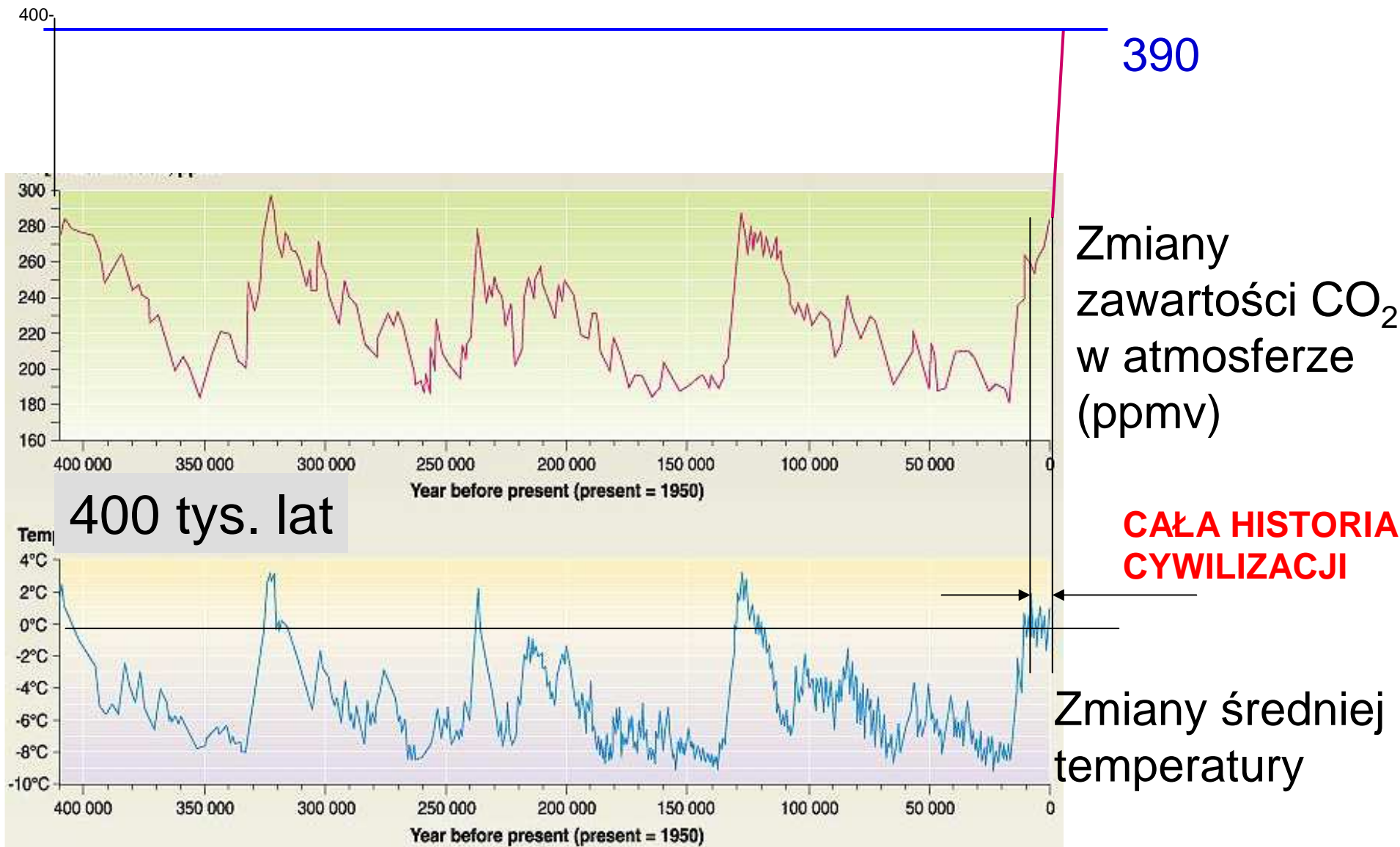
# Temperature and CO<sub>2</sub> concentration in the atmosphere over the past 400 000 years (from the Vostok ice core)

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

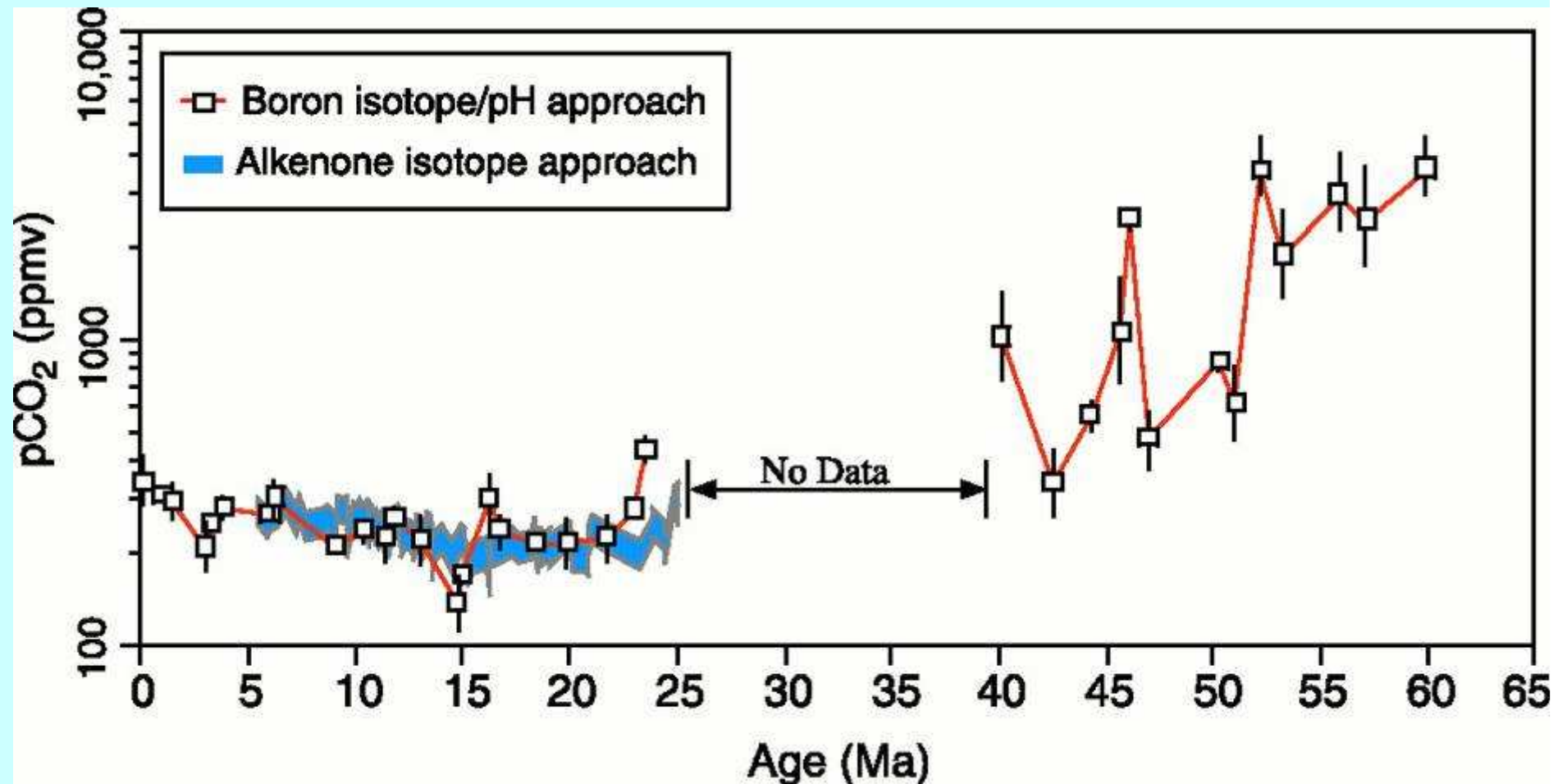


Temperature change from present, °C



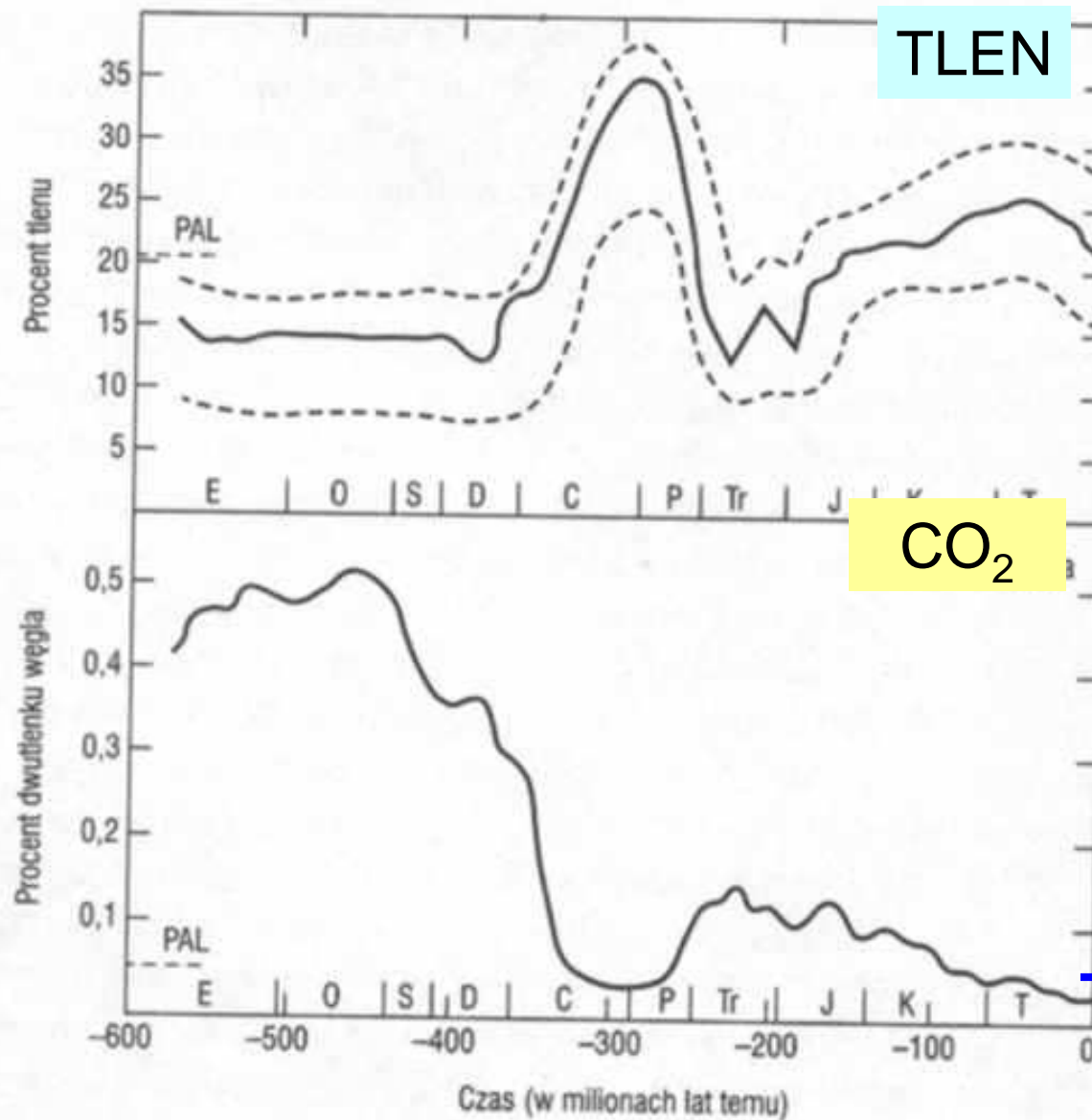


# Zmiany zawartości atmosferycznego CO<sub>2</sub> w kenozoiku



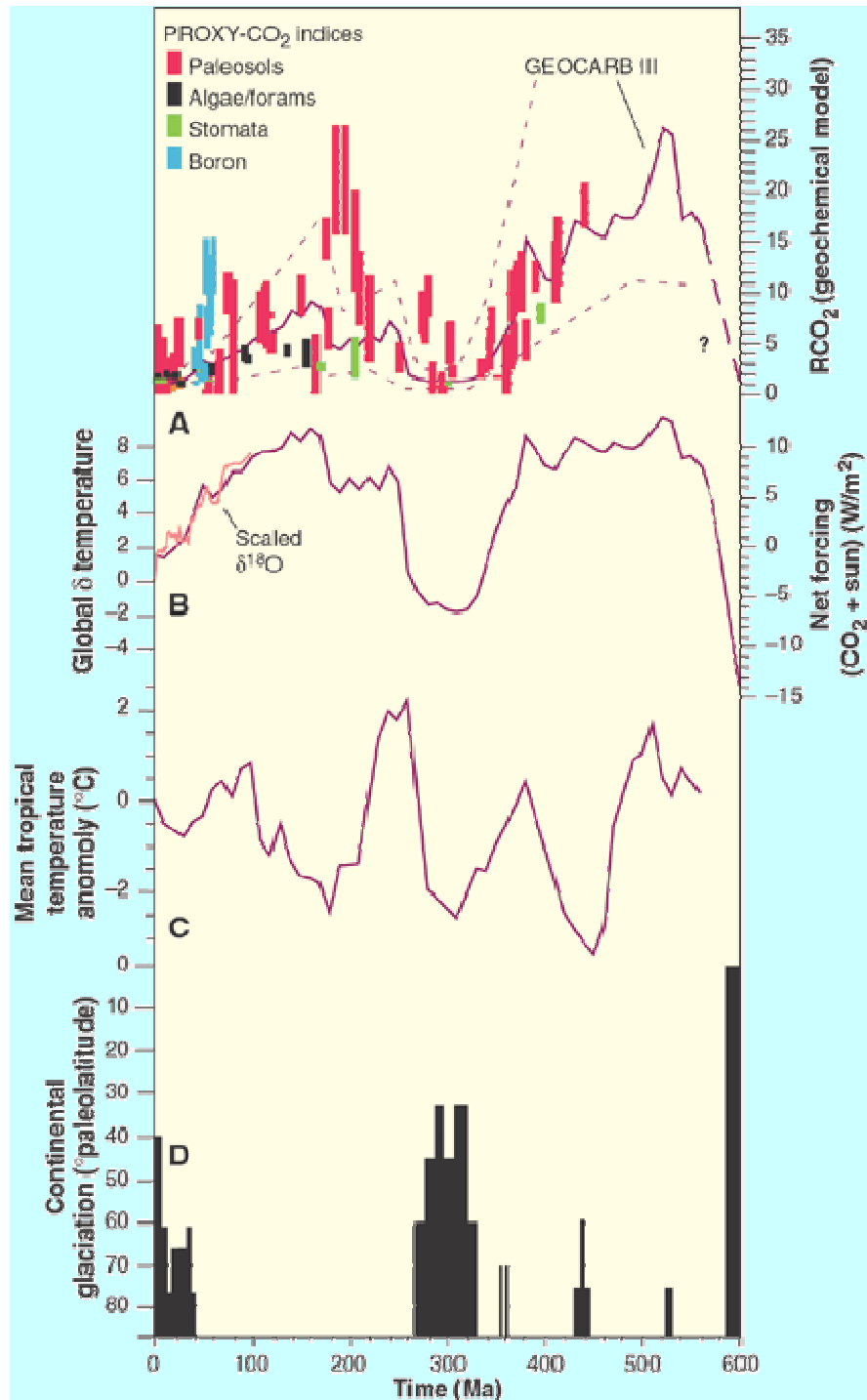


# ZMIANY SKŁADU ATMOSFERY W FANEROZOIKU



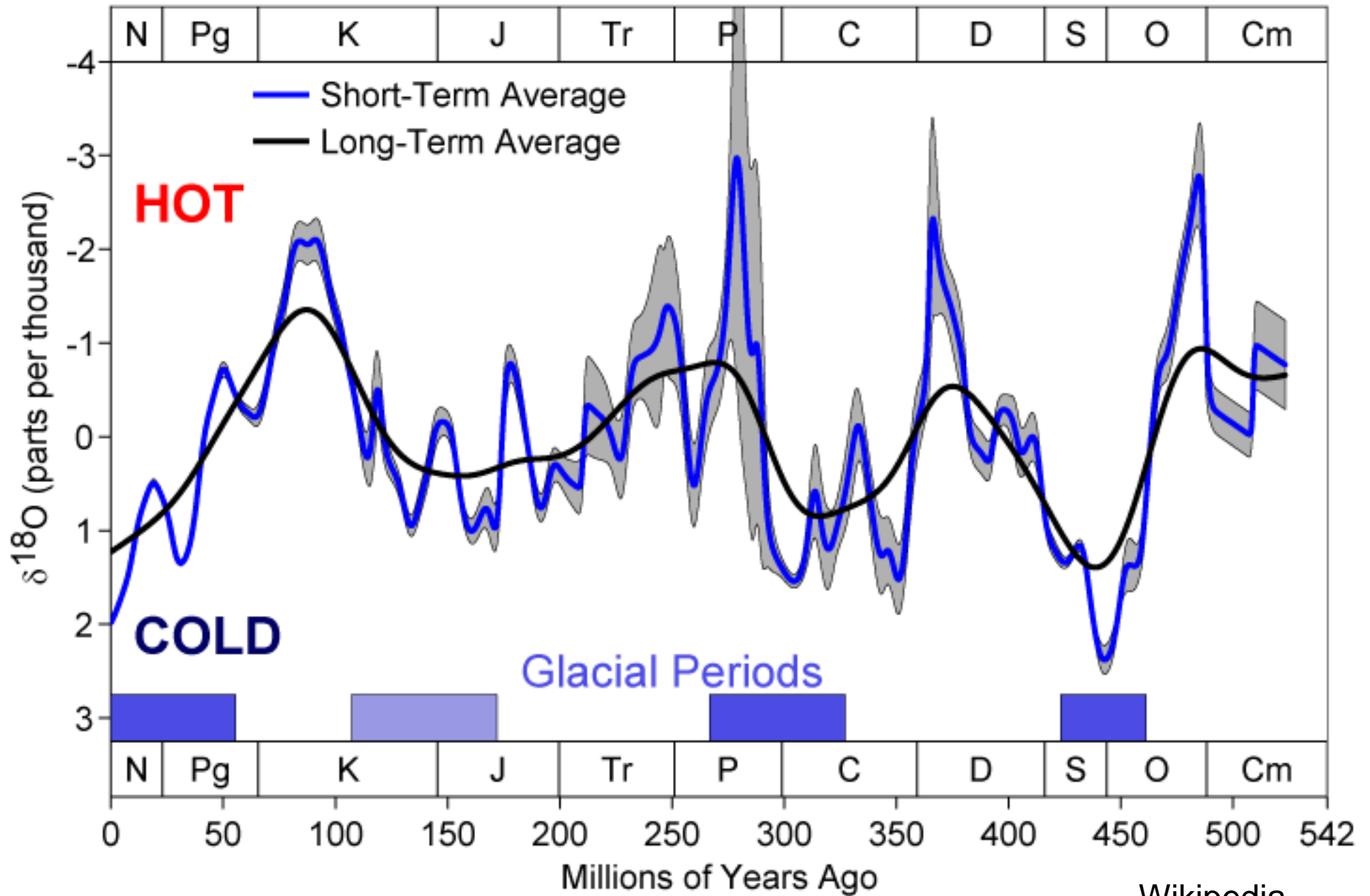
Lane 2002

# Zmiany zawartości CO<sub>2</sub> w atmosferze i zmiany klimatu - Rekonstrukcja dla całego fanerozoiku



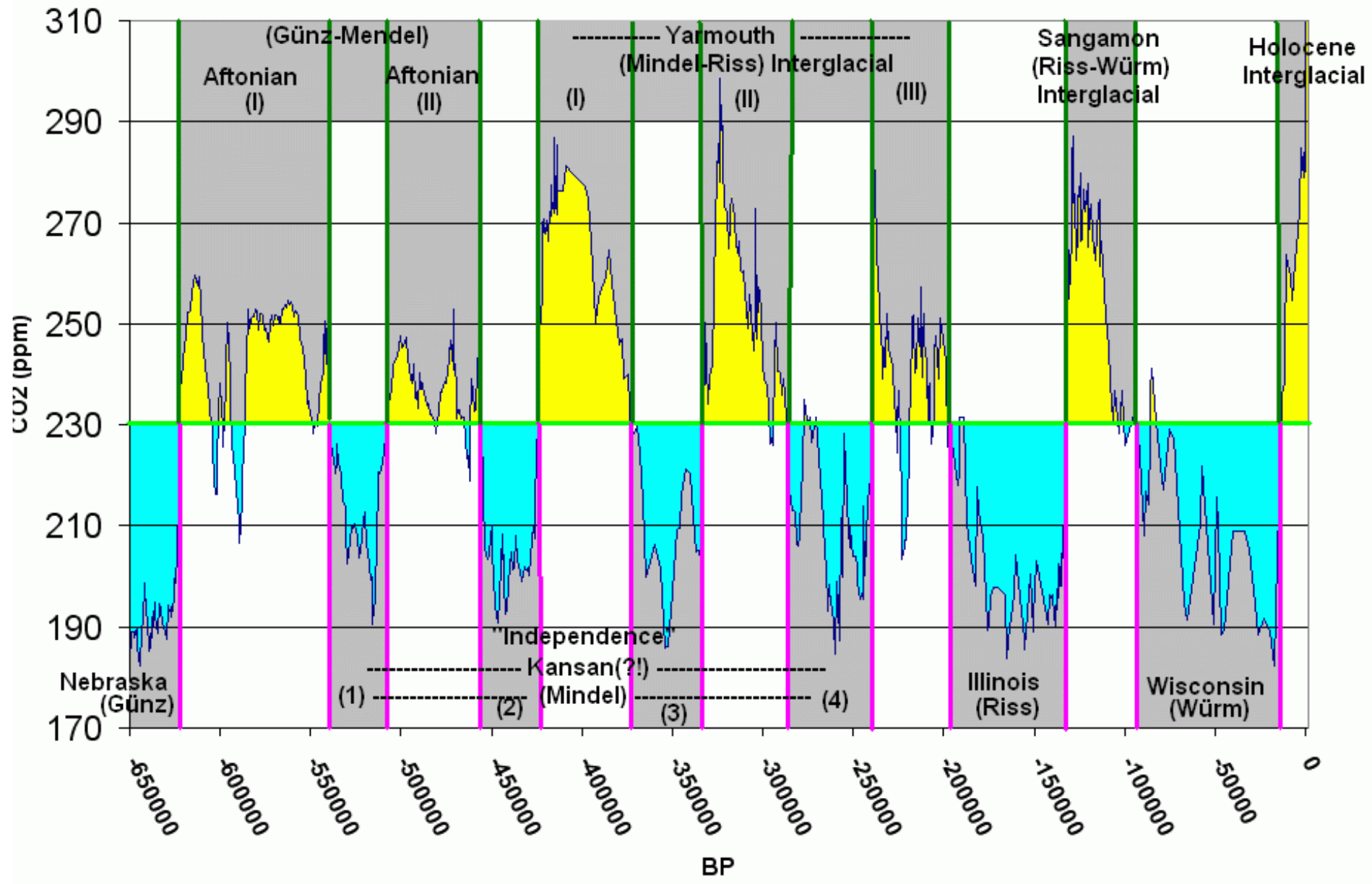


# Phanerozoic Climate Change



# Late Pleistocene: Atmospheric CO<sub>2</sub> and the Glacial cycles

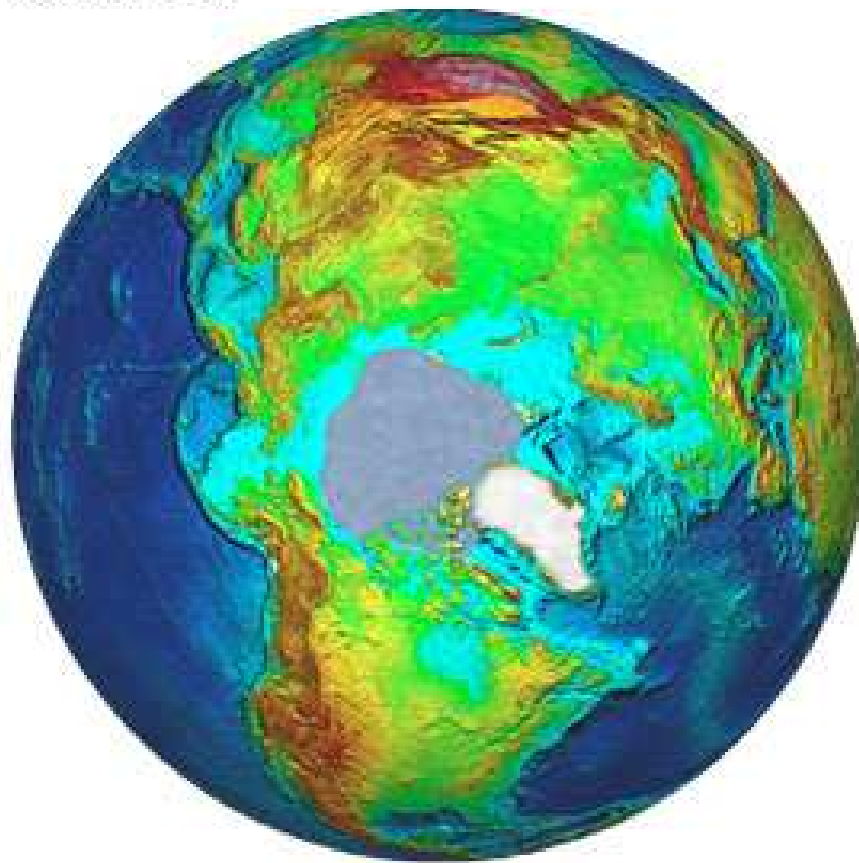
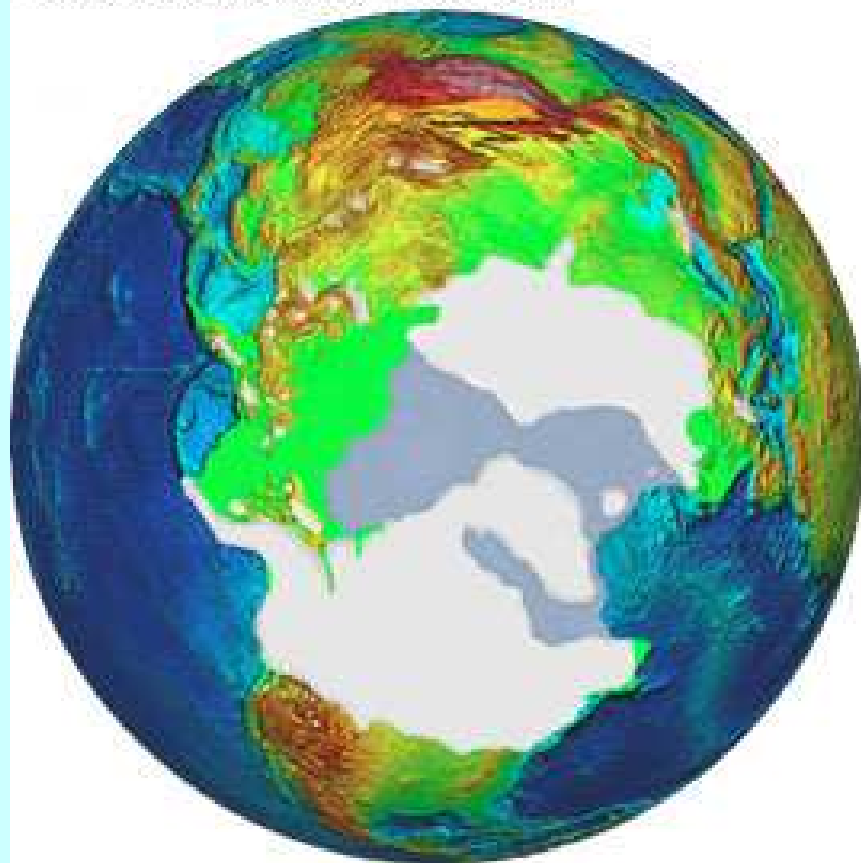
(650,000 - 0 years BP) (ppm) N.American & (Alpine) names



# ZMIANY KLIMATU: EPOKA LODOWCOWA I WSPÓŁCZESNOŚĆ

Pleistocene (18,000 Years Ago)

Modern Day



□ Glacial Ice

■ Sea Ice



„Mała epoka lodowa”  
1400-1850

# Reakcja biosfery

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

# Znaczenie zmian klimatu

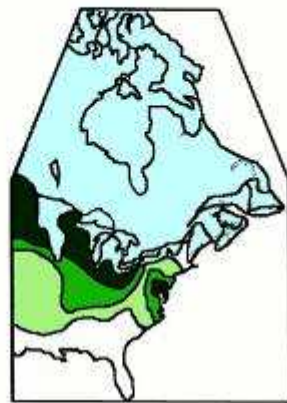
- Muchołówki żałobne wracają do Holandii o zwykłym czasie (regulacja fotoperiodyczna), ale zmienione warunki klimatyczne w Europie zmuszają je do wcześniejszych lęgów.
- Może dojść do wymierania gatunków
- (Both & Visser, Nature 411, 17.05.2001)



21.5 ka



17 ka



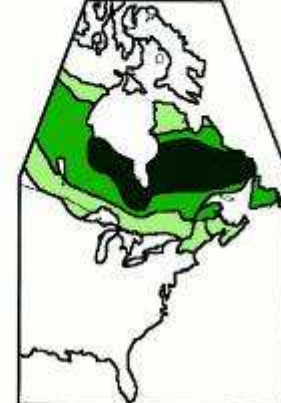
11.5 ka



7 ka



Modern (0.5ka)



A. Spruce Pollen



B. Oak Pollen





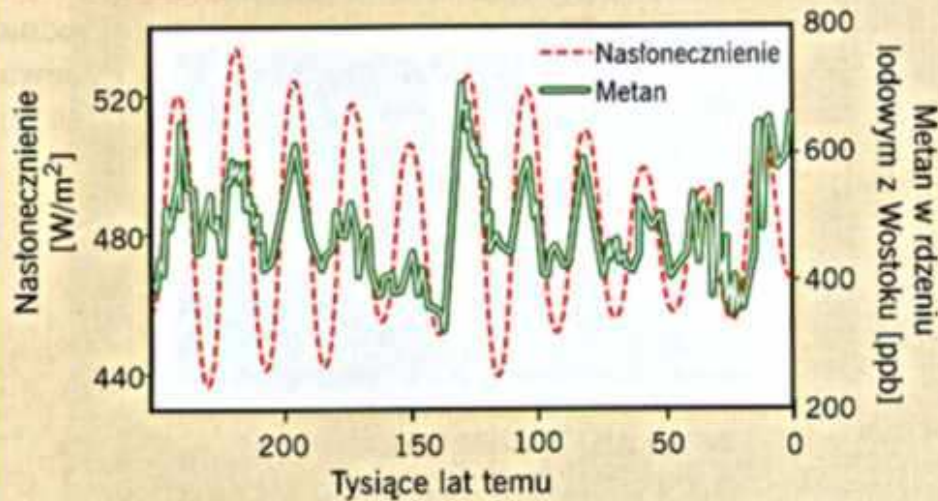
## Możliwe sprzężenia **dodatnie**, sprzyjające dalszemu wzrostowi temperatury

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.

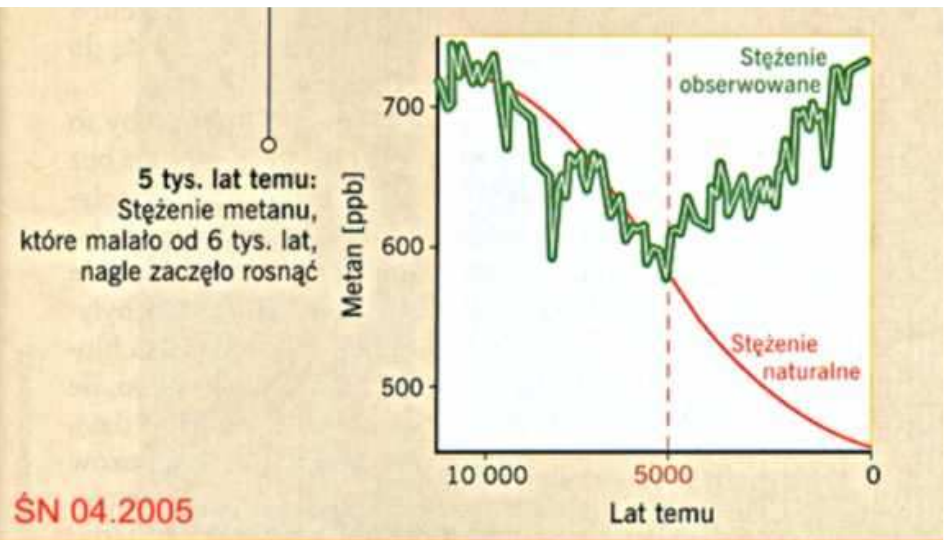
## Możliwe sprzężenia zwrotne **ujemne**, kompensujące wzrost temperatury

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 [?]

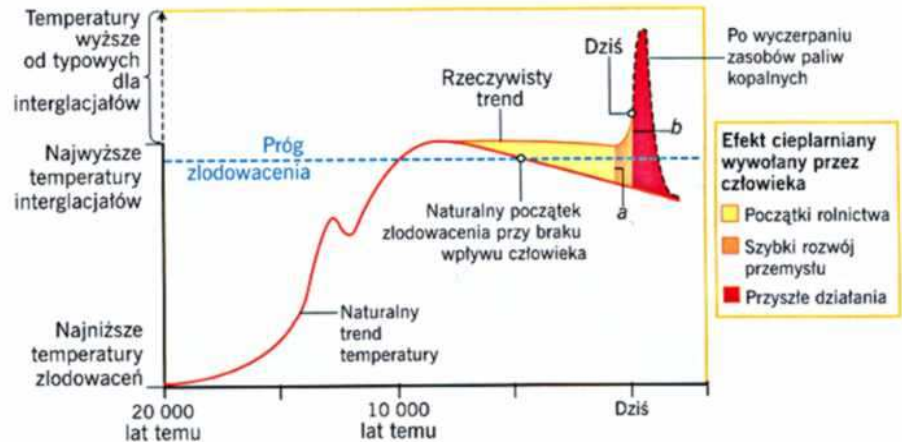
SN 04.2005



Stężenie metanu przez ostatnie 250 tys. lat rosło i spadało w niemal idealnej harmonii z wywołanymi przez precesję zmianami nastonecznienia półkuli północnej. Metan intensywnie wydzieliał się z nagranych przez Słońce mokradeł, które są głównym naturalnym źródłem tego gazu cieplarnianego.



SN 04.2005

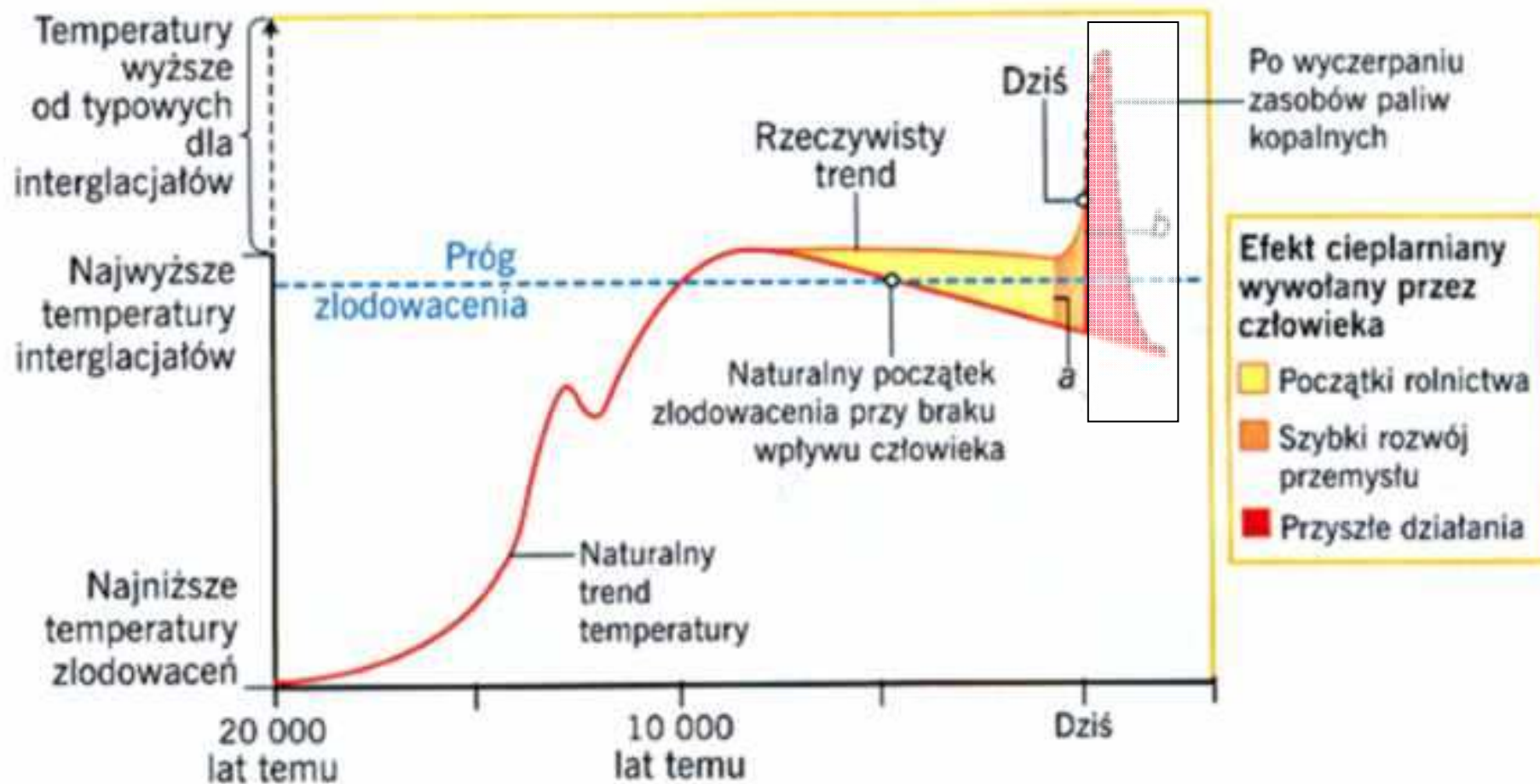


**EFEKT CIEPLARNIANY** wywołany przez człowieka powstrzymał zlodowacenie, które powinno nadejść około 5 tys. lat temu. Rozwój rolnictwa spowodował emisję gazów cieplarnianych, które skompensowały naturalne ochłodzenie klimatu na długo przed początkiem epoki przemysłowej (żółty), ogrzewając atmosferę Ziemi średnio o 0.8°C. To wczesne ocieplenie (a) przewyższa wynoszące 0.6°C (b) ocieplenie wywołane w ciągu ostatniego stulecia przez szybki rozwój przemysłu (pomarańczowy). Gdy zasoby paliw kopalnych się wyczerpią, temperatura – wciąż wzrastająca wskutek efektu cieplarnianego – osiągnie maksimum i zacznie spadać, a na Ziemi nastanie kolejne, spóźnione o kilka tysięcy lat zlodowacenie.

SN 04.2005

Zmiany zawartości metanu spowodowane precesją i modyfikowane przez cywilizację





**EFEKT CIEPLARNIANY** wywołany przez człowieka powstrzymał zlodowacenie, które powinno nadejść około 5 tys. lat temu. Rozwój rolnictwa spowodował emisję gazów cieplarnianych, które skompensowały naturalne ochłodzenie klimatu na długo przed początkiem epoki przemysłowej (żółty), ogrzewając atmosferę Ziemi średnio o  $0.8^{\circ}\text{C}$ . To wczesne ocieplenie (a) przewyższa wynoszące  $0.6^{\circ}\text{C}$  (b) ocieplenie wywołane w ciągu ostatniego stulecia przez szybki rozwój przemysłu (pomarańczowy). Gdy zasoby paliw kopalnych się wyczerpią, temperatura – wciąż wzrastająca wskutek efektu cieplarnianego – osiągnie maksimum i zacznie spadać, a na Ziemi nastanie kolejne, spóźnione o kilka tysięcy lat zlodowacenie.

# CO NAS TO OBCHODZI?

• ???

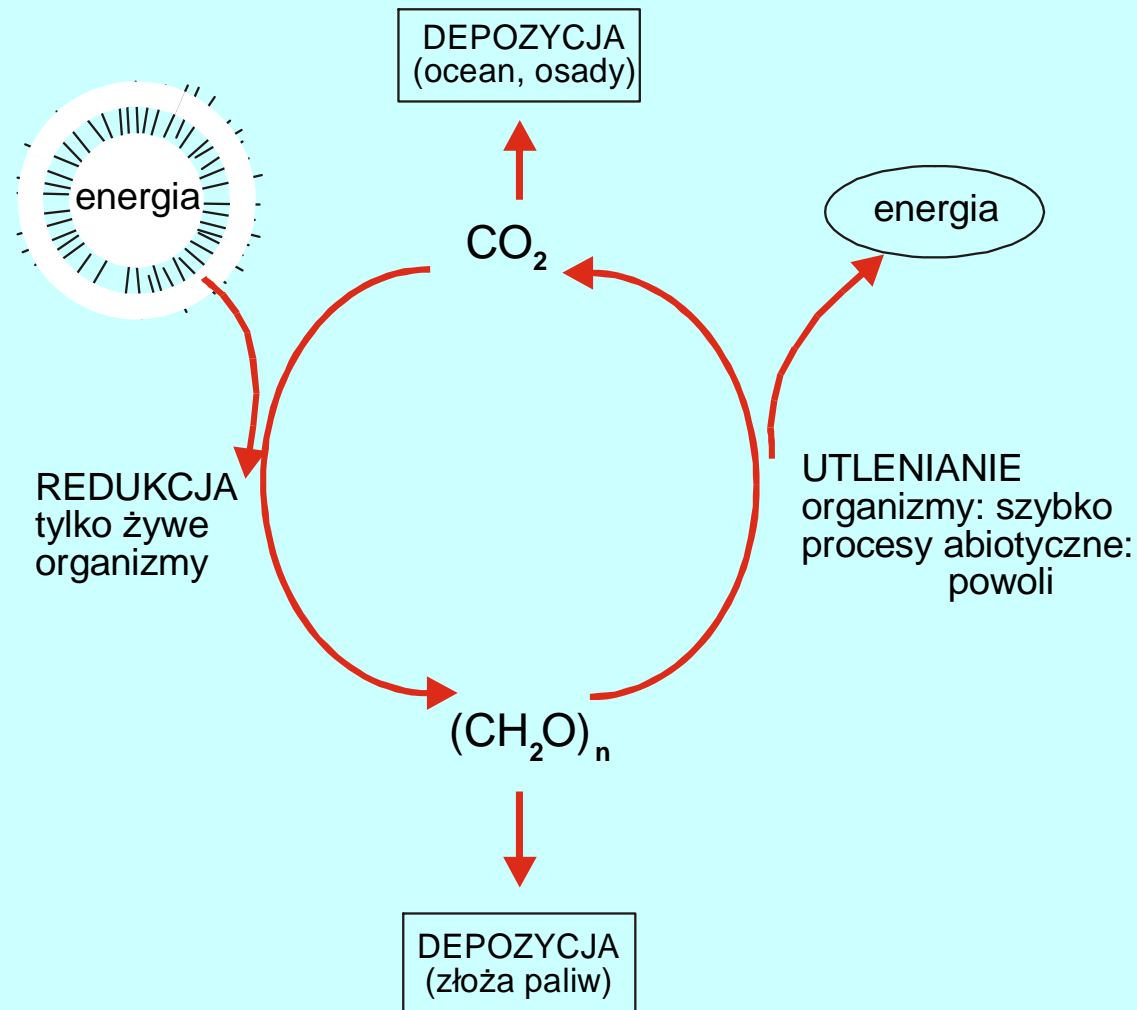
?????



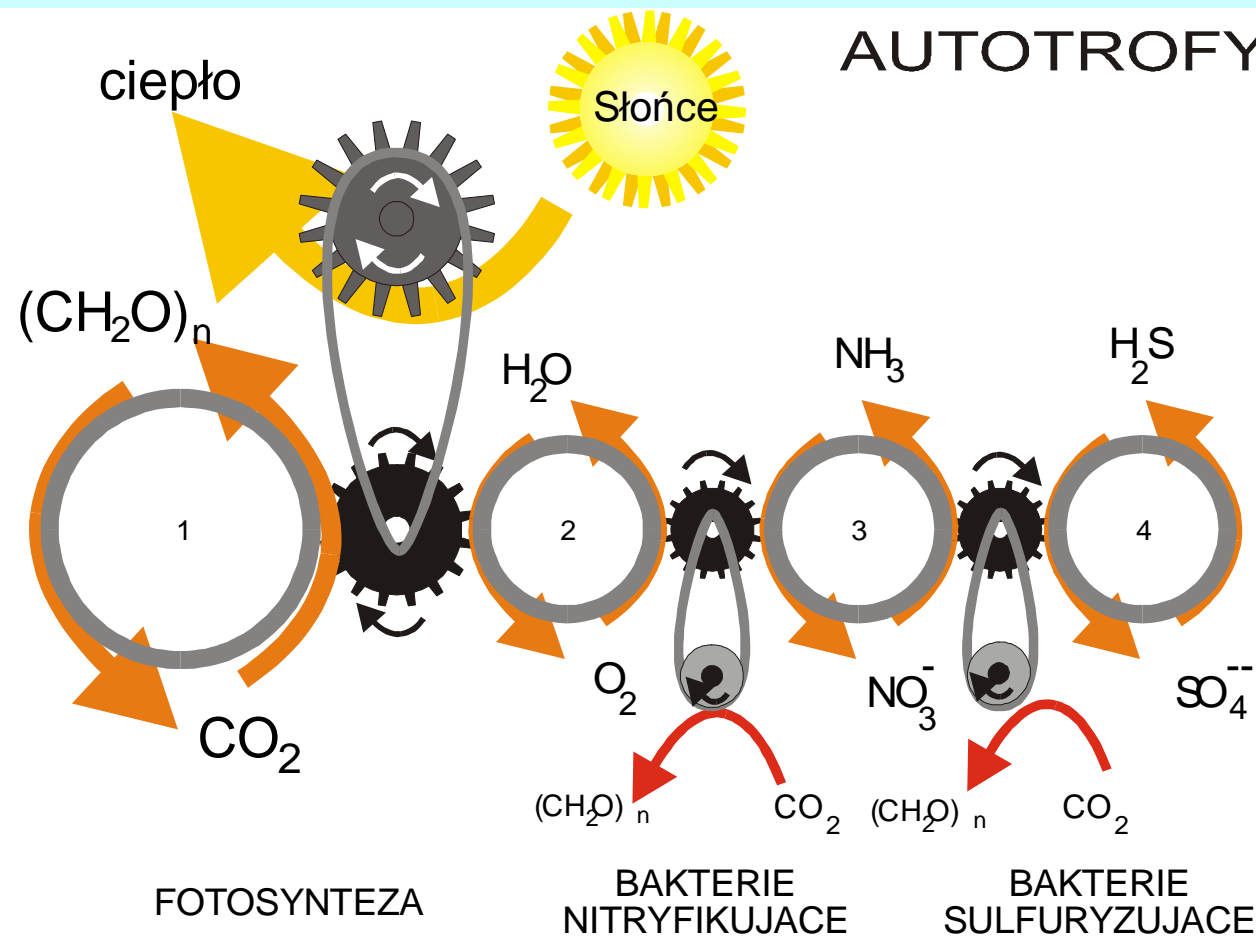
## CO NAS TO OBCHODZI?

- 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.

# Życie biosfery = cykl redoks węgla



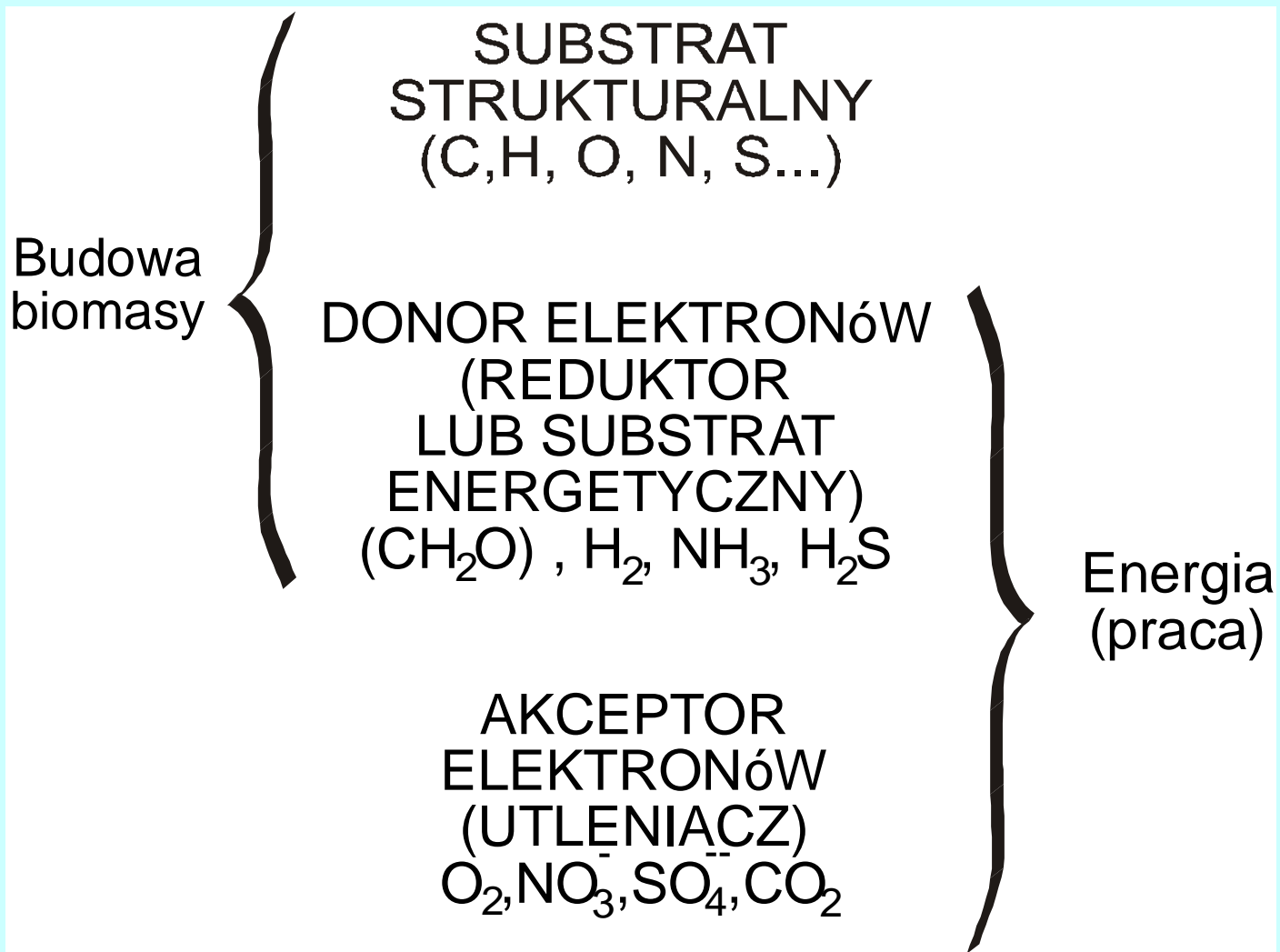
# Fotosynteza podtrzymuje potencjał redoks w biosferze, napędzając obieg wielu pierwiastków



# Skład chemiczny organizmów

Pierwiastki						Związki chemiczne	Zawartość w organizmach				
							Bakteria	Roślina	grzyb	ryba	świnia
	H	O				Woda	75	94	90	83	57
C	H	O	N		S	Białka	17.5	1.4	3.6	12	20.1
C	H	O				Tłuszcze	2.5	0.4	0.4	3.5	20.2
C	H	O				Węglowodany	1.3	3.0	5.1	0	0
C	H	O	N	P		DNA, RNA, ATP	3.7	1.2	0.9	1.5	2.7

# SUBSTRATY ŻYCIA



# Przeciętny skład chemiczny wszystkich organizmów żywych

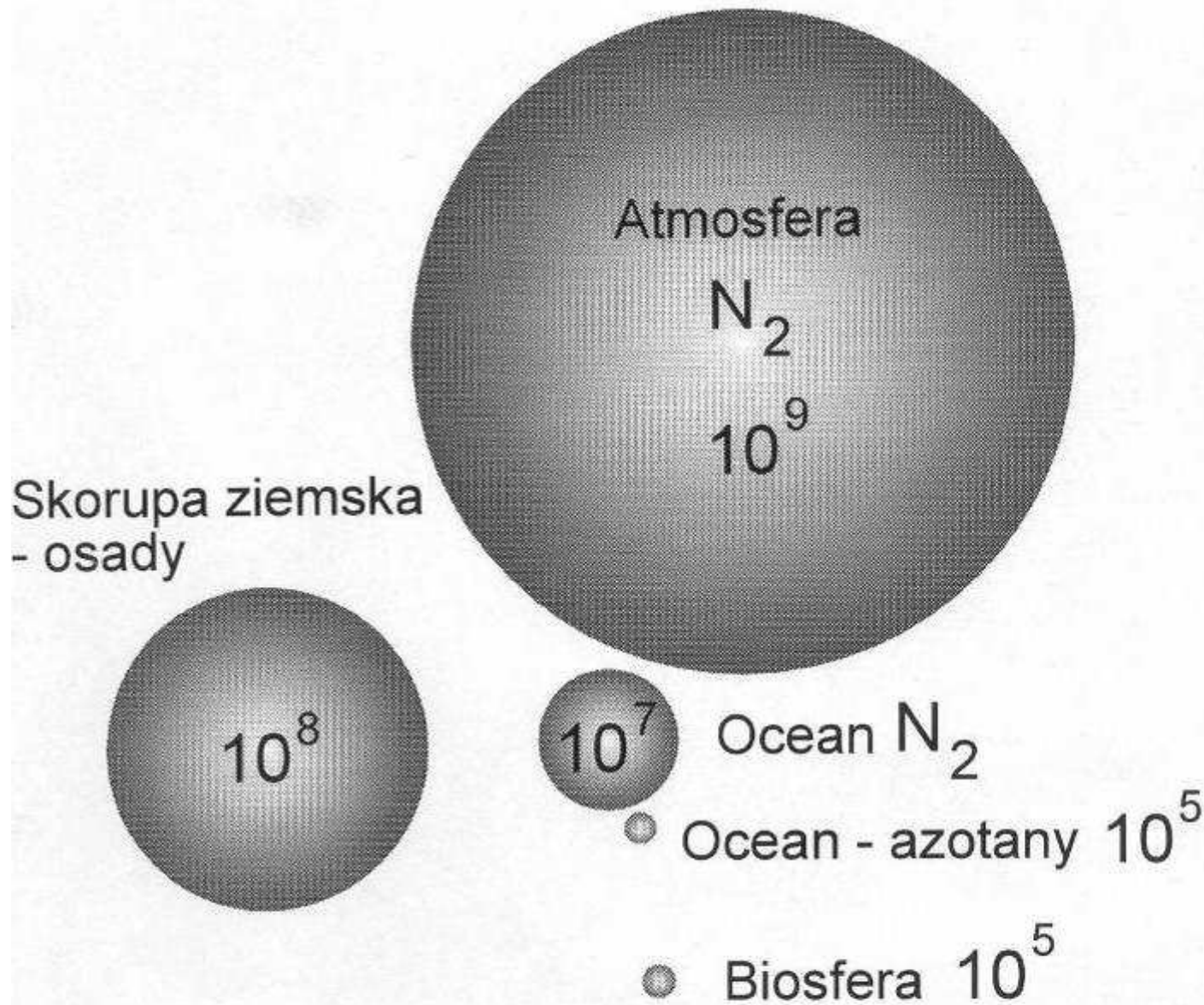
Pierwiastek	Zawartość[% masy]
O	52.429
C	39.346
H	6.590
N	0.502
Ca	0.378
K	0.229
Si	0.121
Mg	0.098
S	0.071
Al	0.056
P	0.052
Cl	0.050
Fe	0.039
Mn	0.021
Na	0.190



## Przeciętne proporcje pierwiastków (C, N i P) w składzie ciała organizmów planktonowych

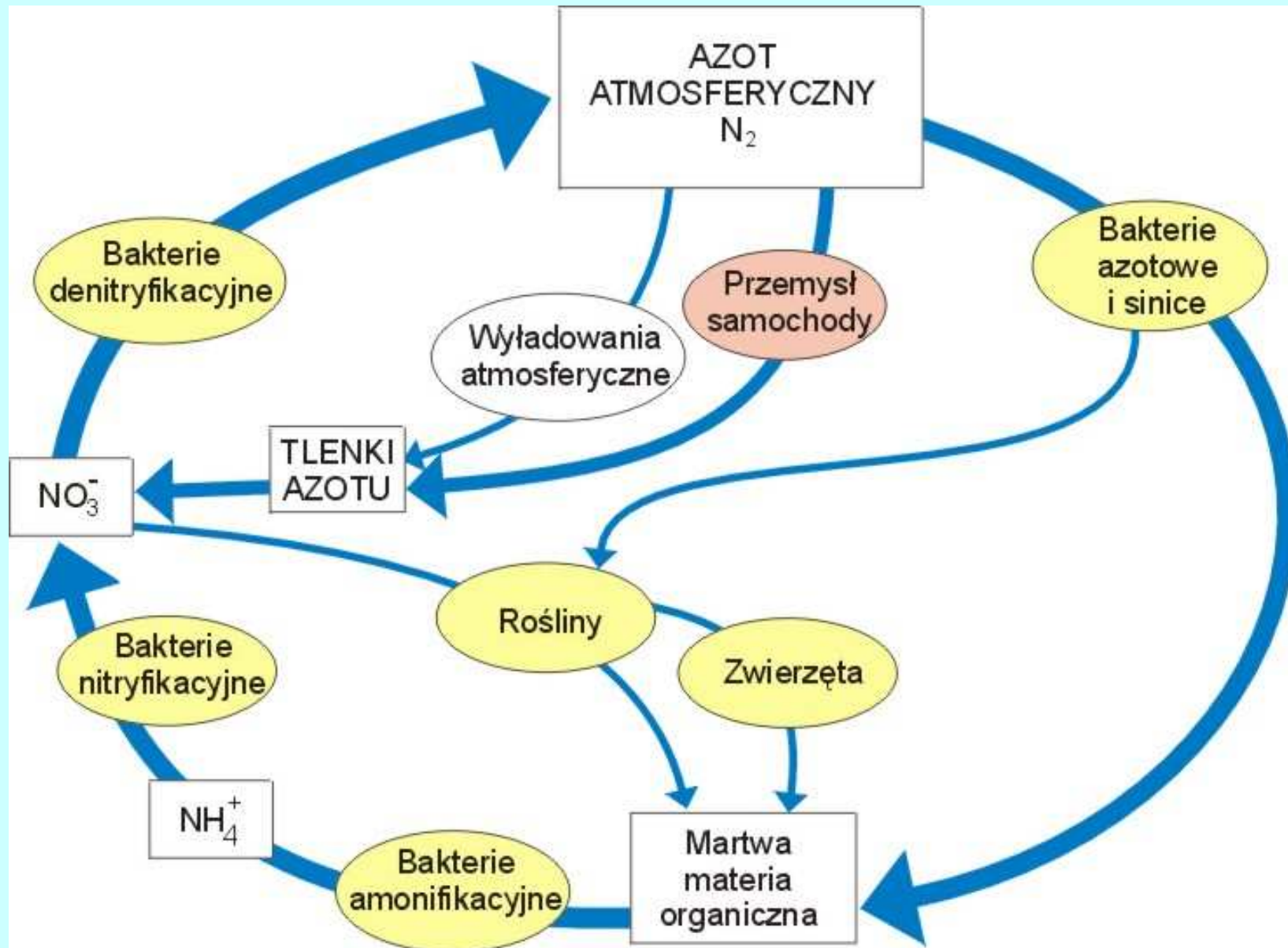
	C	:	N	:	P
Zooplankton	103	:	16,5	:	1
Fitoplankton	108	:	15,5	:	1
Plankton łącznie	106	:	16	:	1

# AZOT



Pule azotu (Tg = mln t)

# OBIEG AZOTU



## WIAZANIE AZOTU PRZEZ SYMBIONTY

ROŚLINA W SYMBIOZIE	kg N × ha <sup>-1</sup> × rok <sup>-1</sup>
Lucerna	138-224
Groch	169-189
Inne motylkowe	14-189
Olcha (symbiont: <i>Frankia</i> )	140-209
Kazuaryna [Senegal]	52
Inne drzewa	0.3-3
Rokitnik [wydmy]	2-58
<i>Azolla</i> (symb.: <i>Anabaena</i> ) [pola ryżowe]	83-125
<i>Dryas drummondi</i> [tundra]	12
Sinica wolna <i>Trichodesmium</i> [oceany]	

# Rośliny motylkowe: łąbin





*Rhizobium*





*Azolla*

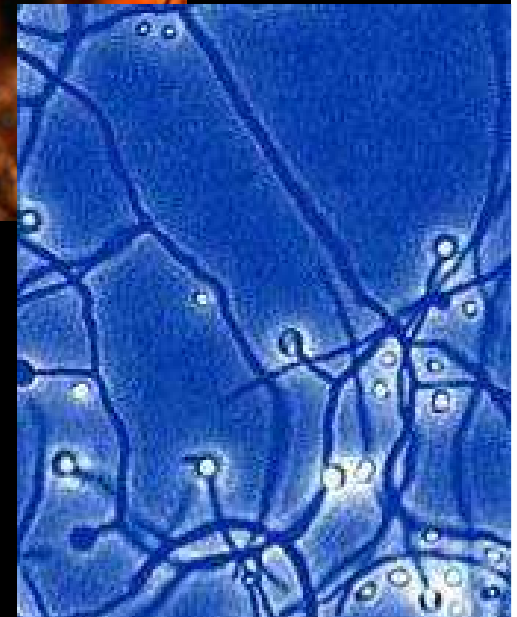


*Anabaena*

10 microns



# Olcha (*Alnus glutinosa*) + *Frankia alnae*



*Trichodesmium*



# WIĄZANIE AZOTU ATMOSFERYCZNEGO W BIOSFERZE

mln t/rok

PRZEMYSŁ, NAWOZY	50-57
SPALANIE	20
WYŁADOWANIA ATMOSFERYCZNE	10
<b>RAZEM NIE-BIOLOGICZNE</b>	<b>80-87</b>
NATURALNE PROCESY NA UPRAWACH	89
LASY I TERENY NIELEŚNE	50-60
MORZA I OCEANY	
<b>RAZEM BIOLOGICZNE</b>	<b>175-185</b>
<b>RAZEM</b>	<b>255-272</b>

# PULE SIARKI W BIOSFERZE

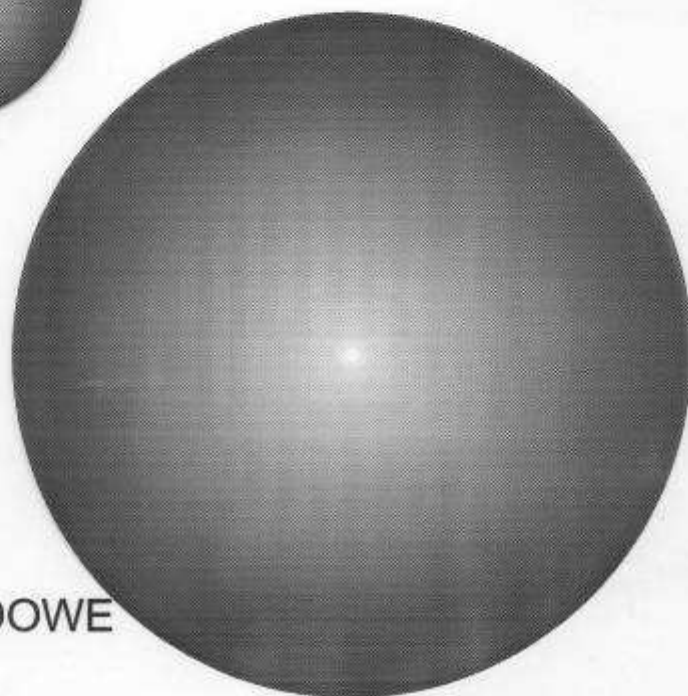
$T \times 10^{13}$

• ZW. ORGANICZNE  
0.0056

● ATMOSFERA 3,6



OCEANY 1280



SKALY OSADOWE  
7800

# SIARKA



Tabela 8.5. Ocenione tempo wydzielania lotnych związków siarki z różnych źródeł naturalnych do atmosfery (Wg. Kelleya i Smitha, 1990, ze Schlesingera, 1991)

Źródło	Wydzielane lotne związki siarki ( $10^{12}$ g S/rok)						Razem
	SO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S	DMDS i inne	CS <sub>2</sub>	COS	
Ocean		0-15	38-40	0-1	0,3	0,4	38,7-56,7
Słone błota		0,8-0,9	0,58	0,13	0,07	0,12	1,7-1,8
Bagna		11,7	0,84	0,2	2,8	1,85	17,4
Gleba i rośliny		3-41	0,2-4,0	1	0,6-1,5	0,2-1,0	5,0-48,5
Spalanie biomasy	7	0-1		0-1		0,11	7,1-9,1
Wulkany i fumarole	8			0-0,02	0,01	0,01	9,0
<b>Razem</b>	15	16,5- 70,6	39,6-45,4	1,3-3,4	3,8-4,7	2,7-3,5	78,9-142,6

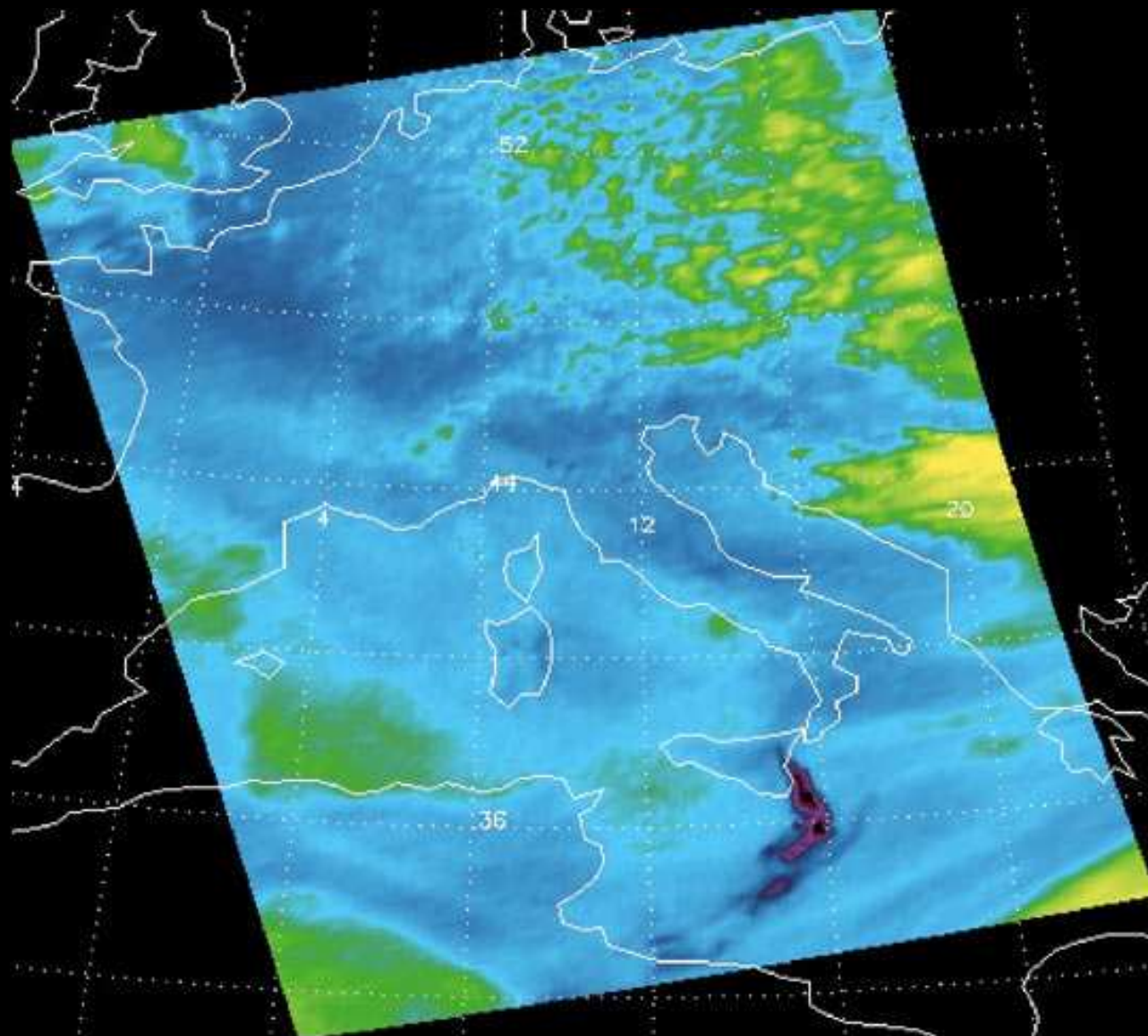




**CHMURY SIARKOWODORU  
WYDZIELANEGO PRZEZ  
GŁĘBINOWE BAKTERIE ANAEROBOWE  
(24.04.2002, PÓŁNOCNA NAMIBIA)**

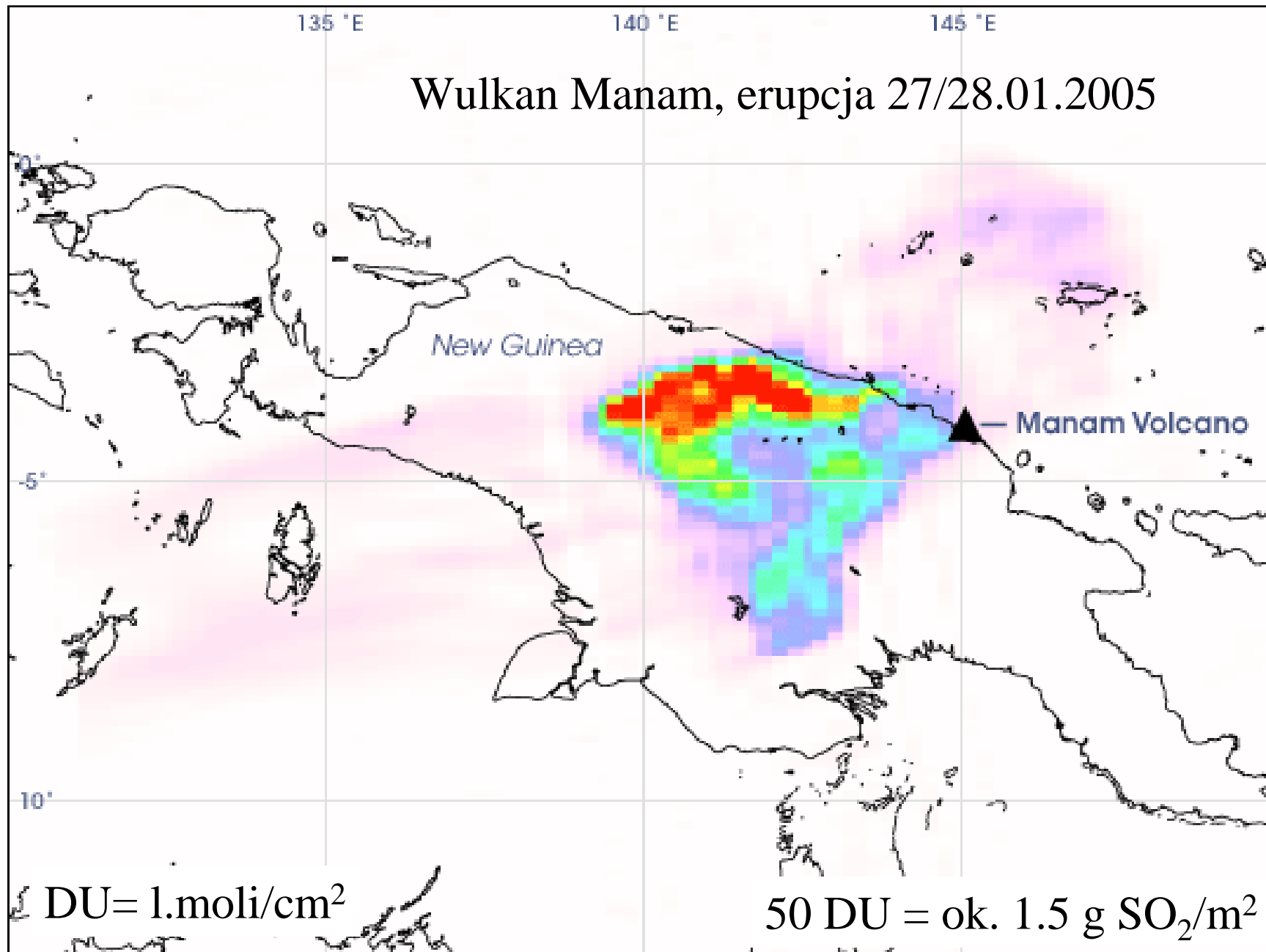
NASA/  
MODIS

## Dwutlenek siarki wydzielony w wybuchu Etny (26.X.2002)



NASA/EOS/Aqua/AIRS

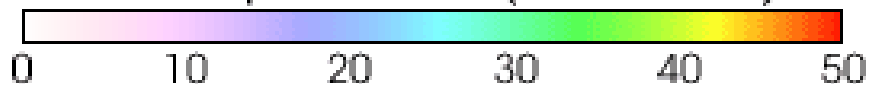
# Wulkan Manam, erupcja 27/28.01.2005



DU = 1.moli/cm<sup>2</sup>

50 DU = ok. 1.5 g SO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>

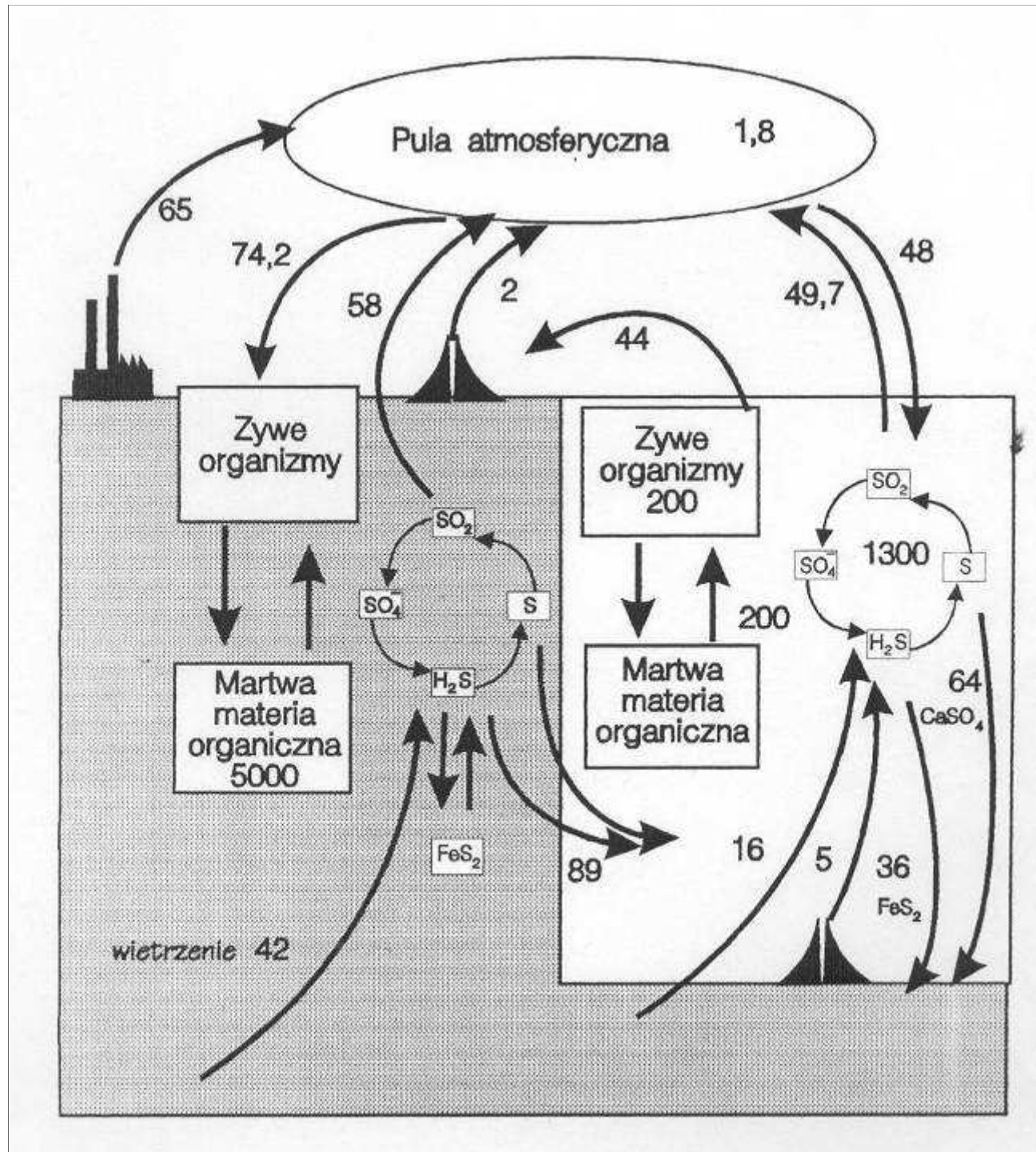
Total Sulphur Dioxide (Dobson Units)



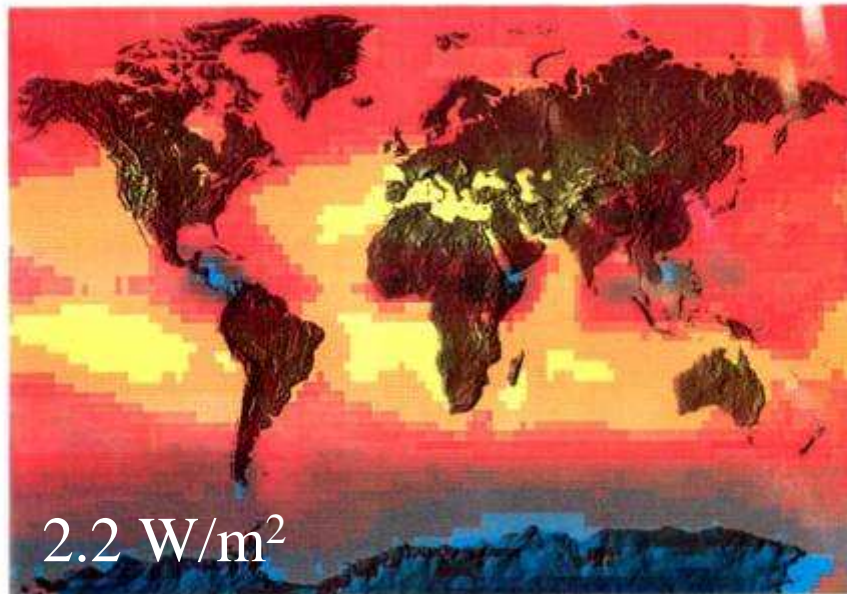


# Obieg siarki

mln t,  
mln t/rok

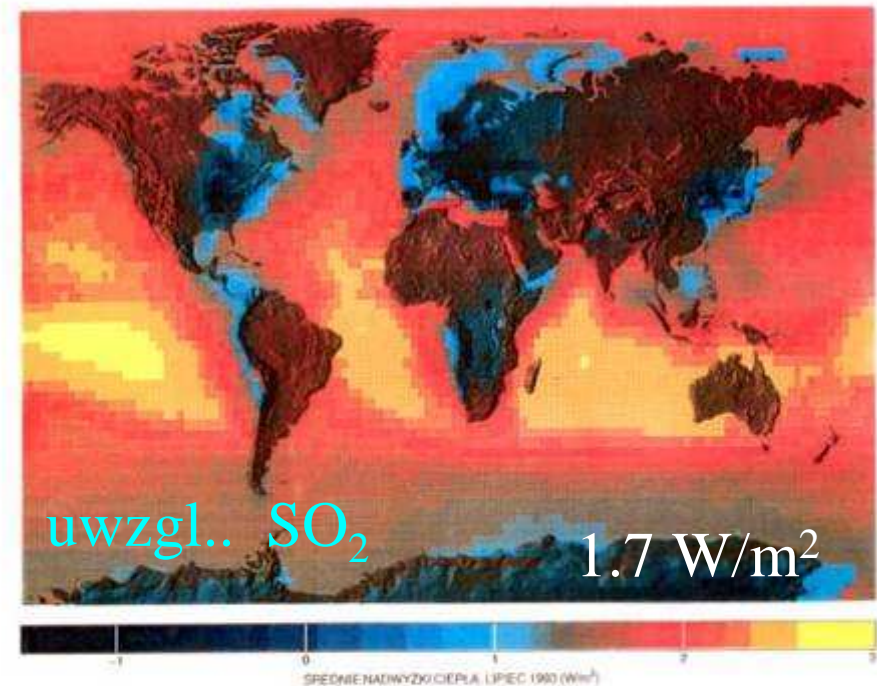


# WPLYW AEROZOLU SIARCZANOWEGO NA LOKALNE ZMIANY TEMPERATURY SPOWODOWANE EFEKTEM CIEPLARNIANYM

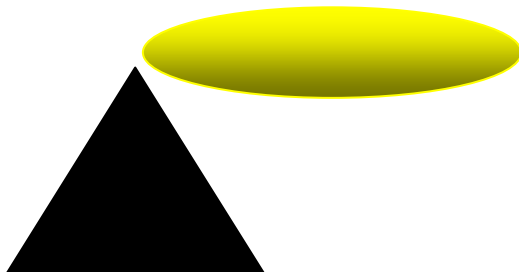


ZJAWISKO WYMUSZANIA KLIMATYCZNEGO spowodowane działalnością człowieka jest widoczne przy obliczeniach globalnego przychodu ciepła w ciągu lata na półkuli północnej. W lipcu gazy cieplarniane ogrzewają Ziemię o blisko 2.2 W/m<sup>2</sup> (z lewej); efekt cieplarniany jest wyraźniejszy nad cieplejmi obszarami tropikalnymi. Natomiast gdy uwzględnimy ochładzanie przez aerozole siarczanowe, wymuszenie zmniejsza się do około 1.7 W/m<sup>2</sup> (z prawej). W rzeczywistości ochładzanie dominuje nad obszarami przemysłowymi półkuli północnej.

(Świat Nauki 4/1994)

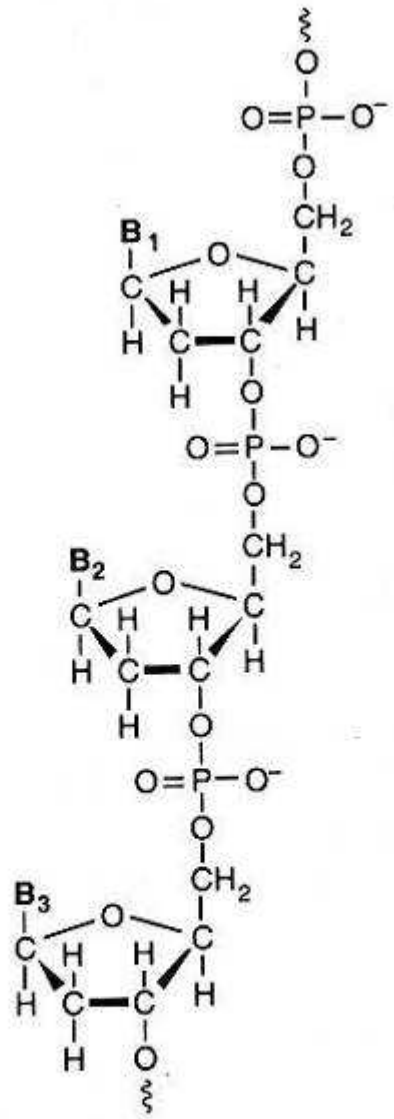
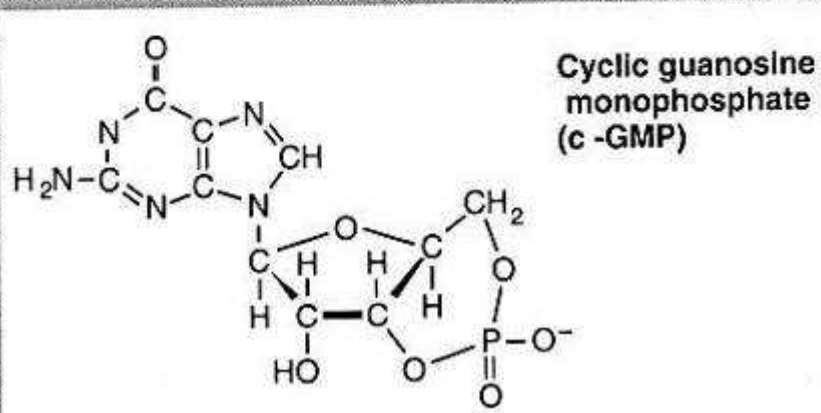
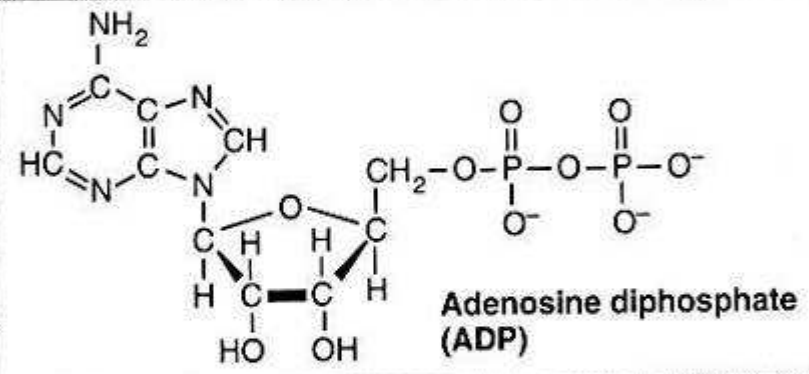
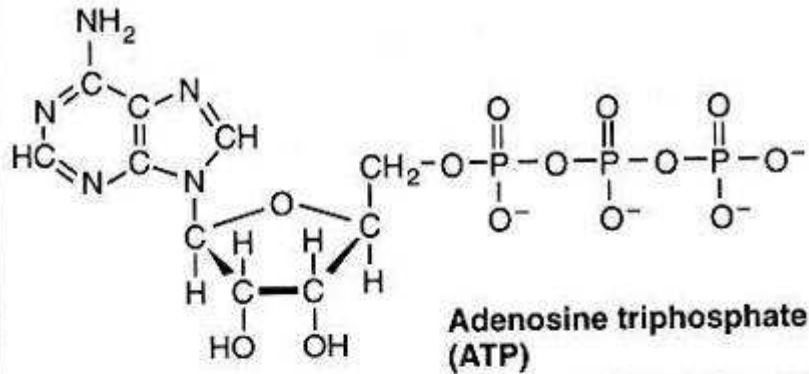


Wybuch wulkanu Pinatubo (1991):  
20 mln t SO<sub>2</sub>  
Globalne ochłodzenie o 0.6 °C



**FOSFOR**

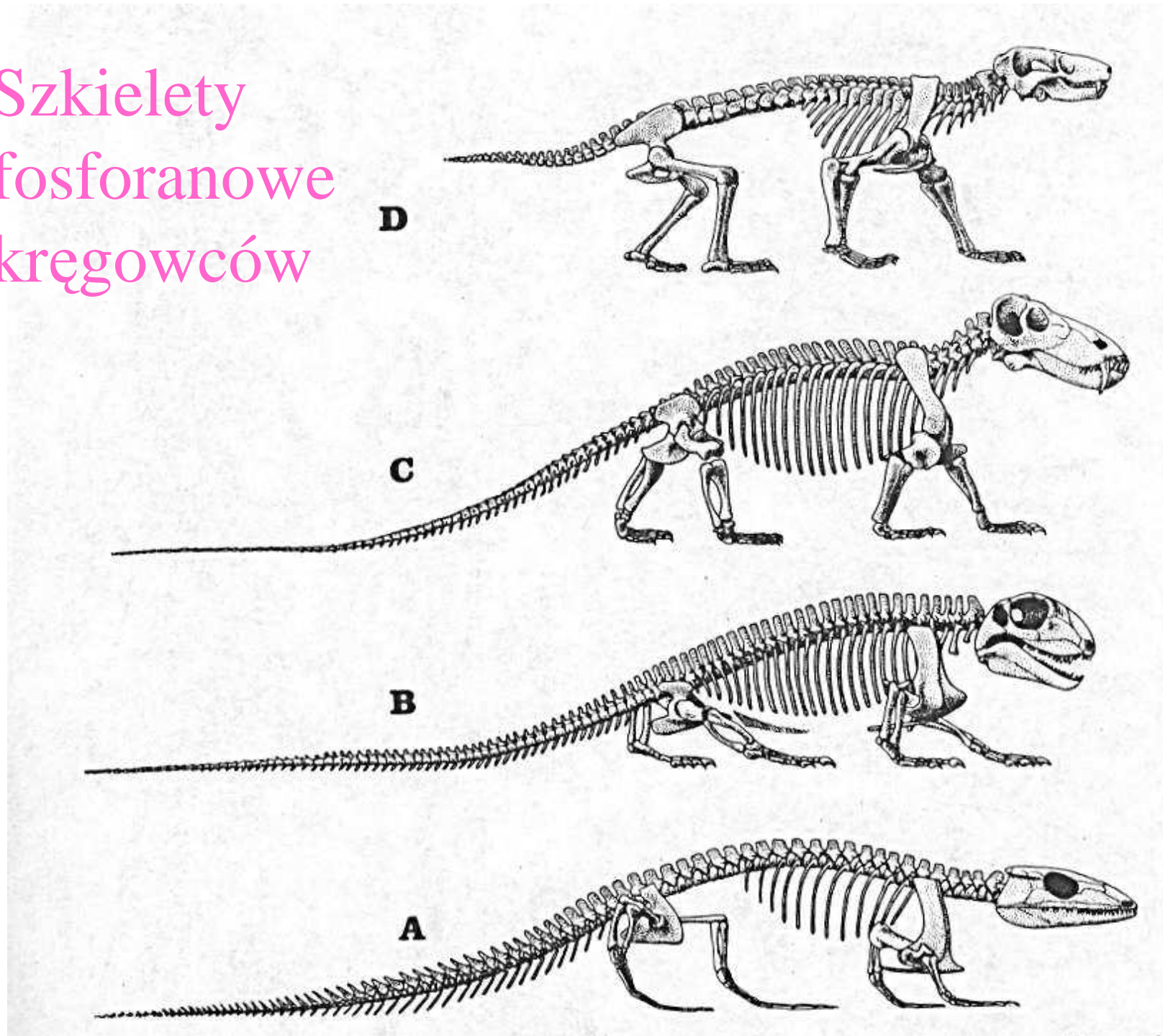




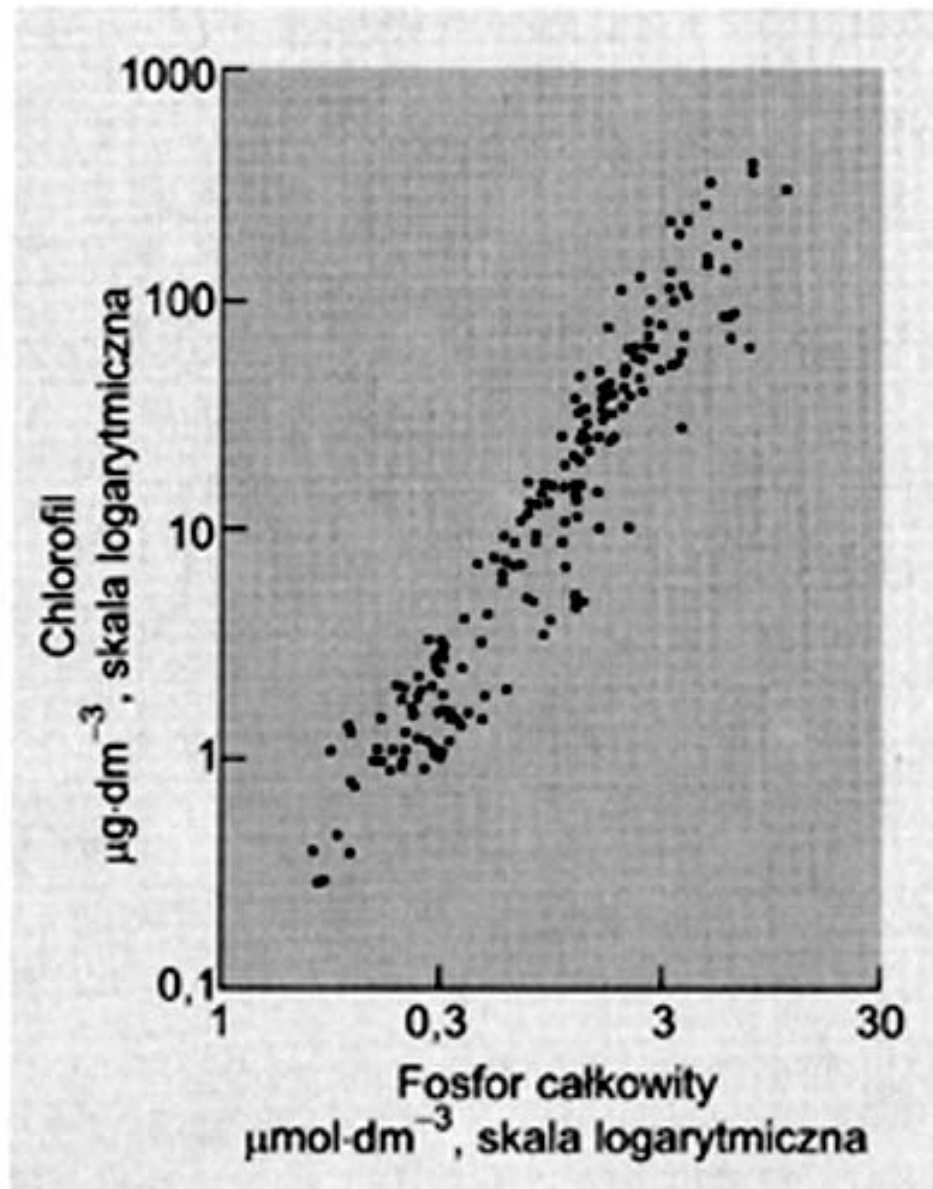
**Part of DNA strand showing three bases B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, and B<sub>3</sub>**

P

Szkielety  
fosforanowe  
kręgowców



# FOSFOR JAKO CZYNNIK OGRANICZAJĄCY PRODUKCJĘ BIOMASY



**Rys. 3.31.** Współzależność między letnim poziomem cząsteczek chlorofilu (wskaźnik obfitości fitoplanktonu), a całkowitym stężeniem fosforu w różnych jeziorach. Dane na wykresie przedstawiono w skali logarytmicznej (wg Moss, 1988)

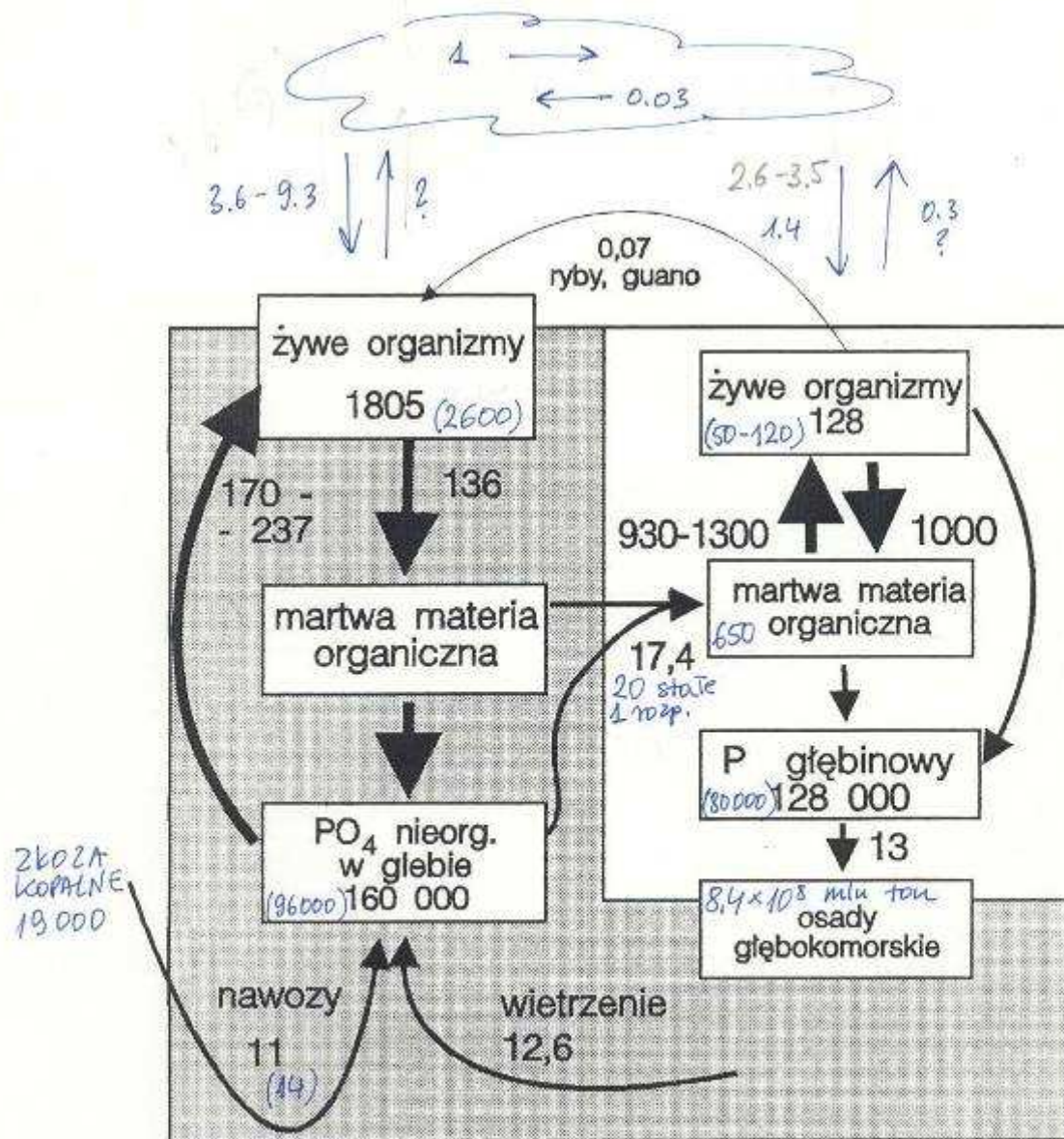
(Andrews et al. 1999)



Eksperyment  
ze sztucznym  
nawożeniem  
jeziora fosforem  
i azotem  
(górną część)  
lub samym  
azotem  
(dolną część).  
Widać zakwit  
glonów



# Obieg fosforu



ZŁOŻA KOPALNE  
19 000

SUPERFOSFAT  
+ NAWOZY  
NATURALNE

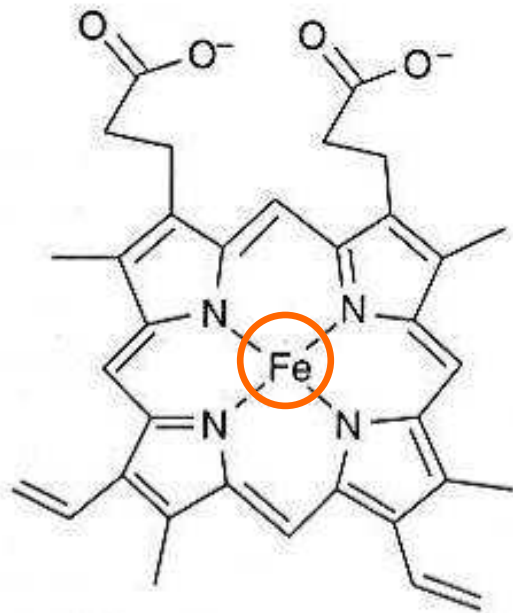
$t \times 10^6$   
 $t \times 10^6/\text{rok}$

Wg. Pierrou, 1979  
wg. Schlesinger, 1991

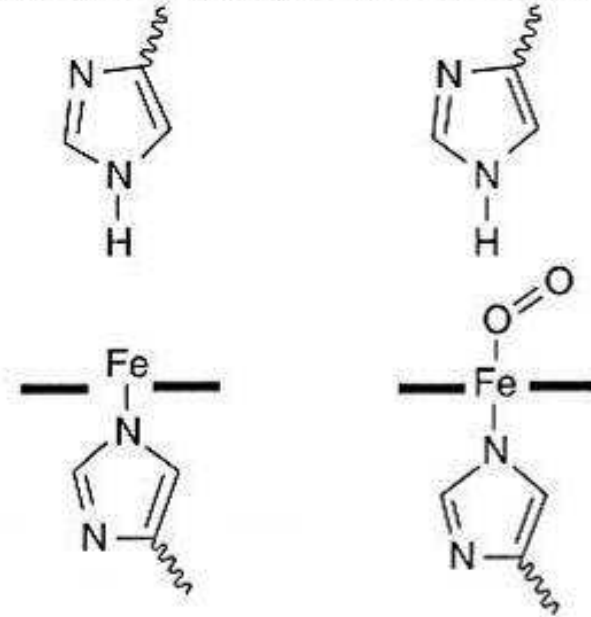
## Brak fazy gazowej!

ŽELAZO



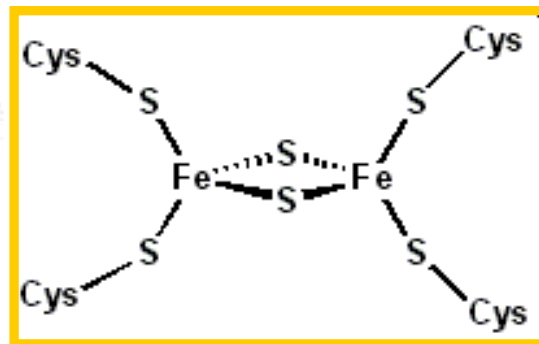
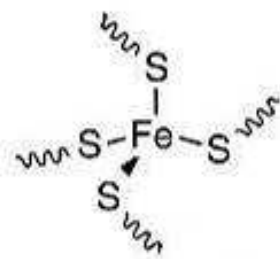


Haem (carbon and hydrogen shown as framework only)

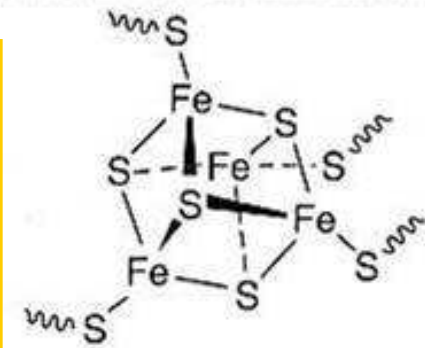


Side view of iron in haemoglobin showing coordination of dioxygen

Centres containing 1, 2, and 4 Fe atoms in iron-sulfur proteins



ferredoksyna



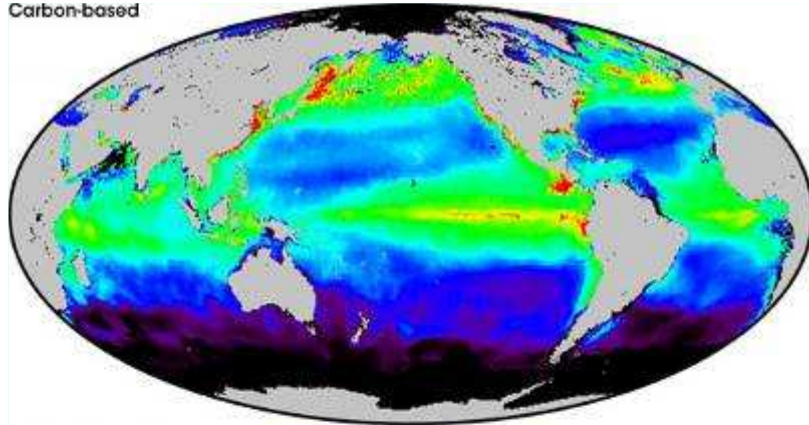
Gleby laterytowe

Fe

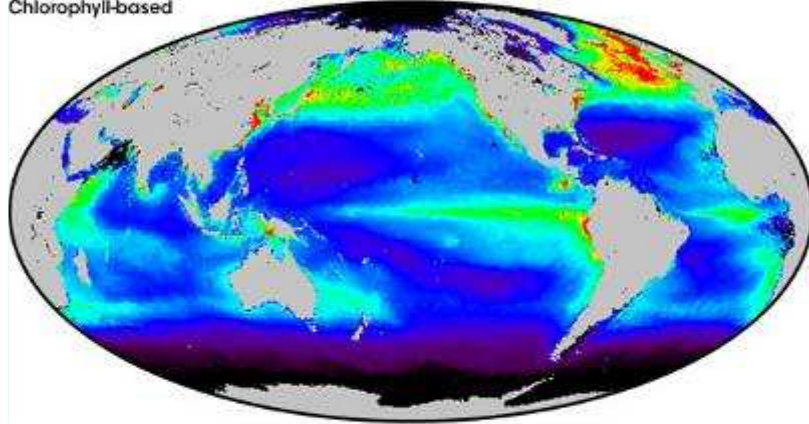




Carbon-based

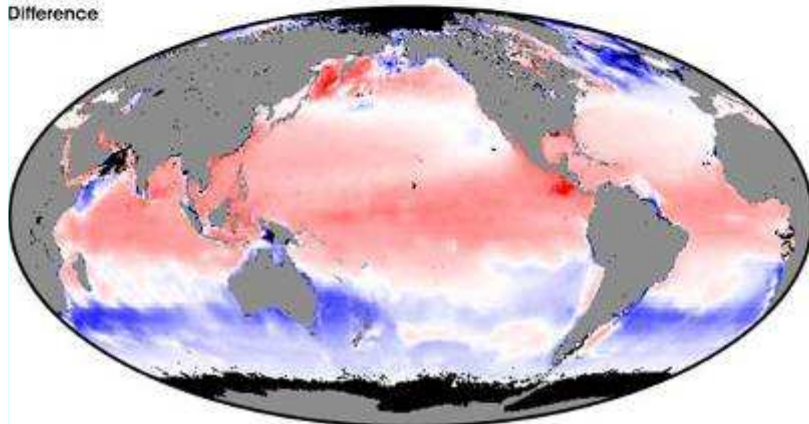


Chlorophyll-based



Net Primary Productivity (mg Carbon/m<sup>2</sup>)  
0 400 800 1200 1500

Difference



Net Primary Productivity (mg Carbon/m<sup>2</sup>)  
-800 -400 0 400 800

# Produktywność oceanów (NASA 2005) [nowa metoda]

Wg. zawartości węgla

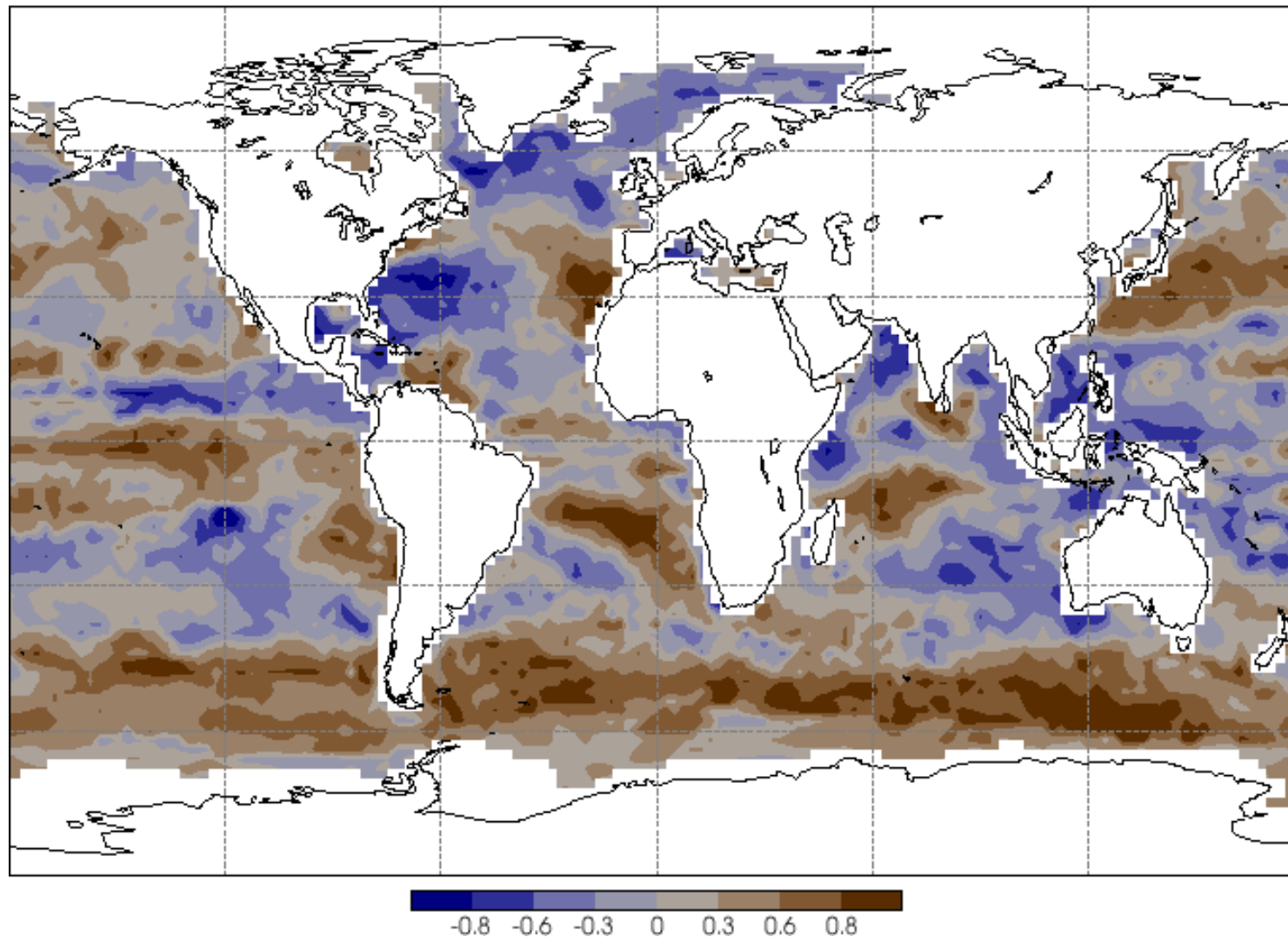
Wg. chlorofilu

Obliczona skorygowana  
produkcja netto

# Korelacja opadu pyłu (Fe) i zawartości chlorofilu

## Correlation Coefficients

Climatology of Dust Deposition and SeaWiFS Chlorophyll





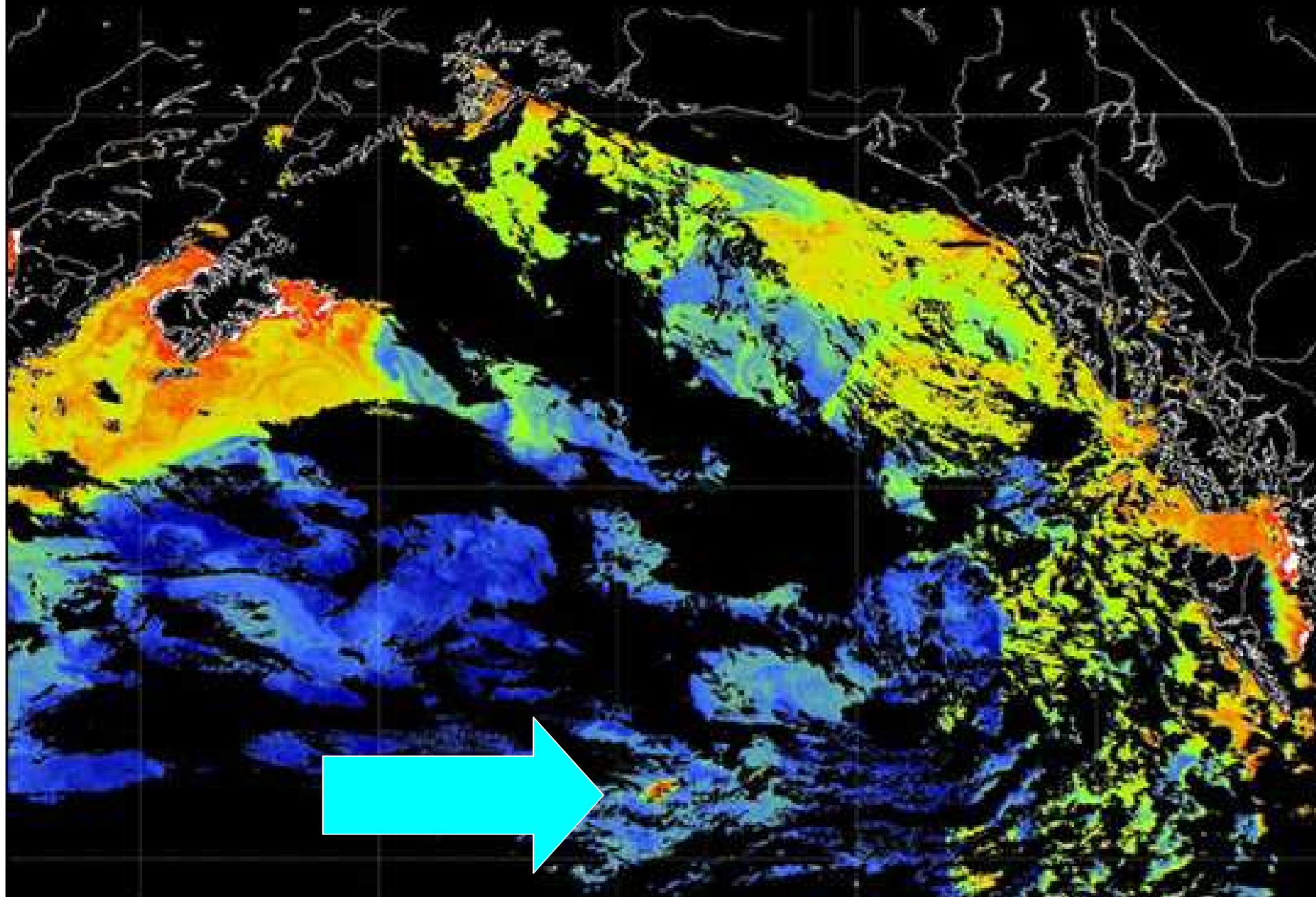
2.03.2003





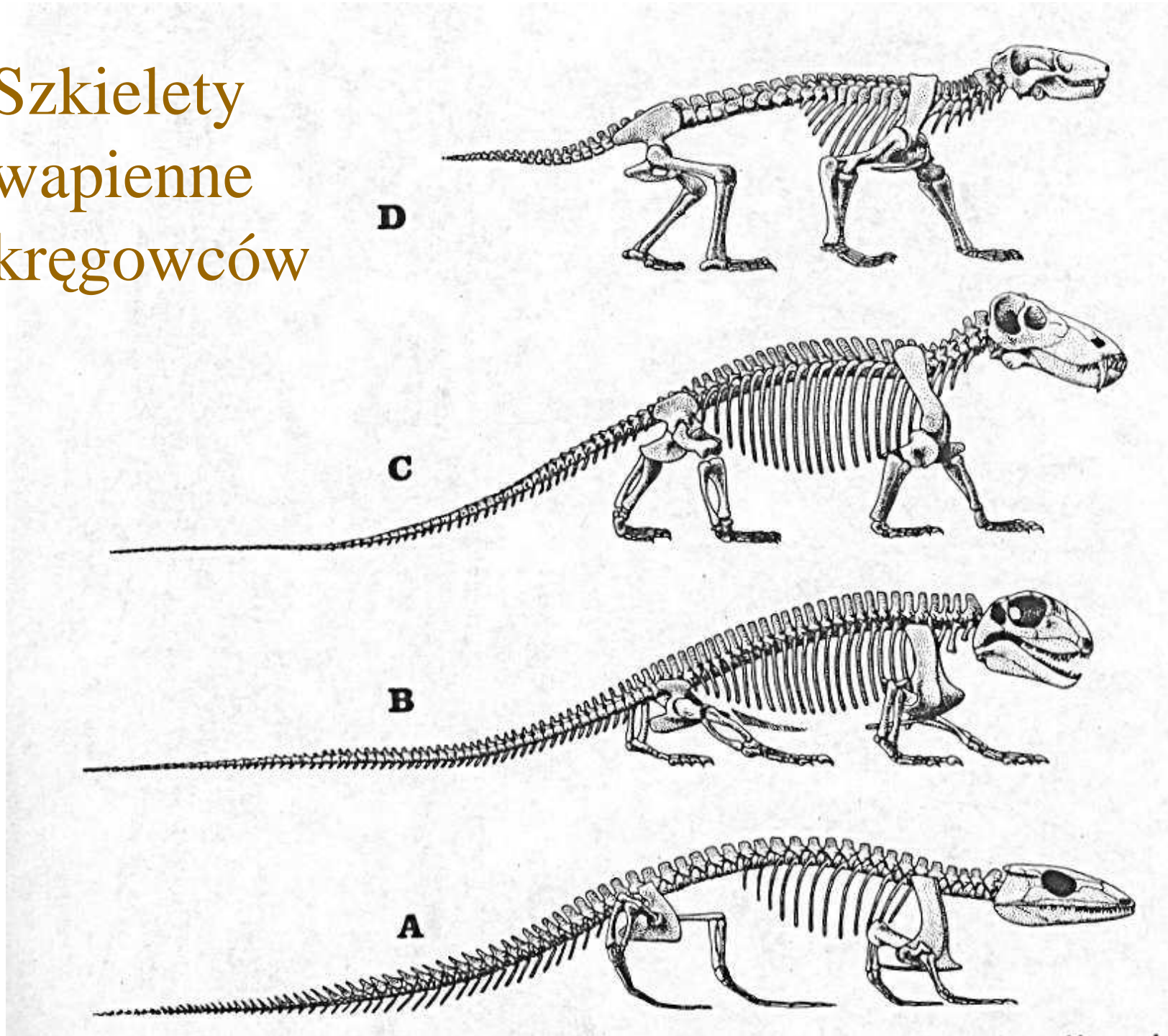
Pyły przenoszone na Morze Śródziemne

# EKSPERYMENT Z NAWOŻENIEM PLANKTONU Fe



WAPŃ

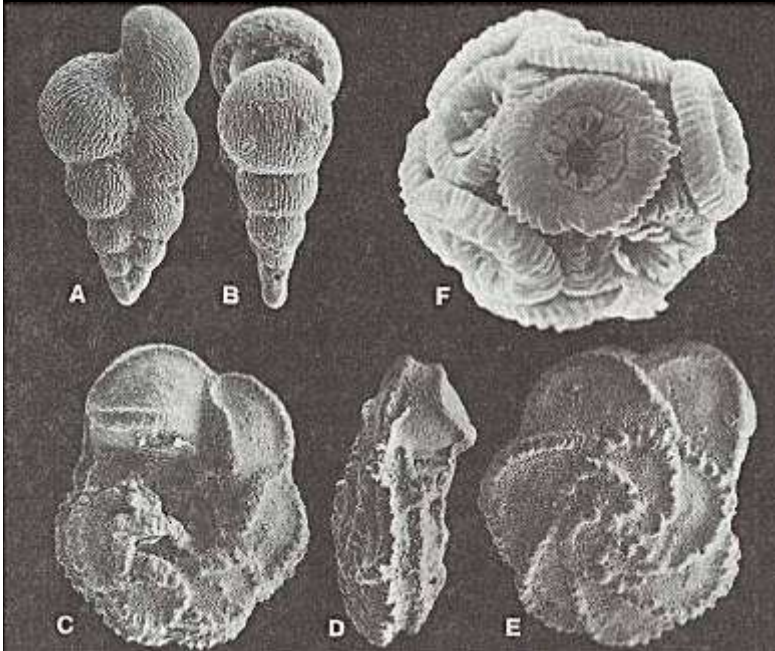
Szkielety  
wapienne  
kręgowców





Szkielety  
Wapienne  
(muszle)  
bezkęgowców

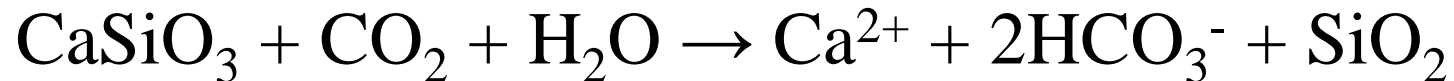
Planktoniczne otwornice z  
kredy niżu polskiego



Małże morskie

# CYKL WAPNIA

Wietrzenie skał krzemianowych



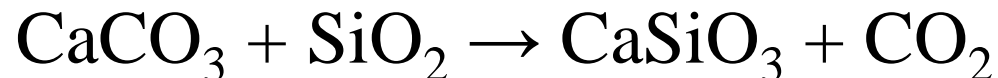
biologiczne przyspieszenie o 2 rzędy wielkości

Tworzenie osadów morskich



biologiczna kontrola: skorupki, rafy koralowe

Procesy magmowe



**roczny obieg: 500 mln ton**











