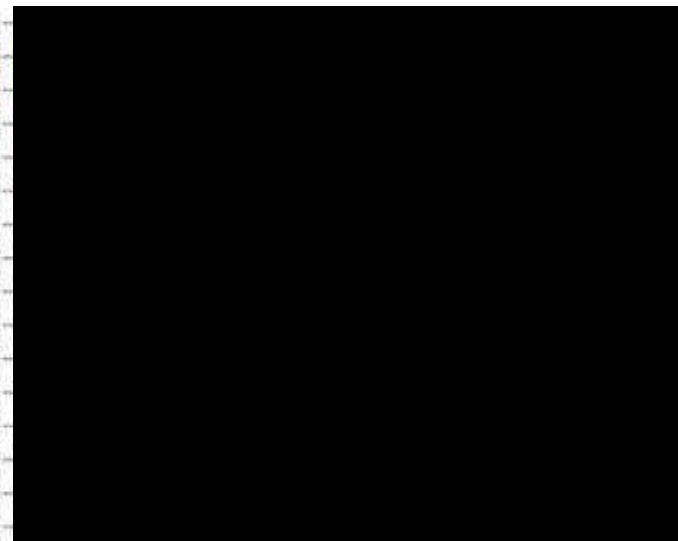
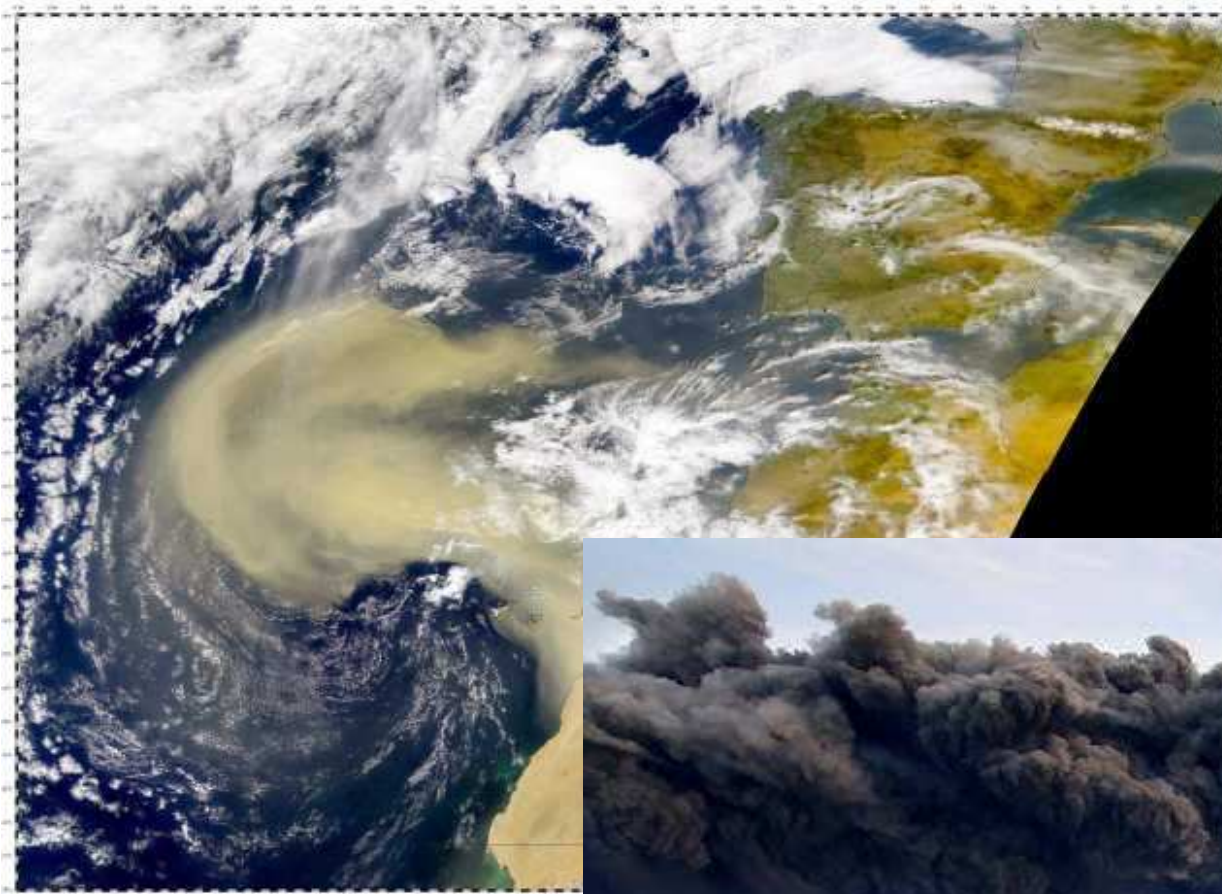
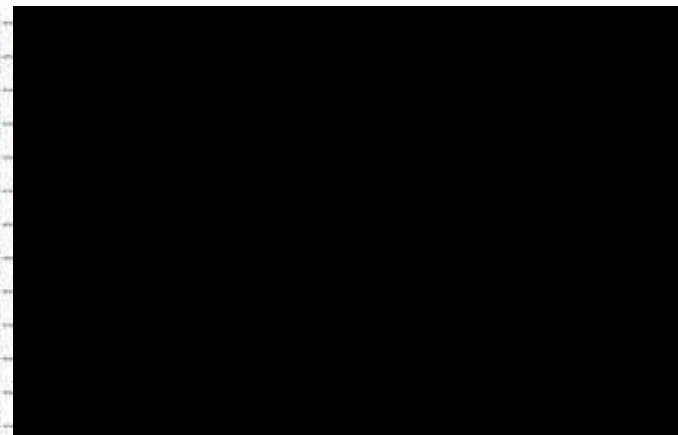
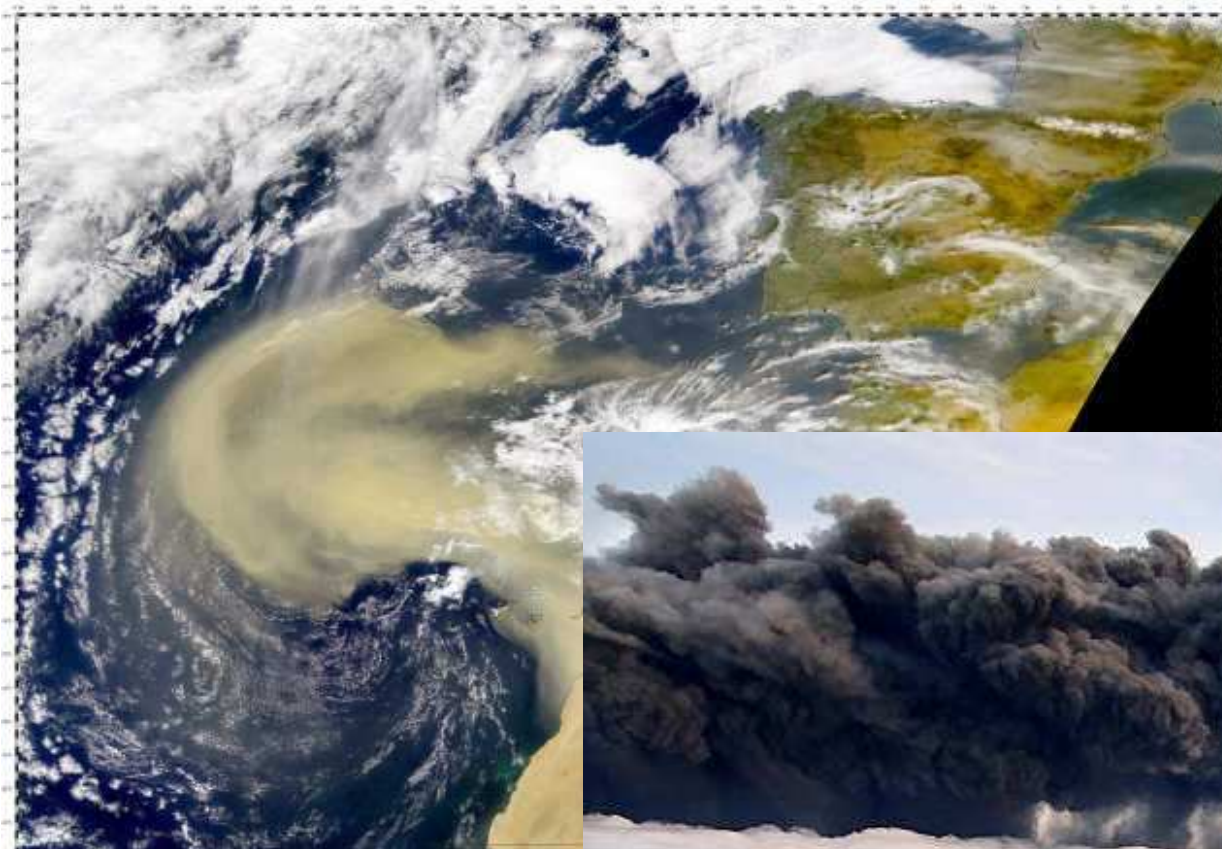


**„METALE CIĘŻKIE”**



Chmura pyłu nad wulkanem Eyjafjöll, 16.04.2010

Fot. Jon Gustafsson AP



Chmura pyłu nad wulkanem Eyjafjoll,

Fot. Jon Gustafsson AP



# Historia stosowania pierwiastków przez człowieka

wg. Cox 1995 zmienione

Prehistoryczne <2500 p.n.e	przedindustrialny 2500 p.n.e – 1750	industrialny 1750-1940	współczesny >1940
C, Cu, Au	C,Cu, Au Fe, Zn, Ag,Sn,Pb N, S, Na, Ca,Si, Al, Co, Hg, As,Sb	C, Cu, Au Fe, Zn, Ag,Sn,Pb N, S, Na, Ca,Si, Al,Co, Hg, As,Sb Ni, Mo, W, Cr, Mn Mg, Zr, Th, Se, Bi, Br I, Ra, K, P, Cl, Pt, In	C, Cu, Au Fe, Zn, Ag,Sn,Pb N, S, Na, Ca,Si,Pb Al,Co, Hg, As,Sb Ni, Mo, W, Cr, Mn Mg, Zr, Th, Se, Bi, Br I, Ra, K, P, Cl, Pt, In Zr, Nb, Be, Ti, U, Pu Li, B, La-Lu, Ar, Rh, Ba Re, Ga, Ge, Ta, Ir, .....

## Metal

## Znaczenie

Fe

ferredoksyna, hem

Co

witamina B<sub>12</sub>

Ni

ureaza, enz. metanogenezy

Cu

hemocjanina

Zn

polimerazy DNA i RNA, odwrotna transkryptaza, enz. trawienne, dehydrogenaza alkoholowa

Cd

Pb

truczny (egzobiotyki)

Hg

**CYNK**

# CYNK

W litosferze

ZnS →

węglany

krzemiany

stężenie: 10 – 120 mg/kg

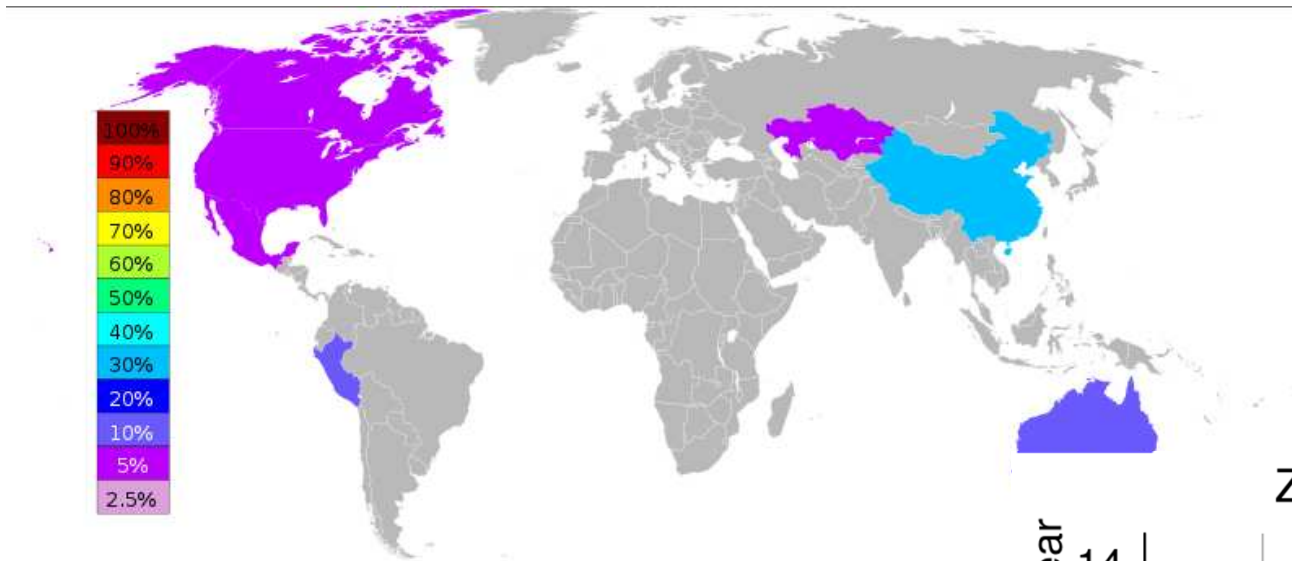


W wodach

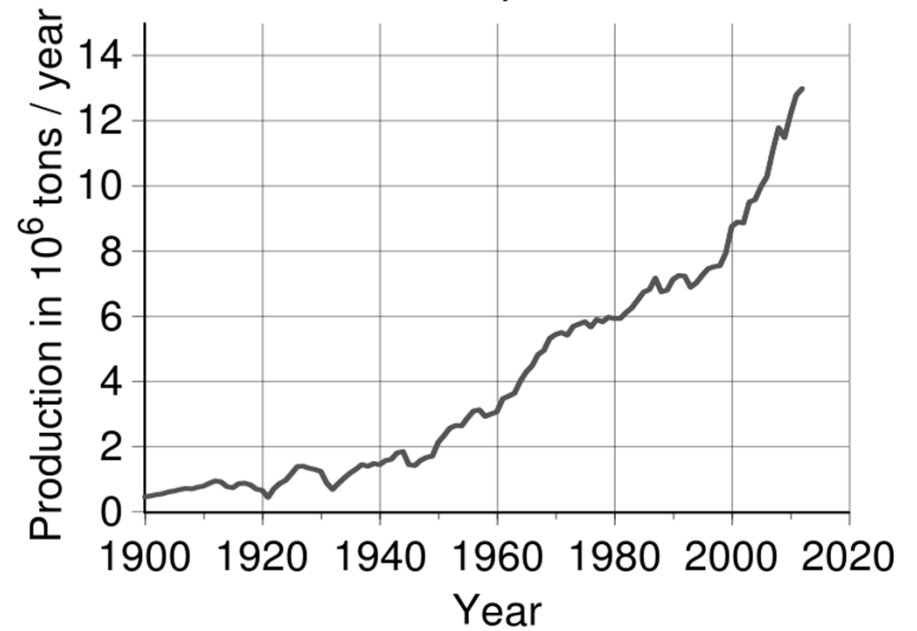
$Zn^{2+}$ ,  $ZnCO_3$

# CYNK

## Wydobycie cynku (2008)



Zinc world production





# CYNK

W organizmach żywych

polimerazy DNA i RNA

odwrotna transkryptaza

anhydraza węglanowa

enzymy trawienne

dehydrogenaza alkoholowa

białka z „palcem cynkowym”

# CYNK

## W organizmach żywych

polimerazy DNA i RNA

odwrotna transkryptaza

**anhydraza węglanowa**

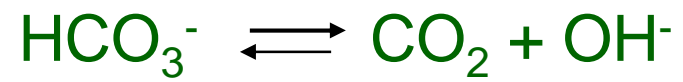
enzymy trawienne

dehydrogenaza alkoholowa

białka z „palcem cynkowym”

# CYNK

anhydraza węglanowa



# CYNK

## W organizmach żywych

polimerazy DNA i RNA

odwrotna transkryptaza

anhydraza węglanowa

**enzymy trawienne**

dehydrogenaza alkoholowa

białka z „palcem cynkowym”

# CYNK

enzymy trawienne:

karboksypeptydaza  
aminopeptydaza  
kolagenaza

# CYNK

## W organizmach żywych

polimerazy DNA i RNA

odwrotna transkryptaza

anhydraza węglanowa

enzymy trawienne

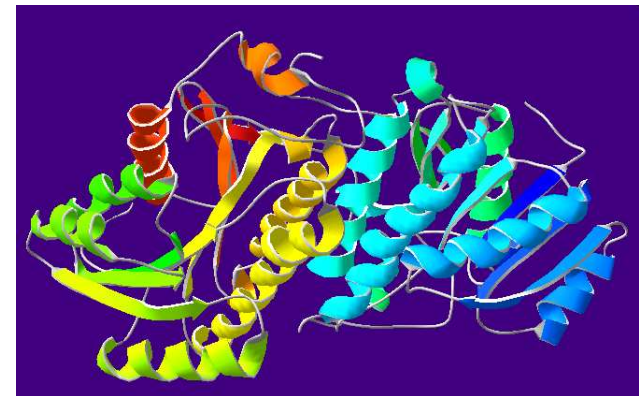
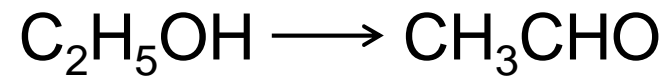
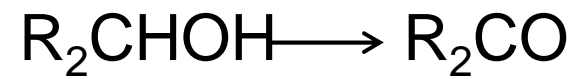
**dehydrogenaza alkoholowa**

białka z „palcem cynkowym”



# CYNK

dehydrogenaza alkoholowa



# CYNK

## W organizmach żywych

polimerazy DNA i RNA

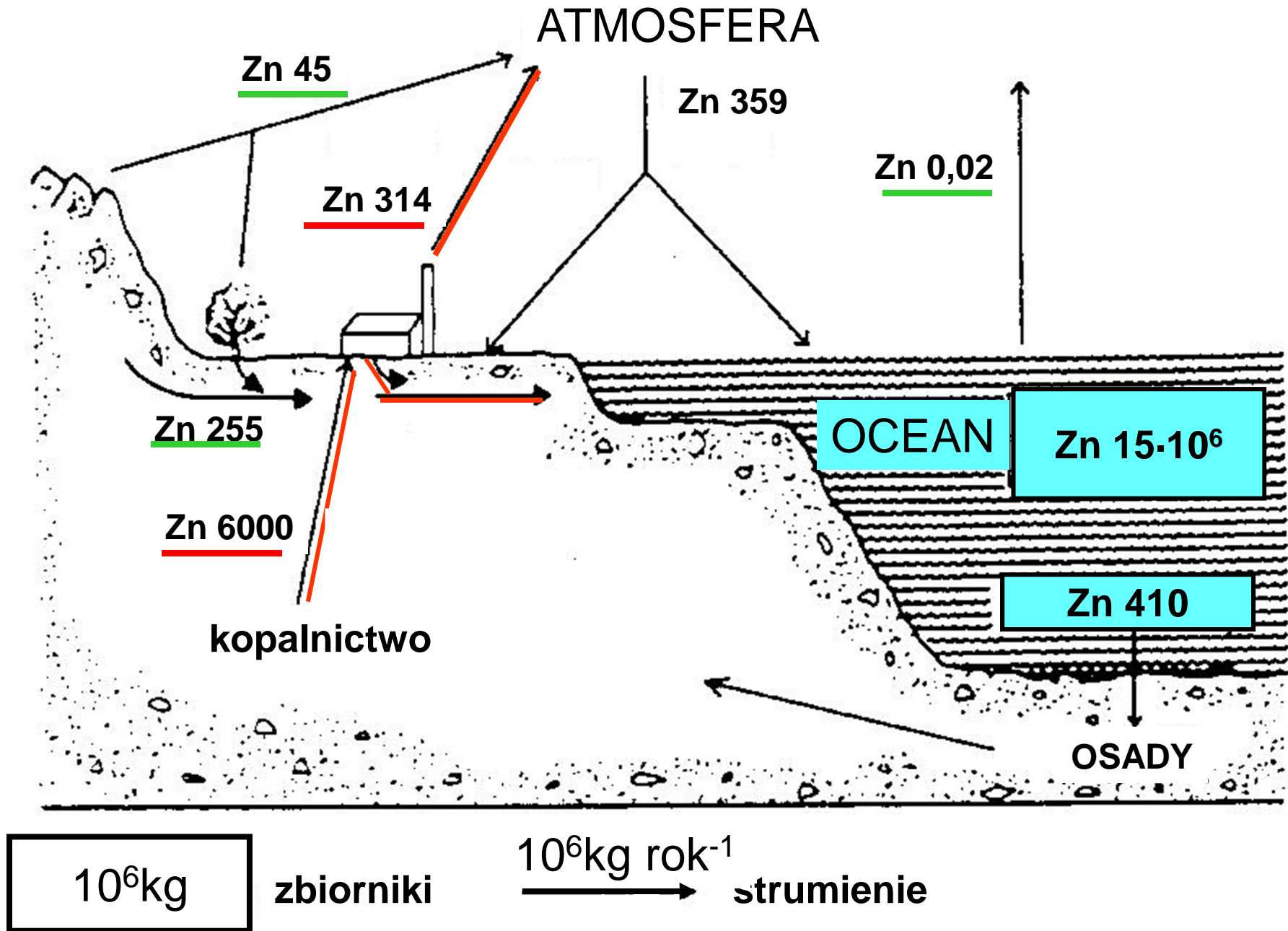
odwrotna transkryptaza

anhydraza węglanowa

enzymy trawienne

dehydrogenaza alkoholowa

białka z „palcem cynkowym”



Globalny bilans cynku

**MIEDŹ**

# MIEDŹ

W litosferze

siarczki - chalkopiryt  $\text{CuFeS}_2$   
węglany  
wodorotlenki



# MIEDŹ

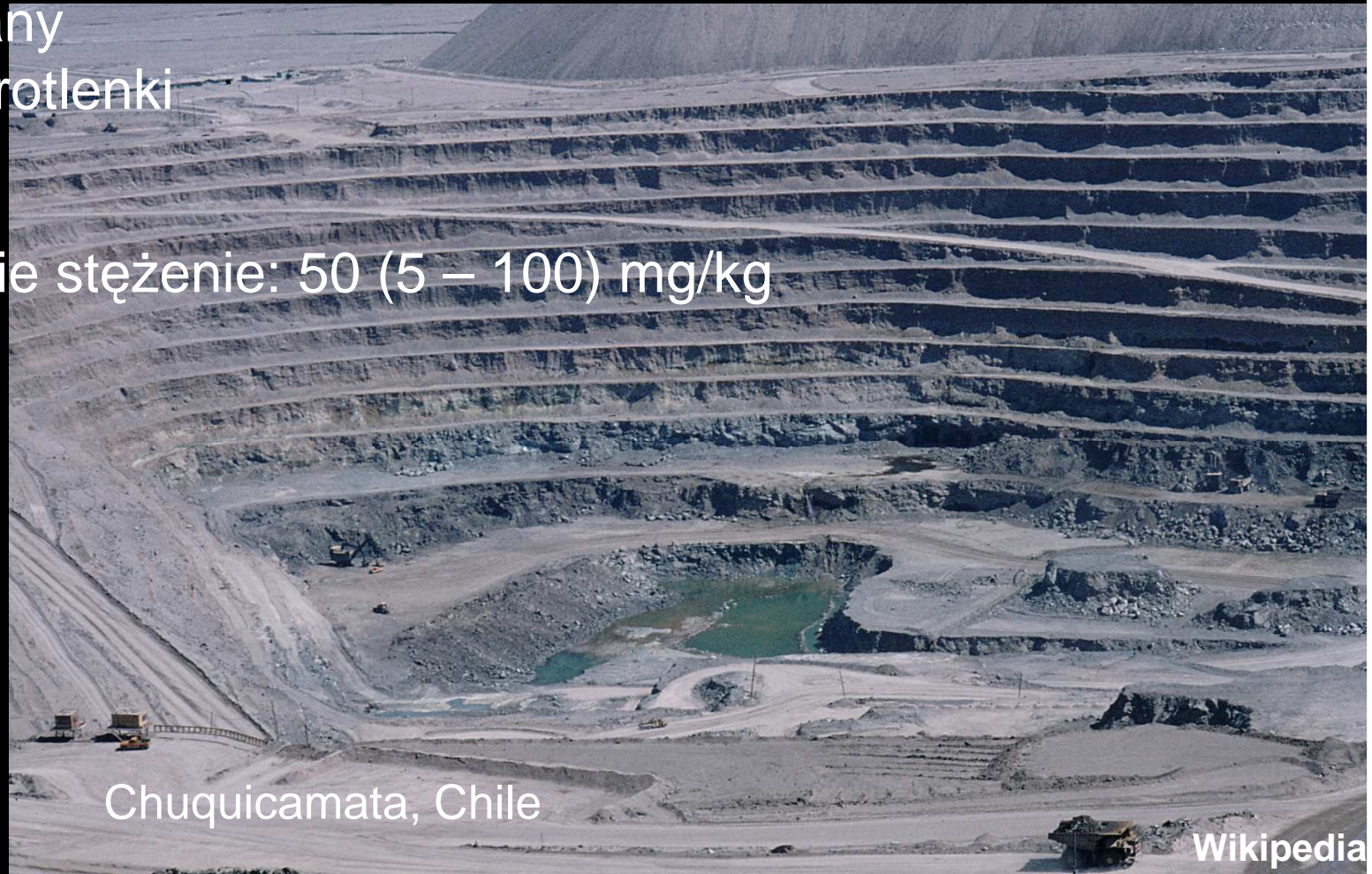
W litosferze

siarczki - chalkopiryt  $\text{CuFeS}_2$

węglany

wodorotlenki

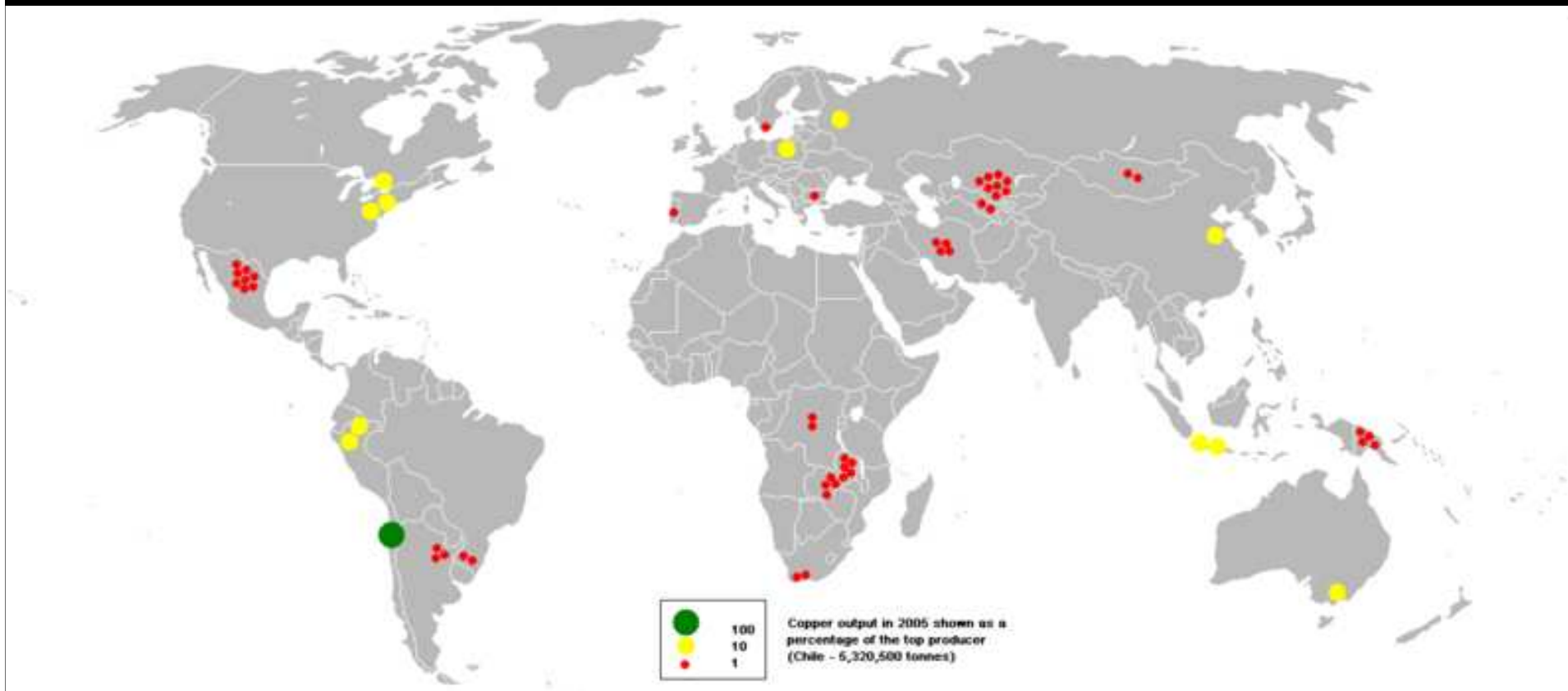
średnie stężenie: 50 (5 – 100) mg/kg



Chuquibambilla, Chile



# MIEDŹ



Chuquicamata, Chile

# MIEDŹ

W organizmach żywych  
(związana z reakcjami redoks)

hemocyjanina →

ceruloplazmina

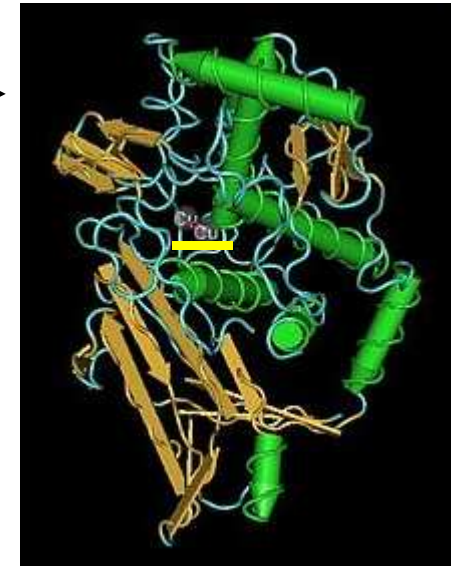
oksydaza cytochromowa

oksydaza lizynowa

oksydaza askorbinowa

oksydaza aminowa

„niebieskie białka”



# MIEDŹ

## W organizmach żywych

hemocyjanina

**ceruloplazmina**  $4 \text{Fe}^{2+} + 4 \text{H}^+ + \text{O}_2 \rightleftharpoons 4 \text{Fe}^{3+} + 2 \text{H}_2\text{O}$

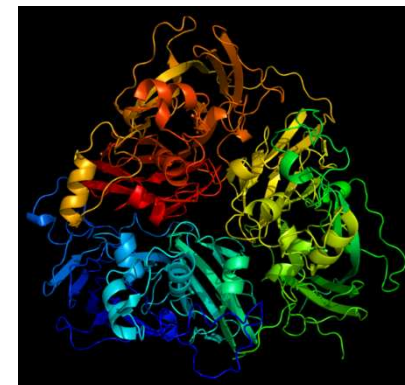
oksydaza cytochromowa

oksydaza lizynowa

oksydaza askorbinowa

oksydaza aminowa

„niebieskie białka”



# MIEDŹ

W organizmach żywych

hemocyjanina

ceruloplazmina

oksydaza cytochromowa

oksydaza lizynowa

oksydaza askorbinowa

oksydaza aminowa

„niebieskie białka”

# MIEDŹ

## W organizmach żywych

hemocyjanina

ceruloplazmina

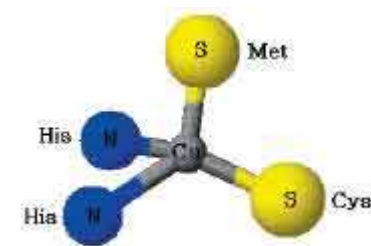
oksydaza cytochromowa

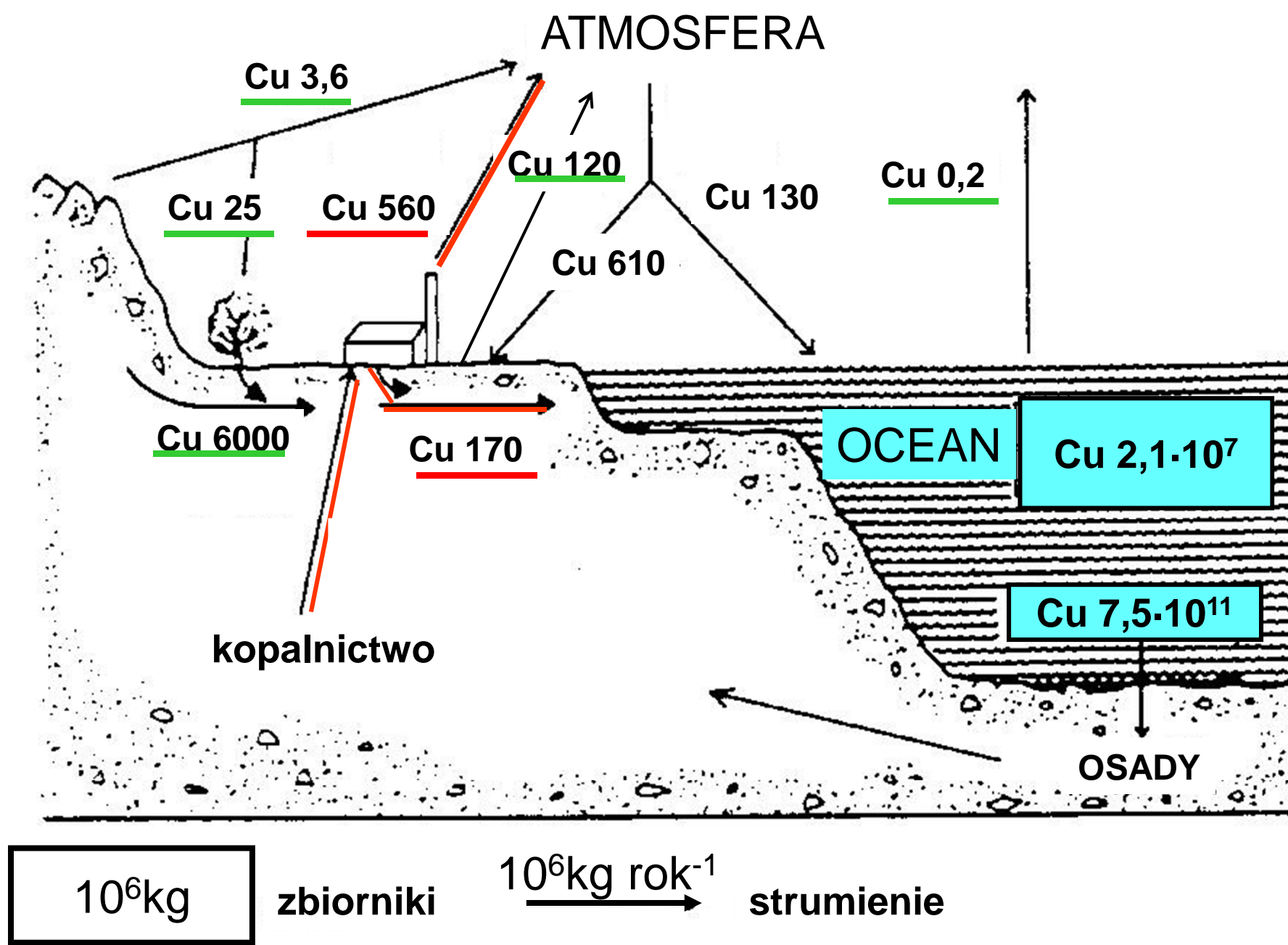
oksydaza lizynowa

oksydaza askorbinowa

oksydaza aminowa

„niebieskie białka miedziowe”





Globalny bilans miedzi



RTEĆ

# RTEĆ

W litosferze

cynober  $\text{HgS}$

kalomel  $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$

rtęć rodzima  $\text{Hg}$

stężenie: 0,05 mg/kg

# RTEĆ

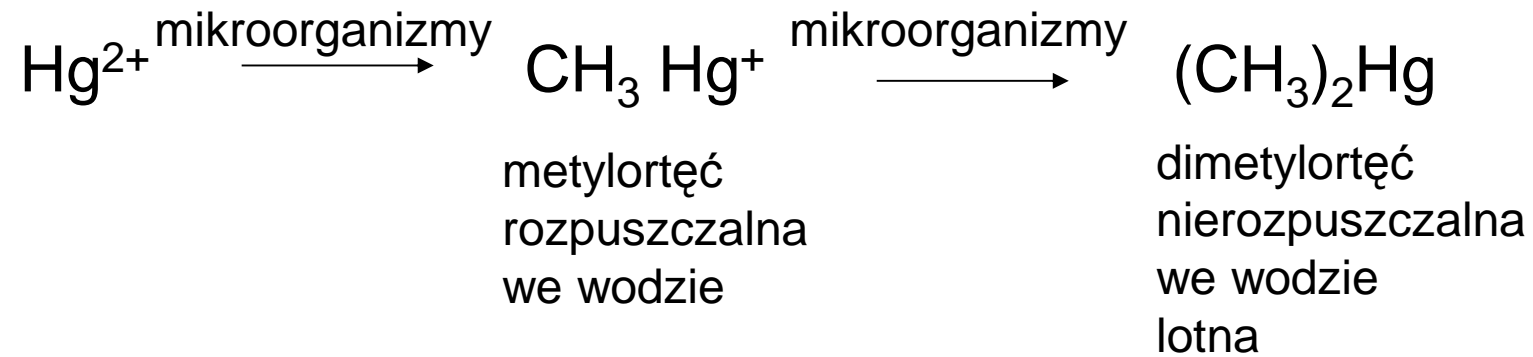
W atmosferze

dimetylortęć

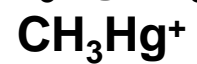
lotna rtęć elementarna

stężenie: 1,2 – 4,0 ng/m<sup>3</sup>

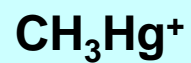
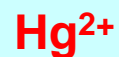
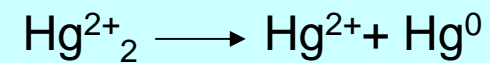
# RTEĆ



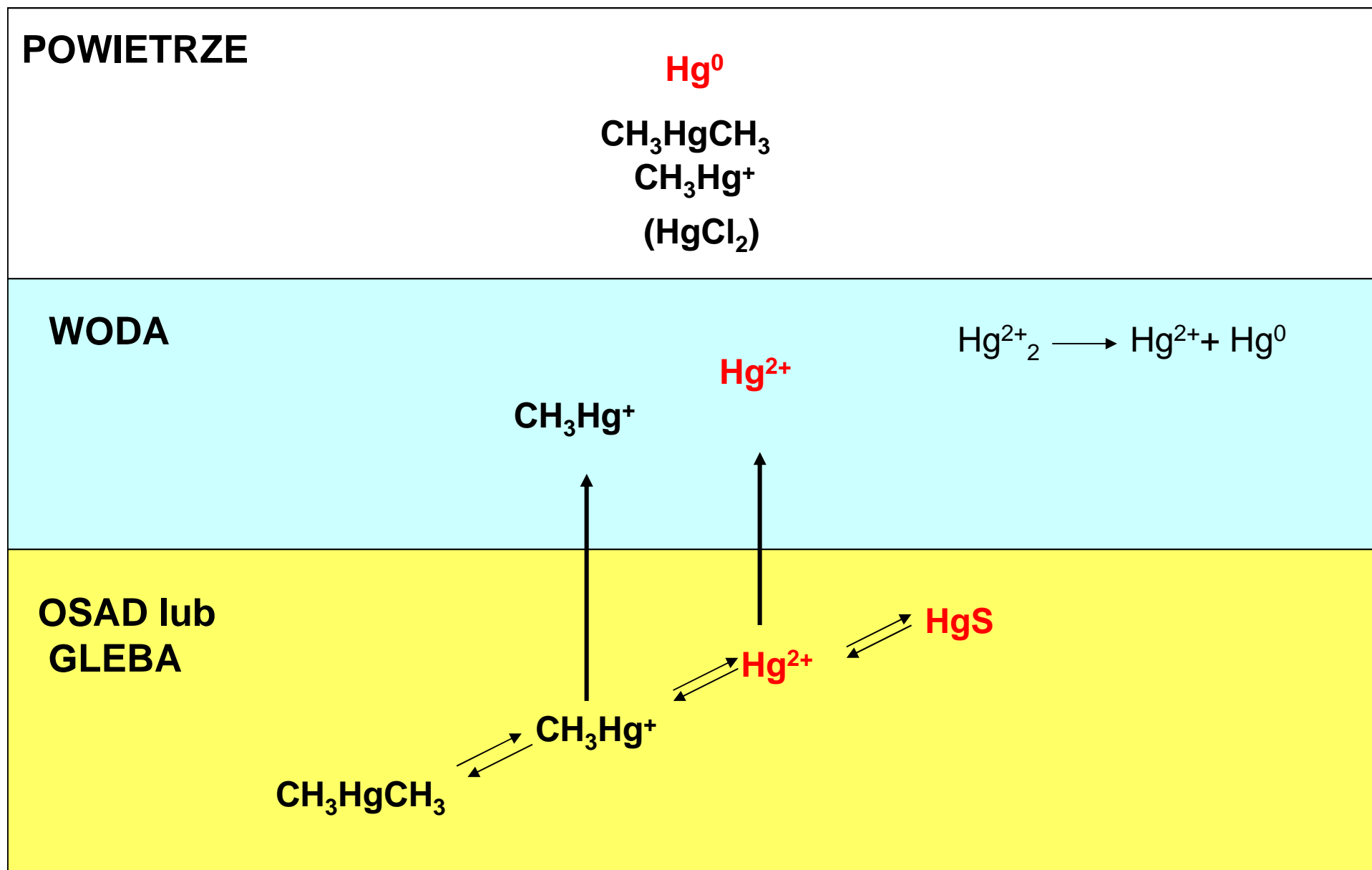
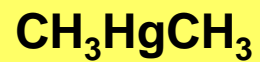
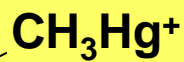
**POWIETRZE**

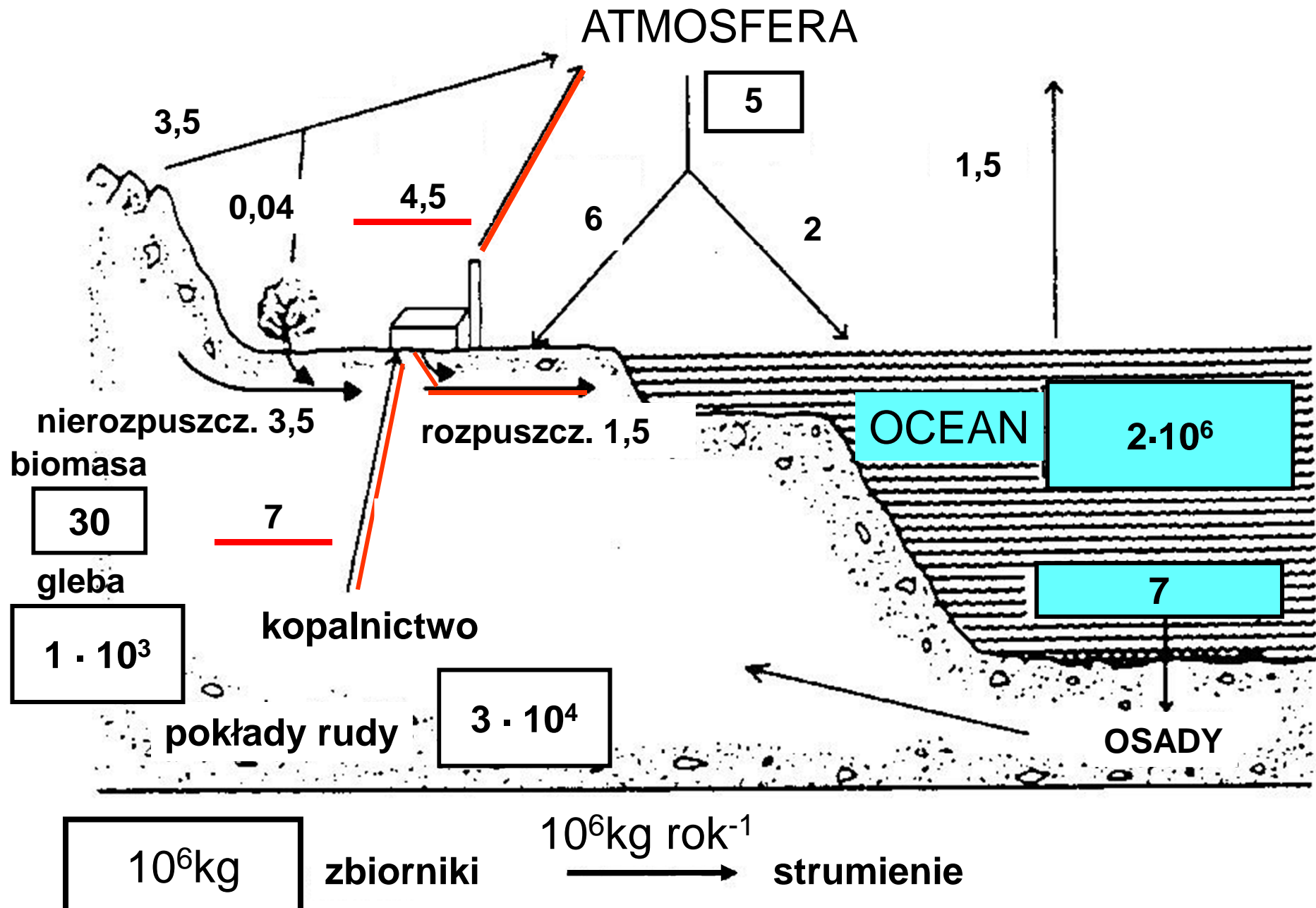


**WODA**



**OSAD lub  
GLEBA**

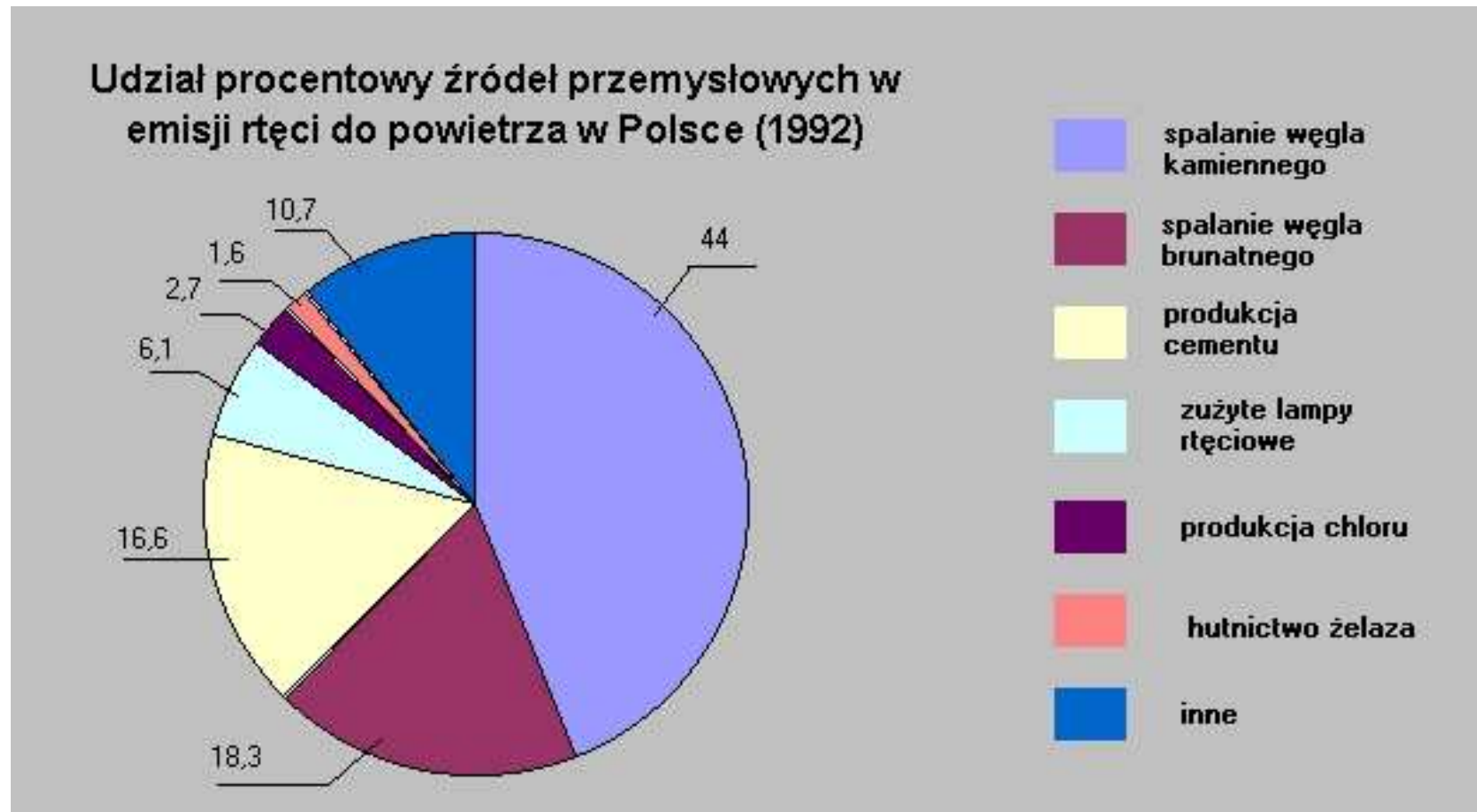




Globalny bilans rtęci



# RTEĆ



Mniszek 1992

OŁÓW

# OŁÓW

W litosferze

galenit  $\text{PbS}$



# OŁÓW

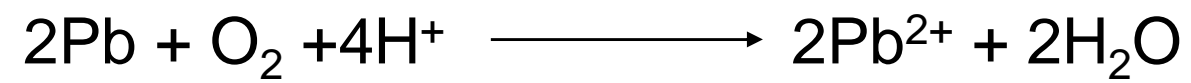
W organizmach żywych – ksenobiotyk

# OŁÓW

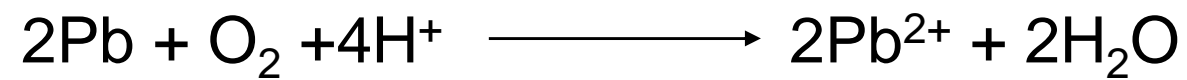
W organizmach żywych – ksenobiotyk

- wiąże się z grupami –SH enzymów
- hamuje reakcję syntezy hemu
- działa neurotoksycznie
- kumuluje się w kościach

# OŁÓW



# OŁÓW



nierozpuszczalne sole ołowiu:  $\text{PbCO}_3$ ,  $\text{PbSO}_4$

# OŁÓW

stabilne izotopy:

$^{204}\text{Pb}$ ,  $^{206}\text{Pb}$ ,  $^{207}\text{Pb}$   $^{208}\text{Pb}$



# OŁÓW

$^{204}\text{Pb}$  - ołów "pierwotny"

$^{206}\text{Pb}$ ,  $^{207}\text{Pb}$ ,  $^{208}\text{Pb}$  - ołów „wtórny”

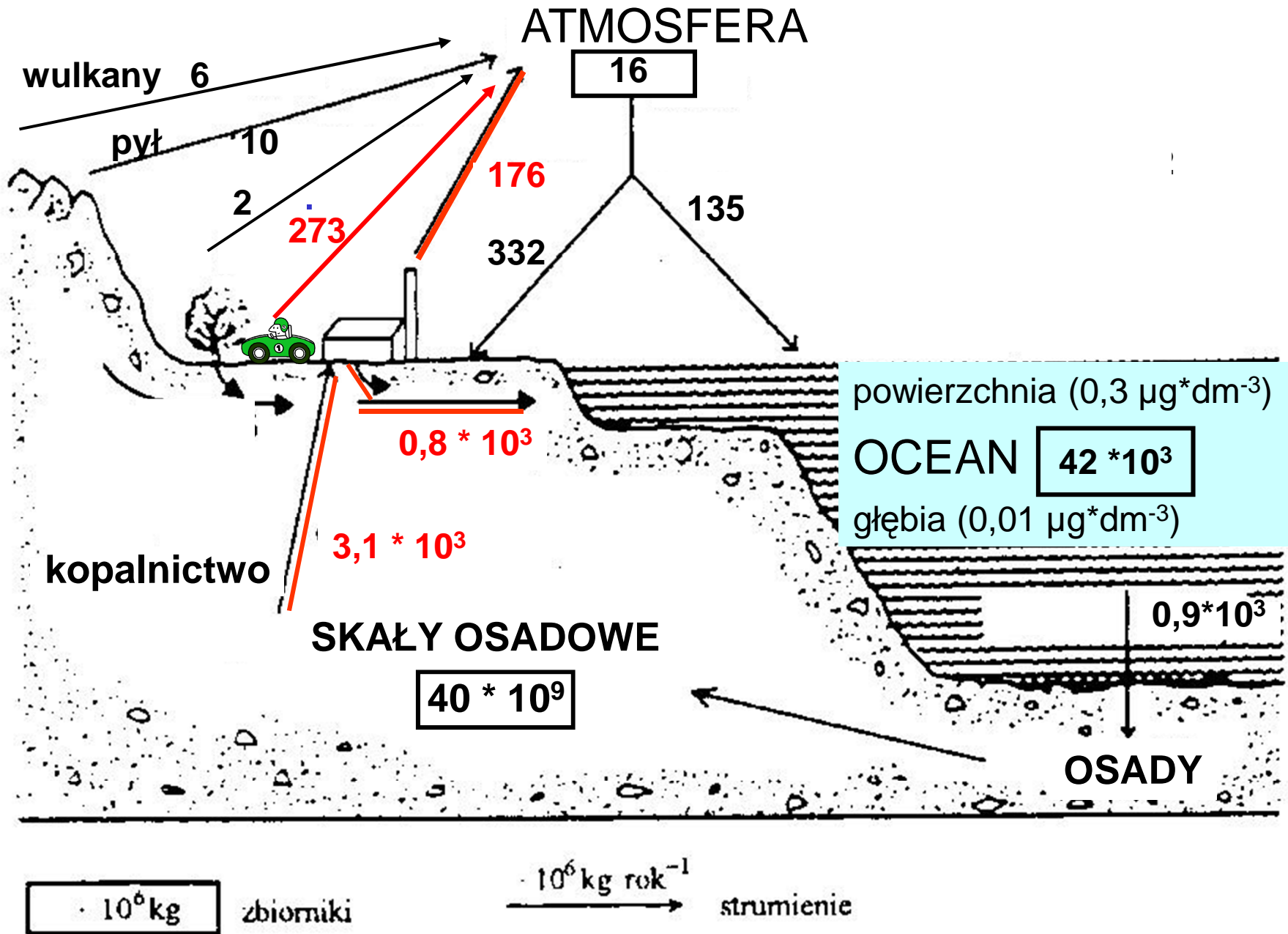
# OŁÓW

$^{204}\text{Pb}$  - ołów "pierwotny"

$^{206}\text{Pb}$ ,  $^{207}\text{Pb}$ ,  $^{208}\text{Pb}$  - ołów „wtórny”

↑  
↑  
rozpad uranu

↙  
rozpad toru



Globalny bilans ołowiu



**KADM**



# KADM

W litosferze

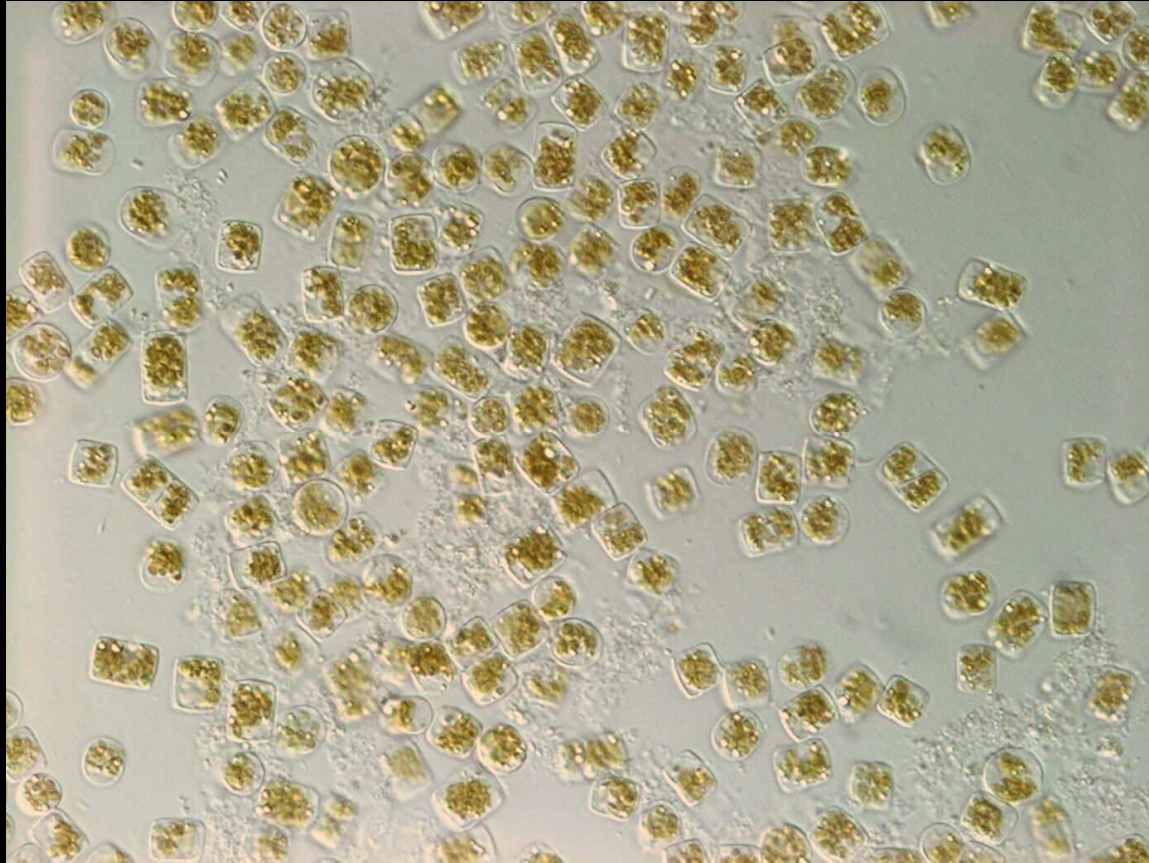
CdS - rzadki

stężenie w skorupie ziemskiej – 0,2 mg/kg

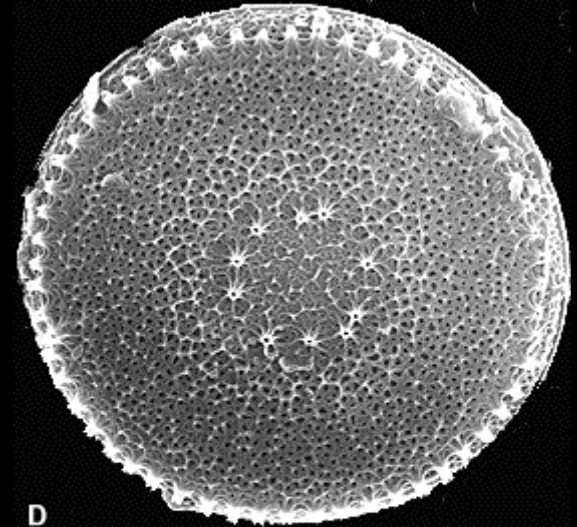
# KADM

W organizmach żywych – ksenobiotyk

# KADM



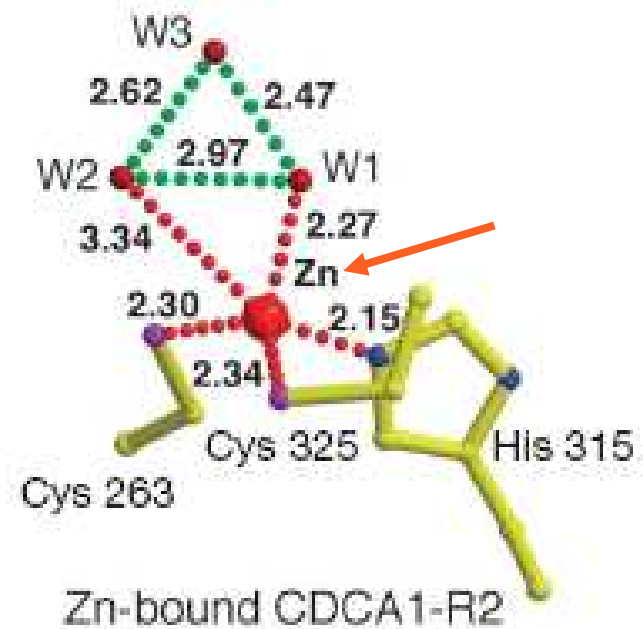
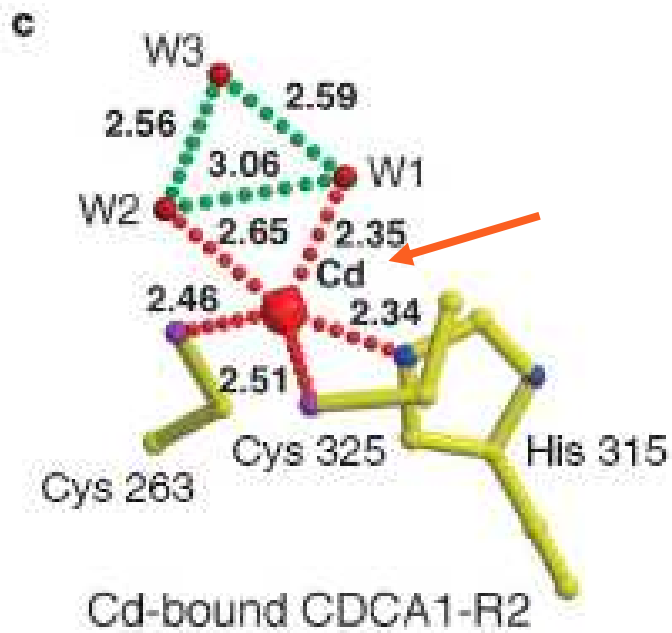
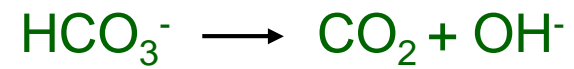
*Thalassiosira weissflogii*



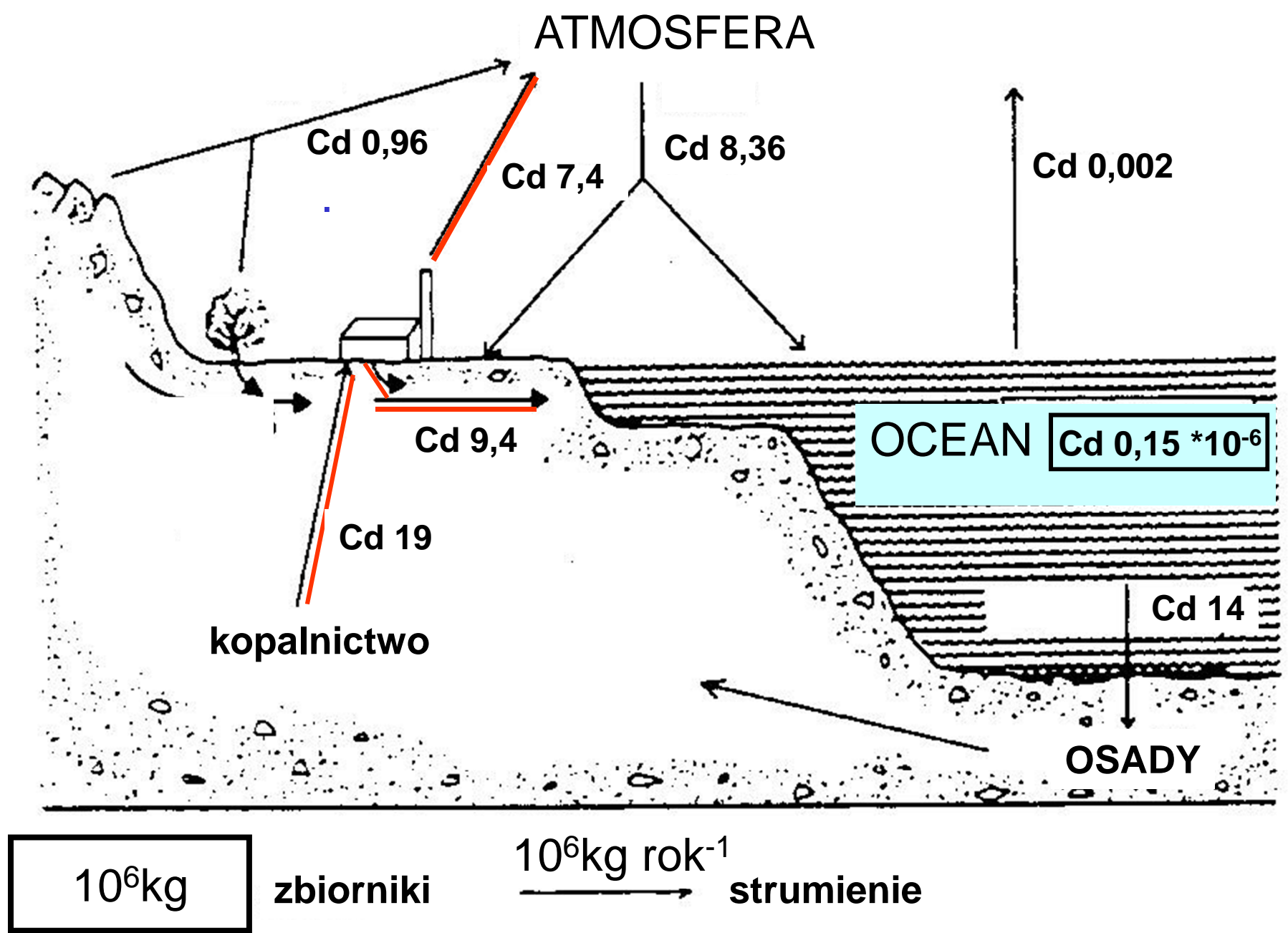
D

# KADM

anhydraza węglanowa







Globalny bilans kadmu



**CHROM**



# CHROM

W litosferze

- krzemiany
- $\text{FeCrO}_4$

# CHROM

W organizmach żywych

związek z metabolizmem:

- glukozy
- niektórych białek
- tłuszczu

**KOBALT**

# KOBALT

W litosferze

Siarczki

# KOBALT

W organizmach żywych

- składnik witaminy B<sub>12</sub> (transport grup metylowych)

# MOLIBDEN



# MOLIBDEN

W litosferze

Siarczki ( $\text{MoS}_2$ )

# MOLIBDEN

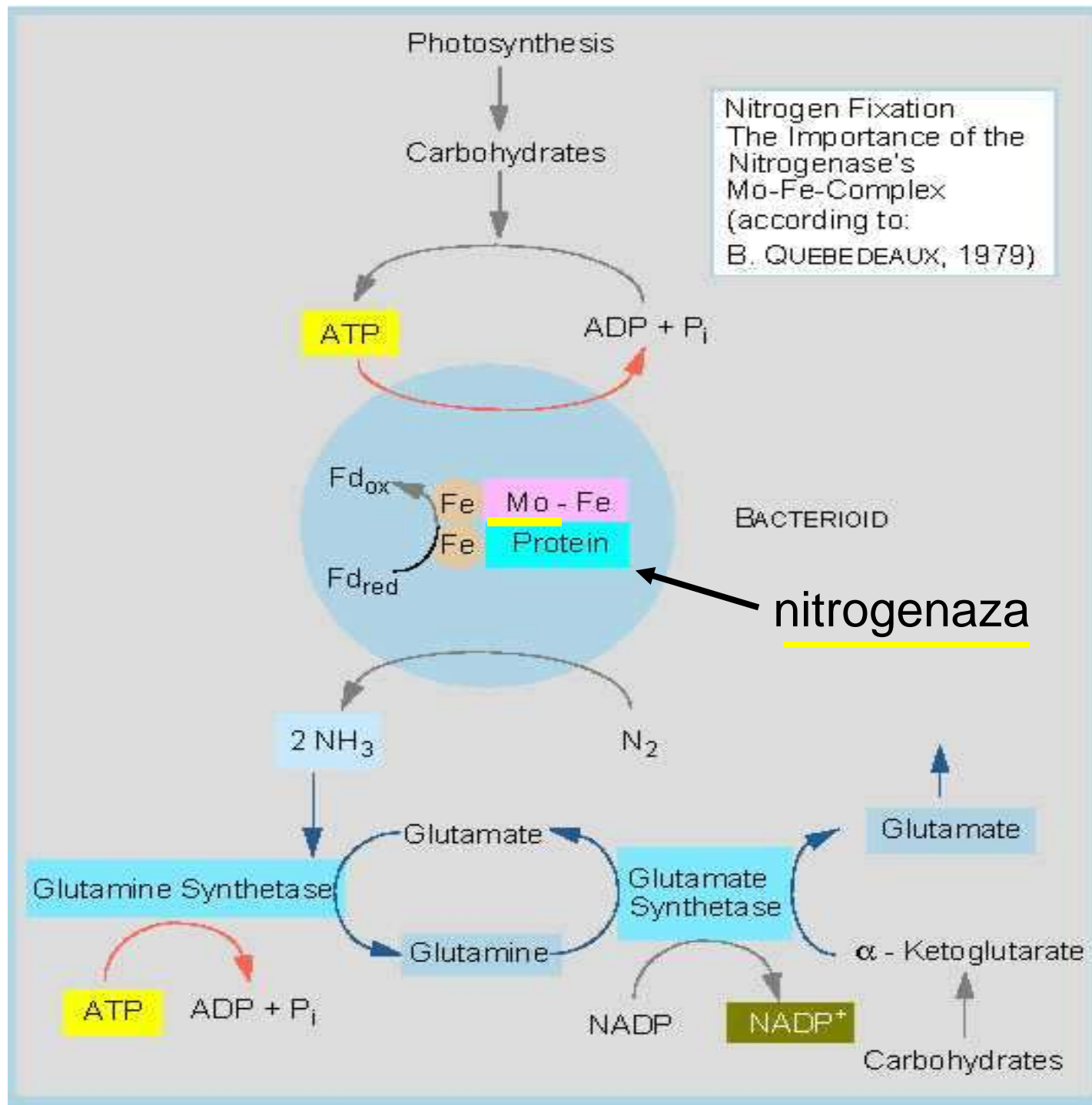
W organizmach żywych

-enzymy związane z reakcjami redoks ( $\text{Mo}^{4+}$ ,  $\text{Mo}^{6+}$ ):

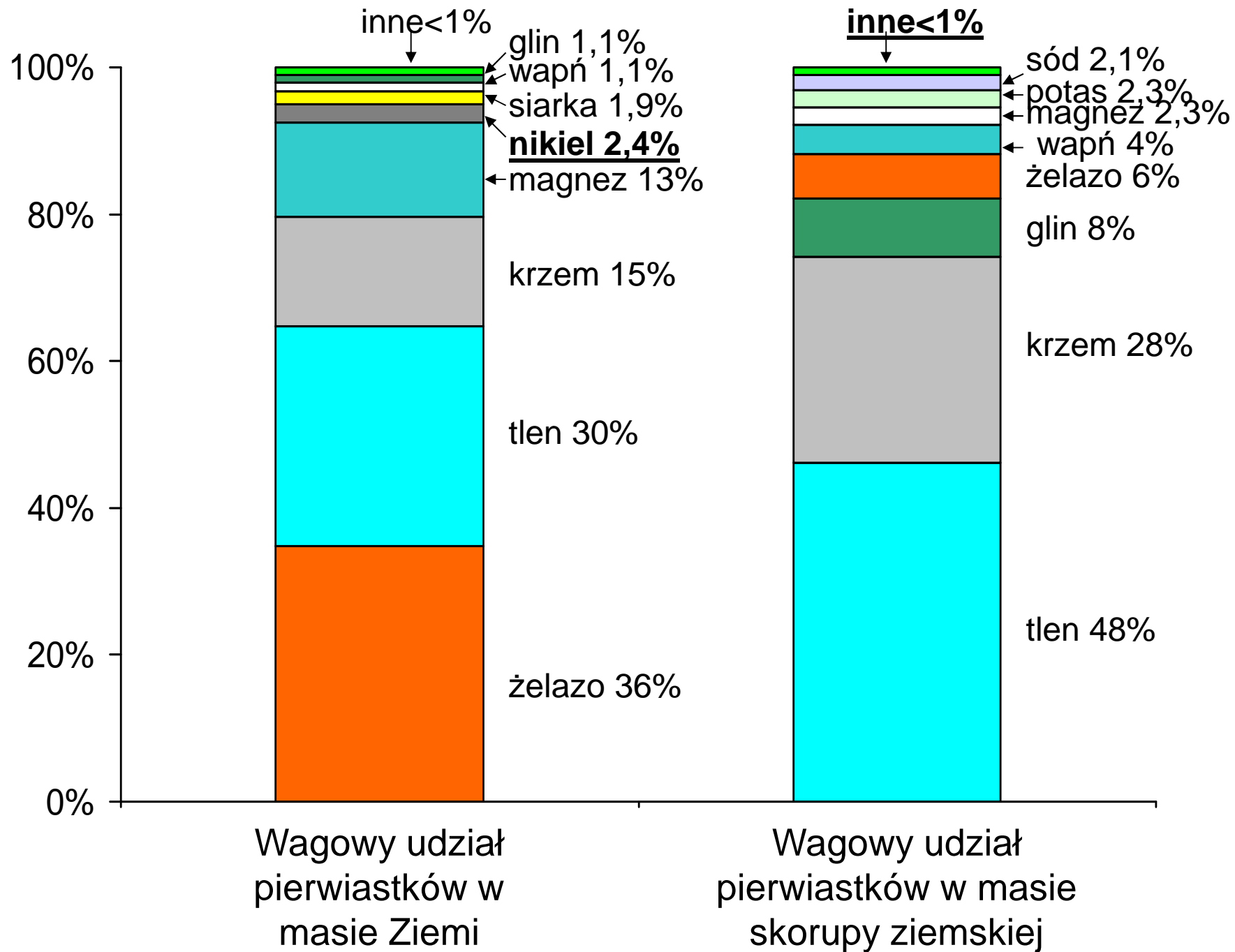
redukcja siarczanów

redukcja azotanów

nitrogenaza



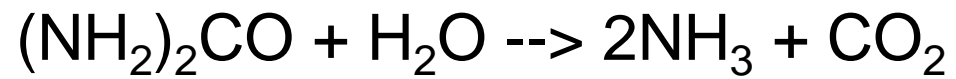
**NIKIEL**



# NIKIEL

W organizmach żywych

- enzym ureaza

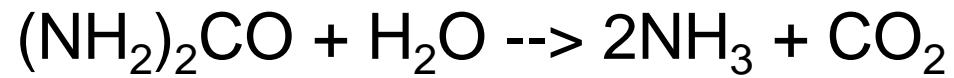


*mocznik*

# NIKIEL

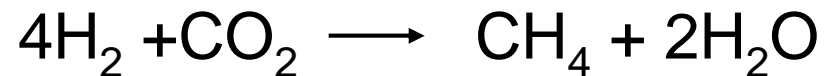
W organizmach żywych

- enzym ureaza



*mocznik*

- metanogeneza (koenzym F-430)



NIKIEL



*Berkheya coddii*

Anderson i Meech 2002



NIKIEL



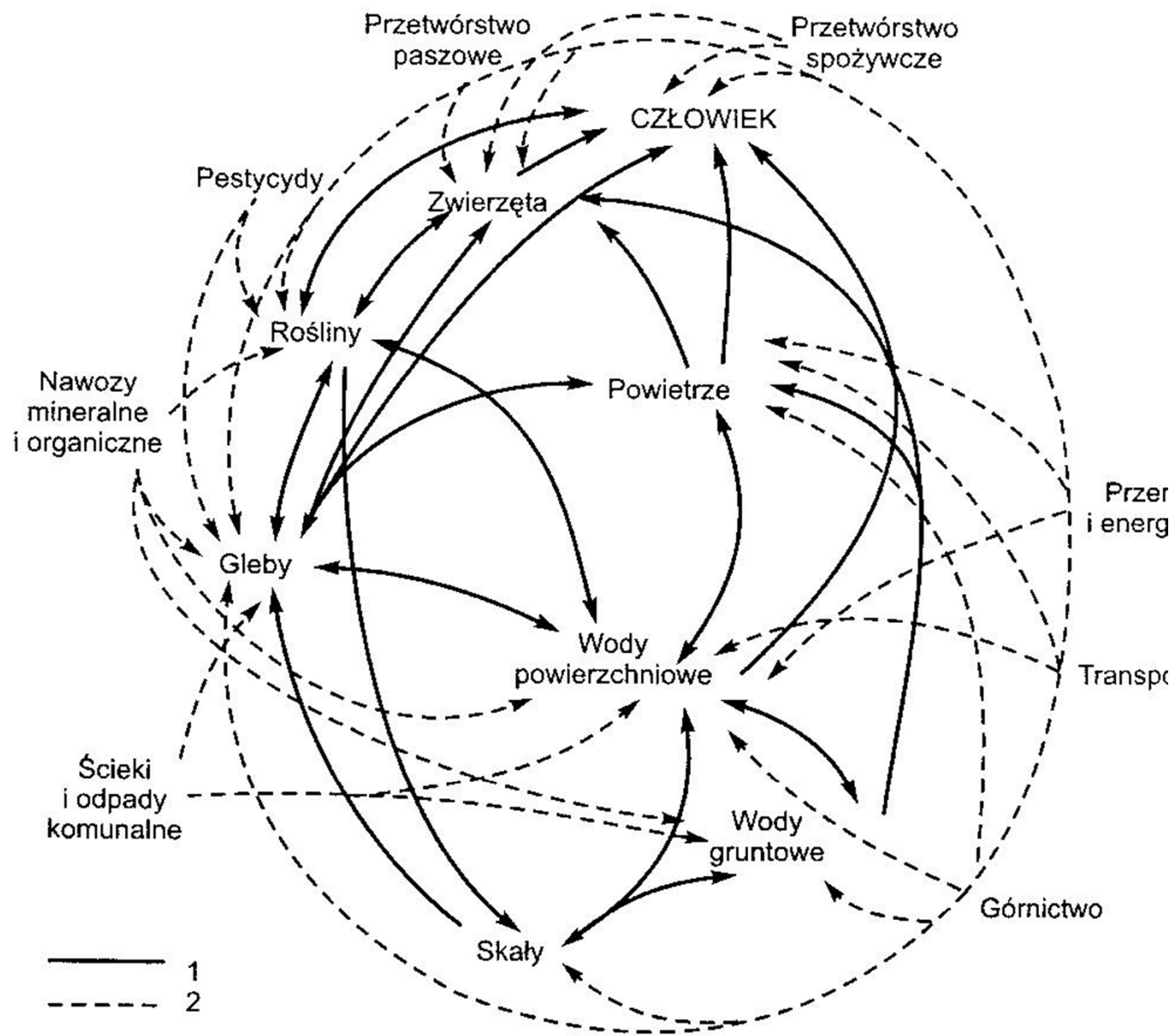
*Berkheya coddii*

Fot. Anderson i Meech 2002



*Chrysolina pardalina* (Chrysomelidae)

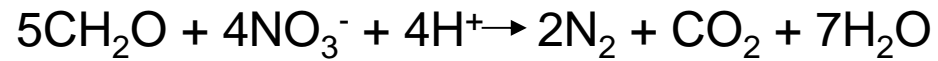
Fot.  
[131.230.176.4/cgi-bin/dol/dol\\_terminal.pl?taxon](http://131.230.176.4/cgi-bin/dol/dol_terminal.pl?taxon)



Rys. 15. Schemat wpływu działalności człowieka na naturalny obieg pierwiastków śladowych w ścisłym przyrodniczym  
 1 — obieg naturalny, 2 — wpływ antropogeniczny

## Cykl azotu

### Denitryfikacja

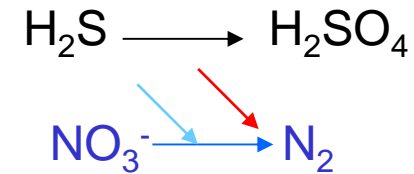


(*Bacillus*, *Spirillum*, *Thiobacillus denitrificans*)

## Cykl siarki

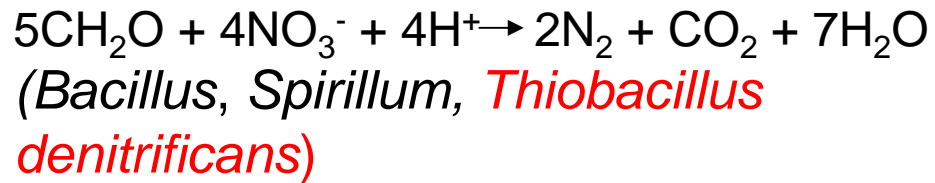
### Chemoautotrofy obligatoryjne

*Thiobacillus denitrificans*



## Cykl azotu

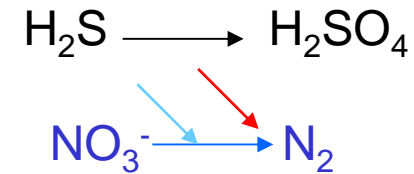
Denitryfikacja



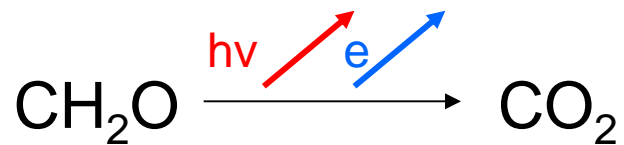
## Cykl siarki

Chemoautotrofy obligatoryjne

*Thiobacillus denitrificans*



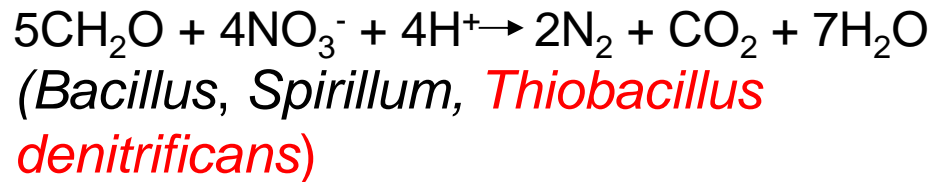
## Cykl węgla



## Cykl tlenu!

## Cykl azotu

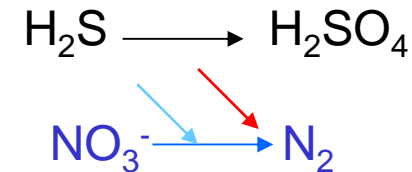
Denitryfikacja



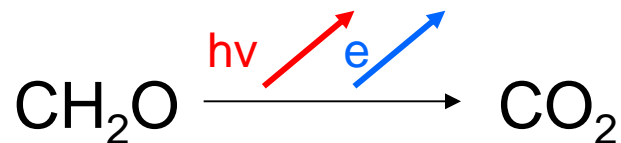
## Cykl siarki

Chemoautotrofy obligatoryjne

*Thiobacillus denitrificans*



## Cykl węgla



## Cykl tlenu!

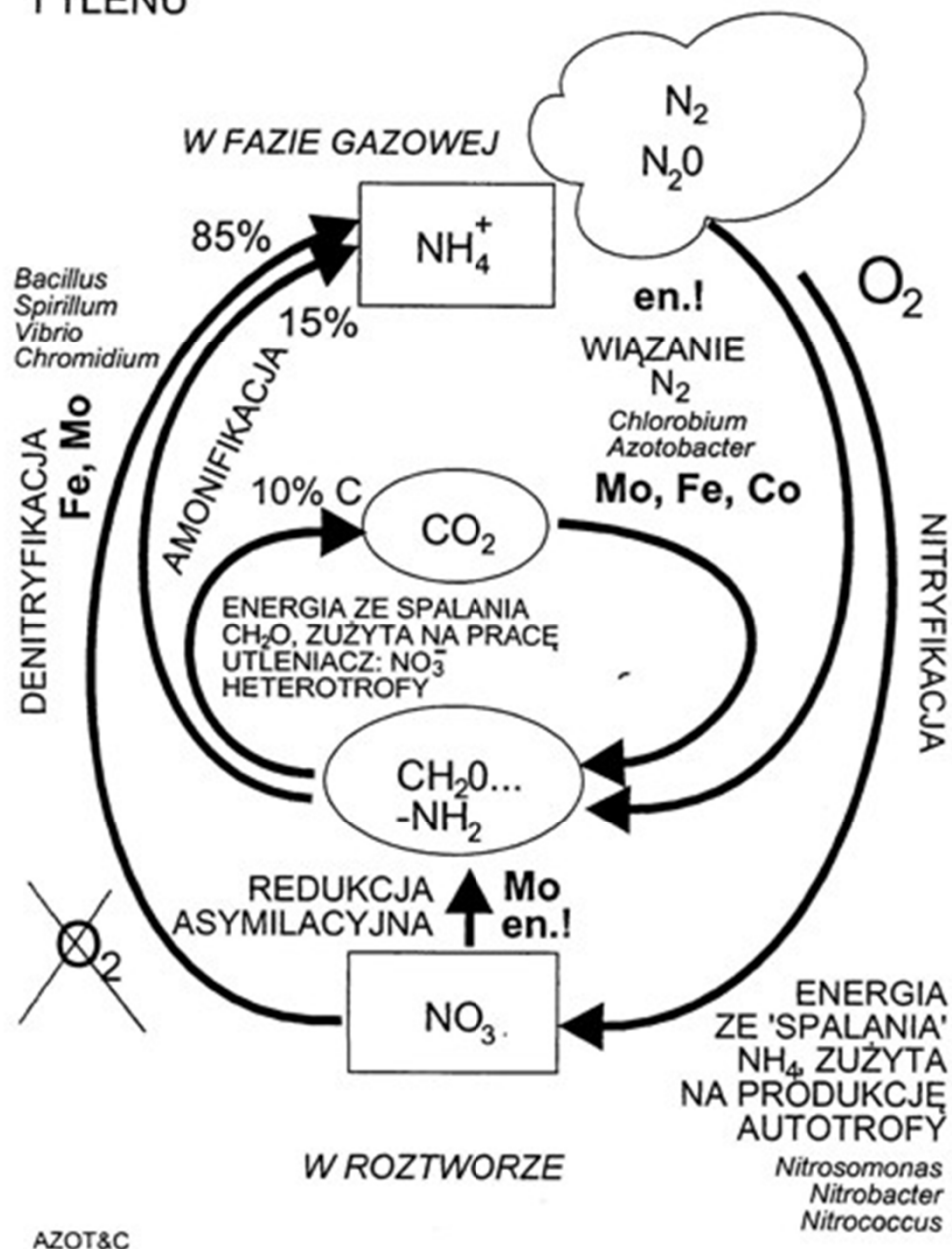
### Metale

Enzymy reduktazy zawierają Fe, Mo (denitryfikacja)

wiązanie  $\text{N}_2$  - Fe, Mo (nitrogenaza) Co

Ni – ureaza, koenzym F-430

POWIĄZANIE OBIEGU AZOTU  
Z OBIEGIEM WĘGLA  
I TLENU



## CYKL WAPNIA POWIĄZANY Z CYKLEM WĘGLA

2. Osadzanie węglanu wapnia (w morzu)

