

EKOLOGIA OGÓLNA

WBNZ 884

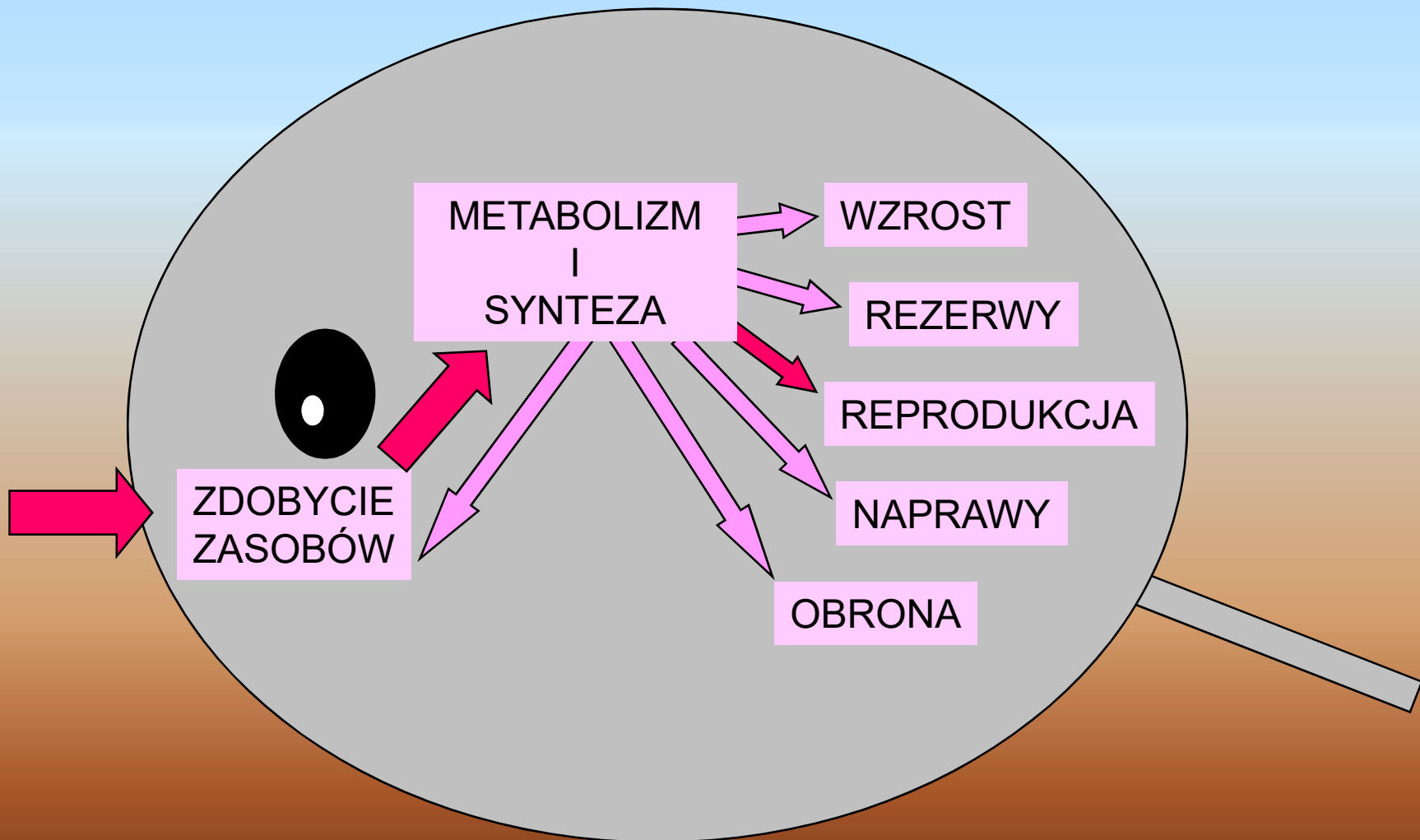
Wykład 13

EKOLOGIA OSOBNIKA:

BIOENERGETYKA

I STECHIOMETRIA

ALOKACJA ZASOBÓW

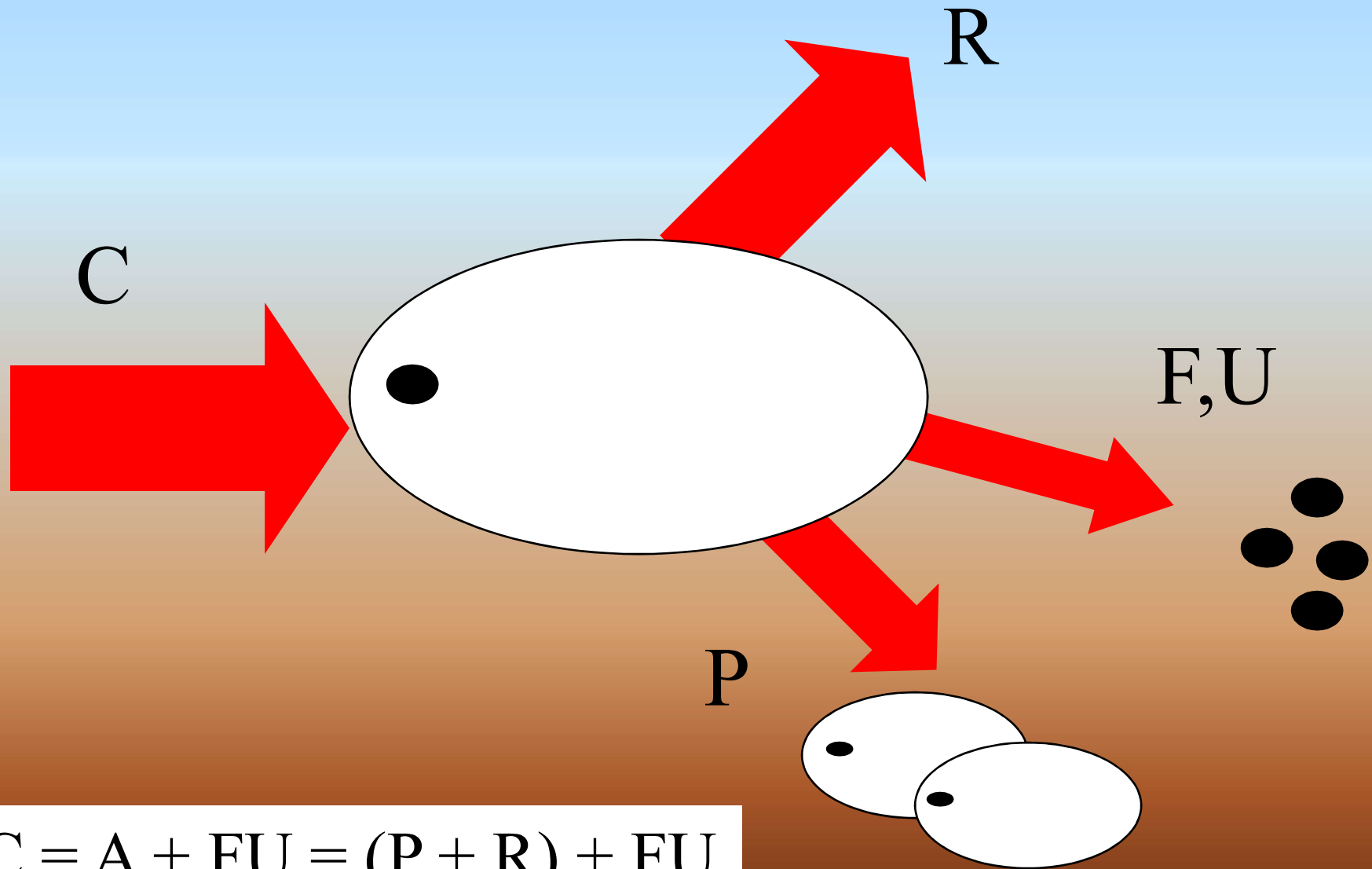


organizm neodarwinowski

STRATEGIA EWOLUCYJNA

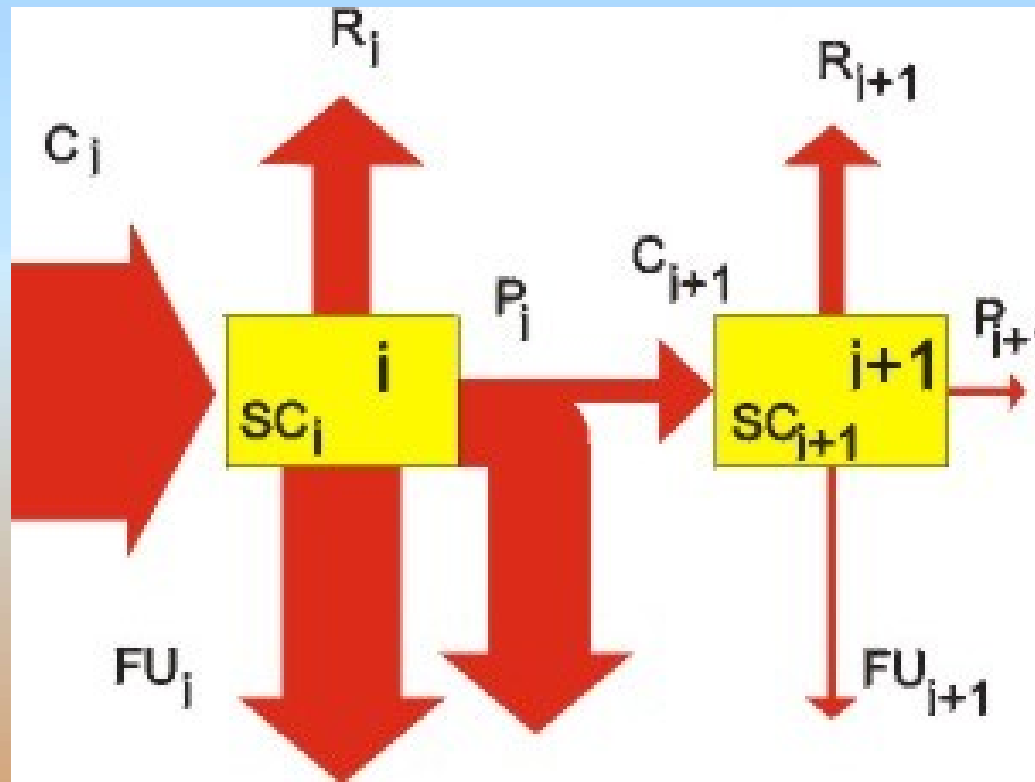
- CEL GŁÓWNY: MAKSYMALIZACJA **DOSTOSOWANIA** („liczba wnuków”);
- DOBÓR OPTYMALNYCH ŚRODKÓW (w danych warunkach) DO OSIĄGNIĘCIA GŁÓWNEGO CELU;
- OPTYMALIZACJA: BILANS ZYSKÓW I STRAT; KOMPROMIS („trade-off”);
- WARUNKI (ograniczenia):
 - fizyczne
 - biotyczne (interakcje)
 - historyczne (optimum zawsze lokalne)

BILANS ENERGETYCZNY ORGANIZMU



$$C = A + FU = (P + R) + FU$$

„WYDAJNOŚCI EKOLOGICZNE”



$C_{i+1}/C_i =$ wydajność ekologiczna (Lindemann)

$P/C =$ wydajność produkcji (brutto)

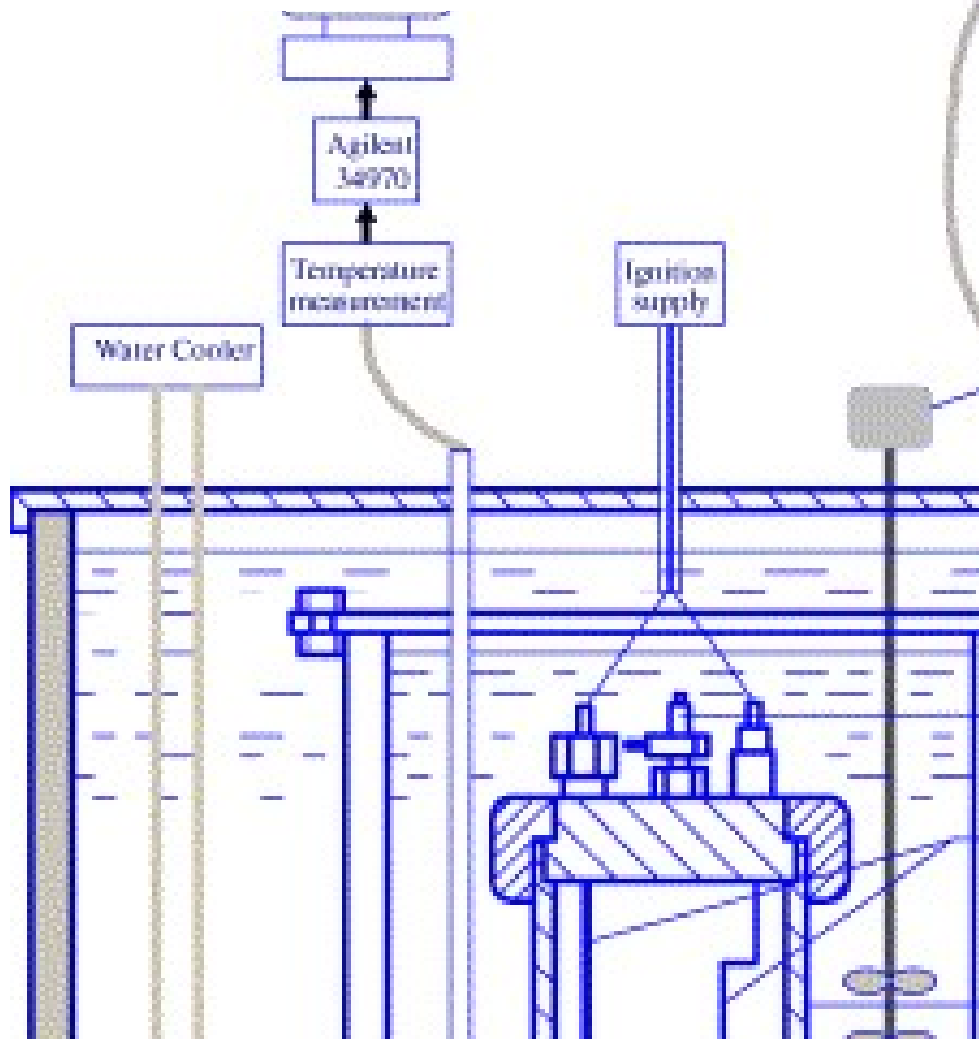
$P/(C-FU) = P/A =$ wydajność wzrostu (netto)

$A/C =$ wydajność asymilacji

Metody bioenergetyczne

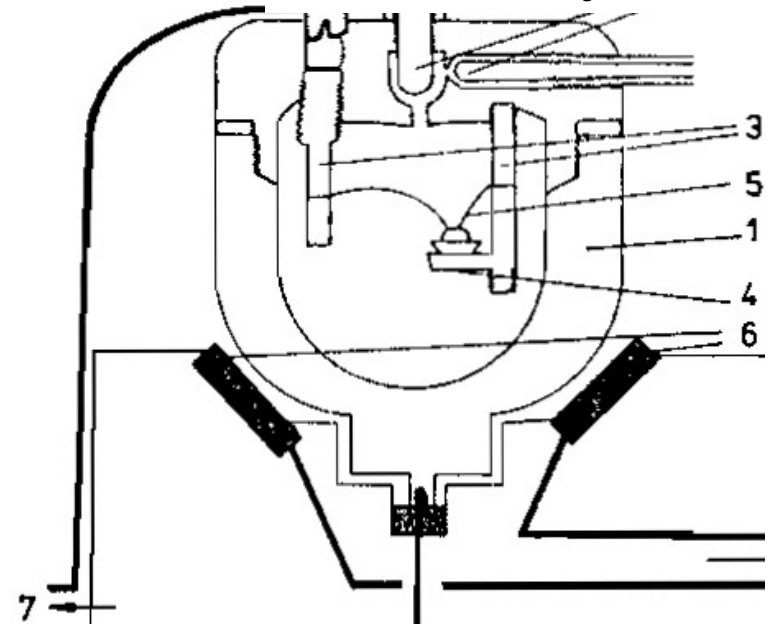
- Kalorymetria (bomba kalorymetryczna, mikrobomba)
- Metody żywienia
- Respirometria
- Metody izotopowe
- Radiotelemetria
- Symulacja komputerowa budżetów energetycznych

Kalorymetr adiabatyczny

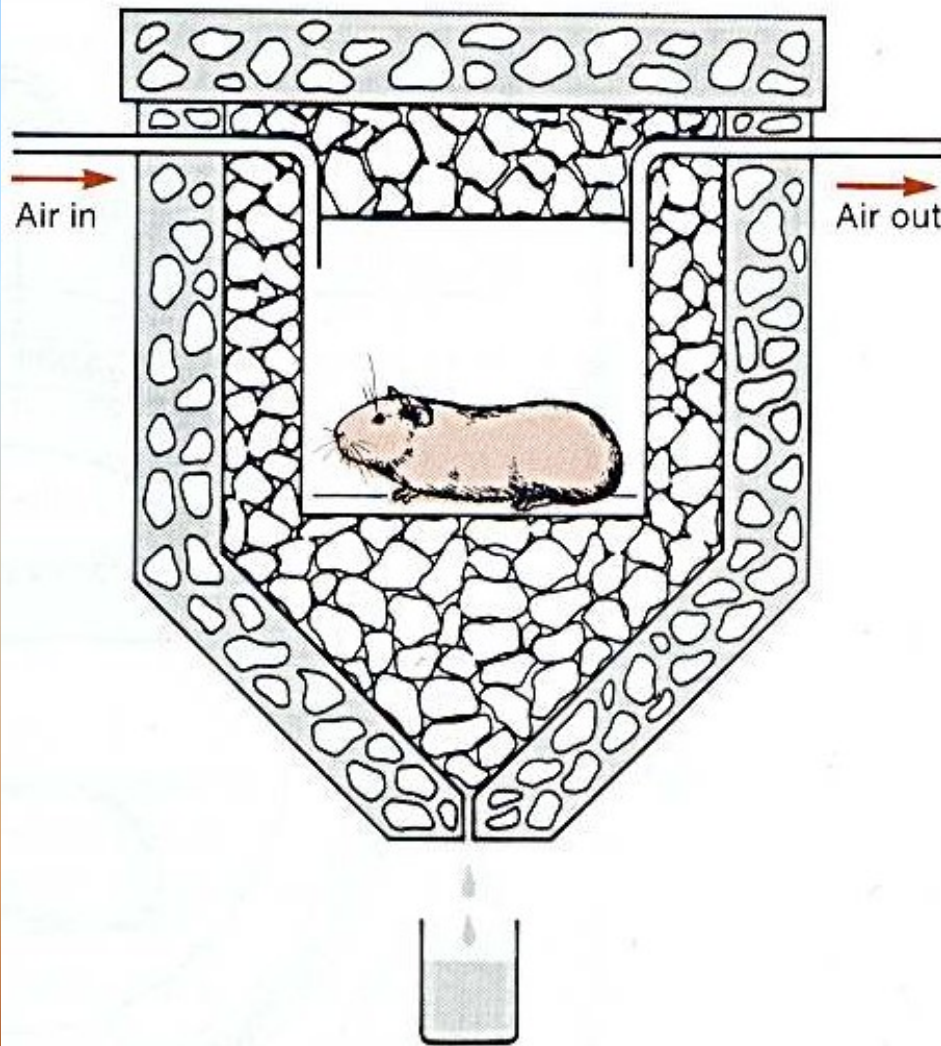


POMIAR CIEPŁA SPALANIA
(WARTOŚCI KALORYCZNEJ)
MATERIAŁÓW
BIOLOGICZNYCH

Mikrokalorymetr



KALORYMETR LAVOISIERA



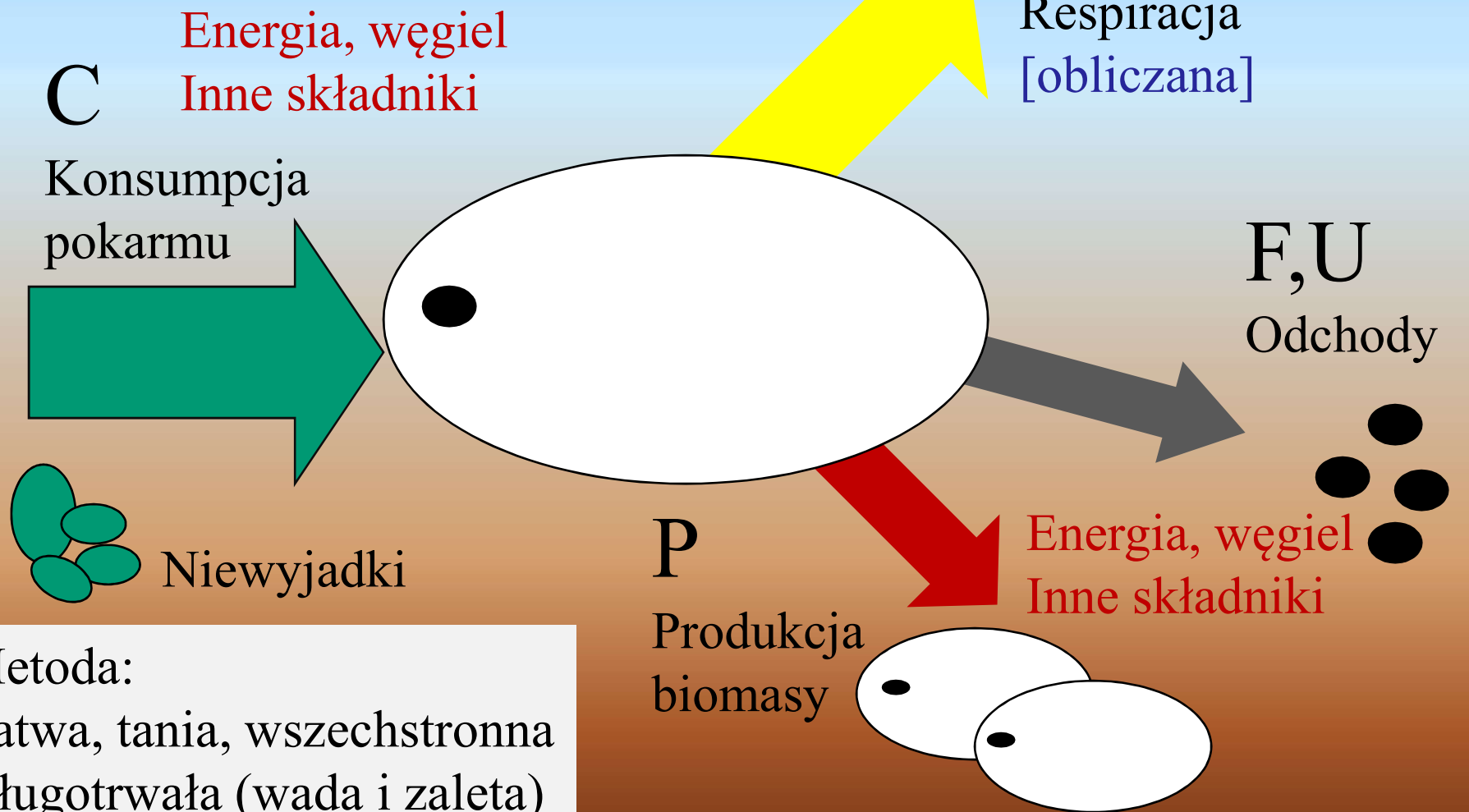
POMIARY METABOLIZMU

1. KALORYMETRYCZNE
2. RESPIROMETRYCZNE
3. IZOTOPOWE
4. ŻYWIENIOWE



METODA BILANSU POKARMOWEGO

$$C = A + FU = (P + R) + FU$$

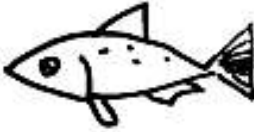



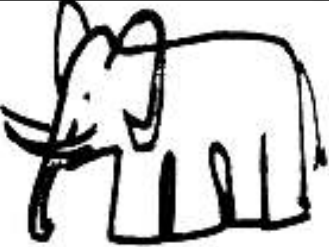


Metoda:

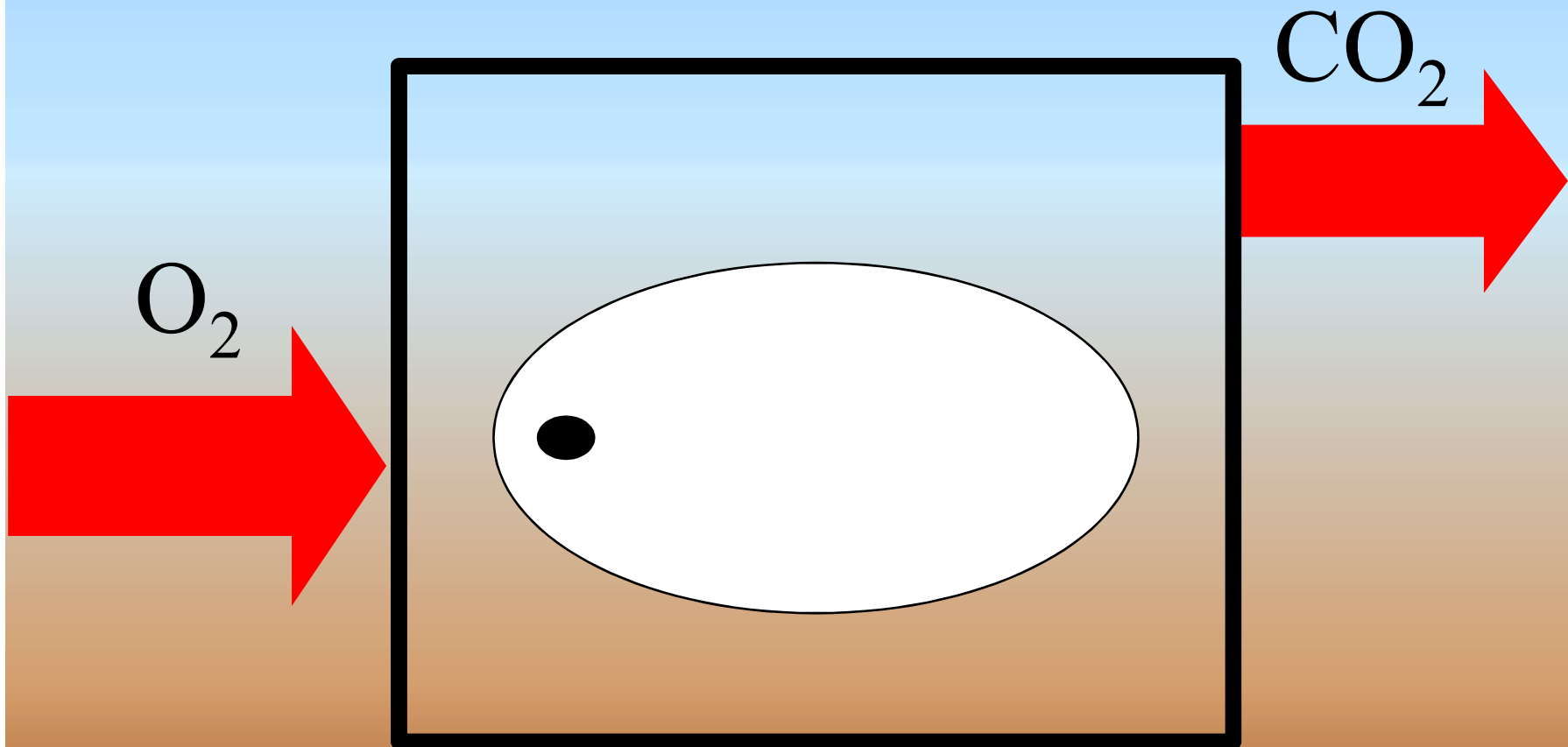
Łatwa, tania, wszechstronna
Długotrwała (wada i zaleta)

Sztuczne warunki

„WYDAJNOŚĆ” PRODUKCJI I ASYMILACJI (%)

ORGANIZMY	P/A	P/C	A/C
	35 45	32 28	92 62
	37 37	10 14	27 37
	2,3	2,2	96
	5,2	4,2	81
	1,5	0,48	32

METODA RESPIRPMETRYCZNA



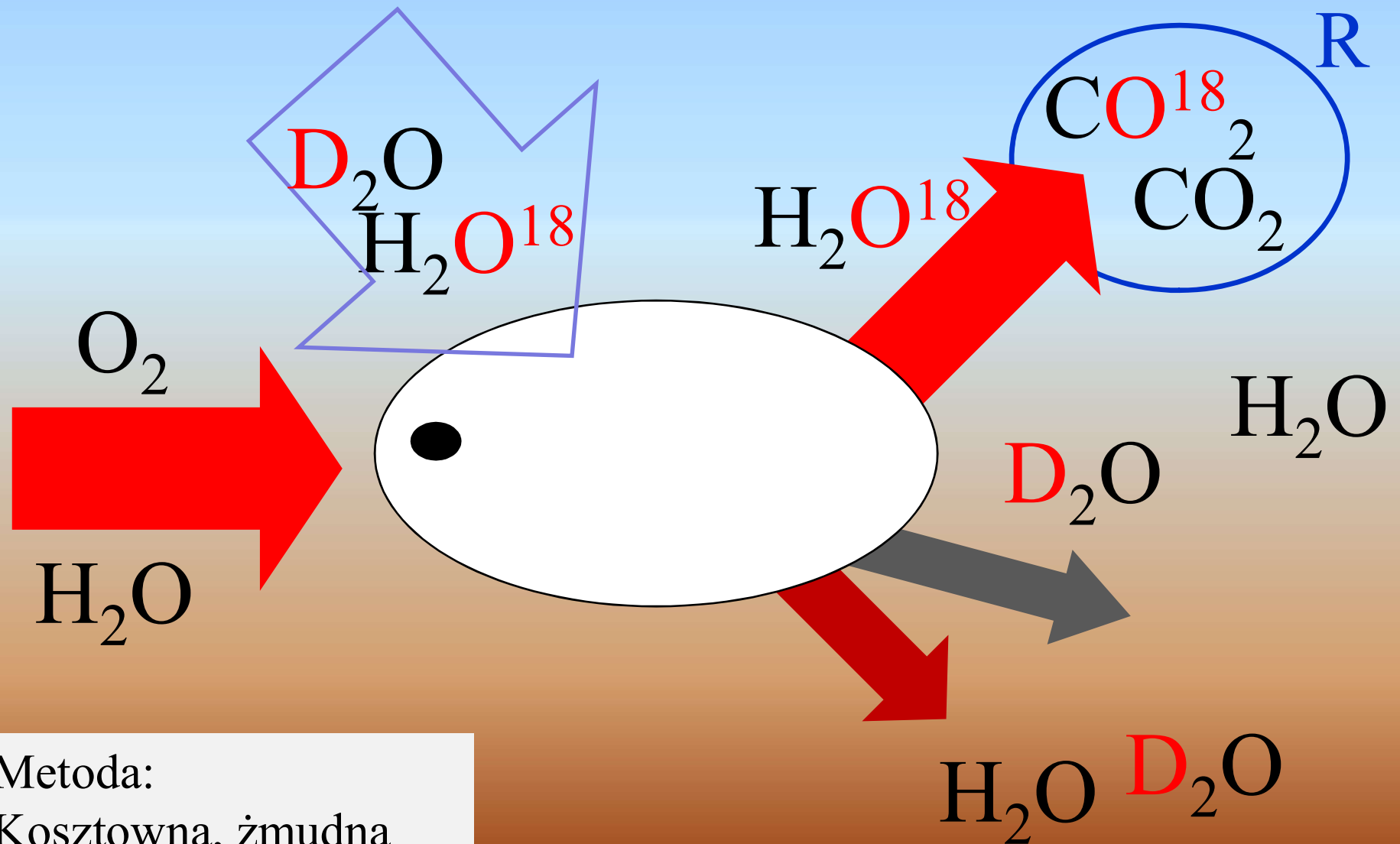
Metoda:

Kosztowna, wąski zakres

Krótkotrwałe pomiary

Sztuczne warunki

METODA „CIĘŻKIEJ WODY” („DLW”)



Metoda:

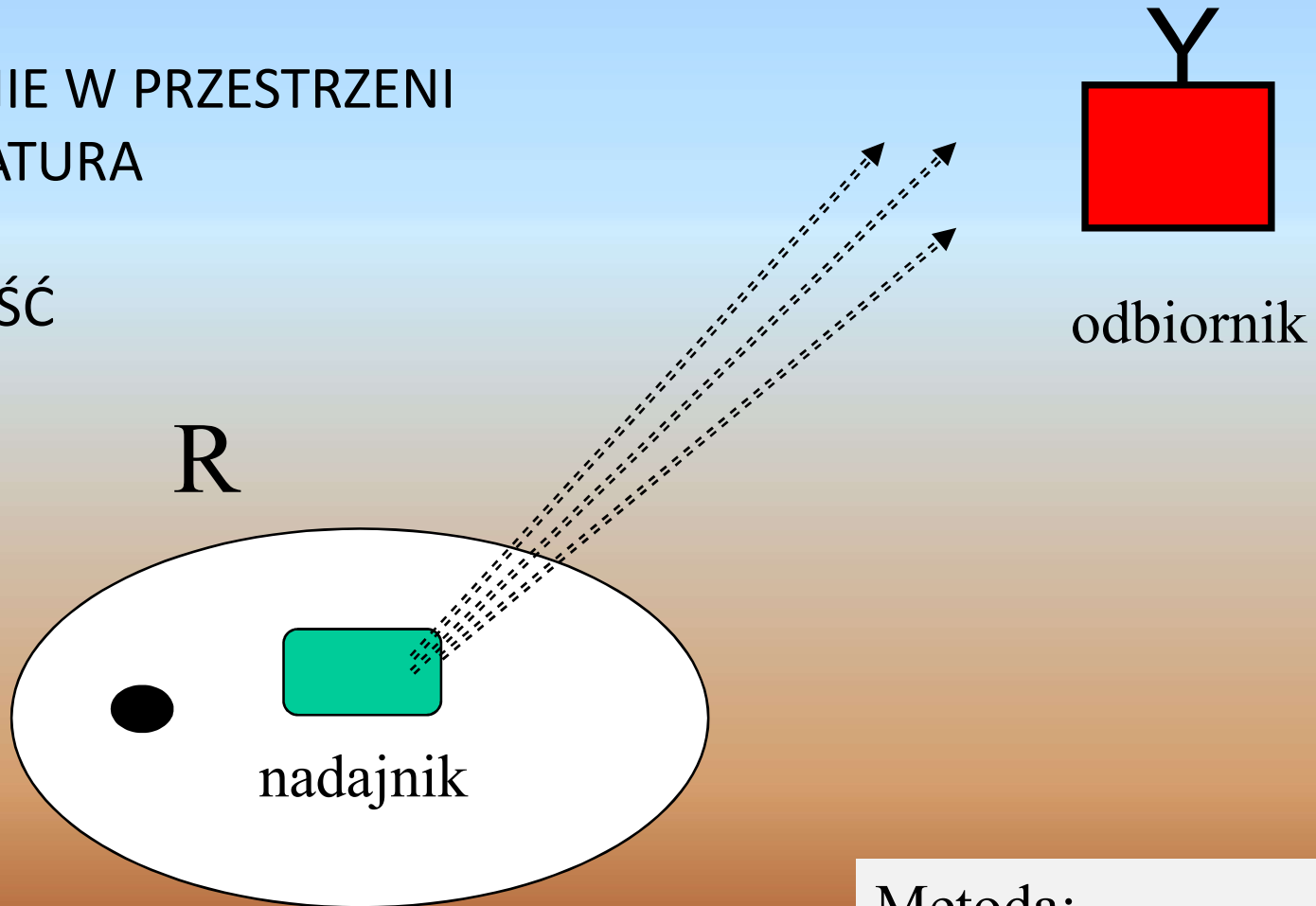
Kosztowna, żmudna

Długotrwałe pomiary

Naturalne warunki !!!

METODY TELEMETRYCZNE

POŁOŻENIE W PRZESTRZENI
TEMPERATURA
TĘTNO
ATYWNOŚĆ
.....



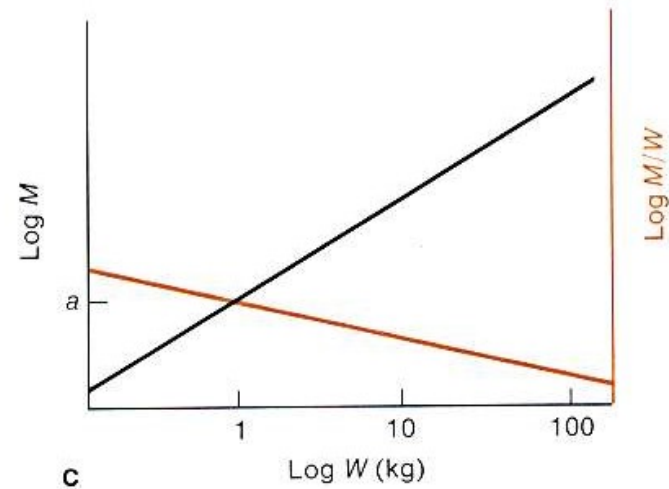
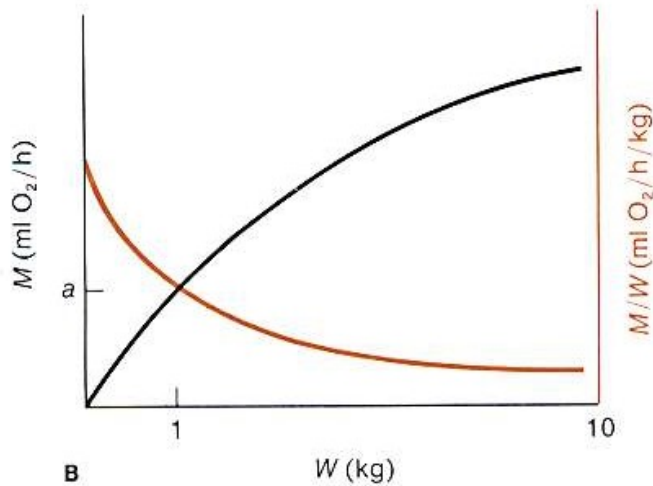
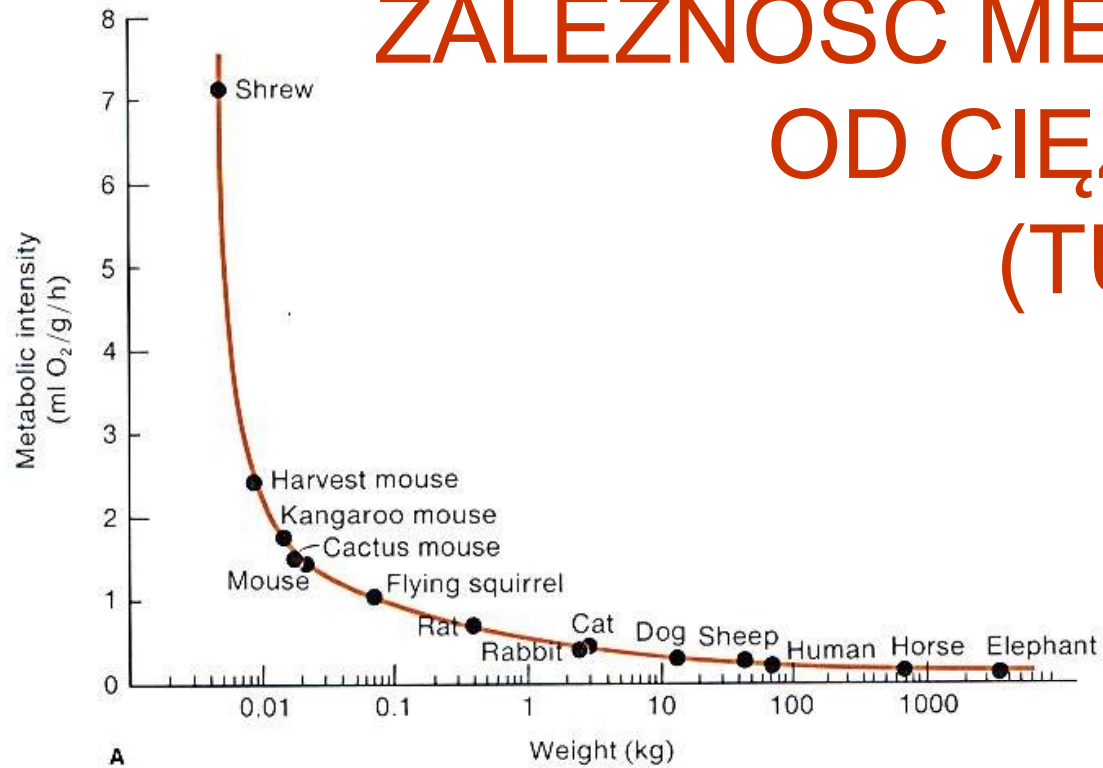
Metoda:

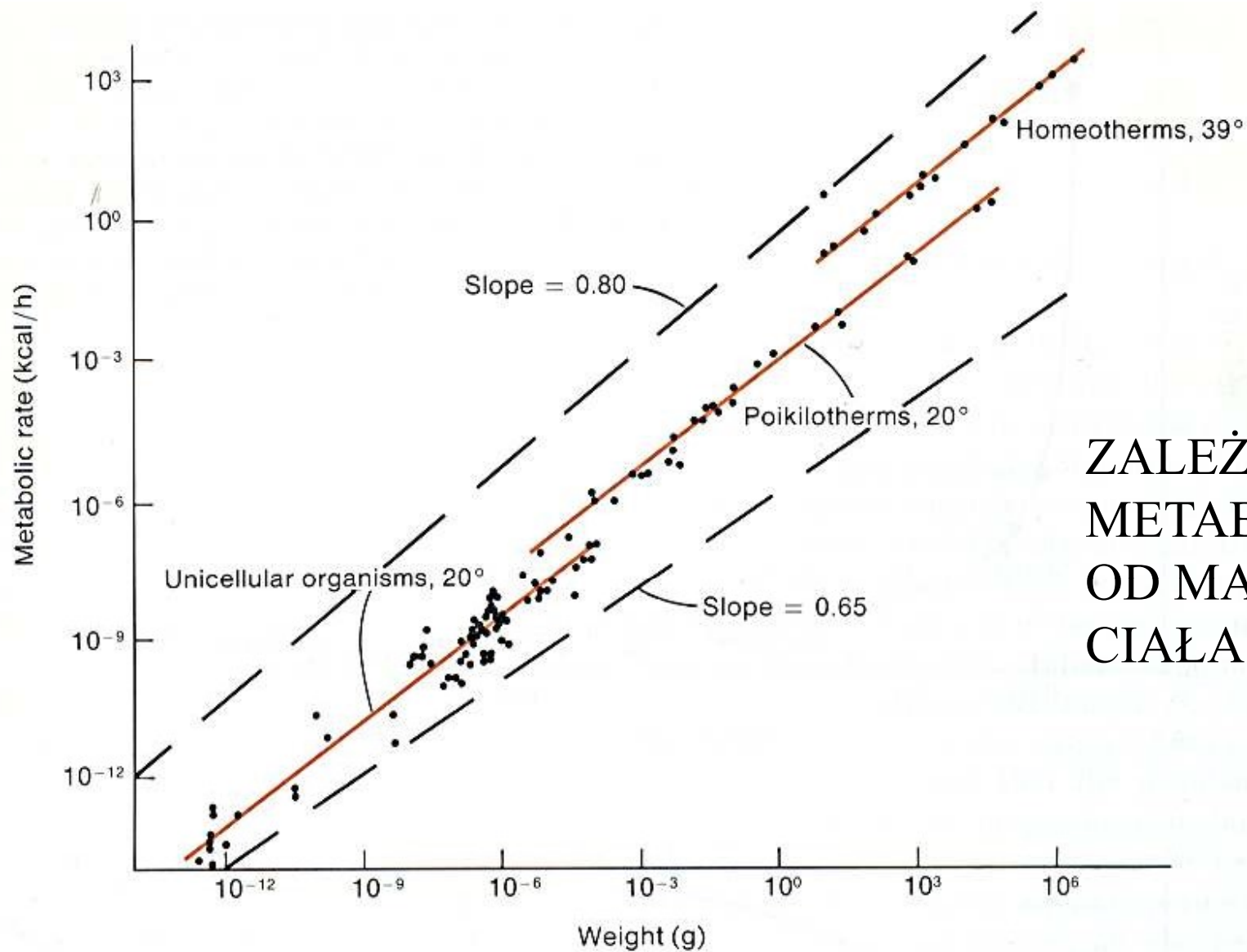
Kosztowna, wąski zakres

Długotrwałe pomiary

Naturalne warunki !!!

ZALEŻNOŚĆ METABOLIZMU OD CIĘŻARU CIAŁA (TU: SSAKÓW)

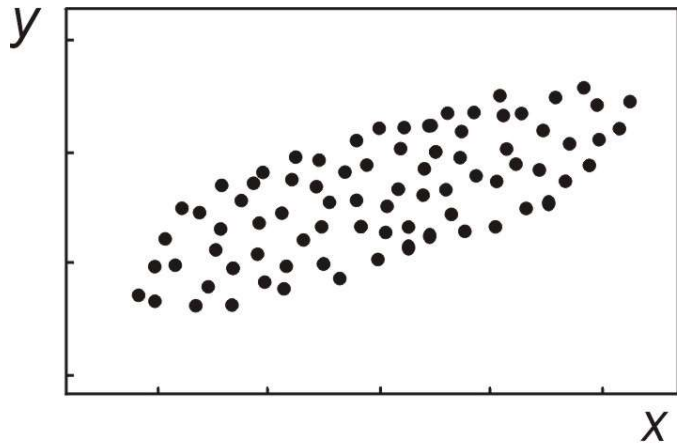




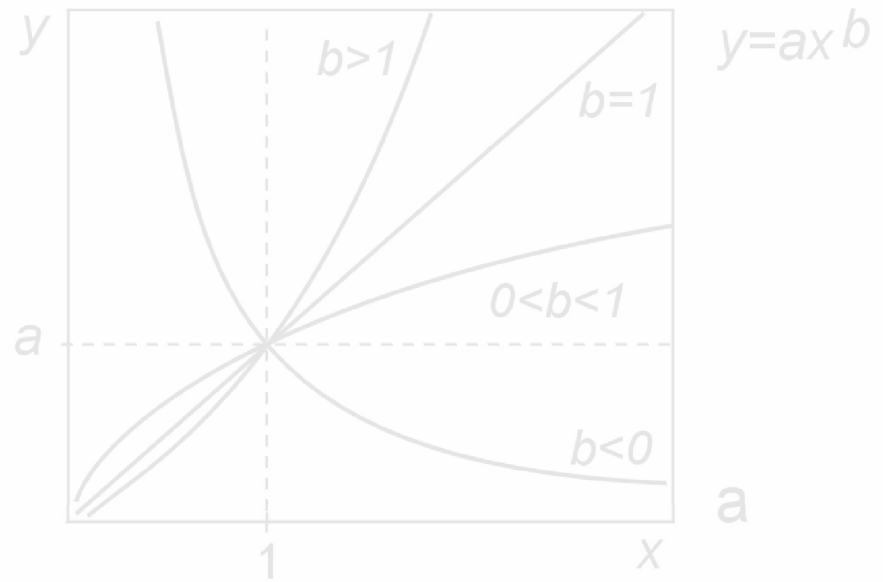
ZALEŻNOŚĆ METABOLIZMU OD MASY CIAŁA

16-7 Minimal metabolic rates of unicellular organisms, poikilotherms, and homeotherms are related to body weight by similar exponents. The solid lines all represent exponents of 0.75. The vertical position of each group on the graph is related to the coefficient a in Equation 16-2. [Hemmingsen, 1969.]

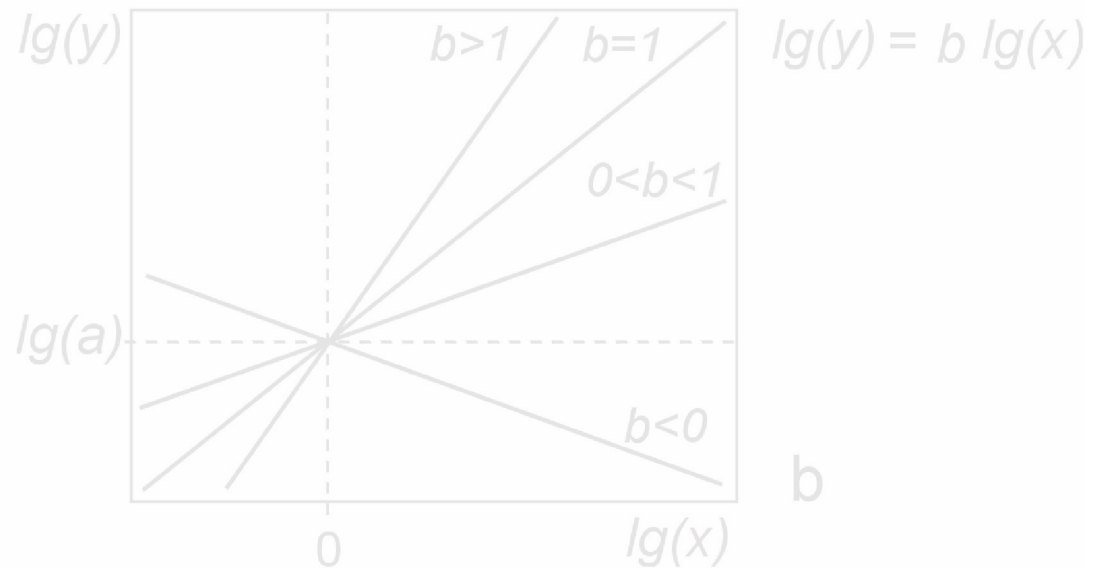
tzw. AL(L)OMETRIA



a

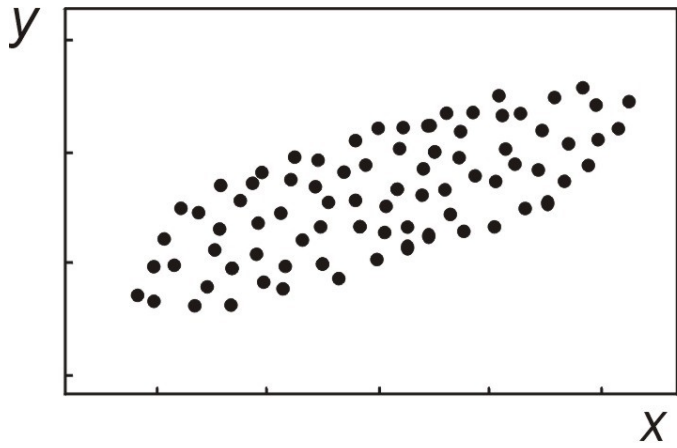


a

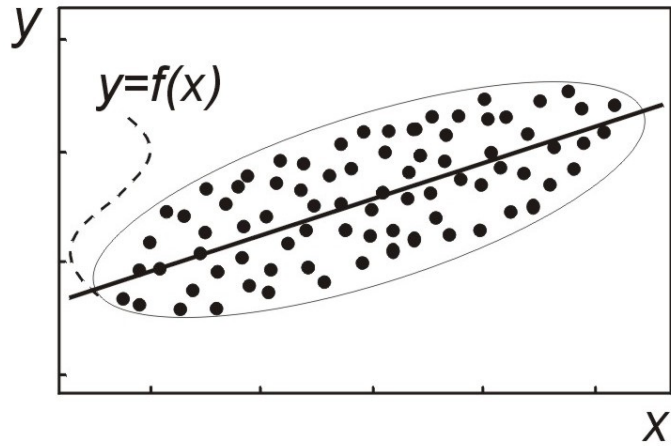


b

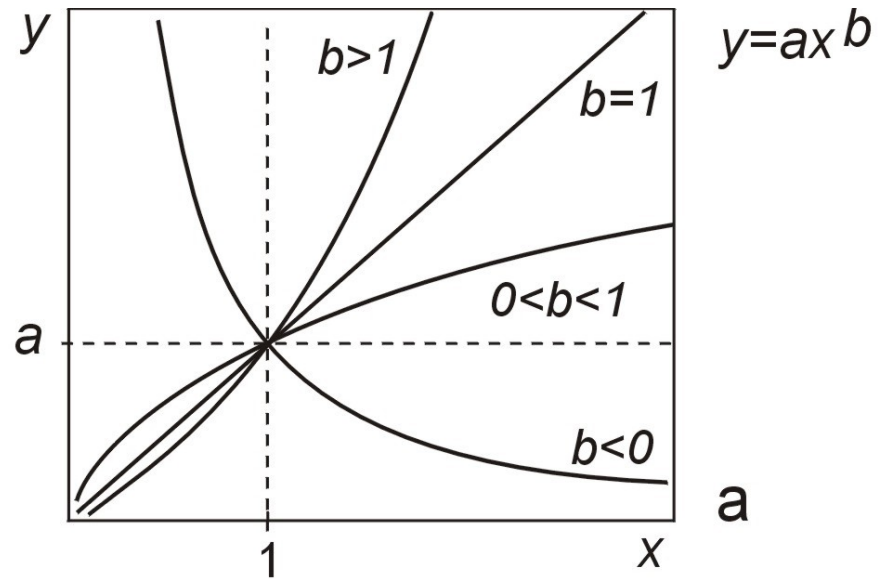
tzw. AL(L)OMETRIA



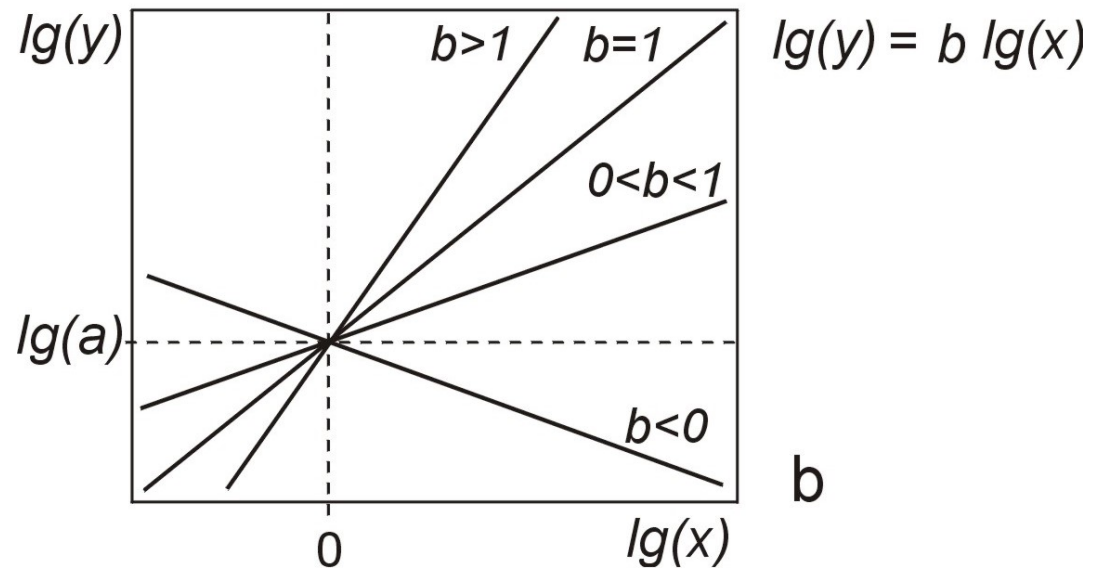
a



b

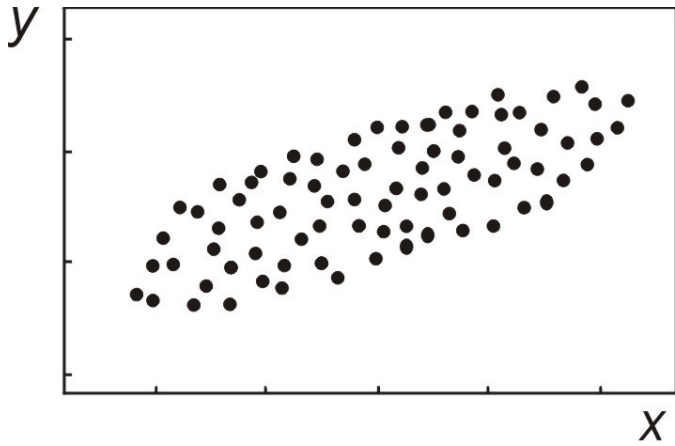


a

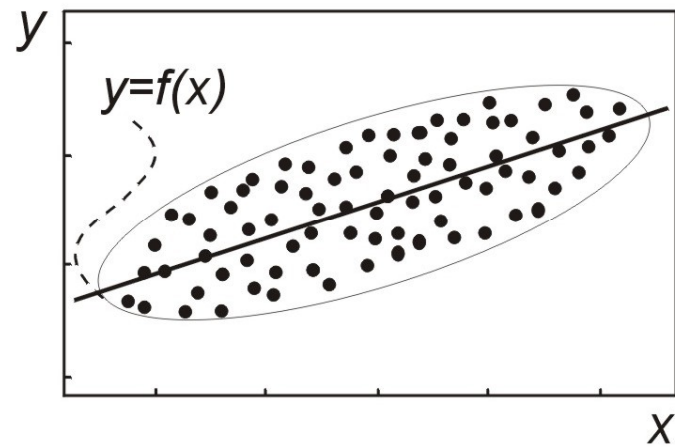


b

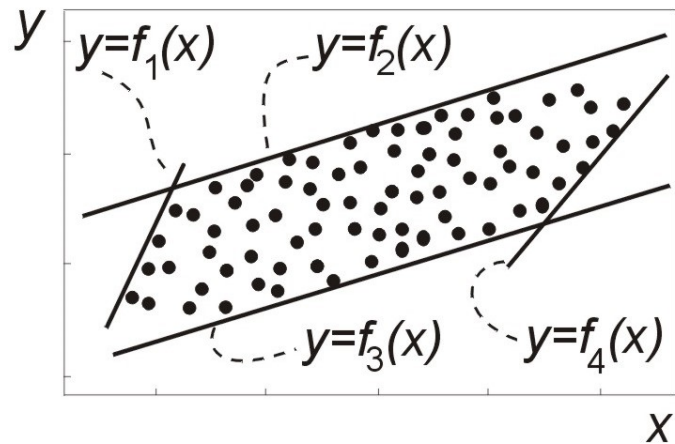
tzw. AL(L)OMETRIA



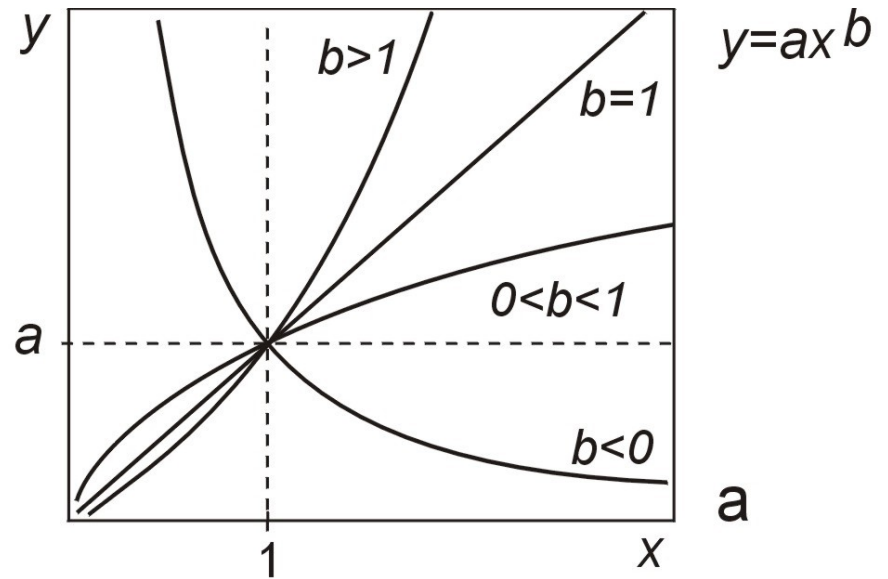
a



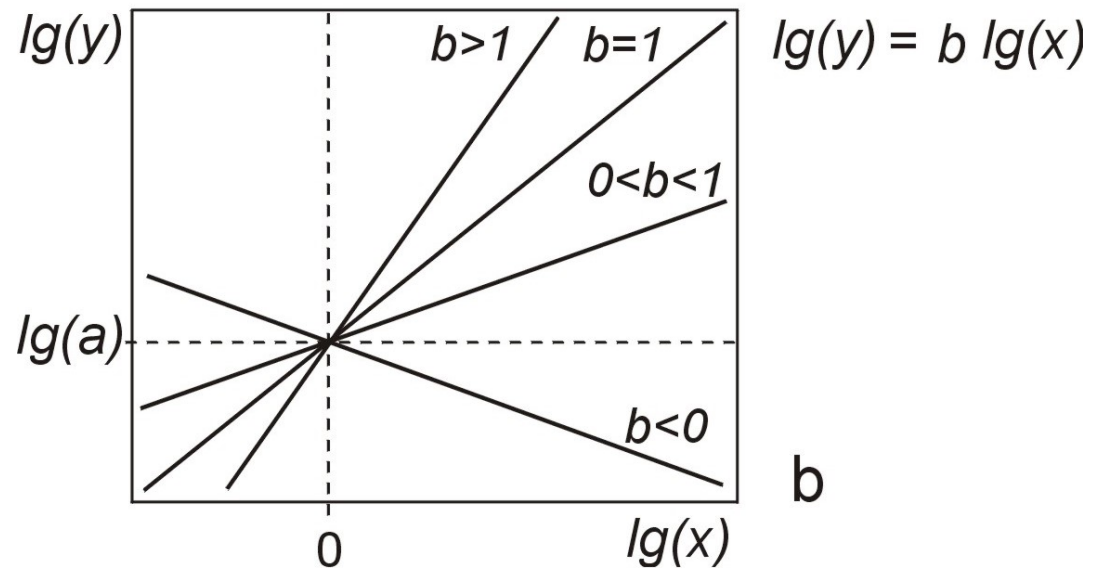
b



c



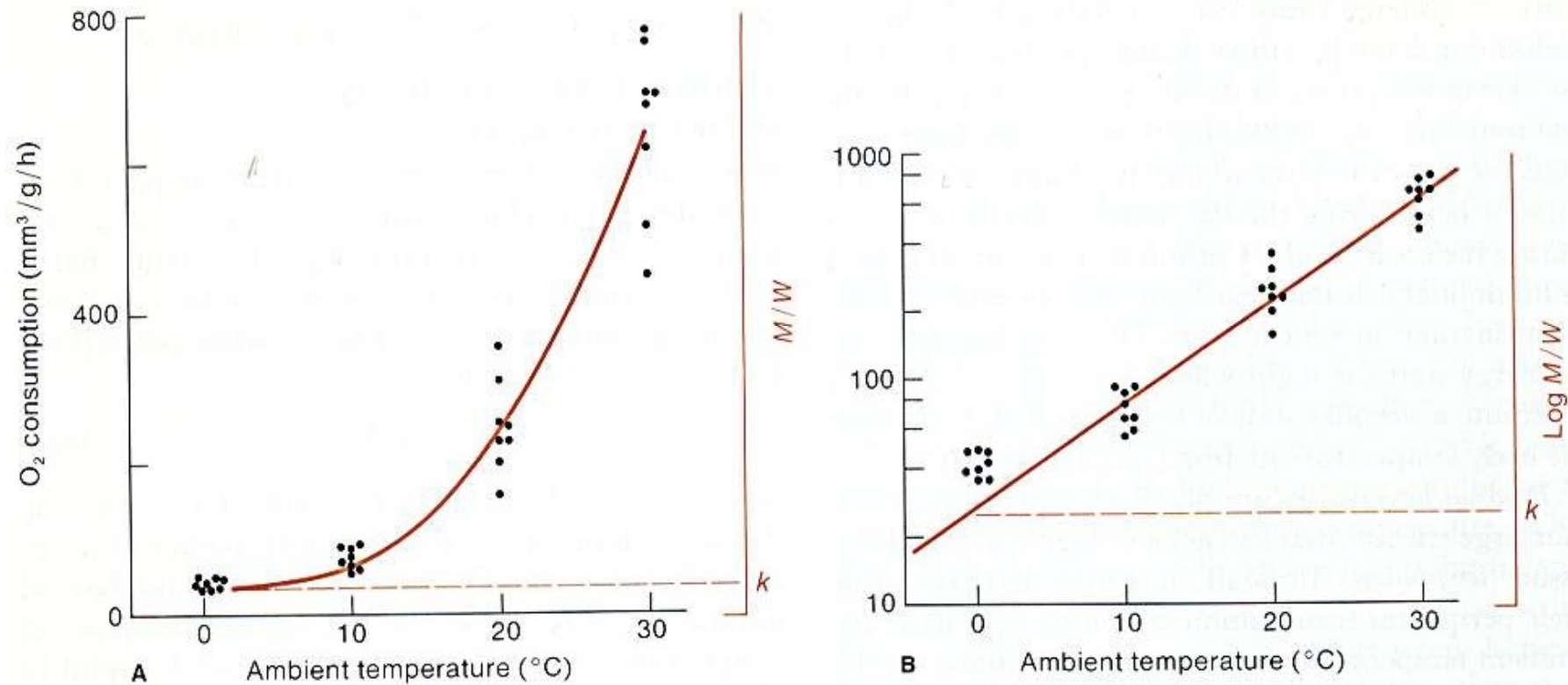
a



b

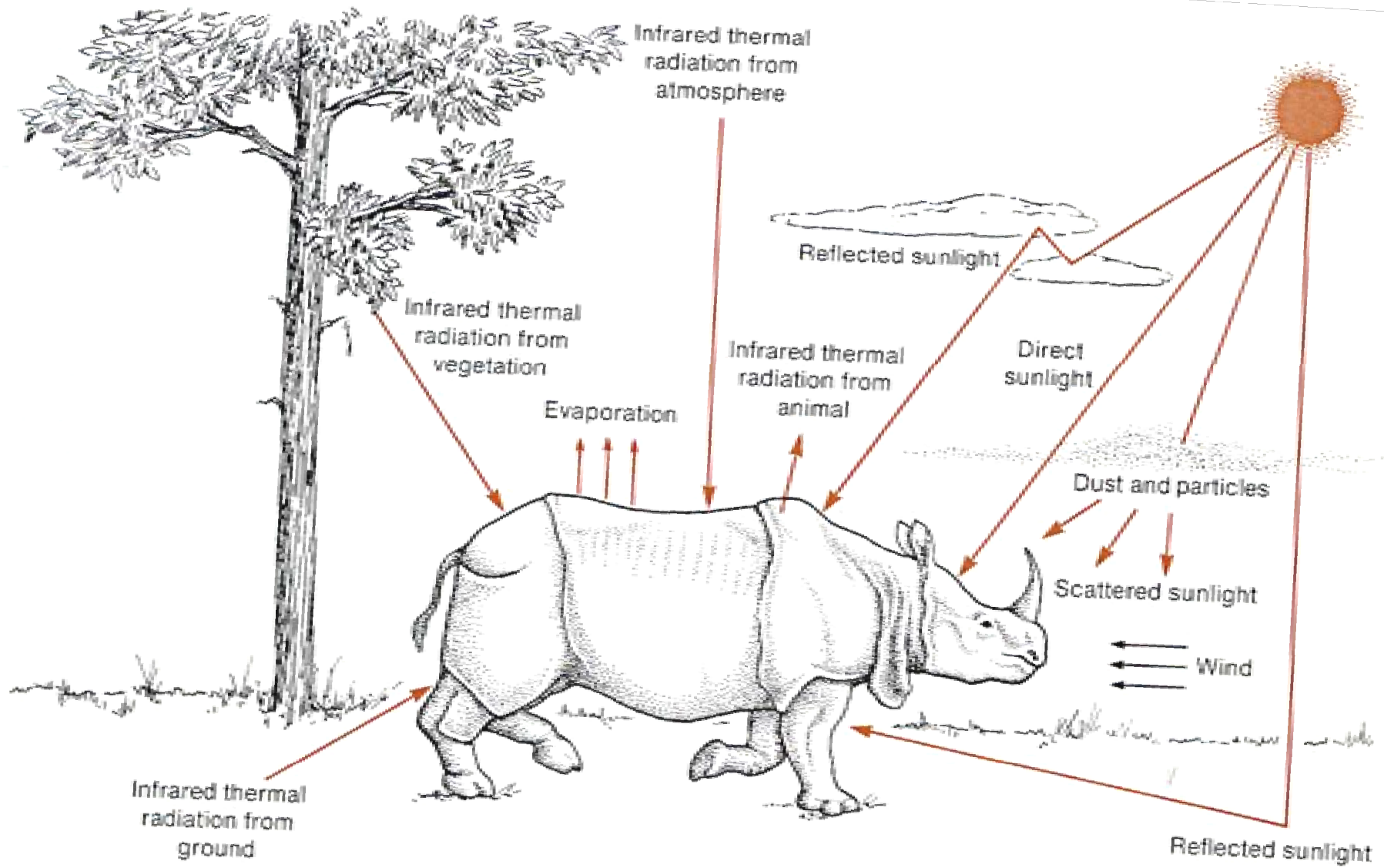
ZALEŻNOŚĆ METABOLIZMU OD TEMPERATURY U POIKILOTERMÓW

712 Chapter 16/Animal Energetics and Temperature



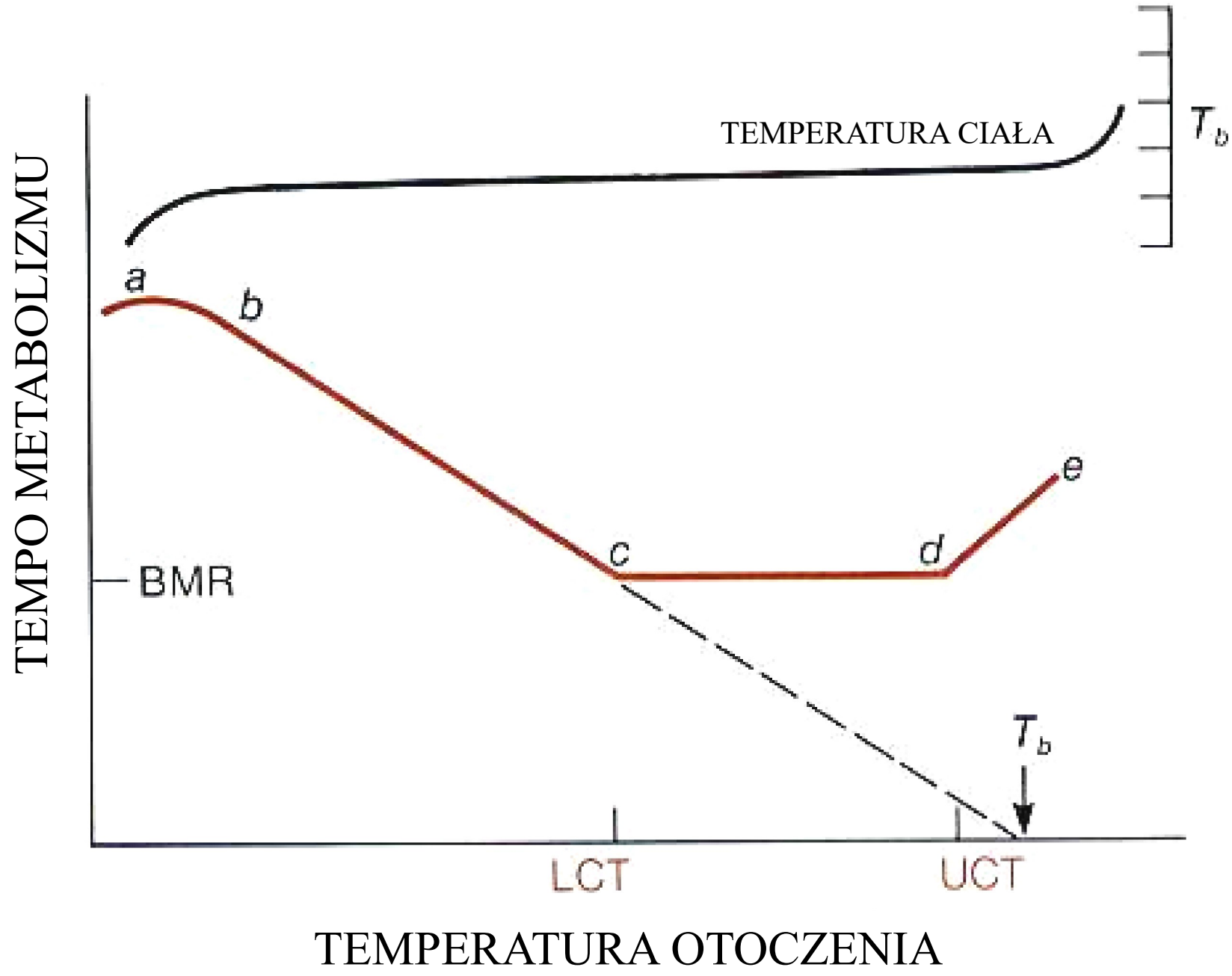
16-17 Oxygen consumption of an ectotherm, a tiger moth caterpillar, at different temperatures. (A) Rectangular coordinates. (B) Semilog coordinates. The generalized ordinates are drawn in color at the right in reference to Equations 16-11 and 16-12. The constant k is obtained by extrapolating the metabolic rate to a body temperature of zero and is the proportionality factor in Equations 16-11 and 16-12. [Scholander et al., 1953.]

WYMIANA CIEPŁA MIĘDZY ORGANIZMEM A OTOCZENIEM

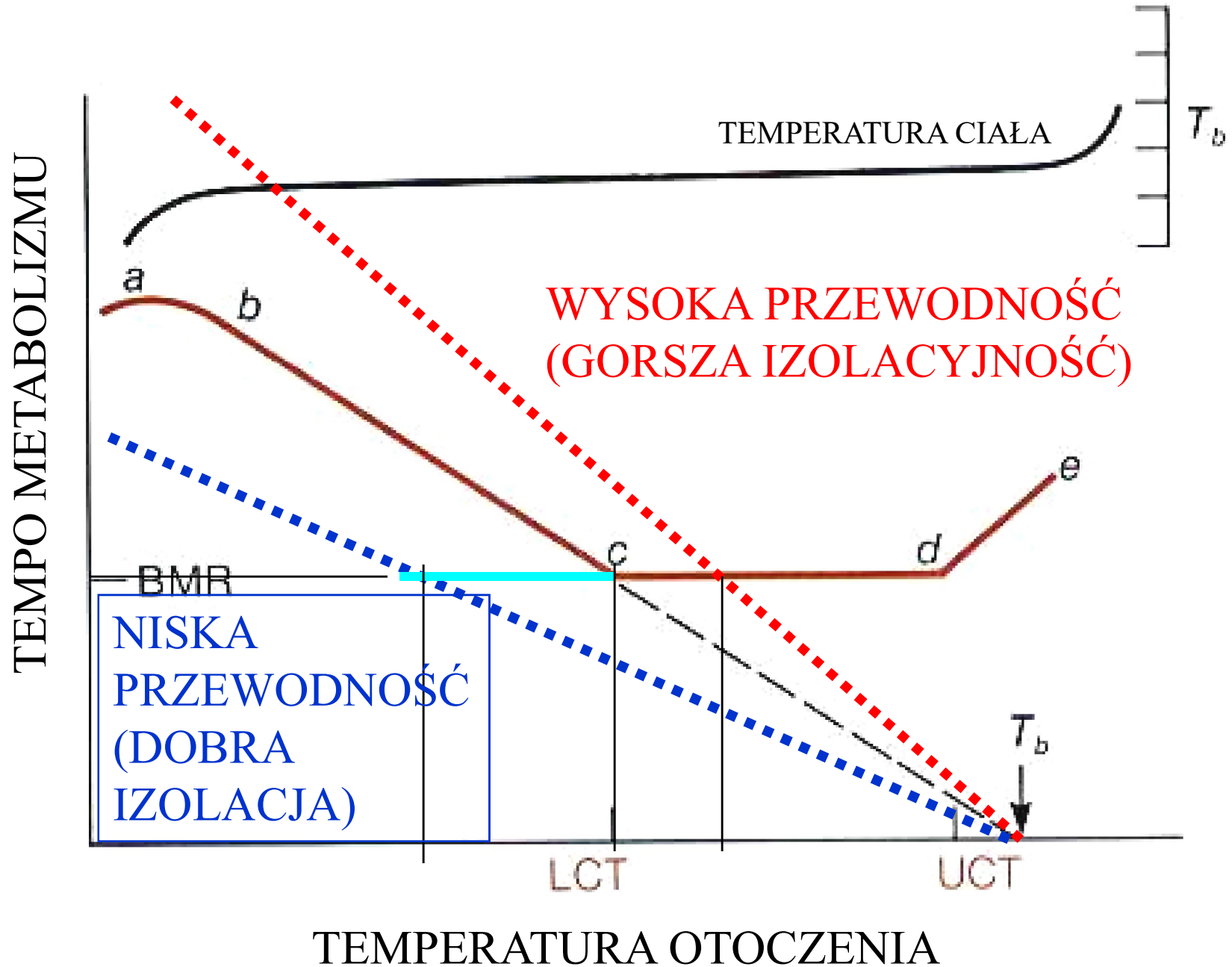


16-21 Channels of heat transfer between an animal and its environment. See Box 16-2 for discussion. [Porter and Gates, 1969.]

TERMOREGULACJA U STAŁOCIEPLNYCH



TERMOREGULACJA U STAŁOCIEPLNYCH



METABOLIZM WYSIŁKOWY



(fot. PAP/EPA)

ZUŻYCIE ENERGII PRZEZ CZŁOWIEKA

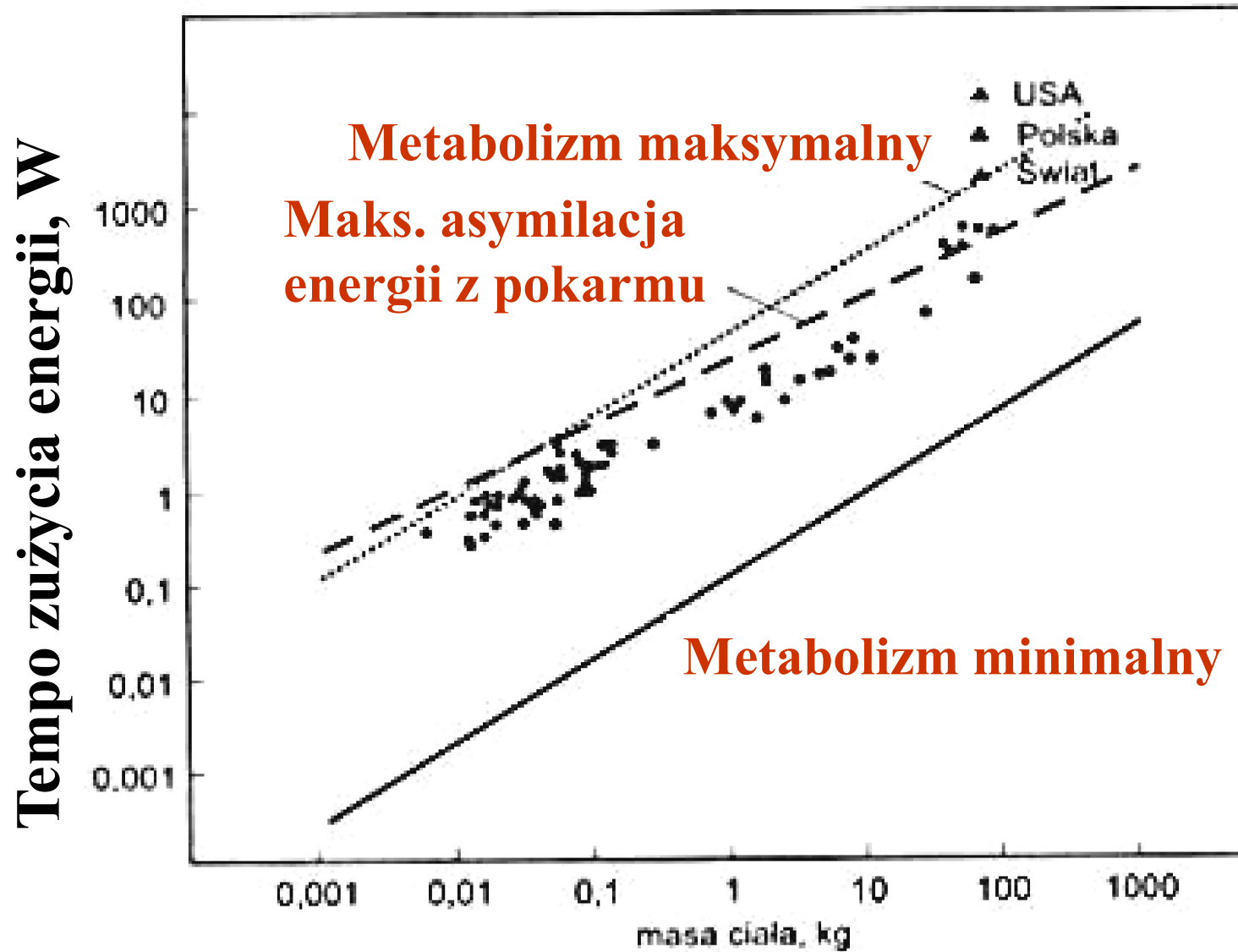
Świat (średnio) $< 2 \text{ kW/osobę}$

Polska ok. 5 kW/osobę

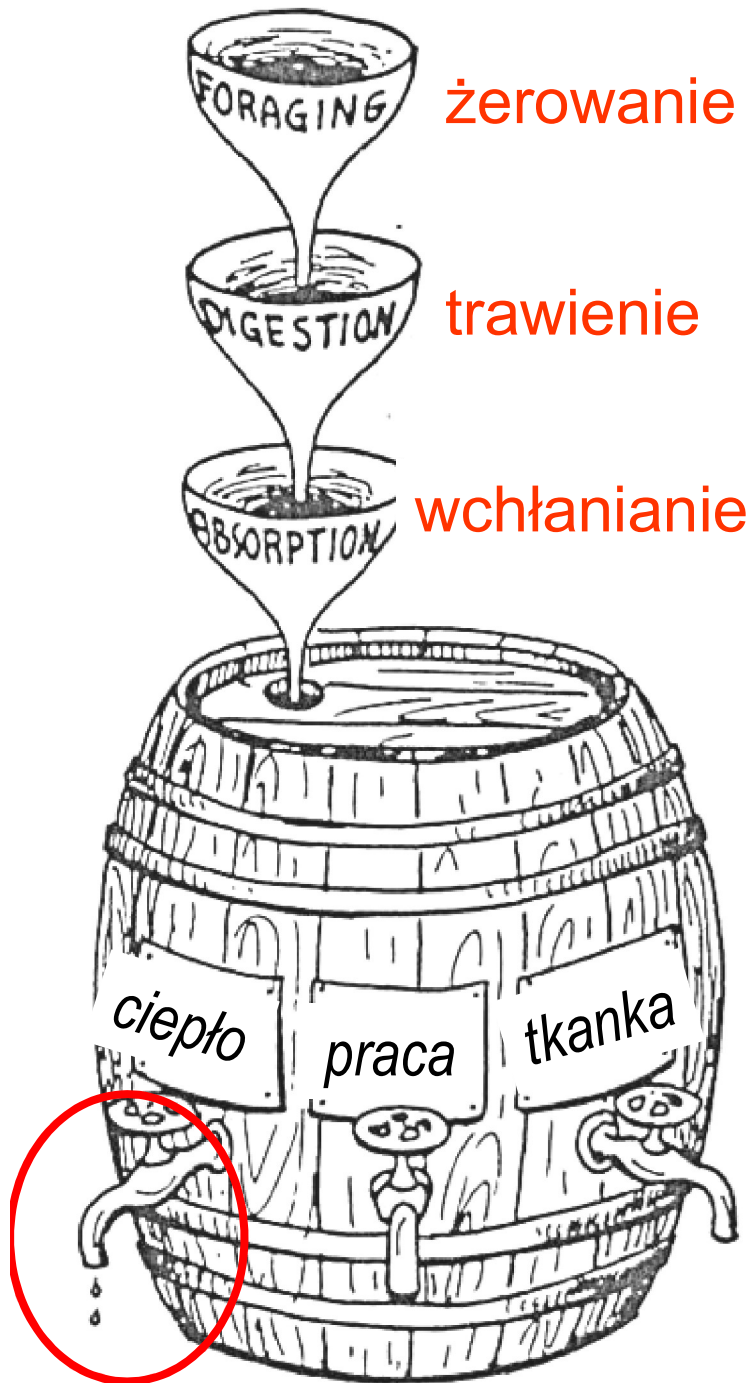
U.S.A. $> 10 \text{ kW/osobę}$



Organizm ludzki w spoczynku: $70 - 80 \text{ W}$
przy pracy: $350 - 600 \text{ W}$



Zużycie energii przez człowieka (▲) na tle fizjologicznego zapotrzebowania na energię (●) u ssaków



OGRANICZENIA BUDŻETU ENERGETYCZNEGO

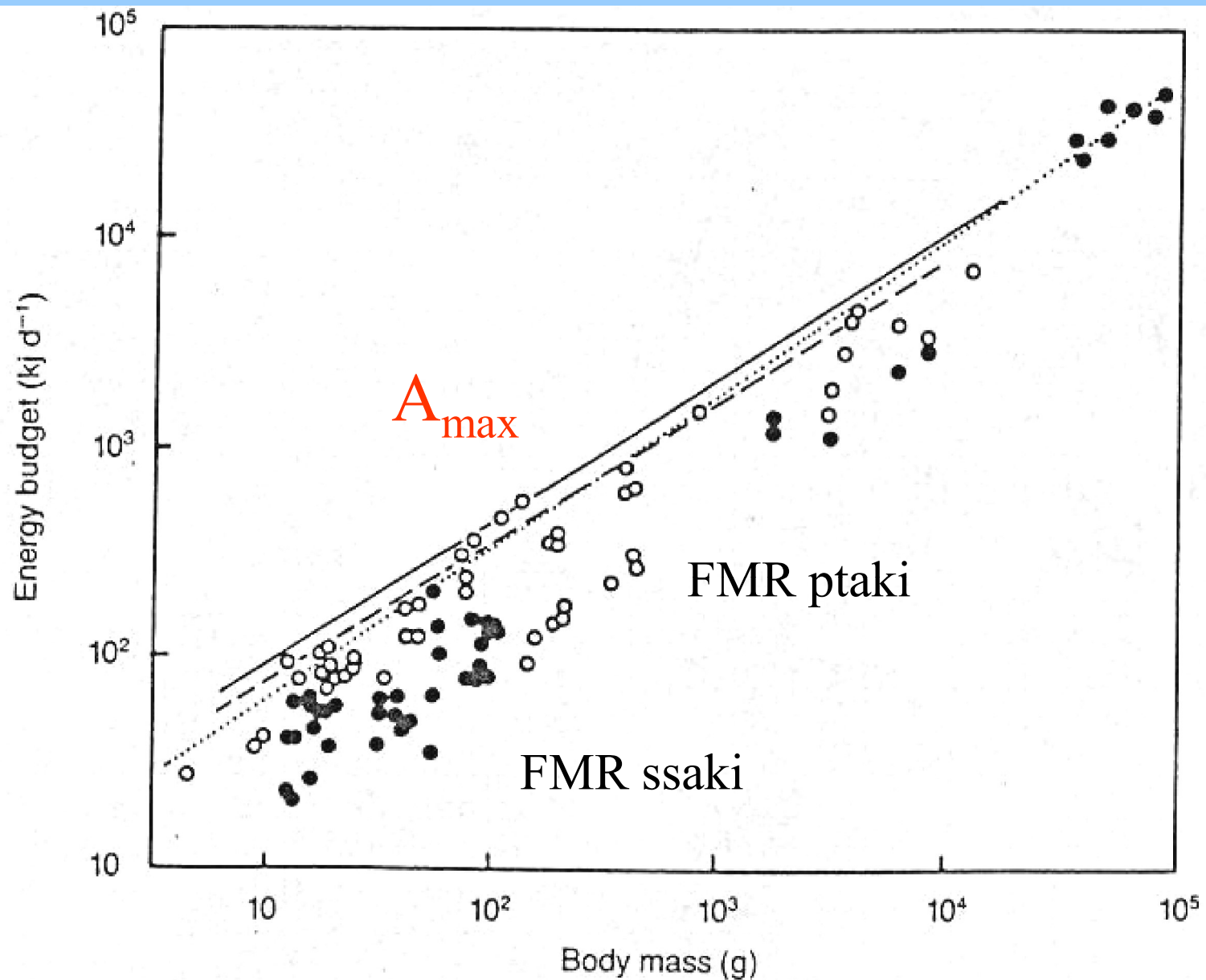
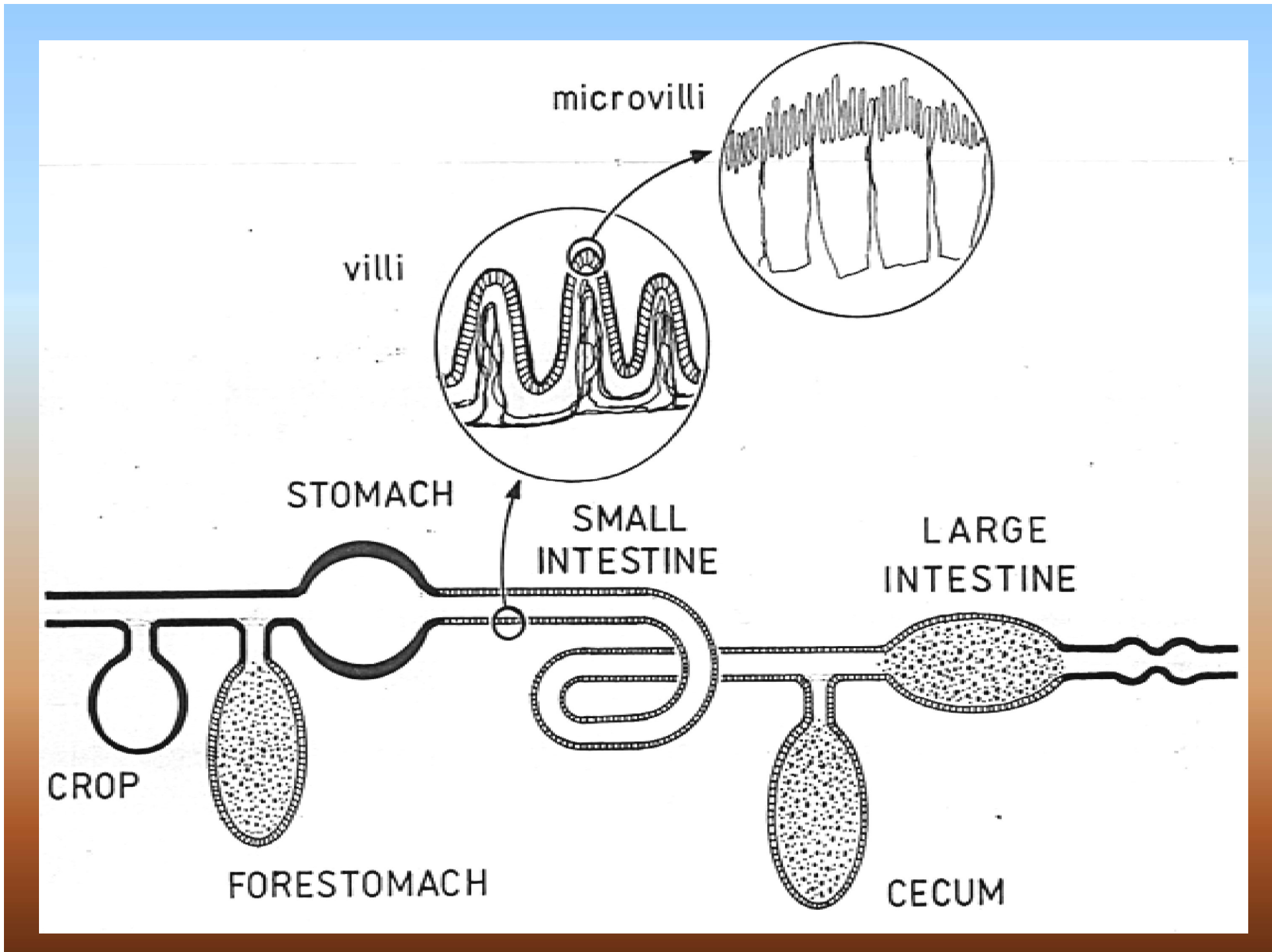
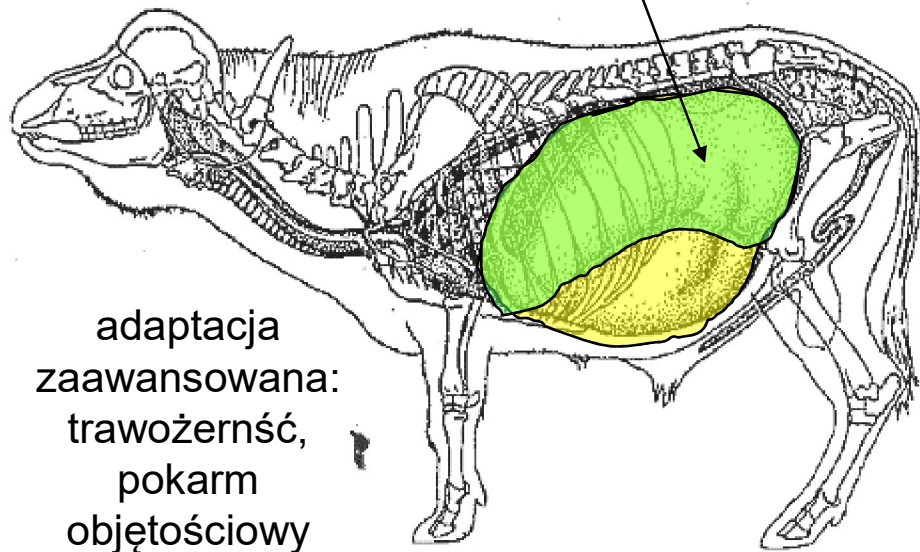
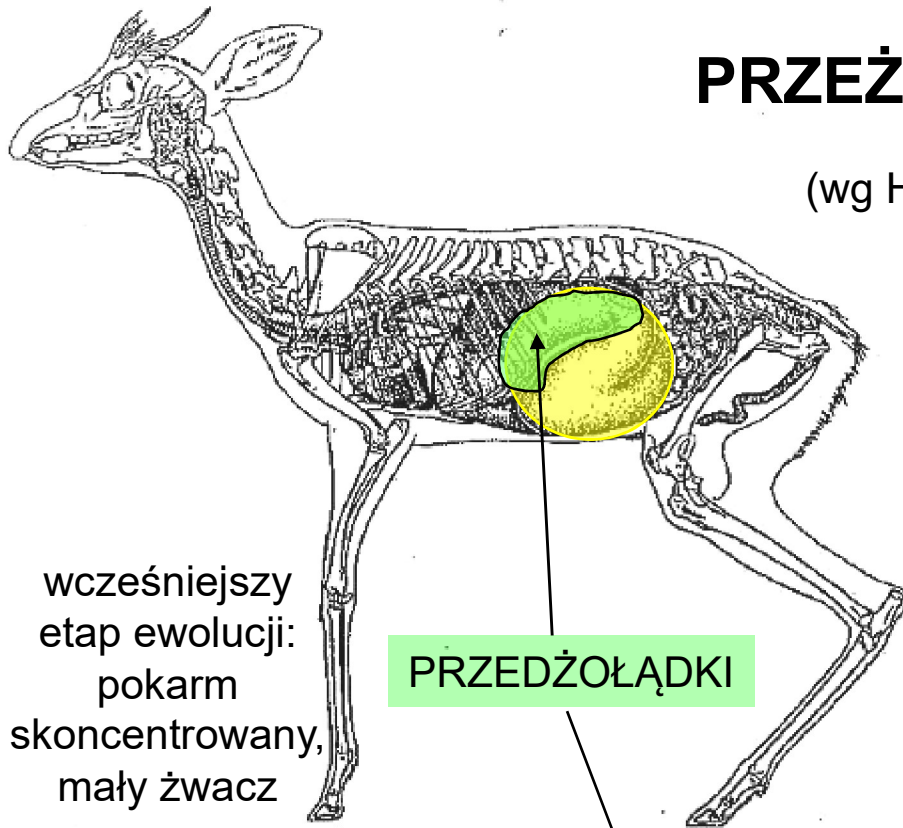


Fig. 1. Field energy budgets of birds^{9,12,38} (open circles) and mammals^{12,27} (closed circles) measured by means of doubly labelled water (D₂O¹⁸) compared to estimates of maximum energy budgets of various birds and mammals⁸ (dotted line), lactating mammals¹⁰ (solid line) and cold-exposed birds¹⁴ (dashed line).



PRZEŻUWACZE

(wg Hoffmann, 1973)



© jw
Dik-dik (*Madoqua kirkii*) 4 kg



© jw
Bawół kafryjski (*Syncerus caffer*) 800-1000 kg



**selektywne,
pokarm
skoncentrowany**

GERENUK



ŻYRAFA



DIK-DIK



BONGO



BUSHBOCK

pośrednie



**GAZELA
GRANTA**



**GAZELA
THOMSONA**



IMPALA

(wg.
Hoffmann, 1973)

trawożerne, pokarm objętościowy



KONGONI

TOPI



GNU



ORYKS



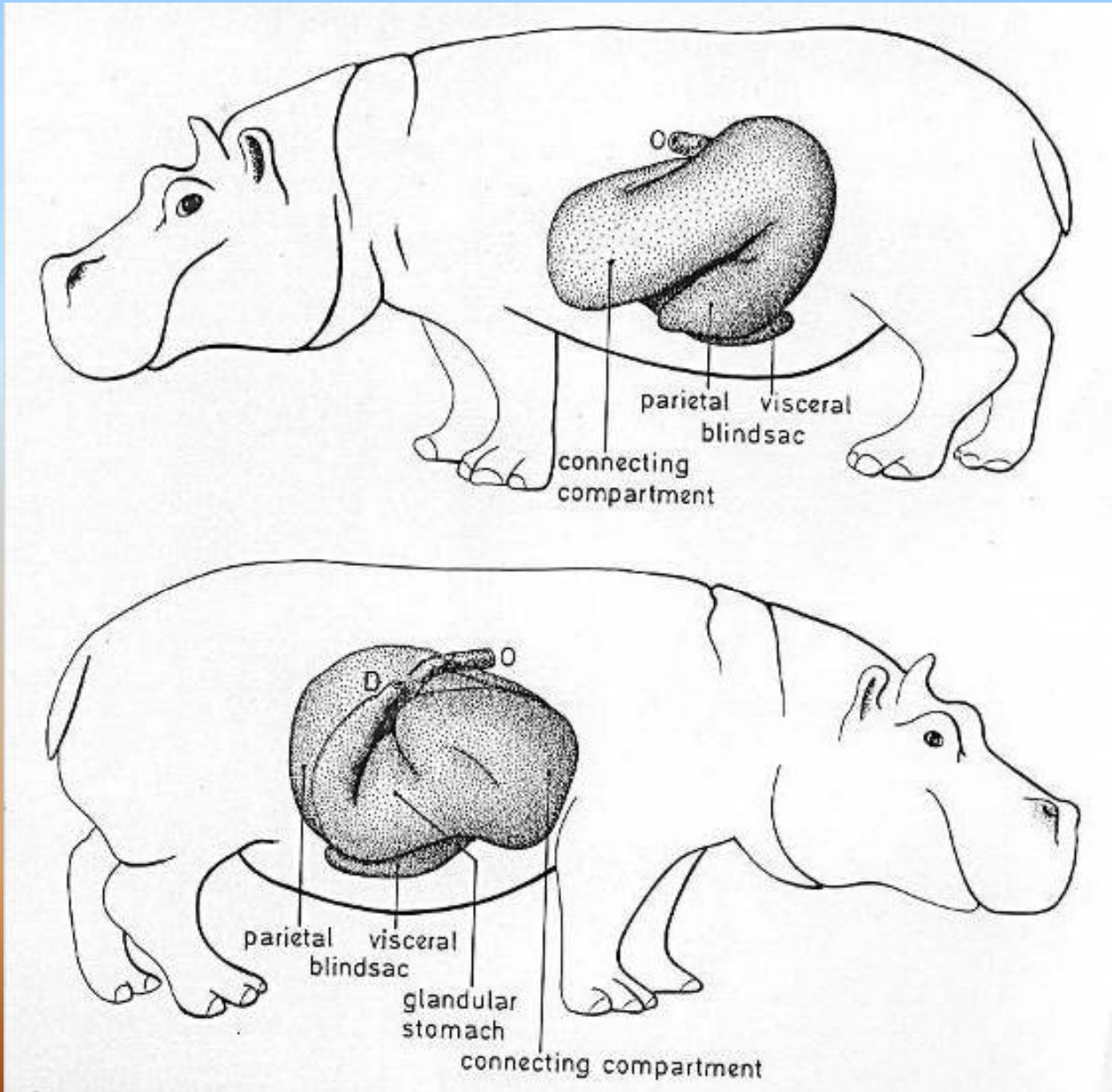
BOHOR



KOB ŚNIADY



BAWÓŁ



POKARM
SKONCENTROWANY
ŁATWOPRZYSWAJALNY
TRUDNY DO ZDOBYCIA





Jak dzięcioł czarny rozwiązał dylemat:
być dużym czy szybko rosnać?



ZMIANA STRATEGII POKARMOWEJ W CIĄGU ŻYCIA



**GĄSIENICA: POKARM
OBJĘTOŚCIOWY, NISKOSTRAWNY**

**MOTYL: POKARM SKONCENTROWANY
STRATEGIA ROZRODCZA: LICZNE POTOMSTWO
NISKIE INWESTYCJE INDYWIDUALNE**



©JW

Corymbia rubra

LARWA DREWNOJADA: POKARM NISKOWARTOŚCIOWY
MAŁA ŚMIERTELNOŚĆ; DŁUGI CZAS ROZWOJU



Corymbia rubra



IMAGO: POKARM SKONCENTROWANY
(MAŁO ISTOTNY)

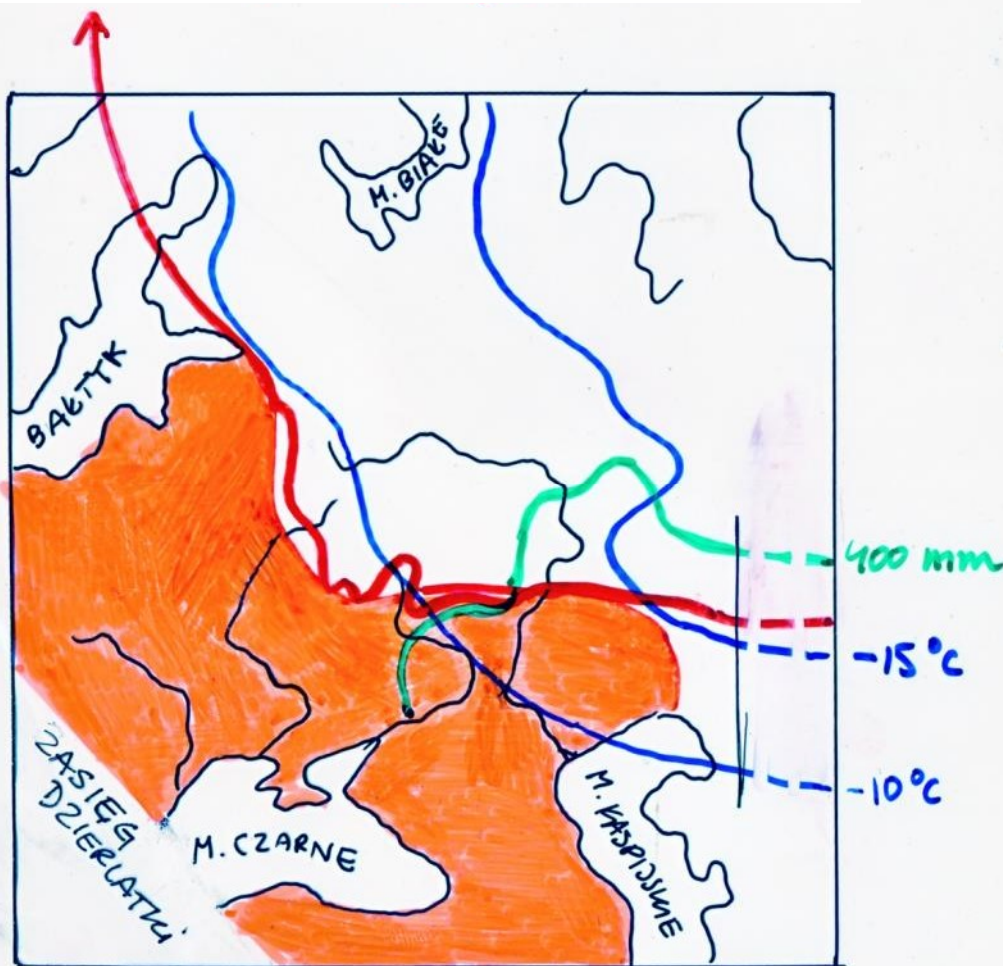
©JW

BŁONKÓWKI: POKARM SKONCENTROWANY
SPOŁECZNA OPIEKA NAD POTOMSTWEM
SZYBKI ROZWÓJ



©JW

140 dni zalegania pokrywy śnieżnej



— Izotermy stycznia
— Opady

Klimatyczne uwarunkowanie zasięgu dzierlatki



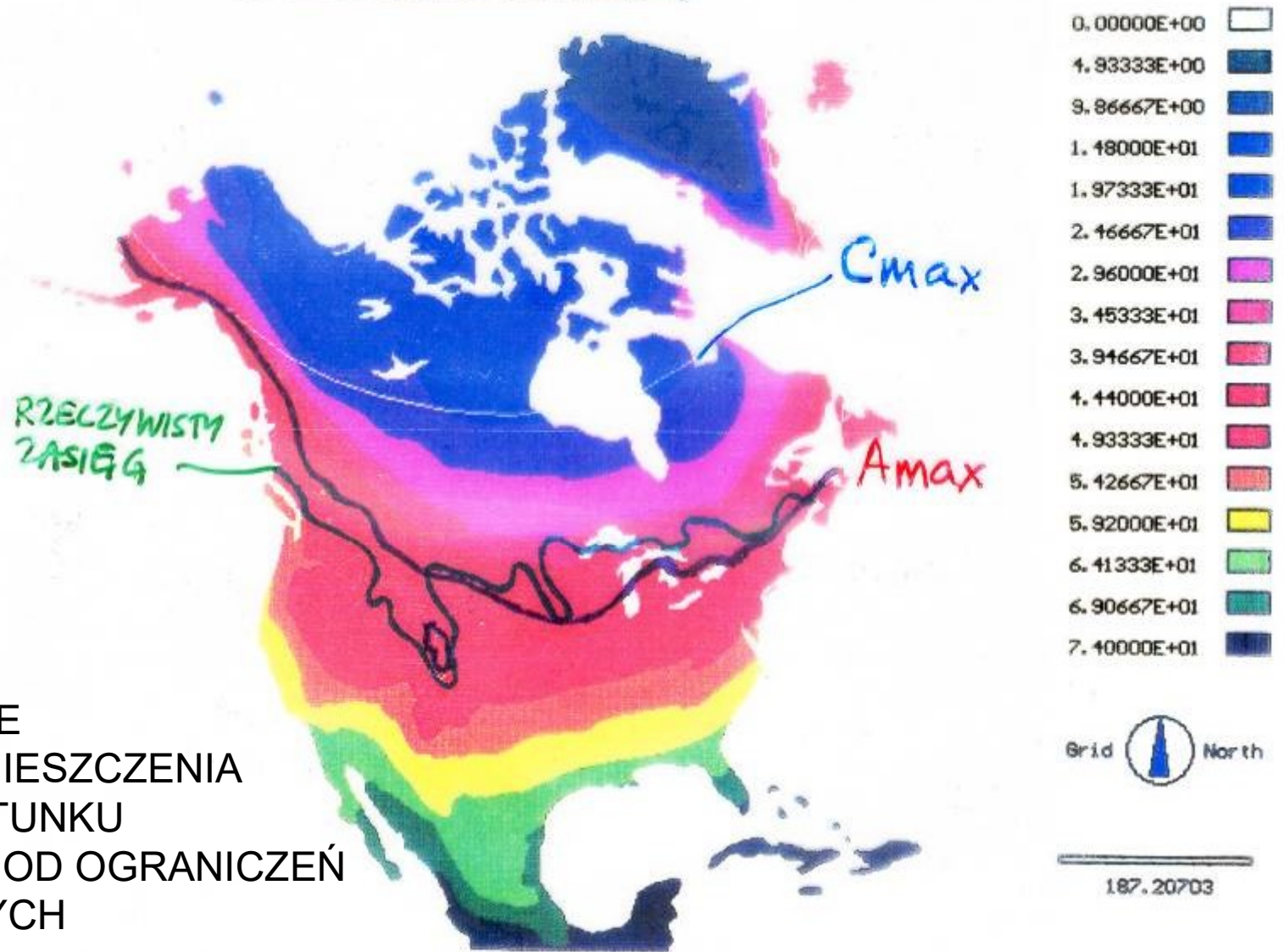
?
Udvardy 119
Nie zweryfikowane



PÓŁNOCNA GRANICA
ZIMOWEGO ZASIĘGU
FIBIKA OLIWKOWEGO
Sayornis phoebe
ZGODNA Z IZOTERMĄ
TEMP. MINIMALNEJ -4°C



N. Am. temperature, January



PRZEWIDYWANE
GRANICE ROZMIESZCZENIA
ZIMOWEGO GATUNKU
W ZALEŻNOŚCI OD OGRANICZEŃ
FIZJOLOGICZNYCH

Weiner unpubl.

Winter distribution of the American Goldfinch
(*Carduelis tristis*). Body mass: 13.9 g
(after Root, 1988)

EKOLOGIA ILOŚCIOWA

- Dynamika populacji
- Budżety czasu i energii (osobnicze)
- Przepływ energii (produkcja, dekompozycja, sieć troficzna; bioenergetyka ekologiczna)
- Biogeochemia: obieg węgla, obieg pierwiastków
- Budżety wielu pierwiastków; interakcje troficzne: *stechiometria ekologiczna*.

Stechiometria:

- dział **chemii** zajmujący się stosunkami ilościowymi reagentów i produktów reakcji chemicznych


[wiki]

- **Stechiometria biologiczna** polega na badaniu bilansu energii i wielu pierwiastków chemicznych, w układach biologicznych, od molekuł po ekosystemy

Sterner & Elser 2002

Założenia i podstawowe obserwacje

- Skład chemiczny organizmów można przedstawić w formie proporcji stechiometrycznych



O: 35 kg; C: 17.5 kg; H: 6.25 kg; N: 1.5 kg;
P: 0.5 kg; S: 0.1 kg

99,7% masy ciała

Na: 70g; K: 120g; Cl: 74g; Mg: 16g; Si: 18g

Fe, Zn, Cu, I, Mn, F, Cr, Se, Mo, Co...

Co: 1mg

Tycjan, 1538

Homo sapiens, ok. 61 kg

Wzór stechiometryczny organizmu ssaka

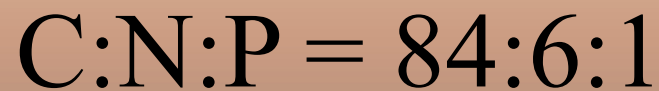
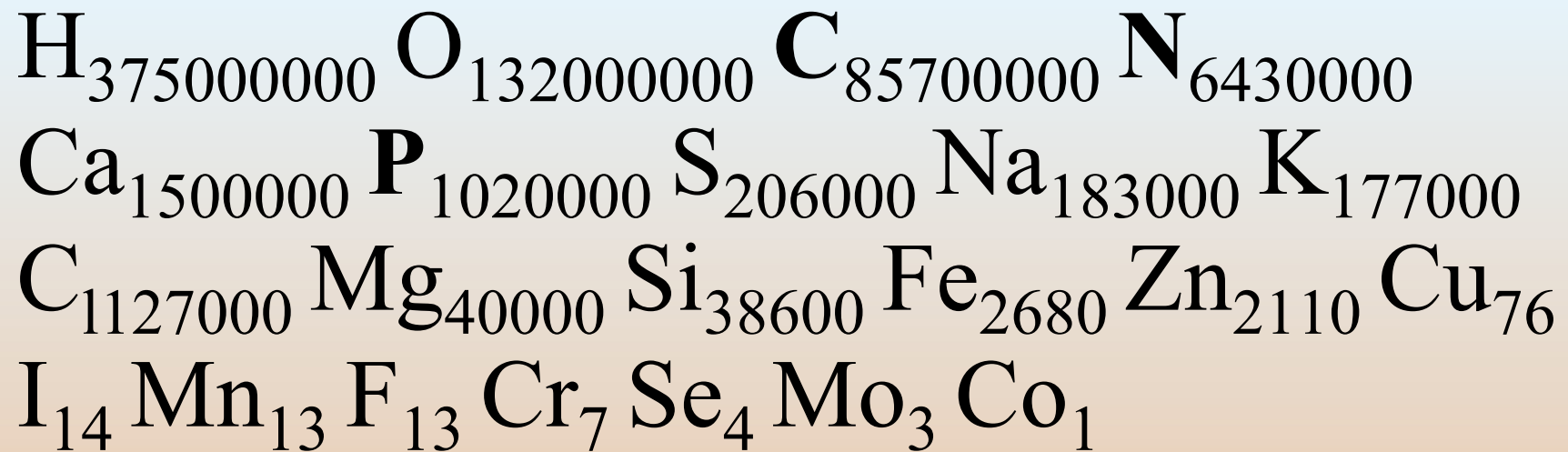
C:N:P = 84:6:1

H₃₇₅₀₀₀₀₀₀ O₁₃₂₀₀₀₀₀₀ C₈₅₇₀₀₀₀₀ N₆₄₃₀₀₀₀
Ca₁₅₀₀₀₀₀ P₁₀₂₀₀₀₀ S₂₀₆₀₀₀ Na₁₈₃₀₀₀
K₁₇₇₀₀₀ Cl₁₁₂₇₀₀₀ Mg₄₀₀₀₀ Si₃₈₆₀₀ Fe₂₆₈₀
Zn₂₁₁₀ Cu₇₆ I₁₄ Mn₁₃ F₁₃ Cr₇ Se₄ Mo₃
Co₁

Michał Anioł, 1535

Homo sapiens

Wzór stechiometryczny na ciało ssaka



Przeciętne proporcje pierwiastków (C, N i P) w składzie ciała organizmów planktonowych\ podobny do proporcji w składzie wody morskiej

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

REDFIELD'S RATIO

(Redfield 1934, 1942, 1958, Redfield et al.. 1963)

REDFIELD'S RATIO

(Redfield 1934, 1942, 1958, Redfield et al.. 1963)



Produkcja pierwotna (fotosynteza+...)

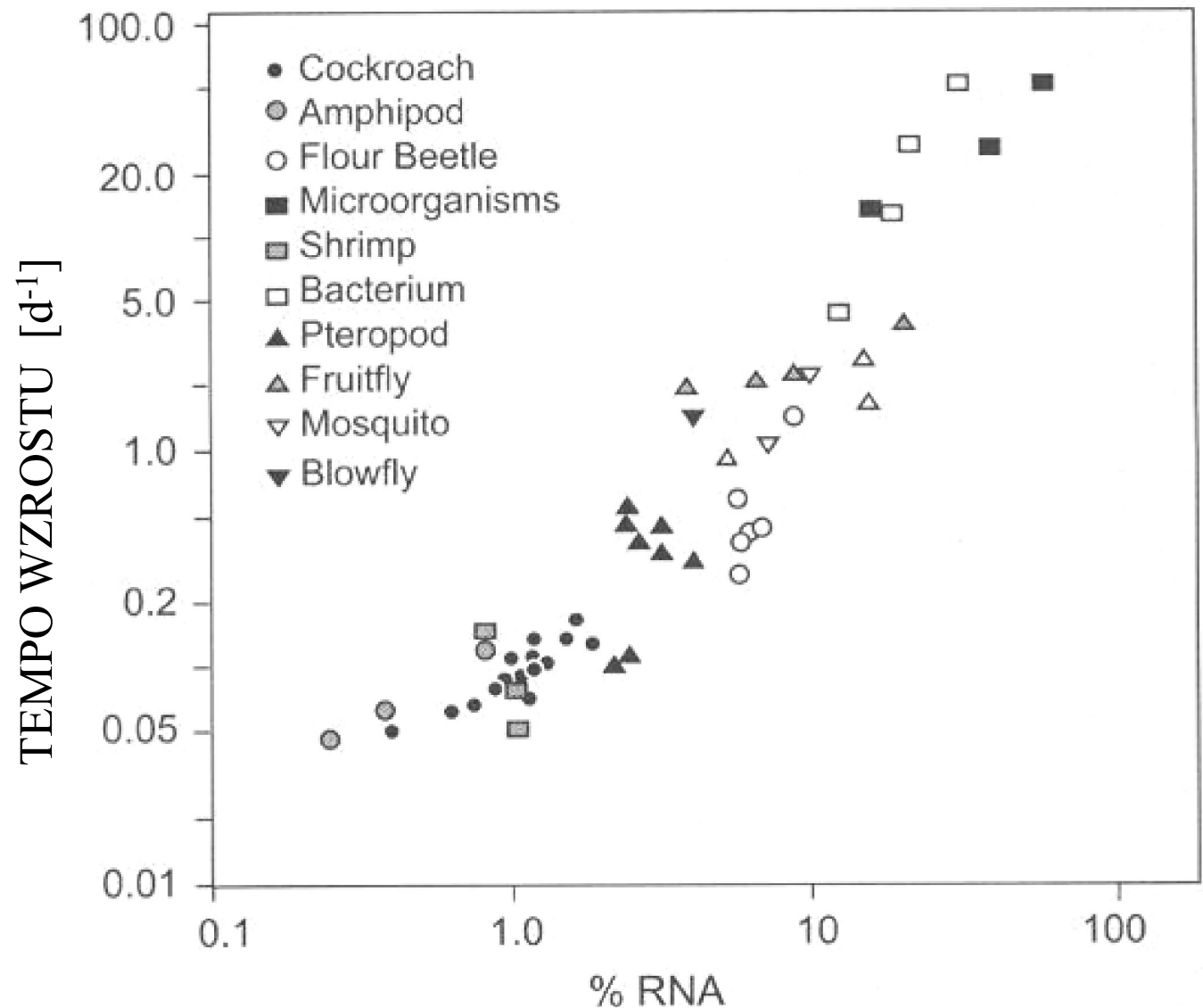


Założenia i podstawowe obserwacje

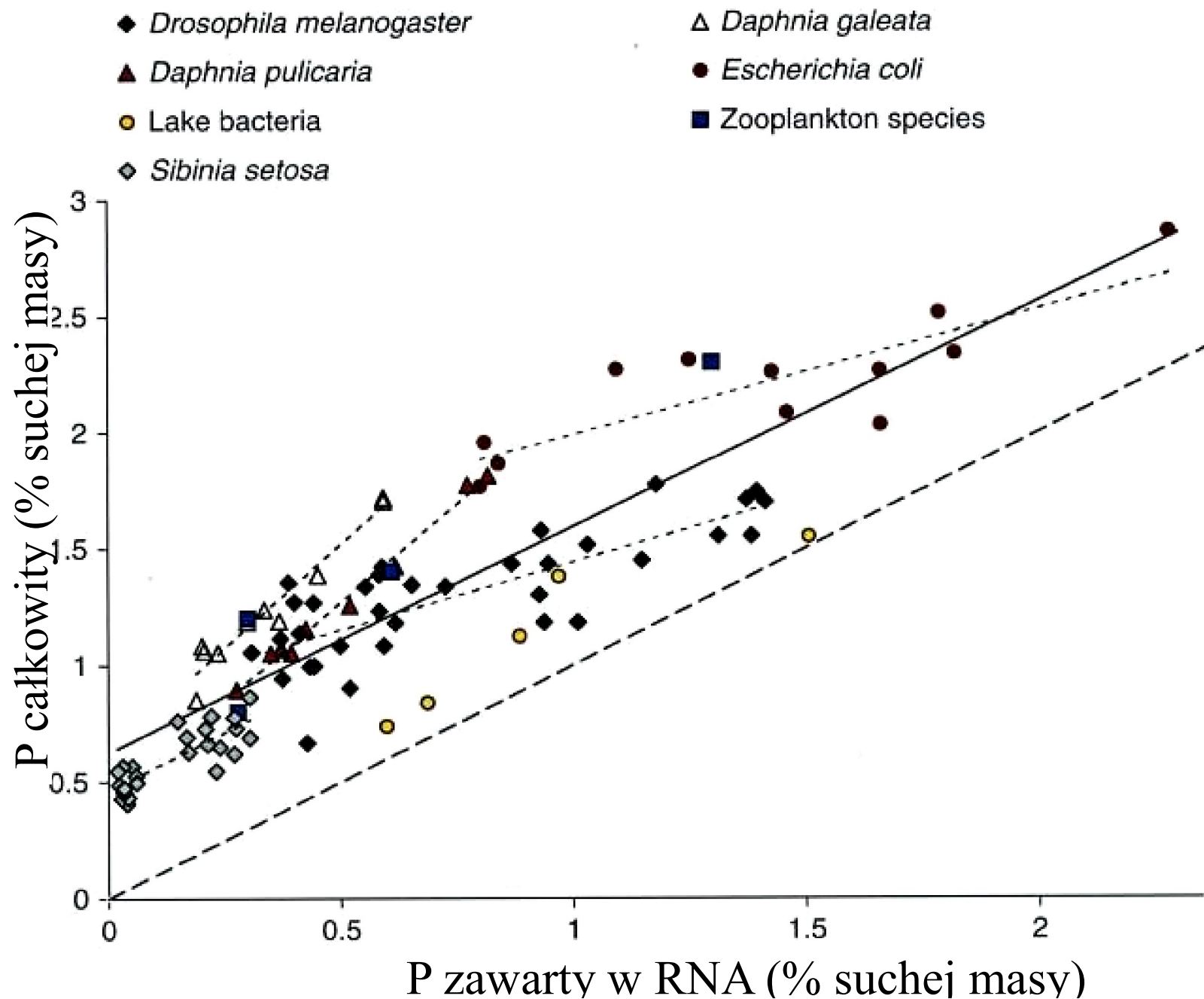
- Skład chemiczny organizmów można przedstawić w formie proporcji stechiometrycznych
- W zbadanych przypadkach skład ten okazuje się bardzo zróżnicowany

Korelacja między tempem wzrostu a zawartością RNA różnych mikroorganizmów i stawonogów

Sterner & Esler 2002

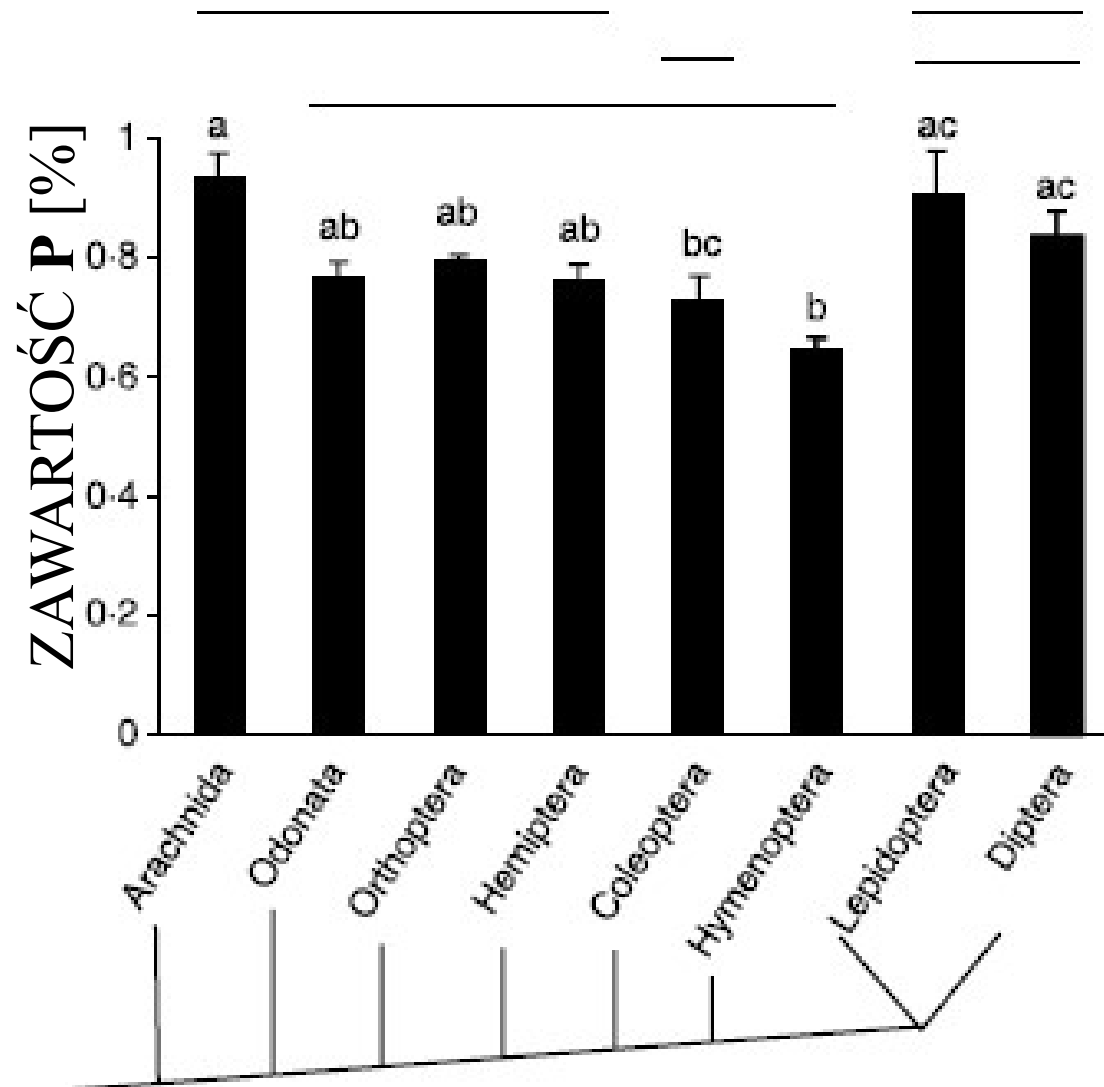


ZALEŻNOŚĆ ZAWARTOŚCI RNA I FOSFORU CAŁKOWITEGO

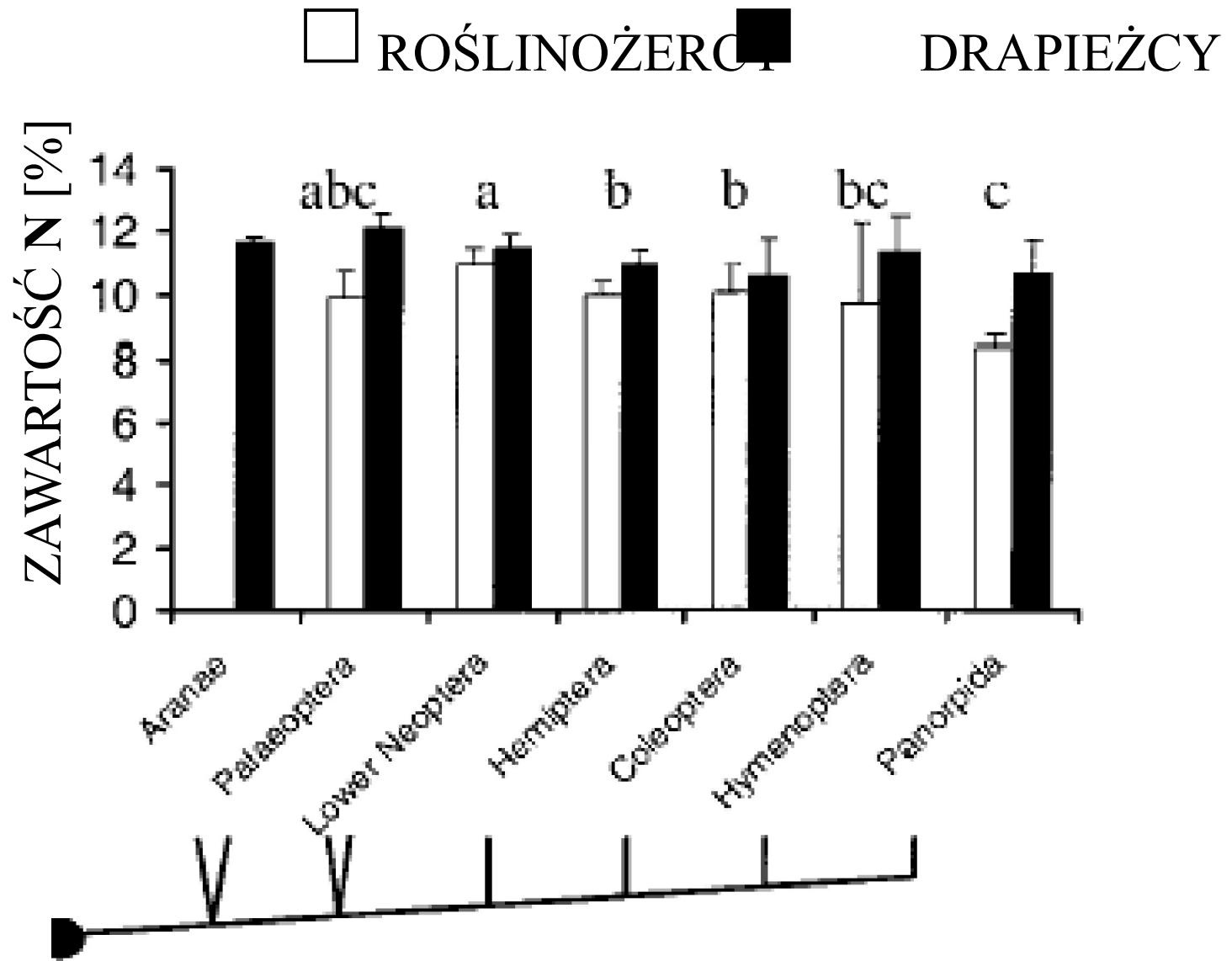


Filogenetyczne różnice w zawartości P u stawonogów

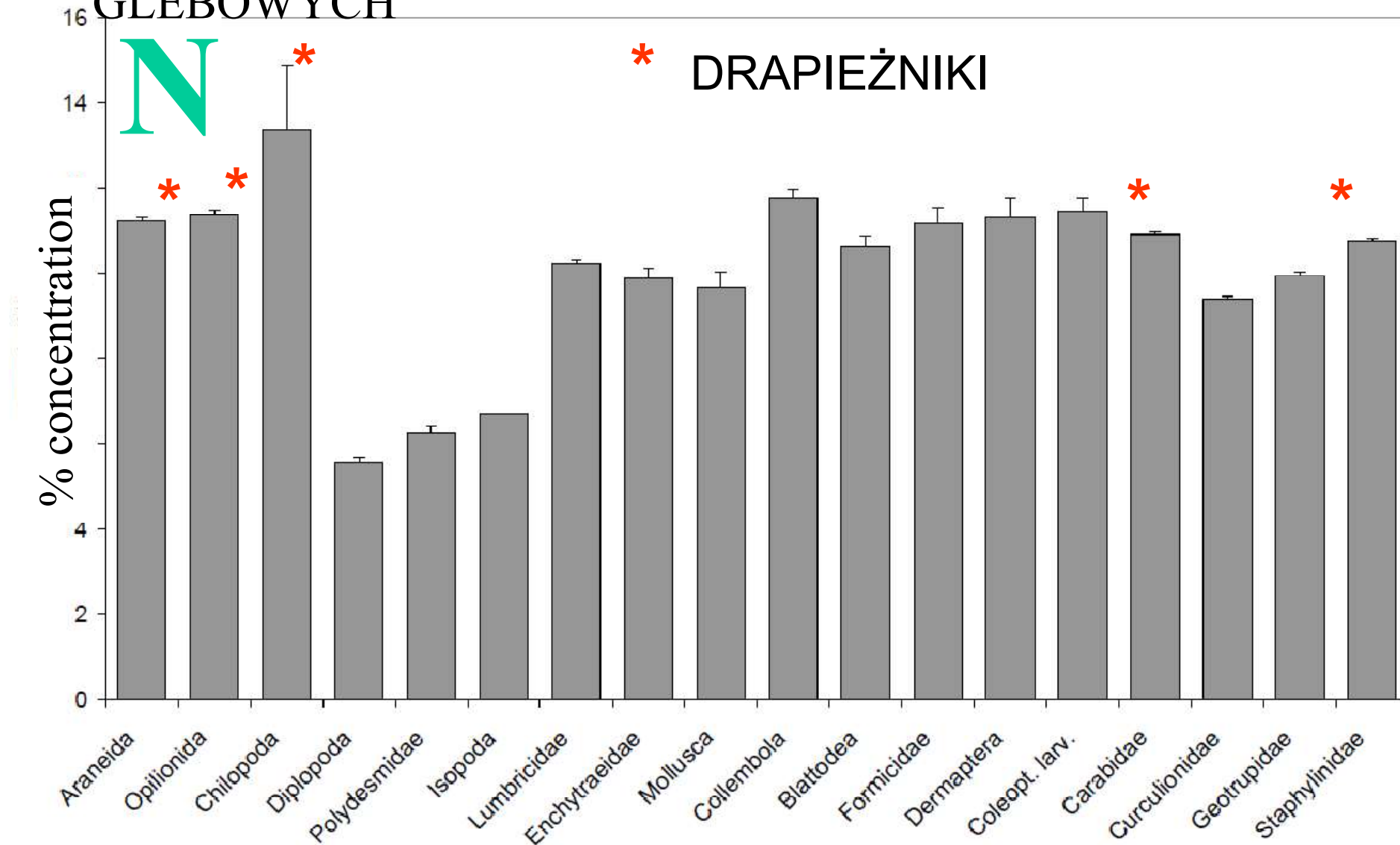
Woods et al.; Functional Ecology 2004, **1**,
103–109



Troficzne różnice w zawartości N u stawonogów

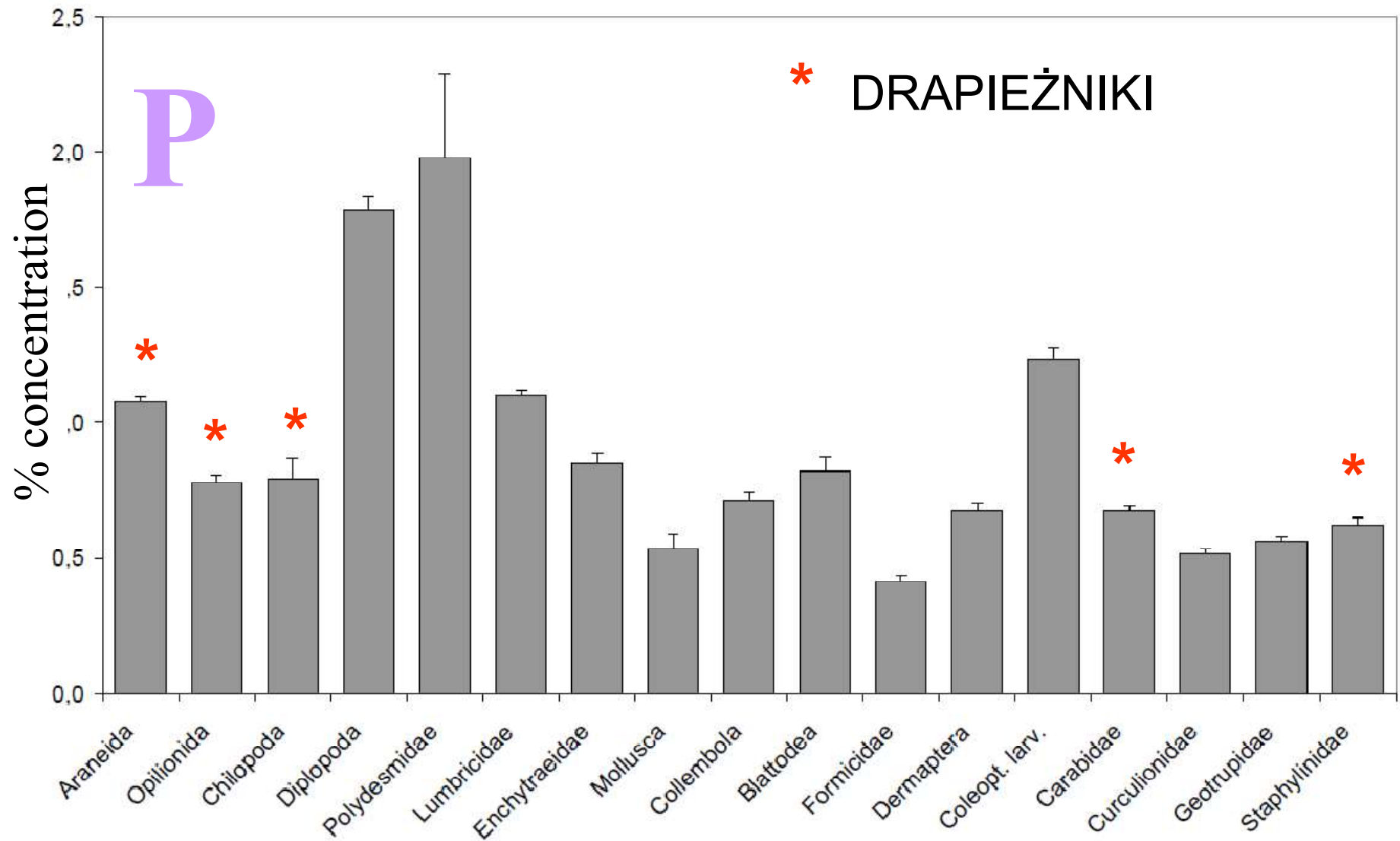


ZAWARTOŚĆ AZOTU W CIAŁACH BEZKRĘGOWCÓW GLEBOWYCH



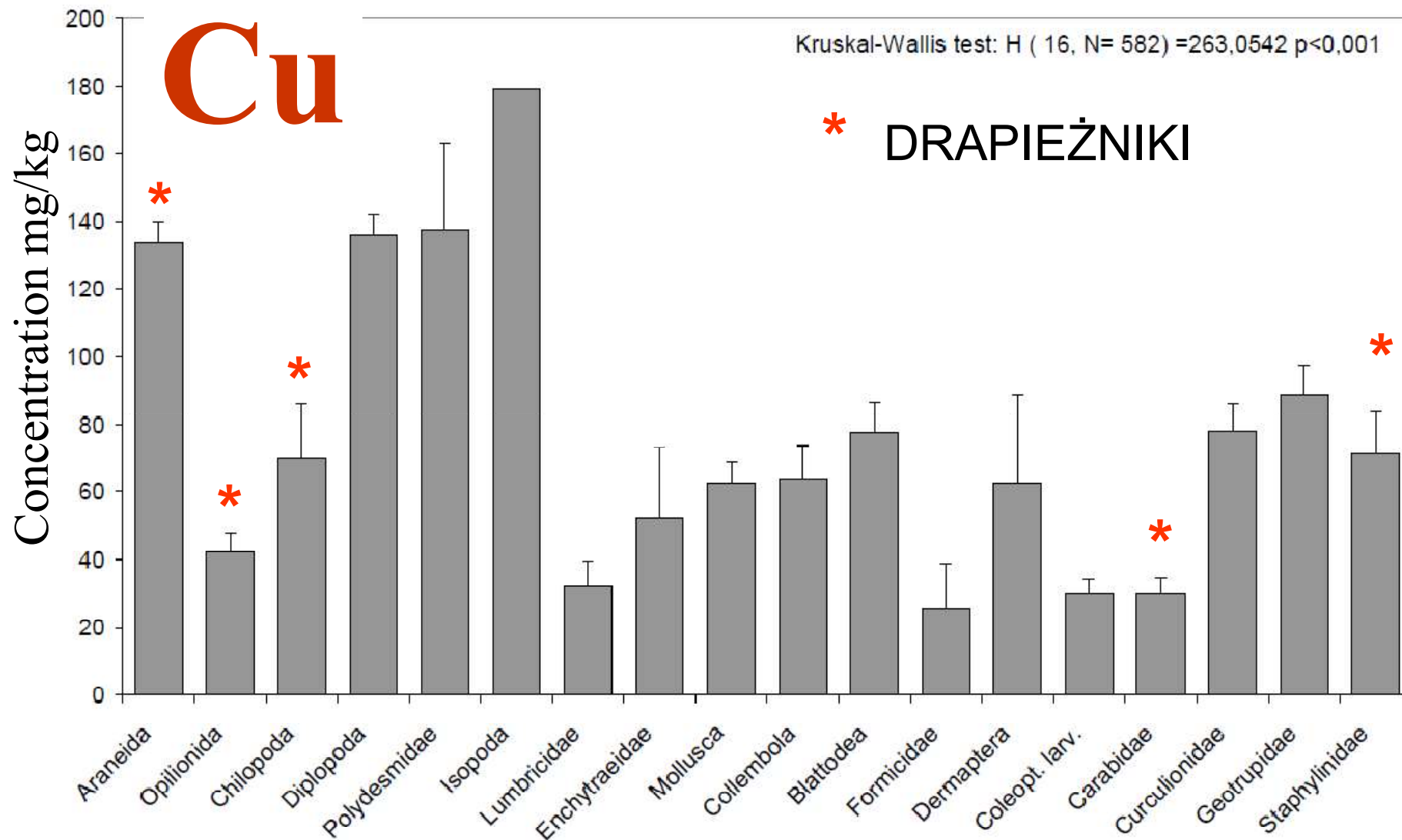
ZEE, unpubl.

ZAWARTOŚĆ P W CIAŁACH BEZKRĘGOWCÓW GLEBOWYCH

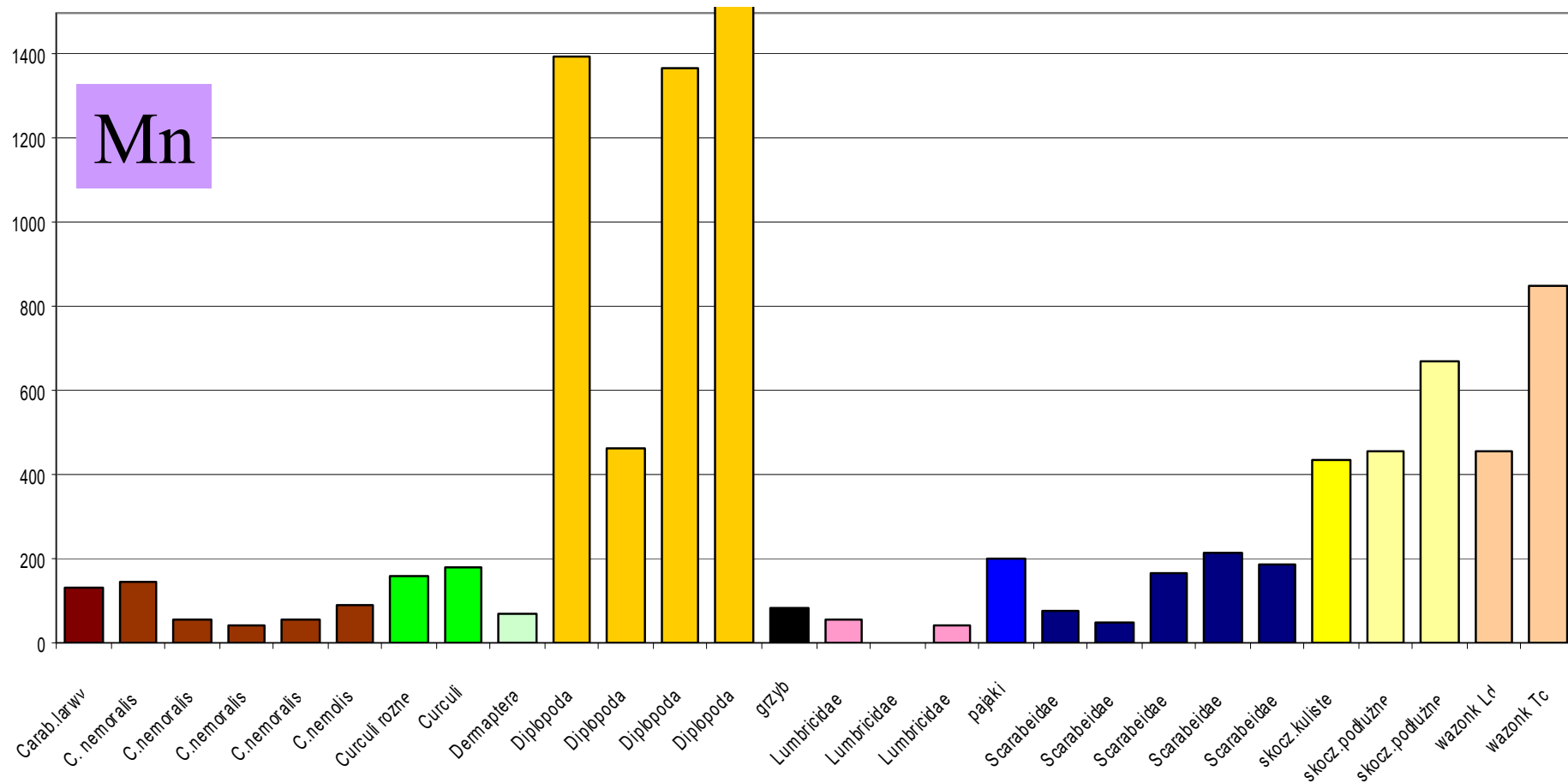


ZEE, unpubl.

ZAWARTOŚĆ **MIEDZI** W CIAŁACH BEZKRĘGOWCÓW



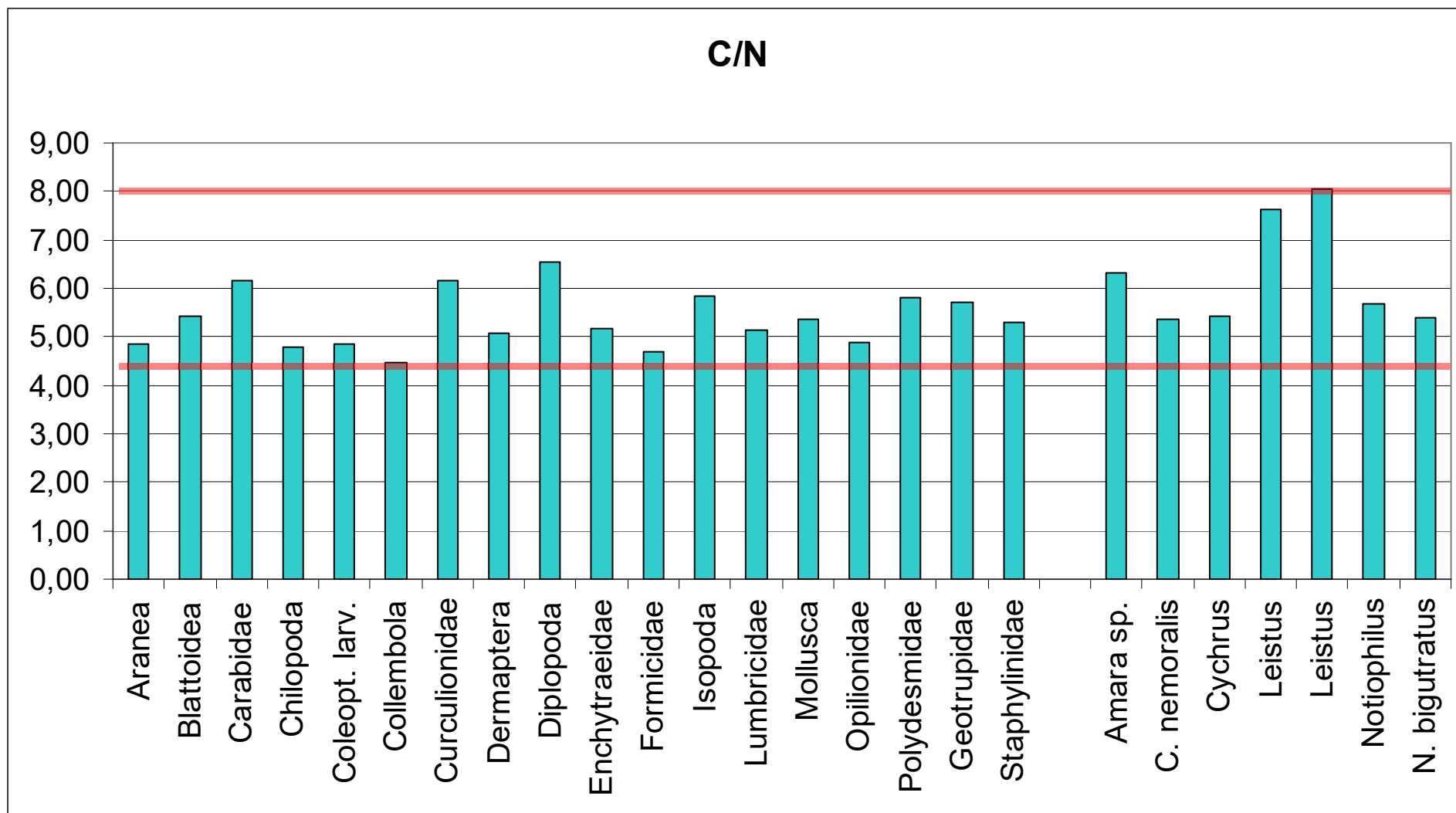
Zawartość manganu w organizmach bezkręgowców i grzybów



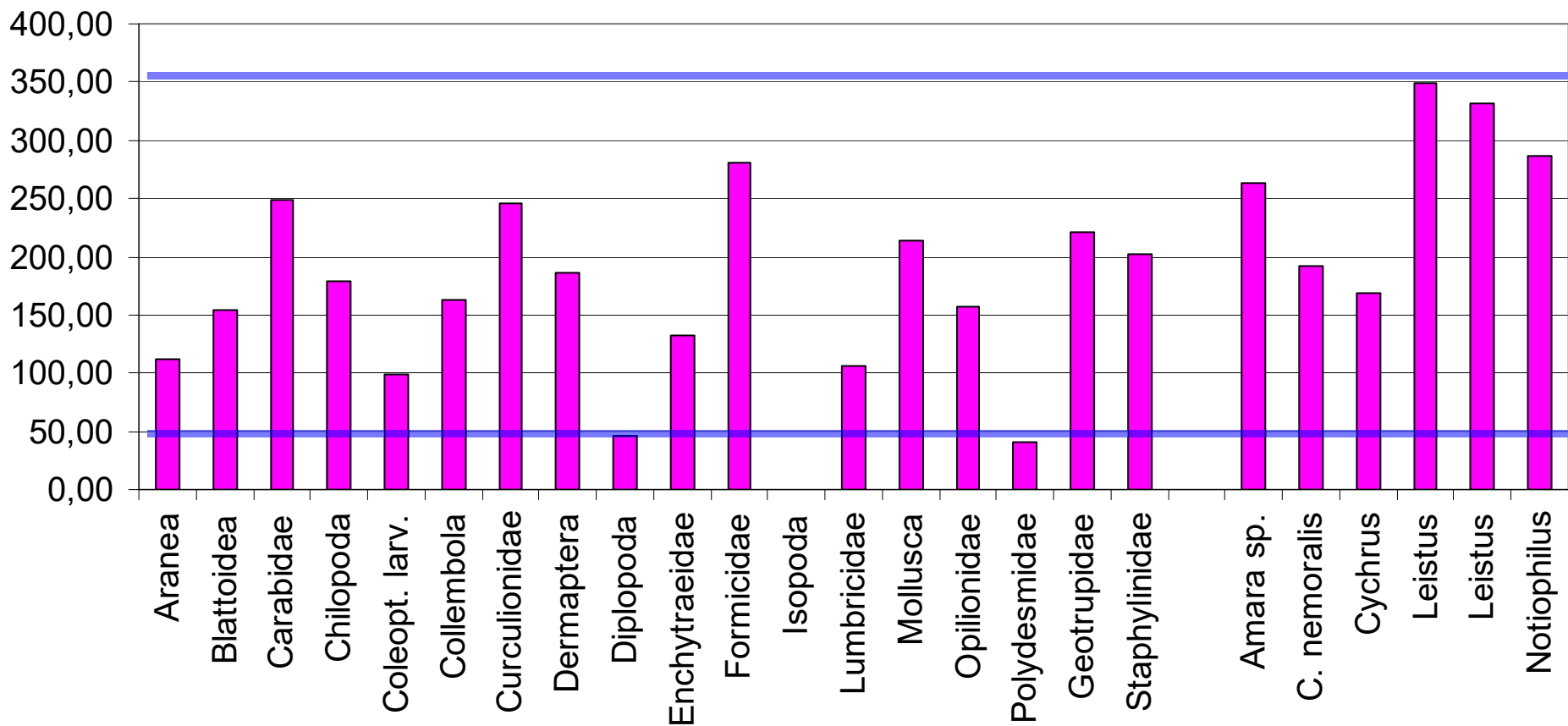
ZEE, unpubl.

STOSUNKI STECHIOMETRYCZNE BEZKRĘGOWCÓW GLEBY/ŚCIÓŁKI

C/N

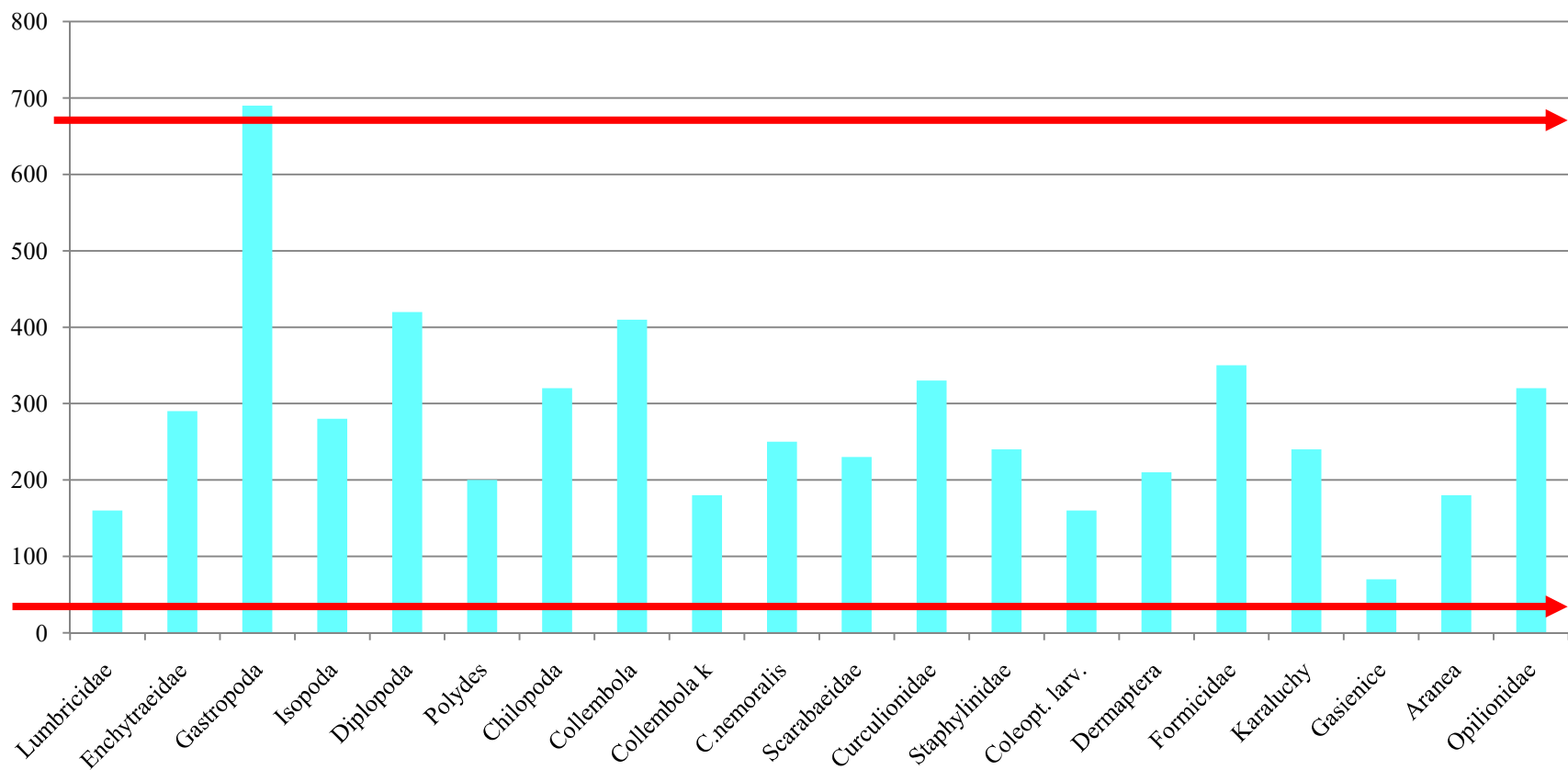


C/P

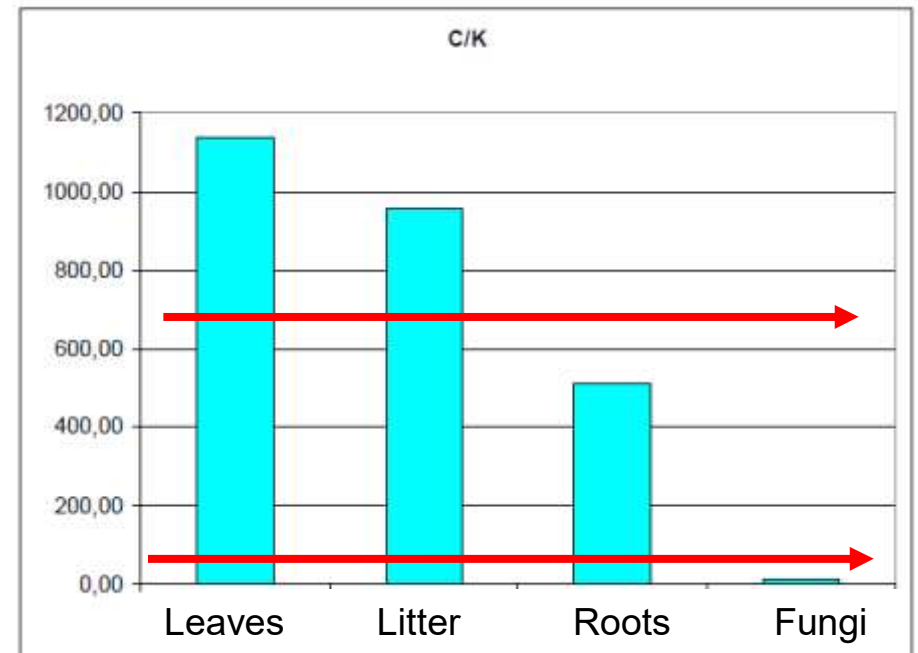
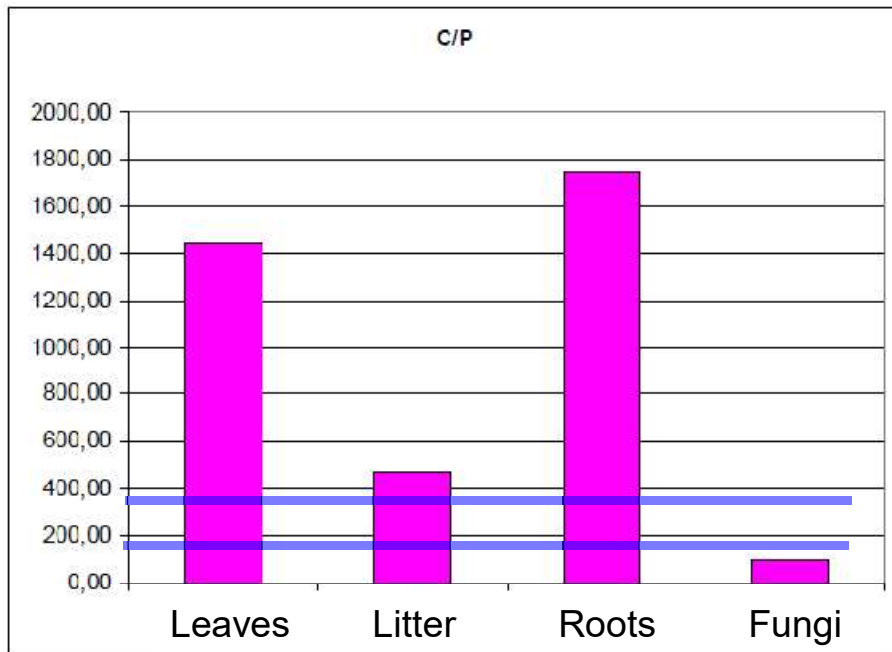
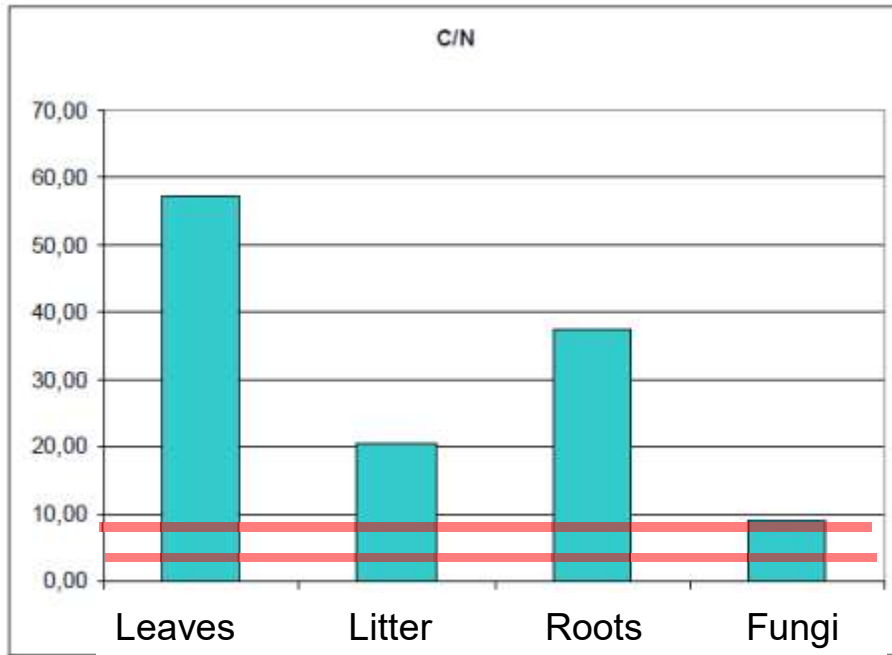


STOSUNKI STECHIOMETRYCZNE BEZKRĘGOWCÓW GLEBY/ŚCIÓŁKI

C/K



Stosunki stechiometryczne C:N, C:P, C:K w liściach, ściółce, korzeniach i grzybach



TSR (Trophic Stoichiometric Ratio)

(Troficzny stosunek stechiometryczny)

$ER_x = \text{Element Ratio (C/x) of element x}$

$$TSR_{x,i} = ER_{x,i} / ER_{x,(i+1)}$$

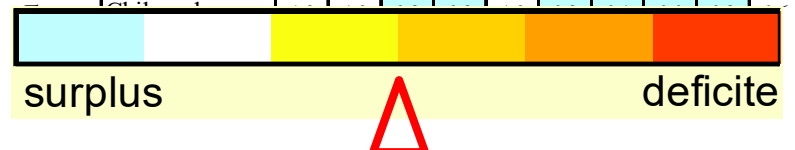
$i = \text{trophic level}$

Jeżeli: wydajność konwersji węgla ok. 25%
wydajność konwersji biogenów 100%

To: $TSR_{x,i} > 4 \Rightarrow x \text{ jest pierwiastkiem limitującym dla } i$

Potential food	Consumers	N	S	P	Zn	Fe	Cu	Mn	Ca	Mg	K
Fresh litter	Lumbricidae	11.0	10.6	12.8	9.1	2.9	2.9	0.0	0.6	0.5	6.6
	Enchytraeidae	10.9	7.3	10.3	8.4	12.3	6.2	0.3	0.1	0.7	3.8
	Gastropoda	10.9	5.7	6.3	8.5	0.1	12.0	0.7	0.5	1.5	2.1
	Isopoda	9.7	10.1	24.3	8.3	4.5	46.4	0.2	12.2	3.0	3.7
	Julida	8.3	7.7	31.9	9.3	1.5	37.0	0.5	10.7	5.1	3.3
	Polydesmida	9.9	5.7	39.0	42.8	2.4	46.9	0.3	8.5	3.9	5.2
	Opiliones	11.6	5.2	8.9	8.1	3.2	6.7	0.1	0.1	0.7	3.5
	Collembola	12.8	5.2	8.1	3.6	3.3	8.9	0.2	0.2	0.6	2.8
	Blattodea	10.5	5.4	7.4	3.2	6.1	12.3	0.1	0.1	0.6	4.5
	Dermoptera	11.5	3.5	7.7	3.7	4.5	6.6	0.0	0.0	0.5	5.1
	Geotrupidae	10.0	3.3	6.2	3.7	10.4	14.7	0.1	0.0	0.7	4.9
	Curculionidae	9.2	1.7	5.7	3.0	5.4	13.5	0.1	0.0	0.8	3.3
	Formicidae	12.4	2.7	4.3	4.3	4.0	5.2	0.1	0.0	0.4	3.0
	Litter/deritus	Lumbricidae	7.6	12.0	9.4	3.9	0.2	1.1	0.0	0.7	0.5
Enchytraeidae		7.5	8.3	7.6	3.6	0.6	2.4	0.2	0.1	0.7	3.2
Gastropoda		7.5	6.4	4.7	3.6	0.0	4.6	0.7	0.6	1.5	1.8
Isopoda		6.7	11.4	17.9	3.5	0.2	17.7	0.2	14.4	2.9	3.1
Julida		5.7	8.7	23.5	4.0	0.1	14.1	0.5	12.7	5.0	2.8
Polydesmida		6.8	6.5	28.7	18.3	0.1	17.8	0.3	10.0	3.8	4.4
Opiliones		8.0	5.9	6.5	3.5	0.2	2.5	0.1	0.1	0.7	3.0
Collembola		8.8	5.8	5.9	1.5	0.2	3.4	0.2	0.2	0.5	2.3
Blattodea		7.2	6.1	5.4	1.4	0.3	4.7	0.1	0.1	0.6	3.8
Dermoptera		7.9	4.0	5.6	1.6	0.2	2.5	0.0	0.1	0.5	4.3
Geotrupidae		6.8	3.7	4.6	1.6	0.5	5.6	0.1	0.0	0.7	4.1
Curculionidae		6.3	1.9	4.2	1.3	0.3	5.1	0.1	0.0	0.8	2.8
Formicidae		8.5	3.0	3.1	1.8	0.2	2.0	0.1	0.0	0.4	2.6
Fungi		Lumbricidae	1.6	2.3	0.9	3.1	2.1	0.2	0.2	16.8	0.5
	Enchytraeidae	1.6	1.6	0.7	2.9	8.9	0.5	1.8	2.5	0.7	0.2
	Gastropoda	1.6	1.2	0.4	2.9	0.1	1.0	4.9	16.3	1.6	0.1
	Isopoda	1.4	2.2	1.7	2.8	3.2	3.7	1.7	370.8	3.1	0.1
	Julida	1.2	1.7	2.2	3.2	1.1	3.0	3.7	327.0	5.2	0.1
	Polydesmida	1.4	1.2	2.7	14.6	1.7	3.7	2.2	257.8	4.0	0.2
	Opiliones	1.7	1.1	0.6	2.8	2.3	0.5	0.9	2.1	0.7	0.1
	Chilopoda	1.7	1.7	0.6	2.8	3.3	0.9	0.2	1.0	0.7	0.1
	Collembola	1.8	1.1	0.6	1.2	2.4	0.7	1.5	4.6	0.6	0.1
	Blattodea	1.5	1.2	0.5	1.1	4.4	1.0	1.0	3.3	0.7	0.2
	Dermoptera	1.7	0.8	0.5	1.3	3.2	0.5	0.3	1.4	0.5	0.2
	Geotrupidae	1.4	0.7	0.4	1.2	7.5	1.2	0.4	0.8	0.7	0.2
	Curculionidae	1.3	0.4	0.4	1.0	3.9	1.1	0.4	0.7	0.8	0.1
	Formicidae	1.8	0.6	0.3	1.5	2.9	0.4	0.7	1.0	0.4	0.1

Potential food	Consumers	N	S	P	Zn	Fe	Cu	Mn	Ca	Mg	K	
Lumbricidae	Chilopoda	1.1	0.7	0.7	0.9	1.6	3.6	1.2	0.1	1.4	0.5	
	Araneae	1.1	1.1	1.0	1.3	1.1	8.2	3.9	0.1	2.5	0.9	
	Opiliones	1.1	0.5	0.7	0.9	1.1	2.3	4.3	0.1	1.4	0.5	
	Blattodea	1.0	0.5	0.6	0.3	2.1	4.2	4.8	0.2	1.4	0.7	
	Dermoptera	1.0	0.3	0.6	0.4	1.6	2.2	1.6	0.1	1.0	0.8	
	Staphylinidae	1.0	0.3	0.6	1.0	3.0	4.5	1.5	0.0	1.2	0.7	
	C. nemoralis	1.0	0.4	0.6	0.4	0.9	1.4	0.9	0.0	1.0	0.7	
	Formicidae	1.1	0.2	0.3	0.5	1.4	1.8	3.3	0.1	0.9	0.5	
	Enchytreidae	Chilopoda	1.1	1.0	0.8	1.0	0.4	1.7	0.1	0.4	1.0	0.8
		Araneae	1.1	1.5	1.2	1.4	0.3	3.9	0.4	1.0	1.7	1.6
Opiliones		1.1	0.7	0.9	1.0	0.3	1.1	0.5	0.8	1.0	0.9	
Blattodea		1.0	0.7	0.7	0.4	0.5	2.0	0.5	1.3	0.9	1.2	
Dermoptera		1.1	0.5	0.7	0.4	0.4	1.1	0.2	0.6	0.7	1.3	
Staphylinidae		1.0	0.4	0.7	1.1	0.7	2.1	0.2	0.3	0.8	1.1	
Gastropoda	C. nemoralis	1.0	0.6	0.7	0.4	0.2	0.7	0.1	0.2	0.7	1.1	
	Formicidae	1.1	0.4	0.4	0.5	0.3	0.8	0.4	0.4	0.6	0.8	
	Chilopoda	1.1	1.4	1.4	1.0	45.4	0.9	0.0	0.1	0.4	1.5	
	Araneae	1.1	2.0	2.0	1.4	32.4	2.0	0.2	0.2	0.8	2.9	
	Dermoptera	1.1	0.6	1.2	0.4	44.9	0.5	0.1	0.1	0.3	2.4	
	Staphylinidae	1.0	0.5	1.1	1.1	86.9	1.1	0.1	0.0	0.4	2.1	
Isopoda	C. nemoralis	1.0	0.8	1.1	0.4	24.6	0.3	0.0	0.0	0.3	2.1	
	Formicidae	1.1	0.5	0.7	0.5	40.3	0.4	0.1	0.1	0.3	1.5	
	Chilopoda	1.2	0.8	0.4	1.0	1.0	0.2	0.1	0.0	0.2	0.9	
	Araneae	1.2	1.1	0.5	1.4	0.7	0.5	0.5	0.0	0.4	1.6	
	Blattodea	1.1	0.5	0.3	0.4	1.4	0.3	0.6	0.0	0.2	1.2	
	Dermoptera	1.2	0.3	0.3	0.4	1.0	0.1	0.2	0.0	0.2	1.4	
Julida	Staphylinidae	1.1	0.3	0.3	1.1	1.9	0.3	0.2	0.0	0.2	1.2	
	C. nemoralis	1.1	0.4	0.3	0.4	0.5	0.1	0.1	0.0	0.2	1.2	
	Formicidae	1.3	0.3	0.2	0.5	0.9	0.1	0.4	0.0	0.1	0.8	
	Chilopoda	1.4	1.0	0.3	0.9	3.1	0.3	0.1	0.0	0.1	1.0	
	Araneae	1.4	1.5	0.4	1.2	2.2	0.6	0.2	0.0	0.2	1.8	
	Opiliones	1.4	0.7	0.3	0.9	2.2	0.2	0.2	0.0	0.1	1.1	
Formicidae	Dermoptera	1.4	0.5	0.2	0.4	3.1	0.2	0.1	0.0	0.1	1.5	
	Staphylinidae	1.3	0.4	0.2	1.0	5.9	0.4	0.1	0.0	0.1	1.3	
	C. nemoralis	1.3	0.6	0.2	0.4	1.7	0.1	0.1	0.0	0.1	1.3	
	Formicidae	1.5	0.3	0.1	0.5	2.8	0.1	0.2	0.0	0.1	0.9	



Założenia i podstawowe obserwacje

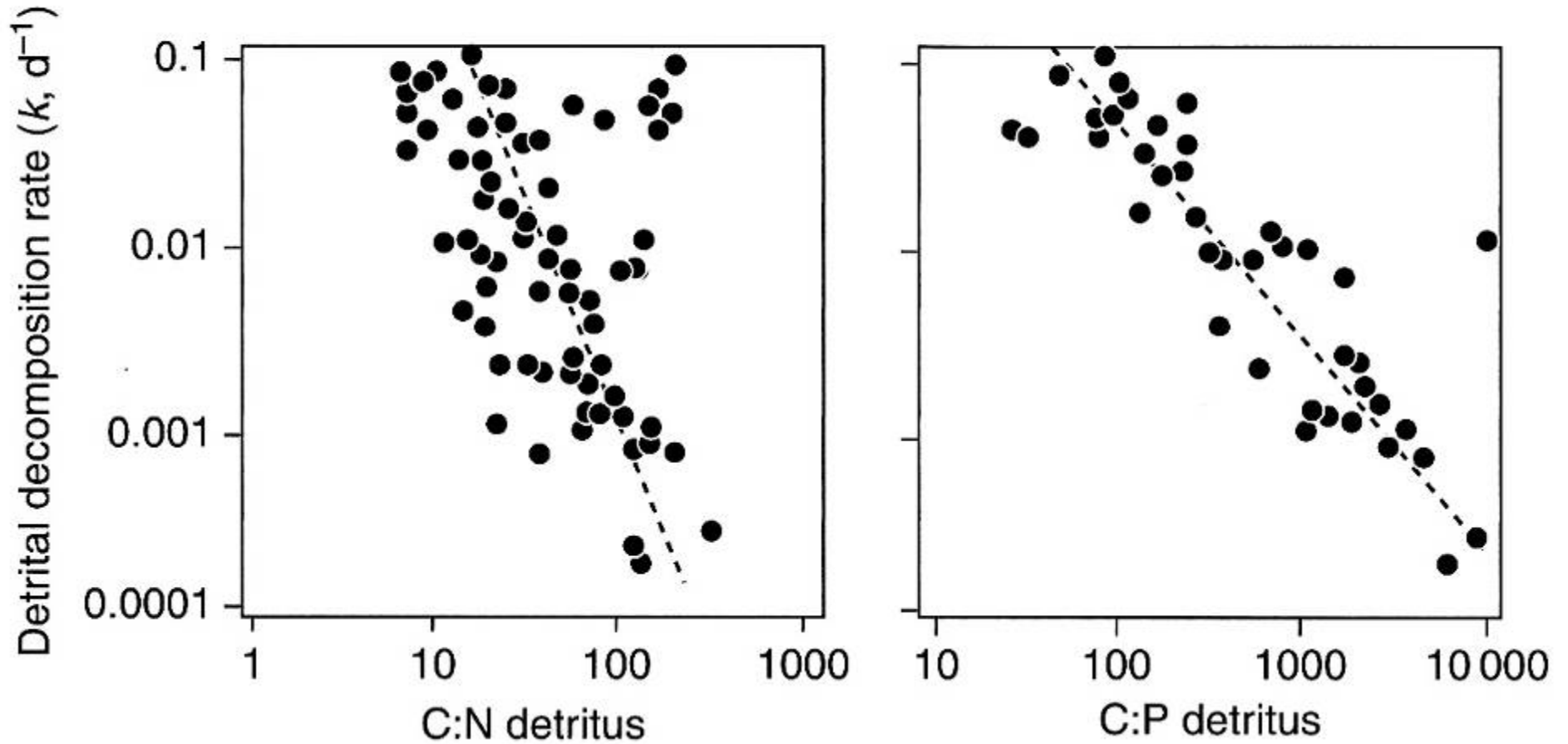
- Skład chemiczny organizmów można przedstawić w formie proporcji stechiometrycznych
- W zbadanych przypadkach skład ten okazuje się bardzo zróżnicowany
- Znaczna różnica stechiometrii pomiędzy poziomami troficznymi ma wpływ na funkcjonowanie sieci troficznych

HIPOTEZY EKOLOGICZNE

Stosunki stechiometryczne mogą determinować skład taksonomiczny zespołów

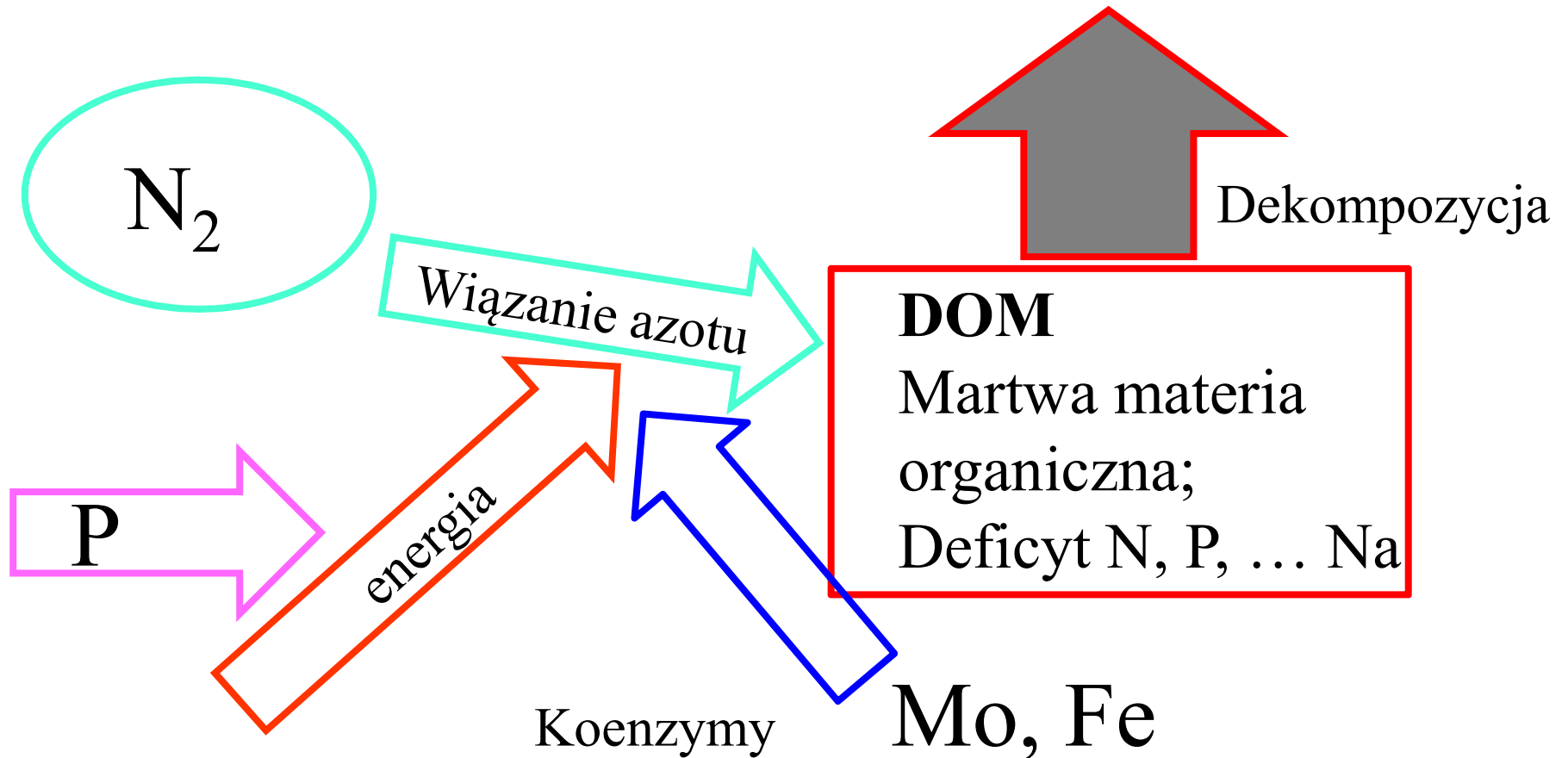
Stosunki stechiometryczna wpływają na tempo procesów w ekosystemach

TEMPO DEKOMPOZYCJI ZALEŻY OD STOSUNKU C:N:P w substracie

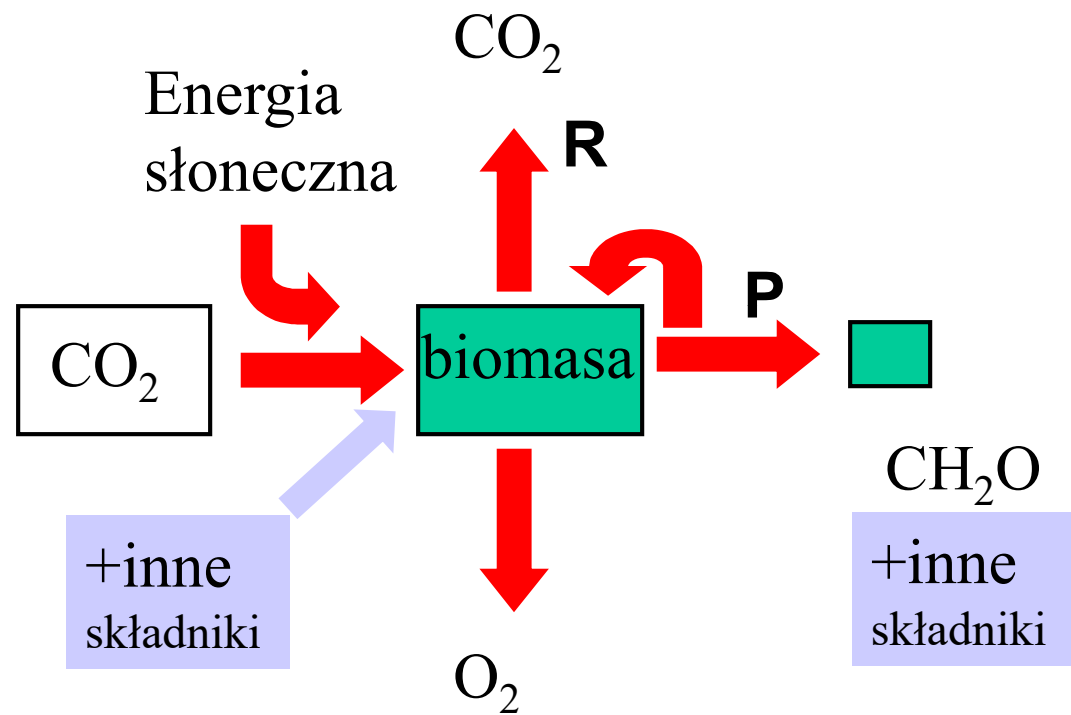


Sterner & Elser 2010

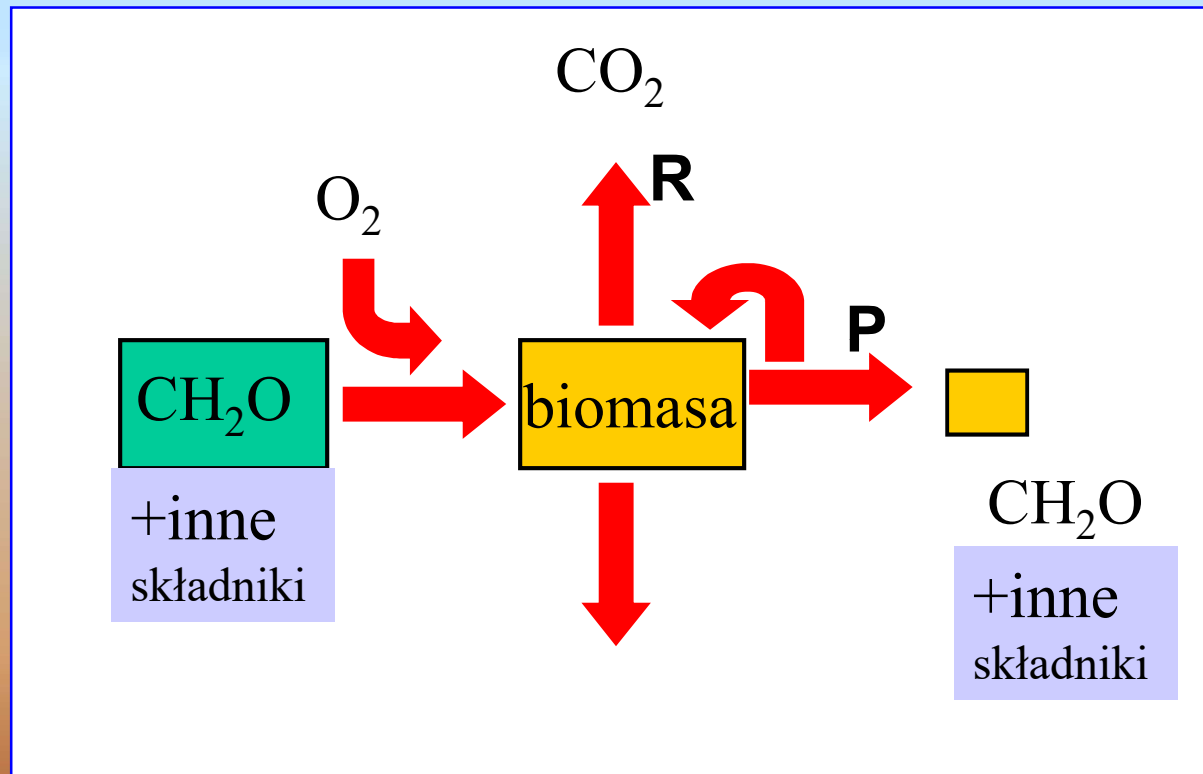
„Kaskada stechiometryczna”



Bilans produkcji pierwotnej (autotroficznej)

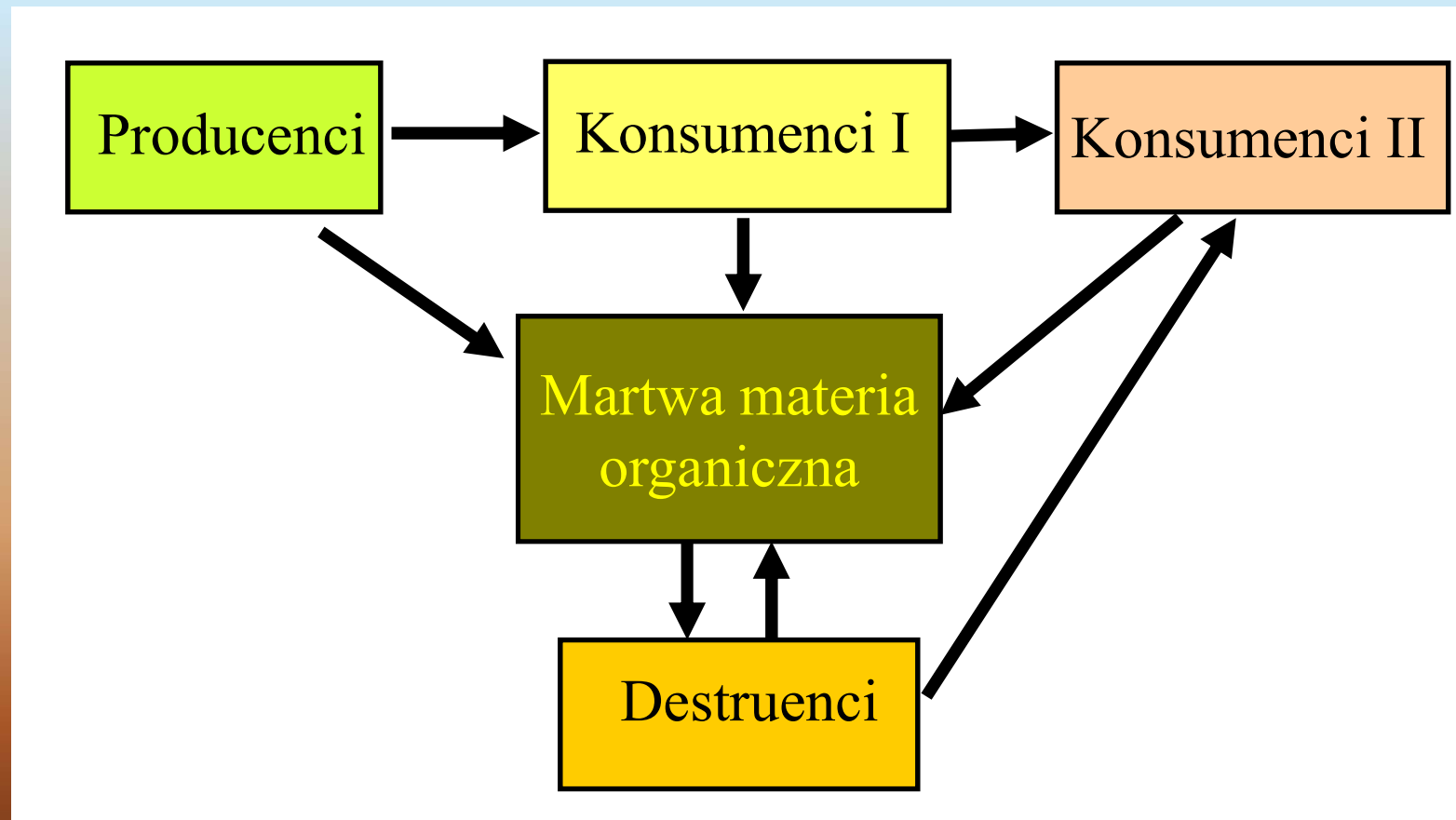


Bilans produkcji wtórnej (heterotroficznej)



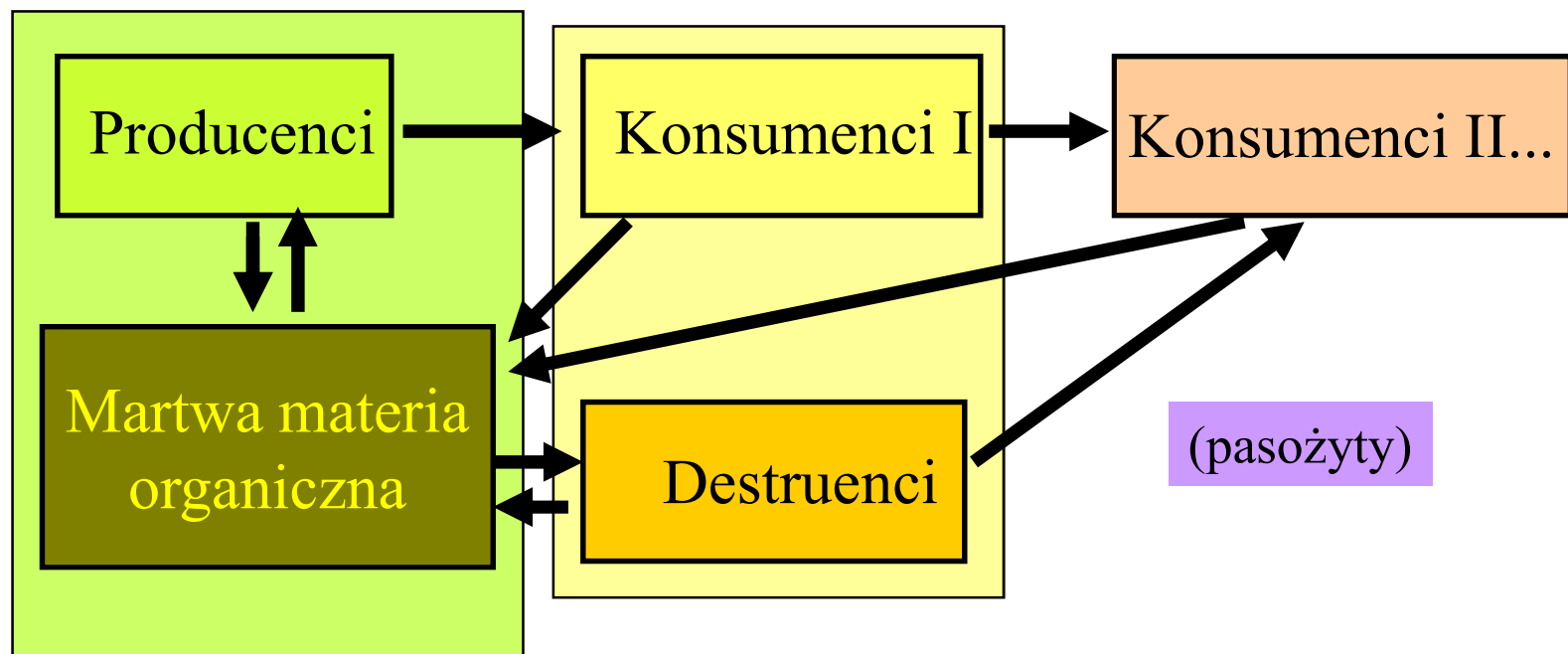
Sieć troficzna

(ogólny schemat)



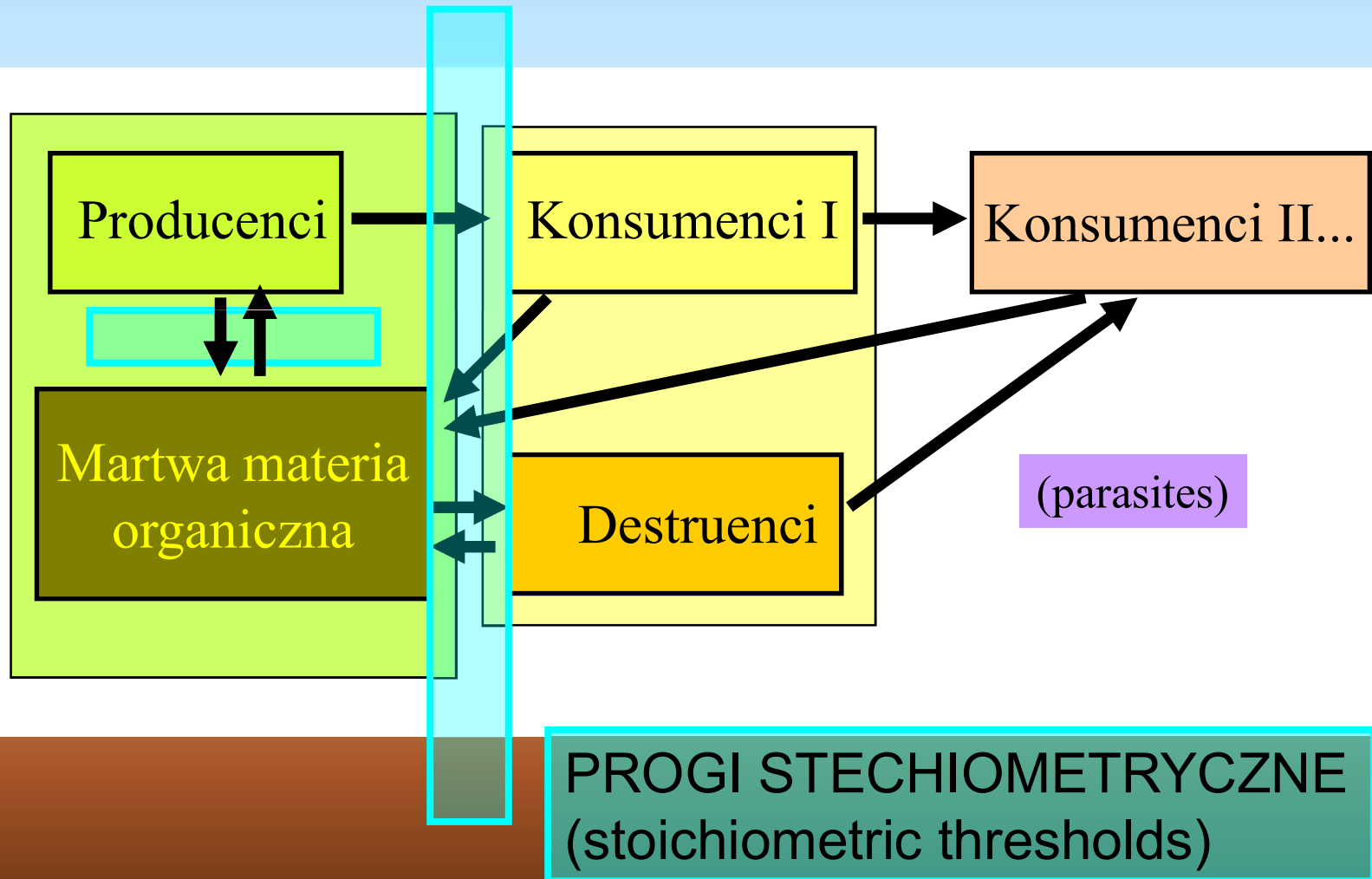
Sieć troficzna

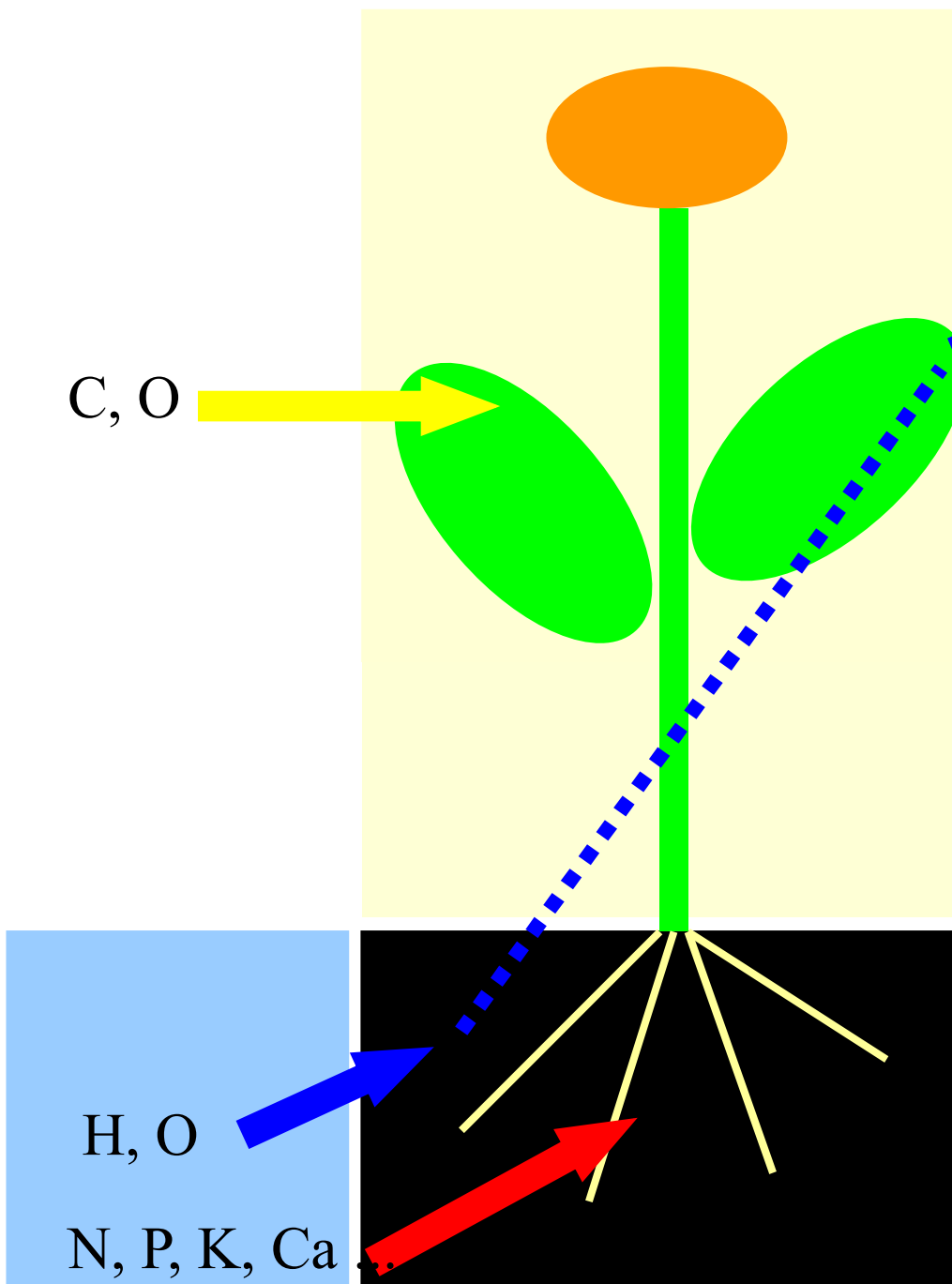
(lepszy schemat poziomów troficznych)



Sieć troficzna

(lepszy schemat poziomów troficznych)



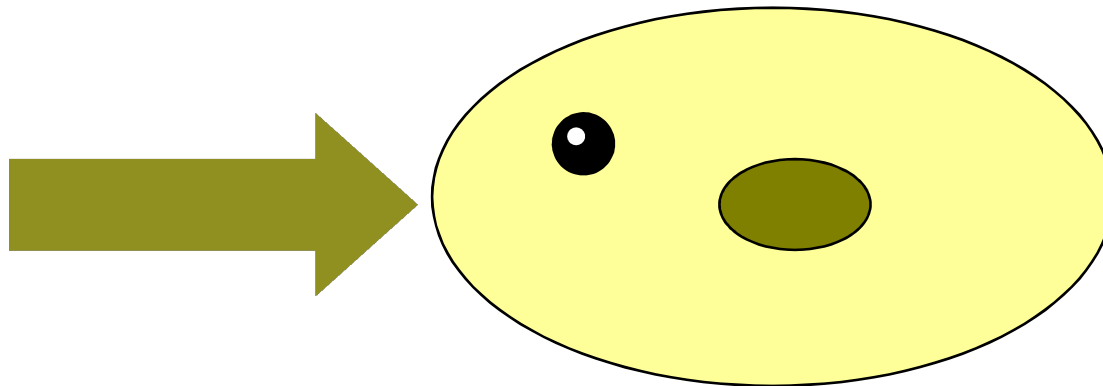


Autotrof pobiera C i O
(CO₂)
niezależnie od innych
pierwiastków

Pobieranie biogenów
(N, P, K, Ca ...) z roztworu
glebowego zależy od ilości
transpirowanej wody

**SELEKTYWNE
PRZYSWAJANIE
ROLA GRZYBÓW
(MIKORYZA)**

C, H, O, N, P, K, Ca, Na, S



Heterotrof pobiera wszystkie pierwiastki naraz, w takich proporcjach, w jakich są w pokarmie.

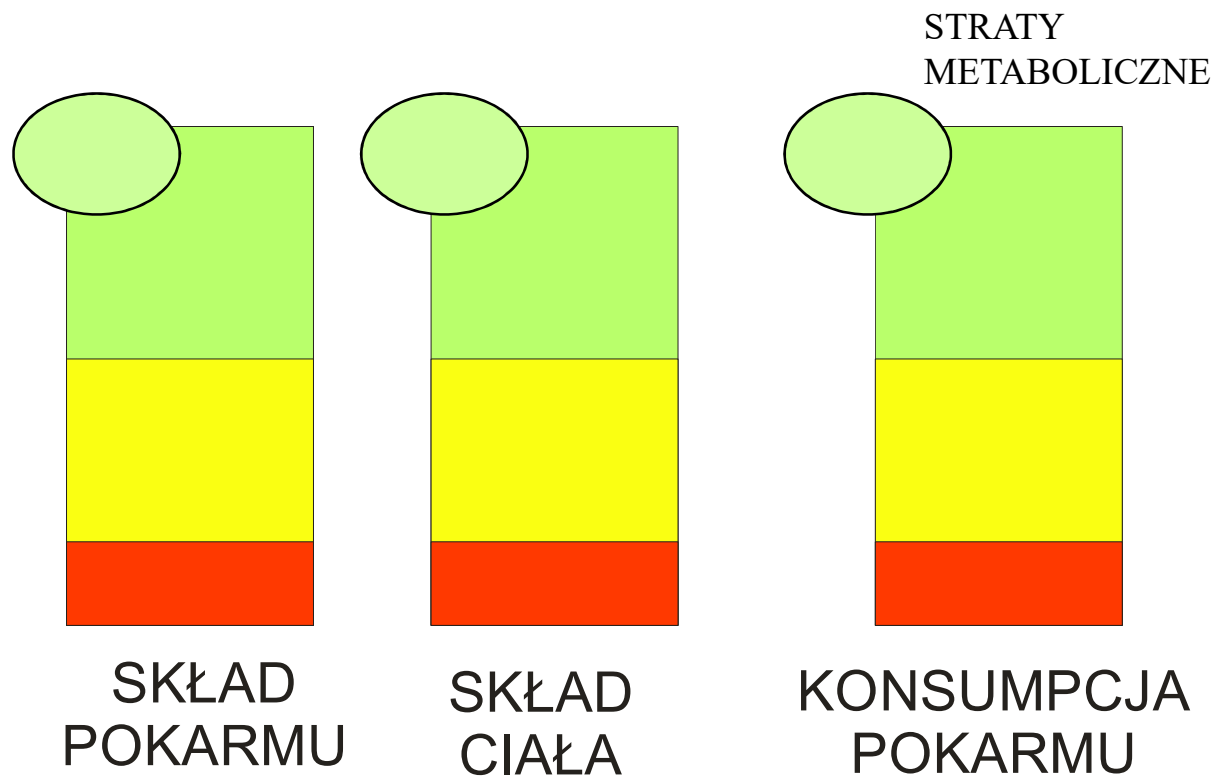
SELEKTYWNA ASYMILACJA

SELEKTYWNE ŻEROWANIE

ROLA GRZYBÓW

STRATEGIA WYSPECJALIZOWANEGO MONOFAGA

Pokarm w idealnych stosunkach stechiometrycznych:



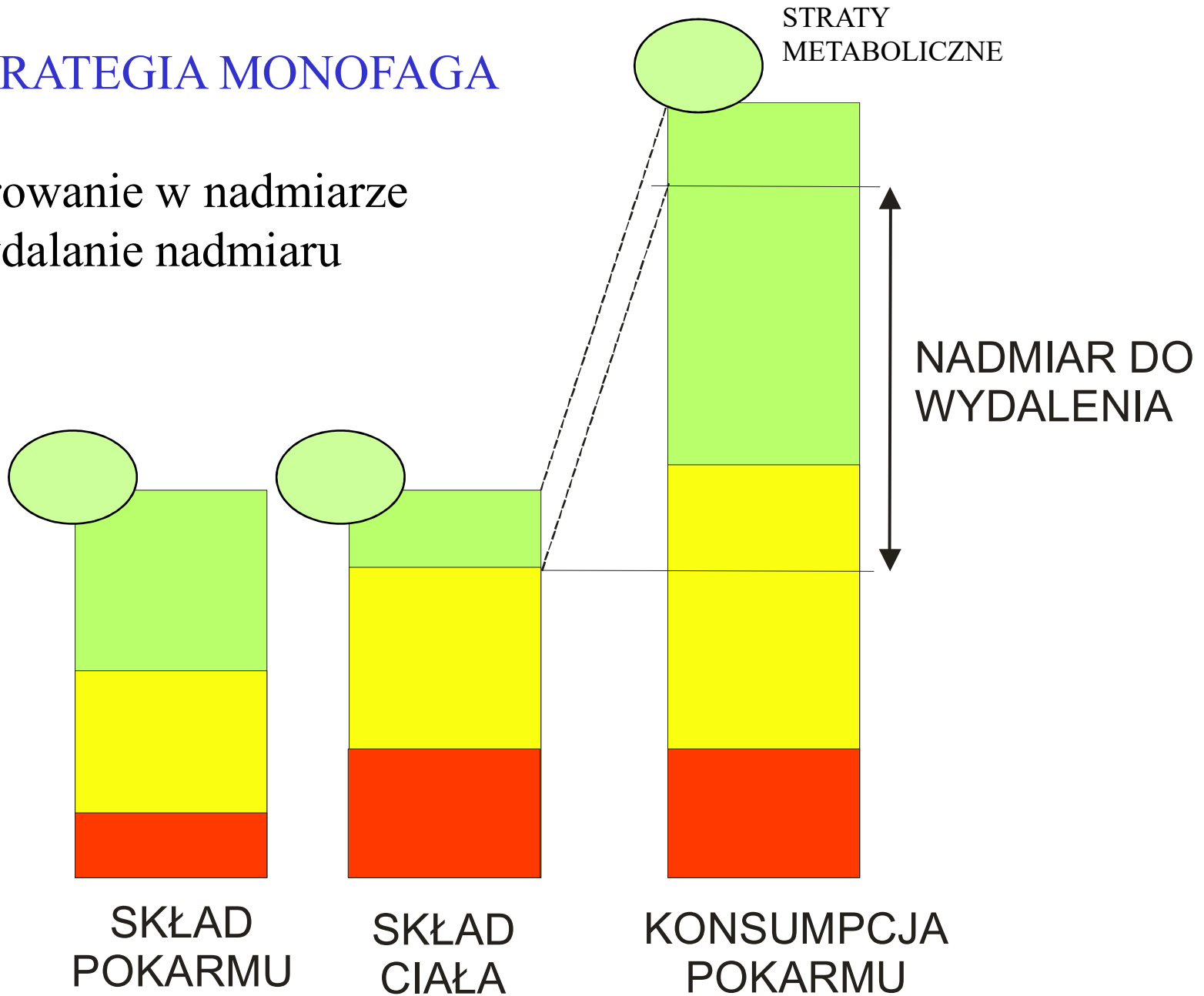
PRZYKŁADY: występowanie drapieżcy, kanibale:

- ryby drapieżne
- Felidae



STRATEGIA MONOFAGA

żerowanie w nadmiarze
wydalanie nadmiaru



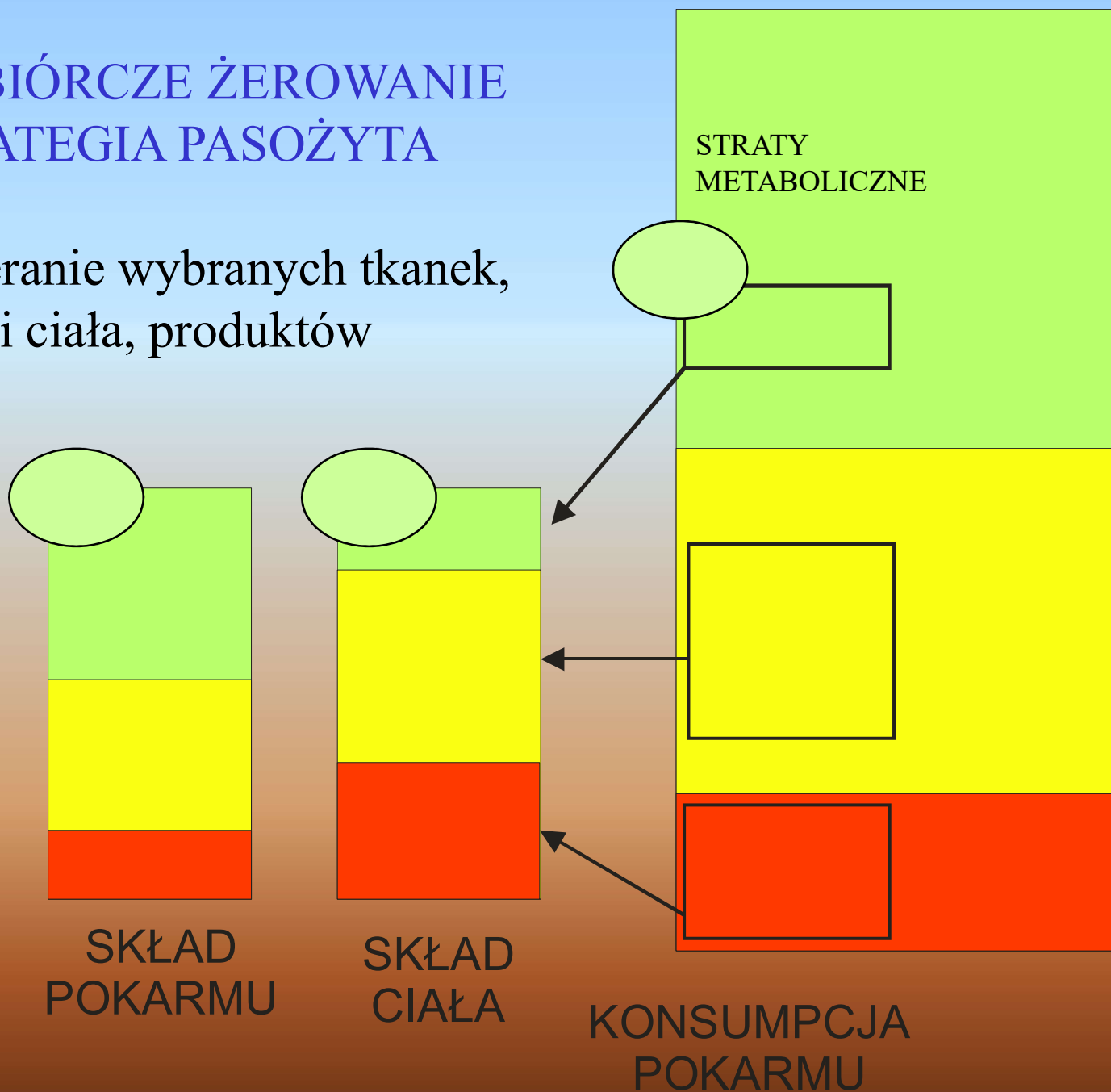
Przykłady:

- Mszyce (spadź)
- Wampiry (krew)
- Termitofagi i mrówkojady
- Drewnojady



WYBIÓRCZE ŻEROWANIE STRATEGIA PASOŻYTA

pobieranie wybranych tkanek,
części ciała, produktów



Przykłady: liczne

- wyspecjalizowani roślinożercy
- pasożyty roślin i zwierząt



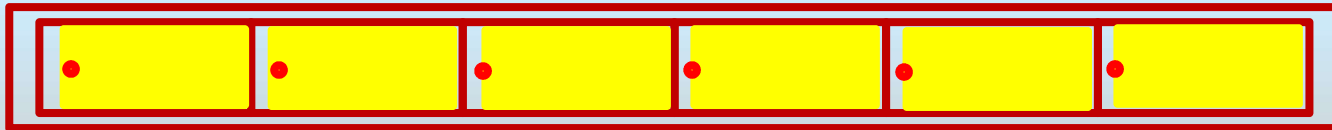
SKRAJNA WYBIÓRCZOŚĆ:
PYŁKOŻERCY



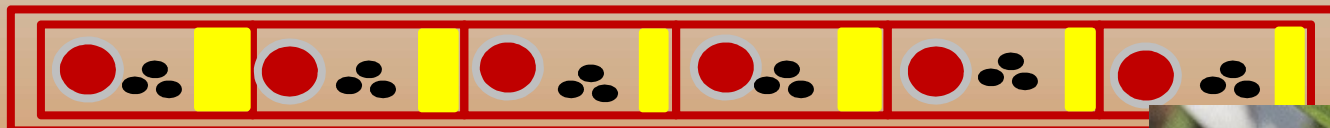
Osmia rufa

ROZWÓJ MURARKI *Osmia rufa*

Zamknięte komórki, w każdej odmierzony zapas pyłku i 1 jajo



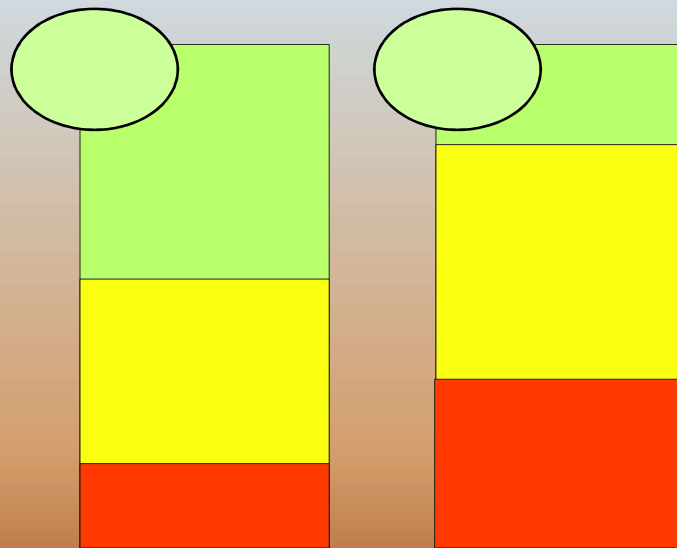
Kokon z poczwarką, resztki pokarmu i odchody



SUKCES ZALEŻY OD ODPOWIEDNIEGO DOBORU PYŁKU [?]

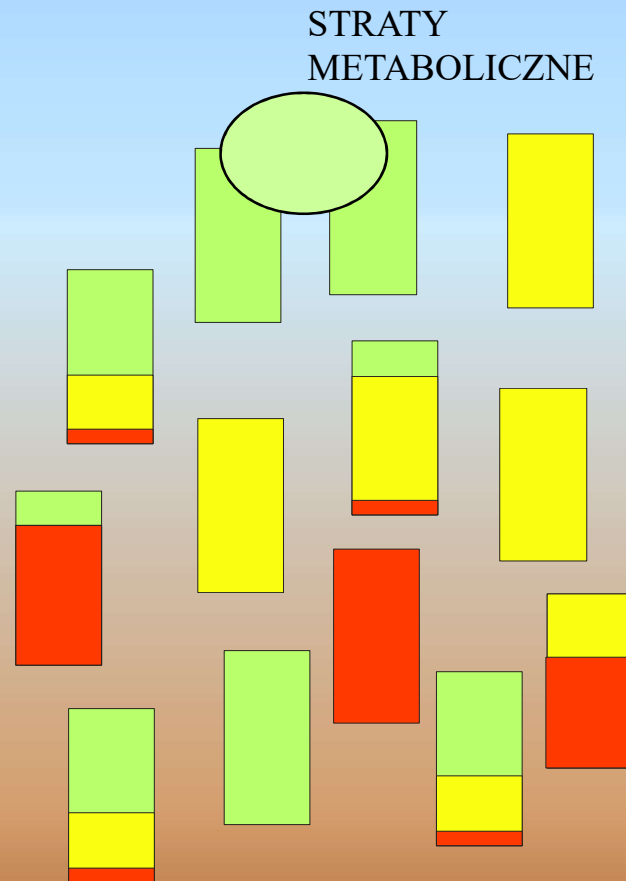
STRATEGIA POLIFAGA

pobieranie różnych pokarmów
dla skompensowania składu



SKŁAD
POKARMU

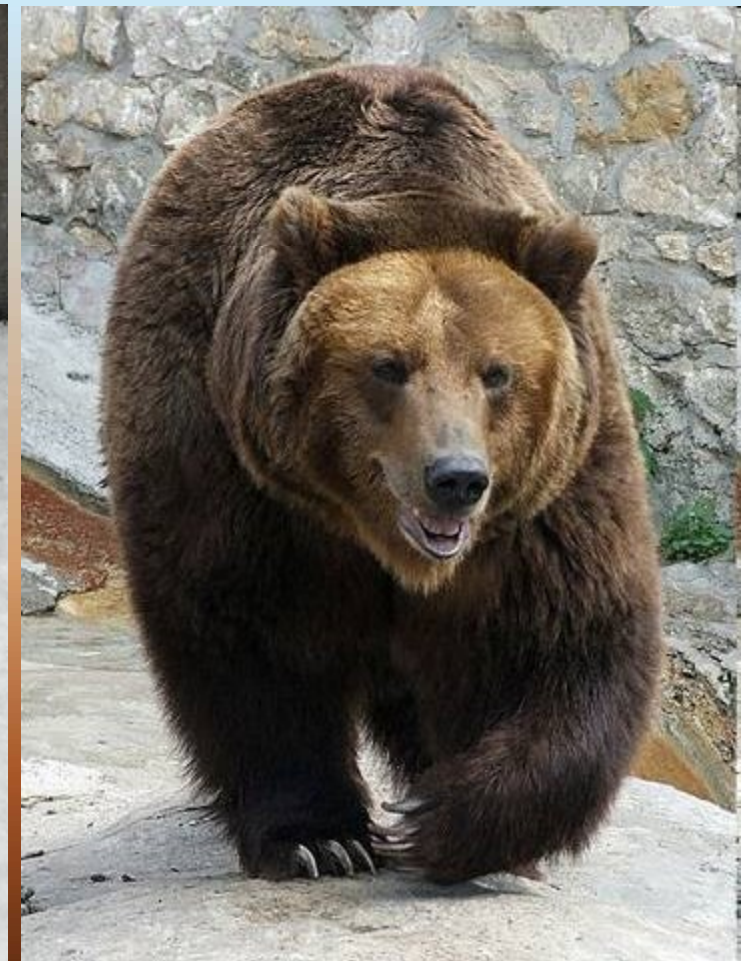
SKŁAD
CIAŁA



KONSUMPCJA
POKARMU

Przykłady: bardzo wiele!

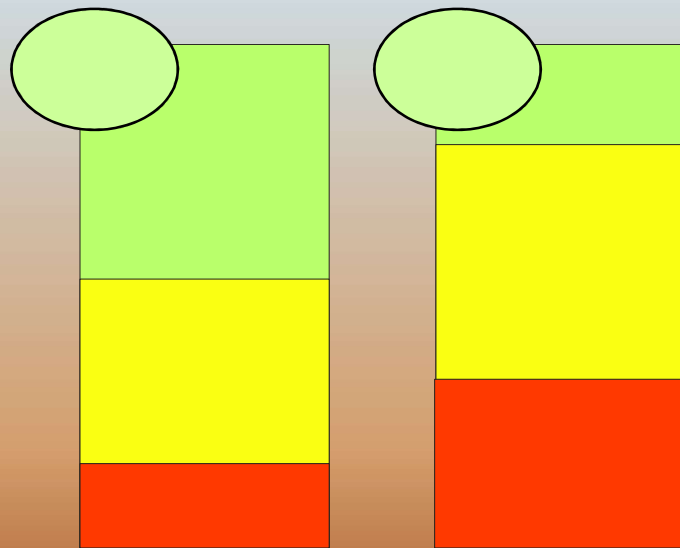
- Nornica
- Wróblowate
- Kuraki
- Niewyspecjalizowani drapieżcy– wilk, lis, niedźwiedź





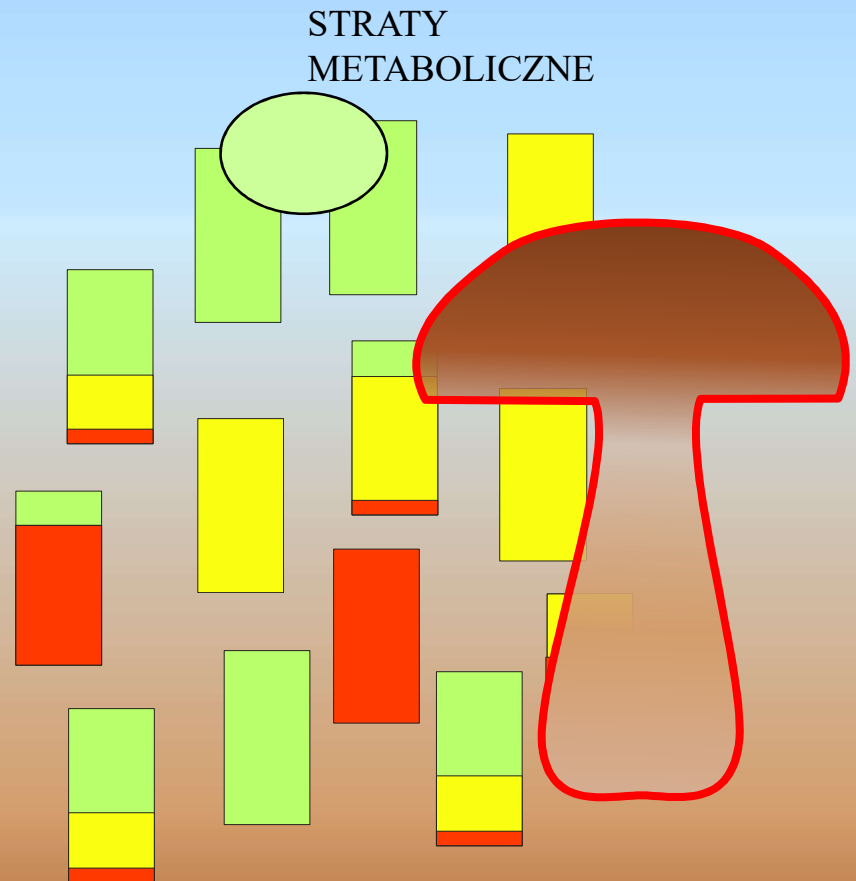
STRATEGIA POLIFAGA

pobieranie różnych pokarmów
dla skompensowania składu



SKŁAD
POKARMU

SKŁAD
CIAŁA



KONSUMPCJA
POKARMU

MRÓWKI – GRZYBIARKI (*Atta* sp.)



**STOSUNEK C:N:P
W ŚCIÓŁCE
MONOKULTUR
LEŚNYCH**

	C	N	P
lipa	335,63	31,13	1
świerk	437,00	19,89	1
modrzew	183,57	10,48	1
dąb	136,50	10,13	1
sosna	614,71	24,57	1
ŚREDNIA	341,48	19,24	1

**STOSUNEK C:N:P
W GRZYBACH
MONOKULTUR
LEŚNYCH**

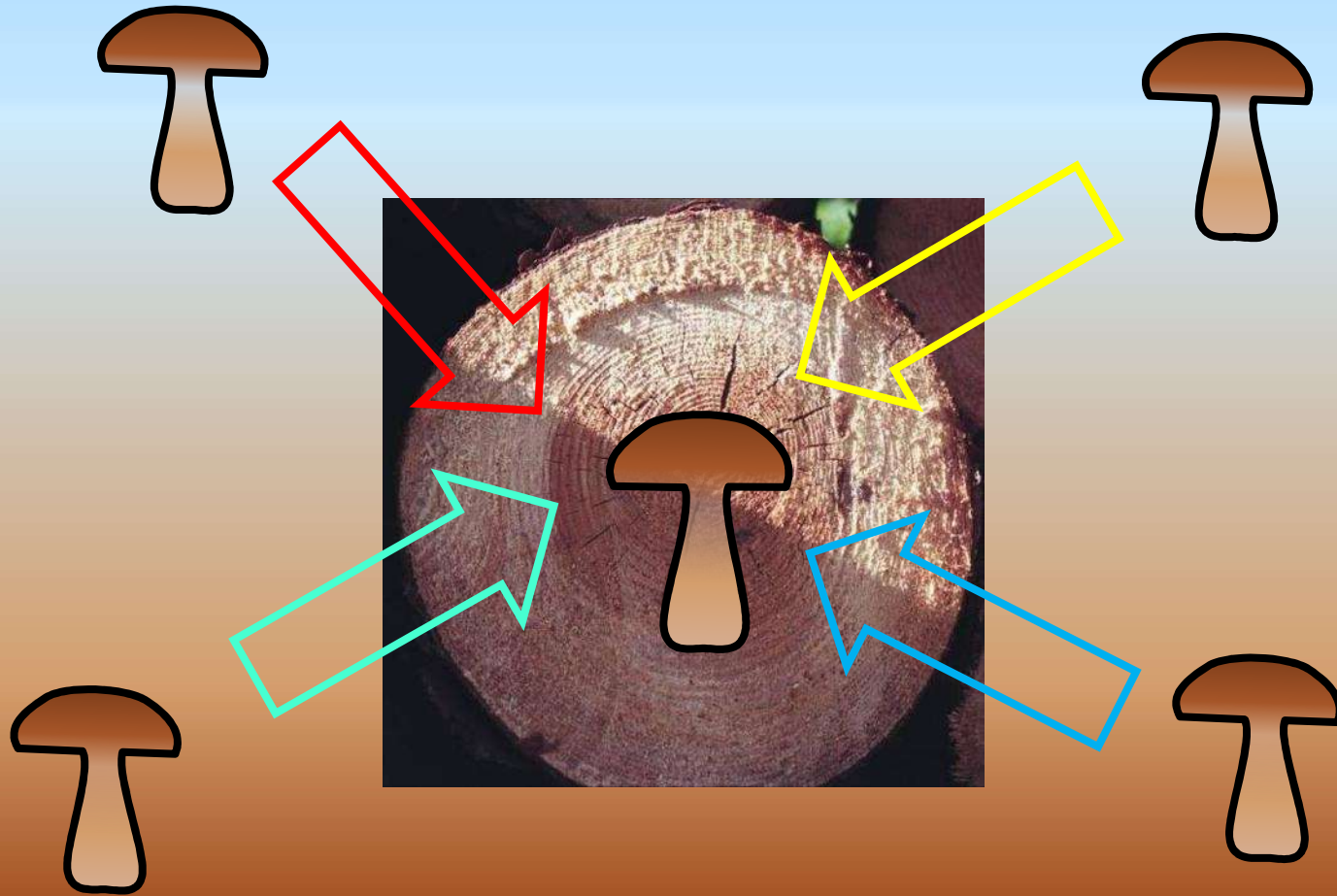
	C	N	P
lipa	33,49	5,21	1
świerk	37,60	5,37	1
modrzew	29,83	3,30	1
dąb	60,51	7,00	1
sosna	41,74	5,12	1
ŚREDNIA	40,64	5,20	1

DREWNOJADY

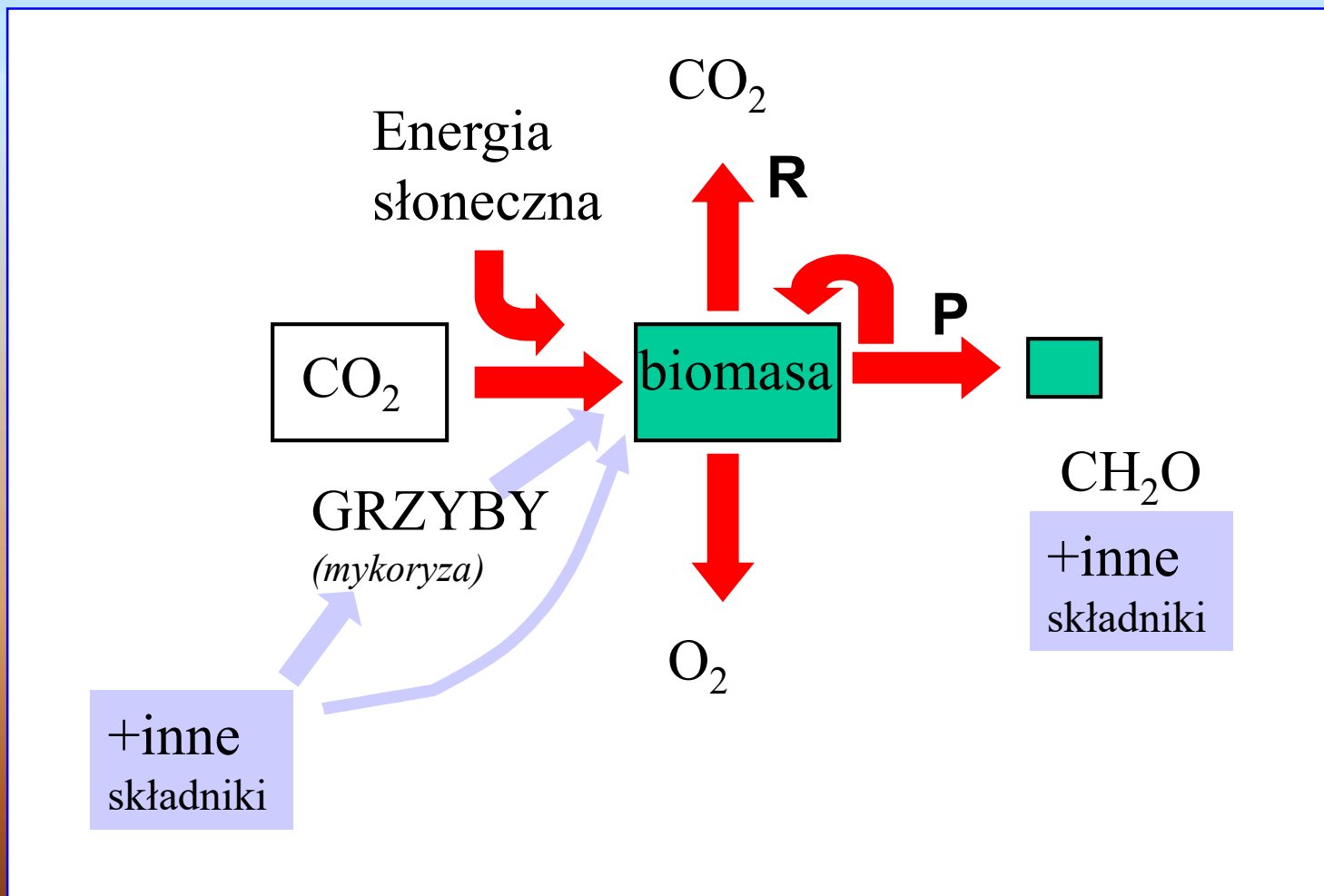
- How to make an insect out of wood??



IMPORT PIERWIASTKÓW DO WNETRZA PNIA PRZEZ GRZYBNIĘ



Bilans produkcji pierwotnej (autotroficznej)



Bilans produkcji wtórnej (heterotroficznej)

