

BIOGEOCHEMIA

STECIOMETRIA EKOLOGICZNA

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

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

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

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

H	375000000	O	132000000	C	85700000						
N	6430000	Ca	1500000	P	1020000	S	206000				
Na	183000	K	177000	C	1127000	Mg	40000				
Si	38600	Fe	2680	Zn	2110	Cu	76	I	14	Mn	13
F	13	Cr	7	Se	4	Mo	3	Co	1		

Michał Anioł, 1535

Homo sapiens

Wzór stechiometryczny ciała ludzkiego

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

C:N:P = 84:6:1

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

PROPORCJA REDFIELDA

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



fotosynteza



<==>



Ecological Stoichiometry

THE BIOLOGY OF ELEMENTS FROM
MOLECULES TO THE BIOSPHERE

ROBERT W. STERNER AND JAMES J. ELSER

2002

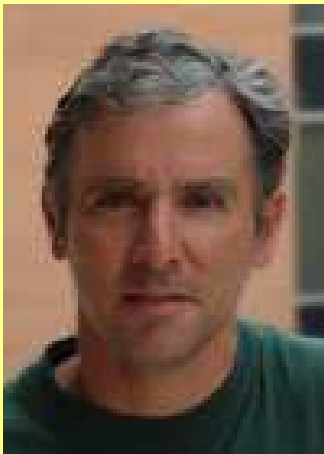
WITH A FOREWORD BY PETER VITOUSEK

Nycz-Wasilec P., 2002:
O podejściu
stechiometrycznym w
badaniach ekologicznych.
Wiadomości Ekologiczne
48: 249-266

Definicja:

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

Sterner & Elser 2002
(Reiners 1986)



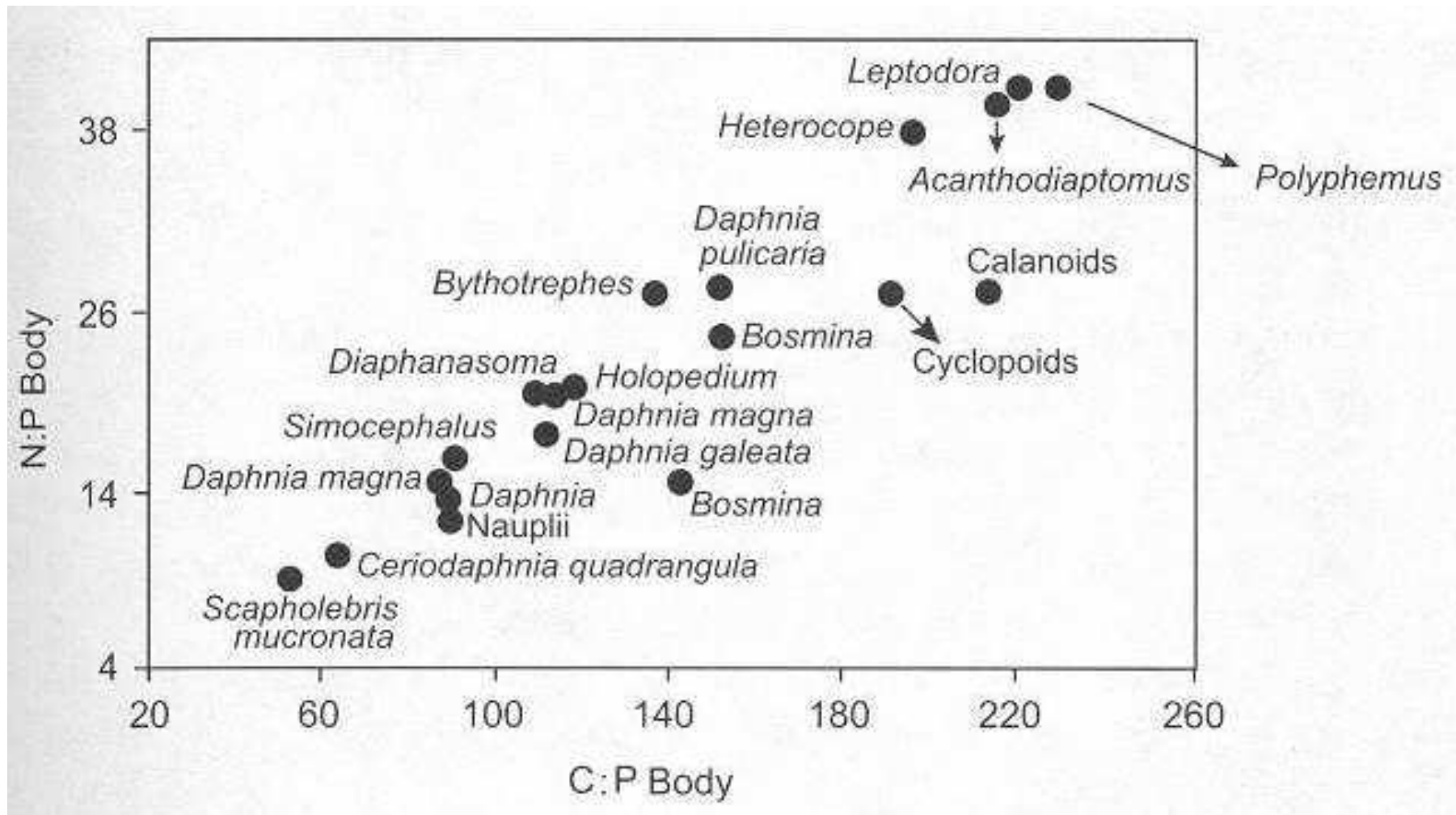
James J. Elser, Arizona State University

Założenia i podstawowe obserwacje

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

Międzygatunkowa zmienność składu ciała u różnych taksonów planktonu słodkowodnego

Sterner & Elser 2002



Proporcje stechiometryczne skorupiaków planktonowych

Acanthodiaptomus pacificus



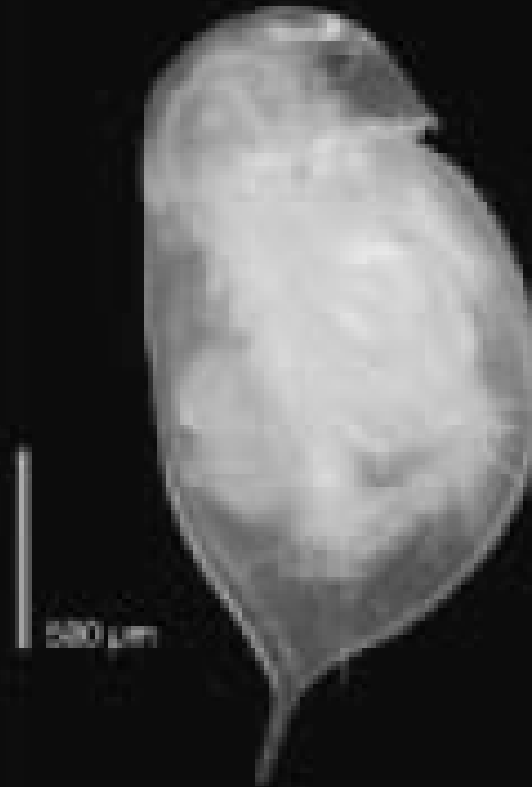
240 C : 48 N : 1 P
5C : 1 N

Bosmina langirostris



151 C : 25 N : 1 P
6C : 1N

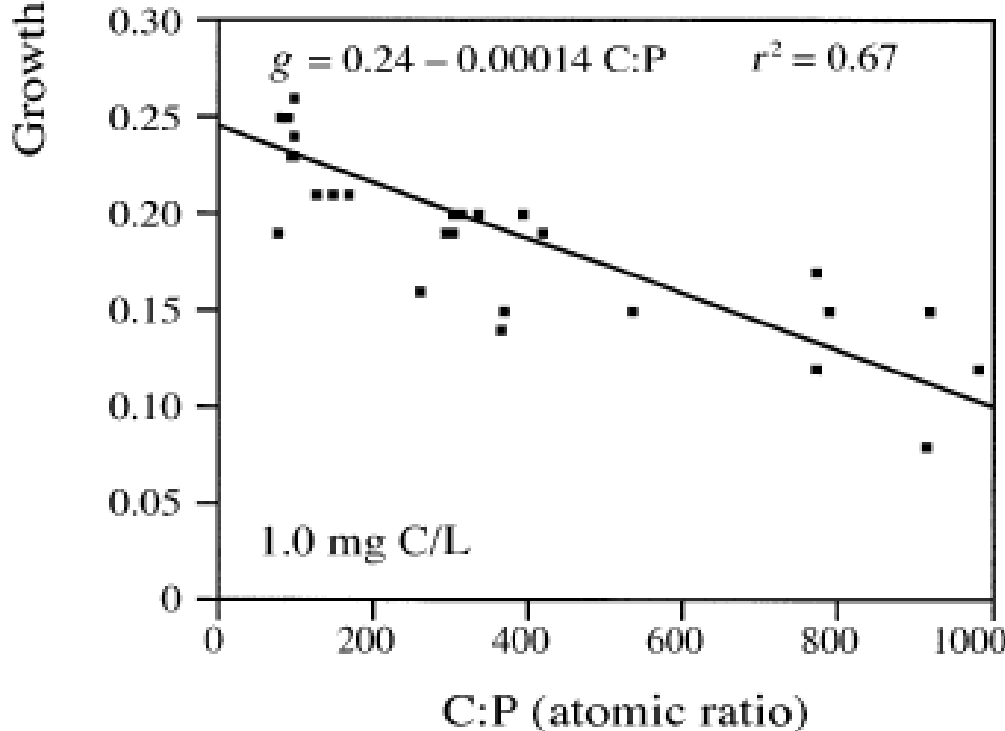
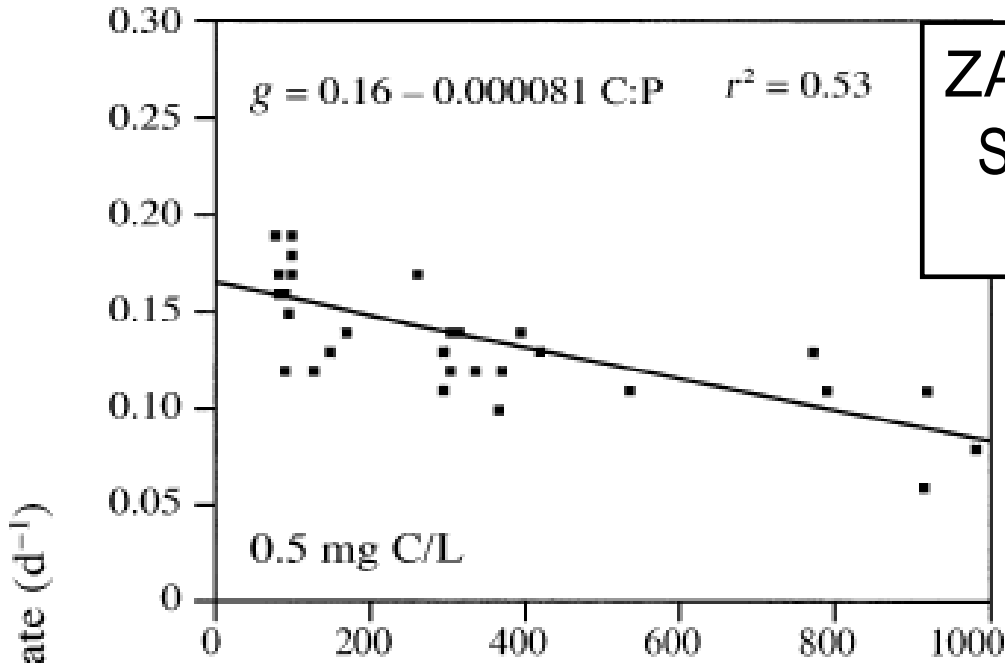
Daphnia similis



80 C : 14 N : 1 P
5,7 C : 1 N

(Elser & Urabe 1999; Ecology 80(3): 735-751)

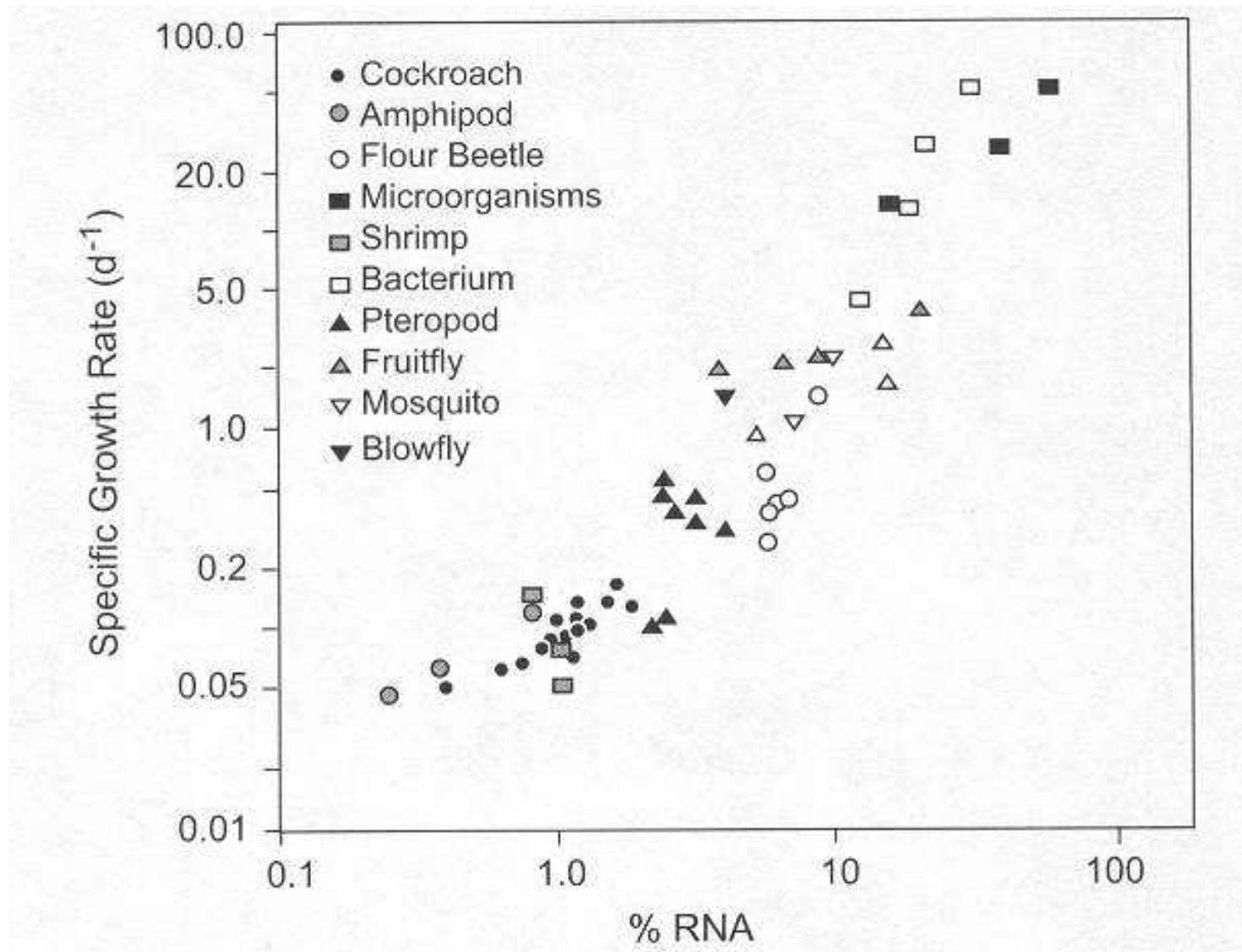
**ZALEŻNOŚĆ TEMPA WZROSTU
SKORUPIAKÓW PLANKTONOWYCH
OD PROPORCJI C:P**



Hessen et al..
Ecology, 85(5), 2004, pp. 1179–1192

Korelacja między tempem wzrostu a zawartością RNA różnych mikroorganizmów i stawonogów

Sterner & Esler 2002



ZALEŻNOŚĆ ZAWARTOŚCI RNA I FOSFORU CAŁKOWITEGO

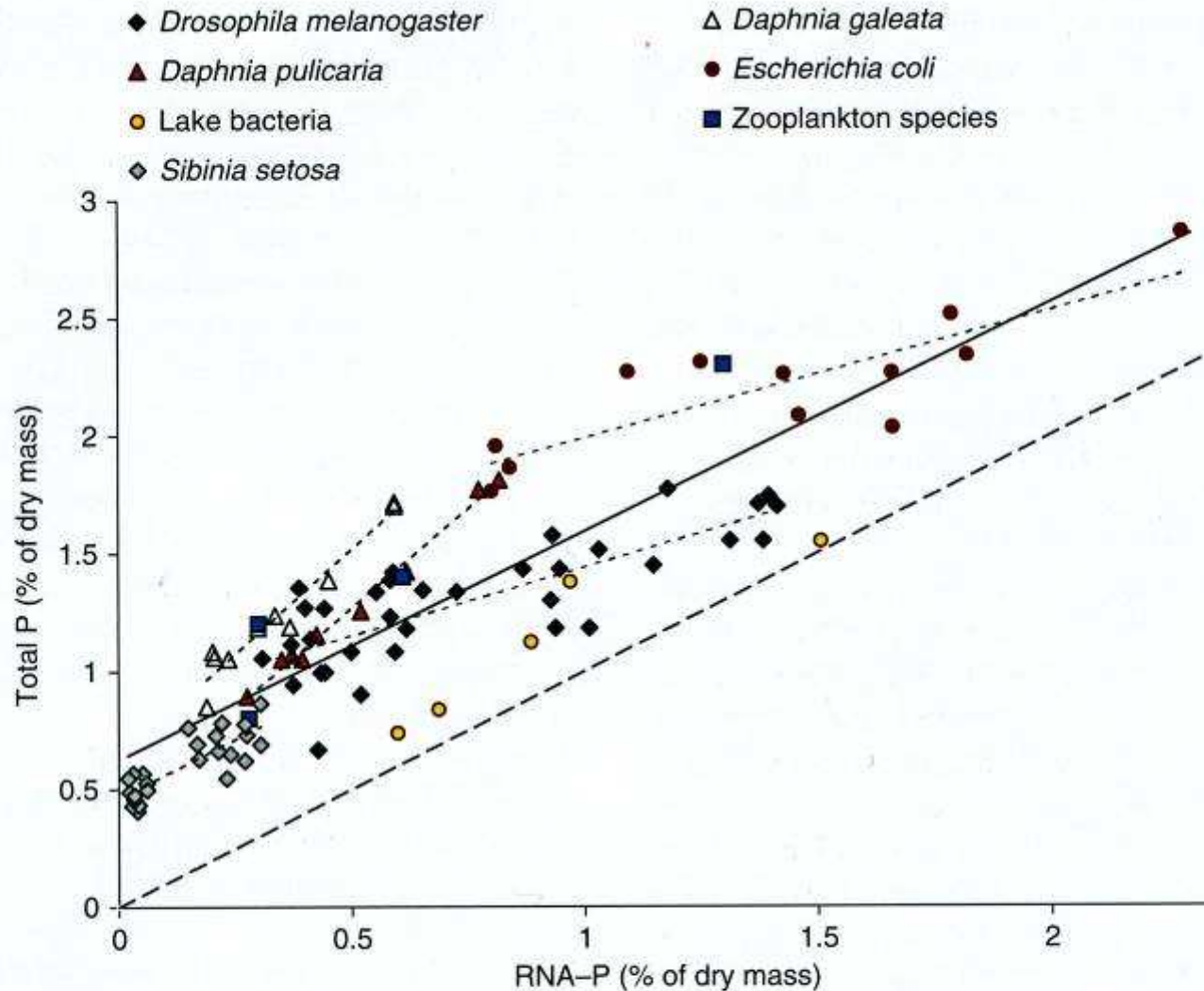


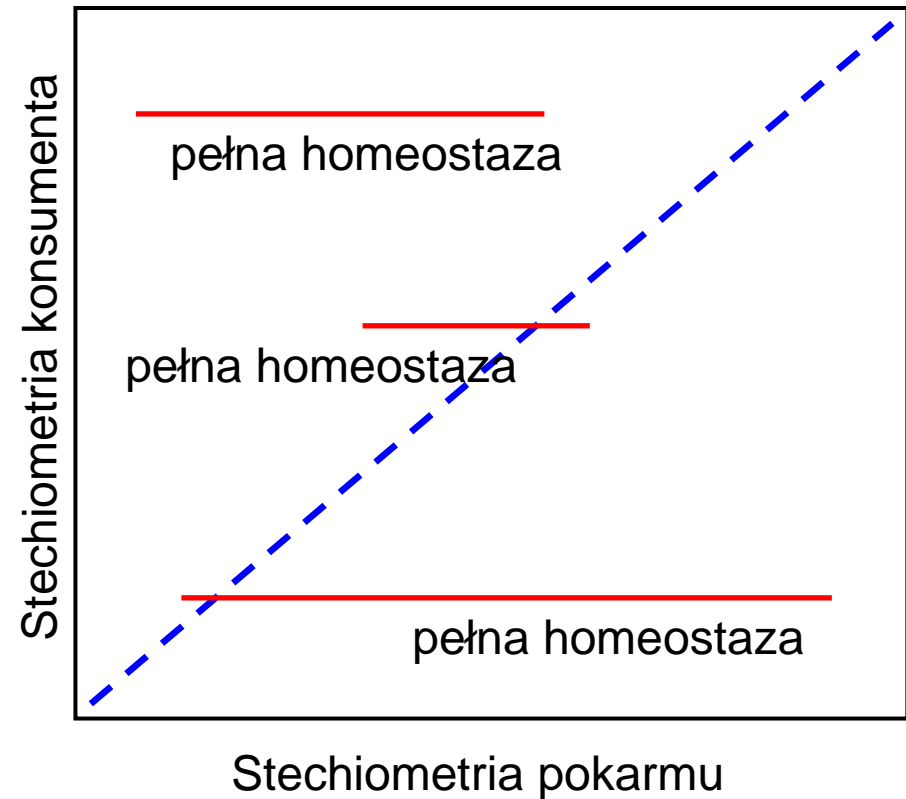
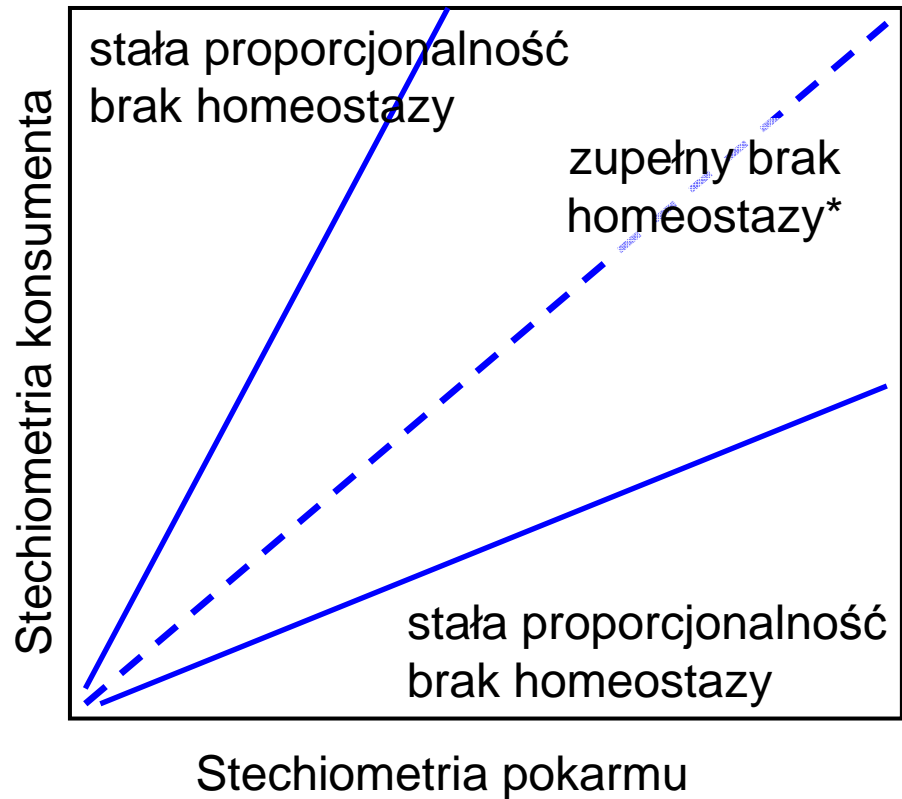
Figure 5 Relationship between organismal RNA-P content and total P content. The broken line indicates a 1:1 relationship between RNA-P and total organismal P, that is, that all cellular P is allocated to RNA. The dashed lines are linear regression curves fitted to each species, and the solid line is a linear regression curve fitted to all data. Because the P content of RNA is $\sim 10\%$ by weight, the RNA content of the organism can be calculated as $10 \times \text{RNA-P}$. Adapted from Elser JJ, Acharya K, Kyle M, *et al.* (2003) Growth rate–stoichiometry couplings in diverse biota. *Ecology Letters* 6: 936–943.

Homeostaza stechiometryczna

Homeostaza stechiometryczna

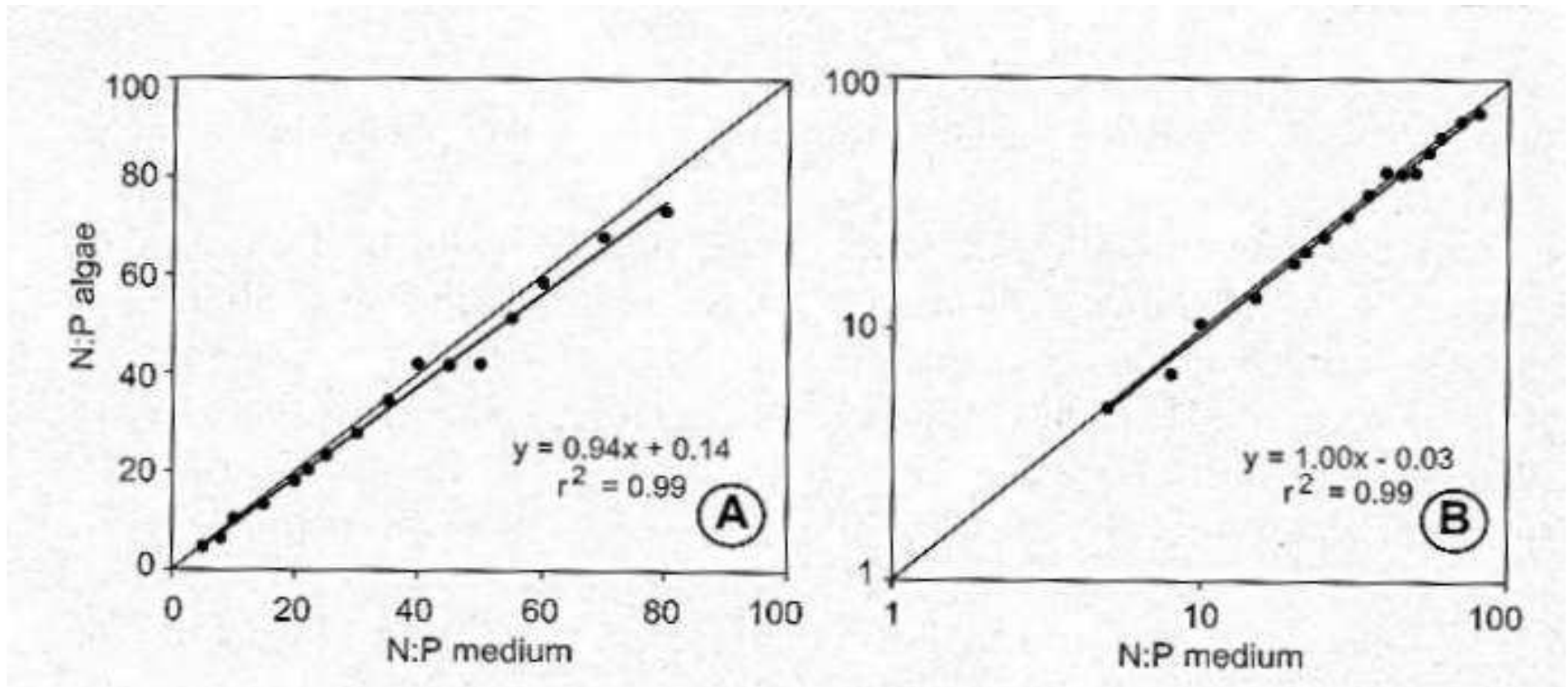
(konsument vs. pokarm)

(wg. Sterner & Elser 2004)



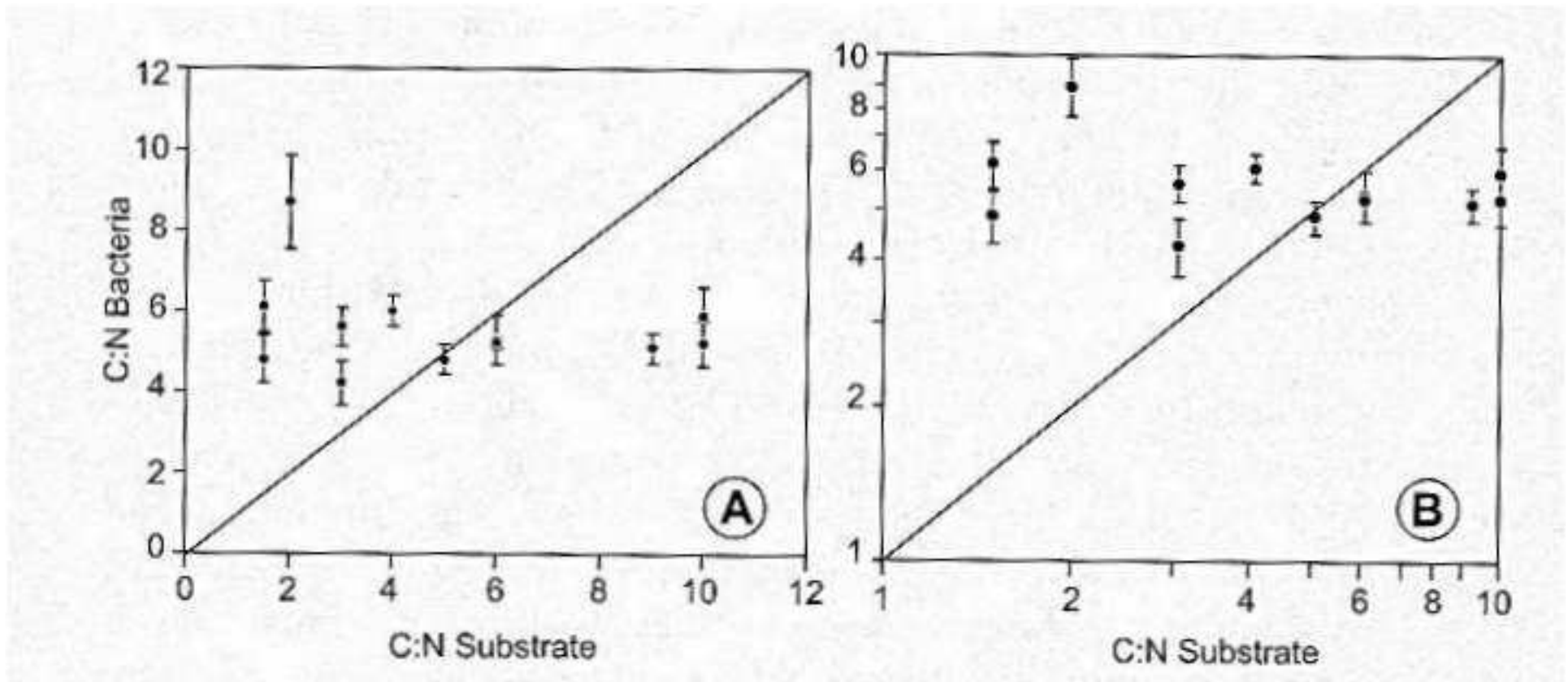
* „man ist was man isst”

Homeostaza stechiometryczna (konsument vs. zasoby) (Sterner & Elser 2002)



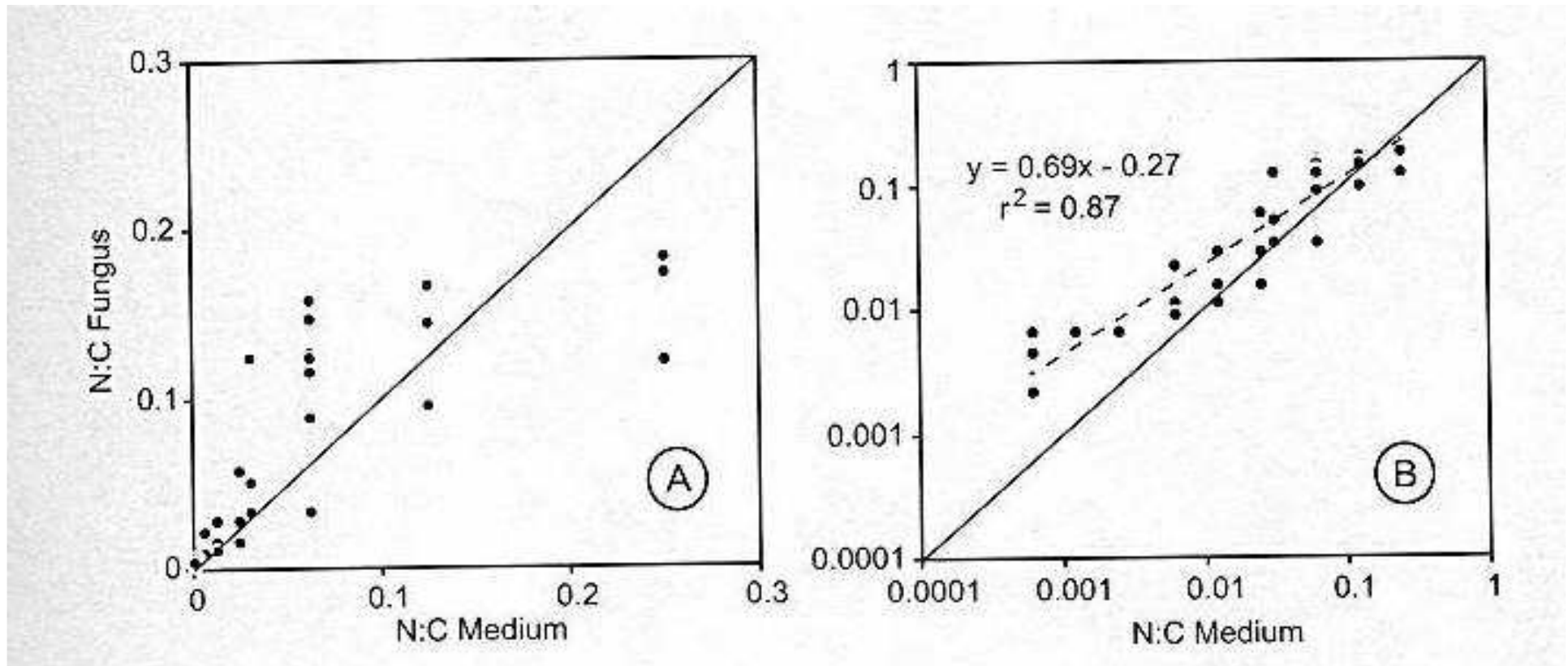
Scenedesmus sp. (glon): brak homeostazy

Homeostaza stechiometryczna (konsument vs. zasoby) (Sterner & Elser 2002)



Bakterie heterotroficzne: ścisła homeostaza

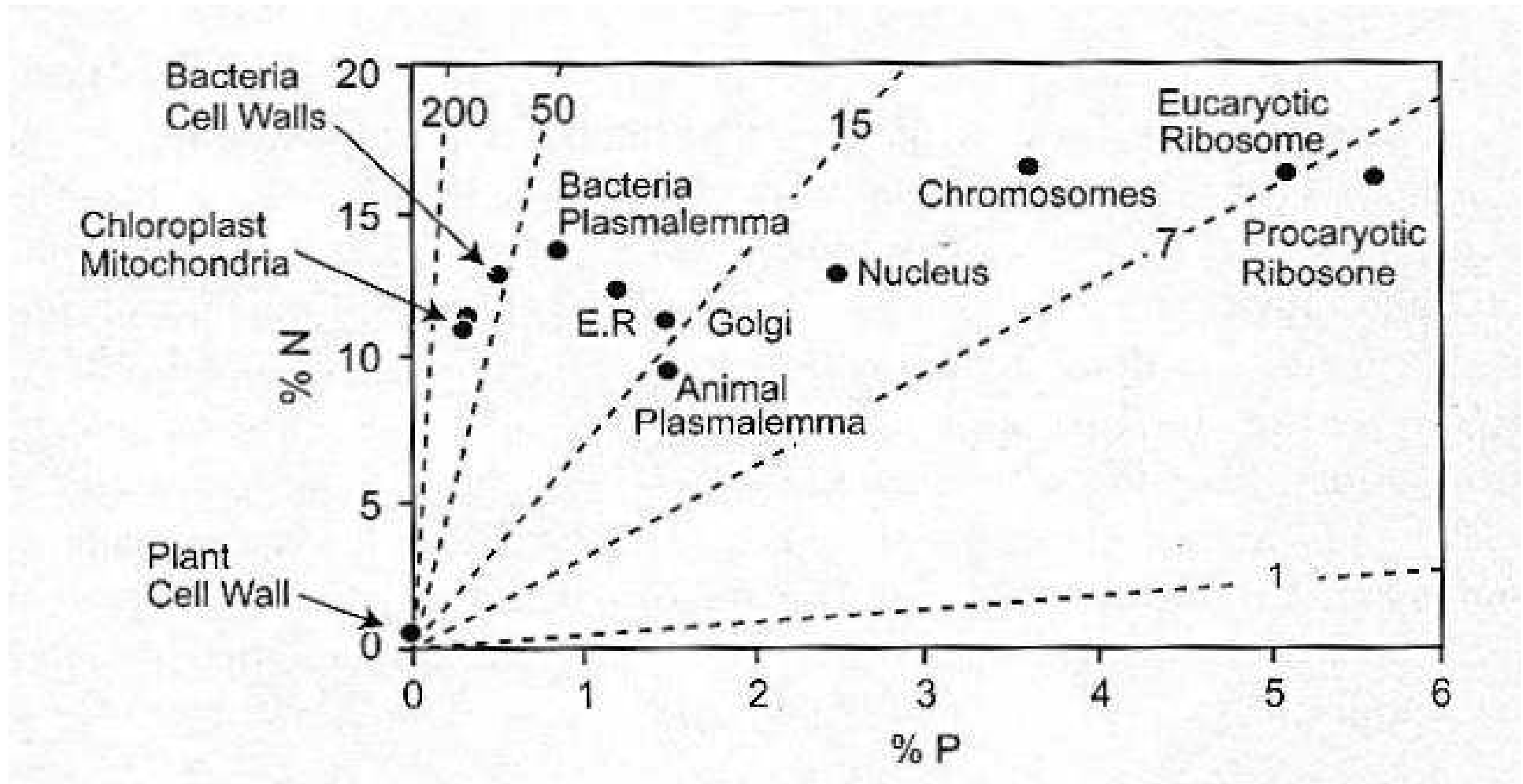
Homeostaza stechiometryczna (konsument vs. zasoby) (Sterner & Elser 2002)



Grzyby: częściowa homeostaza

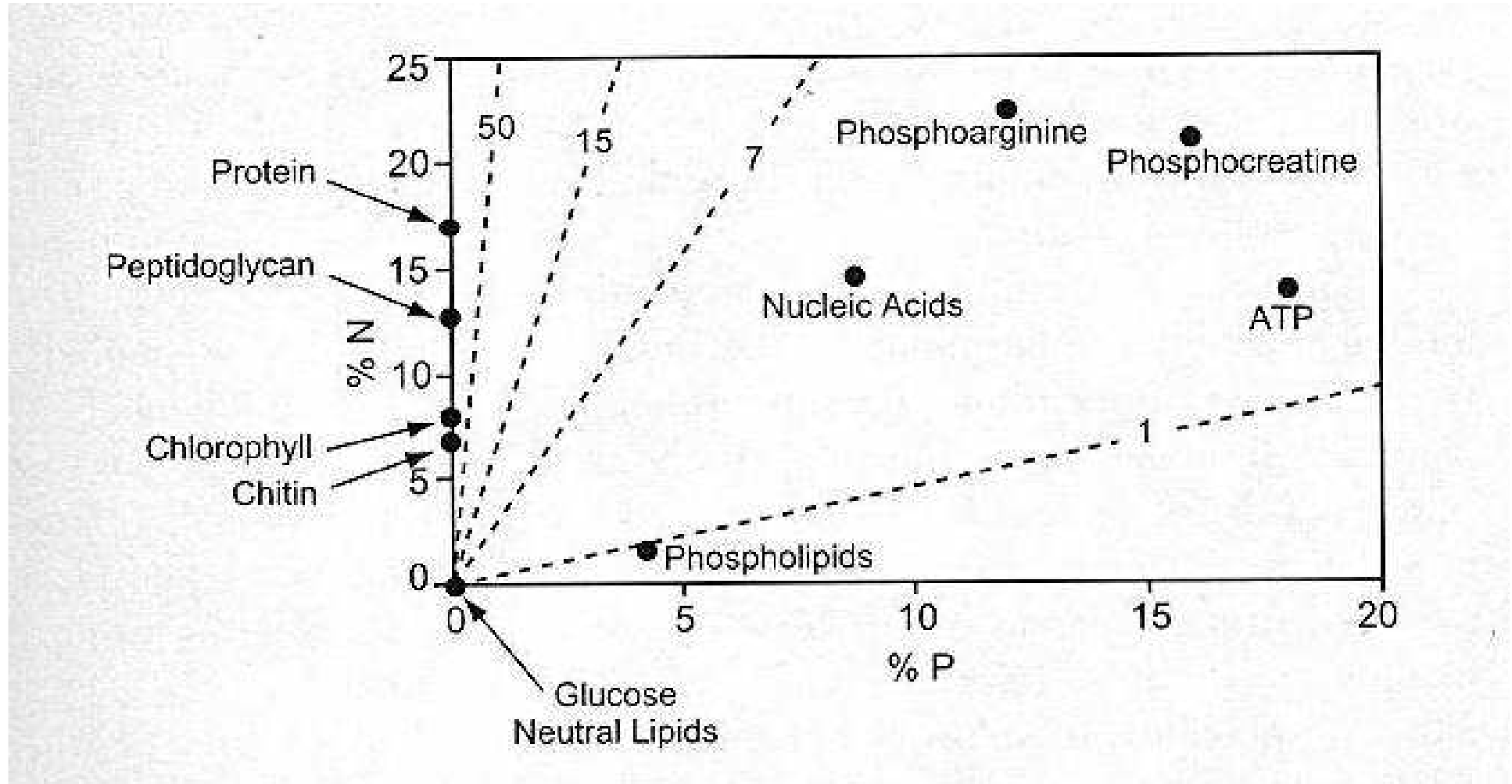
Stechiometria wewnątrzkomórkowa

Sterner & Elser 2002



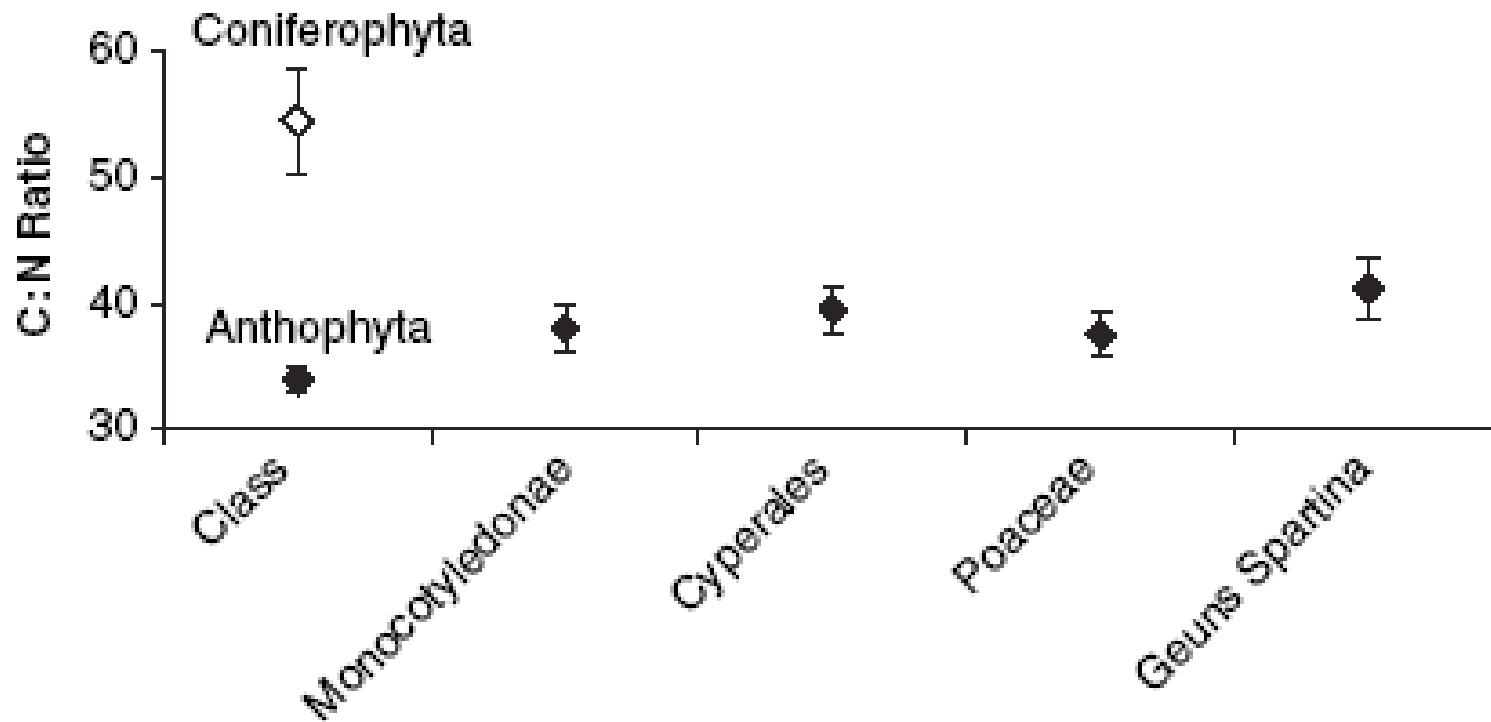
Stechiometria biomolekuł

Sterner & Elser 2002



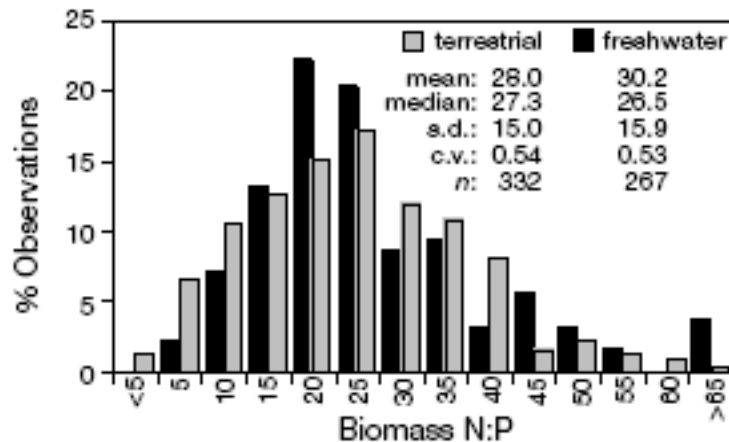
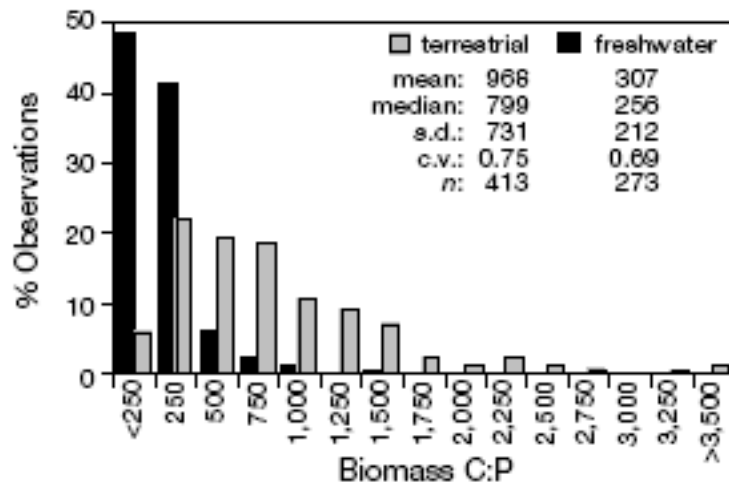
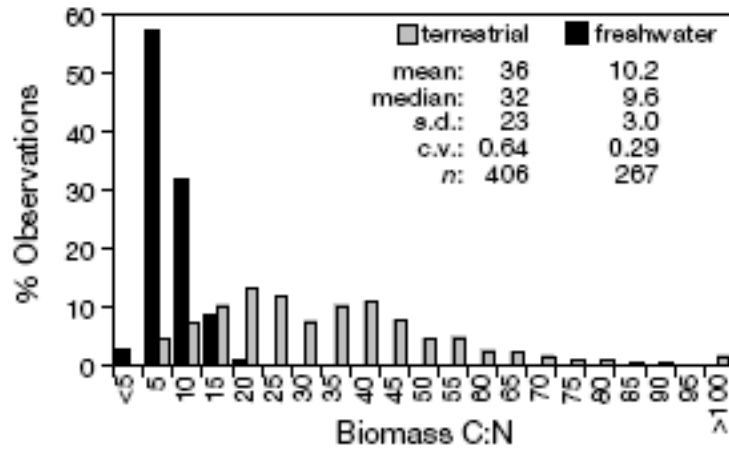
Wpływ pozycji taksonomicznej i troficznej

Stosunki C:N w taksonach roślin



W. F. Fagan and R. F. Denno
Ecology Letters, (2004) 7: 876–883

STECIOMETRIA C:N:P AUTOTROFÓW W EKOSYSTEMACH LĄDOWYCH I SŁODKOWODNYCH

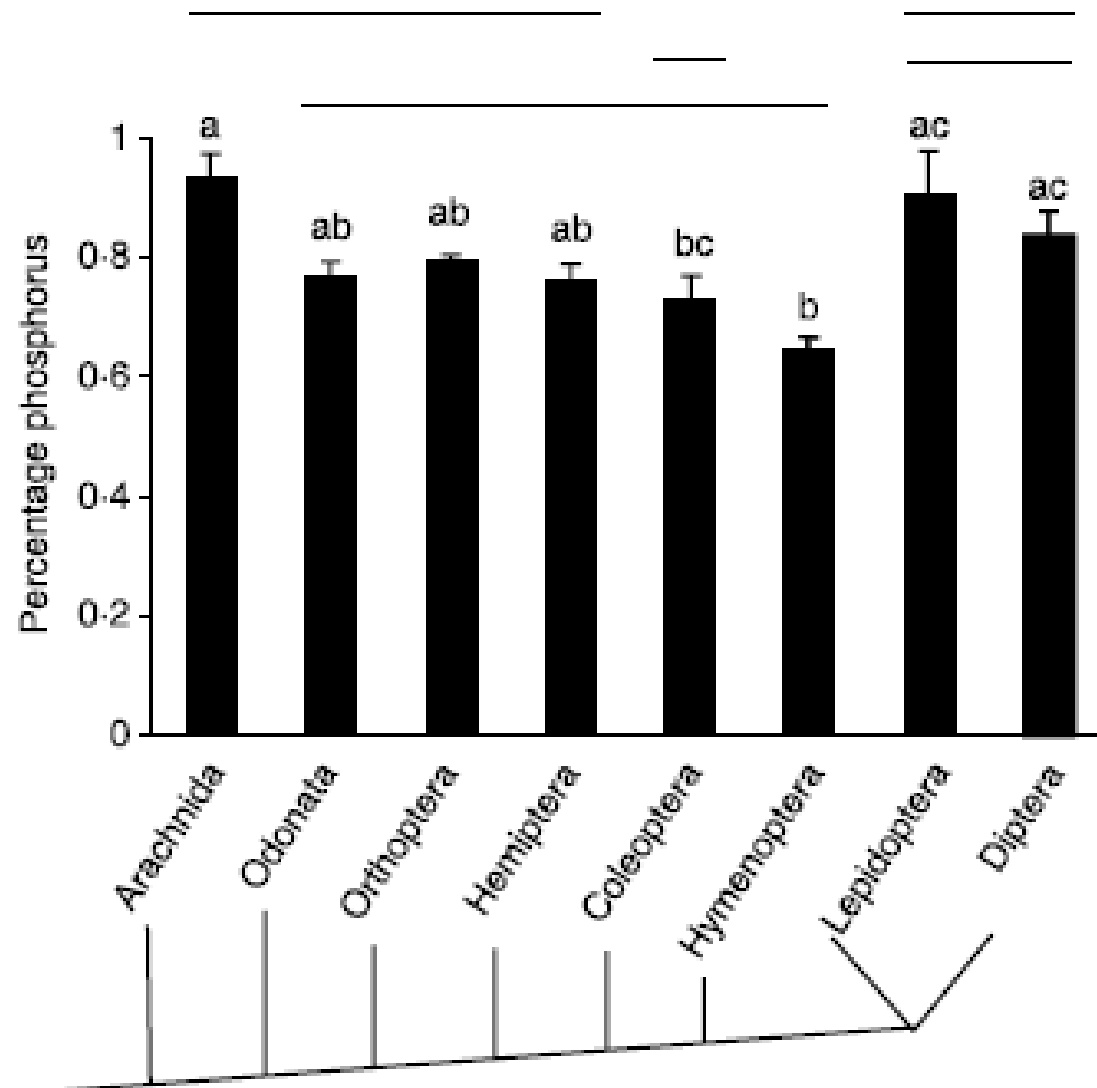


James J. Elser*, William F. Fagan*, Robert F. Denno²,
Dean R. Dobberfuhl*³, Ayoola Folarin*, Andrea Huberty²,
Sebastian Interlandi§, Susan S. Kilham§, Edward McCauley^k,
Kimberly L. Schulz¶, Evan H. Siemann# & Robert W. Sterner^l

NATURE | VOL 408 | 30 NOVEMBER 2000

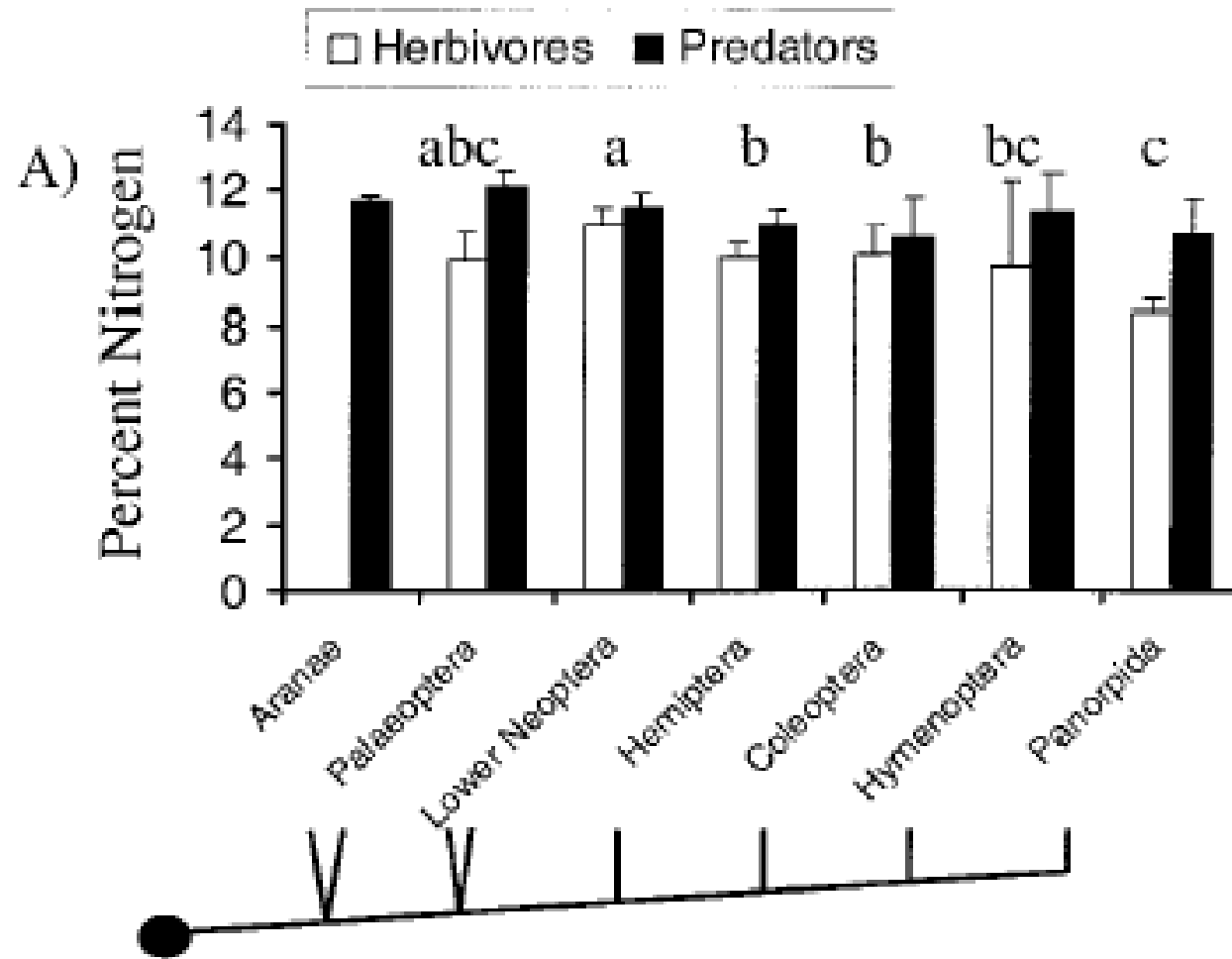
Filogenetyczne różnice w zawartości P u owadów

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

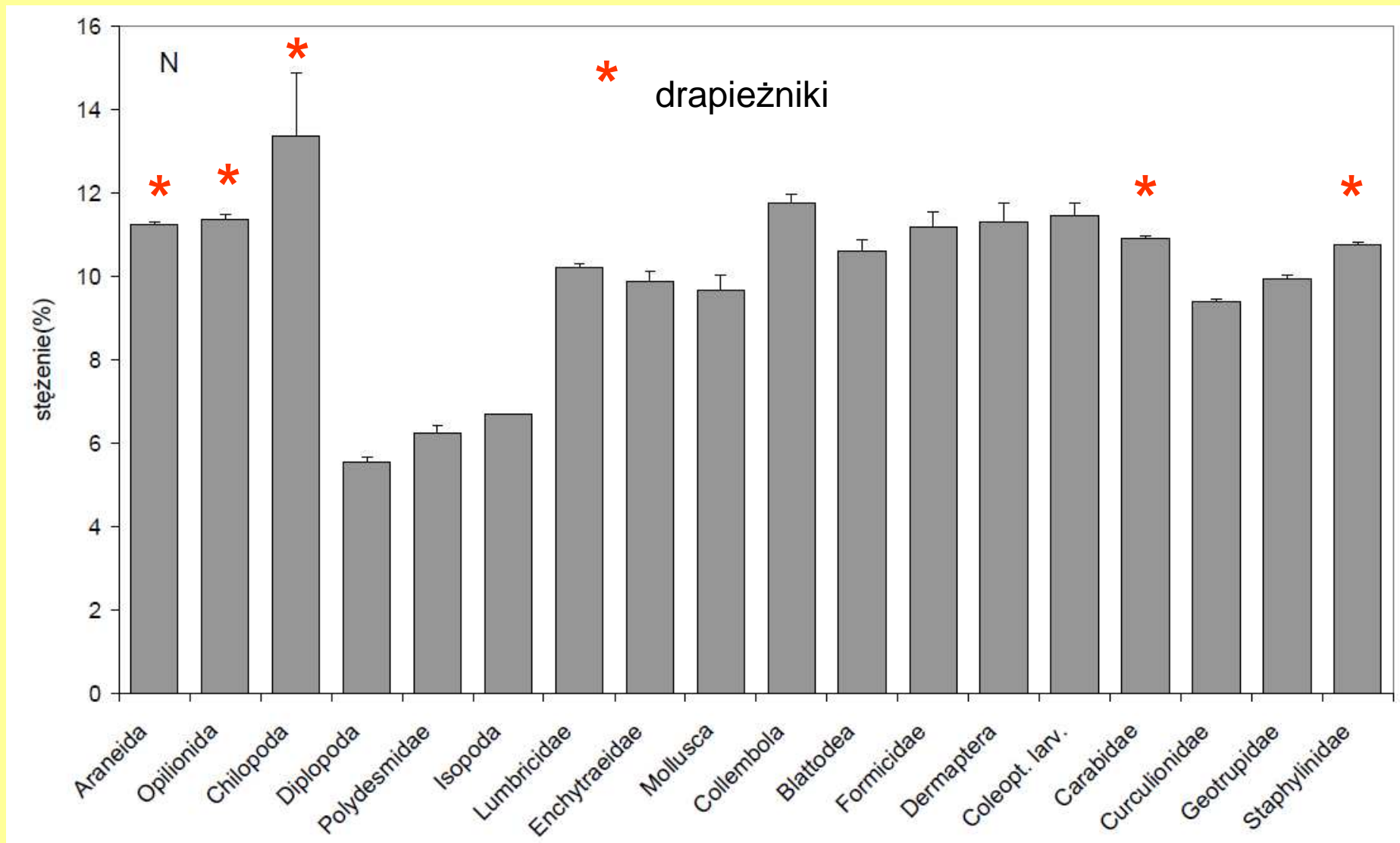


Troficzne różnice w zawartości N u owadów

Fagan et al.. 2002; American Naturalist vol. 160, no. 6

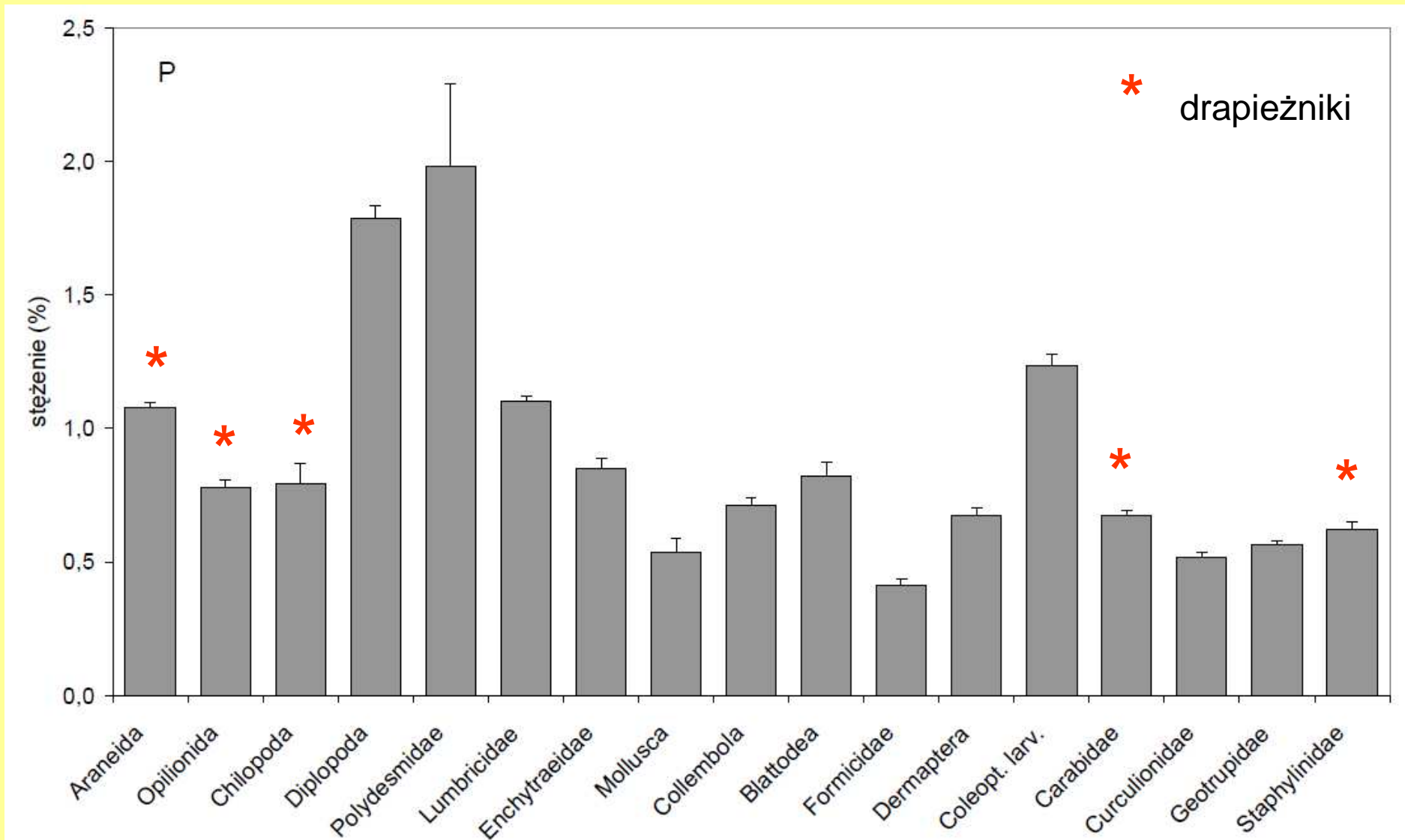


ZAWARTOŚĆ N W CIAŁACH BEZKRĘGOWCÓW GLEBOWYCH



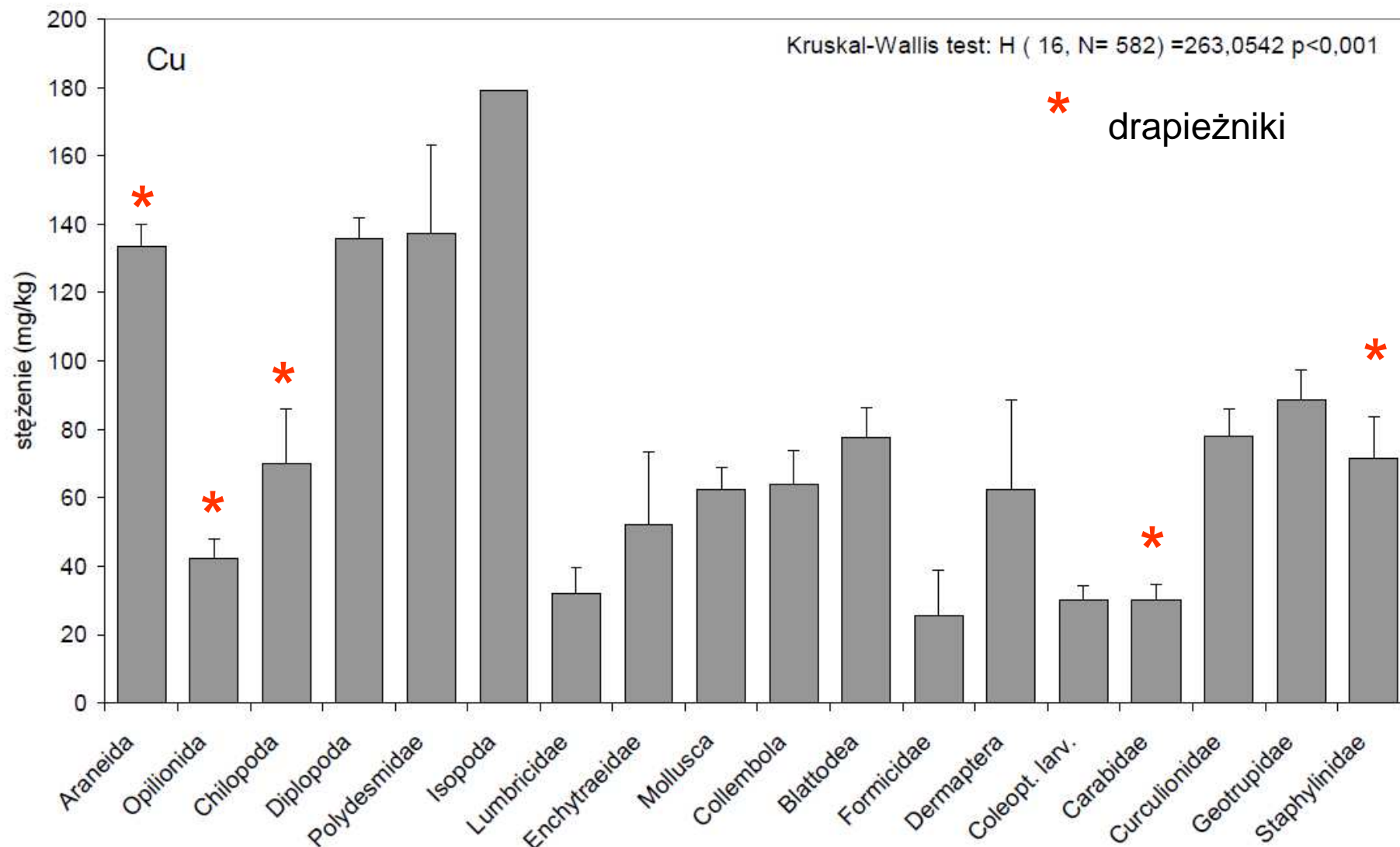
ZEE, dane niepublikowane

ZAWARTOŚĆ P W CIAŁACH BEZKRĘGOWCÓW GLEBOWYCH



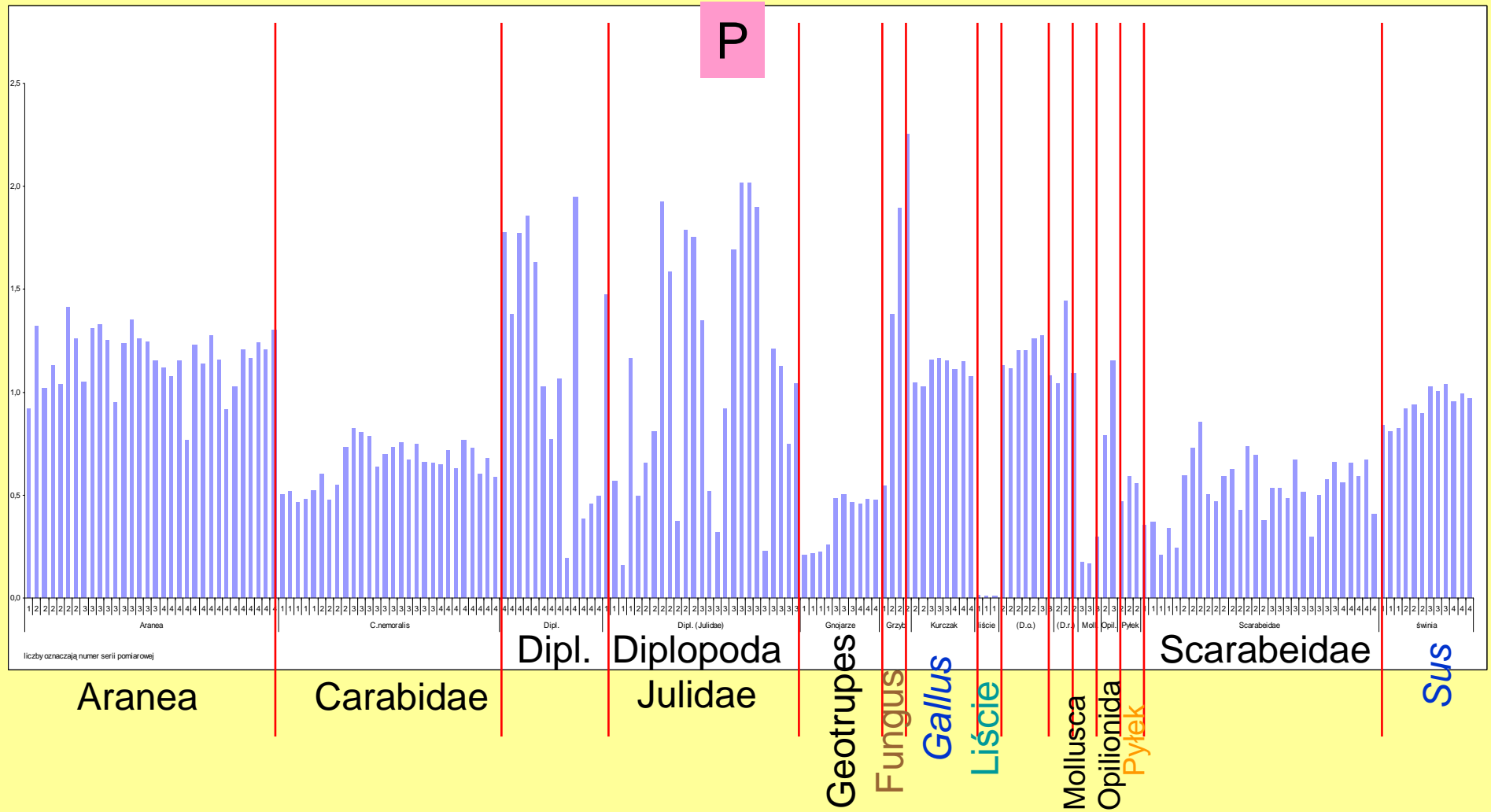
ZEE, dane niepublikowane

ZAWARTOŚĆ Cu W CIAŁACH BEZKRĘGOWCÓW



ZEE, dane niepublikowane

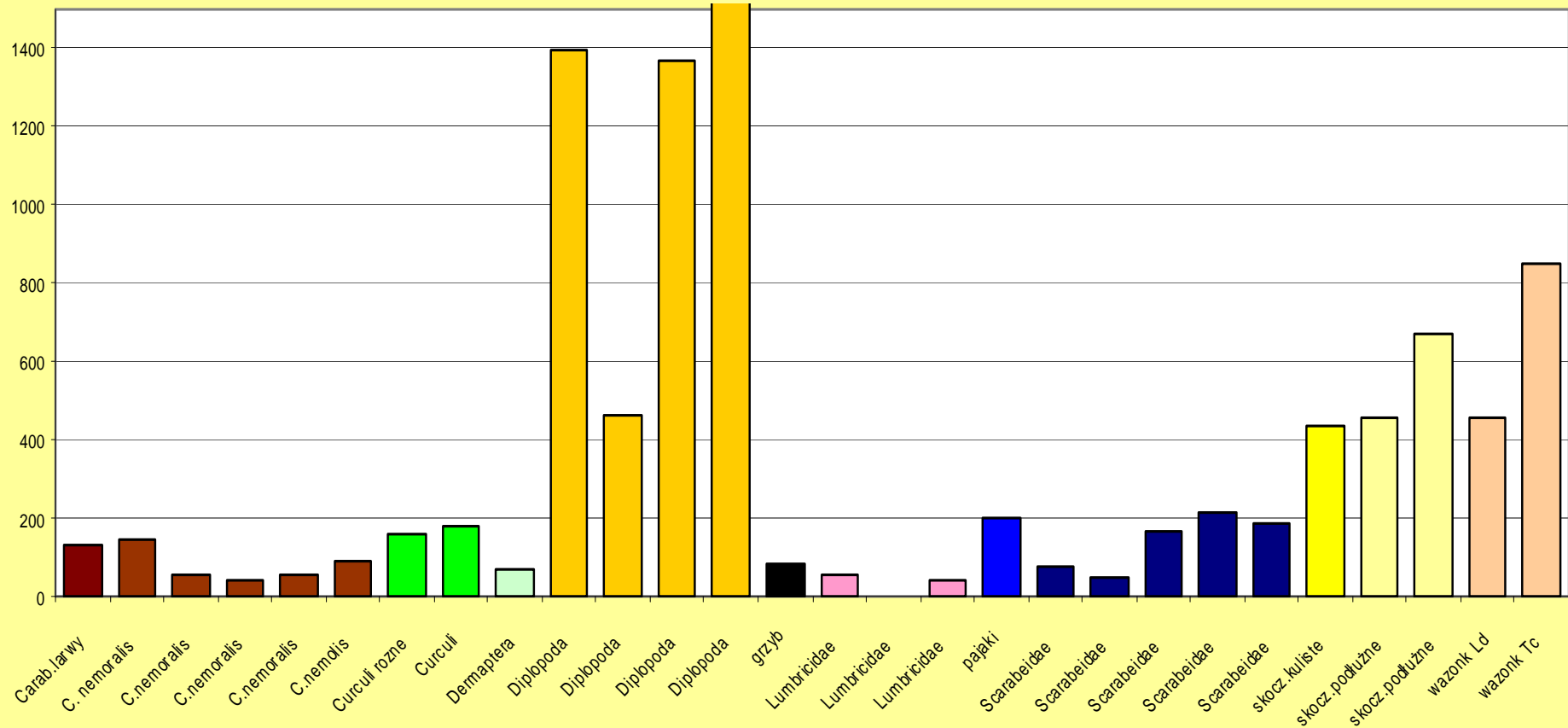
Zawartość fosforu w organizmach bezkręgowców, kręgowców, grzybów, roślin i pyłku



ZEE, dane niepublikowane

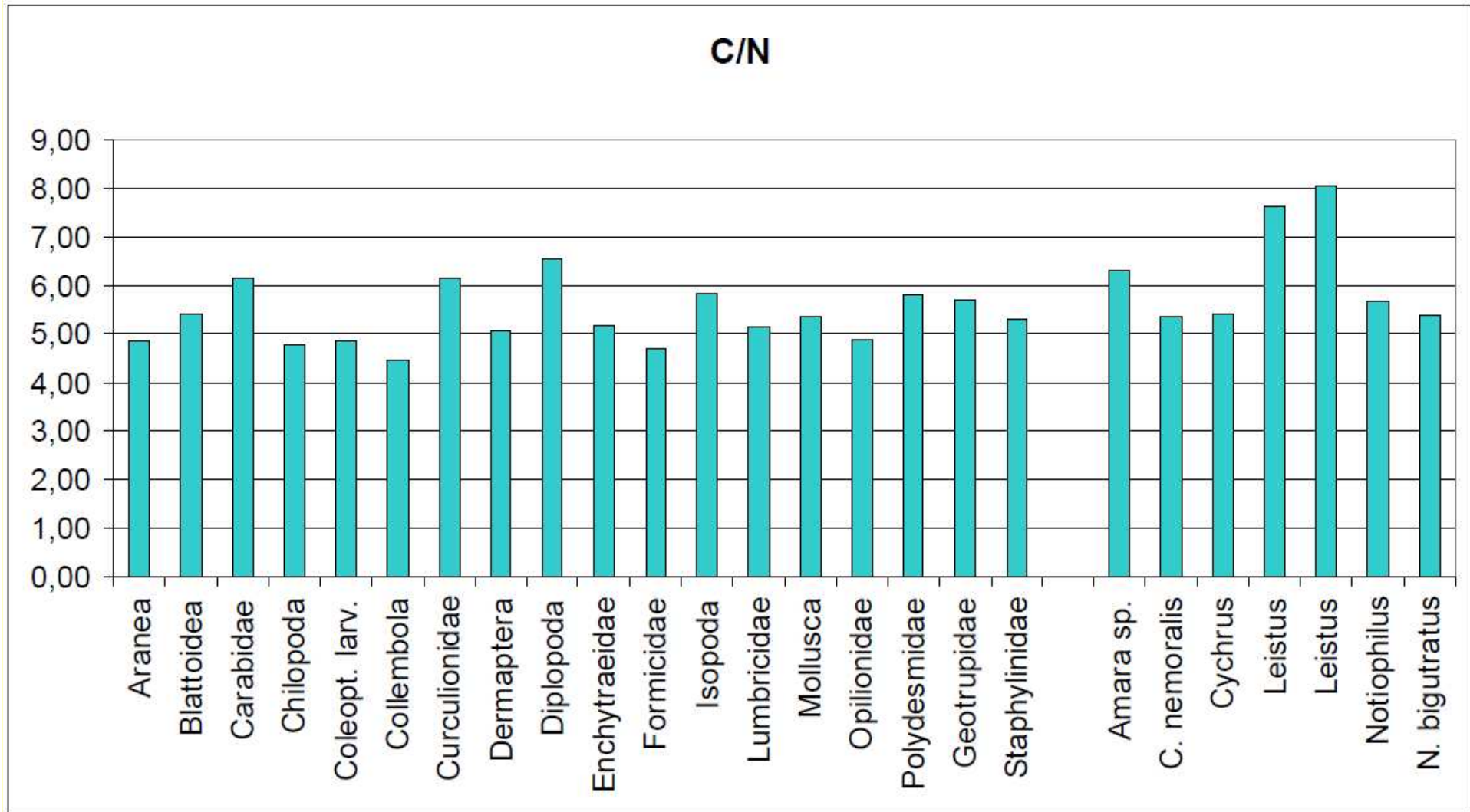
Zawartość manganu w organizmach bezkręgowców i grzybów

Mn



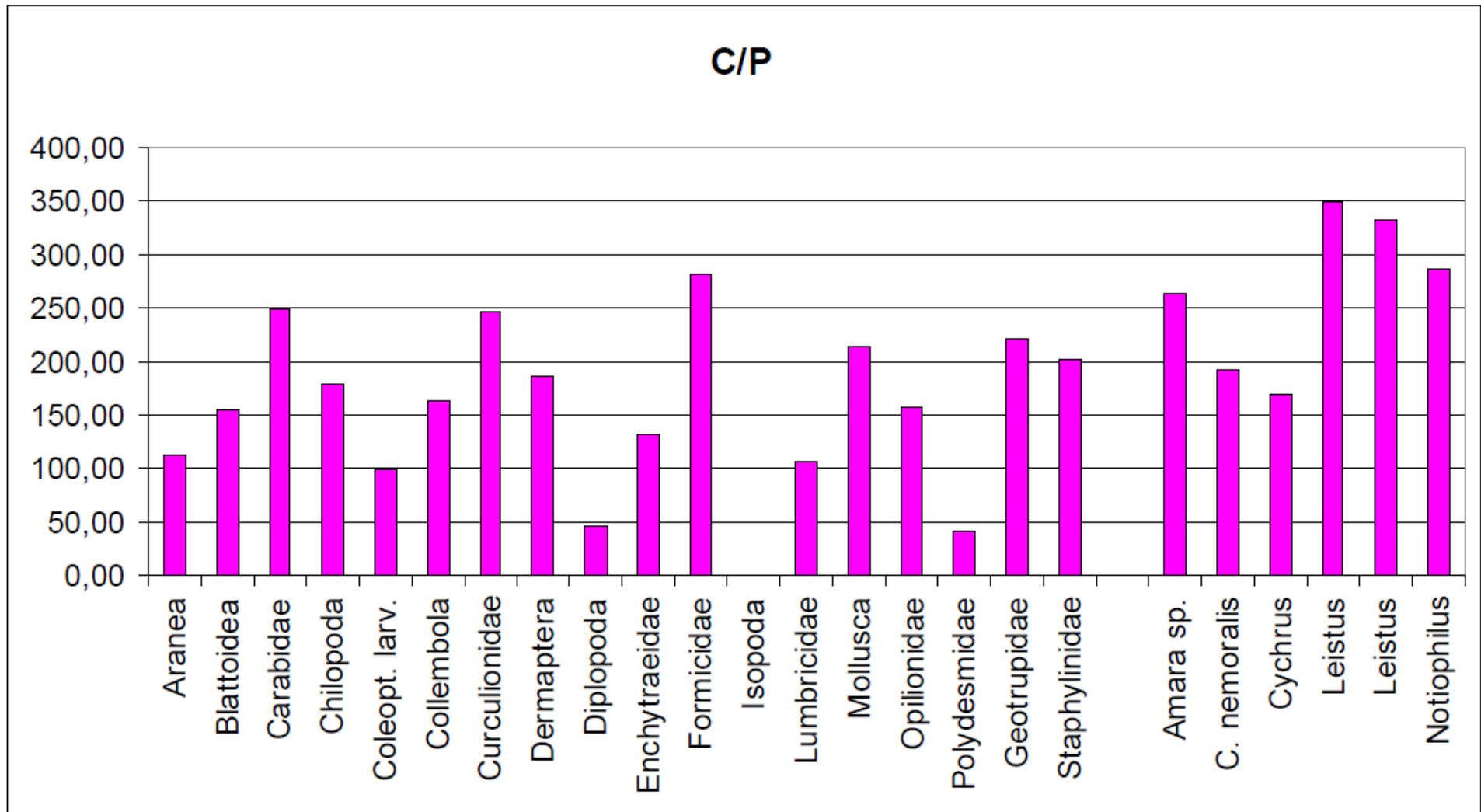
ZEE, dane niepublikowane

STOSUNEK C:N W CIELE BEZKRĘGOWCÓW



ZEE, dane niepublikowane

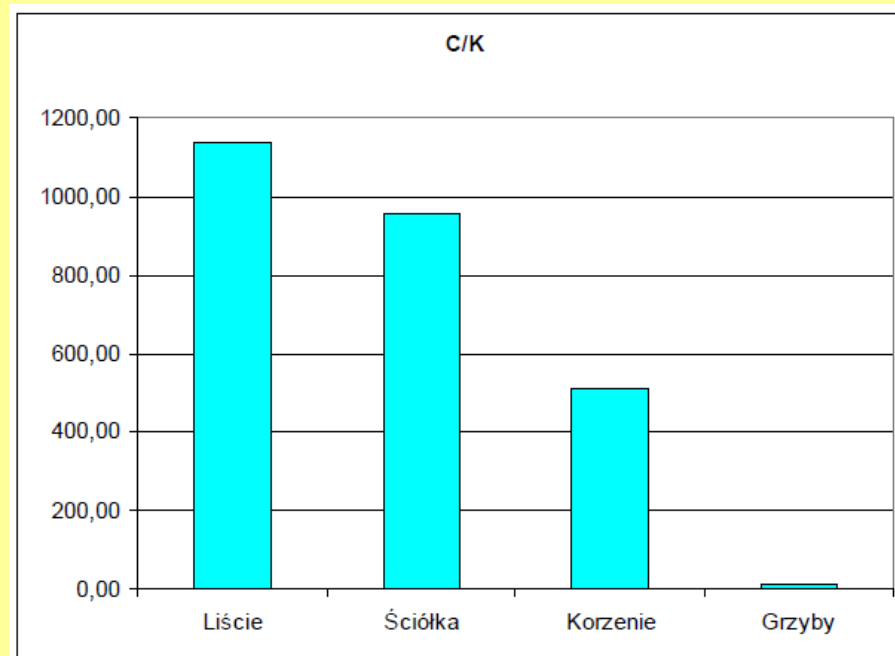
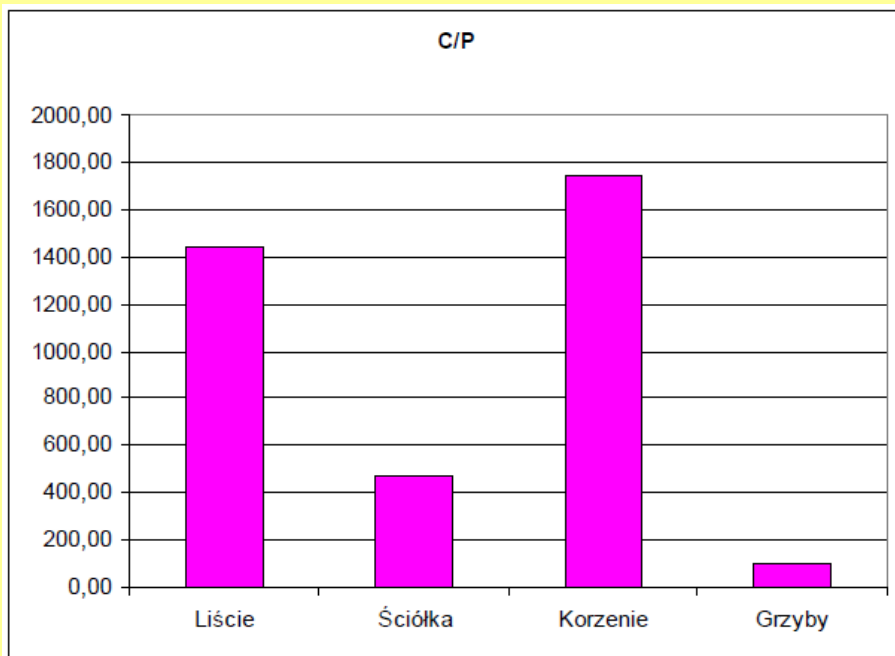
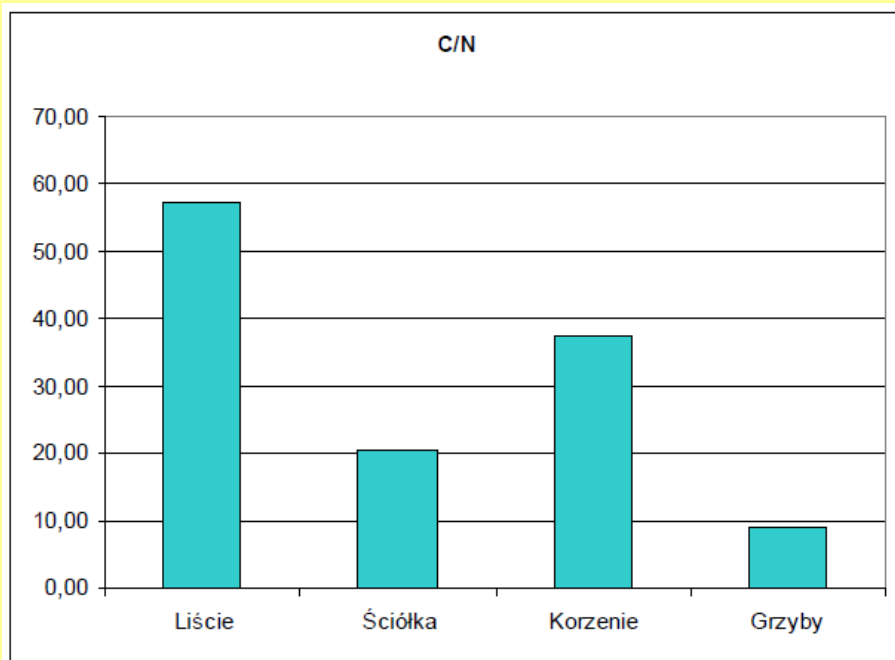
STOSUNEK C:P W CIELE BEZKRĘGOWCÓW



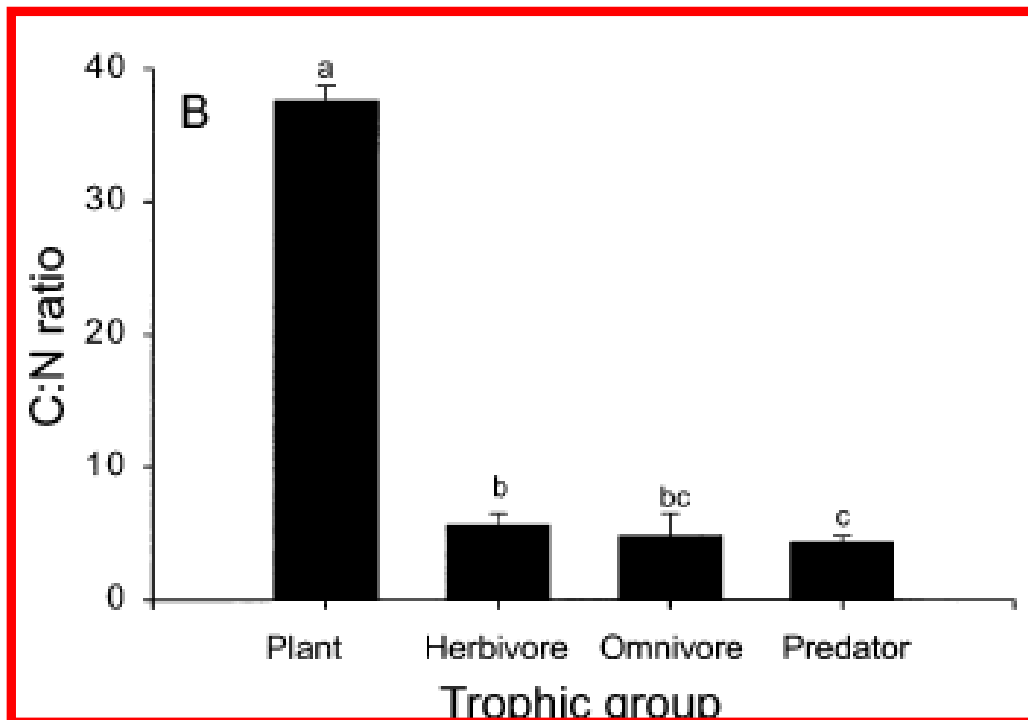
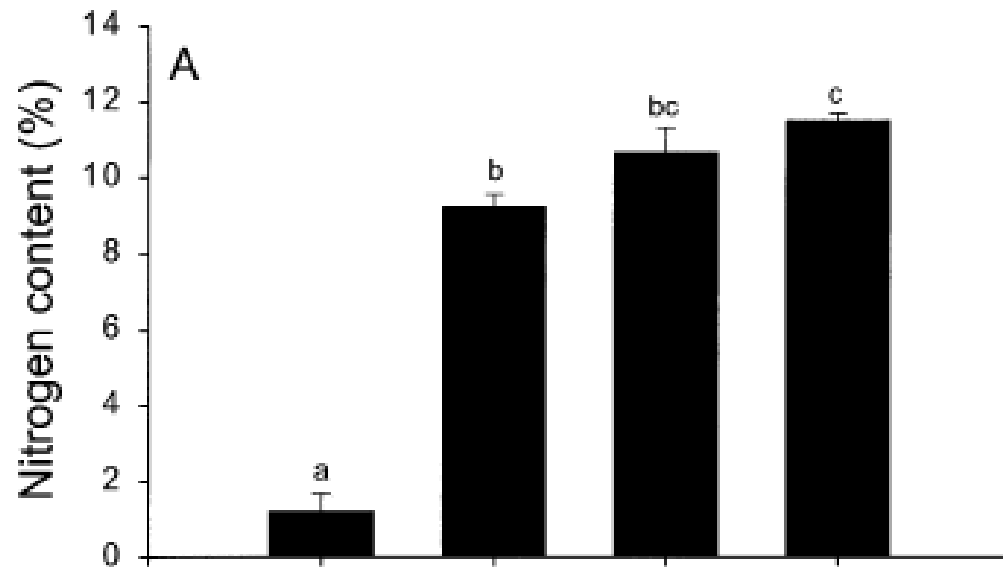
ZEE, dane niepublikowane

STOSUNKI C:N, C:P I C:K W MATERIALE ROŚLINNYM I GRZYBACH

ZEE, dane niepublikowane

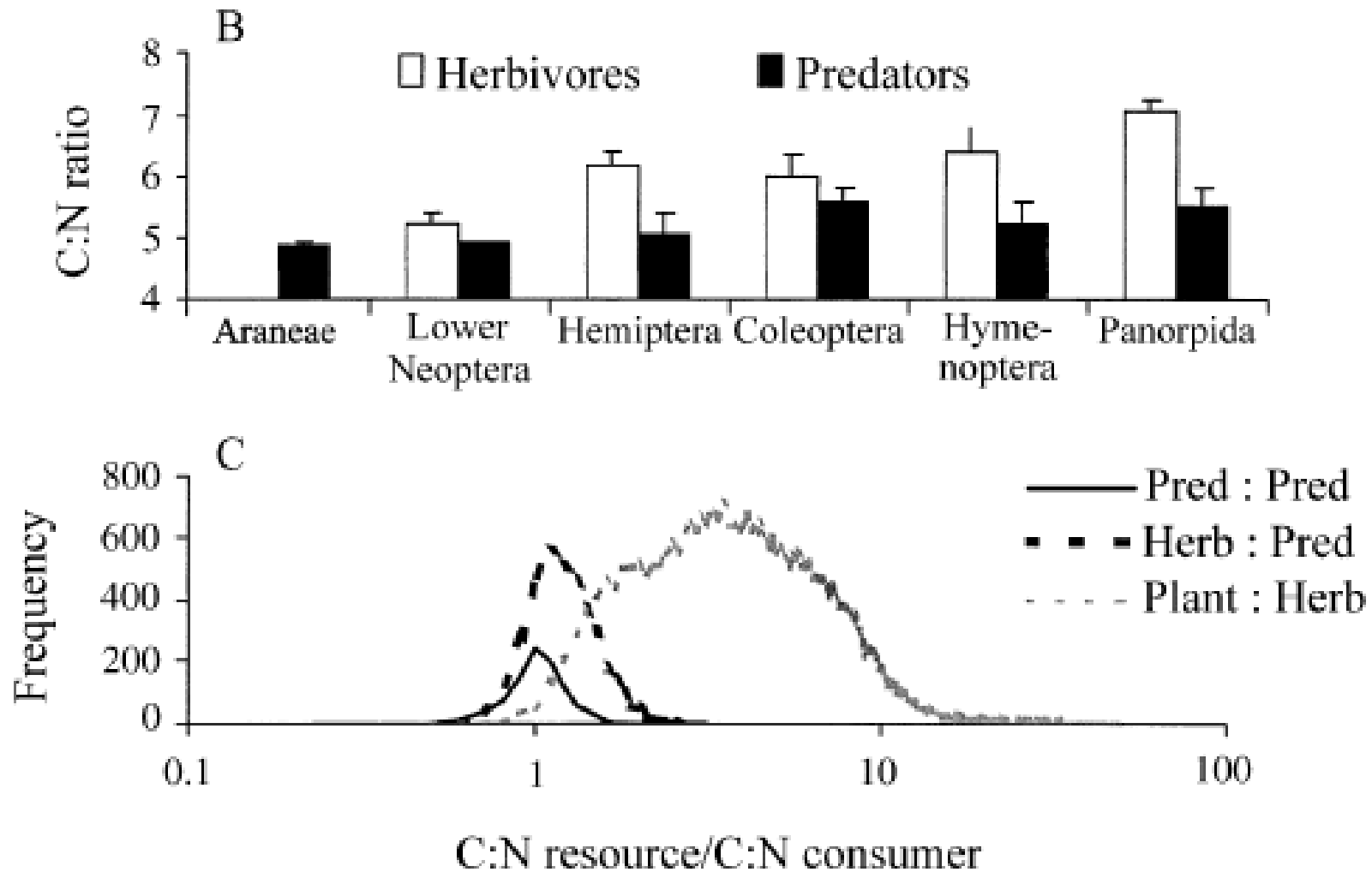


Stechiometria C:N roślin i zwierząt na mokradłach *Spartina*.

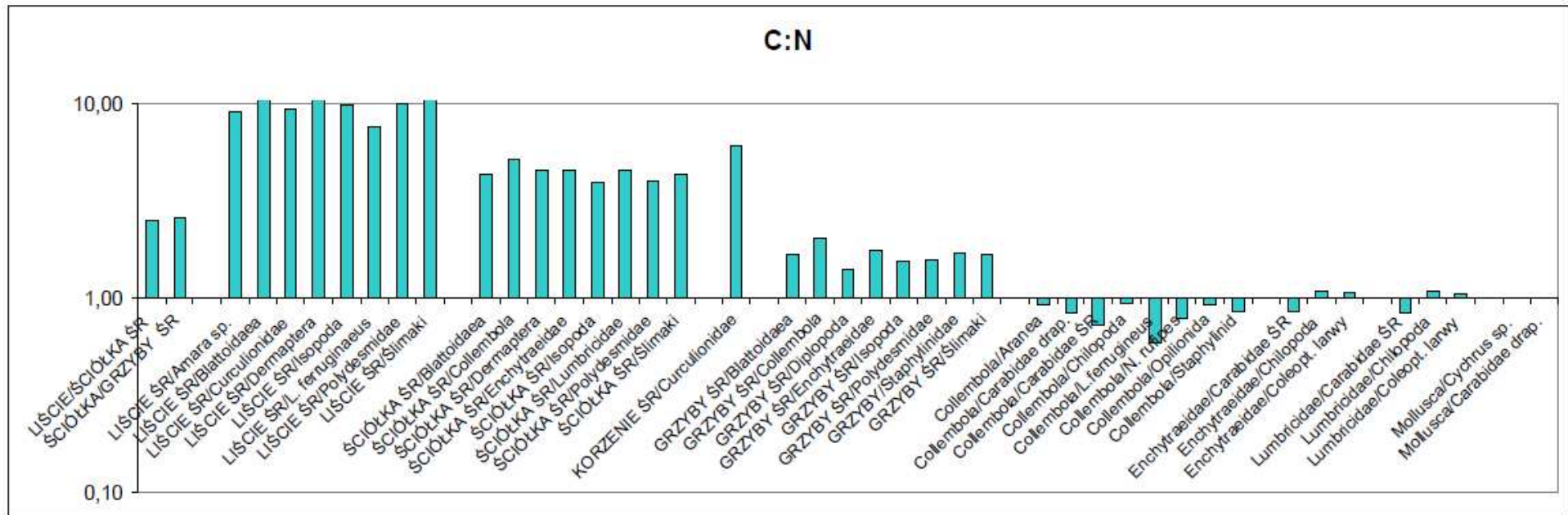


Matsumura et al..
Ecology, 85(9), 2004, pp. 2601–2615

STECIOMETRIA C:N BEZKRĘGOWCÓW ZALEŻNIE OD POZYCJI TAKSONOMICZNEJ I TROFICZNEJ

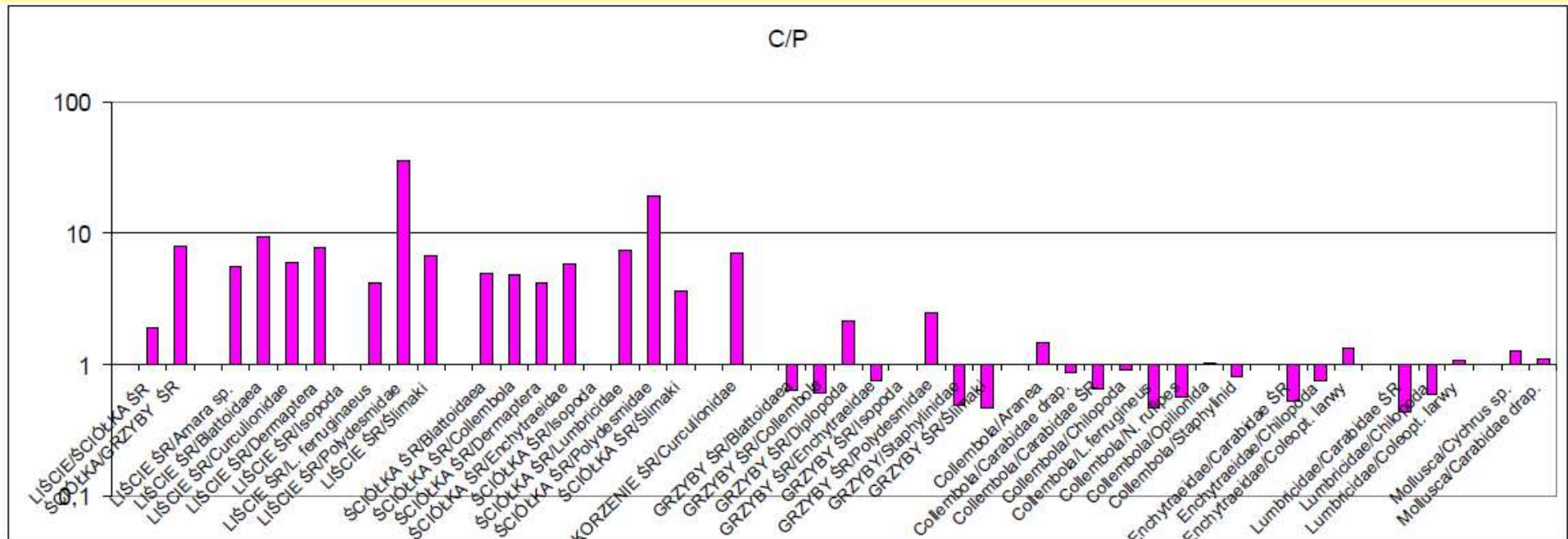


STOSUNEK (C:N POKARMU) / (C:N KONSUMENTA)

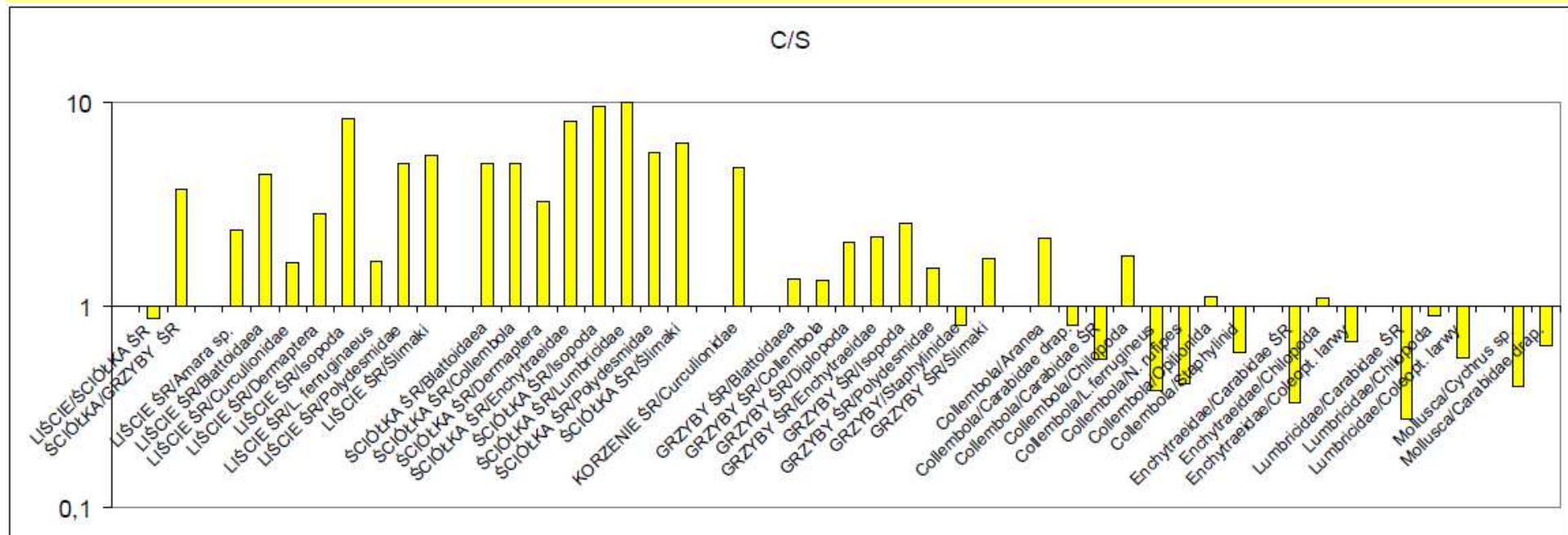


ZEE, dane niepublikowane

STOSUNEK (C:P POKARMU) / (C:P KONSUMENTA)

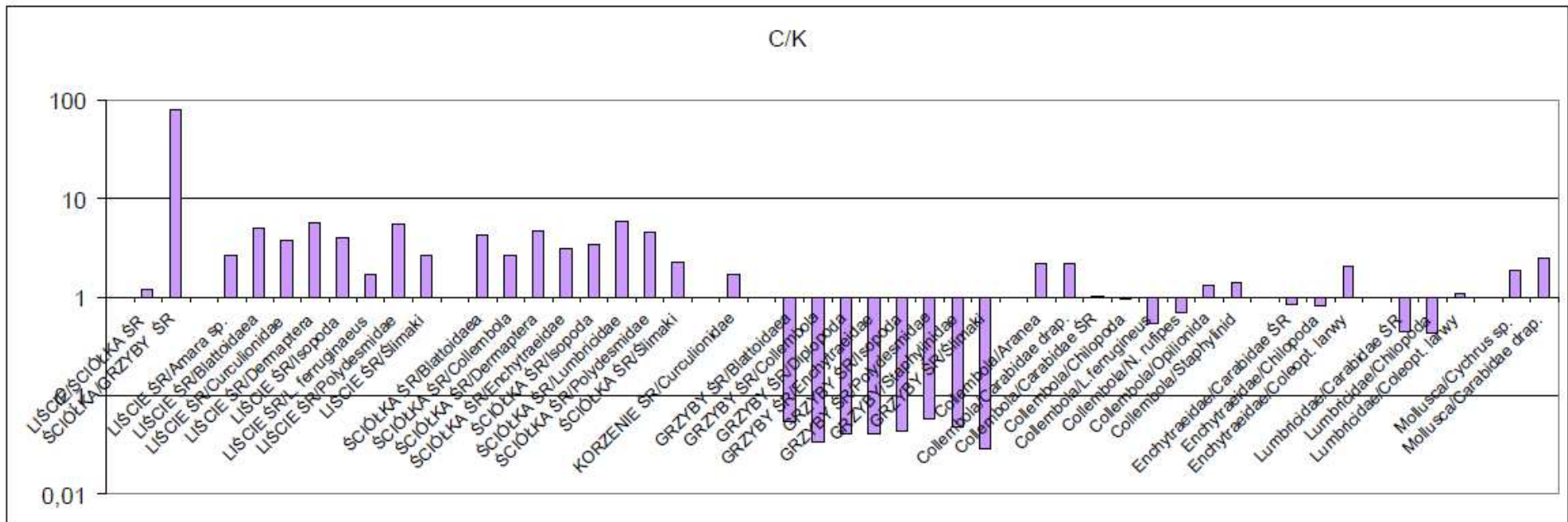


STOSUNEK (C:S POKARMU) / (C:S KONSUMENTA)



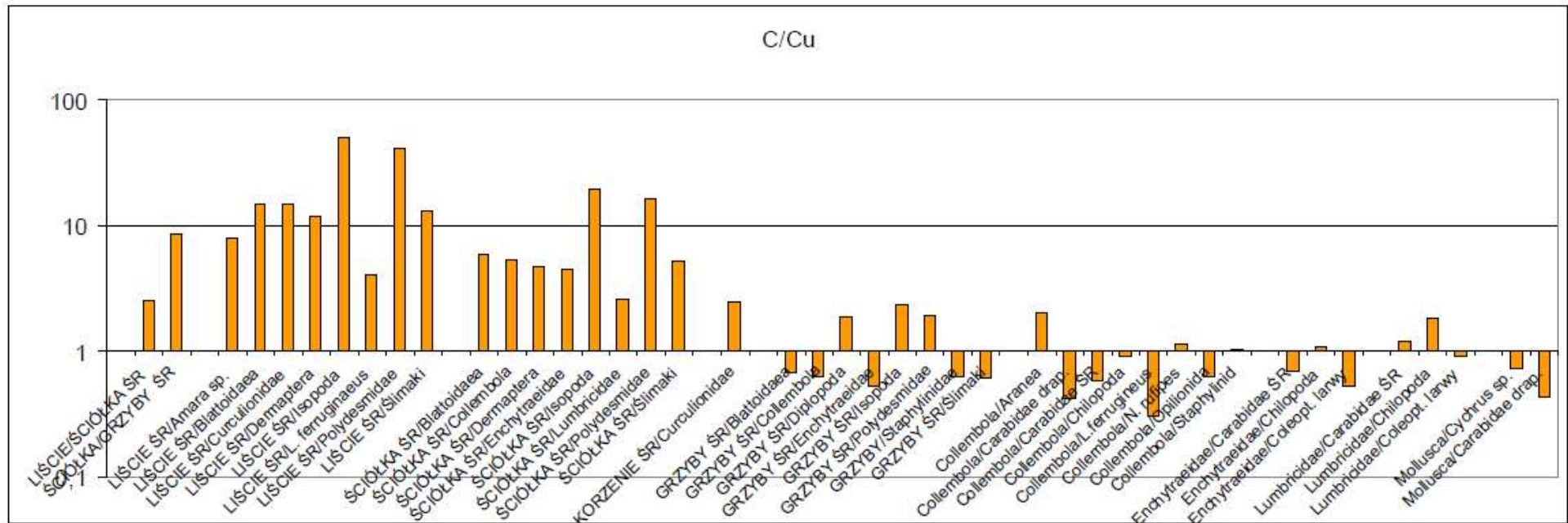
ZEE, dane niepublikowane

STOSUNEK (C:K POKARMU) / (C:K KONSUMENTA)

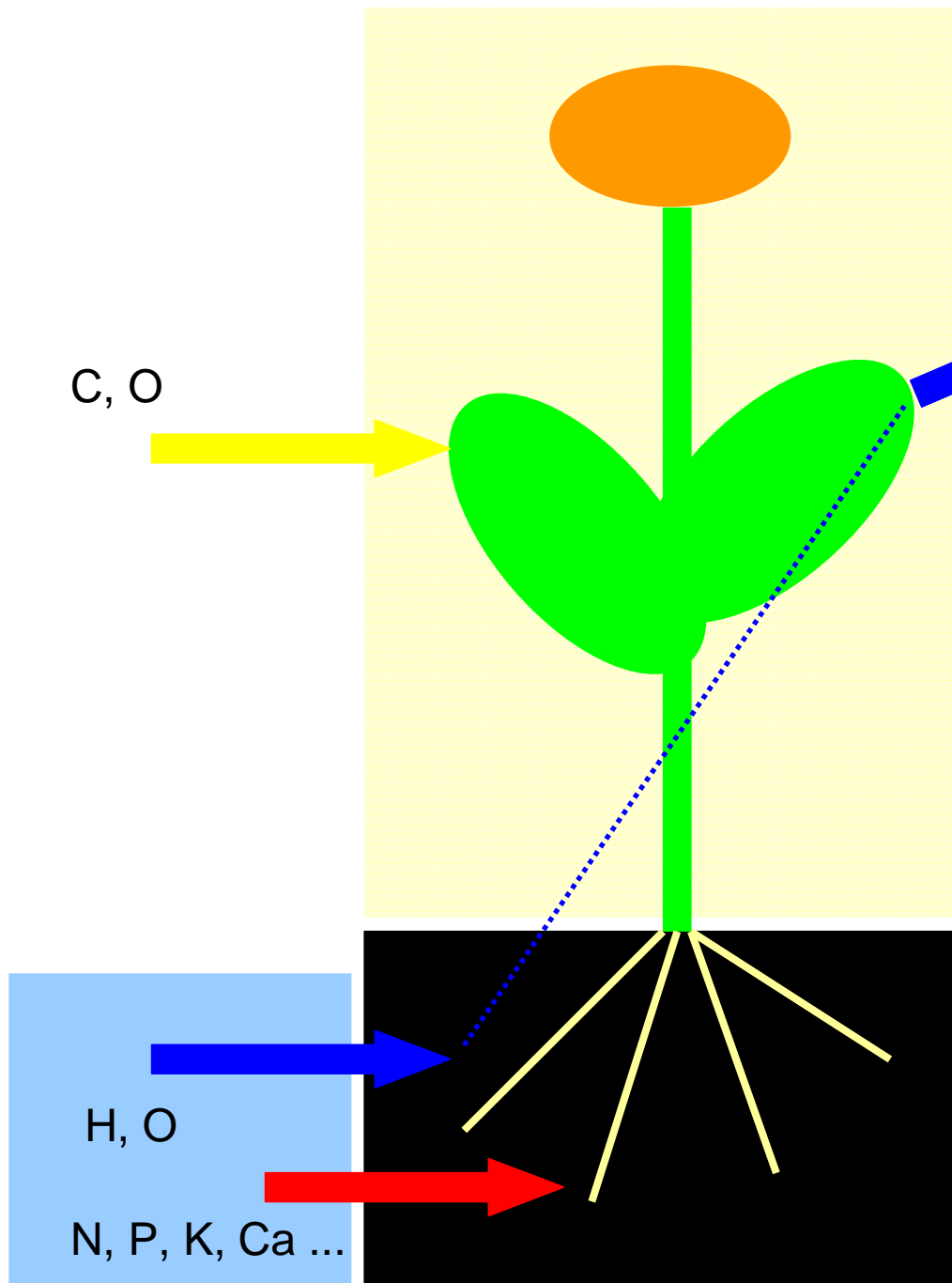


ZEE, dane niepublikowane

STOSUNEK (C:Cu POKARMU) / (C:Cu KONSUMENTA)



ZEE, dane niepublikowane

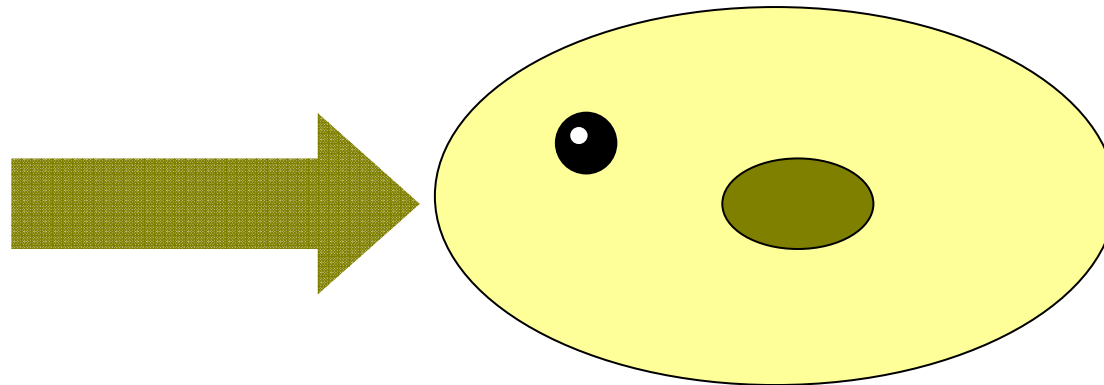


Autotrof pobiera C i O (CO_2)
niezależnie od innych
pierwiastków

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

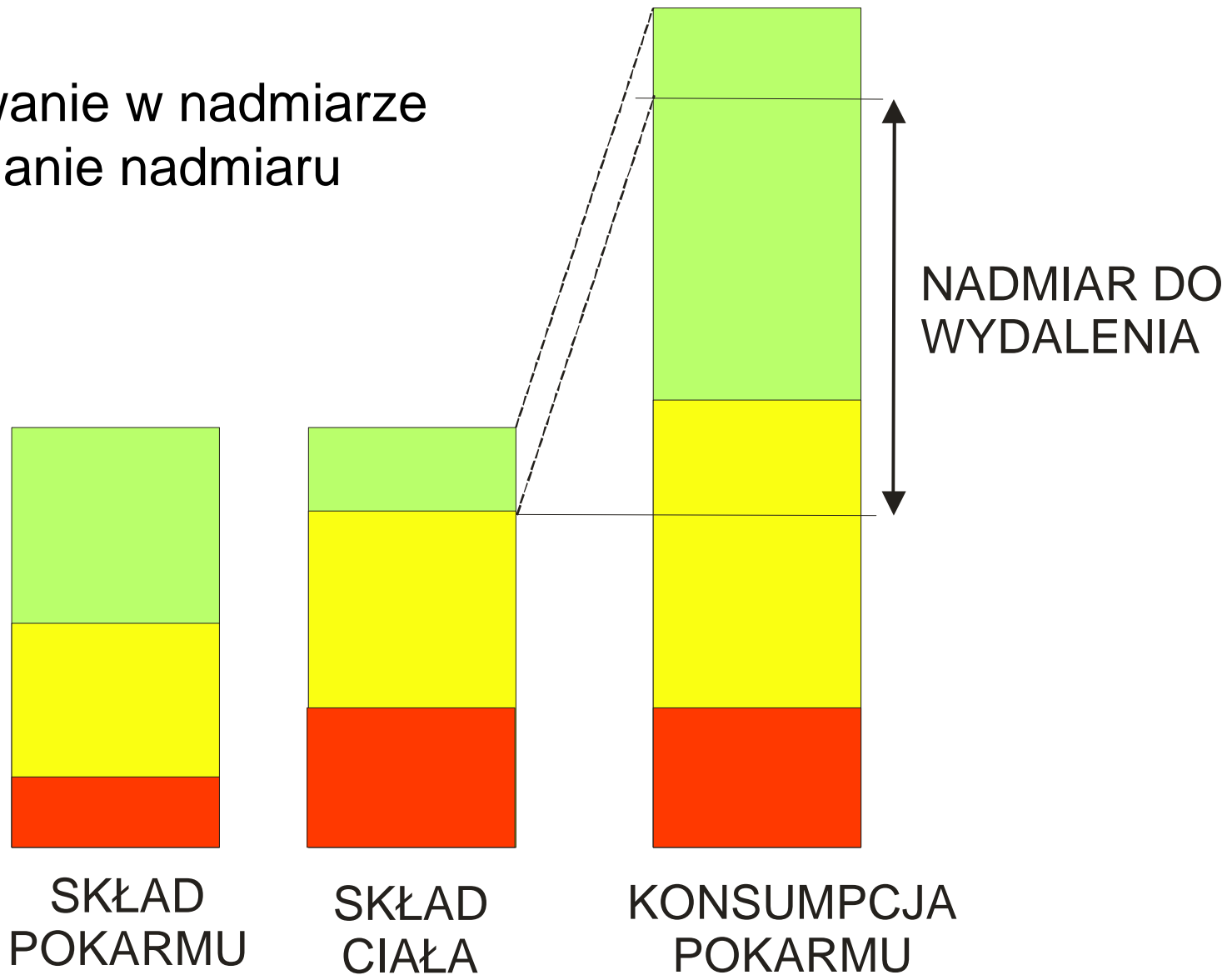


Heterotrof pobiera wszystkie pierwiastki naraz, w takich proporcjach, w jakich są w pokarmie.

SELEKTYWNA ASYMILACJA
SELEKTYWNE ŻEROWANIE
ROLA GRZYBÓW

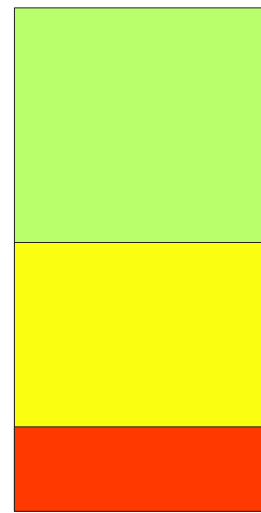
STRATEGIA MONOFAGA

żerowanie w nadmiarze
wydalanie nadmiaru

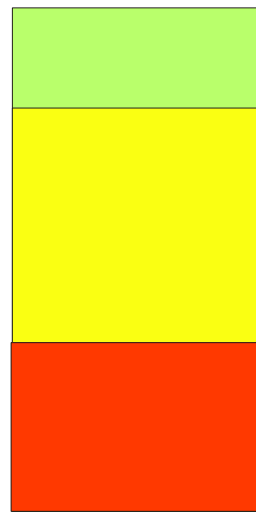


STRATEGIA POLIFAGA

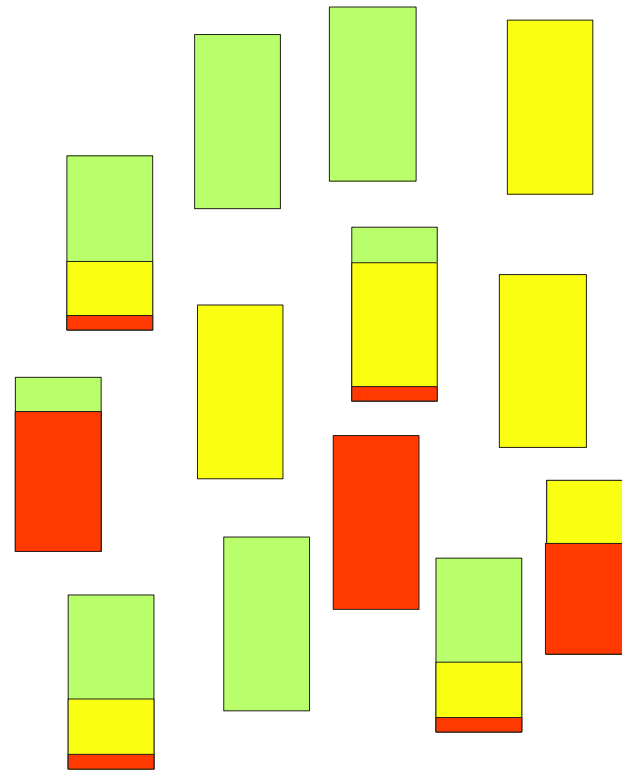
pobieranie różnych pokarmów
dla skompensowania składu



SKŁAD
POKARMU



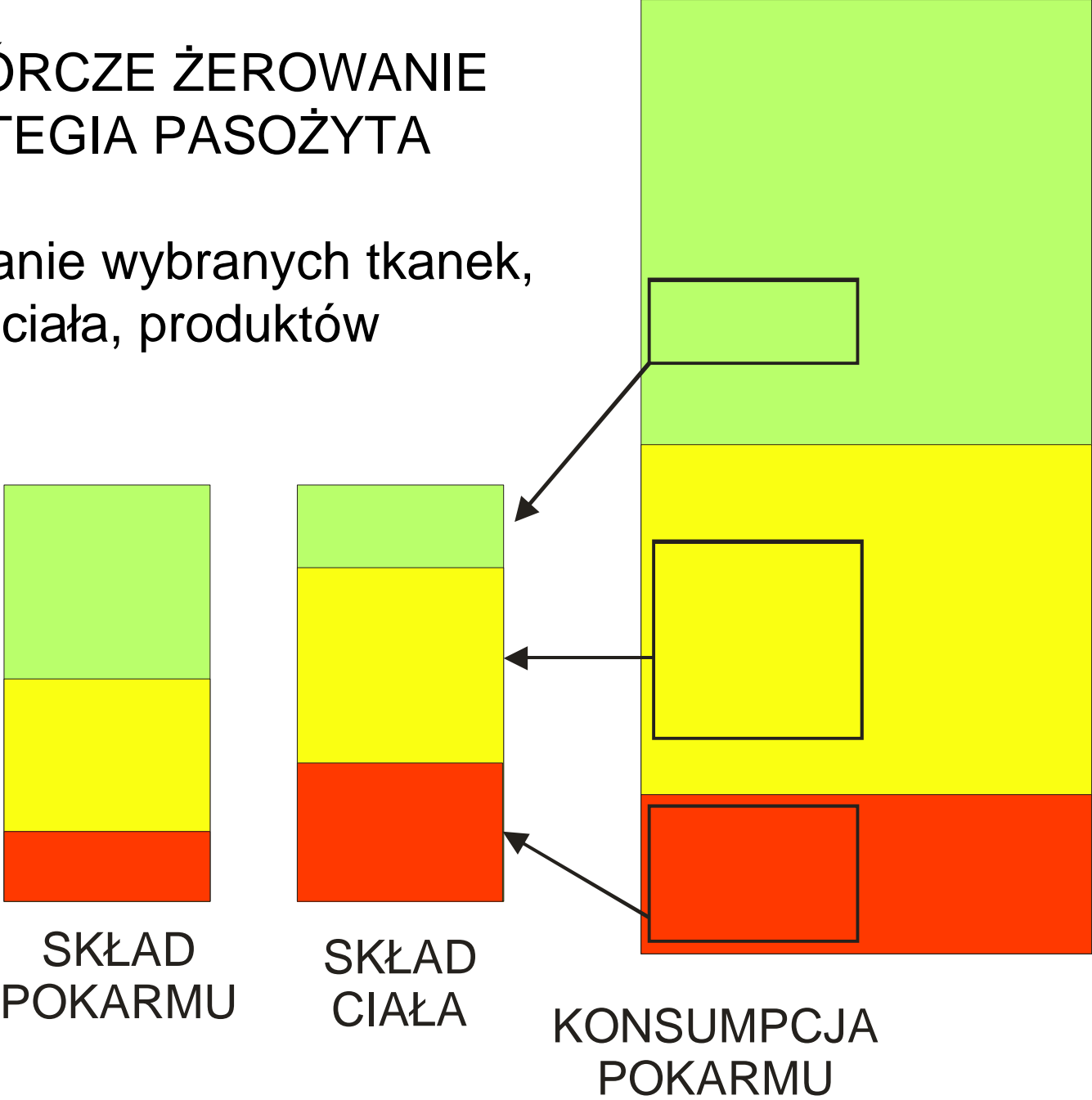
SKŁAD
CIAŁA



KONSUMPCJA
POKARMU

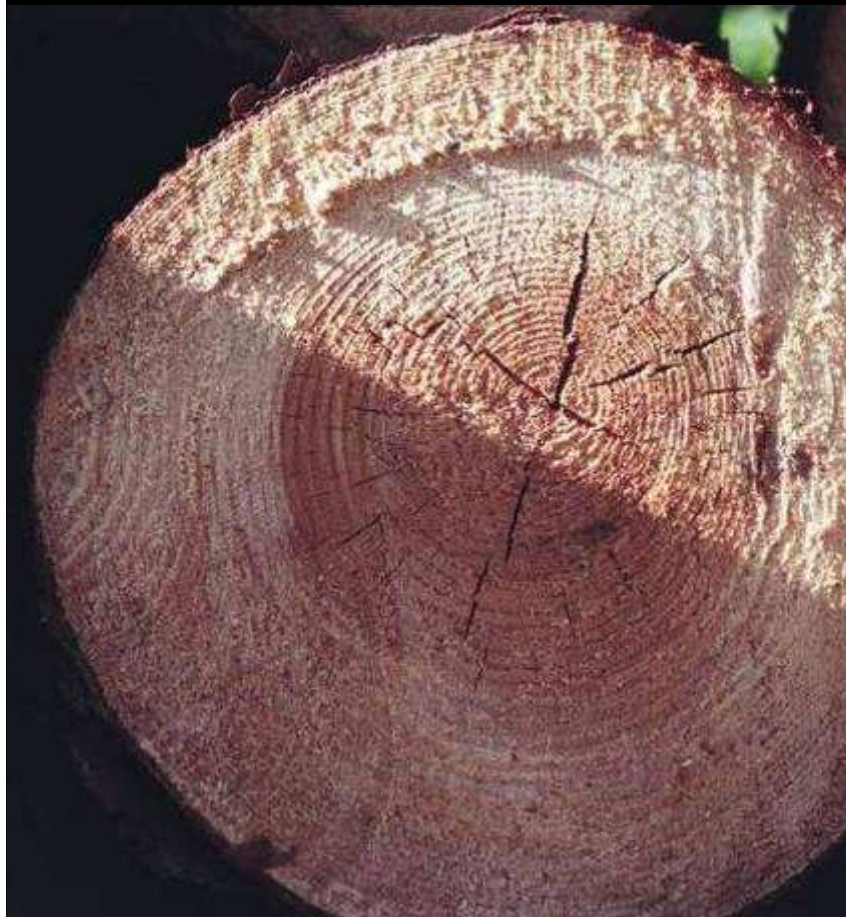
WYBIÓRCZE ŻEROWANIE STRATEGIA PASOŻYTA

pobieranie wybranych tkanek,
części ciała, produktów



DREWNOJADY

- Jak zrobić chrząszcza z drewna?



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

	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

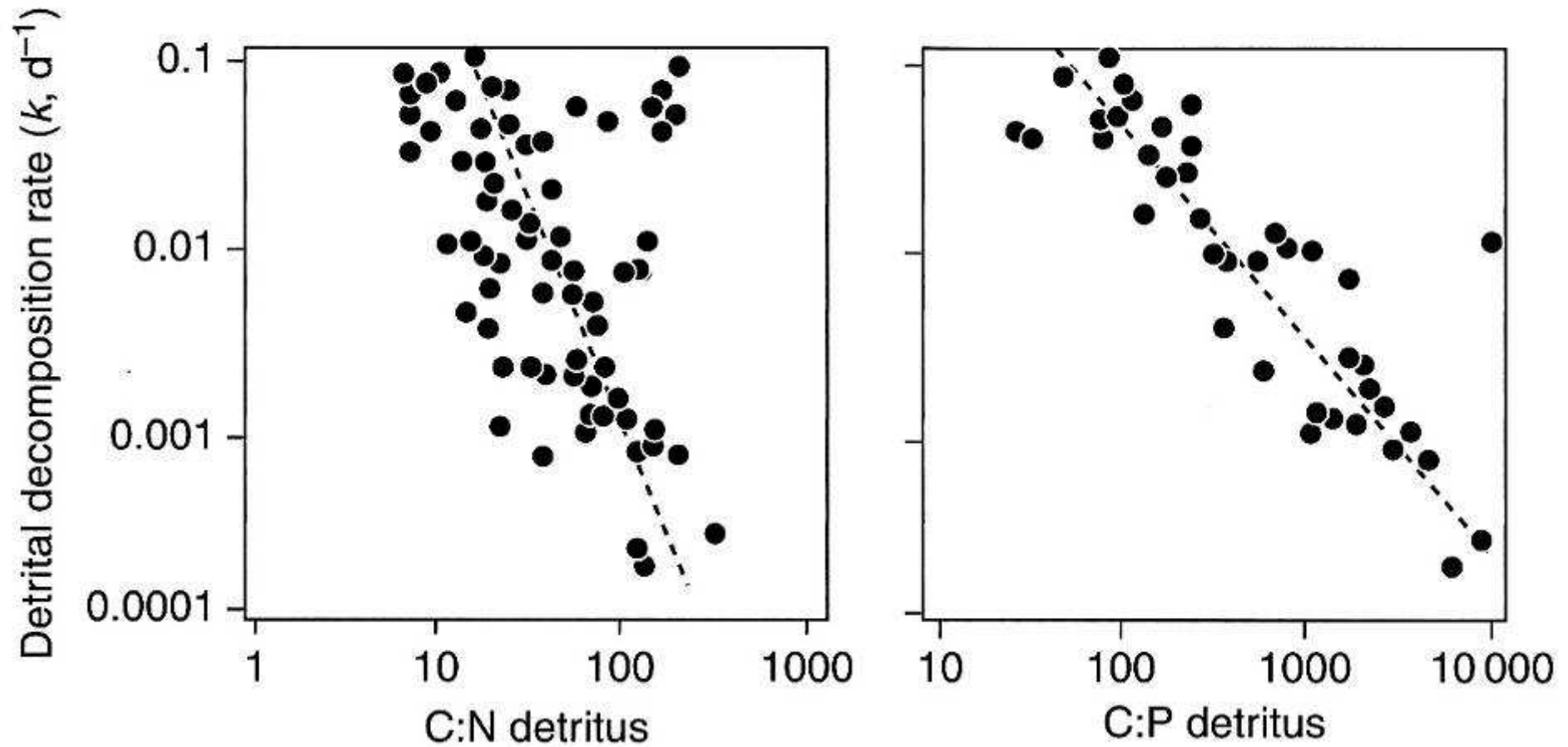
**STOSUNEK C:N:P
W ŚCIÓŁCE
MONOKULTUR
LEŚNYCH**

**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

STOSUNKI STECHIOMETRYCZNE
WPŁYWAJĄ NA TEMPO PROCESÓW W
EKOSYSTEMACH

TEMPO DEKOMPOZYCJI ZALEŻY OD STOSUNKU C:N:P



WPŁYW PROPORCJI C:N:P ŚCIÓŁKI NA TEMPO DEKOMPOZYCJI

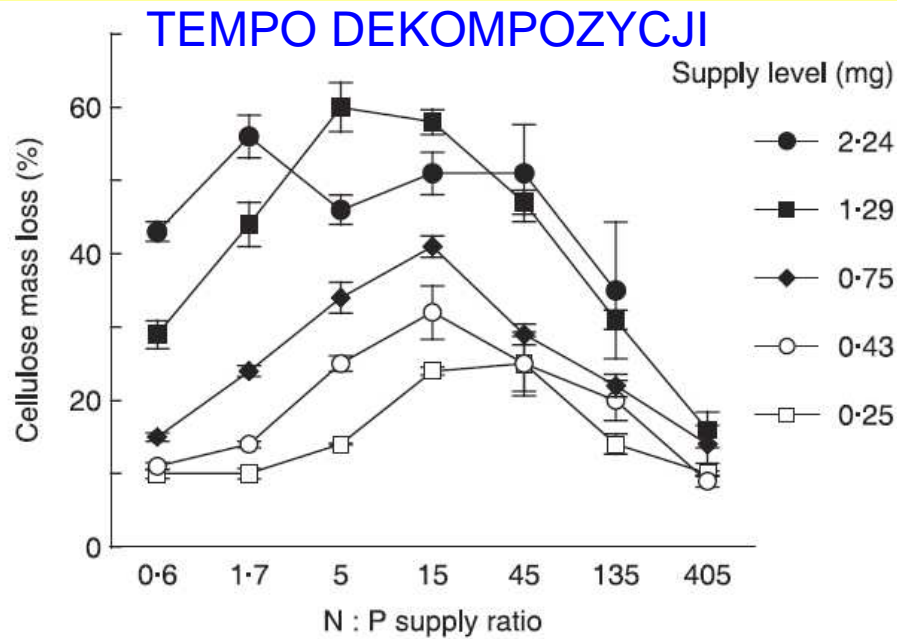
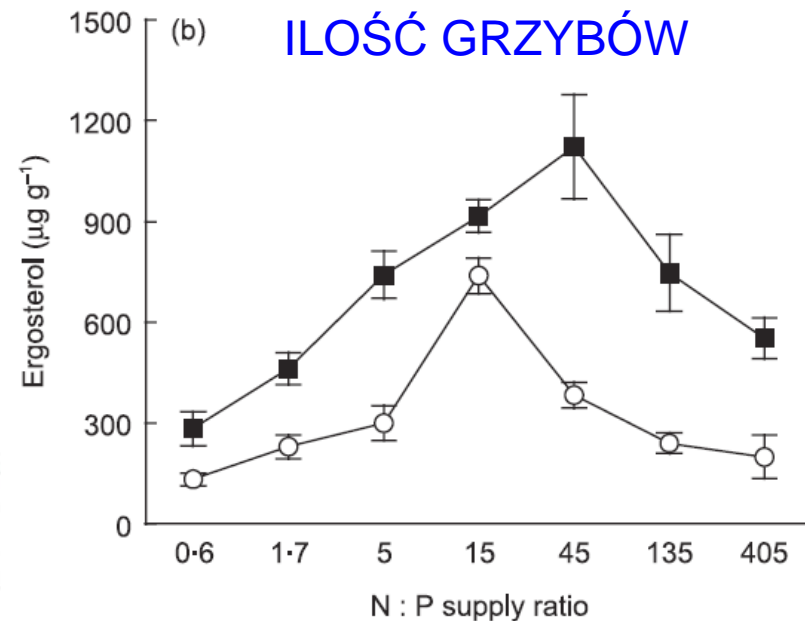
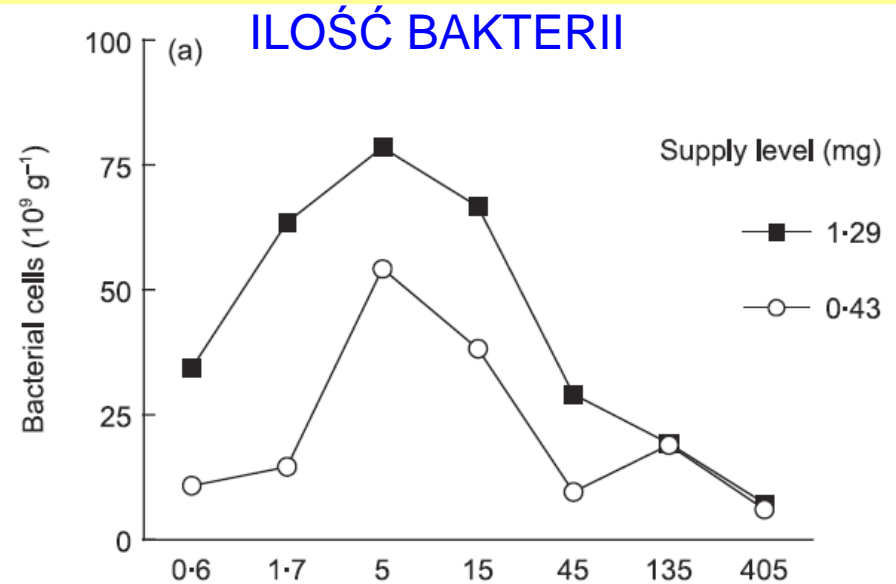


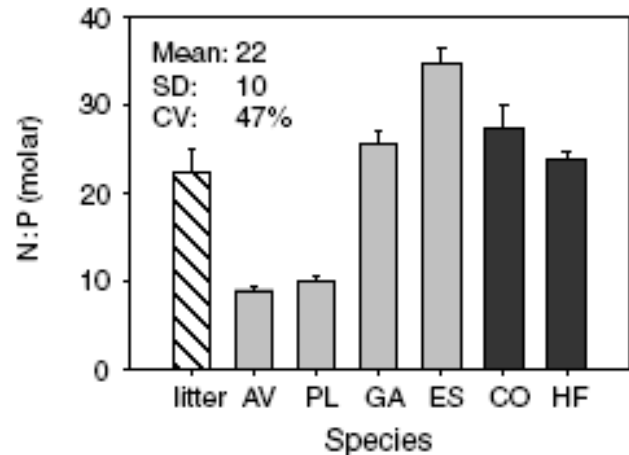
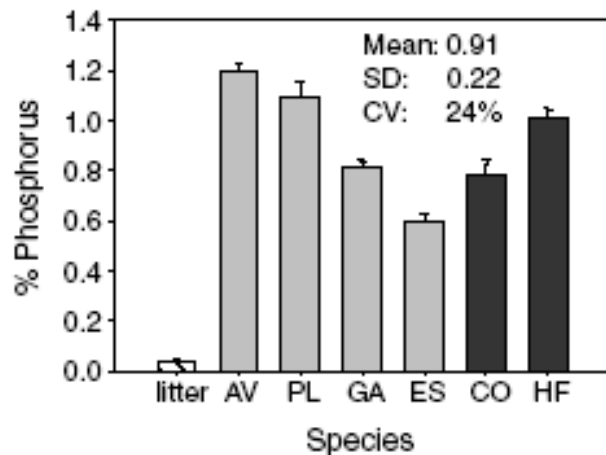
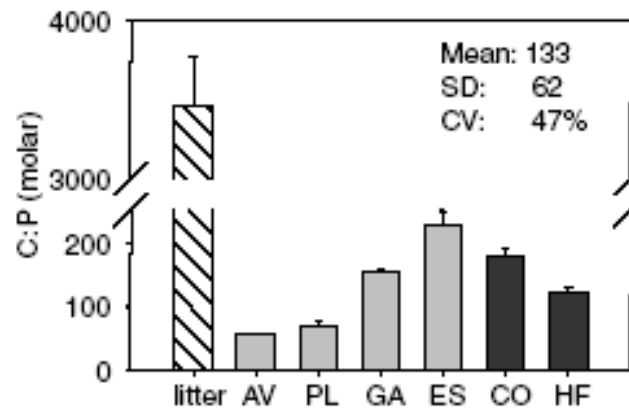
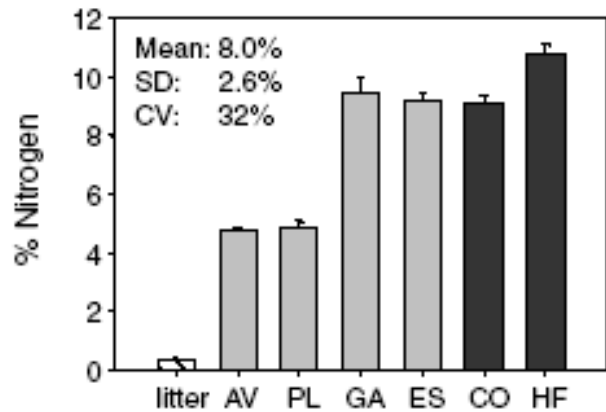
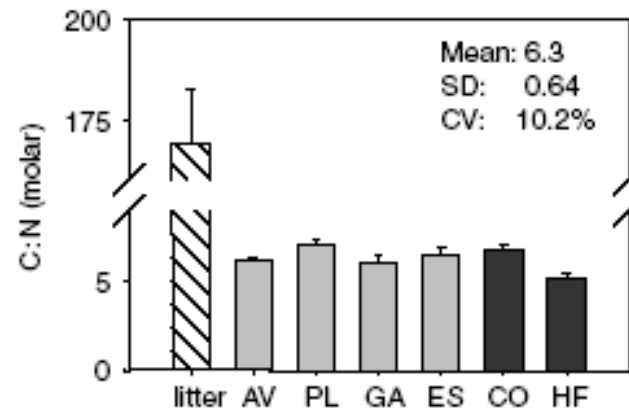
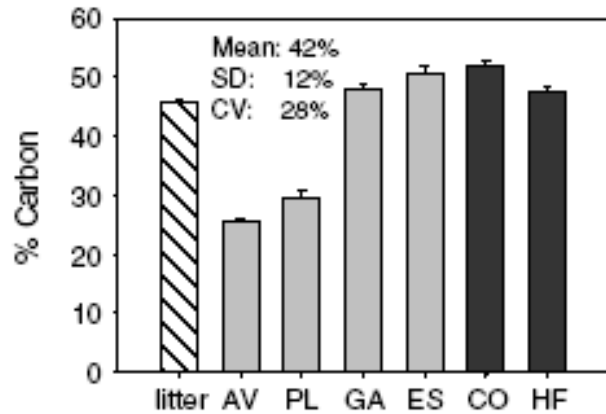
Fig. 1. Cellulose mass loss (means \pm se, $n = 5$) after 5 weeks of decomposition in microcosms in relation to the N : P supply ratio and for five supply levels (geometric mean of N and P supply).

Sabine Güsewell and Mark O. Gessner
Functional Ecology 2009, **23**, 211–219

Fig. 2. Microbial colonization of decomposing cellulose in microcosms in relation to the N : P supply ratio and for two supply levels: (a) number of bacterial cells per gram of decomposed cellulose (means, $n = 2$); (b) ergosterol content as a measure of fungal biomass (means \pm se, $n = 3$).



Stosunki C:N:P drzew i bezkręgowców



 Ściółka

 Detrytusożydy

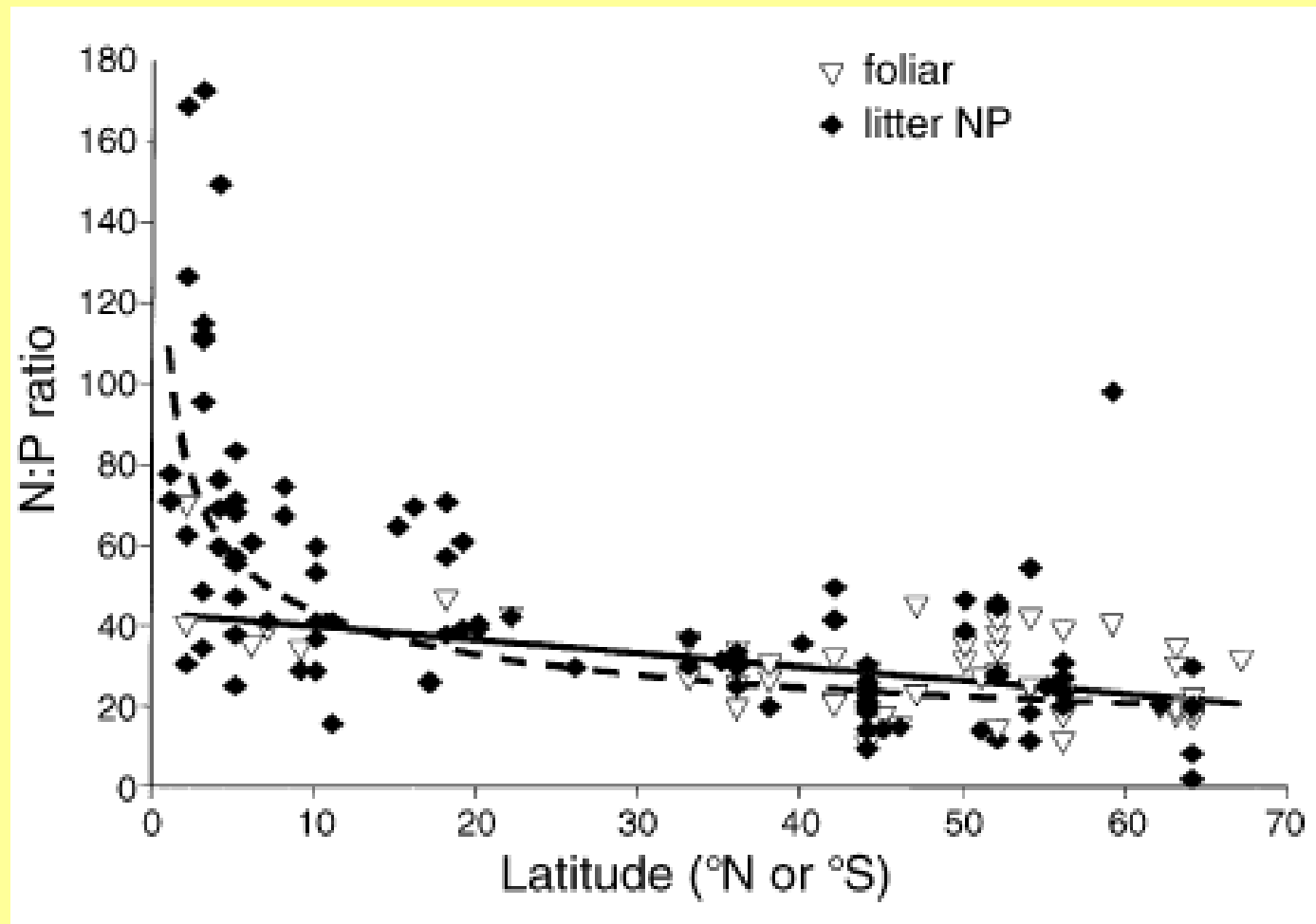
AV *Armadillidium vulgare* Isopoda
PL *Porcellio laevis* Isopoda
GA *Gryllus alogus* Orthoptera
ES *Eleodes suturalis* Coleoptera

 Drapieżniki

CO *Calathus opaculus* Coleoptera
HF *Hogna frondicola* Araneae

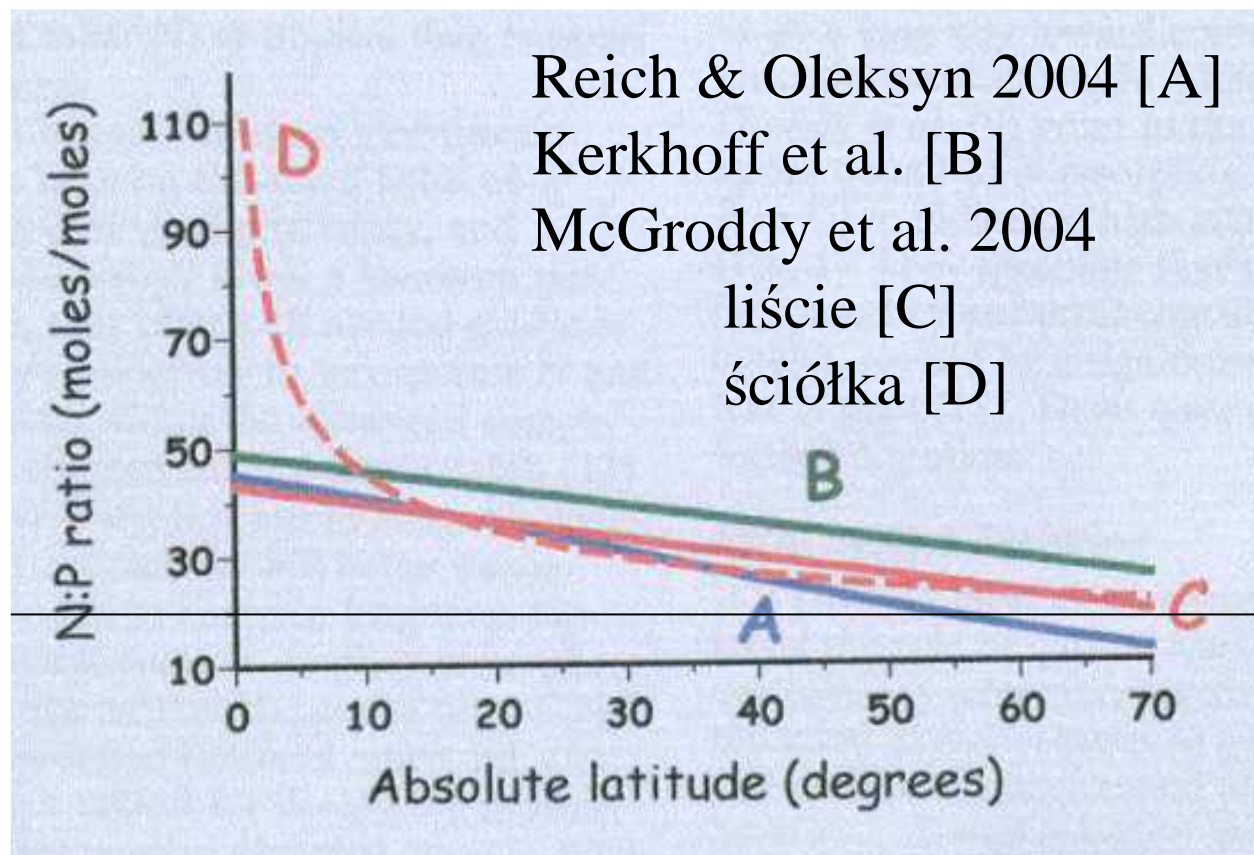
Wpływ temperatury, gradienty geograficzne

ZALEŻNOŚĆ STOSUNKU N:P W LIŚCIACH I ŚCIÓŁCE W ZALEŻNOŚCI OD SZEROKOŚCI GEOGRAFICZNEJ



McGRODDY, DAUFRESNE & HEDIN
Ecology, 85(9), 2004, pp. 2390–2401

„Redfield”



Zależność proporcji N:P liści od szerokości geograficznej
gleby tropikalne ubogie w P, bogatsze w N?

