

Ekologia i ochrona środowiska



Wykład 3

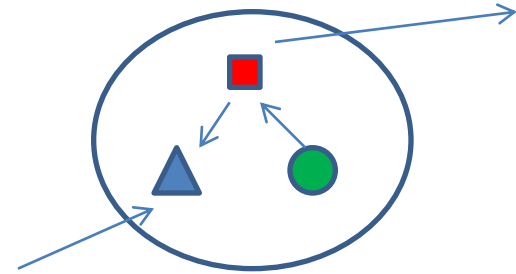
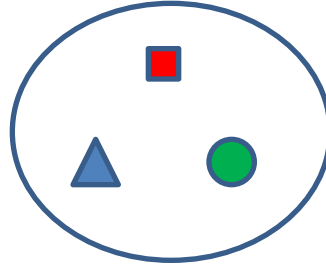
dr Tomasz Kruszyński

NAUKA O SYSTEMACH

zbiór a system (układ)

właściwości systemu

biosystem



systemy wykazują pewną ciekawą własność, którą wyraża zasada Nernsta:

całość to coś więcej, niż suma części

dzieje się tak dlatego, że własności całości (cechy systemowe) są określone przez:

własności części

lecz także:

sposoby ich powiązania

informacja - jest to stopień uporządkowania (lub zorganizowania) układu (definicja)

NAUKA O SYSTEMACH

rozwój nauki o systemach

● N. Wiener – CYBERNETICS (1949)

(Cybernetics: Control and Communication in the Animal and Machine)

II-ga rewolucja przemysłowa

- sprzężenia zwrotne
- informacja
- cybernetyka
- teoria sterowania
- robotyka

● W.B. Cannon – koncepcja homeostazy

● C.E. Shannon (1949) – Teoria Informacji

● J. von Neumann – Teoria Gier

● Ludwig von Bertalanffy – Teoria Systemów
(General Systems Theory 1968)

NAUKA O SYSTEMACH

w zależności od szczegółowego celu badawczego można wyróżnić **trzy aspekty systemu**:

- statyczny czyli dotyczący struktury
- kinetyczny czyli dotyczący przepływu sygnałów między elementami
- dynamiczny czyli dotyczący zmian zachodzących w czasie oraz ewolucji elementów powiązań i całego systemu

w ramach **struktury porządkującej system** wyróżnia się m.in.:

- aspekt przestrzenny, określony ze względu na relacje położenia i rozmieszczenia elementów
- aspekt łącznikowy, określony na podstawie relacji sąsiedztwa elementów
- aspekt formy, określony na podstawie zewnętrznej formy (kształtu) elementów
- aspekt rodzajowo-ilościowy, określony na podstawie ilościowych udziałów poszczególnych rodzajów elementów w całości systemu

NAUKA O SYSTEMACH

uniwersalne cechy systemów:

nieredukowalność

dążność do tworzenia supersystemów

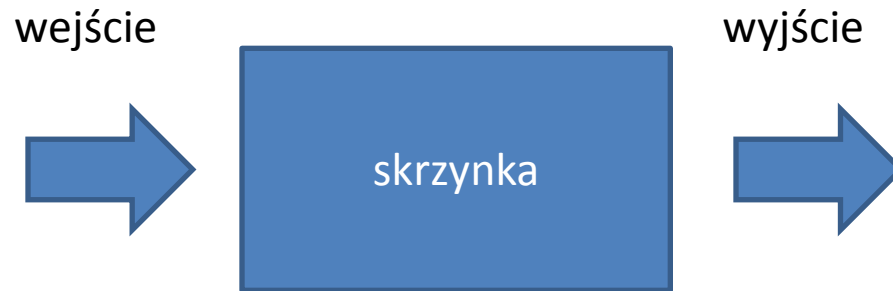
zdolność do samopodtrzymywania się

zdolność do samokontroli

zdolność do samoregulacji

NAUKA O SYSTEMACH

koncepcja skrzynek: czarnej, szarej i białej



sprężenia zwrotne

cechy systemów biologicznych:

- dobór naturalny
- działanie antyentropijne
- rola informacji
- układy dysypatywne

NAUKA O SYSTEMACH

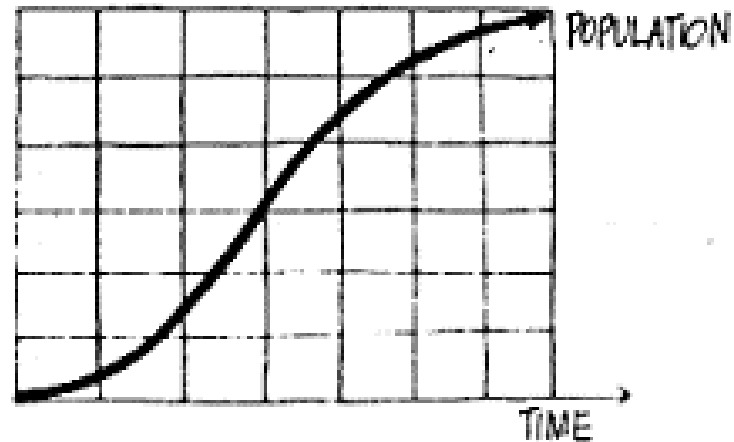
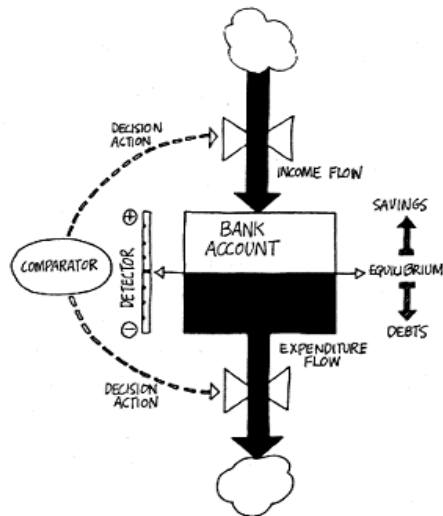
różne systemy można więc otrzymać przez różny sposób powiązania nawet **identycznych zestawów części**



NAUKA O SYSTEMACH

procesy

- sprzężenia zwrotne (wpływ wyniku na zachowanie)
- homeostaza (mechanizm przeciwdziałania zaburzeniom)
- stany stacjonarne (równowaga dynamiczna)
- adaptatywność (wykorzystanie zaburzeń do osiągnięcia stanów preferowanych)
- heureka (ewolucyjny wzrost stopnia organizacji- procesy uczenia się)



NAUKA O SYSTEMACH

komplementarność

Podejście Analityczne

- izolacja i koncentracja na składnikach
- badanie natury oddziaływań
- koncentracja na detalach
- analiza zmian jednej zmiennej
- weryfikacja faktów przez eksperyment
- stosuje precyzyjne modele mało użyteczne w praktyce
- efektywne gdy związki są linearne
- prowadzi do edukacji zorientowanej na dyscypliny
- prowadzi do działania zaplanowanego w detalach
- tworzy wiedzę detaliczną o słabo określonych celach

Podejście Systemowe

- łączenie i koncentracja na oddziaływaniach między składnikami
- badanie skutków oddziaływań
- globalna percepcja
- jednoczesne zmiany wielu zmiennych
- weryfikacja przez porównanie zachowania modelu i rzeczywistości
- stosuje modele nie zawsze rygorystyczne ale pomocne w podejmowaniu decyzji i przedsięwzięciach
- efektywne gdy związki mają charakter nieliniowy
- prowadzi do edukacji multidyscyplinarnej
- prowadzi do działania nastawionego na zadania
- tworzy wiedzę nastawioną na rezultat, często przy rozmytych detalach

NAUKA O SYSTEMACH

w systemach termodynamicznych występują działania, w których miarą jest ciepło – stąd nazwa **systemy cieplne**

systemy cieplne współdziałają z otoczeniem pobierając z niego energię w jednej postaci i przekazują, po przetworzeniu, w innej postaci

narzędziem opisu działań zachodzących między systemami cieplnymi a otoczeniem oraz procesów energetycznych wewnątrz systemów są ogólne prawa fizyki, które w zastosowaniu do termodynamiki noszą nazwę **zasad termodynamiki**

NAUKA O SYSTEMACH

TERMODYNAMIKA – nauka o energii, dział fizyki zajmujący się badaniem energetycznych efektów wszelkich przemian fizycznych i chemicznych, które wpływają na zmiany energii wewnętrznej analizowanych układów

Zerowa zasada termodynamiki (prawo równocенności stanów układów termodynamicznych) - jeśli układy A i B mogące ze sobą wymieniać ciepło są ze sobą w równowadze termicznej, i to samo jest prawdą dla układów B i C, to układy A i C również są ze sobą w równowadze termicznej

Pierwsza zasada termodynamiki (prawo zachowania energii) - zmiana energii wewnętrznej układu zamkniętego jest równa energii, która przepływa przez jego granice na sposób ciepła lub pracy

Druga zasada termodynamiki (prawo stałego wzrostu entropii) - w układzie termodynamicznie izolowanym, w dowolnym procesie entropia nigdy nie maleje

Trzecia zasada termodynamiki (prawo dążenia entropii do 0 ze spadkiem temperatury) - entropia układu o ustalonych parametrach (np. o stałym ciśnieniu lub objętości) i temperaturze zmierzającej do zera bezwzględnego zmierza również do zera (prawo Nernsta)

Czwarta zasada termodynamiki (zasada Onsagera)

EKOSYSTEM

ang. *ecological system*

termin wprowadził A. Tansley (1935)

definicja - zmieniający się w czasie i przestrzeni układ przyrodniczy złożony z biocenozy i jej abiotycznego środowiska (biotopu)

„Ekosystem jest zbiorczą jednostką funkcjonalną, przy czym główną formą funkcji, sposobem życia ekosystemu jest przepływ energii i krążenie materii. Współczesna ekologia zajmuje się badaniem ekosystemu jako otwartego energetycznego systemu, zdolnego do trwania (samoregulacji)”, Petruszewicz, 1972

„układ, w którym biocenoza współdziała ze środowiskiem fizycznym tak, że przepływ energii prowadzi do wyodrębnienia się wyraźnej struktury troficznej, zróżnicowania biotycznego oraz do krążenia materii między żywymi a nieożywionymi częściami układu”, (Odum, 1982)

EKOSYSTEM

prawidłowości występujące w ekosystemie

- zasada jedności biotopu i biocenozy
- zasada organizacji biocenozy
- zasada autonomii
- zasada równowagi ekologicznej
- zasada sukcesji ekologicznej

EKOSYSTEM

ekosystem - układ otwarty → obieg energii i materii

najważniejszym źródłem energii w ekosystemach jest energia słoneczna

dzięki reducentom i procesom rozkładu:

- zamknięty jest obieg materii w przyrodzie wpływający na wzrost i rozwój roślin
- włączane są do obiegu składniki odżywcze
- zachodzi produkcja pokarmu dla organizmów cudzożywnych

EKOSYSTEM

Ekosystem autotroficzny to taki, w którym podstawą jego funkcjonowania jest obecność światła i materia organiczna zwana autochtoniczną, wytwarzana w procesie fotosyntezy głównie przez rośliny zielone. Materia ta zapewnia samowystarczalność i niezależność ekosystemu. Przykładami takich ekosystemów są las, torfowisko, łąka, staw, jezioro

Ekosystem heterotroficzny to ekosystem niepełny, niesamowystarczalny, pozbawiony producentów, w którym znajduje się materia pochodząca z zewnątrz, zwana materią allochtoniczną. Przykładem takiego ekosystemu jest jaskinia

EKOSYSTEM

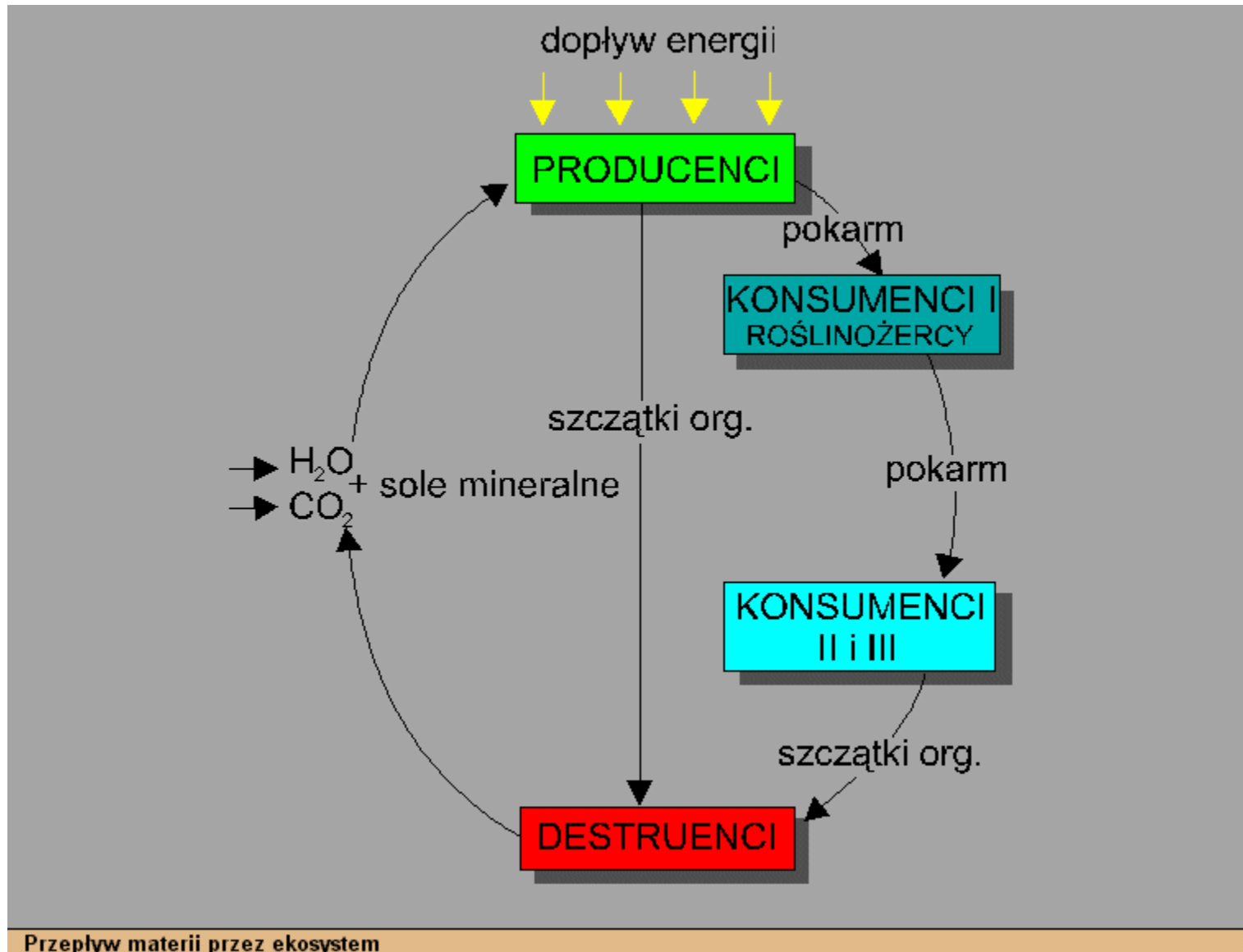
uczestnicy łańcucha pokarmowego:

producenci (autotrofy), czyli organizmy zdolne do budowania złożonych związków organicznych z prostych związków nieorganicznych (CO_2 , H_2O), przy wykorzystaniu energii słonecznej lub chemicznej pochodzącej z utleniania wiązań chemicznych, należą do nich rośliny zawierające chlorofil oraz niektóre gatunki bakterii

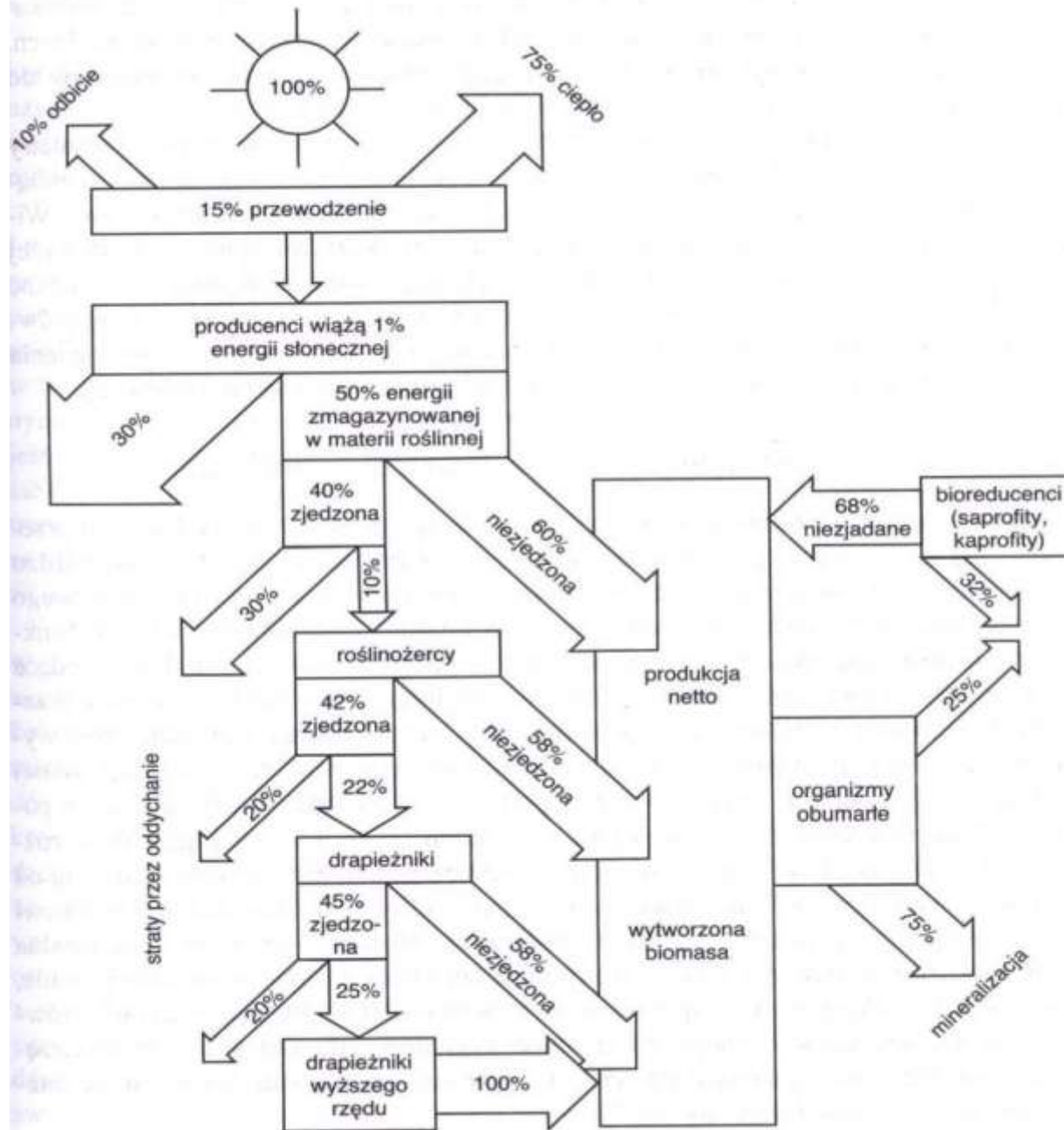
konsumenci (heterotrofy), czyli organizmy, które odżywiają się złożonymi związkami organicznymi, ponieważ nie są w stanie samodzielnie ich syntetyzować, organizmy odżywiające się roślinami (roślinożerne) to konsumenci pierwszego rzędu (I), zwierzęta drapieżne to konsumenci drugiego rzędu (II)

reducenci (destruenci i saprofity), czyli organizmy cudzożywne, głównie bakterie i grzyby rozkładające związki do prostych związków mineralnych, które włączone do obiegu mogą zostać przyswojone przez rośliny zielone; reducenci stanowią ostatnie ogniwo łańcucha pokarmowego

przeływ materii przez ekosystem



przeływ energii przez ekosystem



EKOSYSTEM

PRODUKTYWNOŚĆ - intensywność lub szybkość wytwarzania materii wyrażamy w gramach lub dżulach na jednostkę czasu i przestrzeni, np. g/cm²/rok lub kJ/m²/rok

produktywność pierwotna (PP)

szybkość z jaką producenci przekształcają energię promieniowania słonecznego w procesie fotosyntezy lub źródła energii w przypadku chemosyntezy w energię chemiczną substancji organicznych;

- wytworzona w ten sposób biomasa nazywa się **fitomasą**
- powierzchni asymilacyjna

EKOSYSTEM

produkcja pierwotna brutto (GPP) - produkcja biomasy mierzona szybkością fotosyntezy, czyli ilością wytworzonej przez producentów materii organicznej, łącznie z tą częścią materii, która producenci zużywają w procesie oddychania

produkcja pierwotna netto (NPP) – produkcja mierzona tempem magazynowania materii organicznej w tkankach roślinnych bez materii wykorzystywanej na oddychanie

- przyrost masy roślin: $P = A - R$

A – asymilacja, B - oddychanie

EKOSYSTEM

produktywność wtórna

szybkość przyswajania materii, tj. „wiązania” energii przez konsumentów nazywamy produktywnością wtórną – mierzy się ją ilością biomasy wyprodukowanej przez konsumentów w jednostce czasu na jednostkę powierzchni (objętości)

$$C = P + R + FU$$

$$A = P + R = C - FU$$

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

C – konsumpcja, P – energia wykorzystana do budowy własnego ciała (produkcja), R – oddychanie, F – odchody, U - mocz

EKOSYSTEM

produktywność ekosystemów

wielkość produkcji pierwotnej netto w skali globalnej wyrażona w suchej masie:

130 x 10⁹ ton rocznie w środowiskach lądowych

90 x 10⁹ ton rocznie w środowiskach wodnych

1,5 bln ton – szacunkowa wielkość biomasy na Ziemi

wskaźnik produktywności („plon”):

$$\Delta P = P/B \times 100$$

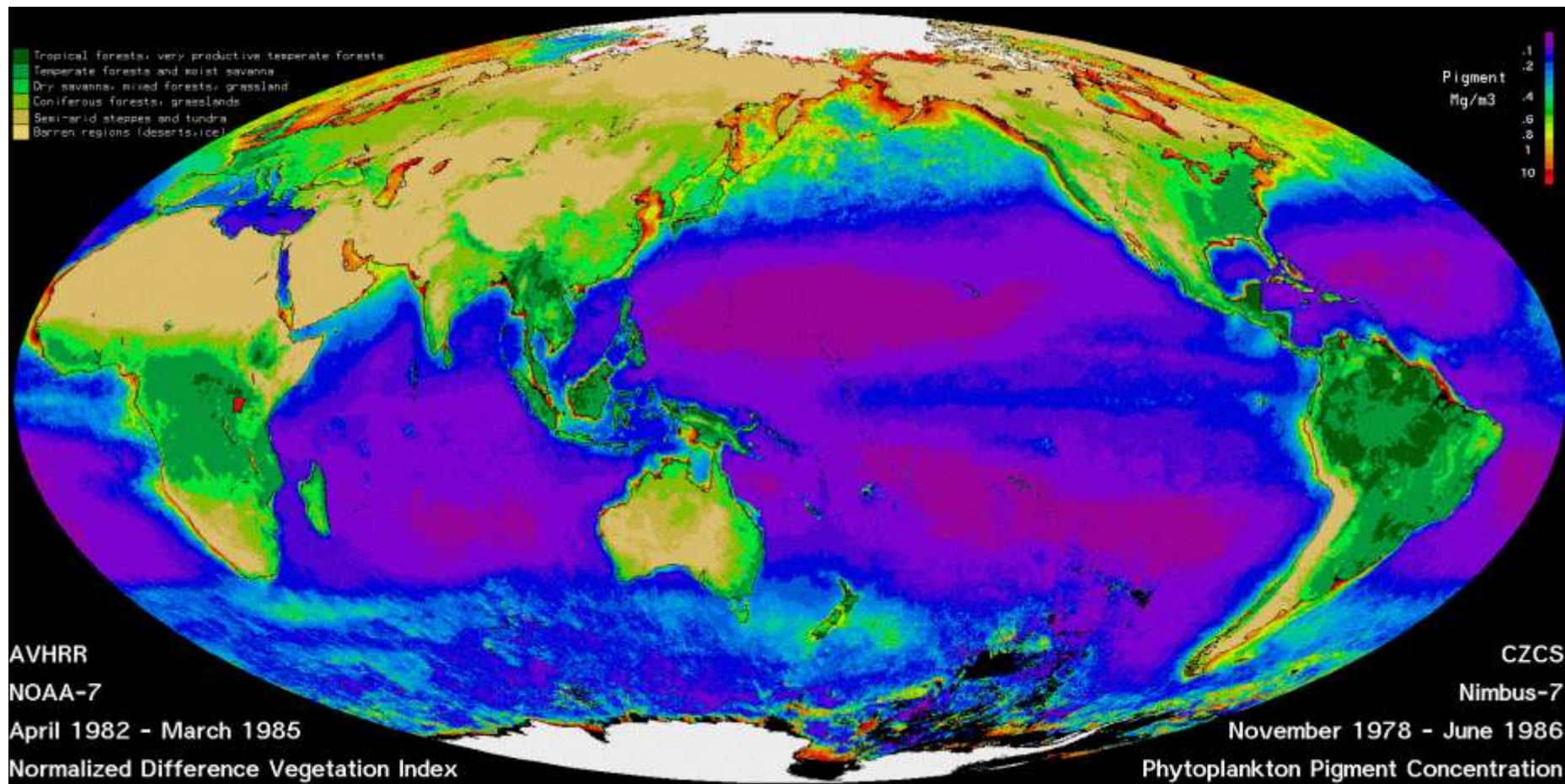
P – produkcja (wielkość produkcji w jednostce czasu)

B – biomasa (wyjściowy stan biomasy)

przeciętne roczne produktywności ekosystemów:

- 4,2 % w ekosystemach leśnych
- 29 % w innych ekosystemach lądowych
- 170 % w ekosystemach wodnych

Produktywność ekosystemów w skali globalnej



<i>Ekosystem</i>	<i>NPP (kg m⁻² rok⁻¹)</i>	<i>Całkowita produkcja (t × 10⁹)</i>
Lasy tropikalne wilgotne	2,3	23
Lasy umiarkowane liściaste	1,3	3,9
Lasy borealne	0,75	7,1
Sawanna trawiasta	2,3	13,8
Sawanna sucha krzewiasta	1,2	8,4
Pustynie piaszczyste gorące	0,01	0,08
Pustynie piaszczyste zimne	0,05	0,05
Moczary i bagna tropikalne	4,0	6
Moczary i bagna umiarkowane	2,5	1,25
Uprawy: tropikalne, byliny	1,6	0,8
Uprawy: umiarkowane, byliny	1,5	0,75
Uprawy: tropikalne, jednoroczne	0,7	6,3
Uprawy: umiarkowane, jednor.	1,2	7,2
<i>ŁĄDOWE ŁĄCZNIE:</i>	<i>0,9</i>	<i>132,3</i>
Morza i oceany	0,25	91,6
Jeziora i rzeki	0,4	0,8
<i>WODNE ŁĄCZNIE:</i>	<i>0,26</i>	<i>92,4</i>
CAŁKOWITA PROD. PIERW.	0,44	224,6

EKOSYSTEM

czynniki limitujące produktywność ekosystemów

ekosystemy lądowe:

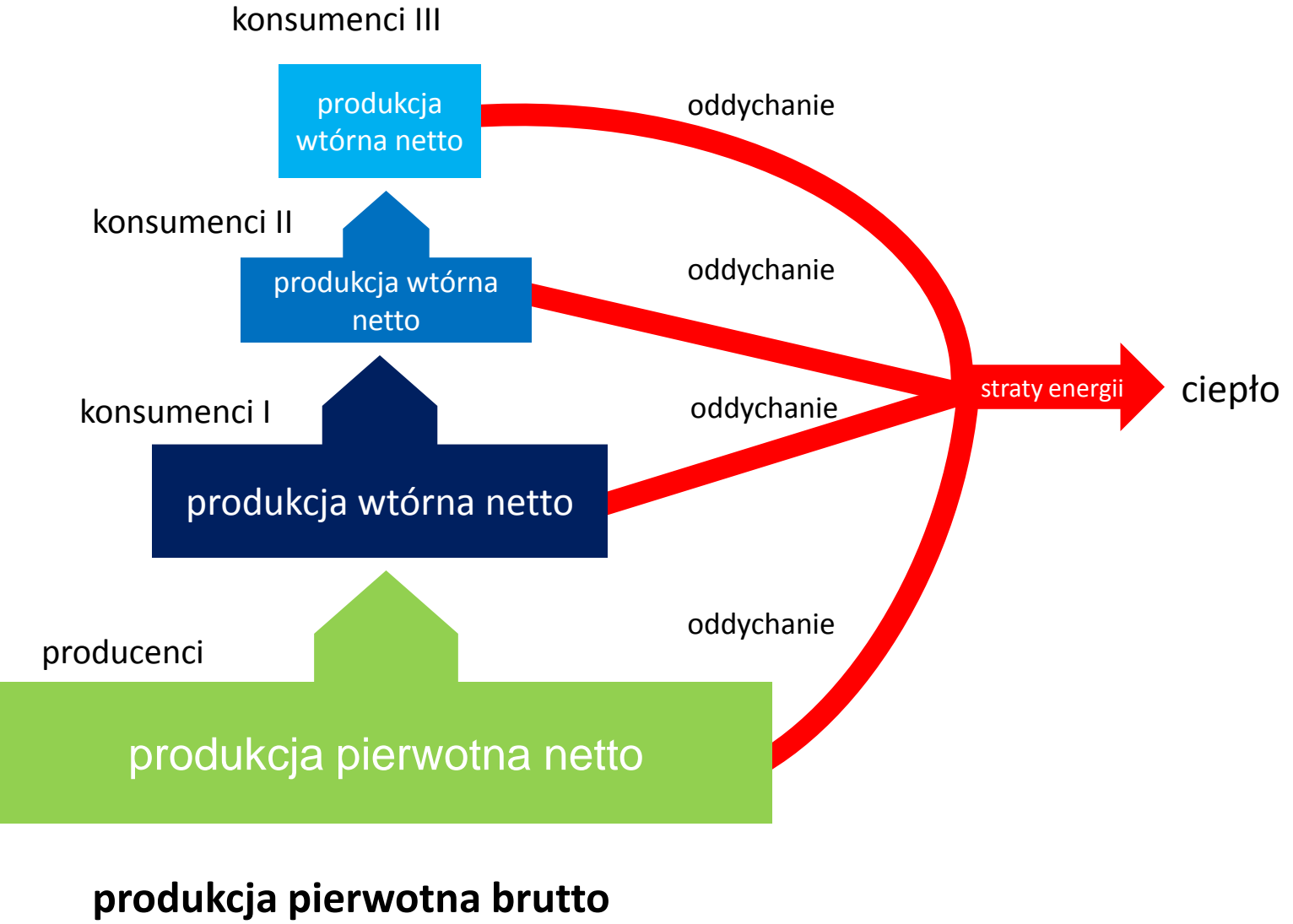
- temperatura
- dostępność wody
- światło

ekosystemy wodne (*strefa eufotyczna*):

- dostępność biogenów (P, Fe, inne)



energia świetlna wykorzystywana przez producentów stanowi tylko ok. 1% całej energii słońca docierającej do biosfery



EKOSYSTEM

wydajności ekologiczne

wydajność konsumpcji (CE):

$$CE = \frac{I_n}{P_{n-1}} \times 100$$

P_{n-1} – poziom produkcji dostępnej na danym poziomie troficznym

I_n – ilość konsumpcji na kolejnym, wyższym poziomie troficznym

przeciętne wydajności konsumpcji roślinożerców:

- 5% w lasach
- 25% w ekosystemach trawiastych
- 50% w ekosystemach wodnych

EKOSYSTEM

wydajność asymilacji (AE):

$$AE = \frac{A_n}{I_n} \times 100$$

I_n – ilość konsumpcji na danym poziomie troficznym

A_n – ilość biomasy (energii) asymilowanej

przeciętne wydajności asymilacji:

- 100 % - mikroorganizmów
- 20 – 50 % - roślinożerców
- 80 % - drapieżników

EKOSYSTEM

wydajność produkcji (PE):

$$PE = \frac{P_n}{A_n} \times 100$$

A_n – ilość biomasy (energii) asymilowanej

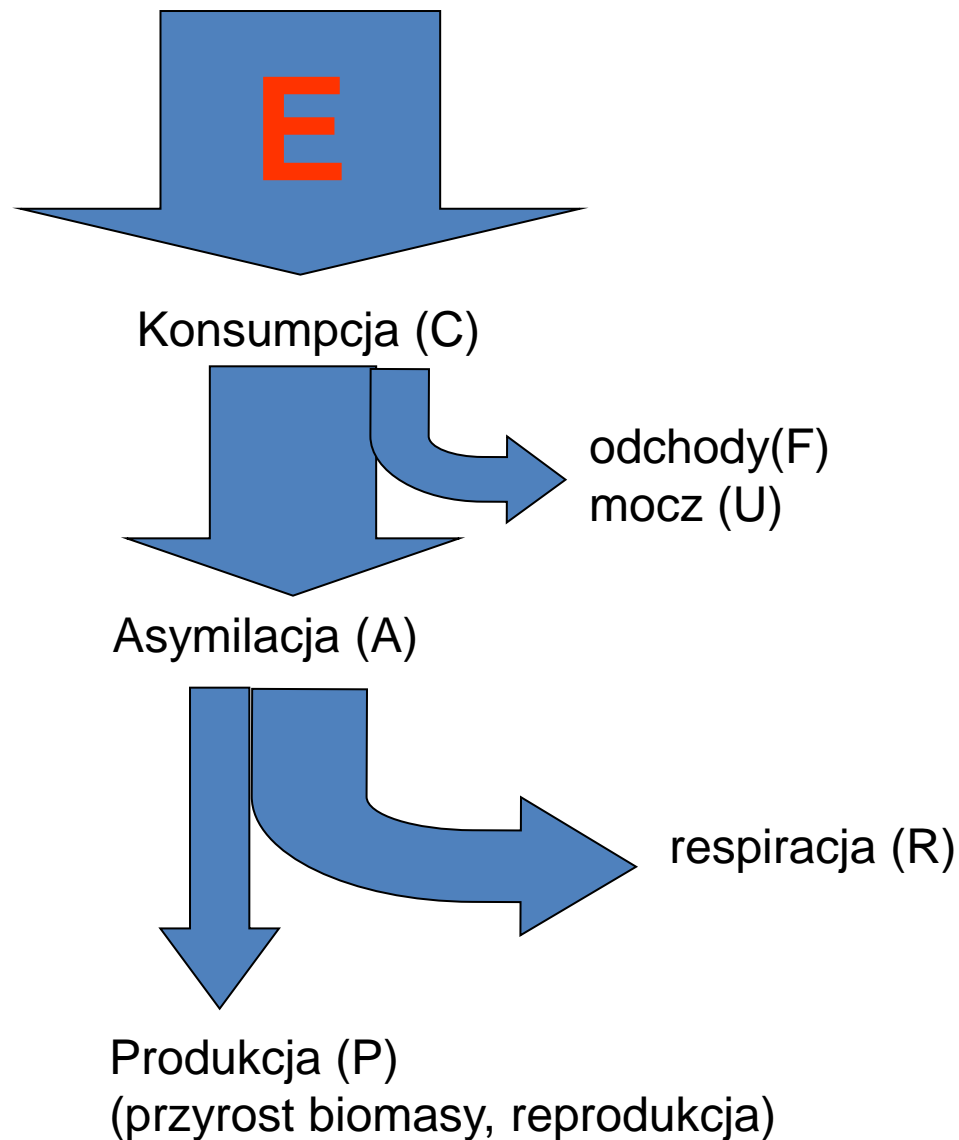
P_n – produkcja biomasy (energii)

przeciętne wydajności produkcji:

- 30 - 40 % - bezkręgowce
- 10 % - kręgowce zmiennocieplne (*poikilo-, ektotermy*)
- 1 - 2 % - kręgowce stałocieplne (*homoio-, endotermy*)

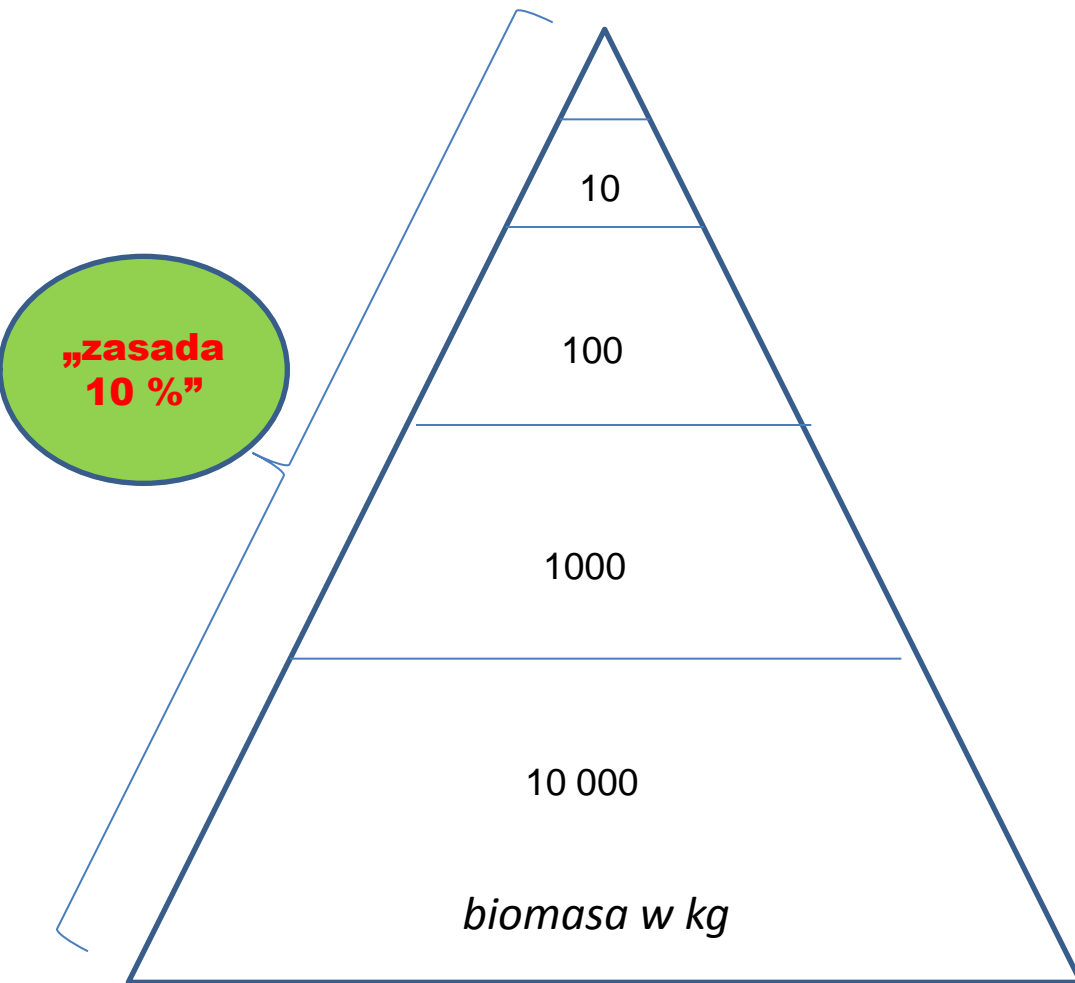
EKOSYSTEM

schemat przepływu energii przez osobnika



EKOSYSTEM

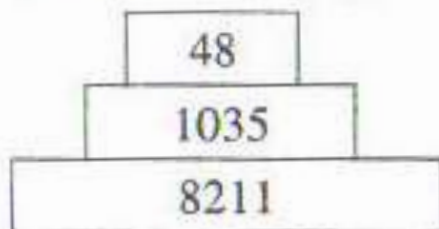
piramida troficzna (biomas) w morskim łańcuchu troficznym człowieka



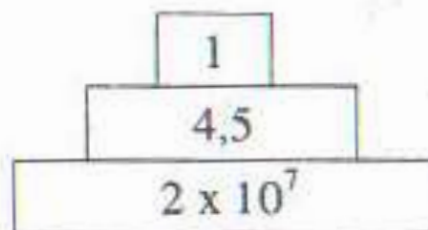
EKOSYSTEM

piramidy troficzne

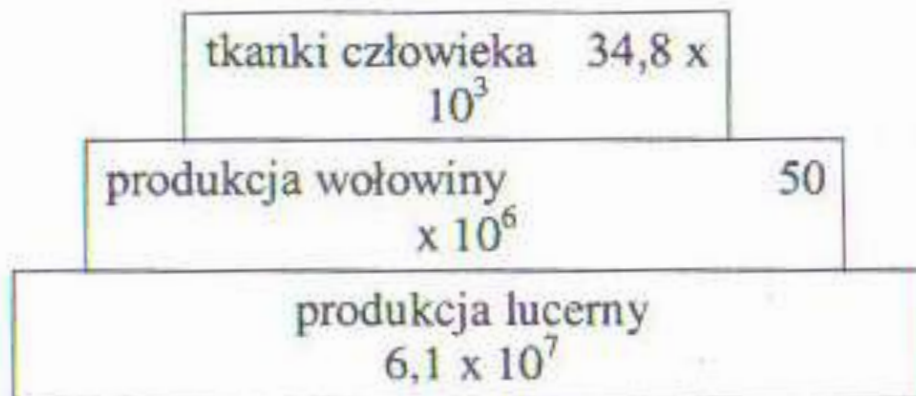
piramida biomas [kg]



piramida liczb [osobnik]

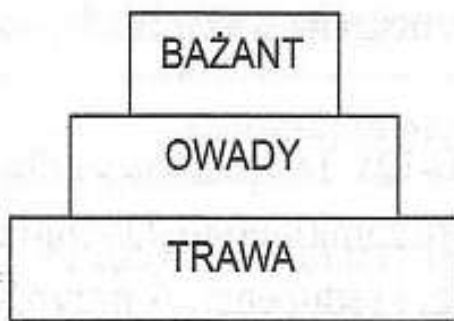


piramida energii [kJ]

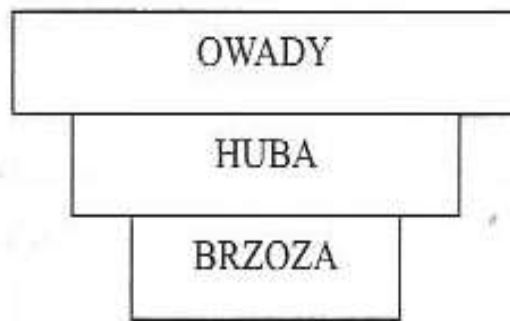


EKOSYSTEM

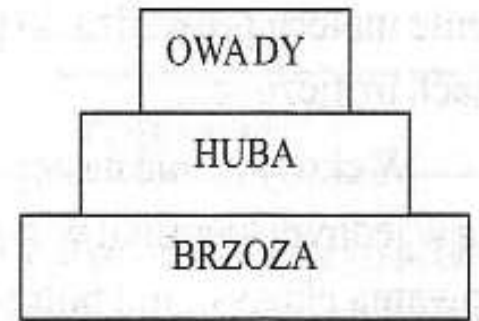
piramidy troficzne



Przykładowa piramida
liczebności (piramida typowa)



Przykładowa piramida
liczebności (piramida odwrócona)



Przykładowa piramida
biomasy (piramida typowa)

EKOSYSTEM

pierwiastki chemiczne przemieszczają się ze środowiska abiotycznego do organizmów i odwrotnie

mniej lub bardziej zamknięte obiegi pierwiastków w przyrodzie określa się mianem **cykli biogeochemicznych**

- obieg typu gazowego
- obieg typu sedymentacyjnego

w każdym cyklu wyróżniamy dwie części zasobów danego pierwiastka:

- pulę zasobów
- pulę wymienną

EKOSYSTEM

do najważniejszych cykli biogeochemicznych należą obiegi:

- węgla
- azotu
- wody
- tlenu
- fosforu
- siarki

obieg węgla w przyrodzie

źródła węgla w przyrodzie:

- atmosfera
- przemysł
- środki transportu
- procesy rozkładu
- oddychanie organizmów

zawartość węgla w biosferze podlega wahaniom w skali milionów lat w wyniku dwóch cykli:

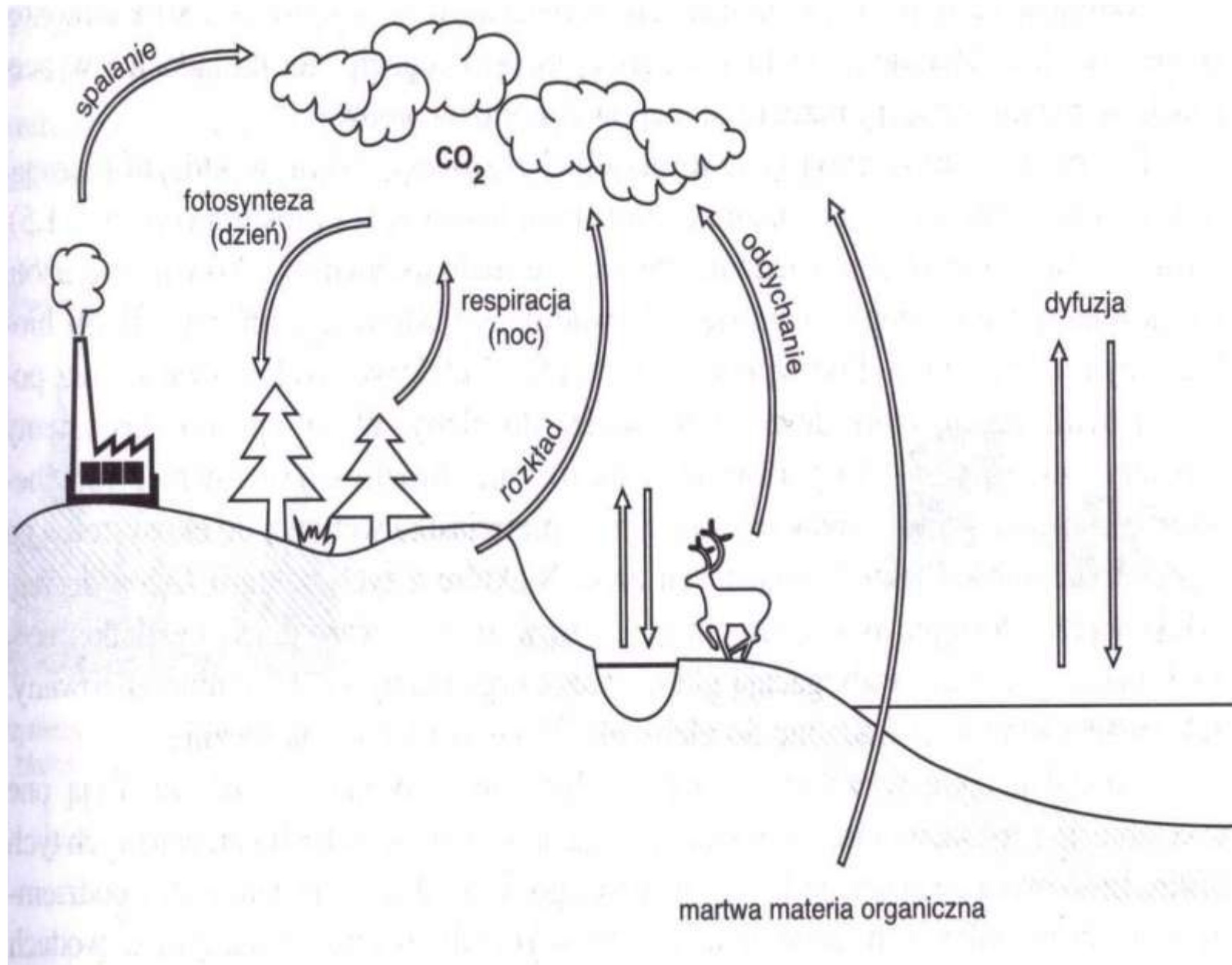
- cyklu węglanowo-krzemianowego
- cyklu organicznego

emisja roczna dwutlenku węgla z rozpadu materiału organicznego w lasach i obszarach trawiastych wynosi **220 miliardów ton**

emisje w wyniku działalności człowieka wynoszą **ok. 30 miliardów ton**

wulkany emitują rocznie **130-230 milionów ton** atmosferycznego CO₂

obieg węgla w przyrodzie

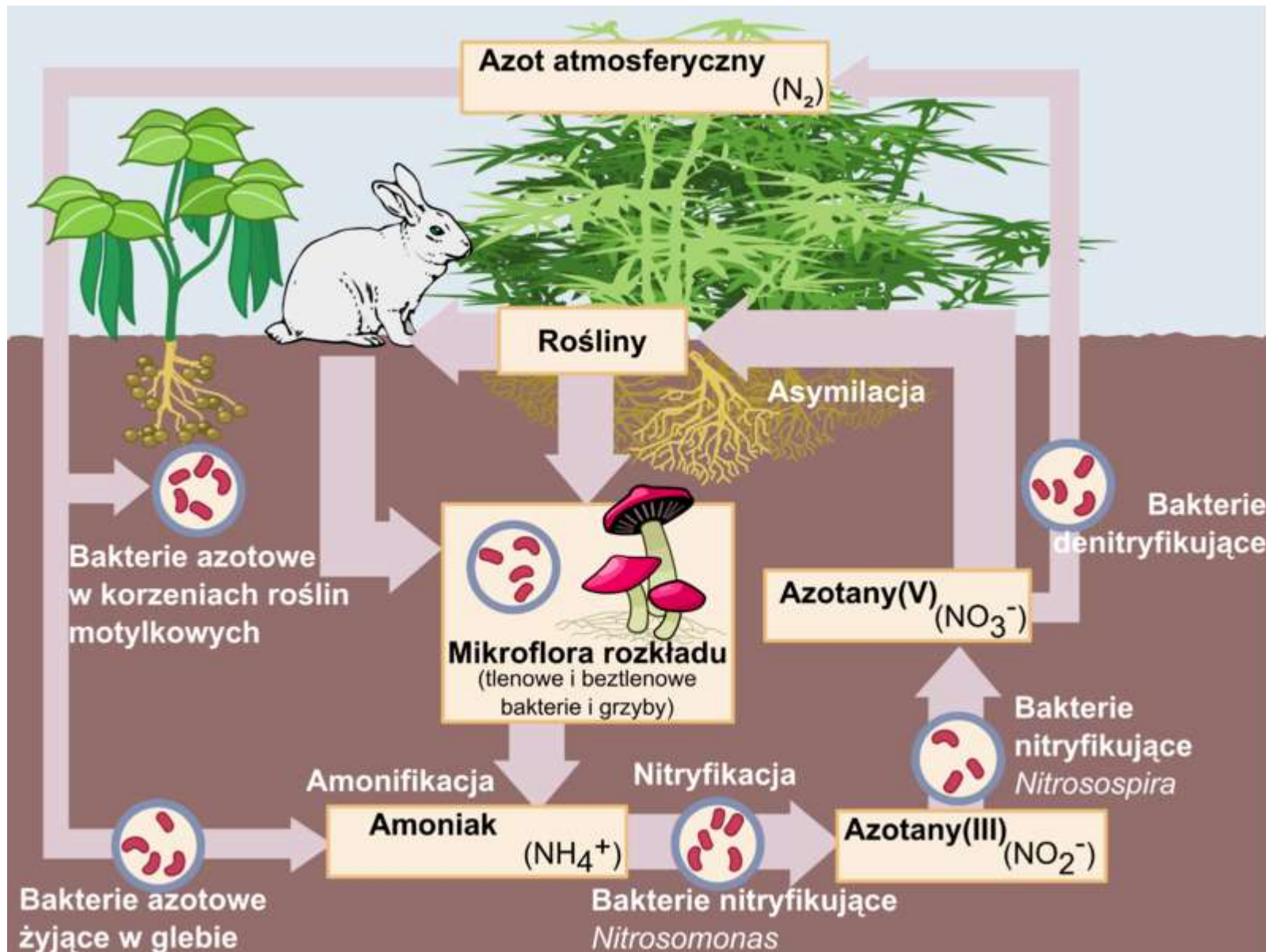


obieg azotu w przyrodzie

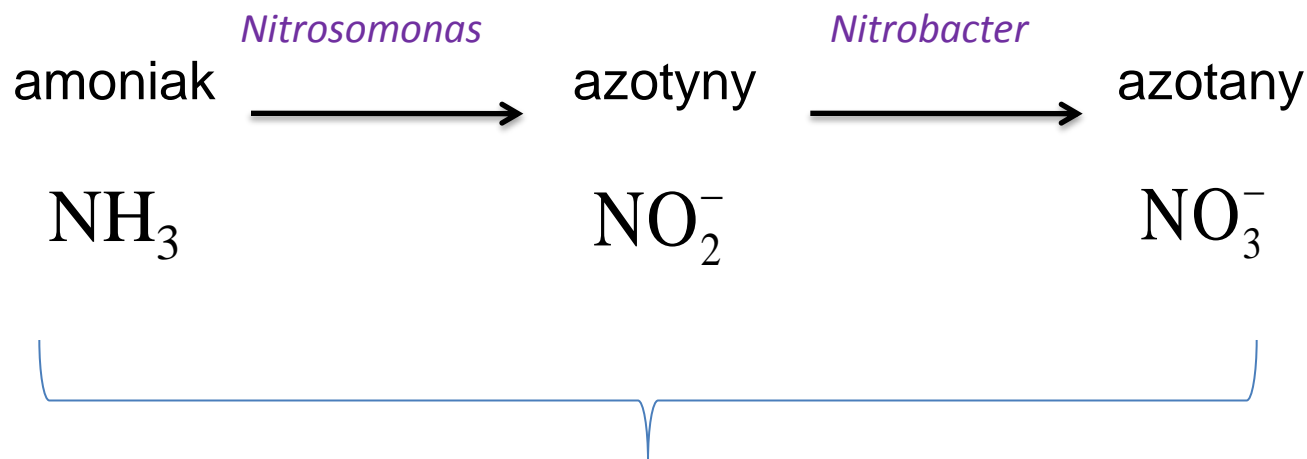
obieg azotu uwarunkowany jest przez kilka procesów:

- **wiązanie azotu atmosferycznego** przez bakterie oraz sinice i przetwarzanie go w azotany dostępne roślinom
- wytwarzanie organicznych związków azotowych przez rośliny oraz pobieranie i przetwarzanie ich przez zwierzęta
- uwalnianie amoniaku ze szczątków organicznych i ich wydaliny przez bakterie i grzyby, czyli tzw. **amonifikacja**
- przetworzenie amoniaku w azotany w wyniku procesu **nitryfikacji** przeprowadzanego przez bakterie
- rozkład przez bakterie azotanów do azotu atmosferycznego podczas **denitryfikacji**

obieg azotu w przyrodzie



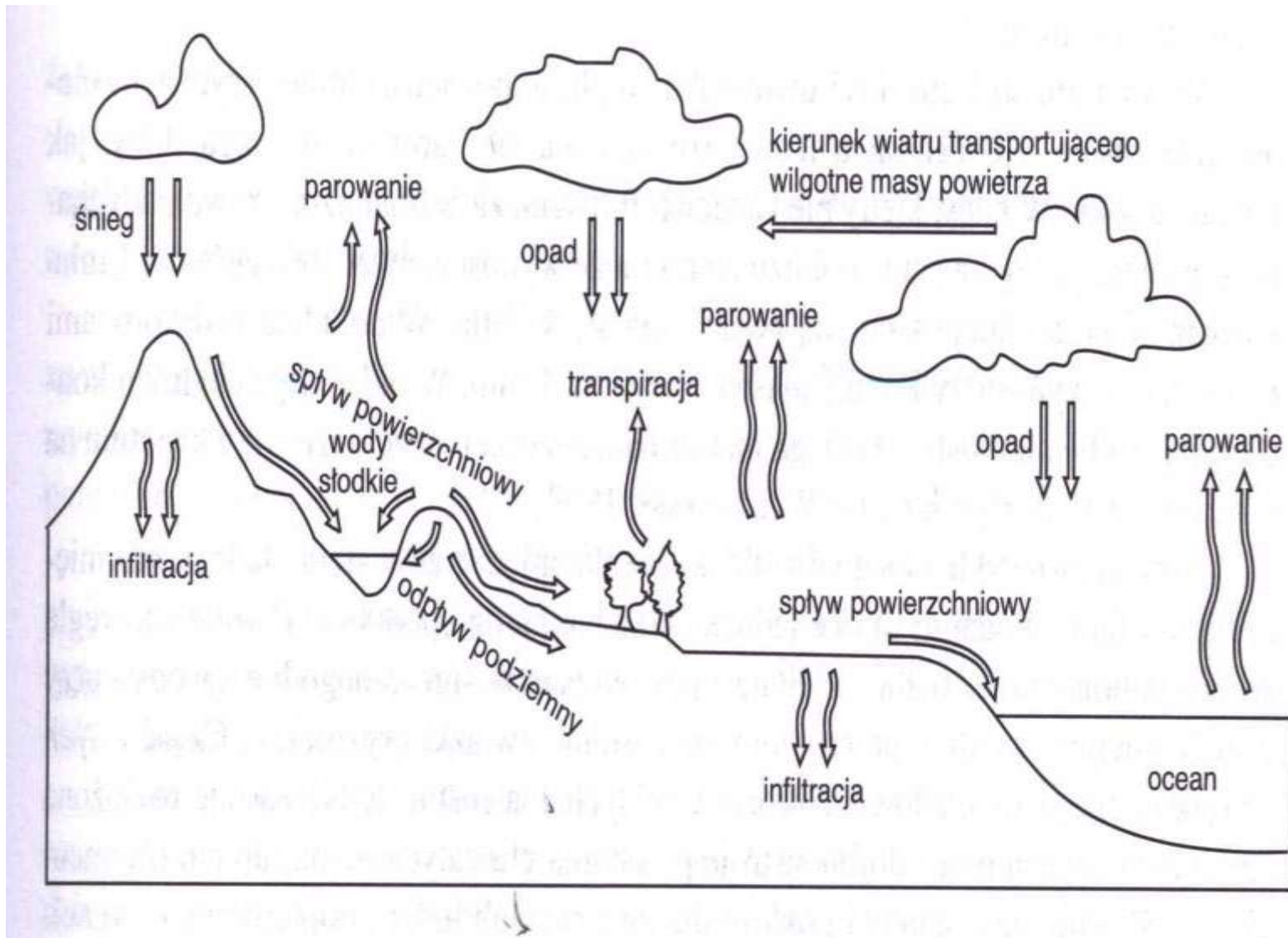
obieg azotu w przyrodzie



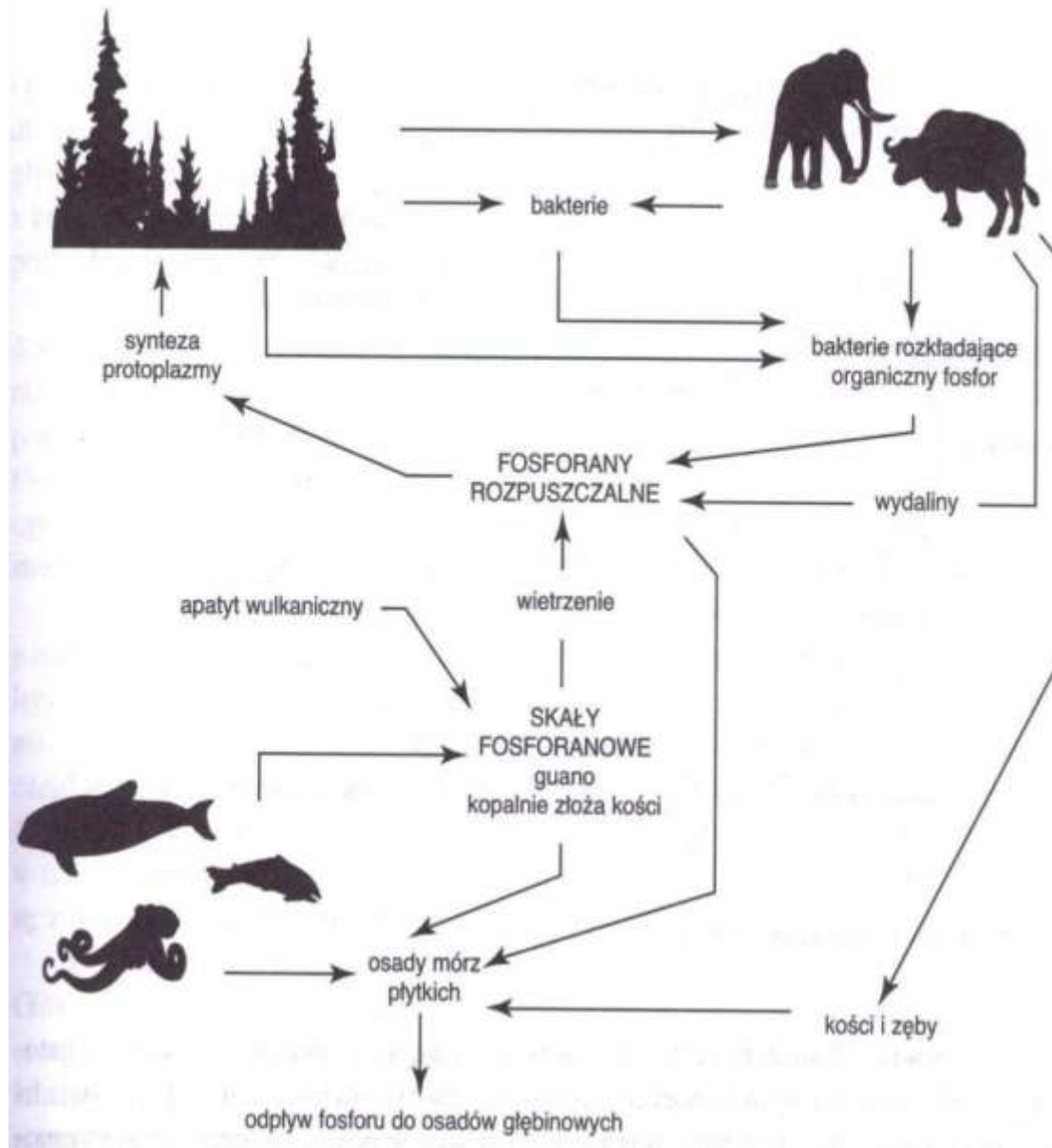
nitryfikacja

cały azot występujący w związkach chemicznych, z których są zbudowane zwierzęta pochodzi od roślin

obieg wody w przyrodzie (cykl hydrologiczny)



obieg fosforu w przyrodzie



obieg siarki w przyrodzie

