

PODSTAWY BIOLOGII:

2. ŻYCIE BIOSFERY



January Weiner
Instytut Nauk o Środowisku
Uniwersytetu Jagiellońskiego

11.X.2017

	Imię i nazwisko wykładowcy	Temat
4.10.2017	Dr hab. Henryk Głąb	Filogeneza człowieka. Pochodzenie i ewolucja naczelnych
11.10.2017	Prof. dr hab. January Weiner	Życie biosfery
18.10.2017	Prof. dr hab. Elżbieta Pyza	Organizacja komórki
25.10.2017	Dr hab. Marcin Czarnołęski	Obraz życia
8.11.2017	Prof. dr hab. Teresa Szklarzewicz	Rozwój zarodkowy zwierząt
15.11.2017	Prof. dr hab. Barbara Bilińska	Sygnalizacja komórkowa, cząsteczki sygnałowe
22.11.2017	Prof. dr hab. Józefa Styrna	Podstawowe prawa dziedziczenia
29.11.2017	Prof. dr hab. Wiesław Babik	DNA – nośnik i źródło informacji
6.12.2017	Prof. dr hab. Andrzej Joachimiak	Regulacja ekspresji genów, epigenetyka
13.12.2017	Prof. dr hab. Jacek M. Szymura	Mechanizmy ewolucji
20.12.2017	Dr hab. Grzegorz Góralski	Specjacja
3.01.2018	Prof. dr hab. Józef Mitka	Filogeneza i klasyfikacja organizmów
10.01.2018	Dr hab. Mariusz Kędziński	Powstanie i historia życia na Ziemi I
17.01.2018	Dr hab. Mariusz Kędziński	Powstanie i historia życia na Ziemi II
24.01.2018	Dr hab. Małgorzata Kruczek	Wykorzystanie zwierząt kręgowych w badaniach

Dzisiejszy wykład jest jedynym, w ramach kursu „Podstawy biologii”, który zajmuje się zjawiskiem życia na poziomie ponadorganizmalnym. Postaram się wyjaśnić, że jest to dla współczesnej biologii podejście fundamentalne.

ŻYCIE BIOSFERY

- 1. CO TO JEST BIOLOGIA?**
- 2. CO TO JEST ŻYCIE?**
- 3. CO TO JEST BIOSFERA?**
- 4. CO TO JEST EKOLOGIA?**

W tym celu trzeba będzie odpowiedzieć na pytania: co to jest biologia, co to jest życie, co to jest biosfera i co to jest ekologia. Wbrew pozorom, te potoczne pojęcia mogą być fałszywie rozumiane.

UNIwersytet Jagielloński = Uniwersytet



~~WYŻSZA SZKOŁA ZAWODOWA im.
WŁADYSŁAWA JAGIEŁŁY~~

Ale zanim przystąpimy do tematu, trzeba wyjaśnić jeszcze jedną sprawę. Mianowicie to, że Uniwersytet Jagielloński jest uniwersytetem, z nie jedną ze szkół zawodowych. A uniwersytet to taka instytucja, gdzie zbierają się ludzie w wieku od 18 do 80 lat po to, żeby się dowiadywać, poznawać fakty i rozumieć zjawiska (poznawać związki przyczynowo-skutkowe, co daje również umiejętność przewidywania). Dowiadujemy się na różne sposoby: czytając książki, chodząc na wykłady i seminaria, zaglądając (umiejętnie!) do internetu, rozmawiając ze sobą (wszyscy, studenci i profesorowie) – wtedy dowiadujemy się o czymś, co ktoś inny wiedział wcześniej. Ale na uniwersytecie również staramy się dowiedzieć tego, czego nikt inny do tej pory nie wiedział – po to prowadzimy badania naukowe (wszyscy, pracownicy naukowci, studenci i doktoranci). Umiejętność dowiadywania się to najważniejsza rzecz, jakiej trzeba się nauczyć na studiach uniwersyteckich.

Dzisiaj wykładam temat „Życie biosfery” – aby słuchacze czegoś się ode mnie dowiedzieli. Ale ja też się chcę czegoś dowiedzieć.

- **CO TO JEST EKOLOGIA?**
(PODAJ KRÓTKĄ DEFINICJĘ)
- Jeżeli już wiesz, napisz jaką ścieżkę specjalizacji wybierzesz po I roku:
 - biologia molekularna
 - biologia organizmów
 - biologia środowiskowa
 - ? (jeszcze nie wiem)
- **NIE PODPISUJ KARTKI!**

Chciałbym wiedzieć, jaką wiedzę na temat tego, o czym będzie dziś mowa, słuchacze wynieśli z dotychczasowej nauki. To ważne, aby odpowiednio przygotowywać wykłady. Postaram się zestawić wyniki tej ankiety i udostępnić je na stronie internetowej kursu, obok tego wykładu.

ŻYCIE BIOSFERY

1. CO TO JEST BIOLOGIA?
2. CO TO JEST ŻYCIE?
3. CO TO JEST BIOSFERA?
4. CO TO JEST EKOLOGIA?

A więc do rzeczy. Zaczniemy od pytania: co to jest biologia?

ŻYCIE BIOSFERY

1. CO TO JEST BIOLOGIA?

BIOLOGIA = NAUKA O ŻYCIU

CO TO JEST NAUKA?
CO TO JEST ŻYCIE?

Odpowiedź wydaje się oczywista: biologia to nauka o życiu. Ale ta oczywistość wymaga, abyśmy dobrze rozumieli pojęcia „nauka” i „życie”, a to – wbrew pozorom - już nie jest prosta sprawa.

CO TO JEST „NAUKA”?

- po polsku – zbyt szerokie pojęcie
(np. matematyka, politologia, filmoznawstwo, nauka jazdy)
- **nauka = „science”** = nauki przyrodnicze:
fizyka, chemia, biologia...
- poznanie (wyjaśnianie) zjawisk świata materialnego
- specyficzna metoda badań, komunikowania i krytyki
- bezkonkurencyjna wiarygodność, potwierdzona praktyką

Termin „nauka” w języku polskim ma bardzo szerokie i nieostre znaczenie. Do tej kategorii zaliczamy różne rodzaje działalności poznawczej, albo kreatywnej twórczości, które ze sobą mają niewiele wspólnego, na przykład nauką możemy nazwać i matematykę i politologię, a nawet uczenie się nazywamy nauką („nauka jazdy”). Aby wyodrębnić tę działalność poznawczą, do której należy biologia, trzeba dodać „nauki przyrodnicze” – co w polskiej tradycji językowej też może być mylące, bo w potocznym rozumieniu „przyroda” – to przyroda ożywiona, ale do tej kategorii należą również inne dziedziny: fizyka, chemia, geologia, itd., Po angielsku wystarczy jedno słowo – *science*. Domenę tych nauk trzeba umieć rozpoznać, ponieważ ta działalność poznawcza, dzięki rygorom metody, komunikowania i krytyki, odznacza się bezkonkurencyjnie wysoką wiarygodnością.

CO TO JEST „NAUKA”?*

- po polsku – zbyt szerokie pojęcie (np. matematyka, politologia, filmoznawstwo, nauka jazdy)
- **nauka** = „**science**” = nauki przyrodnicze: fizyka, chemia, biologia...
- poznanie (wyjaśnianie) zjawisk świata materialnego
- specyficzna metoda badań, komunikowania i krytyki
- bezkonkurencyjna wiarygodność, potwierdzona praktyką

*zob. *science*, *scientific method* → wiki engl.

Nie znam żadnego tekstu w jęz. polskim, który stanowiłby dobre wprowadzenie to metodologii nauki (*science*), ale zainteresowanym mogę zarekomendować hasła „*science*” i „*scientific method*” w anglojęzycznej wersji Wikipedii.

CO TO JEST „ŻYCIE”?



A co to jest „Życie”? Czy mamy jakąś klarowną i jednoznaczną definicję?

DEFINIOWANIE ŻYCIA PRZEZ ENUMERACJĘ ATRYBUTÓW ŻYWEGO OBIEKTU

- Jedność strukturalna wszystkich organizmów
 - C, H, O, N, S, P
 - białka, tłuszczone, węglowodany
 - budowa komórkowa
 - kod genetyczny
- Zdolność do przetwarzania materii i energii (**METABOLIZM**)
- Zdolność do replikacji (**ROZMNAŻANIE**)
- Działanie doboru naturalnego (**EWOLUCJA**)

Tu też jest kłopot, nie tylko po polsku. Zjawisko życia, żywe obiekty, trudno jednym zdaniem jednoznacznie zdefiniować. Na ogół radzimy sobie tworząc „definicję” przez wymienienie (enumerację) charakterystycznych atrybutów wszystkich znanych układów żywych: ich jednolitą strukturę, zdolność do przetwarzania energii i materii, do replikacji i ewolucji drogą doboru naturalnego. Te dwie ostatnie cechy zawierają bardzo ważny atrybut zjawiska życia: nie dotyczy ono pojedynczych obiektów, ale ich zbiorów. Rozmnażanie – to powielanie osobników. Dobór naturalny to wynik interakcji pomiędzy licznymi osobnikami. Nie potrafimy sobie w ogóle wyobrazić pojedynczego obiektu, który mógłby zachować wszystkie atrybuty żywego układu.

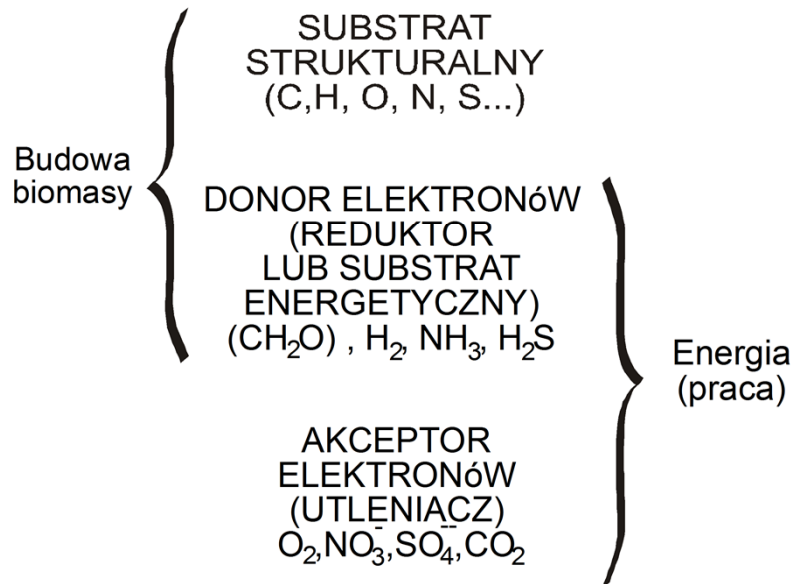
Skład chemiczny organizmów

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

**ZWIĄZKI ZREDUKOWANE:
POTRZEBNA ENERGIA I DONOR ELEKTRONÓW**

Jednorodność składu chemicznego żywych układów ma jeszcze jedną ważną cechę: związki chemiczne budujące organizmy zawierają pierwiastki (C, N, S), które mogą występować w związkach na różnym stopniu utlenienia. A w żywych organizmach są zawsze w stanie zredukowanym, w molekułach białka, tłuszczowców, węglowodanów czy nukleotydów (i we wszystkich innych związkach organicznych).

SUBSTRATY ŻYCIA



Zatem – zbudowanie żywego organizmu wymaga odpowiednich substratów, z reduktorem (donorem elektronów) i dostarczenia energii. Wykonywanie jakichkolwiek funkcji przez żyjący organizm wymaga nakładu energii (jak to wynika z praw termodynamiki), a wszystkie żywe organizmy dysponują tylko jednym sposobem uwalniania energii: w procesach utleniania zredukowanych substratów (reakcje redoks). Nasza cywilizacja w przeważającym zakresie korzysta z przemian cieplnych (od maszyny parowej po elektrownię jądrową), ale żywe układy tego nie potrafią. Muszą mieć do dyspozycji substraty, zapewniające odpowiednio wysoki potencjał redoks: donory i akceptory elektronów.

PRZYKŁAD REAKCJI REDOKS



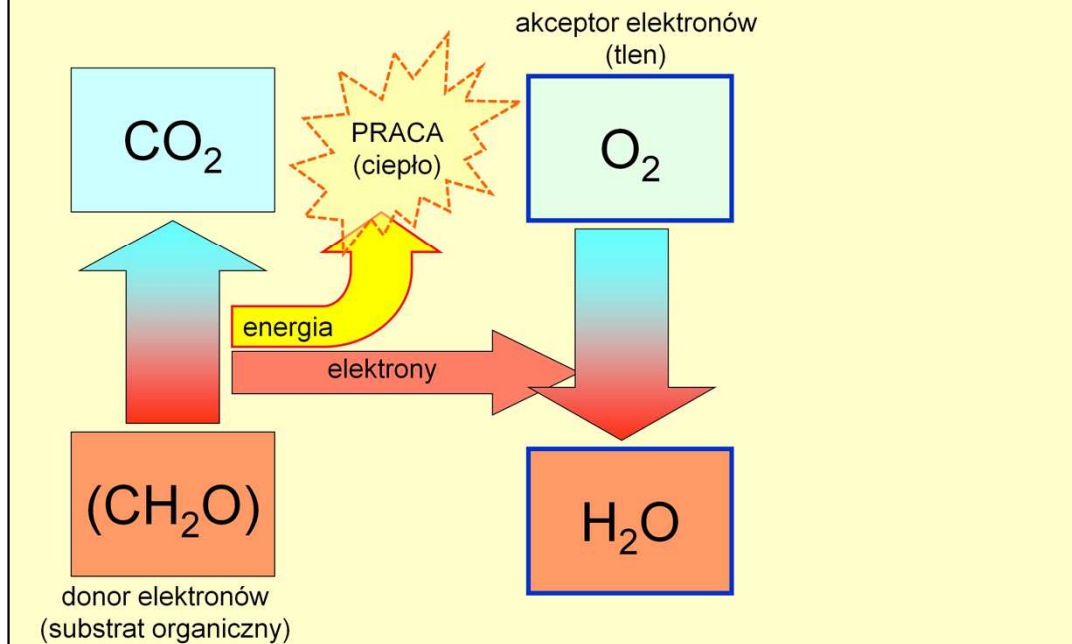
H = **donor elektronów**, reduktor

O = **akceptor elektronów**, utleniacz

Oto przykład najprostszej reakcji redoks, gdzie pokazano substraty będące donorem i akceptorem elektronów.

Metabolizm: ODDYCHANIE

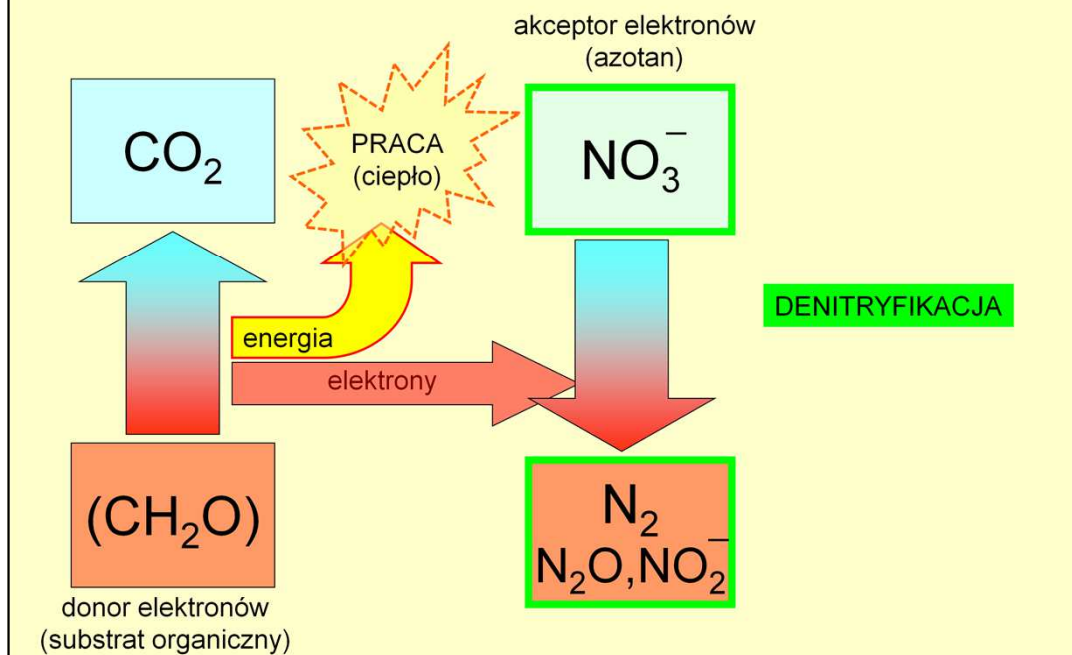
ODDYCHANIE TLENOWE



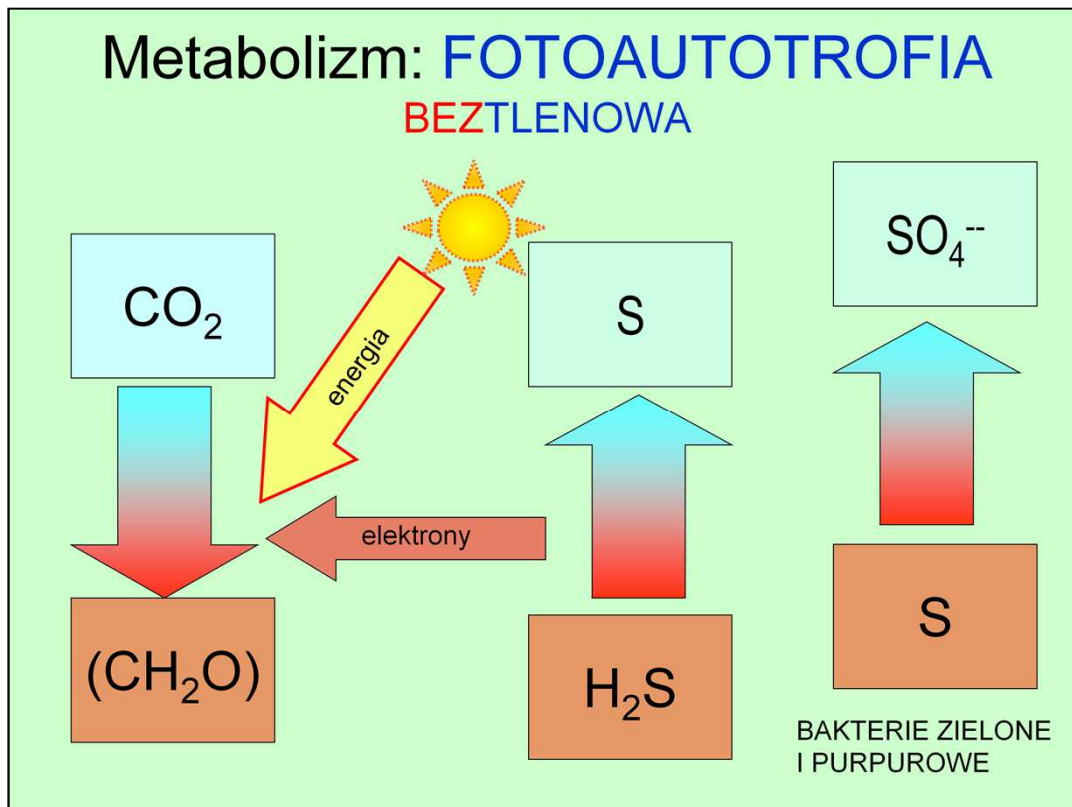
W układach żywych procesy są znacznie bardziej skomplikowane, ale zasada jest taka sama: aby uwolnić energię potrzebną do wykonania jakiejś pracy, organizm wykorzystuje substrat – donor elektronów (jakiś związek organiczny – np. tłuszcz, cukier czy białko) i utlenia go, wykorzystując jako akceptor elektronów np. molekułę tlenu (produktem jest CO_2).

Metabolizm: ODDYCHANIE

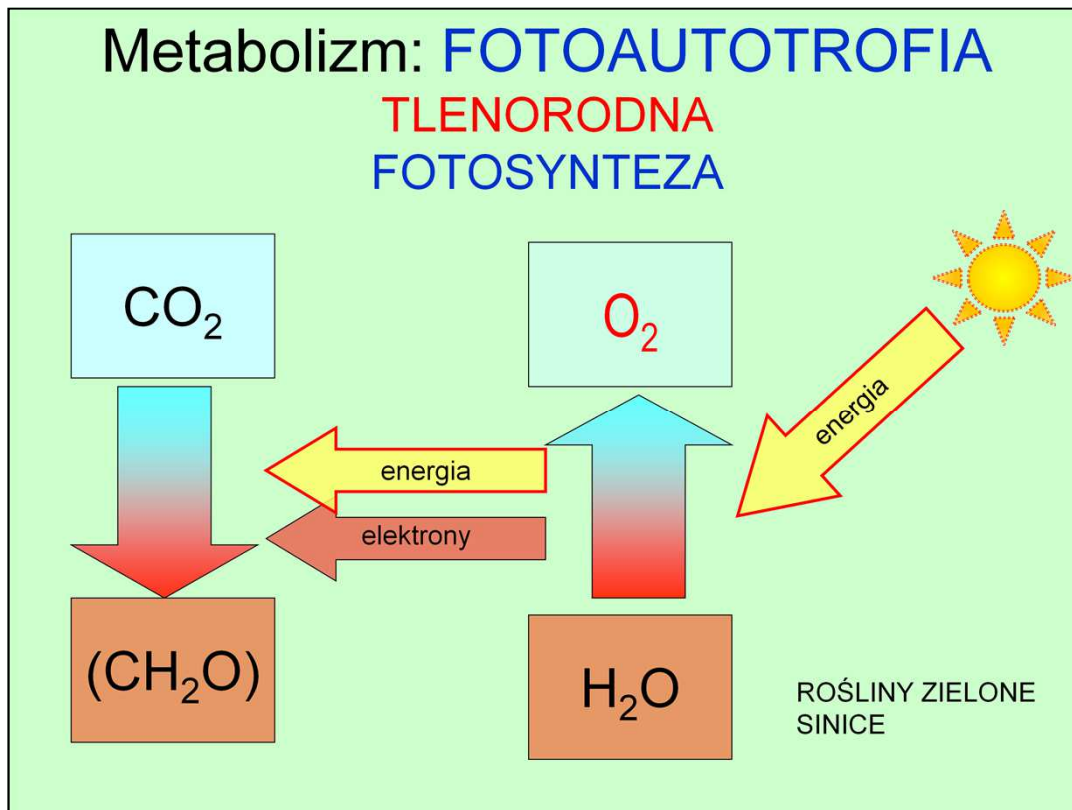
ODDYCHANIE BEZTLENOWE



Metabolizm tlenowy jest bardzo rozpowszechniony, ale są też inne możliwości – na przykład wykorzystanie azotanu jako akceptora elektronów (oddychanie beztlenowe, jak u wielu bakterii).



Produkcowanie nowej biomasy wymaga substratu zawierającego węgiel (np. węgiel utleniony w molekułe CO_2) do którego redukcji potrzebna jest energia (na przykład kwanty światła słonecznego) i donor elektronów – którym może być np. siarkowodór (są bakterie, które prowadzą w ten sposób fotosyntezę beztlenową, jest wiele różnych szlaków metabolicznych działających na podobnej zasadzie, również z wykorzystaniem energii chemicznej – też pochodzącej z reakcji redoks – tzw. chemosynteza; nie ma tu czasu na rozwijanie tego wątku).



Najbardziej rozpowszechnionym, utrwalonym przez dobór naturalny procesem o wysokiej wydajności energetycznej, jest fotosynteza tlenorodna, przy której redukcja węgla z cząsteczki dwutlenku odbywa się dzięki wcześniejszemu rozbiciu cząsteczki wody z wykorzystaniem energii światła, co dostarcza zarówno energii jak elektronów potrzebnych do zbudowania związku organicznego. Szczegóły tej i innych odmian fotosyntezy na pewno będą wykładane na innych kursach. Dla nas najważniejszy jest wniosek, że przy ograniczonym zasobie substratów podtrzymanie życia w biosferze Ziemi wymaga pracy organizmów zdolnych do podtrzymania procesów redoks.

ŻADEN ORGANIZM NIE ŻYJE POJEDYNCZO



WSZYSTKIE ORGANIZMY ŻYJĄ W
WIELOGATUNKOWYCH INTERAKCJACH



- Życie jest procesem masowym, obejmuje wiele obiektów w interakcjach
- Żaden pojedynczy organizm nie może żyć w środowisku abiotycznym
- Wszystkie cechy organizmów są skutkiem interakcji między organizmami
- Wszystkie organizmy i ich interakcje na powierzchni Ziemi stanowią globalny ekosystem - **biosferę**
- Biologia jest nauką o życiu całej biosfery (nie tylko pojedynczych organizmów i ich części)
- Ekologia jest działem biologii zajmującym się interakcjami między organizmami

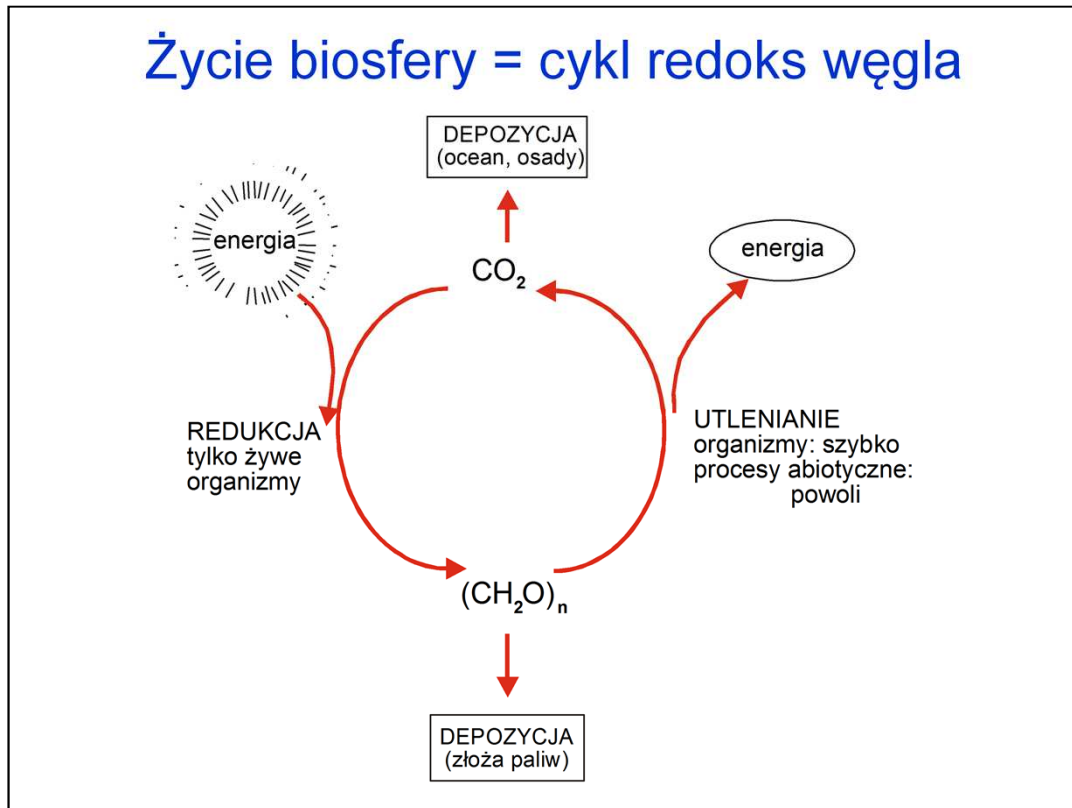
Zatem, życie polega na interakcjach wielu organizmów. W sumie – stanowią globalny ekosystem, biosferę.

ŻYCIE JAKO WŁAŚCIWOŚĆ PLANETY

Życie to endoenergetyczny proces,
polegający na cyklicznym utlenianiu i
redukowaniu związków węgla,
realizowany przez autokatalitycznie
powielające się makrocząsteczki
(organizmy),
podlegające doborowi naturalnemu

Możemy się pokusić o zdefiniowanie życia, dla potrzeb tego wykładu, jako
właściwości całej biosfery.

Życie biosfery = cykl redoks węgla



Ten schemat jest najbardziej zwięzłym przedstawieniem tego, czym jest życie biosfery: proces cyklicznego redukowania i utleniania związków węgla, realizowany przez żywe organizmy. Nie znamy na Ziemi żadnego abiotycznego procesu, który prowadziłby do masowego wytwarzania związków organicznych przez redukcję utlenionych związków węgla. Utlenianie – może następować spontanicznie, bez udziału organizmów żywych (np. przez spalanie płomieniem – jak w pożarze lasu), ale w praktyce, na tej planecie, zdecydowana większość zredukowanych związków węgla, wytworzonych przez organizmy, jest utleniana również przez organizmy.

- Życie jest procesem masowym, obejmuje wiele obiektów w interakcjach
- Żaden pojedynczy organizm nie może żyć w środowisku abiotycznym
- Wszystkie cechy organizmów są skutkiem interakcji między organizmami
- Wszystkie organizmy i ich interakcje na powierzchni Ziemi stanowią globalny ekosystem - biosferę
- **Biologia** jest nauką o życiu całej biosfery (nie tylko pojedynczych organizmów i ich części)
- **Ekologia** jest działem biologii zajmującym się interakcjami między organizmami

A zatem – biologia, nauka o życiu, musi również zajmować się tym procesem w skali całej biosfery; tę część biologii, która się tym zajmuje, nazywamy ekologią.

NIE NALEŻY MYLIĆ EKOLOGII Z INNYMI RZECZAMI!!!

- Ekologia = nauka (*science*), część biologii
 - ≠ aktywizm
 - ≠ działalność w organizacji pozarządowej
 - ≠ ochrona środowiska
 - ≠ ochrona przyrody
 - ≠ jeżdżenie na rowerze
 - ≠ wegetarianizm itd.

Język potoczny ma swoje prawa, i prostowanie nieporozumień semantycznych to walka z wiatrakami. Możemy się jednak umówić, że kiedy – jako biolodzy – używamy terminu „ekologia”, to chodzi nam o naukę przyrodniczą, a nie o inne obszary działalności ludzkiej (których tu nie oceniamy – owszem, możemy w nich również uczestniczyć, to kwestia wyborów etycznych, estetycznych itp., ale musimy je odróżniać od nauki).

NIE NALEŻY MYLIĆ EKOLOGII Z INNYMI RZECZAMI!!!

- Ekologia = nauka (*science*), część biologii

~~≠ aktywizm~~

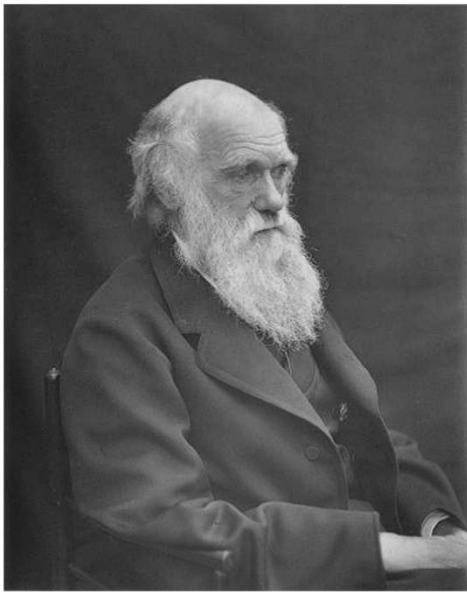
~~≠ działalność w organizacji pozarządowej~~

~~≠ ochrona środowiska~~

~~≠ ochrona przyrody~~

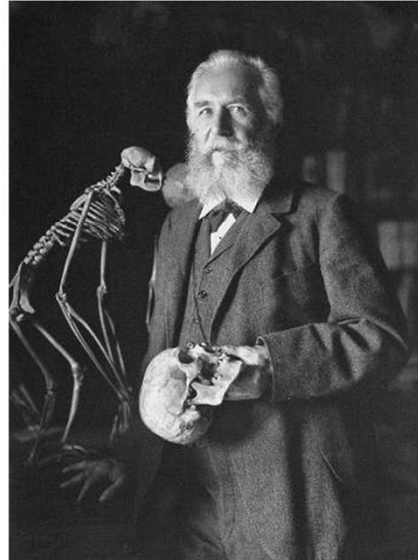
~~≠ jeżdżenie na rowerze~~

~~≠ wegetarianizm itd.~~



Charles Darwin (1809 –1882)

**Ekologię stworzył Darwin
Nazwę wymyślił Haeckel**



Ernst Haeckel (1834 –1919)

Ekologię, jako naukowy program badawczy biologii właściwie stworzył Karol Darwin. Drogą do sformułowania teorii doboru naturalnego było przecież badanie interakcji między organizmami i między nimi a ich środowiskiem. Darwin prowadził obserwacje, eksperymenty i pisał książki, które dziś bez namysłu zaliczylibyśmy do domeny naukowej ekologii. Ale sam nie używał tego słowa. Termin „ekologia” – pod wpływem dzieł Darwina – wymyślił jego wielki zwolennik, Ernst Haeckel. Darwin trochę z niego pokpiwał, że wymyśla niepotrzebne terminy o greckich korzeniach (sam nie używał ani słowa „ewolucja”, ani „biologia”, ważniejsza dla niego była treść, niż nazewnictwo dyscyplin). W owych czasach biolog („naturalista”) mógł ogarnąć wszystkie aspekty tej dziedziny. Dziś jednak, przy ogromnym rozwoju biologii, nie możemy się obejść się bez wyodrębnienia i nazywania subdyscyplin.

POJĘCIE BIOSFERY



SUESS (1875):

STATYCZNE, TOPOLOGICZNE
(WARSTWA NA POWIERZCHNI GLOBU)



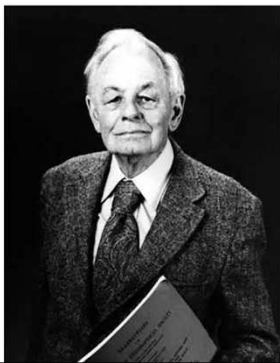
VERNADSKIJ (1926):

DYNAMICZNE, FUNKCJONALNE
(EKOSYSTEM)

Termin „biosfera” wymyślił szwajcarski geolog Suess, chcąc jakoś nazwać tę warstwę pomiędzy atmosferą a hydrosferą i litosferą (częściowo te sfery przenikającą), w której dzieje się życie na Ziemi. Pół wieku później, rosyjski badacz Vernadskij nadał temu terminowi inny sens: chodziło mu o globalny, zintegrowany system zależności między organizmami i ich materialnym podłożem (dziś powiedzielibyśmy „ekosystem”, ale wtedy nie było jeszcze tego słowa). Pomysł Vernadskiego uległ zapomnieniu.

The Biosphere

Introducing an issue on how the earth's thin film of living matter is sustained by grand-scale cycles of energy and chemical elements. All of these cycles are presently affected by the activities of man



by G. Evelyn Hutchinson

Dopiero w latach 60. – 70. dwudziestego wieku amerykański ekolog Hutchinson wprowadził termin biosfera ponownie do nauki (przyznając lojalnie pierwszeństwo Vernadskiemu) i od tej pory jest to niezbędne pojęcie przy omawianiu zjawiska życia na Ziemi.

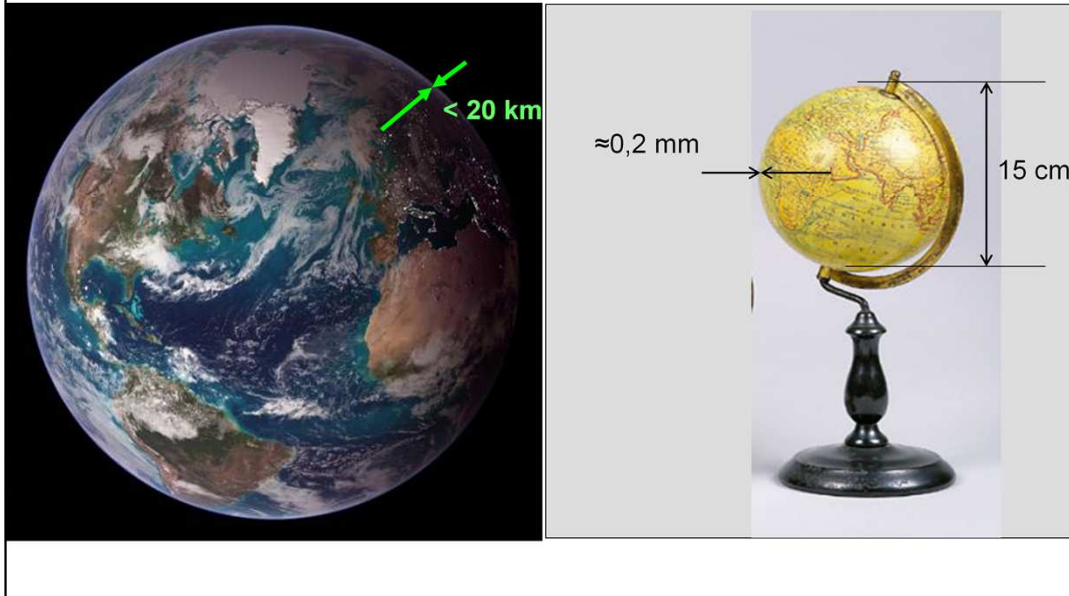
ŻYCIE BIOSFERY

1. EKOSYSTEM BIOSFERY

2. RÓŻNORODNOŚĆ BIOSFERY

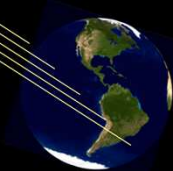
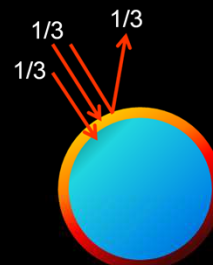
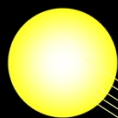
A zatem zobaczmy, na czym polega funkcjonowanie żywej biosfery.

Miażdżość biosfery



Po pierwsze, musimy sobie uświadomić, jakie są fizyczne rozmiary tego ekosystemu. Życie znajdujemy w dolnych warstwach atmosfery (powiedzmy – w troposferze, a więc do wysokości ok. 10 km n.p.m.), na powierzchni litosfery (i w jej głębi – ale nie więcej niż około 1 km), oraz w oceanach, które w najgłębszych miejscach sięgają ok. 10 km poniżej poziomu morza. Zatem całkowita grubość warstwy, w której trwa życie na Ziemi, to maksymalnie ok. 20 km (w praktyce – znacznie mniej!). Gdyby przedstawić to na szkolnym globusie, cała biosfera miałaby grubość ułamka milimetra – cienka błonka pokrywająca glob ziemski.

ENERGIA SŁONECZNA



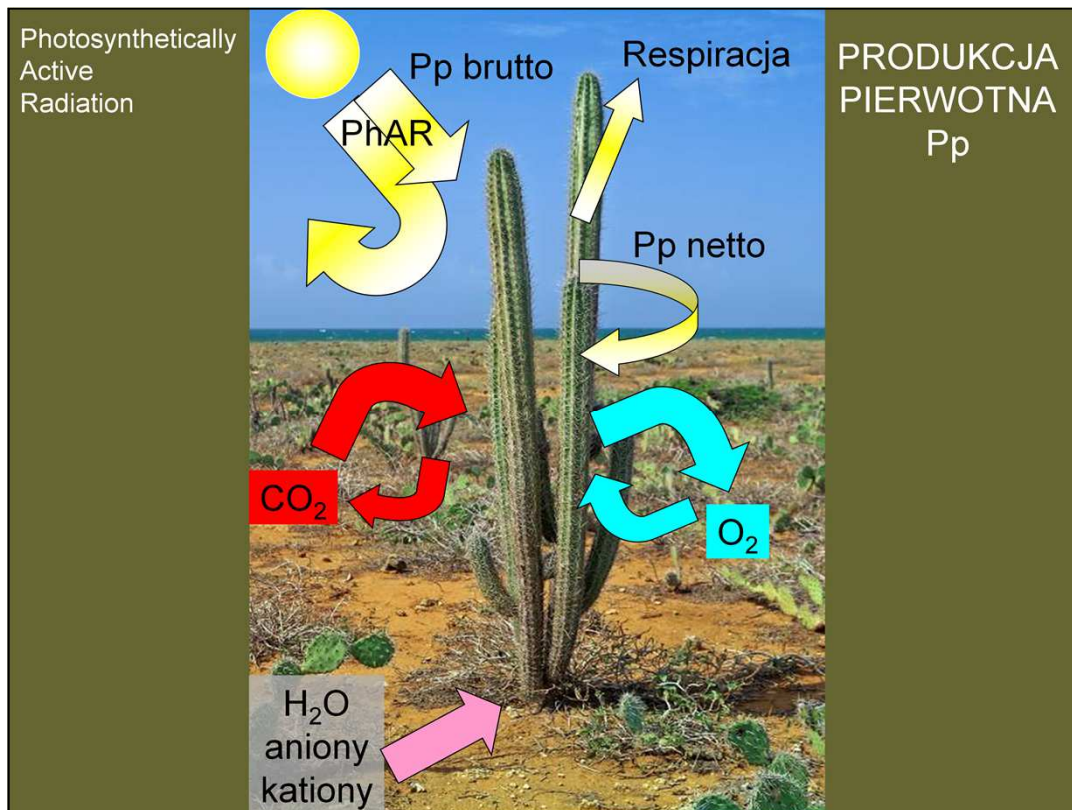
- Stała słoneczna (poza Ziemią): **1366 W/m²**
- Średnio na powierzchnię kuli: 1/4
- Odbicie od atmosfery: ok. 1/3
- Pochłanianie atmosferyczne: ok. 1/3
- Średnio na powierzchni Ziemi **ok. 113 W/m²**
- Rozkład nierównomierny

Życie wymaga zasilania energetycznego. Na naszej planecie są dwa źródła energii: ciepło z głębi Ziemi, nie mające bezpośredniego znaczenia dla zasilania procesów życiowych (ale ważne dla kształtowania warunków życia – tym się tu nie będziemy zajmowali) i energia z reaktora termojądrowego, jakim jest Słońce, przesyłana na Ziemię w postaci promieniowania. Natężenie tego promieniowania – ponad atmosferą Ziemi wynosi ok. 1400 W na metr kwadratowy oświetlanej prostopadle powierzchni – odpowiada to mocy małego żelazka. Powierzchnia kuli jest 4 x mniejsza od powierzchni jej przekroju, 2/3 energii promieniowania zostaje odbite od atmosfery lub przez nią pochłonięte, więc do powierzchni Ziemi dochodzi średnio ok. 100 W/m², ale nie jest to rozkład równomierny na powierzchni globu.

Mamy zatem źródło energii o znanej mocy, zasilające fotosyntezę. Jaką część tej energii biosfera wykorzystuje?



Proces wiązania węgla i energii w fotosyntezie, w skali ekosystemów, nazywamy produkcją pierwotną.

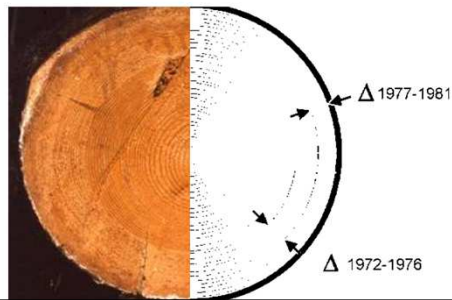


Produkcja pierwotna zasilana jest promieniowaniem słonecznym, a właściwie tą jego częścią, która może być zaabsorbowana przez cząsteczki chlorofilu – a te selektywnie wybierają tylko część widma (tzw. promieniowanie fotosyntetycznie czynne = photosynthetically active radiation, w skrócie PAR lub PHAR), Energia ta służy do rozbicia cząsteczki wody: tlen zostaje wydalony, a wodór wykorzystany jako silny donor elektronów redukuje cząsteczkę CO_2 , produkując odpowiednią ilość biomasy (pierwszym etapem jest glukoza), Jest to tzw. Produkcja Pierwotna Brutto, Równocześnie jednak w każdej roślinie przebiegają procesy odwrotne – spalanie związków energetycznych w celu podtrzymania wszystkich funkcji życiowych, co z kolei wymaga pobrania odpowiedniej ilości tlenu i utlenienia odpowiedniej ilości węgla organicznego. To, co pozostaje – to Produkcja Pierwotna Netto. Producenci pierwotni - prócz energii i CO_2 - potrzebują wody, która jest nie tylko substratem, ale głównym wehikułem, pozwalającym na transport substancji od korzeni ku liściom, a także stosunkowo niewielkich, ale bardzo istotnych ilości rozmaitych soli (K, N, P, Mg, ..., Ca), które pobierają głównie z gleby.



METODY ŻNIWNE

METODY DENDROMETRYCZNE

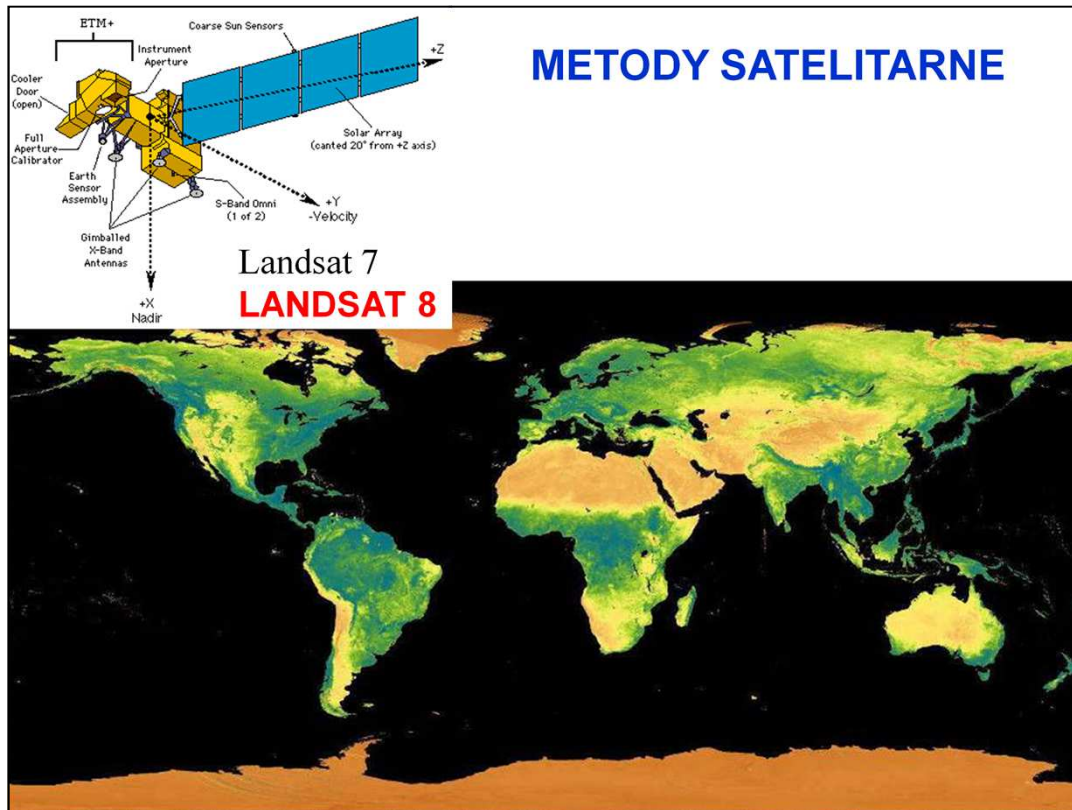


Zajęcia terenowe kursu „Ekologia ekosystemów”

Jest wiele różnych sposobów pomiaru tempa produkcji pierwotnej, na kursach ekologii ogólnej, ekologii ekosystemów są one praktycznie realizowane.



Można również mierzyć bezpośrednio tempo fotosyntezy roślin w terenie.



Pomiar intensywności zasilania całej biosfery przez produkcje pierwotną możliwy jest dzięki satelitom, których spektrometry precyzyjnie określają ilość chlorofilu, a ta koreluje z tempem produkcji pierwotnej. Dzięki temu mamy dokładne mapy produktywności ekosystemów lądowych i morskich i właściwie ciągły pomiar natężenia strumienia energii, który zasila życie na Ziemi.



Nizinny las deszczowy (dipterokarpowy), Sabah, Borneo

Największą produktywność wykazują tropikalne lasy deszczowe.



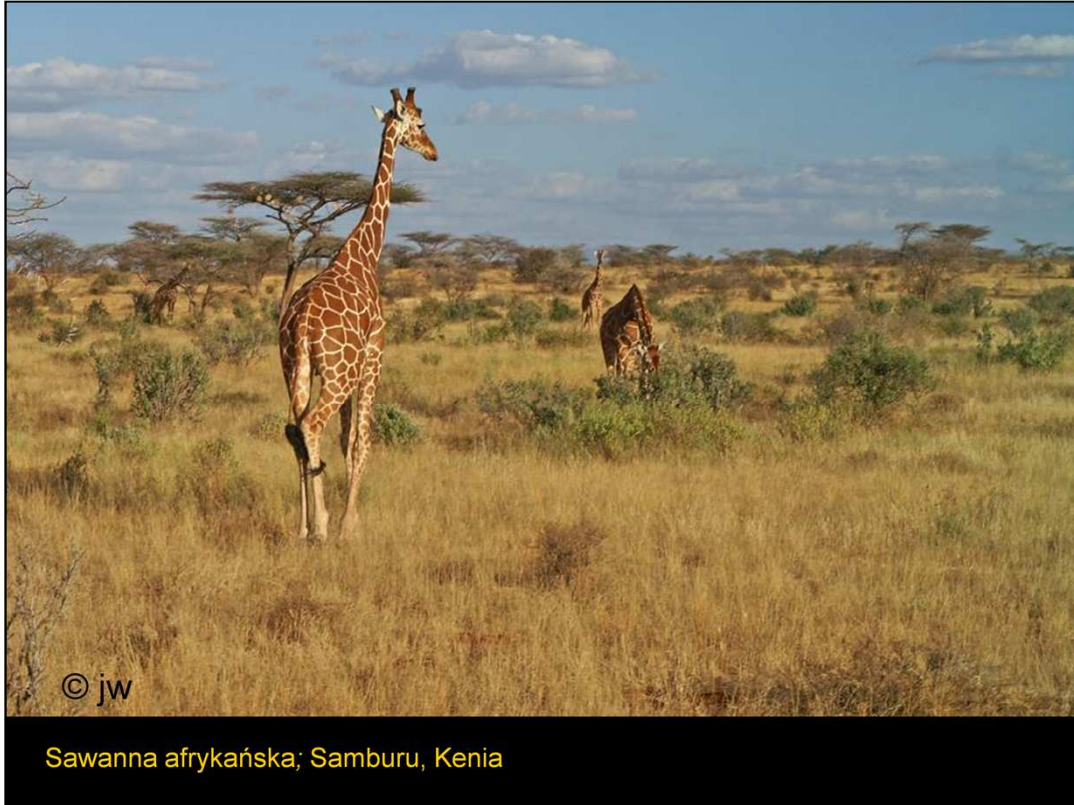
Las strefy umiarkowanej – Puszcza Niepołomska

Po nich – mieszane i liściaste lasy strefy umiarkowanej.

Tajga mongolska w górach Chentej



Duży udział w produkcji pierwotnej Ziemi mają borealne lasy szpilkowe (tajga).

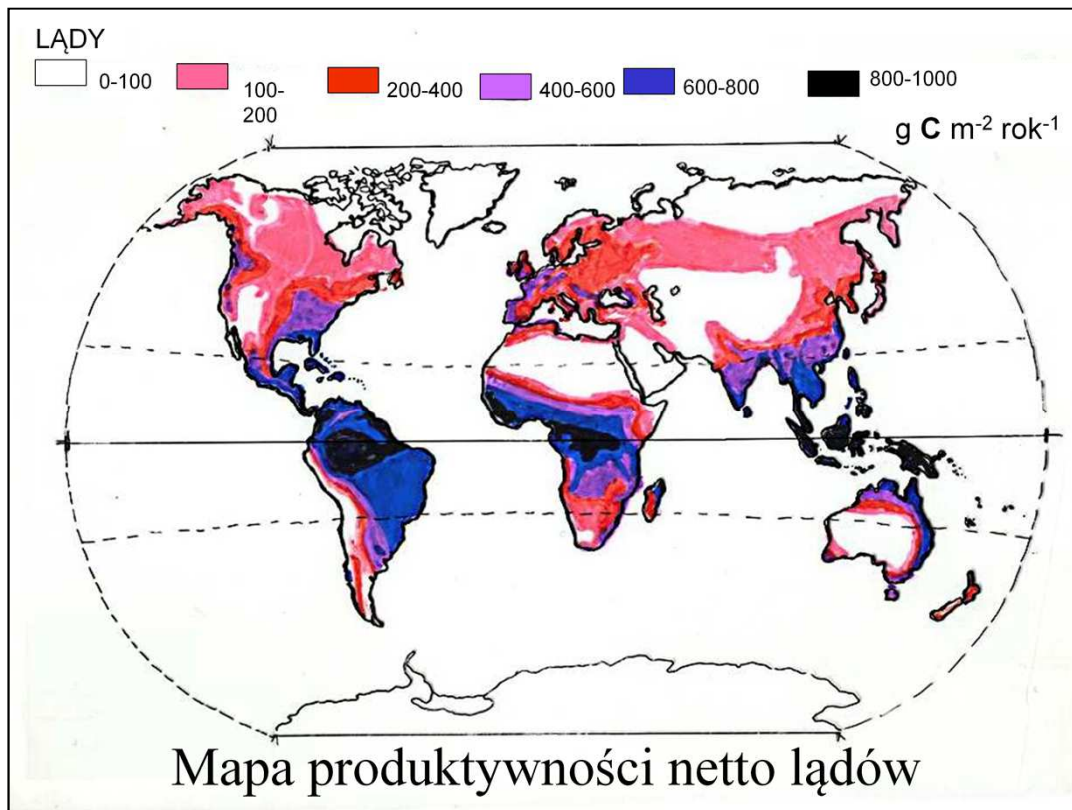


Znaczną część powierzchni lądów pokrywają murawy – na przykład sawanna afrykańska, w których intensywność produkcji jest mniejsza niż w lasach, ale sumaryczna produkcja sawann, stepów i pampasów jest wysoka.

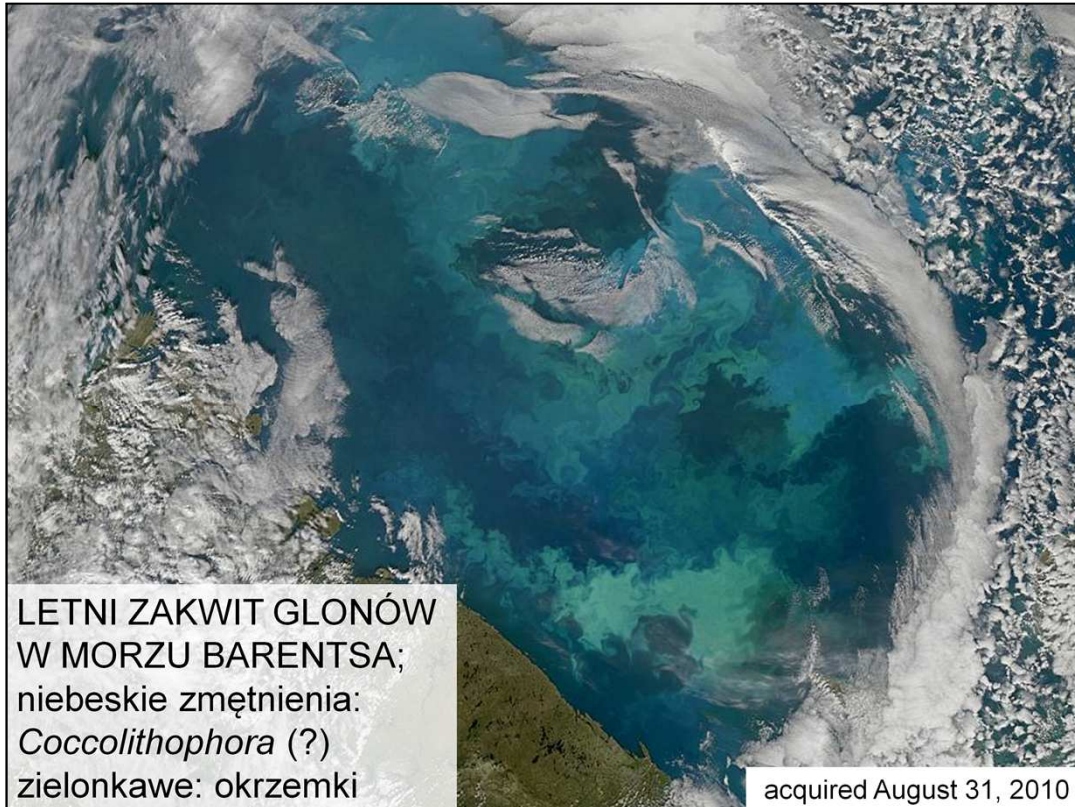


Pustynia kaktusowa; Paraguana, Venezuela

Nawet pustynie i półpustynie mają udział w produkcji pierwotnej biosfery.



Produktywność łądowych ekosystemów można nanieść na mapę: widać strefowość – największe wartości (rzędu 800-1000 g węgla na metr kwadratowy, na rok) są w równikowych lasach deszczowych.



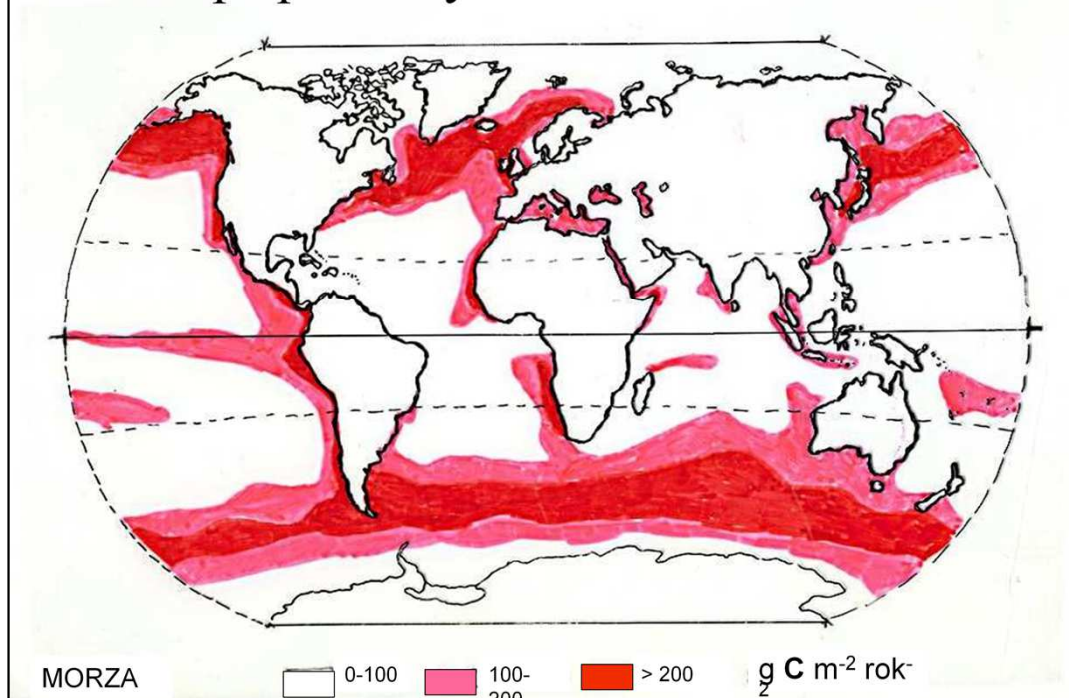
W oceanach najważniejszymi producentami są planktonowe, mikroskopijne glony i sinice. Widać je na zdjęciach satelitarnych.

Potężny zakwit Morza Barentsa zawsze osiąga szczyt w sierpniu. Różne kolory pochodzą od różnych grup glonów: jasnoniebieskie (mlecznoturkusowe) – kokolity (*Coccolithophora*) z wapiennymi szkielecikami, zwykle dominują w sierpniu. Zielonkawe cienie prawdopodobnie pochodzą z zakwitu okrzemek, które zwykle dominują wcześniej, potem ustępują kokolitom, które lepiej sobie radzą w wodach w międzyczasie nieco ogrzanych i zubożonych przez okrzemki.



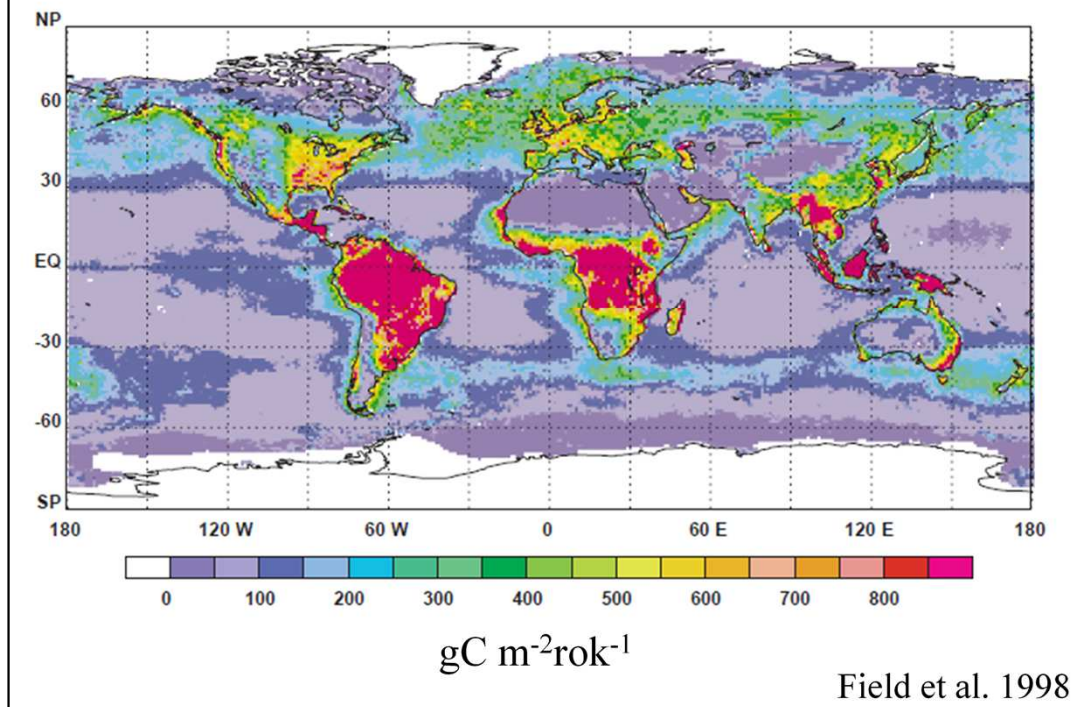
Tylko lokalnie, wysoką produktywność wykazują płytkowodne ekosystemy oparte na dnie morza, jak rafy koralowe.

Mapa produktywności netto oceanów



Zebrane dane pozwalają również nanieść tempo produkcji pierwotnej na mapę oceanów – też widać strefowość, ale zupełnie inną, niż ta na lądach, a maksymalne wartości produkcji pierwotnej w oceanach są o wiele niższe niż na lądzie.

PRODUKCJA PIERWOTNA NETTO BIOSFERY



Dokładna mapa oparta na danych satelitarnych wyraźnie to pokazuje: produktywność lądów, zwłaszcza w tropiku, jest wyższa niż oceanu. Ale powierzchnia oceanu jest dwa razy większa od powierzchni lądu.

BILANS ENERGETYCZNY BIOSFERY

CAŁKOWITA PRODUKCJA NETTO OCEANÓW:

$48,5 \times 10^9$ ton C / rok =
 $101,0 \times 10^9$ ton s.m. / rok =
 $1,82 \times 10^{21}$ J / rok = **$57,6 \times 10^6$ MW**

CAŁKOWITA PRODUKCJA NETTO LĄDÓW:

$56,4 \times 10^9$ ton C / rok =
 $101,0 \times 10^9$ ton s.m. / rok =
 $2,12 \times 10^{21}$ J / rok = **$67,1 \times 10^6$ MW**

RAZEM BIOSFERA:

$104,9 \times 10^9$ ton C/rok = $218,5 \times 10^9$ ton s.m. / rok =
= $3,94 \times 10^{21}$ J/rok = **$124,7 \times 10^6$ MW**

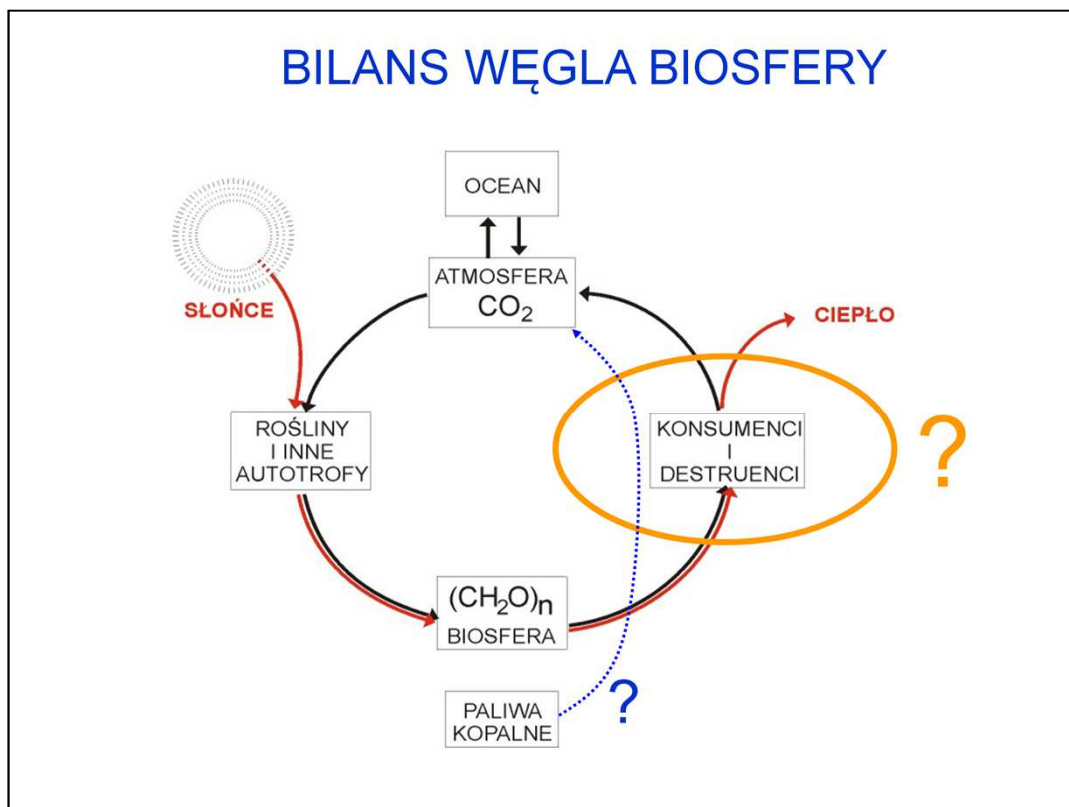
ENERGIA ZE SŁOŃCA (PhAR): $80,0 \times 10^9$ MW

Field et al. 1998

NPP = 0,15... % PhAR

Sumaryczne wartości rocznej produkcji pierwotnej (netto, po odjęciu tego, co rośliny same zużyły) pokazują, że lądy produkują nieco więcej niż oceany, jedne i drugie razem wiążą ok. 105 miliardów ton węgla w ciągu roku. Ta ilość zredukowanego węgla, to również pula związanej energii; znając ilość energii, jaką można uzyskać z 1 g biomasy można to przeliczyć, podając natężenie strumienia energii (czyli moc), zasilającego życie na Ziemi: wychodzi około 125 milionów megawatów. Z bezpośrednich pomiarów wiemy też, jakie jest natężenie docierającego do Ziemi promieniowania słonecznego fotosyntetycznie czynnego – to ok. 80 miliardów megawatów, o 3 rzędy wielkości więcej, niż pobiera cała biosfera. A zatem, życie na Ziemi wykorzystuje ułamek procentu energii, dostarczanej (za darmo!) przez Słońce.

BILANS WĘGLA BIOSFERY

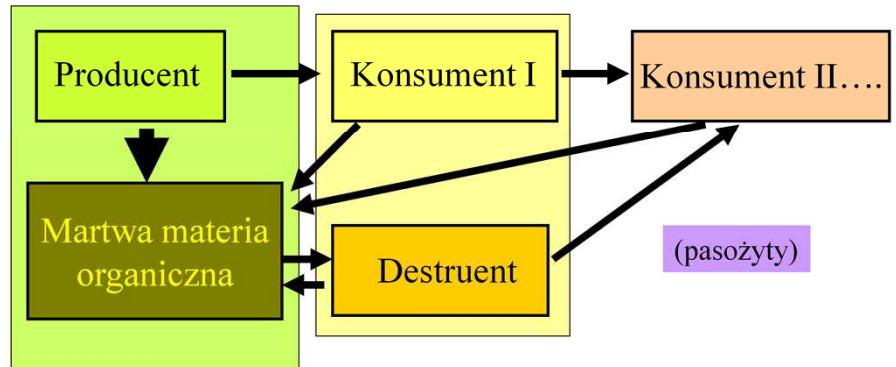


Spójrzmy na drugą stronę bilansu węgla biosfery: utlenianie. Obok żyjących konsumentów biomasy jeszcze żywej i już obumarłej, jest jeszcze nasza cywilizacja, która wykorzystuje nagromadzone przed milionami lat zapasy zredukowanego węgla.



Musimy więc oszacować udział heterotrofów, organizmów rozkładających (utleniających) materię organiczną.

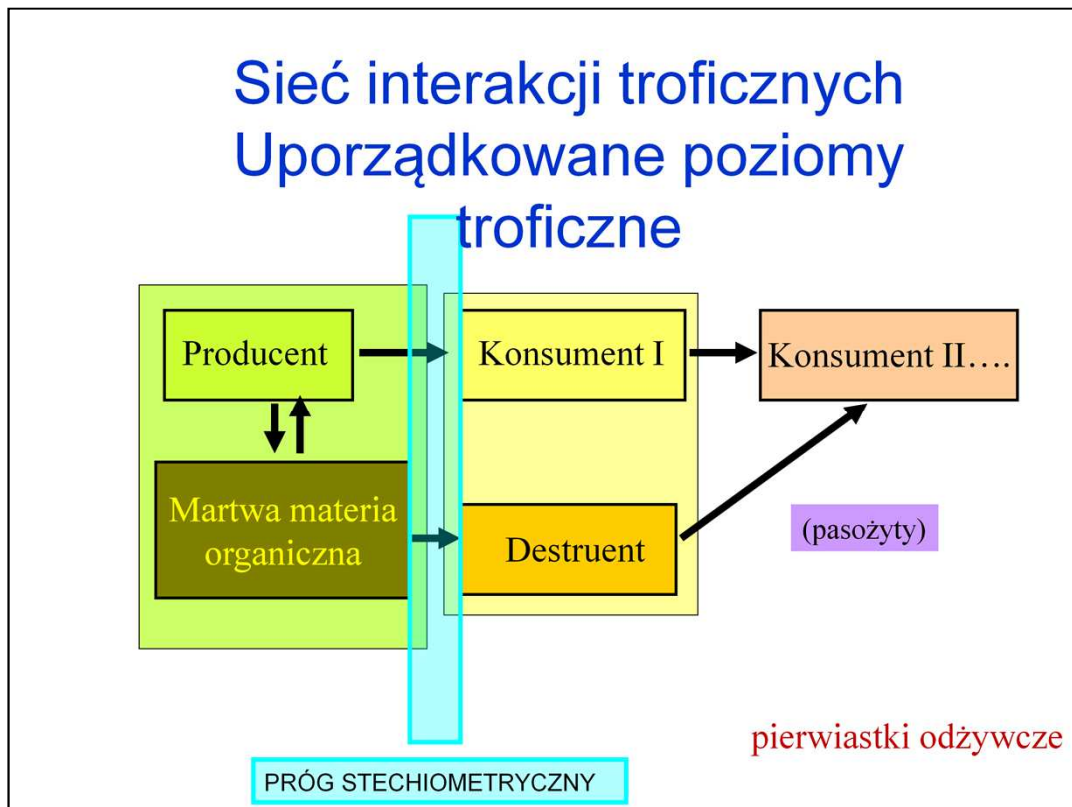
Sieć interakcji troficznych Uporządkowane poziomy troficzne



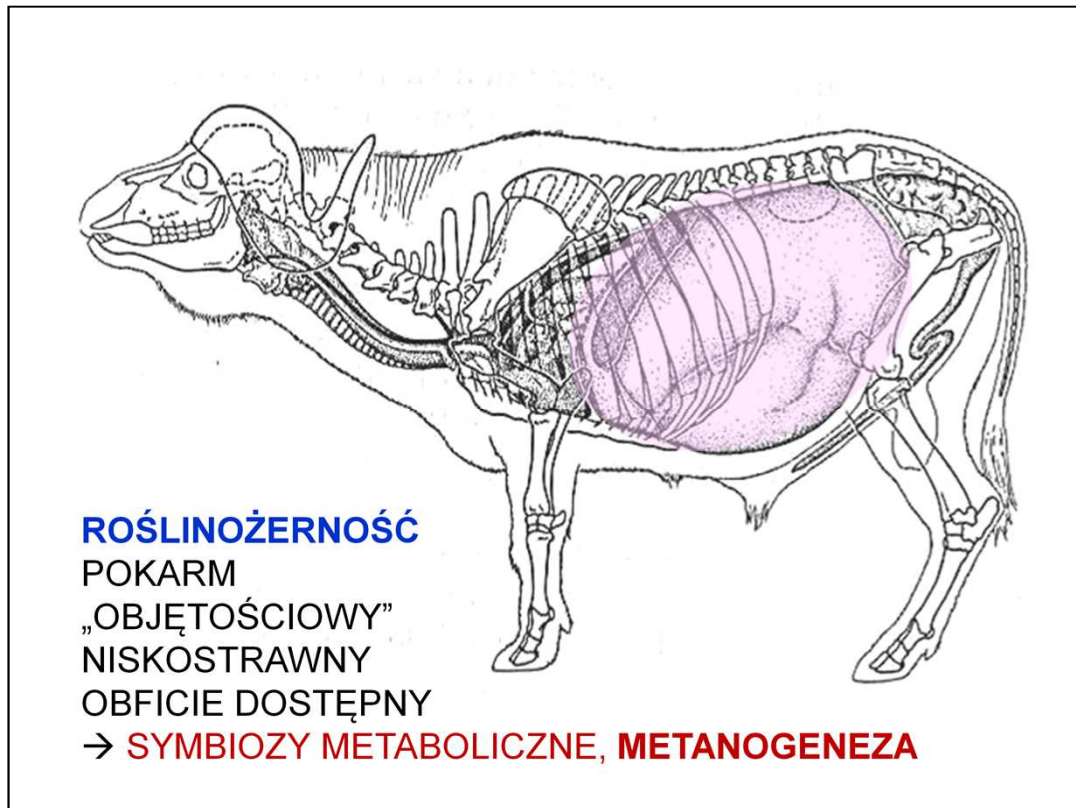
EKOLOGIA EKOSYSTEMÓW

energia, biomasa, C

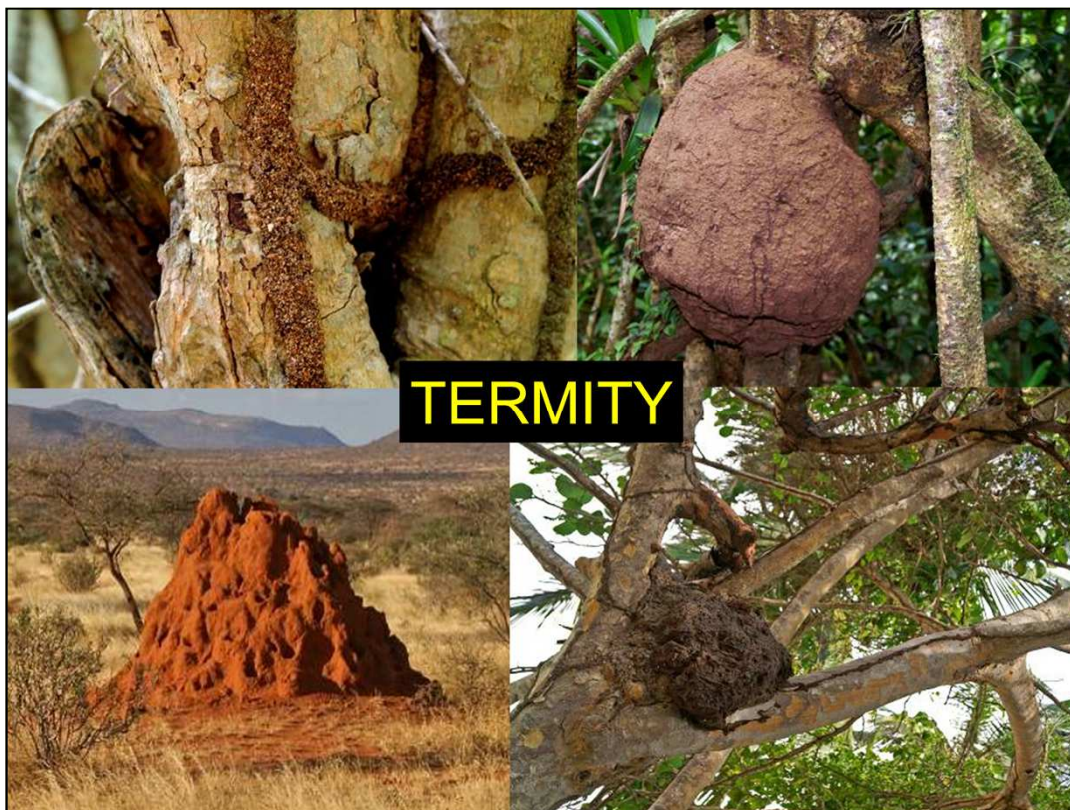
Uogólniony schemat interakcji między producentami i konsumentami. Obok biomasy żywych producentów (roślin), mamy pulę już obumarłej biomasy. Heterotrofy roślinożerne korzystają z jeszcze żywej materii (konsumentów), sami stanowiąc substrat dla następnych poziomów troficznych (drapieżników, pasożytów) i tworząc sieć troficzną, a destruenci (również tworzący sieć troficzną) korzystają z zasobów zawartych w puli martwej materii organicznej. Wszystkie organizmy zasilają tę pulę swoimi odchodami i obumarłymi ciałami.



Na styku biomasy pochodzenia roślinnego i eksploatujących je organizmów stoi przeszkoda: próg stechiometryczny. Termin ten oznacza, że proporcje zawartości pierwiastków, ważnych dla budowy żywych organizmów, w roślinach są zupełnie inne, niż u zwierząt i mikroorganizmów. Jednym z głównych powodów jest to, że rośliny, zwłaszcza lądowe, a szczególnie drzewa (najważniejsza na lądach Ziemi grupa producentów) ogromną część zredukowanego węgla wbudowują w celulozę i ligninę – związki zawierające tylko C, H i O, a bez N, P, S i innych niezbędnych do życia pierwiastków, w dodatku substraty te są bardzo trudne do metabolicznego spalania, chociaż stanowią rezerwuar znacznej ilości energii. Tylko nieliczne grupy organizmów (głównie mikroorganizmów) w toku ewolucji zdobyły komplet enzymów potrzebnych do dekompozycji tych związków.



Roślinożercy (a z nimi cała sieć troficzna oparta na konsumpcji roślin) cierpi na deficyt pierwiastków odżywczych i musi pokonać trudności z dekompozycją stabilnych związków zredukowanego węgla, przede wszystkim celulozy i ligniny. Niewiele organizmów zdobyło tę umiejętność w drodze doboru naturalnego, są to głównie mikroorganizmy. Wiele innych organizmów korzysta z ich pomocy: np. ssaki-przeżuwacze i owady-termity w swoich przewodach pokarmowych utrzymują całe lokalne ekosystemy symbiotycznych mikroorganizmów, które skutecznie trawiąc celulozę i ligninę, zaopatrują gospodarzy w przyswajalne dla nich substancje pokarmowe (same korzystając ze sprzyjającego siedliska i dostarczanego im rozdrobnionego pokarmu roślinnego). Wykorzystanie zasobów energii napędzających wszystkie organizmy na Ziemi, a wygenerowanych przez autotrofy fotosyntetyzujące, możliwa jest tylko dzięki interakcji wielu współdziałających organizmów.

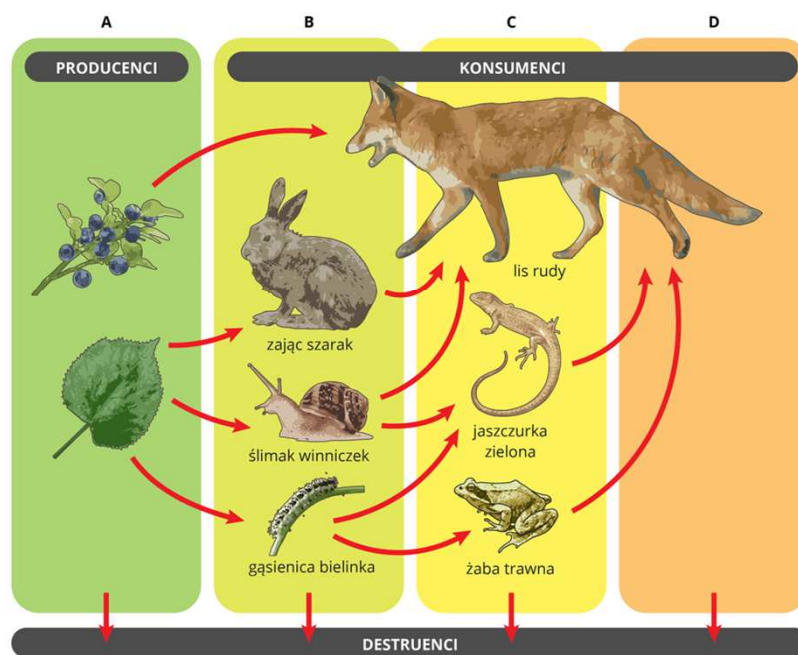


Na całym obszarze tropików świata stałym elementem krajobrazu (w lasach, na stepach i sawannach) są termitery.

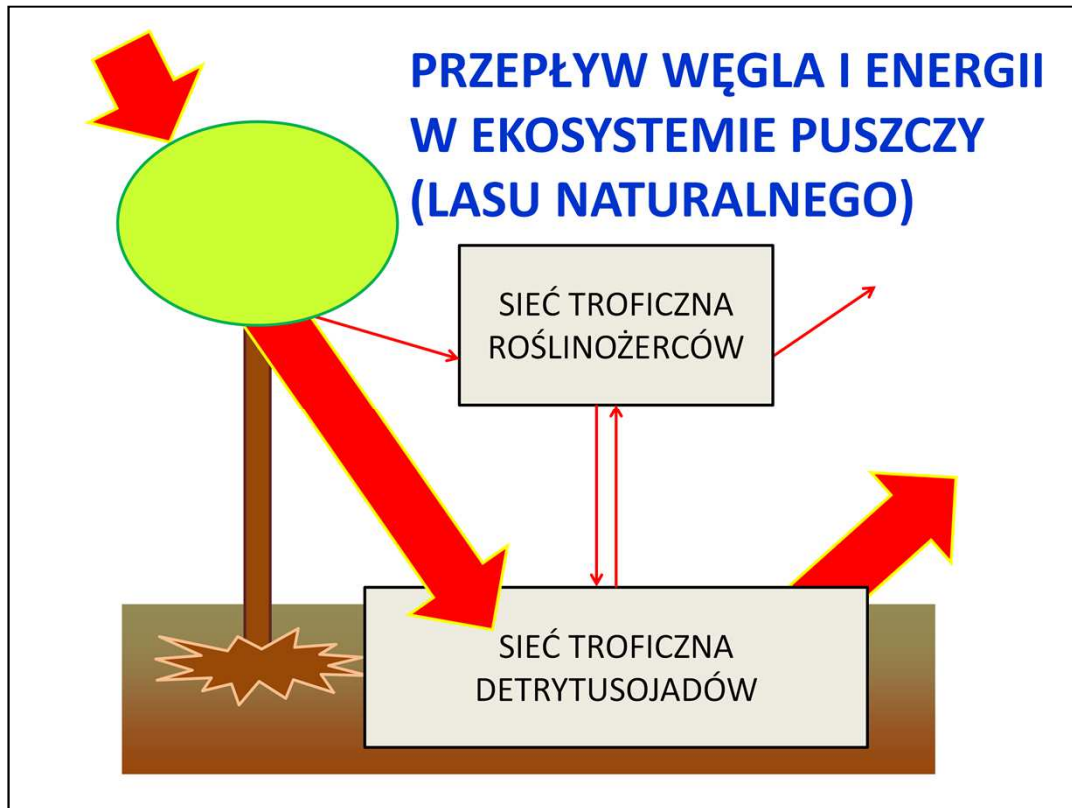
Nasutitermes sp.



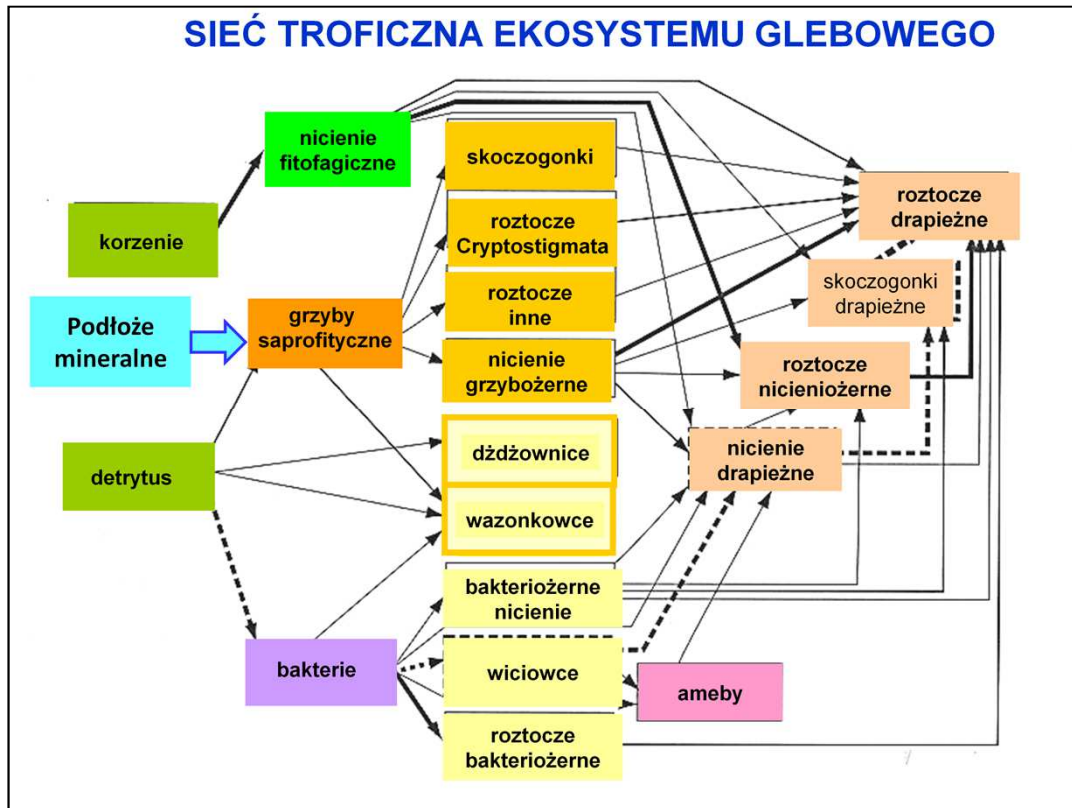
NAIWNY SCHEMAT SIECI TROFICZNEJ EKOSYSTEMU



Naiwnie wyobrażona sieć troficzna – w literaturze popularnej a nawet w podręcznikach szkolnych często tak wygląda – uwypukla udział konsumentów zaczynających od roślinożerności, a marginalnie traktując sieć troficzną bazującą na puli martwej materii organicznej (detrytusu). To zupełnie zafałszowuje rzeczywiste proporcje udziału różnych organizmów biosfery w przepływie węgla i energii.



W rzeczywistości, łańcuch troficzny zaczynający się od roślinożerców pobiera zaledwie kilka procent energii i zredukowanego węgla produkcji pierwotnej (w ekosystemach wodnych – może być nieco więcej, nawet do 30%). We wszystkich ekosystemach największy udział w przepływie węgla i energii ma sieć troficzna detrytusojadów.



Funkcjonowanie sieci troficznej detrytusojadów, zwłaszcza na łądzie, uzależnione jest od grzybów, które są saprotrofami i mają adaptacje umożliwiające dekompozycję celulozy i ligniny (obfitych zasobów energii), a do tego potrafią uruchamiać i rozprzestrzeniać pierwiastki odżywcze z zasobów mineralnych gleby, umożliwiając wykorzystanie tych pierwiastków dla całego łańcucha troficznego detrytusojadów. Dzięki temu nagromadzona biomasa, wyprodukowana przez producentów, może ulec dekompozycji, zamykając cykl obiegu węgla w biosferze.



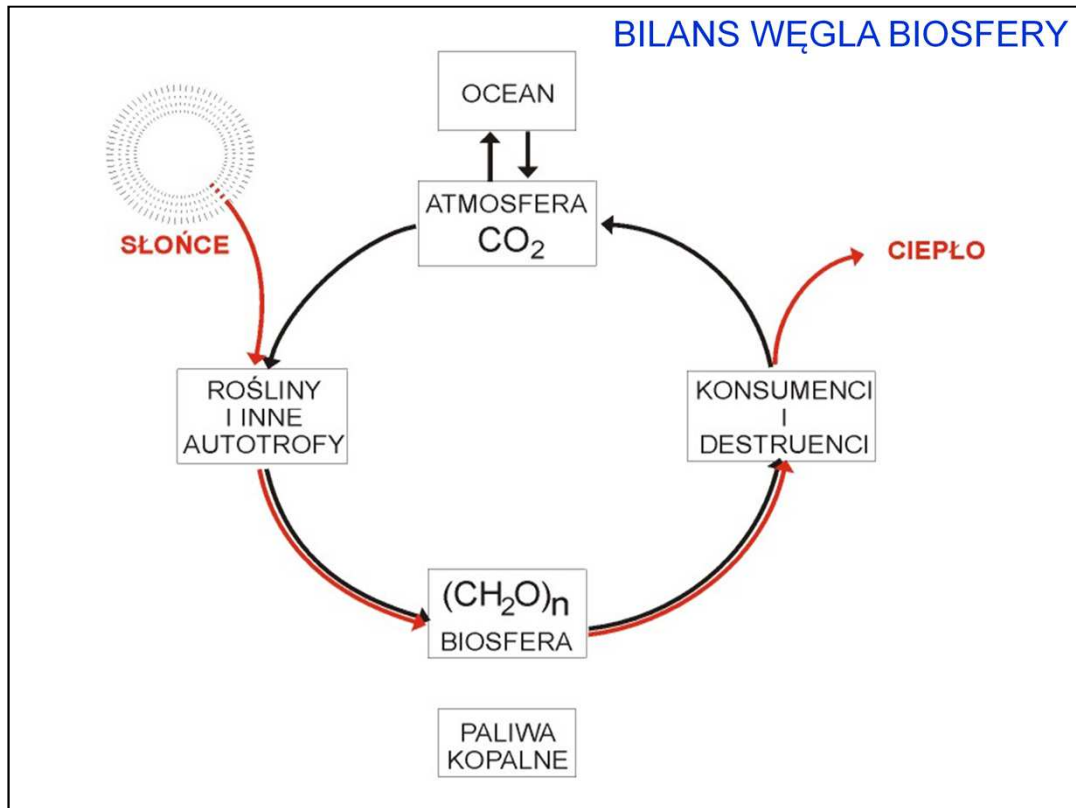
W ekosystemach lądowych widzimy gołym okiem tylko owocniki grzybów – większość ich aktywnej metabolicznie tkanki, to grzybnia, przerastająca glebę i martwe (również żywe) drewno.

Pomiar tempa dekompozycji *in situ*

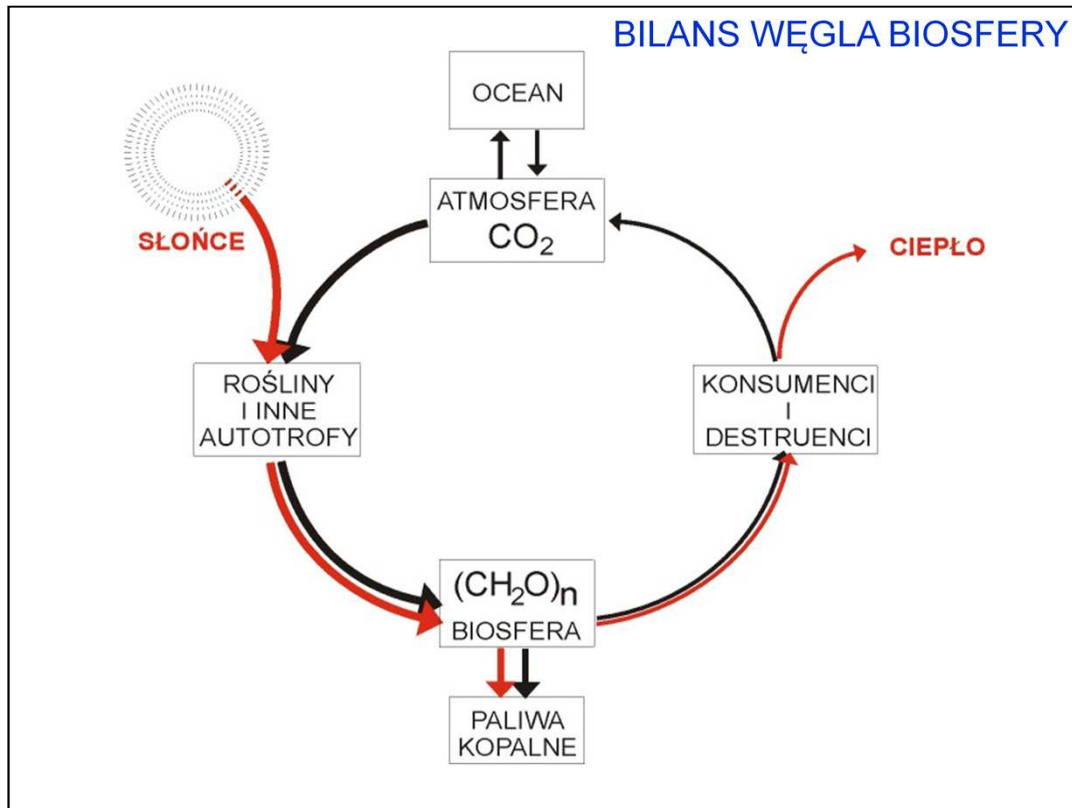


Kurs ekologii tropikalnej, Wenezuela 2008

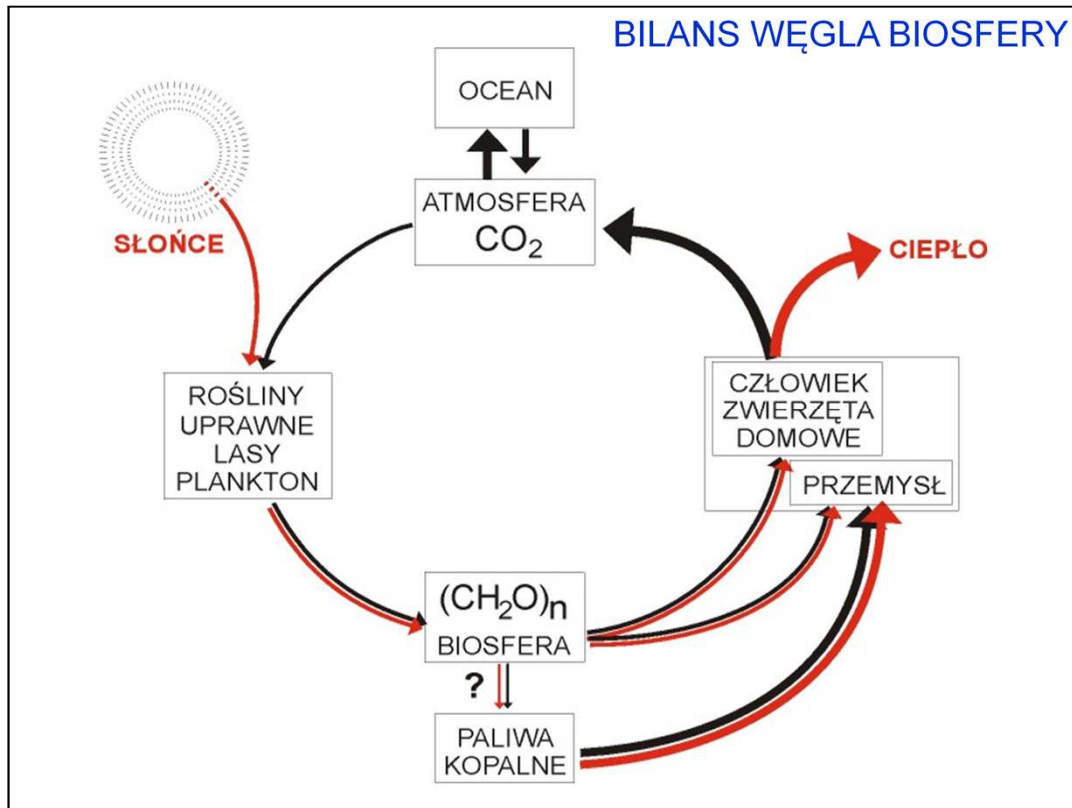
Jest wiele sposobów pomiaru tempa dekompozycji (uwalniania utlenionego węgla do atmosfery); można np. bezpośrednio mierzyć ilość dwutlenku węgla wydobywającą się ze ściółki i gleby w lądowym ekosystemie (jak na tym zdjęciu), są i inne sposoby, o których będzie mowa na kursach ekologii i ekologii ekosystemów. Niestety, nie ma równie wydajnego sposobu mierzenia tempa dekompozycji, jak satelitarne pomiary tempa produkcji pierwotnej. Konstruując bilans węgla i energii w skali biosfery, musimy polegać na tysiącach pomiarów wykonywanych w terenie w różnych miejscach na tej planecie.



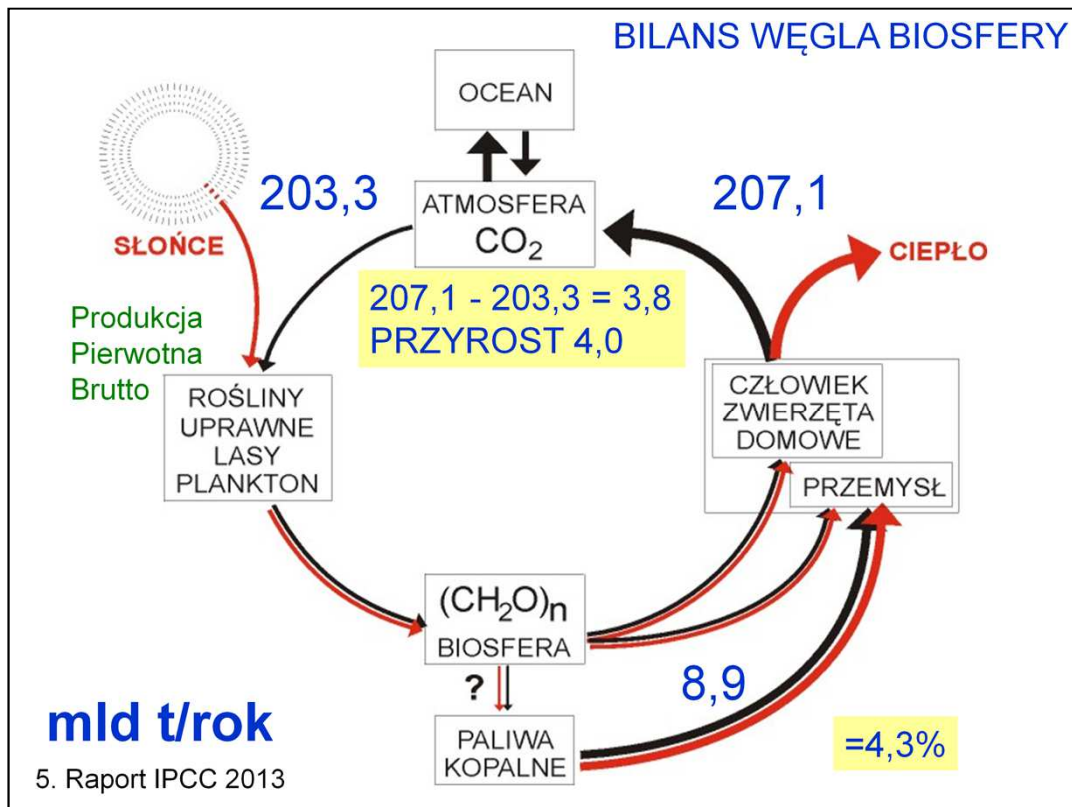
Teoretycznie, bilans węgla mógłby być całkowicie zrównoważony, jak na tym schemacie: tempo produkcji równe tempu dekompozycji, stałe wartości depozytów węgla utlenionego i zredukowanego.



Ale nigdy tak się nie dzieje. W historii biosfery były długie okresy, kiedy tempo produkcji znacznie przewyższało tempo dekompozycji, jak choćby w okresie karbońskim, 350-300 mln lat temu, kiedy nagromadziły się zapasy martwej materii organicznej – dziś wykorzystywane przez człowieka jako „paliwa kopalne”.

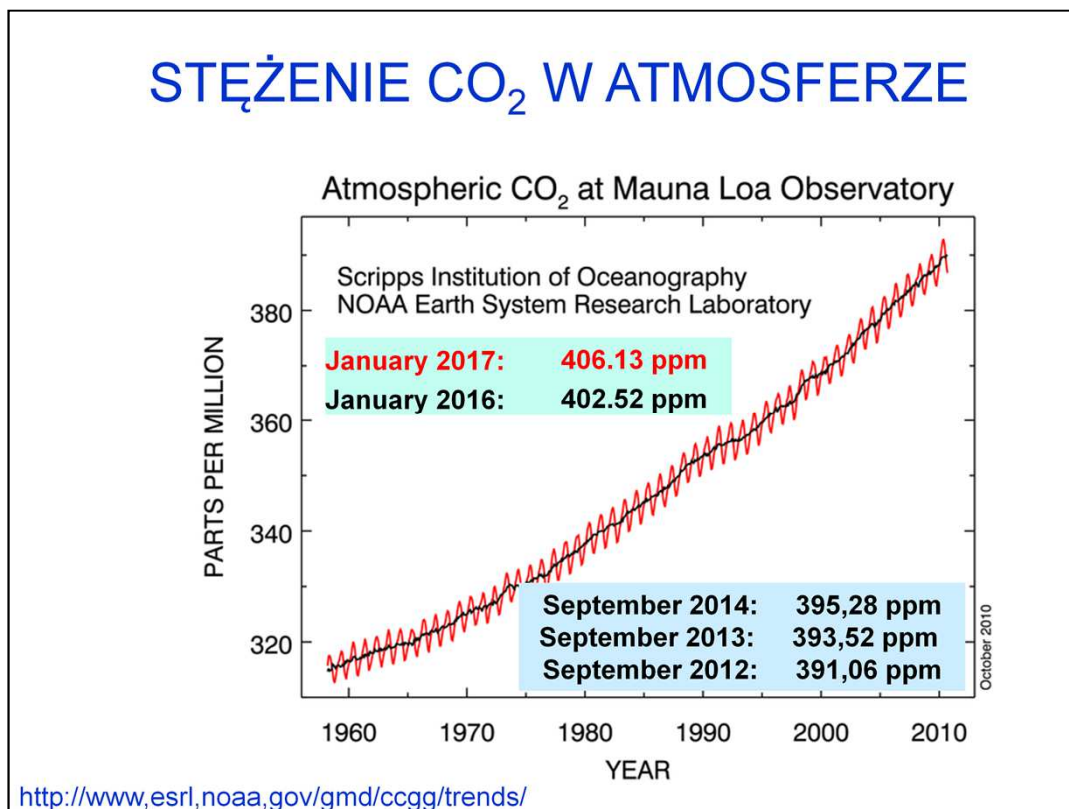


Obecnie mamy sytuację odwrotną: nasza cywilizacja szybko uruchamia nagromadzone przez dziesiątki milionów lat zasoby zredukowanego węgla, powiększając tym samym pulę węgla utlenionego w atmosferze.

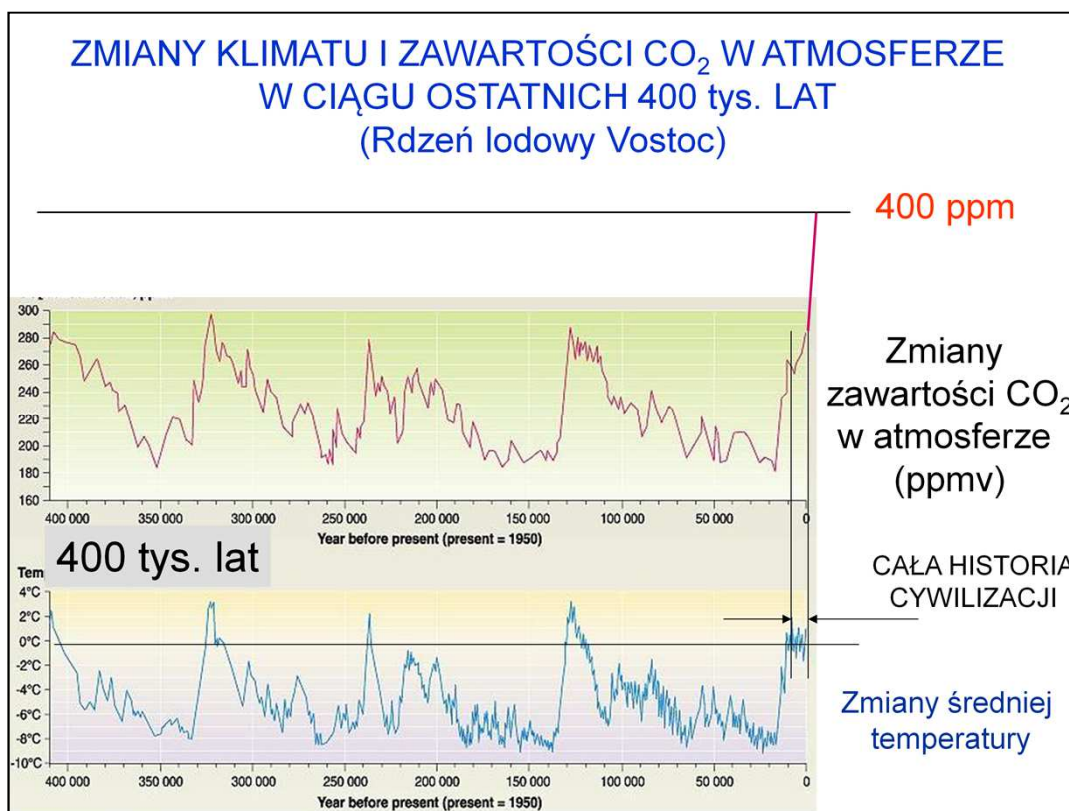


Szacunkowe wartości tempa procesów i całego bilansu – tu zaczerpnięte z ostatniego raportu IPCC (inaczej niż poprzednio, ten schemat uwzględnia produkcję pierwotną brutto, która jest ok. 2x większa od produkcji pierwotnej netto, ale proporcji to nie zmienia). Widać, że człowiek dodaje do atmosfery około 9 mld ton utlenionego węgla rocznie, co stanowi zaledwie ok. 4% obiegu węgla w biosferze. Wydaje się, że to niewiele. Ale każdy chciałby mieć konto oszczędnościowe w banku na taki procent! Kilkuprocentowa przewaga tempa utleniania nad tempem redukcji węgla oznacza szybkie powiększenie puli węgla utlenionego: CO₂ w atmosferze.

STĘŻENIE CO₂ W ATMOSFERZE



Efektym tego przechylenia równowagi produkcji i dekompozycji na rzecz utlenienia powoduje stały i szybki wzrost stężenia dwutlenku węgla w atmosferze, które obecnie przekracza 400 ppm (tj. 0,04%). Kiedy ja byłem studentem na I roku biologii, stężenie to zaledwie przekraczało 300 ppm. Ma to praktyczne znaczenie dla człowieka – ale to nie jest przedmiotem tego wykładu.



Warto jednak zauważyć, że wahania zawartości dwutlenku węgla w atmosferze i towarzyszące im zmiany klimatu, to nic nowego. Przez ostatnie 400 tysięcy lat (co można odczytać ze składu chemicznego i izotopowego pęcherzyków powietrza uwięzionego w lodach Antarktydy i Grenlandii) stężenie CO₂ oscylowało między ok. 180 a 300 ppm. Dopiero w najnowszej fazie rozwoju naszej cywilizacji nastąpił gwałtowny wzrost o dalsze 100 ppm. Jakie mogą być tego skutki dla człowieka – to nie jest domena naukowej ekologii (ta może tylko opisać zjawiska, przewidzieć ich przebieg, ale ich znaczenie dla człowieka – to domena etyki, polityki, ekonomii, hierarchii przyjętych przez ludzi wartości, a zapobieganie niekorzystnym skutkom to domena techniki).

**CZY SĄ INNE
BIOSFERY ?**

**CZY MOŻNA ZBUDOWAĆ
OSOBNA, TRWAŁĄ
BIOSFERĘ?**



Znamy tylko jedną funkcjonującą od miliardów lat biosferę. Próby skonstruowanie na Ziemi całkowicie odizolowanego ekosystemu, który mógłby utrzymać własny obieg pierwiastków, zasilany tylko energią słoneczną, aby zapewnić byt grupie ludzi – spaliły na panewce (był taki eksperyment „Biosfera 2”, przeprowadzony na pustyni w Arizonie). Nie udało się. Musimy wciąż polegać na stabilnym funkcjonowaniu naszej biosfery.

ŻYCIE BIOSFERY

1. EKOSYSTEM BIOSFERY

2. RÓŻNORODNOŚĆ BIOSFERY

3. MECHANIZMY



Górska łąka w Beskidzie Sądeckim

Kiedy przyjrzymy się dowolnemu fragmentowi naszej biosfery, musimy dostrzec niesamowitą różnorodność organizmów, składających się na każdy jej fragment. Tu – górska łąka pełna kwiatów, których różnorodność rzuca się w oczy. W innych miejscach trzeba przyrzeć się dokładniej – na przykład bogaty zestaw gatunków tworzących sieć troficzną ściółki i gleby leśnej nie jest widoczny gołym okiem, jego różnorodność objawia się dopiero po starannych badaniach z użyciem mikroskopu.

RÓŻNORODNOŚĆ „BIORÓŻNORODNOŚCI”

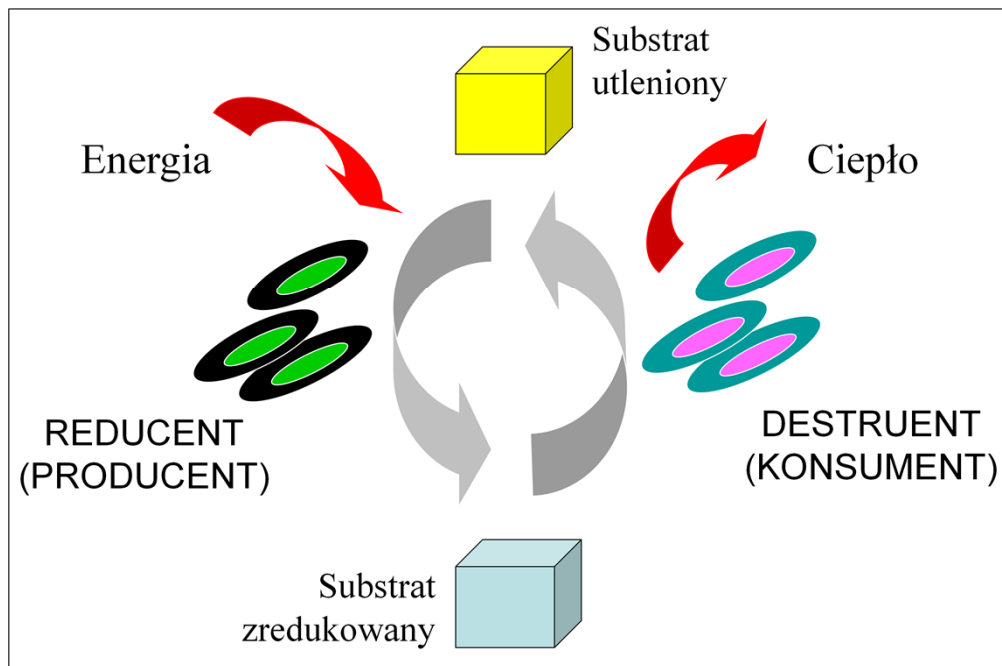
- Polimorfizm genetyczny

- Bogactwo gatunkowe

- Przestrzenne zróżnicowanie siedlisk

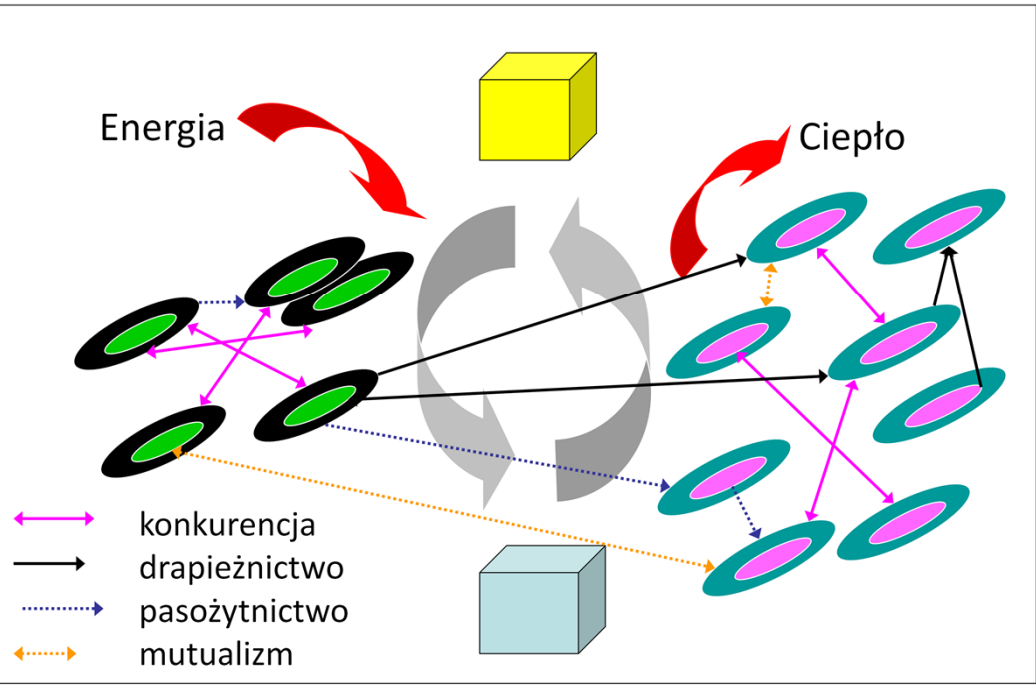
Różnorodność biosfery można rozpatrywać na różnych poziomach – od polimorfizmu genetycznego jednogatunkowych populacji, poprzez różnorodność gatunków, po zróżnicowanie całych zespołów organizmów tworzących mozaikę różnych siedlisk na powierzchni naszego globu.

Ekosystem złożony z dwóch gatunków



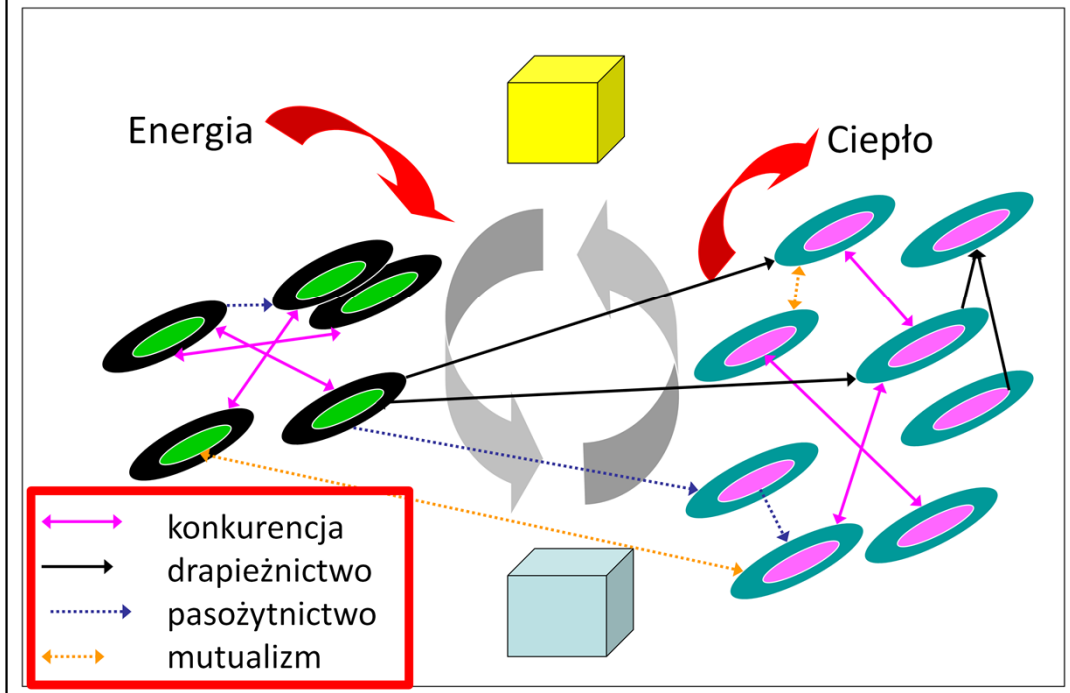
Wiedząc o tym, że życie biosfery przejawia się w formie zamkniętego cyklu redukcji i utlenienia węgla, można by sobie wyobrazić taką biosferę, w której ten cykl realizowany jest przez tylko dwa gatunki organizmów: producentów i konsumentów.

Ekosystem złożony z wielu gatunków



Jednak taki prosty układ nie jest możliwy. Organizmy tworzące biosferę (a nawet ich prekursorzy – złożone makromolekuły we wczesnej fazie powstawania życia) podlegają doborowi naturalnemu, którego działanie wynika z intensywnych i urozmaiconych interakcji między nimi. W zawieszynie jednokomórkowych glonów prowadzących fotosyntezę trwa konkurencja – o światło i pierwiastki odżywcze, dobór wspiera każdą mutację pozwalającą wygrać w tej konkurencji. Tak samo konsumenci konkurują o dostęp do pokarmu, więc działanie doboru, wspierające każdą mutację zwiększającą sukces, prowadzi do zróżnicowania strategii, zwiększania wydajności każdej z nich, zawężania specjalizacji, u roślinożercy, u drapieżnika, u pasożyta – i natychmiast u ich ofiar. Przez miliony lat działania tych zróżnicowanych interakcji dobór naturalny doprowadził do powstania milionów rozmaitych strategii, utrwalonych w genotypach ich nosicieli, a zatem – do powstania milionów gatunków.

Ekosystem złożony z wielu gatunków

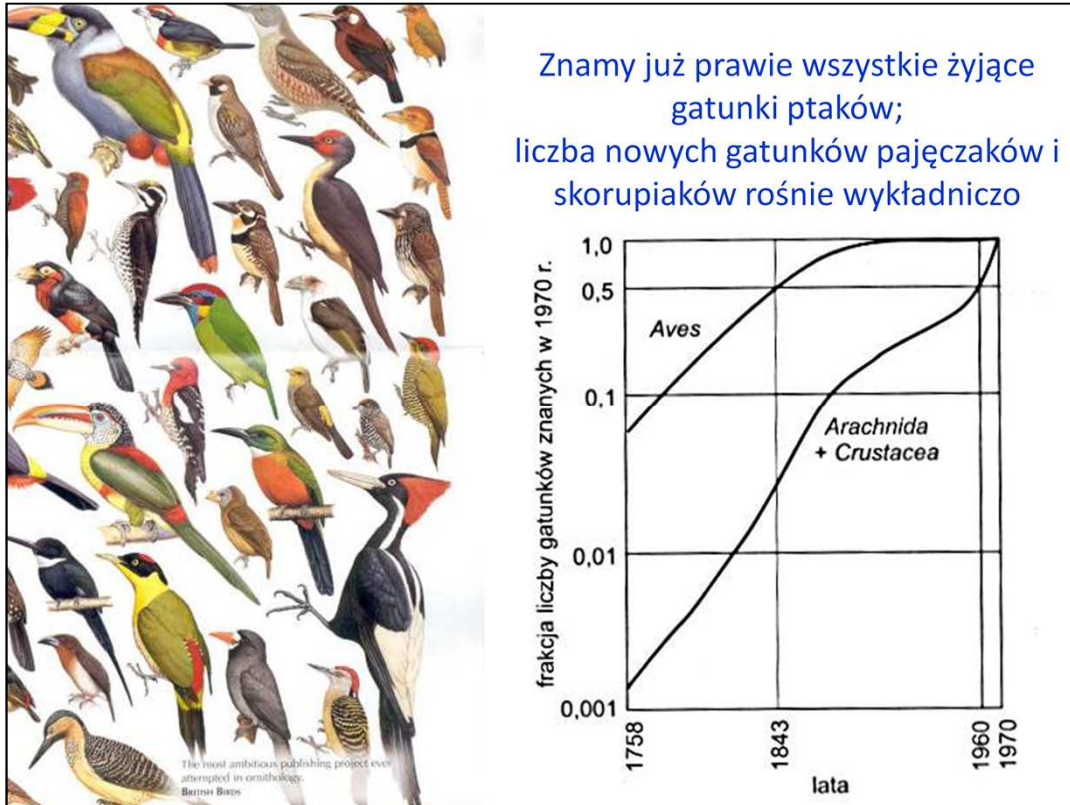


Ewolucja trwa przez miliony lat, ale w każdym momencie sieć interakcji między organizmami przejawia się w funkcjonowaniu całego ich zespołu, w danym siedlisku. Poznawanie tych złożonych układów zależności jest jednym z głównych zadań tej części współczesnej biologii, którą nazywamy ekologią.

ILE JEST GATUNKÓW?




Pierwsze pytanie, jakie się nasuwa – to „ile jest gatunków”?




I na to pytanie biologia wciąż nie ma odpowiedzi. Są takie taksony, o których możemy powiedzieć, że znamy już prawie wszystkie gatunki, współcześnie żyjące na Ziemi. Na przykład ptaki – jest ich około 10000 gatunków. Kiedy prześledzimy tempo ich poznawania (przyrost liczby znanych gatunków w czasie, od połowy XVIII w.) widać, że krzywa ich liczby już się nie wznosi.

Kiedy jednak zrobimy takie samo zestawienie dla innych taksonów – tutaj dla pajęczaków i skorupiaków łącznie – widać, że krzywa wciąż się wznosi, w ostatnich latach wręcz przyspiesza, a zatem do osiągnięcia maksimum (poznania rzeczywistej liczby wszystkich gatunków) jeszcze daleko. Zatem, nie możemy określić liczby żyjących na Ziemi gatunków sumując po prostu spisy gatunków ze wszystkich taksonów.


CO ROKU ODKRYWANE SĄ
NOWE GATUNKI PTAKÓW




Stiphornis pyrrholaemus
GABON, 2008




Zosterops salimalii
HIMALAJE, 2016




Formicivora grantsaui
BRAZYLIA, 2007



Zosterops somadikartai,
INDONEZJA, 2008



Orthotomus chaktomuk
KAMBODŻA, 2013



Jabouilleia naungmungensis
MYANMAR (BURMA), 2006

Okazuje się, że nawet u tak dobrze poznanego taksonu, jak ptaki, liczba gatunków wciąż rośnie – co roku odkrywa się nowe (przeważnie w odległych rejonach puszczy tropikalnych).

„Lost World” – Foja Mts., Indonezja (Nowa Gwinea); 2005-2008
Dziesiątki nowych gatunków kręgowców, wiele bezkręgowców



Ekspedycje biologów do takich miejsc jak Nowa Gwinea owocują odkryciem setek nowych gatunków, w tym dziesiątek nowych kręgowców. Ale nawet w takich miejscach jak Polska, dobrze poznanych i niebogatych w gatunki, co roku opisywane są nowe gatunki bezkręgowców, grzybów czy pierwotniaków.



Liczba gatunków owadów
GB:

22000

Liczba gatunków motyli
dziennych GB:

67

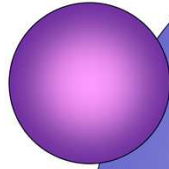
Liczba gatunków motyli
dziennych świata:
15-20 tys.

Szacowana liczba
gatunków owadów świata:
 $(22000/67) \times (15000-20000) =$
4.9 do 6.6 mln

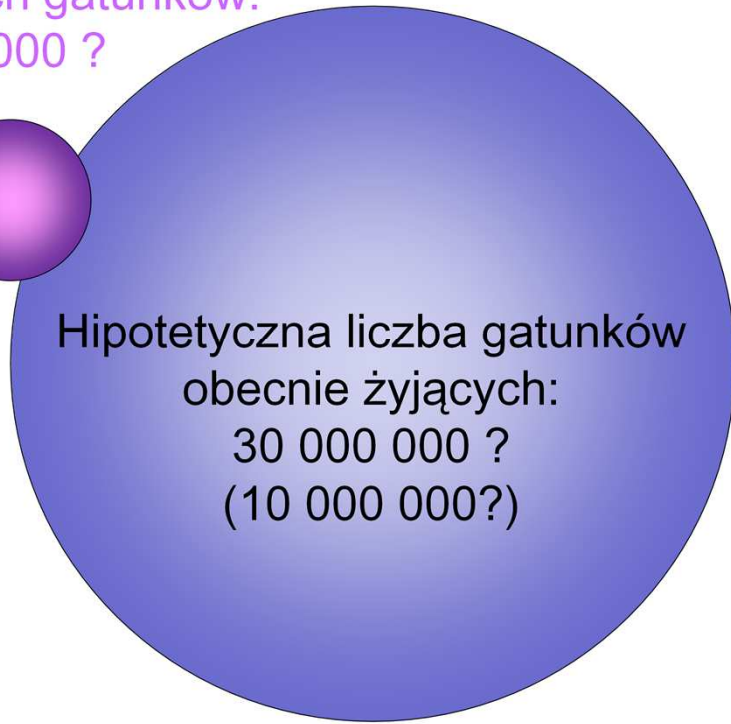


A zatem, jak można oszacować rzeczywistą liczbę żyjących gatunków, również tych, których jeszcze nie zarejestrowaliśmy? Podejmowane są różne próby takich oszacowań. Na przykład, bazując na najlepiej zbadanych obszarach – jak Wielka Brytania, gdzie opisano 22 000 gatunków owadów (i liczba ta już niewiele może wzrosnąć), a wśród nich – 67 gatunków dużych motyli dziennych. Duże motyle dzienne są jedną z najlepiej zbadanych grup owadów na całym świecie – od dawna przyciągają uwagę badaczy i kolekcjonerów, na pewno całkowita liczba ich gatunków jeszcze nie jest znana (wciąż są opisywane nowe gatunki), ale szacuje się, że może ich być około 15-20 tysięcy. Zakładając, że proporcja dużych dziennych motyli wśród wszystkich owadów na świecie jest podobna, jak w Wielkiej Brytanii, można oszacować, że na świecie może być 5 do 7 mln gatunków owadów. Poczyniono tu grube założenia, których prawdziwość trudno udowodnić, ale mimo to uzyskaliśmy realistyczną wskazówkę co do rzędu wielkości liczby gatunków owadów na Ziemi.

Liczba znanych gatunków:
1 800 000 ?



Hipotetyczna liczba gatunków
obecnie żyjących:
30 000 000 ?
(10 000 000?)

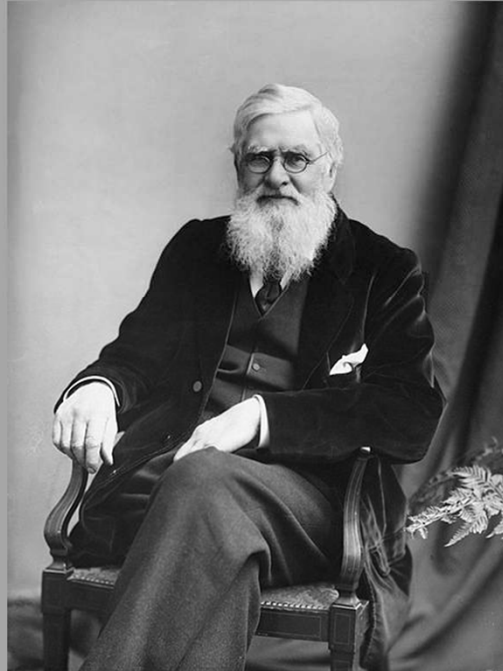


Podejmowane wciąż próby oszacowania liczby gatunków organizmów żyjących współcześnie na Ziemi prowadzą do różnych wyników – od ok. 10 do nawet 100 mln – ostatnio najczęściej wymienia się raczej liczby bliżej 10 mln. A to jest i tak 5 x więcej niż wynosi oszacowana liczba już opisanych gatunków (oszacowana, bo dokładne policzenie liczby wszystkich znanych gatunków, opisanych w publikacjach naukowych i zebranych w kolekcjach muzealnych, ze wszystkich taksonów, to też nie jest prosta sprawa).



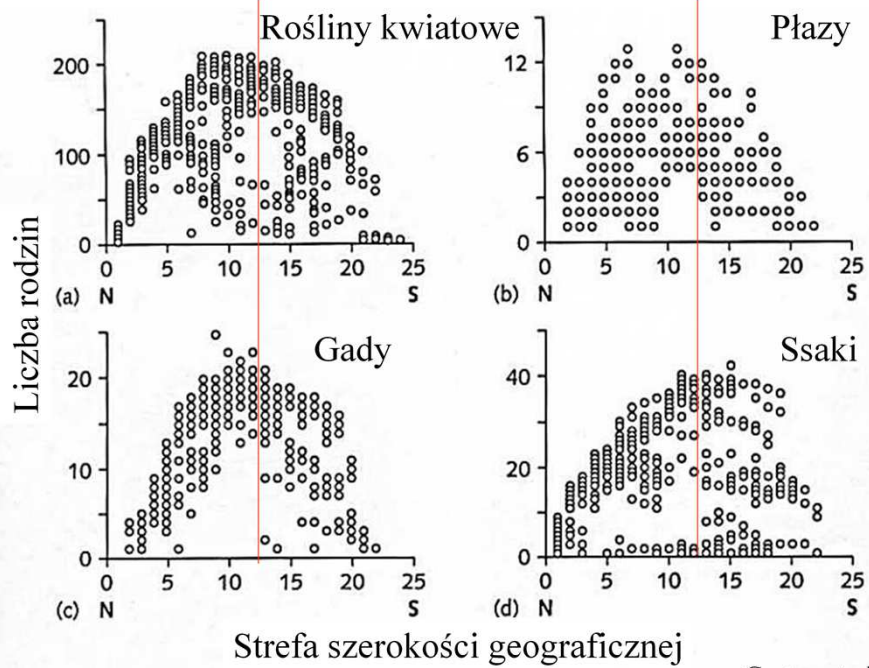
O gatunkach, które już znamy, wiemy też, gdzie występują. A zatem, możemy zauważyć ile gatunków żyje w różnych obszarach naszej biosfery. Okazuje się, że rozmieszczenie obecnie żyjących gatunków na Ziemi – osobliwy wzorzec przestrzennej różnorodności biosfery – też wymaga naukowego wyjaśnienia (zatem – odgadnięcia związków przyczynowo skutkowych), co jest jednym z wciąż otwartych zadań badawczych współczesnej biologii środowiskowej (ekologii).

Alfred Russel Wallace (1823 – 1913)



Jednym z pierwszych badaczy, który dostrzegł osobliwości wzorca różnorodności gatunkowej Ziemi, był Wallace, konkurent Darwina. Spędził wiele lat badając przyrodę tropików, w Ameryce Południowej i na Malajach, co doprowadziło go do odgadnięcia – niezależnie od Darwina – mechanizmu działania doboru naturalnego, a także do pionierskich odkryć na temat rozmieszczenia gatunków w różnych rejonach Świata. Ale postawiony przez niego, jeszcze w XIX wieku, problem przestrzennego wzorca różnorodności wciąż nie jest do końca rozwiązany.

GRADIENT GEOGRAFICZNY BOGACTWA RODZIN



Typowy wzorec, dla bardzo wielu taksonów, jest zawsze taki sam: maksymalna różnorodność (największa liczba lokalnie występujących gatunków) przy równiku, spadek w obie strony ku biegunom.

Bogactwo rodzajów termitów w zależności od szerokości geograficznej

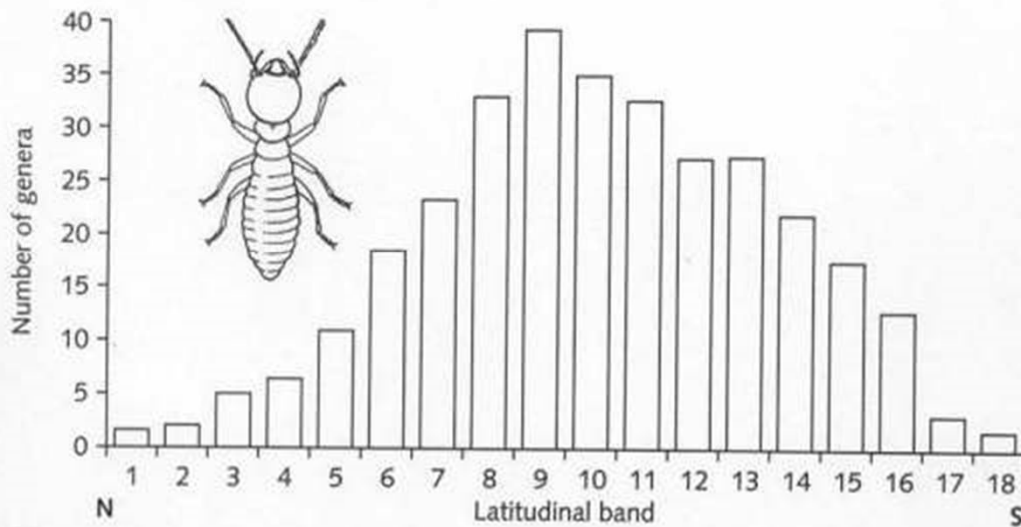
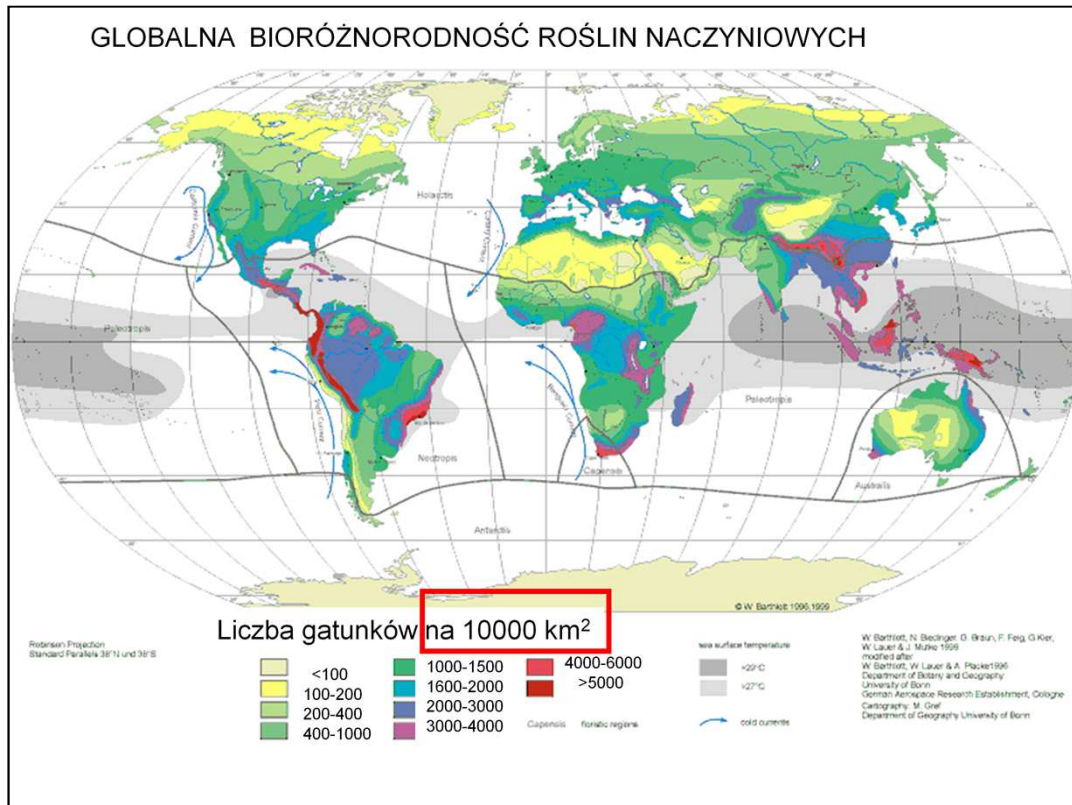
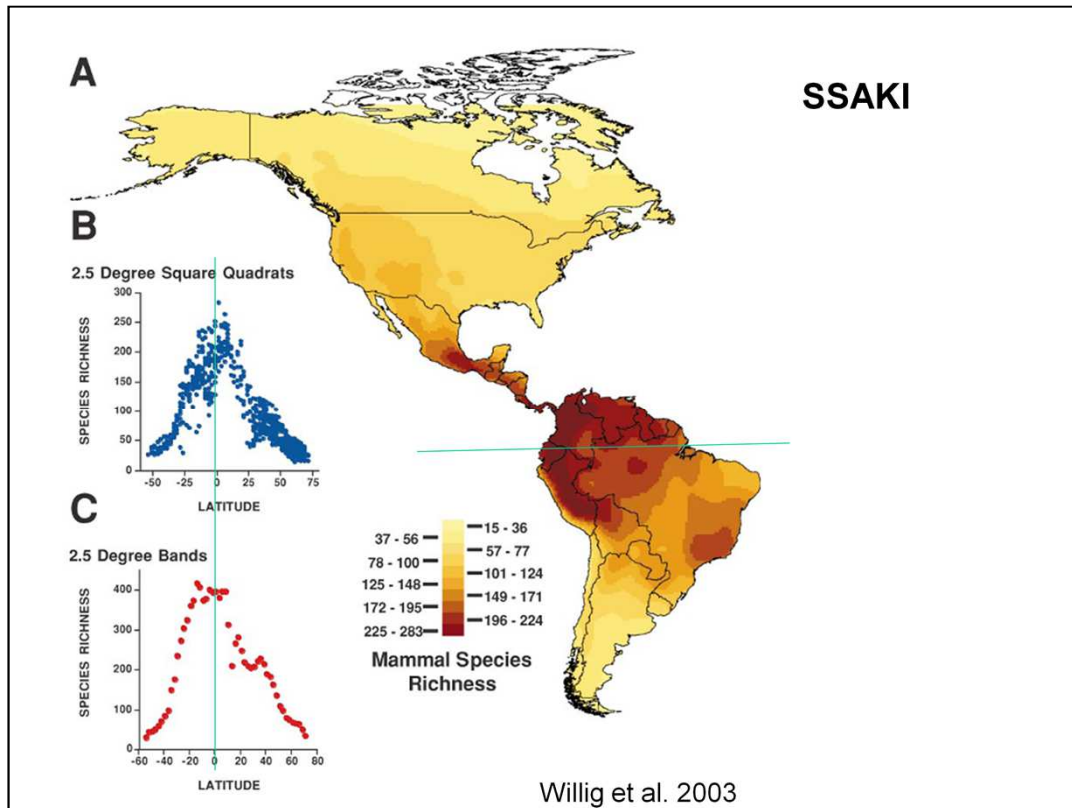


Figure 3.11 Mean generic richness of termites across areas (each of 611 000 km²) in different latitudinal bands (the equator lies at the junction of bands 9 and 10). (After Eggleton 1994.)

Tu inny z setek opublikowanych podobnych przykładów.



Przestrzenny wzorec różnorodności można przedstawić na mapach (pod warunkiem, że dla danego taksonu dysponujemy odpowiednio kompletnymi danymi dla całego świata) – tu mapa bogactwa gatunkowego roślin naczyniowych, policzonych w kwadratach 100 x 100 km. Widać ten sam strefowy (związany z szerokością geograficzną) wzorec – najwięcej gatunków wokół równika, malejąca ku obu biegunom. Oczywiście, strefowość liczby gatunków ulega lokalnym modyfikacjom, spowodowanym nieregularnością rozmieszczenia kontynentów, ich rzeźby i klimatu, ale ogólny wzorec jest zachowany.



Tutaj inny z wielu opublikowanych przykładów: różnorodność gatunkowa ssaków obu Ameryk. Identyczny wzorek: maksimum przy równiku, spadek różnorodności ku obu biegunom.

HIPOTEZY WYJASNIAJĄCE GRADIENT BIORÓŻNORODNOŚCI Z MAKSIMUM W TROPIKACH

1. Duży obszar tropików
2. Długa historia tropików (stabilny klimat)
3. Wysoka produktywność
4. Dostępna energia
5. Tempo ewolucji
6. Interakcje biotyczne
7. Stałe zaburzenia

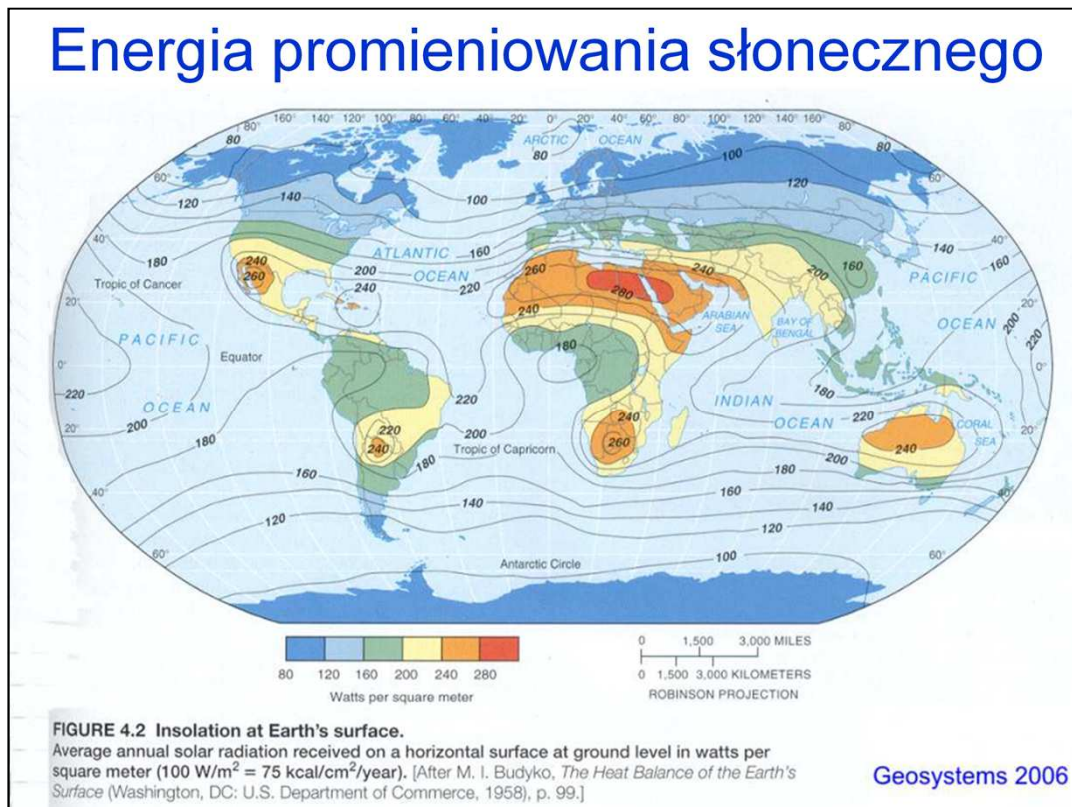
Do tej pory zaproponowano co najmniej kilkanaście hipotez, próbujących wyjaśnić ten fenomen, żadna z nich nie wydaje się ostateczna, zapewne działa tu wiele mechanizmów jednocześnie. Wpływ może mieć fakt, że obszary równikowe (o specyficznym, dość jednorodnym klimacie) zajmują znaczny obszar kuli ziemskiej. Tropiki są również znacznie bardziej stabilne pod względem klimatycznym niż rejony strefy klimatów umiarkowanych i borealnych – na przykład w okresie plejstoceniowych zlodowaceń zmiany warunków były znacznie mniej głębokie niż gdzie indziej. Rejony tropikalne odznaczają się też wysoką produktywnością, daje to wyższe „zasilanie energetyczne” tamtejszych ekosystemów, co może mieć daleko idące konsekwencje jeżeli chodzi o liczbę współwystępujących gatunków (a nie tylko o liczbę osobników; nie ma tu miejsca na szersze omówienie tej hipotezy). Fakt, że w tropikach panują wysokie temperatury, zwiększa również możliwość rozmaitych adaptacji (strategii życiowych) żyjących tam organizmów, które nie muszą większej części swojego budżetu energetycznego poświęcać na pokrycie podstawowych potrzeb, jak to ma miejsce w chłodniejszych rejonach. Wysoka temperatura otoczenia może również przyspieszać tempo ewolucji: większe jest tempo powstawania mutacji – podłoża dla działania doboru naturalnego, brak sezonowości pozwala na wygenerowanie większej liczby pokoleń w tym samym okresie. Organizmy żyjące w ciepłych i wilgotnych tropikach więcej swoich przystosowań zawdzięczają interakcjom z innymi organizmami, niż przystosowaniu do trudnych warunków abiotycznych (jak to ma miejsce w rejonach suchych i chłodnych), co również może sprzyjać specjacji. Wreszcie, liczbie współwystępujących gatunków sprzyjają częste zaburzenia siedlisk, np. powodowane przez regularne w tropikach tajfuny. Na ostateczne wyjaśnienie wzorca przestrzennego różnorodności biosfery musimy jeszcze poczekać.

RÓŻNORODNOŚĆ „BIORÓŻNORODNOŚCI”

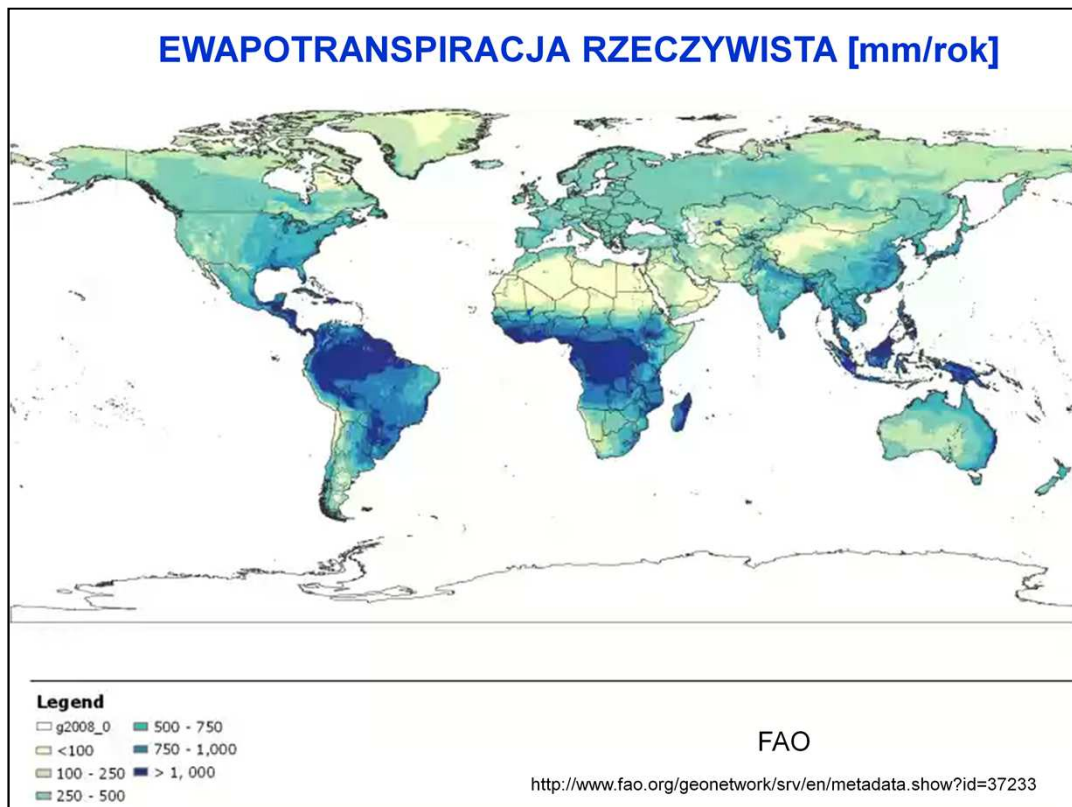
- Polimorfizm genetyczny
- Bogactwo gatunkowe
- Przestrzenne zróżnicowanie siedlisk

Niezależnie od wzorca przestrzennego różnorodności gatunkowej, w biosferze Ziemi obserwujemy przestrzenne zróżnicowanie typów ekosystemów, spowodowanych zróżnicowaniem warunków siedliskowych.

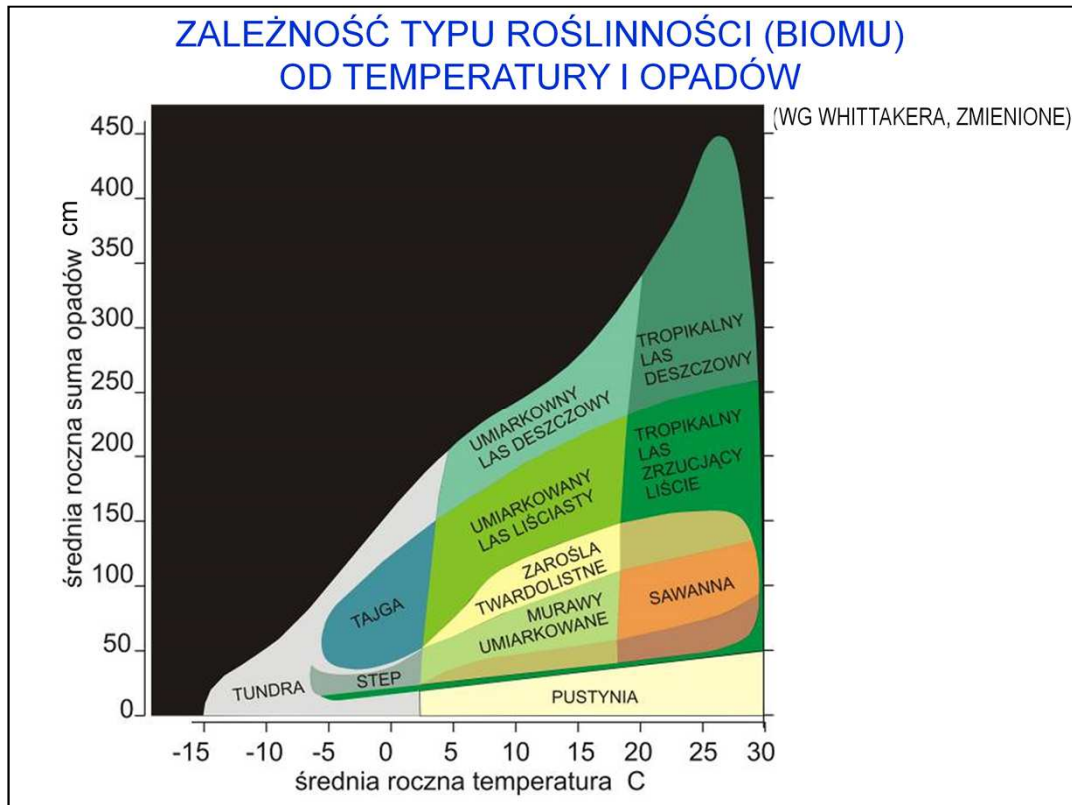
Energia promieniowania słonecznego



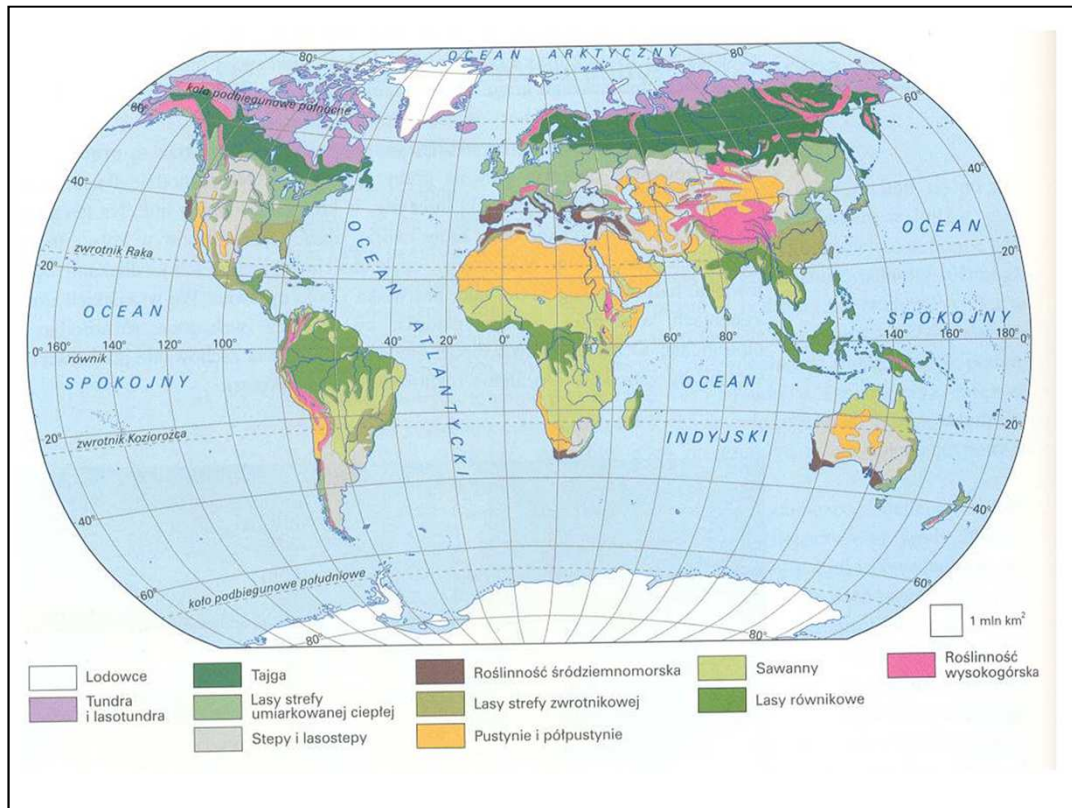
Mechanizmy kształtowania warunków w siedliskowych w różnych rejonach świata są dość złożone, tu wymienimy tylko dwa najważniejsze czynniki: ilość docierającej energii słonecznej (skutkujące również zróżnicowaniem temperatury otoczenia) i dostępność wody.



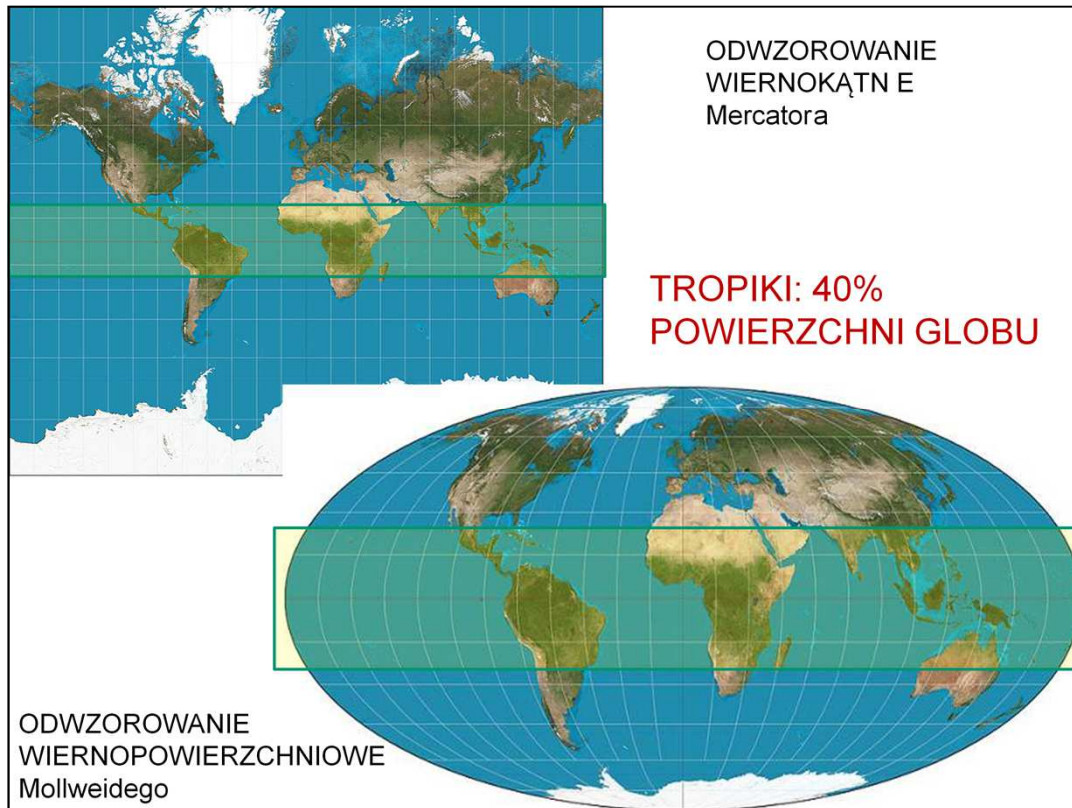
Parametrem klimatycznym integrującym temperaturę i wilgotność jest wartość ewapotranspiracji rzeczywistej – czyli wysokość słupa wody faktycznie odparowywanego z powierzchni lądu i roślin w ciągu roku, w danym rejonie świata.



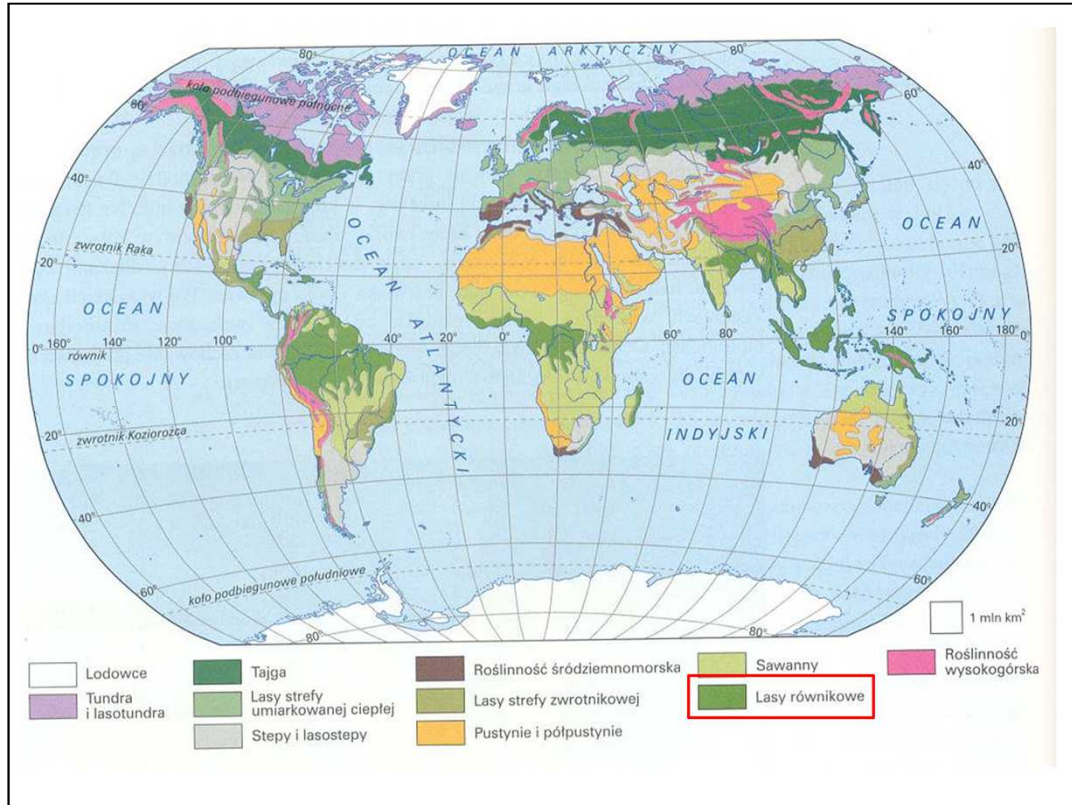
Te dwa czynniki – temperatura i wilgotność (którą może też reprezentować ilość opadów) dość dobrze determinują typy lokalnych ekosystemów, a przede wszystkim łatwego do zidentyfikowania typu roślinności (tzw. biomu). Jak widać na tym schemacie, tam gdzie na Ziemi jest najwyższa średnia temperatura i suma opadów – rosną tropikalne lasy deszczowe. Przy malejącej sumie opadów, w ciepłych rejonach mogą występować lasy sezonowe, sawanny i pustynie. Inne kombinacje intensywności opadów i temperatury determinują występowanie innych charakterystycznych biomów.



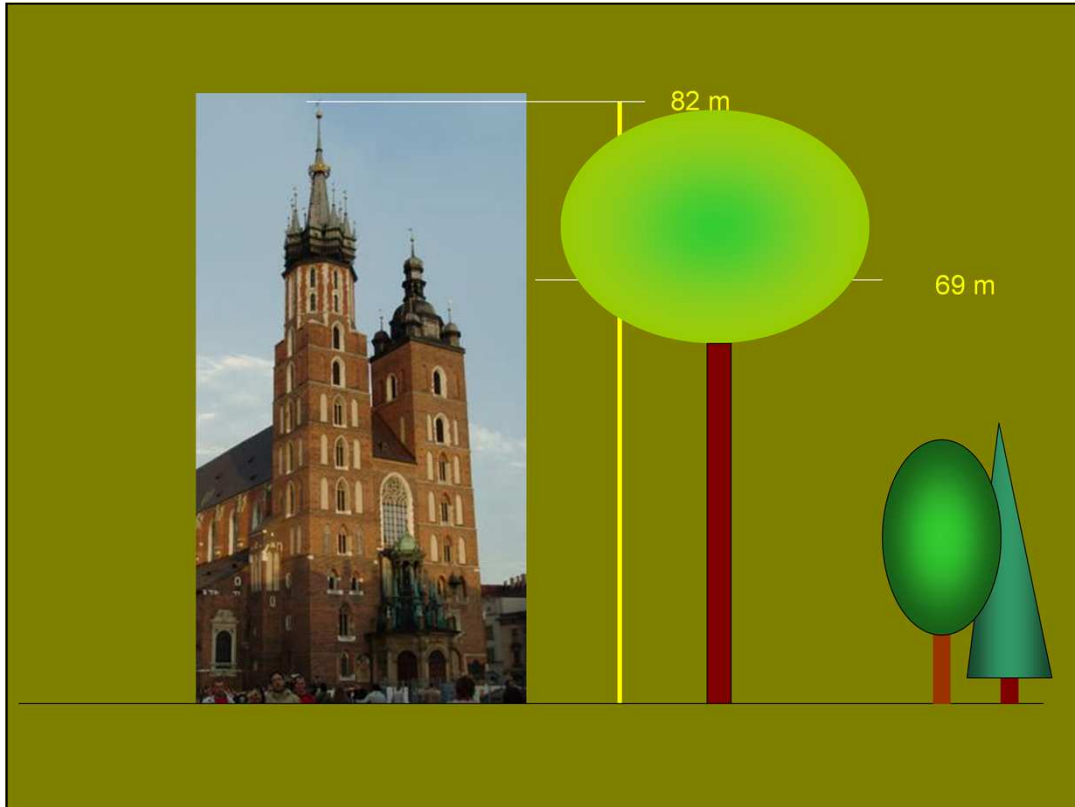
Ten sam wzorec potwierdzają mapy biomów świata. Funkcjonowanie ekosystemów w różnych biomach lądowych (a także morskich – bo pojęcie biomu rozszerzono również na te obszary) to osobne zagadnienie, omawiane na specjalnych kursach różnorodności biosfery i biogeografii. Tu tylko zerknijmy na tę różnorodność biosfery, oglądając kilka charakterystycznych widoków.



Znaczną część lądów Ziemi zajmują rejony tropikalne (to znaczy, mieszczące się w pasie szerokości geograficznych między zwrotnikami), co lepiej widać na mapach w projekcji wiernopowierzchniowej, niż na mapach w projekcji walcowej, wiernokątnej (niestety często używanych), które sztucznie zawyżają powierzchnię lądów oddalonych od równika.



Zacznijmy od emblematycznego biomu dla tropików – lasów deszczowych, które występują w różnych odmianach.



Dla nich dominującą strategią rośliny jest gigantyczne drzewo. Korony tych drzew, odcinające dostęp światła do dna lasu, są też głównym siedliskiem nie tylko fauny, ale też innych gatunków roślin (lian, epifitów).



Drzewa z korzeniami przyporowymi. Rancho Grande, Venezuela



Górski las mgłowy, Cerro de la Muerte, Kostaryka



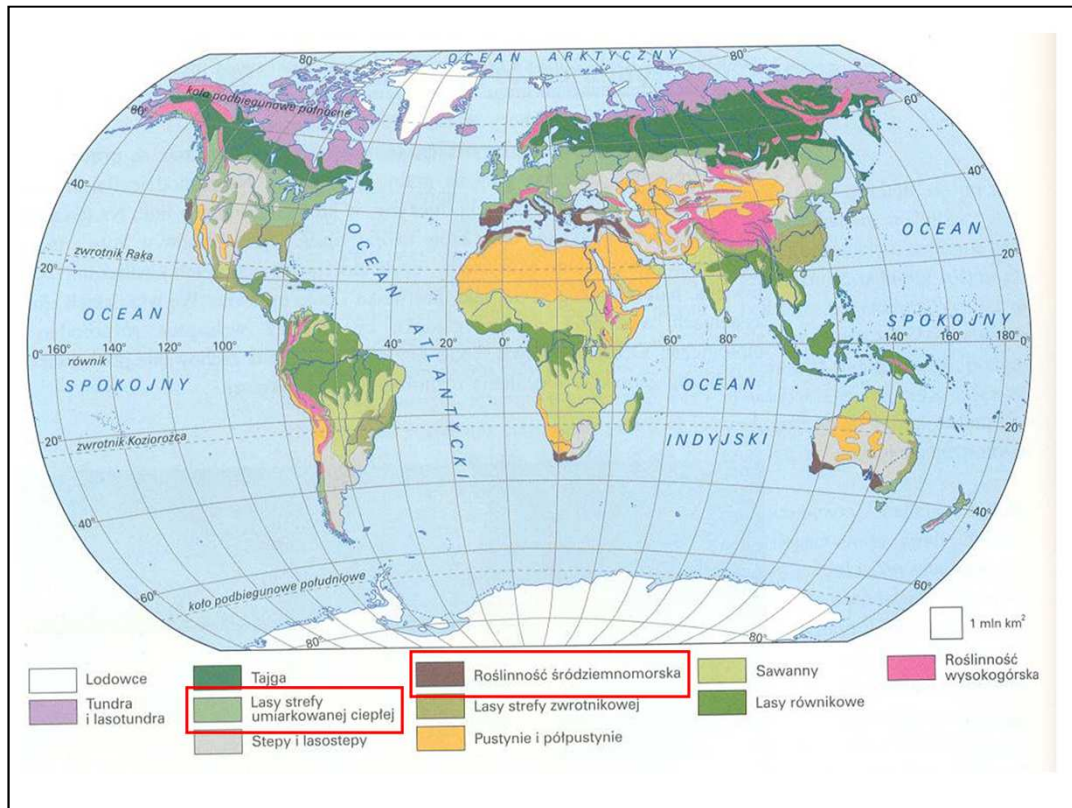
Namorzyny (lasz mangrowe); Ocumare, Venezuela

KURS EKOLOGII TROPICALNEJ

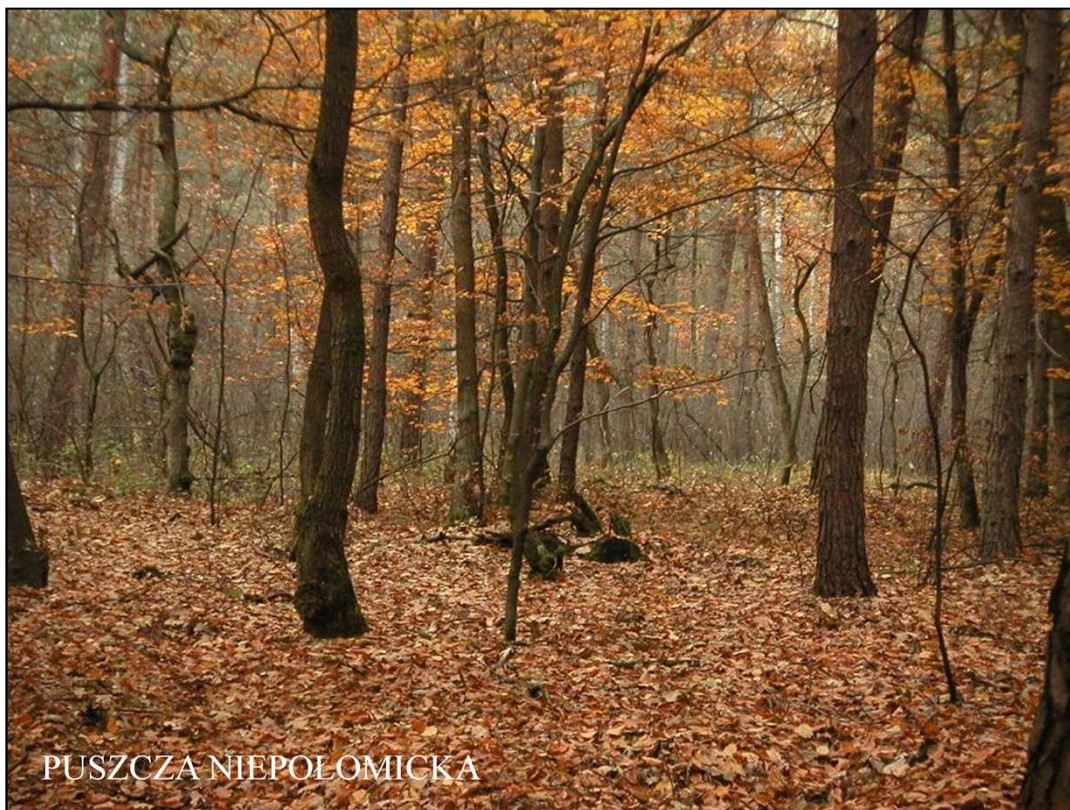
INSTYTUT NAUK O ŚRODOWISKU UJ



Ważność tropików dla funkcjonowania biosfery, oraz znaczenie obserwacji występujących w tropikach zjawisk dla zrozumienia mechanizmów, kształtujących zjawisko życia (co było udziałem Humboldta, Darwina, Wallace'a i wielu innych badaczy) powoduje, że kursy ekologii tropikalnej powinny być dostępne dla studentów biologii (i tak jest na większości czołowych uniwersytetów świata). Uniwersytet Jagielloński jest jednym z nielicznych w tej części Europy, który od kilkunastu lat oferuje takie kursy, nie tylko w sali wykładowej, ale również w terenie (na zmianę na Borneo i w Kostaryce, nie ma już niestety warunków do kontynuowania kursów w Wenezueli).



Biomy lasów strefy umiarkowanej i tzw. roślinności śródziemnomorskiej występują w Ameryce Północnej, Europie i Azji (również w Polsce). Jest to równocześnie obszar najwcześniejszego i najintensywniejszego rozwoju naszej cywilizacji, co spowodowało znaczne ograniczenie występowania naturalnych ekosystemów.



Lasy, które tu występują, jak choćby położona w pobliżu Krakowa Puszcza Niepołomicka – to już nie prawdziwe puszcze, tylko lasy gospodarcze, silnie zmienione i intensywnie eksploatowane przez człowieka.

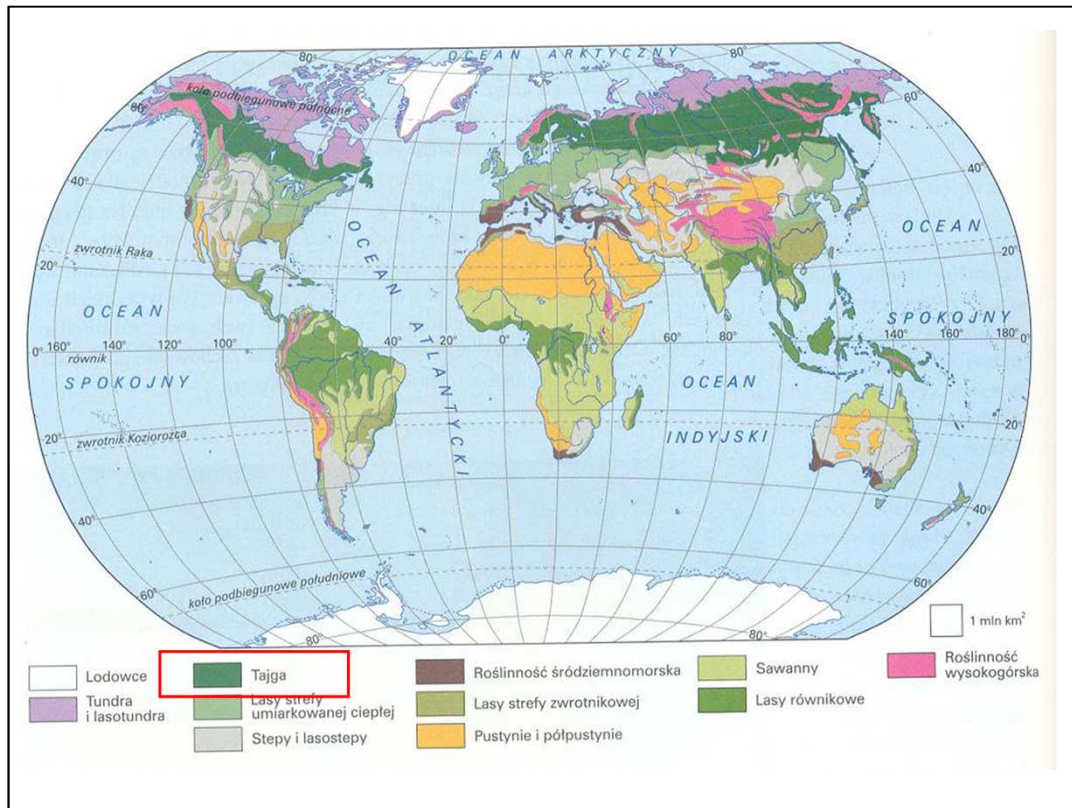


ŻUBRY W PUSZCZY BIAŁOWIESKIEJ

Jedyny w Europie fragment lasu nizinnego strefy umiarkowanej, który wciąż funkcjonuje tak, jak lasy naturalne i utrzymuje wysoką różnorodność gatunków typowych dla tego biomu, to leżąca w Polsce i na Białorusi Puszcza Białowieska. Niestety, nie wszyscy rozumieją wartość takiego relikwijnego ekosystemu i potrzebę jego ochrony.



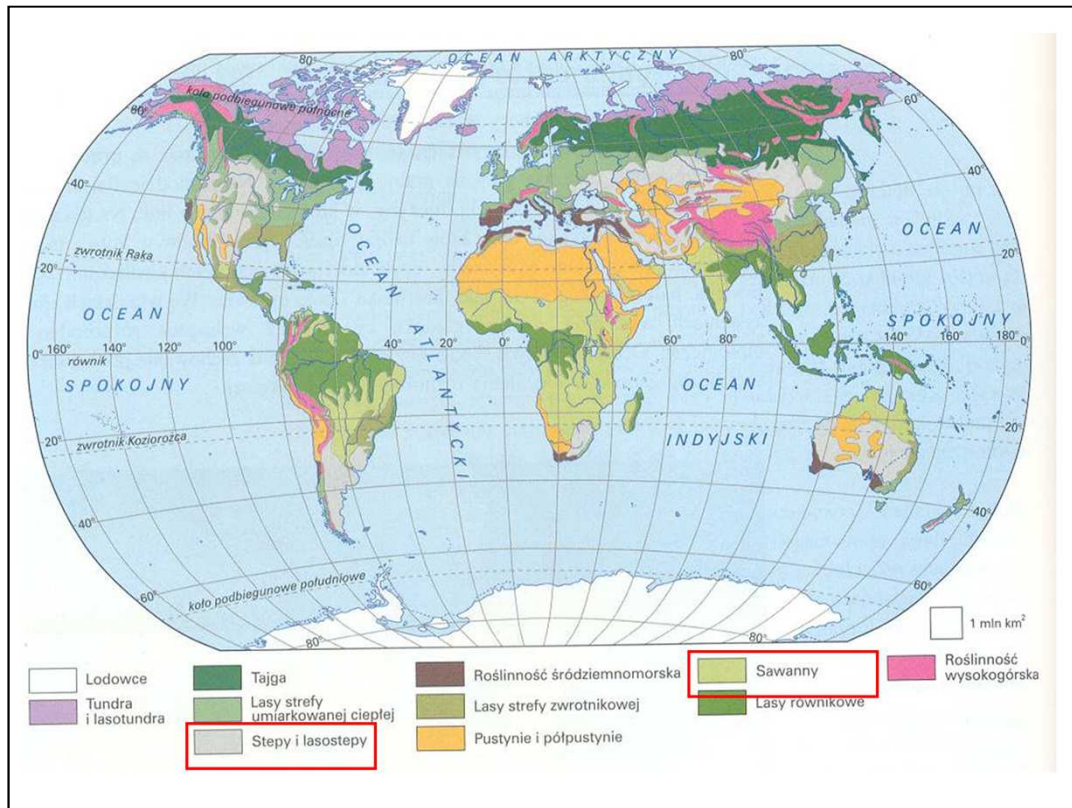
Zdecydowaną większość obszarów Europy, które pierwotnie zajmowały lasy strefy umiarkowanej, to dziś pola uprawne, miasta, autostrady.



Dalej na północ występują iglaste lasy borealne (tajga)



Tajga mongolska – górna granica lasu w górach Chentej



Znaczne obszary lądów Ziemi pokrywa roślinność trawiasta, w ogóle bez drzew (stepy, prerie, pampasy) lub z drzewami rozrzuconymi w małym zagęszczeniu (sawanny).

Preria, Wyoming, USA



Step karaganowy, Mongolia

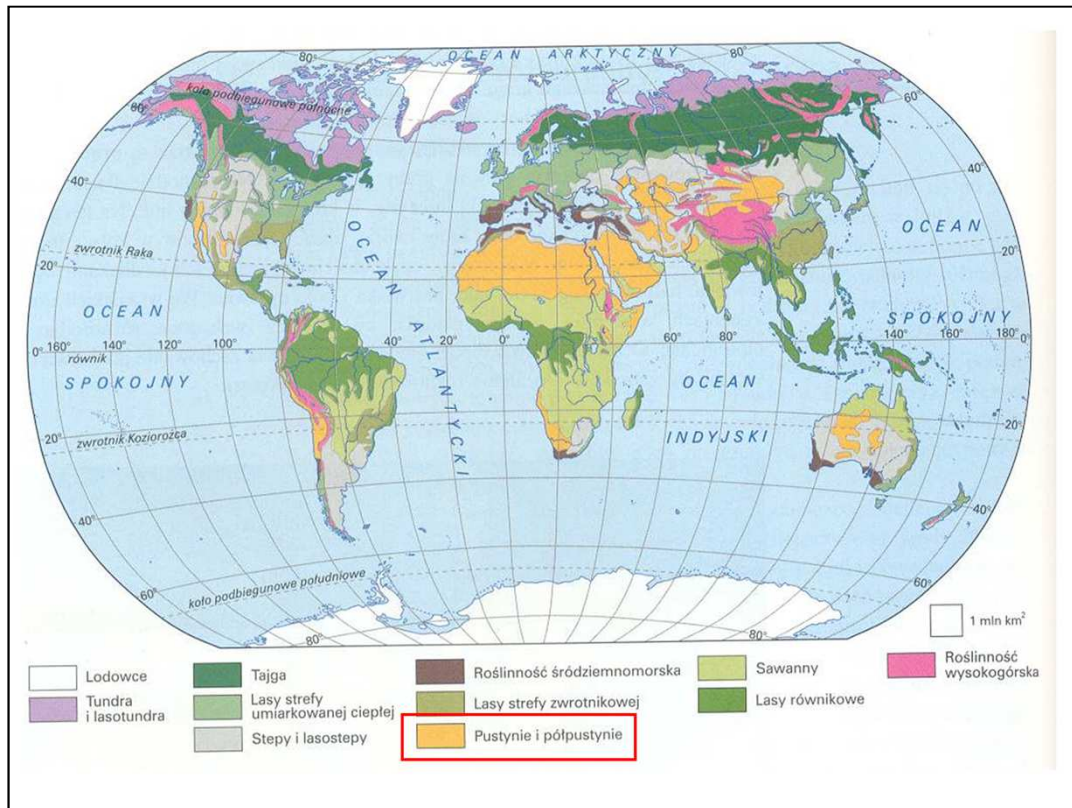




Sawanna trawiasta, Masai Mara, Kenia

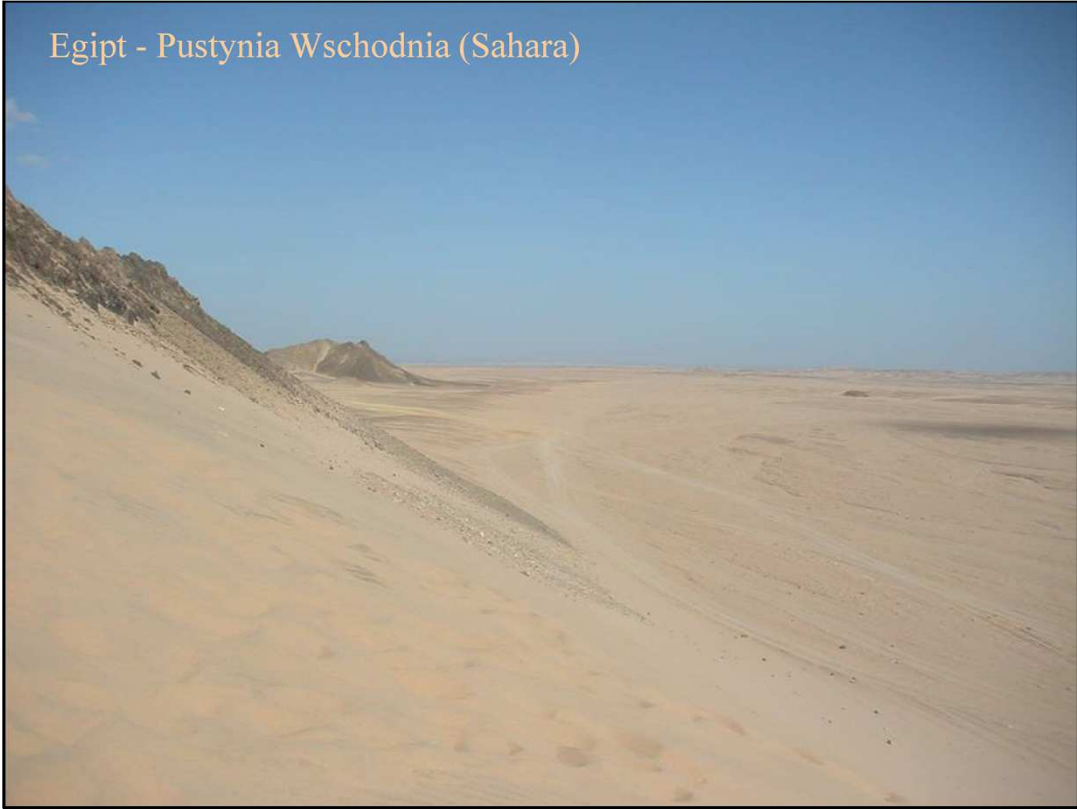


Sawanna zalewowa, Los Llanos, Wenezuela



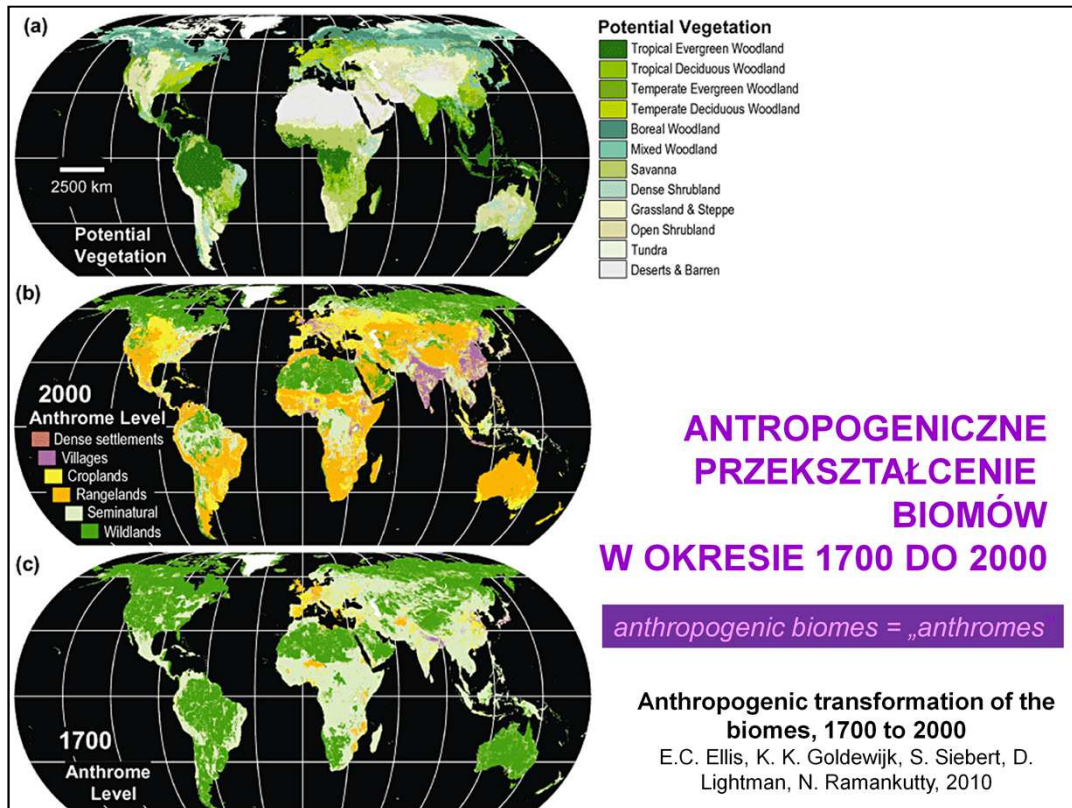
Tam, gdzie ze względu na lokalne warunki klimatyczne panuje deficyt wody, występują pustynie – ale one też są ekosystemami z wieloma gatunkami odpowiednio przystosowanych roślin i zwierząt.

Egipt - Pustynia Wschodnia (Sahara)





Pustynia kaktusowa; Sonora, Arizona, USA



Typowe biomy, jak w powyższych przykładach, zachowały się już tylko w parkach narodowych i rezerwach i tam, gdzie nasza cywilizacja nie znajduje odpowiednich warunków. Współcześnie dominujące typowe krajobrazy – to biomy przekształcone przez człowieka, ukuto dla nich nazwę „antromy”. Utworzono mapę roślinności „potencjalnej” – jaka pokrywałaby lądy bez ingerencji człowieka (a), mapę roślinności w czasach poprzedzających rewolucję przemysłową i gwałtowny wzrost zagęszczenia populacji ludzkiej – początek XVIII w (c), i mapę aktualną (b). Antromy (zaznaczone kolorami żółtymi, czerwono-brązowymi i fioletem) zajmują już prawie całą powierzchnię lądów. Zaznaczone na zielono obszary nadal występujących biomów naturalnych – to przeważnie pustynie, fragmenty puszczy amazońskich i polarna tundra.

