

Ekologia z elementami ochrony przyrody i środowiska

*Prof. dr hab. Ryszard Laskowski
Instytut Nauk o Środowisku
ul. Gronostajowa 7, pok. 2.1.2*

www.cyfronet.krakow.pl/~uxlaskow

konsultacje: wtorki, 13.00-14.30

1/44

Ekosystem

- **Funkcjonowanie**
- **Zagrożenia i ochrona**

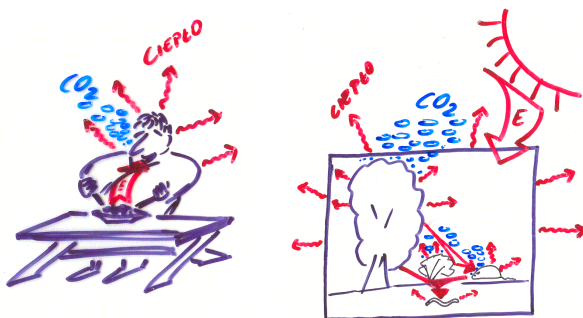
2/44

Zagadnienia do dyskusji

- Przepływ energii w ekosystemie, ograniczenia długości łańcuchów troficznych
- Od czego zależy tempo produkcji pierwotnej na lądach i w oceanach?
- Od czego zależy tempo dekompozycji materii organicznej?
- Które ekosystemy są najbardziej efektywnymi producentami tlenu netto?
- Bilans energetyczny biosfery i udział człowieka w wykorzystaniu energii

3/44

Osobnik i ekosystem



4/44

Termodynamika ekosystemów

I zasada termodynamiki (zachowania energii):

Ilość energii pozostającej w układzie (ekosystemie) jest różnicą między energią doprowadzoną do układu a energią utraconą (rozproszoną w postaci energii cieplnej) wskutek wykonania pracy.

II zasada termodynamiki (entropii):

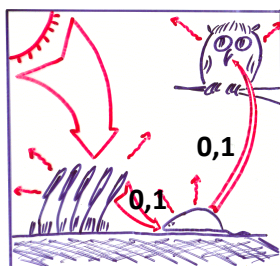
Naturalnym kierunkiem przemian energetycznych we Wszechświecie jest wzrost entropii (stopnia nieuporządkowania).

→ Ilość energii dostępnej dla kolejnych poziomów troficznych jest ograniczona („zasada 10%”)

→ Energia przepływa przez ekosystemy

5/44

Osobniki w ekosystemie – przepływ energii

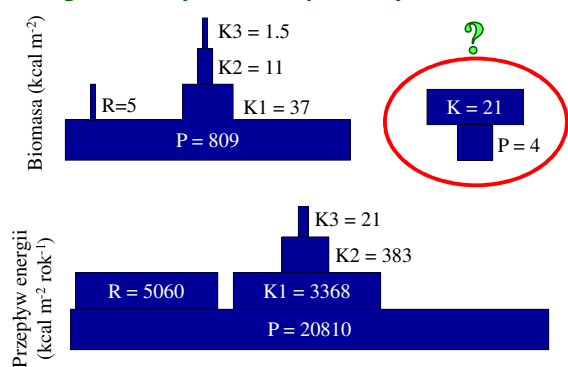


Konsekwencje:

- Ilość biomasy (energii) na kolejnych poziomach troficznych spada
- Długość łańcuchów troficznych jest ograniczona

6/44

Energia w ekosystemie – „piramidy Lindemana”



7/44

Skąd biorą się odwrócone piramidy biomas?

- Biomasa = „plon” (ang. “standing crop”, Sc)
- Plon można uzyskać kilkakrotnie w ciągu roku
- tempo rotacji biomasy (θ_B)
- produkcja = plon \times tempo rotacji

$$P = Sc \times \theta_B$$



$$\theta_B = P / Sc$$

$$\theta_{\text{populacji}} = 1/t_{\text{śr}}$$

8/44

Produkcja ekosystemu

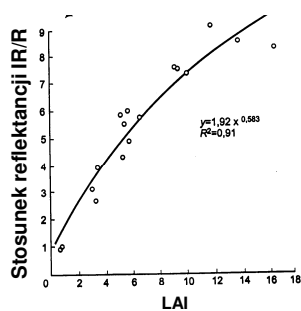
- **Produkcja pierwotna**
 - brutto (GPP – ang. *Gross Primary Production*)
całkowita ilość energii związana przez autotrofy
 - netto (NPP – ang. *Net Primary Production*)
energia związana i zgromadzona przez autotrofy po odjęciu energii zużytej na oddychanie
- **Produkcja wtórna**
 - całość produkcji wszystkich konsumentów ekosystemu
- **Produkcja netto ekosystemu** (NEP – ang. *Net Ecosystem Production*)
 - całość energii zakumulowanej w ekosystemie

9/44

Produktywność w skali globalnej

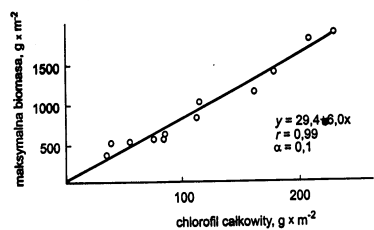
10/44

Stosunek natężenia promieniowania odbitego w zakresie bliskiej podczerwieni (IR) i odbitego w zakresie czerwieni (R) koreluje ze wskaźnikiem powierzchni liści (LAI, *ang. Leaf Area Index*)



11/44

Korelacja między biomasą liści i ilością chlorofilu na jednostkę powierzchni

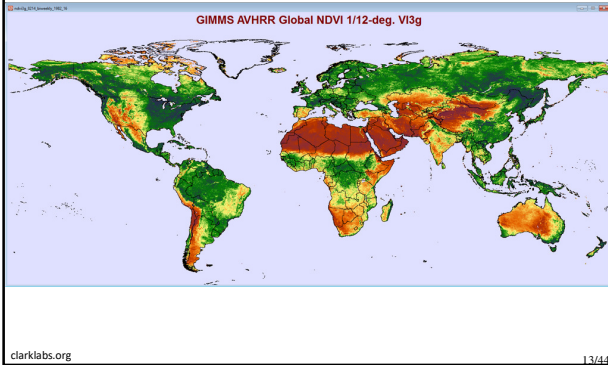


Wskaźnik znormalizowanej różnicy dla wegetacji (*ang. Normalized Difference Vegetation Index*):

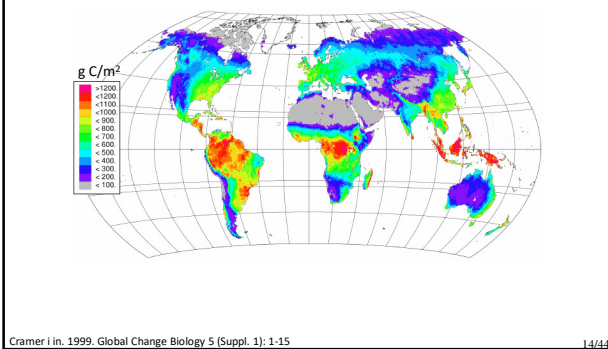
$$NDVI = \frac{IR - R}{IR + R}$$

12/44

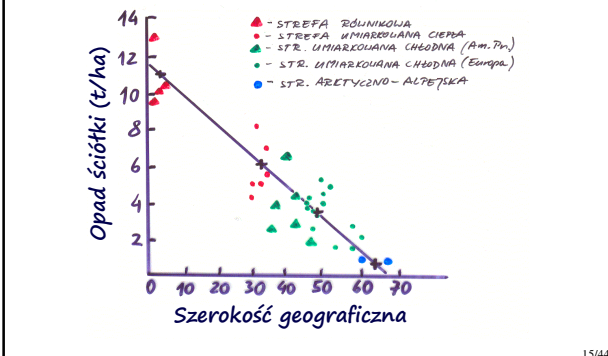
NDVI w skali globu



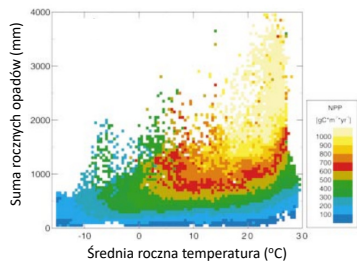
Globalna produktywność pierwotna netto: średnia z 15 modeli



Produkcja ściółki jest dobrą miarą produktywności ekosystemów



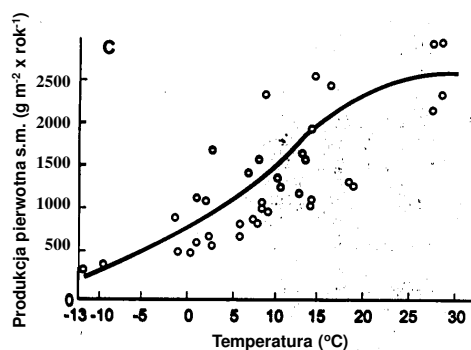
Produktywność pierwotna netto w zależności od temperatury i opadów: średnia z 15 modeli



Schloss i in. 1999. Global Change Biology 5 (Suppl. 1): 25-34

16/44

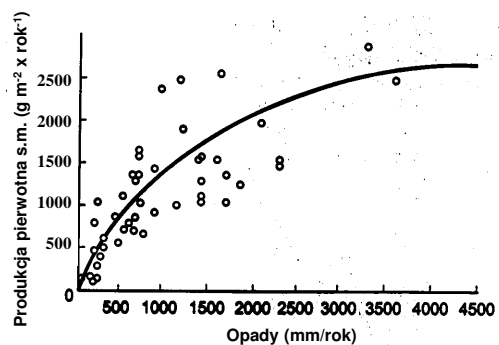
**Od czego zależy produktywność ekosystemów lądowych?
TEMPERATURA**



Za Weinerem, 1999

17/44

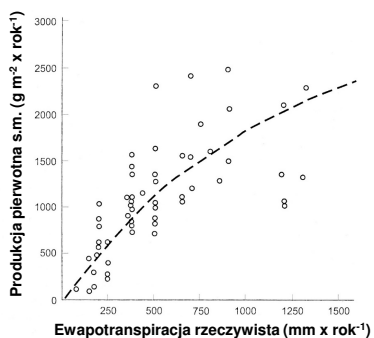
**Od czego zależy produktywność ekosystemów lądowych?
OPADY**



Za Weinerem, 1999

18/44

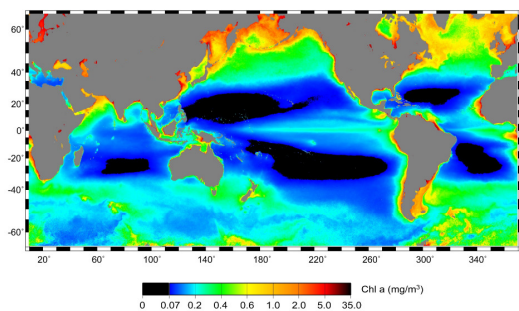
Ewapotranspiracja – dobra miara sumująca łączne oddziaływanie temperatury, dostępności wody, rodzaju gleby, okrywy roślinnej i ukształtowania terenu



Za Weinerem, 1999

19/44

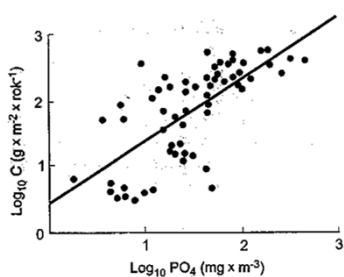
Produktywność oceanów



NOAA – National Oceanic and Atmospheric Administration

20/44

**W ekosystemach wodnych...
jest inaczej**



Schindler, 1978

21/44

Czynniki limitujące produktywność ekosystemów

Ekosystemy lądowe:

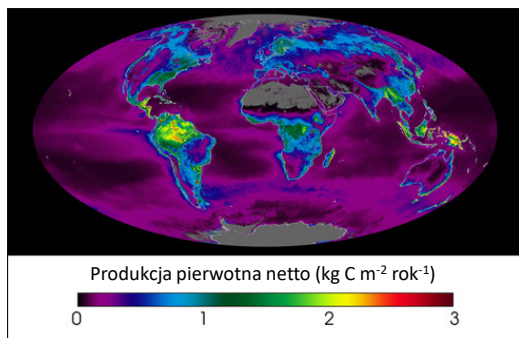
- temperatura
 - dostępność wody
 - światło
- } ewapotranspiracja

Ekosystemy wodne (strefa eufotyczna):

- dostępność biogenów (P, Fe, inne)

22/44

Produktywność ekosystemów w skali globalnej



23/44

Ekosystem	NPP ($\text{kg m}^{-2} \text{rok}^{-1}$)	Całkowita produkcja ($\text{t} \times 10^9$)
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

24/44

Ekosystem	NPP (kg m ⁻² rok ⁻¹)	Całkowita produkcja (t ×10 ⁹)
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
LĄDOWE ŁĄCZNIE:	0,9	132,3
Morza i oceany	0,25	91,6
Jeziora i rzeki	0,4	0,8
WODNE ŁĄCZNIE:	0,26	92,4
CAŁKOWITA PROD. PIERW.	0,44	224,6

25/44

Podsumowanie

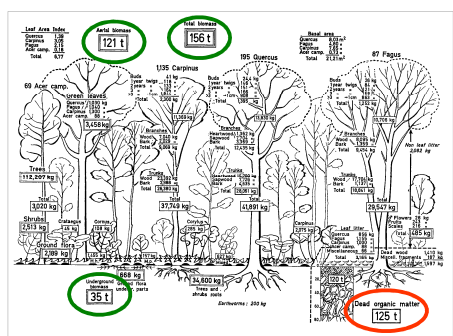
- **Ekosystem** – wyodrębniona jednostka funkcjonalna, składająca się z biocenozy i nieożywionego środowiska
- Energia związana przez autotrofy jest rozpraszana na kolejnych poziomach troficznych → **zasada 10%**
- Produktywność ekosystemów zależy od klimatu (**ewapotranspiracja!**)
- Najwyższa produktywność – **tropikalne moczary (do 4 kg/m² rocznie)**; najniższa – pustynie (0,01 kg/m²)
- Morza i oceany: niska produktywność, duża łączna produkcja (obszar!)
- Czynniki ograniczające produktywność odmienne na lądach i w ekosystemach wodnych (**ewapotranspiracja vs biogeny**)

26/44

Dekompozycja

27/44

Rozmieszczenie materii organicznej (t/ha) w ekosystemie – las liściasty w Belgii



121

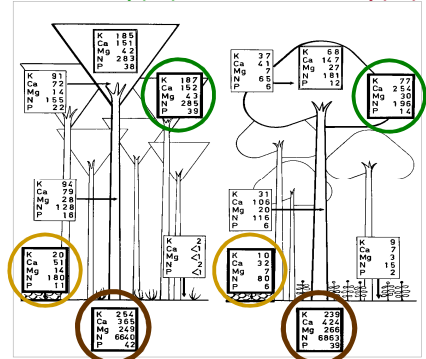
160

Duvigneaud i Denayer-De Smet, 1970

28/44

Rozmieszczenie biogenów w ekosystemie (kg/ha)

Las bukowy (GB) Las kasztanowcowy (GB)



Ovington, 1962

29/44

Biomasa różnych grup zwierząt w ekosystemach leśnych. I. Kręgowce i bezkręgowce poza fauną glebową

Grupa	Lokalizacja	Biomasa (kg/ha)
ptaki	Czechosłowacja	0,5 – 1,2
<i>Apodemus sylvaticus</i>	Anglia	0,25 – 2,0
<i>Clethrionomys glareolus</i>	Anglia	0,25 – 2,0
<i>Sorex araneus</i>	Anglia	0,12 – 1,0
<i>Talpa europea</i>	Anglia	1,00 – 4,9
<i>Oryctolagus cuniculus</i>	Anglia	3,20 – 12,8
<i>Dama dama</i>	Anglia	2,1
Bezkręgowce koron drzew (bez Acarina i Collembola)	Anglia	0,01 – 5,0 (sucha masa!)

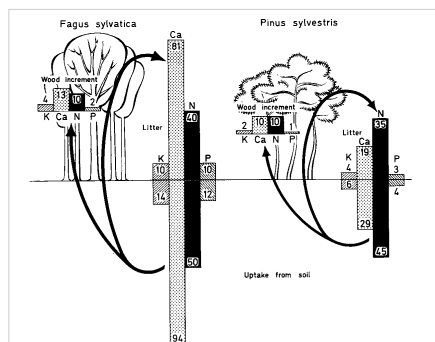
30/44

Biomasa różnych grup zwierząt w ekosystemach leśnych. II. Bezkręgowce glebowe i ściółkowe

Grupa	Lokalizacja	Biomasa (kg/ ha)
Microarthropoda	Dania	110
Nematoda	Dania	40 – 50
Enchytraeidae	Dania	30 – 250
Acarina i Collembola	Dania	98 – 708
Lumbricidae	Europa	20 – 2000

31/44

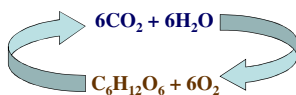
Roczny obieg biogenów w lasach bukowych i sosnowych (w kg ha⁻¹ rok⁻¹)



Duvigneaud i Denayer-De Smet, 1970

32/44

Dekompozycja martwej materii organicznej



- Dekompozycja = fizykochemiczna i biologiczna degradacja materii organicznej:
 - mikroorganizmy (bakterie, grzyby) → rozkład biologiczny
 - fauna glebowa (głównie bezkręgowce) →
 - rozdrabnianie resztek roślinnych i zwierzęcych
 - dyspersja mikroorganizmów
 - środowisko życia
 - żerowanie na mikroorganizmach → wpływ na tempo rotacji
 - mieszanie materii organicznej z glebą mineralną

33/44

Tempo dekompozycji – metodyka

- **Metody badań (terenowe i laboratoryjne):**
 - woreczki ściółkowe
 - dekompozycja materiałów standardowych
 - pomiar tempa respiracji
 - bilanse *opad ściółki/depozyty materii organicznej*
- **model Olsona (wykładniczy):**

$$dW/dt = kW \rightarrow W_t = W_0 e^{kt}$$
- $k = f(\text{AET, L, pH, N, P, S, K, ...})$
- czas połowicznego rozkładu (t_{50}) i t_{95}

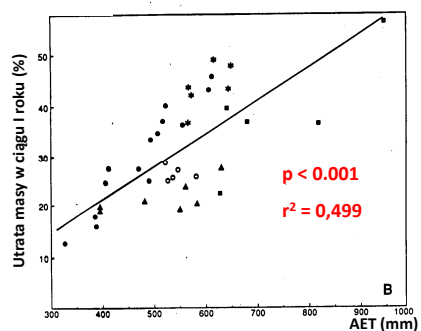
34/44

Tempo dekompozycji różnych gatunków drzew leśnych strefy klimatu umiarkowanego

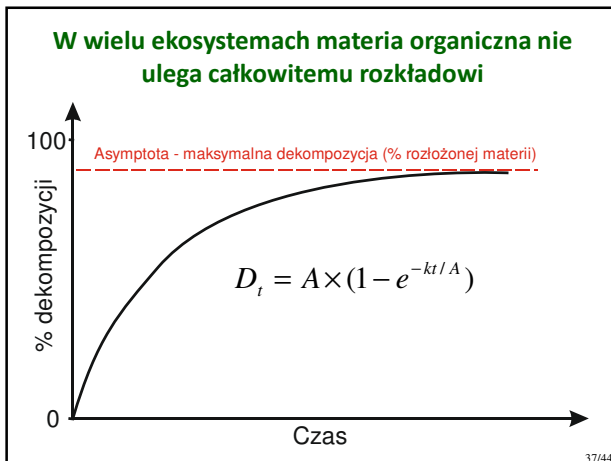
Gatunek	k	t_{95} (lata)
grab	-1,06	2,83
lipa	-0,91	3,30
dąb	-0,63	4,76
klon czerwony	-0,39	7,68
świerk	-0,30	10,00
sosna	-0,21	14,29
buk	-0,08	37,45

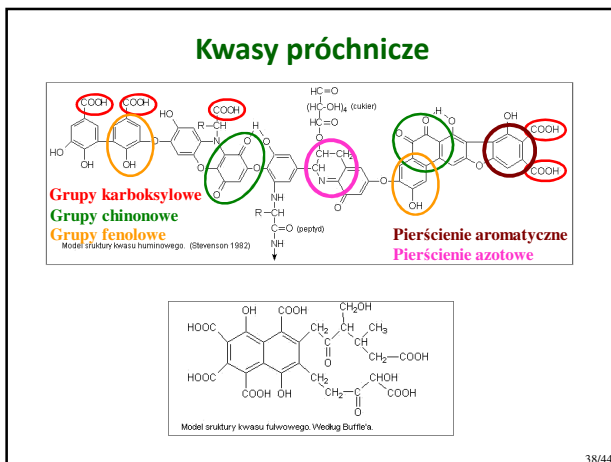
35/44

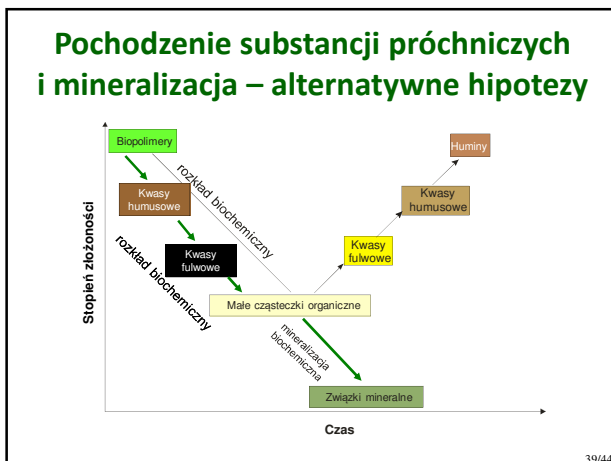
Podobnie jak produkcja, tempo dekompozycji zależy od rzeczywistej ewapotranspiracji, ale jest modyfikowane przez wiele innych czynników: skład chemiczny ściółki, gleba, roślinność,



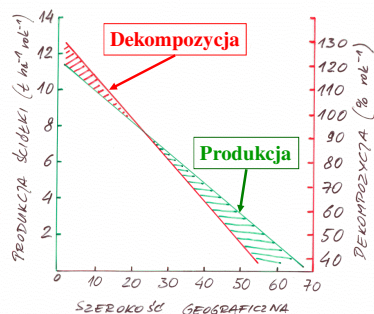
36/44





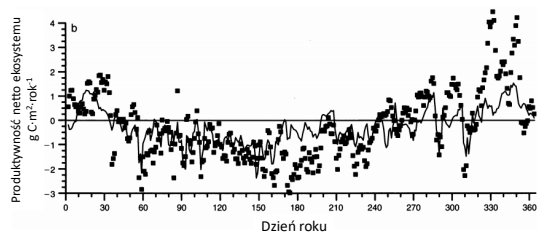


Zależność produktywności oraz tempa dekompozycji od szerokości geograficznej



40/44

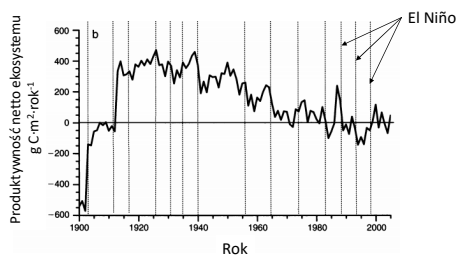
Produkcja netto ekosystemu lasu deszczowego w Amazonii



Grant et al. 2009. Modeling the carbon balance of Amazonian rain forests: resolving ecological controls on net ecosystem productivity. Ecological Monographs 79: 445-463

41/44

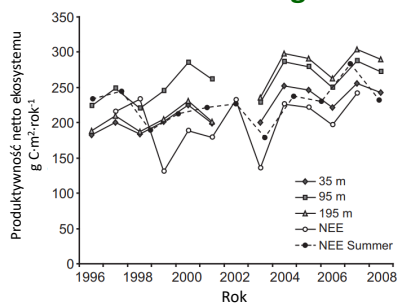
Produktwność netto ekosystemu deszczowego lasu w Amazonii w czasie 105-letniej odnowy po zniszczeniu ekosystemu w 1900 r. (model)



Grant et al. 2009. Modeling the carbon balance of Amazonian rain forests: resolving ecological controls on net ecosystem productivity. Ecological Monographs 79: 445-463

42/44

Produkcja netto ekosystemu lasu borealnego



Iłvesniemi i in. 2009. Long-term measurements of the carbon balance of a boreal Scots pine dominated forest ecosystem. Boreal Environment Research 14: 731-753.

43/44

Zagrożenia i ochrona

Tematy na seminarium:

- Najważniejsze współczesne zagrożenia dla struktury i funkcjonowania ekosystemów
- Rozkład zagrożeń w skali globu
- Metody ochrony przyrody i środowiska
 - Ochrona obszarowa
 - Ochrona gatunkowa *in situ* i *ex situ*
 - Ochrona krajobrazu
 - Ochrona procesu ewolucji
 - Restytucja ekologiczna

44/44

Dziękuję!

Powodzenia na egzaminie!

Nie zapomnij o ankiecie USOS
