

**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!)

Ovington, 1962; Jensen, 1974

4/38

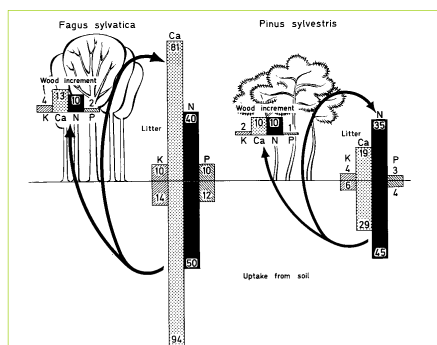
**Biomasa różnych grup zwierząt w ekosystemach leśnych.
II. Bezkręgowce glebowe i ściółkowe**

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

Ovington, 1962; Jensen, 1974

5/38

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



Duvigneaud i Denayer-De Smet, 1970

6/38

Skład chemiczny ściółki. I. Substancje organiczne

Rodzaj związków	Zawartość (%)	Uwagi
Rozpuszczalne w wodzie	6 – 32	aminokwasy, kwasy alifatyczne, cukry proste, taniny
Rozpuszczalne w alkoholu	3 – 13	pigmenty, żywice, woski, tłuszcze
Celuloza	15 – 60	
Hemicelulozy	10 – 30	
Lignina	5 – 30	

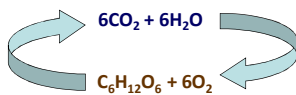
7/38

Skład chemiczny ściółki. II. Biogeny

Pierwiastek chemiczny	Zawartość (%)
N	0,34 – 1,05
P	0,02 – 0,42
K	0,04 – 0,78
Ca	0,44 – 1,46
Mg	0,03 – 0,40
Mn	0,07 – 0,34
Zn	0,006 – 0,03

8/38

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

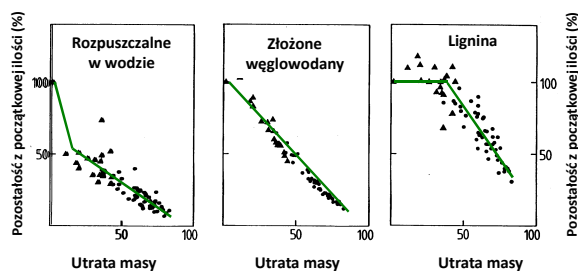
9/38

Rozkład ściółki – kluczowe procesy

- **Wymywanie**
 - proces fizykochemiczny; ewentualny udział organizmów przez rozdrabnianie ściółki
- **Właściwa dekompozycja**
 - proces biologiczny; głównie mikroorganizmy glebowe (procesy enzymatyczne)
- **Polimeryzacja**
 - proces najprawdopodobniej zdominowany przez oddziaływanie czynników fizycznych i chemicznych
- **Mineralizacja**
 - ostateczny skutek procesu rozkładu (ale nie zawsze osiągnany)

10/38

Ubytek różnych składników ściółki z postępowaniem dekompozycji



11/38

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}

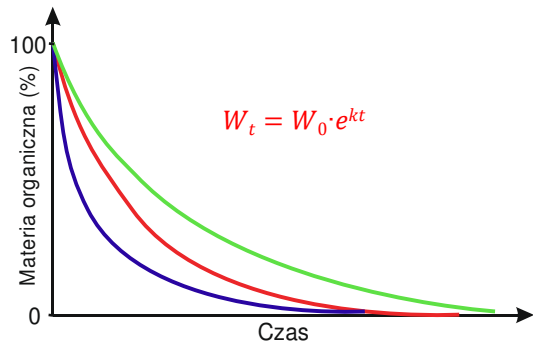
12/38

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

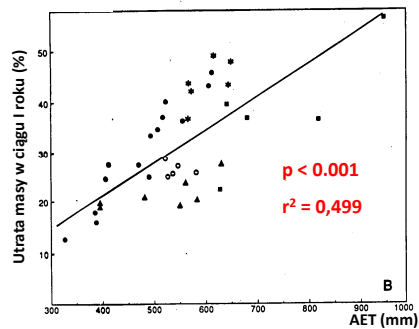
13/38

Martwa materia organiczna rozkłada się w różnym tempie, zależnie od warunków środowiskowych i składu samej materii organicznej



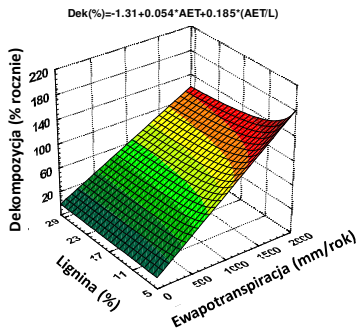
14/38

Podobnie jak produkcja, tempo dekompozycji zależy od rzeczywistej ewapotranspiracji...



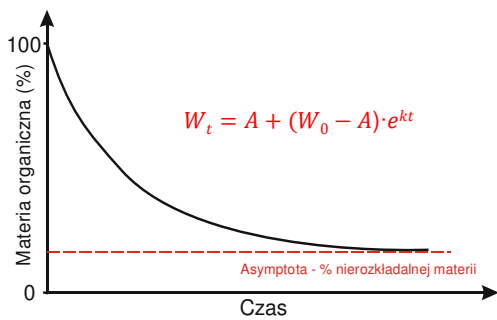
15/38

..., ale jest modyfikowane przez skład chemiczny ściółki, zwłaszcza przez **zawartość ligniny**



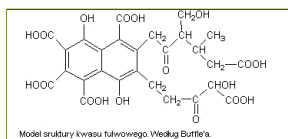
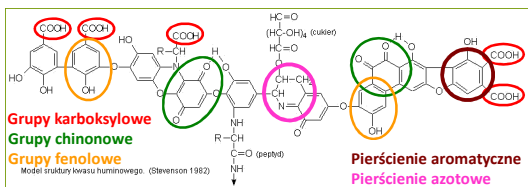
16/38

W rzeczywistości w wielu ekosystemach materia organiczna nie ulega całkowitemu rozkładowi



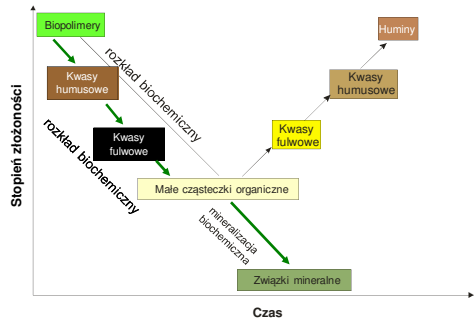
17/38

Struktura kwasów humusowych i fulwowych



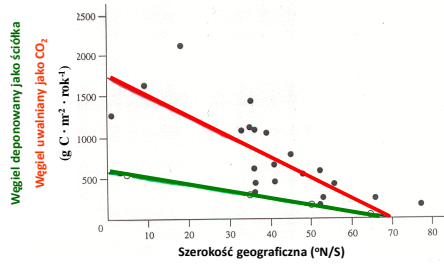
18/38

Pochodzenie substancji próchnicznych i mineralizacja – alternatywne hipotezy



19/38

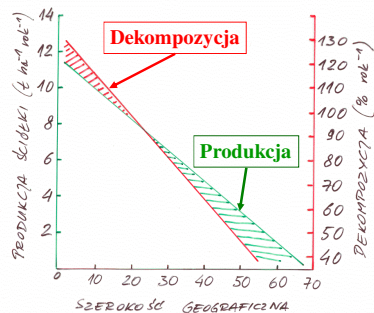
Dynamika węgla w glebach leśnych w zależności od szerokości geograficznej



Różnica pochodzi z respiracji korzeni oraz rozkładu glebowej materii organicznej (Schlesinger 1977)

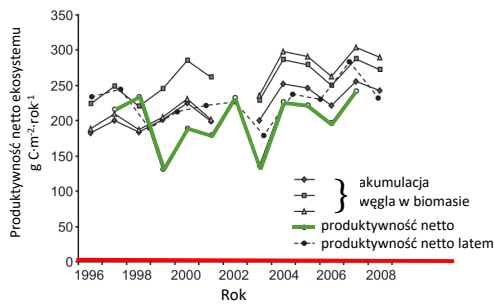
20/38

Zależność produktywności i tempa dekompozycji od szerokości geograficznej



21/38

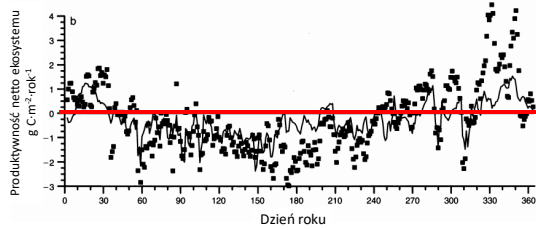
Produktywność netto ekosystemu lasu borealnego



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

22/38

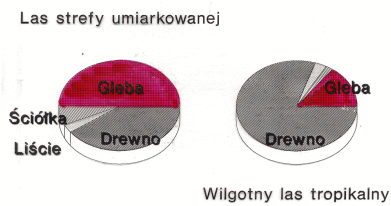
Produktywność netto ekosystemu lasu deszczowego w Amazonii



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

23/38

Podział materii organicznej między pulę biotyczną i abiotyczną w lasach strefy umiarkowanej i tropikalnych



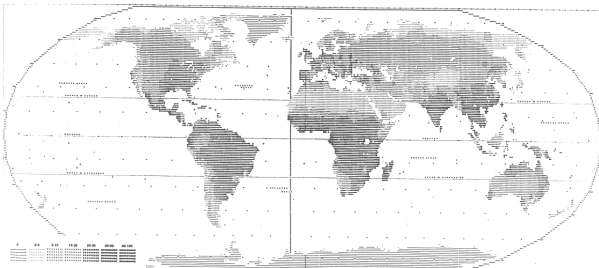
24/38

**Produkcja pierwotna i respiracja heterotrofów
w różnych ekosystemach (kcal m⁻² rok⁻¹)**

Ekosystem	Produkcja pierwotna netto	Respiracja heterotrofów
młódzik sosnowy	7500	4600
las dębowy kilkudziesięcioletni	5000	3000
las deszczowy (starodrzew)	13000	13000
duży strumień	8800	6800
przybrzeżna część cieśniny morskiej	2500	2500

25/38

**Roczna produkcja CO₂
w ekosystemach lądowych**



26/38

**Tempo akumulacji materii organicznej
w czasie pedogenezy**

Biom	Ekosystem	Tempo akumulacji (g C m ⁻² rok ⁻¹)
Lasy borealne	lasy świerkowe	11,7 – 15,3
Lasy klimatu umiarkowanego	las liściasty zawsze zielony	12,0
	lasy iglaste	6,8 – 10,0
	las liściasty	5,1
Lasy tropikalne	lasy deszczowe	2,3 – 2,5

27/38

Rozmieszczenie materii organicznej pomiędzy najważniejszymi biomami

Typ ekosystemu	Glebova mat. organiczna (kg C m ⁻²)	Powierzchnia (ha x 10 ⁹)	Całkowita glebova m. o. (t C x 10 ⁹)	Całkowite zasoby ściółki (t C x 10 ⁹)
Lasy tropikalne	10,4	24,5	255	3,6
Lasy umiarkowane	11,8	12	142	14,5
Lasy borealne	14,9	12	179	24,0
Tundra i alpejskie	21,6	8	173	4
Rolnicze	12,7	14	178	0,7

28/38

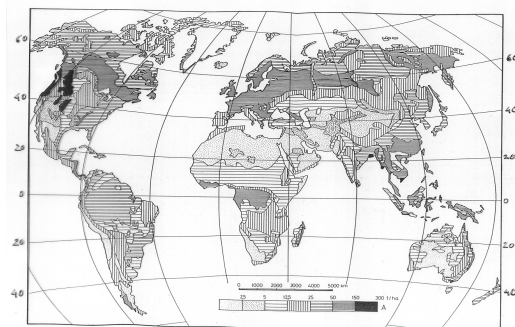
Rozmieszczenie glebowego węgla organicznego w poszczególnych pasach klimatycznych

KLIMAT	Powierzchnia (% całkowitej)	C organiczny (kg m ⁻²)	C organiczny (% zasobów)
tropikalny	42,1	10,3	27,5
subtropikalny	19,2	12,9	15,7
subborealny	16,5	14,6	15,2
borealny	17,8	31,1	35,1

} pow = 34,3%
} C_{org} = 50,3%

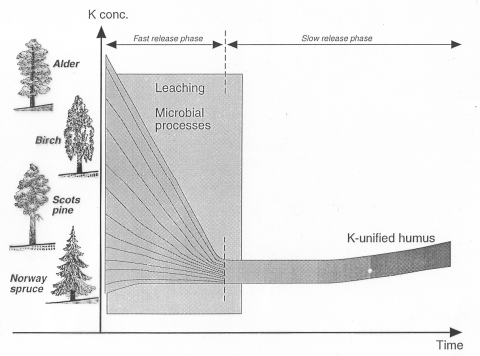
29/38

Rozmieszczenie martwej materii organicznej na łąkach (t/ha)



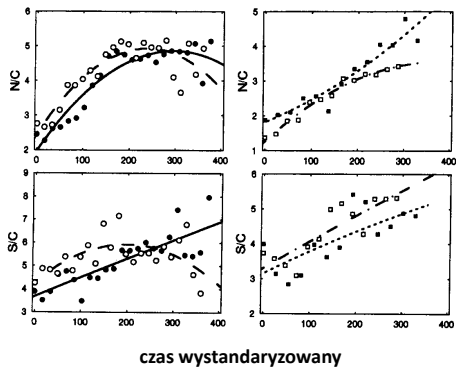
30/38

Dynamika pierwiastków chemicznych w czasie dekompozycji ściółki



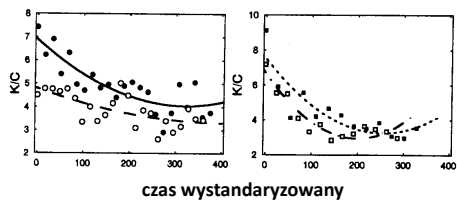
31/38

Dynamika azotu i siarki w czasie dekompozycji



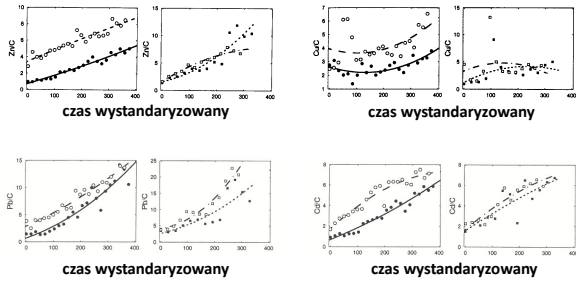
32/38

Dynamika potasu jest z reguły odmienna:



33/38

Stężenie metali „ciężkich” zawsze rośnie



34/38

Skutek wzrostu stężenia toksycznych metali – akumulacja nie rozłożonej materii organicznej

ilość m. o. kg/m ²	odl. od huty (km)	Cd mg/kg ¹	Pb mg/kg ¹	Zn mg/kg ¹	Cu mg/kg ¹	pH
13,2	2,9	32,0	721	1884	47	6,30
8,3	2,5	23,0	1052	764	73	3,95
8,3	2,9	62,0	2179	2469	135	3,88
7,9	3,1	98,0	1545	2814	100	5,03
3,1	28,6	5,7	103	202	15	5,66
1,7	6,8	7,2	191	169	16	5,76
0,9	23,0	1,5	44	80	20	5,45

35/38

Pobieranie biogenów przez drzewa względem zasobów ściółkowych

Gatunek	Biomasa (t/ha)	Pobieranie biogenów w ciągu 130 lat (kg/ha)					
		N	P	K	Ca	Mg	Zn
<i>Fagus sylvatica</i>	125,0	154	11	123	130	27	0,8
<i>Pinus sylvestris</i>	194,8	202	22	104	288	46	0,9
<i>Populus tremuloides</i>	476,5	647	85	644	1970	127	-
<i>Picea abies</i>	618,3	637	68	406	668	93	3,3

Ściółka	Masa (t/ha)	Zasoby biogenów (kg/ha)					
		N	P	K	Ca	Mg	Zn
	20,0	210	84	156	292	80	6,0

36/38

Do zapamiętania

- W wielu ekosystemach **znaczna część materii organicznej jest zdeponowana w glebie**
 - podział materii organicznej między biomasę naziemną i glebową materię organiczną zależy od klimatu → konsekwencje dla odnowy ekosystemów leśnych
- Dekompozycję materii organicznej przeprowadzają głównie **grzyby i bakterie**
- Przebieg dekompozycji można opisać **modelem wykładniczym** → stała dekompozycji k i czas połowicznego rozkładu
- Tempo dekompozycji zależy głównie od klimatu (**ewapotranspiracja**) i składu chemicznego ściółki (**lignina**)
- **Depozyty glebowej materii organicznej powstają najszybciej w tajdze (tropiki – duża produktywność, ale bardzo szybki rozkład)**
- Różne tempo uwalniania pierwiastków chemicznych, **akumulacja metali** → konsekwencje w rejonach zanieczyszczonych

37/38

