



# EKOLOGIA

## Ekologia zespołów

Ryszard Laskowski  
www.cyfronet.edu.pl/~uxlaskow

1/49

---

---

---

---

---

---

---

---

**Bioróżnorodność  
= różnorodność biotyczna**

2/49

---

---

---

---

---

---

---

---

## Struktura zespołów

- Jak można scharakteryzować strukturę zespołu: cechy charakterystyczne
  - Ile gatunków (bogactwo gatunkowe)
  - Względna częstość występowania (dominacja, jednorodność)
  - Różnorodność (bogactwo + jednorodność)
  - Jakiego rodzaju gatunki?

3/49

---

---

---

---

---

---

---

---

## Miary bogactwa i jednorodności gatunkowej

- Indeks bogactwa gatunkowego Margalefa

$$D = \frac{S-1}{\ln N}$$

- Indeks Shannona-Wienera

$$H' = -\sum_{i=1}^S p_i \log p_i$$

- Indeks jednorodności gatunkowej Pielou

$$J = \frac{H'}{H'_{\max}} \quad H'_{\max} = \log S$$

4/49

---

---

---

---

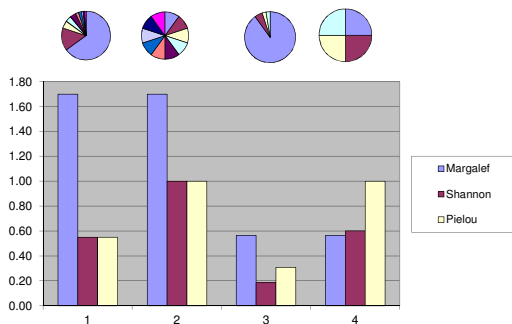
---

---

---

---

## Co oznacza „bioróżnorodność”?



5/49

---

---

---

---

---

---

---

---

## Różnorodność w różnej skali

### • Różnorodność $\alpha$

- średnia różnorodność gatunkowa dla poszczególnych siedlisk

### • Różnorodność $\beta$

- różnorodność pomiędzy siedliskami
- $\beta = \gamma/\alpha$  (Whittaker) lub  $\beta_A = \gamma - \alpha$  (model addytywny)

### • Różnorodność $\gamma$

- całkowita różnorodność gatunkowa w skali krajobrazu
- $\gamma = \alpha \cdot \beta$  (Whittaker)

6/49

---

---

---

---

---

---

---

---

## Bioróżnorodność życia

- **Gatunkowa** – koegzystujące populacje różnych gatunków
  - **Genetyczna** – zróżnicowanie pul genetycznych gatunków
  - **Ekosystemowa** – różnorodność ekosystemów na danym obszarze
- Powody, dla których warto chronić bioróżnorodność
- **użyteczne** – możemy utracić przydatne gatunki (np. pszczoły)
  - **etyczne** – wszystkie gatunki mają takie samo prawo do życia

7/49

---

---

---

---

---

---

---

---

## Interakcje między organizmami

8/49

---

---

---

---

---

---

---

---



Fot. R. Laskowski

---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---

**Interakcje międzygatunkowe**

- **Mutualizm (+/+)**
  - np. zapylanie, mikoryza, roznoszenie nasion
- **Komensalizm (+/0)**
  - np. kraby pustelniki
- **Pasożytnictwo (+/-)**
  - drapieżnictwo, roślinożerność, ekto- i endopasożytnictwo
- **Konkurencja (-/-)**
  - np. interferencyjna, eksploatacyjna

18/49

---

---

---

---

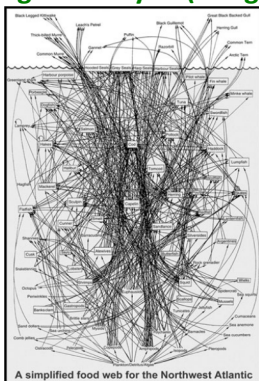
---

---

---

---

**Uproszczona sieć troficzna północno-zachodniego Atlantyku (Lavigne, 1996)**



A simplified food web for the Northwest Atlantic

19/49

---

---

---

---

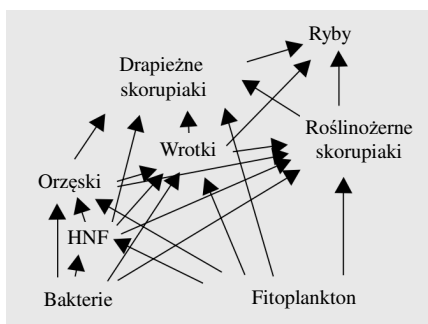
---

---

---

---

**Uproszczona reprezentacja sieci troficznej Jeziora Bodeńskiego: przepływy pomiędzy głównymi gildiami**



HNF – heterotroficzne nanoflagellata

Stralle, 2005

20/49

---

---

---

---

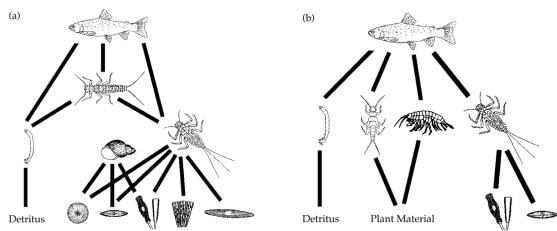
---

---

---

---

**Życie jako złożony układ funkcjonalny organizmów w środowisku**



Uogólnione schematy sieci troficznych strumieni: na łące (a) i w lesie (b)

Woodward, Thompson, Townsend & Hildrew, 2005

21/49

---

---

---

---

---

---

---

---

## Analiza sieci troficznej ekosystemu

- Liczba gatunków (**S**)
  - "gatunki troficzne", gildie
- Długość łańcucha: liczba ogniw łańcucha
  - np. roślina – roślinożerca, roślinożerca – drapieżnik = 2
- Liczba powiązań (**L**)
  - maksymalna liczba powiązań:  $L_{\max} = S^2 - S$
  - maksymalna liczba powiązań przy kanibalizmie:  $L_{\max} = S^2$
  - relacje asymetryczne:  $L'_{\max} = L_{\max}/2$
- Współczynnik konektancji:  $C = L/L_{\max}$
- Gęstość powiązań:  $d = L/S$

22/49

---

---

---

---

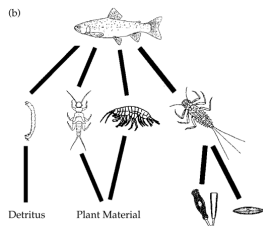
---

---

---

---

## Analiza sieci troficznej ekosystemu Przykład



$S = 9$  ("gatunki" troficzne)  
Liczba poziomów troficznych = 3  
Długość łańcucha = 2  
 $L = 9$   
 $L_{\max} = S^2 - S = 9^2 - 9 = 72$   
 $L'_{\max} = L_{\max}/2 = 72/2 = 36$   
 $C = L/L'_{\max} = 9/36 = 0,25$   
 $d = L/S = 1$

23/49

---

---

---

---

---

---

---

---

## Czym są zespoły organizmów?

24/49

---

---

---

---

---

---

---

---



## Historyczna debata na temat zespołów

### • Szkoła „superorganizmalna” (Clements i Tansley)

- W przyrodzie obiektywnie istnieją fundamentalne jednostki organizacji organizmów
- Zespoły istnieją w postaci zintegrowanych jednostek („super-organizmów”, „niby-organizmów”)
- Zespoły roślin lub zwierząt da się opisywać jako wyodrębnione jednostki

### • Szkoła indywidualistyczna (Gleason)

- Każdy gatunek ma właściwy sobie areal
- Zespoły są ubocznym produktem poszukiwania przez gatunki najlepszych warunków środowiskowych i zachodzenia na siebie zasięgów poszczególnych gatunków
- Zespoły zmieniają się, gdy zmianie ulegają warunki środowiskowe

25/49

---

---

---

---

---

---

---

---

## Jak powinien wyglądać świat „super-organizmów”?

- Granice między zespołami powinny być wyraźne
- Stanowiska „przejściowe” (mieszane) powinny zdarzać się tylko wyjątkowo
- Mozaikowość dopuszczalna wyłącznie na granicach zespołów (np. tajga/tundra)
- Zmiana warunków środowiskowych powinna pociągać za sobą równoczesną zmianę całych zespołów

→ Oddzielne zespoły na gradientach środowiskowych (przestrzennych lub czasowych)

26/49

---

---

---

---

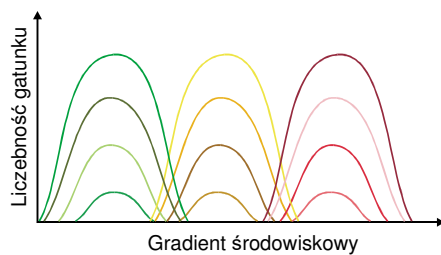
---

---

---

---

## Świat „superorganizmów”



27/49

---

---

---

---

---

---

---

---

## Jak powinien wyglądać świat indywidualistów?

- Granice między zespołami powinny być rozmyte, determinowane różnymi wymogami siedliskowymi gatunków
- Stanowiska mieszane i mozaikowate powinny być regułą
- Zmiana warunków środowiskowych winna pociągać za sobą stopniowe zmiany składu gatunkowego

→ Na gradientach środowiskowych (w czasie lub przestrzeni) można obserwować ciągłość zastępowania jednych gatunków innymi.

28/49

---

---

---

---

---

---

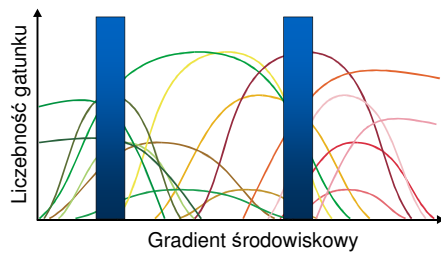
---

---

---

---

## Świat indywidualistów



29/49

---

---

---

---

---

---

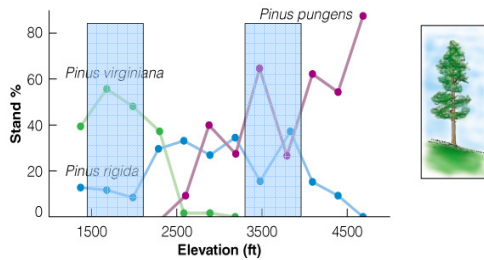
---

---

---

---

## Występowanie trzech gatunków sosny w Ameryce Północnej



© Copyright 2001 by Benjamin Cummings, an imprint of Addison Wesley Longman.

---

---

---

---

---

---

---

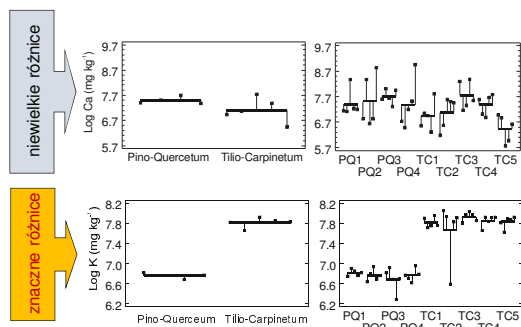
---

---

---



### Są jednak wyraźne różnice środowiskowe między dominującymi zespołami



34/49

---

---

---

---

---

---

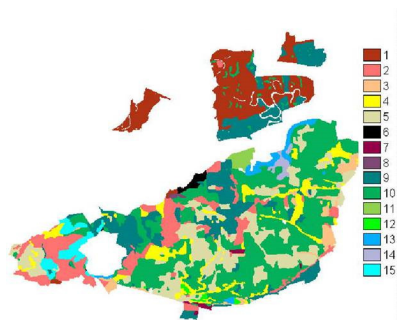
---

---

---

---

### Przestrzenne zróżnicowanie gleb w Puszczy Niepołomickiej



35/49

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Zatem jaki jest świat?

- Stanowiska mozaikowe i mieszane występują częściej, niż wymagałby tego model „superorganizmalny”;
- Analizy pyłków roślin na przestrzeni ostatnich dziesiątek tysięcy lat nie wskazują na radykalne zmiany całych zespołów, lecz raczej na stopniową wymianę gatunków;
- Granice między zespołami bywają zarówno rozmyte, jak i ostre;
- W wielu wypadkach daje się jednak wyodrębnić dość jednolite zespoły;

→ „superorganizmy” nie istnieją, jednak gdybyśmy znali szczegółowo charakterystykę środowiska i gdyby to środowisko pozostawało niezmiennie, to potrafilibyśmy przewidzieć z jakich indywidualnych gatunków będą się składały zespoły.

36/49

---

---

---

---

---

---

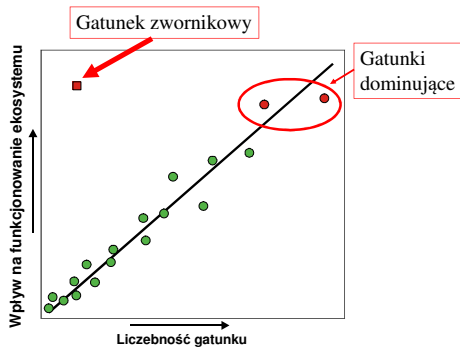
---

---

---

---

### Wpływ zespołu na funkcjonowanie ekosystemu: gatunki rzadkie, dominujące i zwornikowe



---

---

---

---

---

---

---

---

### Stabilność zespołów i ekosystemów

38/49

---

---

---

---

---

---

---

---

### Stabilność zespołów i ekosystemów

- **Stabilność:** wewnętrzna odporność systemu na zewnętrzne zakłócenia

Np.: spadek rocznych opadów o 30% →  
→ redukcja produkcji o 20% →  
→ redukcja liczebności roślinożerców o 10% →  
→ brak wpływu na liczebność drapieżców

39/49

---

---

---

---

---

---

---

---

Równowaga neutralna, niestabilna,  
stabilna



40/49

---

---

---

---

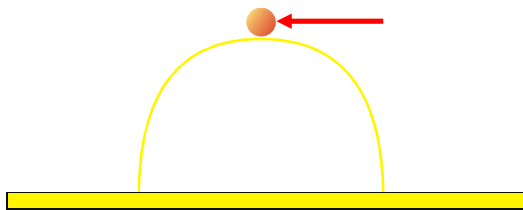
---

---

---

---

Równowaga neutralna, niestabilna,  
stabilna



41/49

---

---

---

---

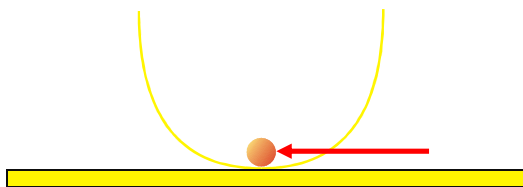
---

---

---

---

Równowaga neutralna, niestabilna,  
stabilna



42/49

---

---

---

---

---

---

---

---

### Czynniki sprzyjające zachowaniu stanu równowagi w ekosystemie

- Stałość środowiska (zewnętrznych warunków fizykochemicznych)
- Przewidywalność środowiska
- **Struktura troficzna ekosystemu**
- Homeostatyczne mechanizmy organizmów wchodzących w skład biocenozy i dynamika ich populacji

43/49

---

---

---

---

---

---

---

---

### Dynamika liczebności rysia kanadyjskiego

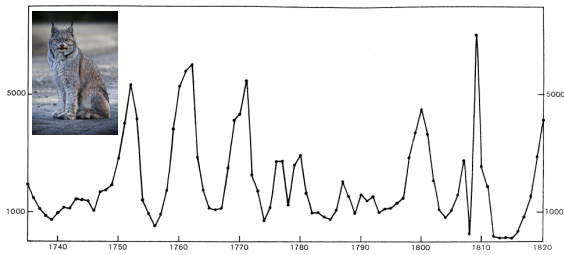


Fig. 10. Hudson's Bay Company lynx furs, Outfit 1723-1820. 1733-77, 1779-86, 1794-9 from the Company's sales records; 1778, 1787-93, 1800-20 from Peabody (1895).

Elton and Nicholson, 1942, Journal of Animal Ecology 11: 215-244; Fot.: Creative Commons

44/49

---

---

---

---

---

---

---

---

### Stabilność zespołów a różnorodność

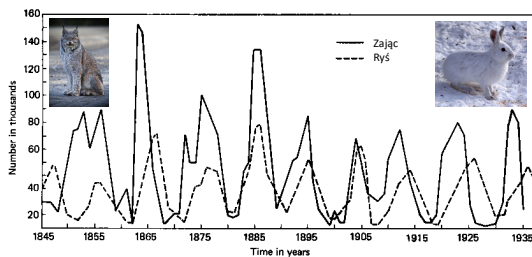


Figure 9-3. Changes in the abundance of the lynx and the snowshoe hare, as indicated by the number of pelts received by the Hudson's Bay Company. This is a classic case of cyclic oscillation in population density. (Redrawn from MacLulich 1937.)

Fot.: Creative Commons

45/49

---

---

---

---

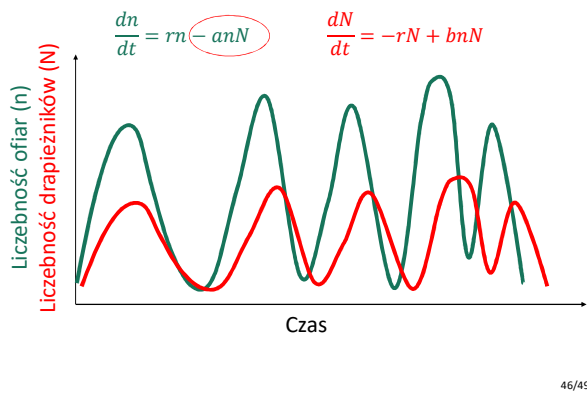
---

---

---

---

### Dynamika układu drapieżnik-ofiara




---

---

---

---

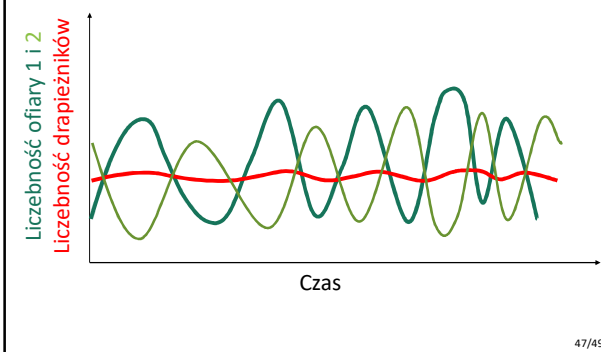
---

---

---

---

### Układ drapieżnik-dwa gatunki ofiar




---

---

---

---

---

---

---

---

### Stabilność zespołów a różnorodność

- Hipoteza MacAthura „*diversity makes stability*” (*różnorodność sprzyja stabilności*)
  - Najbardziej stabilne (?) ekosystemy na Ziemi – deszczowe lasy tropikalne – najdłużej istnieją na Ziemi w niezmiennej postaci; tu także największe bogactwo gatunków
  - ale: duże bogactwo gatunkowe lasów tropikalnych → silna konkurencja → małe populacje → duże prawdopodobieństwo ekstynkcji
  - → Czy więc bardziej stabilne są ekosystemy klimatu umiarkowanego i borealne?
- 48/49

---

---

---

---

---

---

---

---



## Do zapamiętania

- **Bioróżnorodność** (różnorodność biotyczna)
  - genetyczna
  - gatunkowa:  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$
  - ekosystemów
- **Interakcje międzygatunkowe**
  - mutualizm (+/+)
  - komensalizm (+/0)
  - pasożytnictwo (+/-)
  - konkurencja (-/-)
- **Analiza sieci troficznych: długość łańcuchów, konektancja itd.**
- **Zespoły: "superorganizmy" czy zbiory indywidualistów**
- **Równowaga i stabilność ekosystemów**
  - znaczenie różnorodności gatunkowej i powiązań troficznych

49/49

---

---

---

---

---

---

---

---