

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

1/56

Antropocen i różnorodność biotyczna

2/56

Struktura zespołów

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

3/56

Bogactwo i jednorodność gatunkowa

- Indeks bogactwa gatunkowego Margalefa

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

- Indeks Shannona-Wienera

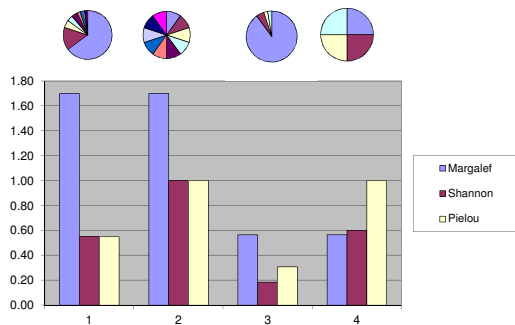
$$H' = -\sum_{i=1}^S p_i \log p_i$$

- Indeks jednorodności gatunkowej Pielou

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

4/56

Co oznacza „różnorodność” gatunkowa?



5/56

Bioróżnorodność życia

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

6/56

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

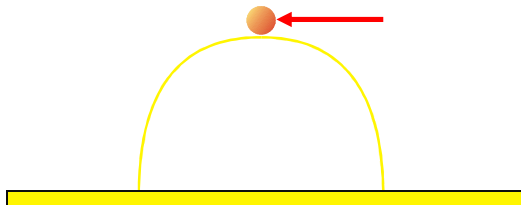
7/56

Równowaga neutralna, niestabilna, stabilna



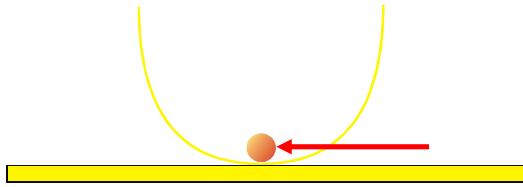
8/56

Równowaga neutralna, niestabilna, stabilna



9/56

Równowaga neutralna, niestabilna, **stabilna**



10/56

Czynniki determinujące stabilność ekosystemu

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

11/56

Stabilność zespołów a różnorodność

- Hipoteza MacArthura „*diversity makes stability*” (*różnorodność sprzyja stabilności*)
- Najbardziej stabilne ekosystemy na Ziemi – deszczowe lasy tropikalne (?) – najdłużej istnieją na Ziemi w nieziennej 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?

12/56

Dynamika liczebności rysia kanadyjskiego

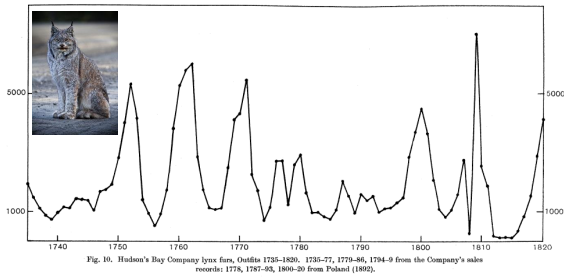


Fig. 10. Hudson's Bay Company lynx furs, Quillai 1735-1820; 1735-77, 1779-86, 1794-9 from the Company's sales records; 1778, 1787-93, 1800-20 from Poland (1805).

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

13/56

Stabilność zespołów a różnorodność

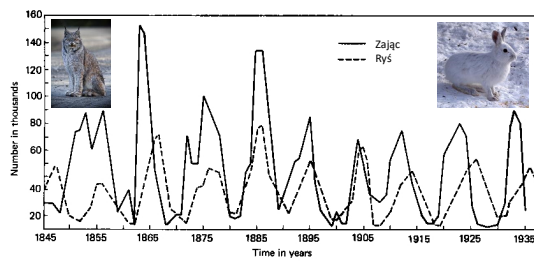
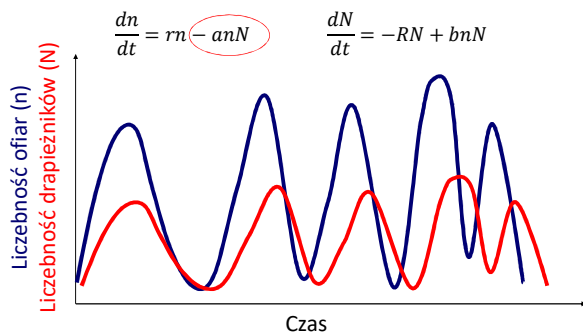


Figure 9-3. Changes in the abundance of the lynx and the snowshoe hare, as indicated by the number of pelts received by the Hudson's Bay Company. This is a classic case of cyclic oscillation in population density. (Redrawn from MacLulich 1937.)

Fot.: Creative Commons

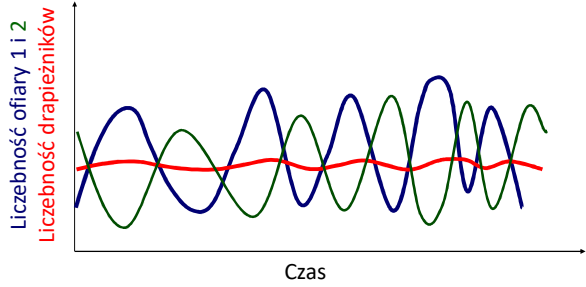
14/56

Dynamika układu drapieżnik-ofiara



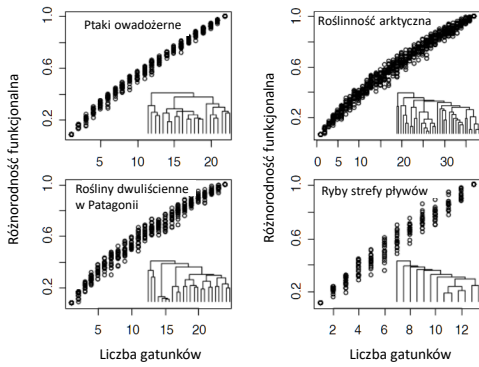
15/56

Układ drapieżnik-dwa gatunki ofiar



16/56

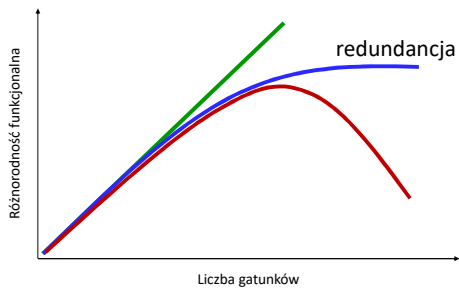
Czy różnorodność gatunkowa jest potrzebna?



Petchey, O.L. & Gaston, K.J. (2002) Ecology Letters 5, 402-411.

17/56

Jak duża różnorodność jest niezbędna?



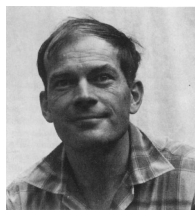
18/56

Co decyduje o różnorodności gatunkowej?

Biogeografia wysp

19/56

Robert H. MacArthur (1930 – 1972)



„The Theory of Island Biogeography”
„Geographical Ecology”

20/56

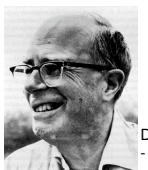
Wyspy – miejsce szczególne



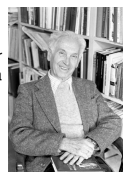
Karol Darwin
- Galapagos



Alfred Russel Wallace
- Archipelag Malajski



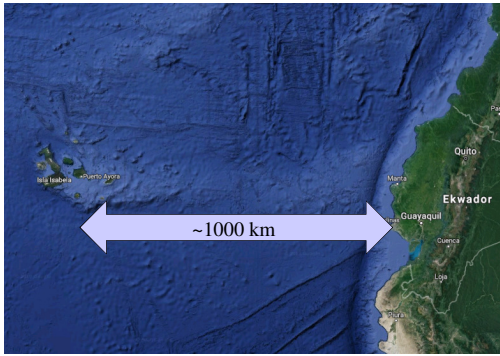
David Lack
- Galapagos



Ernst Meyr
- Wyspy Salomona

21/56

Galapagos



22/56

Antyle



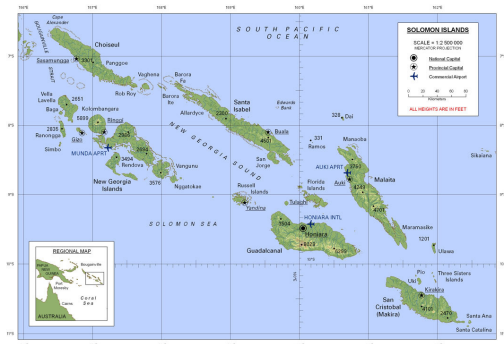
23/56

Archipelag Malajski



24/56

Wyspy Salomona



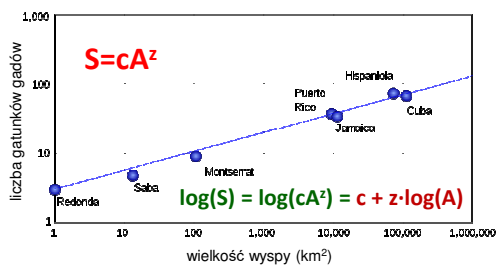
25/56

Liczba gatunków a wielkość wyspy

- Na dużych wyspach – wiele gatunków, na małych – mało
 - np. ssaki: Wielka Brytania – 44; Irlandia – 22
 - Czy odpowiada za to o ok. 36 km większa odległość od kontynentu?
 - Nie! Spośród 13 gat. nietoperzy w Wielkiej Brytanii, tylko 7 występuje w Irlandii.
 - ok. 2-krotny wzrost liczby gatunków przy 10-krotnie większej powierzchni wyspy

26/56

Powierzchnia wyspy a różnorodność gatunkowa



S – liczba gatunków
 A – powierzchnia wyspy
 c – współczynnik dyspersyjności

Na podstawie: MacArthur, R.H., Wilson, E.O., 1967, The theory of island biogeography.

27/56

$$S = cA^z$$

- wartość współczynnika „z”

Grupa organizmów	Lokalizacja	wartość „z”
chrząszcze	Antyle	0,34
płazy i gady	Antyle	0,30
Ptaki	Antyle	0,24
kręgowce lądowe	wyspy jez. Michigan	0,24
mrówki	Melanezja	0,30
ptaki	Archipeląg Malajski	0,28
rośliny lądowe	Galapagos	0,33
muchówki	parki w Cincinnati	0,24

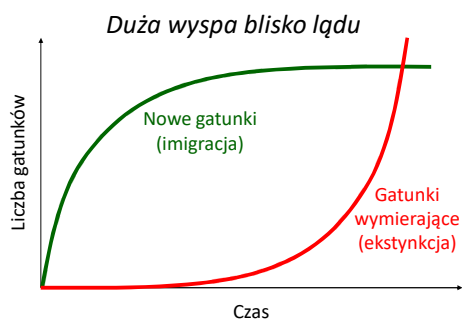
28/56

Dlaczego wielkość wyspy jest tak ważna?

- Duże wyspy – duża różnorodność środowisk
 - → **duża liczba nisz** → duża liczba gatunków
 - Czy sama wielkość ma znaczenie?
 - przykład – „wyspy” z muszel małży kolonizowane przez bezkręgowce; wielkość „wysp” może być różna, ale liczba nisz nie zmienia się:
 - **10 cm² – 8 gat.; 100 cm² – 13 gat.; 70000 cm² - 20 gat.**
- **wielkość jest ważna: większa powierzchnia → większe populacje → mniejsze prawdopodobieństwo ekstynkcji**

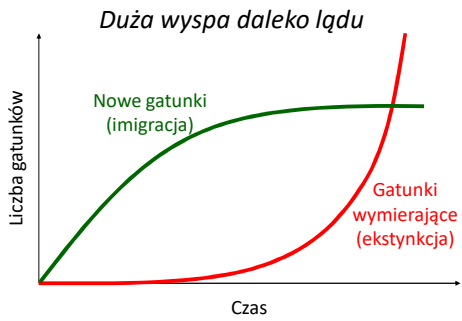
29/56

Różnorodność gatunkowa na wyspach wg Mac Arthura



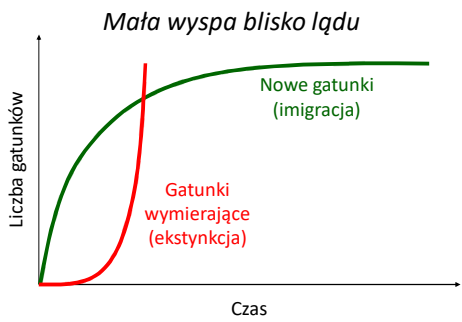
30/56

Różnorodność gatunkowa na wyspach wg Mac Arthura



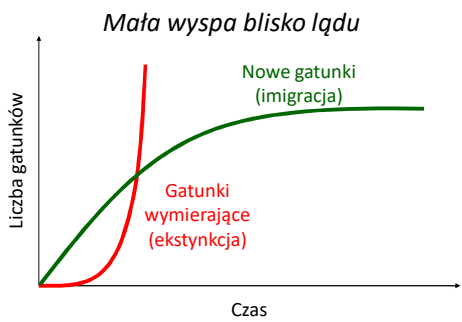
31/56

Różnorodność gatunkowa na wyspach wg Mac Arthura



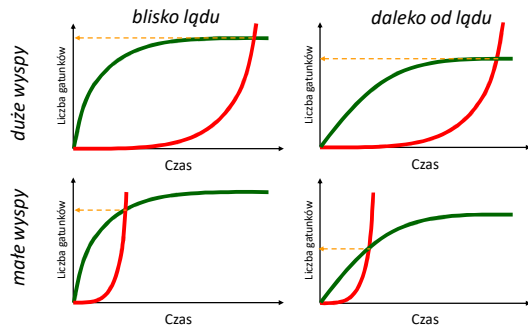
32/56

Różnorodność gatunkowa na wyspach wg Mac Arthura



33/56

Różnorodność gatunkowa na wyspach wg Mac Arthura



34/56

Teoria z rzeczywistość

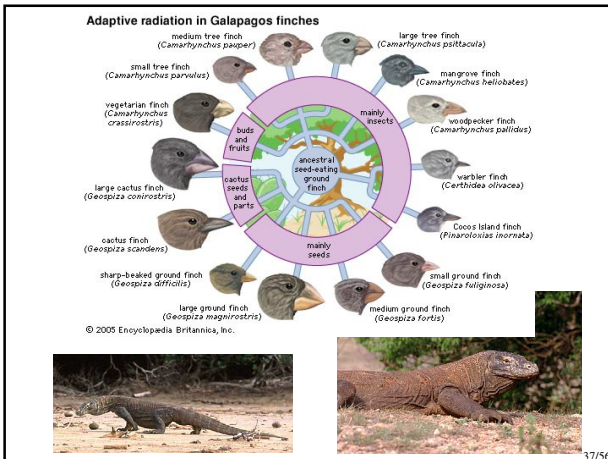
- **Historia wyspy Krakatau (Indonezja)**
 - 1883 – potężna erupcja niszczy większość wyspy i życie na niej
 - 1886 – 9 gat. roślin (w tym 2 zielne, 4 gat. drzew)
 - 1897 – 23 gat. roślin (w tym 3 zielne, 10 gat. drzew)
 - 1908 – 46 gat. roślin, później liczba gat. nie zmieniała się zasadniczo
 - ekosystemy trawiaste zaczął porastać las → gatunki traw oraz związane z nimi gatunki owadów i ptaków zaczęły zanikać (ok. 50% wczesnych kolonizatorów obecnych w 1897 r. zanikło)
- trajektorie kolonizacji i ekstynkcji nie pokrywały się dokładnie z przewidywaniami teorii biogeografii wysp; odbywały się raczej „falami” wynikającymi z sukcesji ekosystemów
- teoria biogeografii zaniedbuje takie zjawiska, jak zależności między organizmami (zmiany sukcesyjne)

35/56

Wyspy a radiacja adaptatywna

- Brak na wyspie wielu gatunków obecnych na lądzie stałym → mniej konkurentów i drapieżników → większe możliwości wykorzystania środowiska → łatwiejsza ewolucja nowych gatunków przez adaptację do szczególnego środowiska wyspy
 - jaszczur z Komodo – ogromne rozmiary, bo brak innych dużych drapieżników
 - zięby Darwina na Galapagos – szybka ewolucja 14 gat. o wyspecjalizowanych dziobach
 - drzewiaste słoneczniki na wyspie Św. Heleny (5 gat. drzew z jednego gat. słonecznika)

36/56



Relaksacja:
powstawanie wysp wskutek fragmentacji środowiska

- Plejstocen – poziom oceanu ok. 100 m niższy
 → wiele obecnych wysp połączonych z lądem stałym → taka sama liczba gatunków na całym obszarze
- Wzrost poziomu wody → oderwanie wysp od lądu stałego → spadek liczby gatunków na wyspach
- **Relaksacja ma odwrotny kierunek do kolonizacji, ale obydwa procesy prowadzą w kierunku ustalenia równowagowej liczby gatunków na wyspach.**

38/56

Relaksacja – przykład: Barro Colorado

39/56

Relaksacja – przykład: Barro Colorado



40/56

Relaksacja – przykład: Barro Colorado



Fot. Piotr Lukasiak 41/56

Relaksacja: Barro Colorado

- Do 1903 r. – szczyt góry pokryty tropikalnym lasem
- 1903 – 1914 – budowa Kanału Panamskiego i zatopienie okolicznych nizin → szczyt góry stał się wyspą o pow. 15,7 km².
- 1923 – 375 gat. ptaków
- 1970 – 330 gat.
- 1990 – 310 dawnych gat. i tylko dwa nowe
- ekstynkcja większa wśród gat. żyjących na powierzchni gleby i w poszyciu

42/56

Projekt Lovejoy'a „Minimum Critical Size of Ecosystems”

- W brazylijskiej dżungli przy wycięciu zostawiano „wyspy” lasu o pow. od 1 ha do 1000 ha oraz jedną o pow. 10 000 ha („ład stały”)
 - ptaki: początkowo wzrost liczby gat. w obrębie „wysp” (do ok. 200 dni), później spadek do poziomu daleko niższego od początkowego
 - ssaki: od razu spadek liczby gat. z ok. 20 do 7
 - zmiana środowiska fizykochemicznego (wzrost temperatury, spadek wilgotności, spadek tempa dekompozycji)
- Wykorzystując te dane oraz krzywą $S = cA^z$:
 - 10% dżungli zachowane → ekstynkcja 50% gat.
 - tylko obecne rezerваты → ekstynkcja 67% gat. roślin i 75% gat. zwierząt.

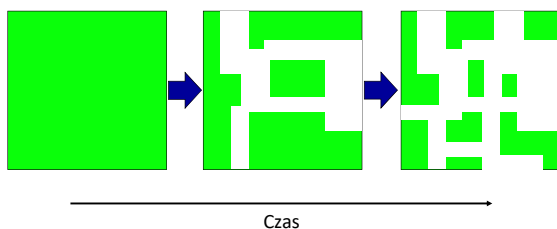
43/56

Biogeografia wysp – nauki dla ochrony środowiska

- Im większy rezerwat, tym lepiej
 - większy rezerwat → wyższy poziom równowagowej liczby gatunków (wolniejsza ekstynkcja); lepiej zabezpiecza przed ekstynkcją „K-strategów” oraz minimalizuje efekty brzegowe
- Jeden duży rezerwat lepszy od wielu małych o tej samej łącznej powierzchni (przy założeniu takiej samej heterogeniczności środowiska)
- Znaczenie heterogeniczności środowiska
 - wiele małych rezerwatów zamiast jednego dużego może być korzystnym rozwiązaniem, gdy zapewniają heterogeniczność niemożliwą do zapewnienia w pojedynczym rezerwacie
 - organizacja przestrzenna zapewniająca możliwość migracji między rezerwatami
- Znaczenie kształtu: jak najbardziej okrągłe

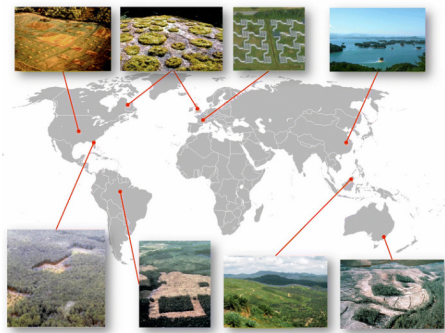
44/56

Zanikanie i fragmentacja siedlisk



45/56

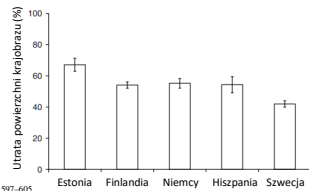
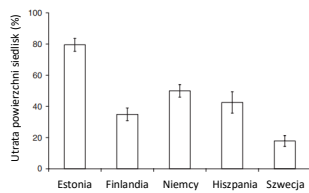
Fragmentacja siedlisk: eksperymenty



Wilson i in. (2016) Landscape Ecology 31: 219-227

46/56

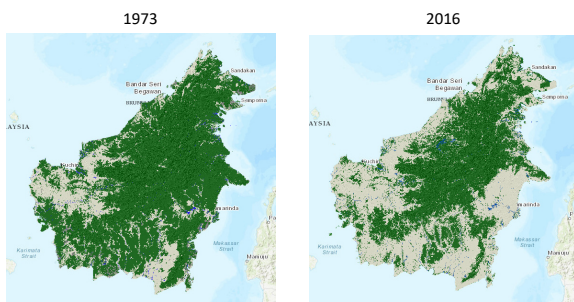
Utrata siedlisk w Europie (1960-2010)



Krauss i in. (2010) Ecology Letters 13: 597-605

47/56

Utrata lasów na Borneo



www.cifor.org

48/56

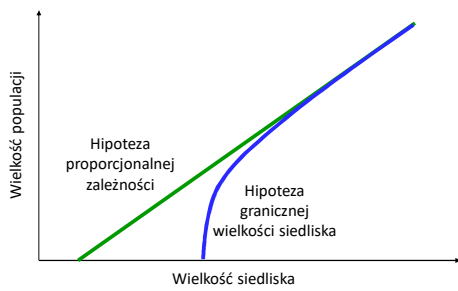
Plantacje palmy olejowej



Fot.: Reuters/Indahomo/EPA

49/56

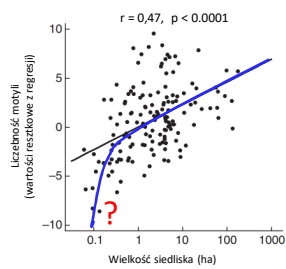
Wielkość siedliska a wielkość populacji



50/56

Wielkość siedliska a liczebność motyli

Zależność na podstawie badań w 5 krajach Europy



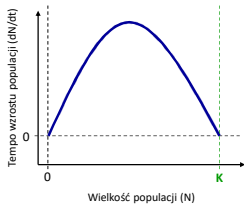
Krauss i in. (2010) Ecology Letters 13: 597-605

51/56

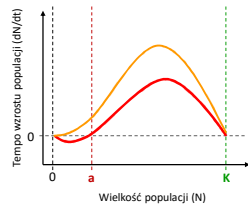
Skutki zaniku i fragmentacji siedlisk

- Relaksacja → S ↓
- Chów wsobny → G ↓
- Dryf genetyczny → G ↓
- **Efekt Alleego (?)**

$$\frac{dN}{dt} = rN \left(\frac{K - N}{K} \right)$$

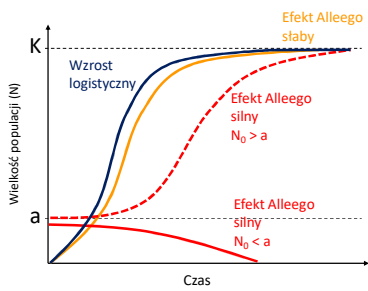
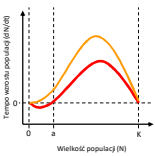


$$\frac{dN}{dt} = rN \left(\frac{K - N}{K} \right) \left(\frac{N - a}{K} \right)$$



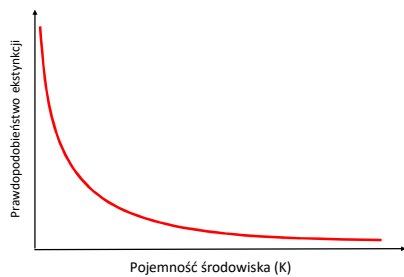
52/56

Efekt Alleego i dynamika populacji



53/56

Pojemność środowiska a prawdopodobieństwo ekstynkcji



54/56

Tempo zmian środowiskowych a prawdopodobieństwo ekstynkcji



55/56

Do przemyślenia:

- Które z omawianych zjawisk i czynników można wiązać z "*antropocenem*"?
- Co należałoby uznać za największe zagrożenia dla różnorodności biologicznej?
- Jak najskuteczniej chronić różnorodność biologiczną?

56/56
