

Zarządzanie populacjami zwierząt

Efektywna wielkość populacji

Wykład 3

DRYF GENETYCZNY

Przypadkowe zmiany częstości alleli –
szczególnie ważne w małych populacjach

DRYF GENETYCZNY

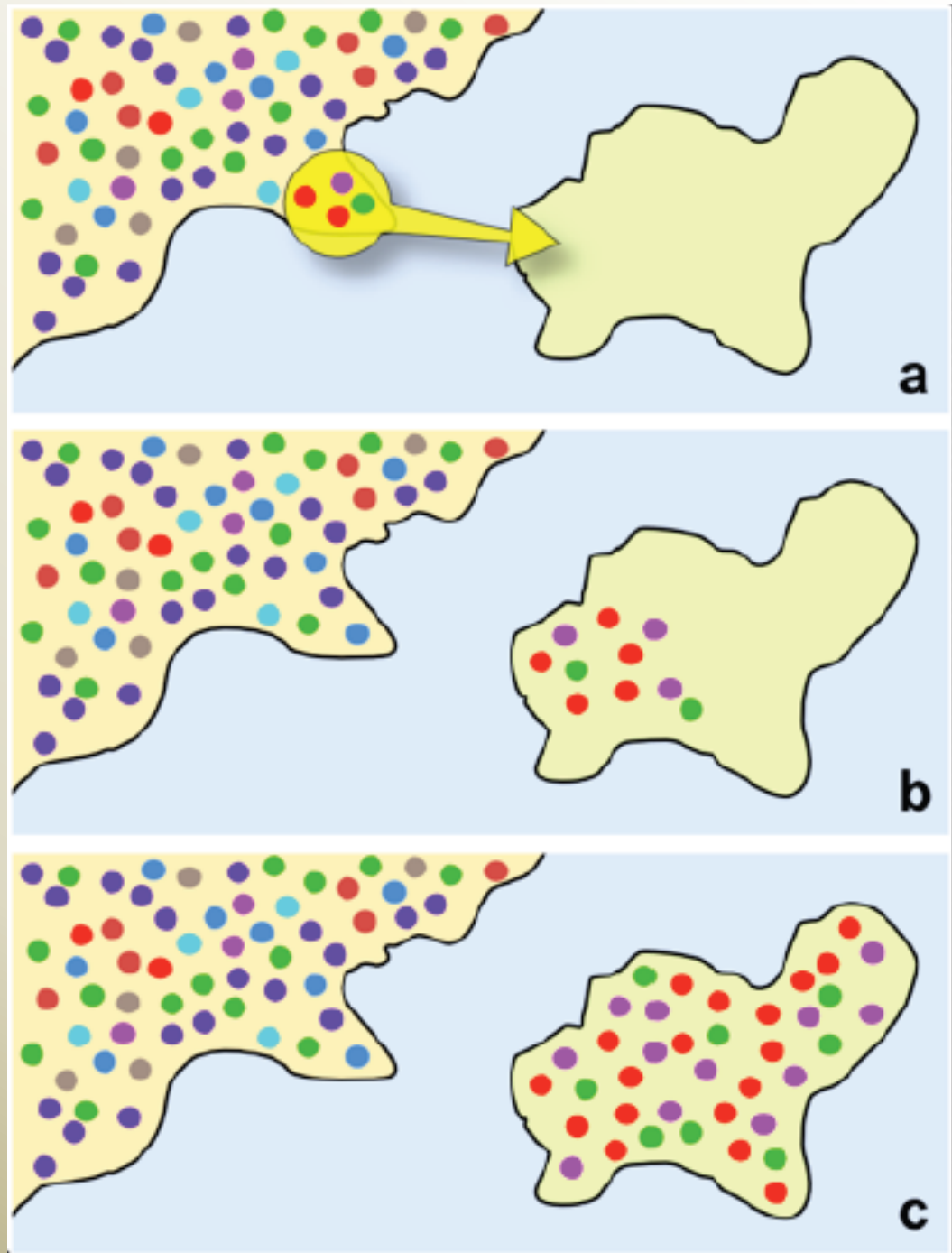
Wybieramy z dużej populacji o $p=q=0,5$ dwa osobniki na rodziców o genotypie Aa, uzyskuje dwoje potomków, prawdopodobieństwo wybrania danej liczby alleli jednego rodzaju jest zgodny z rozkładem Bernoulliego

$$P_{n,p}(X = k) = \binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k} \quad \text{gdy } 0 < p < 1 \text{ oraz } k = 0, 1, \dots, n$$

Genotypy potomstwa			Frekwencja alleli		prawdopodo bieństwo
AA	Aa	aa	p	q	
2	0	0	1	0	0,0625
1	1	0	0,750	0,250	0,2500
1	0	1	0,500	0,500	0,3750
0	2	0	0,500	0,500	
0	1	1	0,250	0,750	0,2500
0	0	2	0	1	0,0625

Efekt założyciela

Populacja utworzona przez niewielką liczbę osobników może znacznie różnić się od wyjściowej



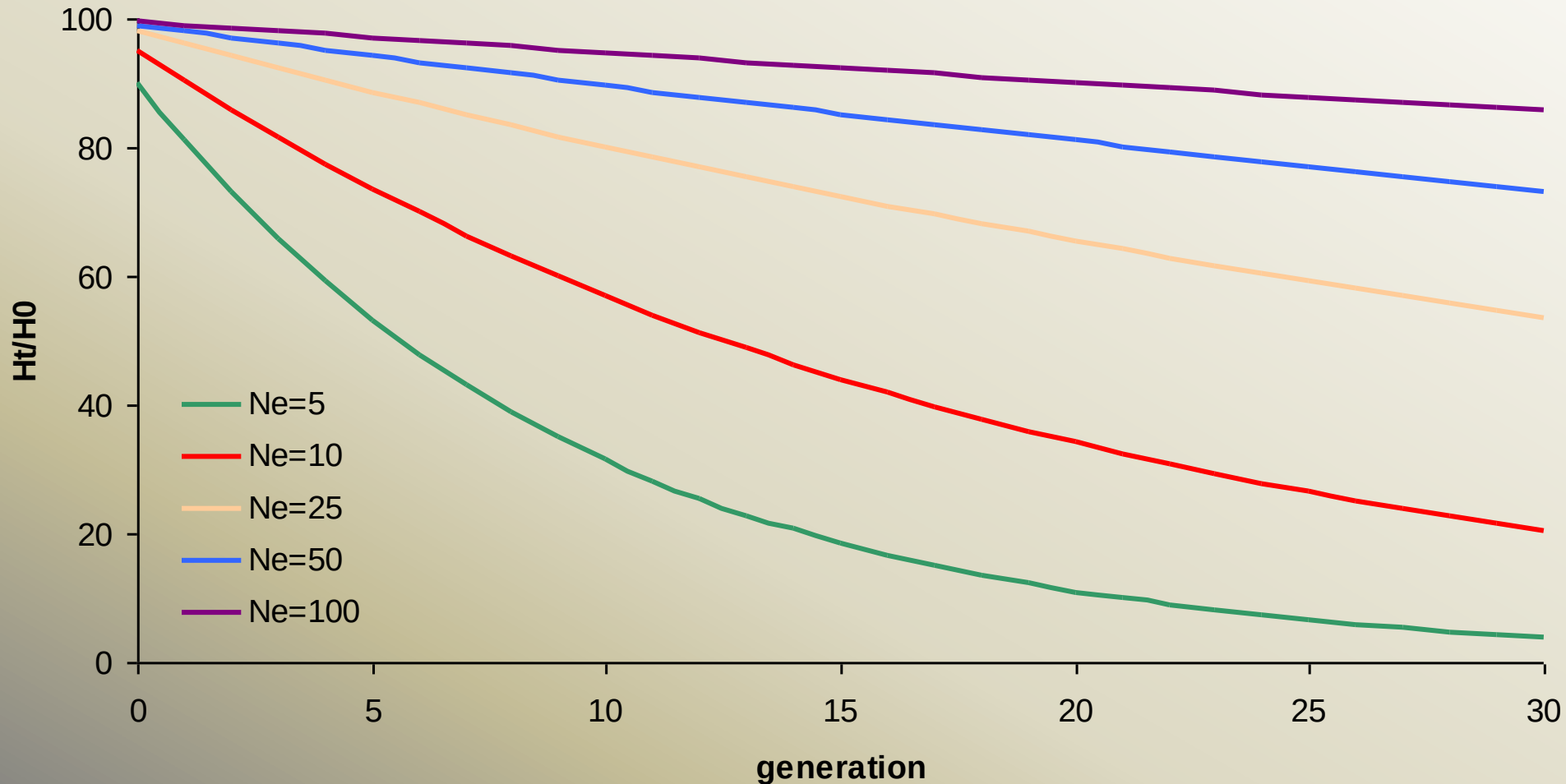
EFEKTYWNA WIELKOŚĆ POPULACJI

$$N_e$$

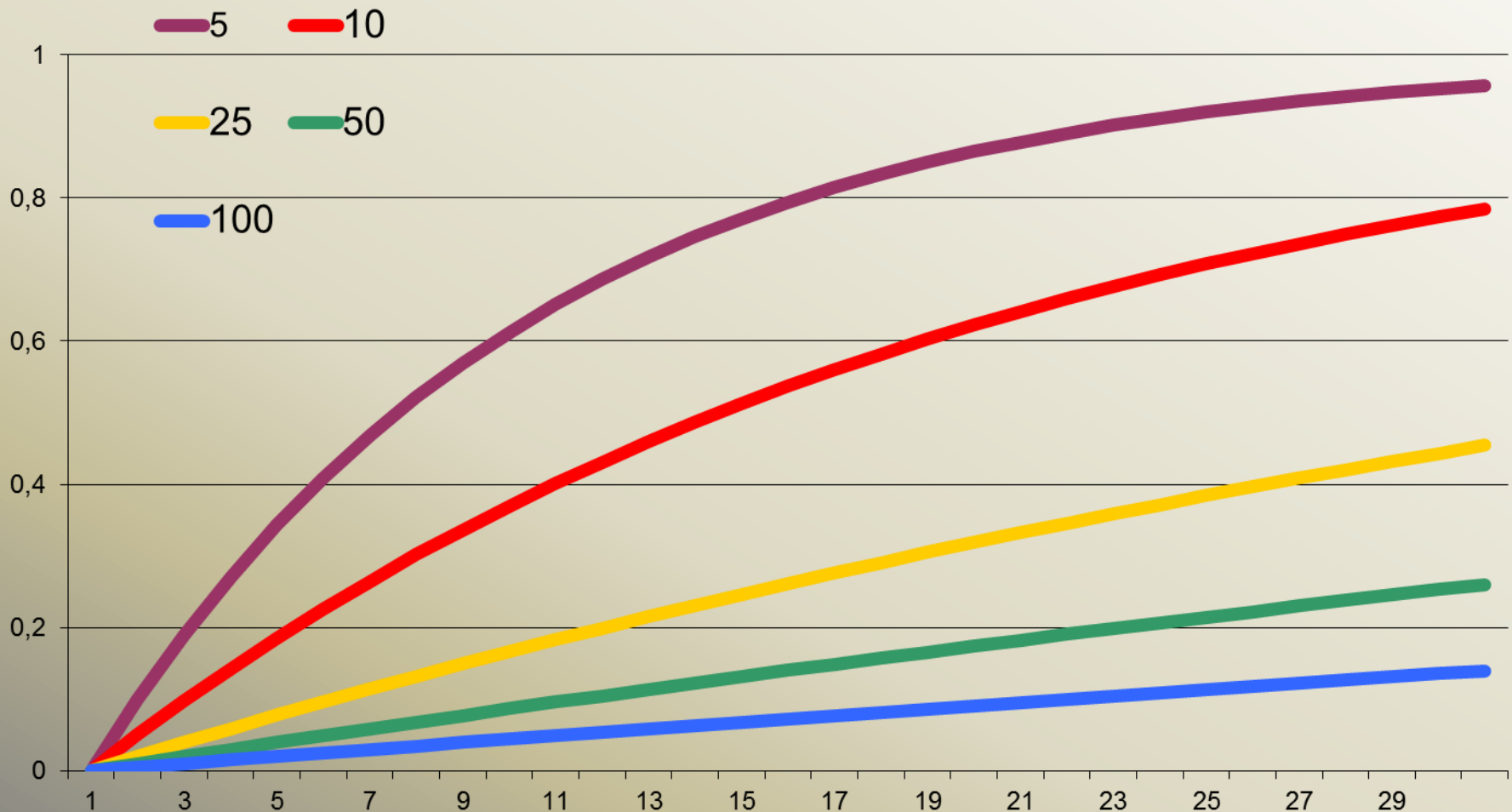
odnosi się do takiej liczebności
wyidealizowanej populacji, w której tempo
dryfu genetycznego byłoby takie same jak w
rzeczywistej populacji

Straty heterozygotyczności zależnie od Ne

Równe $\frac{1}{2N_e}$ na pokolenie)



Poziom homozygotyczności w pokoleniach zależnie od N_e



Efektywna wielkość populacji

- Dla populacji wyidealizowanej $N_e = 2N$
- W populacjach rzeczywistych zależy od:
 - Stosunku poligamii
 - Zmienności liczby potomstwa
 - Fluktuacji liczebności w czasie

Stosunek poligamii

$$N_e = \frac{4 \cdot N_M \cdot N_F}{N_M + N_F}$$

N_M , N_F – liczba samców i samic

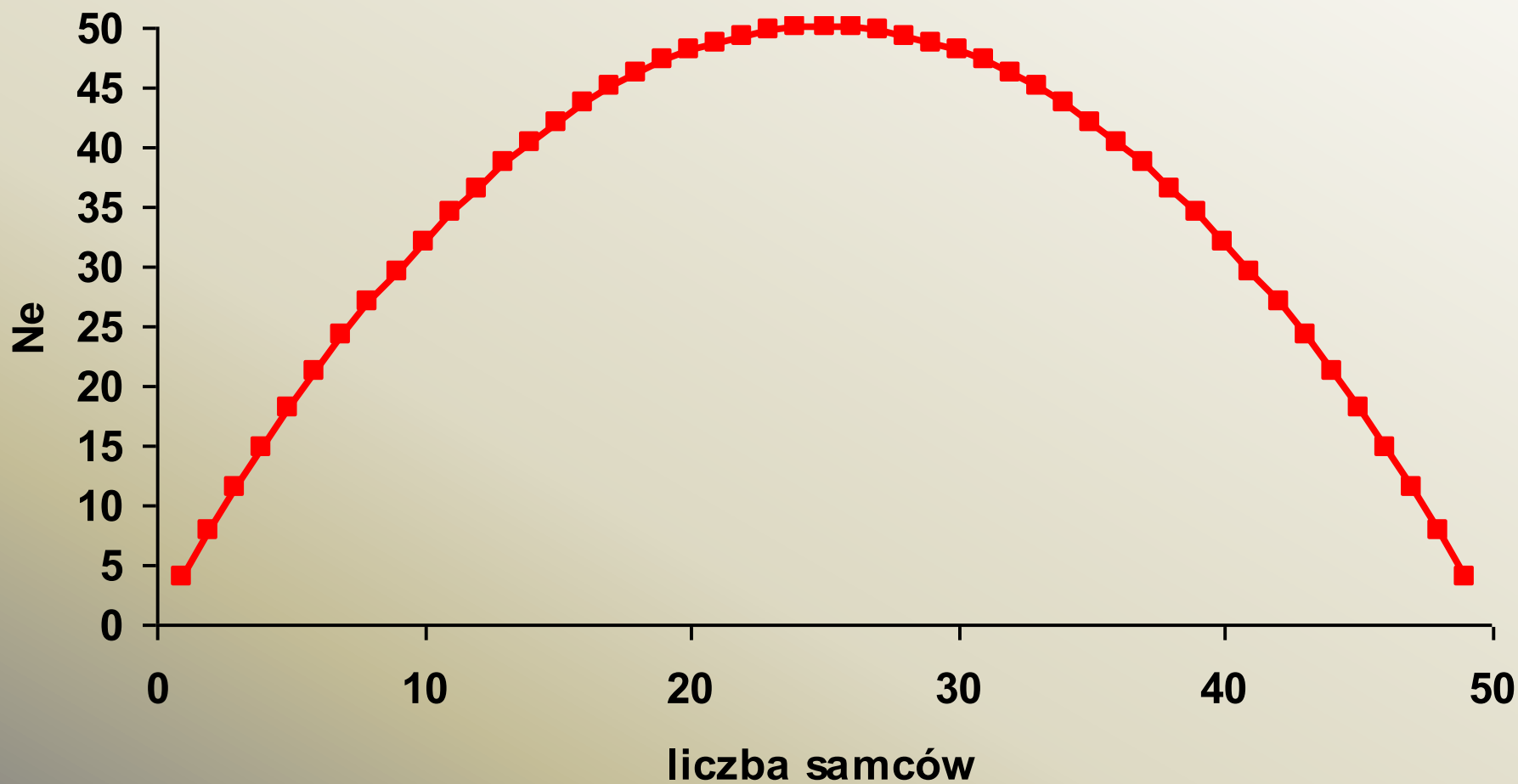
Stosunek poligamii

Przykład

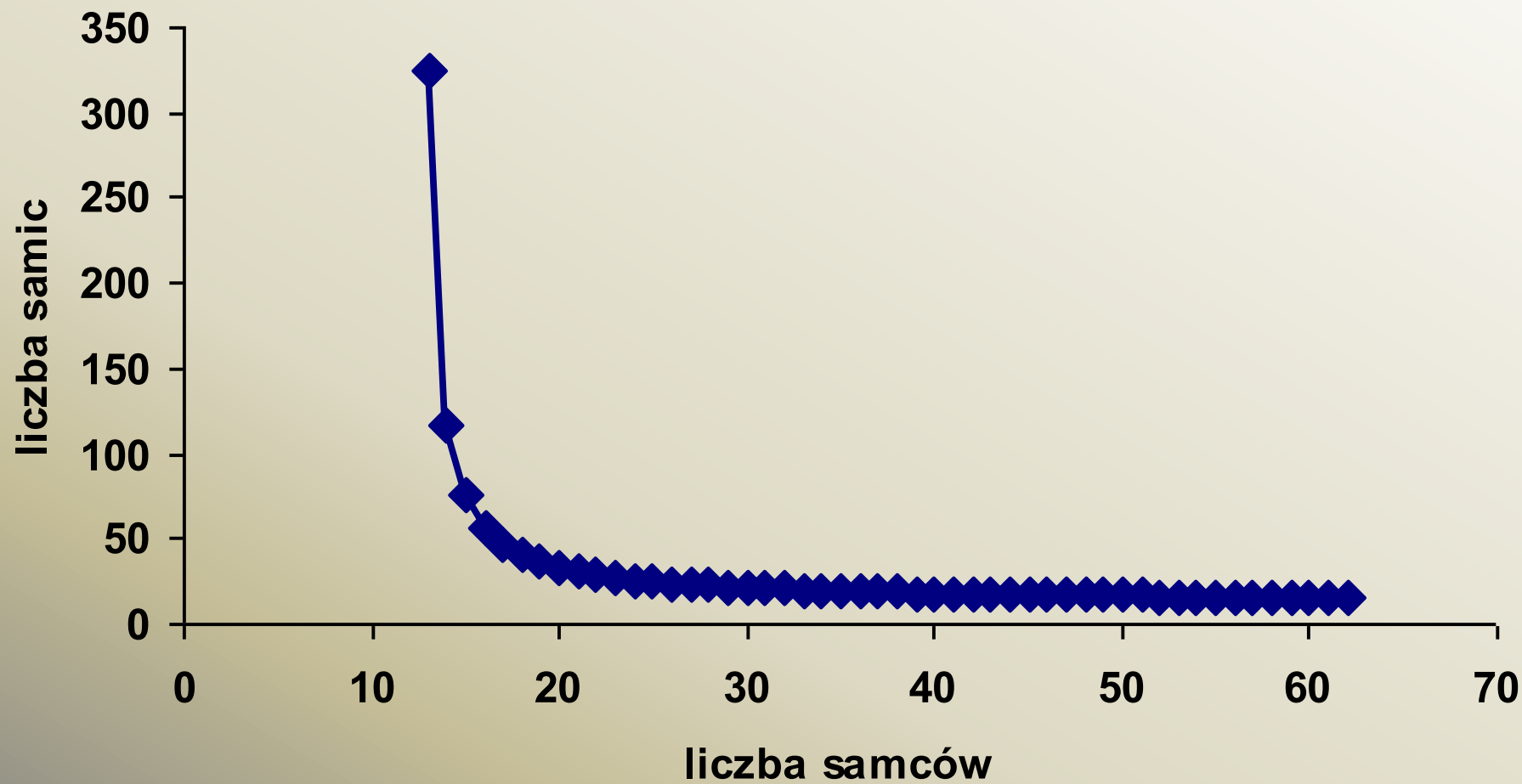
$$N_M = 24, N_F = 56$$

$$N_e = \frac{4 \cdot 24 \cdot 56}{24 + 56} = 67,2$$

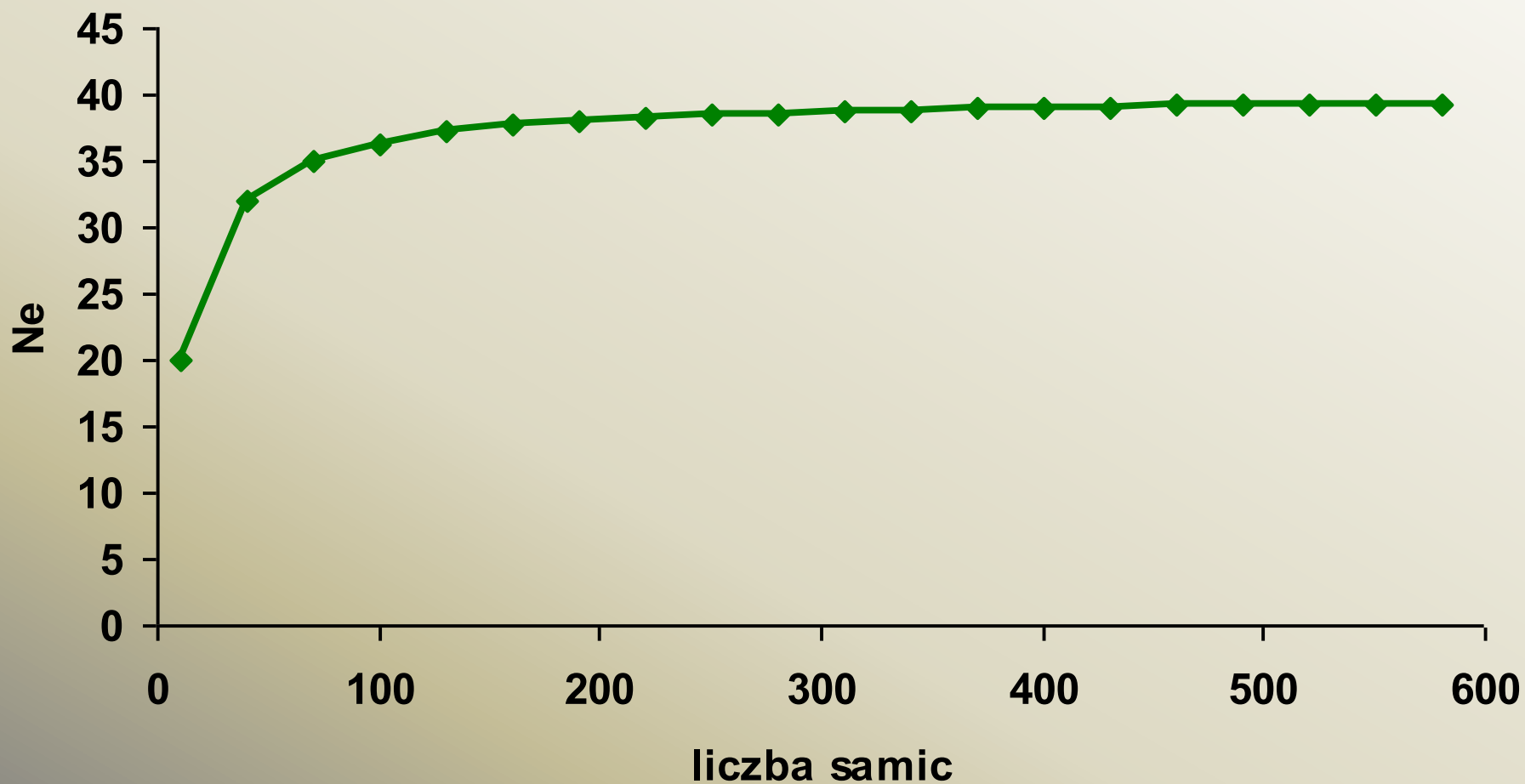
Wielkość populacji stała $N = 50$



$$N_e = 50$$



Liczba samców stała $N_M=10$



Liczba potomstwa

W populacji wyidealizowanej rozkład wielkości rodziny (liczba potomków w ciągu całego monogamicznego życia pary zwierząt) ma rozkład Poissona o wartości oczekiwanej równej 2. Zgodnie z tym rozkładem rodziny z liczbą potomków 0, 1, 2, 3, 4 i 5 stanowią odpowiednio 0,135; 0,271; 0,271; 0,180; 0,090 i 0,036.

Liczba potomstwa

$$N_e = \frac{4 \cdot N - 2}{V_k + 2}$$

V_k – wariancja liczby potomków

Liczba potomstwa - przykład

Gatunek : darwinka grubodzioba *Geospiza conirostris*

- gatunek monogamiczny
- wariancja liczby potomstwa $V_k=6,74$
- $N_e/N \sim 4/(V_k+2) = 4/(6,74+2) = 0,46$



Liczba potomstwa
Jeżeli wielkość populacji jest zmienna w
czasie

$$N_e = \frac{N_A \cdot k - 1}{k - 1 + V_k / k}$$

N_A – liczba dorosłych osobników w pokoleniu poprzednim

k – średnia wielkość rodziny (liczby potomków)

Liczba potomstwa - przykład

Gatunek Lew azjatycki

- Dotyczy populacji w niewoli
- Wariancja liczby potomstwa $V_k=32,65$
- Średnia liczka potomstwa $k=1,65$
- $N_e/N_A \sim (N_A k - 1) / N_A [k - 1 + (V_k / k)] =$
 $\sim k / [k - 1 + (V_k / k)] = 1,65 / (1,65 - 1 + (32,65 / 1,65)) =$
 $= 0,081$

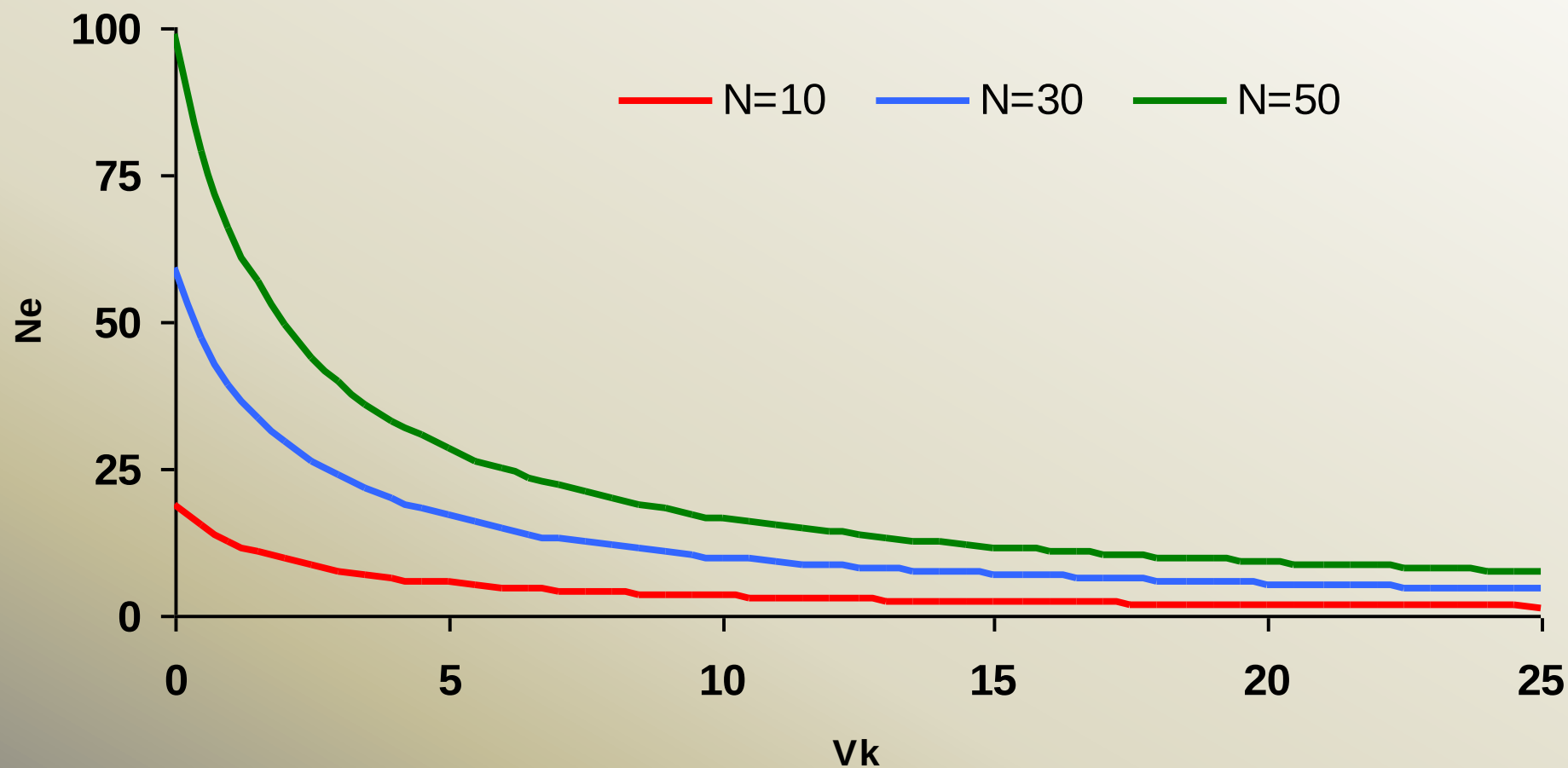
Liczba potomstwa –
jeżeli liczba potomstwa będzie
jednakowa czyli $V_k=0$

$$N_e = \frac{4 \cdot N - 2}{V_k + 2} = 2N - 1 \sim 2N$$

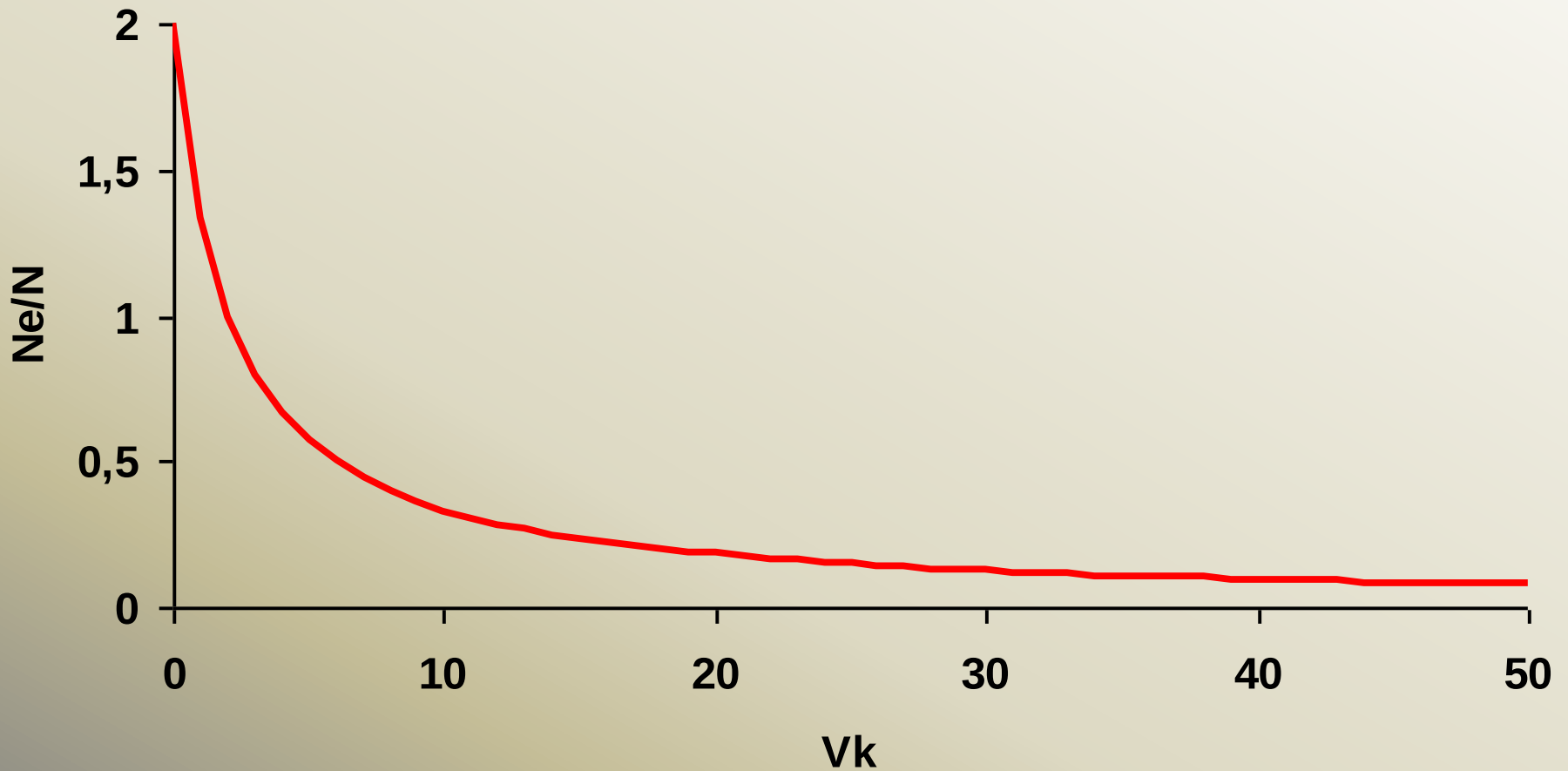
Przykłady zmienności liczby potomstwa

Gatunek	płeć	V_k	k	V_k/k
Lew azjatycki	M	31.10	1.64	19.0
	F	34.00	1.67	20.4
Tamaryna złotogrzywa	M	7,27	1,07	6.8
	F	5,74	1,05	5.5
Zebra Grevy'ego	M	34.00	1.90	17.9
	F	1.20	1.14	1.1
Koń Przewalskiego	M	23.44	1.18	19.9
	F	9.92	1.27	7.8
Tygrys sumatrzański	M	22.50	2.46	9.1
	F	16.61	2.09	7.9

Liczba potomstwa – wielkość N_e dla populacji o różnych N



Liczba potomstwa – proporcja N_e/N



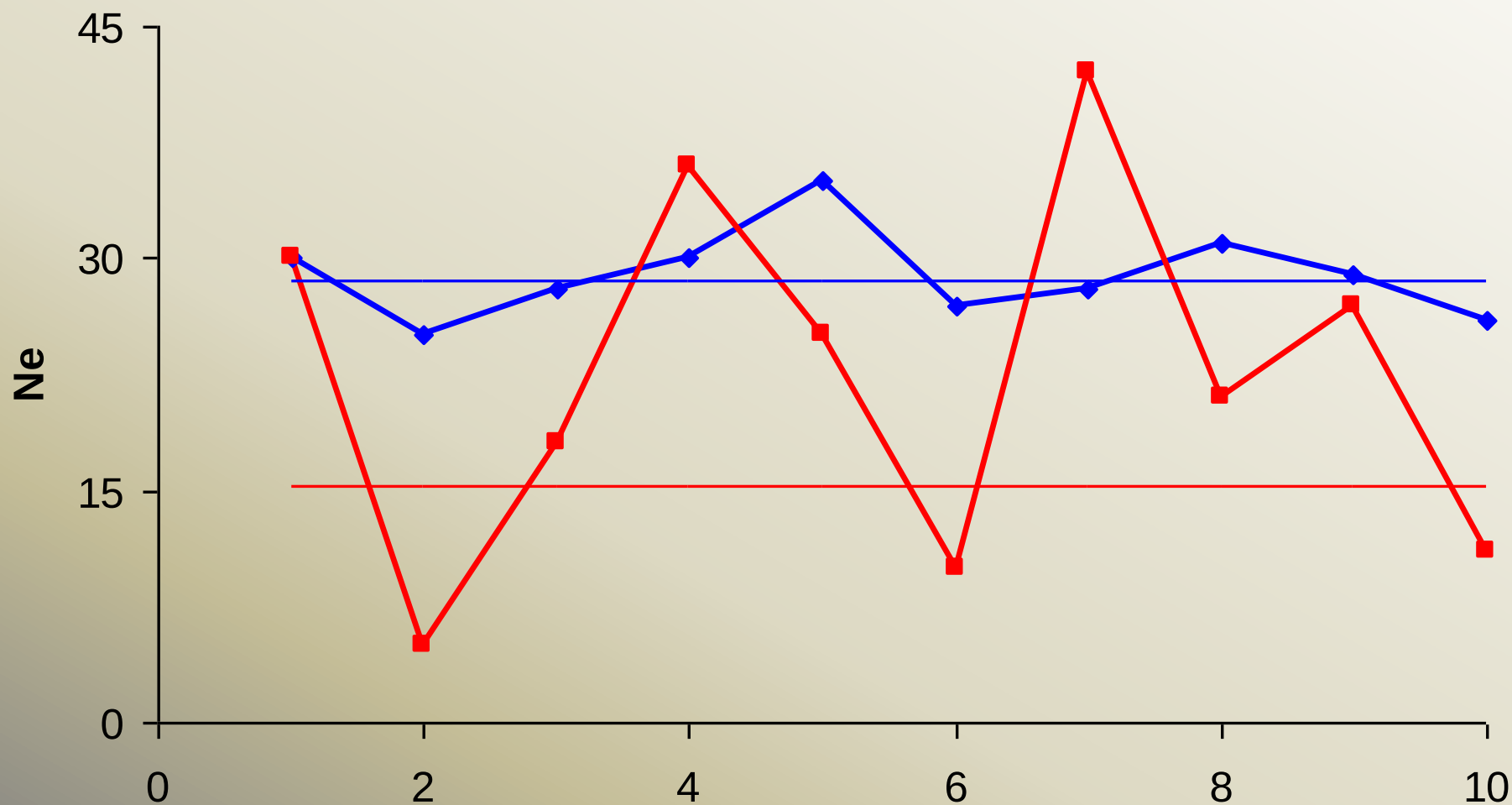
Fluktuacja wielkości populacji w czasie

$$\overline{N}_e = \frac{T}{\sum_{t=1}^T \frac{1}{N_e(t)}}$$

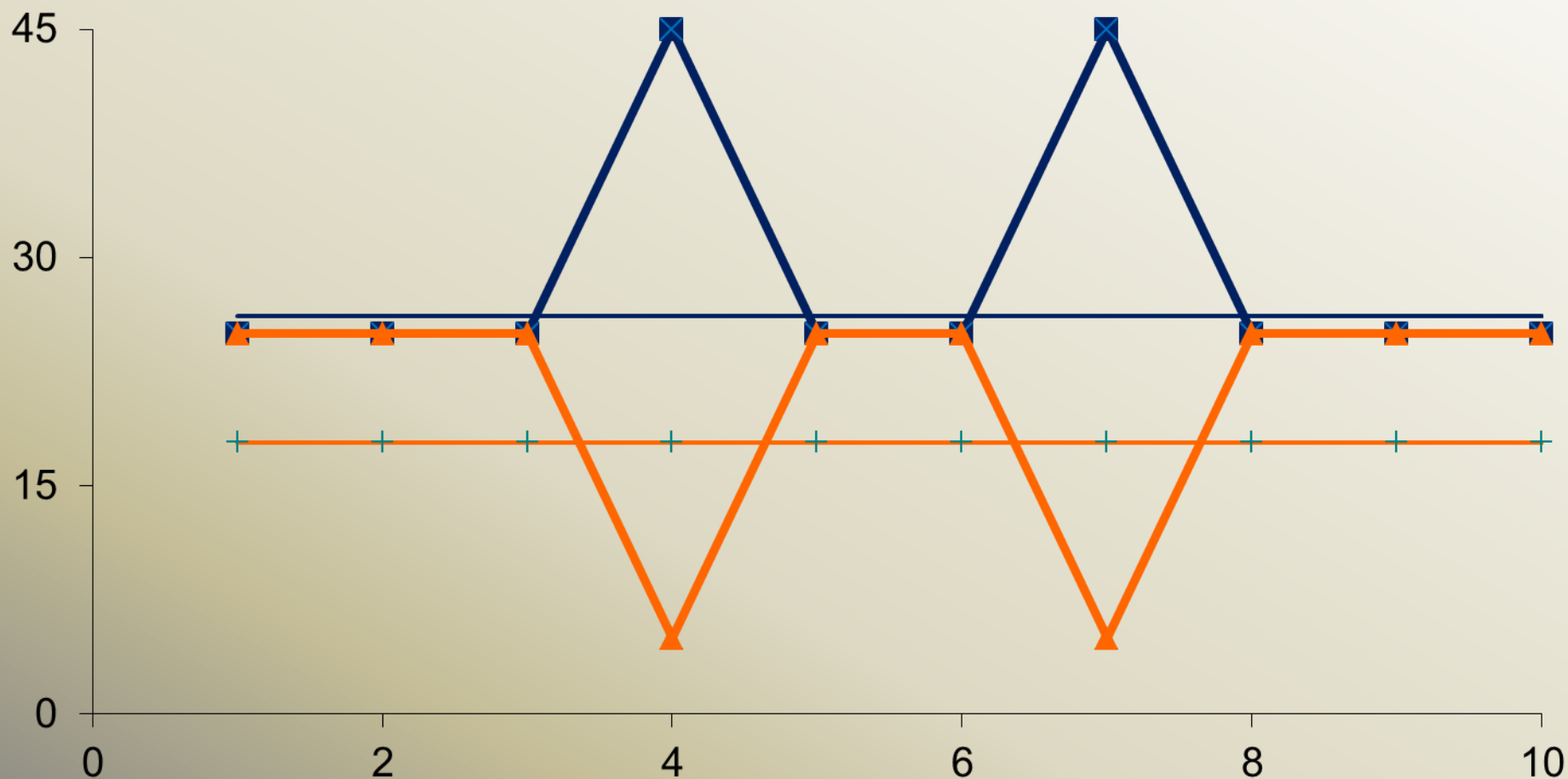
T – liczba pokoleń,

t – numer pokolenia

Fluktuacja wielkości populacji



Fluktuacja wielkości populacji

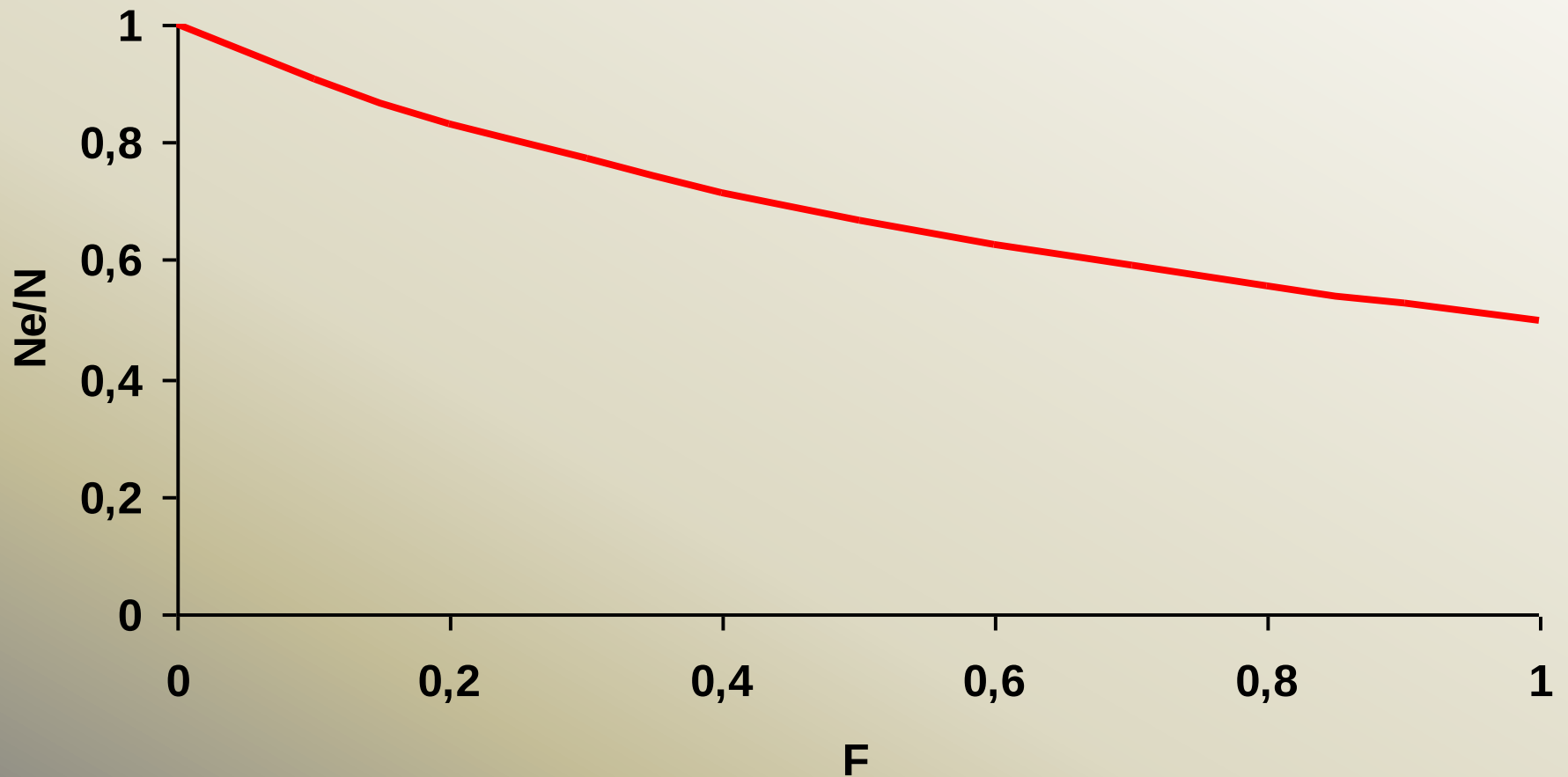


Efektywna wielkość populacji a inbred

$$N_e = \frac{N}{1 + F}$$

F– poziom inbredu w populacji

Efektywna wielkość populacji a inbred



Połączenie różnych czynników – przykład dla lwiątki złotogrzywej

	samice	samce
N	275	269
k	1.6	1.7
V_k	13.5	12.1

$$N_{ef} = (N_f k - 1) / [k - 1 + (V_k / k)] = (275 \cdot 1,6 - 1) / (1,6 - 1 + 13,5 / 1,6) = 48,6$$

$$N_{em} = (N_m k - 1) / [k - 1 + (V_k / k)] = (269 \cdot 1,7 - 1) / (1,7 - 1 + 12,1 / 1,7) = 58,4$$

$$N_e = 4N_{ef}N_{em} / (N_{ef} + N_{em}) = (4 \cdot 48,6 \cdot 58,4) / (48,6 + 58,4) = 106,1$$

Metody oceny efektywnej wielkości populacji

Demograficzne (omówione)

Genetyczne

- Straty heterozygotyczności w czasie
- Zmiany frekwencji alleli z powodu dryfu
- Stopień wzrostu współczynnika inbredu szacowanego na podstawie rodowodu
- Straty zmienności allelicznej

Ocena N_e na podstawie straty heterozygotyczności – przykład dla northern hairy-nosed wombat

Przez 120 lat, co odpowiada 12 pokoleniom stwierdzono zachowanie 41% heterozygotyczności, zatem

$$N_e = -12 / [2 \ln(0,41)] = 6,7$$

$$H_t / H_0 \sim e^{-t/2N_e}$$

$$\ln(H_t / H_0) = -t/2N_e$$

$$N_e = -t/2 \cdot \ln(H_t / H_0)$$

Jeśli zakładane dopuszczalne tempo utraty zmienności w populacji w niewoli powinno wynosić maksimum 5% w ciągu 100 lat

Odstęp między pokoleniami efektywna wielkość populacji

Oryks arabski	10
Koń Przewalskiego	9
Nosorożec indyjski	18
Tygrys	7
Zuraw	26

Oryks arabski	100
Koń Przewalskiego	110
Nosorożec indyjski	60
Tygrys	130
Zuraw	40



Zurawie (*Grus grus*)



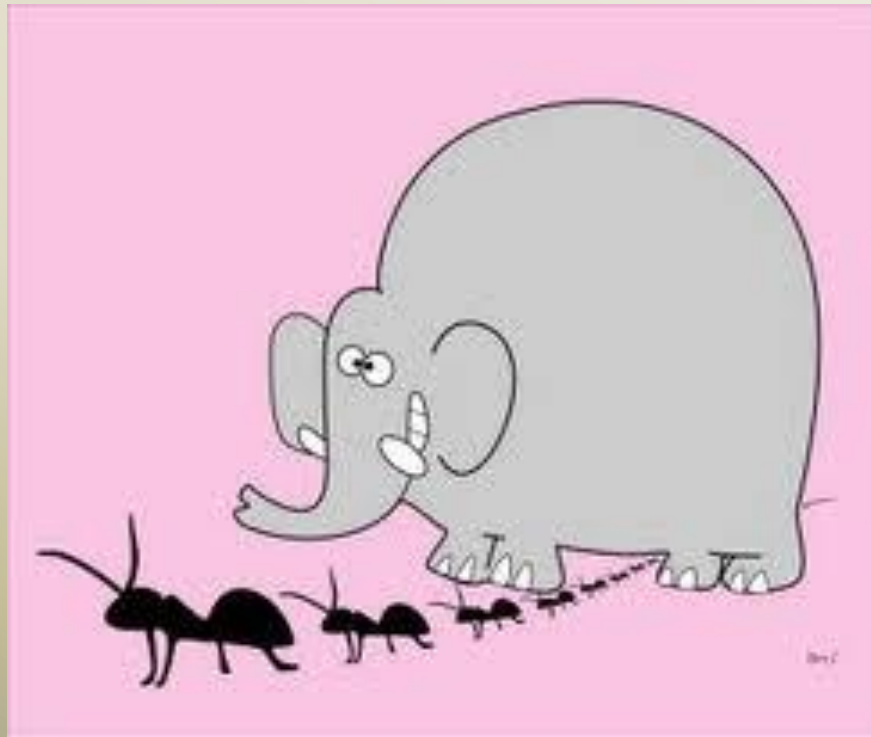
EYEWIRE

Proporcja N_e/N w niewoli

Oryks arabski (<i>Oryx leucoryx</i>)	0,14
Gepard (<i>Acinonyx jubatus</i>)	0,21
Tchórz czarnołapy (<i>Mustela nigripes</i>)	0,35
Panda mała (<i>Rhinoceros unicornis</i>)	0,42
Tygrys (<i>Panthera tigris</i>)	0,05
Kondor kalifornijski (<i>Gymnogyps californianus</i>)	0,21
Pingwin królewski (<i>Aptenodytes patagonica</i>)	0,36



Wymagane Ne
Od 50 do 1000000





Dziękuję, na
dzisiaj
wystarczy