



# EKOLOGIA

## Organizm w środowisku

- Bilans energetyczny organizmu
- Populacyjne budżety energetyczne

1/30

---

---

---

---

---

---

---

---

## Zagadnienia do dyskusji

- Bilans energetyczny organizmu
  - losy energii skonsumowanej
  - składowe budżetu
  - kompromisy w gospodarce energetycznej, ogólna teoria stresu
  - zależności allometryczne
  - zależność od temperatury
  - populacyjne budżety energetyczne
- Strategie oszczędzania energii
- Czynniki ograniczające występowanie organizmów

2/30

---

---

---

---

---

---

---

---

## Organizmy różnią się tolerancją na czynniki środowiskowe



3/30

---

---

---

---

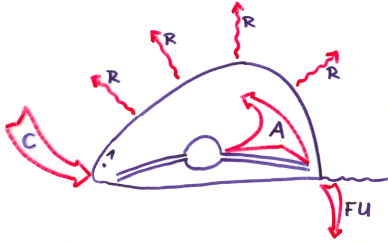
---

---

---

---

## Tolerancja na czynniki środowiskowe Co dzieje się z energią skonsumowaną?



4/30

---

---

---

---

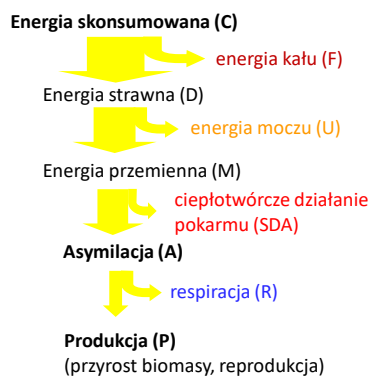
---

---

---

---

## Tolerancja – podstawy fizjologiczne



5/30

---

---

---

---

---

---

---

---

## Powody ograniczenia tolerancji organizmów względem czynników środowiskowych

- **Ograniczenia energetyczne:**
  - straty energii na kolejnych stopniach przekształcania i wykorzystania pokarmu
  - ograniczenia anatomiczne, fizjologiczne lub ekologiczne wielkości konsumpcji
  - metabolizm maksymalny:  $10 \times \text{BMR}$  (ssaki)  
 $20 \times \text{BMR}$  (ptaki)
- **Brak ewolucyjnie wykształconych mechanizmów kompensacji** niekorzystnego działania niektórych czynników (np. niektóre substancje toksyczne)

6/30

---

---

---

---

---

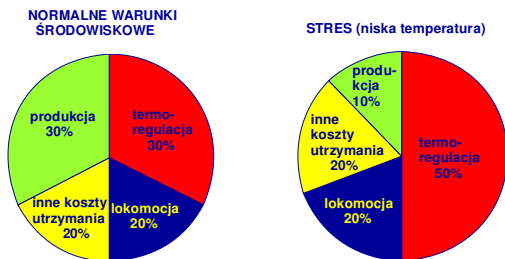
---

---

---

## Ogólna teoria stresu

Podział zasobów energetycznych na wszelkie potrzeby osobnika



7/30

---

---

---

---

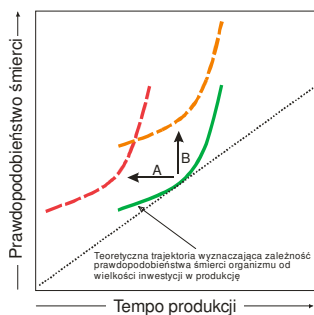
---

---

---

---

## Ogólna teoria stresu



8/30

---

---

---

---

---

---

---

---

## Składowe i miary budżetów energetycznych

- **BMR** – metabolizm podstawowy (*basal metabolic rate*): ok. 25% - 30% całkowitego budżetu stałocieplnych kręgowców
- **SMR** – metabolizm standardowy (*standard m. r.*)
- **RMR** – metabolizm spoczynkowy (*resting m. r.*)
- **ADMR** – średni metabolizm dobowy (*average daily metabolic rate*)
  - aktywność ruchowa: 3 – 5 × BMR (ssaki)  
10 – 15 × BMR (ptaki)
  - SDA: do 30% BMR (białka);  
3% – 5% BMR (tłuszcze i węglowodany)

9/30

---

---

---

---

---

---

---

---





### Dobowe i populacyjne budżety energetyczne

- $DEB = \sum_i (T_i \times E_i)$ 
  - ssaki:  $DEB = 7,01 \times W^{0,71}$  [ $\text{kJ} \times \text{zwierzę}^{-1} \times \text{doba}^{-1}$ ]
  - ptaki:  $DEB = 12,06 \times W^{0,68}$  [ $\text{kJ} \times \text{zwierzę}^{-1} \times \text{doba}^{-1}$ ]
- **Budżety populacyjne:**
  - $C = R + P + FU + SDA$
  - $R = N_{sr} \times DEB \times T$
  - $Sc = N_{sr} \times W_{sr}$
  - $\theta = 1/t_{sr}$
  - ➔  **$P = \theta \times Sc$**

16/30

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Porównanie tempa przepływu energii przez wybrane systemy techniczne i biologiczne (rzęd wielkości) (za J. Weinerem)

Tempo przepływu	Systemy techniczne	Systemy biologiczne
10 $\mu\text{W}$	zegarek elektroniczny	larwa <i>Tribolium</i> sp.
0,1 W	kalkulator	śr. tempo fotosyntezy 1 m <sup>2</sup> biosfery
1 W	latarka	wróbek
10 W	odbiornik radiowy	kot
100 W	żarówka, telewizor	pracujący człowiek
500 W	silnik elektryczny	koń
25 MW	silnik spalinowy statku	
10 000 000 MW	zapotrzebowanie energetyczne populacji ludzkiej	
100 000 000 MW		całkowita produkcja netto biosfery
173,4 $\times 10^9$ MW		całkowita intercepcja energii przez biosferę

17/30

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Wartości energetyczne przykładowych materiałów roślinnych (na suchą masę)

ROŚLINY	kJ/g	kcal/g
<i>Fagus sylvatica</i> (nasiona)	27,16	6,49
<i>Quercus robur</i> (nasiona)	18,52	4,42
Rośliny runa (części nadziemne)	16,63	3,97
Rośliny runa (korzenie)	13,82	3,30
Trawy (części nadziemne)	16,72	3,99

18/30

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Wartości energetyczne przykładowych materiałów zwierzęcych (na suchą masę)

ZWIERZĘTA	kJ/g	kcal/g
<i>Tenebrio molitor</i>	26,43	6,30
<i>Myrmica</i> sp.	26,43	6,30
Arachnida	24,37	5,82
<i>Bufo bufo</i>	20,95	5,00
<i>Rana arvalis</i>	19,38	4,36
<i>Parula americana</i>	28,80	6,88
<i>Passer domesticus</i>	23,08	5,51
<i>Sorex minutus</i>	21,03	5,03
<i>Apodemus glareolus</i>	20,66	4,93

Węglowodany: 17,21 kJ/g; Białka: 23,61 kJ/g; Tłuszcze: 39,6 kJ/g

19/30

---

---

---

---

---

---

---

---

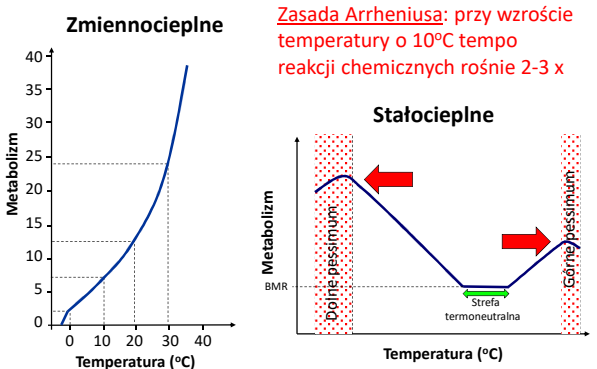
---

---

---

---

### Zależność tempa metabolizmu od temperatury



20/30

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Okresowa rezygnacja z homeostazy może poszerzyć strefę tolerancji

- **Obniżenie temperatury ciała w czasie spoczynku**
  - **torpor** (np. nietoperze, pilchowate, kolibry):
    - kolibry z chłodniejszych stref klimatycznych obniżają na noc temperaturę ciała do ok. 18° – 20°C z ok. 40°C za dnia;
  - **hibernacja** – znacznie głębsze zmiany w fizjologii niż przy torporze:
    - susły – rytm serca z 200-400 uderzeń/min. → 7-8 u/min; temperatura ciała z ok. 40°C → 6°C;
- **metabolizm hibernacyjny ≈ 1% - 5% normalnego**
- **Diapauza** u owadów – woda może zostać związana chemicznie (ochrona przed zamarzaniem) lub ciało zostaje otoczone nieprzepuszczalną osłonką (ochrona przed wysychaniem), metabolizm spada niemal do zera

21/30

---

---

---

---

---

---

---

---

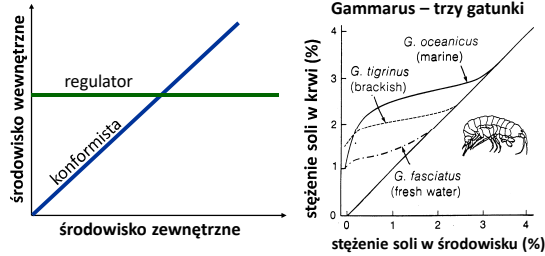
---

---

---

---

### Organizmy-regulatory i konformiści



22/30

---

---

---

---

---

---

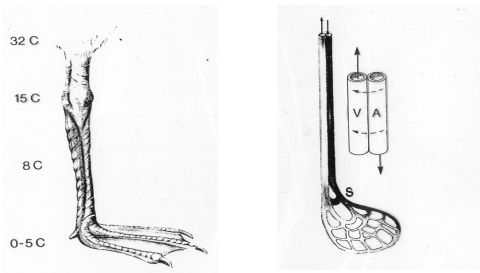
---

---

---

---

### Z homeostazy można też zrezygnować tylko w niektórych częściach ciała



Temperatura skóry nogi i stopy mewy stojącej na lodzie

Przeciwprądowa wymiana ciepła między krwią tętniczą (A) i żylną (V)

23/30

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Przygotowanie do niekorzystnych warunków środowiskowych wymaga przewidywania ich nadejścia

- Czas niezbędny na zgromadzenie zapasów energii, wody, biogenów
- Czas niezbędny na zmiany fizjologiczne
- ➔ niekorzystne zmiany w środowisku należy przewidzieć zawczasu
  - ➔ w środowisku istnieją przesłanki, wskazujące na nadchodzące zmiany – „czynniki bliższe” (proksymalne) – np. zmiana względnej długości dnia, zmiana temperatury barwowej światła;
  - ➔ ostatecznie nadchodzą zmiany i na organizm działają „czynniki ostateczne” (podstawowe, ułtymatywne) – np. niska temperatura, brak pożywienia itp.

24/30

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



### Czynniki ograniczające: temperatura i wilgotność

#### Temperatura

- życie możliwe w zakresie od  $-200^{\circ}\text{C}$  do  $+100^{\circ}\text{C}$
- większość organizmów:  $-60^{\circ}\text{C}$  do  $+60^{\circ}\text{C}$
- amplituda temperatur

#### Wilgotność

- cały zakres występujących na Ziemi warunków wilgotnościowych
- W praktyce – łączne działanie wilgotności i temperatury  $\rightarrow$  **ewapotranspiracja**

25/30

---

---

---

---

---

---

---

---

### Czynniki ograniczające: światło

- zakres: **400 do 700 nm**
- rośliny lądowe: głównie światło **niebieskie** i **czerwone**
- na lądach niedobór światła może być czynnikiem ograniczającym pod okapem lasu
- w wodach: poniżej ok. 1 m dociera już tylko światło zielone i niebieskie  $\rightarrow$  znacznie większe zróżnicowanie barwników fotosyntetycznych u roślin wodnych – wiele roślin wodnych wykorzystuje do fotosyntezy światło **zielone**
- ograniczająco może działać także zbyt intensywne promieniowanie

26/30

---

---

---

---

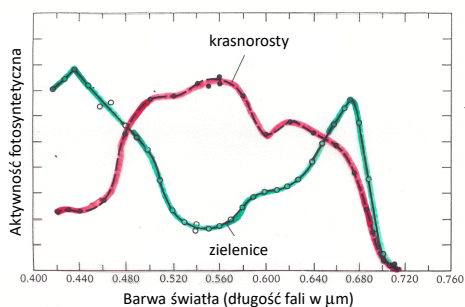
---

---

---

---

### Wykorzystanie światła w różnych zakresach przez glony



27/30

---

---

---

---

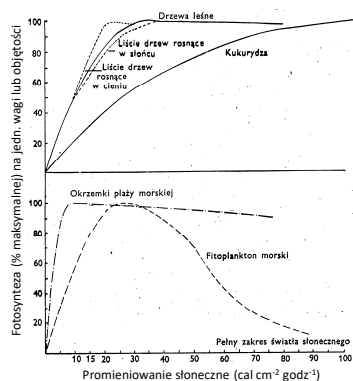
---

---

---

---

## Światło jako czynnik ograniczający



28/30

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Czynniki ograniczające: biogeny

- **Tlen i dwutlenek węgla**
  - tempo fotosyntezy wzrasta przy podniesieniu stężenia  $\text{CO}_2$  oraz obniżeniu stężenia  $\text{O}_2$
  - powietrze glebowe: w głębszych warstwach gleby tlen jest czynnikiem ograniczającym dla organizmów aerobowych
  - woda: tlen jest słabo rozpuszczalny → może być czynnikiem ograniczającym (eutrofizacja!)
- **Makro- i mikroelementy**
  - zarówno zbyt niskie, jak i zbyt wysokie stężenia działają ograniczająco
  - częsty niedobór: dla organizmów wodnych P, Fe, N; dla mięczaków i kręgowców Ca; dla roślin lądowych Mg itp.

29/30

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Podsumowanie

- Przepływ energii przez organizm:  $C = P + R + FU + SDA$
- "Prawo Kleibera": tempo metabolizmu zależy od masy ciała →  $M \sim W^{3/4}$ 
  - w rzeczywistości wykładniki są różne dla różnych grup organizmów → teorie tłumaczące zależność allometryczną
- Zależność tempa metabolizmu od temperatury:
  - zmiennoociplne – wykładniczy wzrost ze wzrostem temperatury
  - stałociplne – wzrost tempa metabolizmu poniżej (ogrzewanie) i powyżej (chłodzenie) strefy termoneutralnej
- **Strategie oszczędzania energii:** torpor, hibernacja, estywacja, częściowa rezygnacja z homeostazy

30/30

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---