

KAMIL JANIAK

WPROWADZENIE DO SYSTEMÓW PODTRZYMANIA ŻYCIA

Systemy podtrzymania życia w kolonii
pozaziemskiej - kurs

Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika
Wrocławska

WROCŁAW, 2024



Plan prezentacji

1. Równoważna metryka systemu [ESM]
2. Zagrajmy w grę
3. Bilanse masy
4. Elementy składowe:
 - a. podsystem dostarczania wody
 - b. podsystem dostarczania powietrza
 - c. podsystem dostarczania pożywienia
 - d. podsystem zagospodarowania odpadów
 - e. Produkcja energii
2. Systemy podtrzymania życia a długość trwania misji

Równoważna metryka systemu [ESM]

ESM - Equivalent system metric

Równoważna metryka systemu

Idea

Problem:

jak łatwo oceniać systemy podtrzymania życia gdy mogą one mieć nie tylko różną masę, ale też objętość, zapotrzebowanie na energię itd.?

Odpowiedź:

Potrzebny jest system przeliczania różnych parametrów systemu na jeden uogólniony

Równoważna metryka systemu

Idea

Metryki nie czasowe [kg] – masa, objętość, zużycie energii itd..

$$ESM_{total} = ESM_{NCT} + ESM_{CT}$$

Metryki czasowe [kg] – naprawy, obsługa itd.

Metryka całego systemu [kg]

$$ESM_{NCT} = \sum ESM_{NCT,i}$$

$$ESM_{CT} = \sum ESM_{CT,i}$$

Objętość [m³]

Wymagany chłód [kW]

$$ESM_{NCT,i} = M_i + \gamma_V V_i + \gamma_P P_i + \gamma_C C_i$$

Masa [kg]

Wymagana moc [kW]

$\gamma_V, \gamma_P, \gamma_C, \gamma_{CT}$ - odpowiednie współczynniki przeliczeniowe

$$ESM_{CT,i} = \gamma_{CT} t_{LSS,i}$$

Pracochłonność [h/osobę tydzień]

Równoważna metryka systemu

Współczynniki metryk nie czasowych

Misja	Objętość [kg/m ³]	Moc [kg/kW]	Chłodzenie [kg/kW]
ISS	66.6	77-476	163.8
Mars tranzyt	16.1	83.3	21.1
Mars powierzchnia	2.08	86.9	66.7

Równoważna metryka systemu

Czas

Czas pracy [h/tydzień] – 66 h/tydzień na Marsie

$$t_{MISSION} = t_{WORK} - t_{LSS} \quad \text{Czas niezbędny do obsługi systemu podtrzymania życia [h/tydzień]}$$

Czas na realizację zadań misji [h/tydzień]

$$t_{LSS} = \sum t_{LSS,i}$$

$$ESM_{total} = ESM_{NCT} \frac{t_{WORK}}{t_{MISSION}}$$

Łącząc równania:

$$ESM_{total} = ESM_{NCT} + ESM_{CT}$$

$$ESM_{total} = ESM_{NCT} \frac{t_{WORK}}{t_{MISSION}}$$

Otrzymujemy:

$$ESM_{CT} = ESM_{NCT} \left(\frac{t_{WORK}}{t_{MISSION}} - 1 \right) \quad \gamma_{CT} = \frac{ESM_{CT}}{t_{LSS}} \quad \gamma_{CT} = \frac{ESM_{NCT}}{t_{MISSION}}$$

Procedura

1. Wybór rodzaju misji
2. Zdobywanie danych dot. wymiarowania systemu
3. Obliczenia wartości ESM_{NCT}
4. Obliczenia t_{LSS}
5. Obliczenia $t_{MISSION}$
6. Obliczenia wartości γ_{CT} i ESM_{CT}
7. Obliczenia ESM_{total}

Zagrajmy w grę

Gra - zasady

1. Podział grupy na trzy zespoły
2. Każdy z zespołów buduje system podtrzymania życia na wylosowanym ciele niebieskim i przy wylosowanej liczbie kolonistów
3. Każdy zespół ma do zdobycia 4 karty podsystemów:
 - a. podsystem dostarczania wody
 - b. podsystem dostarczania powietrza
 - c. podsystem dostarczania pożywienia
 - d. podsystem zagospodarowania odpadów
4. Zdobycie ww. kart do końca kursu powoduje zaliczenie kursu na ocenę 3.0 bez egzaminu

Gra - zasady

1. Jak zdobyć kartę podsystemu:

a. należy w grupie:

- przygotować opis wybranego podsystemu.
 - zdobyć informacje o niezbędnej ilości i rodzaju surowców i produktów tego systemu.
 - określić ilości i rodzaje surowców niezbędne do podtrzymania przy życiu swojej liczby kolonistów.
 - określić powiązania z innymi podsystemami.
- b. wyżej wymienione informacje należy przedstawić na zajęciach

Grupy mają pracować samodzielnie!

Bilanse masy

Bilanse masy

Potrzeby człowieka

Bilans	Interfejs	Jednostki	Wartość nominalna
Podstawowe dane	Masa całkowita ciała	kg	82
	Wskaźnik oddechowy		0.92
Powietrze	Ładunek dwutlenku węgla (-)	kg/O-d	1.04
	Zużycie tlenu (+)	kg/O-d	0.816
Jedzenie	Spożycie jedzenia; masa (+)	kg/O-d	1.51
	Spożycie jedzenia; zawartość energetyczna (+)	kcal/O-d	3000
	Spożycie wody pitnej (+)	kg/O-d	2.5
	Woda metaboliczna	kg/O-d	0.4
Termiczne	Całkowite obciążenie cieplne (-)	MJ/O-d	12.00
	Jawne obciążenie cieplne metaboliczne (-)	MJ/O-d	7.35
	Utajone obciążenie cieplne metaboliczne (-)	MJ/O-d	4.65
Odpady	Kał (sucha masa) (-)	kg/O-d	0.032
	Pot (sucha masa) (-)	kg/O-d	0.018
	Mocz (sucha masa) (-)	kg/O-d	0.059
Woda	Woda w kale (-)	kg/O-d	0.1
	Woda oddechowa i potowa (-)	kg/O-d	1.9
	Mocz (-)	kg/O-d	1.5

Bilanse masy

Woda

Parametr	Jednostki	Devon Island Mars Research Station Study	Międzynarodowa Stacja Kosmiczna	Pojazd Tranzytowy	Wczesna Baza Planetarna	Dojrzała Baza Planetarna
Woda do picia	kg/O-d	2.59	2.00	2.00	2.00	2.00
Woda do rehydratacji żywności	kg/O-d	1.03	0.50	0.50	0.50	0.50
Całkowite spożycie przez człowieka	kg/O-d	3.62	2.50	2.50	2.50	2.50

Bilanse masy

Woda

Parametr	Jednostki	Devon Island Mars Research Station	Międzynarodowa Stacja Kosmiczna	Pojazd Tranzytowy	Wczesna Baza Planetarna	Dojrzała Baza Planetarna
Splukiwanie moczu	kg/O-d	0	0.30	0.30	0.50	0.50
Higiena osobista	kg/O-d	0.46	0.40	0.40	0.40	0.40
Mycie rąk	kg/O-d	0.64	n/a	n/a	n/a	n/a
Golenie	kg/O-d	0.05				
Woda medyczna	kg/O-d	5 kg plus 0.5 kg/O-d	5 kg plus 0.5 kg/O-d	5 kg plus 0.5 kg/O-d	5 kg plus 0.5 kg/O-d	5 kg plus 0.5 kg/O-d
Sprzątanie naukowe i inżynieryjne	kg/O-d	0.08				
Prysznic	kg/O-d	1.08	n/a	n/a	1.08	1.08
Pranie	kg/O-d	1.95	n/a	n/a	n/a	n/a
Mycie naczyń	kg/O-d	3.54	n/a	n/a	3.54	3.54
Całkowite zużycie wody do higieny	kg/O-d	7.80	0.7	0.7	1.98	7.32

Bilanse masy

Woda

Parametr	Jednostki	Devon Island Mars Research Station	Międzynarodowa Stacja Kosmiczna	Pojazd Tranzytowy	Wczesna Baza Planetarna	Dojrzała Baza Planetarna
Całkowite spożycie przez człowieka	kg/O-d	3.62	2.50	2.50	2.50	2.50
Całkowite zużycie wody do higieny	kg/O-d	7.80	0.7	0.7	1.98	7.32
Całkowite zużycie wody	kg/O-d	11.42	4.85	3.17	10.17	28.08
Zużycie wody do produkcji biomasy	kg/m ² d	0.10	n/a	n/a	n/a	4.00

Bilanse masy

Woda

Parametr	Jednostki	Devon Island Mars Research Station	Międzynarodowa Stacja Kosmiczna	Pojazd Tranzytowy	Wczesna Baza Planetarna	Dojrzała Baza Planetarna
Całkowite spożycie przez człowieka	kg/O-d	3.62	2.50	2.50	2.50	2.50
Całkowite zużycie wody do higieny	kg/O-d	7.80	0.7	0.7	1.98	7.32
Całkowite zużycie wody	kg/O-d	11.42	4.85	3.17	10.17	28.08
Zużycie wody do produkcji biomasy	kg/m²d	0.10	n/a	n/a	n/a	4.00

Bilanse masy

Odpady

Odpady	Wartość nominalna [g/O-d]
Odpady sprzętowe	Do ustalenia
Odpady eksperymentalne	Do ustalenia
Kombinezony Maksymalnej Absorpcji do Działań Zewnętrznych (MAGs)	173
Odpady higieniczne dla kobiet:	
Produkty higieniczne menstruacyjne	104
Miesiączka	113.4
Opakowania żywności i pozostałości	324
Rękawice	7
Szara lub klejąca taśma	33
Szara woda	Do ustalenia
Solanka ze szarej wody	Do ustalenia

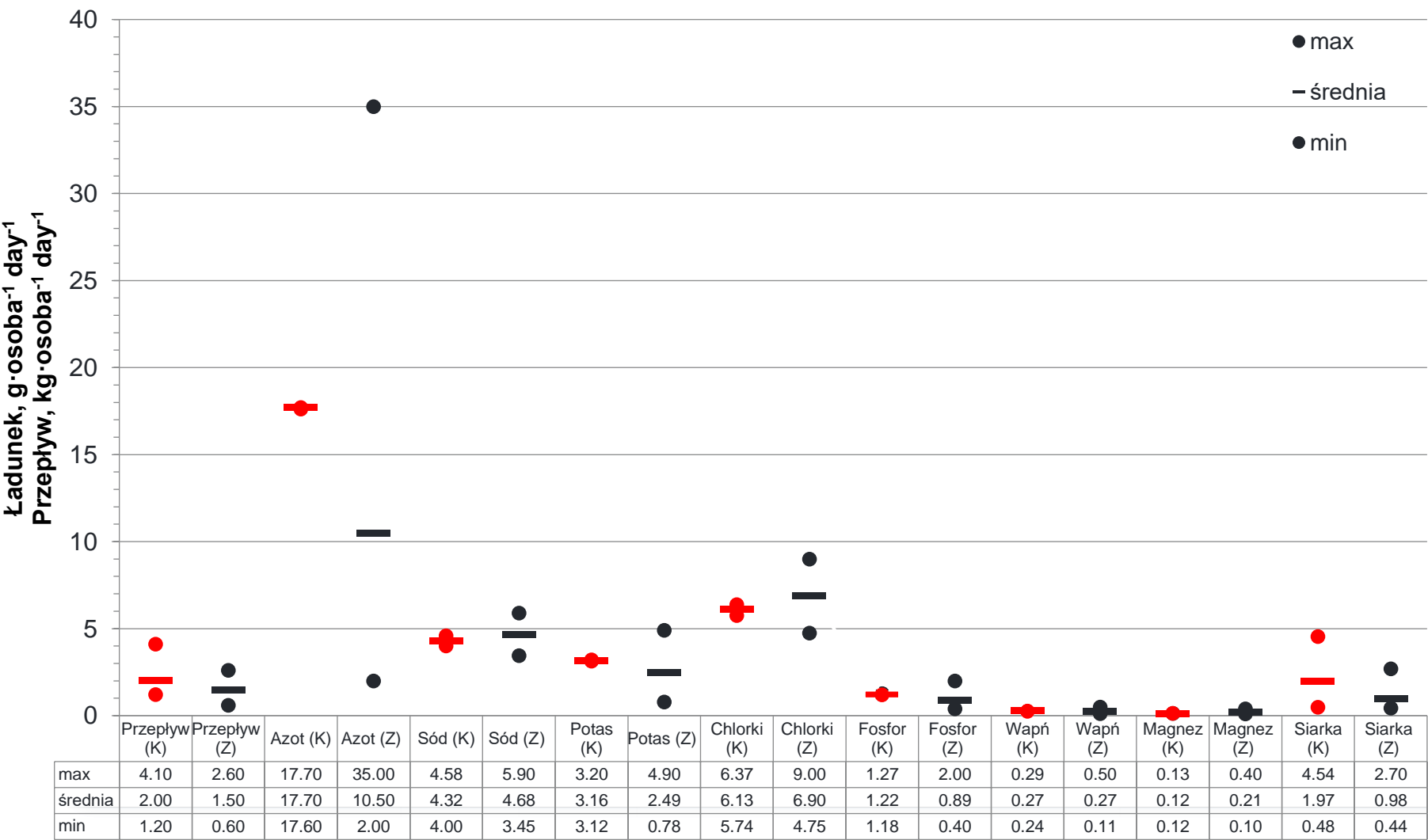
Bilanse masy

Odpady

Odpady	Wartość nominalna
Resztki ludzkie:	
Paznokcie	0.01
Włosy	0.33
Śluz	0.4
Ciała stałe w ślinie	0.01
Komórki skóry	3
Oleje skórne	4
Pot w formie stałej	8
Produkty higieniczne, różne	Do ustalenia
Niejadalna biomasa i odpady z upraw	Do ustalenia
Pranie: odzież, ręczniki i ściereczki	230
Odpady medyczne	Do ustalenia
Odpady metaboliczne:	
Kał	123
Mocz	1562
Papier	77
Chusteczki:	
Papier toaletowy	28
Chusteczki, detergent	58
Chusteczki, dezynfekujące	56
Chusteczki, suche	13
Chusteczki, mokre	51

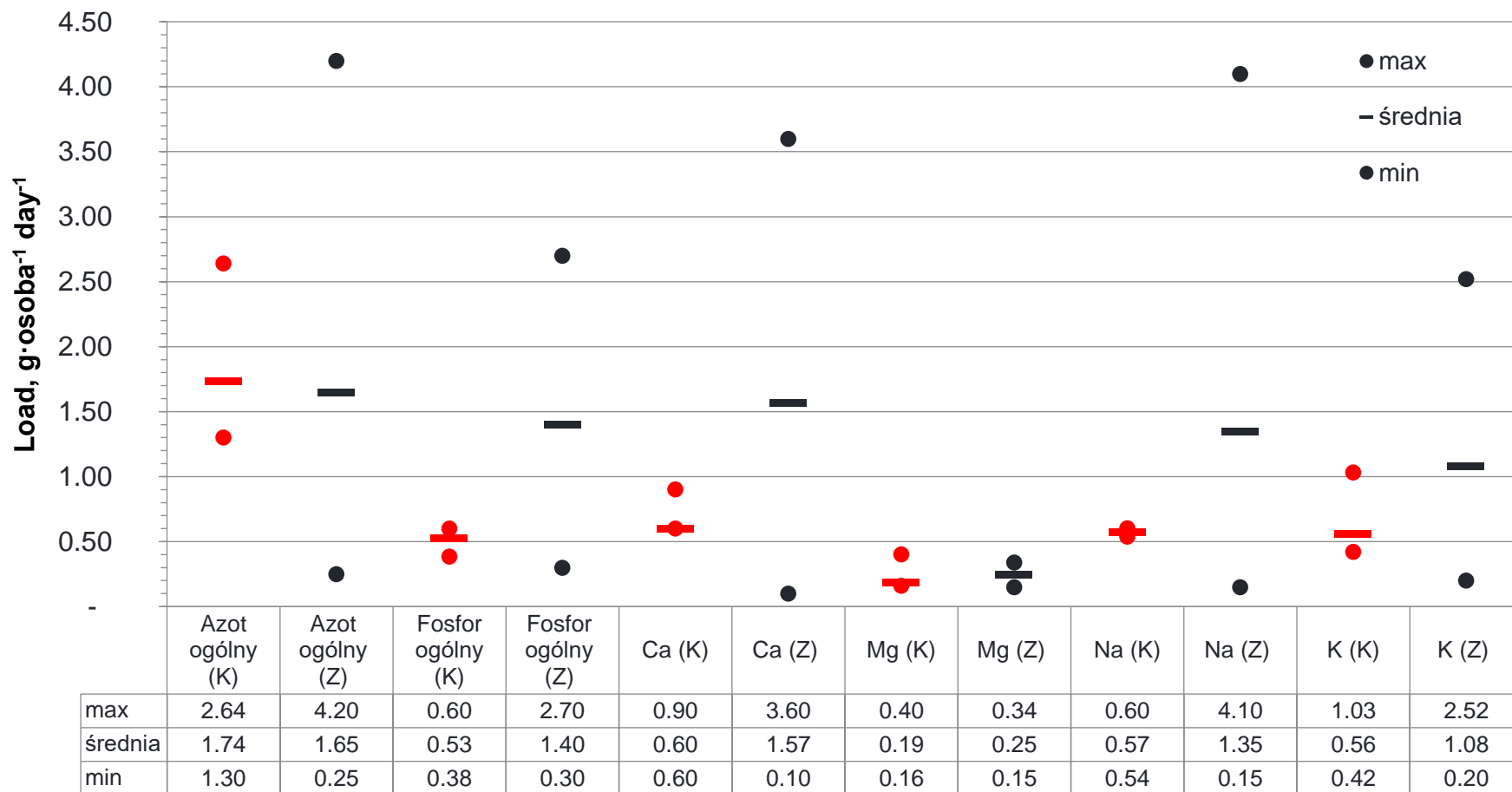
Bilanse masy

Azot, fosfor i inne pierwiastki wydalone przez człowieka - mocz



Bilanse masy

Azot, fosfor i inne pierwiastki wydalone przez człowieka - kał



Bilanse masy

Istotna uwaga

W normalnych warunkach, przy zbilansowanej diecie, ilość przyjmowanych pierwiastków jest równa ilości wydalanych.

Oznacza to, że ze strumieni wydalanych można szacować zapotrzebowanie na pierwiastki w pożywieniu

Elementy systemu podtrzymania życia