

KAMIL JANIAK

---

# ZIEMIA JAKO SYSTEM PODTRZYMANIA ŻYCIA

Systemy podtrzymania życia w kolonii  
pozaziemskiej - kurs

Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika  
Wrocławska

WROCŁAW, 2025



# Plan prezentacji

---

1. Ziemia – podstawowe dane
2. Dlaczego życie jest możliwe właśnie na Ziemi?
3. Obieg wody
4. Obieg węgla
5. Obiegi innych pierwiastków

# **Ziemia – podstawowe dane**

# Ziemia - podstawowe dane

---



## Dane

**6 371 km** Promień

**150 mln km** Odległość od Słońca

**4.5 mld lat** Wiek Ziemi

**510 mln km<sup>2</sup>** Powierzchnia Ziemi

**150 mln km<sup>2</sup>** Powierzchnia lądów

**361 mln km<sup>2</sup>** Powierzchnia wód

**23.9345 h** Okres obrotu



# Ziemia - podstawowe dane

---

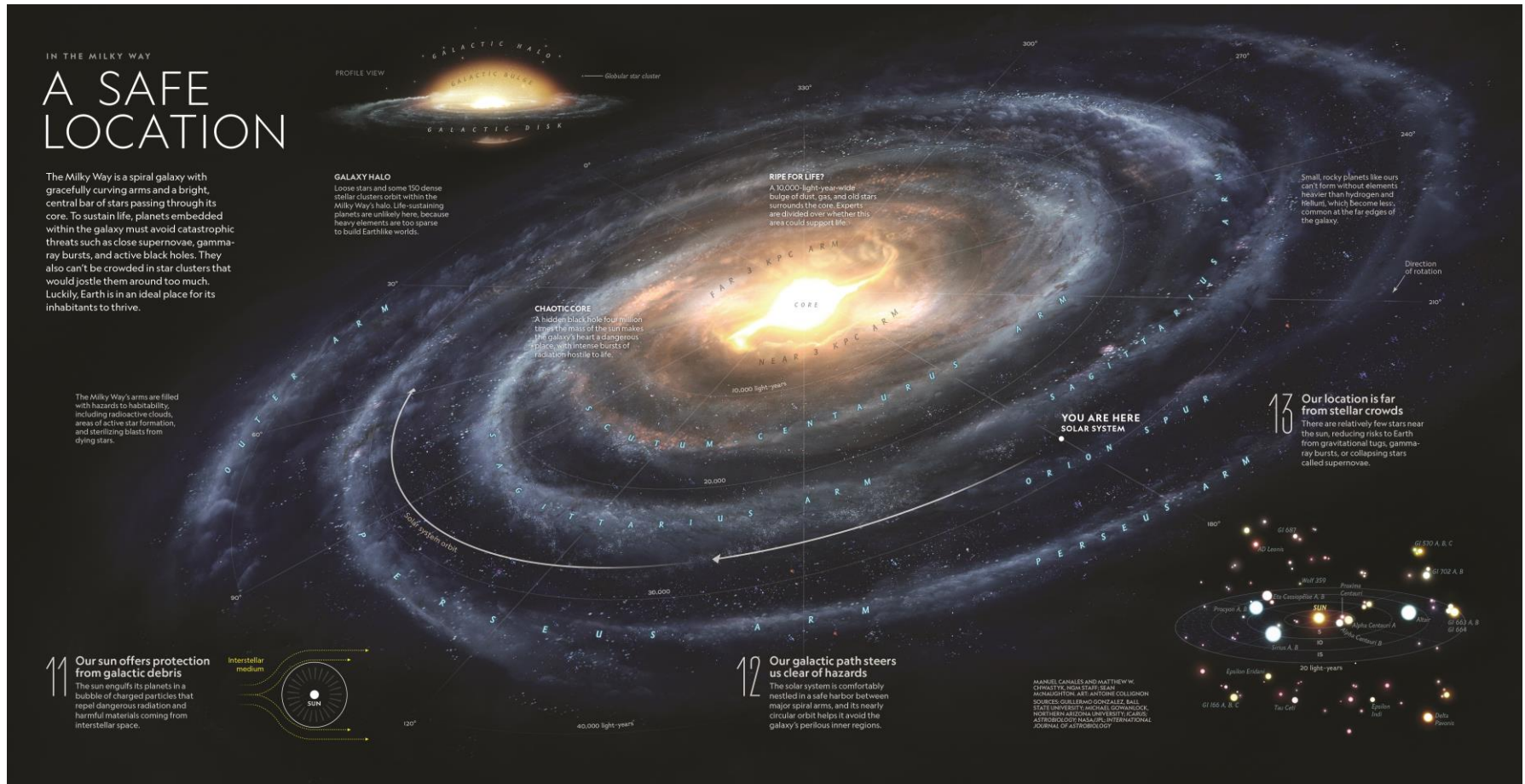


Dane	
5513 kg/m <sup>3</sup>	Gęstość
5,97×10 <sup>24</sup> kg	Masa
Księżyc	Jedyny naturalny satelita Ziemi
>15 mln	Liczba gatunków
tak	Aktywność wulkaniczna
1,85×10 <sup>24</sup> kg	Masa jądra Ziemi

**Dlaczego życie jest  
możliwe właśnie na  
Ziemi?**

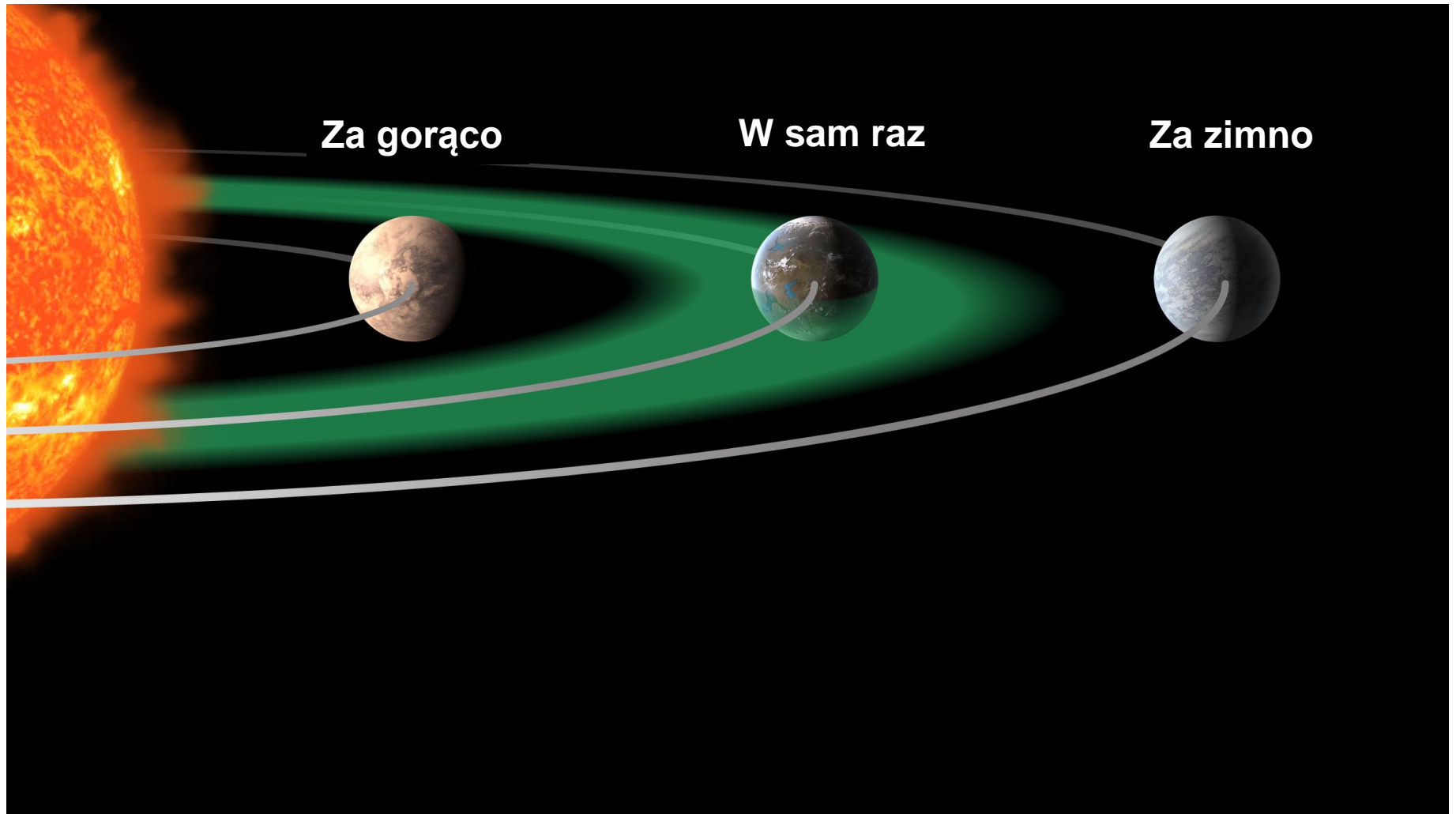
# Dlaczego życie na Ziemi jest możliwe

## Położenie w galaktyce



# Dlaczego życie na Ziemi jest możliwe

Położenie w układzie słonecznym

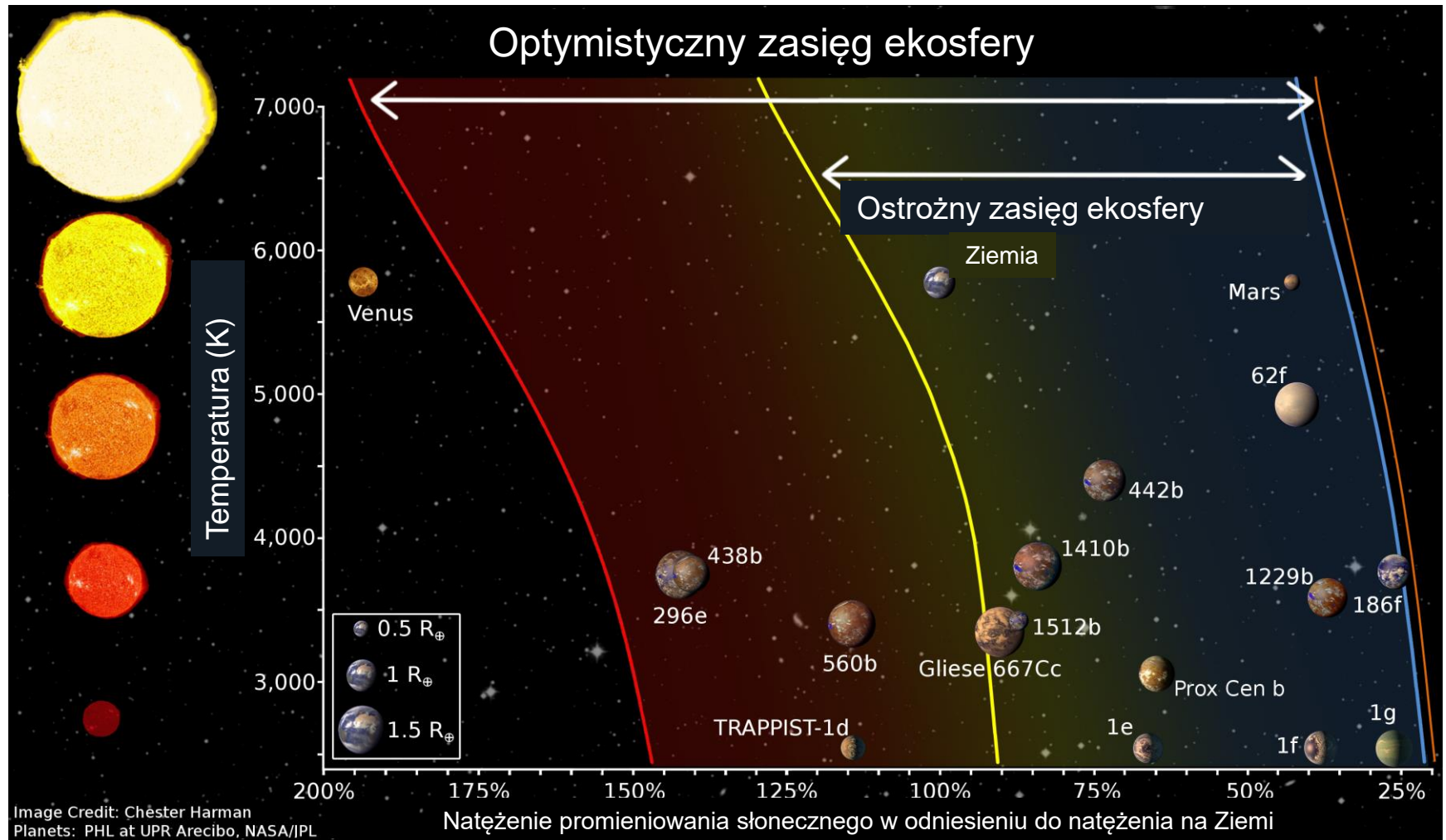


<https://exoplanets.nasa.gov/resources/2313/habitable-zones-compared-to-the-size-of-the-hosting-star/>



# Dlaczego życie na Ziemi jest możliwe

Położenie w układzie słonecznym



[https://en.wikipedia.org/wiki/Habitable\\_zone](https://en.wikipedia.org/wiki/Habitable_zone)

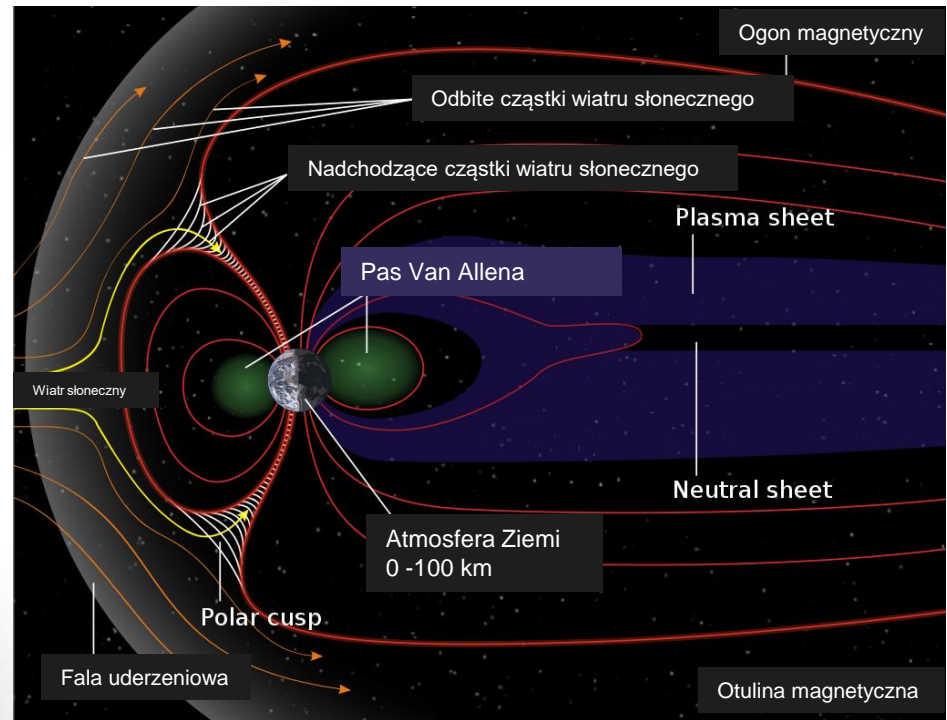
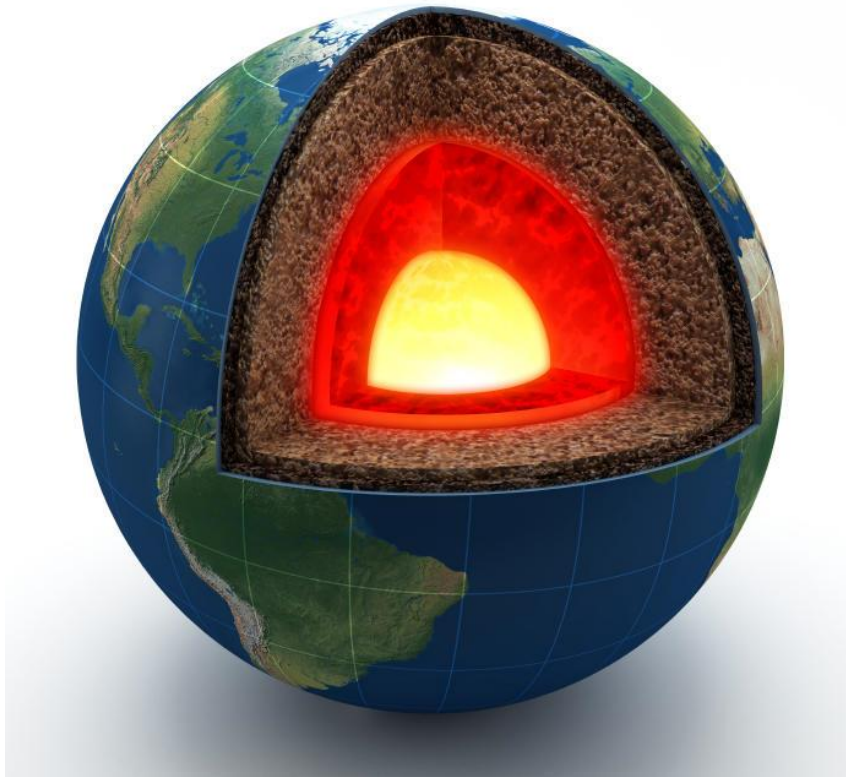
# Dlaczego życie na Ziemi jest możliwe

## Aktywność geologiczna



# Dlaczego życie na Ziemi jest możliwe

## Jądro Ziemi i pole magnetyczne



# Dlaczego życie na Ziemi jest możliwe

## Efekt cieplarniany

### Mars

Temperatura efektywna:  $-61^{\circ}\text{C}$   
Temperatura rzeczywista:  $-56^{\circ}\text{C}$   
Efekt cieplarniany:  $5^{\circ}\text{C}$

### Wenus

Temperatura efektywna:  $-53^{\circ}\text{C}$   
Temperatura rzeczywista:  $457^{\circ}\text{C}$   
Efekt cieplarniany:  $510^{\circ}\text{C}$

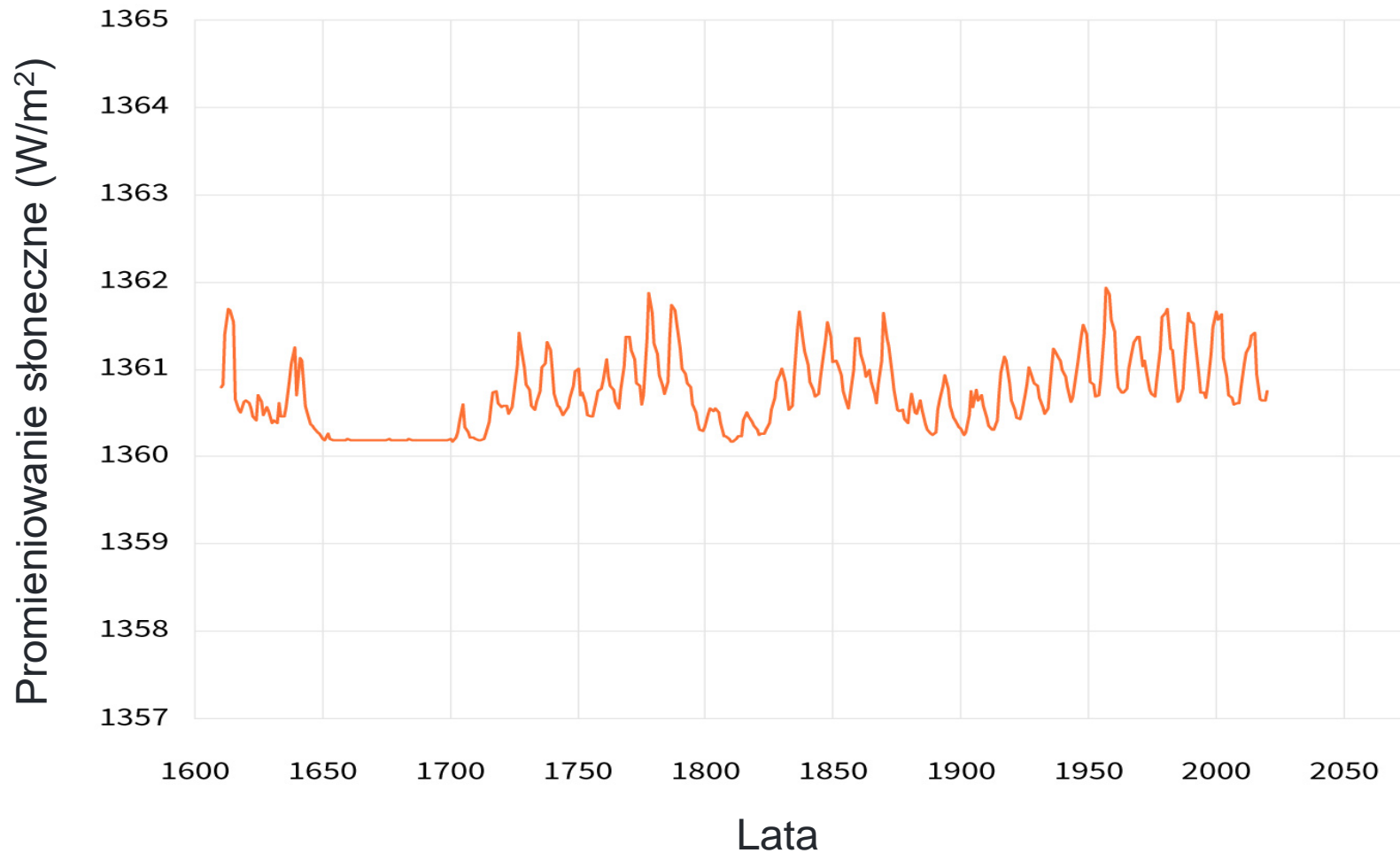
### Ziemia

Temperatura efektywna:  $-18^{\circ}\text{C}$   
Temperatura rzeczywista:  $15^{\circ}\text{C}$   
Efekt cieplarniany:  $33^{\circ}\text{C}$



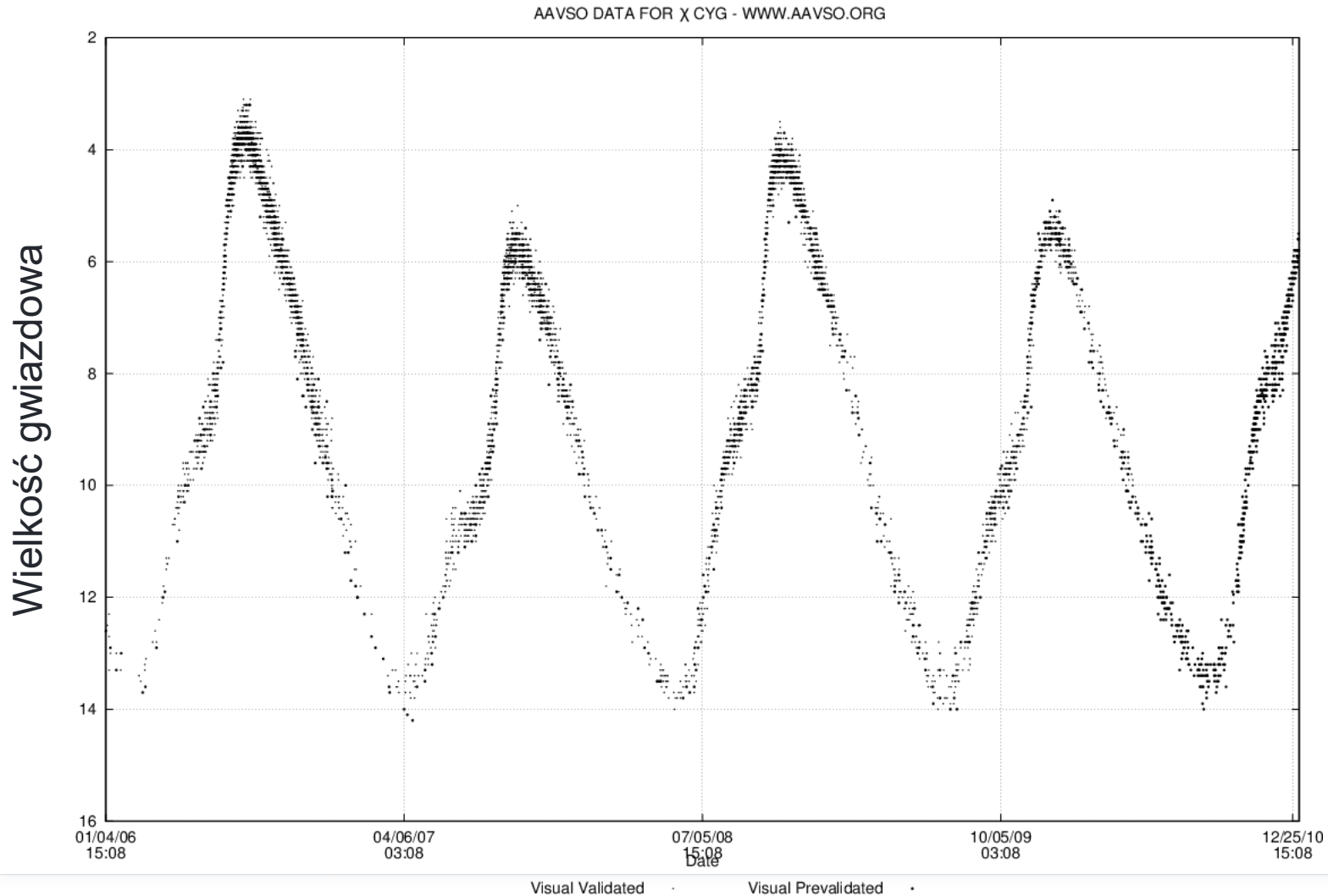
# Dlaczego życie na Ziemi jest możliwe

## Stabilność słońca



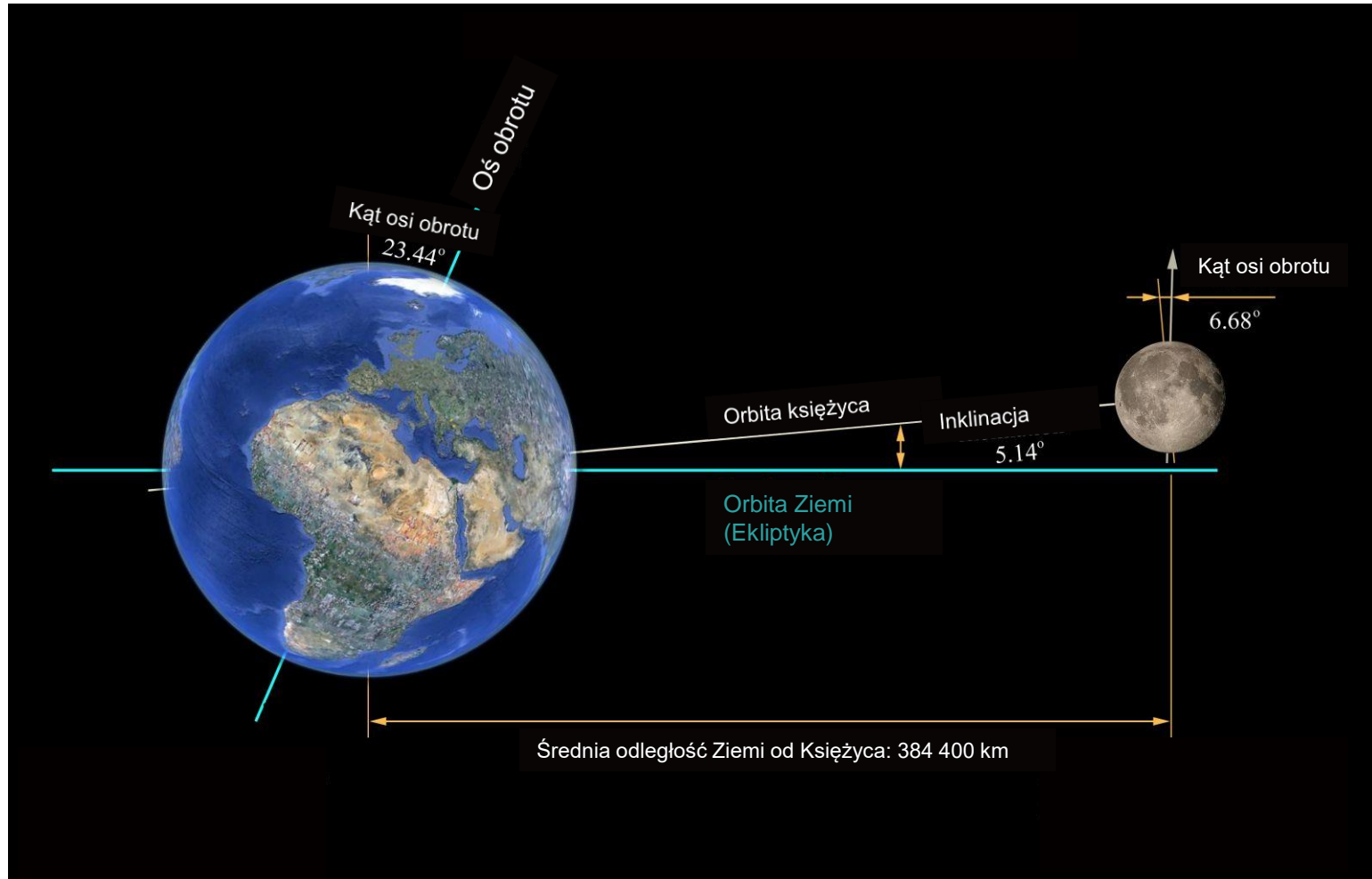
# Dlaczego życie na Ziemi jest możliwe

## Stabilność słońca



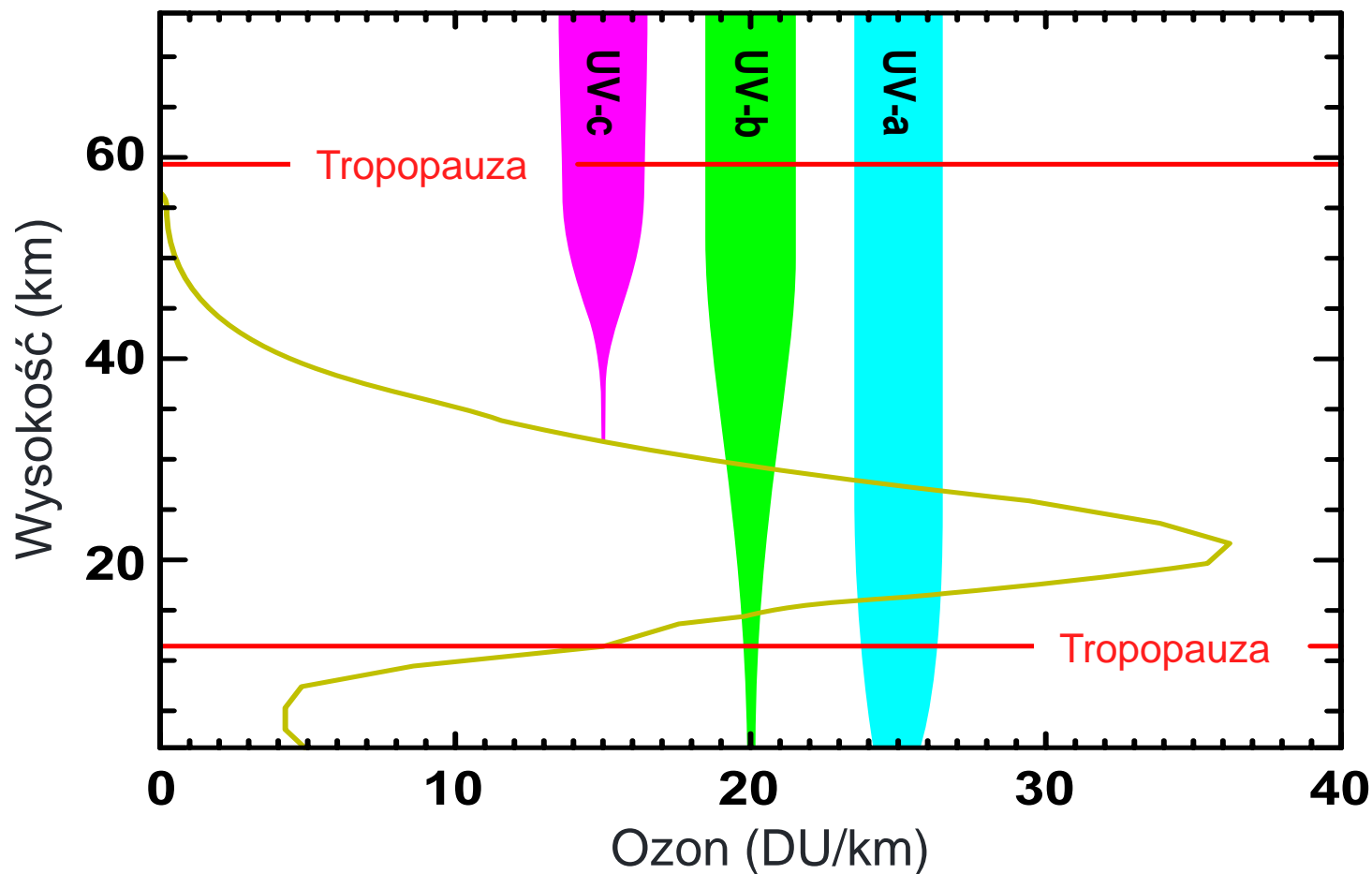
# Dlaczego życie na Ziemi jest możliwe

## Księżyc



# Dlaczego życie na Ziemi jest możliwe

## Warstwa ozonowa

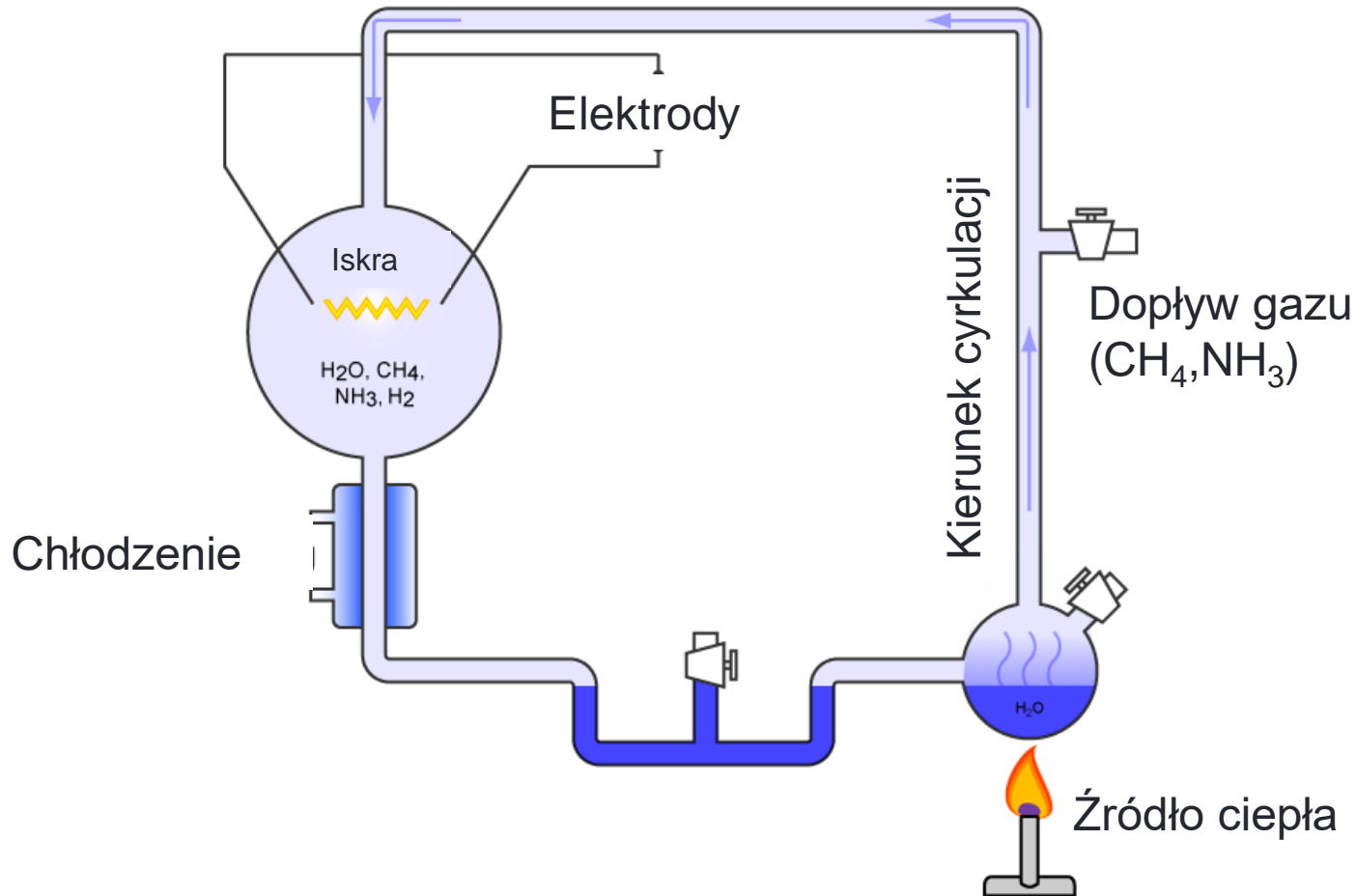


1 DU odpowiada warstwie ozonu o grubości 10  $\mu\text{m}$  w standardowych warunkach ciśnienia i temperatury



# Dlaczego życie na Ziemi jest możliwe

## Eksperyment Millera-Urey'a



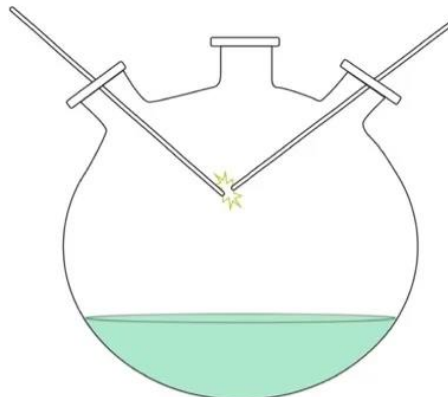
# Dlaczego życie na Ziemi jest możliwe

## Eksperyment Millera-Urey'a

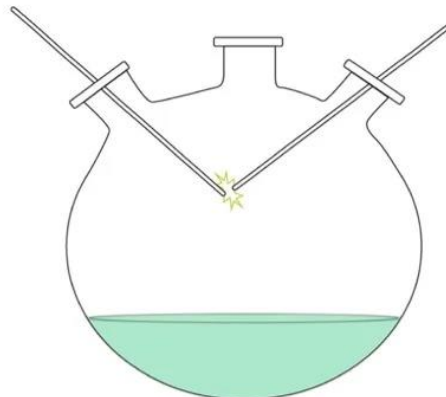
Ilości zidentyfikowanych związków organicznych powstałych z wyjściowych 59 moli metanu				
Produkt	Wzór chemiczny	Liczność substancji [μmol]	Liczba atomów węgla	Liczność atomów węgla [μmol]
<a href="#">kwas mrówkowy</a>	HCOOH	2330	1	2330
<a href="#">glicyna*</a>	H <sub>2</sub> N-CH <sub>2</sub> -COOH	630	2	1260
<a href="#">kwas hydroksycdowy</a>	HO-CH <sub>2</sub> -COOH	560	2	1120
<a href="#">alanina*</a>	H <sub>2</sub> N-CH(CH <sub>3</sub> )-COOH	340	3	1020
<a href="#">kwas mlekowy</a>	HO-CH(CH <sub>3</sub> )-COOH	310	3	930
<a href="#">β-alanina</a>	H <sub>2</sub> N-CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -COOH	150	3	450
<a href="#">kwas ocdowy</a>	CH <sub>3</sub> -COOH	150	2	300
<a href="#">kwas propionowy</a>	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> -COOH	130	3	390
<a href="#">kwas iminodiocdowy</a>	HOOC-CH <sub>2</sub> -NH-CH <sub>2</sub> -COOH	55	4	220
<a href="#">sarkozyna</a>	CH <sub>3</sub> -NH-CH <sub>2</sub> -COOH	50	3	150
<a href="#">kwas α-aminomasłowy</a>	H <sub>2</sub> N-CH(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> )-COOH	50	4	200
<a href="#">kwas α-hydroksymasłowy</a>	HO-CH(C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> )-COOH	50	4	200
<a href="#">kwas bursztynowy</a>	HOOC-CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -COOH	40	4	160
<a href="#">mocznik</a>	H <sub>2</sub> N-CO-NH <sub>2</sub>	20	1	20
<a href="#">N-metylomocznik</a>	H <sub>2</sub> N-CO-NH-CH <sub>3</sub>	15	2	30
<a href="#">kwas 3-azaadypinowy</a>	HOOC-CH <sub>2</sub> -NH-CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> -COOH	15	5	75
<a href="#">N-metyloalanina</a>	CH <sub>3</sub> -NH-CH(CH <sub>3</sub> )-COOH	10	4	40
<a href="#">kwas glutaminowy*</a>	H <sub>2</sub> N-CH(C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> COOH)-COOH	6	5	30
<a href="#">kwas asparaginowy*</a>	H <sub>2</sub> N-CH(CH <sub>2</sub> COOH)-COOH	4	4	16
<a href="#">kwas α-aminoizomasłowy</a>	H <sub>2</sub> N-C(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> -COOH	1	3	3
Suma:		4916		8944

# Dlaczego życie na Ziemi jest możliwe

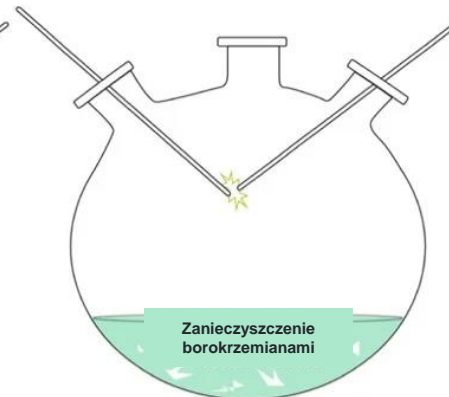
## Eksperyment Criado-Reyes'a



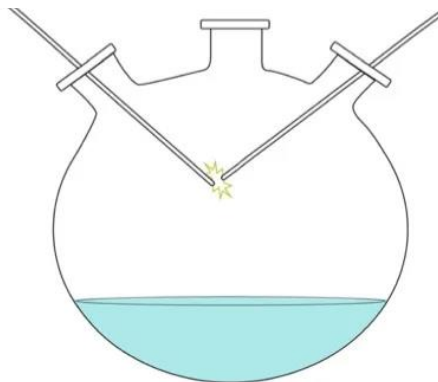
**Szkło borokrzemowe**  
pH początkowe 8.7



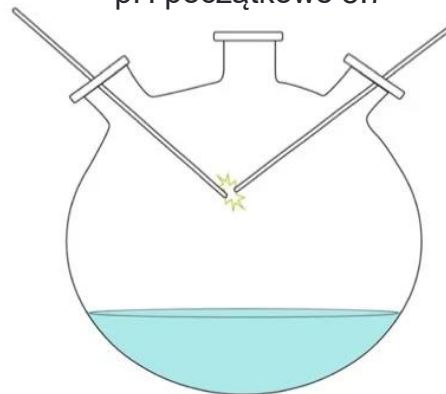
**Teflon**  
pH początkowe 8.7



**Teflon**  
pH początkowe 8.7



**Szkło borokrzemowe**  
pH po  $\text{NH}_3$  11.0  
pH końcowe 9.2



**Teflon**  
pH po  $\text{NH}_3$  11.05  
pH końcowe 10.48



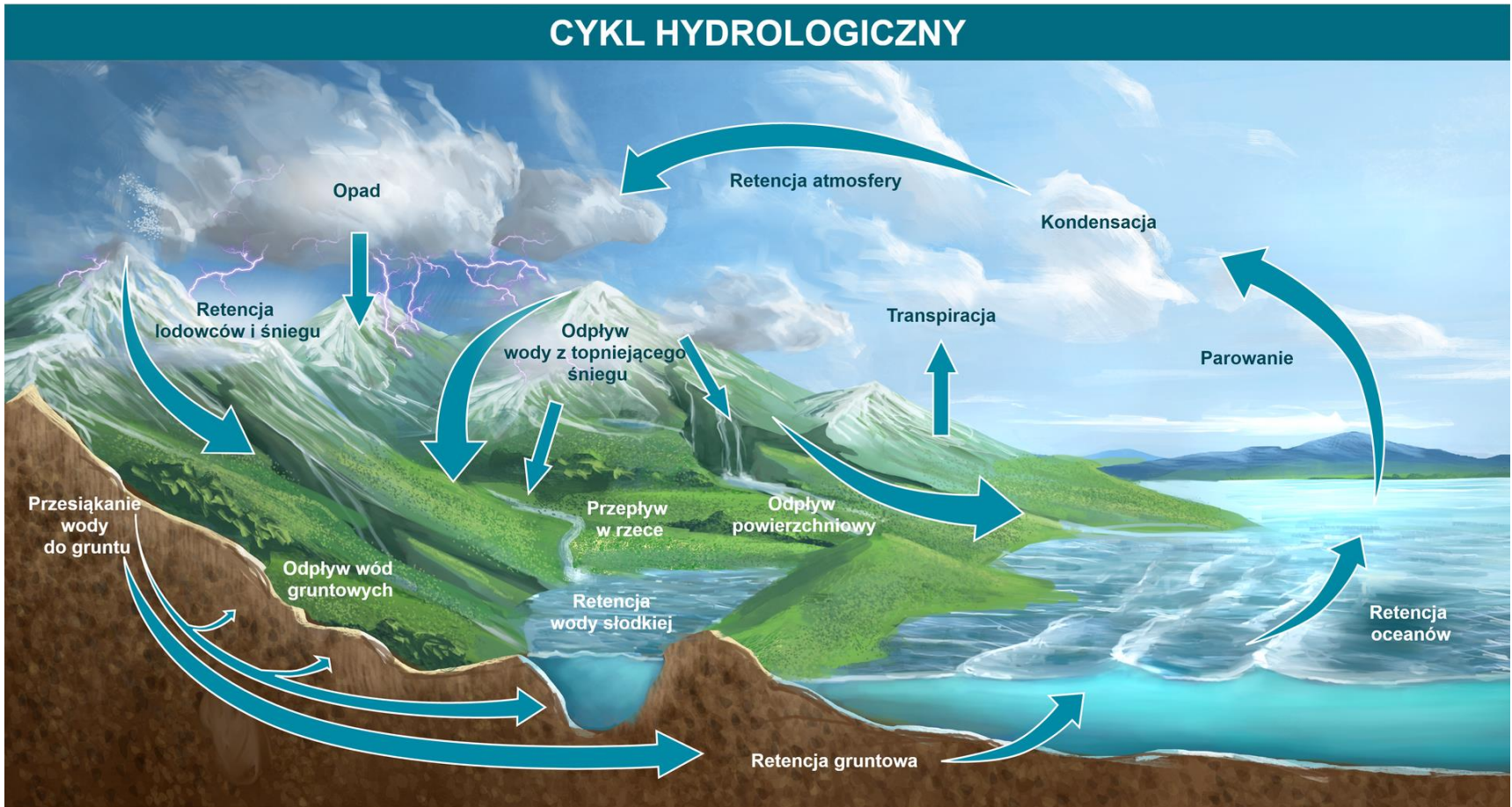
**Teflon**  
pH po  $\text{NH}_3$  11.15  
pH końcowe 10.00

# **Obieg wody**



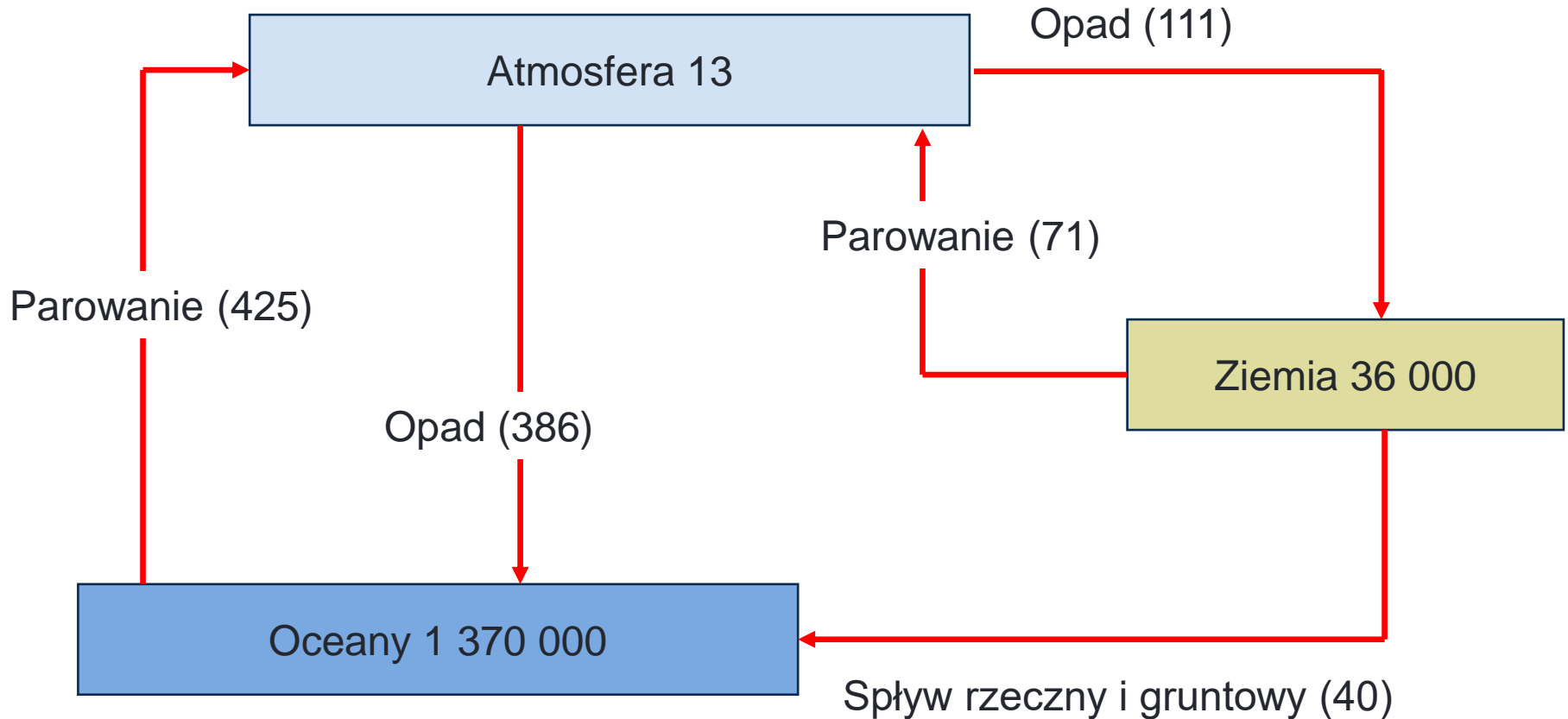
# Obieg wody

## Ogólny schemat



# Obieg wody

## Dane bilansowe

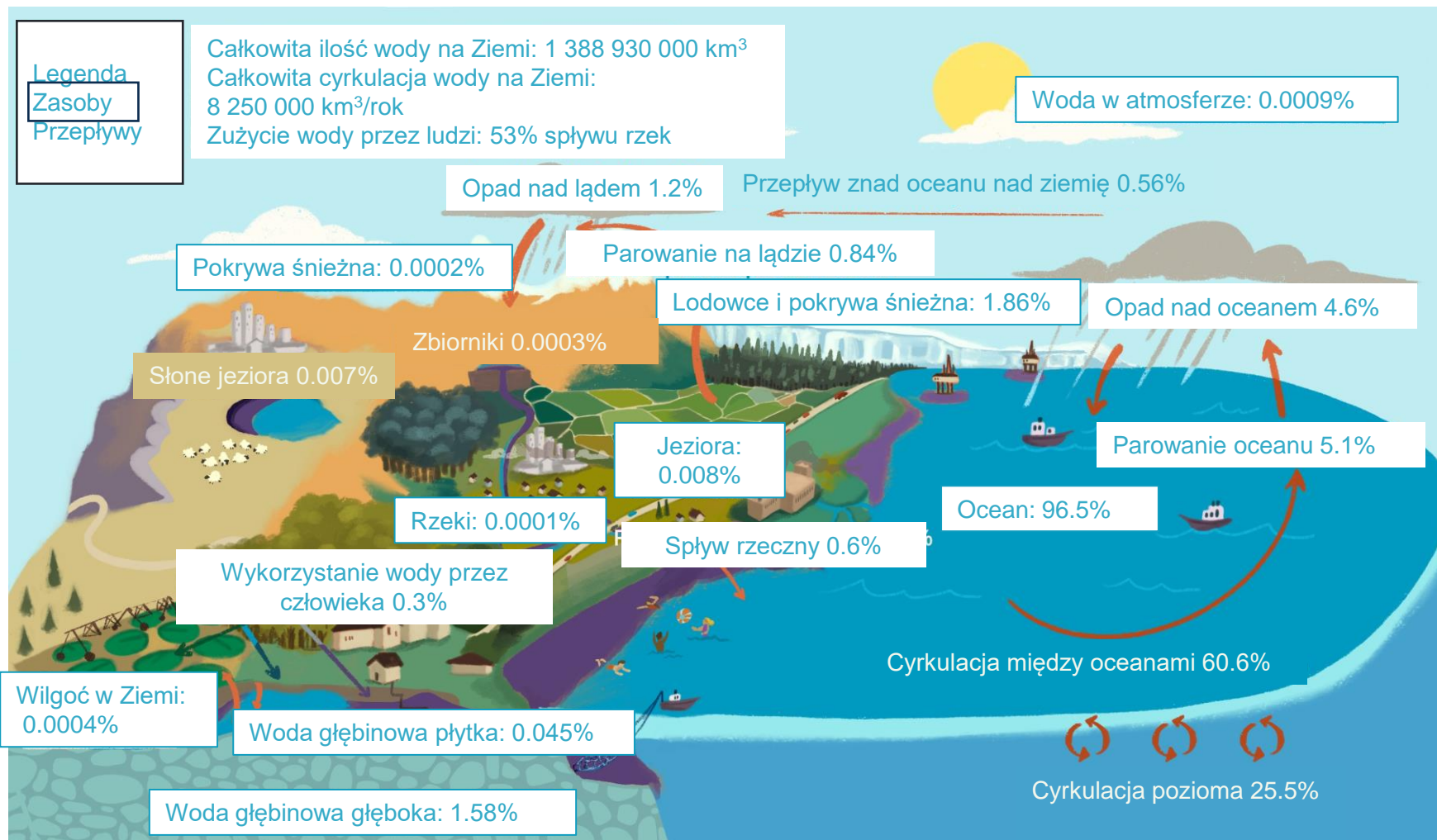


Objętość, tys. km<sup>3</sup>

Strumień, tys. km<sup>3</sup>/rok

# Obieg wody

## Dane bilansowe



# Obieg wody

Dane bilansowe – czasy przetrzymania

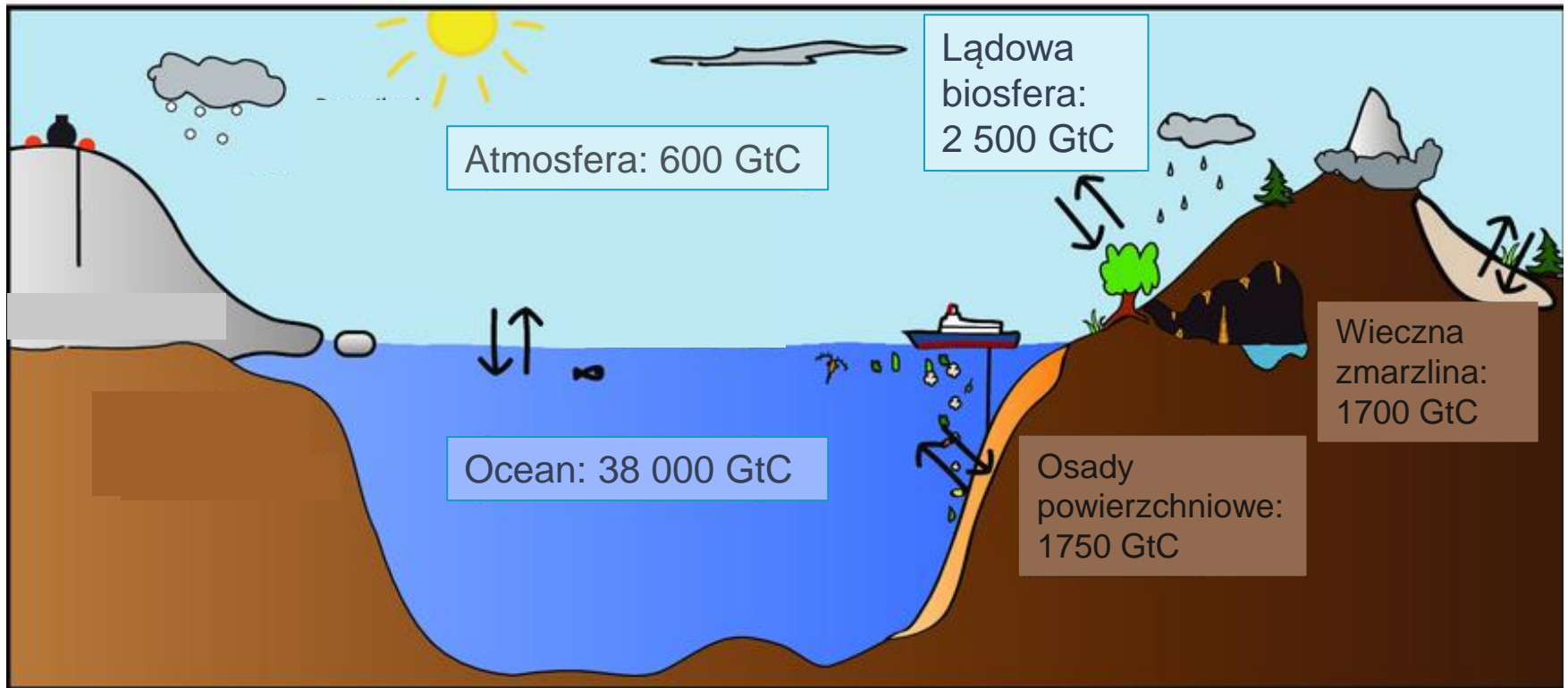
---

Rezerwuar	Średni czas przebywania
Antarktyda	20,000 lat
Oceany	3,200 lat
Lodowce	20 do 100 lat
Sezonowa pokrywa śnieżna	2 do 6 miesięcy
Wilgoć w glebie	1 do 2 miesięcy
Wody podziemne: płytkie	100 do 200 lat
Wody podziemne: głębokie	10,000 lat
Jeziora	50 do 100 lat
Rzeki	2 do 6 miesięcy
Atmosfera	9 dni

# **Obieg węgla**

# Obieg węgla

## Ogólny schemat – obieg krótki

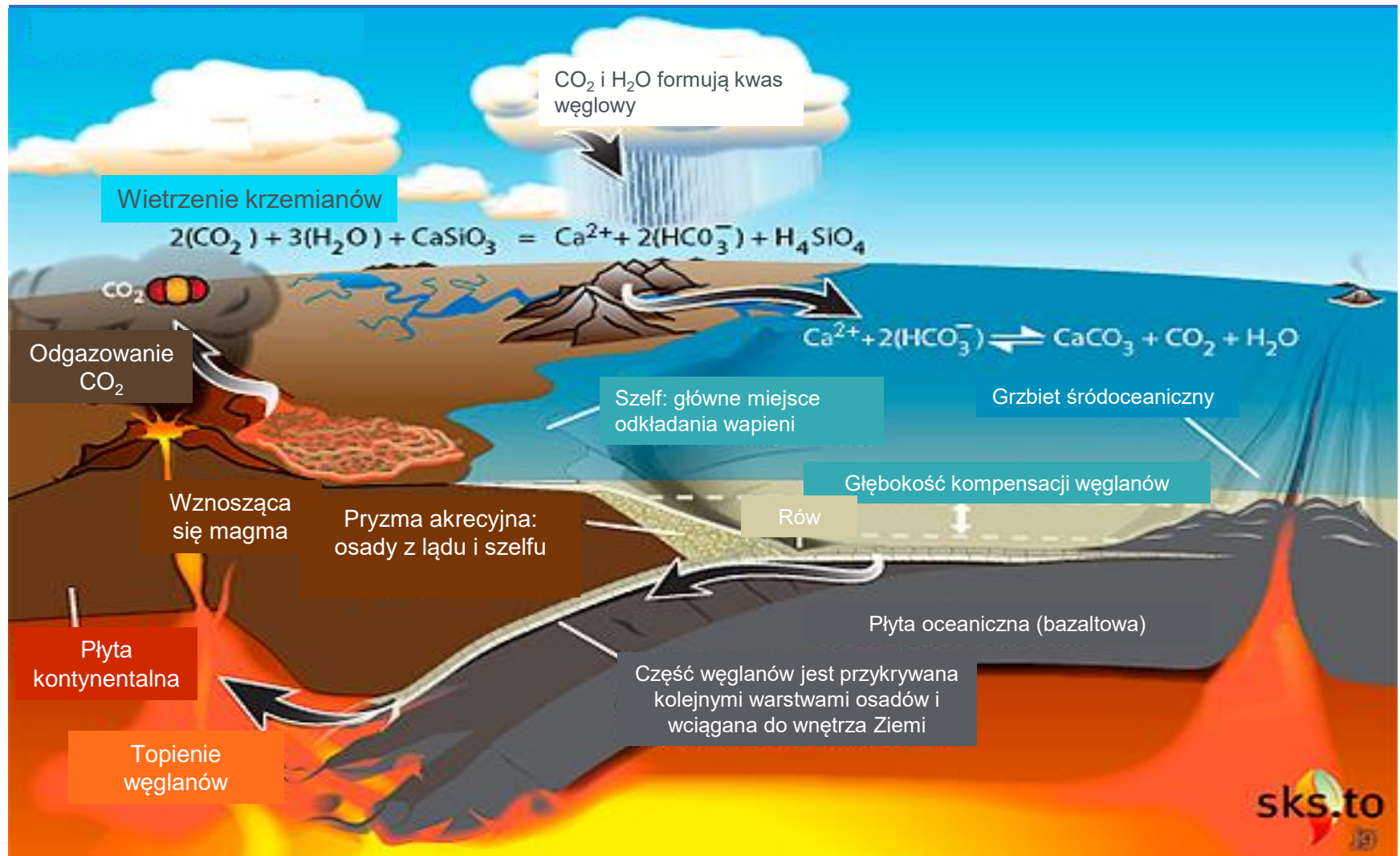


[https://www.researchgate.net/figure/Schematic-of-the-short-term-carbon-cycle-with-the-main-reservoirs-and-their-estimated\\_fig1\\_356737139](https://www.researchgate.net/figure/Schematic-of-the-short-term-carbon-cycle-with-the-main-reservoirs-and-their-estimated_fig1_356737139)



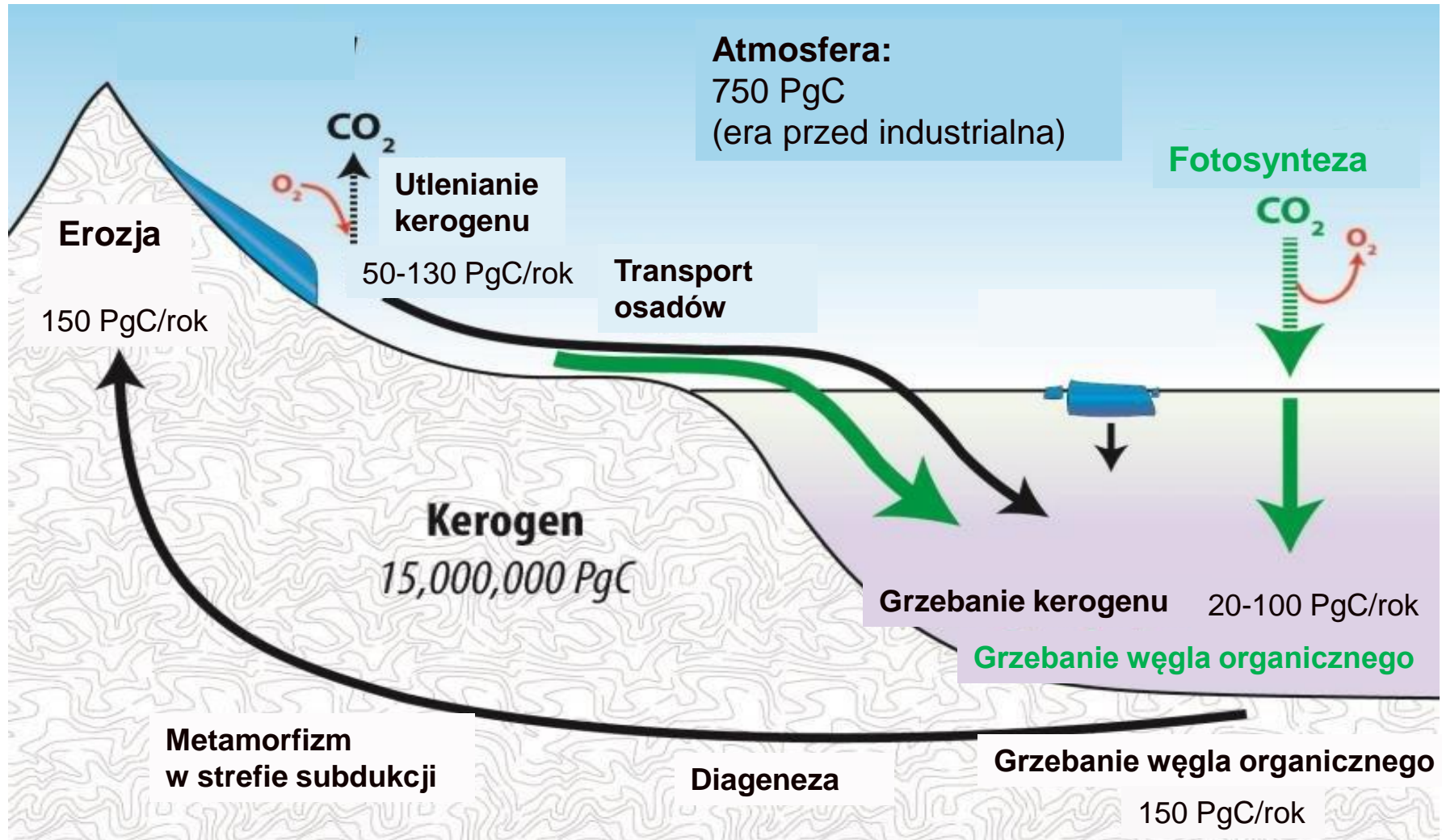
# Obieg węgla

## Ogólny schemat – obieg długi



# Obieg węgla

## Długi obieg węgla

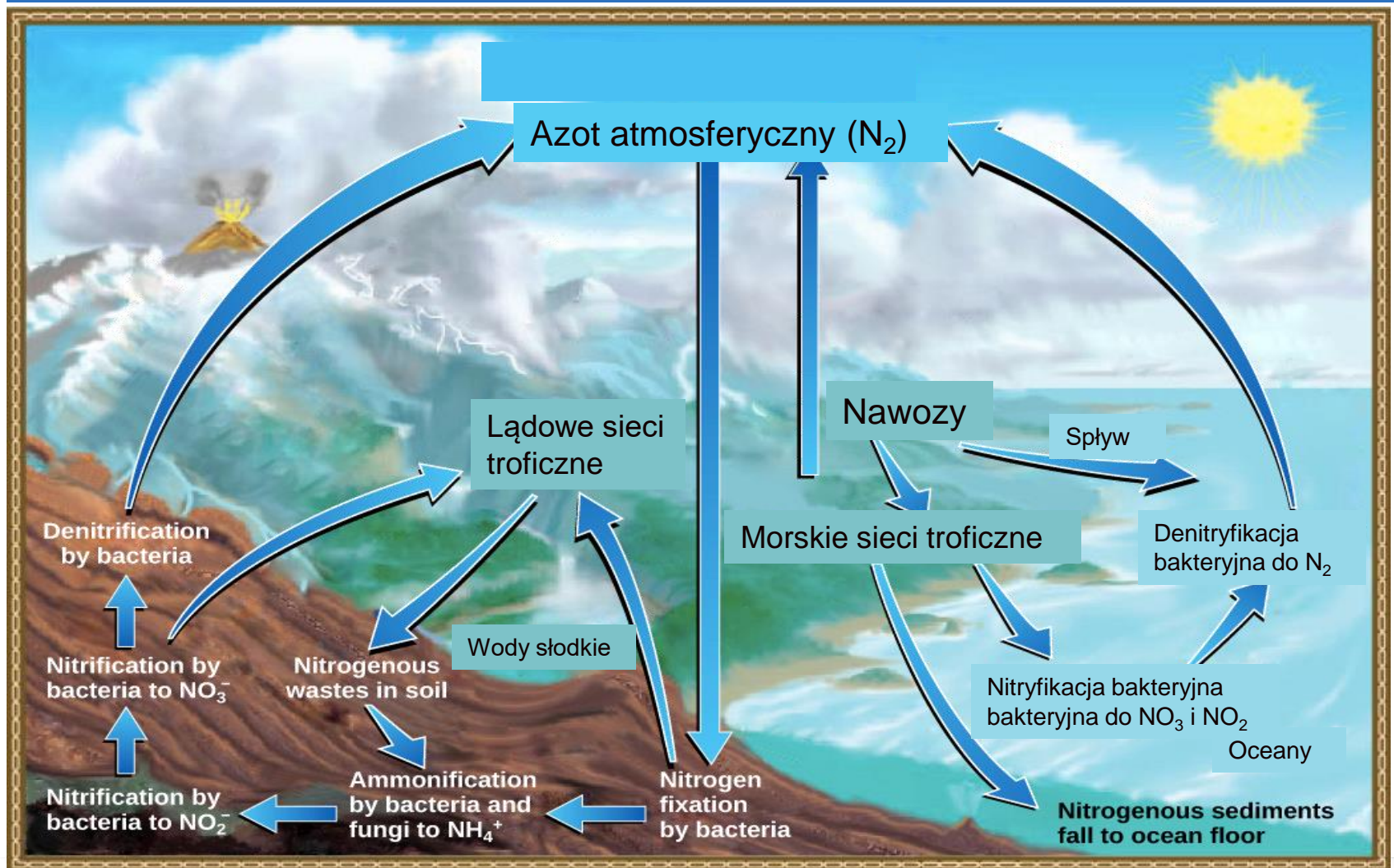


# **Obieg azotu**



# Obieg azotu

## Ogólny schemat



# Obieg azotu

## Dane bilansowe

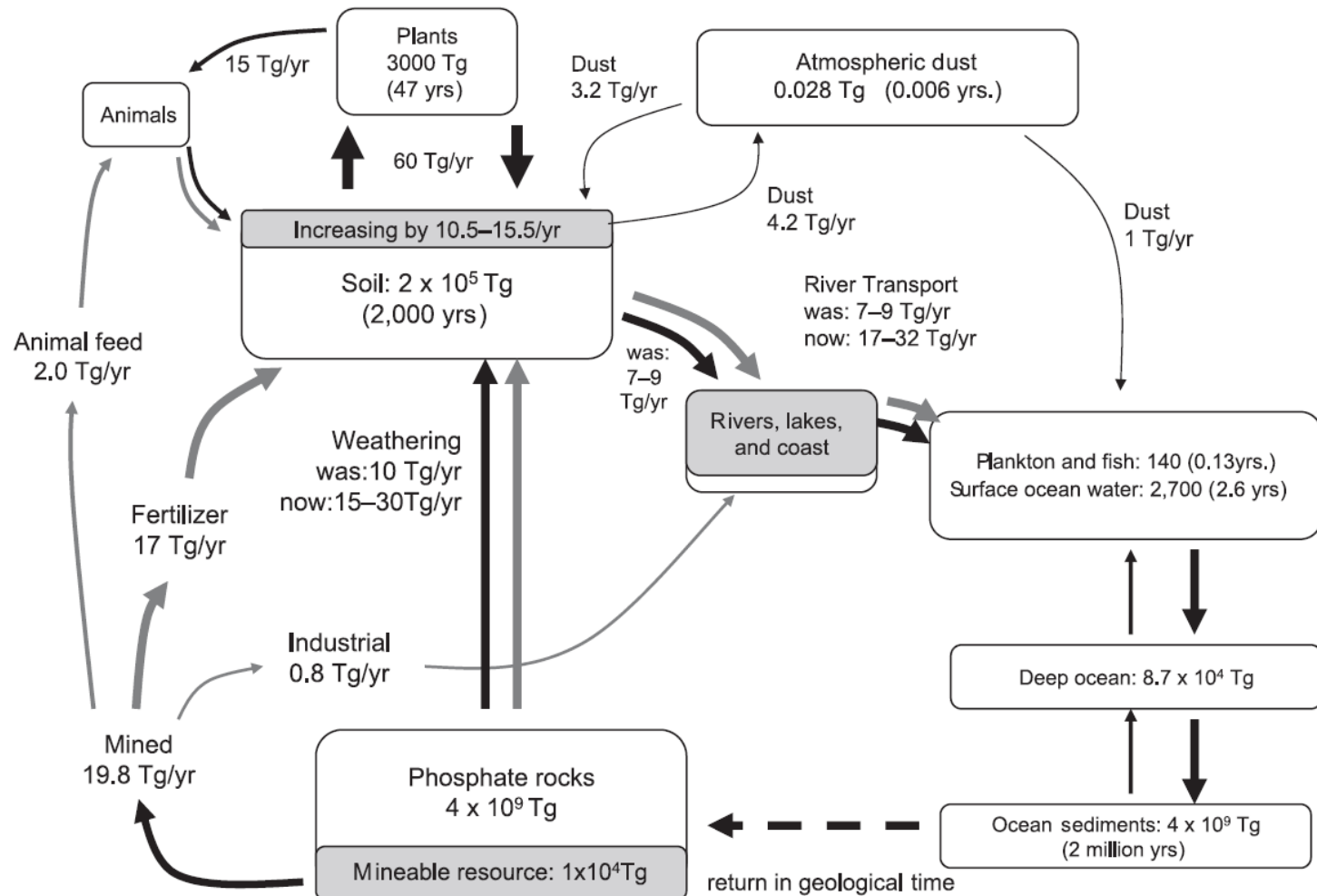
Reservoir			Flux		Tg yr <sup>-1</sup>
Atmosphere	N <sub>2</sub>	3.7 × 10 <sup>9</sup>	Inputs		
	N <sub>2</sub> O	1.4 × 10 <sup>3</sup>	Fixation	Natural terrestrial	107
Biosphere	Marine	3.0 × 10 <sup>3</sup>		Natural oceanic	121
		5.0 × 10 <sup>2</sup>			110
	Terrestrial	5.4 × 10 <sup>3</sup>		Leguminous crops	130–58
		2.9 × 10 <sup>4</sup>		Chemical fertilizer	31.5
Ocean	N <sub>2</sub>	7.7 × 10 <sup>3</sup>		Fossil fuel combustion	100
		1.46 × 10 <sup>6</sup>			24.5
	N <sub>2</sub> O	0.34	Lightning		21
			Volcanoes		5
Geological	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	6.0 × 10 <sup>5</sup>	Losses		0.04
			Denitrification	Natural terrestrial (land and rivers)	115
	PON	9.0 × 10 <sup>4</sup>			154
	DON	8.1 × 10 <sup>5</sup>		Natural oceanic	123
	Continental crust	1.3 × 10 <sup>9</sup>			193
	Crustal rocks	6.4 × 10 <sup>8</sup>			285
	Oceanic crust	8.9 × 10 <sup>5</sup>			400
	Coastal sediments	3.2 × 10 <sup>4</sup>			2030
	Deep ocean sediments	2.0 × 10 <sup>9</sup>	Industrial combustion		7
	Soil	1.4 × 10 <sup>5</sup>	Biomass burning		41.6
		2.2 × 10 <sup>4</sup>	Burial (ocean sedimentation)		25

# **Obieg fosforu**



# Obieg fosforu

## Ogólny schemat i dane bilansowe



# **Obieg siarki**

# Obieg siarki

## Ogólny schemat i dane bilansowe

