

Modelowanie rzek pozaziemskich



dr hab. Leszek Czechowski

Uniwersytet Warszawski; Wydział Fizyki; Instytut Geofizyki; Zakład Fizyki Litosfery

Animacja: strumień magmy (USGS).



Extraterrestrial Rivers Modeling Group

Badania nasze prowadzimy w ramach grupy „Grupa modelująca rzeki pozaziemskie”. Naprawdę jednak także niektóre ziemskie rzeki też są przedmiotem naszego zainteresowania.

Leszek Czechowski
Piotr Witek
Katarzyna Misiura

Instytut Geofizyki
Uniwersytet Warszawski
ul. Pasteura 7
02-093 Warszawa
POLSKA

Anna Wysocka
Marcin Górka

Wydział Geologii
Uniwersytet Warszawski
ul. Żwirki i Wigury 93
02-089 Warszawa
POLSKA



Mars



Odl. od Słońca: 227 936 637 km

Doba słoneczna: 24 h 37 min.

Średnica: 0,533 średnicy Ziemi

Masa: 0,105 masy Ziemi

Przyspieszenie graw.: 3,69 m/s²

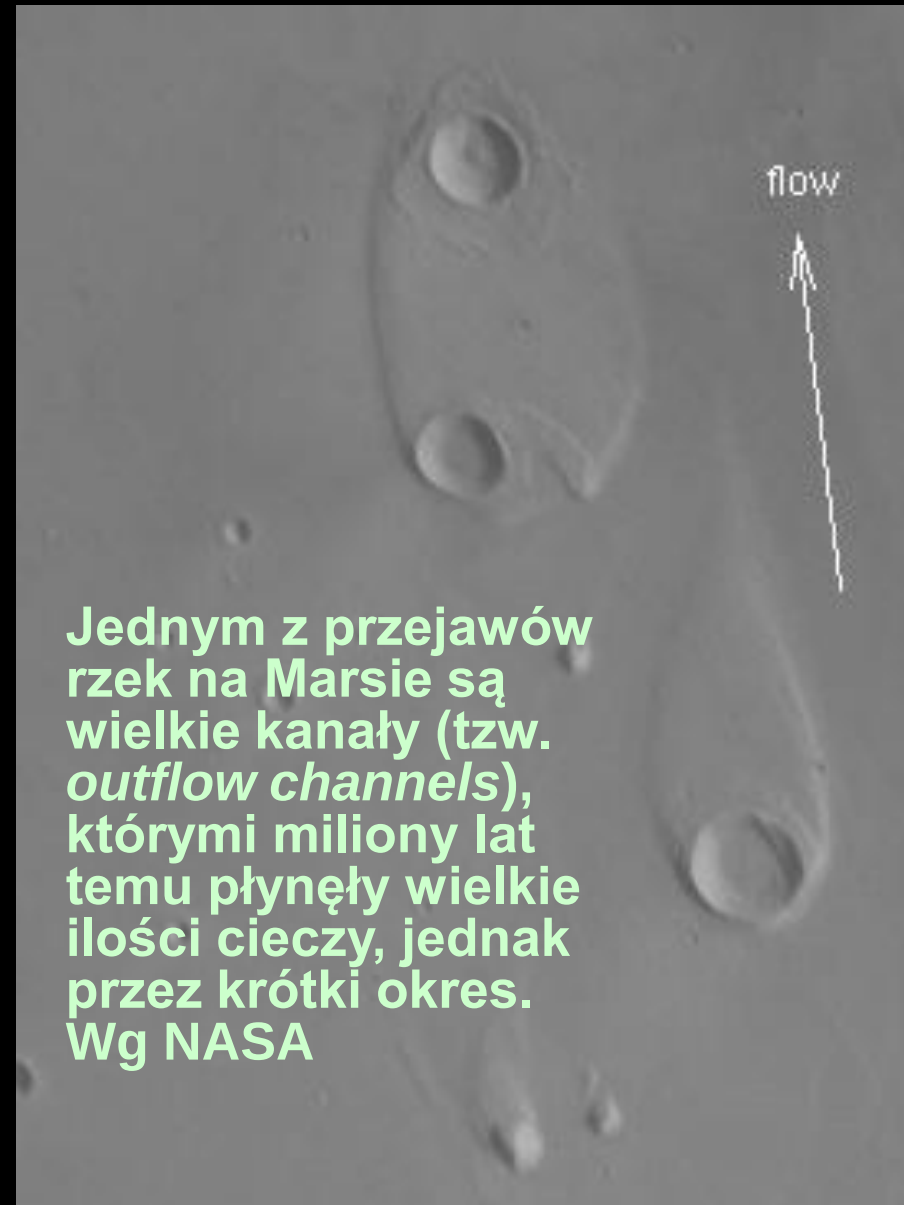
Woda w stanie ciekłym może istnieć gdy ciśnienie przekracza ciśnienie punktu potrójnego wody 611,73 Pa, a temperatura przekracza 273,16 K (czyli 0,01 stopnia Celsjusza).

Obecnie warunki na Marsie pozwalają na istnienie stabilnej ciekłej wody na powierzchni jedynie w nisko położonych dolinach, w dzień podczas lata.

W geologicznej przeszłości warunki na Marsie umożliwiały istnienie jezior i rzek. Pozostało po nich wiele śladów.

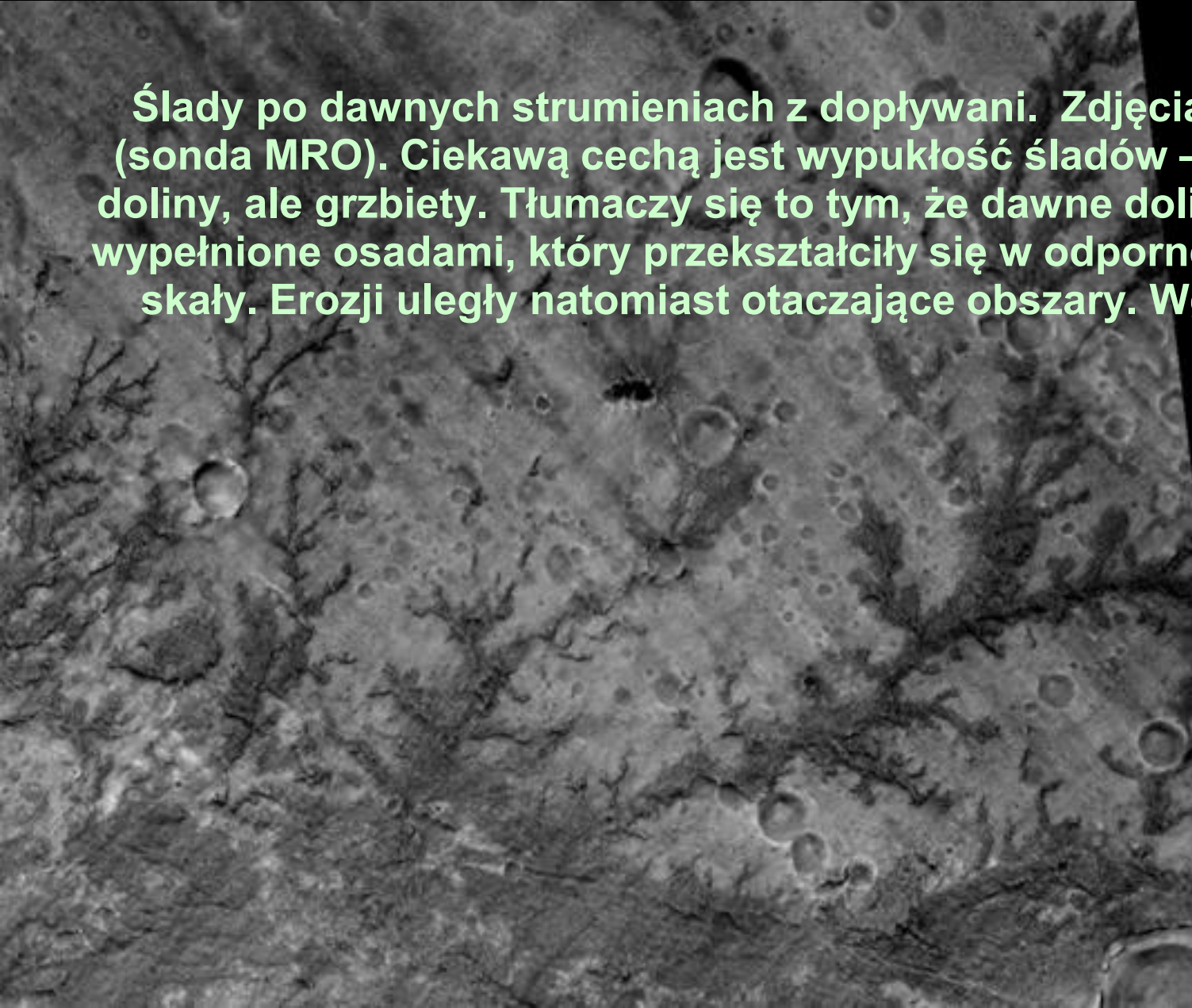
Obraz na podstawie zdjęć z sondy Viking 1 (NASA).

Ślady płynącej cieczy na Marsie (1)



Ślady płynącej cieczy na Marsie (2)

Ślady po dawnych strumieniach z dopływami. Zdjęcia z orbity (sonda MRO). Ciekawą cechą jest wypukłość śladów – nie są to doliny, ale grzbiety. Tłumaczy się to tym, że dawne doliny zostały wypełnione osadami, które przekształciły się w odporne na erozję skały. Erozji uległy natomiast otaczające obszary. Wg NASA.



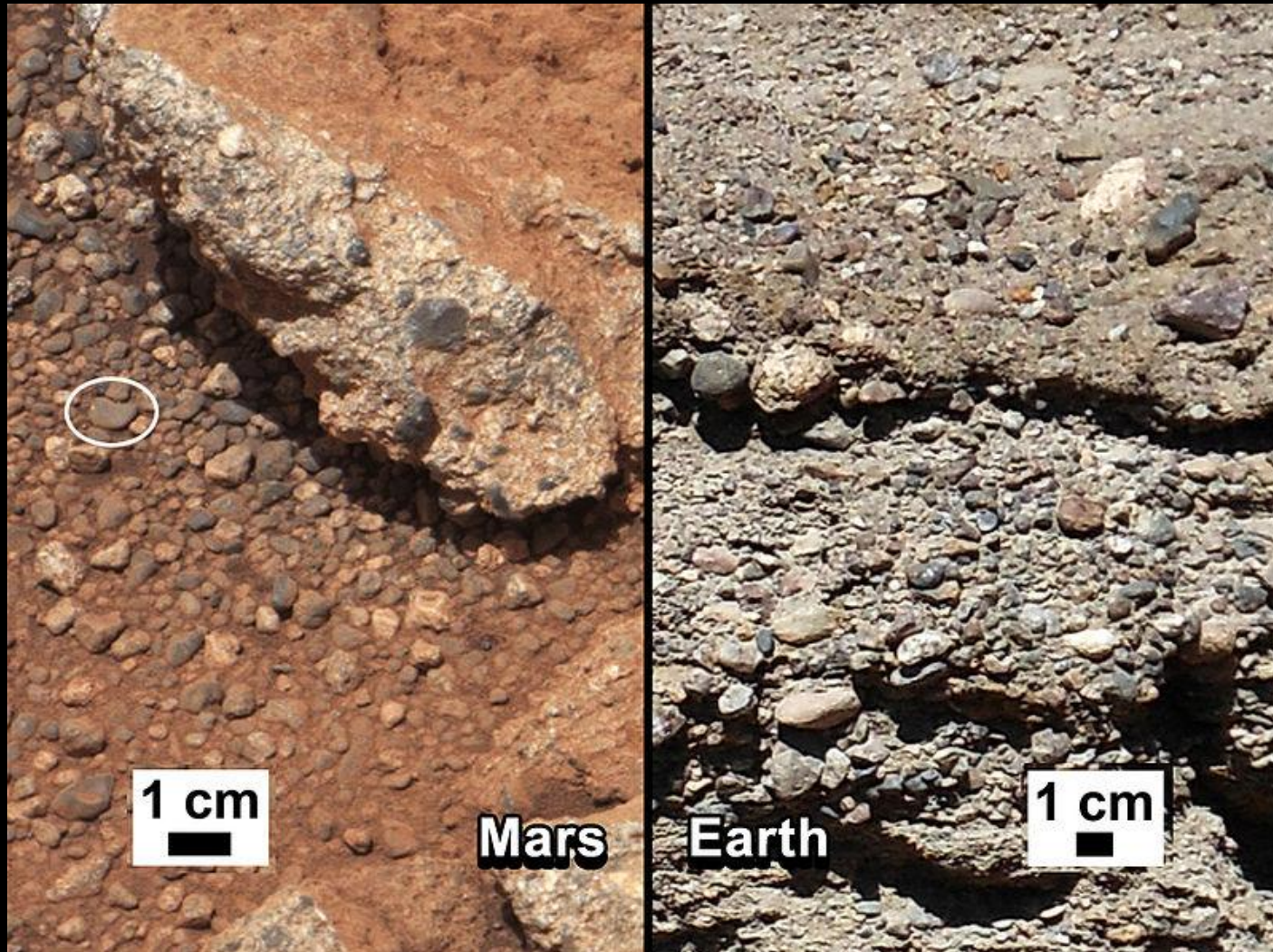
Ślady płynącej ciecchy na Marsie (3)



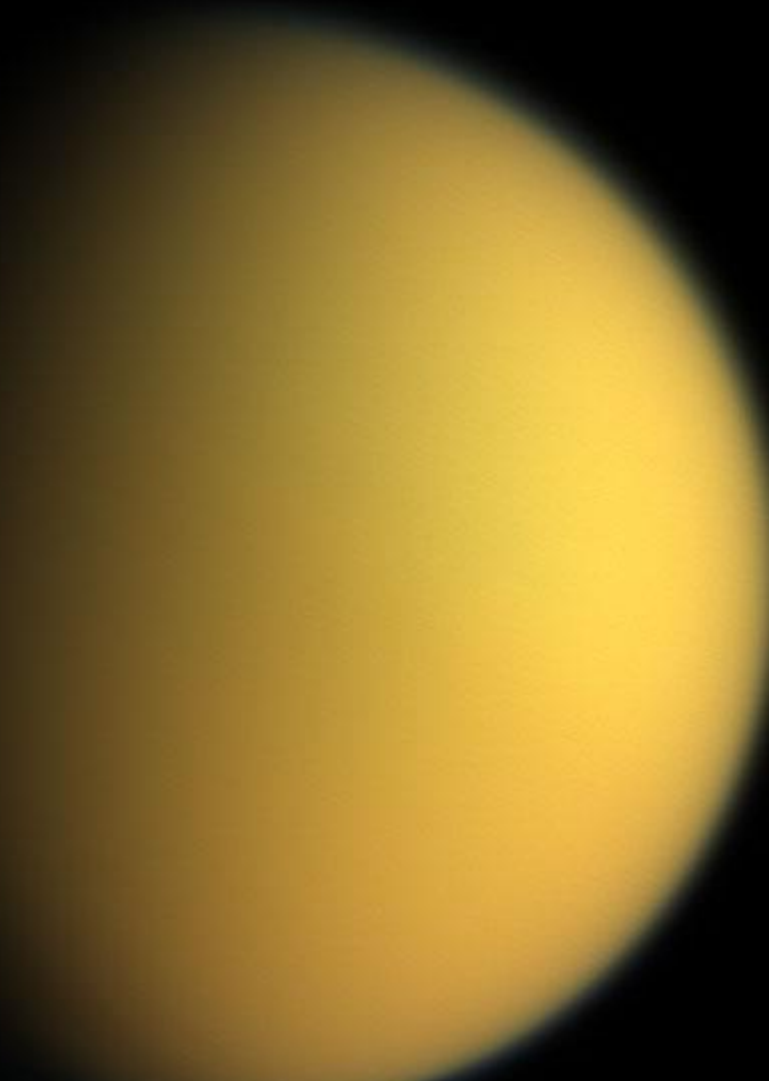
Obecnie czasami obserwuje się spływy na zboczach.
Prawdopodobnie są to mieszaniny solanki z piaskiem.
Wg NASA

Ślady płynącej ciecchy na Marsie (4)

Łazik Curiosity na Marsie dotarł do pozostałości po korycie strumienia marsjańskiego. Na zdjęciach pokazano marsjańskie i odpowiadające jemu ziemskie koryto (NASA).



Tytan – satelita Saturna

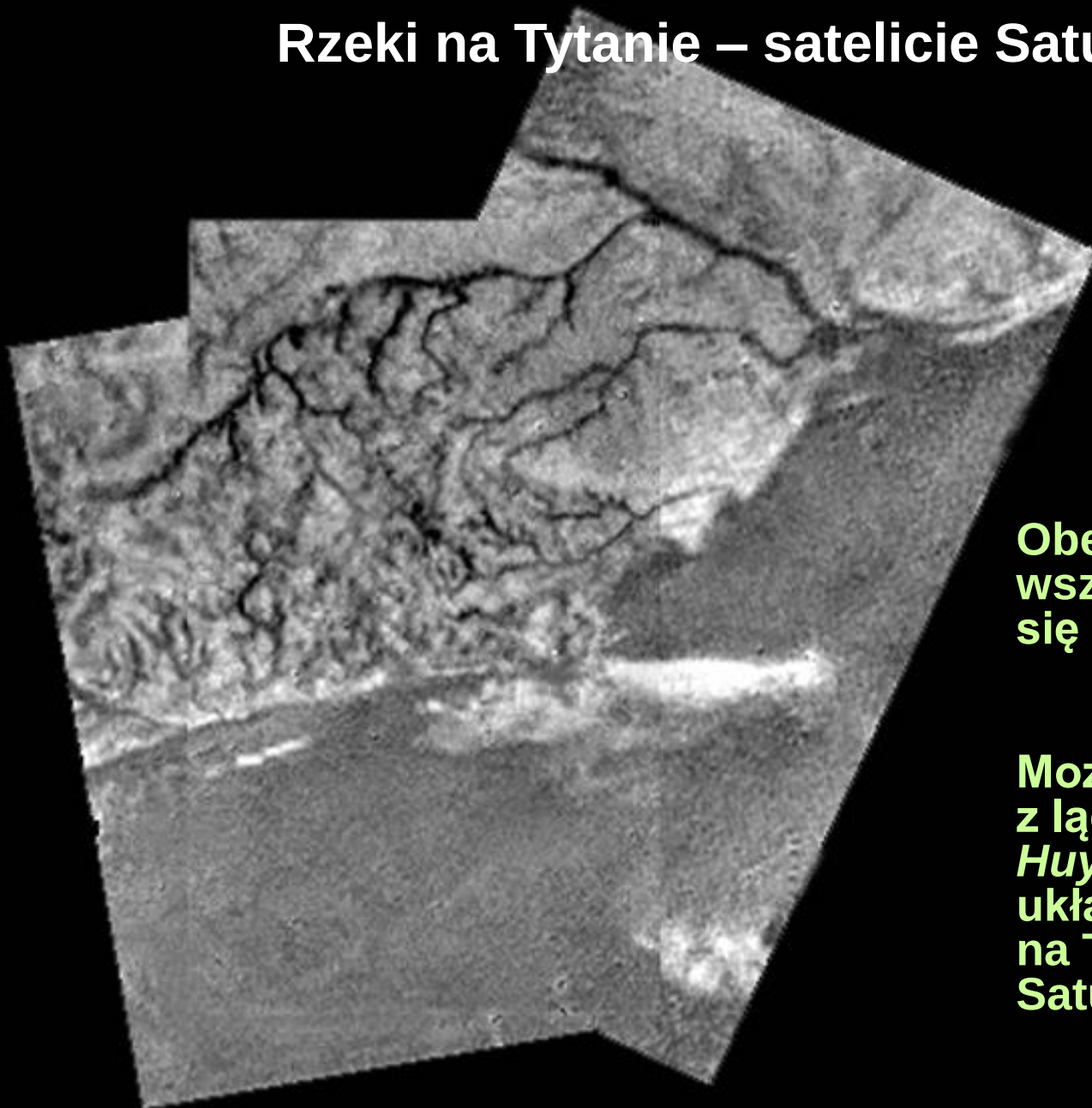


Średnica 5150 km
Masa: $1,345 \times 10^{23}$ kg
Przyspieszenie: $1,35 \text{ m/s}^2$
Doba słoneczna: 15,9 d
Rok: 29,46 lat ziemskich
Temperatura pow. 93,7 K
Ciśnienie atm. 146,7 kPa

Gęsta atmosfera pozwala
na istnienie opadów,
jezior, mórz i rzek
z ciekłego metanu, etanu
i azotu. Woda występuje
w postaci lodu tworząc
skały na Tytanie.

Zdjęcie Tytana wykonane
przez sondę
Cassini, w naturalnych
barwach

Rzeki na Tytanie – satelicie Saturna (1)



Obecnie przede
wszystkim zajmujemy
się rzekami na Tytanie 😊

Mozaika trzech zdjęć
z lądownika
Huygens pokazująca
układ dolin rzecznych
na Tytanie (satelita
Saturna).

Rzeki na Tytanie (2)



Zdjęcie z lądownika *Huygens*, po wylądowaniu, pokazujące dno wyschniętego jeziora. Widoczne otoczaki mają średnicę ok. 15 cm i są prawdopodobnie z wodnego lodu z domieszką węglowodorów.

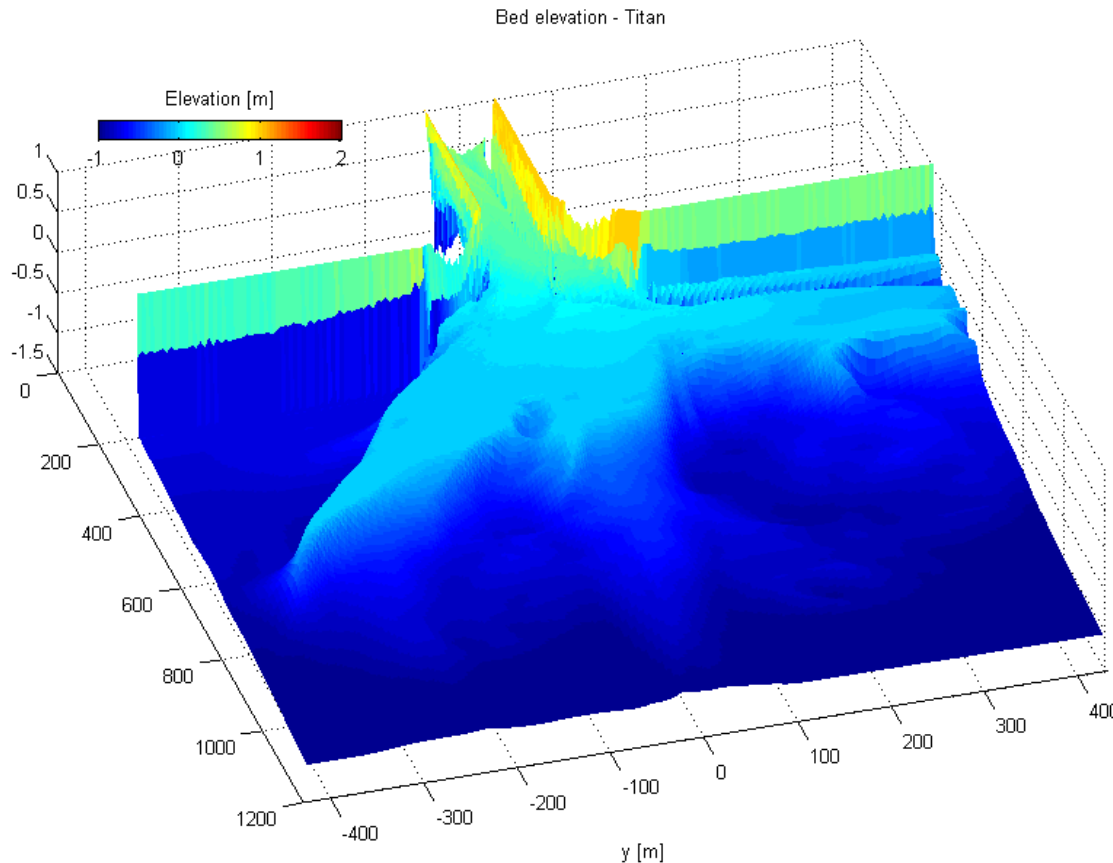
Obecnie jezioro jest wyschnięta, ale po opadach może ponownie wypełnić je mieszanina ciekłego metanu, etanu i azotu. NASA

Niektóre problemy przy modelowaniu rzek na Tytanie

- Podstawową metodą badań są symulacje numeryczne wykonywane na komputerze. Wykorzystujemy metody oparte o pełne równania dynamiki cieczy. Przygotowujemy też badania laboratoryjne. Różne problemy to:
- Ciecz o innych właściwościach niż woda (lepkość, gęstość). Możliwy różny skład chemiczny (różne zawartości metanu, etanu i azotu)
- Mniejsze: siła grawitacji i siła Coriolisa
- Ciała stałe o innych właściwościach. Może to być lód wodny. Możliwe także węglowodory o gęstości mniejszej lub większej niż płynąca ciecz!
- Dostępne dane pochodzą prawie wyłącznie z teledetekcji – stąd celem jest m.in. określenie właściwości regolitu na podstawie obserwacji dolin rzecznych.
- Podobieństwa: możliwość zastosowania tych samych równań co dla rzek ziemskich.
- Podobne wartości bezwymiarowych liczb (Reynoldsa, Froude'a, Prandtla i innych).

Przykład modelowania: delta rzeczna na Tytanie.

Modelowanie numeryczne wykonane przez mgr Piotra Witka.

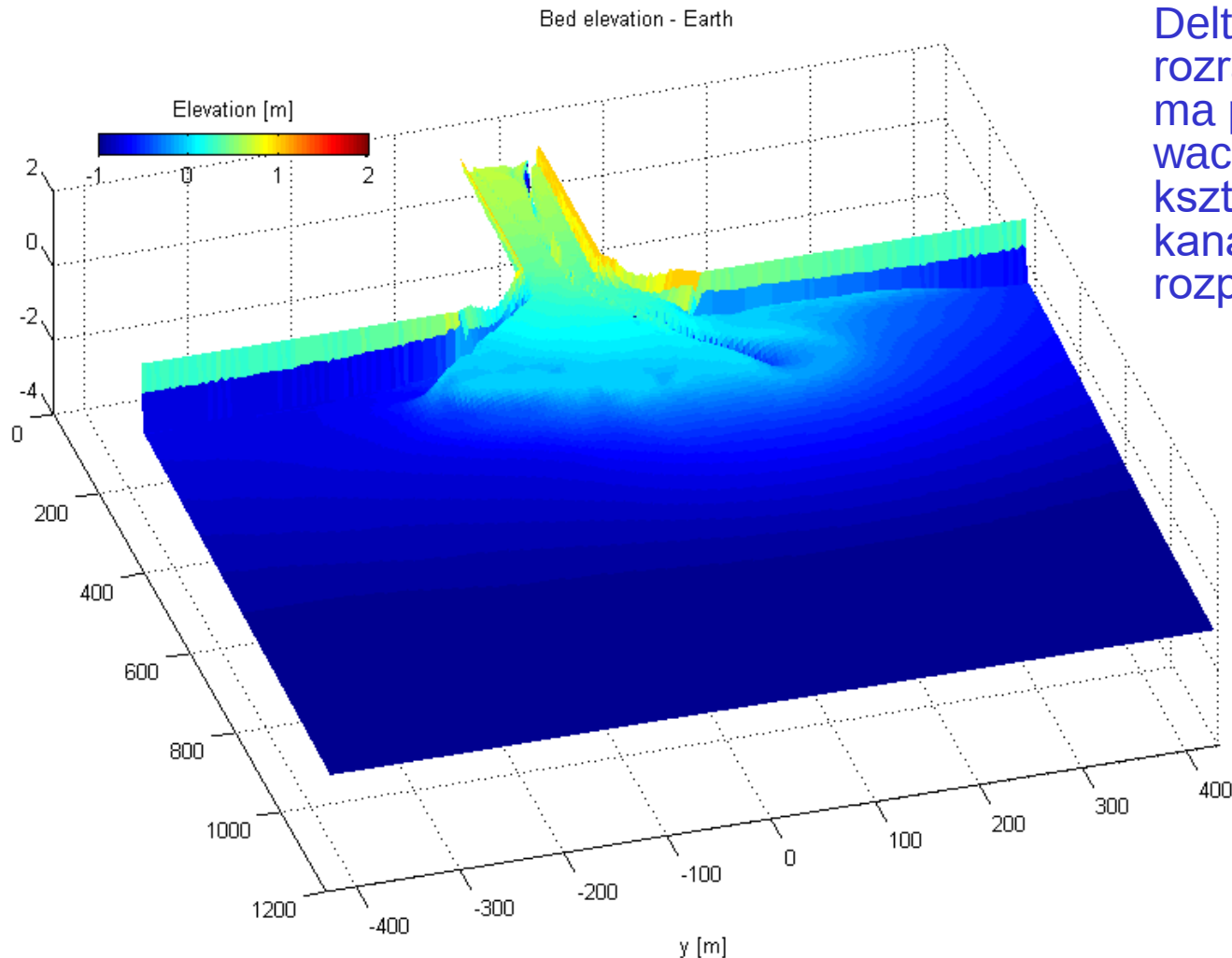


Dwa kolejne przezrocza pokazują wyniki symulacji rozwoju małej delty rzecznej w jeziorze na Tytanie (obok) i na Ziemi (następne przezrocze). Na Ziemi woda transportuje piasek kwarcowy, na Tytanie ciekły metan z rozpuszczonym azotem niesie ziarna lodowe. W obu przypadkach natężenie przepływu w rzece to $10 \text{ m}^3/\text{s}$ (ciecz płynie raczej leniwie), osady tworzą ziarna o średnicy $0,1 \text{ mm}$.

Delta na Tytanie rozrasta się szybciej i tworzy „palczasty” kształt.

Przykład modelowania: delta rzeczna na Ziemi.

Modelowanie numeryczne wykonane przez mgr Piotra Witka.



Delta na Ziemi
rozwiera się wolniej,
ma prostszy,
wachlarzowaty
kształt z wąskim
kanałem
rozprowadzającym.

Możliwe rozszerzenia tematu

Wiele procesów, zdawałoby się odległych od siebie, jest opisywanych przez podobne równania i można do ich badań wykorzystywać podobne metody. Są to:

- **Rzeki lawy (na Ziemi i innych planetach)**
- **Prądy zawiesinowe na dnie oceanów**
- **Na dnie rzek śródlądowych można spotkać też prądy zawiesinowe**
- **Lawiny śnieżne i piroklastyczne**

USGS Prądy zawiesinowe na dnie ziemskich oceanów



VC-49 VC-48
VC-46 VC-47

Prądy zawiesinowe to spływy po stoku kontynentalnym zawiesiny materiału stałego w wodzie. Prądy te pod wieloma względami przypominają rzeki na lądach. Żłobią koryta. Można zaobserwować ich meandry a nawet „starorzecza”. Mapa pokazuje dno u wybrzeży Kalifornii. Wg USGS.

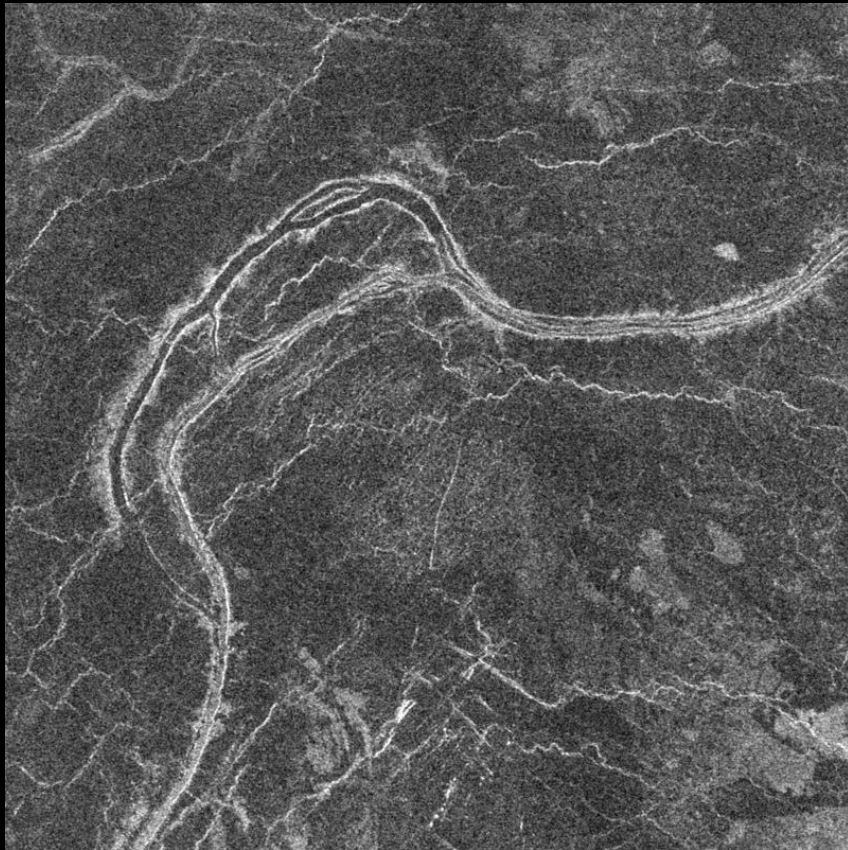
Rzeki magmy

Bazaltowa magma wulkaniczna wypływająca z wulkanów ma właściwości cieczy. Choć pod wieloma względami różni się od wody, to może być opisana przez podobne równania. Na zdjęciu wypływ magmy z ryftu na Islandii (1984 r). Wg USGS.

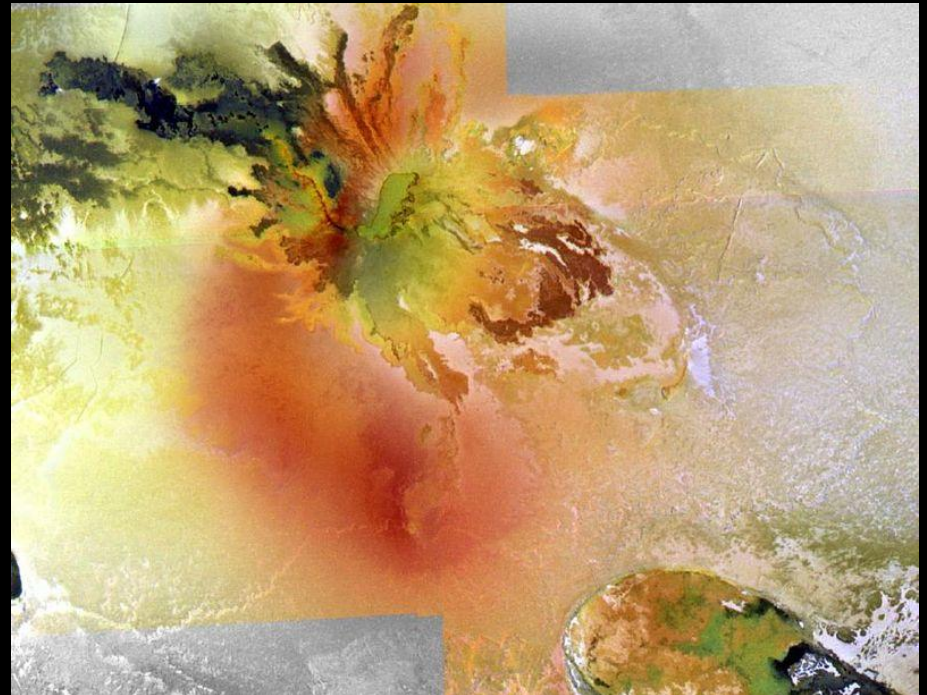


Rzeki magmy na innych planetach.

Wielokorytowa rzeka magmy na Wenus o szerokości ok. 2 km (na Sedna Planitia). NASA



Strumienie magmy spływające z wulkanu na Io. Ten satelita Jowisza jest ogrzewany przez deformacje pływowe i jest najbardziej wulkanicznym ciałem w Układzie Słonecznym. NASA.



Zapraszamy do nas! ☺

**Jeśli studiujesz na Wydziale
Fizyki lub Wydziale Geologii
to możesz pisać u nas pracę
licencjacką, magisterską lub
doktorską. ☺**

Studiuj z nami!