

# Globalne ocieplenie: fakty i mity

**Marek J. Sarna**

Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika PAN

19 listopada 2009 r.,

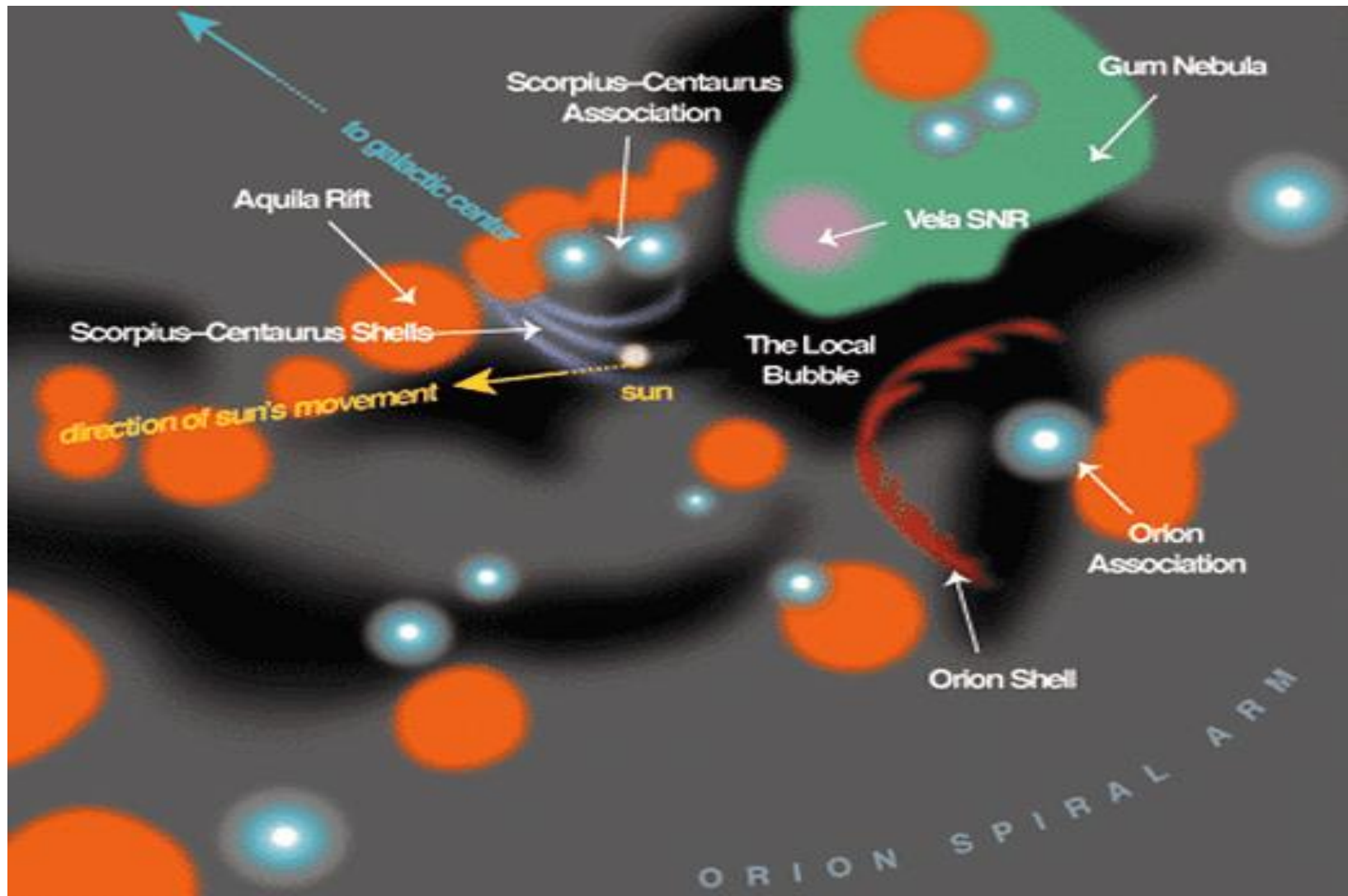
**Komitet Badań Kosmicznych i Satelitarnych PAN**

# Plan wykładu

1. Najbliższe otoczenie Słońca.
2. Czynniki kosmiczne.
3. Wiatr słoneczny.
4. Efekt cieplarniany.
5. Gazy cieplarniane.
6. Dane klimatyczne z przeszłości.
7. Antarktyda, Arktyka, lodowce.
8. Klatraty metanu – hydraty.
9. Wulkany.
10. Podsumowanie czyli fakty i mity.



# Najbliższe otoczenie Słońca w promieniu 1500 lat świetlnych

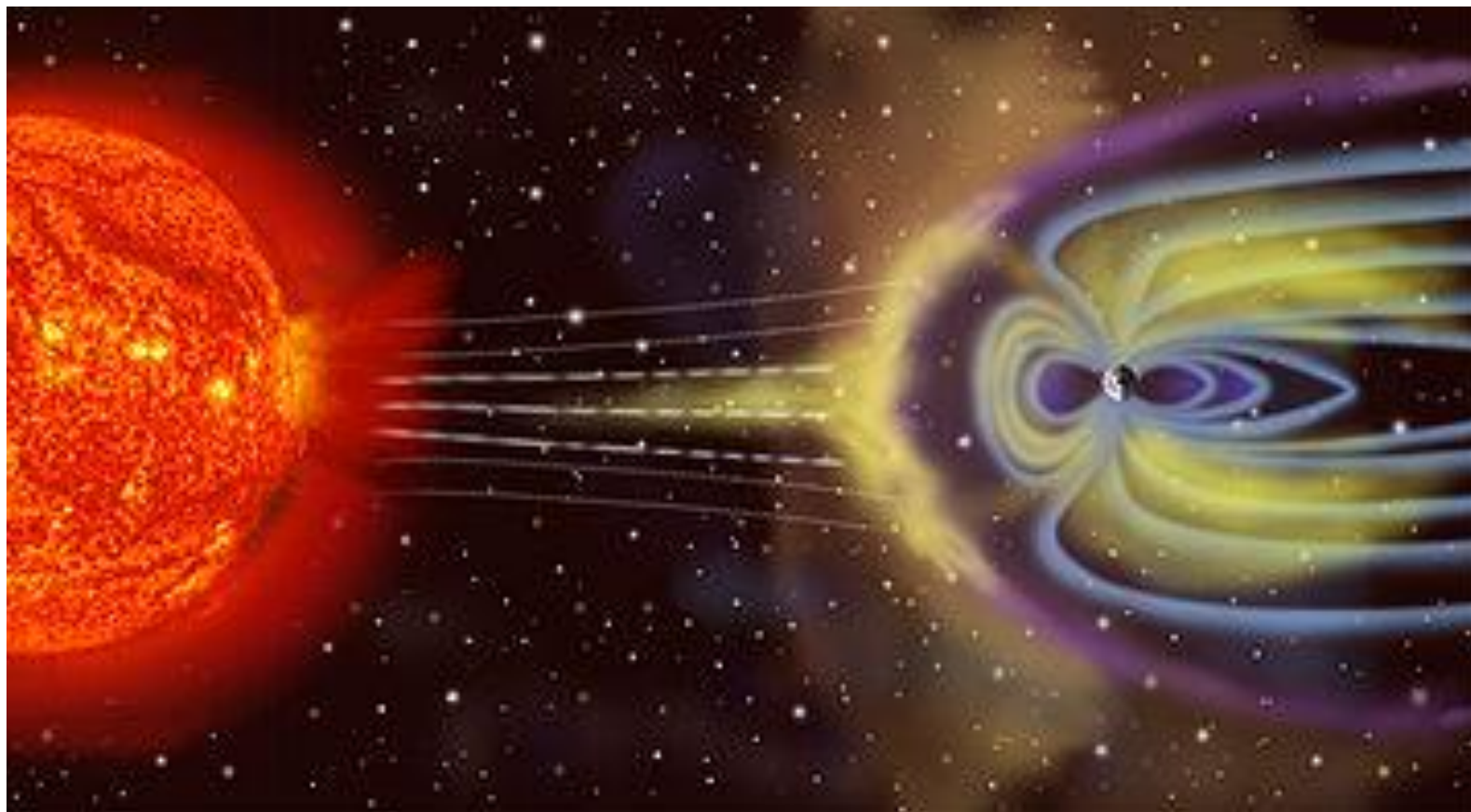


# Czynniki kosmiczne wpływające na klimat Ziemi

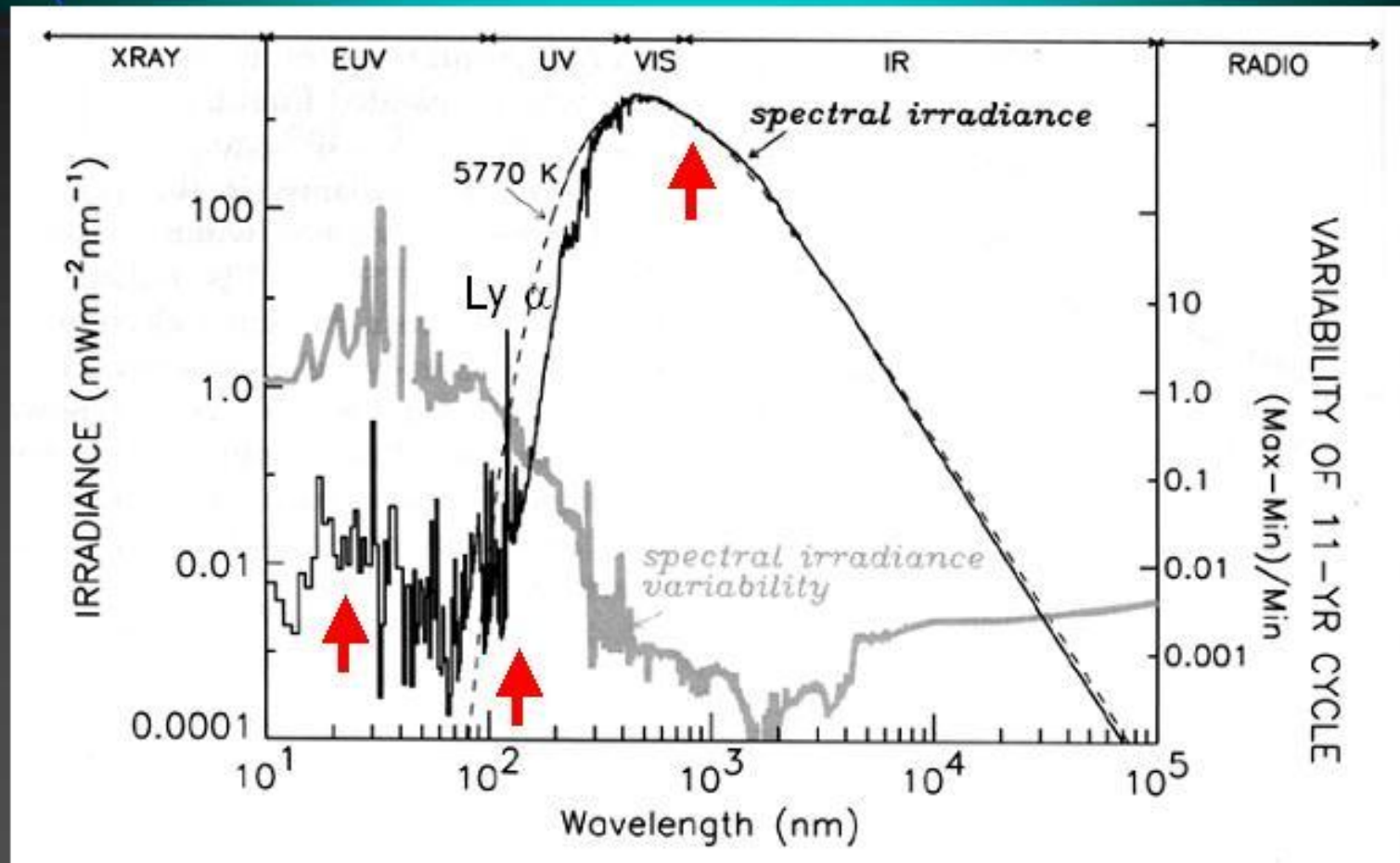
**Słońce i Ziemia porusza się ze względną prędkością 217 km/s wokół centrum Galaktyki.**

- Wysokoenergetyczne promieniowanie kosmiczne;
- Cząstki neutralne;
- Materia z ramion spiralnych;
- Wiatr słoneczny i aktywność magnetyczna Słońca (plamy);
- Meteoryty i mikrometeoryty (szacunki 1.000 do 10.000 ton/dobę), uderzenia asteroidów, komet;
- ekscentryczność orbity, precesja.

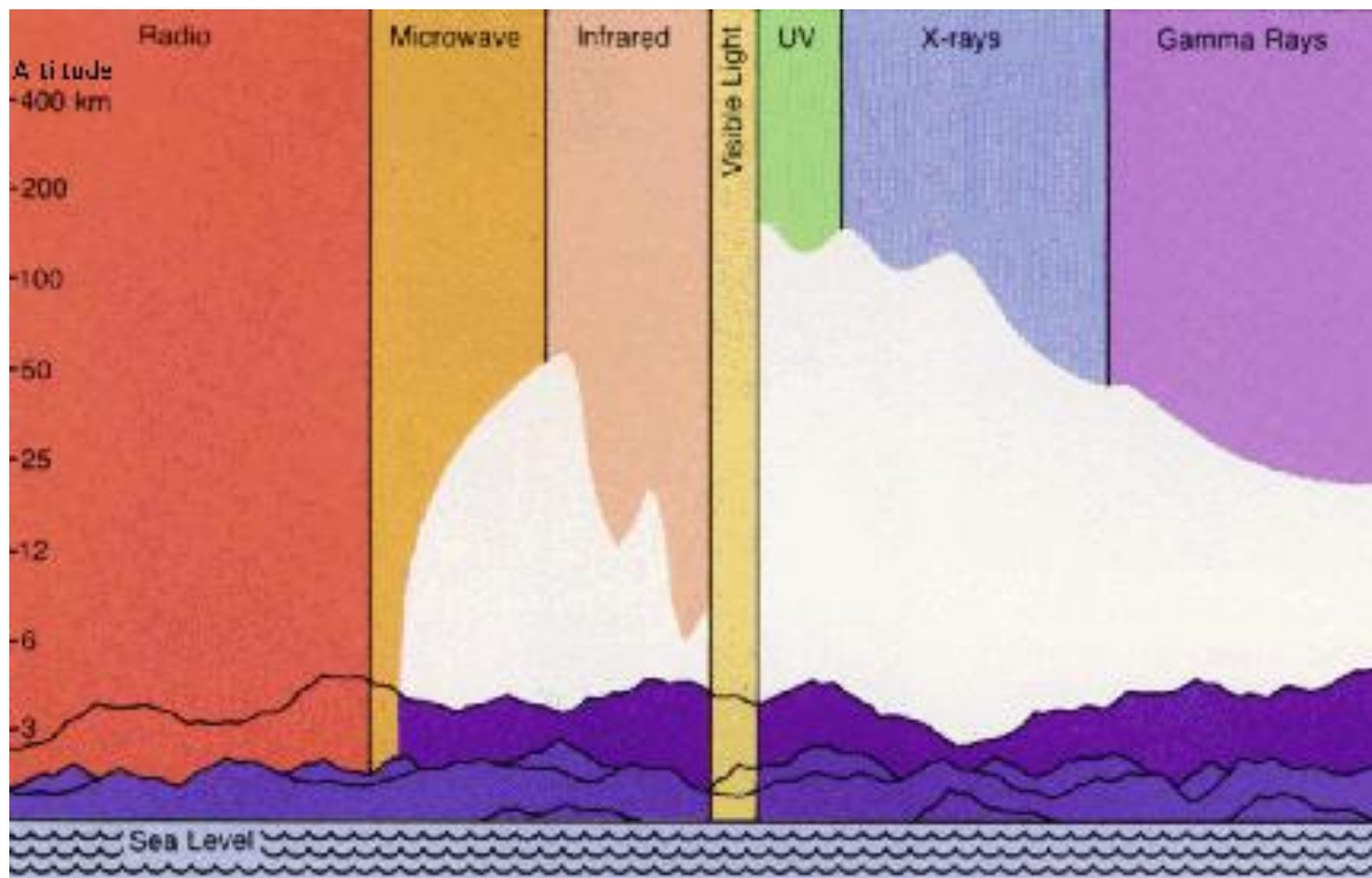
# Oddziaływanie wiatru słonecznego z magnetosferą ziemską



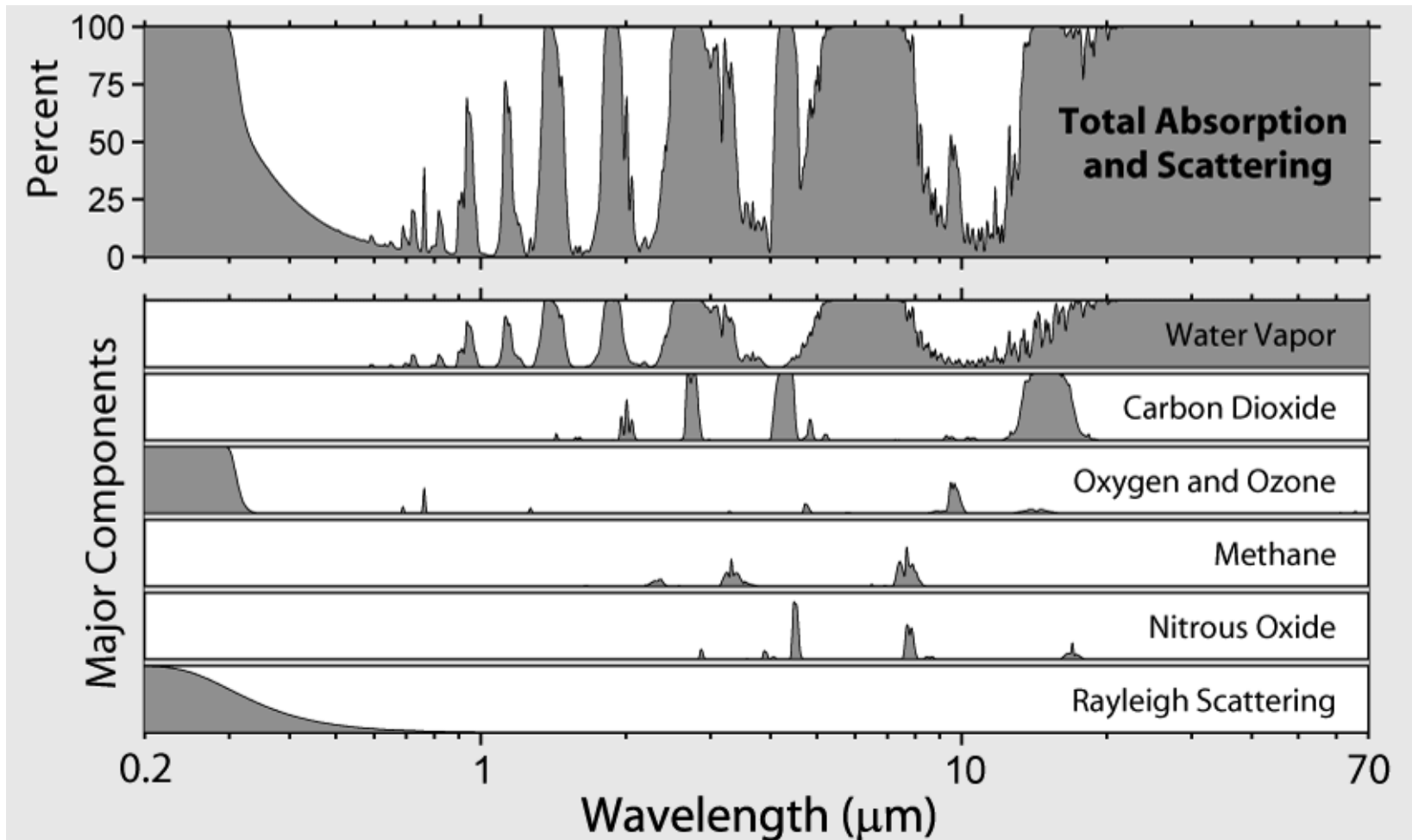
# WIDMO SŁOŃCA d=1 j.a.



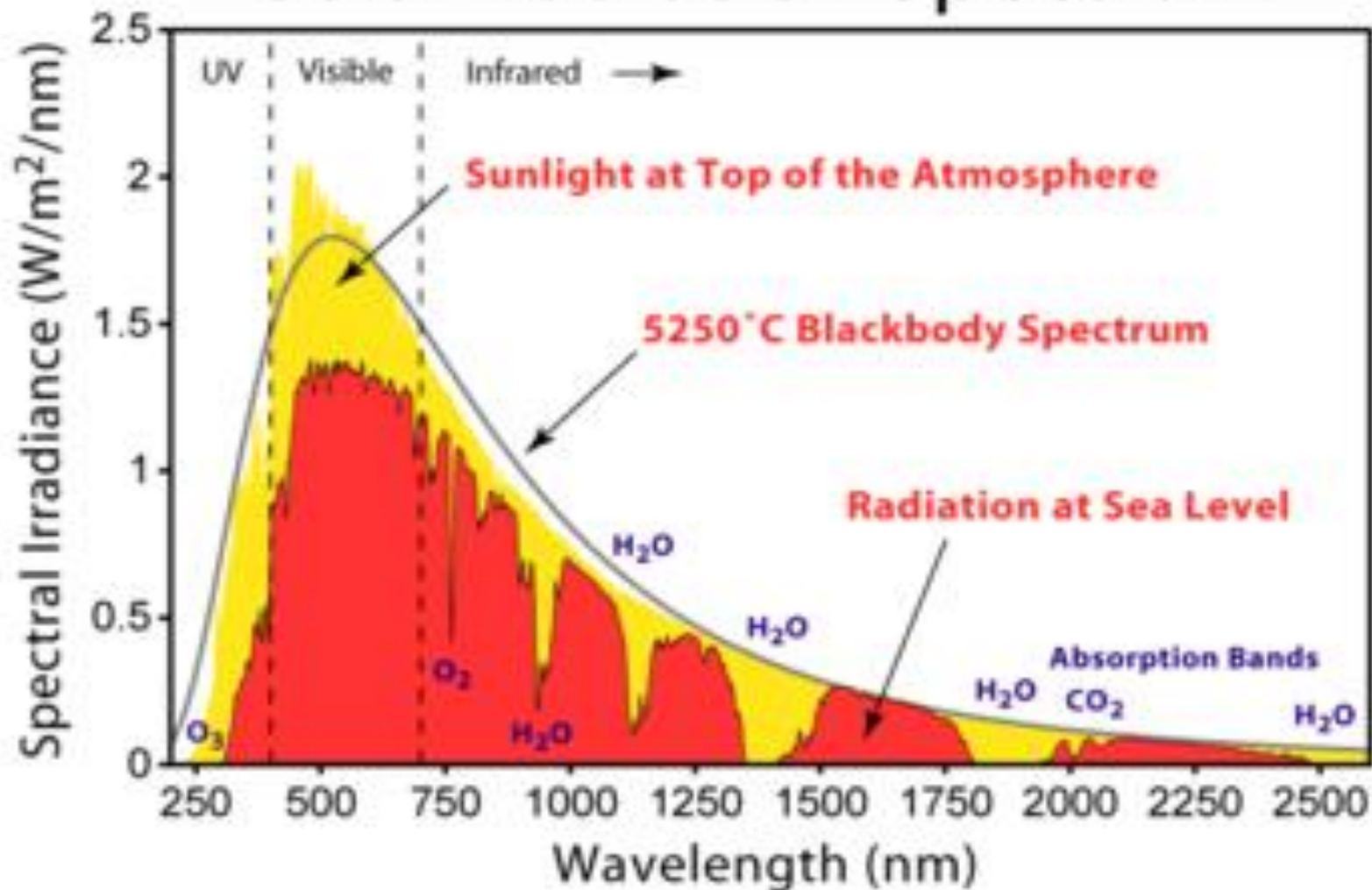
# Przepuszczalność atmosfery ziemskiej dla różnych zakresów promieniowania



# Grubość optyczna atmosfery ziemskiej

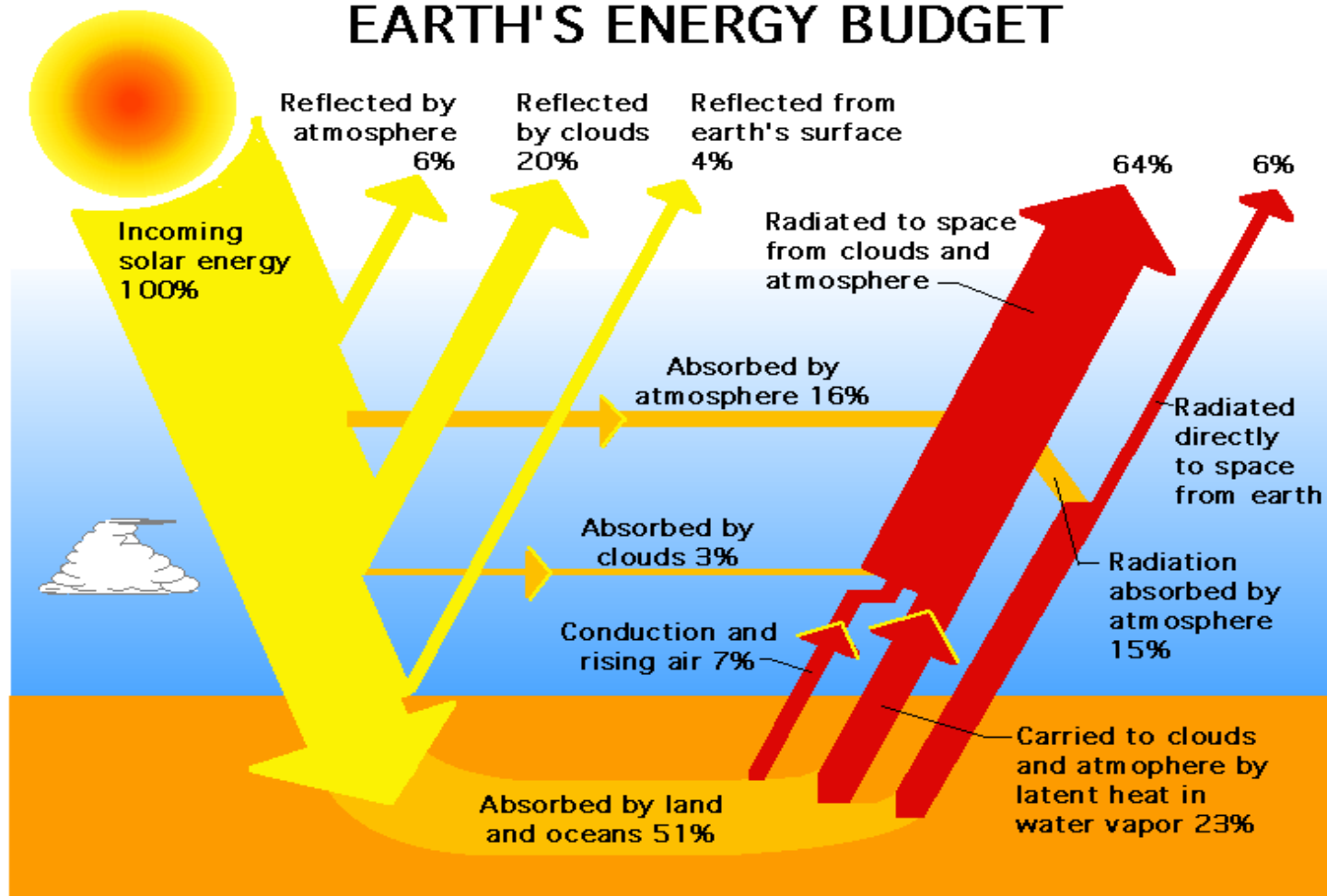


# Solar Radiation Spectrum



**Efekt cieplarniany** (szklarniowy) to podwyższenie temperatury powierzchni Ziemi spowodowane istnieniem atmosfery – średnia temp. ok. 14—15°C przy nieobecności atmosfery byłaby niższa o ok. 34°C

## EARTH'S ENERGY BUDGET



# Gazy cieplarniane

Do gazów cieplarnianych zaliczamy:

- cząsteczki pary wodnej, kropelki w chmurach i igiełki lodu ( $\text{H}_2\text{O}$ );
- dwutlenek węgla  $\text{CO}_2$  – usuwanie biochemiczne;
- metan  $\text{CH}_4$ ;
- tlenki, podtlenki, dwutlenki azotu  $\text{NO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}_2$  – fotochemicznie;
- związki chlorofluorowęglowe CFC i wodorofluorowęglowe HCFC – fotochemicznie;
- ozon  $\text{O}_3$  i wiele innych.

$\text{H}_2\text{O}$	--	+20°C
$\text{CO}_2$	--	+11°C
$\text{CH}_4$	--	+ 3°C

**Najważniejszym gazem cieplarnianym jest para wodna**, na którą przypada 96—99% efektu ocieplania się atmosfery. Cały zawarty w atmosferze  $\text{CO}_2$  odpowiedzialny jest z 1—4% efektu cieplarnianego. Pomiar izotopowy wskazuje, że:

**jedynie 5%  $\text{CO}_2$  w atmosferze to efekt spalania paliw kopalnych.**

**Zatem przemysłowy  $\text{CO}_2$  zwiększa efekt cieplarniany zaledwie o 0.05 do 0.25%!!!!**

Podobny efekt co do wielkości i nasilenia zjawiska powoduje metan CH<sub>4</sub>.

Wydzielanie metanu towarzyszy różnym zjawiskom biologicznym:

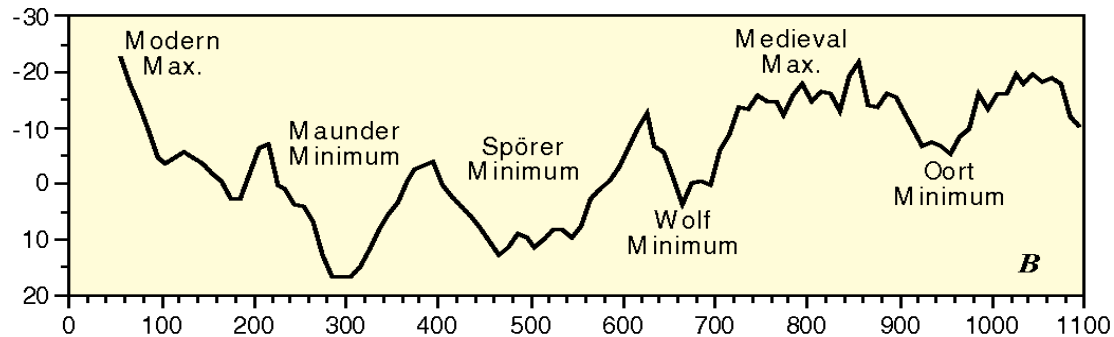
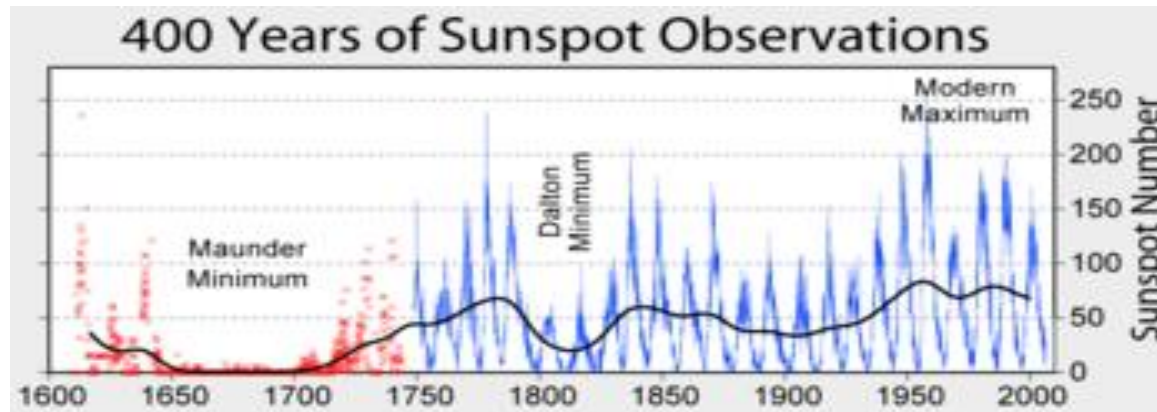
- a) Rozpadowi odpadów biologicznych na wysypiskach śmieci;
- b) Utylizacja odpadów organicznych/rolniczych (przeróbka na biogaz);
- c) Hodowli bydła i trzody (argentyńscy naukowcy ustalili, że jedna krowa emituje dziennie do atmosfery 1000 litrów (1 m<sup>3</sup>) metanu. 55 mln argentyńskich krów odpowiada tym samym za 30—40% gazów cieplarnianych emitowanych przez ten kraj), **oraz fizycznym:**

- a) Klatraty metanu i ich uwalnianie;
- b) Niebagatelny źródłem metanu są kopalnie węgla kamiennego! Przykładowo w latach 80/90 polskie kopalnie emitowały do atmosfery 2—3 mld m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> przy całorocznym zużyciu tego gazu w Polsce 11 mld m<sup>3</sup>

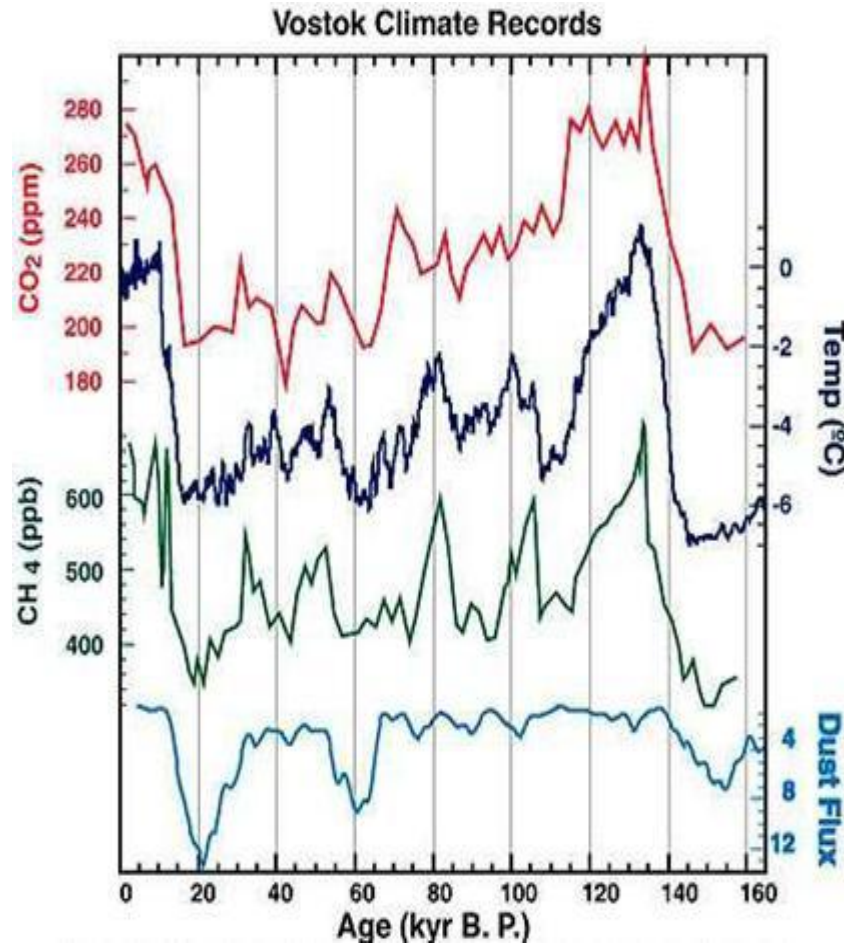
„Walka z metanem” pociąga niewielkie nakłady finansowe – a może przynieść wymierny zysk finansowy.

**Szacuje się, że na badania nad zmianami klimatu podatnicy płacili co najmniej 10 mld US\$ rocznie, z czego w większości na udowodnienie tezy o globalnym ociepleniu!**

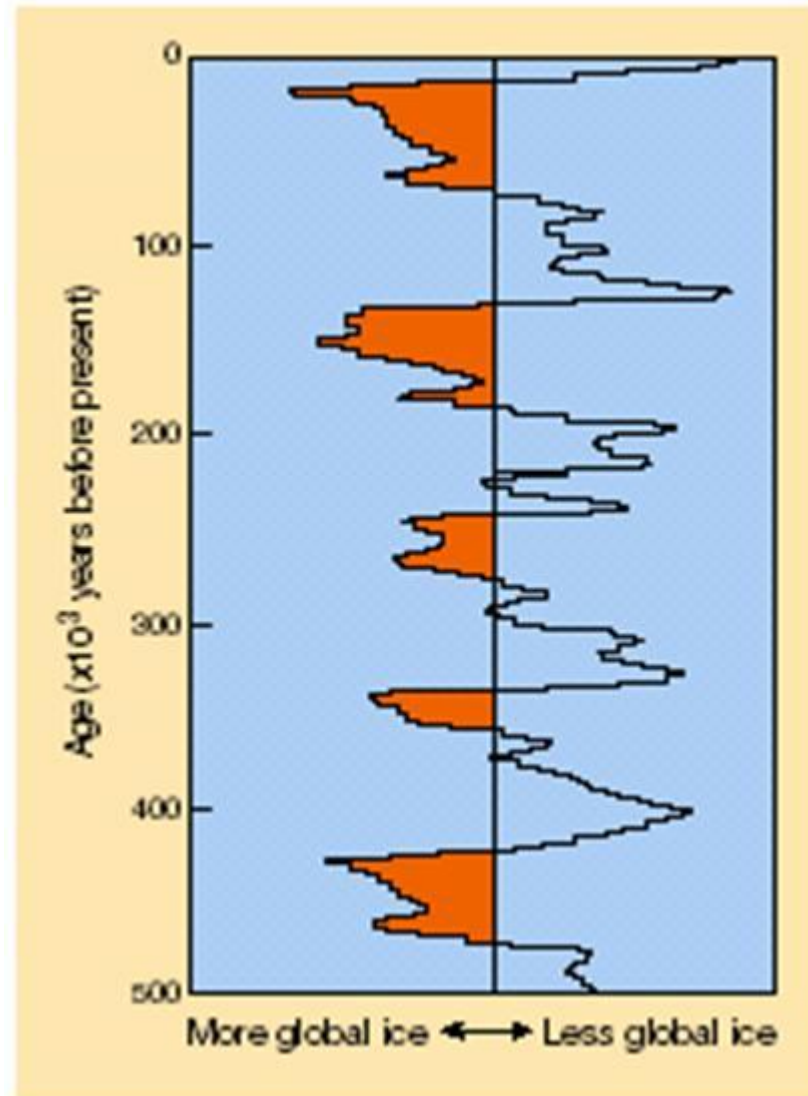
# Dane klimatyczne z przeszłości



Zmiany: temperatury, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> i pyłu zapisane w lodzie w okolicach Stacji Vostock, Antarktyda 1, w czasie ostatnich 160.000 lat.



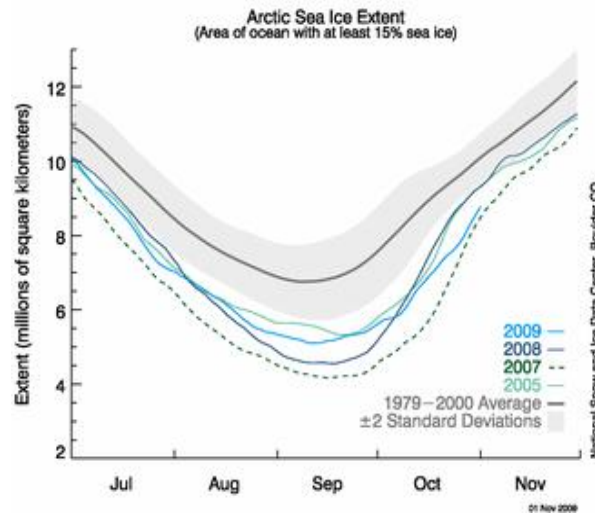
Dane za ostatnie 500.000 lat wykazują na następowanie po sobie epok lodowcowych i okresów ociepleń. Ziemia weszła w okres ``gorący'' ok. 10.000 lat. Można przypuszczać, że ocieplenie potrwa jeszcze 40.000 lat.



# Antarktyda, Arktyka, lodowce

Przeciętna temperatura nad powierzchnią Ziemi wzrastała ok.  $0.06^{\circ}\text{C}$  na dekadę. Tymczasem analiza meteorologicznych danych dla Antarktydy pokazuje ochłodzenie pomiędzy 1966 a 2000 rokiem o ok.  $0.7^{\circ}\text{C}$  na dekadę.

Pomiary satelitarne i glaciologiczne na Grenlandii i Antarktydzie pokazują, że jeśli obecna trend utrzyma się (znaczne opady nie topniejącego śniegu) to ok. roku 2030 poziom oceanów obniży się o około 30 cm.



Satelitarne pomiary temperatury dolnych warstw atmosfery prowadzone od 1979 (95% pow. Ziemi) ukazują tendencję obniżanie się temperatury w latach 1979—1997 o  $-0.04^{\circ}\text{C}$ .

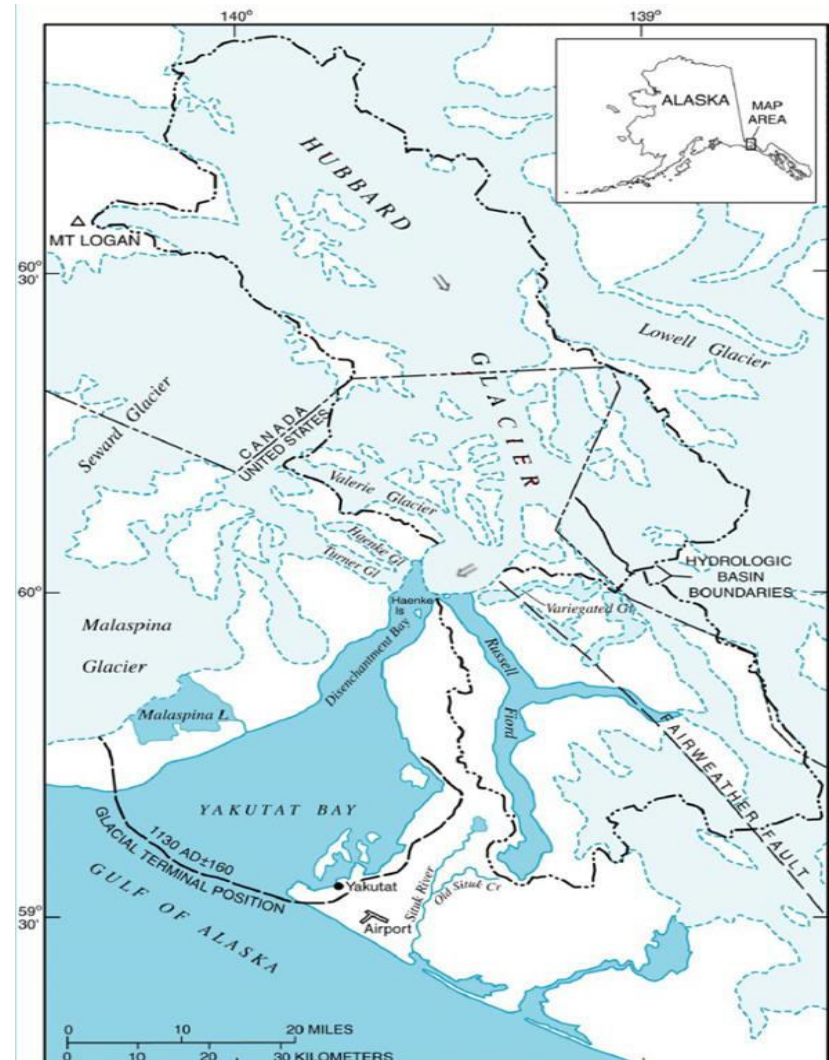
Inne grupy badawcze, na podstawie trendów z dwóch ostatnich dekad prognozują, że poziom wód będzie rósł w tempie 22 cm na 100 lat. Czy będzie to katastrofa? W ciągu ostatnich 20.000 lat poziom oceanów podniósł się o blisko 90 m, czyli 45 cm na 100 lat!!

# Co dzieje się z lodowcami nie jest do końca jasne:

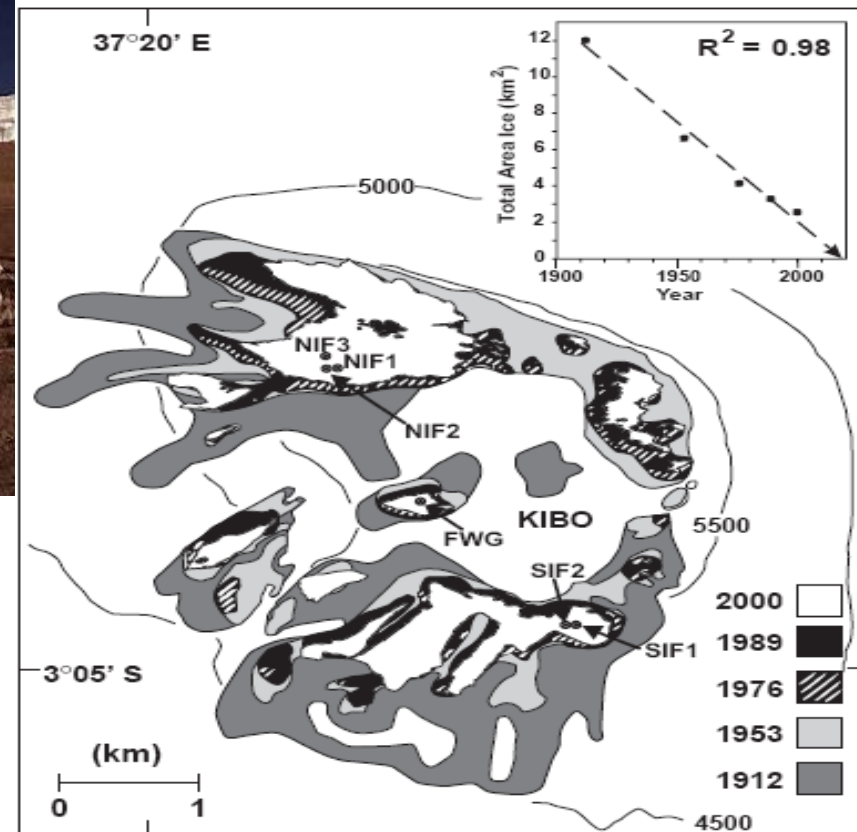
Jedne jak lodowce norweskie rosną, alaskańskie maleją i rosną naprzemiennie (Columbia, Hubbard).



Czoło lodowca Hubbard'a położonego na granicy Kanady i USA

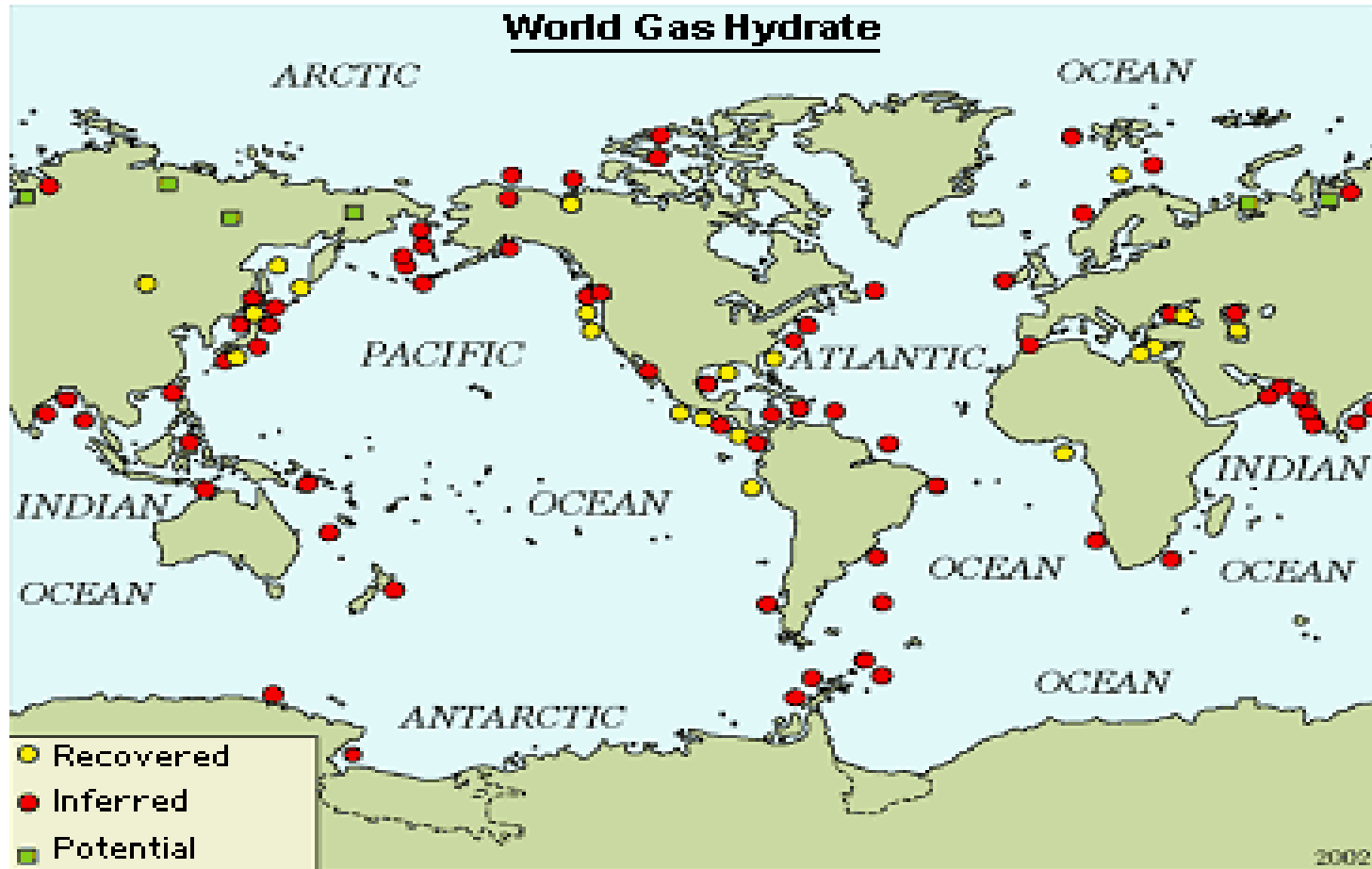


Inne jak Kilimandżaro systematycznie zmniejszają swój rozmiar

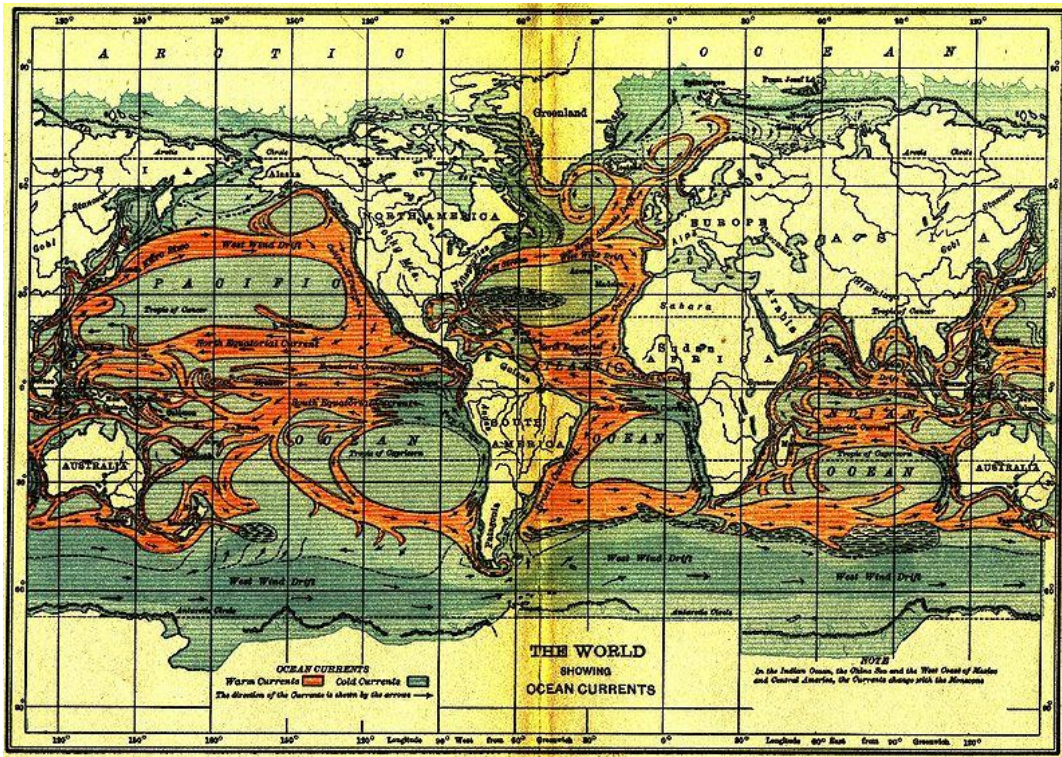




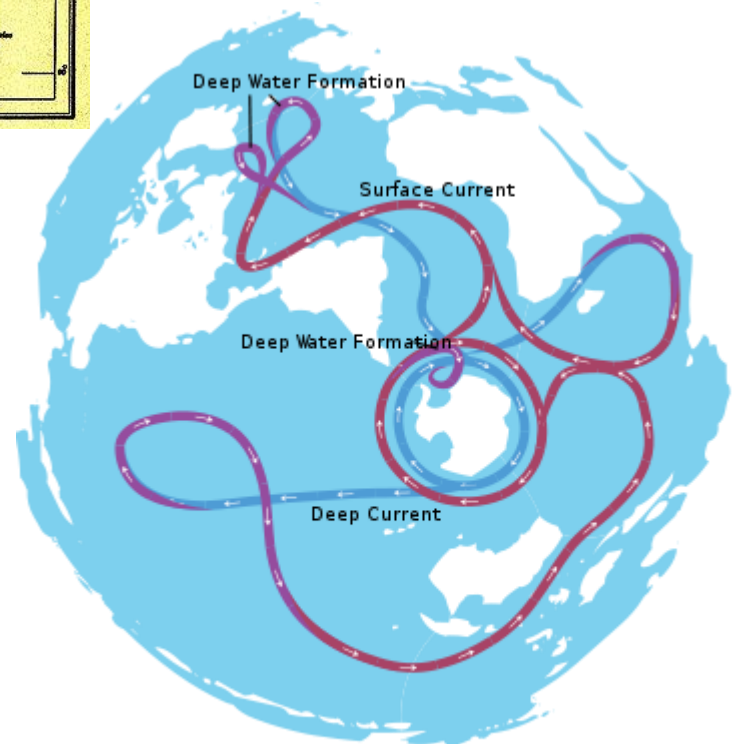
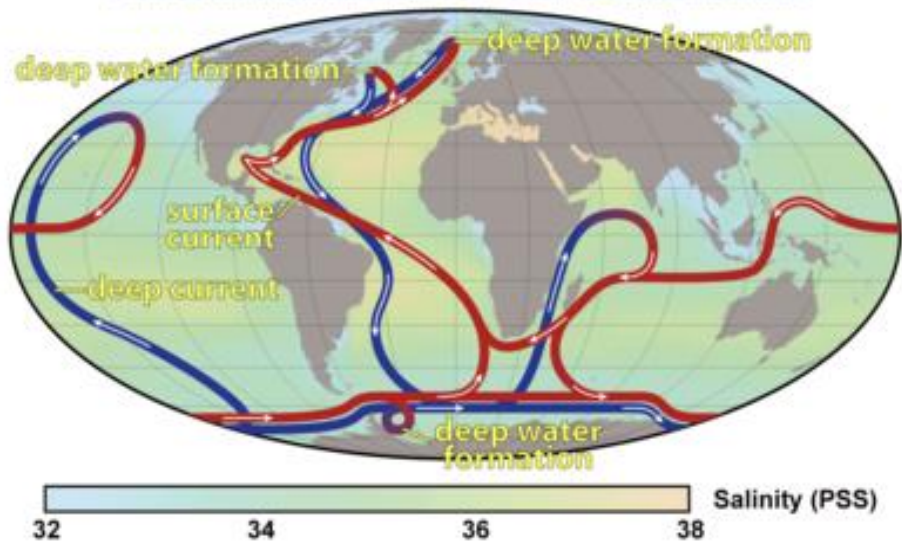
Obecnie wiadomo, że złoża hydratów gazowych (głównie metanu) występują na całym obszarze dna oceanicznego oraz na obszarach wiecznej zmarzliny.



Hydraty metanu są stabilne w określonych warunkach temperatury i ciśnienia np. na głębokości 1500 m do temp.  $18^{\circ}\text{C}$ , a na głębokości 300 m do temp.  $+2^{\circ}\text{C}$ .



## Thermohaline Circulation



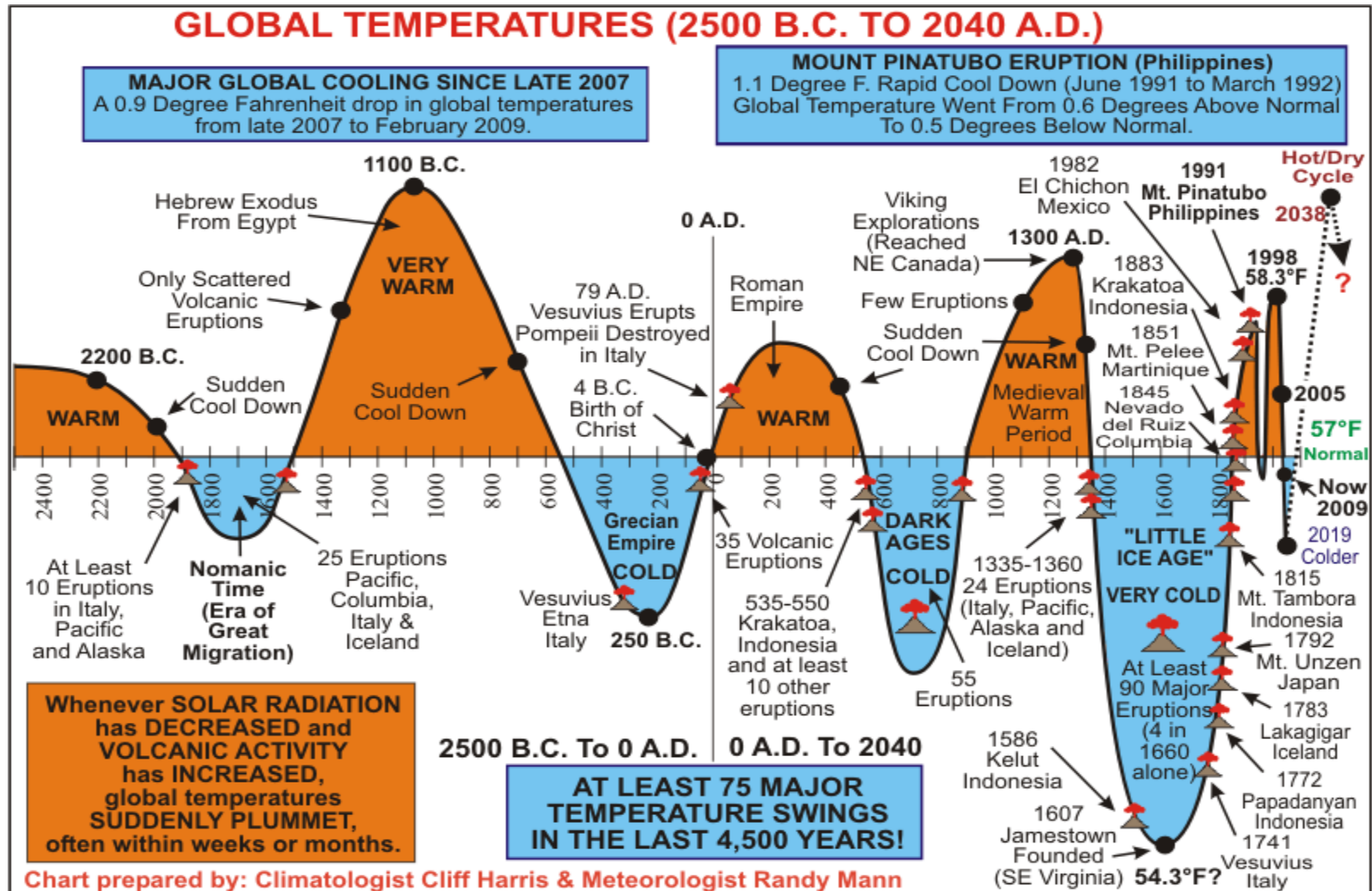
W związku z ociepleniem klimatu rozpatruje się potencjalne zagrożenia, jakie stwarzają klatraty. Metan jest gazem cieplarnianym, którego zdolność zatrzymywania ciepła (potencjał cieplarniany) jest dwudziestokrotnie większa niż w przypadku dwutlenku węgla. Ulotnienie się go ze złóż hydratów, które zawierają szacunkowo 3000 razy więcej metanu niż wynosi jego ilość w atmosferze ziemskiej, znacząco podniosłoby temperaturę na Ziemi.

Podejrzewa się, że metan doprowadził do gwałtownego podwyższenia temperatury o 7°C w późnym Paleocenie 55 mln lat temu, co doprowadziło do wyginięcia wielu gatunków organizmów morskich.

Innym zagrożeniem mogą być wywołane przez osunięcia, fale tsunami – 6000 lat p.n.e. rozpad złóż klatratów doprowadził do przesunięcia się do Morza Norweskiego masy skał ze stoku kontynentalnego o objętości ocenianej na 5300 km<sup>3</sup> o 800 km, co wywołało potężną falę. Jej efekty są do dzisiaj zauważalne na północy Anglii. Zagrożone są między innymi Bahamy, które od wschodu opadają stokiem 5000 m w głąb oceanu i klatraty są utrzymującym je spoiwem.

# Wulkany

Krakatau podczas wybuchu maju 1883 roku wyrzucił ok.. 20 km<sup>3</sup> pyłu tj. w przybliżeniu 6 x 10<sup>9</sup> ton materii. Zjawiska dość rzadkie obecnie!



# Co wiemy a czego nie wiemy – czyli fakty i mity

- **Fakty:**

1. Aktywność magnetyczna Słońca wpływa na klimat Ziemi – wyraźna korelacja pomiędzy brakiem plam na Słońcu a okresami ochłodzenia;
2. Kosmiczne czynniki oddziałują na klimat;
2. Inne czynniki obok CO<sub>2</sub> znacząco wpływają na ocieplenie (metan);
3. Powtarzające się okresy ocieplenia i ochłodzenia;
4. Decydujące znaczenie pary wodnej i chmur w bilansie cieplnym;
5. Zdecydowany wpływ wielkoskalowych prądów oceanicznych;
6. Hydraty metanu jako potencjalne źródło energii i zagrożenie.

- **Mity i nieścisłości:**

1. CO<sub>2</sub> jako **główny** czynnik ocieplenia klimatu;
2. Działalność człowieka znacząco wpływa na klimat;
3. Wybuchy wulkanów jako znaczący czynnik cieplarniany;
4. Topienie się lodowców i pokryw lodowych Antarktydy i Arktyki jako trend narastający;
5. Z krótkookresowych pomiarów wnioskowanie o trendach wieloletnich – **ekstrapolacja**;
6. Zjawisk lokalne rzutowane na trendy globalne – **indukcja niezupełna**;
7. Uśrednianie i datowanie – **statystyka i chronologia**.