

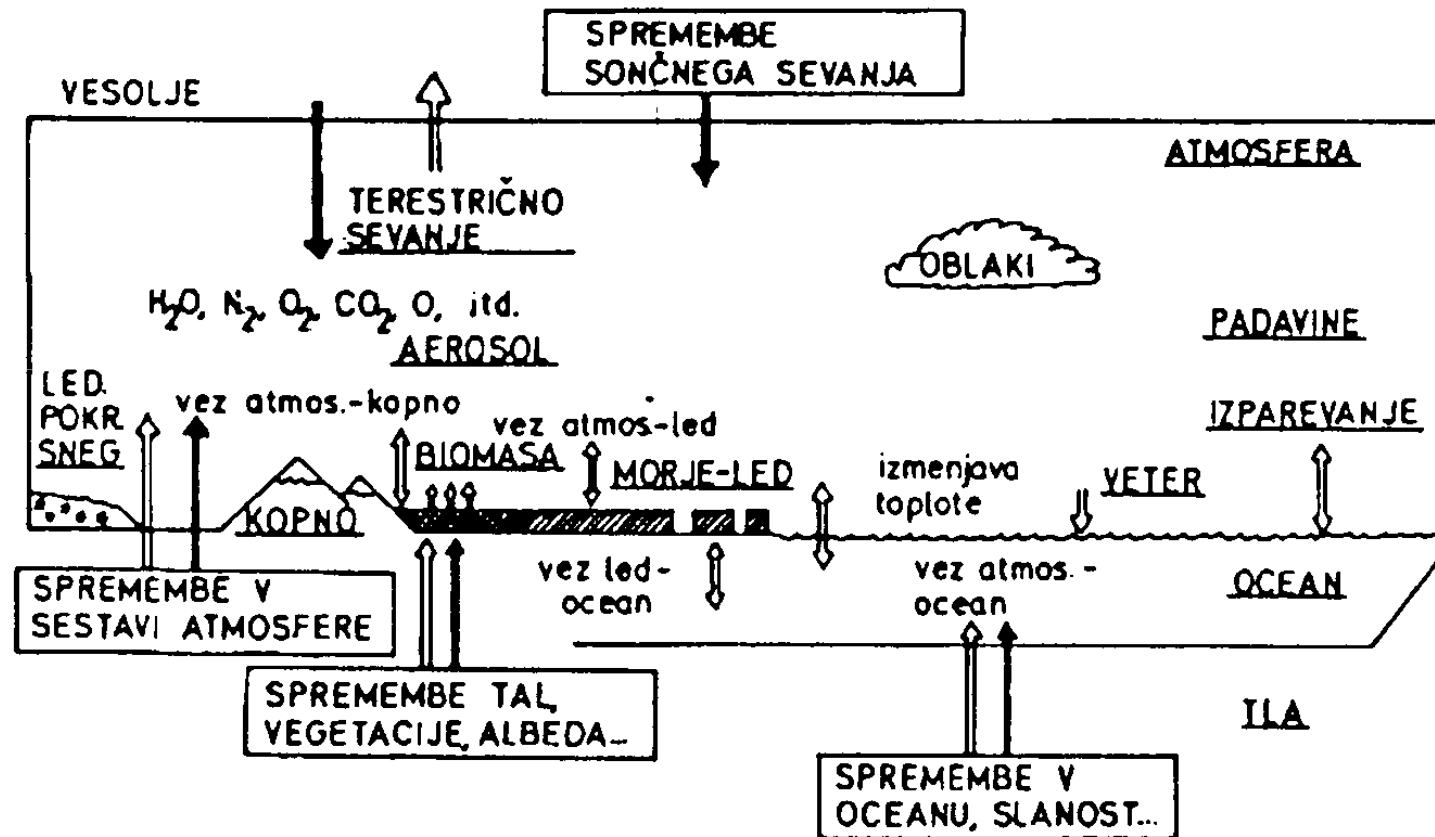
# KLIMATSKI DEJAVNIKI (1)

## PREGLED predavanja

- Karakteristike, toplotne kapacitete A-O-K vztrajnost sistemov
- Vrste oscilacij sistema
- Klimatski dejavniki – pregled
- Klimatski dejavniki – sončno obsevanje
  - aerosol

# KLIMATSKI SISTEM

Stanje klimatskega sistema neprestano spreminja v času.  
Variabilnost (oscilacije, fluktuacije) ima zelo različne periode.



SHEMATSKI PR'KAZ KOMPONENT KLIMATKEGA SISTEMA S SPREMEMBAMI ZUNANJH (→) IN NOTRANJH PROCESOV (⇌). (US GARP Commity, 1974)

Posamezni deli klimatskega sistema imajo različne fizikalne značilnosti. Pri oblikovanju klime običajno privzamemo, da sodeluje atmosferski del v celoti, medtem ko sta aktivno udeleženi le zgornja plast oceanov in tal. Razmerje toplotnih kapacitet pokaže, da imajo oceani bistveno večji vpliv na klimatske razmere kot pa kopno.

	ATMOSFERA	OCEAN	KOPNO
	celotna	zgornjih 240 m	zgornjih 10 m
masa	$5,3 \cdot 10^{15}$ ton	$8,7 \cdot 10^{16}$ ton	$3 \cdot 10^{15}$ ton
specifična toplota	$1 \cdot 10^3$ J/kgK	$4,2 \cdot 10^3$ J/kgK	$0,8 \cdot 10^3$ J/kgK
toplotna kapaciteta	$5,32 \cdot 10^{15}$ MJ/K	$36,45 \cdot 10^{16}$ MJ/K	$2,38 \cdot 10^{15}$ MJ/K
$\rho$	1,3	1000	2000 kg/m <sup>3</sup>
razmerje toplotnih kapacitet	<b>1</b>	<b>68,5</b>	<b>0,45</b>

# KLIMATSKI SISTEM

Variabilnost (oscilacije, fluktuacije) ima zelo različne periode.

## 1. DEFINIRANE PERIODE

	<i>perioda</i>	<i>vzroki</i>
dnevna nihanja	dan/noč	insolacija
plimovanje	12h25min, 24h50 min	Luna, Sonce
Sezonska nihanja	Letni časi, monsuni	kroženje Zemlje okrog Sonca

# KLIMATSKI SISTEM

## 2. NEREGULARNE PERIODE

	'perioda'	vzroki
sinoptična nihanja	nekaj dni v atmosferi nekaj tednov v oceanih	Rossbyevi valovi
globalna nihanja	tedni do meseci	spremembe zonalne cirkulacije
letna nihanja	2 do 5 let	El Ninjo (na cca. 2 leti) oscilacije Zalivskega toka (3.5 let)
nihanja znotrajstoletja	do 100 let	
medstoletna nihanja	od 100 do 1000 let	
klimatska nihanja	od 1000 do 10000 let	

# Klimatska povprečja

- Po dogovoru vsakih 30 let za vse članice WMO
- Ideja že leta 1872 ( International Meteorological Committee)
- World Meteorological Organization je naslednica International Meteorological Committee- ja in definira klimatska povprečja kot *"period averages computed for a uniform and relatively long period comprising at least three consecutive 10-year periods"* (WMO, 1984).
- Klimatska povprečja se računajo za naslednja obdobja  
1 Januar, 1901 - 31 December , 1930,  
1 Januar, 1931 – 31December , 1960, itd.
- Zadnje globalno standardno obdobje povprečenja je 1961-1990.  
(tudi 1971-2000)

# **KLIMATSKI DEJAVNIKI (1)**

## Kaj odloča o podnebjju?

- **Površje tal**
  - Albedo
  - Evaporacija
  - Temperatura
- **Oceani**
  - Albedo
  - Evaporacija
  - Prenos energije z oceanskimi tokovi in vertikalnim mešanjem
- **Toplogredni plini** (H<sub>2</sub>O para, CO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>)
  - Atmosferska emisivnost
  - Absorpcija sončnega sevanja
- **Sončno sevanje**
  - Orbitalni dejavniki
  - Geografska širina
- **Oblaki**
  - Albedo
  - Emisivnost amosfere
  - Absorpcija in sipanje sončnega sevanja
- **Aerosoli**
  - Albedo
  - Absorpcija in sipanje sončnega sevanja
  - Kondenzacijska jedra



# KLIMATSKI DEJAVNIKI

## 5 skupin

- Sončno obsevanje
- Transmisijske lastnosti atmosfere za prenos različnih sevanj
- Cirkulacija atmosfere in oceanov
- Lastnosti površja
- Relief

# KLIMATSKI DEJAVNIKI

## 1. dejavnik

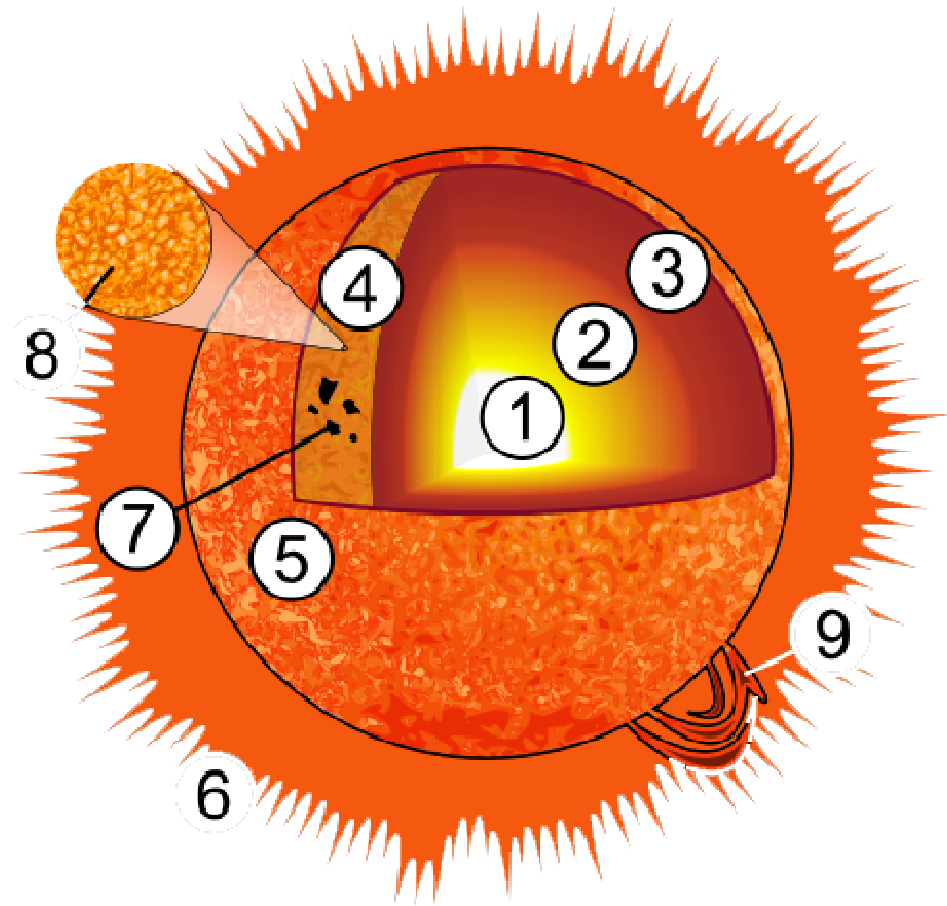
- Sončno obsevanje
- Transmisijske lastnosti atmosfere za prenos različnih sevanj
- Cirkulacija atmosfere in oceanov
- Lastnosti površja
- Relief

# Osnovna dejstva o Soncu

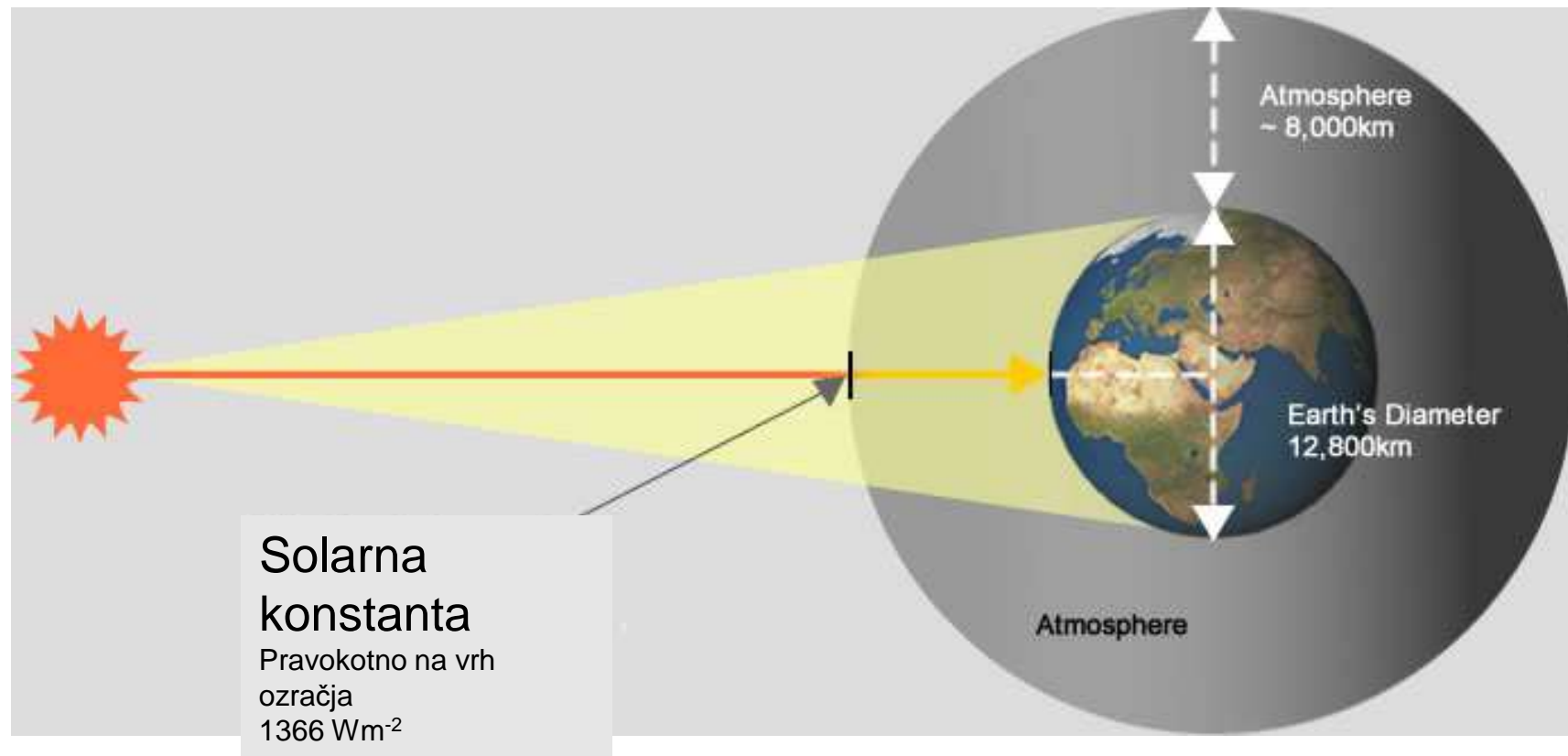
1. Masa  $2 \times 10^{33}$  gramov = 333,000 Zemelj
2. Premer 1,392,000 km = 109 Zemelj = 10 Jupitrov
3. Starost 4.6 milijarde let
4. Vrtenje 25 dni na ekvatorju, 36 na polih (na površini)
5. Luminoznost:  $3.83 \times 10^{33}$  ergs na sek, 1370 W/m<sup>2</sup>
6. Temperatura: 15 milijon K v sredici, 5770 na "površini"
7. Gostota: 8 x zlato v jedru, povprečje ~ 1.5 voda
8. Magnetno polje 1-2 Gauss, na 1000 v sončnih pegah
9. Sestava: 72% (92.1%) H, 25% (7.8%) He, "kovine"

# Sonce

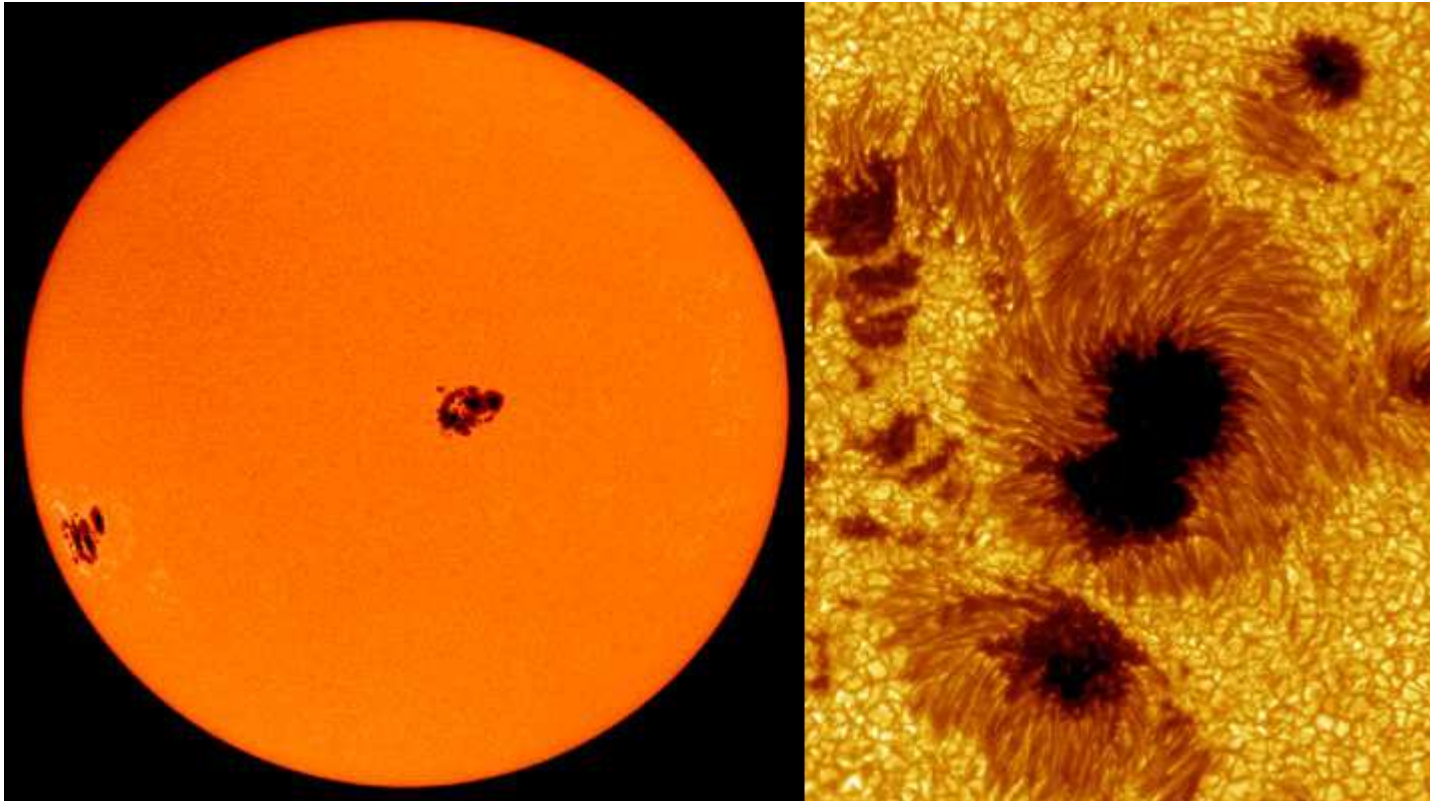
1. Jedro
2. Radiacijska cona
3. Konvekcijska cona
4. Fotosfera
5. Kromosfera
6. Korona
7. Sončeve pege
8. Granule
9. Protuberance



# Solarna konstanta



# Sončeve pege



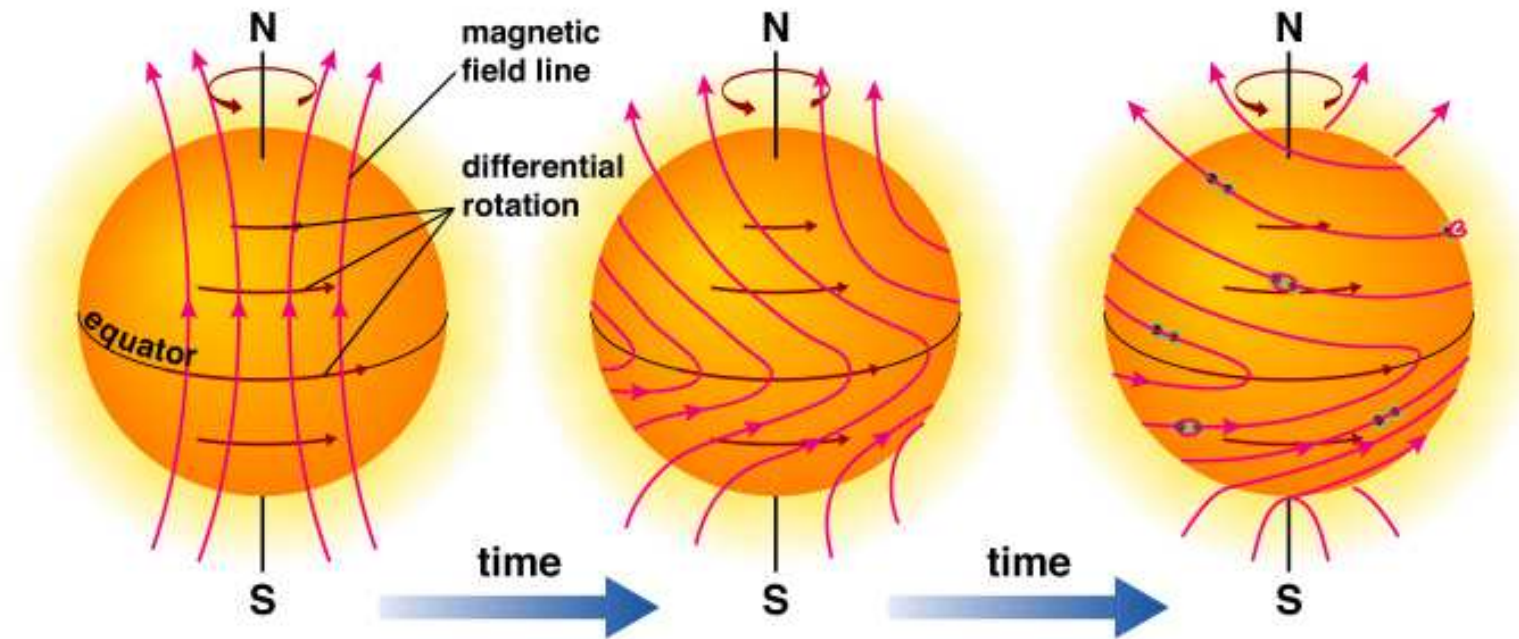
<http://spaceweather.com/>

Čas trajanja

Tipično nekaj dni

Zelo velike – nekaj tednov

# Sončeve pege



Copyright © Addison Wesley

Vrtenje Sonca: 25 dni na ekvatorju,  
36 na polih (na površini)

# Sončevi cikli

- Heinrich Schwabe – 1843
  - Pege se ciklično pojavljajo in izginjajo
  - **11 letni cikel**
  - Najbolj raziskan
  - Dober pokazatelj aktivnosti Sonca
- Gleissbergov cikel [70 - 100 let]
  - Minimumi: 1670, 1810, 1895
- Suessov cikel [210 let] ??
- Hallstattski cikel [2300 let]??



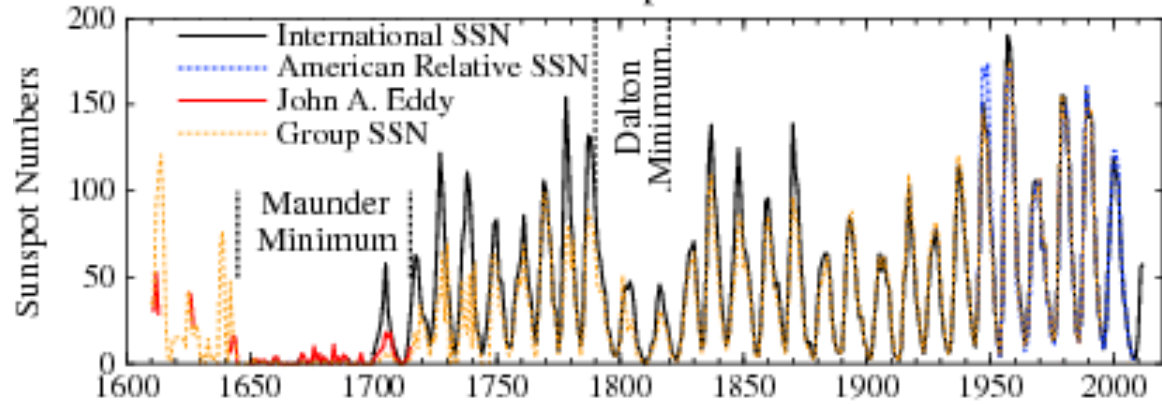
# Satelitske meritve

- Začetek leta 1978
- TSI se spreminja skupaj s Sončevim ciklom
  - Povprečna sprememba med minimumom in maksimumom: 0,1% ( $1,3 \text{ W/m}^2$ )
  - Povprečna vrednost  $1366 \text{ W/m}^2$
  - Spremembe na krajših časovnih intervalih
    - Npr. velike sončeve pege
    - 0,2% (v enem mesecu)

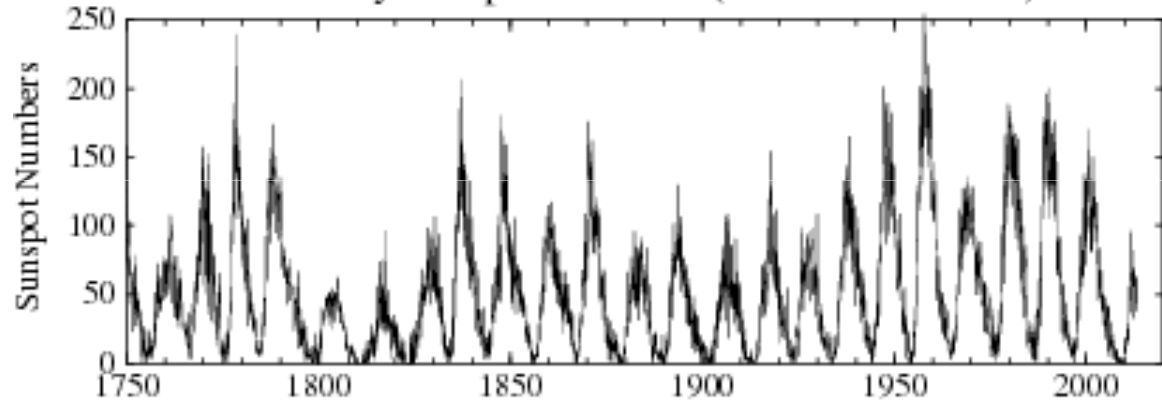


*Satelit SORCE (Solar Radiation and Climate Experiment)*

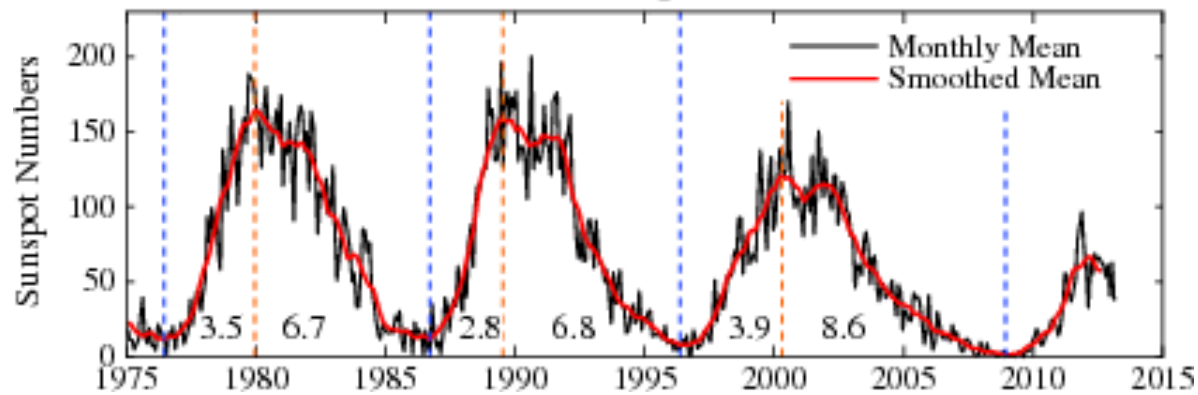
### Annual Sunspot Numbers



### Monthly Sunspot Numbers (International Data)

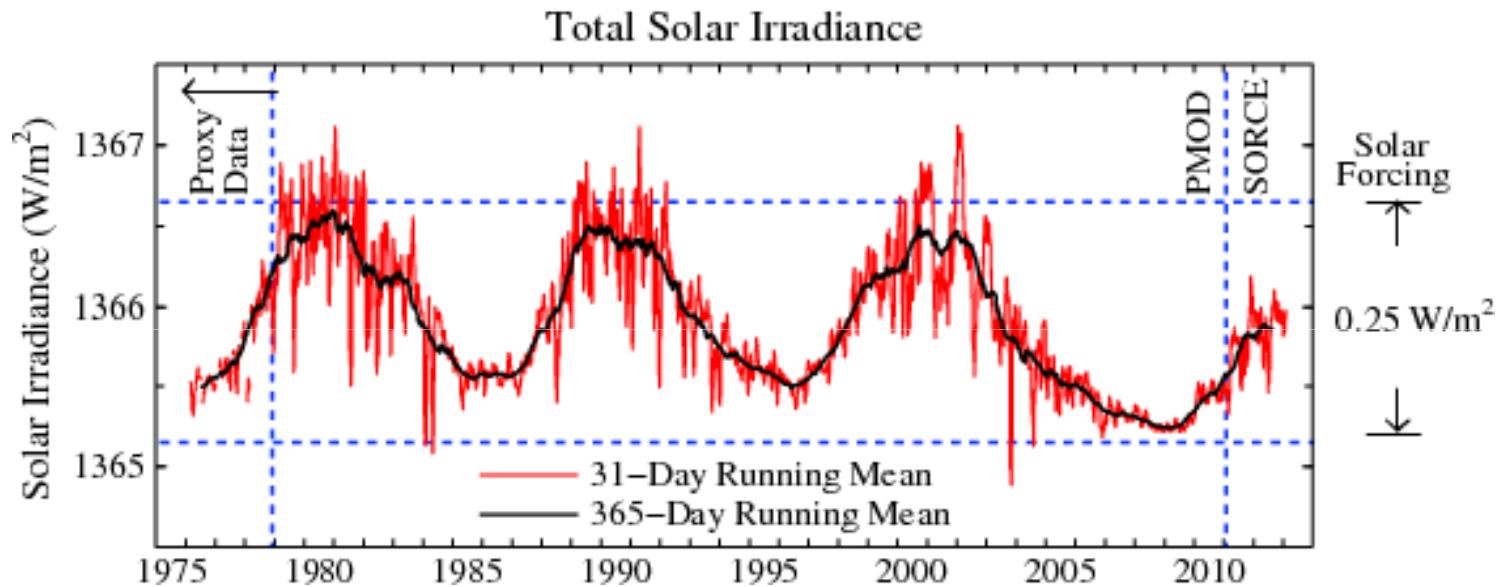


### Monthly Sunspot Numbers



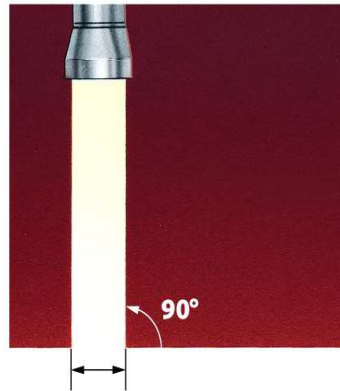
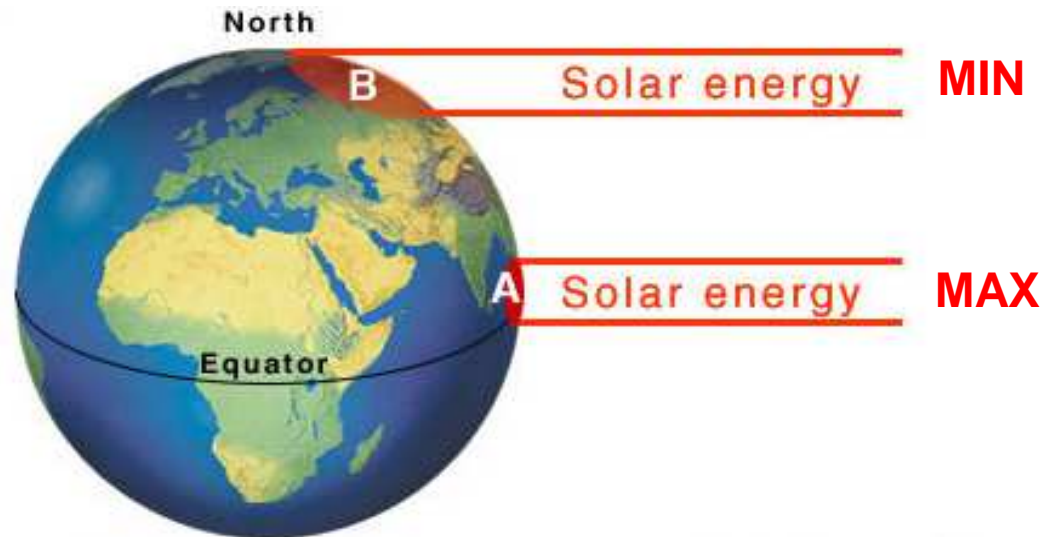
# ZADNJI SONČNI CIKEL JE NEOBIČAJEN....?

Najmanjša sončna aktivnost po letu 1906

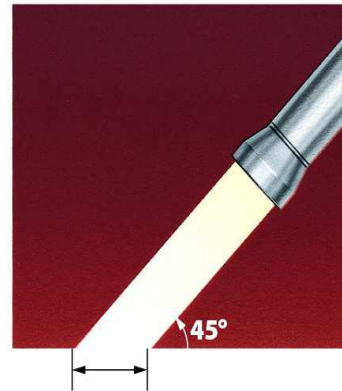


*Solar irradiance through Feb 2013 (multiple satellite records)*

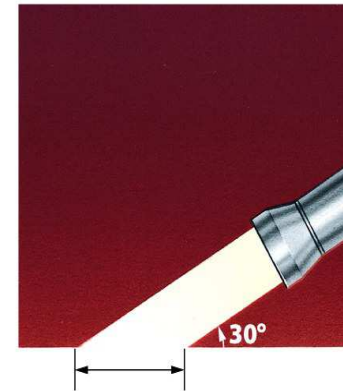
Celoletni dotok energije sončnega obsevanja **na vrh ozračja** je pri različnih geografskih širinah različen



1 unit of surface area  
One unit of light is concentrated over one unit of surface area.



1.4 units of surface area  
One unit of light is dispersed over 1.4 units of surface area.



2 units of surface area  
One unit of light is dispersed over 2 units of surface area.

Gostota energijskega toka (v  $W/m^2$ ) na ploskvi je odvisna od vpadnega kota sevanja

Celoletni dotok energije sončnega obsevanje  
**na vrh ozračja** pri različnih **geografskih širinah**

geogr. širina ( $^{\circ}$ )	0	30	60	90
sončno obsevanje ( $MJm^{-2}$ )	10890	9600	6200	4520

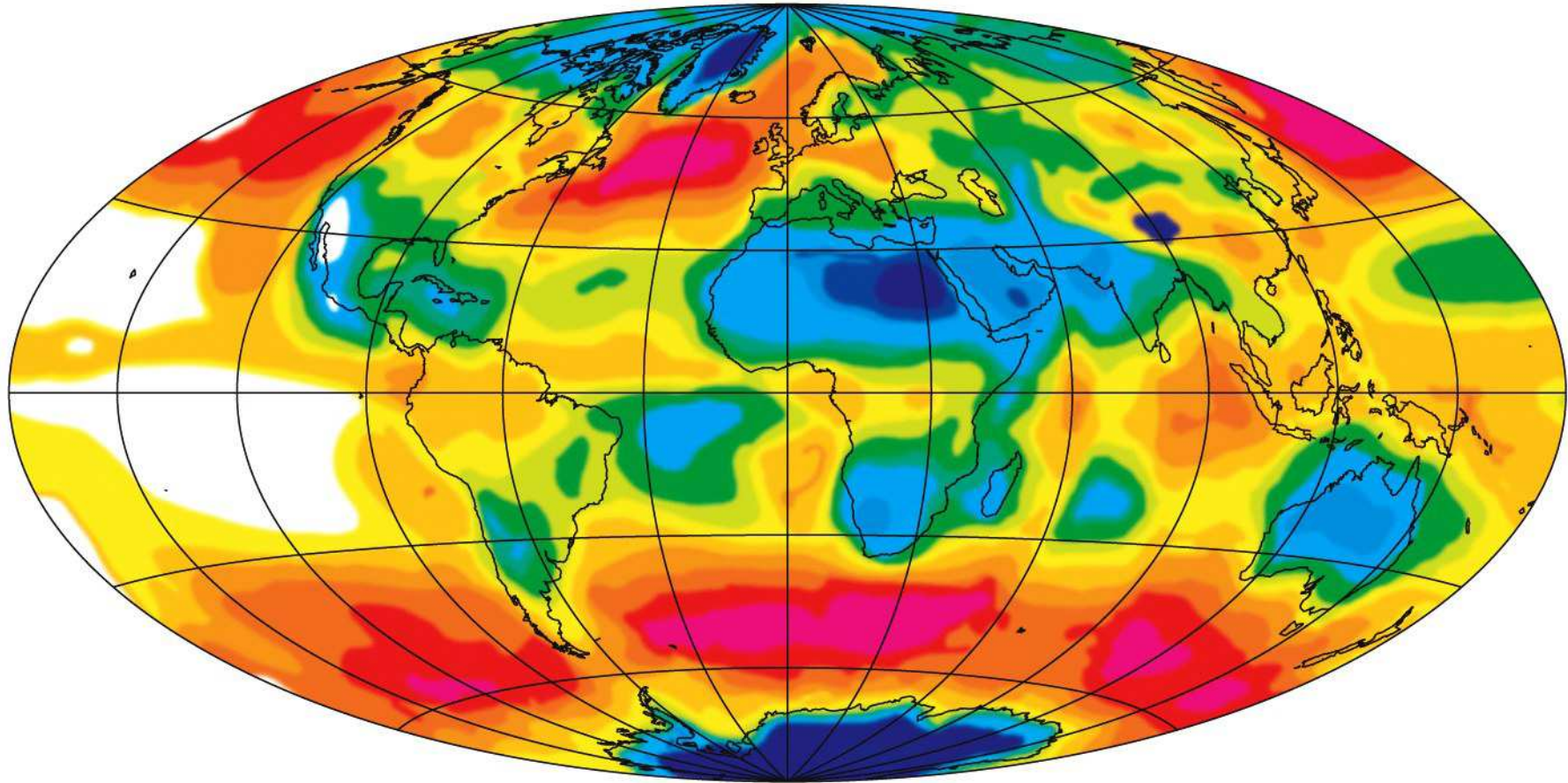
**Na tleh** : dodati še **vpliv vremena** (npr. oblačnosti)

•

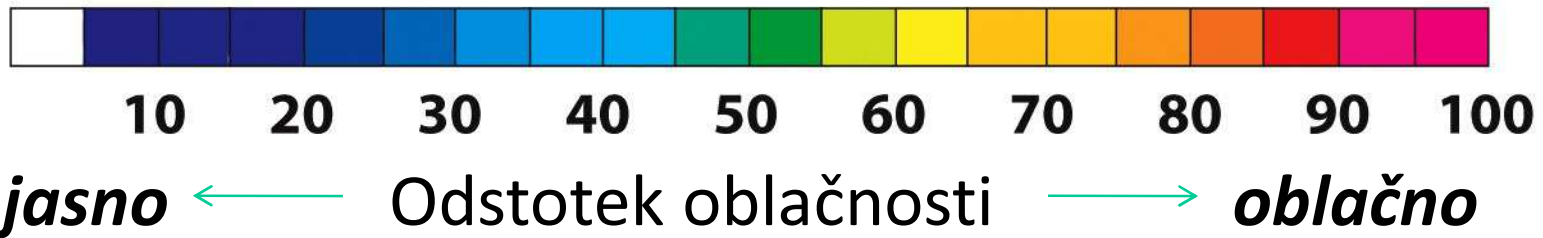
## **Sončno obsevanje na tleh** **vpliv vremena** (npr. oblačnosti)

- Severna Afrika: najbolj osončen del Zemlje (letno  $8500 \text{ MJ/m}^2$ ), ob Rdečem morju, celo  $> 9000 \text{ MJm}^2$
- Najmanj so tla obsevana v oblačnih predelih južno od Grenlandije, na Spitzbergih in nad Beringovim morjem:  $< 2500 \text{ MJ/m}^2$  letno.



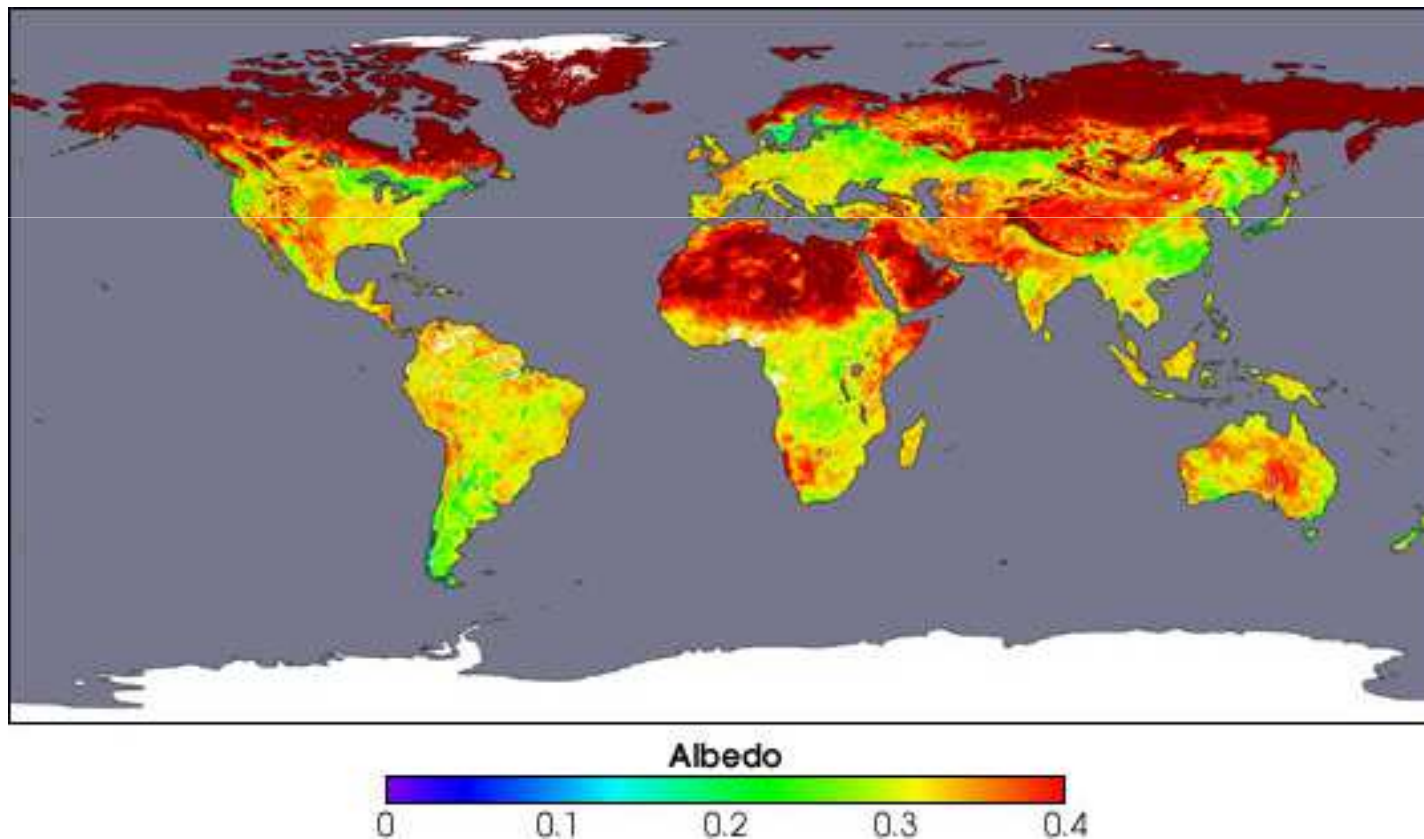


Kje na Zemlji je največ oblakov?



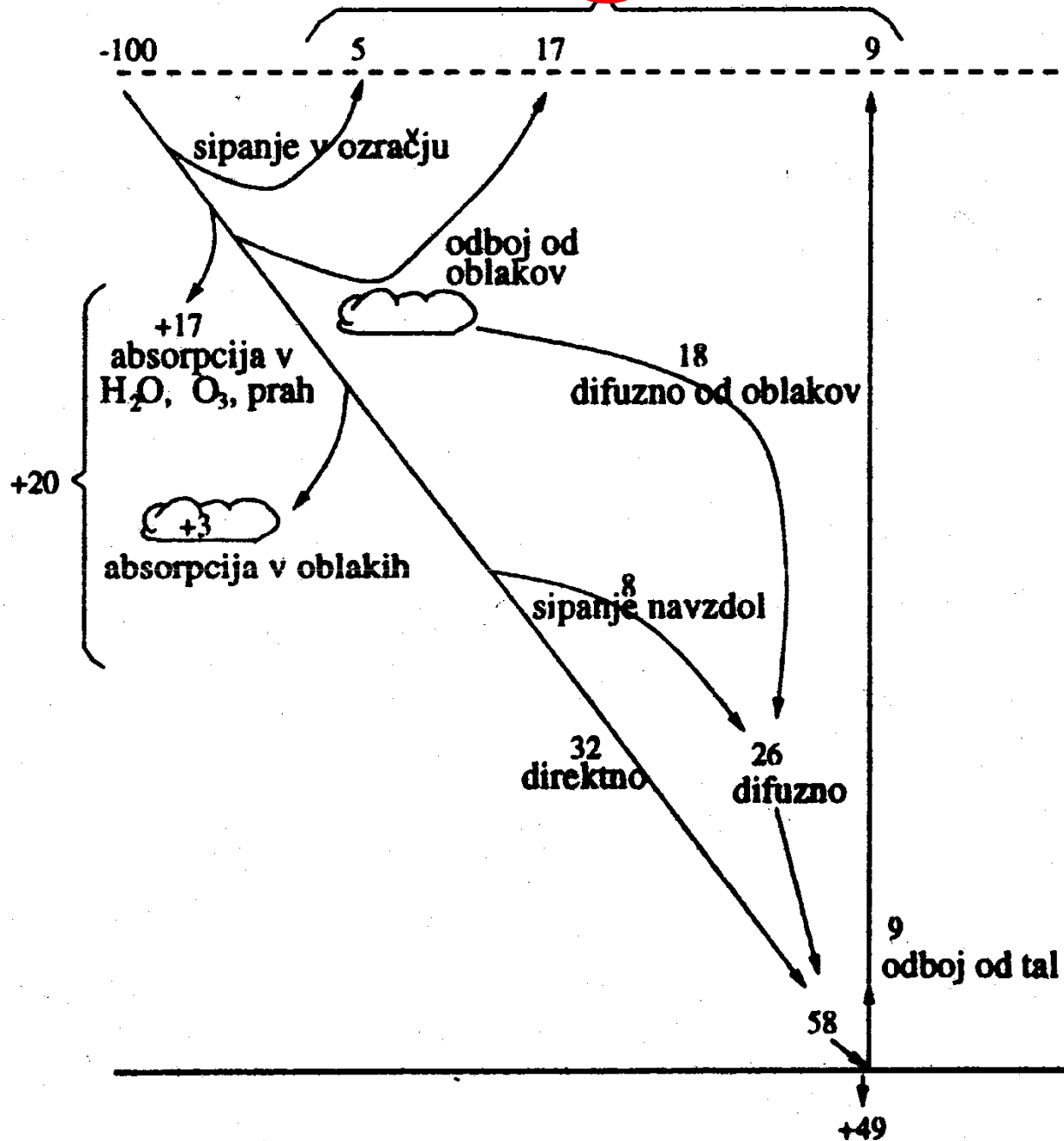
# ODBOJ SONČNEGA SEVANJA NA TLEH (vloga albeda tal)

Vse sevanje, ki pride do tal, se ne absorbira.  
Sahara je npr. svetla, tropski deževni gozd ali morje pa temna.

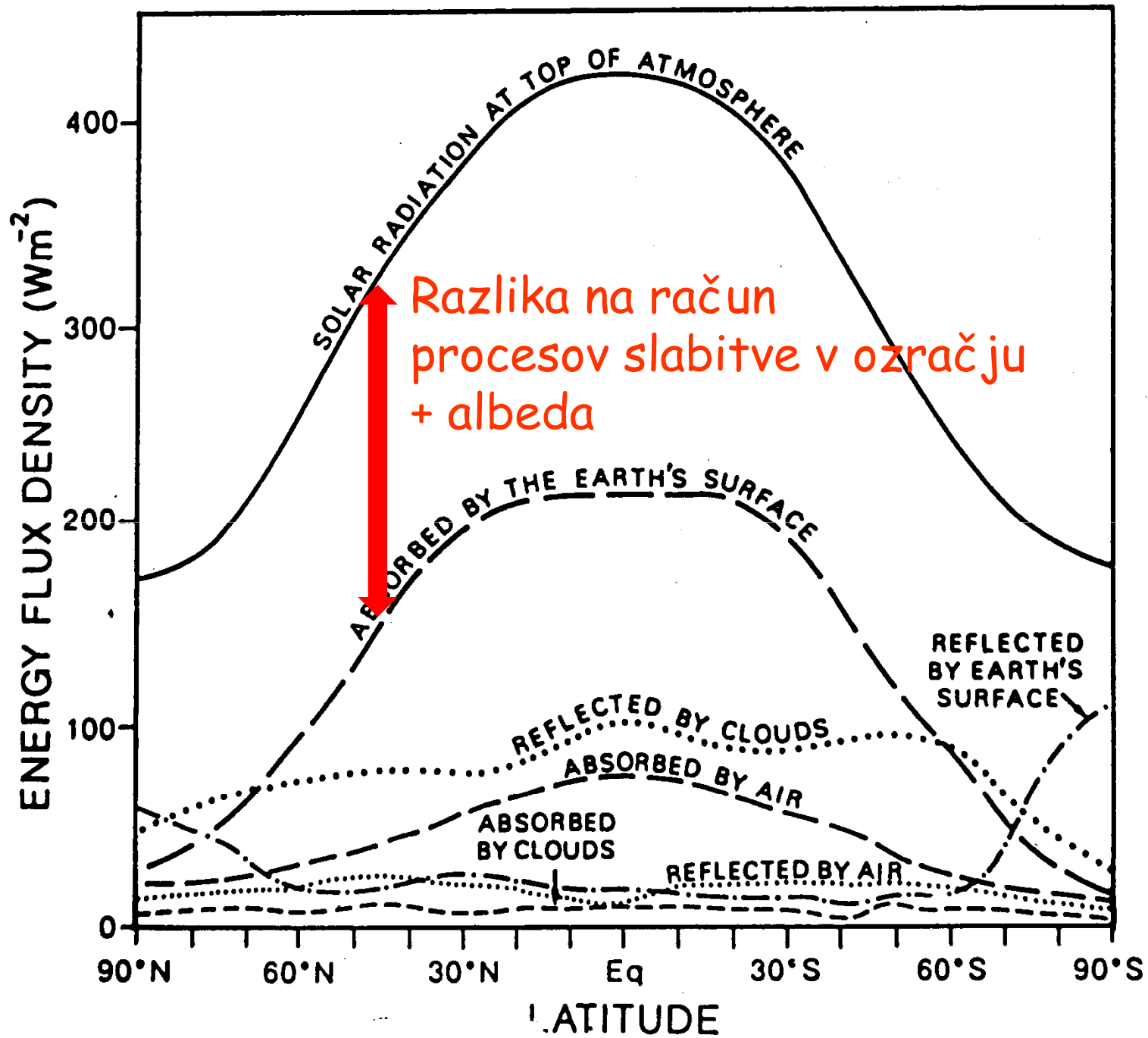




**+31** → albedo Zemlje

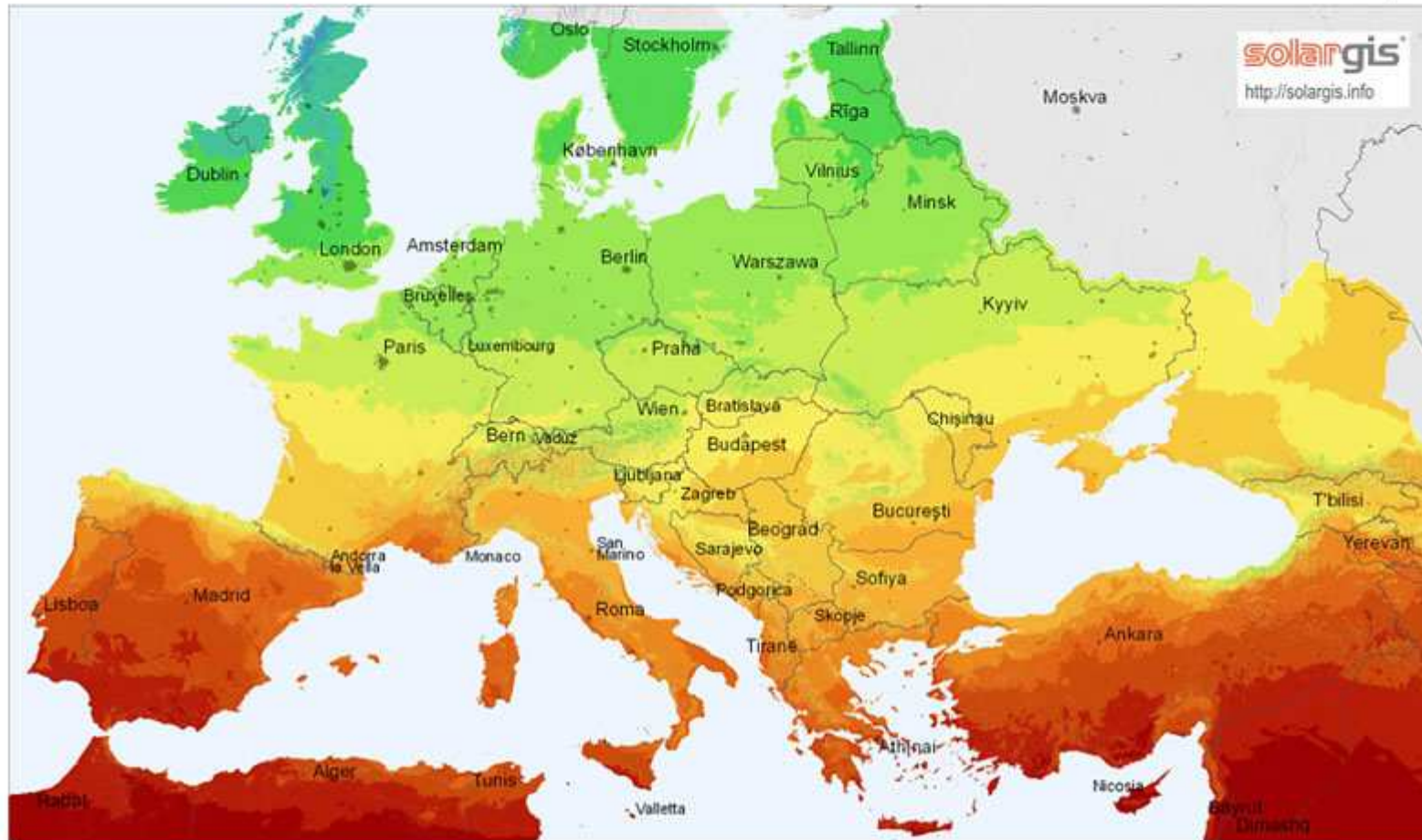


Slabitev  
sončnega  
sevanja pri  
prehodu skozi  
ozračje



# Global horizontal irradiation

# Europe



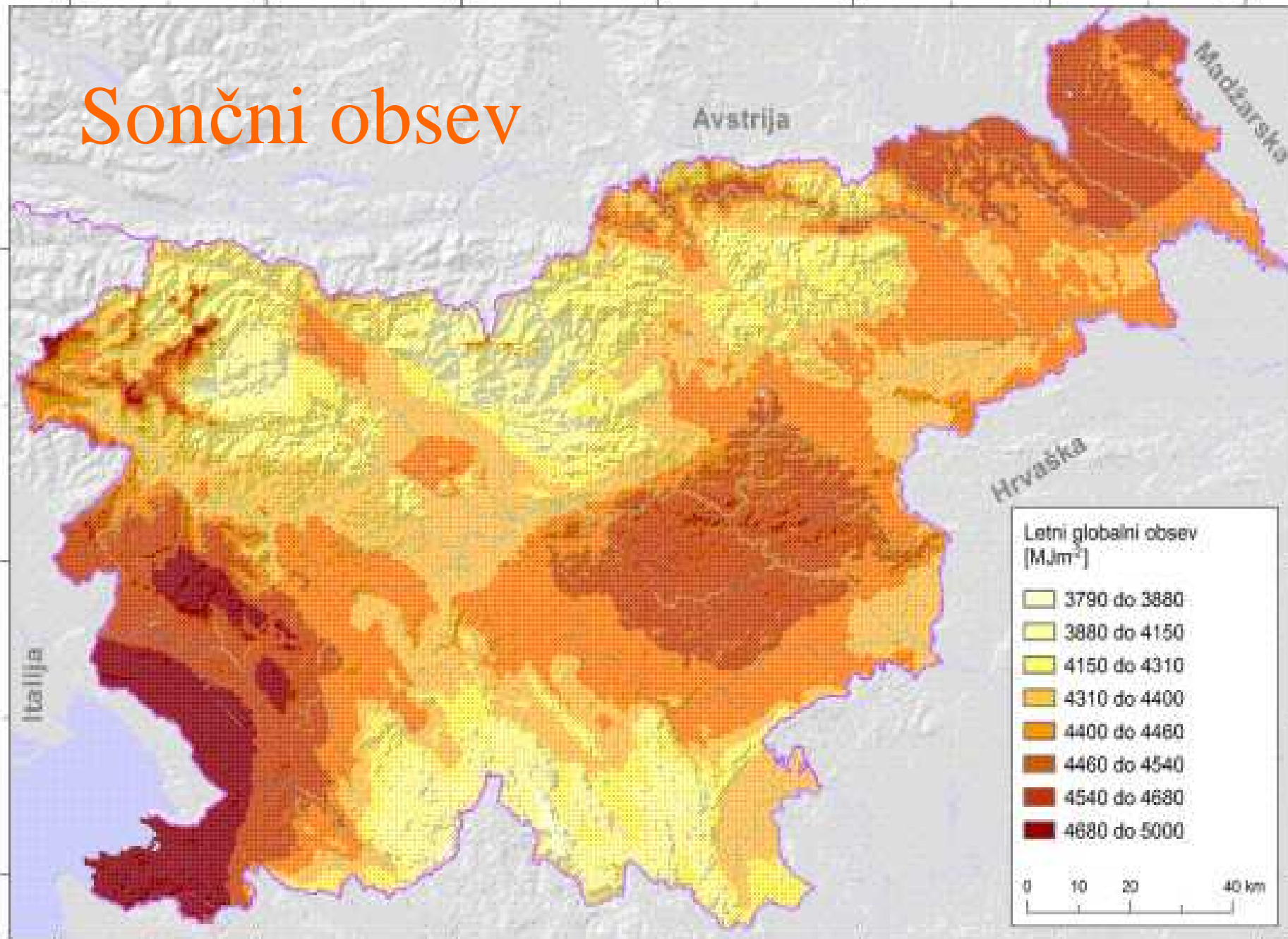
Average annual sum (4/2004 - 3/2010)



© 2011 GeoModel Solar s.r.o.

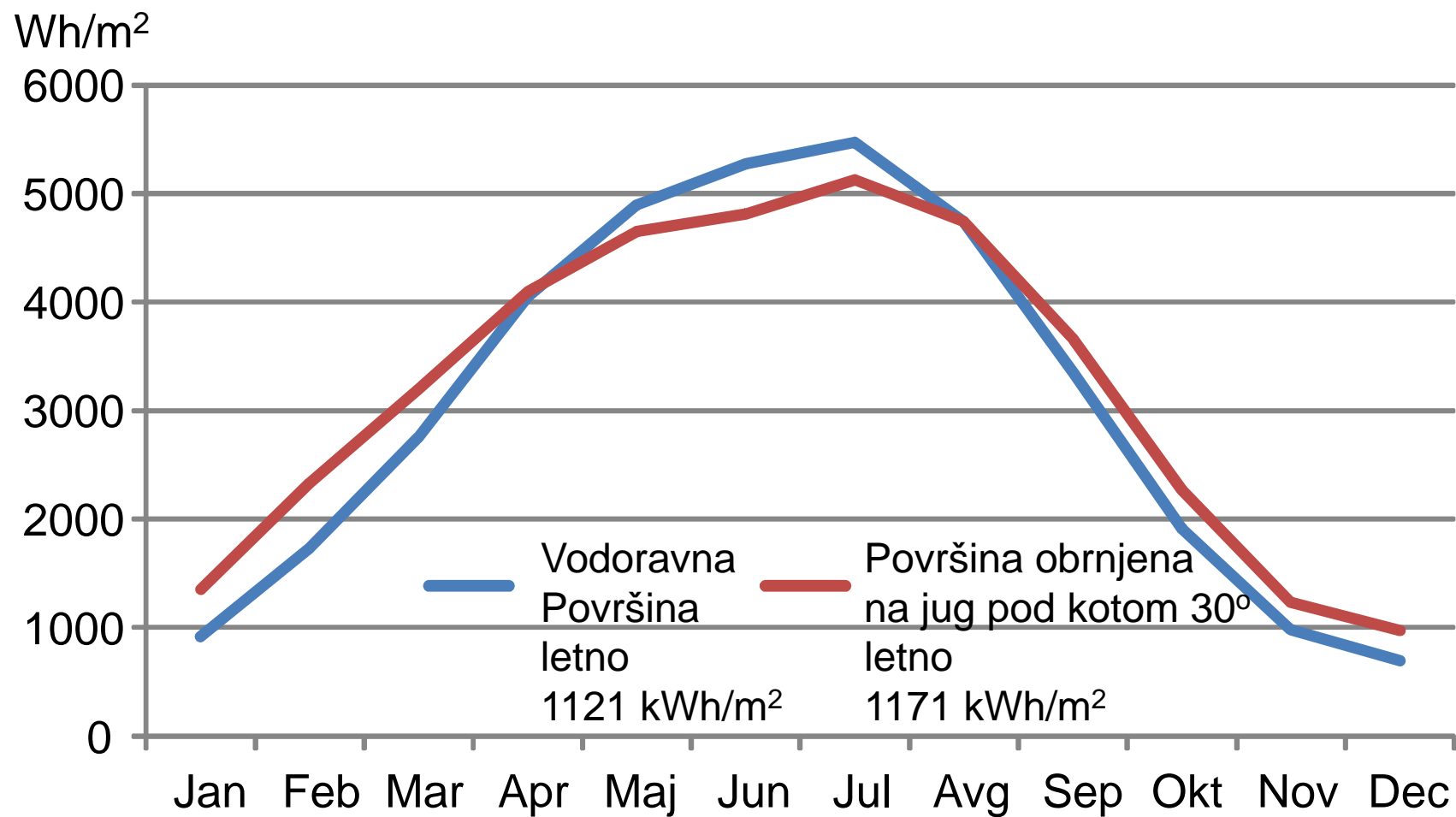
$$1 \text{ kWh} = 3,6 \text{ MJ}$$

# Sončni obsev

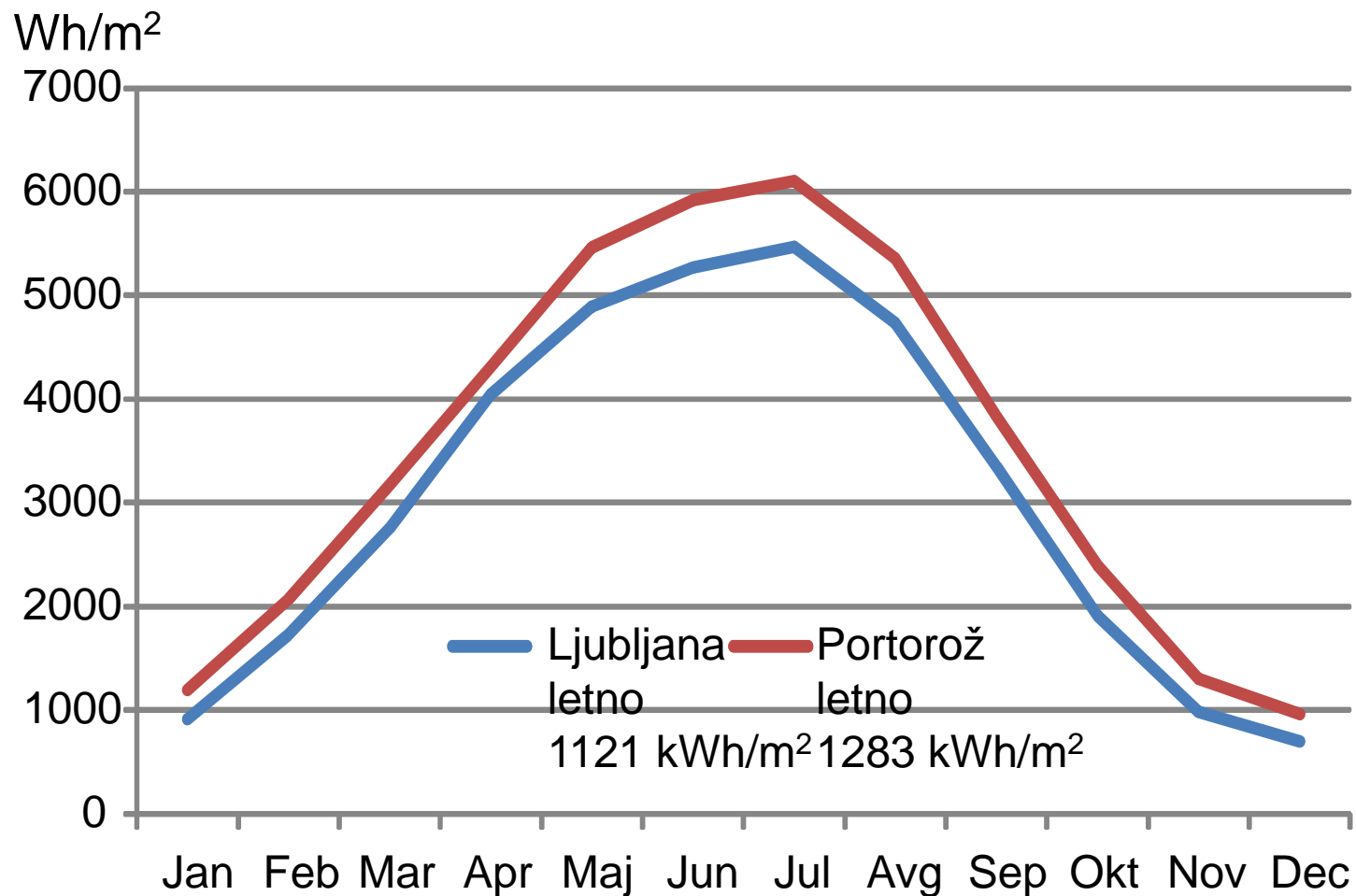


(UL FMF, BF, ter ZRC SAZU; podatki ARSO)





Sončni obsev za LJUBLJANO (obdobje 1971-2000)



Primerjava sončnega obseva vodoravne površine za LJUBLJANO in PORTOROŽ (obdobje 1971-2000)

14,4% več



# KLIMATSKI DEJAVNIKI

## 2. dejavnik

- Sončno obsevanje
- **Transmisijske lastnosti atmosfere za prenos različnih sevanj**
- Cirkulacija atmosfere in oceanov
- Lastnosti površja
- Relief



# Transmisijske lastnosti atmosfere za prenos različnih sevanj

## Poudarki

- a) aerosol (praviloma hladilni učinek na podnebje)
- b) toplogredni plini (ogrevalni učinek)

ATMOSFERA= plinski ovoj, ki obdaja naš planet

**ZRAK = mešanica raznih plinov**, ki kemično ne reagirajo drug z drugim

### **SUH ZRAK - sestava**

+ neznatne količine drugih plinov

- **žlahtni plini** (skupno 0,01 volumenskih %)
- **ozon** ( $10^{-6}$  vol. %)
- **vodna para**

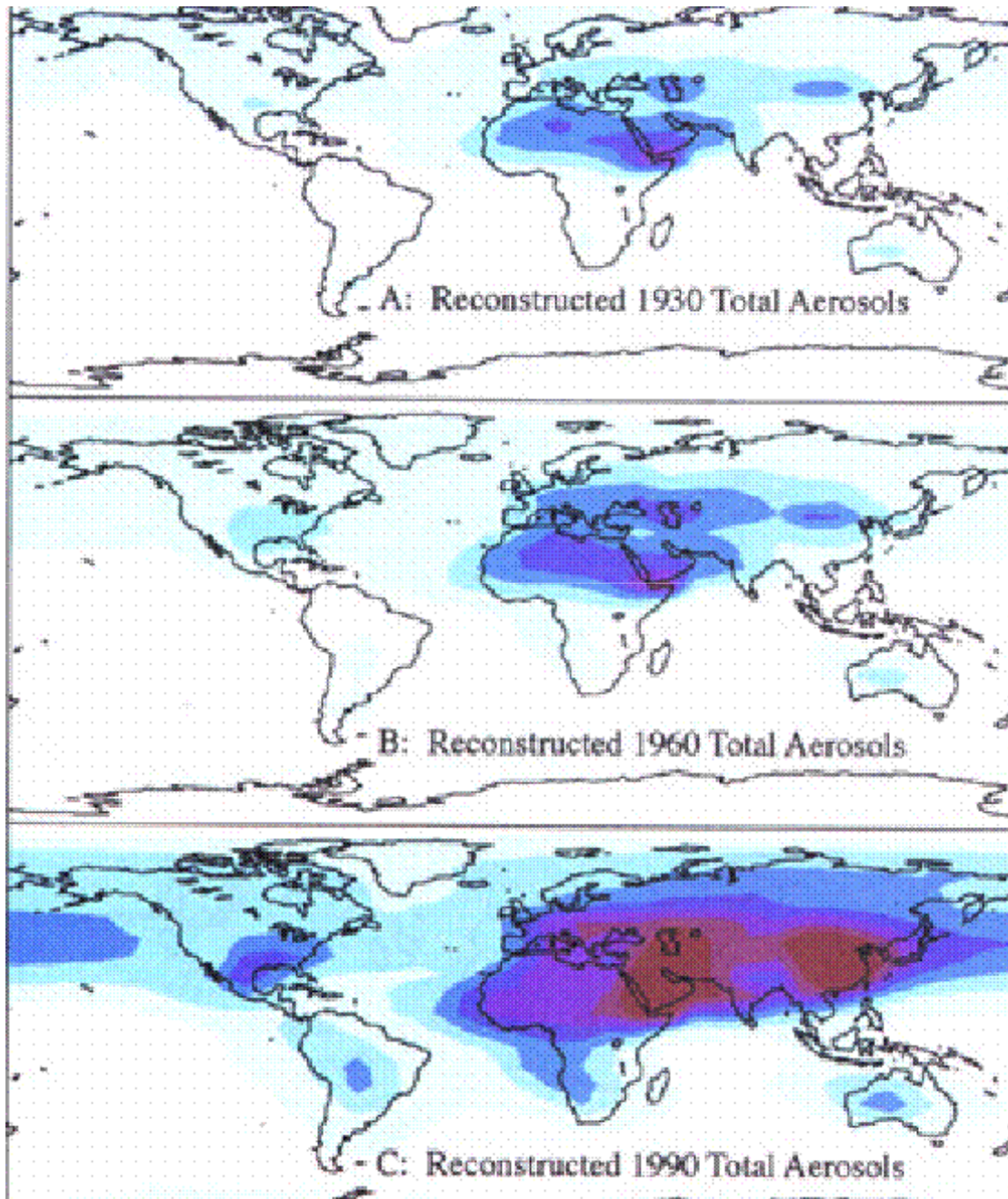
<b>Plin</b>	<b>Volumenski %</b>	<b>utežni %</b>
Dušik (N <sub>2</sub> )	78,09	75,52
Kisik (O <sub>2</sub> )	20,95	23,15
Argon (Ar)	0,93	1,28
Oglikov dioksid (CO <sub>2</sub> )	0,04	0,05

**VLAŽEN ZRAK** = suh zrak + vodna para

V atmosferi do 4 vol. % vode (vodna para, vodne kapljice, ledeni kristali)

**+ AEROSOL = delci v trdnem in tekočem stanju in plinaste primesi**

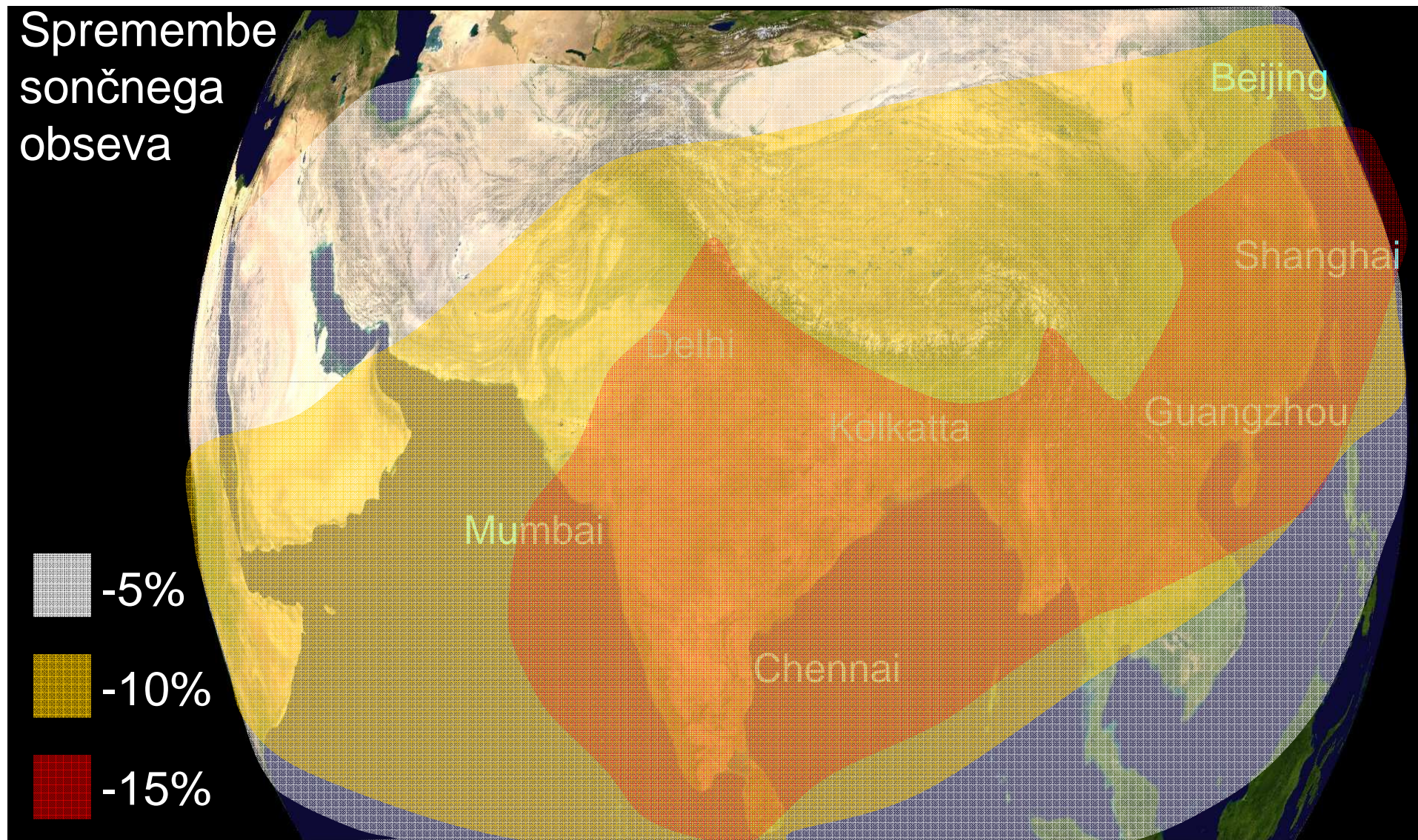
- prah in dim
- razni kristali soli (predvsem morske)
- kaplice kemičnih snovi
- živi organizmi
- bakterije, virusi, cvetni prah



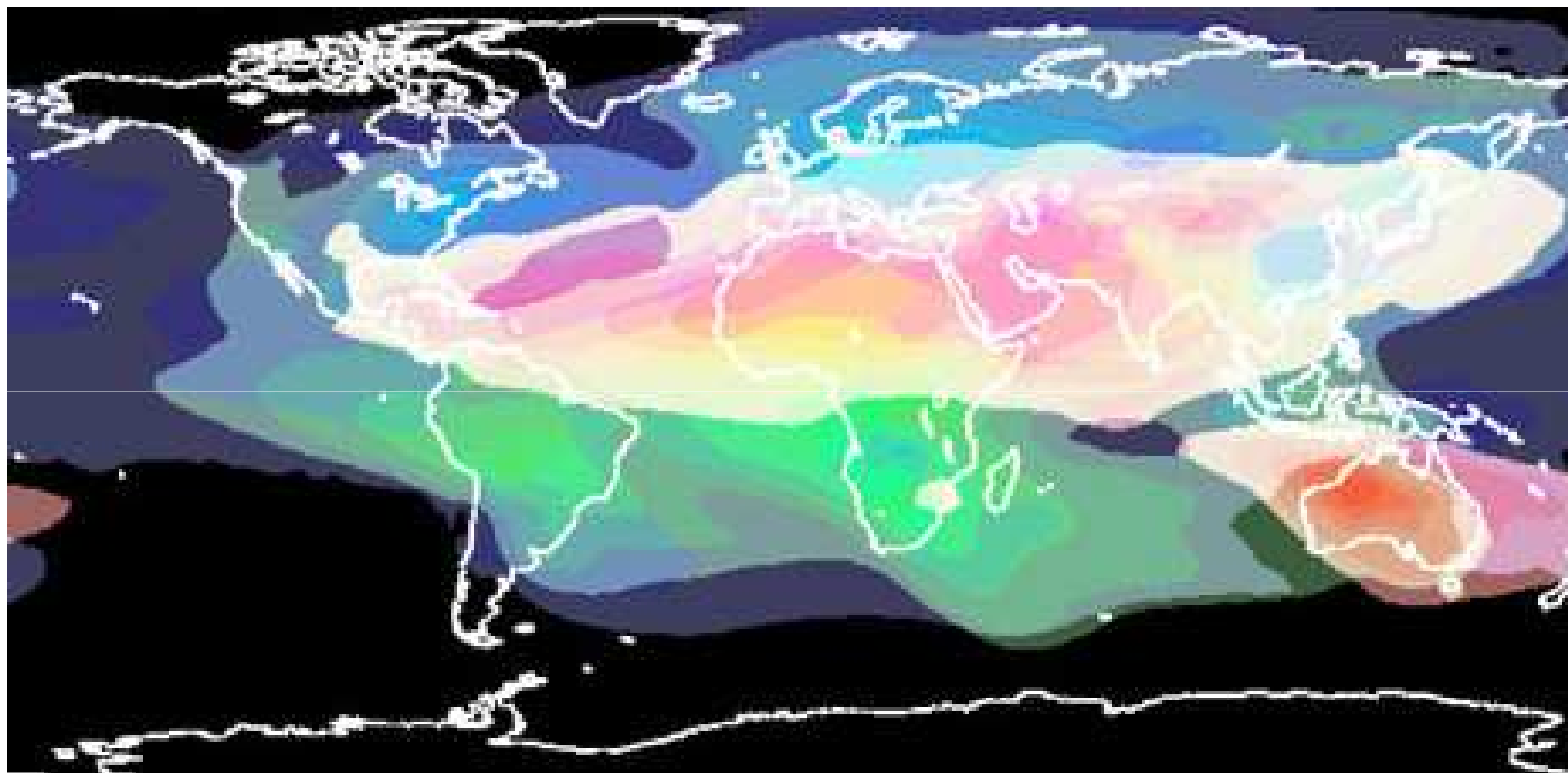
**Aerosol**  
**nekoč**  
**in**  
**danes**



# Azijski "rjavi oblak"



# Letna povprečna mešanica aerosolov



Zeleno: ogljikov aerosol, Modro: Sulfatni, Rdeče: prah s tal



# AEROSOL

Letna produkcija aerosola 2.6 Gtone/leto

10% aerosola je antropogenega izvora (0.3 Gton/leto)

Povprečna življenska doba aerosola v atmosferi 8.5 dni  
(odvisna od radija aerosola)

npr.  $r=0,1 \mu\text{m}$  blizu tropopavze 100 dni

Masa aerosola v atmosferi

$60 \text{ Mton} = 10 \mu\text{g}/\text{cm}^2$  zemeljske površine

Povprečna koncentracija aerosola v troposferi  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Izjemno pomemben je vulkanski aerosol:

tekoč in trden

silikati,  $\text{H}_2\text{SO}_4/\text{H}_2\text{O}$  (70%/30%)

sulfati, nitrati, kloridi

# Aerosol zapušča atmosfero na 3 načine

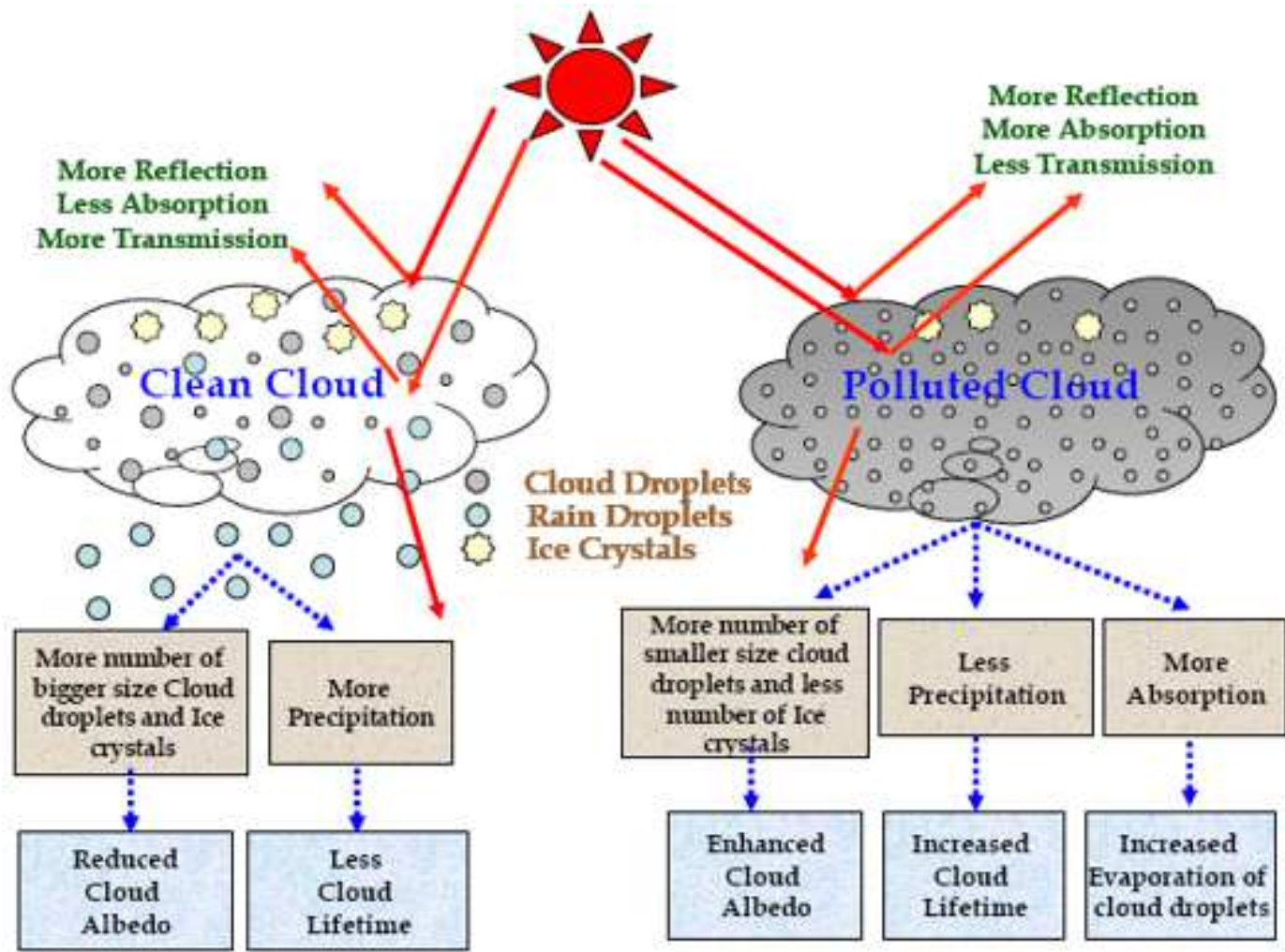
- kot kondenzacijsko jedro, ki izpade s padavinami
- z izpiranjem iz atmosfere (izperejo ga že formirane kapljice)
- kot suh depozit (gravitacija)

# AEROSOL

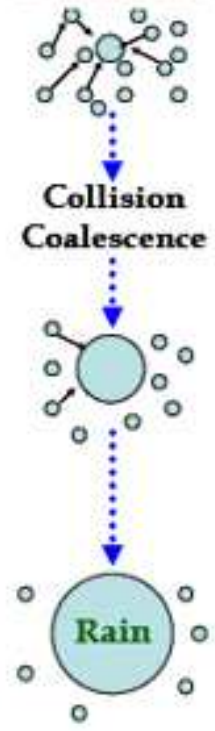
## **direktni in indirektni** vplivi na klimatske razmere

- **direktni vplivi:**  
spreminjanje prehoda KV in DV sevanja skozi atmosfero (povečanje absorbcije in sipanja)
- **indirektni vplivi :**  
spreminjanje mikrostrukture vodnih oblakov (povečanje števila kapljic, ki so manjše)  
spreminjanje optičnih lastnosti oblakov (povečan albedo, povečana absorbtivnost)

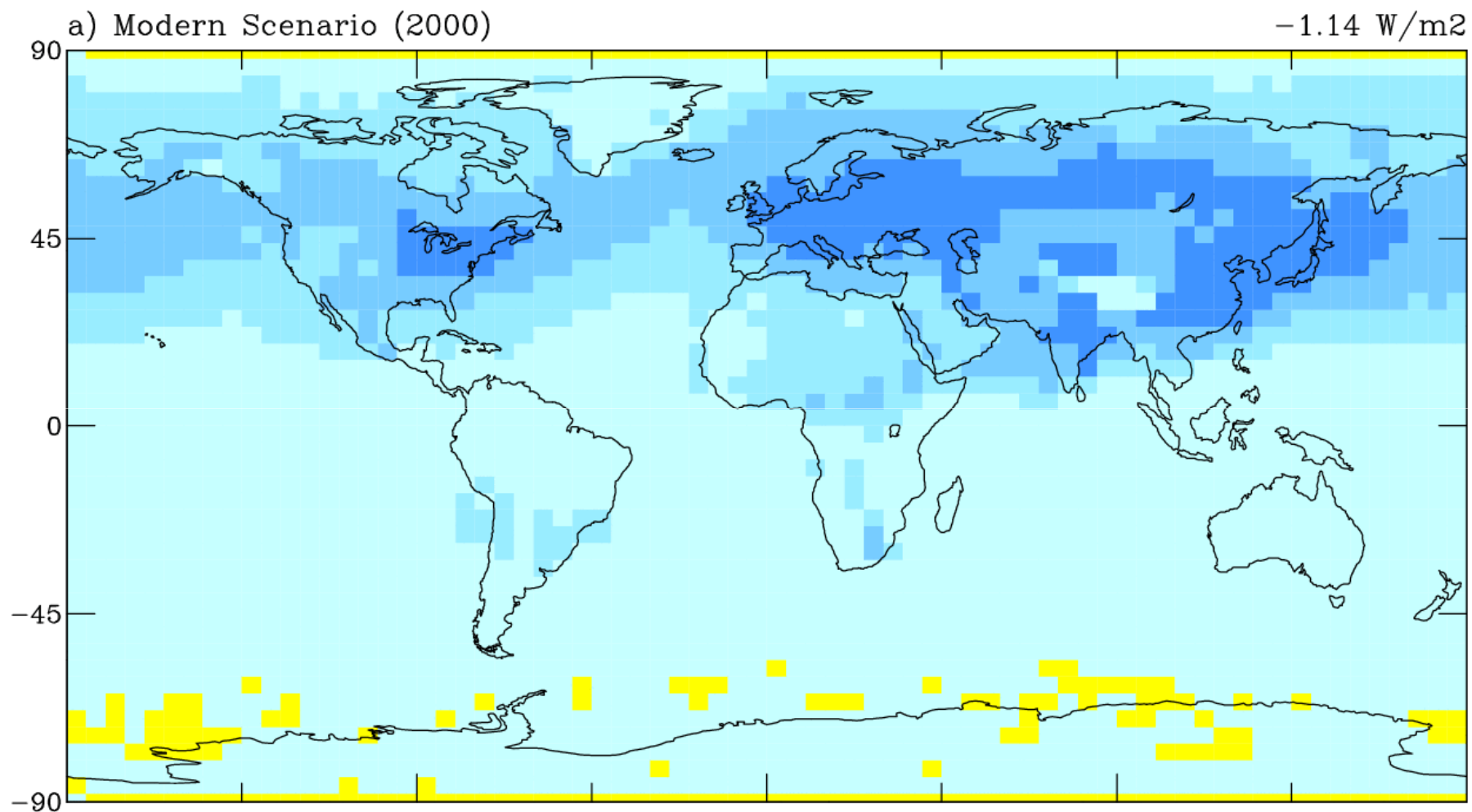




### Cloud Microphysical Processes



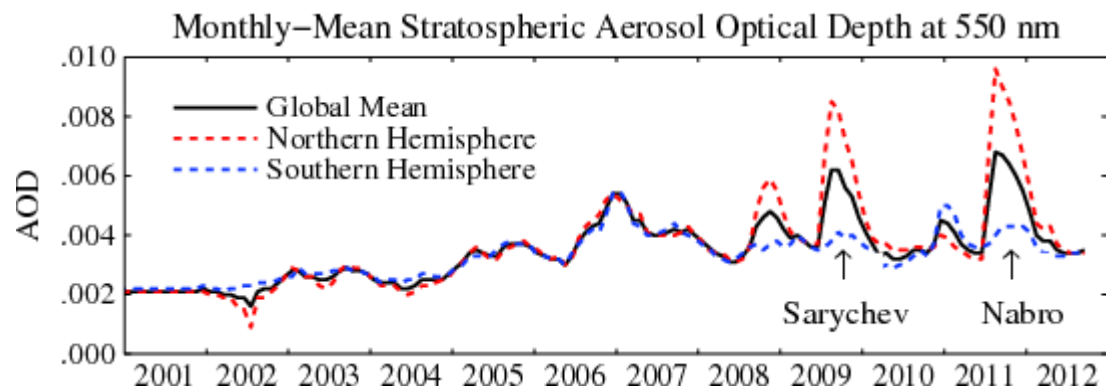
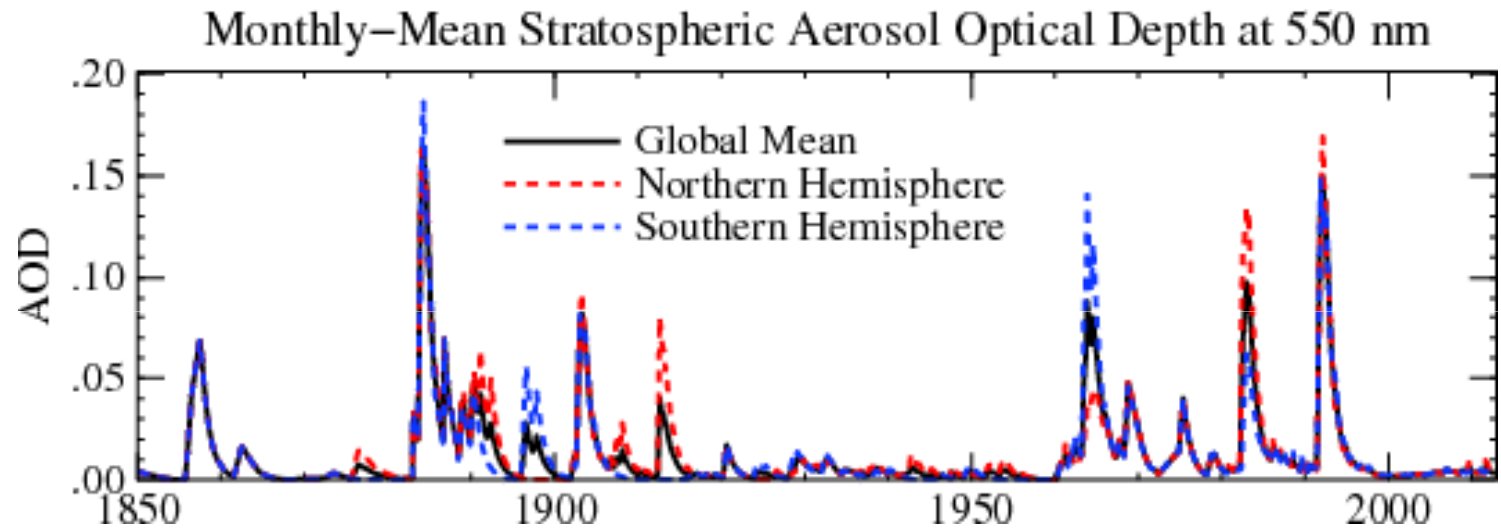
# Neposredni vpliv aerosola na sevalno bilanco danes



# VULKANIZEM

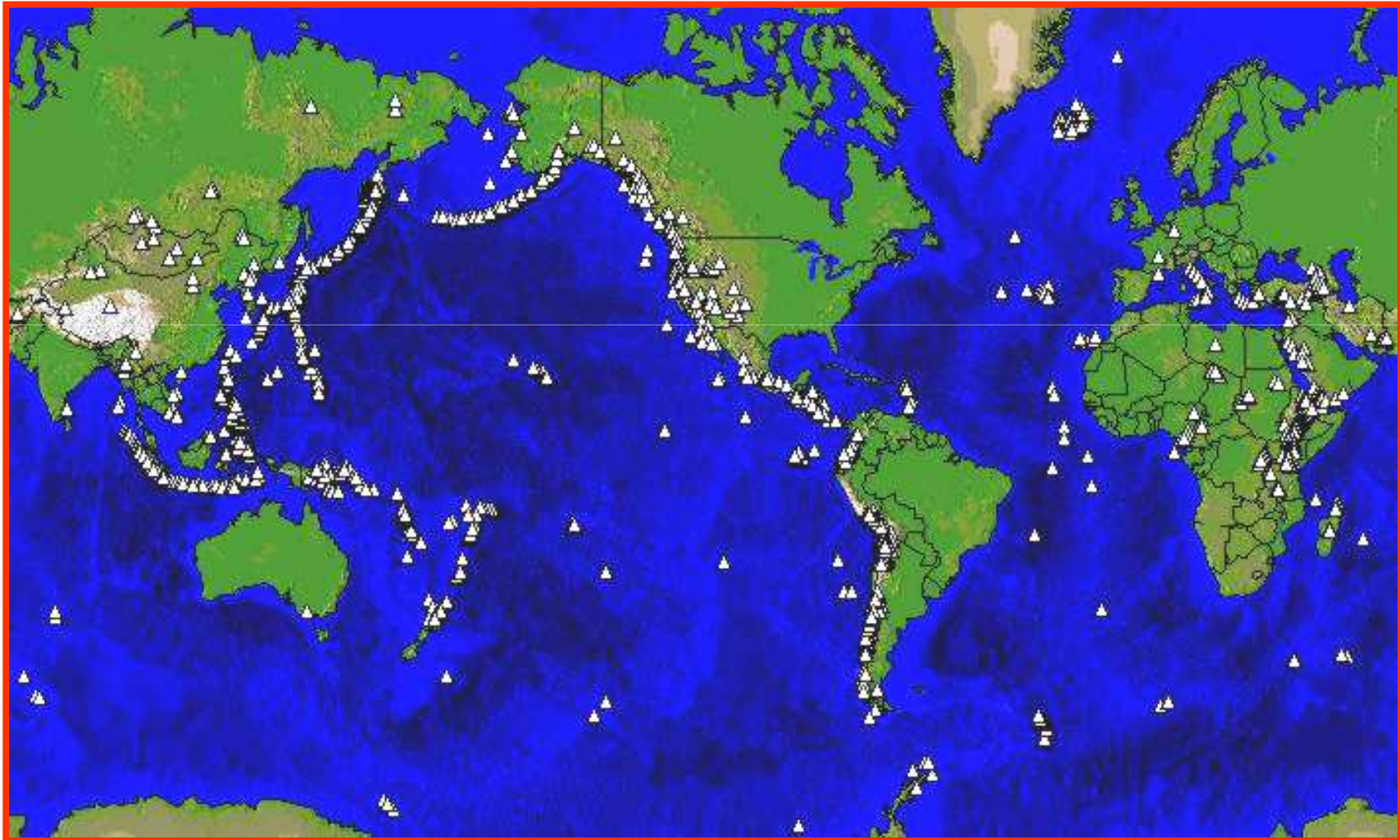
- Statistika s stališča klimatskih razmer
  - Povprečno vsakih 20 let: močan izbruh
  - Povprečno vsakih 100 let: izjemno močan izbruh
- Vulkanski aerosol: tekoč in trden
  - silikati,  $\text{H}_2\text{SO}_4/\text{H}_2\text{O}$  (70%/30%)
  - sulfati, nitrati, kloridi

# Aerosol v stratosferi





# Vulkanska karta





Santorini, 1628 BC



Etna, 44 BC



Lakagígar, 1783



Tambora, 1815



Toba, 71,000 BP

# Znameniti Vulkanski izbruhi



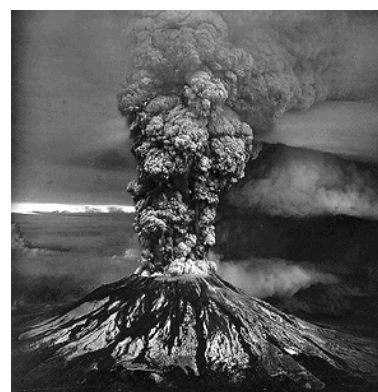
Krakatau, 1883



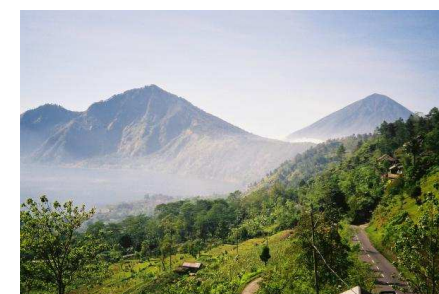
Pinatubo, 1991



El Chichón, 1982



Sv. Helena, 1980

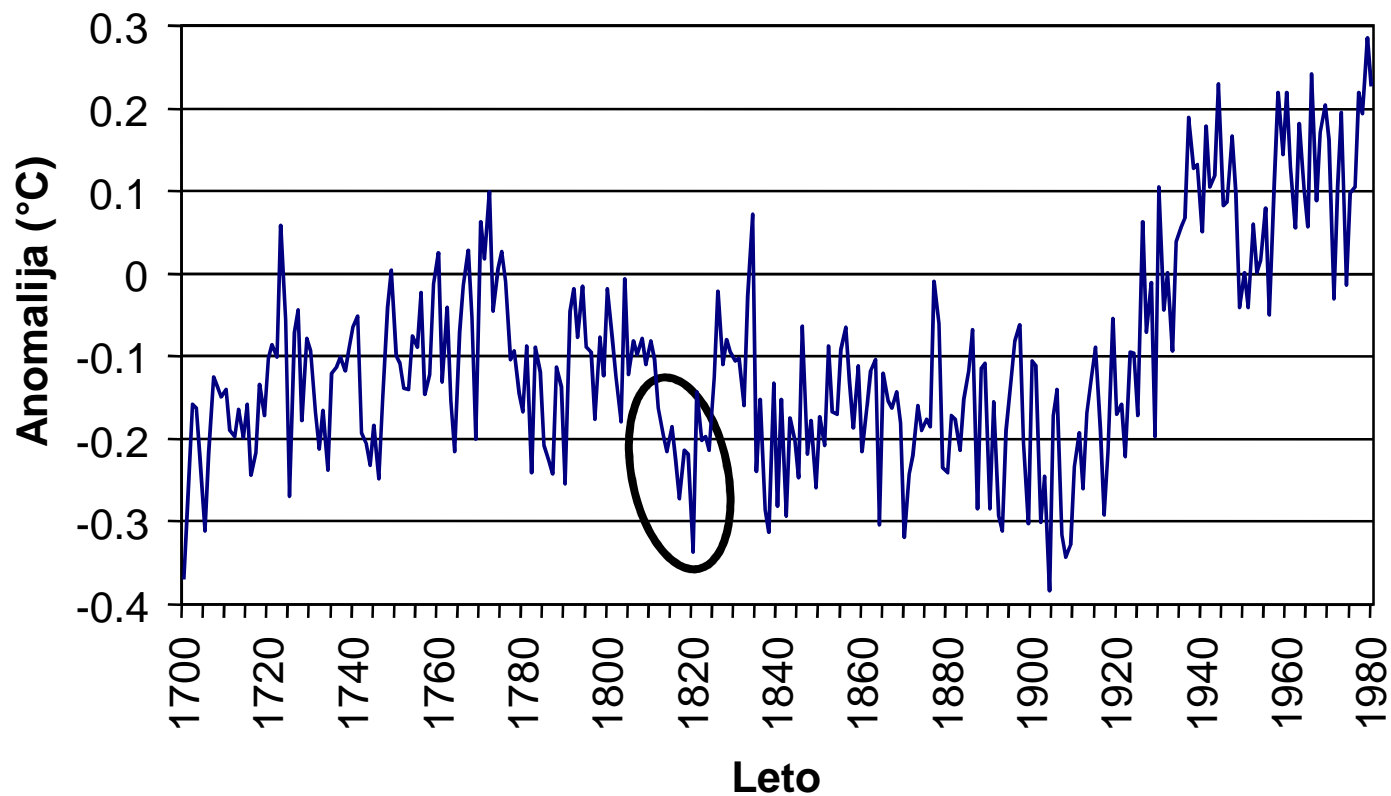


Agung, 1963

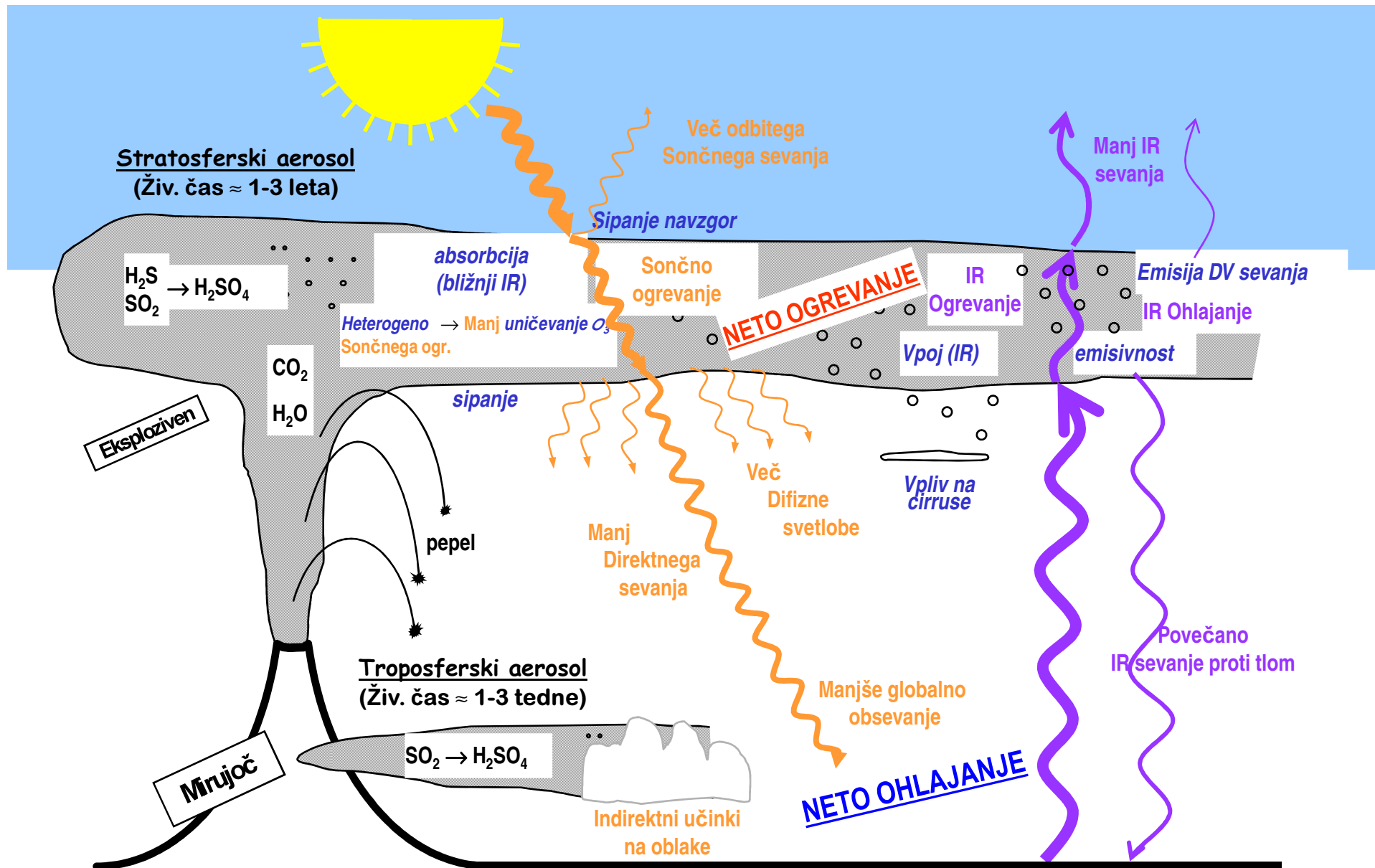


Tambora je l.1815  
v kombinaciji s predhodnim izbruhom neznanega vulkana 1809,  
povzročila "Leto brez poletja"-1816

### Rekonstrukcija globalne temperature pri tleh



Mann et al. (2000)





# Velikosti izbruhov

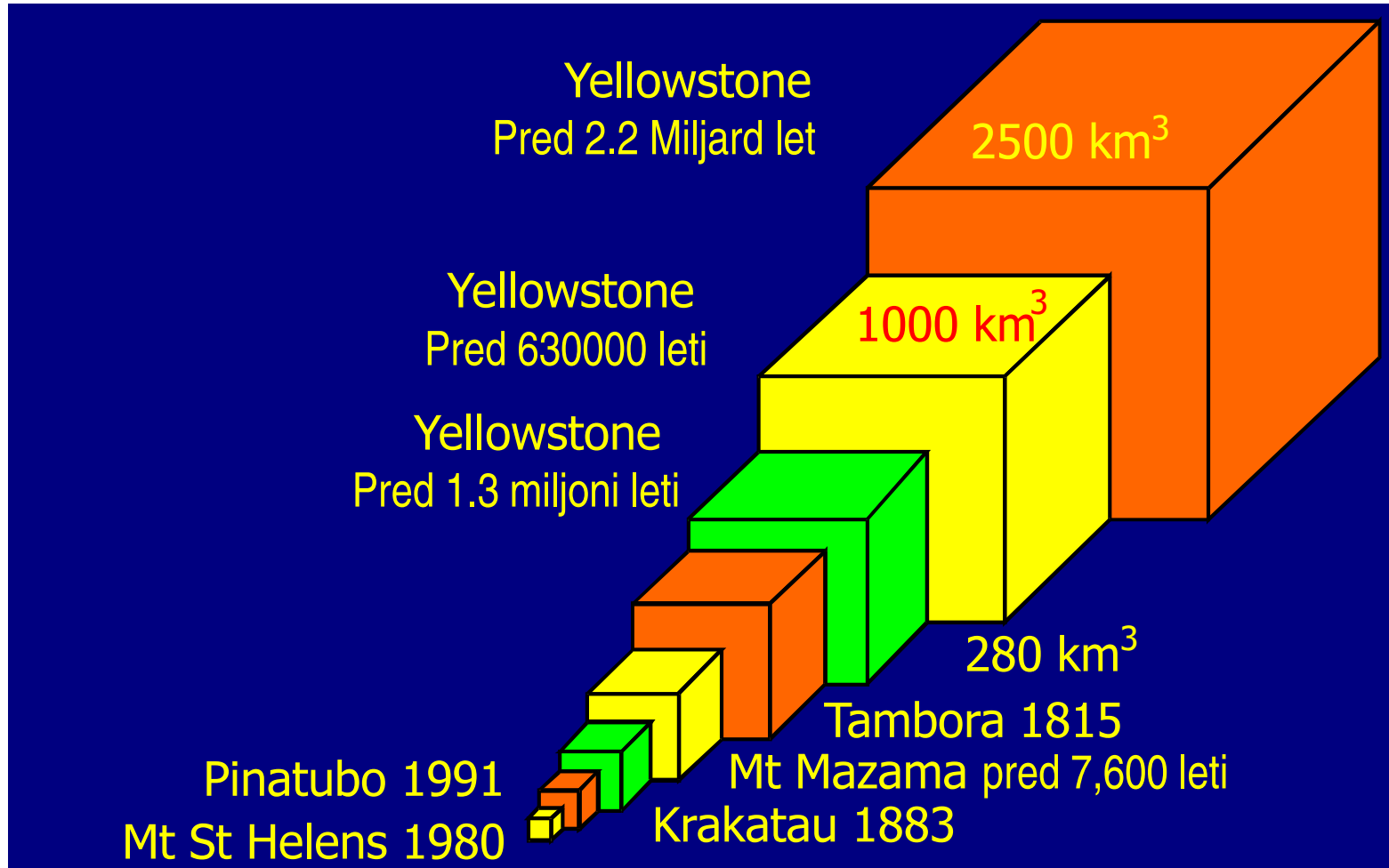
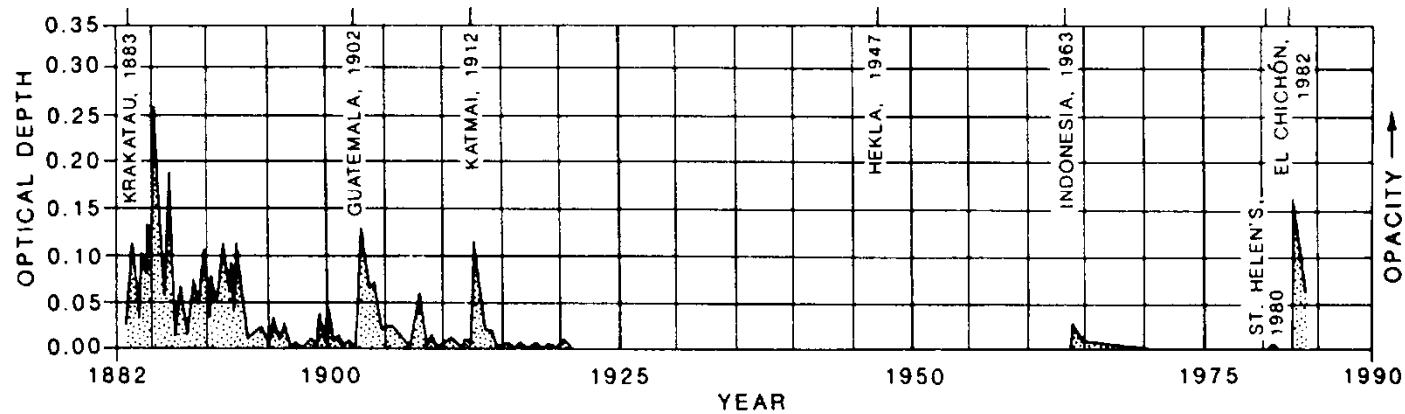
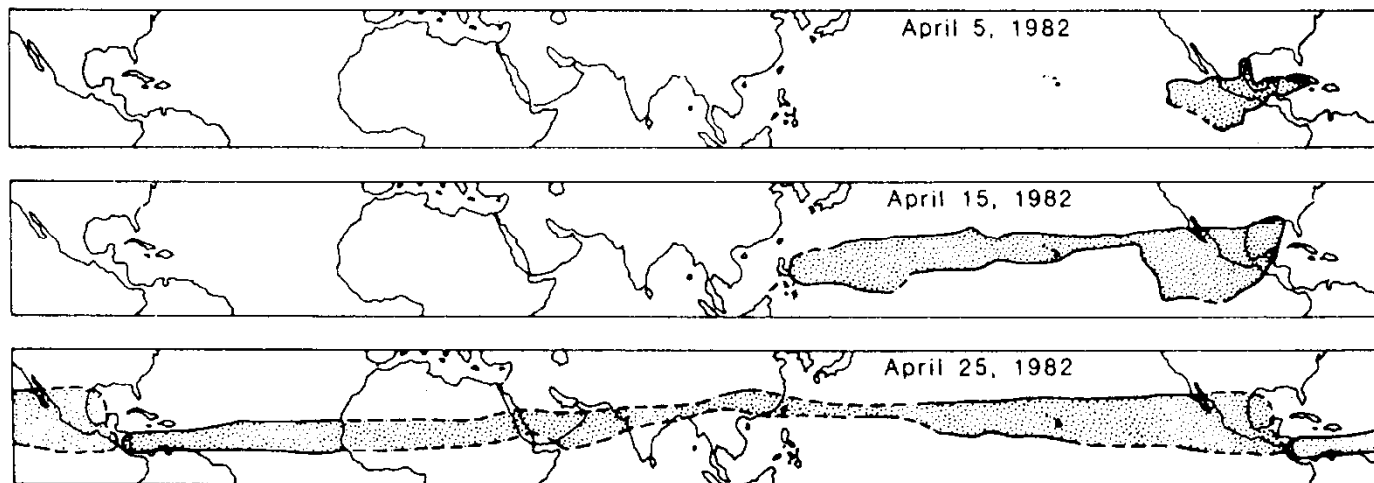


Figure 1.10 The average opacity of the stratosphere of the northern hemisphere during the past century measured from the intensity of sunlight and starlight. Some general correlation with major volcanic eruptions is indicated.



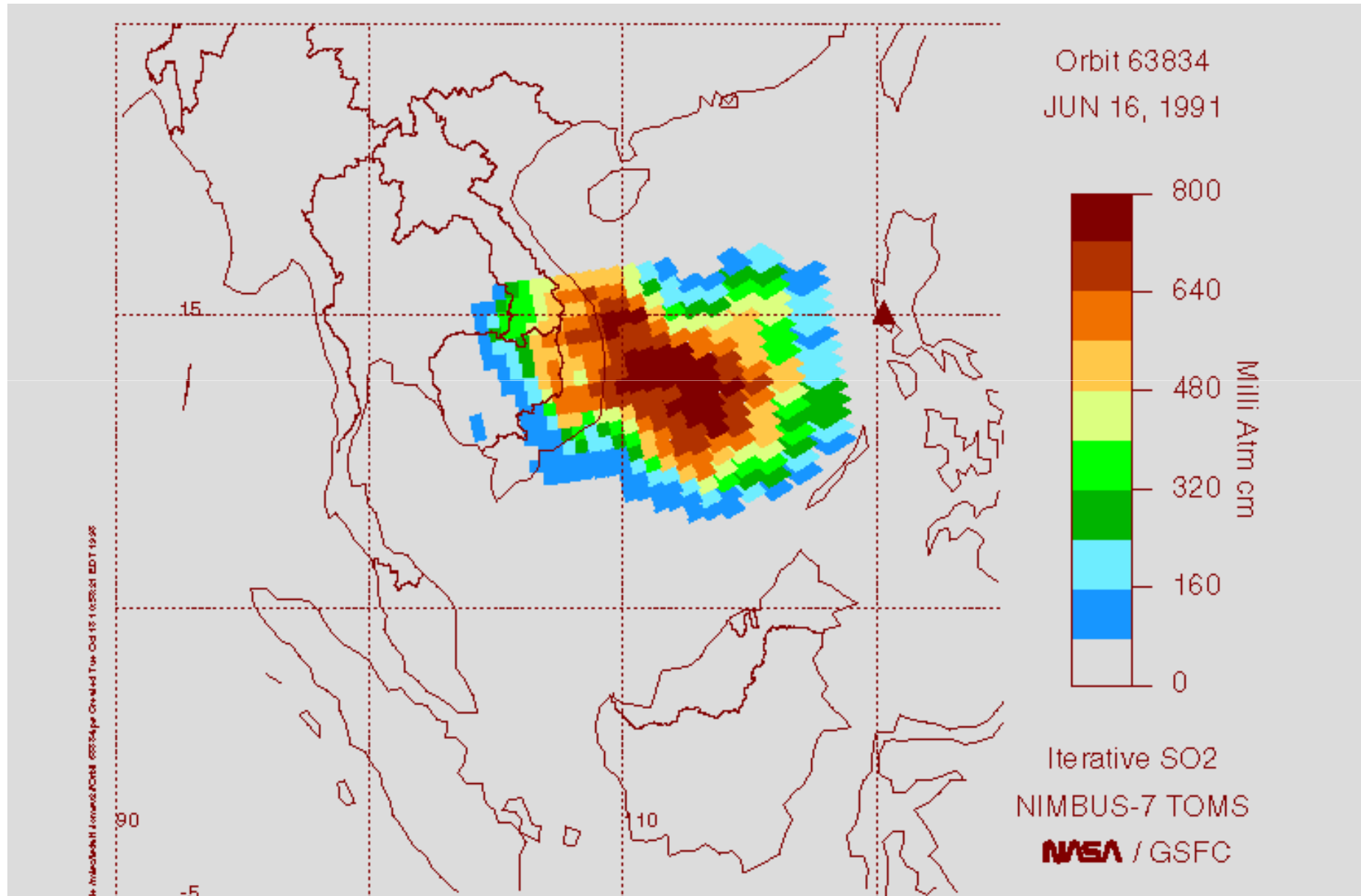
Source: From 'The atmospheric effects of El Chichón' by M. R. Rampino and S. Self (copyright © 1984 by Scientific American Inc. All rights reserved).

Figure 1.11 The spread of the volcanic dust cloud following the main eruption of the El Chichón volcano in Mexico on 3 April 1982. A strong zonal wind circulation carried the dust cloud at an average speed of  $20 \text{ m s}^{-1}$  (45 mph) so that it encircled the globe in less than three weeks.



Source: From 'The atmospheric effects of El Chichón' by M. R. Rampino and S. Self (copyright © 1984 by Scientific American Inc. All rights reserved).

# Pinatubo SO<sub>2</sub> aerosol

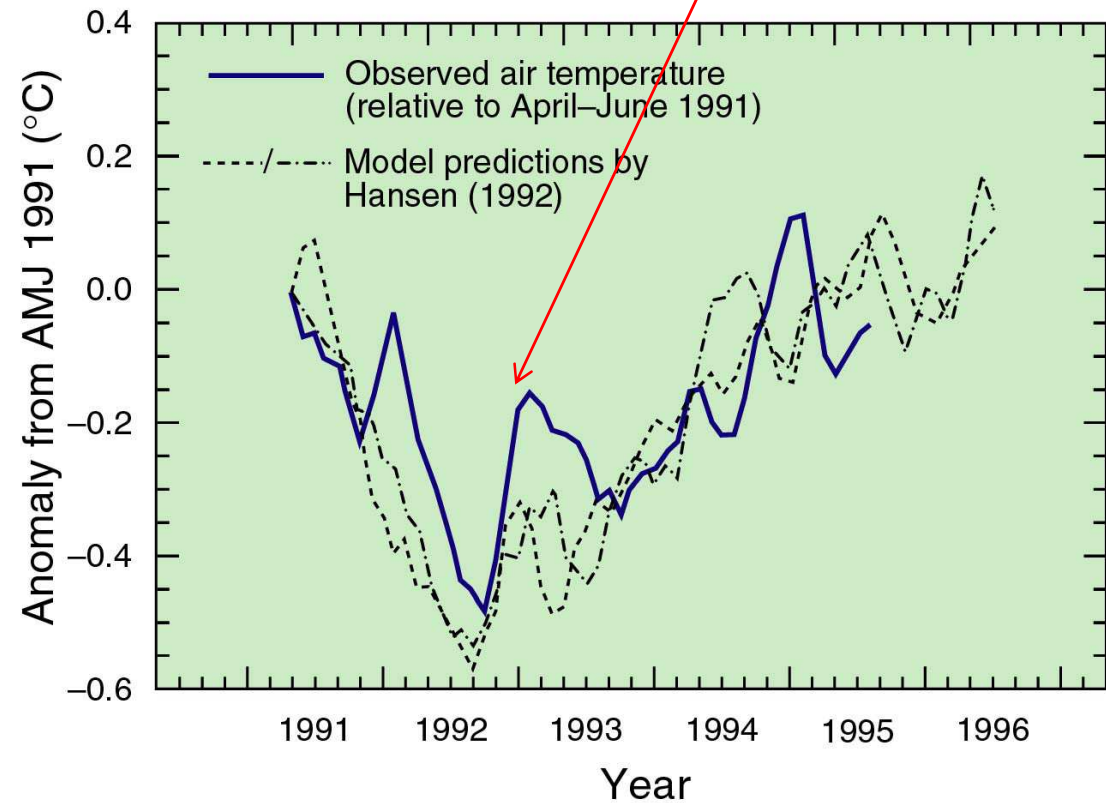


Pinatubo  
12. junij 1991

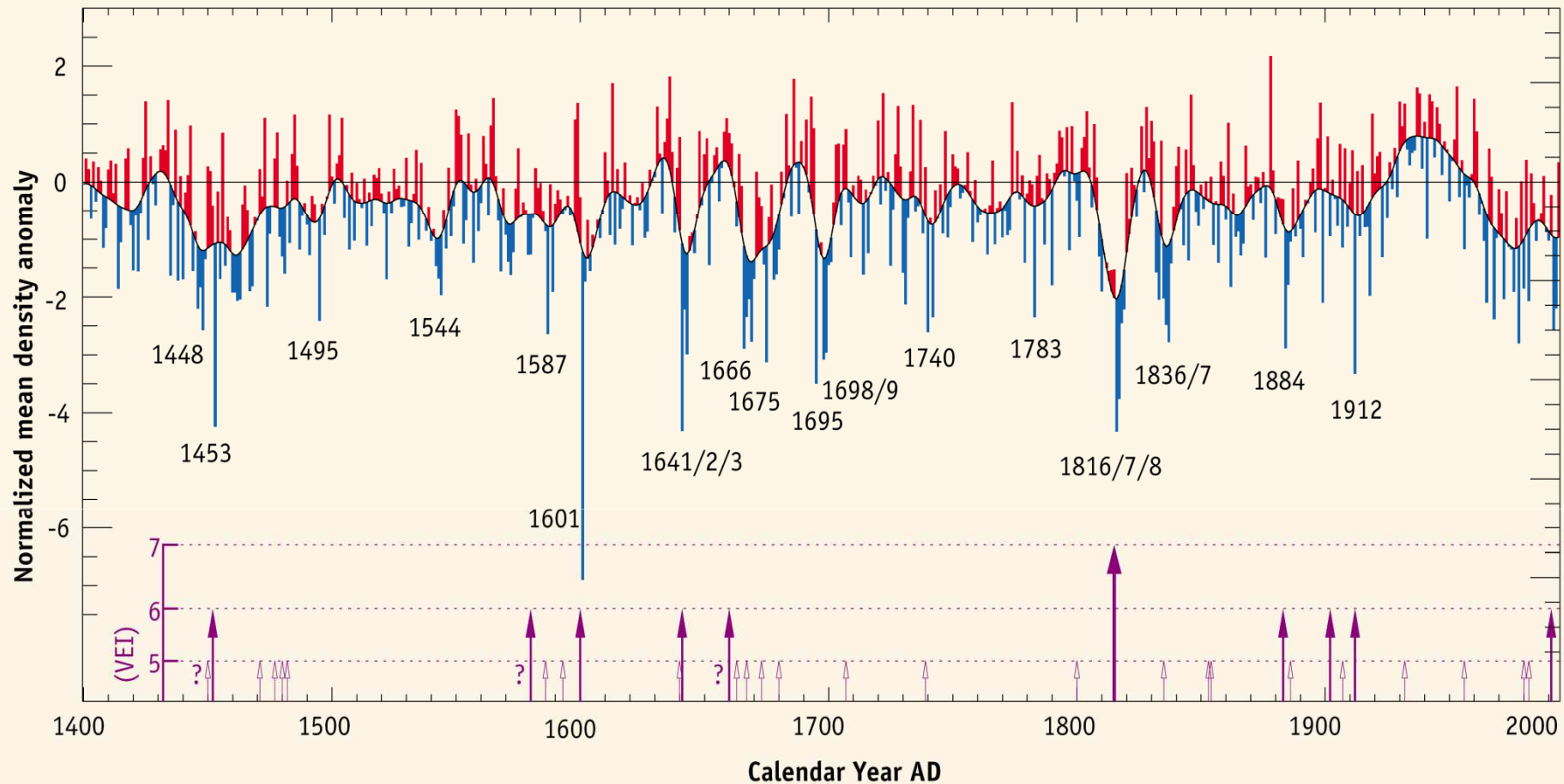
3 dni pred glavnim  
izbruhom 15.6.1991



## Vpliv izbruha Mt. Pinatubo na globalno temperaturo



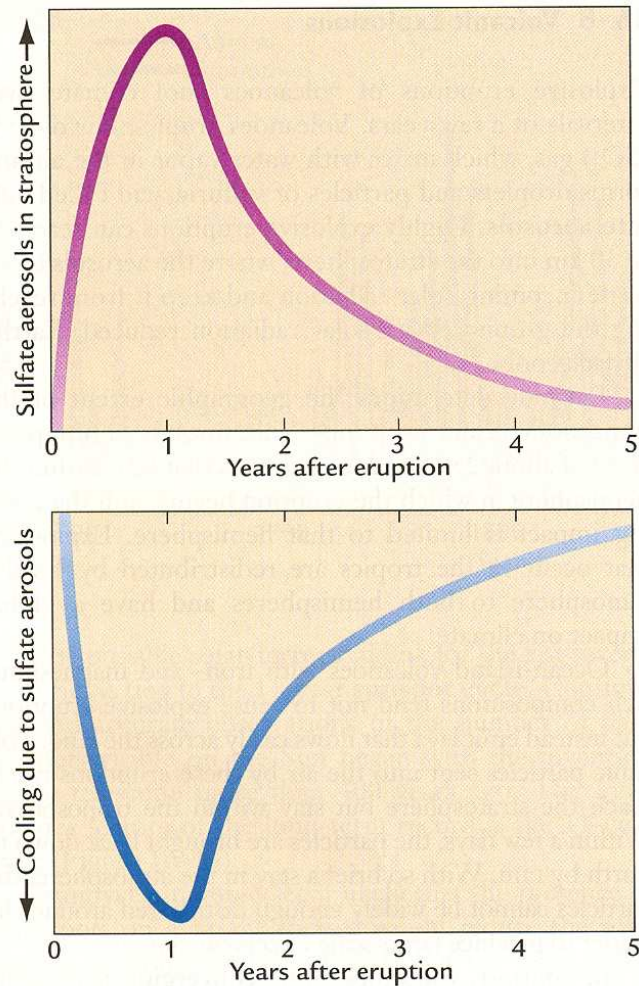
## Hemispheric coolings linked to volcanic eruptions



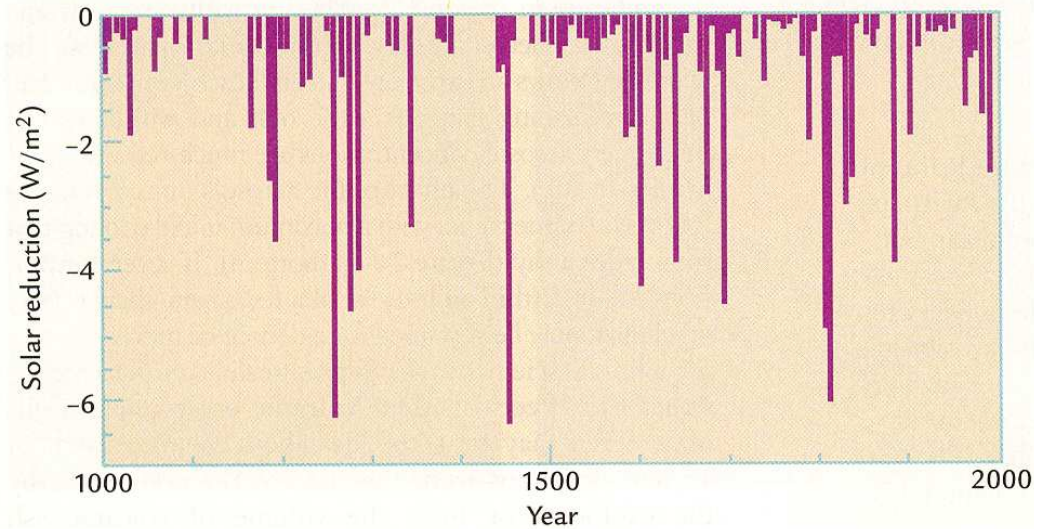
Over the last 600 years, all the known (and several, as yet unidentified) major volcanic eruptions are marked by changes in mean tree ring density (linked to lower spring/summer temperatures) for a set of records covering much of the boreal forest zone in the Northern hemisphere. The Volcanic Explosivity Index VEI is a rough measure of magnitude. Note that most events have an annual impact, but the impact of strong events, as in 1641 and 1816, lasted for several years.

source: Briffa et. al. (1998) *Nature*, 393, 450-455.





**FIGURE 16-15 Volcanic explosions and cooling** Large volcanic eruptions (top) launch sulfate aerosols into the stratosphere and (bottom) cool climate for a few years. (Adapted from R. S. Bradley, “The Explosive Volcanic Eruption Signal in Northern Hemisphere Continental Temperature Records,” *Climate Change* 12 [1988]: 221–43.)



**FIGURE 16-16 Volcanic explosions and solar radiation** An estimate of the history of volcanic explosions during the last millennium shows their decadal-scale (and longer) effect in reducing the intensity of incoming solar radiation. (Adapted from T. Crowley, et al., “Modeling Ocean Heat Content Changes During the Last Millennium,” *Geophysical Research Letters* 30 [2003]: GL017801).