

Klimatologija 2012/2013

Prof. Lučka Kajfež-Bogataj

Lucka.kajfez.bogataj@bf.uni-lj.si

Biotehniška fakulteta

Jamnikarjeva 101, Ljubljana

Direktno (01) 3203208

Izjemoma tudi

041 32 64 02



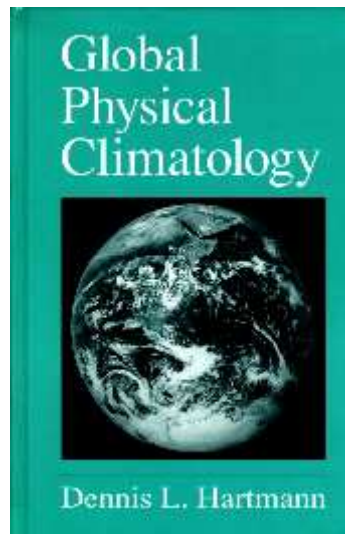
Klimatologija

- **Uvod v klimatski sistem (KS).** Stanje in spremembe KS. Karakteristične dimenzije prostora in časa. Klimatski dejavniki. Notranja in zunanja spremenljivost KS. Povratne zanke v KS in stabilnost KS. Cikli v KS: vodni cikel, cikel C,N, P. Vulkanizem.
- **Energijske bilance in sevanje v ozračju.** Emisija, absorpcija, sipanje, transmisivnost. Sevalnost in gostota energijskega toka sevanja. Sevanje Sonca, prehod sončnega sevanja skozi ozračje. Infrardeče (IR) sevanje tal in ozračja, prehod IR sevanja skozi ozračje. Sevalna bilanca Zemlje in dela zemeljskega površja. Naravna topla greda in antropogeno spremenjen učinek tople grede.
- **Zgodovina in razvoj podnebja na Zemlji.** Paleoklimatološki viri informacij in rekonstrukcije podnebja. Proxy podatki. Podnebje v času meteoroloških meritev.
- **Človekov vpliv na KS.** Antropogeno spreminjanje lastnosti zemeljskega površja in sestave atmosfere. Povečan učinek tople grede. Zmanjševanje ozona v stratosferi. Emisije in kemizem TGP.
- **Klima urbanih območij.** Spremembe klimatoloških spremenljivk v mestu. Okoljski problemi v mestih.
- **Klimatografija in aplikativna klimatologija** Klimatografija sveta, Evrope in Slovenije. Tehnična klimatologija, bioklimatologija, klima mesta in zaprtih prostorov. Klimatologija ekstremnih vremenskih dogodkov.

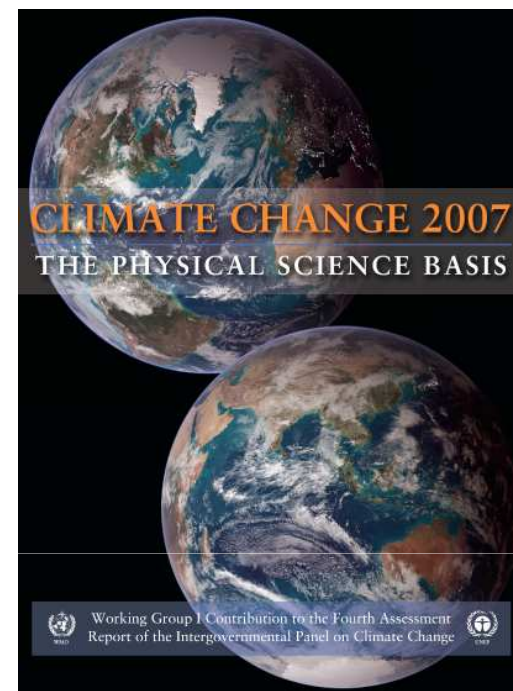
KLIMATOLOGIJA 1

- Učbenik:

Global Physical Climatology



- Publikacija:
Change 2007: The Physical
Science Basis
11 pogl., 940 s.



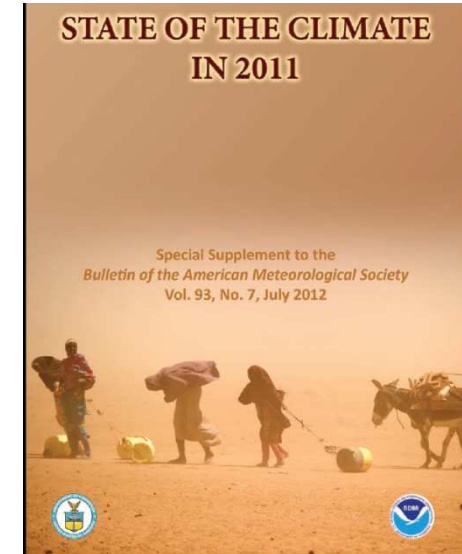
- Rakovec in Vrhovec, 1998. Osnove meteorologije za naravoslovce in tehnike. DMFA Slovenije, **poglavje 9 Fizikalne osnove klima**
- Hočevar in Petkovšek, 1988. Meteorologija. Partizanska knjiga. Ljubljana, 219 s
poglavje 11 Klimatologija

KLIMATOLOGIJA

- <http://www.ncdc.noaa.gov/bams-state-of-the-climate/2011.php>.

Klima Slovenije

http://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/text/sl/publications/podnebne_razmere_v_sloveniji_71_00.pdf



http://www.wmo.int/pages/themes/climate/index_en.php#

The image is a screenshot of the World Meteorological Organization (WMO) website. The header includes the WMO logo and the text "World Meteorological Organization Weather • Climate • Water". A navigation bar contains links for HOME, CONTACT US, LIST OF TOPICS, LINKS, CLIMATE STATISTICS, PAGE, and ACCESSIBILITY. A sidebar on the left lists various site sections like "About us", "Governance", "Members", "Media centre", "Programmes", "GFCs", "Meetings", "Publications", "Library", "Learning", "Publishing tools", "Partnership", "Themes", "Vacancies", "Visitors' info", and "Youth corner". The main content area is titled "Climate" and includes a brief description: "Climate is a natural resource vital to our well-being, health and prosperity. The information gathered, managed and analysed under the coordination of WMO by the NMHSs, in collaboration with other regional and international organizations and programmes, helps decision-makers and users plan and adapt their activities and projects to expected conditions. In this way, decisions may be taken in planning which reduce risks and optimize socio-economic benefits." Below this text is a grid of nine climate-related topics, each with a representative image: "Climate System" (satellite view of Earth), "Climate Data and Monitoring" (weather instrument), "Climate Prediction" (lightning), "Climate Change" (people in a field), "Climate Research" (globe with temperature map), "Climate Services" (barrel), "Climate Applications" (solar panels), "Climate Risk Management" (industrial facility), and "International Collaborations" (people in a meeting). At the bottom of the grid are two more items: "World Climate Programme" (green leaves) and "Commission for Climatology" (group of people). A "Related items" sidebar on the right lists various climate-related topics such as "Climate System", "Climate Data and Monitoring", "Climate Prediction and Outlook", "Climate Change", "Climate Research", "Climate Services", "Climate Applications", "Climate Risk Management", "International Collaborations and Partnerships on Climate Change", "World Climate Programme", and "Commission for Climatology".

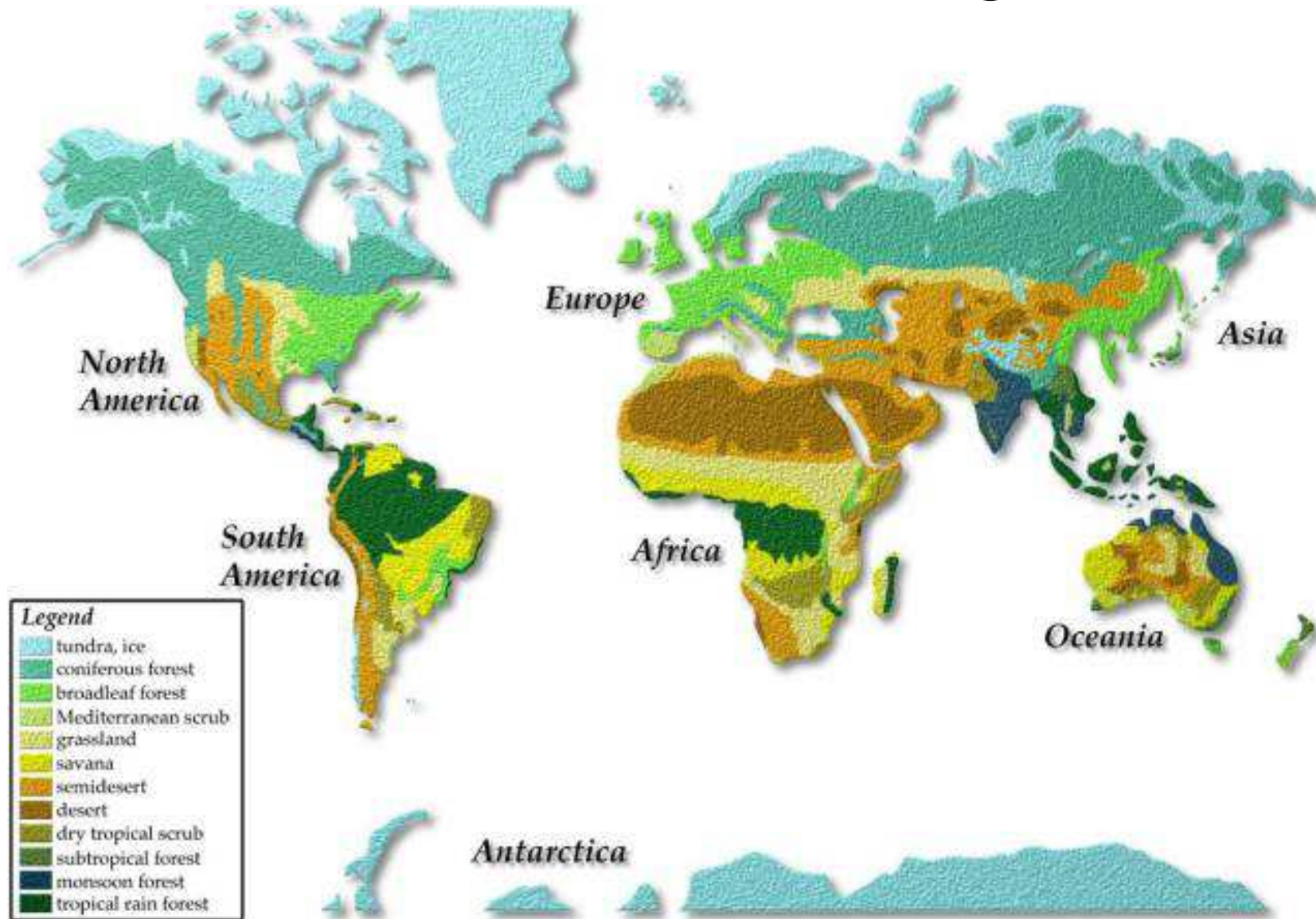
PREGLJED uvodnega predavanja

- Zakaj je znanje klimatologije pomembno
- Odnos vreme: klima (prostorske, časovne dimenzije)
- Zgodovina in razvoj klimatologije
- Definicije klime
- Delitev klimatologije na področja (veje klimatologije)
- Klimatski sistem (A-O-K)
- Vrste oscilacij sistema
- Karakteristični časi in dimenzije

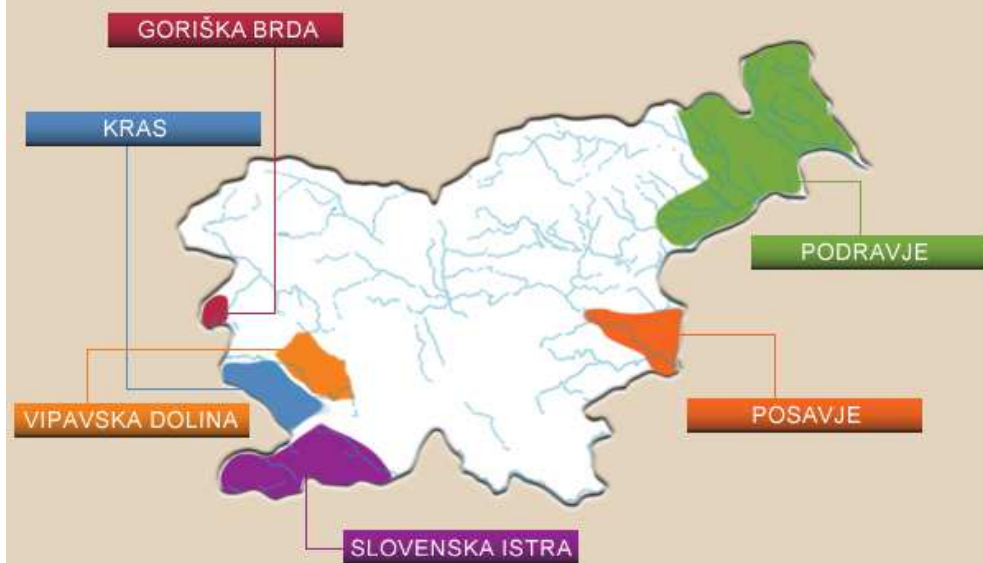
Zakaj je znanje klimatologije pomembno?

Zato, ker je podnebje odločilno vpliva na naše življenje in na okolje v katerem živimo.

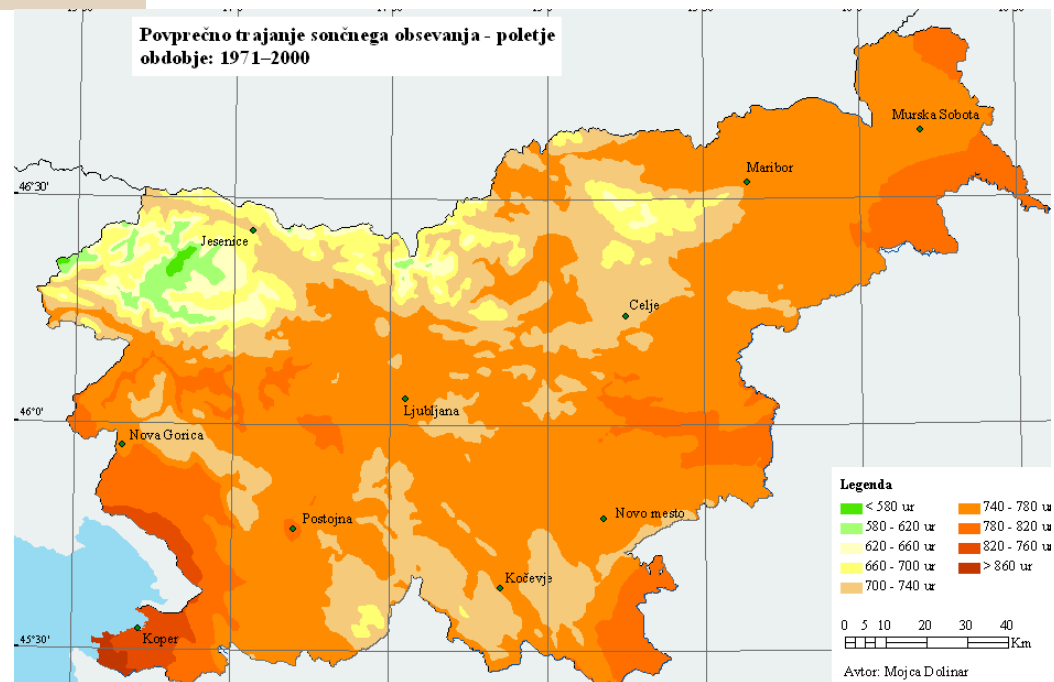
Podnebje vpliva na vegetacijo



SPOZNAJTE NAŠE REGIJE



Vinorodne pokrajine



Podnebje vpliva na arhitekturo



VROČE VLAŽNO



ZMerno



Vročesuh

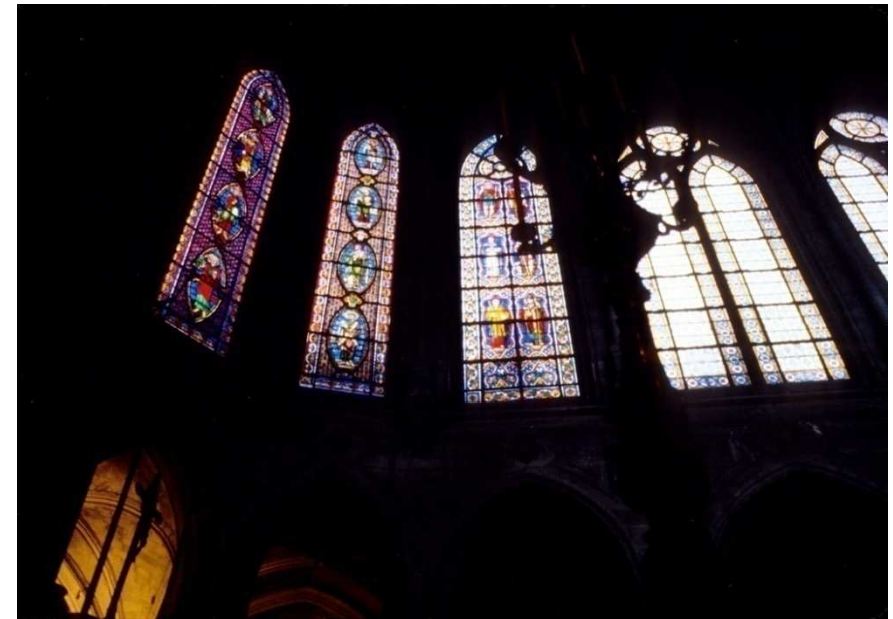


Mrzlo

Katedrale za hladno podnebje



Notre Dame Cathedral, Paris



Buttressing systems in stone allowed for the enlargement of glazing systems that were once hindered by the limitations of the wall – giving more light and heat to the interior of cold, draughty cathedrals.

Katedrale v toplém podnebnju

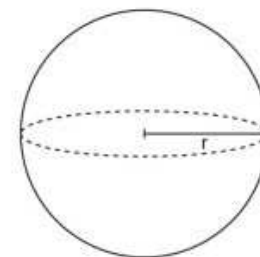
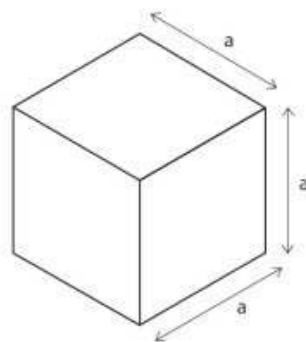


Santa Maria del Fiore, Florence



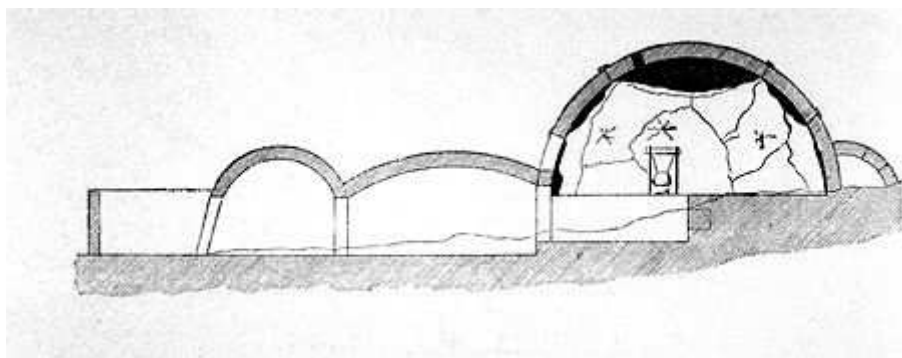
Gothic cathedrals in hot climates did not use buttress systems to increase their window areas as they did not want more windows to allow heat into the buildings.

KLIMA Polarne razmere



SAME VOLUME $V_1 = V_2$
DIFFERENT SURFACE AREA 125% $S_1 = S_2$

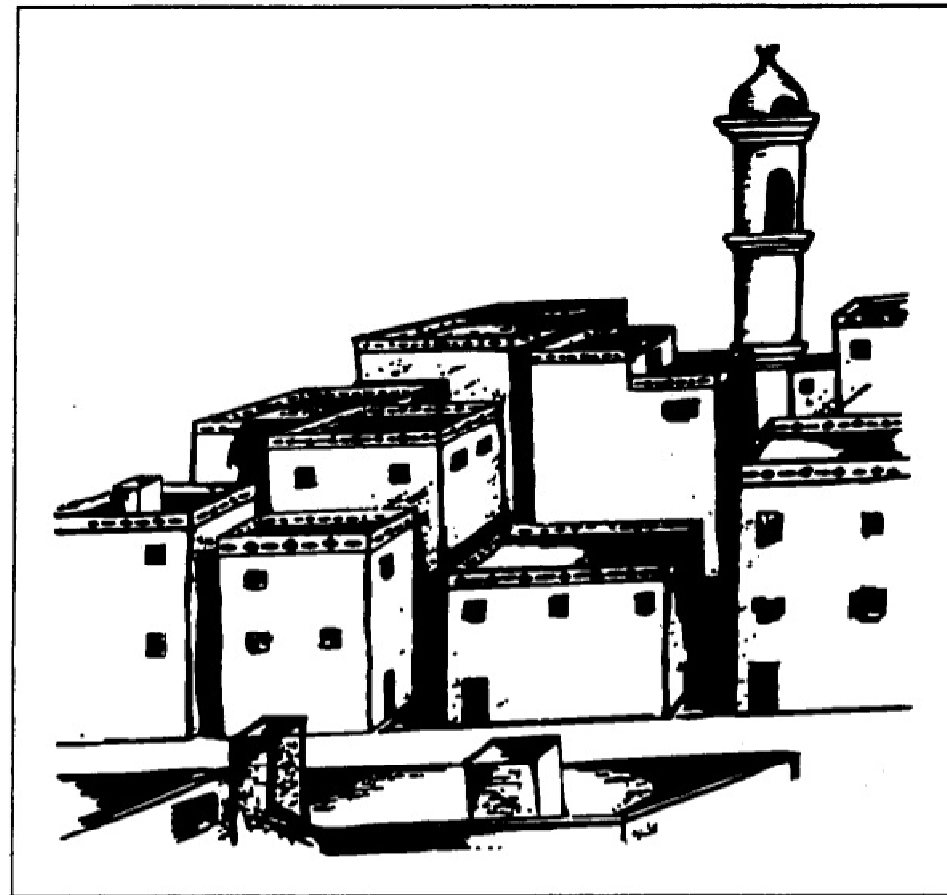
Razmerje **površina:volumen** krogle je mnogo manjše pri krogli, kot pri kocki



KLIMA Vroče puščave

Hiše z

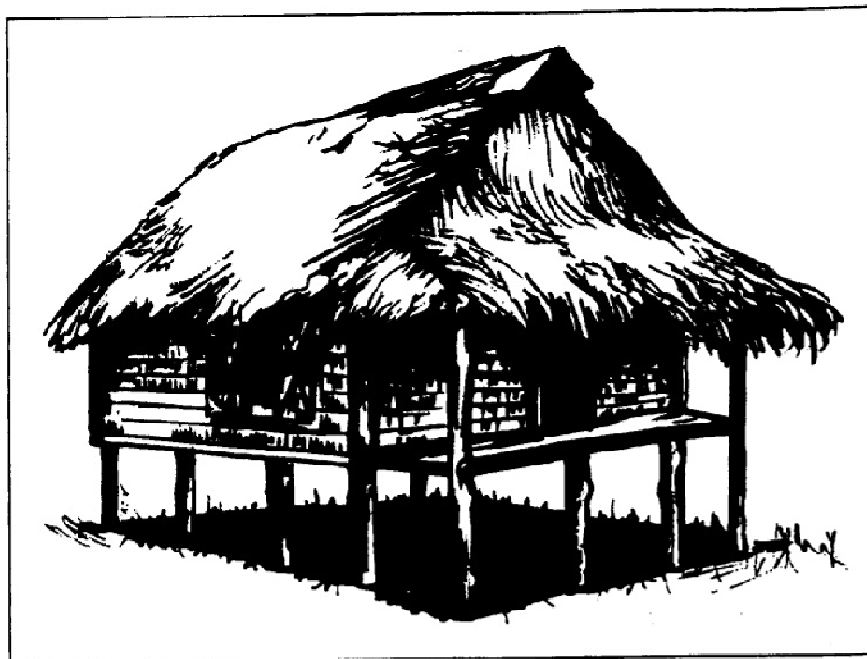
- debelimi zidovi
- majhnimi okni
- hiše tesno skupaj



KLIMA Vroča vlažna podnebja

Hiše z

- Prepustnimi stenami
- Vodoodporno streho
- Dvignjene od tal
- Materiali z majhno toplotno kapaciteto



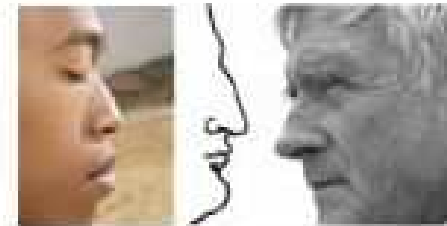
Določa podnebje tudi obliko naših nosov?



Greek



Nubian



Roman



Snub

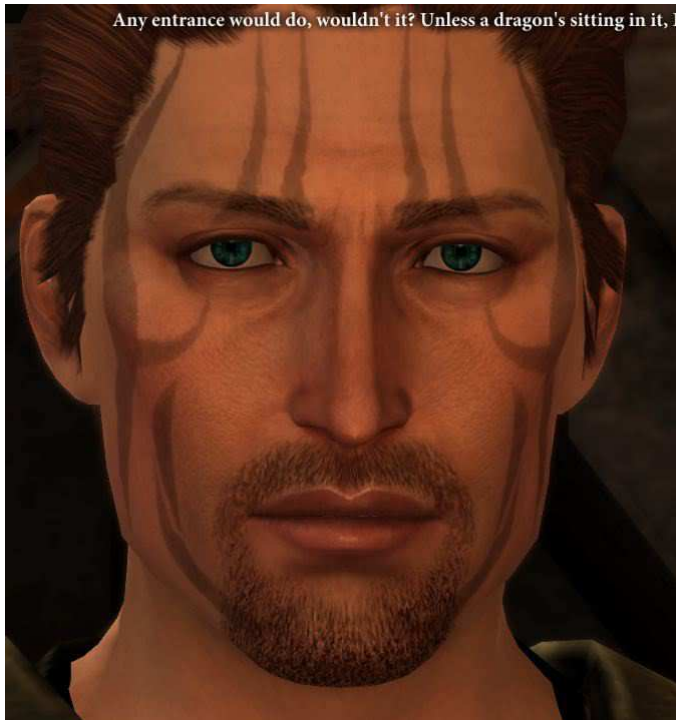


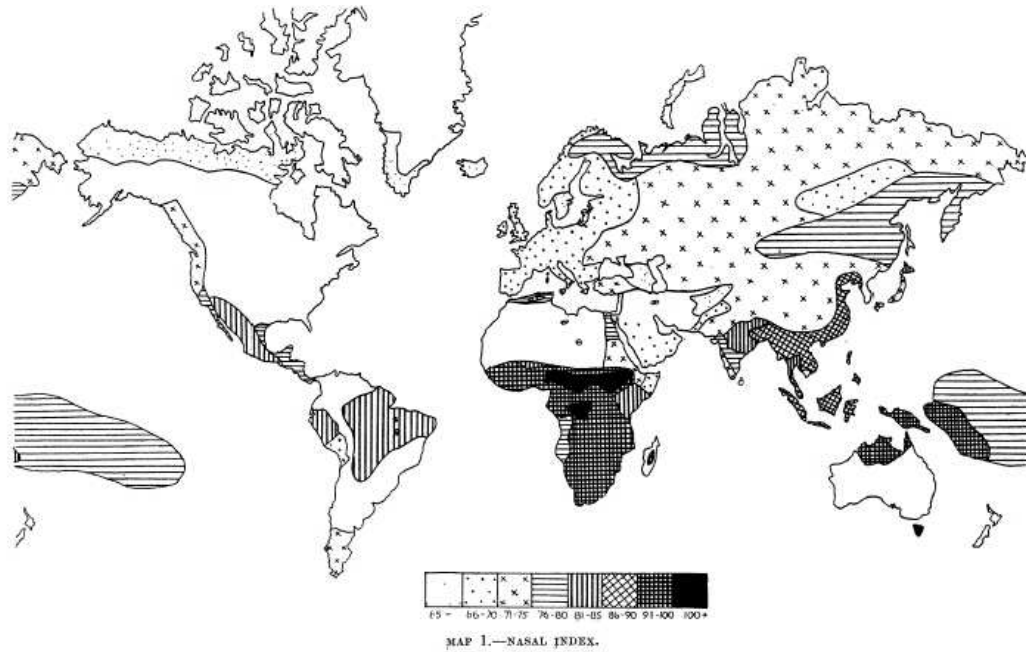
Turn-up



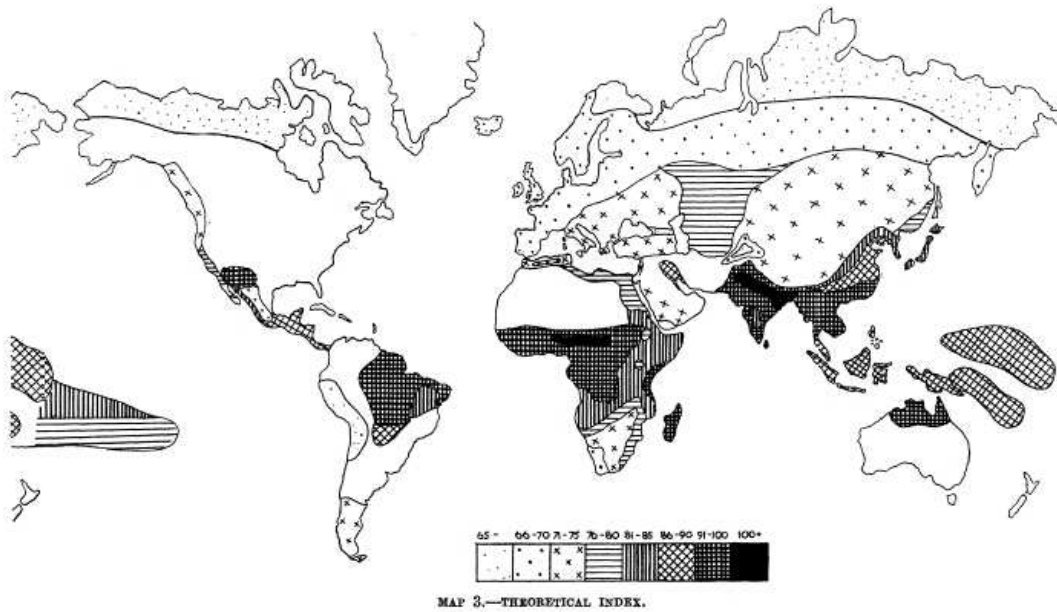
Hawk

Določa podnebje tudi obliko naših nosov?





A. DAVIES.—A Re-Survey of the Morphology of the Nose in Relation to Climate.



A. DAVIES.—A Re-survey of the Morphology of the Nose in Relation to Climate.

Daviesov (1923,
1929 in 1932)

„nosni ideks“

izpeljan na osnovi
podatkov o
temperaturi in vlagi.

Temna plat

Podnebje in predsodki/rasizem

Aristotel, *Politika*

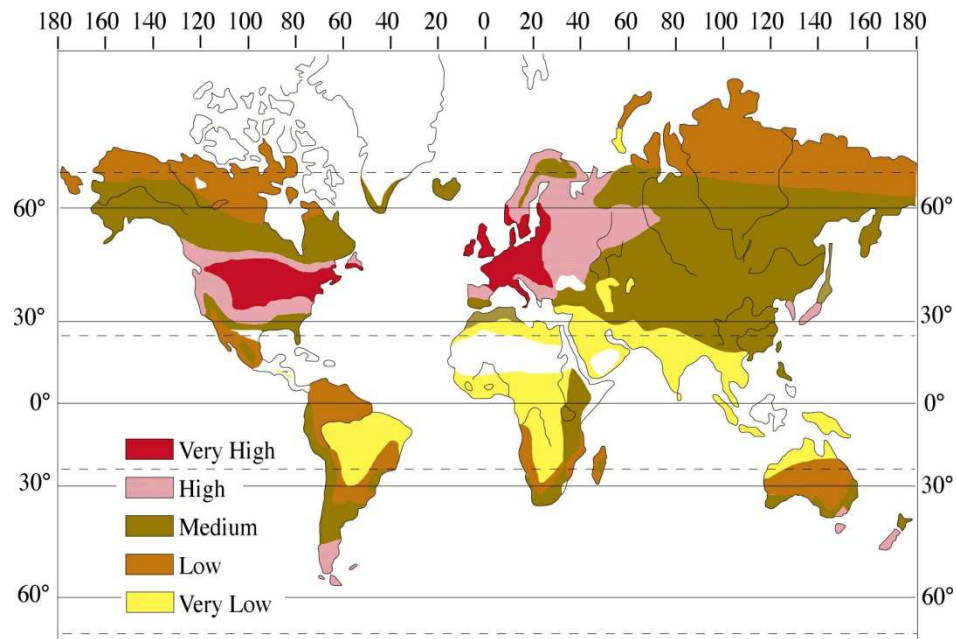
Europejci, ki živijo v hladnih območjih imajo močno voljo (duha), ampak premalo spretnosti in inteligence.

Primanjkuje jim sposobnosti politične organizacije in inteligence in ne morejo voditi drugih.

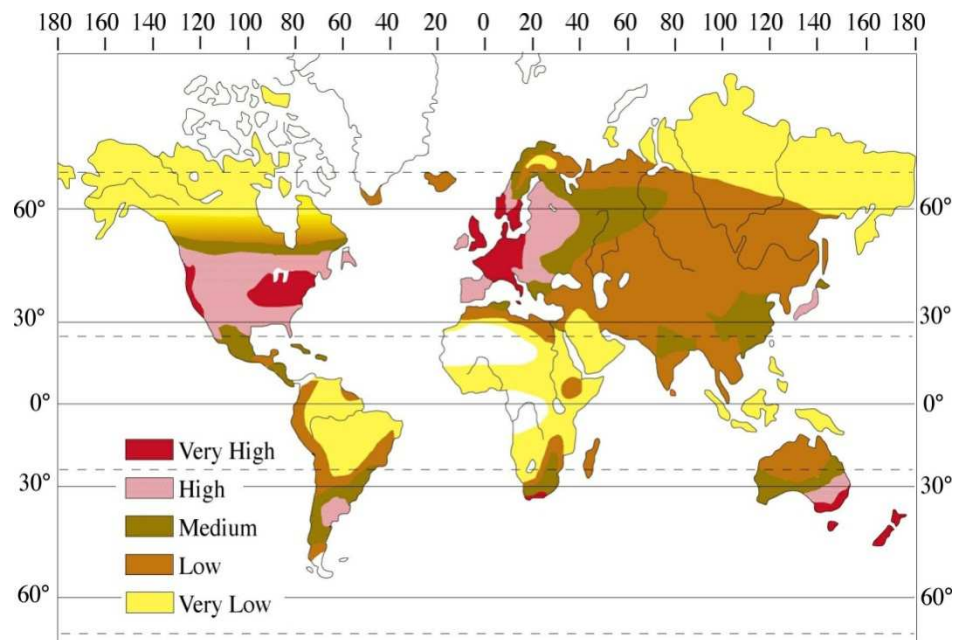
Veliko Azijcev živi v območjih, ki so prevroča. So inteligentni in iznajdljivi, ampak so servilni in nimajo močnega duha.

Grki živijo v zmernem klimatskem pasu Zemlje – na sredini med ekstremnim mrazom in vročino — in zato uživajo prednosti obeh podnebij. Zato so tako močnega duha, kot inteligentni.

(po Aristotlu bi lahko Grki ustvarili univerzalno civilizacijo, če bi le bili enotni!..... *in če ne bi bilo finančne krize*)



Karta „mentalne energije“ pogojena s podnebnimi razmerami



Distribucija civilizacij v letu 1916, po mnenju strokovnjakov.

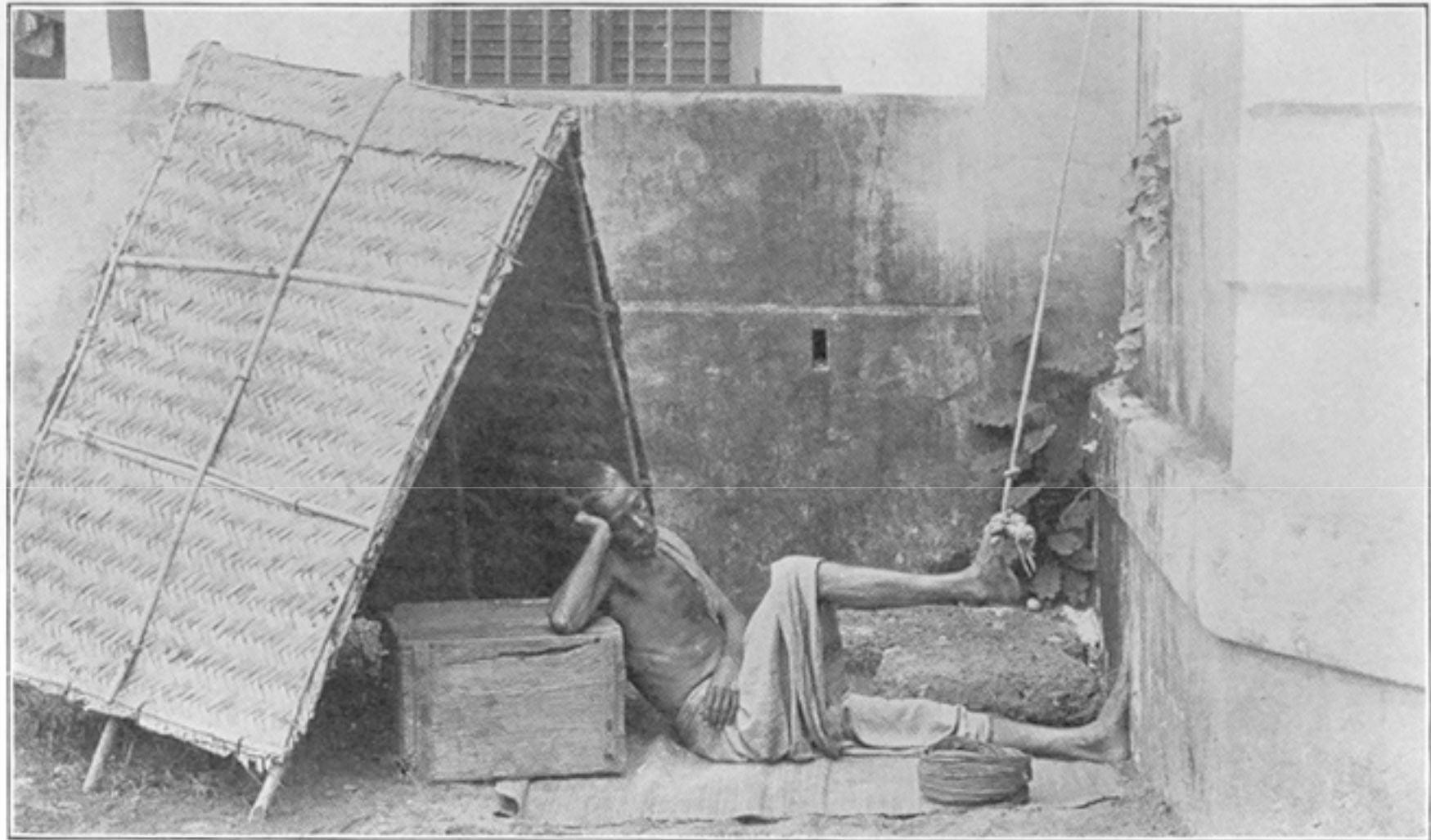
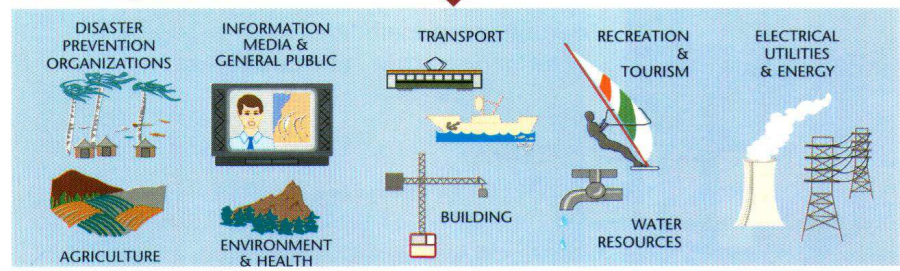
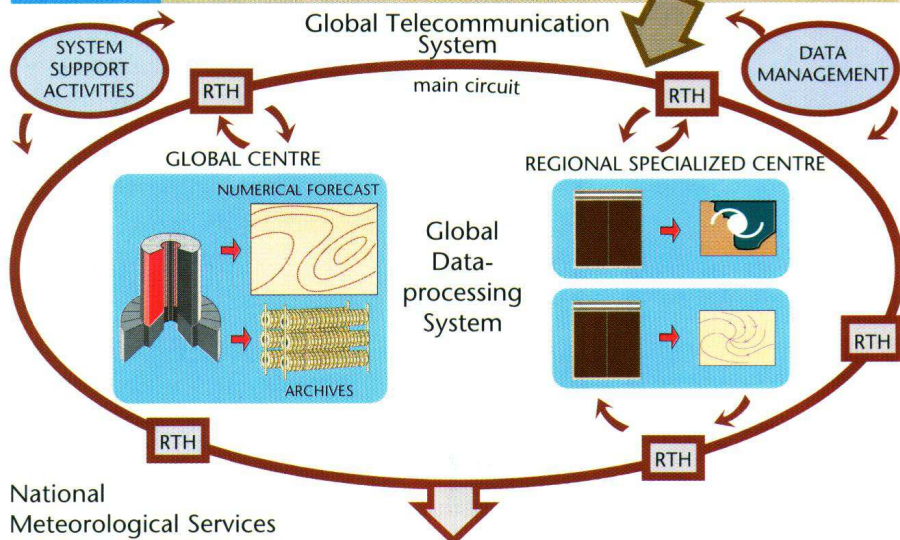
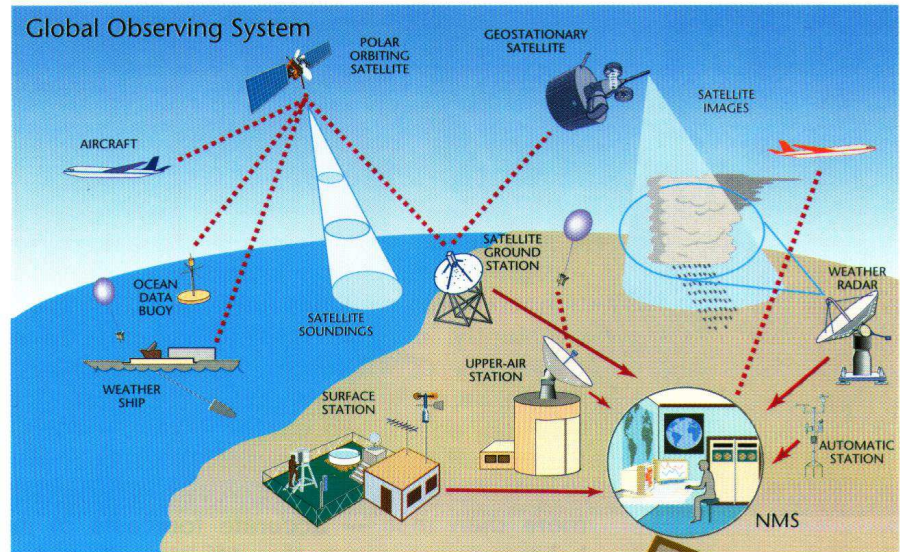


PLATE XVIII. ANAEMIC INDIAN COOLIE TRYING TO SLEEP AND AT THE SAME TIME COOL HIS
BRITISH RULERS BY WORKING A PUNKA OR FAN.
This man's feeling of lassitude, anæmia, and sleepiness is typical of steadily warm moist climates.



PLATE XVII. AN ENERGETIC FAMILY OF CHILDREN ON A FRUIT FARM IN THE UNITED STATES.
(Making Cider.)

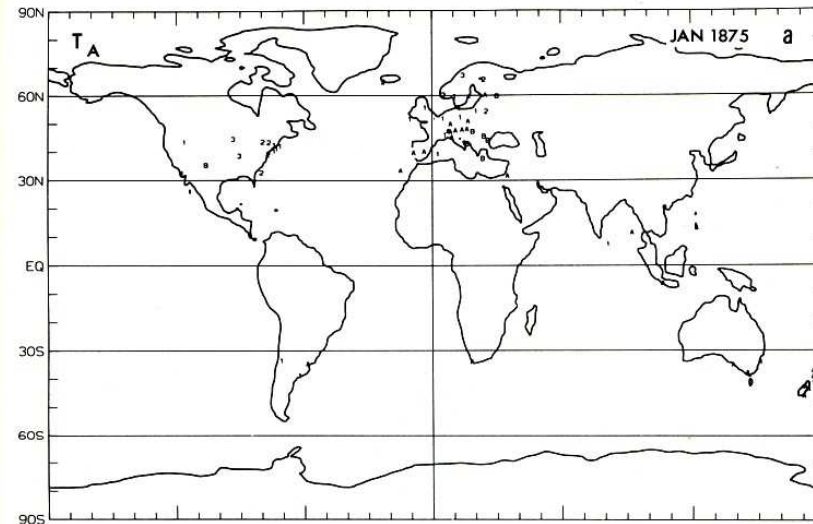
Scenes of this kind are almost unknown except where the climate is healthful and stimulating.



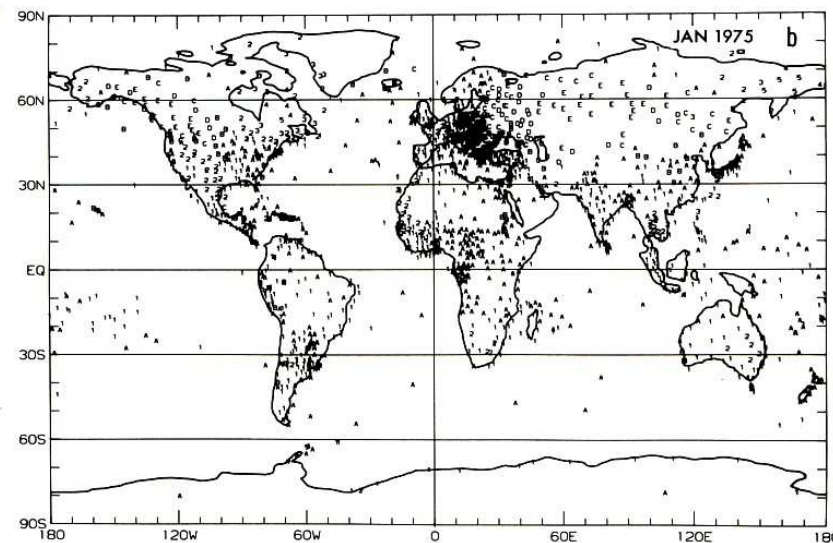
Opazovanja in meritve

Najprej vremeske postaje na površini

1875
(~100)



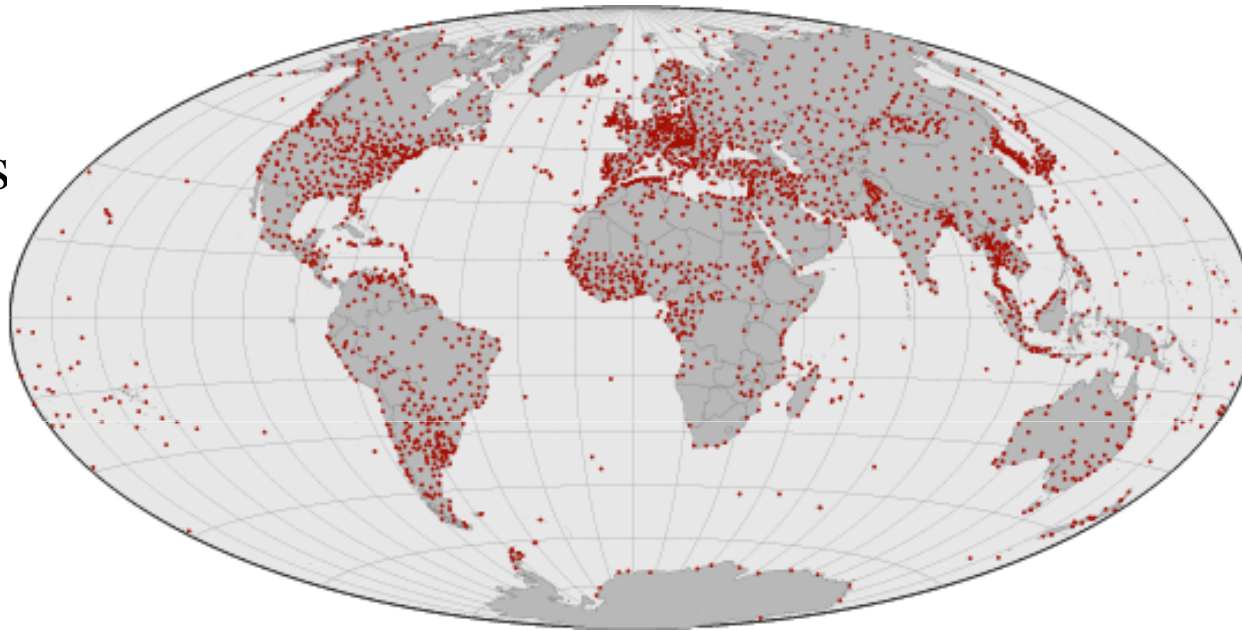
1975
(>1700)



Opazovanja in meritve

Vremenske postaje na površini

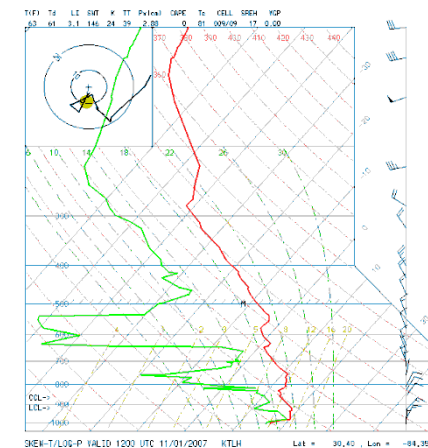
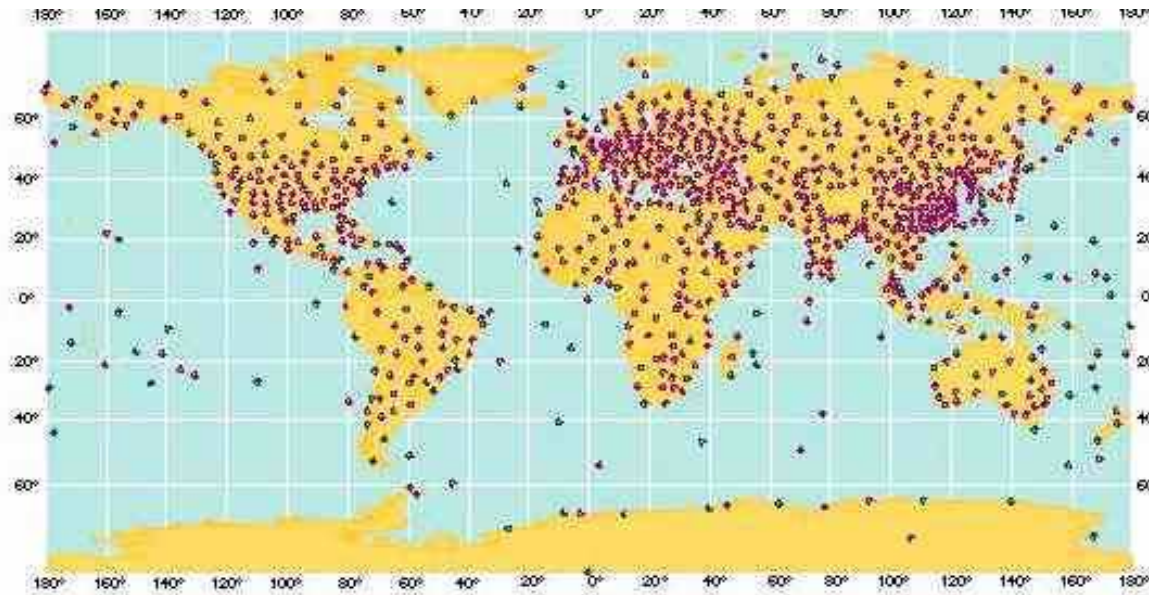
Danes



Meritve v ozračju: radiosondažne meritve

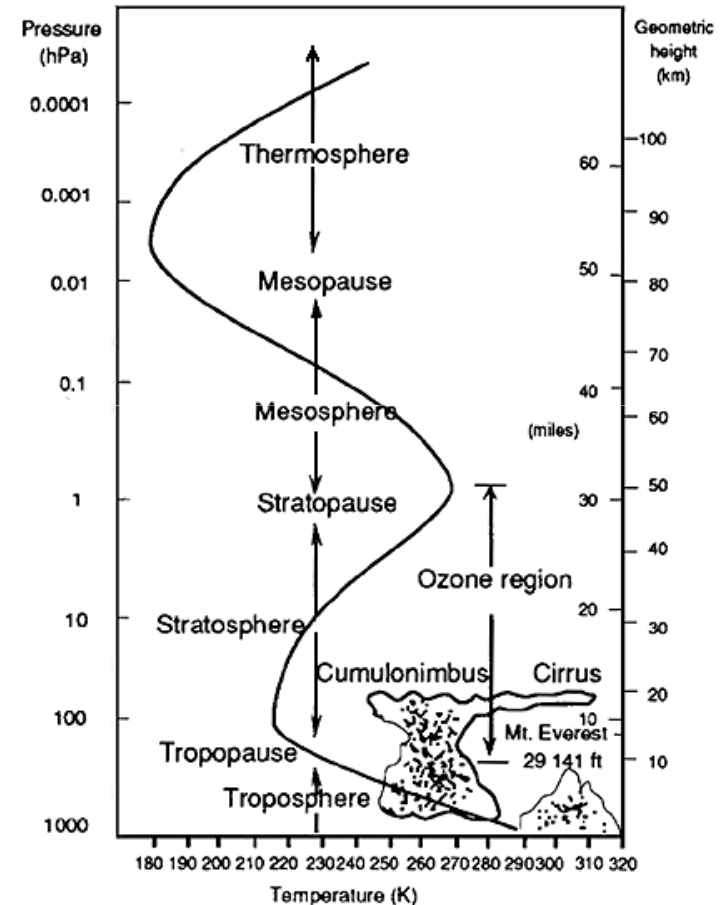


Danes
(>1000)

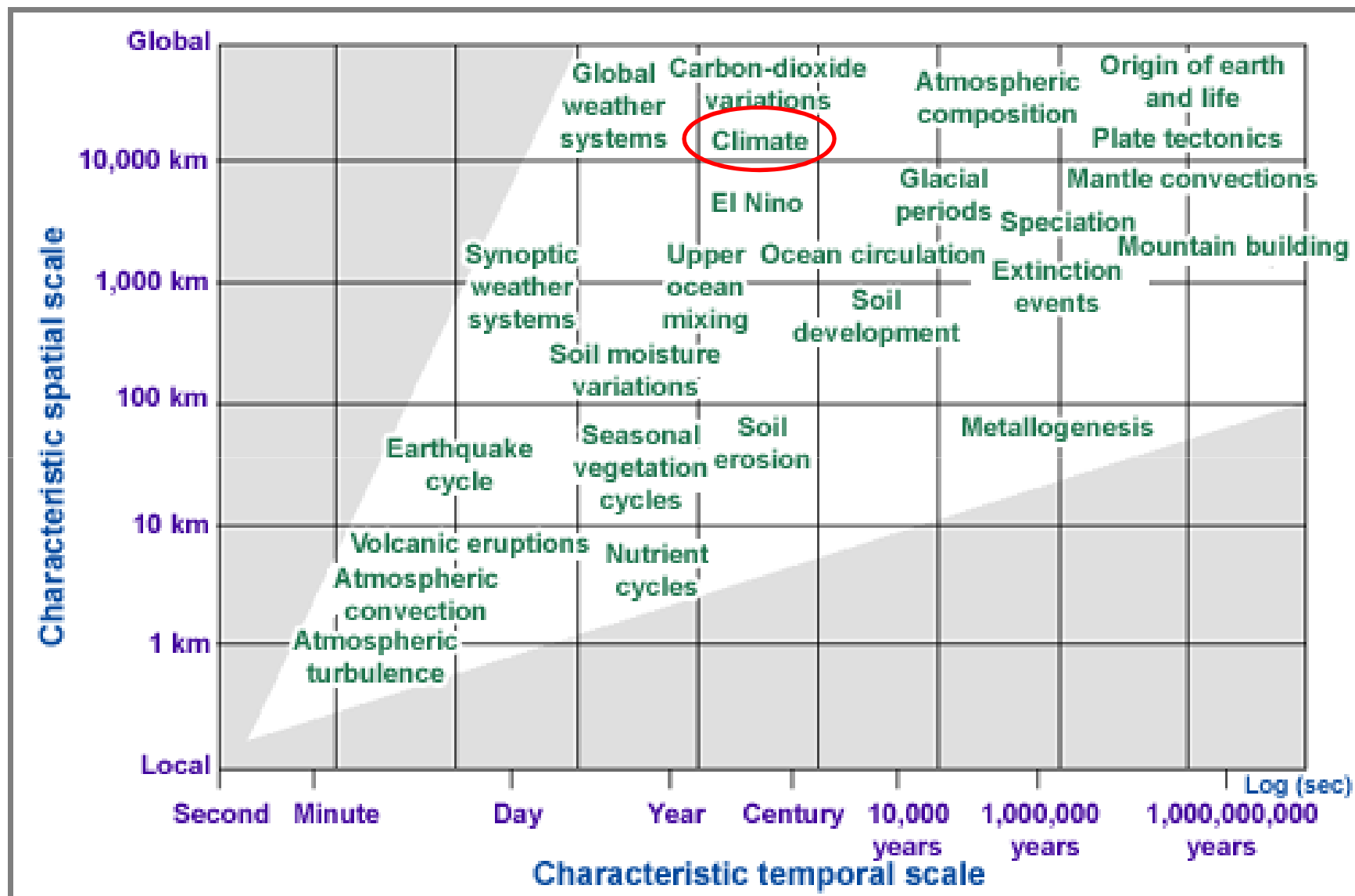


Vreme in podnebje

- vreme predstavljajo vsi pojavi v ozračju, še posebej v troposferi (~ spodnjih 10 km) = **trenutno stanje atmosfere**
- podnebje so skupne značilnosti vremena (povprečja, spremenljivost, ekstremi) v določenem kraju **skozi dolgoletno obdobje** (običajno 30 let)



Navpični presek skozi standardno ozračje. Vir:
<http://ceos.cnes.fr:8100/cdrom-00/ceos1/science/dg/dg3.htm>



DEFINICIJE KLIME

Fedorov(najboljša)

Splet vremenskih pogojev tipičnih za regijo skupaj z opisom njihove pogostnosti in sezonske spremenljivosti

McGuffie & Handerson-Sellers (najširša definicija)

Vse statistike klimatskih stanj dobljene v dogovorjenem časovnem obdobju (sezona, dekada ali daljše obdobje) izračunane za celotno oblo ali za izbrano regijo.

ZGODOVINA KLIMATOLOGIJE

HIPOKRAT (400 l. pr. n. š.)

prvo delo o klimi in njenem pomenu za človeka

PTOLEMEJ (200 l. pr.n.š.) razprava Almagest

uvede grško besedo klima (= nagib, inklinacija)

glede na pot sonca nad horizontom definira 3 klimatske pasove

prva klimatska klasifikacija (topli, zmerni, hladni pas)

A. von HUMBOLDT (1769-1859)

prvi uvede kartografske prikaze z izolinijami (izoterme, izobare)

spozna povezave vegetacija-klima

H.W. DOVE (1803-1879)

uvede statistične pristope v klimatologijo

spozna pomen variabilnosti klime

ZGODOVINA KLIMATOLOGIJE 2

J. HANN (1839-1921) delo Handbuch der Klimatologie
definira pojme klimatskih dejavnikov in klimatskih elementov
oče klasične klimatologije

W. KOEPPEN (1846-1940)
prva znanstvena klasifikacija klime

A.I. VOJKOV (1842-1916)
začetnik agroklimatologije

V. CONRAD (1876-1962)
moderne statistične obdelave klimatoloških podatkov

Svante Arrhenius *in* Milutin Milanković
(1859-1927) (1879 - 1958)



PREDSTAVNIKI MODERNE KLIMATOLOGIJE

J.I.BUDYKO *klimatografija*
H. FLOHN *splošna klimatologija, modeli klime*
H.H. LAMB *splošna klimatologija*
H. E. LANDSBERG *vsa področja*
A.S. MONIN *teoretična klimatologija*
E. N. LORENZ *dinamična klimatologija*
J. HOUGHTON *klimatske spremembe*



MONIN Andrei Sergeevich
(.1921 - 2007)



Sir John Houghton



James E. Hansen

Slovenci

M. Čadež (dinamična klimatologija, vremenski tipi)

D. Furlan (klimatografija)

A. Hočevar (agroklimatologija, fenologija)

B. Zupančič (metode klimatoloških obdelav)

T. Cegnar (bioklimatologija)

I. Gams (klima za geografe)

D. Ogrin (klima za geografe)

L. Kajfež-Bogataj (klimatske spremembe)

K. Bergant (klimatski scenariji)

D. Kastelec (geostatistika)

PODROČJA DELA KLIMATOLOGIJE 1

a) glede na dimenzije atmosferskih dogajanj

makroklimatologija (od 100 do 10.000 km)

mezoklimatologija (od 1 do 100 km)

topoklimatologija (od 100 do 1000 m)

mikroklimatologija (od 0.1 do 100 m)

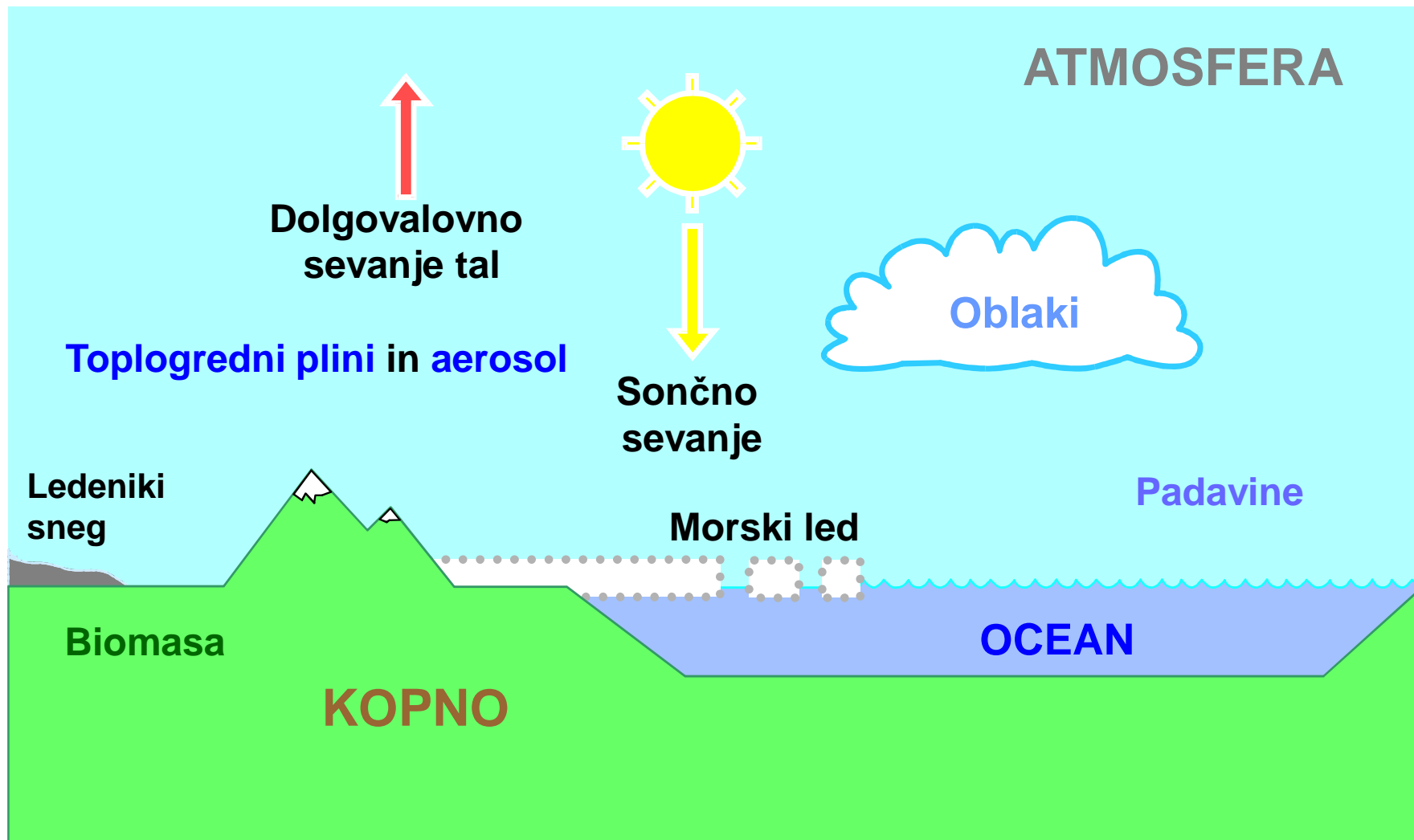
b) glede na dimenzije prostora

globalno (svetovno) klimatologijo

regionalna klimatologija

mestna klimatologija

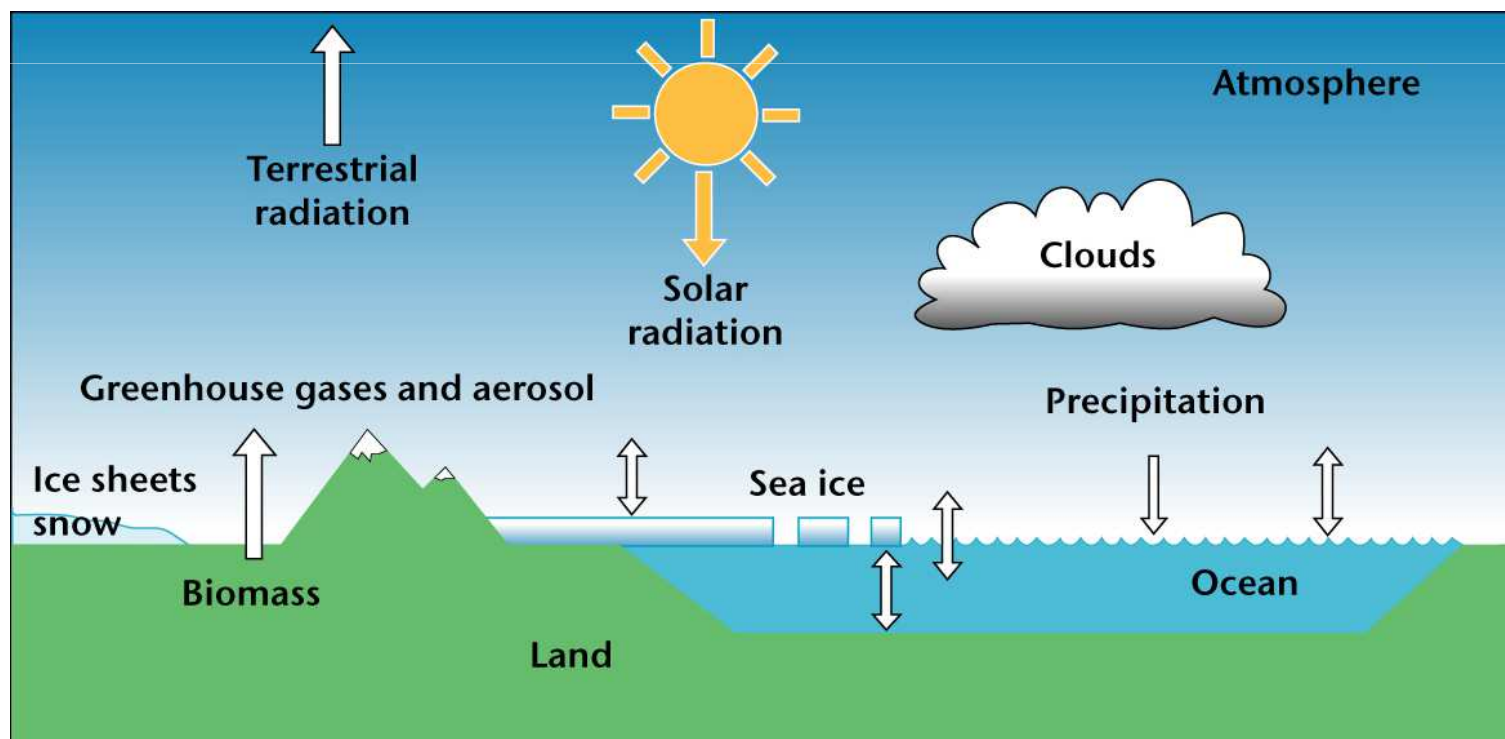
Klimatski sistem: relativno nov pojem, nastal leta 1975



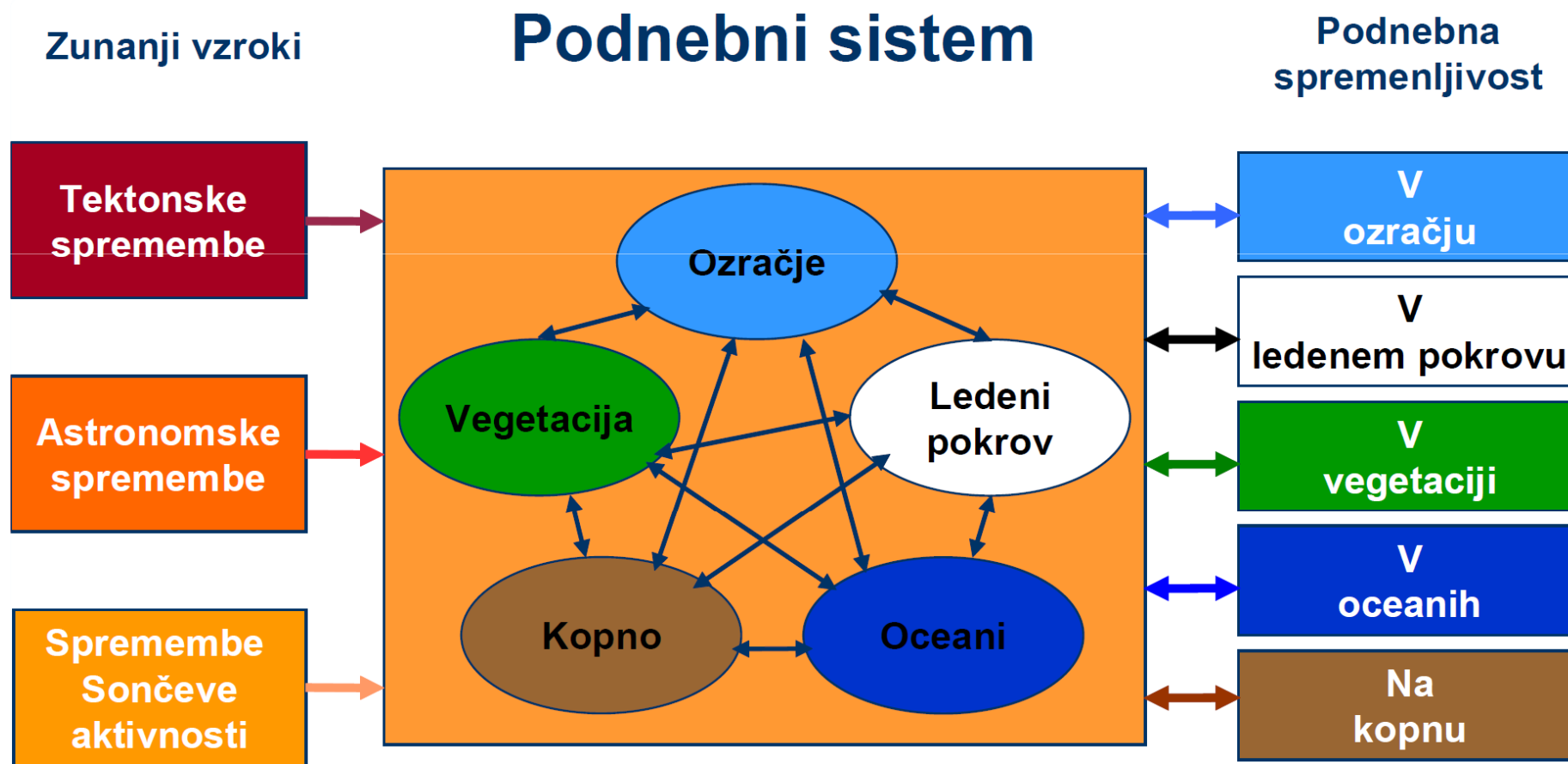
KLIMATSKI SISTEM

– definicija-

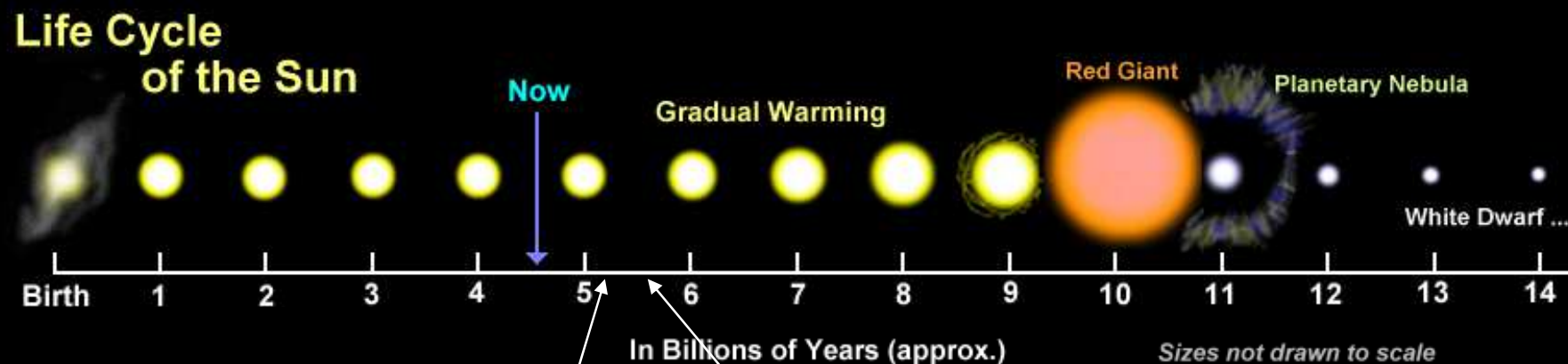
Leta 1992 klimatska konvencija (FCCC) opredeli klimatski sistem kot skupnost atmosfere, hidrosfere, kriosfere, kopne površine in biosfere (CO₂!!) ter njihovih interakcij (vzajemnega delovanja).



Dejavniki, prepletenost in spremenljivost podnebnega sistema



Življenski cikel Sonca in vpliv na Zemljo



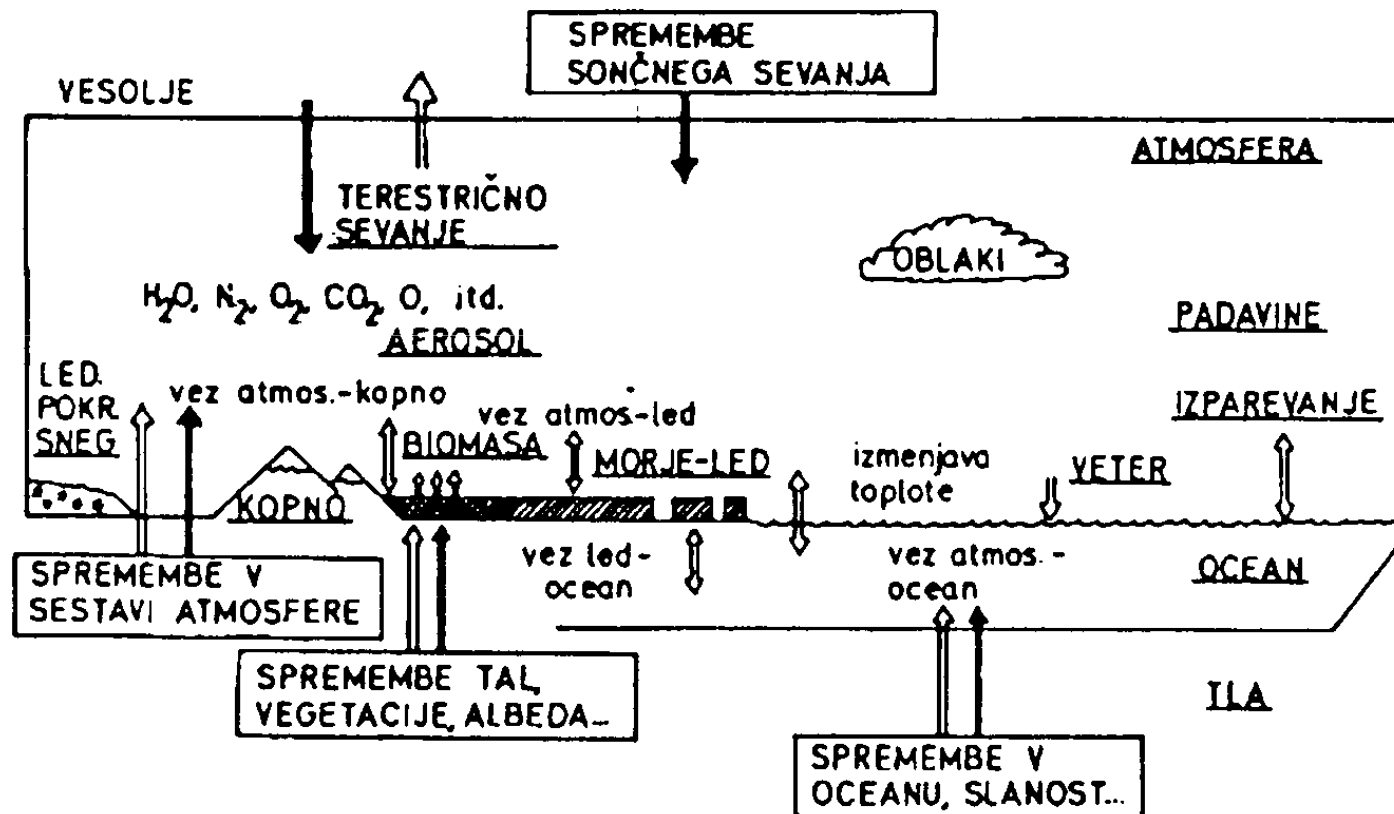
Zemlja bo primerna za življenje še kake pol milijarde let (če jo bomo zaščitili pred samimi seboj).

Po 1 milijardi let, pa bodo izginili najprej reke in oceani. Globalna temperatura bo dosegla tudi 70°C (zdaj dobrih 15° C)

V KLIMATSKEM SISTEMU SE PRENAŠA

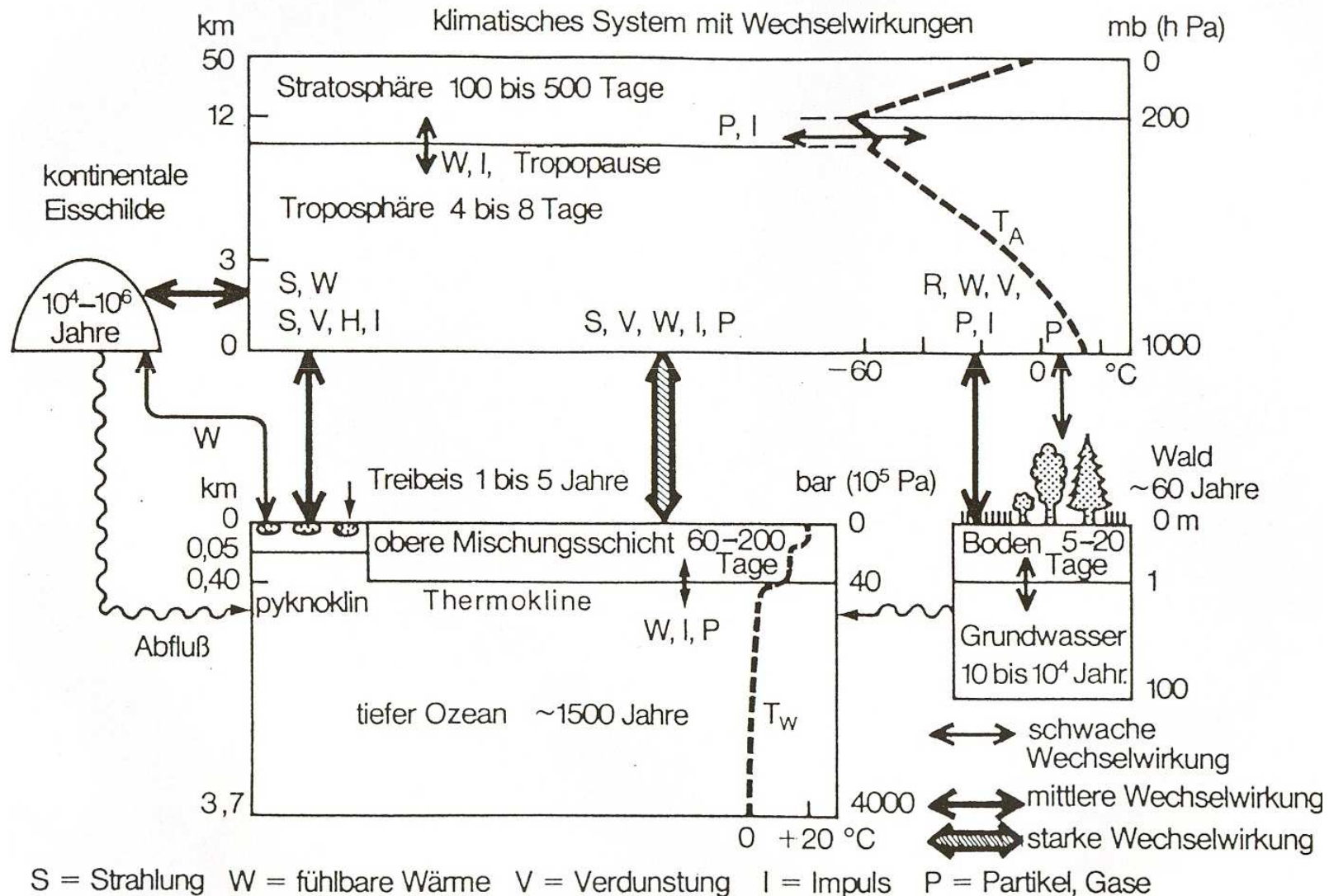
Snov (H_2O , CO_2 , N_2 , aerosoli itd.....)

Energija (na 3 načine: sevanje, konvekcija, kondukcija)



SHEMATSKI PR'KAZ KOMPONENT KLIMATSKEGA SISTEMA S SPREMEMBAMI ZUNANJH (\longrightarrow) IN NOTRANJH PROCESOV (\longleftrightarrow). (US GARP Commity, 1974)

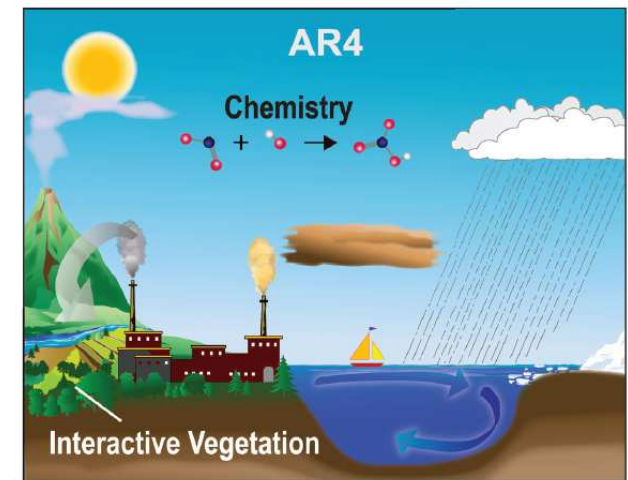
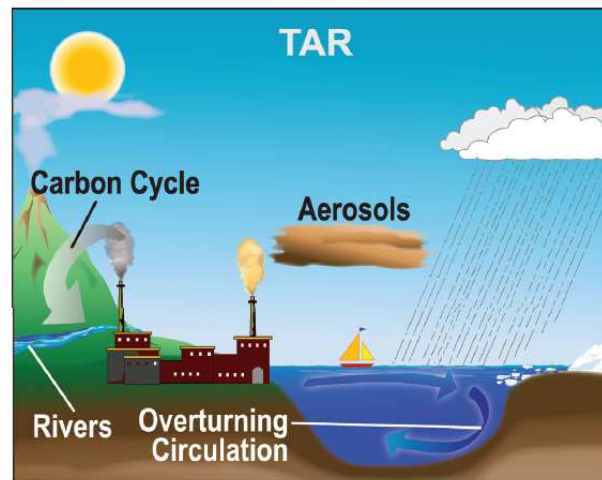
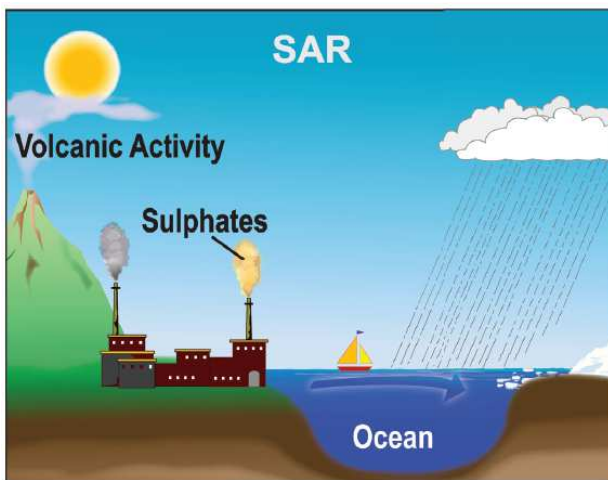
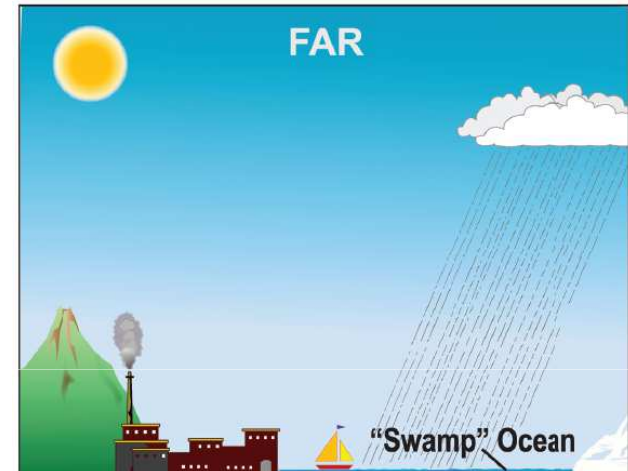
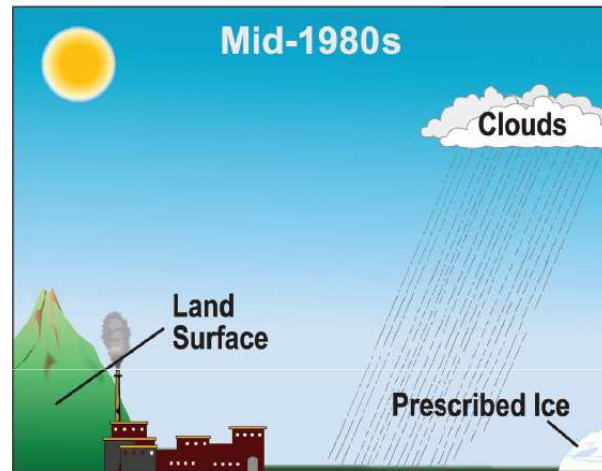
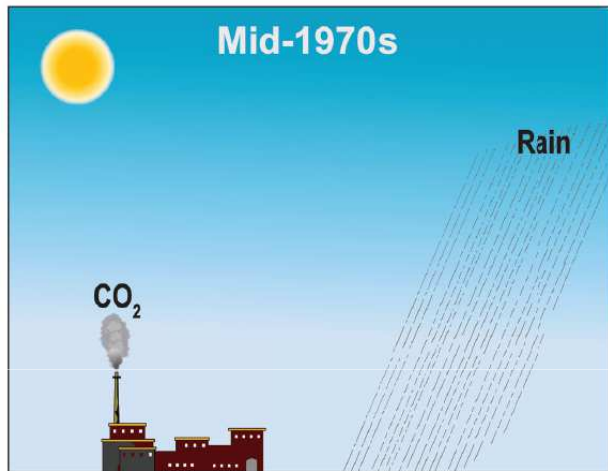
KARAKTERISTIČNI ČASI ODZIVANJA DELOV PODNEBNEGA SISTEMA



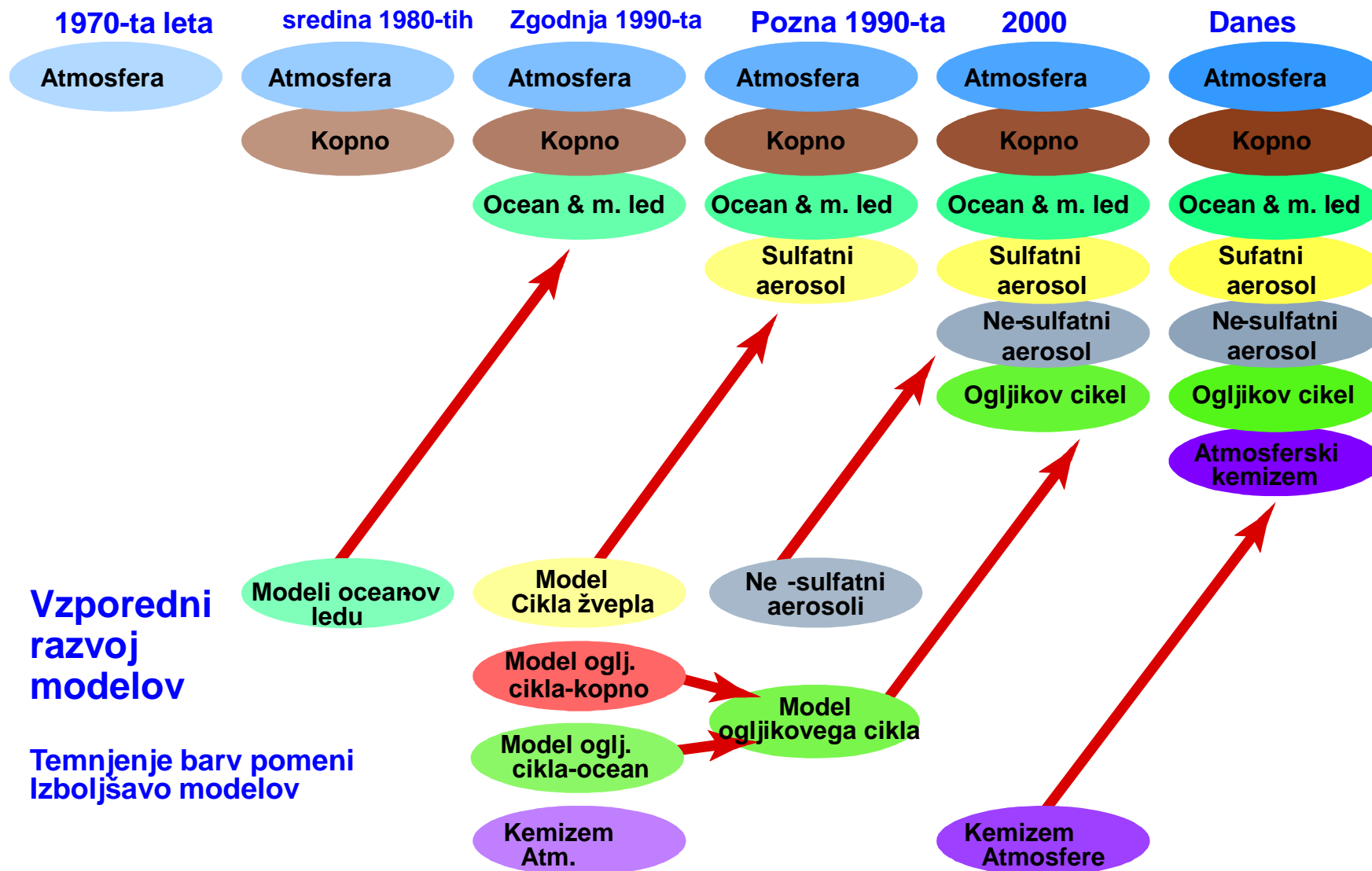
Dejavniki, ki vplivajo na podnebje

- Atmosfera – 1-10 let
- Sončna aktivnost – 1-100 let
- Oceani – 10-1000 let
- Orbitalni dejavniki – 10,000-100,000 let
- Tektonika – Milijoni do sto milijonov let

Razvoj klimatskih modelov

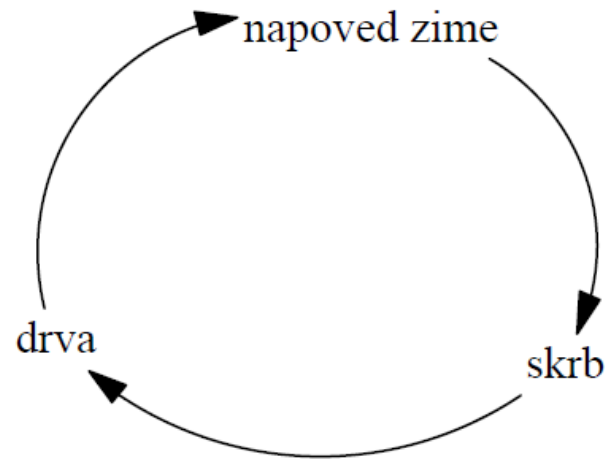


Razvoj klimatskih modelov



Povratne zanke za začetek malo humorja

Napoved starega Indijanca

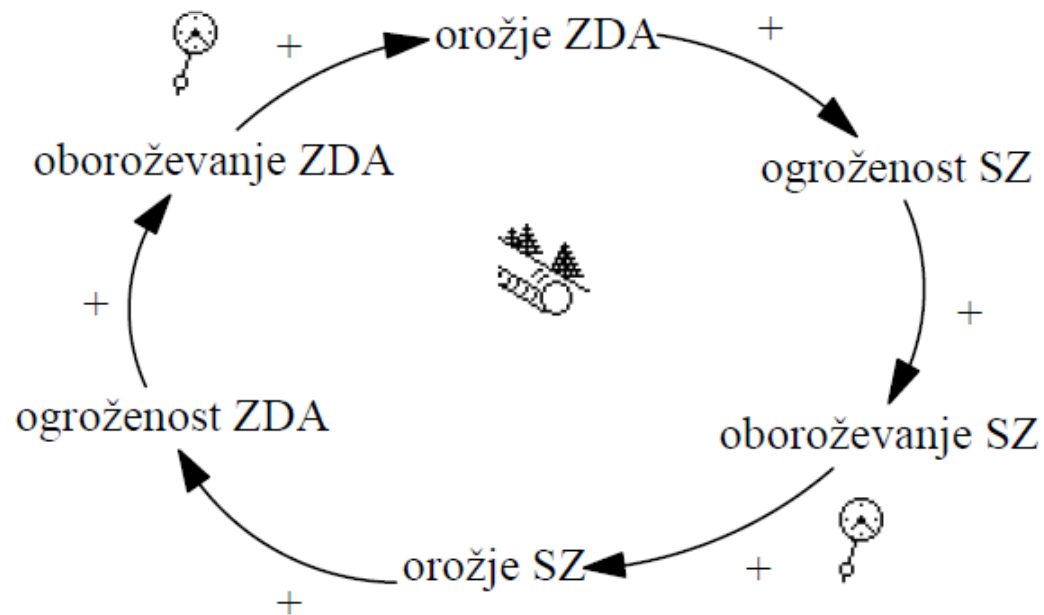


Povratne zanke

Bolj resen primer

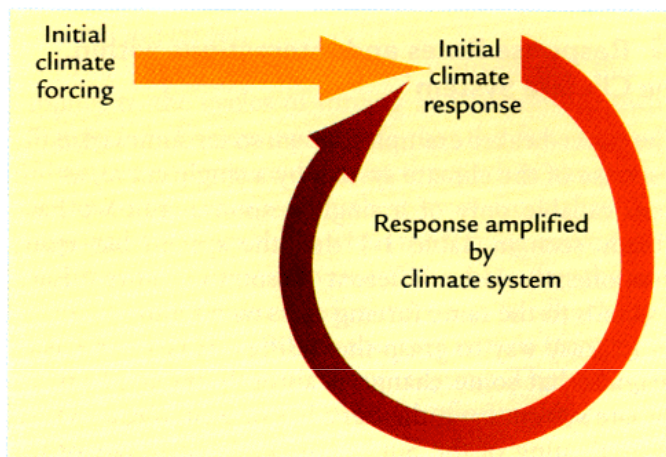
Pozitivna povratna zanka 1

Poenostavljen **model oboroževalne tekme** oziroma varnostne dileme:



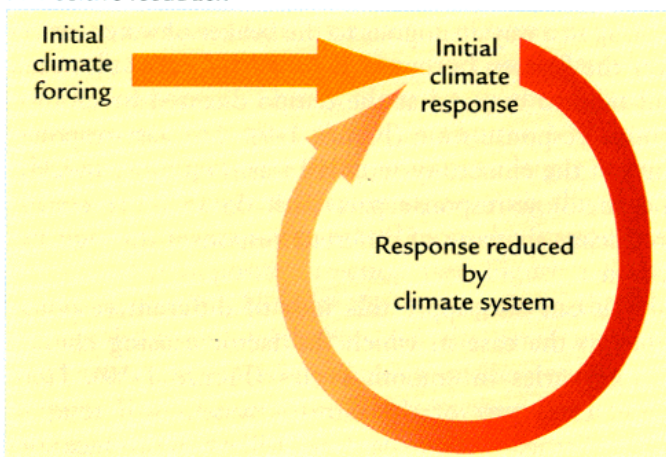
Kaj ustvarja povratne zanke v klimatskem sistemu

+



A Positive feedback

-



B Negative feedback

Vodna para

Albedo ledu, snega

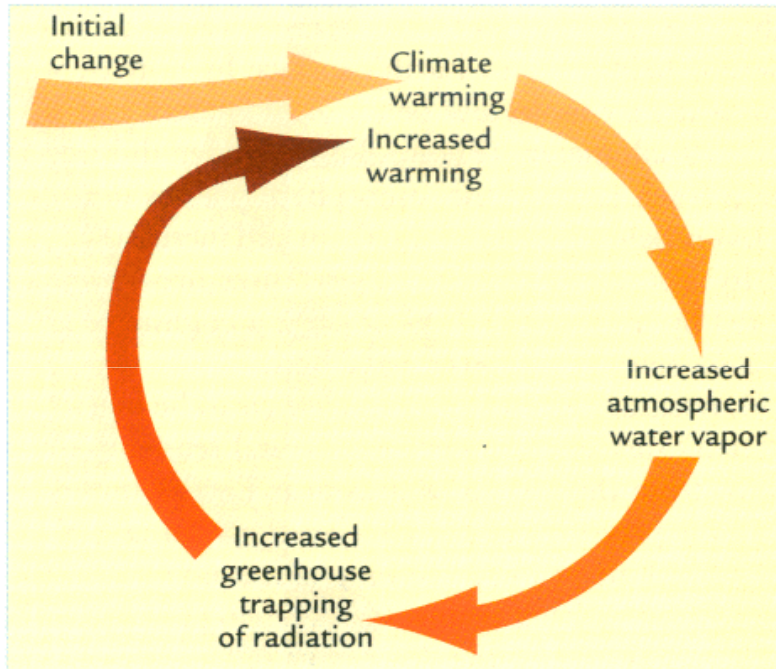
DV sevanje

Vegetacija

Oblačnost

itd

Vodna para (pozitivna povratna zanka)



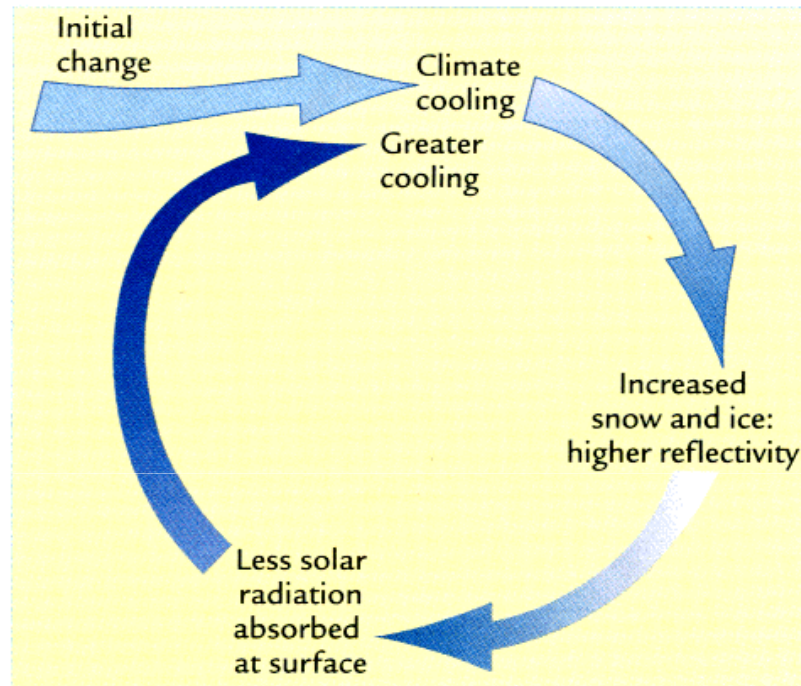
Razmerje mešanosti (r) = brezdimenzijsko razmerje med maso vodne pare in maso suhega zraka

Nasičeno razmerje mešanosti (r_{MAX}) pove maksimum vodne pare, ki jo lahko zrak sprejme

$$r_{MAX} = f(T_{zraka})$$

- toplejše ozračje ima lahko večjo vsebnost vodne pare
- močnejši toplogredni učinek
- ojačitev začetnega ogrevanja
- ena najmočnejših povratnih zank

Albedo snega/ledu pozitivna povratna zanka



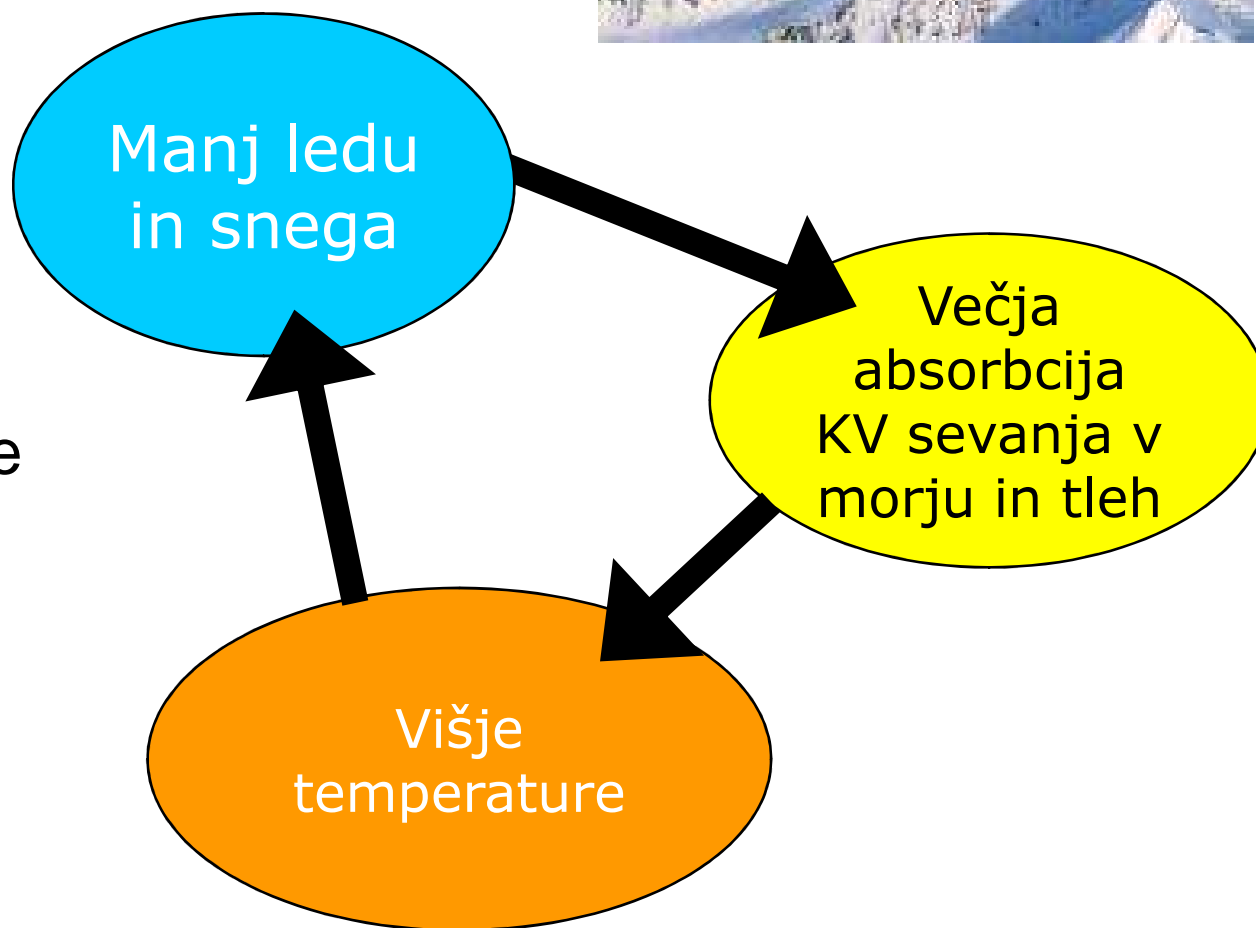
Surface	Albedo range (percent)
Fresh snow or ice	60–90%
Old, melting snow	40–70
Clouds	40–90
Desert sand	30–50
Soil	5–30
Tundra	15–35
Grasslands	18–25
Forest	5–20
Water	5–10

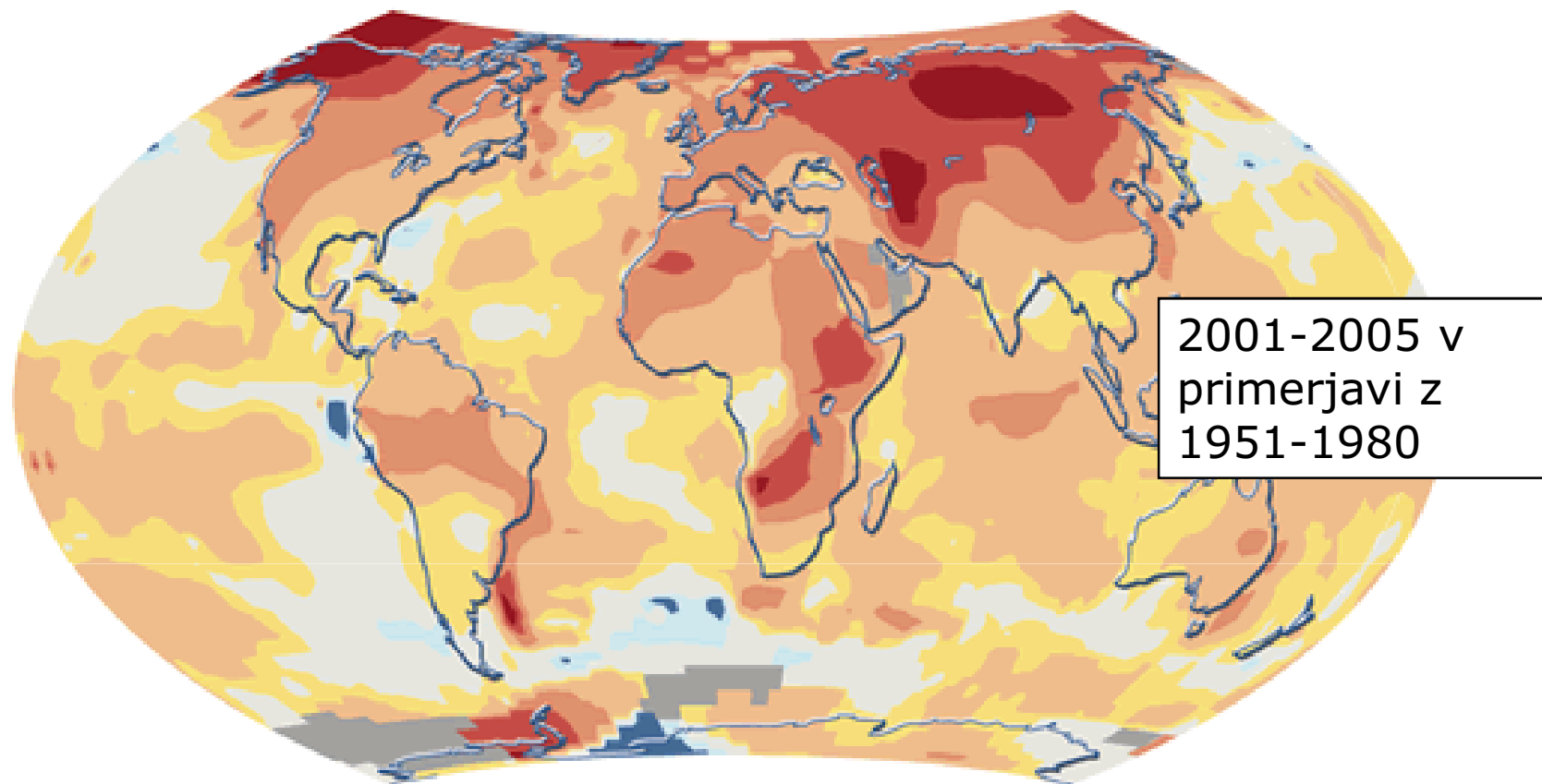
- ❑ Albedo ledu in snega je **znatno večji**, kot odbojnost vseh drugih površin.
- ❑ Ta povratna zanka ponuja razlago razmer ob nastanku in med potekom razmer v ledenih dobah.

Albedo snega/ledu pozitivna
povratna zanka v obratni smeri



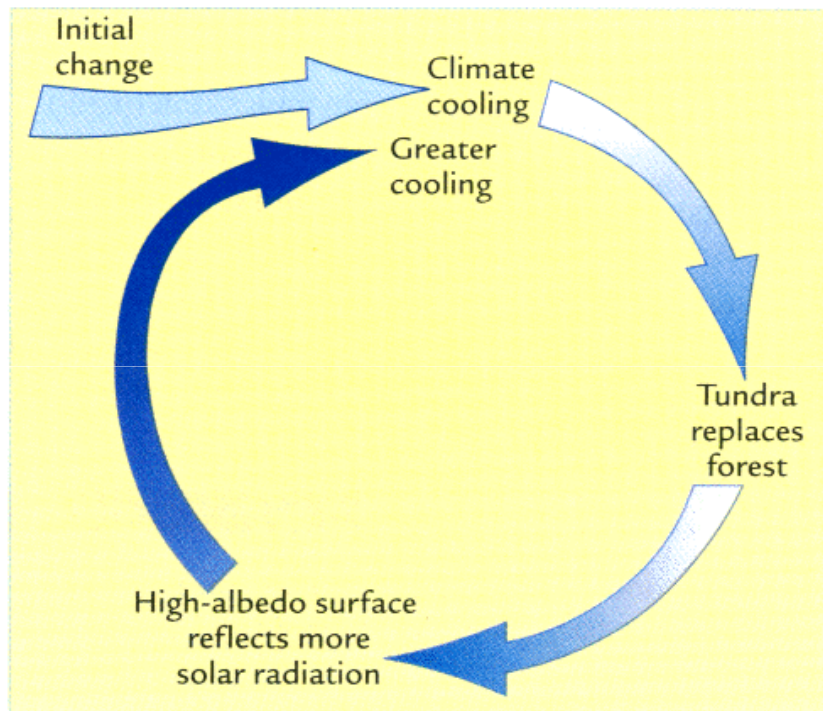
Topljenje ledu in
snega pospešuje
ogrevanje



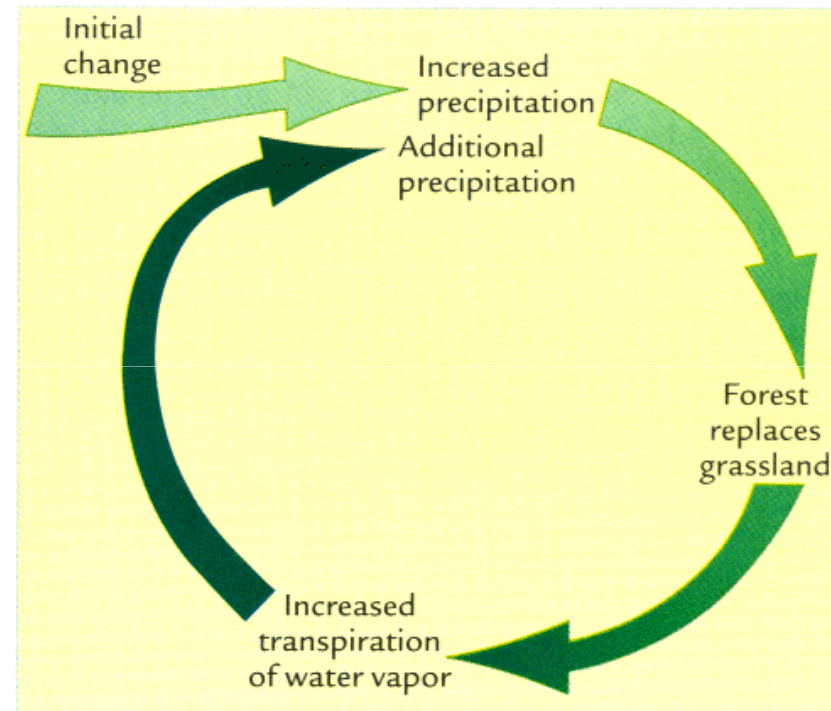


- Arktika se ogreva 2 x hitreje kot ostali svet
- Območja v gorah se ogrevajo hitreje kot nižine

Vegetacija – dve možni povratni klimatski zanki



A Vegetation-albedo feedback



B Vegetation-precipitation feedback

Obstajajo še druge zelo zapletene povratne klimatske zanke
npr. prek vsebnosti CO₂ v atmosferi

MOŽNI VZROKI DOLGOLETNIH KLIMATSKIH NIHANJ

EKSTRATERESTRIČNI		TERESTRIČNI	
Pot zemlje - rotacija, revolucija - nagib zemeljske osi - nihanje polov		Delci v atmosferi - vulkanski izbruhi - požari - spremembe vegetacije	
Solarna konstanta		Oblačnost	
Nemirno sonce (pege, pertuberance)		Orografija, gibanje kontinentov	
Rotacija in pulzacija sonca		Kroženje ozračja in oceanov	
Sevanje lune in drugih nebesnih teles		Spremembe slanosti morja	
Kozmično sevanje		Zaloge ledu	
Meteorji, meteoriti		Tip in stanje zemeljske površine	
Sile, ki dodatno občasno vplivajo na sistem		Antropogeni vplivi - spremenjena raba tal - izpusti TGP in aerosolov	

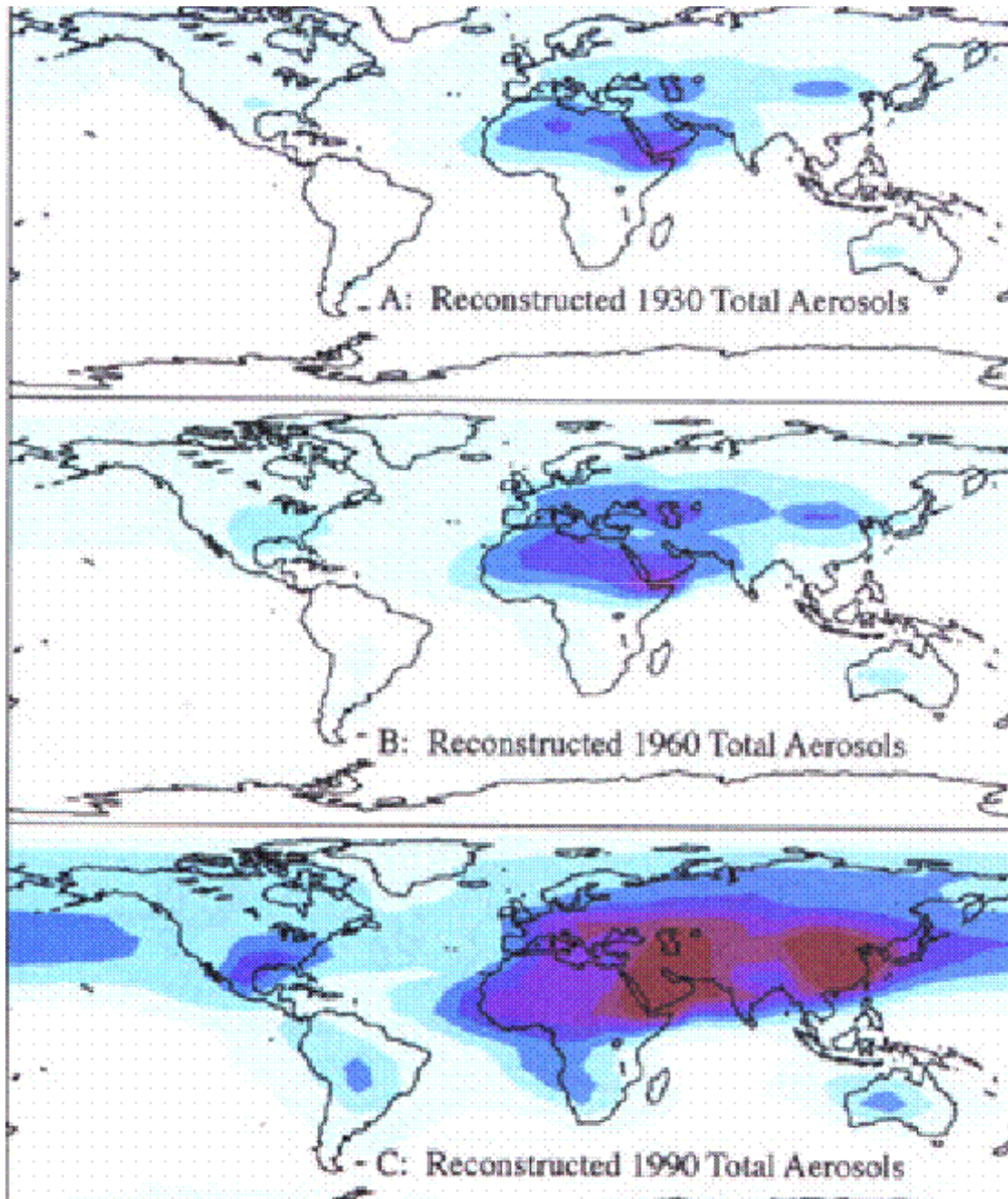
Problem klimatologije 21. stoletja

SPREMENJENA SESTAVA

ATMOSFERE

IN

SPREMENJENE LASTNOSTI TAL



Aerosol
nekoč
in
danes

http://cdiac.ornl.gov/pns/current_ghg.html (februar 2012)

GAS	Pre-1750 tropospheric concentration ¹	Recent tropospheric concentration ²	GWP ³ (100-yr time horizon)	Atmospheric lifetime ⁴ (years)	Increased radiative forcing ⁵ (W/m ²)
Concentrations in parts per million (ppm)					
Carbon dioxide (CO ₂)	280 ⁶	390.5 ⁷	1	~ 100 ⁴	1.79
Concentrations in parts per billion (ppb)					
Methane (CH ₄)	700 ⁸	1871 ⁹ /1750 ⁹	25	12 ⁴	0.50
Nitrous oxide (N ₂ O)	270 ¹⁰	323 ⁹ /322 ⁹	298	114 ⁴	0.18
Tropospheric ozone (O ₃)	25 ¹	34 ^{4,1}	n.a. ⁴	hours-days	0.35 ⁴
Concentrations in parts per trillion (ppt)					
CFC-11 (trichlorofluoromethane) (CCl ₃ F)	zero	241 ⁹ /239 ⁹	4,750	45	0.060
CFC-12 (CCl ₂ F ₂)	zero	534 ⁹ /532 ⁹	10,900	100	0.17
CF-113(CCl ₂ FFClF ₂)	zero	75 ⁹ /75 ⁹	6,130	85	0.024
HCFC-22(CHClF ₂)	zero	220 ⁹ /196 ⁹	1,810	12	0.041
HCFC-141b(CH ₃ CCl ₂ F)	zero	22 ⁹ /19 ⁹	725	9.3	0.0025
HCFC-142b(CH ₃ CClF ₂)	zero	22 ⁹ /20 ⁹	2,310	17.9	0.0031
Halon 1211 (CBrClF ₂)	zero	4.3 ⁹ /4.1 ⁹	1,890	16	0.001
Halon 1301 (CBrClF ₃)	zero	3.3 ⁹ /3.2 ⁹	7,140	65	0.001
HFC-134a(CH ₂ FCF ₃)	zero	64 ⁹ /53 ⁹	1,430	14	0.0055
Carbon tetrachloride (CCl ₄)	zero	87 ⁹ /85 ⁹	1,400	26	0.012
Sulfur hexafluoride (SF ₆)	zero	7.41 ^{9,11} /6.82 ^{9,11}	22,800	3200	0.0029
Other Halocarbons	zero	Varies by substance			collectively 0.021

OKVIRNI TRENDI RABE TAL (milijoni km²).
 Površina kopnega je okrog 150 milj. km², od tega je 24
 slanega, preščenea ali ledenega površja in 18 vročih
 puščav McNeill (2000)

Leto	Gozd in grmičevje	Travniki	Pašniki	Kmetijske rastline
8000 pr.n.š	65	63	0	0
1700 n.š.	62	63	5	2.7
1900	58	54	14	8.0
1920	57	51	16	9.1
1940	55	47	21	10.8
1960	53	41	27	12.8
1980	51	35	33	15.0
1990	48(-26%)	36(-43%)	34	15.2