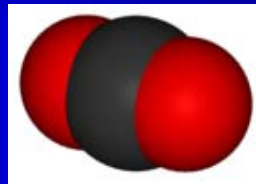


ZADUŽBINA ILIJE M. KOLARCA

PRIRODNE NAUKE U OČUVANJU PLANETE ZEMLJE

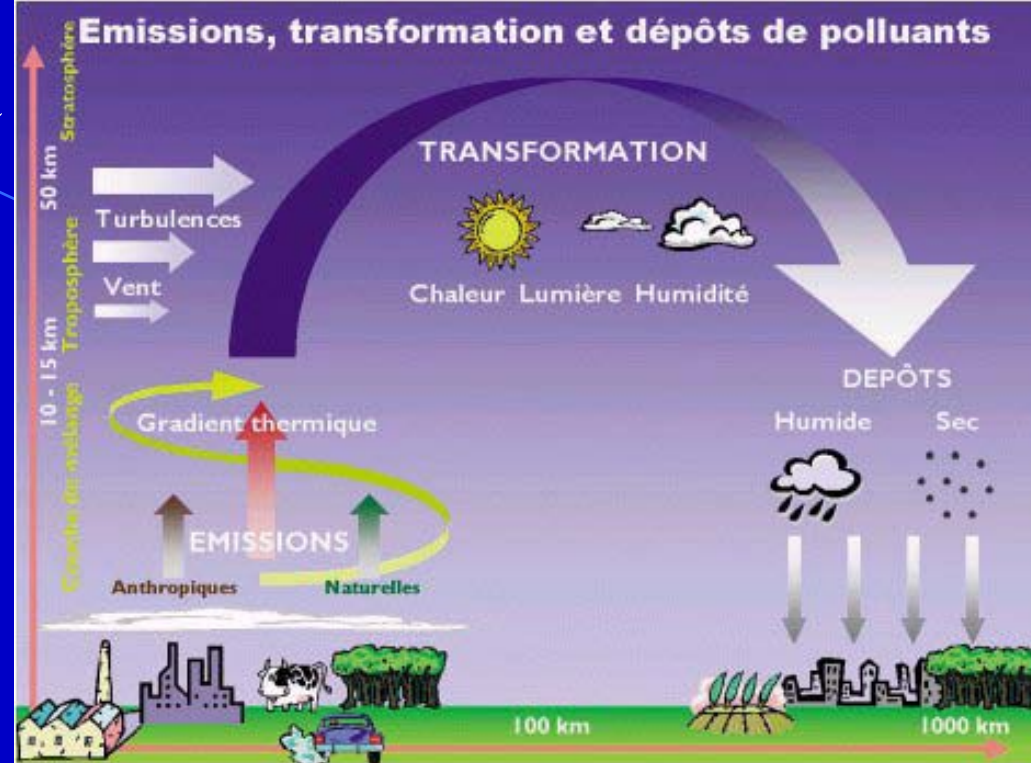
# GLOBALNO ZAGREVANJE I GASOVI STAKLENE BAŠTE

Prof. dr Dragoljub Belić, Fizički fakultet, Beograd



Beograd, 2006

- Intenzivna industrijalizacija
- Razvoj saobraćaja (-50 %)
- Intenzivna urbanizacija
- Porast broja i gustine stanovnika



CO emisija oko 15 mlrd. tona godišnje  
 CO<sub>2</sub> 1960 259 mil t/g; 1980 5-6 mlrd t/g (za 20 godina povećanje

30 puta, 1 t po stanovniku Zemlje)

SO<sub>2</sub> 150 mil t/g

sitne čestice u vazduhu 30 mil t/g

NO<sub>x</sub> 53 mil t/g

isparljivi ugljovodonici, hlorovani CH, policiklični-aromatični CH

fluoridi

Hg, Pb, As

nitрати, nitriti, fosfatin

# Globalni efekti zagađjenja:

- Efekat “kiselih kiša”
- Smanjenje ozonskog omotača Zemlje ili pojava “ozonskih rupa” (3cm, Cl<sub>2</sub>)
- Globalno zagrevanje Zemljine atmosfere ili efekat “staklene bašte”

# EFEKAT STAKLENE BAŠTE

- Efekat 'staklene bašte' je prirodno prisutan proces kojim se zagreva Zemljina površina i atmosfera.
- Rezultat je činjenice da pojedini gasovi,  $\text{CO}_2$ , vodena para,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{O}_3$ , CFC,  $\text{SF}_6$ , VOC i aerosoli, apsorbuju dugotalasno zračenje sa Zemljine površine.
- Bez ovog efekta temperatura na Zemlji bila bi oko  $30\text{ }^\circ\text{C}$  niža i život verovatno ne bi postojao, bar ne u ovom obliku.

# Efekat staklene bašte

## A T M O S F E R A

**SUNCE**

Deo zračenja se odbija od atmosfere i Zemljine površine  
**103 W/m<sup>2</sup>**

Deo infracrvenog zračenja prolazi kroz atmosferu i gubi se u svemiru.

### GASOVI STAKLENE BAŠTE

Sunčevo zračenje prodire kroz atmosferu.

**Količina dolazećeg zračenja 343 W/m<sup>2</sup>**

Deo infracrvenog zračenja apsorbuju i reemituju molekuli gasova staklene bašte. Direktna posledica je zagrevanje Zemljine površine i troposfere

Površina se više zagreva i opet emituje infracrveno zračenje

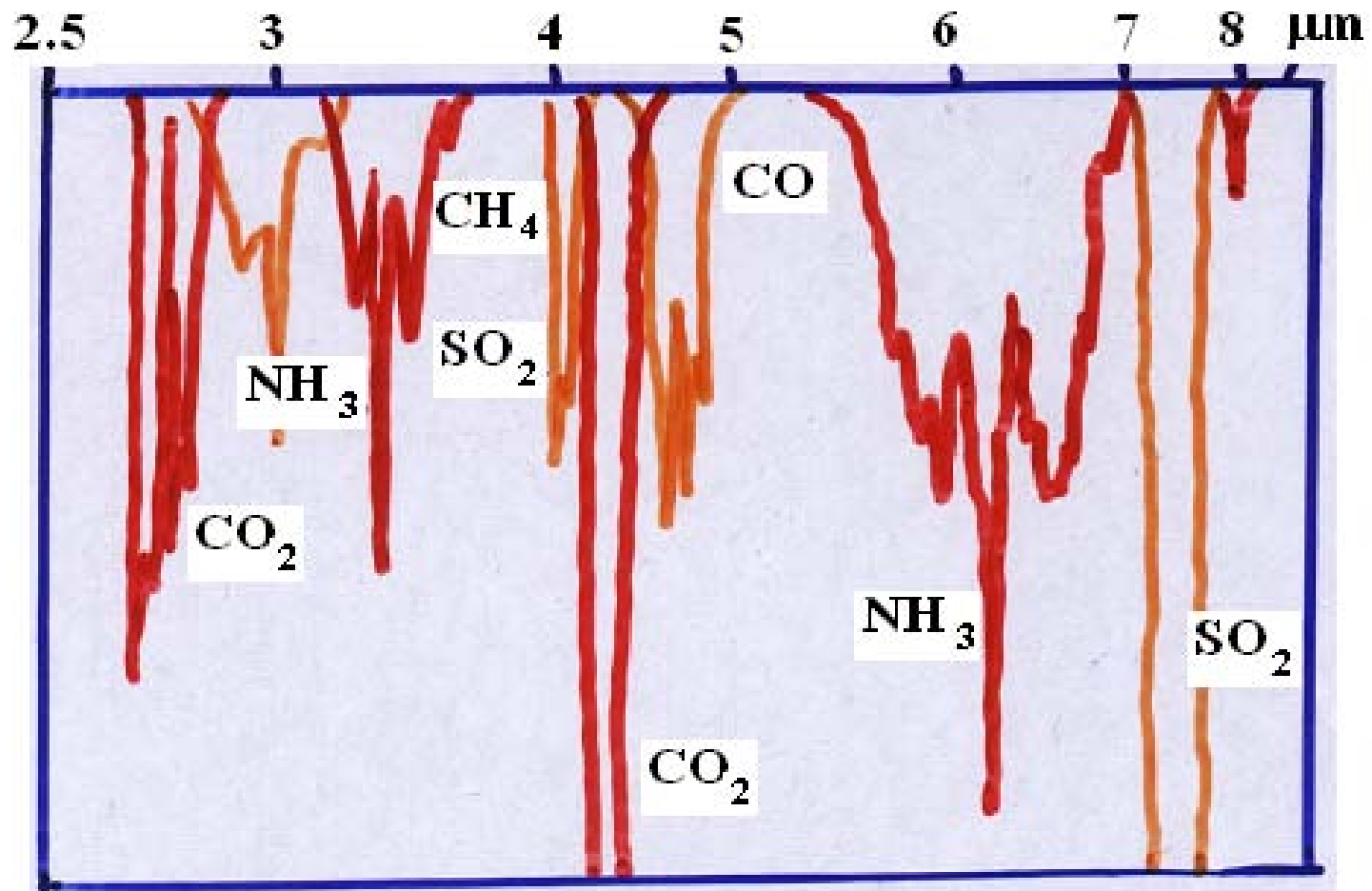
Sunčevo zračenje apsorbuje Zemljina površina i zagreva se.  
**168 W/m<sup>2</sup>**

Zemlja emituje toplotu u vidu dugotalasnog infracrvenog zračenja nazad u atmosferu

- 26 % Sunčevog zračenja se reflektuje od oblaka nazad u svemir
- 19 % energije apsorbuju oblaci, gasovi i čestice
- 4 % se reflektuje sa površine Zemlje u svemir
- 51 % stiže na Zemlju i raspoređuje se na:
  - zagrevanje tla
  - otopljavanje snega i leda
  - isparavanje vode
  - fotosintezu

Zagrevanje tla Sunčevom energijom uzrokuje da se ono ponaša kao izvor toplotnog IC zračenja. Samo mala količina ovog zračenja odlazi u svemir, a najveći deo apsorbuju tzv. gasovi staklene bašte u atmosferi. Pobuđeni gasovi reemituju ovo zračenje i 90 % se ponovo vraća na Zemlju gde se ponovo apsorbuje i proces traje sve dok ima ovog dugotalasnog zračenja.

# Apsorpcija IC zračenja

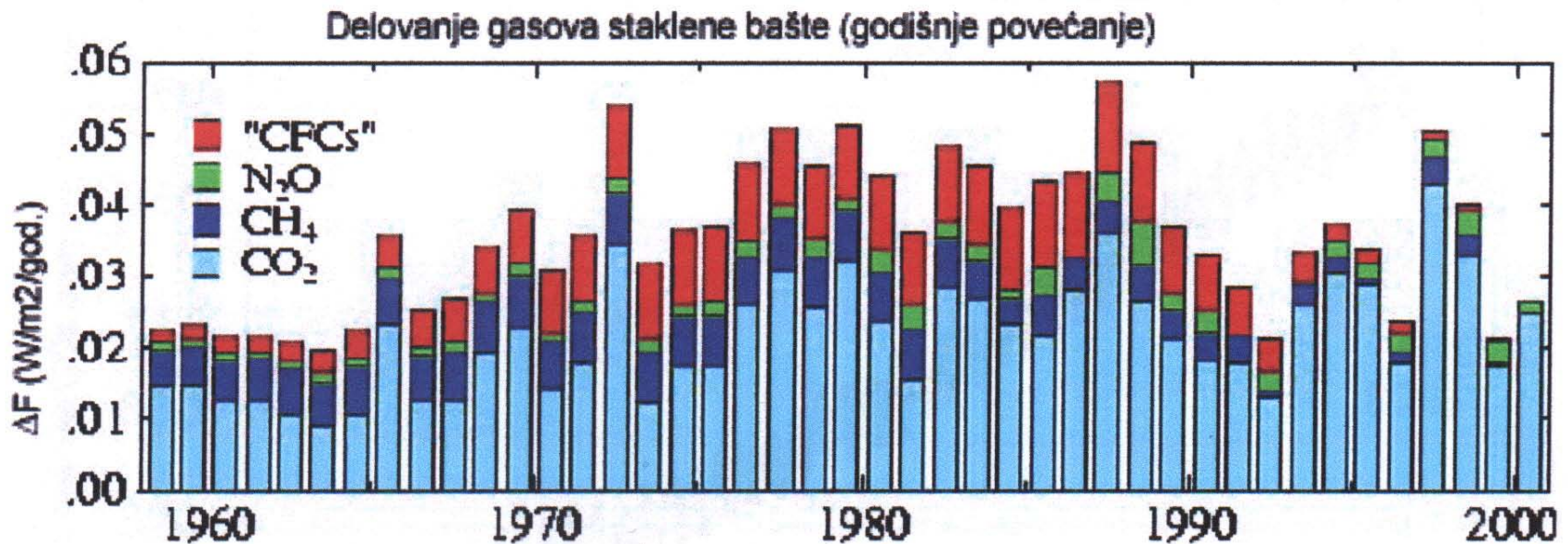


- Količina toplote dodata atmosferi određena je koncentracijom gasova staklene bašte.
- Koncentracije svih gasova staklene bašte su povećane od industrijske revolucije.
- Numeričko modeliranje efekta ukazuje da povećanje koncentracije CO<sub>2</sub> može izazvati porast srednje globalne temperature za 1–3 %.
- Problem u proračunima predstavlja uloga vodene pare, koja ovaj efekat može da umanji.



# Najistaknutiji gasovi staklene bašte:

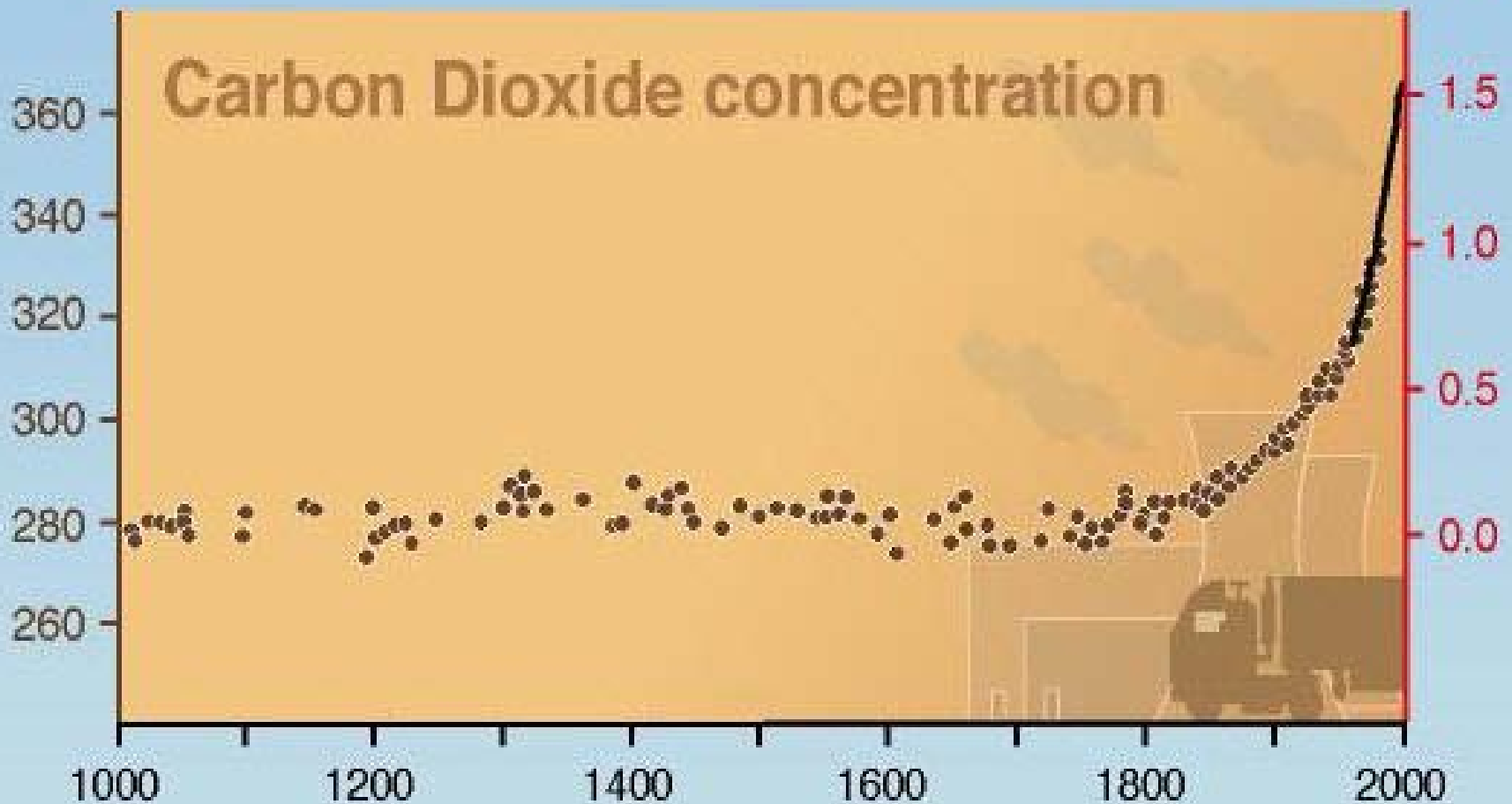
CO <sub>2</sub>	uticaj: 55 %
- CFC	25 %
- CH <sub>4</sub>	15 %
- N <sub>2</sub> O	5 %



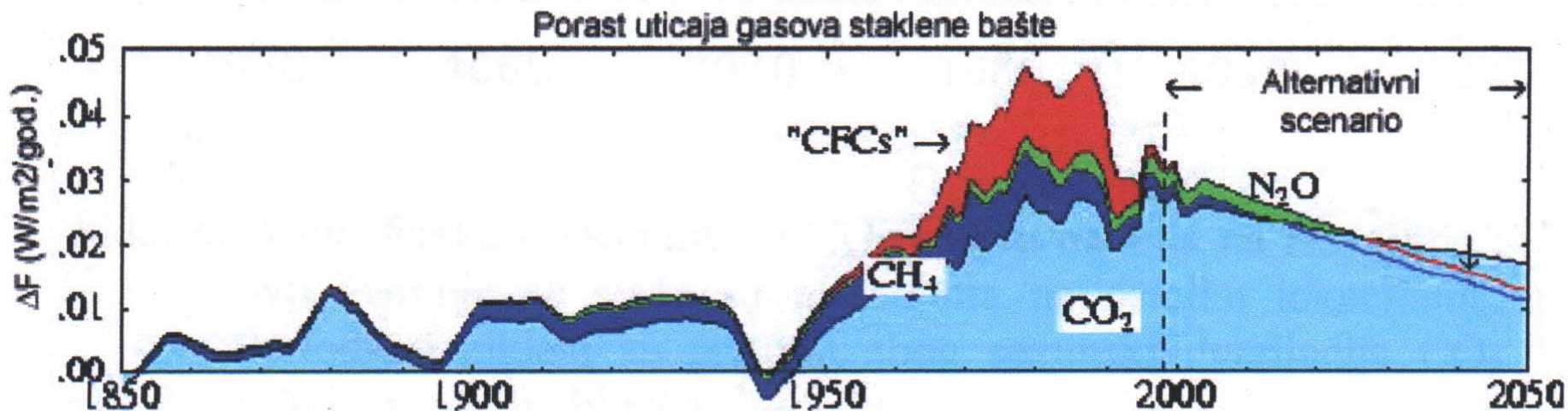
# Promena koncentracije CO<sub>2</sub> u poslednjih 1000 god.

CO<sub>2</sub> (ppm)

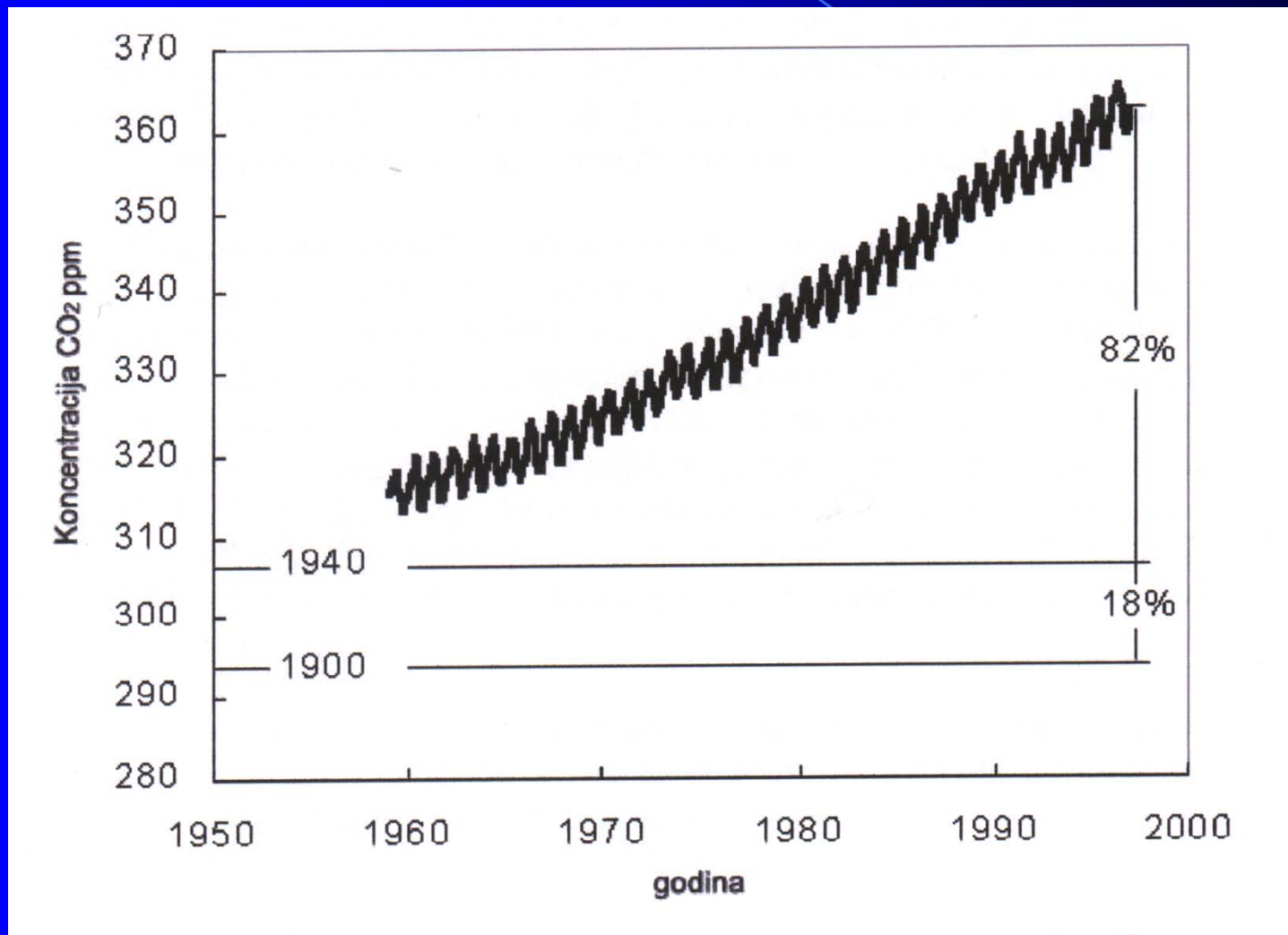
Radiative forcing (Wm<sup>-2</sup>)



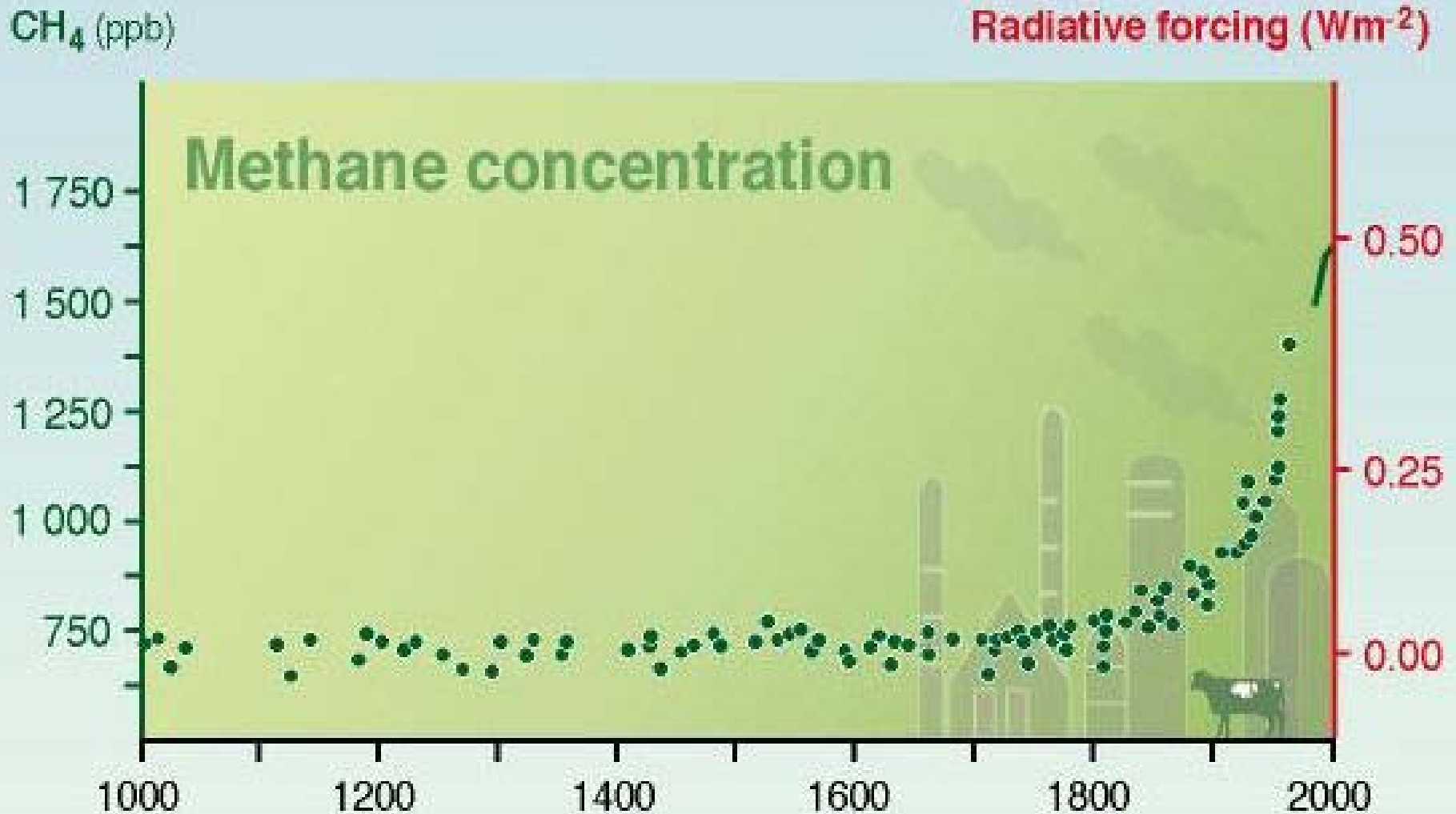
Porast uticaja gasova staklene bašte na atmosferu; deo grafika posle 2000. godine prikazuje alternativni scenario ako se ispoštuje smanjenje emisije  $\text{CO}_2$ .



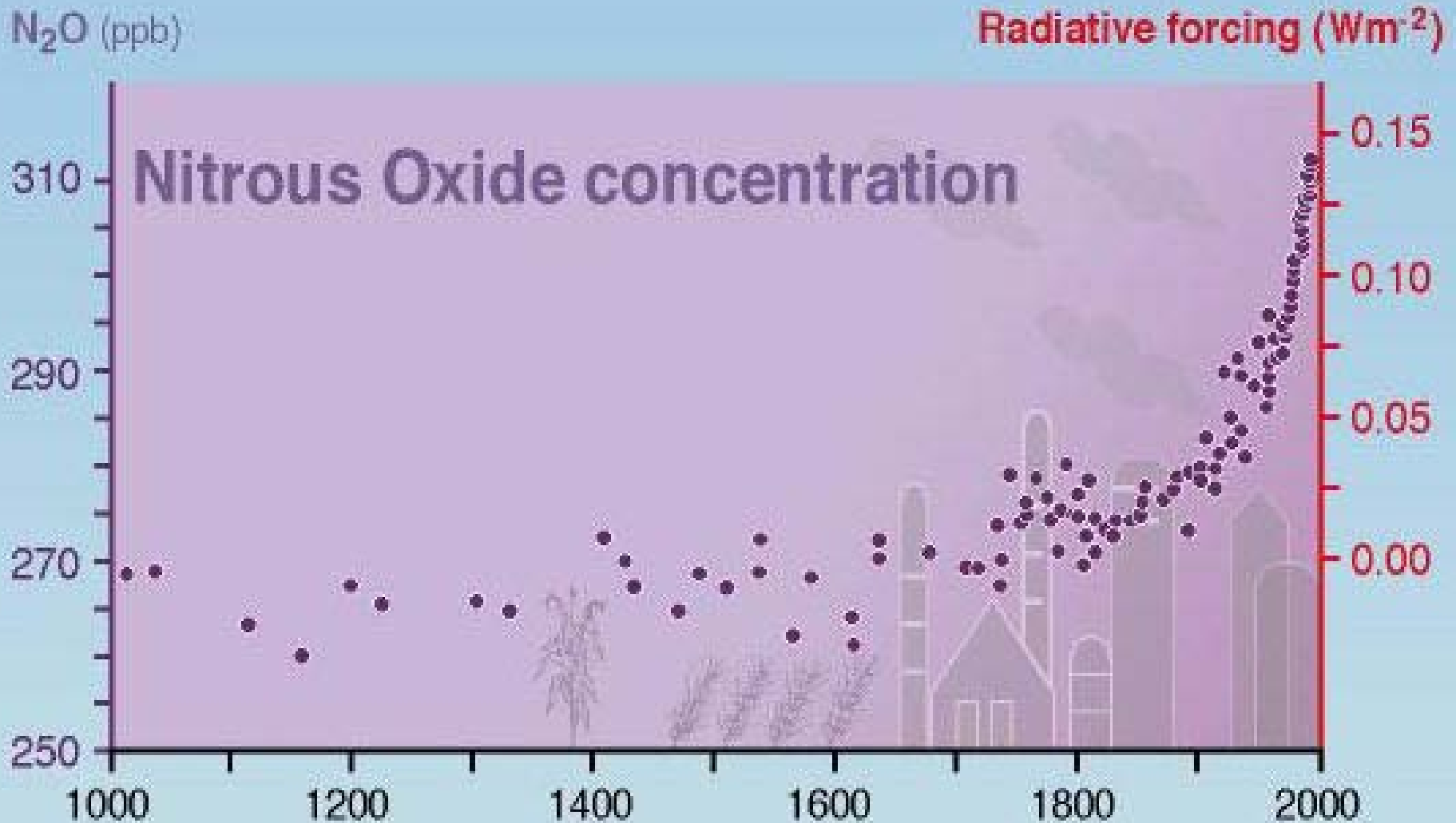
Koncentracija CO<sub>2</sub> u ppm. Periodični ciklusi su sezonske varijacije usled apsorpcije biljaka



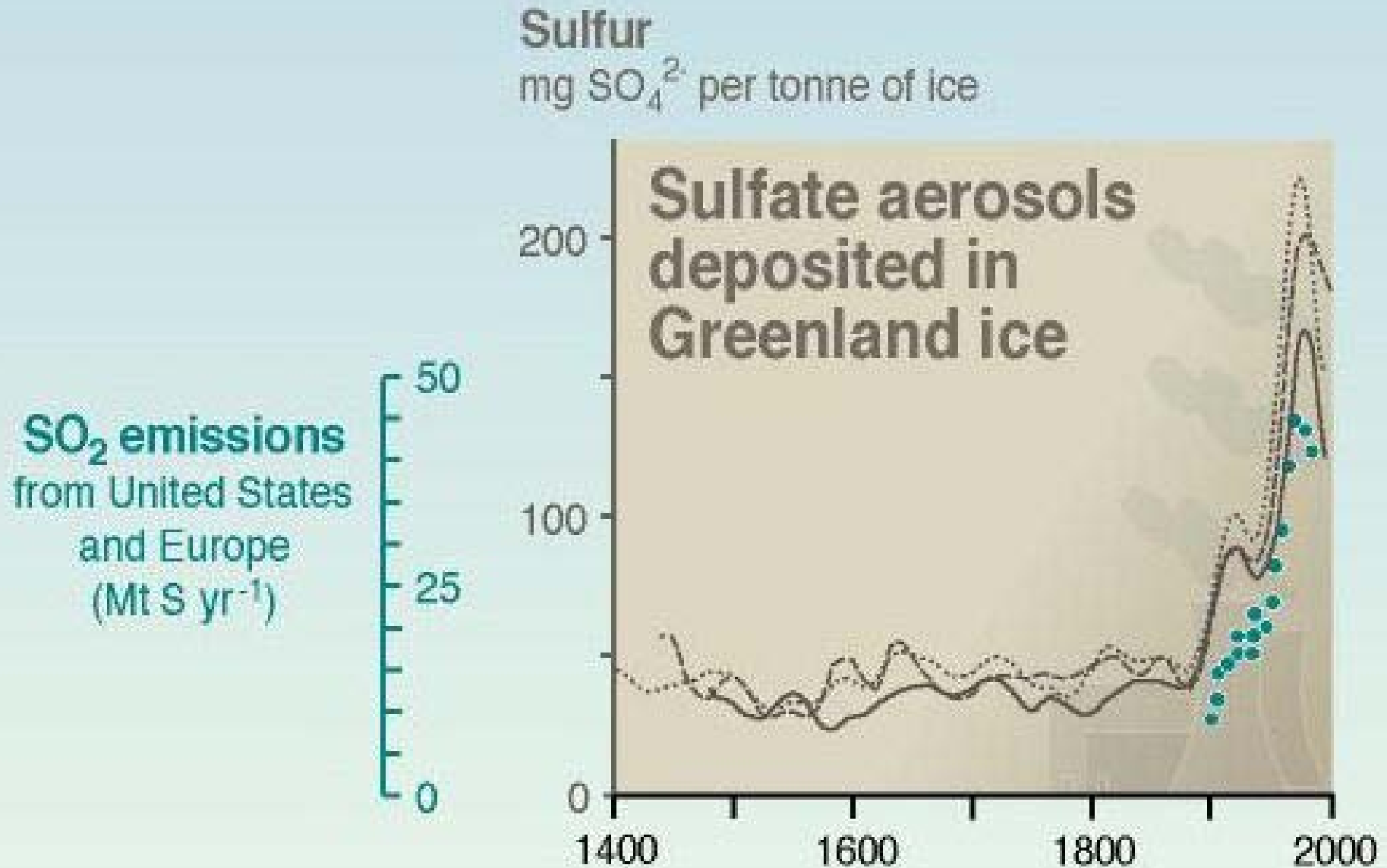
# Promena koncentracije CH<sub>4</sub> u poslednjih 1000 god.



# Promena koncentracije N<sub>2</sub>O u poslednjih 1000 god.



# Promena koncentracije SO<sub>2</sub> u poslednjih 1000 god.



## Monitoring:

- Kontinualna optička spektroskopija,
- – Masena spektrometrija
- – Poluprovodnički senzori
- – Hemiluminiscencija
- – Tekuće hemijske neutralizacije
- – ...
- – Kompaktnim mobilnim uređajima
- Sa posebno razvijenim standardima za kalibraciju, sa vrlo detaljnim uputstvima radi postizanja zadovoljavajuće tačnosti i ujednačenosti merenja.

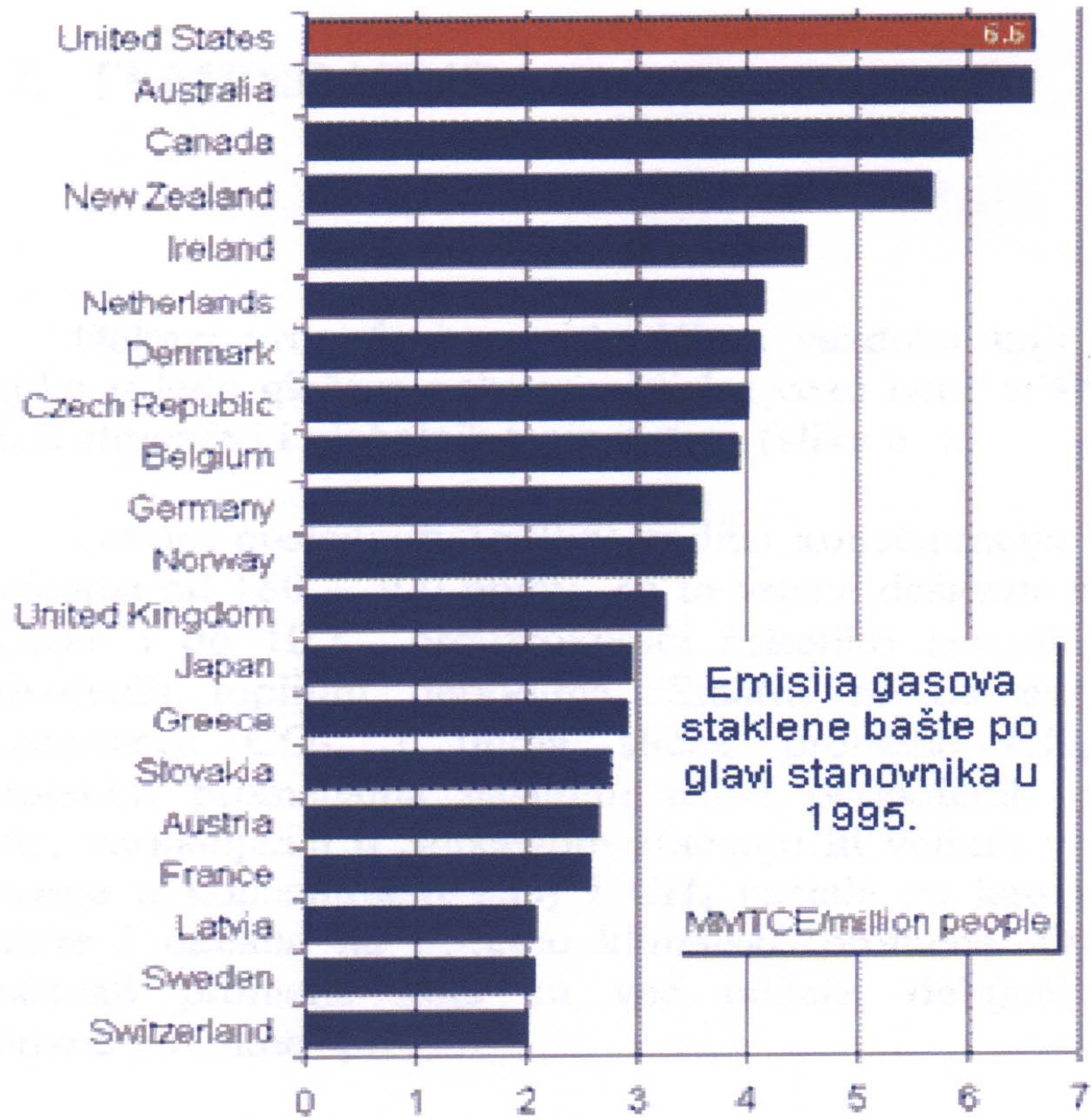


# Koncentracije i izvori gasova staklene bačte

Gas	Koncentracija 1750. god	Dana;nja koncentracija	Promena u procentima	Prirodni i ljudski izvori
CO <sub>2</sub>	280 ppm	360 ppm	29 %	Šumski požari, vulkani, sagorevanje fosilnih goriva, krčenje šuma, promena u korišćenju zemljišta
CH <sub>4</sub>	0,7 ppm	1,7 ppm	143 %	Močvare, termiti, eksploatacija nafte i gasa, sagorevanje biomase, uzgajanje pirinča, stoka, deponije
N <sub>2</sub> O	280 ppb	310 ppb	11 %	Šume, livade, okeani, njive, đubriva, sagorevanje biomase i fosilnih goriva
CFC	0	900 ppt	-	Frižideri, sprejevi, rastvori za čišćenje
O <sub>3</sub>	nepoznata	Zavisi od geografske širine i visine	Smanjuje se u stratosferi a raste u troposferi	Prirodno se stvara dejstvom Sunčeve svetlosti na molekulski kiseonik i veštački fotohemiskom proizvodnjom smoga

## Godišnja proizvodnja gasova staklene bašte

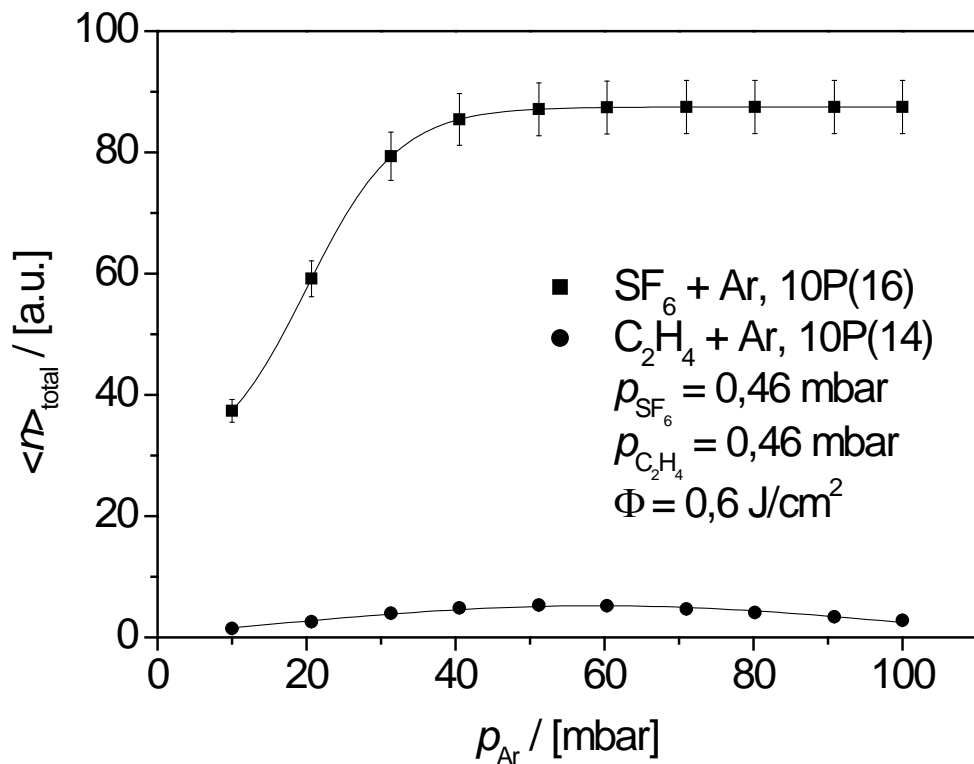
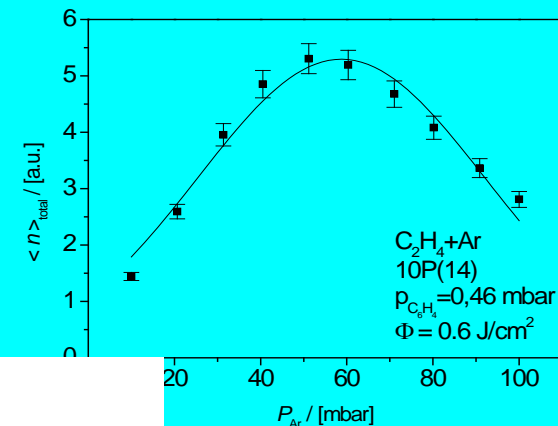
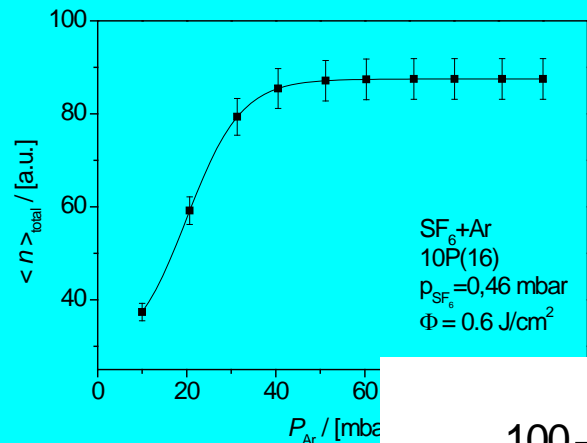
Gas	godišnja emisija	izvor
CO <sub>2</sub>	1.6 Pg C	Promene u korišćenju zemljišta
CH <sub>4</sub>	70-120 Tg CH <sub>4</sub>	Sagorevanje fosilnih goriva
	200-350 Tg CH <sub>4</sub>	Uzgajanje pirinča, stočarstvo Sagorevanje biomase
N <sub>2</sub> O	3-8 Tg N	Poljoprivreda i industrija (proizvodnja azotne kiseline)



# Potencijal globalnog zagrevanja (GWP)– Radijativno opterećenje jedinичne mase datog polutanta u odnosu na CO<sub>2</sub>:

$$Tg(CO_2)Eq=(Gg \text{ of gas}) \times (GWP \times (Tg/1000Gg))$$

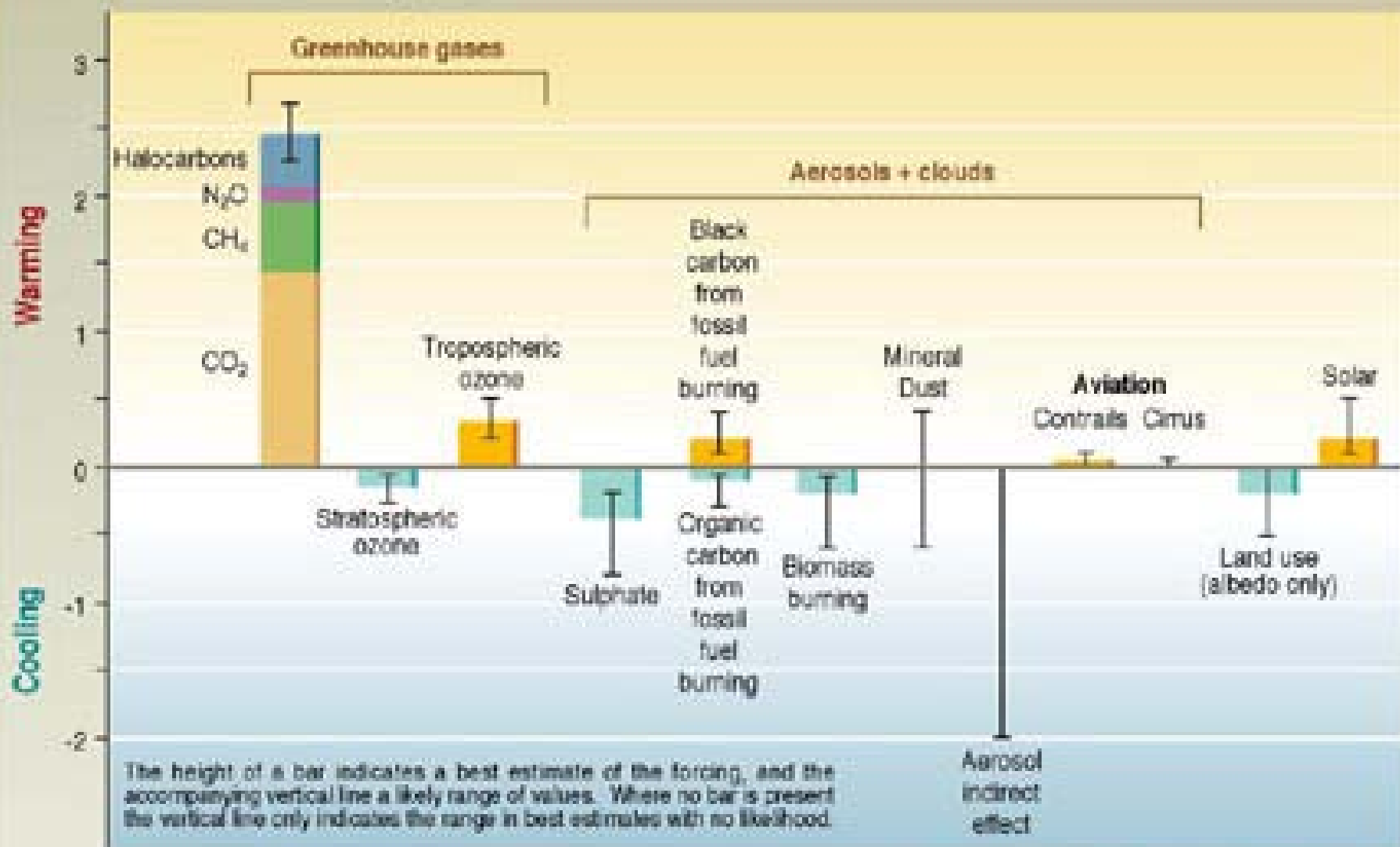
Gas	Atmosfer sko vreme `ivota	100- god. GWP	20-god. GWP	500- god. GWP
Ugljen-dioksid (CO <sub>2</sub> )	50-200	1	1	1
Metan (CH <sub>4</sub> )	12	21	56	65
Azot-suboksid (N <sub>2</sub> O)	120	310	280	170
HFC-23	264	11,700	9,100	9,800
HFC-125	32.6	2,800	4,600	920
HFC-134a	14.6	1,300	3,400	420
HFC-143a	48.3	3,800	5,000	1,400
HFC-152a	1.5	140	460	42
HFC-227ea	36.5	2,900	4,300	950
HFC-236fa	209	6,300	5,100	4,700
HFC-4310mee	17.1	1,300	3,000	400
CF <sub>4</sub>	50,000	6,500	4,400	10,000
C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	10,000	9,200	6,200	14,000
C <sub>4</sub> F <sub>10</sub>	2,600	7,000	4,800	10,100
C <sub>6</sub> F <sub>14</sub>	3,200	7,400	5,000	10,700
	3,200	23,900	16,300	34,900



Comparison of total average number of absorbed photons  $\langle n \rangle_{\text{total}}$  for  $\text{SF}_6$  and  $\text{C}_2\text{H}_4$  molecule as a function of Ar buffer-gas pressure  $p_{\text{Ar}}$ , for  $\text{SF}_6 + \text{Ar}$  and  $\text{C}_2\text{H}_4 + \text{Ar}$  mixtures, under constant laser fluence  $F = 0,6 \text{ J/cm}^2$ , at 10P(16) and 10P(14) line respectively.

# Anthropogenic and natural forcing of the climate for the year 2000, relative to 1750

Global mean radiative forcing ( $Wm^{-2}$ )



LEVEL OF SCIENTIFIC UNDERSTANDING

High Medium Medium Low Very low Very low Very low Very low Very low Very low Very low

## Uticaj efekta “staklene bašte” ispoljava se na:

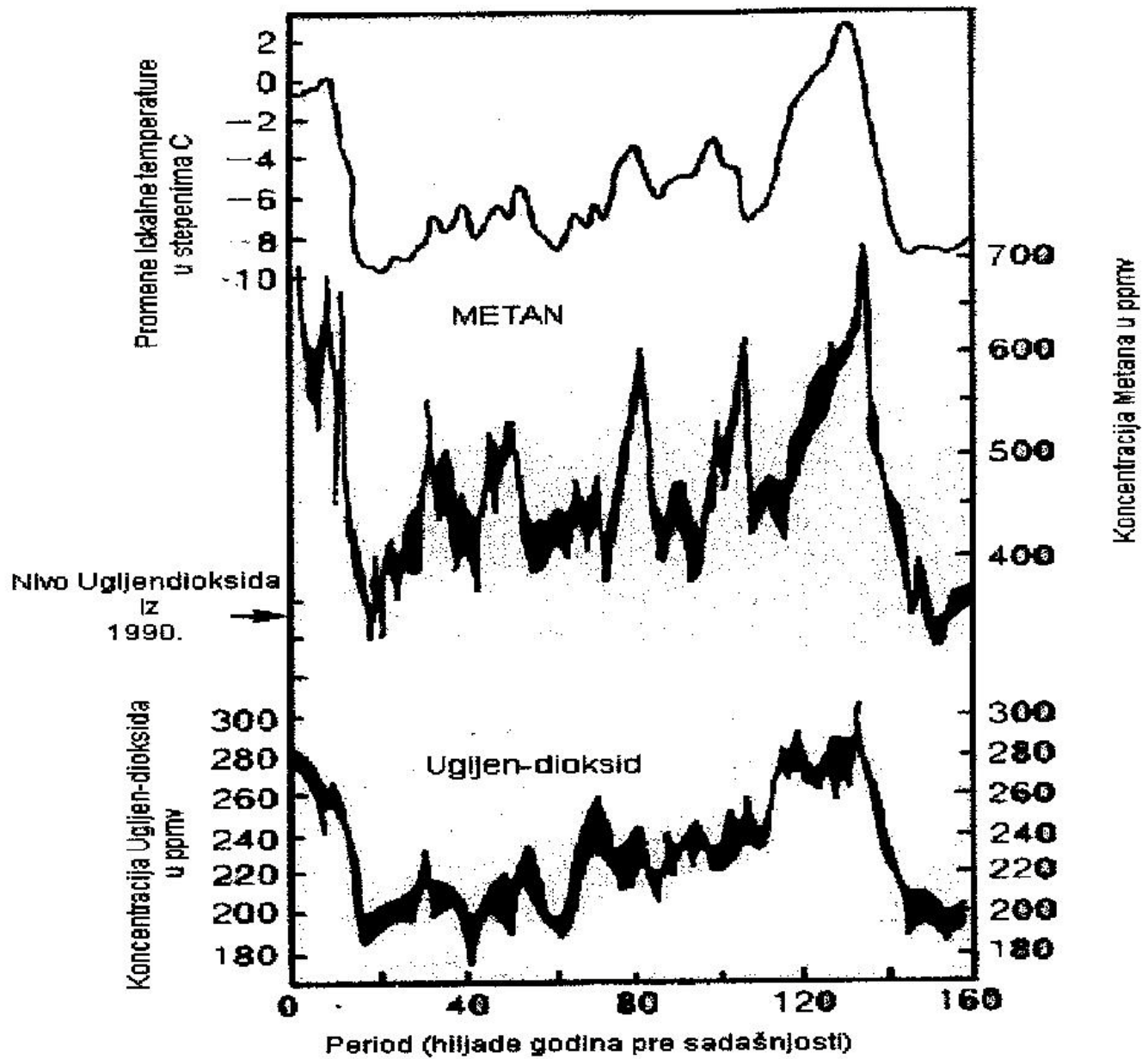
- Globalnu temperaturu atmosfere
- Topljenje ledenog pokrivača
- Porast nivoa mora
- Uticaj na biljni i životinjski svet  
(polarni svet, šume, ptice, prinosi...)
- Uticaj na zdravlje ljudi

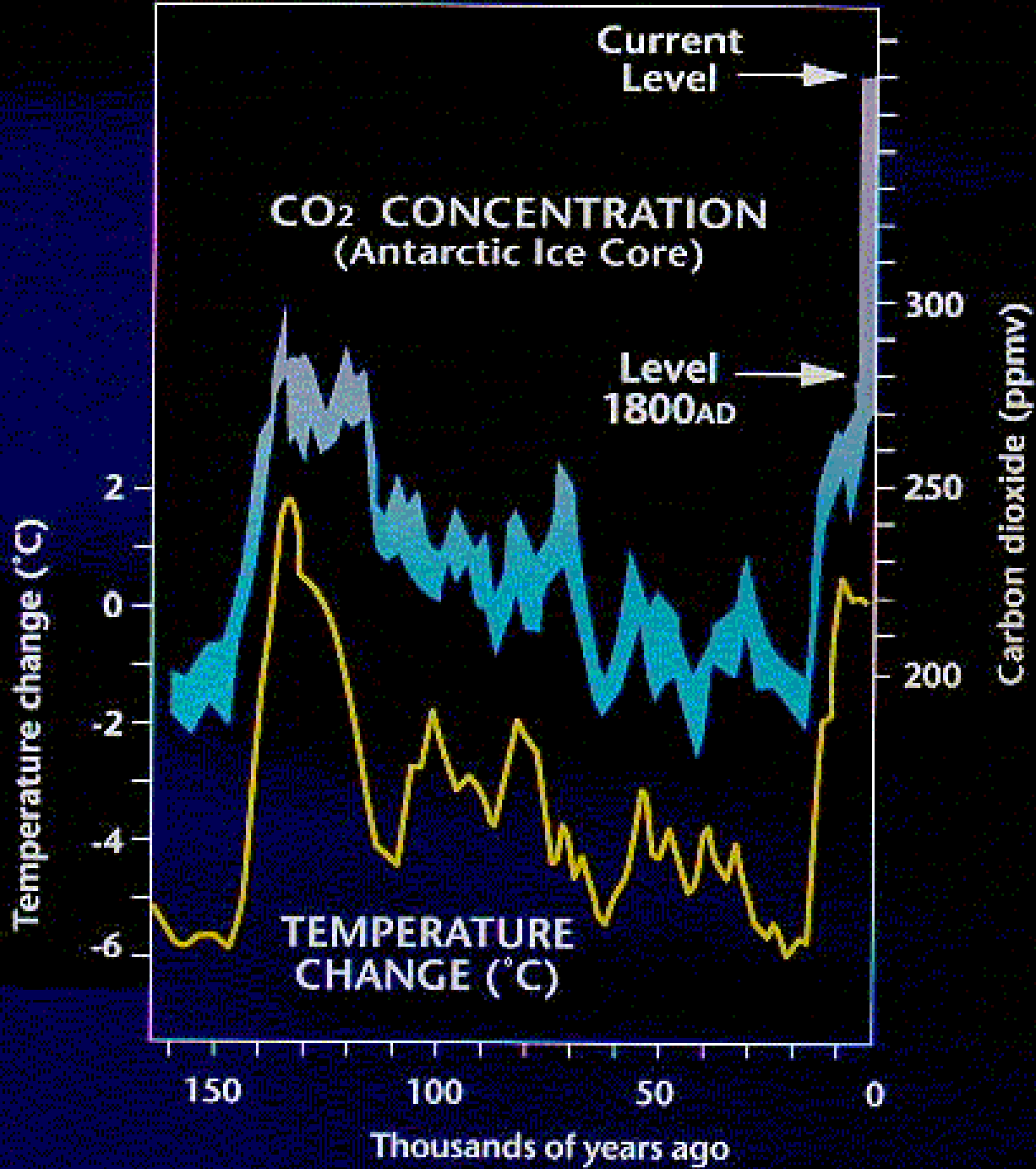
# Globalna temperatura atmosfere

- Tokom poslednjih 160.000 godina uslovi na Zemlji su se menjali. Smenjivala su se ledeni i topli periodi. Smatra se da su promene posledice promene Zemljine orbite, Sunčevih erupcija i velikih vulkanskih erupcija. Promene su se kretale u intervalu do 10 °C.

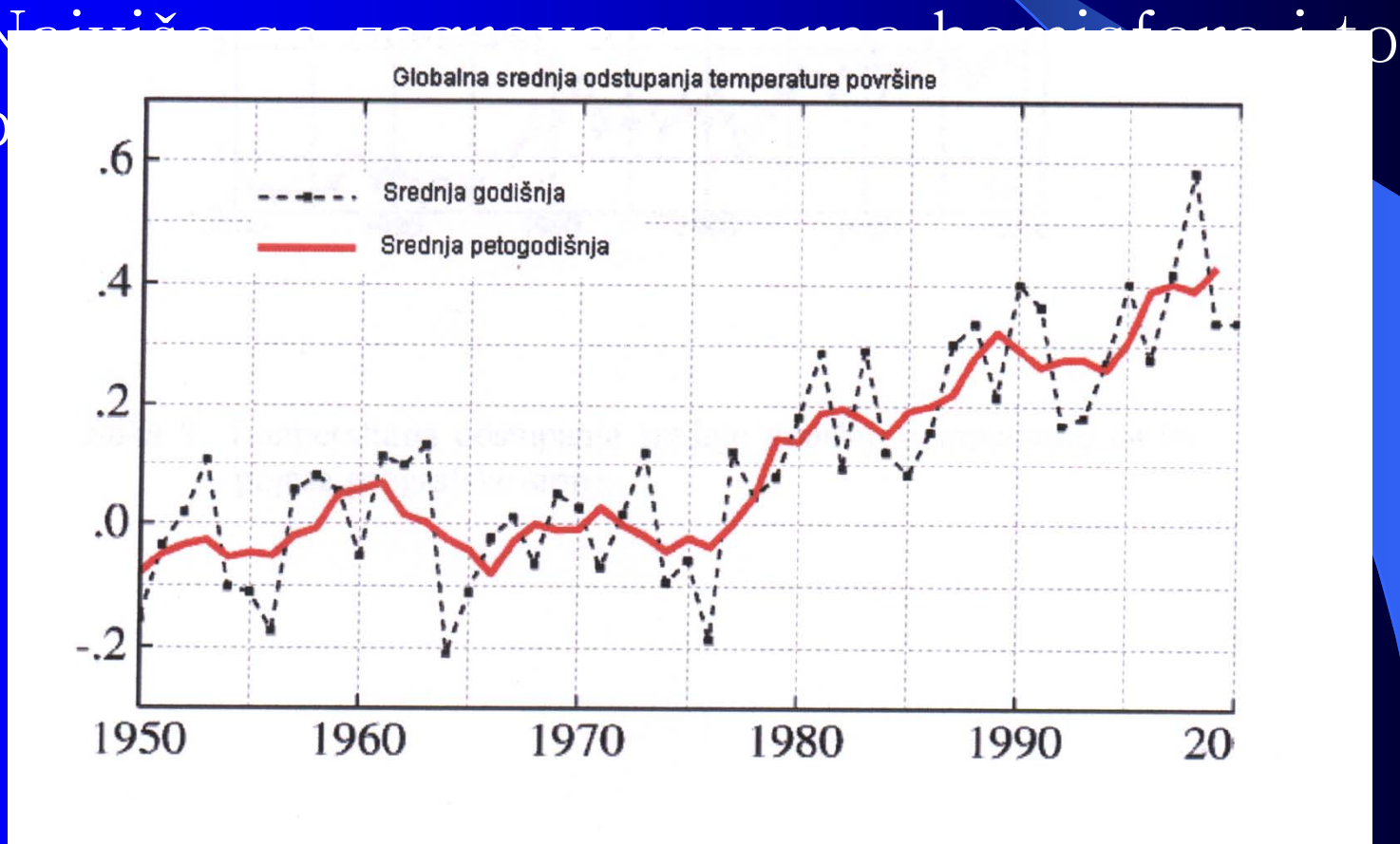
Analiza zarobljenog vazduha u ledenoj kori Antarktika pokazuje da su koncentracije CO<sub>2</sub> i CH<sub>4</sub> blisko povezane sa globalnom temperaturom.







- Globalna temperatura na površini Zemlje raste.
- U poslednjih 100 godina porasla je za 0,45–0,6 °C.

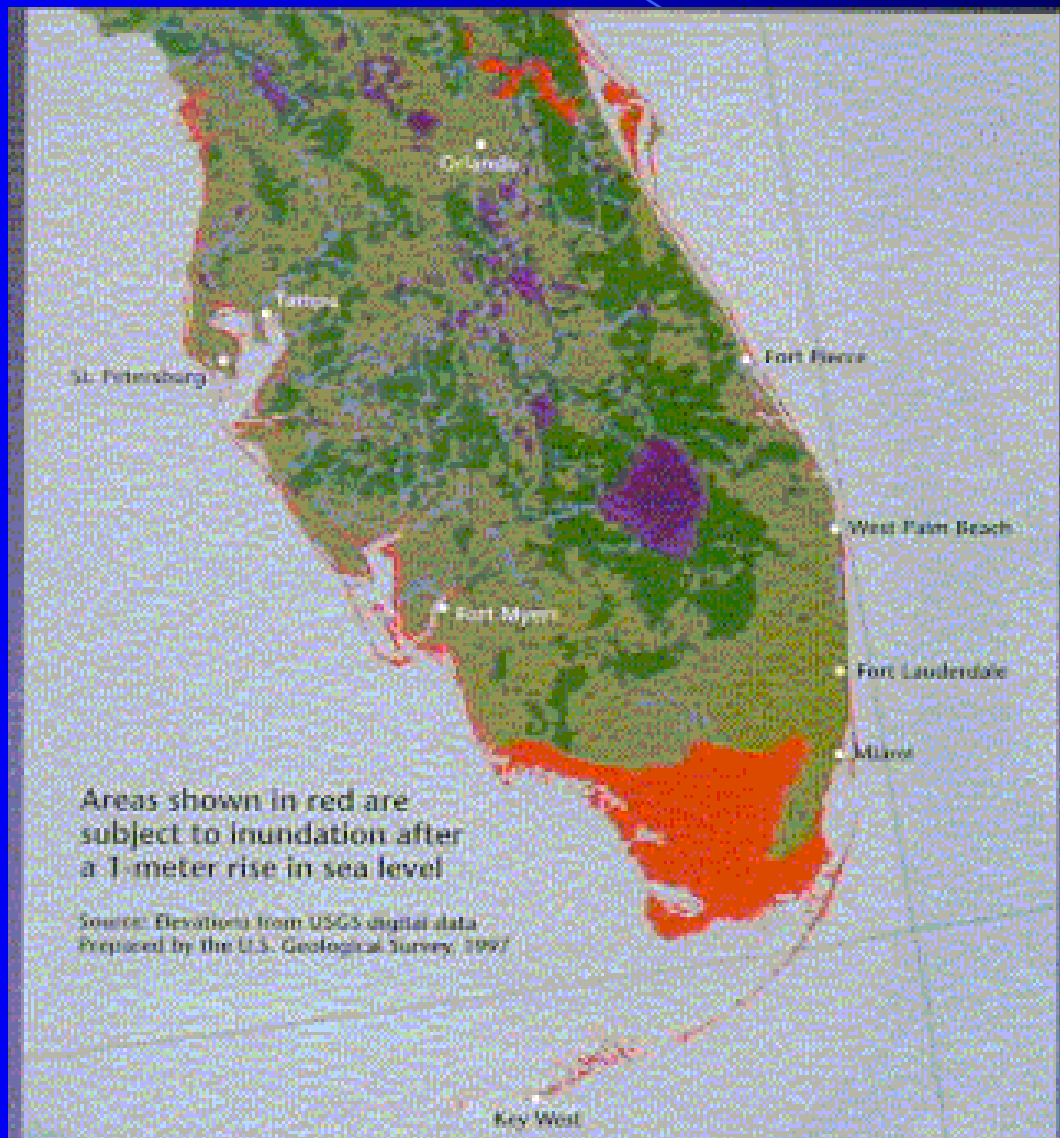


# Topljenje ledenog pokrivača i porast nivoa mora

- Led na polovima pokriva 10 % kopna i sadrži 77% zaliha slatke vode. Prosečna debljina je 2100m. Više ga ima na Antarktiku.
- Ako bi se sav led otopio nivo mora bi porastao za oko 80 m.
- Zagrevanje od 2–3 °C započelo bi topljenje na severnom polu. Potpuno topljenje leda na Arktiku povećalo bi nivo mora za 6 m. Antarktiku je hladniji i ove promene temperature ne bi izazvale potpuno

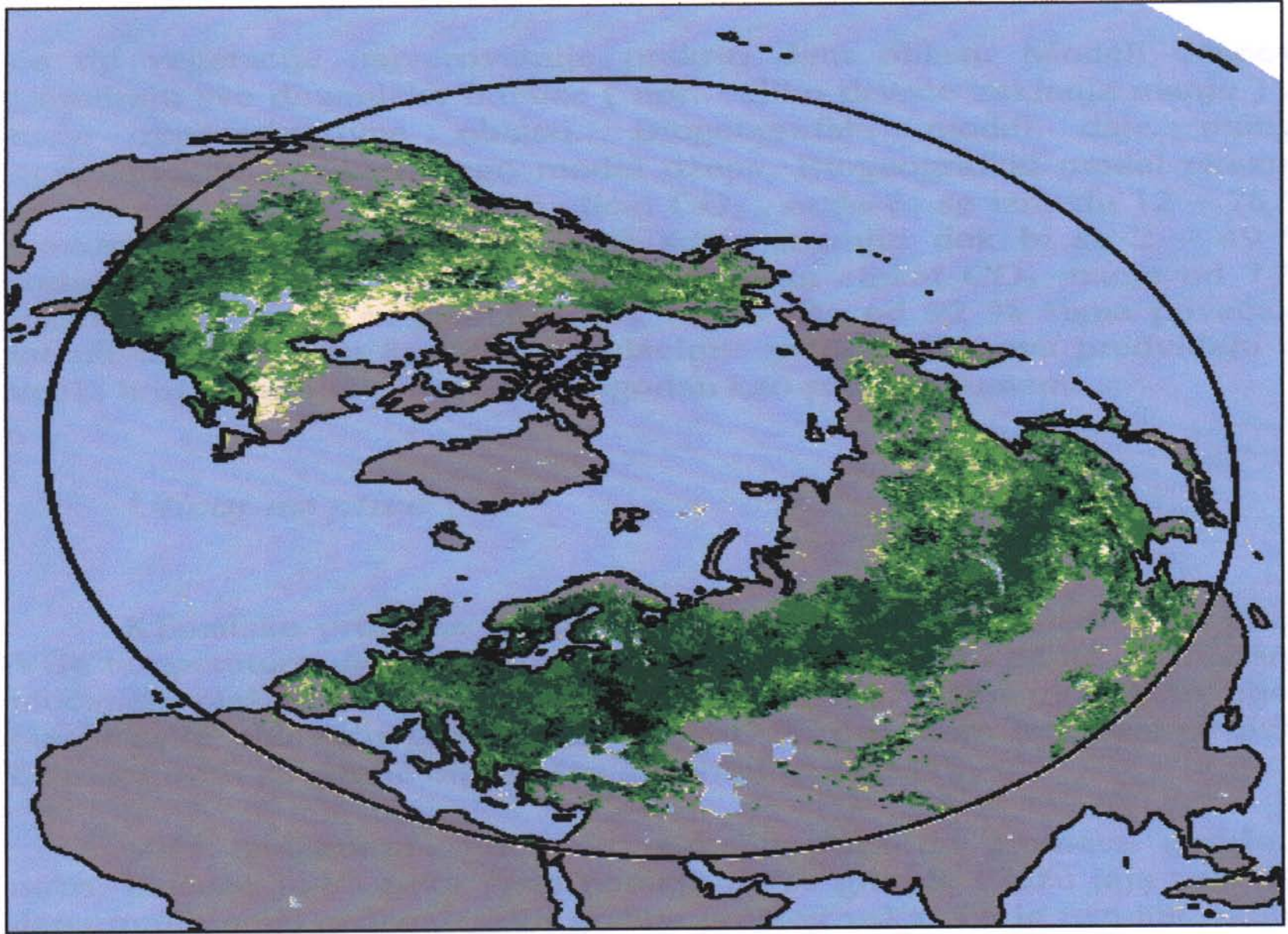
- Led se na severnoj hemisferi postepeno topi. U poslednjih 35 godina stanjio se za 42%. Nivo mora kod Aljaske i Kanade raste 0,15–0,30 cm godišnje.
- Od 150 glečera u 1850. godini na Aljasci i u Kanadi, danas ih ima oko 50.
- Merenja pokazuju da je u poslednjem veku nivo mora porastao u proseku za 15–20 cm. U geološkoj istoriji promene su bile po nekoliko desetina metara.
- Proračuni predviđaju da će nivo mora porasti do 2050. godine za 15–1,8100. godine za 24

*Promena linije obale kao posledica povišenja nivoa mora za 1m na primeru Južne Floride*



## Uticaj promena na ekosisteme

- Satelitski snimci pokazuju da se površina snežnog pokrivača severne hemisfere smanjila za 10 % od 1960. godine. To utiče na biljni i životinjski svet ovih oblasti.
- Porast temperature za oko 2 °C pomerio bi granice staništa šuma na severnoj polulopti za oko 300 km na sever.



**Persistence of Greening**

■	■	■	■	■	■
low					high



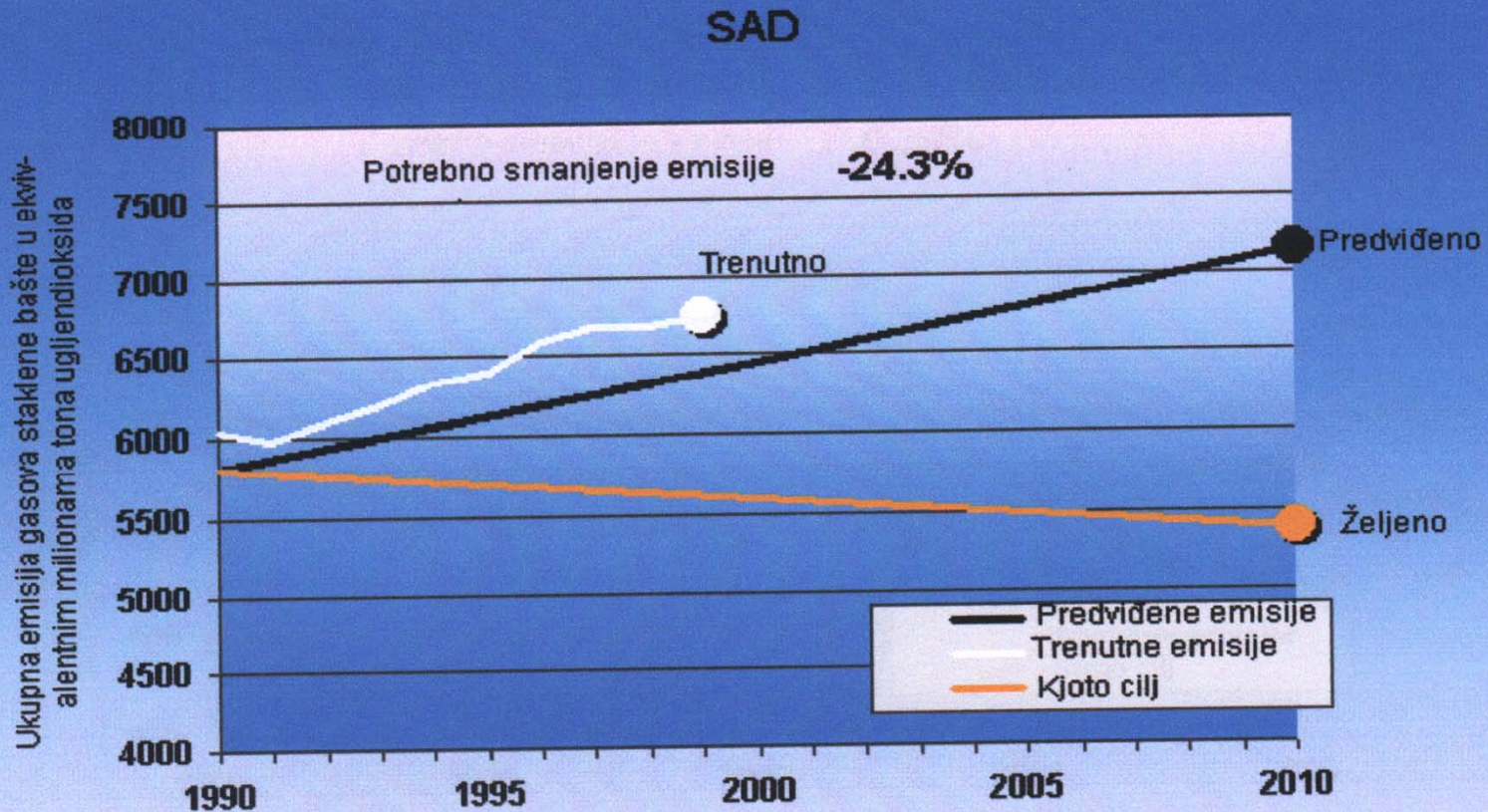
# Aktivnosti UN na globalnoj zaštiti životne sredine

- Stokholmska konferencija UN 1972
- Bečka konvencija 1985
- Montreal 1987
- Rio de Žaneiro 1992
- Berlin 1995
- Kjoto, Japan 1997.
- UNFCCC (Framework Convention on Climate Change):
  - IPCC UNEP+ WMO

# KJOTO PROTOKOL (1997)

- Razvijene zemlje, najveći proizvođači CO<sub>2</sub> obavezane su da smanje emisiju gasova staklene bašte na pojedinačno propisani nivo do 2010. godine.
- Obavezane su i zemlje u razvoju da ograniče emisiju.

# Obaveze SAD po Kjoto protokolu



- Neke razvijene zemlje imaju prostora i za povećanje emisije,
- Međutim, neke zemlje, u prvom redu SAD još nisu ratifikovale Kjoto protokol. Protive se neobavezujućem odnosu prema zemljama u razvoju.
- Ipak SAD ozbiljno rade na smanjenju emisije svih gasova staklene bašte, što se vidi u izveštajima EPA.
- Ograničenje emisije i trgovina kvotama

# Kvalitet vazduha se može zaštititi: Rezultati u SAD (septembar, 2003)

- Od 1970. godine U.S. EPA beleži trend smanjenja zagađenosti i poboljšanja kvaliteta vazduha i pored povećanja obima proizvodnje, utroška energije i povećanja obima saobraćaja.
- Emisija 6 glavnih polutanata vazduha smanjena je za 48%.
- Emisija SO<sub>2</sub> iz termoelektrana je 2002. godine bila 10,2 miliona tona, 9% niža nego u 2000. i 41 % manja nego u 1980. godini.
- Emisija NO<sub>x</sub> je iznosila 4,5 miliona tona, 13% manje nego 2000. i 33% manje nego 1990.
-

- Godišnji izveštaji u SAD ukazuju na značajno smanjenje emisije, reda veličine 50% u poslednjih 20 godina, za 6 glavnih odnosno kritičnih polutanata:
  - – ugljen monoksid, CO
  - – olovo, Pb
  - – azot dioksid, NO<sub>x</sub>
  - – ozon, O<sub>3</sub>
  - – čvrste čestice, PM
  - – sumpordioksid SO<sub>2</sub> (kvote, berza)

# TENT



Blok Snaga (MW)	Godina merenja (izgradnje)	Emisija SO <sub>2</sub> - NO <sub>2</sub> - CO (GVE) (mg/m <sup>3</sup> )	Emisija čvrstih čestica (mg/m <sup>3</sup> ) (GVE=50)	Prosečna efikasnost otprašivanja (projektovana) (%)
A1 210	2001 (1970)	2000 (650) 350 (450) 150 (250)	2300	91,5 (98.5)
A2 210	1999 (1970)	2200 340 150	2560	91,4 (98.5)
A3 305	2000 (1976)	1800 380 250	110	99,7
A4 308,5	2000 (1978)	1700 420 250	210	99,6
A5 308,5	1999 (1979)	1700 320 180	110	99,6
A6 308,5	1998 (1979)	2000 300 170	110	99,5

# EMITOVANA KOLIČINA GASOVA PO JEDINICI PROIZVEDENE ENERGIJE

IZVOR ENERGIJE	SO <sub>2</sub> (g/kWh)	No <sub>x</sub> (g/kWh)	C u CO <sub>2</sub> (g/kWh)
Ugalj	3.400	1.80	322.8
Nafta	1.700	0.88	258.5
Prirodni gas	0.001	0.90	178.0
Nuklearna elektrana	0.030	0.003	7.8
Fotovoltaične ćelije	0.020	0.007	5.3
KTF	.	.	.



## REŠENJE: ENERGETSKI IZVORI BUDUĆNOSTI

- - Sunčeva energija
- - Energija vetra
- - Energija plime i oseke
- - Geotermalna energija
- - Biomasa, biogas
- - Gorive ćelije
- - Nuklearne fisione elektrane
- - Kontrolisana termonuklearna fuzija

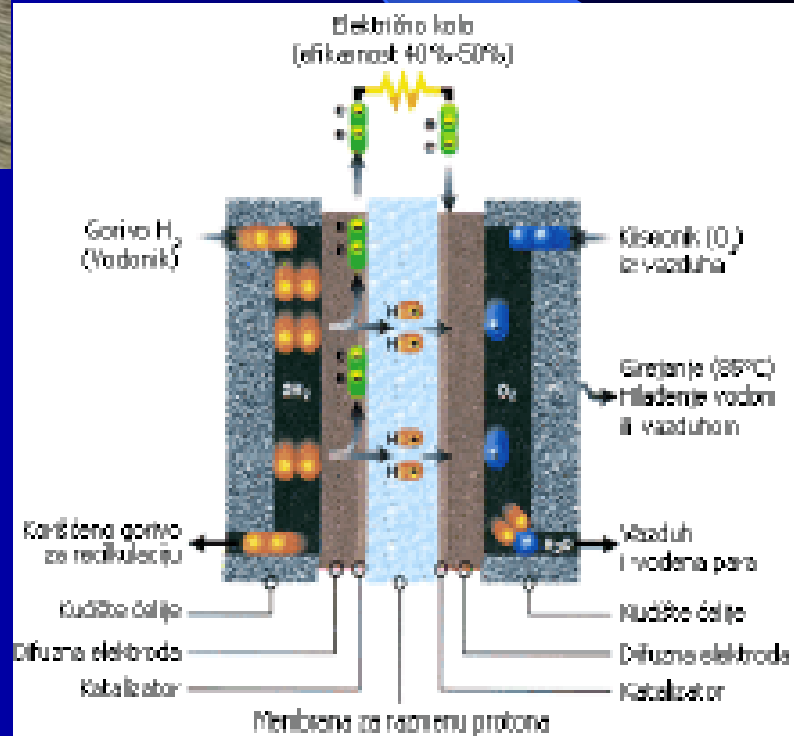


Solarni automobil



SCIENCEPHOTOLIBRARY

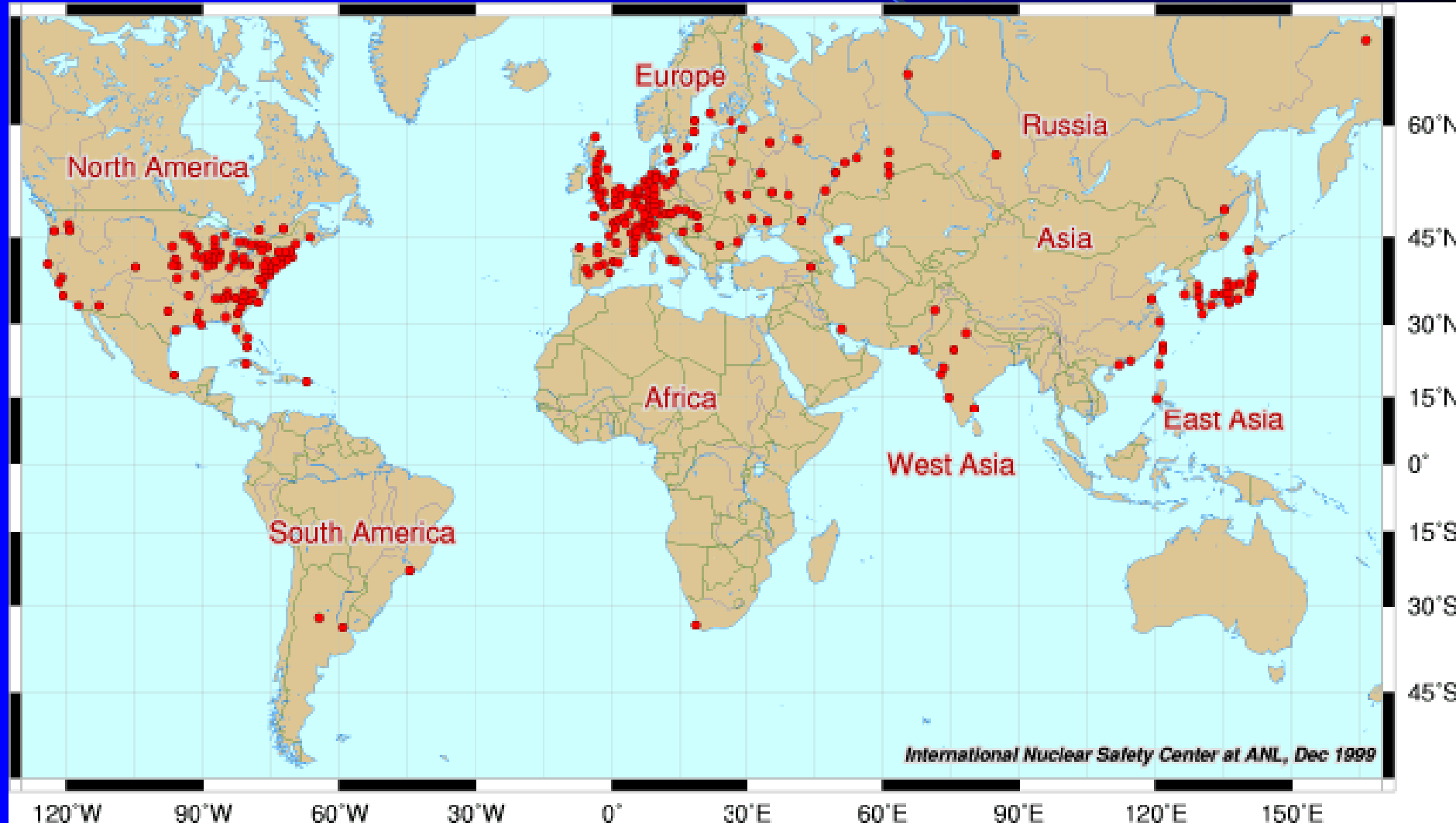
# Goriva ćelija Fuel cell

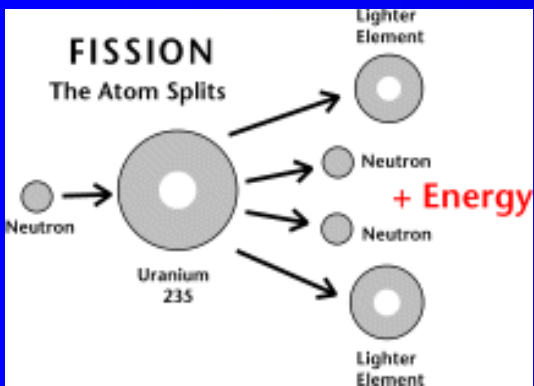


Cena proizvodnje električne energije u elektranama na vetar je visoka u odnosu na cenu energije koja se proizvodi od fosilnih goriva

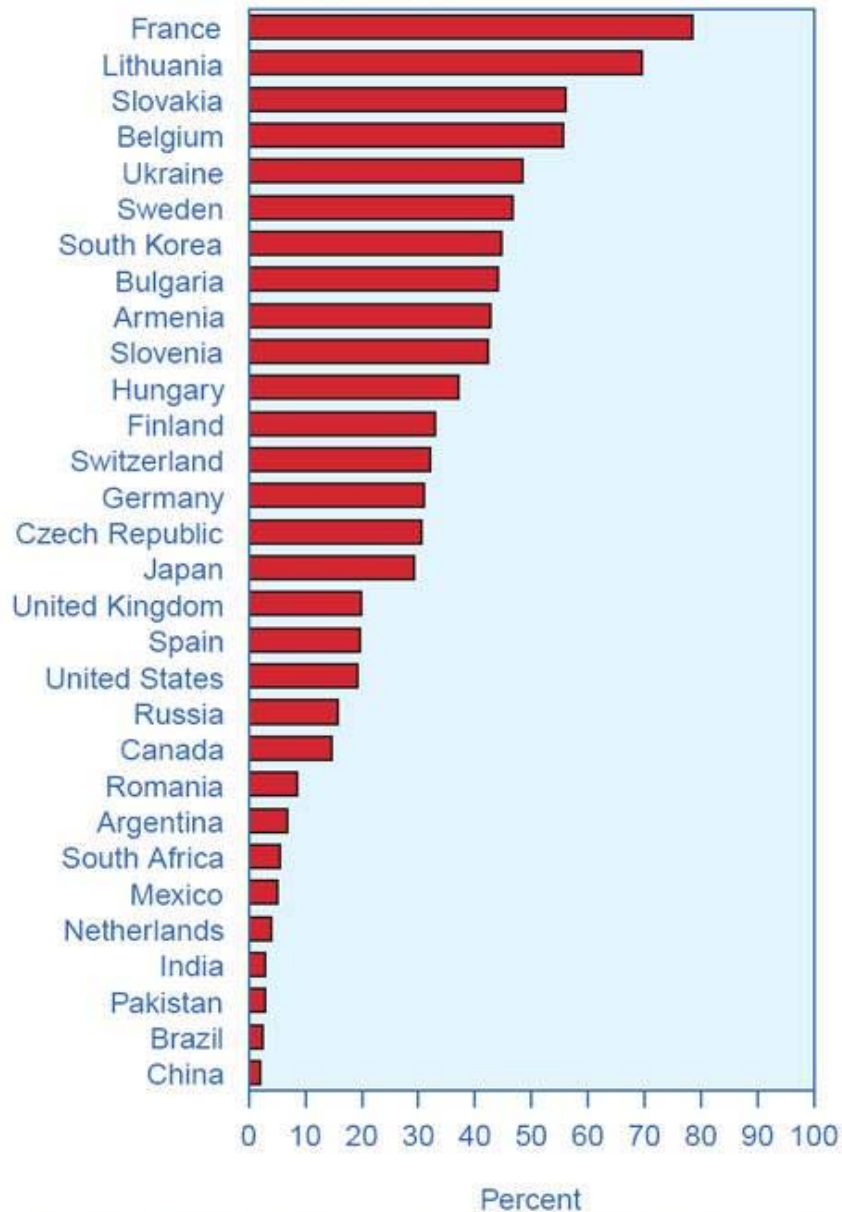


In 2005, there were 66 nuclear power plants (composed of 104 licensed nuclear reactors) throughout the United States. Six of these states rely on nuclear power for more than 50 percent of their energy. Worldwide, 434 reactors generate electricity in 33 countries (-120)

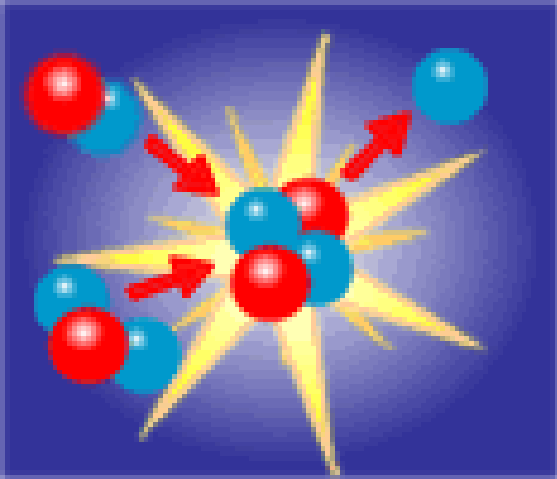




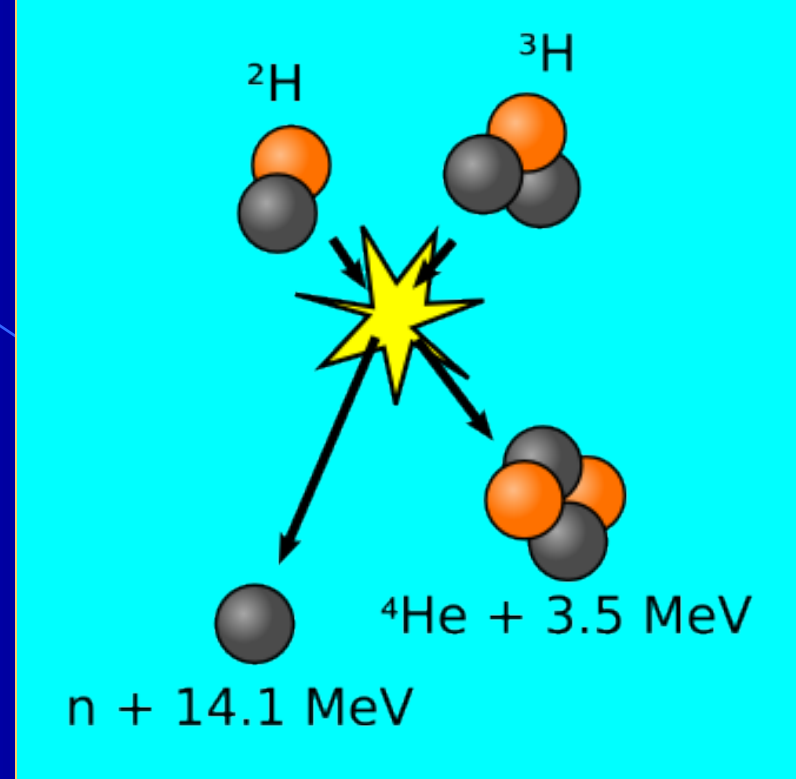
## Nuclear Shares of National Electricity Generation, 2005



Source: International Atomic Energy Agency, Reference Data Series 2, "Power Reactor Information System," web site [www.iaea.org/programmes/a2/](http://www.iaea.org/programmes/a2/) (April 2006).



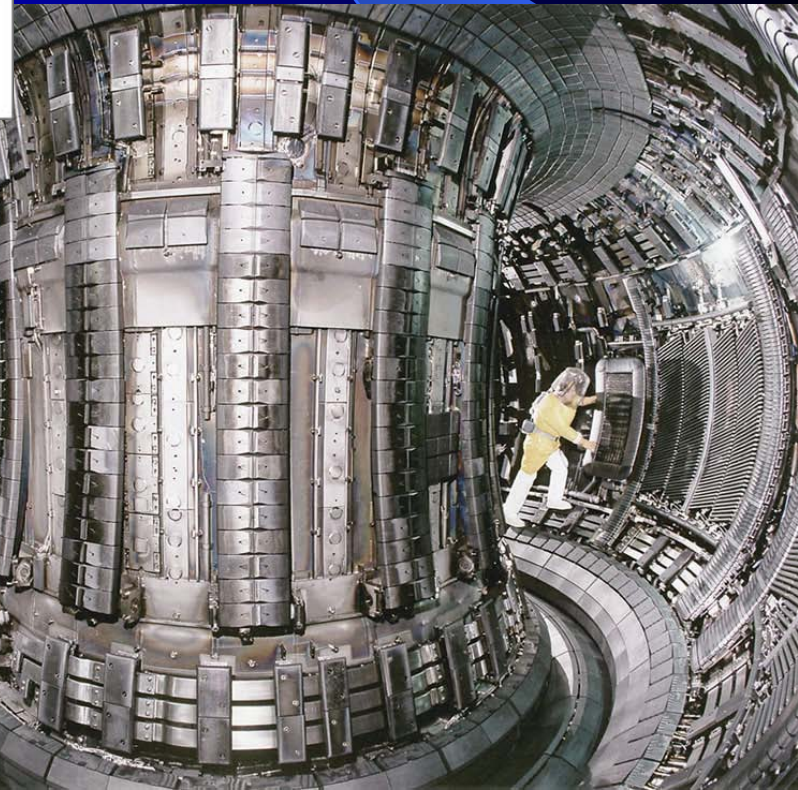
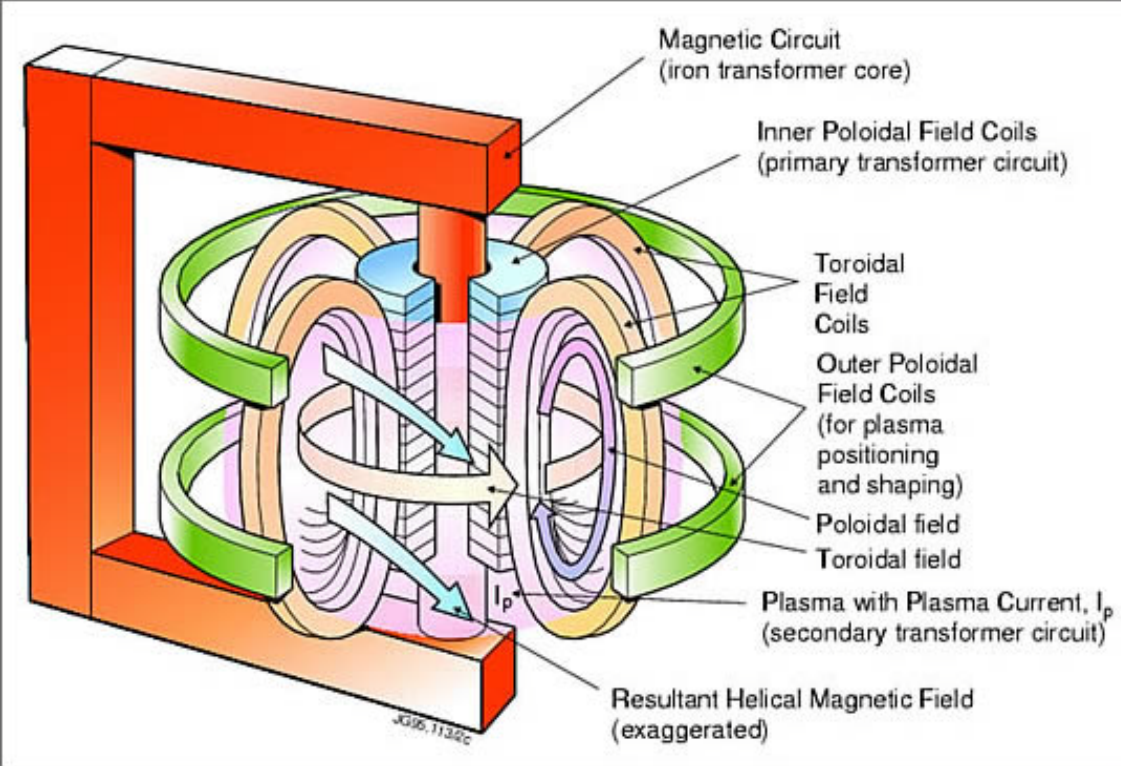
# KTF



For sustained fusion to occur, the following plasma conditions need to be maintained (simultaneously).

- \* Plasma temperature: (T) 100-200 million Kelvin
- \* Energy Confinement Time: (t) 1-2 seconds
- \* Central Density in Plasma: (n)  $2-3 \times 10^{20}$  particles  $\text{m}^{-3}$  (approx.  $1/1000$  gram  $\text{m}^{-3}$ ).
- (Lawson criterion)

# JET Culham UK



ITER  
Francuska

Oko 70 % snage postignuto

Prva proizvedena energija za 10 godina

Komercijalna proizvodnja za 30 godina

- - Zagrevanje snopovima neutrala, RF, laseri
- - Primeše u plazmi (nečistoće) utiču na balans energije i naelektrisanja plazme



# IZUČAVANI PROCESI



Simple ionization (SI)

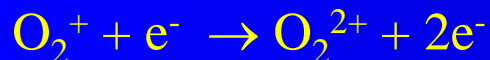
Dissociative excitation (DE)

“

Dissociative ionization (DI)

Asymmetric DI (ADI)

“



( $\text{N}_2^+$ )



Simple ionization (SI)

Dissociative excitation (DE)

Dissociative ionization (DI)

Asymmetric DI (ADI)

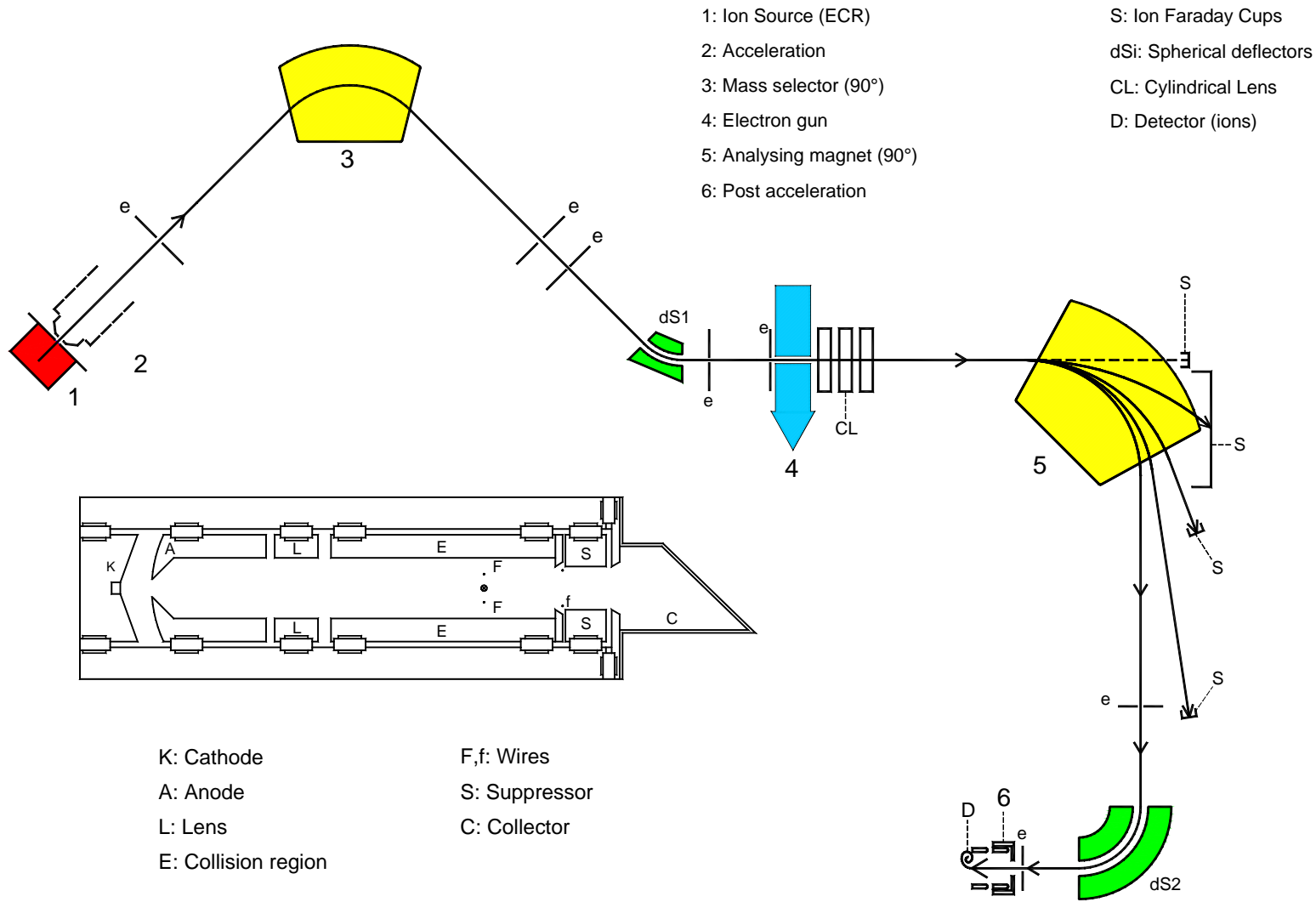
Dissociative recombination (DR)

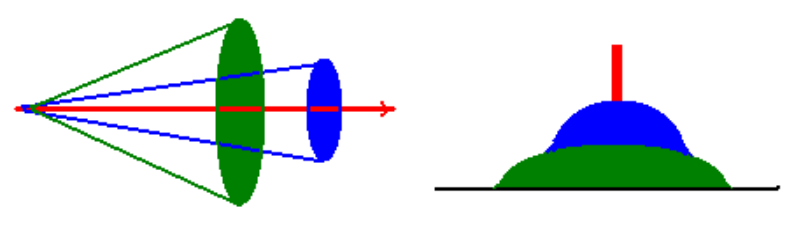
$\text{CO}_2^+$



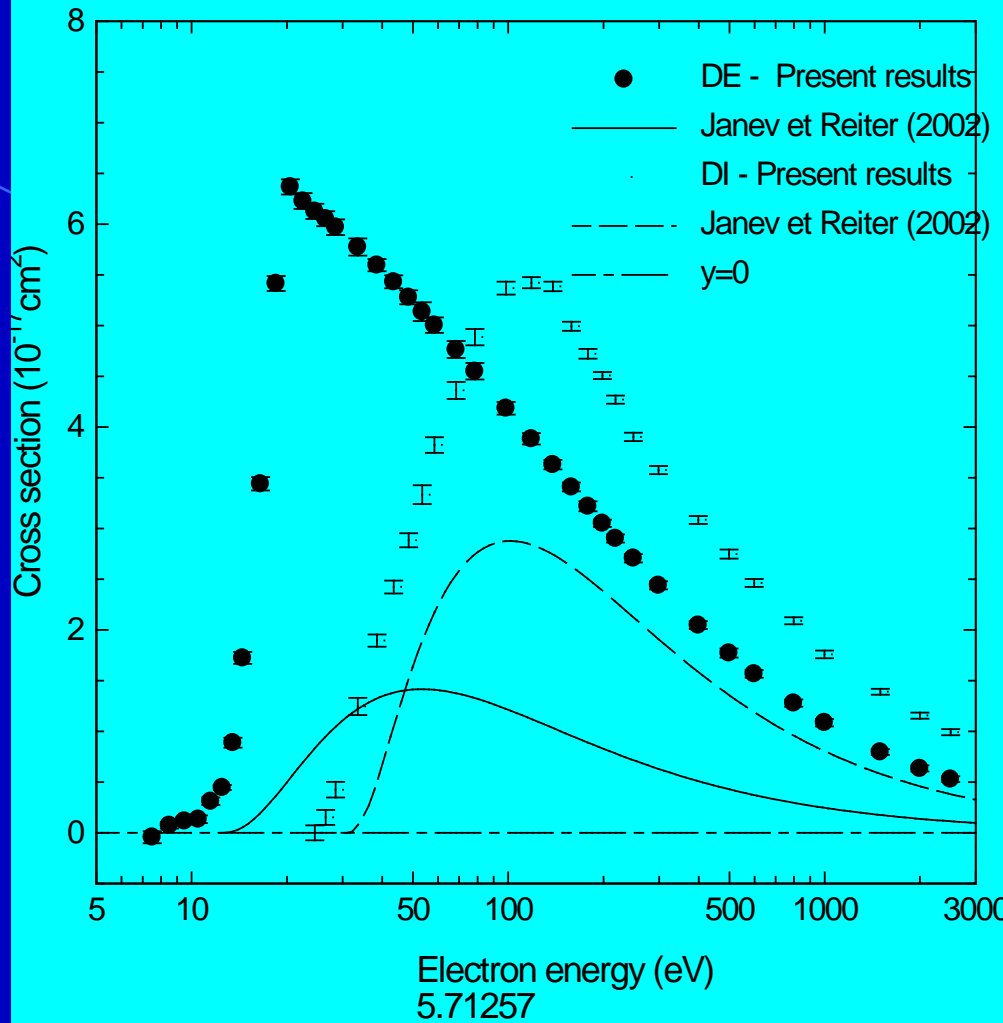
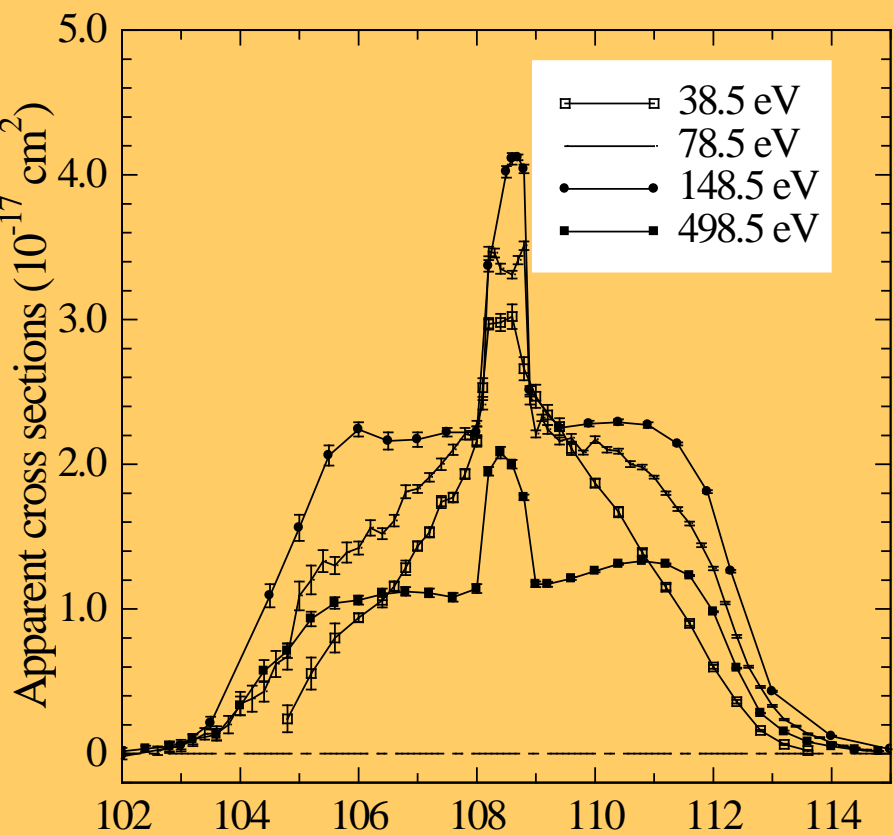
$\text{C}_2\text{H}^+$

$\text{CD}_4^+$  i svi fragmenti...





$O^+/O_2^{2+}$  from  $O_2^+$



$CH^+/C_2H_2^+$

- FCCC (1996) Framework Convention on Climate Change; FCCC, 1996, Report of the Conference of the Parties at its second session, Geneva 1996.

IPCC (2001) Climate Change 2001; A Scientific Basis, Intragovernmental Panel on Climate Change; J. T. Houghton, Y. Ding, D. J. Griggs, M. Noguer, P. J. Van Der Linden, X. Dai, C. A. Johnson and K. Maskell, eds. Cambridge University Press, Cambridge, U. K.

- UNEP/WMO (2000) Information Unit on Climate Change, Framework Convention on Climate Change, <http://www.unfccc.de>

WMO (1999) Scientific Assessment of Ozone Depletion, Global Ozone Research and Monitoring Project – Report No.44, World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland.

EPA (2005) Environmental Protection Agency; Climate Change, <http://www.epa.gov>.