

# Astrobiologija 2012

## Ekološki efekti kosmičkih eksplozija

1. 3. 2013.

# Radijacioni efekti na nastanjive planete

- Jonizujuće zračenje
- Transport materije  
(samo na male udaljenosti)
- Ubrzavanje kosmičkih zraka (spekulativno)

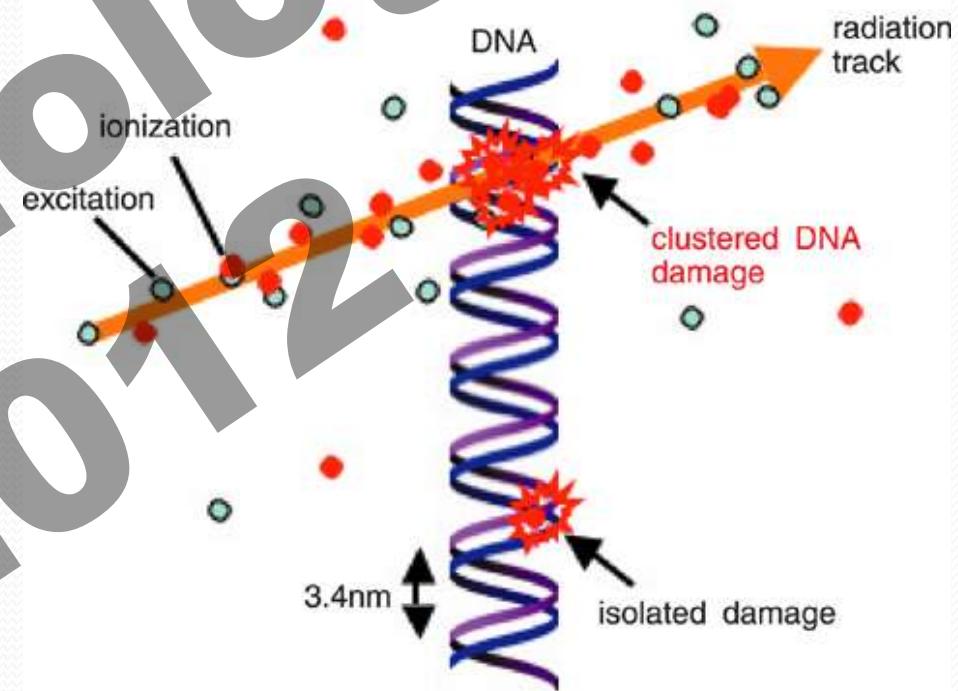




Stockholm

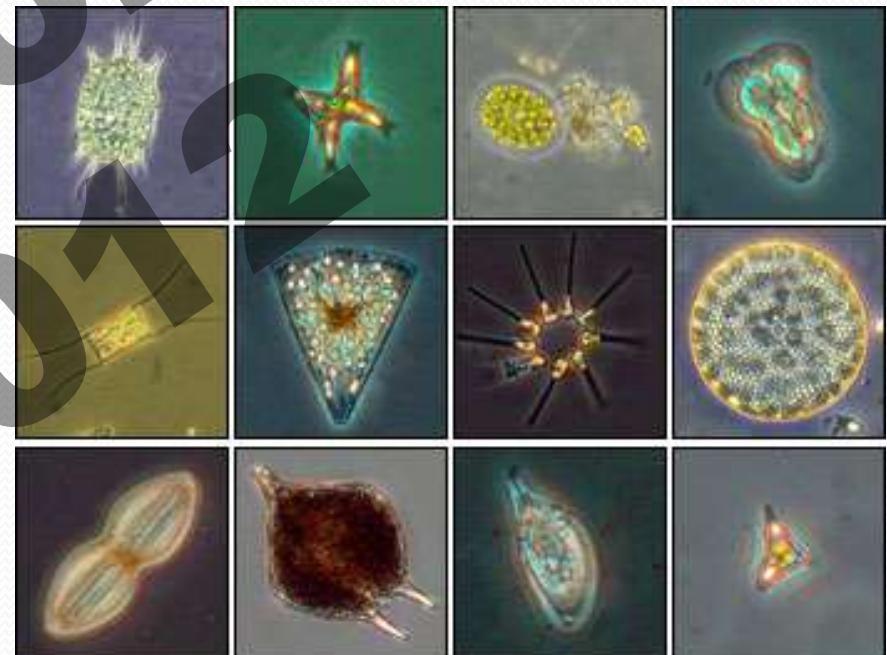
# Efekti zračenja

1. Direktni efekti na biosferu:
  - letalna jonizacija;
  - mutacije.
2. Promene atmosferske hemije:
  - oksidacija azota;
  - kisele kiše.
3. Dugoročni efekti:
  - razaranje ozonskog sloja;
  - klimatske promene.



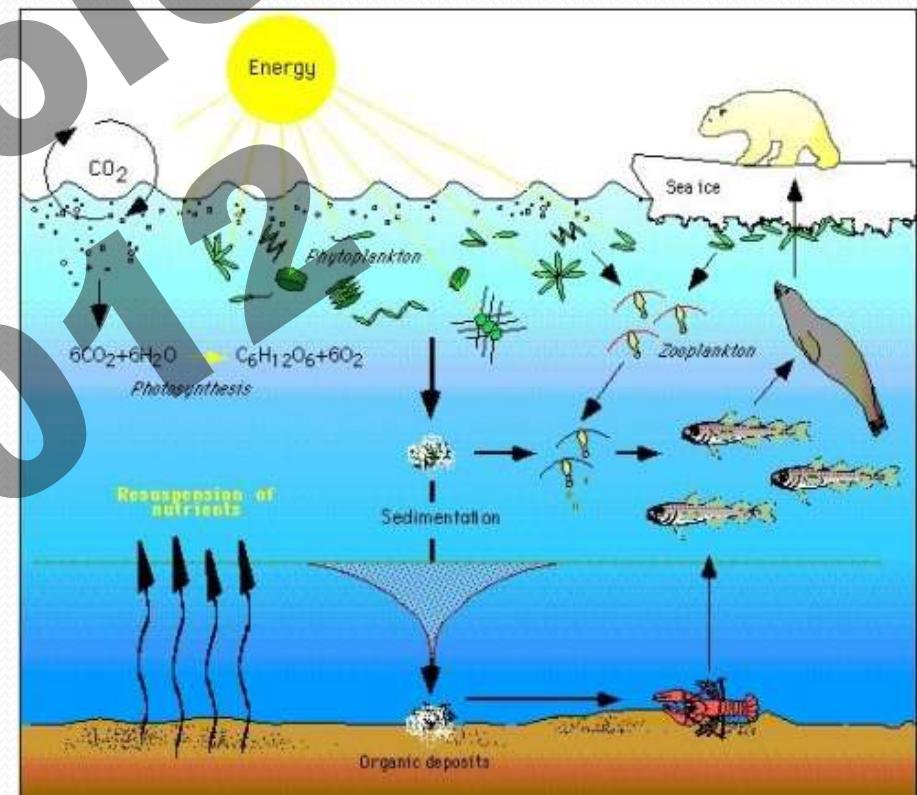
# Direktna ionizacija

- Letalna doza **jako** zavisi od vrste organizma...
- *Deinococcus radiodurans*
- Zračenje na površini Meseca za vreme Sunčevih oluja, na Jupiterovim satelitima... (uglavnom korpuskularno)
- Zagonetka: zašto brojni organizmi ključni za lanac ishrane žive na gornjoj granici tolerancije za UV zračenje?



# Problem kompleksnosti ekosistema

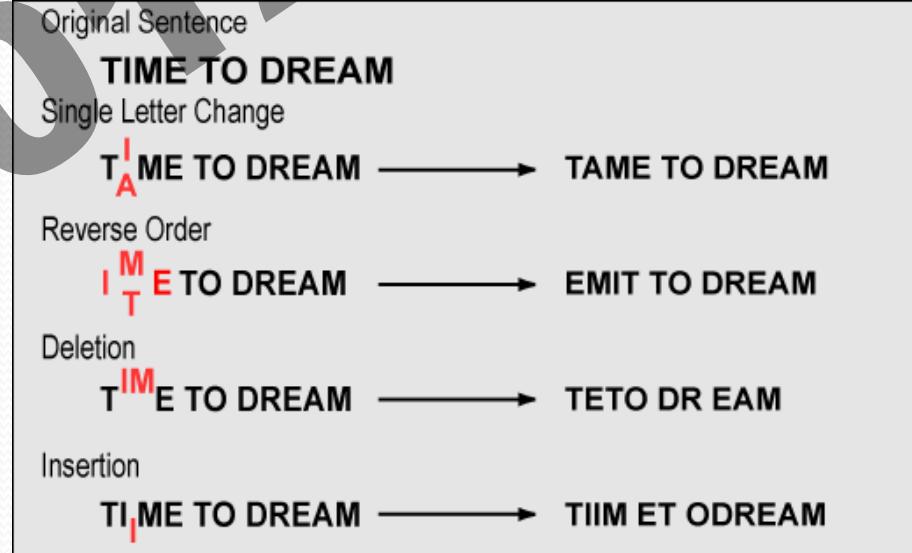
- Kompleksniji ekosistemi su osetljiviji na perturbacije!
- Lanac ishrane - gde su „slabe karike“?
- Primarna produktivnost
- Marinski ekosistemi (veći deo istorije Zemlje) zavisni od fitoplanktona...



Drawn by Christopher Krems

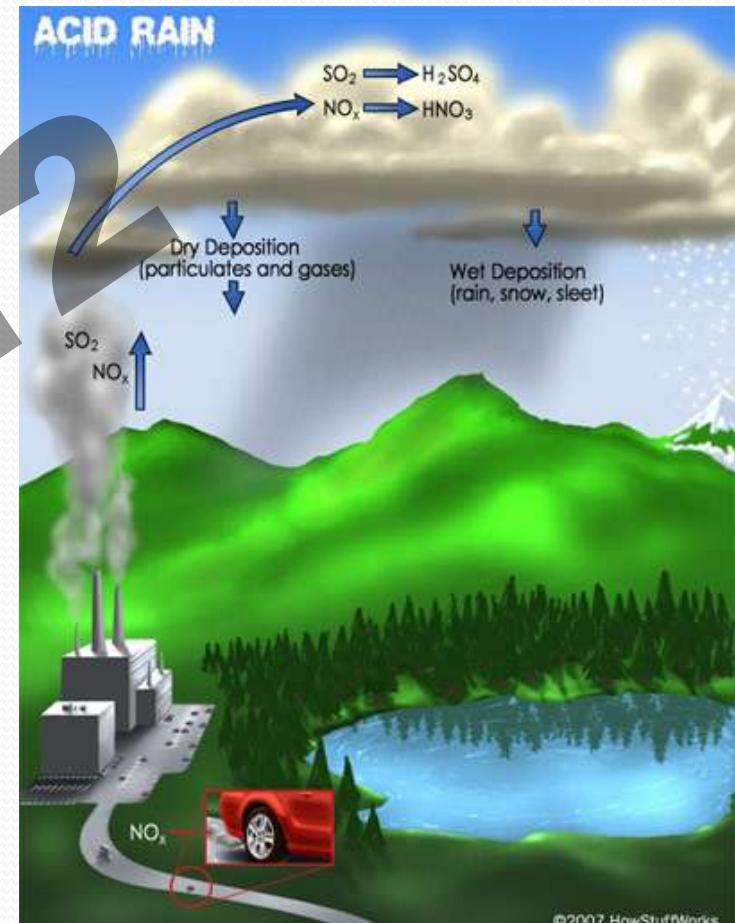
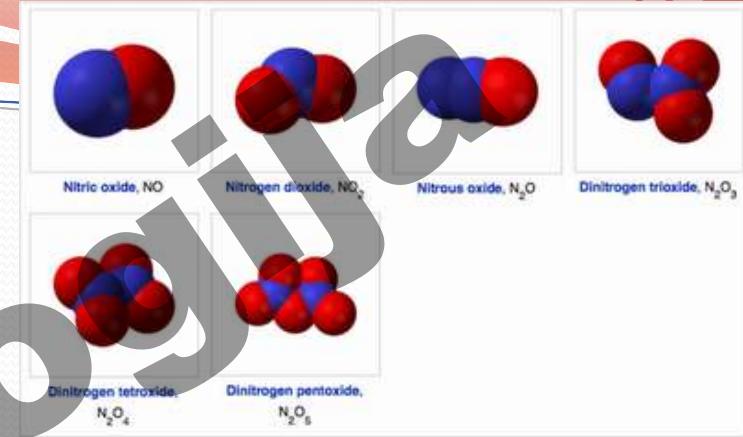
# Mutacije?

- Promene u genetskom kodu (tačkaste, itd.)...
- Veoma teško kvantifikovati!
- Šredinger (oko 1940): mogu biti uzrokovane jonizujućim zračenjem.
- 195...: otkriće DNK i genetskog koda.
- Kopneni organizmi osetljiviji od marinskih (uopšteno)!



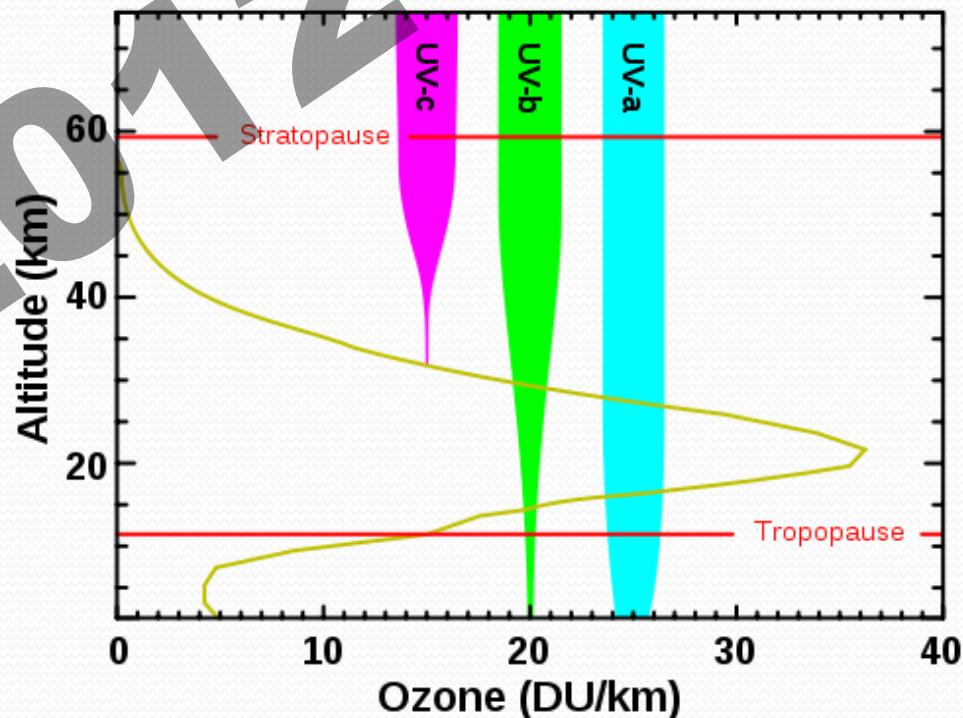
# Jonizujuće zračenje i NO<sub>x</sub>

- Ne dopire do površine Zemlje...
- ...ali formira azotne okside u atmosferi!
- Generičko ime: NO<sub>x</sub>
- Dva efekta:
  - Kisele kiše (npr.  $2 \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HNO}_2 + \text{HNO}_3$ )
  - Razaranje ozonskog sloja



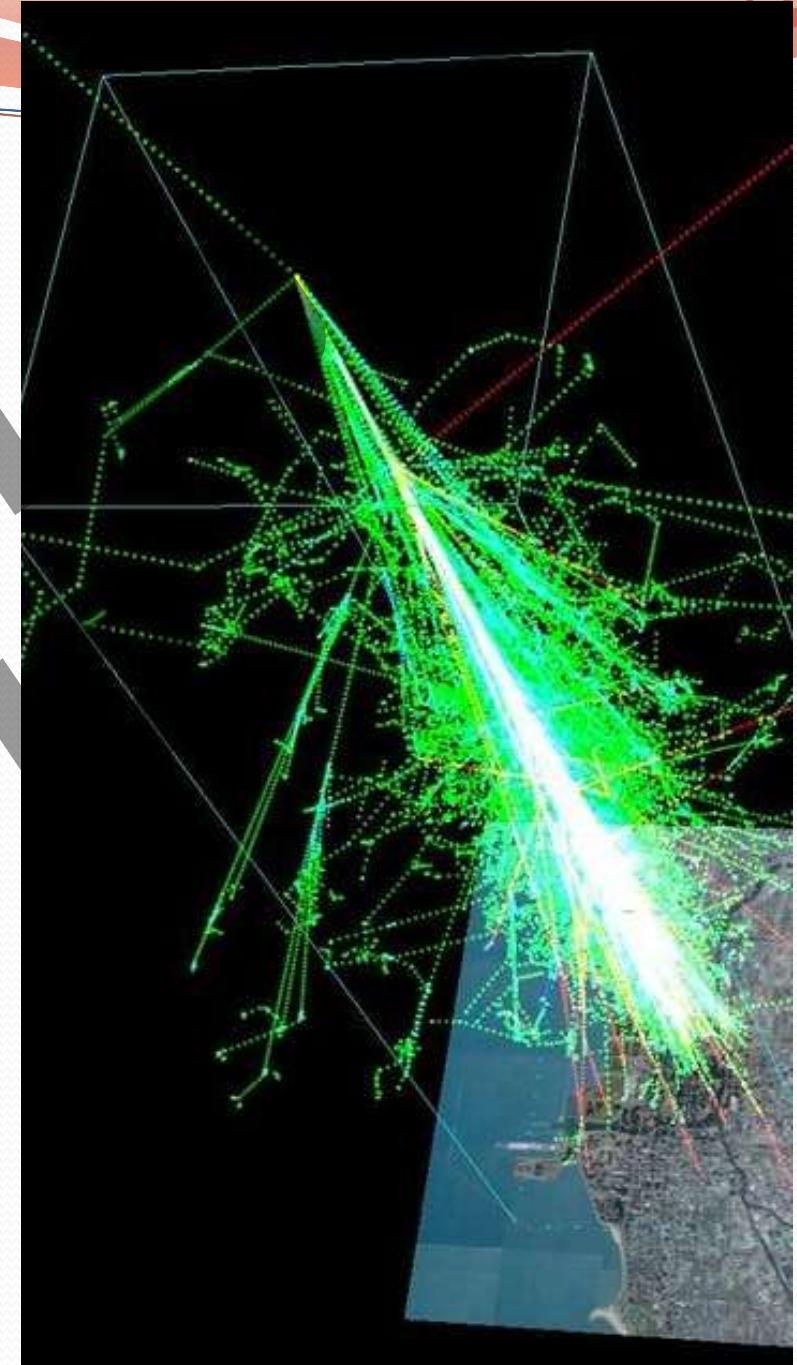
# Glavni dugoročni efekat: uništenje ozonskog sloja

- Paul Crutzen (1970): NO<sub>x</sub> razara ozon.
- Prirodni izvori: vulkani, meteoriti.
- Antropogeni izvori: nuklearne probe, industrija, saobraćaj...
- Stratosferske struje veoma efikasne u cirkulaciji NO<sub>x</sub>.
- Oporavak traje  $\sim 10^6$  god.



# Kosmički zraci

- Modulacija fluksa GCR
- Veza između GCR i SN/ $\gamma$ RB još uvek nedovoljno jasna!
- Otvoreno: koliki deo energije se troši na neposredno vs. dugoročno ubrzanje GCR?
- Postoje li snopovi GCR iz samih eksplozija?



# Biotički efekti kosmičkih zraka

## NEPOSREDNI

- Direktna letalnost
- Mutacije

## DUGOROČNI

- Klimatske promene
  - Povišena oblačnost ⇒ globalno hlađenje

**ZA RAZLIKU OD EM-ZRAČENJA, ATMOSFERA OVDE NE IGRA ZAŠTITNU ULOGU!**

# Astrobiologija Dugoročni efekti? 2019

Astro 209  
Astrofisiología

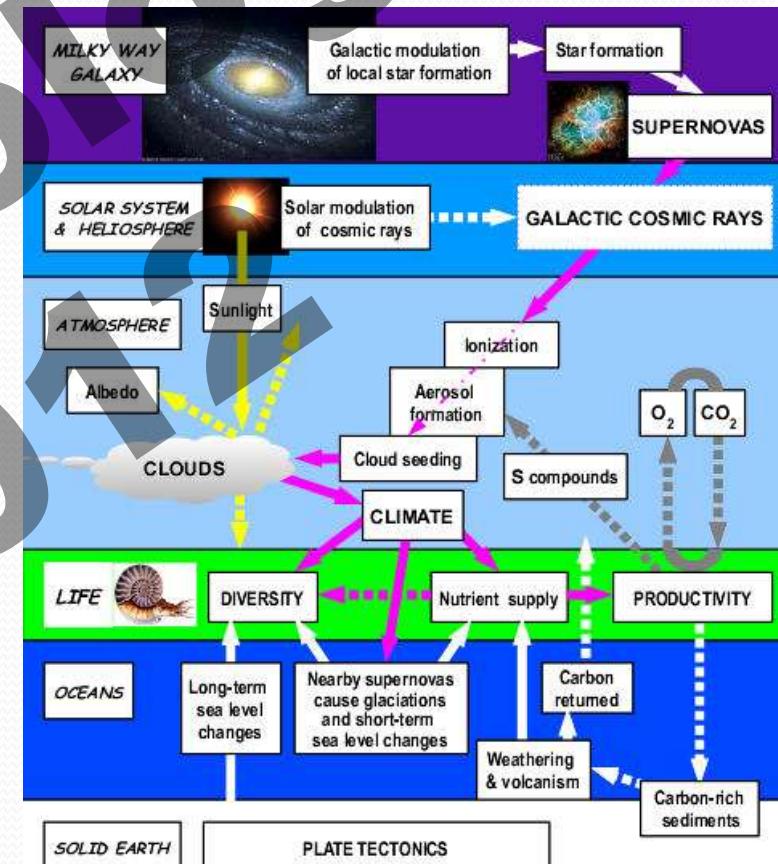


# Maglena (Vilsonova) komora



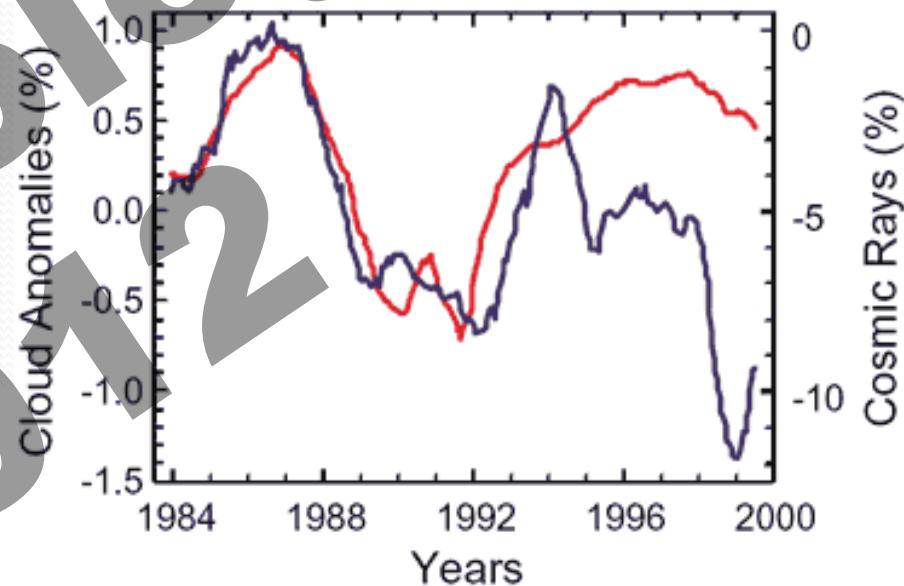
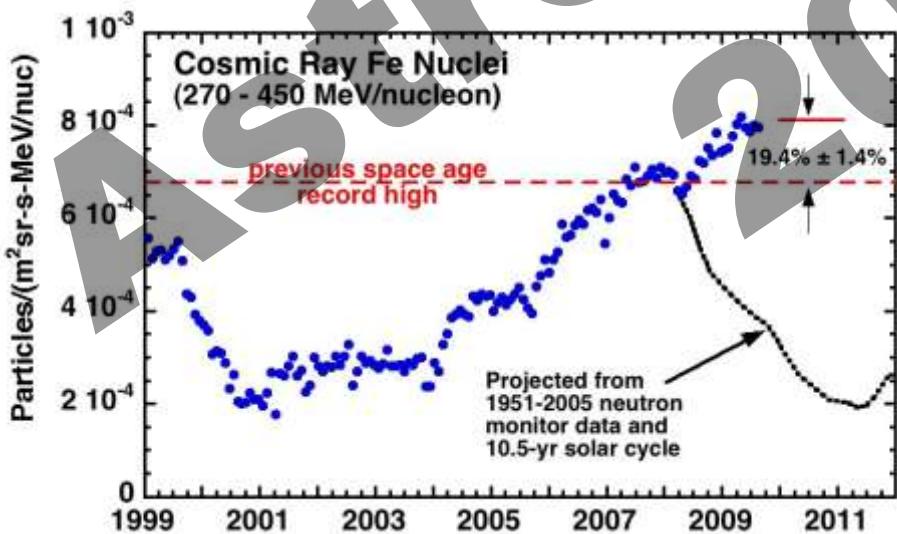
# U kojoj meri kosmički zraci utiču na klimu?

- Kreiranje aerosola +
- Zadržavanje aerosola u atmosferi +
- Kondenzacija oblaka oko aerosola  $\Rightarrow$
- Povećanje oblačnosti  $\rightarrow$  povećanje albeda  $\rightarrow$  globalno hlađenje  $\rightarrow$  opadanje nivoa okeana...



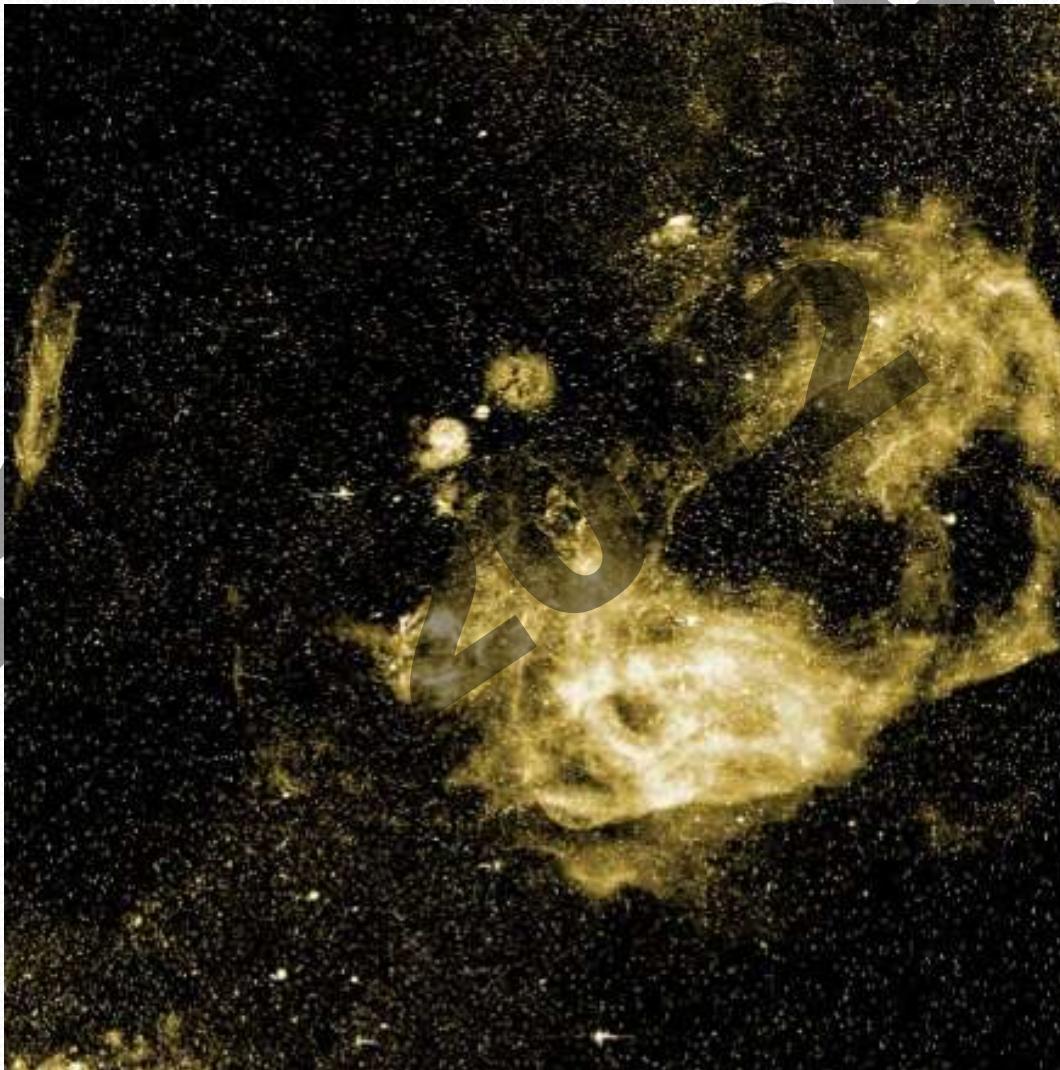
# Ekstremno kontroverzna tema...

- ...pojačana sporovima oko globalnog zagrevanja!



Vela supernova  $\approx -12000$  god ( $D \approx 250$  pc)

Astro 2



# Šta se nedavno dešavalо?

- 1998: otkriven RX J0852.0-4622 ispred ostatka Vela supernove.
- Raspad  $^{44}\text{Ti}$  – ukazuje na veoma malu starost ostatka (< 1000 god).
- Kako je niko nije primetio? (*silent supernova?*)
- Fields & Ellis (1999): okeanske naslage  $^{60}\text{Fe}$  ukazuju na obližnju supernovu (< 30 pc) u poslednjih 13 Ma.
- Ulazak Sunčevog sistema kroz Orion-Labudovu spiralnu granu.
- Pošto smo i vrlo blizu Galaktičke ravni...

# Svensmark, ponovo

- Supernove i temperatura na Zemlji – antikorelacija?
- Ako je proizvodnja kosmičkih zraka u SN značajna, zona **uticaja** je znatno veća od 10 pc.
- Dugoročni efekti mogu biti maskirani „običnim“ procesima kao što su promene nivoa okeana.
- VEOMA kontroverzno!

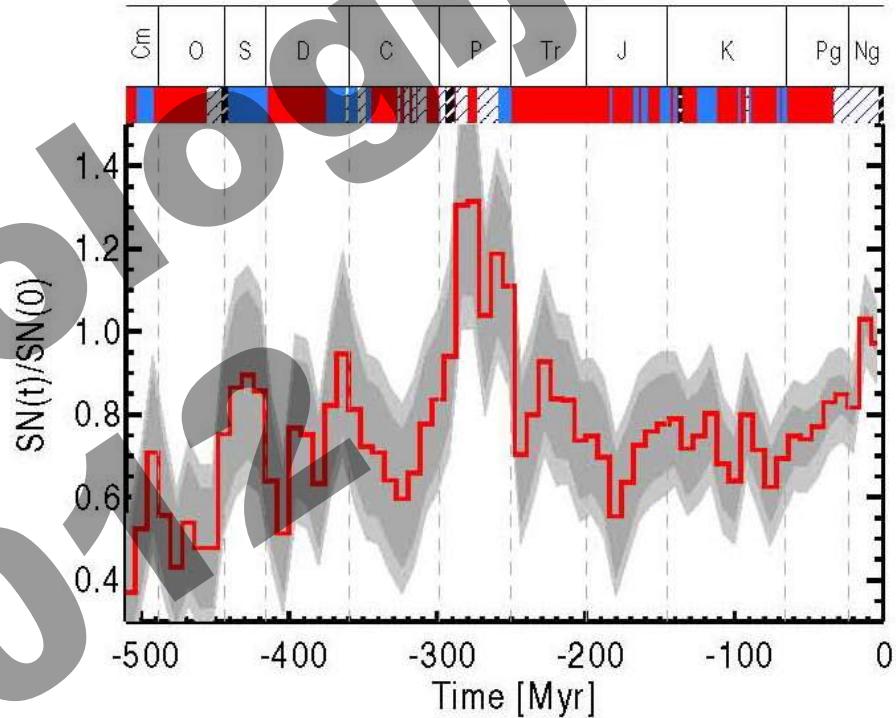
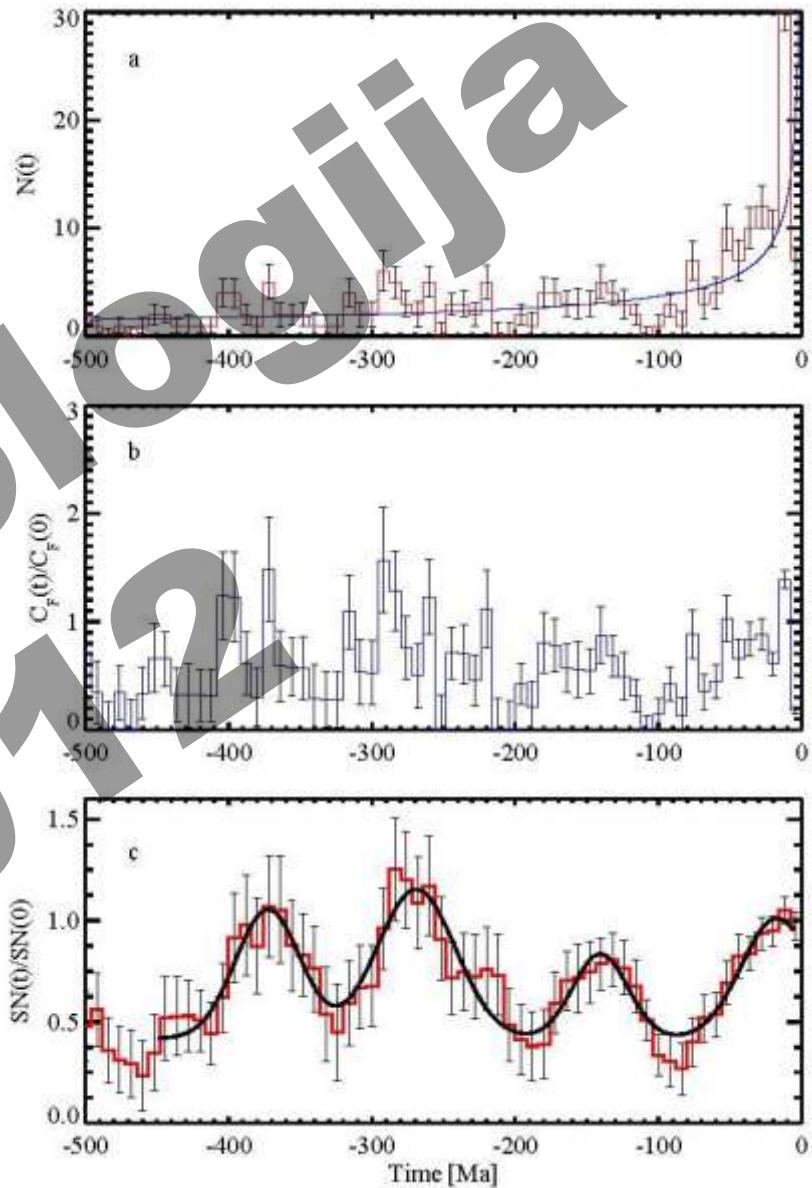
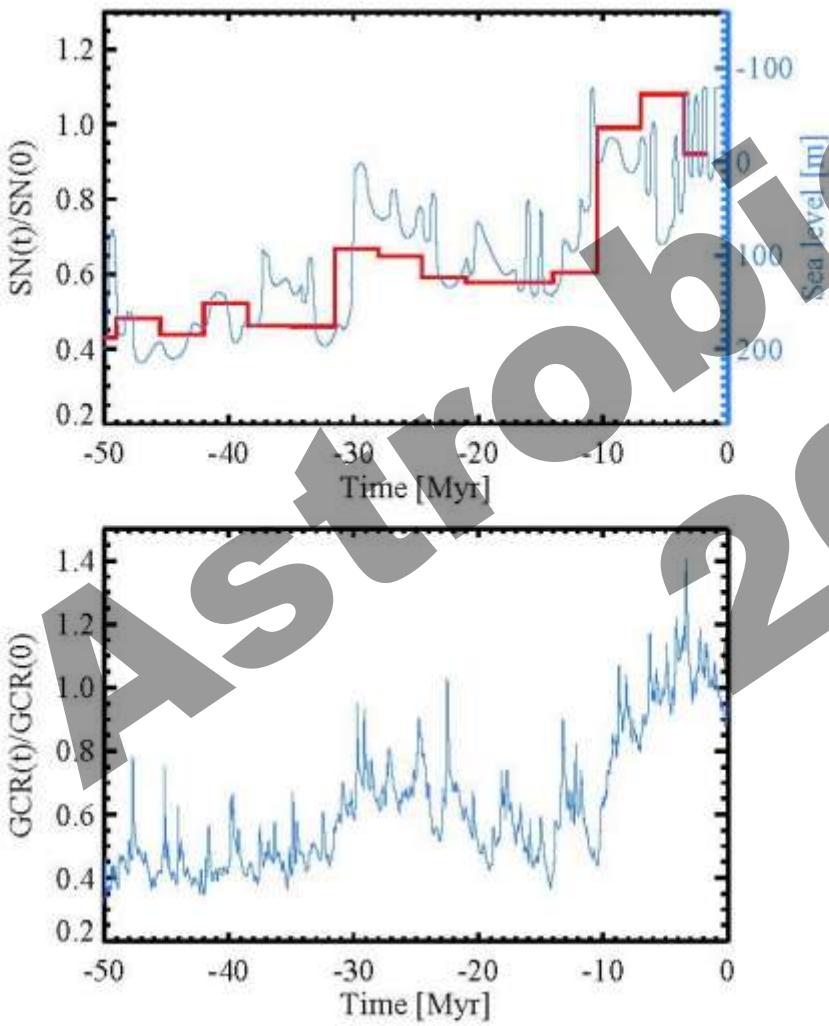


Figure 17. Variations in SN rates during the past 500 Myr (red curve) together with a  $\pm 1\sigma$  uncertainty (dark grey band) and  $\pm 1\sigma$  uncertainty including Poisson noise (light grey band). The vertical dashed lines are the separation between geological periods. The coloured band indicates climatic periods as given in Table 3: warm periods (red), cold periods (blue), glacial periods (white and blue hatched bars), and finally peak glaciations (black and white hatched bars). Notice the correspondence between high SN activity and cold/glacial climate. Abbreviations for geological periods are: Cm, Cambrian; O, Ordovician; S, Silurian; D, Devonian; C, Carboniferous; P, Permian; Tr, Triassic; J, Jurassic; K, Cretaceous; Pg, Palaeogene; Ng, Neogene. Plot starts at -510 Myr.

# Učestanost obližnjih supernovih u prošlosti?



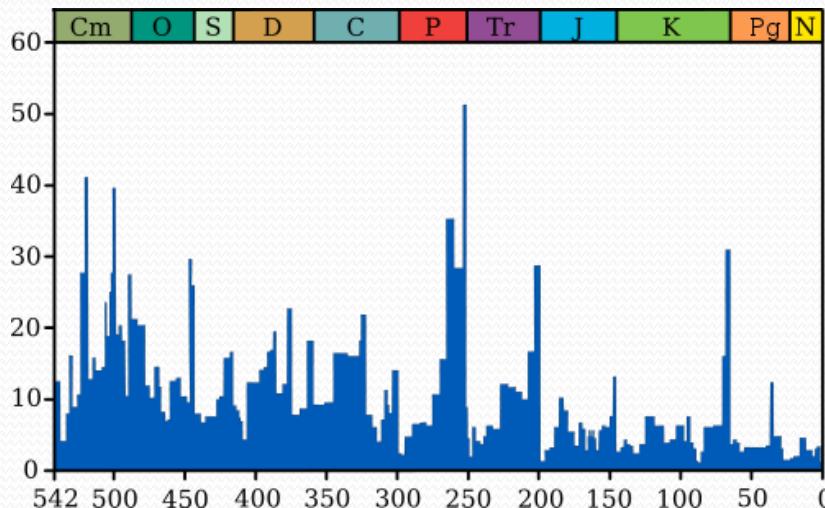
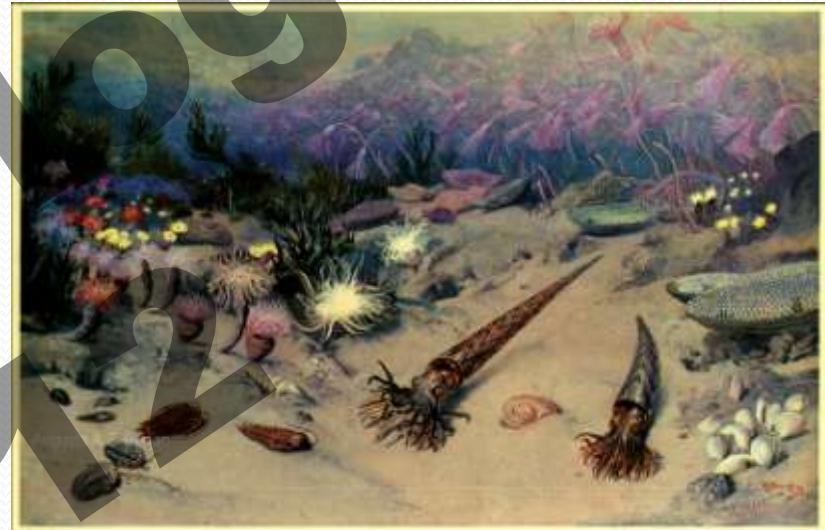
# Ledena jezgra i nedavne supernove

- Ledena jezgra sa Grenlanda daju pouzdane informacije o klimi u poslednjih cca. 1 Ma.
- Ostaci  $\text{NO}_x$  takođe!
- 2009: detektovani nitrati povezani sa supernovama iz 1006. i 1054., kao i nekoliko nezabeleženih događaja.
- Očekuje se poboljšanje ove tehnike...



# U prošlosti Zemlje...

- ...bliske kosmičke eksplozije su se morale dešavati više puta.
- Supernove unutar 10 pc se dešavaju danas sa učestanošću od  $(240 \text{ Ma})^{-1}$ .
- Današnja učestanost gama-bleskova  $\sim 1 \text{ Ga}^{-1}$  bila je veća u prošlosti!
- Melott et al (2004): izumiranje na kraju Ordovika 443.4 Ma.
- Dosta aktivnosti na ovom polju...



# U budućnosti?

- Učestanost supernovih/ $\gamma$ -bleskova opada brzo sa vremenom...
- Ugaona veličina ~**pikosekundi!**
- Eta Carinae izgleda ne predstavlja opasnost (studija iz 2011).
- Opravdana spekulacija: lako je zaštiti se od zračenja ako znate odakle dolazi!

