

Šta će biti sa našom planetom?





Ko je kriv?





Dr Dragan Gajić

RAZARANJE OZONSKOG SLOJA

**DA LI IMA RAZLOGA ZA
STRAH?**

Sa stanovišta cele planete atmosfera je njen vrlo tanak sloj. Ipak, njen značaj za život na Zemlji je od presudnog značaja.



Masa atmosfere je $m_{atm} = 5.8 \cdot 10^{18}$ kg, što je skoro milion puta manje od mase Zemlje ($m_Z \approx 5.97 \cdot 10^{24}$ kg). Masa hidrosfere je $M_{vode} = 1.36 \cdot 10^{21}$ kg, što je 1/4400 –ti deo mase planete.

Nastanak i razvoj atmosfere

- Starost Zemlje je oko 4.6 milijardi god.
- Okean i atmosfera nastali su degazacijom tla. Neki naučnici tvrde da je okean nastao udarima kometa u ranoj istoriji Zemlje
- U prvih 500 miliona godina atmosfera se sastojala od H , H_2O , CH_4 , CO_2 , a pre 3.5 milijardi godina od CO_2 , CO , H_2O , N_2 , H_2
- U prvom stadijumu nije bilo slobodnog kiseonika (nije zabeležen u uzorcima starijim od 3 milijarde god.)
- Savremena atmosfera je sekundarnog porekla



- Život - u hidrosferi pre 4.2 milijarde godina
- Modro-zelene alge - pre 3.2 milijarde godina
- Nastanak kiseonika fotosintezom u biljkama
- Po nekim teorijama kiseonik u atmosferi je nastao razbijanjem molekula vode pod delovanjem visokoenergetskih fotona Sunčeve svetlosti (kiseonik je ostao u atmosferi, a vodonik je disipirao u kosmički prostor)
- Ozonski sloj - pre milijardu godina. Pre 600 miliona godina koncentracija mu je bila 10% današnje.
- Život se širi na kopno.



Današnja atmosfera je nastala delovanjem organizama

Zapreminski procenti pojedinih gasova na Zemlji

| Gas | Zapreminski sadržaj, % | |
|-------------------|------------------------|----------------------|
| • N ₂ | 78,1 | } 99,9% |
| • O ₂ | 20,9 | |
| • Ar | 0,93 | |
| • CO ₂ | 0,035 | } gasovi u tragovima |
| • Ne | 0,0018 | |
| • CH ₄ | 0,00017 | |
| • Kr | 0,00011 | |
| • H ₂ | 0,00005 | |
| • O ₃ | 0,000 001- 0, 000 004 | |

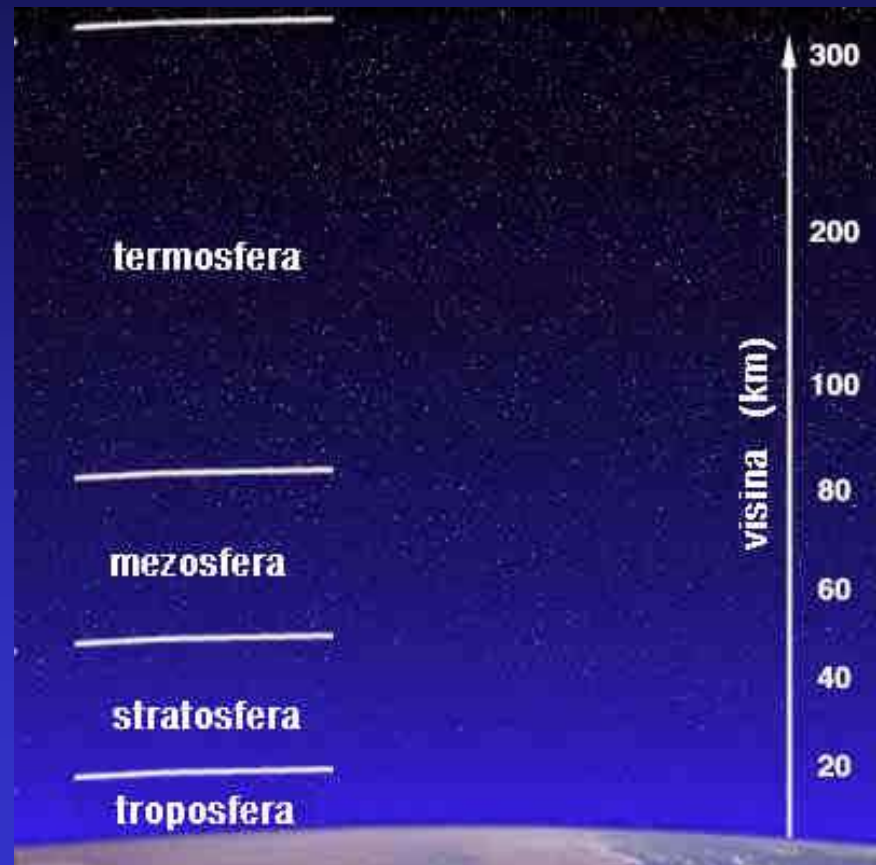
Promenljive komponente: vodena para (3 % u tropima, $2 \cdot 10^{-5}$ % na Antarktiku), aerosoli, CFC, fotohemijski smog.

Građa atmosfere Zemlje

- Po vertikali je slojevita.
- Do 200 km je stabilna, a iznad je promenljiva (pulsira i sažima se) pa ima nepravilnu formu.
- Više od 99% mase atmosfere je u prvih 40 km

Slojevi u atmosferi

- troposfera
- tropopauza
- stratosfera
- mezosfera
- mezopauza
- termosfera
- egzosfera



Za ovo predavanje od značaja su:

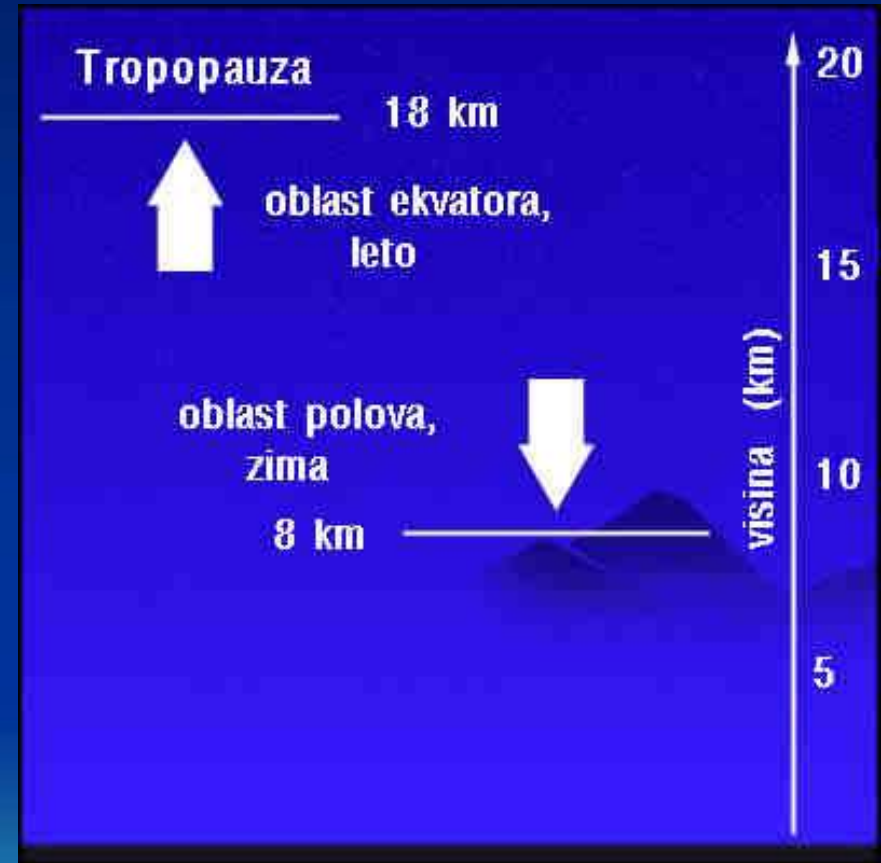
Troposfera

- zona vremenskih promena
- najniži sloj
- u njoj je 80% mase
- visina: 11km, 17-18km
- karakteriše je pad temperature sa visinom
- regulator temperature danas su ugljen-dioksid i vodena para (sastojci kojih ima malo u atmosferi)



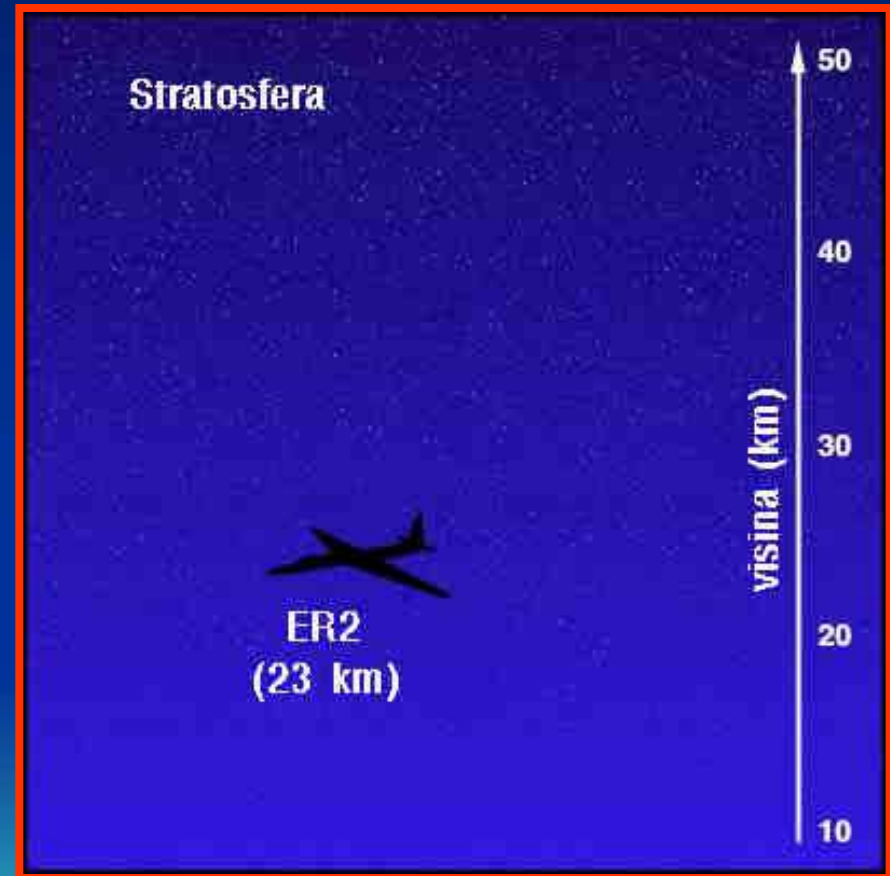
Tropopauza

- širina 1 - 3km
- temperaturska inverzija
- nad ekvatorom je hladnija, nad polovima toplija



Stratosfera

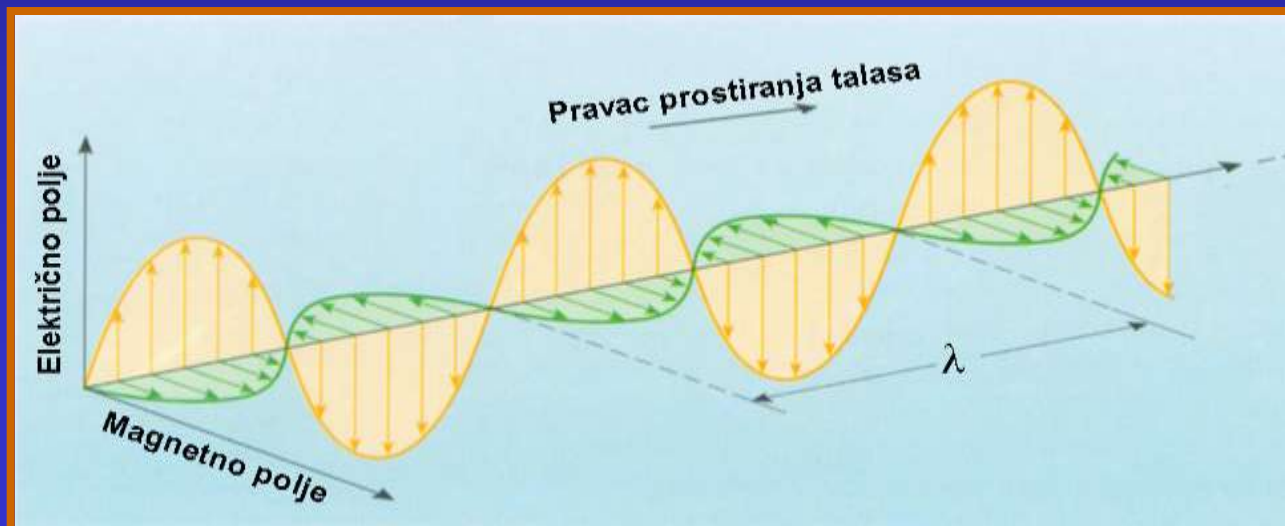
- do visine od 50 km
- temperatura se slabo menja
- ozonski sloj
- stratopauza na 48-56 km
- regulator temperature je ozon (i njega ima vrlo malo u atmosferi)



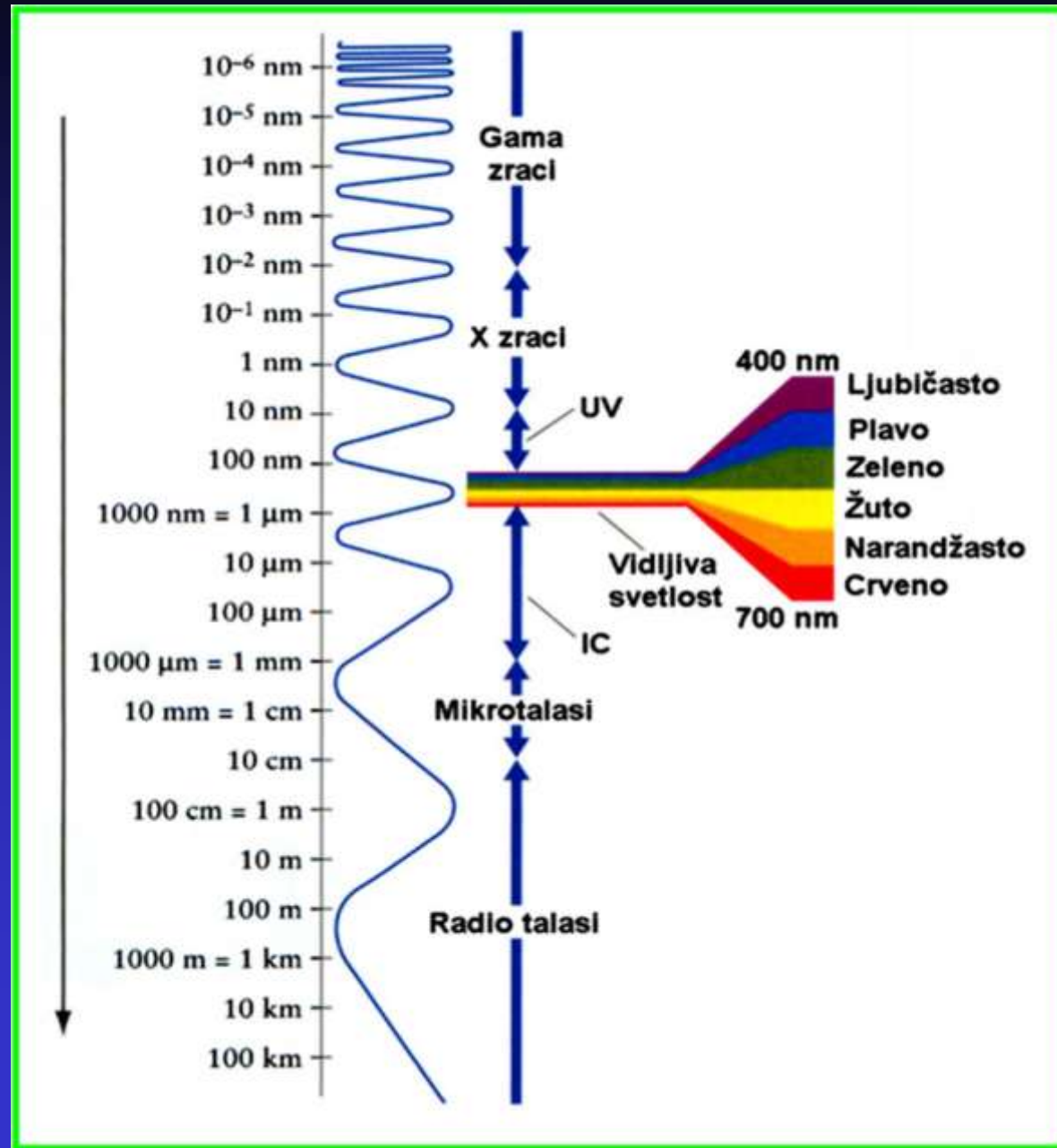
Za ovo predavanje od interesa je i zračenje sa Sunca

Mali fizičarski podsetnik o elektromagnetnom zračenju

Važno je setiti se: još je Dž. Meksvel ustanovio da svetlost predstavlja elektromagnetne talase.

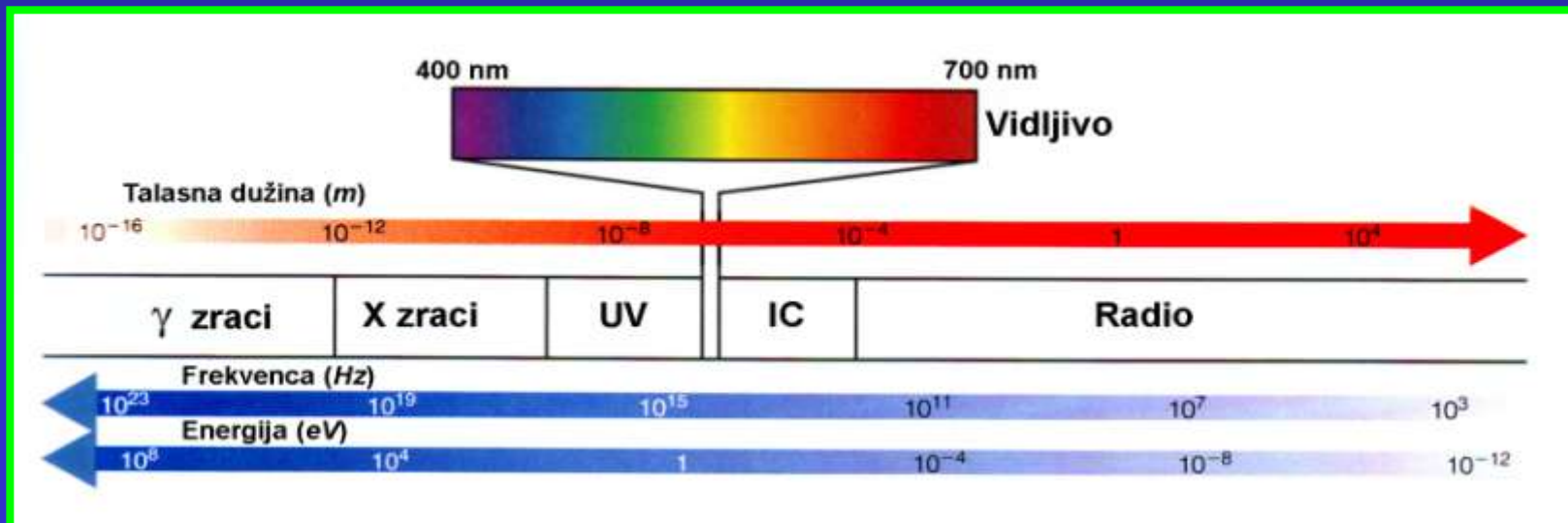
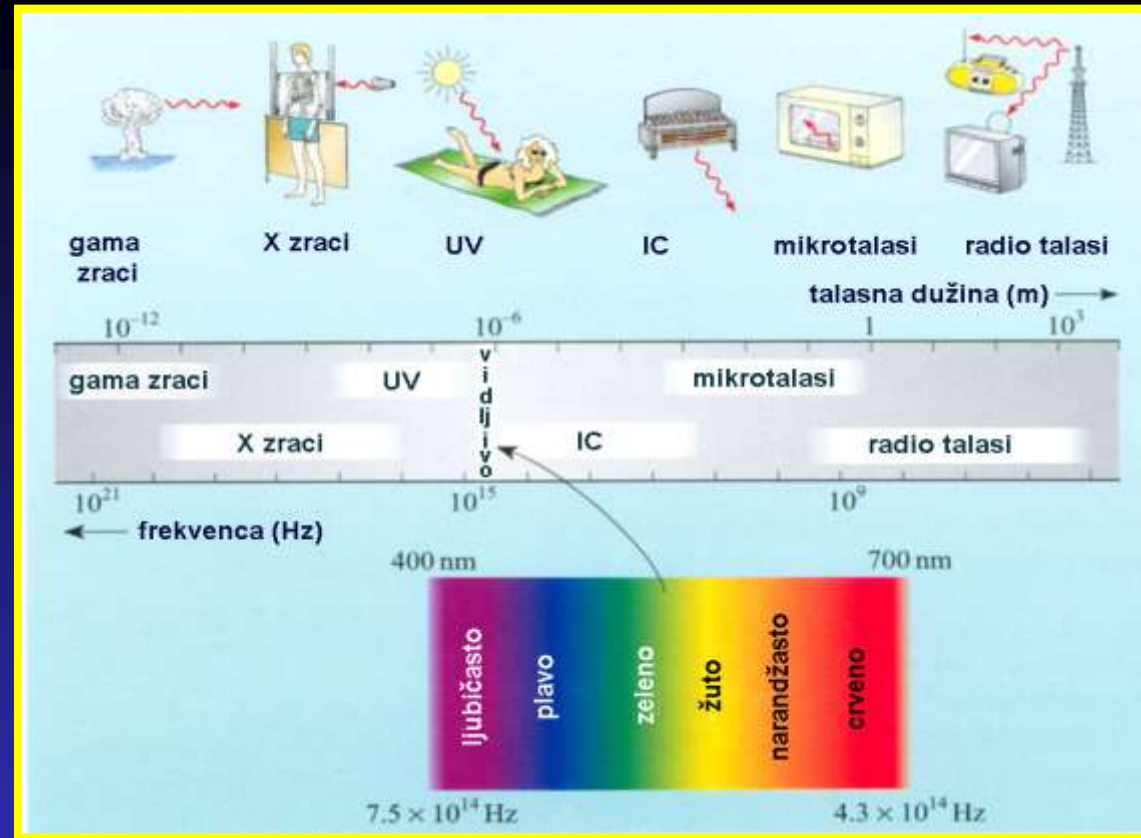


Na slici su prikazane vrste e.m. zračenja s obzirom na njihovu talasnu dužinu. Daleko gama zračenje je sa najmanjim talasnim dužinama, dok su talasne dužine najveće kod dugih radio talasa. Ljudsko oko "ne vidi" radio i mikrotalase, infracrveno, ultraljubičasto, X (rendgensko) i gama zračenje.



Većim talasnim dužinama odgovaraju manje frekvence i manje energije ($E=h\nu$).

Vidljivi deo spektra e.m. zračenja leži u uzanom opsegu talasnih dužina od 400 do 700 nm.



Za nas je posebno ineresantno **UV ZRAČENJE**, jer 99% štetnih efekata po žive organizme na Zemlji potiče upravo od njega, iako na njega otpada svega 5% Sunčeve energije na Zemljinoj površini.

Podela (na osn. bioloških učinaka)

UVC (200-280 nm)

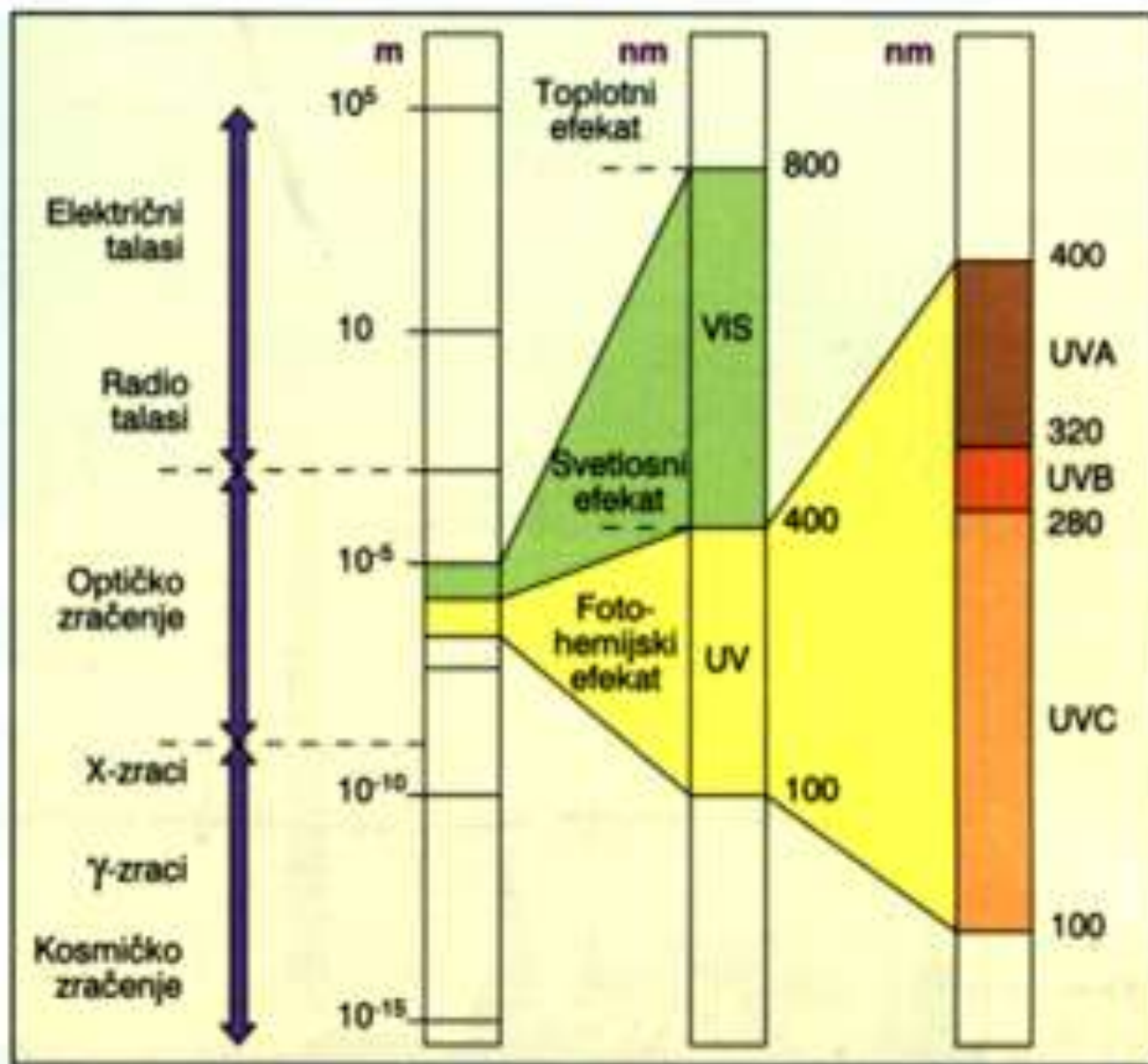
UVB (280-320 nm)

UVA (320-400 nm)

UVC fotoni poseduju najveću energiju. Smrtonosno je (razbija molekule u ćelijama i deluje direktno na genetski materijal). Ozonski sloj ga u potpunosti apsorbuje, tako da ne dospeva do površine Zemlje. Na Zemlji ga stvaraju veštački izvori.

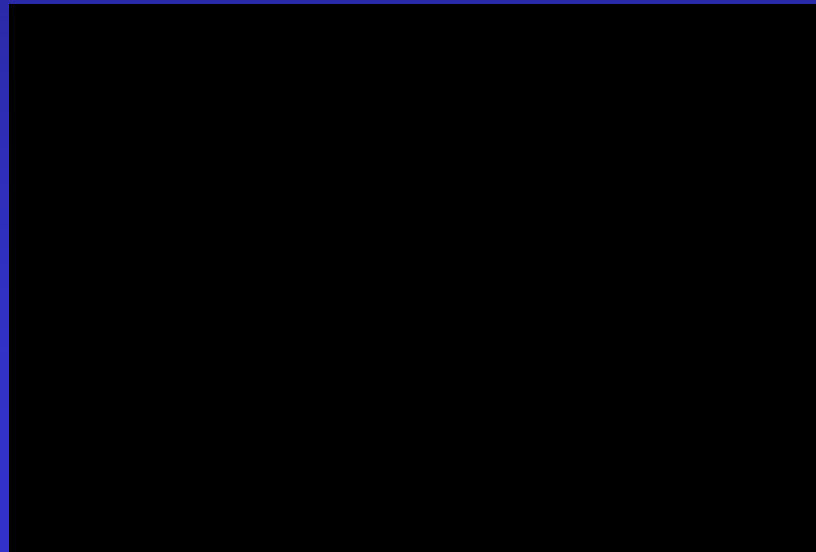
UVB je štetno, ozonski sloj ga najvećim delom apsorbuje. Na njega otpada oko 0.1% energije Sunčevog zračenja i oko 2% energije UV zračenja koje dospeva na površinu Zemlje.

UVA je najmanje štetno (?), ne apsorbuje ga ozonski sloj. Njegovi fotoni poseduju najmanju energiju, ali 98% energije UV zračenja na Zemljinoj površini potiče od njega.

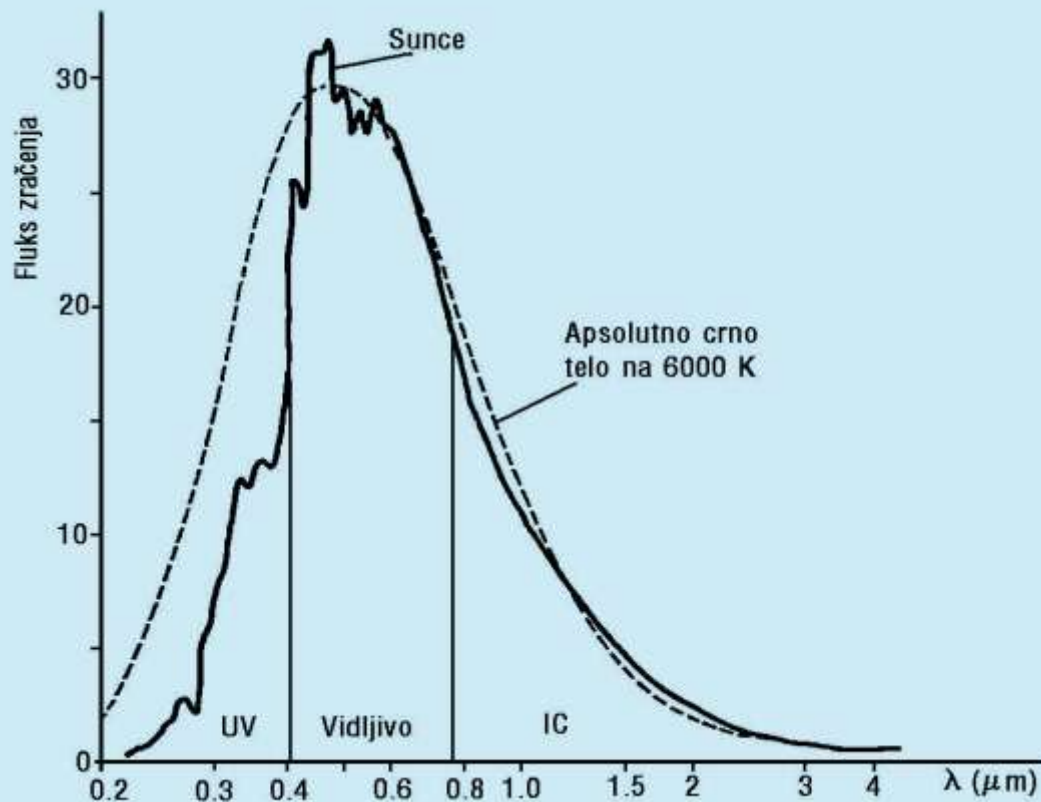


Energija Sunčevog zračenja

- **99.8% energije Sunčevog zračenja je u intervalu 0.2 -25 mm**
- **solarna konstanta 1.4 kW/m²**
- **najveći intenzitet na $\lambda = 473.8\text{nm}$**
- **na Zemlju energija e.m. zračenja dospeva preko: IR 56%, VIS 39%, UV 5%**
- **Veliki deo zračenja se rasejava i apsorbuje**

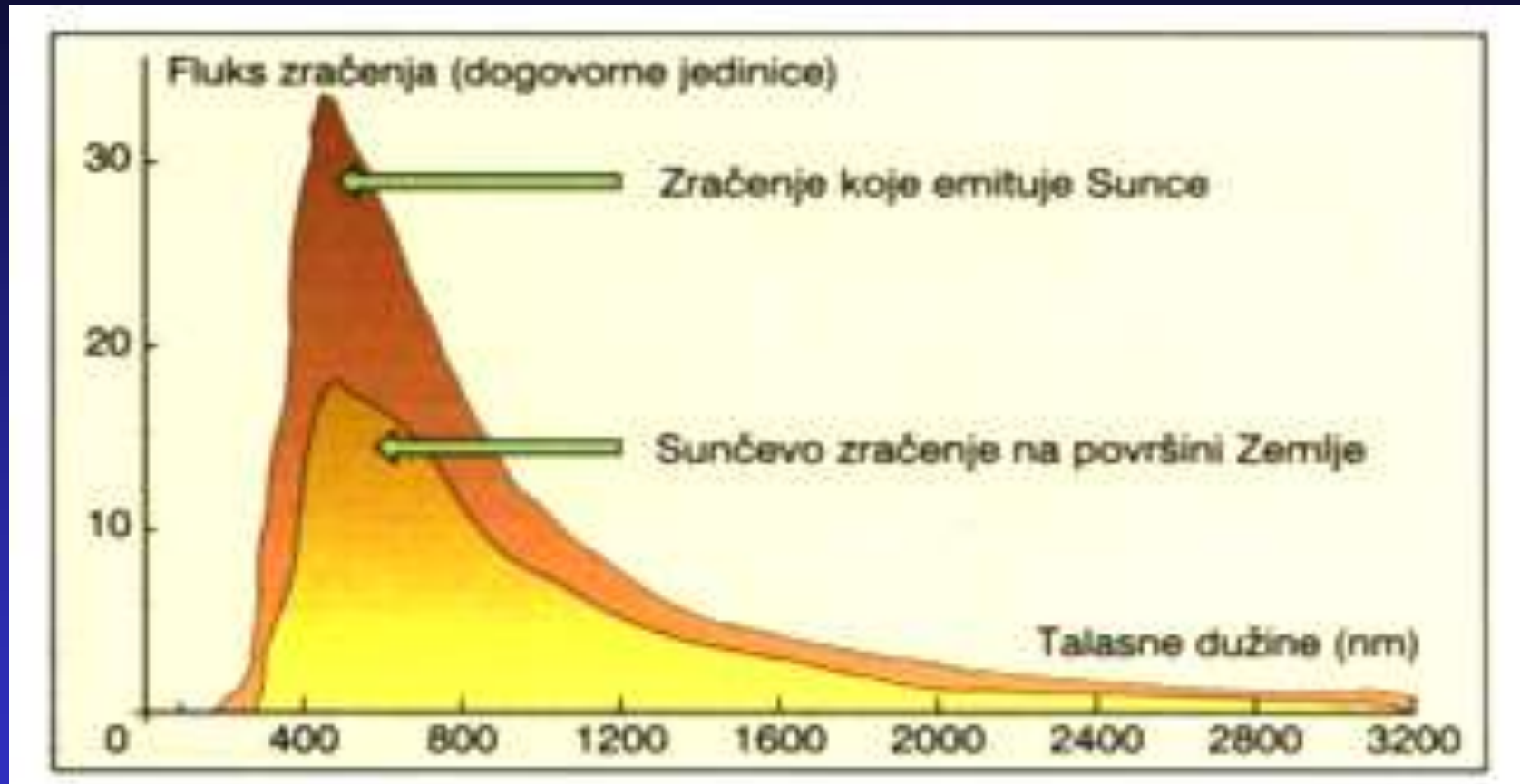


Sunce emituje zračenje čiji je intenzitet najveći u vidljivom delu, pa nije ni čudo što su organi vida organizama na Zemlji najosetljiviji u ovom delu spektra.



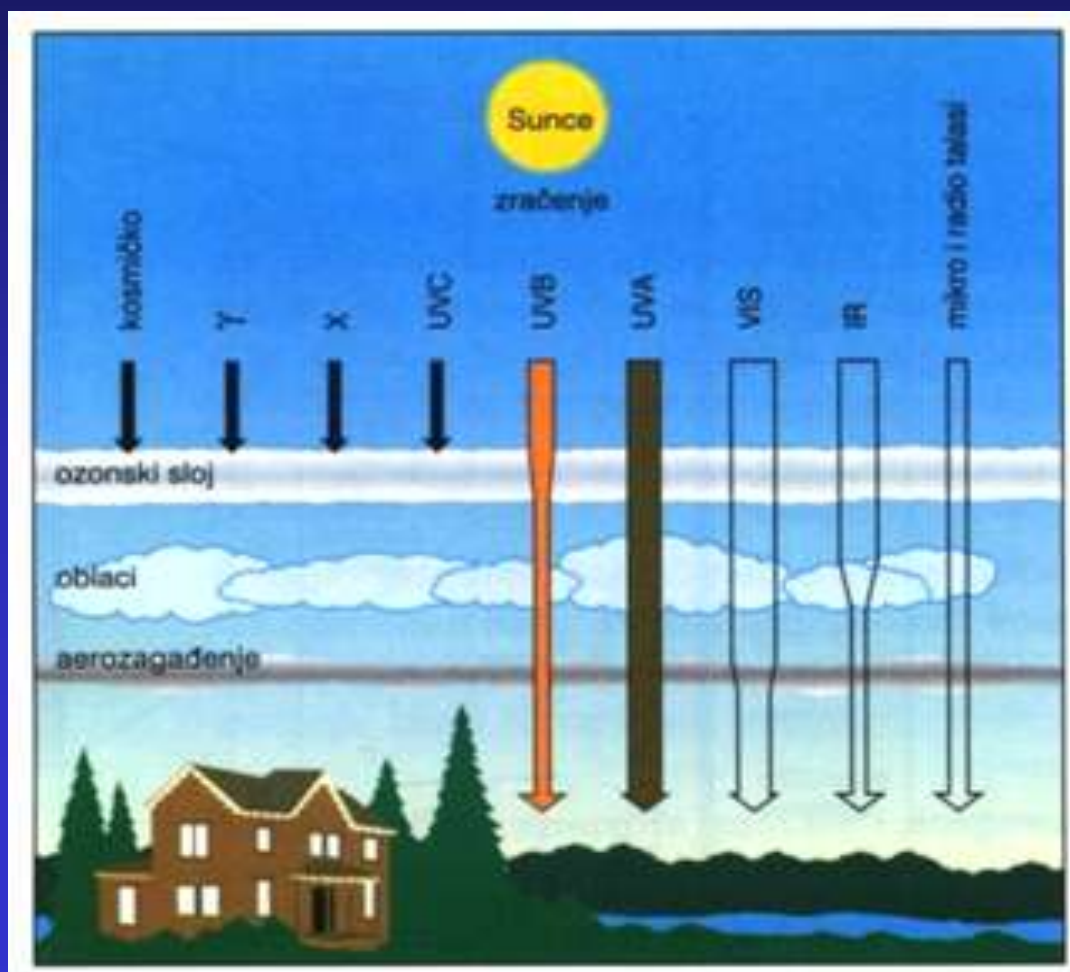
- **Spektar zračenja Sunca odgovara približno zračenju crnog tela**
- **Osvetljenost (ozračenost, irradiance) (W/m^2),**
- **Gustina osvetljenosti (spektralni intenzitet) ($\text{W}/\text{m}^2 \text{ nm}$)**

ATMOSFERA KAO FILTAR

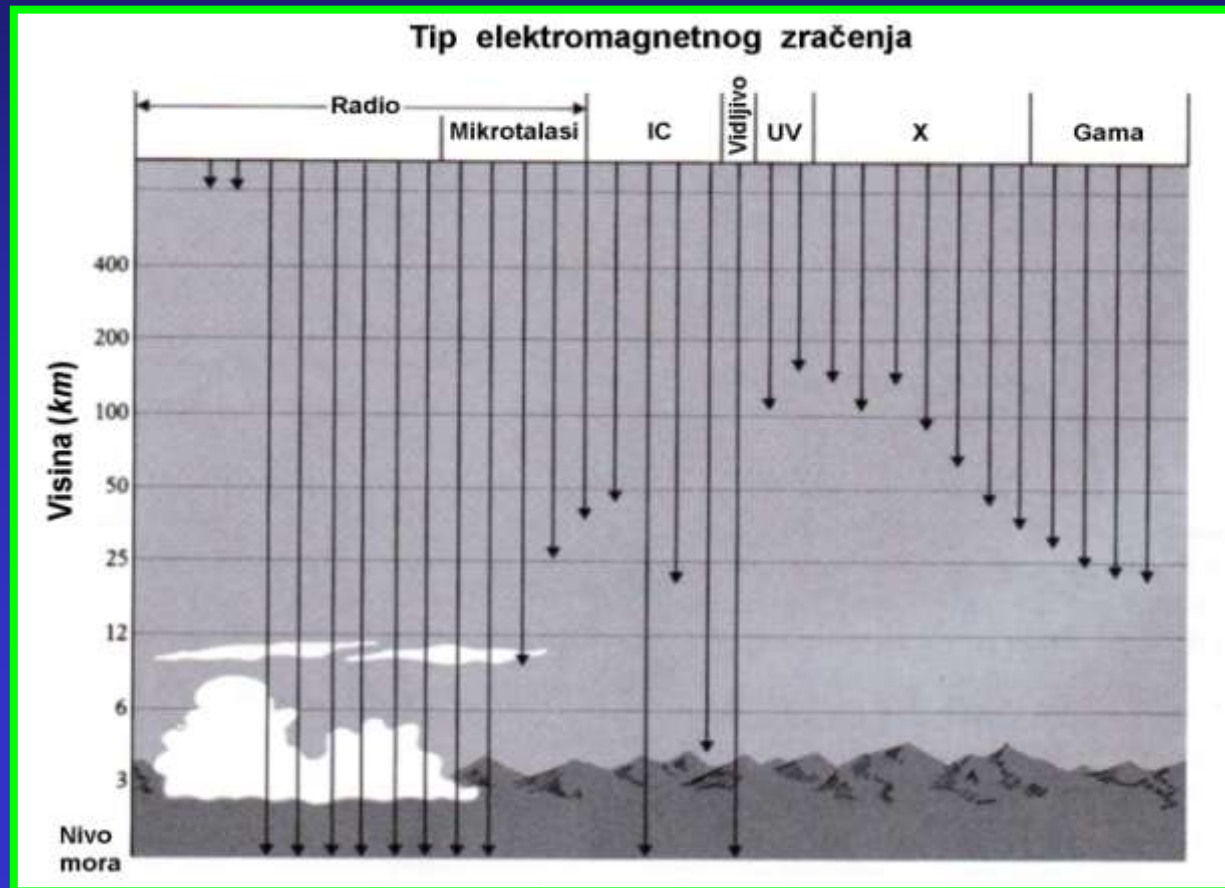


Ozračenost Zemljine površine zavisi od inicijalnog Sunčevog zračenja, sastava i gustine atmosfere, refleksivnosti površine, nadmorske visine, stanja oblaka i atmosferskih aerosola, itd.

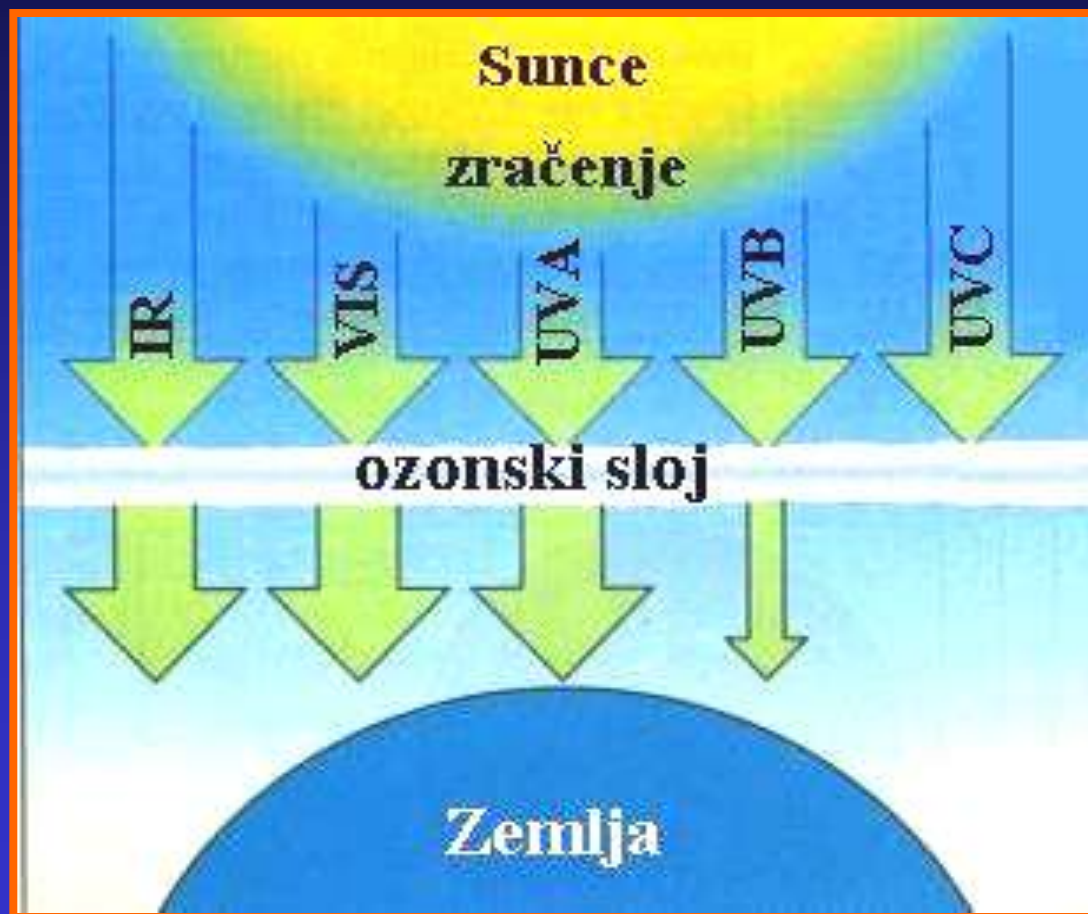
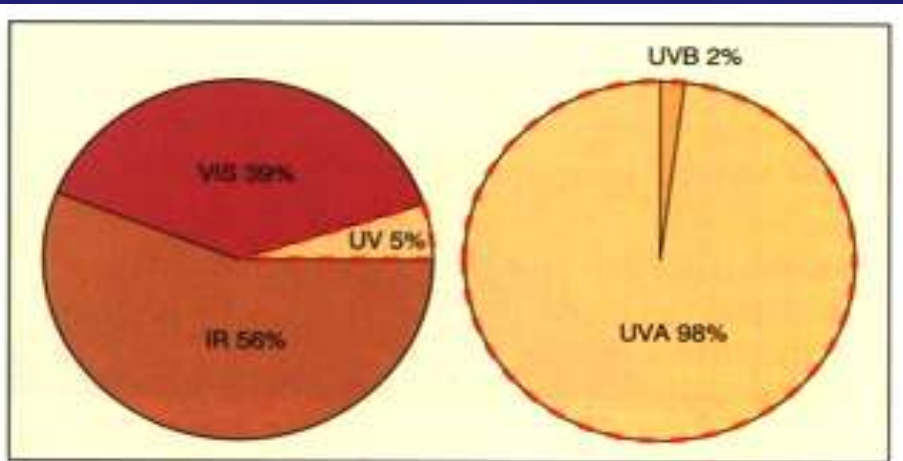
Oblaci i aerosoli rasejavaju, a neki molekuli (npr. SO_2) i apsorbuju i rasejavaju zračenje. Jedan isti sloj atmosfere različito se ponaša za različite tipove zračenja. Tanki oblaci rasejavaju zračenje prema površini Zemlje, a deblji rasejavaju zračenje uglavnom nazad ka Kosmosu.



Veliki deo e.m. zračenja (gama, X, mikrotalasno) rasejava se na česticama prema **Rejljevom zakonu: $I \sim I_0/\lambda^4$, gde su I_0 i I intenziteti zračenja pre ulaska u atmosferu i nakon ulaska u detektor. Svetlost kraćih talasnih dužina više se rasejava. Neki tipovi zračenja (gama, X, UVC, najvećim delom mikrotalasno i IC) praktično ne dospevaju na površinu Zemlje (na svu sreću nas ubogih, a zahvaljujući atmosferi).**



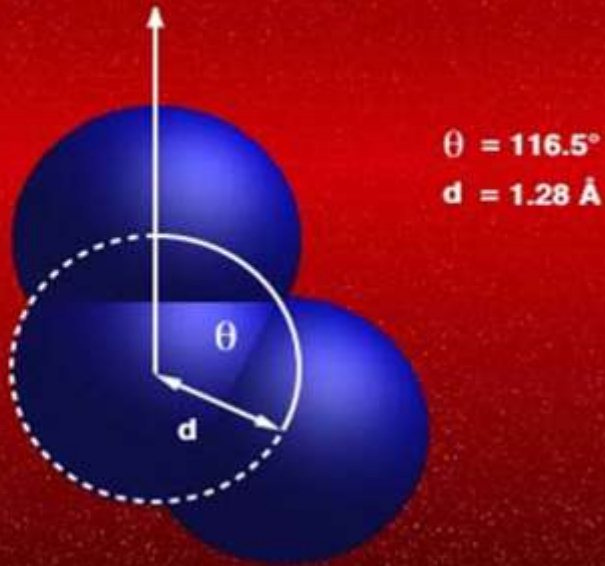
Najopasniji deo UV zračenja apsorbuje se učestvujući u prirodnom ciklusu izgradnje i razgradnje ozonskog sloja u atmosferi.





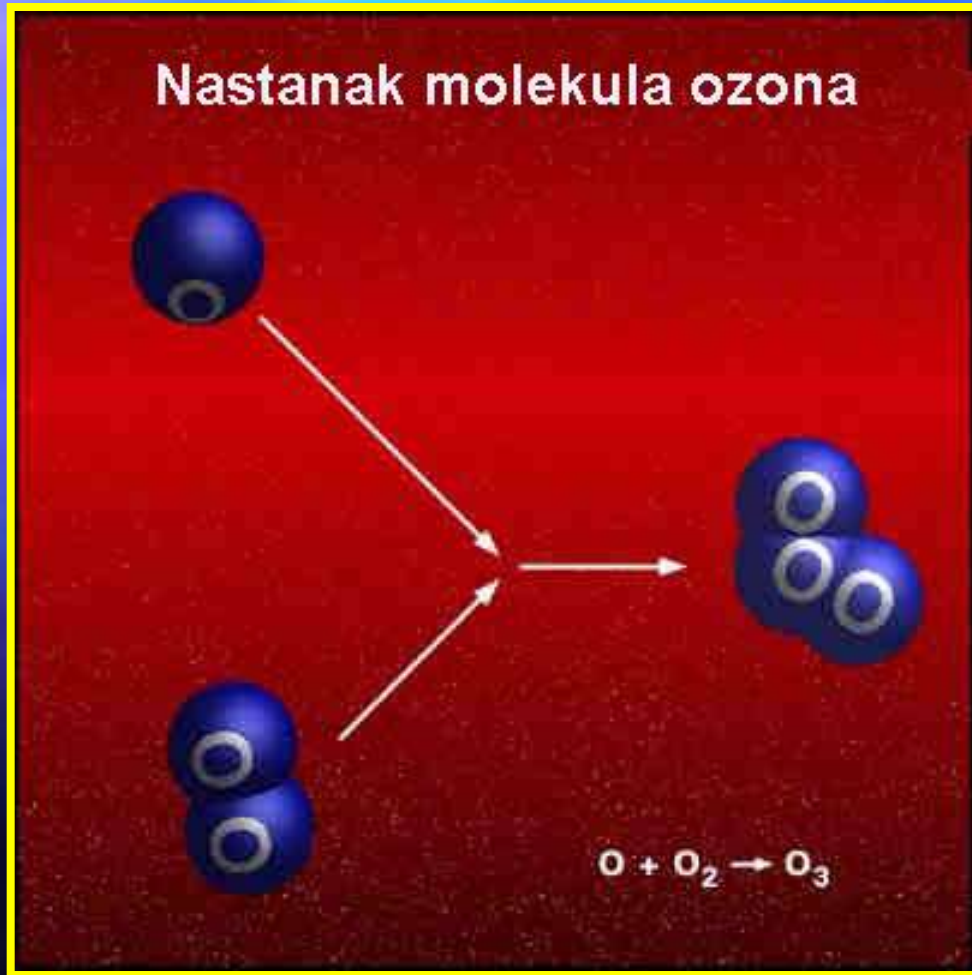
OZON O_3

Molekul ozona



- Otkriven 1839. (C.F. Schonbein)
- Ime potiče od grčke reči *ozein* što znači mirisati
- Gas koji je 2.5 puta gušći od kiseonika
- Na $-112^\circ C$ kondenzuje se u jarko plavu tečnost
- Moćan je oksidant, a kao koncentrovan gas ili tečnost je jako eksplozivan. Služi za beljenje materijala. Kao dezinfekciono sredstvo je oko 100 puta efikasniji od hlora. U većim koncentracijama nagriza materijale.

STVARANJE OZONA



- Nastaje fotolizom ili prilikom električnih pražnjenja (Chapmen-ove reakcije) - otkrivene u 20-tim XX veka



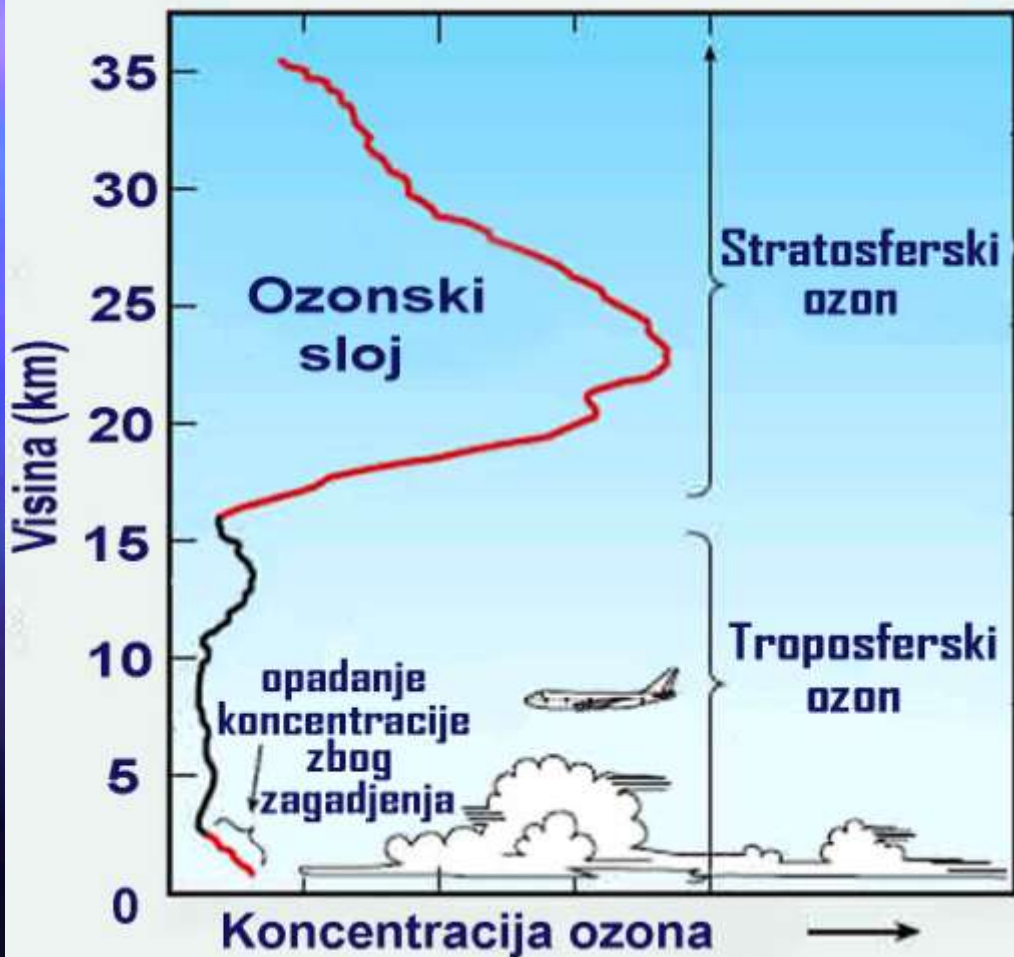
(pod delovanjem fotona

$$\lambda < 240 \text{ nm})$$



ATMOSFERSKI OZON

Ozon u atmosferi

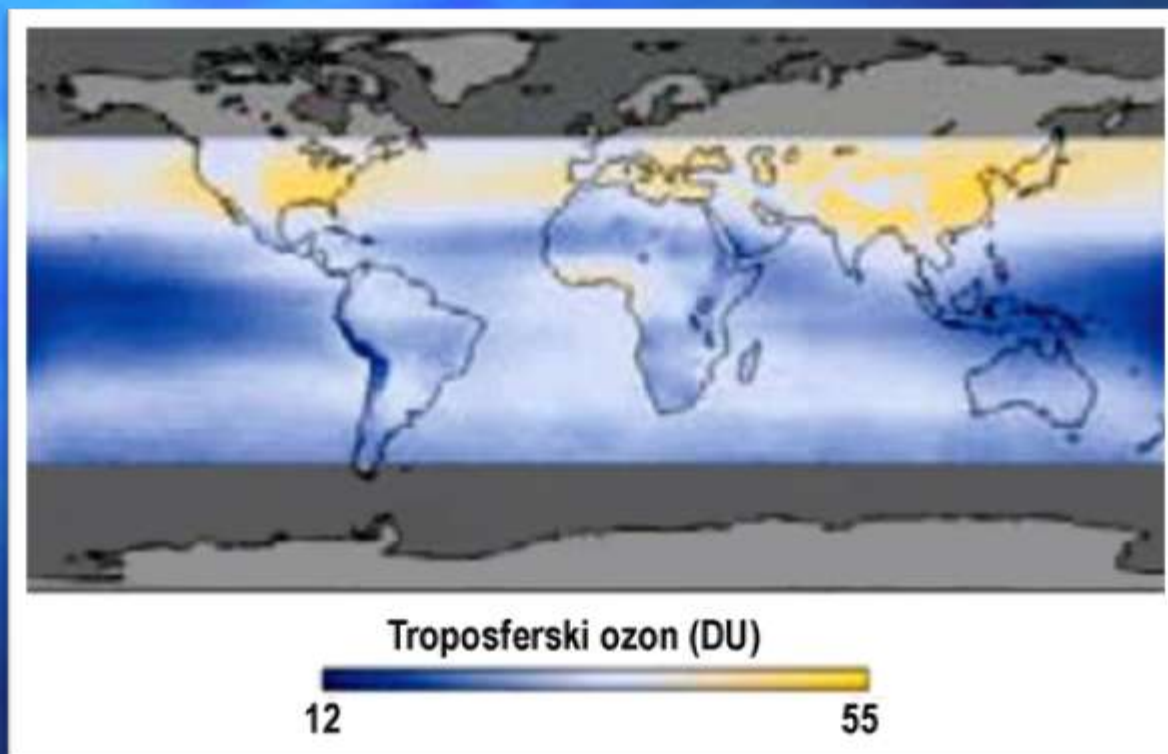


Ozon se nalazi u dve oblasti
Zemljine atmosfere:

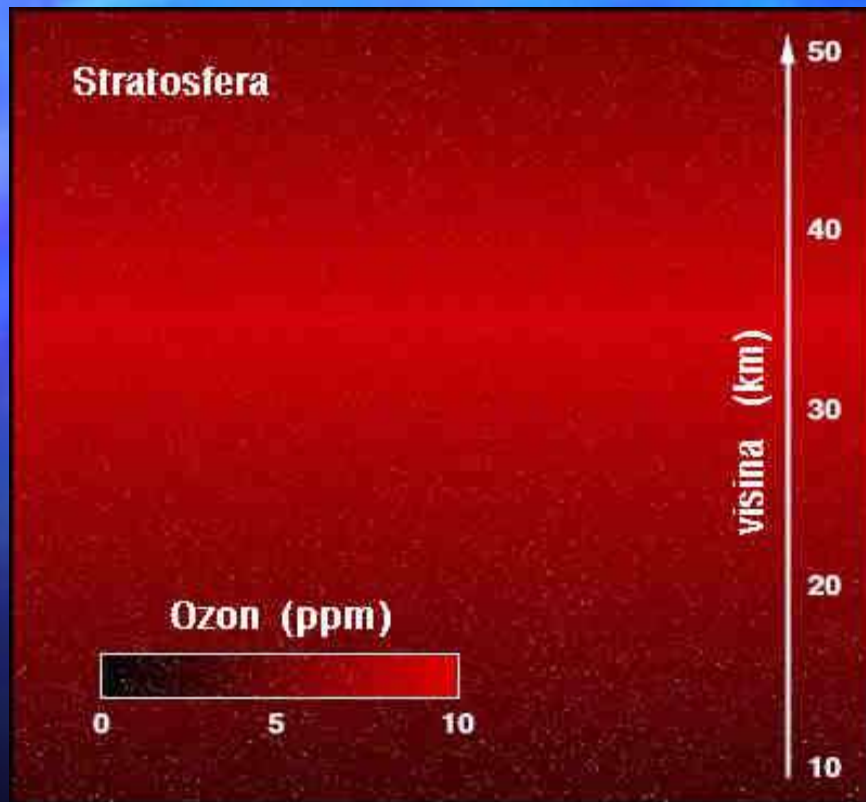
- Većina (oko 90%) nalazi se u stratosferi i naziva se OZONSKI SLOJ
- Preostali ozon je u troposferi - TROPOSFERSKI OZON
- Troposferski ozon je ZAGAĐIVAČ.

ATMOSFERSKI OZON

- Troposferski ozon je ZAGAĐIVAČ.
- U poslednjih 50 god. njegovo prisustvo u troposferi se udvostručilo (uticaj čoveka)



RASPODELA OZONA



- Vrlo je redak u atmosferi - u proseku na svakih *10* miliona molekula u atmosferi tri su molekuli ozona;
- I pored male koncentracije ima vitalnu ulogu;
- Nehomogeno raspoređen:
 10^{12} cm^{-3} na $H = 15 \text{ km}$
 10^{13} cm^{-3} na $H = 25 \text{ km}$
 10^{11} cm^{-3} na $H = 45 \text{ km}$

TROPOSFERSKI OZON

- Jak fotohemijski oksidant. Oštećuje gumu, plastiku, ali i životinjski i biljni svet; kod čoveka oštećuje plućno tkivo;
- Ozonsko zagađenje nastalo u urbanim sredinama širi se vetrom na stotine kilometara u ruralne i šumovite oblasti izazivajući štetu u proizvodnji poljoprivrednih kultura i rastu šuma;
- Uz SO_2 i NO_2 , troposferski ozon je najveći zagađivač. Spada u tzv. fotohemijski smog losanđeleskog tipa (odsustvo magle i prisustvo jake svetlosti), za razliku od londonskog smoga (magla+čestice dima).



U većim koncentracijama troposferski ozon je “opasan” za neke poljoprivredne kulture (salate, spanać, cveće, gradsko drveće). Smeta astmatičarima, doprinosi emfizemu pluća i oboljenjima srca. U Los Anđelesu postoji služba ozonske uzbune, koja objavljuje opasnost od fotohemijskog smoga, kada ozon pređe optimalne granice od 80 čestica na milijardu.



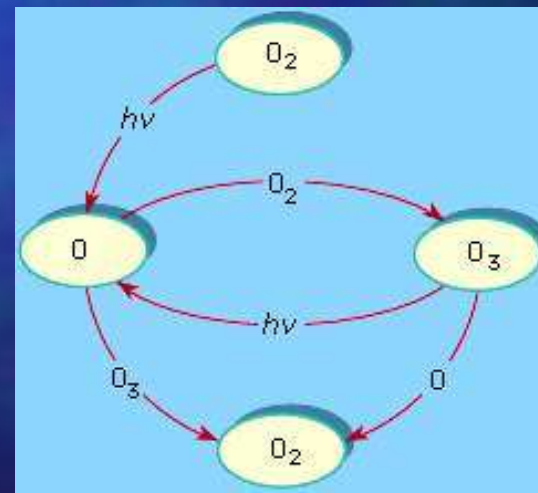
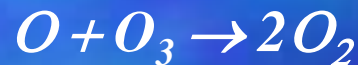
OZONSKI SLOJ

- Ozonski sloj štiti Zemljinu površinu apsorbujući destruktivno UV zračenje
- Iako ga ima vrlo malo suštastven je za život na Zemlji
- **Funkcionisanje ozona** - Chapmen-ove (kiseonične) reakcije:

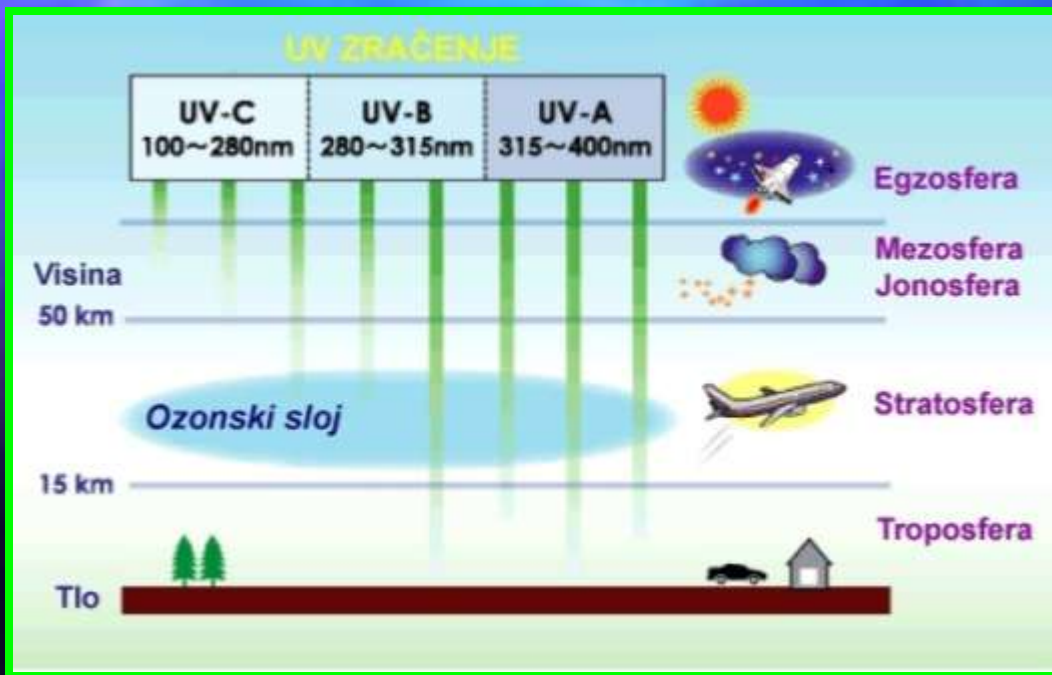
Nastanak ozona: $O_2 + h\nu \rightarrow O + O$ ($\lambda < 240 \text{ nm}$, UVC) fotolitička disocijacija (90% ozona u atmosferi nastaje na taj način)



Razaranje ozona: $O_3 + h\nu \rightarrow O_2 + O$ ($\lambda < 320 \text{ nm}$, UVB)



Dakle: ozon nastaje iznad statosfere pod delovanjem visokoenergetskih fotona UVC zračenja. Kao teži spušta se u stratosferu, gde njegove molekule, na manjim visinama, razaraju manjeenergetski fotoni UVB zračenja.



REZULTAT:

Pod delovanjem UVC i UVB zračenja, u ravnoteži je stvaranje i razaranje ozonskog sloja. UVC potpuno, a UVB u najvećoj meri biva apsorbovano u ovim procesima. U tome je zaštitna uloga ozonskog sloja.

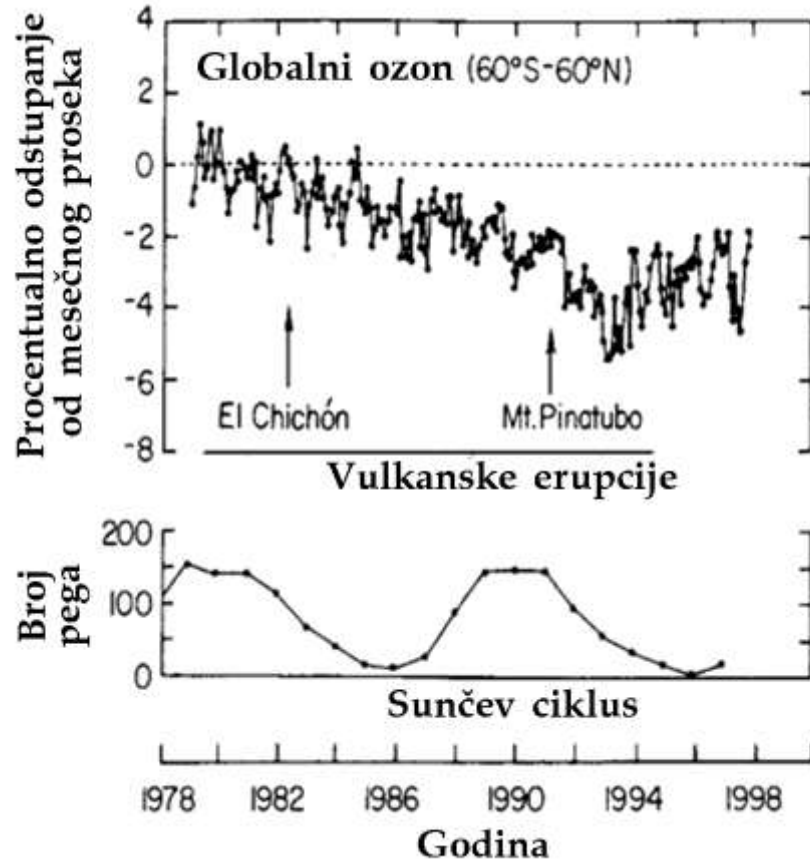
Stratosferski kiseonik i ozon apsorbujju 97-99% UV zračenja sa talasnim dužinama između 150 i 300 nm (77% UVB i 100% UVC). 1% smanjenja ozona u stratosferi dovodi do povećanja od 2% prisutnosti UVB na površini Zemlje, što dovodi do 4% povećanja karcinoma kože .

90% raka kože pripisuje se delovanju UVB zračenja

STANJE O₃ SLOJA

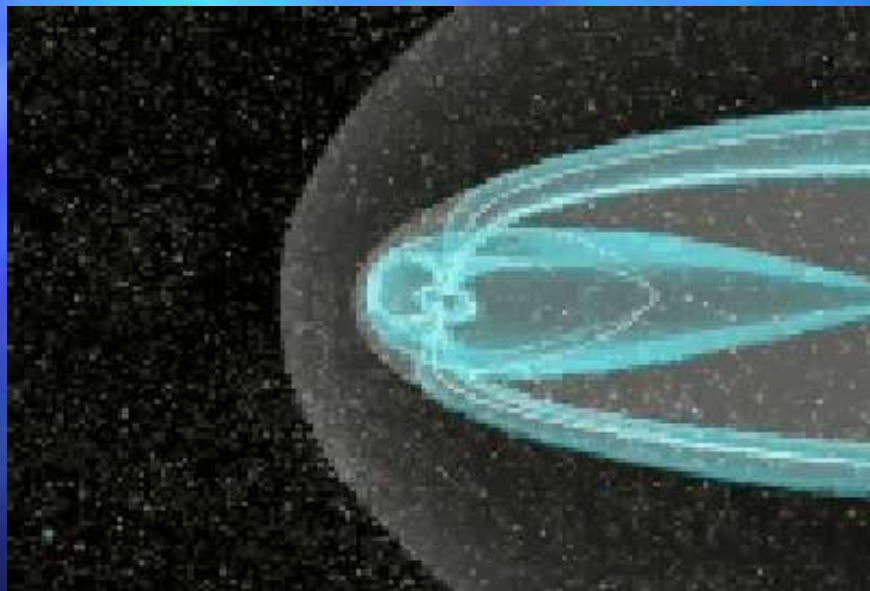
- Reakcija rekombinacije je spora, i kada bi samo ona bila uzrok nestajanja ozona, ozonski sloj bio bi dva puta deblji nego što jeste.
- Prva narušavanja o. sloja uočena su 1985. g. na Antarktiku (stanica Heli Bej). Merenja su potvrđena i na stanicama Novolazarevskaja, Seva, Mek Merdo. Smanjenje ozona nad Antarctikom koreliralo je sa hlađenjem stratosfere.
- Osim kiseoničnog (Chapman-ovog) ciklusa rekombinacije postoje i azotni, vodonični i hlorni ciklus rekombinacije. To su katalitičke rekombinacije.
- Trenutno stanje ozonskog sloja je rezultat dinamičke ravnoteže između fotolize i rekombinacije; povećanje rekombinacije, izazvano povećanjem katalizatora, rezultuje smanjivanjem ozonskog sloja

VARIJACIJE O₃ SLOJA



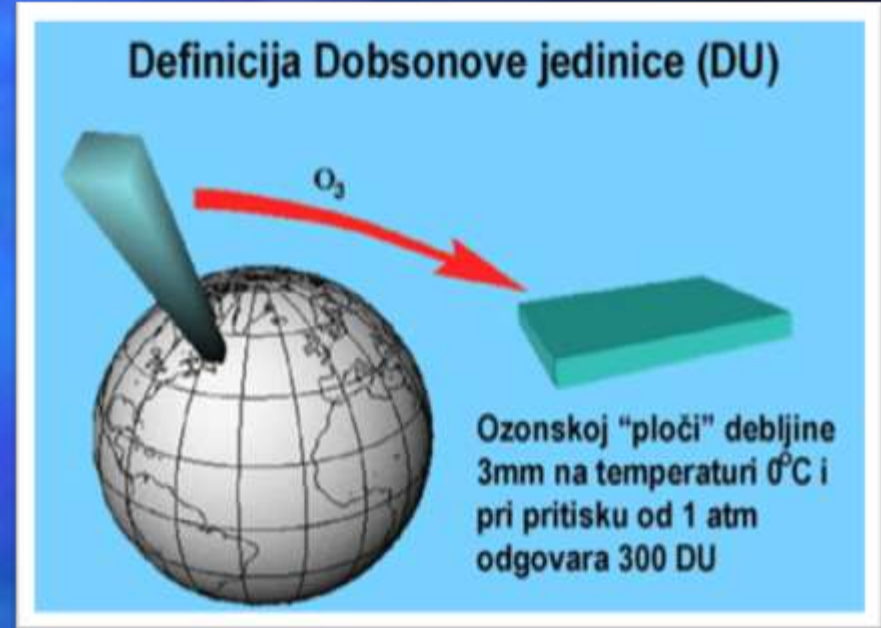
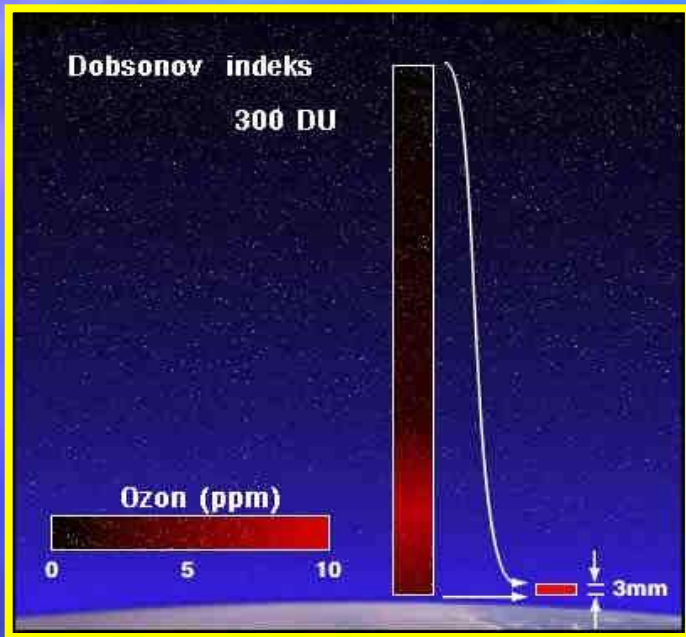
- Prirodne varijacije ozonskog sloja postoje u zavisnosti od posmatranog mesta ali i u vremenu na posmatranom mestu
- Sunčeva aktivnost - ciklusi od 11 godina - efekti su mali - 2% od pika do srednje vrednosti (polovi 4%)
- “Kvazibijenalne oscilacije” povezane su sa promenom smera tropskih vetrova u niskoj stratosferi sa periodom od otprilike 2 godine - 3%

VARIJACIJE O₃ SLOJA



- Iznenađne pojave pojačanog Sunčevog vetra mogu povećati koncentraciju *NO* u gornjoj stratosferi i mezosferi utičući na ozonski sloj - ali slabo
- Vulkanske erupcije dovode do injekcije sumpornih aerosola koji menjaju balans zračenja u stratosferi izazivajući rasejavanja svetlosti i aktiviranje hlornih jedinjenja

DEBLJINA O₃ SLOJA



- Debljina ozonskog sloja meri se Dobsonovim jedinicama DU (Dobson Unit)
- Kada bi se sav ozon iz stratosfere spustio na Zemlju, i doveo na uslove od $t = 0^{\circ}\text{C}$ $p = 10^5 \text{ Pa}$, njegova debljina bila bi u proseku oko 3 mm. Ova debljina sloja odgovara 300 DU.
- U apsolutnim jedinicama: $1 \text{ DU} = 2.7 \cdot 10^{16} \text{ molekula/cm}^3$

Regionalne i sezonske promene O₃ sloja

| Mesto | Debljina ozonskog sloja (DU) | | | |
|---------------------------------|------------------------------|-------|-----|----------|
| | Januar | April | Jul | Oktoibar |
| Huancayo, Peru (12S) | 255 | 255 | 260 | 260 |
| Aspendale, Australia (38S) | 300 | 280 | 335 | 360 |
| Arosa, Switzerland (47N) | 335 | 375 | 320 | 280 |
| St. Petersburg, Russia (60N) | 360 | 425 | 345 | 300 |

Regionalne i sezonske promene O₃ sloja

Zonalne srednje vrednosti ukupnog ozona (DU)

| G. širina | 40 N | 45 N | 50 N | 55 N |
|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| JAN | 344 | 367 | 381 | 369 |
| FEB | 362 | 391 | 411 | 420 |
| MAR | 388 | 394 | 413 | 427 |
| APR | 362 | 385 | 402 | 414 |
| MAJ | 353 | 375 | 388 | 396 |
| JUN | 333 | 354 | 366 | 370 |
| JUL | 313 | 328 | 339 | 343 |
| AVG | 302 | 311 | 319 | 323 |
| SEP | 292 | 300 | 306 | 311 |
| OKT | 283 | 294 | 303 | 310 |
| NOV | 286 | 301 | 314 | 321 |
| DEC | 311 | 330 | 343 | 349 |

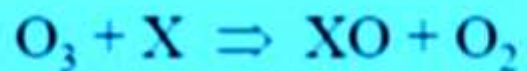
Regionalne i sezonske promene O_3 sloja

- Treba uočiti da su najviše vrednosti debljine u proleće (a ne u jesen kako bi se očekivalo), a najniže u jesen, a ne u zimu. Na severnoj polulopti više je ozona u januaru nego u julu!
- Glavnina ozona stvara se u tropima, a onda se vetrovima prenosi u oblasti većih geografskih širina
- Antarktička ozonska rupa, o kojoj će kasnije biti više reči, ispada iz ovih prirodnih varijacija. Npr. mesto Halley Bay imalo je *117 DU* 1993. g. a *321 DU* 1956. godine!



UNIŠTAVANJE OZONA

Odvija se po shemi:



(X može biti O, NO, OH, Br ili Cl)

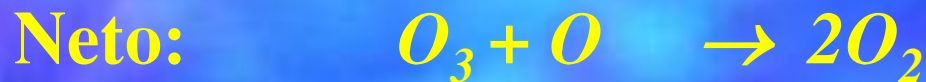
KATALITIČKE REKOMBINACIJE

- **Hlorni (bromni) - halogeni ciklus rekombinacije**
- **Dokazan kao narušilac prirodnog stanja ozonskog sloja. Pod njegovim delovanjem dolazi do narušavanja ravnoteže u stvaranju i razaranju ozona**
- **Chapman-ov ciklus razaranja (pod delovanjem svetlosti dominira na visinama 40-60 km, azotni na visinama 15-30 km, hlorni i bromni do 50 km)**

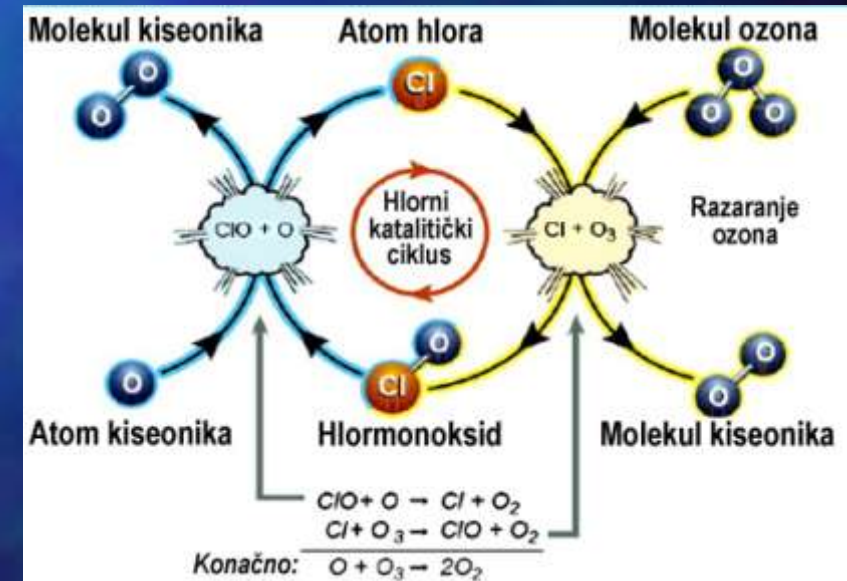
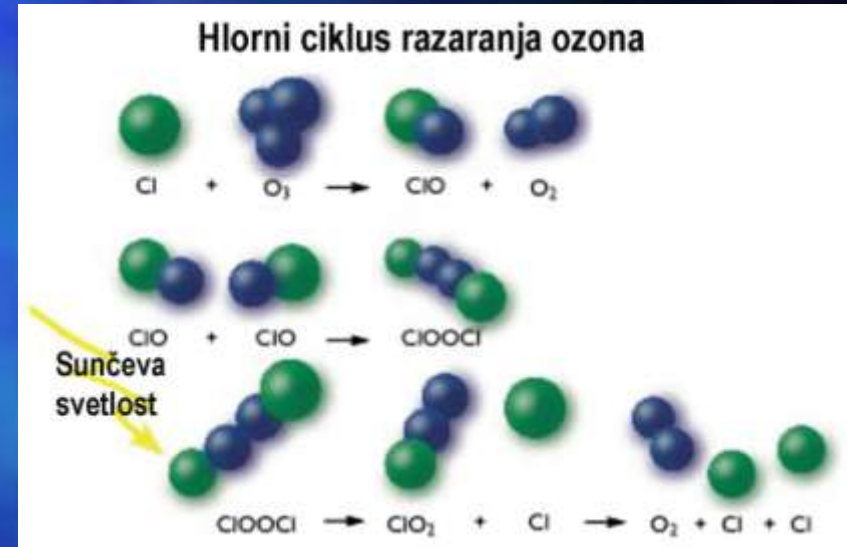
UNIŠTAVANJE OZONA

- Mnoštvo mehanizama.

Najjednostavniji:



- Atom hlora je katalizator, ne troši se u reakciji. Svaki atom hlora u stratosferi može uništiti od 10 000 do 100 000 molekula ozona pre nego što bude “ispran” iz atmosfere

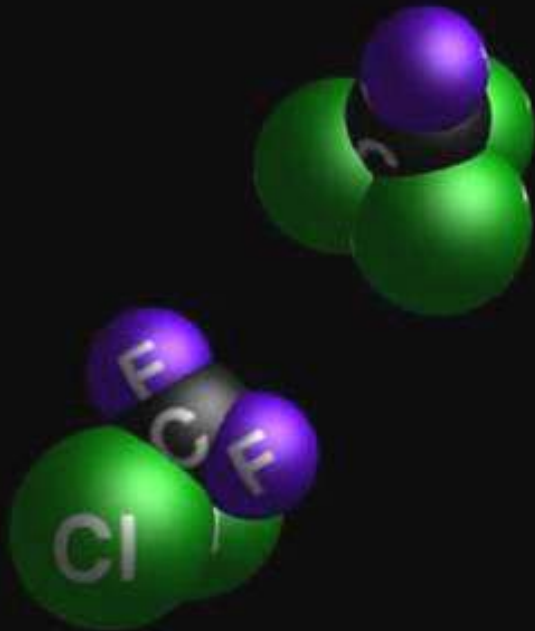


IZVORI HLORA

- **CFC (Hlorofluorokarbonati) su klasa organskih jedinjenja. Hemijski su nereaktivni i bezbedni za rad. Ali u stratosferi se fotolizuju.**
- **praktično ih nema u prirodi - antropogenog su porekla. Od 1928. g. se koriste u rashladnim uređajima. Koriste se kao punjači u penastim materijalima (stiropor), dezodorans bocama, aparatima za gašenje.**

CFC

CFC molekuli



Trihlorofluorometan



CFC-11, R-11, F-11

Dihlorodifluorometan



CFC-12, R-12, F-12

Trihlorotrifluoroetan



CFC-113, R-113, F-113

SLIČNA JEDINJENJA

Hidrohlorofluorokarbonati npr. $CHClF_2$
HCFC-22, R-22

Ugljen tetrahlorid (tetrahlorometan) CCl_4

Metil hloroform (trihloroetan) CH_3CCl_3
R-140a

Metil hlorid (hlorometan) CH_3Cl

UNIŠTAVANJE OZONA

- Atom broma je *10-100* puta destruktivniji (jer brom, za razliku od hlora nema stabilna jedinjenja u koja može “da se skloni”- tzv. *rezervoare*), ali na sreću, njegova koncentracija je oko *100* puta manja u odnosu na hlor.
- HCFC uništavaju ozon mnogo manje nego CFC jedinjenja.

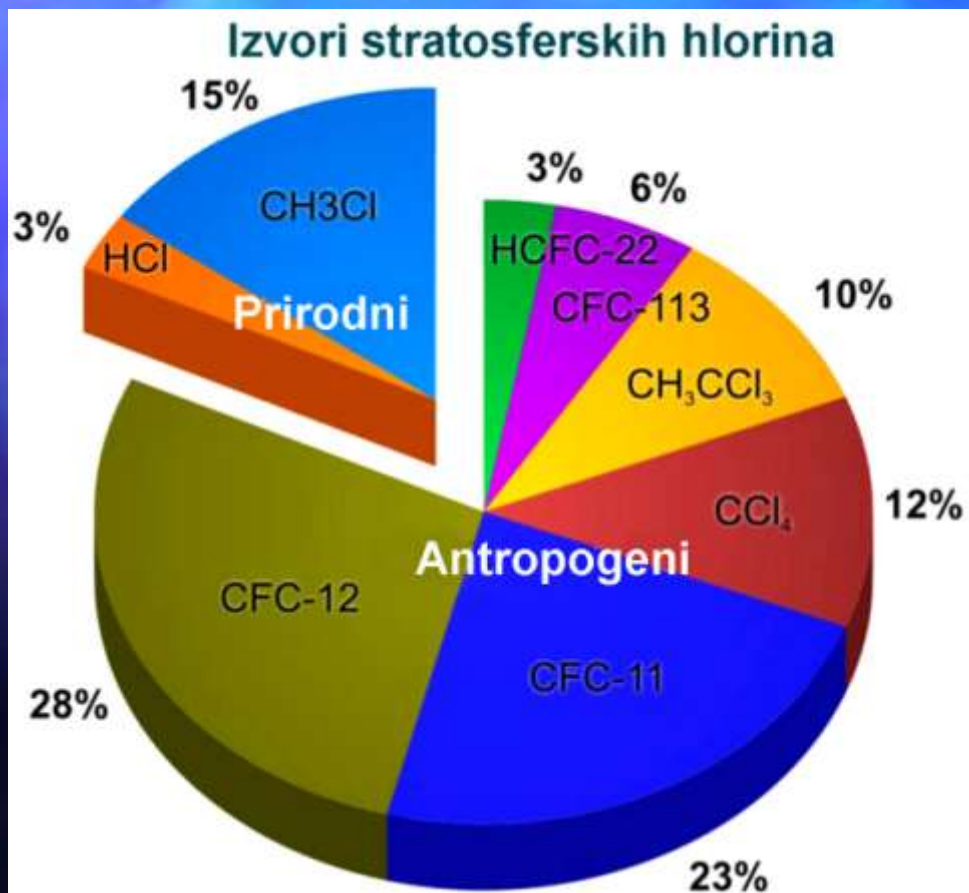
Udeo supstanci u razgradnji ozona i vreme potrebno za njihovu razgradnju

| Jedinjenje | Udeo u razgradnji ozona | Godine do razgradnje |
|----------------------------------|-------------------------|----------------------|
| HALONI | 4% | 110 godina |
| RASTVARAČI: | | |
| trihloretan | 5% | |
| ugljeniktetrahlorid | 8% | 67 godina |
| CFC 113 | 12% | 90 godina |
| AEROSOLI, PENE, RASHLAĐIVAČI: | | |
| CFC 11 | 26% | 74 godina |
| CFC 12 | 45% | 111 godina |

IZVORI BROMA

- Haloni (sredstva za gašenje vatre)
npr. CF_3Br (Halon 1301)
- Metil bromid (pesticid)

DINAMIKA HLORNIH JEDINJENJA



- Samo metil hlorid ima jak prirodni izvor (u okeanima i sagorevanjem biomasa).
- CFC-11 (raspršivači) i CFC-12 (rashlađivači) čine više od 50%

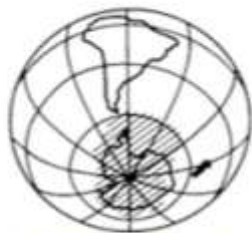
DINAMIKA HLORNIH JEDINJENJA

- CFC i ugljen tetrahlorid su skoro inertni u troposferi, nerastvorljivi u vodi, a vreme života im je 50-200+ godina!
- HCFC su malo reaktivniji, vreme života im je 1-20 godina.
- Iako teža od vazduha, hlorna jedinjenja dospevaju u stratosferu zahvaljujući kretanju vazduha.
- Postoji 10-20 godina vremenske razlike između emitovanja CFC-a i uništavanja ozona

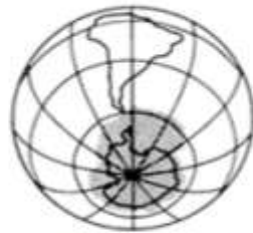
HIPOTEZA ILI TEORIJA?

- Laboratorijski testovi: *Cl* i *ClO*
- Merenja u stratosferi
- Veza između antarktičkog oštećenja ozona i emisije CFC-a je dokazana
- Na srednjim g.š. - verovatna veza

Hlor monoksid i ozonska rupa na Antarktiku: avgust 1996



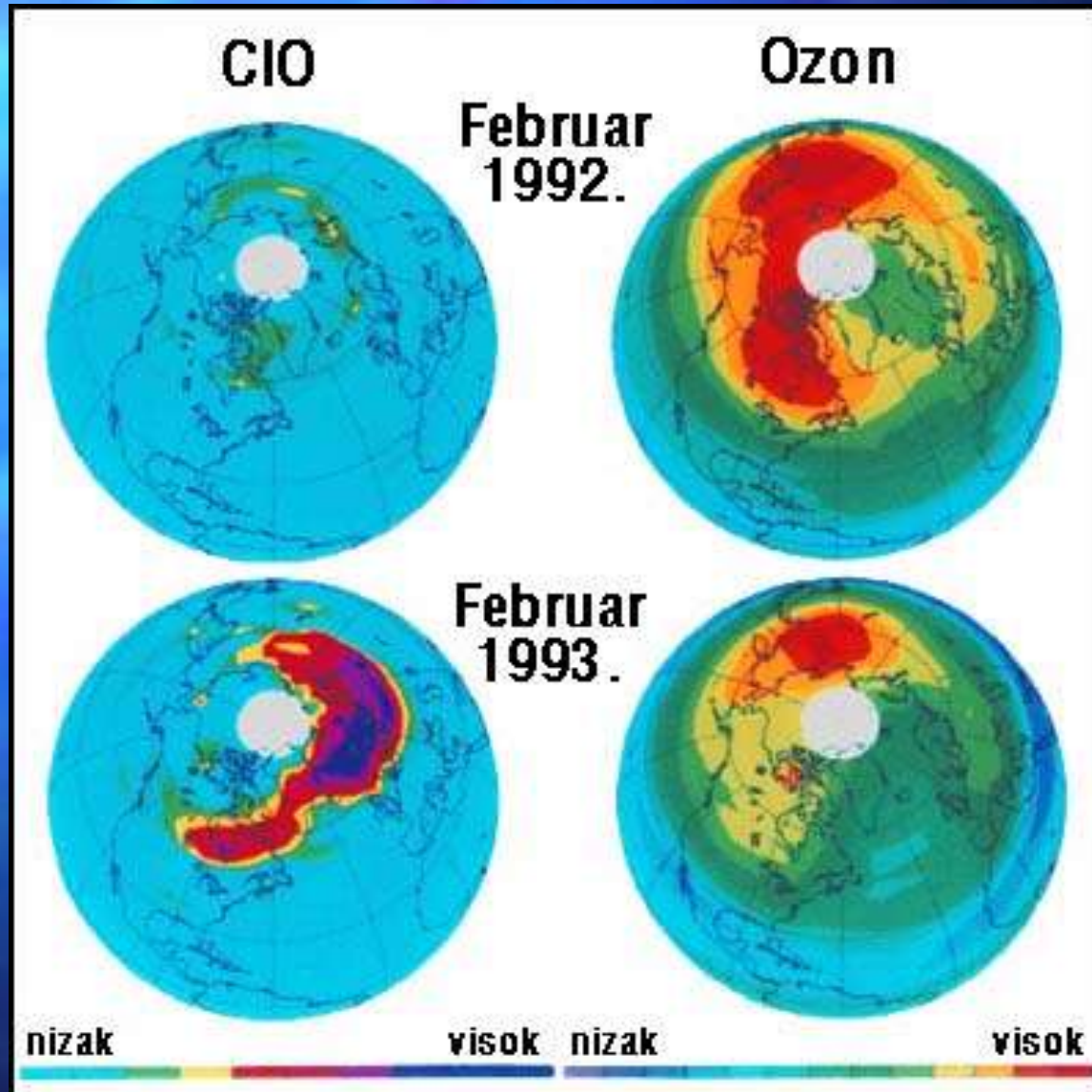
Oblast visoke koncentracije ClO



Oblast niske koncentracije ozona

Šervud Roland Mario Molina eksperiment u laboratoriji sa uslovima sličnim u o. sloju uz dodatak CFC i svetlost. Došlo je do disocijacije ozona.

HIPOTEZA ILI TEORIJA?

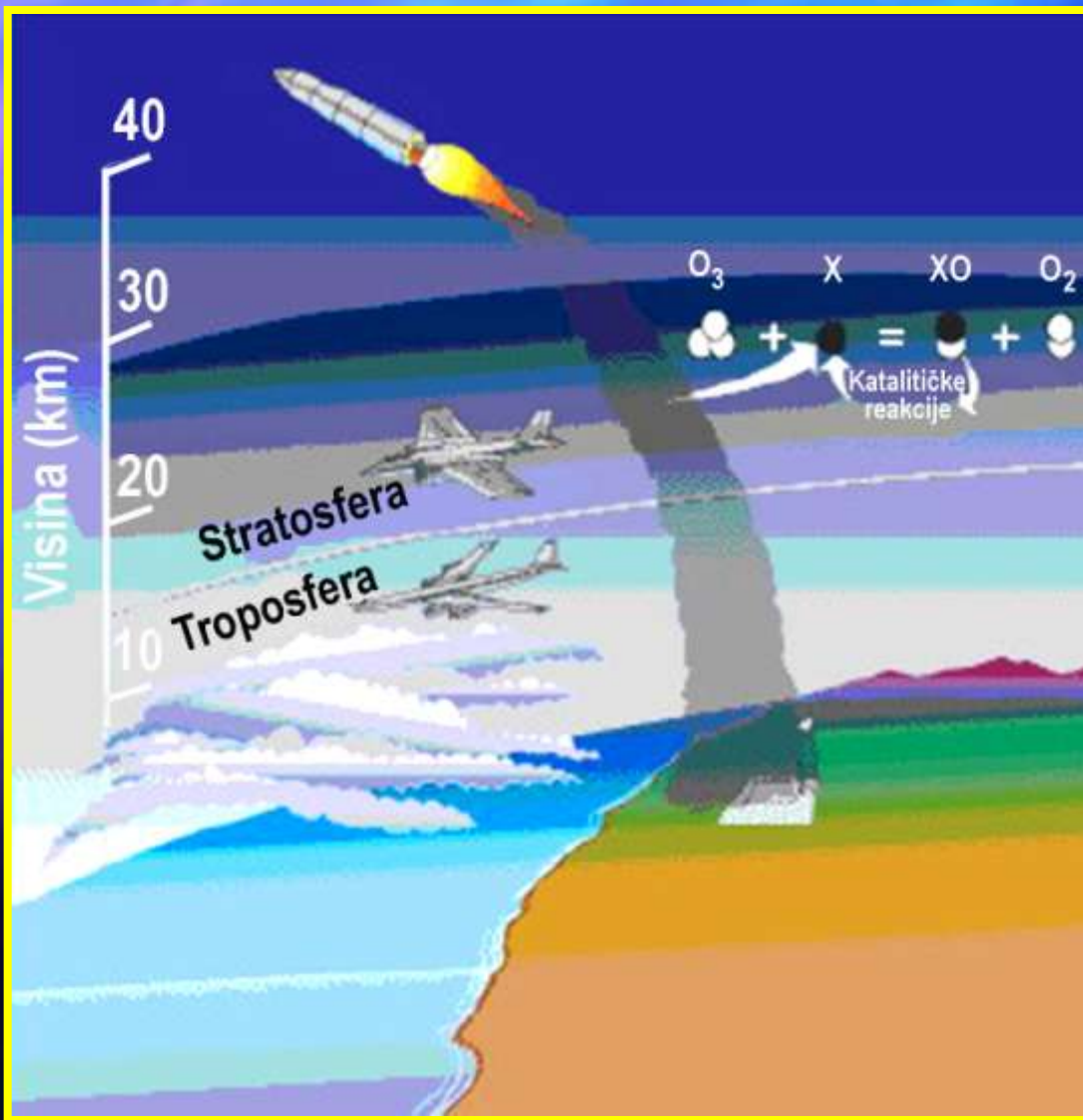


RAKETE I AVIONI



- Lansiranje Space Shuttle-a i drugih raketa godišnje ubaci u stratosferu 725 t Cl što je zanemarivo u poređenju sa CFC (~ 1Mt/god (1980.) ~0.3 Mt/god. stiže u stratosferu)
- Svako lansiranje Shuttla znači 75 t hlora više u stratosferi

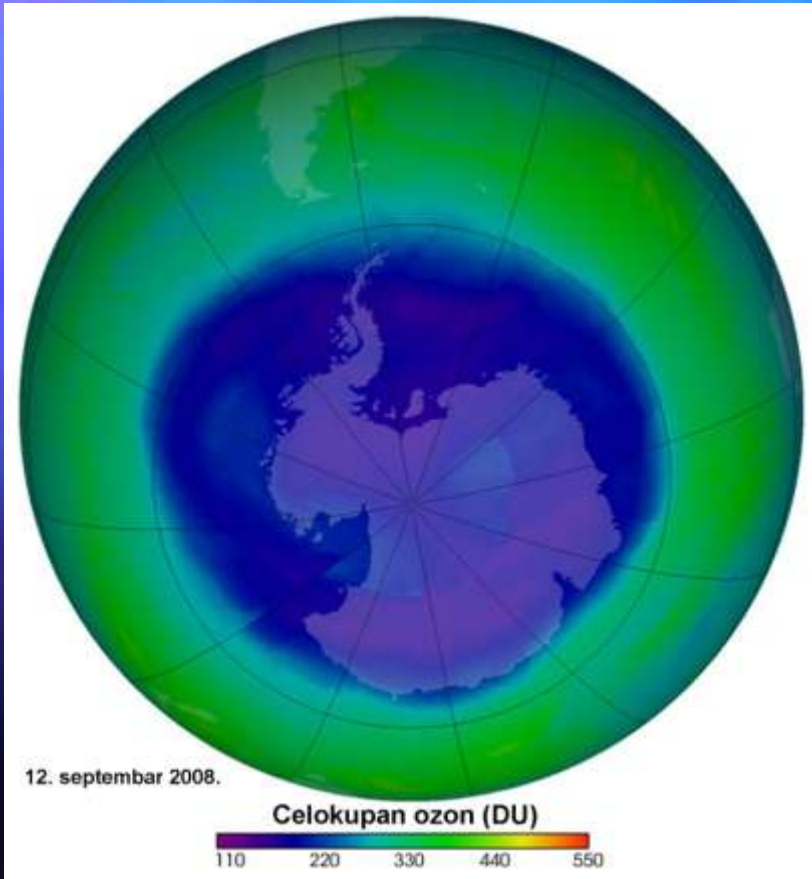
RAKETE I AVIONI



Avioni? Podeljena mišljenja. Analiza je vrlo komplikovana. U pitanju je azotni ciklus rekombinacije. Procena je (WMO) da čitava flota civilnih aviona daje <2% oštećenja (91.,94.). Konkord je svake sekunde sagorevao 700 kg vazduha.

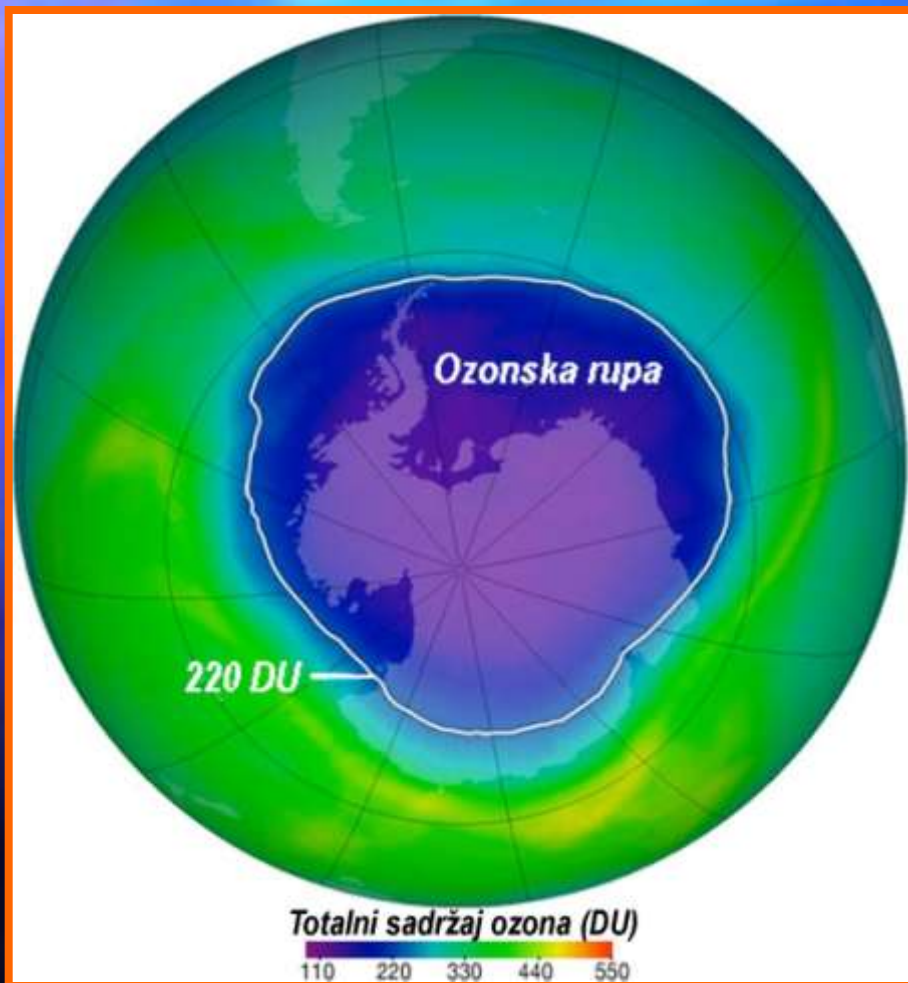
ANTARKTIČKA “OZONSKA RUPA”

Pod ozonskom rupom podrazumeva se stanje osiromašenja sloja sa manje od 220 DU



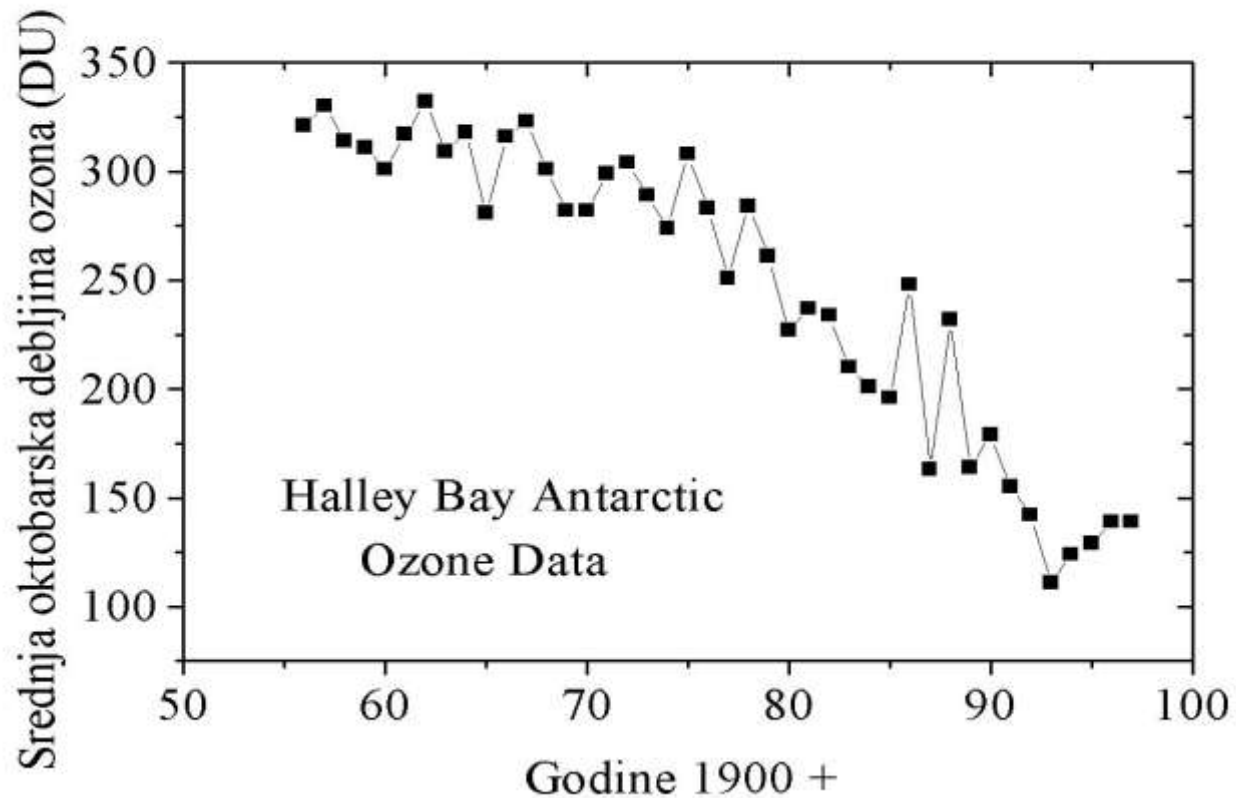
- Otkrivena zemaljskim merenjima 1980-84 Halley Bay
- Vrlo niske vrednosti od avgusta do novembra; na početku perioda vrednost je niska (<300 DU), a onda umesto da polako raste kada se u proleće pojavi svetlost, ona pada na ispod 150 DU i manje;

ANTARKTIČKA “OZONSKA RUPA”

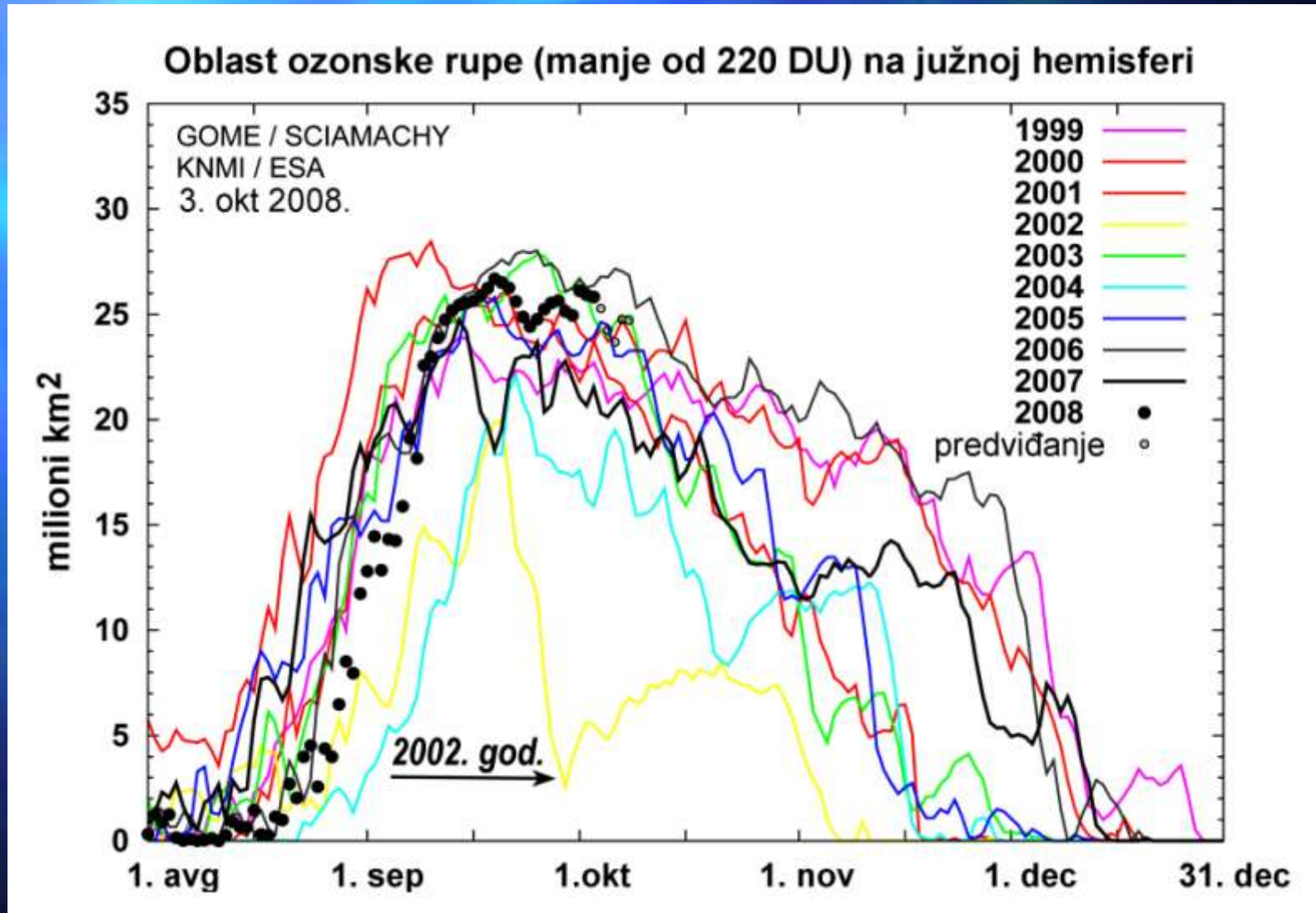


- U nižoj stratosferi između 15 i 20 km oko 95% ozona je uništeno; iznad 25 km oštećenja su mala a kao neto rezultat pojavljuje se oštećenje od oko 50%;
- U kasno proleće vraćaju se normalne vrednosti kada topli ozonom bogati vazduh počne da struji sa manjih geografskih širina;

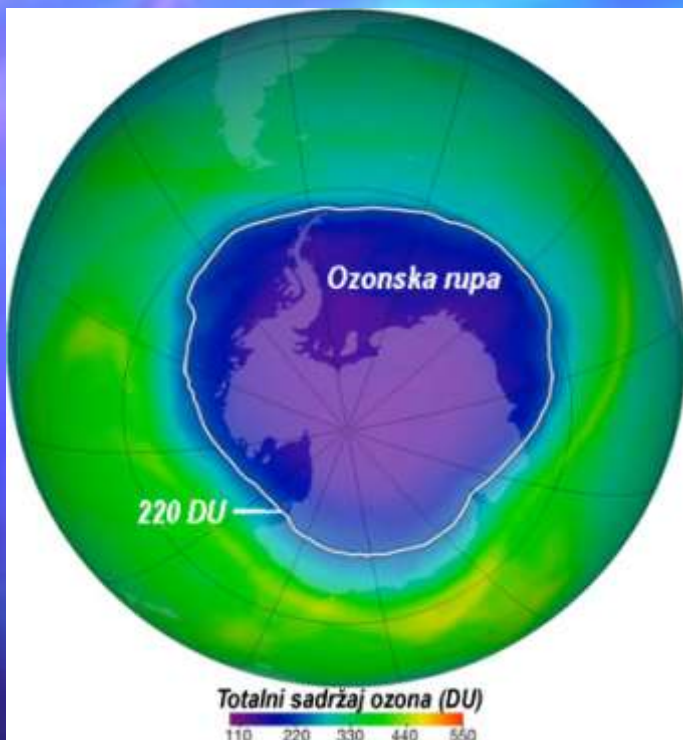
ANTARKTIČKI TREND



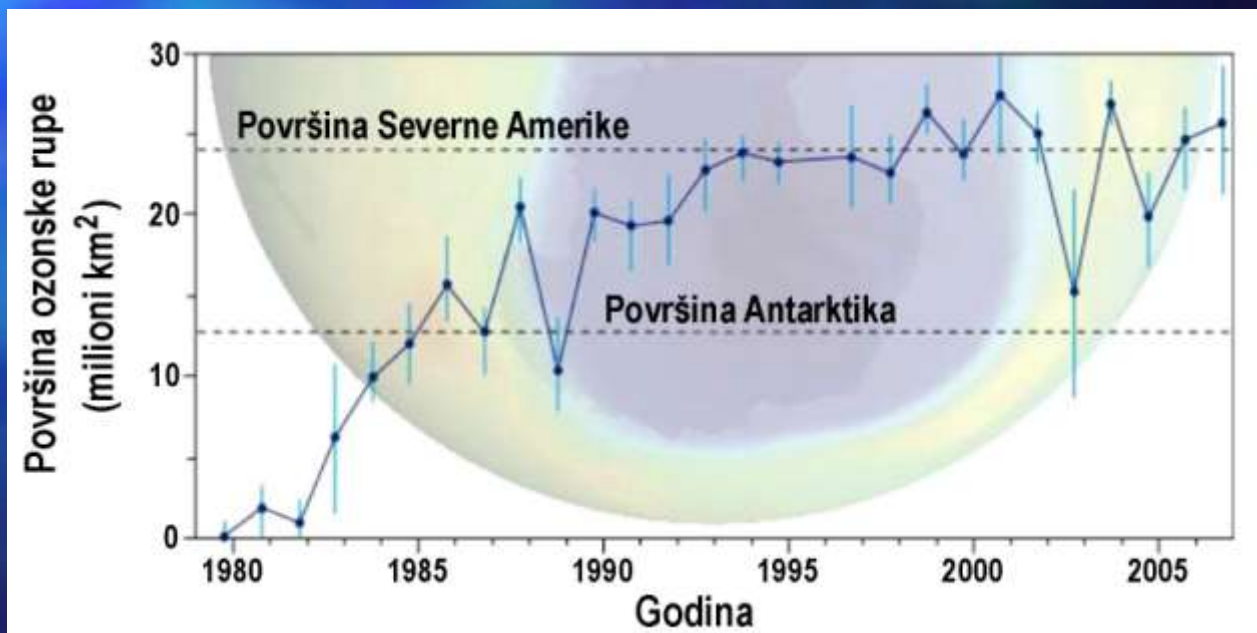
TRENDOVI



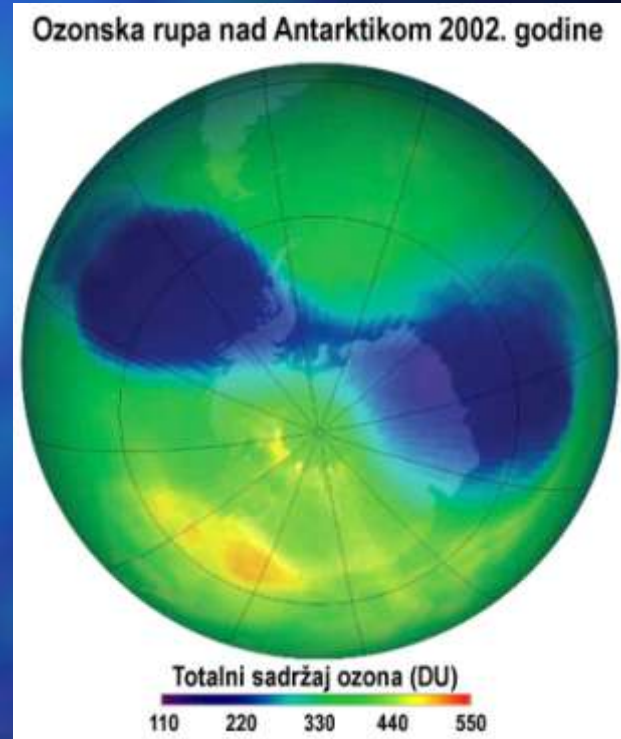
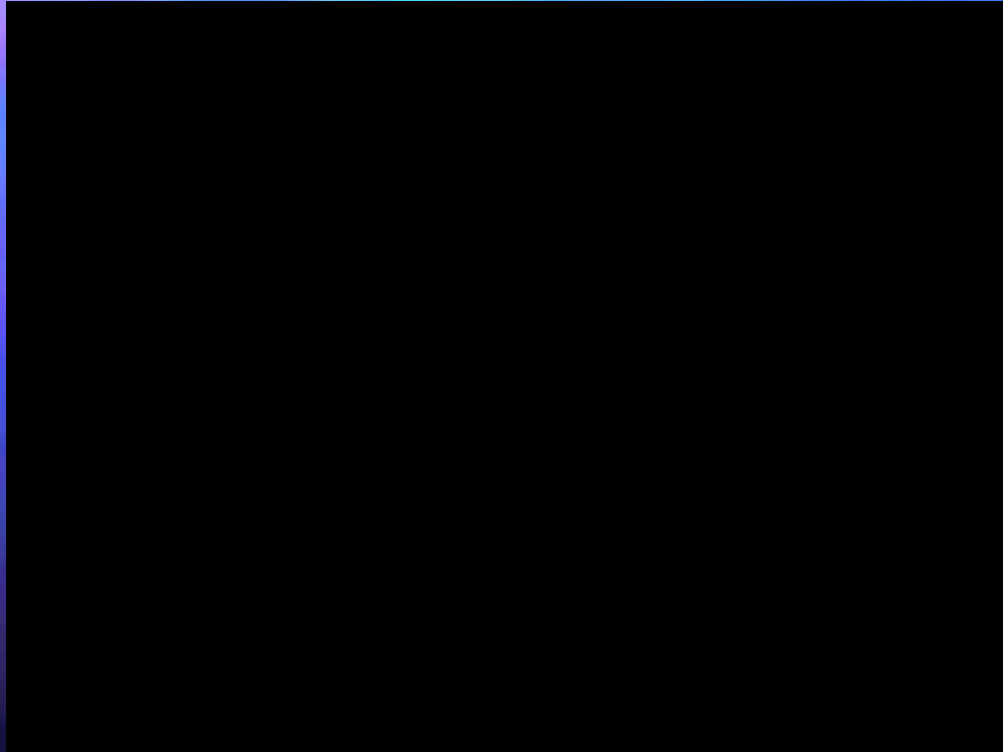
TRENDOVI



Ozon se oštećuje 4-5% po deceniji.
Godišnji gubitak nad Antarktikom je 30-40%, a u najgorim slučajevima do 95%.

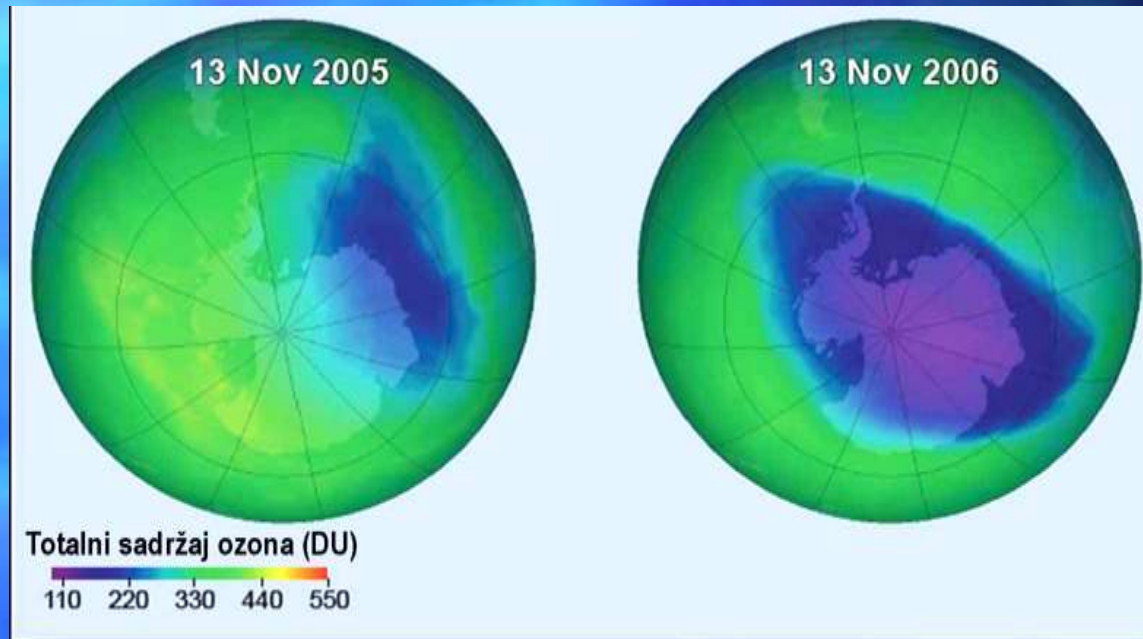


TRENDOVI



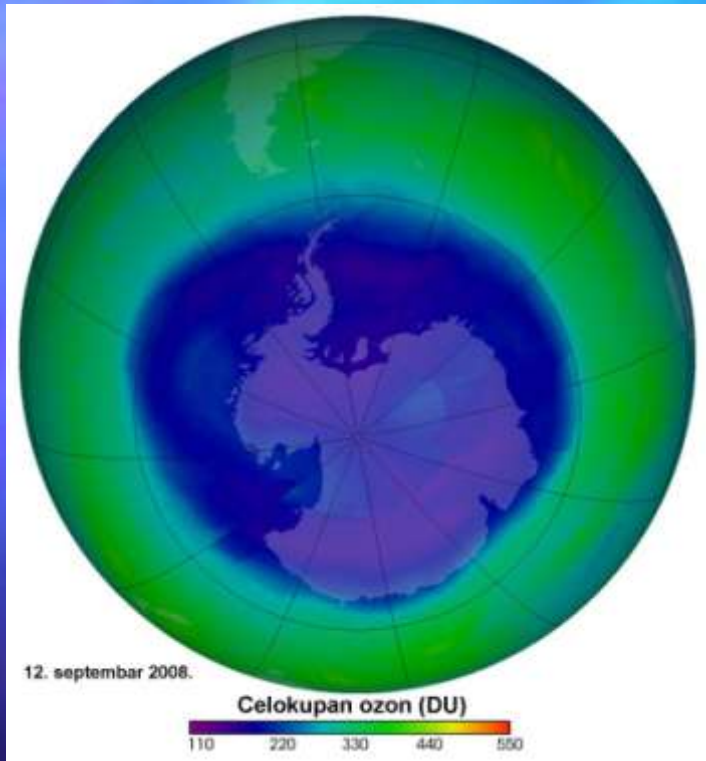
Ozonska rupa se 2002. podelila na dve. Mnogi su smatrali da je to znak oporavka. Međutim...

TRENDOVI



Septembra 2006. g. NASA je objavila da je o. rupa dostigla najveću površinu ikad zabeleženu (satelit AURA) – 27.4 miliona km² (površina veća od površine Severne Amerike)

TRENDOVI

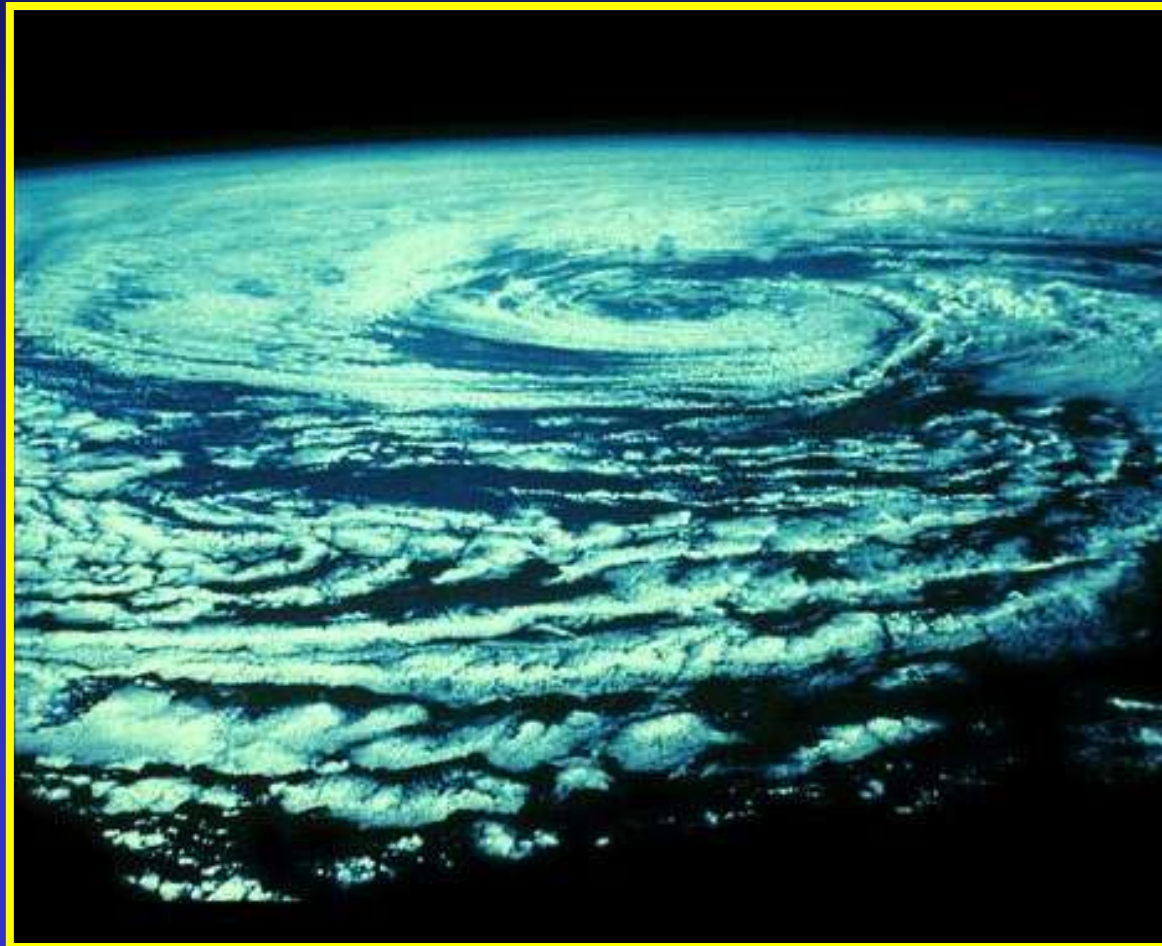


Najnoviji trendovi ukazuju da će se ozonska rupa možda oporaviti do 2050. što je rezultat smanjenja emisije CFC. Da nije do toga došlo do 2050. g. oštećenja ozonskog sloja bi zahvatila 50% površine na srednjim širinama severne hemisfere i 70% južne. Količina UVB bi bila dva puta veća na srednjim širinama severne hemisfere i četiri puta veća na južnoj .

Nad Evropom ozon je tanji za 30%. Stanjivanje o. sloja nije novina, ali se događa sve češće.

“PSC” TEORIJA

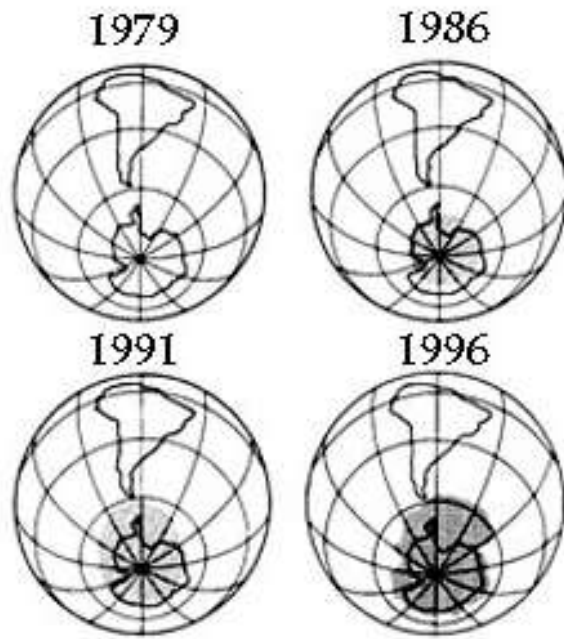
- **Polarni vrtlog - dok se zimi stratosferski vazduh hladi zahvata ga Koriolisova sila i uspostavlja jaku zapadnu cirkulaciju oko pola; kad se sunce vrati vetar slabi, ali vrtlog ostaje stabilan do novembra stvarajući izolovan duguljast sud;**



- **Polarni stratosferski oblaci (Polar Stratospheric Clouds - PSC) javljaju se jer je polarni vrtlog izuzetno hladan (u nižoj stratosferi čak ispod -80 C); sastav ovih oblaka uglavnom azotna kiselina i voda. Duže traju što je stratosfera hladnija**
- **Komplikovane hemijske reakcije na PSC onemogućavaju hlor da završi u svojim rezervoarima; ostaje u aktivnom stanju koje uništava ozon;**
- **Dokazi PSC teorije - pokazuje se smanjena koncentracija rezervoara za vreme zime i proleća dok je izrazito povećana koncentracija ClO**

BUDUĆNOST “OZONSKE RUPE”

Shematski prikaz rasta ozonske rupe

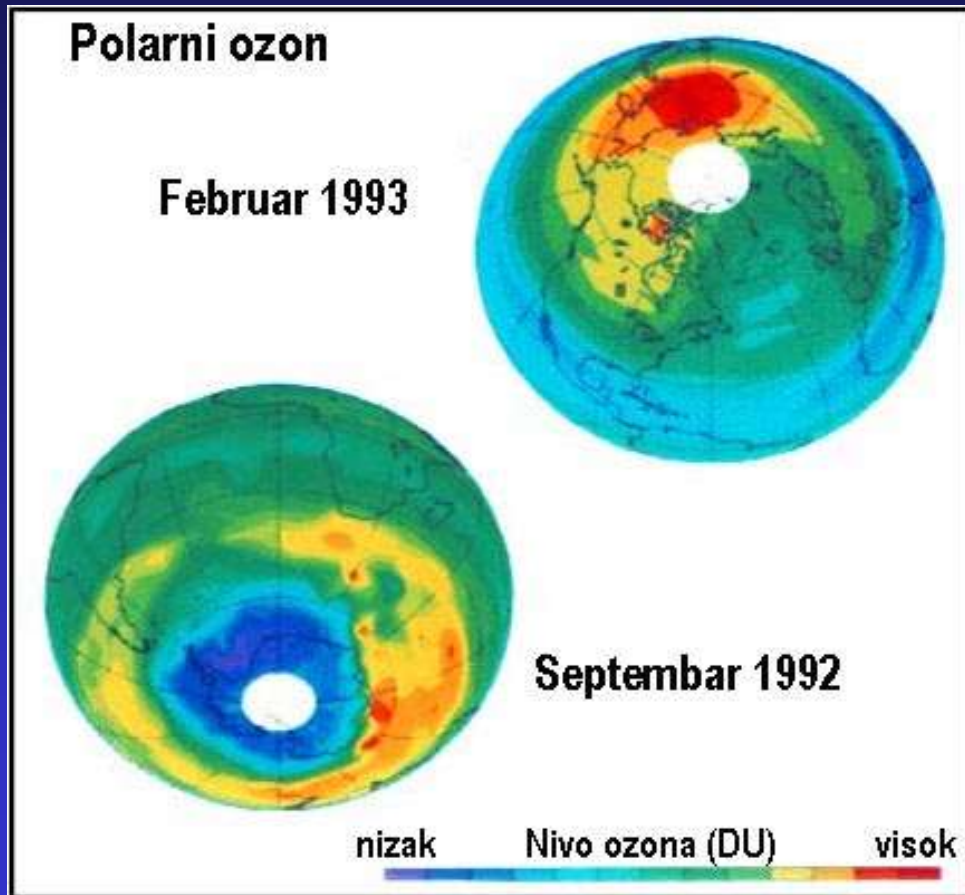


- **Hoće li ozonska rupa nastaviti da raste? Rupu opisujemo površinom, dubinom i vremenskom dimenzijom.**
- **Ako rupu definišemo kao oblast sa < 220 DU onda ona zahvata onaj deo vrtloga izpod 65 stepeni, dok se sam vrtlog nalazi ispod 55 stepeni; ako koncentracija hlora nastavi da raste rupa će se proširiti na celi vrtlog ali se ne očekuje da se proširi na Australiju ili Južnu Afriku (nekoliko puta prošla je južnim Čileom);**

BUDUĆNOST “OZONSKE RUPE”

- Rupa je locirana u nižoj stratosferi i čak iako koncentracija hlora u stratosferi nastavi da raste u narednih desetak godina možda će se pojaviti njeno prodiranje i u više slojeve stratosfere, ali nikako u značajnijem obimu.
- Vrtlog se prekida dolaskom toplog ozonom bogatog vazduha sa severa; ako se stratosfera hladi, vrtlog postaje stabilniji i rupa će trajati duže; dva su uzroka hlađenja stratosfere - efekat staklene bašte, i samo stanjivanje ozona. U budućnosti možemo očekivati duže živeće rupe (90. do poč. decembra), a moguće je i da ranije počnu (93.-96.)
- Zašto je važna? Tamo niko ne živi. - Iako je locirana na Antarktiku njeni efekti nisu; nakon razbijanja rupe hladan vazduh dolazi čak do Australije; 3% globalnog oštećenja;

ARKTIK ?



- **Ima li rupe na Arktiku? Vrtlog je puno slabiji, temperature su više, PSC su ređi i razbijaju se ranije u proleće; ako se nastave efekti staklene bašte pojaviće se, ali manja od one na Antarktiku (mini rupa iz 1997.)**

SEVERNA EVROPA - ARKTIK 2005

Saopštenje WMO od 28. januara 2005.

- Detektovani su prvi znaci ozonske rupe iznad Arktika tokom zime.
- Temperature u ozonskom sloju su najniže za zadnjih 50 godina.

Saopštenje Evropske komisije od 31. januara 2005.

- Rekordno hladna zima može povećati ozonsku rupu iznad Severne Evrope.
- To može intenzivirati UV radijaciju u Polarnom regionu i Skandinaviji, a moguće i u Centralnoj Evropi.
- Intenziviranje UV zračenja na povrini Zemlje bi imalo konsekvence po zdravlje ljudi, kao i po biodiverzitet.

Sporazumi o zaštiti OZONSKOG SLOJA

- Bečka konvencija o zaštiti ozonskog sloja 1985.
- Montrealski protokol o supstancama koje osiromašuju ozonski sloj 1987.
- Londonski amandman 1990.
- Kopenhaški amandman 1992.
- Montrealski amandman 1997.
- Pekinški amandman 1999.

BEČKA KONVENCIJA

Nacije su se složile da preduzmu “adekvatne mere ... da zaštite ljudsko zdravlje i okolinu od različitih efekata koji rezultiraju ili izgleda da rezultiraju od ljudskih aktivnosti, koje menjaju ili izgleda da menjaju ozonski sloj”. Ne pominju se posebne supstance koje oštećuju ozon, a CFC se pojavljuju u spisku supstanci koje treba pratiti. **Glavni cilj konvencije je da ohrabri istraživanja i kooperaciju između zemalja kao i razmenu informacija. Po prvi put nacije su se složile da razmatraju globalni problem okoline, pre nego što su njegovi efekti ostvareni ili čak naučno dokazani.**

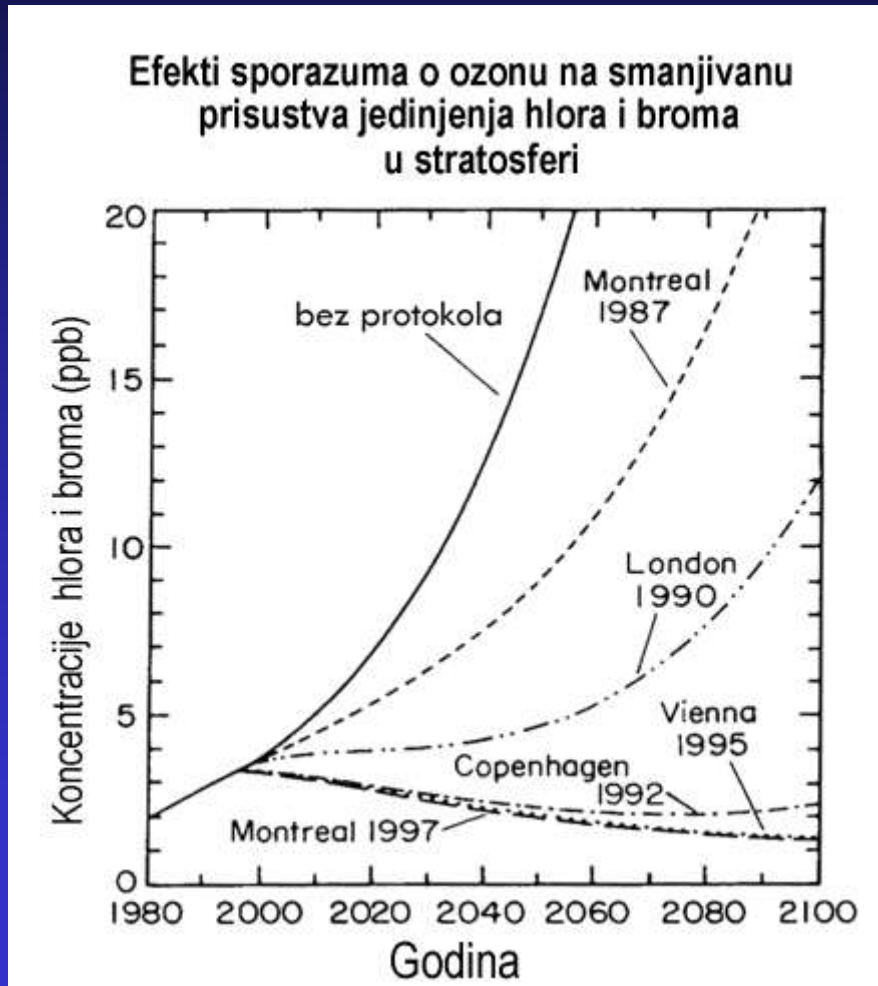
MONTREALSKI PROTOKOL

Finalni dogovor sadrži klauzule koje pokrivaju specijalne okolnosti nekoliko grupa zemalja, posebno zemalja u razvoju koje ne žele da protokol ukoči njihov razvoj. Protokol je konstruktivno fleksibilan, može se pooštriti kako se naučne činjenice osnažuju bez neophodnosti da se vrši novo kompletno pregovaranje. On postavlja “eliminaciju” supstanci koje uništavaju ozon kao svoj “finalni cilj”. Protokol je stupio na snagu 1. januara 1989. god., a sada su njegove potpisnice 155 zemalja od kojih je preko 100 zemalja u razvoju.

MONTREALSKI PROTOKOL

Protokol je bio samo prvi korak, kao što je uočeno još u to vreme. Od kada je potpisan, događaji su se razvijali zadivljujućom brzinom. Nove naučne činjenice pokazuju da bi jača i šira kontrola bila potrebna, a vlade i industrija su odmakle mnogo dalje i brže nego što bi iko verovao da je moguće.

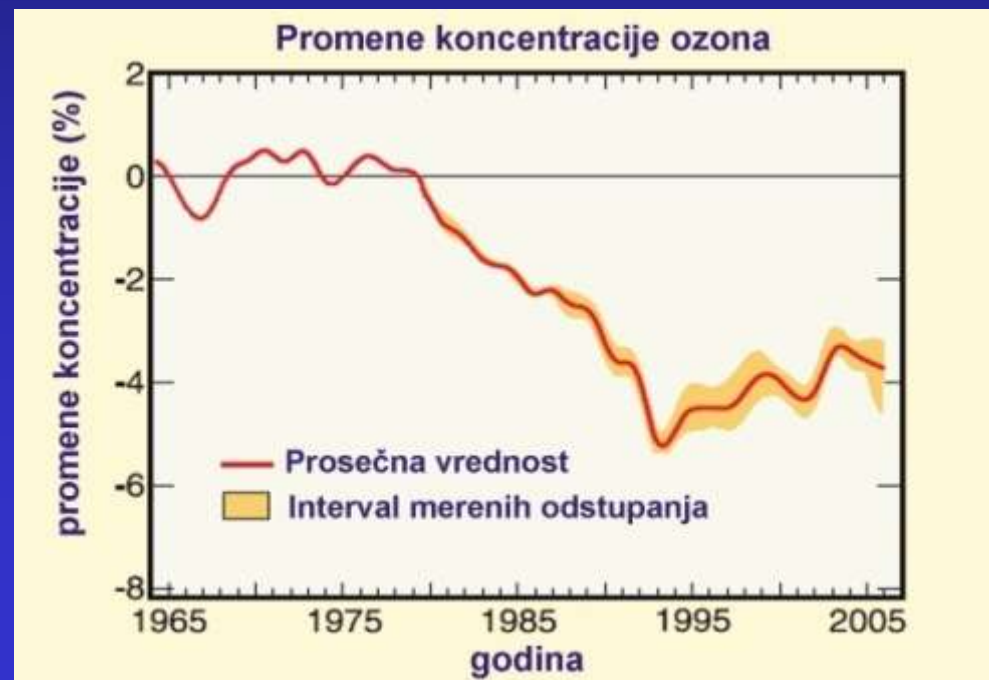
AMANDMANI NA MONTREALSKI PROTOKOL



- **Specifikacija pojedinih supstanci i limiti za njihovu proizvodnju**
- **Omogućiće smanjenje prisustva katalizatora ozonske rekombinacije u stratosferi**

ZAŠTO NIJE DOŠLO DO ZAUSTAVLJANJA RAZARANJA OZONA IAKO IMA MANJE CFC?

Došlo je do rasta temperature troposfere (zbog pojačanog efekta staklene bašte) i hlađenja stratosfere (i ozonskog sloja), jer IC zračenje u manjoj meri dospeva do nje. To pogoduje razaranju ozona i dužem zadržavanju polarnih vrtloga.



MERENJA

- **Atmosferska (satelitska i balonska) i zemaljska**
- **NASA's TOMS (Total Ozone Mapping Spectrometer) -**
- **NASA's UARS (Upper Atmosphere Research Satellite)**
- **SHADOZ (Southern Hemisphere ADitional OZonesonde)**
zemaljska podrška TOMS-u

TOMS

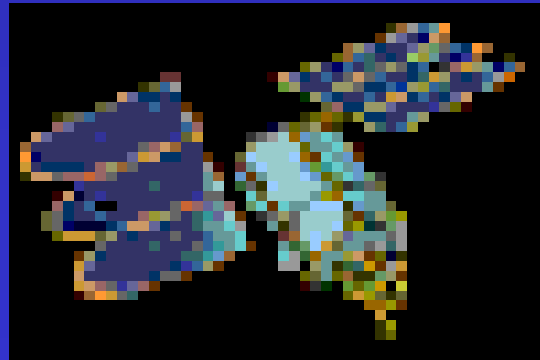
- 4 satelita: Meteor3 & Nimbus 7 (Nov 78- Dec 94)



- Adeos (Avg 96 - Jun 97)



- Earth Probe (Jul 96 - ...)

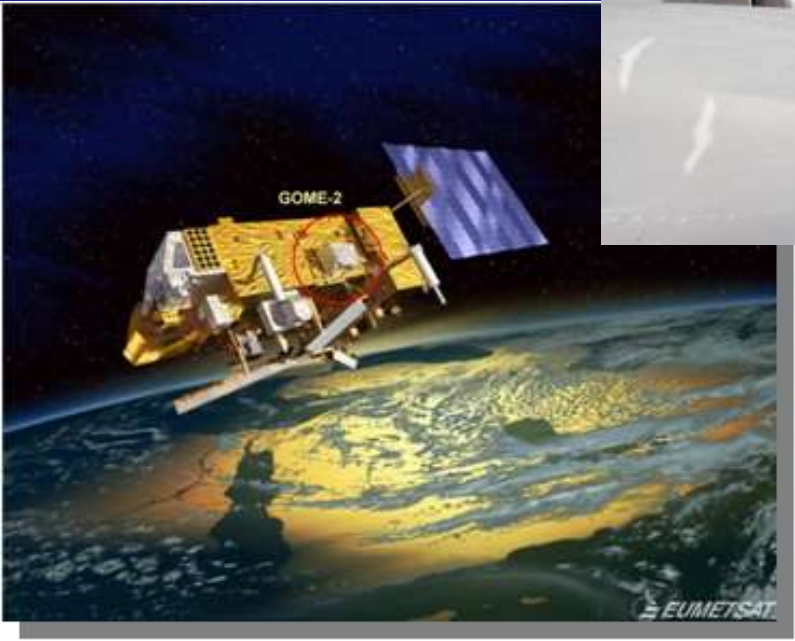


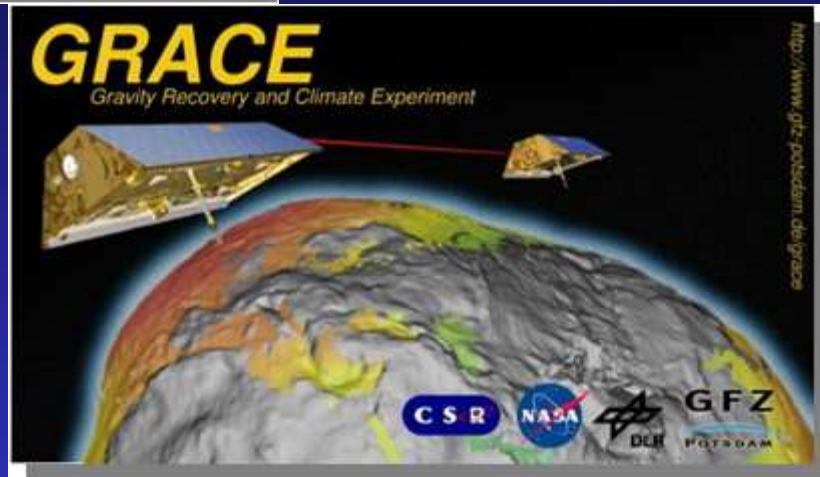
SHADOZ



- **SHADOZ (Southern Hemisphere ADitional OZonesonde) - ozonske sonde šalju se balonima sa strategijskih tačaka na celoj planeti; one mere temperaturu, vlažnost i ozon sve do 35 km visine;**







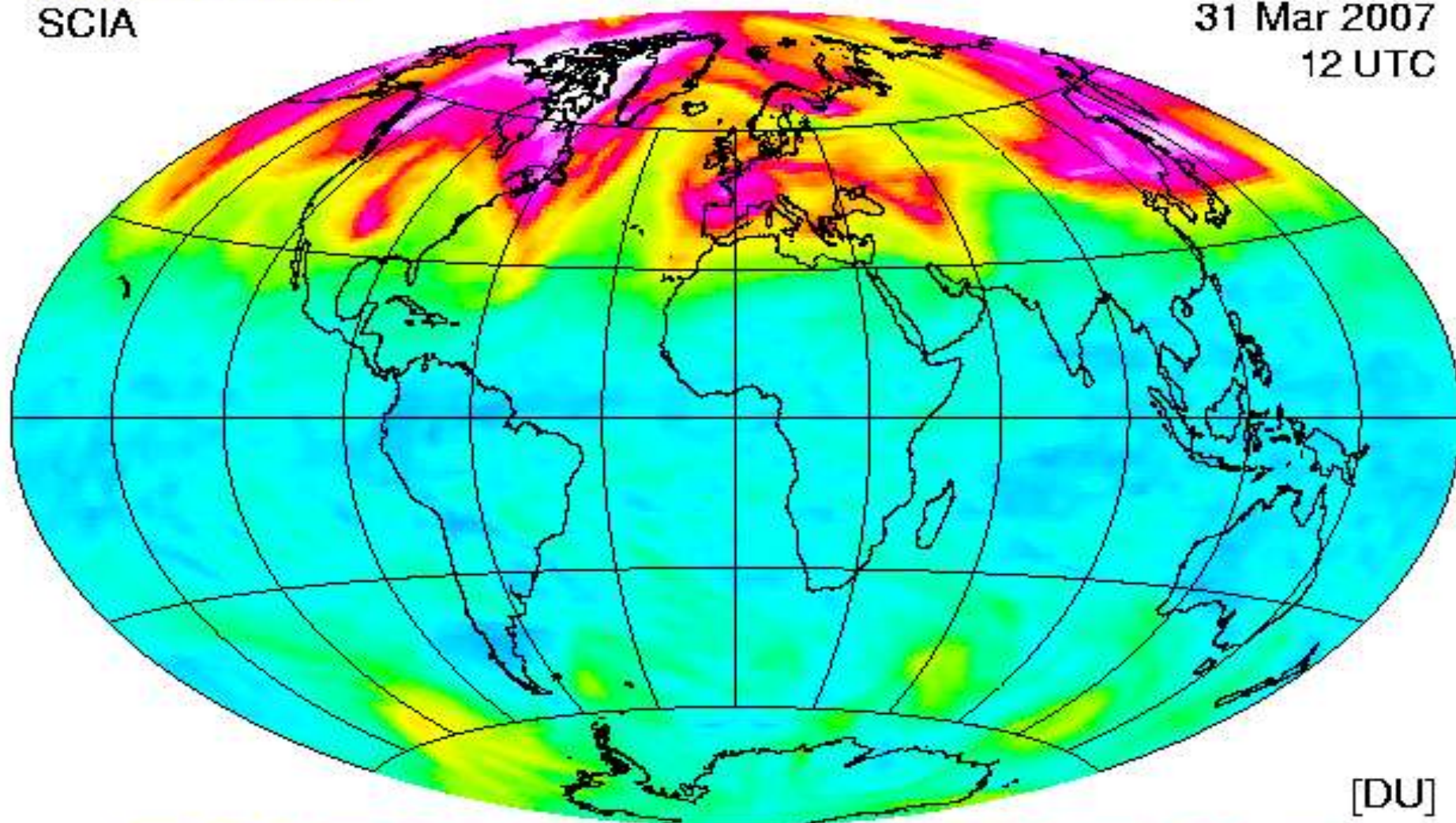
KNMI / ESA

SCIA

Forecast total ozone (D+1)

31 Mar 2007

12 UTC

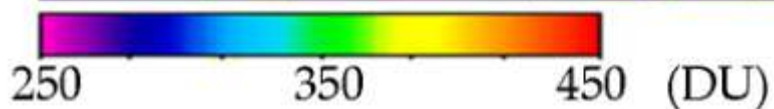
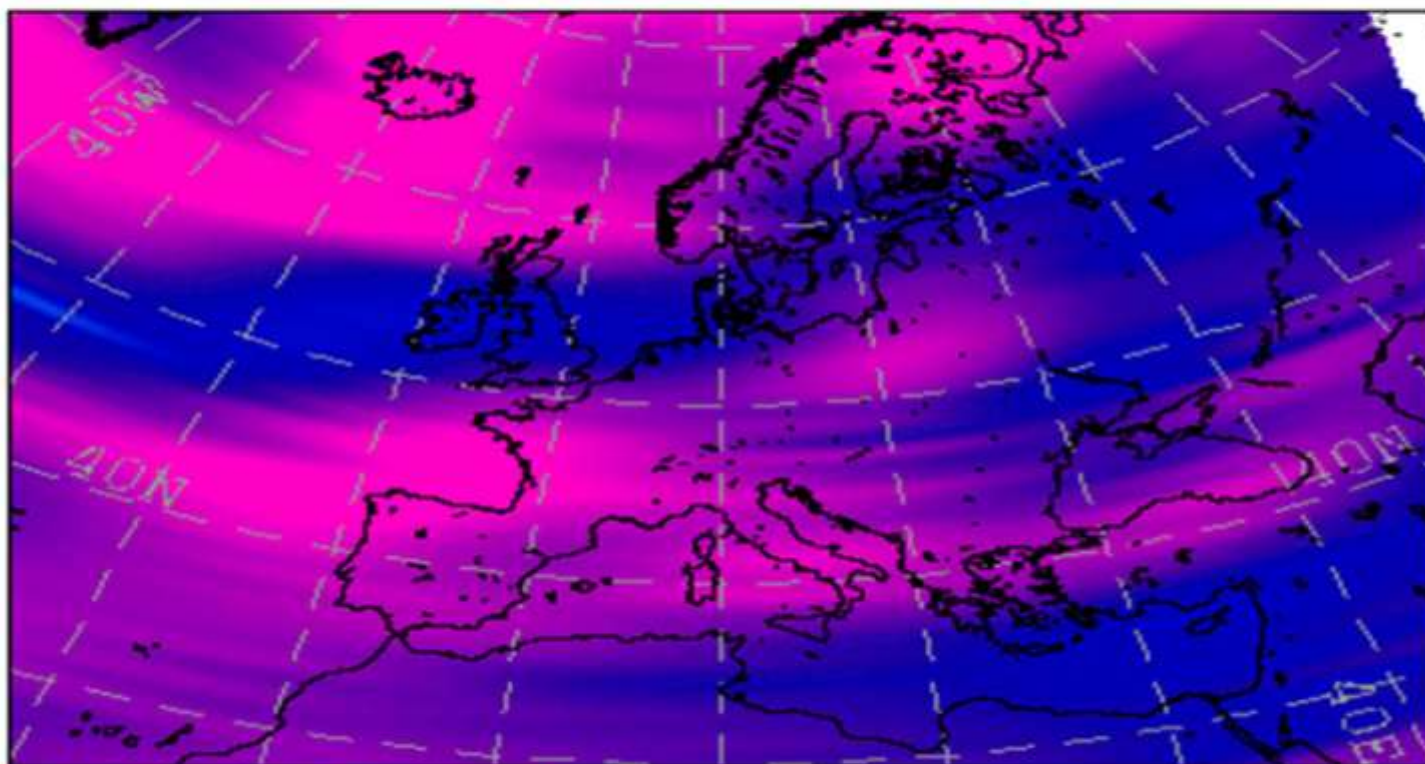


[DU]



Stanje ozonskog sloja nad Evropom 29.09.1999.

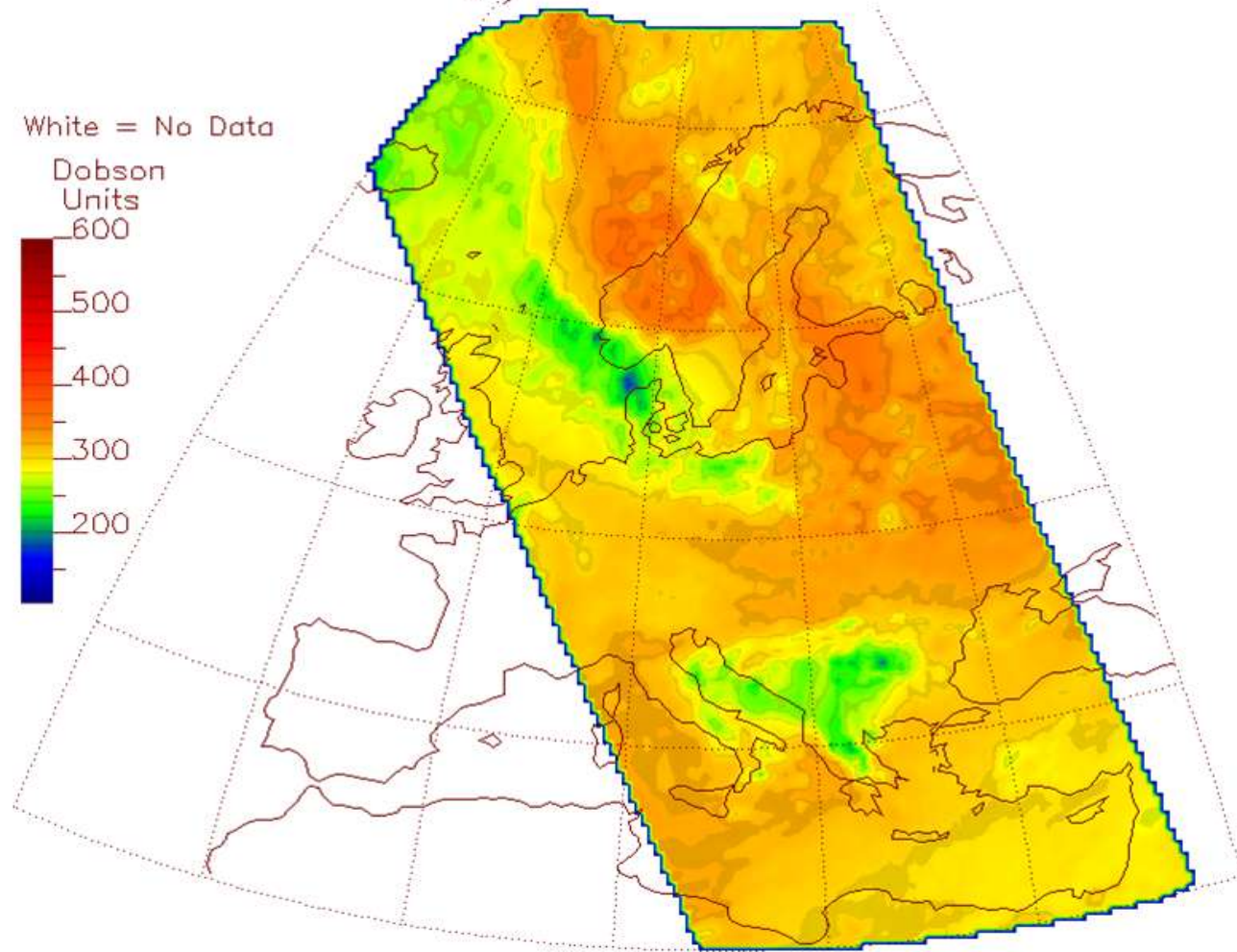
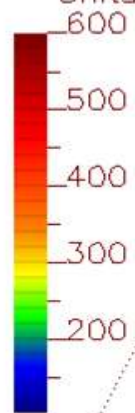
podaci: Global Monitoring Experiment (GOME)



Total Ozone Layer From NOAA Satellites

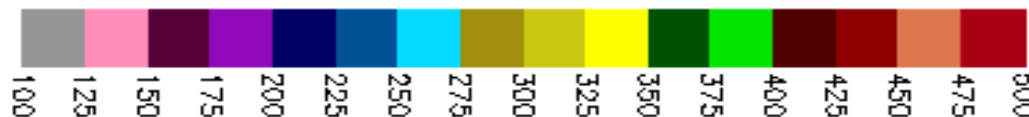
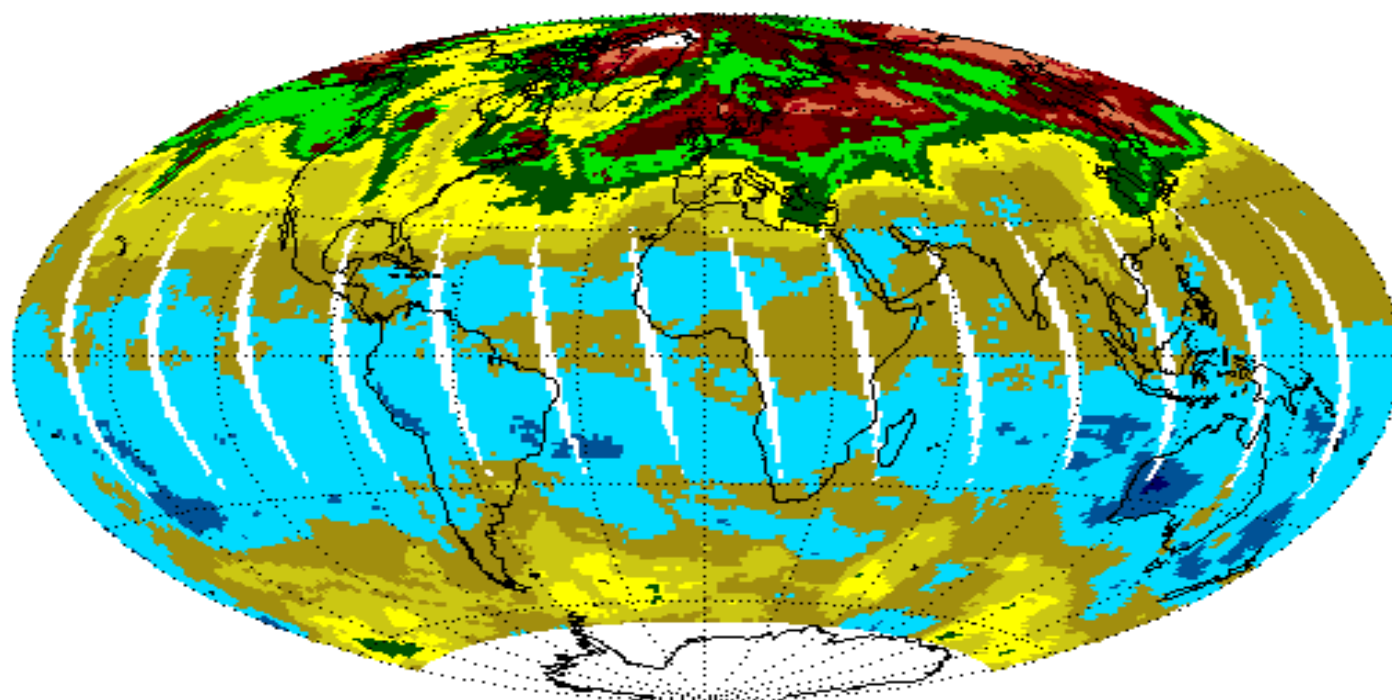
White = No Data

Dobson
Units



TOMS SNIMAK

EP/TOMS Total Ozone May 12, 1999



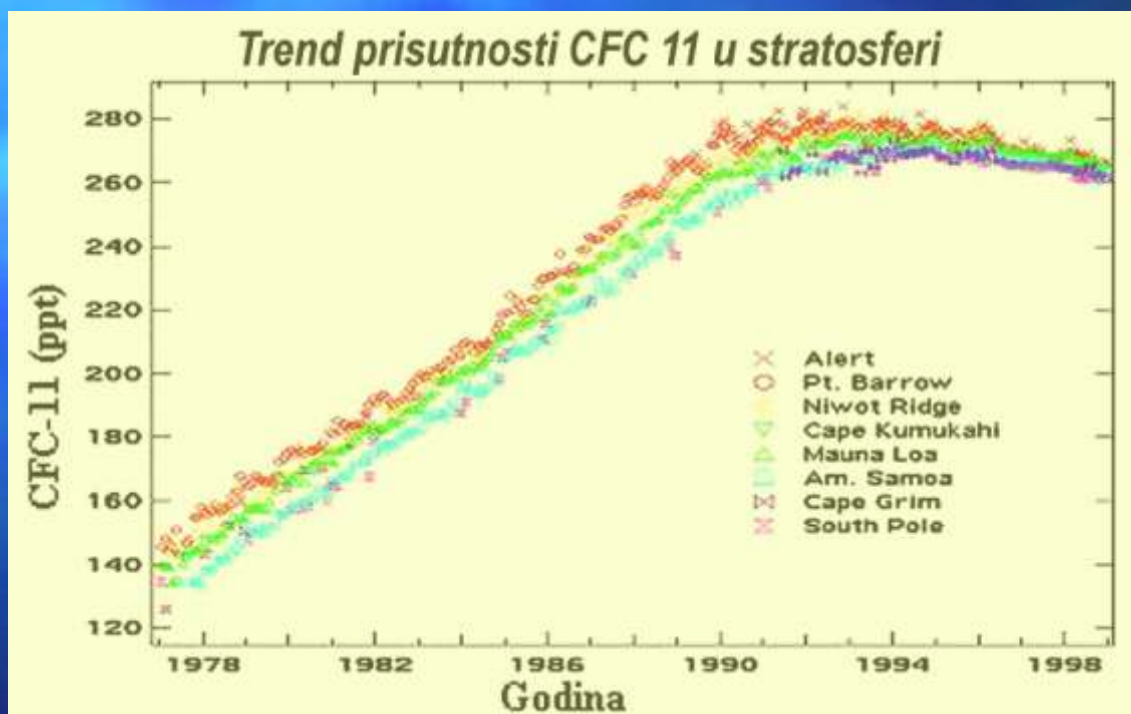
Dobson Units

Dark Gray < 100, Red > 500 DU

GSFC/916



Sporazumi daju prve rezultate



Možda su nade ipak opravdane!



KRAJ

HVALA NA PAŽNJI!

