

UTICAJ NATO BOMBARDOVANJA NA STRATOSFERSKI I TROPOSFERSKI OZON I ŽIVOTNU SREDINU U JUGOSLAVIJI

U prvom delu ovog rada prikazan je osnovni mehanizam hemijskog dejstva atomskog hlora i broma na procese smanjenja stratosferskog ozona i povećanja troposferskog ozona, kao i razlozi i posledice toga. U drugom delu rada date su pretpostavke efekata NATO bombardovanja Jugoslavije sa posledicama na procese stratosferskog ozona i na životnu sredinu u našoj zemlji. Podaci koji su služili za pisanje ovoga rada nisu u potpunosti dostupni javnosti, ali se sa velikom sigurnošću može govoriti o meritornim i mogućim posledicama na životnu sredinu, a vreme koje dolazi pokazaće da li su sve pretpostavke bile tačne.



"Ljudi su naviknuti na vizuelne slike: ovo jezero je otrovno, ova šuma je mrtva. Kada je reč o ozonu prvo sebe morate upitati: Da li verujem u to?"

Šervud F. Roulend (Sherwood F. Rowland), Odsek za hemiju, Kalifornijski Univerzitet, Irvine, Kalifornija, USA, dobitnik Nobelove nagrade za 1995. god.

Bombardovanje Jugoslavije u 1999. od strane NATO snaga nije predmet proučavanja u ovom radu, ali jeste njegov uticaj na životnu sredinu. NATO je svojim akcijama poništio osnovne odredbe UN, konvencije o zaštiti kulturnih dobara u slučaju oružanih sukoba, zaštitu kulturne i prirodne baštine, enormnom zagađenju vazduha na velikim udaljenostima i dr. Ugroženi su i principi Deklaracije o životnoj sredini i razvoju, usvojeni na Konferenciji UN o životnoj sredini u Rio de Žaneiru 1992. god., a posebno 24. princip po kome "Rat po prirodi stvari destruktivno deluje na održivi razvoj. Države će

Rad je delimično saopšten na naučnom skupu Okrugli sto sa temom "Rat i životna sredina" koji je održan 8. jula 1999. god u prostorijama Univerziteta "Braća Karić" u Beogradu

Adresa autora: M. Rajković, Institut za prehrambenu tehnologiju i biohemiju Poljoprivrednog fakulteta u Zemun, Univerzitet u Beogradu, 11081 Zemun, Nemanjina 6, P.O. Box 127
Rad primljen: Juli 8, 1999.
Rad prihvaćen: Januar 17, 2000

stoga poštovati međunarodno pravo kojim se obezbeđuje zaštita životne sredine u vreme oružanih sukoba, a kada je neophodno, saradivati u njenom daljem razvoju".

Naime, dejstvo NATO snaga, koje je bilo lokalnog karaktera i usmereno protiv jedne zemlje, u suštini je u odnosu na uticaj na životnu sredinu bilo globalno i protiv interesa čitavog sveta. Pitanje je šta se danas podrazumeva pod lokalnim i da li se neki procesi u prirodi, jednostavno, mogu lokalizovati na jednom prostoru. Sa tog aspekta ovo bombardovanje Jugoslavije imalo je negativne posledice po celokupno čovečanstvo.

Davno, čovek je proučavajući prirodu i otkrivajući njene zakone, spoznao procese u prirodi i činjenicu da je priroda, kao uostalom i svi procesi, u ravnoteži. Narušavanjem takve ravnoteže, otvaraju se putevi mnogih nekontrolisanih i nepovratnih procesa, čime budućnost čoveka na Zemlji postaje krajnje neizvesna. To potvrđuje i Stiven Šnajder iz Nacionalnog centra za istraživanje atmosfere u Boulderu koji kaže: "Ljudi menjaju površinu Zemlje i atmosferu takvim tempom da smo postali suparnici prirodnih sila koje nam održavaju klimatske uslove. Promene koje se sada događaju možda su nezadržive".

U prethodnim radovima [1-3], analiziran je veliki marketinški napad na freone kao najveće krivce za uništavanje ozonskog omotača. Pri tome su uočene neke nelogičnosti: iznad onih zemalja u kojima je emisija freona najveća nije utvrđeno najveće oštećenje ozonskog omotača. Naime najrazvijenije zemlje, glavne potpisnice Montrealskog protokola iz 1987. god., koje su se i najviše zalagale za prekidanje i upotrebu freona, glavni su izvoznici tehnologije za proizvodnju freona u nerazvijene zemlje koje nisu potpisnice Montrealskog sporazuma; najrazvijenije zemlje su takođe i glavni izvoznici freona u one zemlje, u zemlje potpisnice Montrealskog sporazuma, koje su smanjivale svoju proizvodnju. Na dugačkoj listi, na kojoj su se nalazili glavni uzročnici promena koje izazivaju smanjivanje ozonskog omotača, gorivo nije bilo

pri samom vrhu, a gasovi koji su proizvod sagorevanja goriva u mlaznim motorima aviona nisu ni uključeni u ovu listu. Da li je to učinjeno baš slučajno, kada se zna da i sagorevanjem pogonskog goriva nastaju slobodni halogeni, a da avioni lete u oblasti koja je najosetljivija, neposredno blizu ozonskog omotača

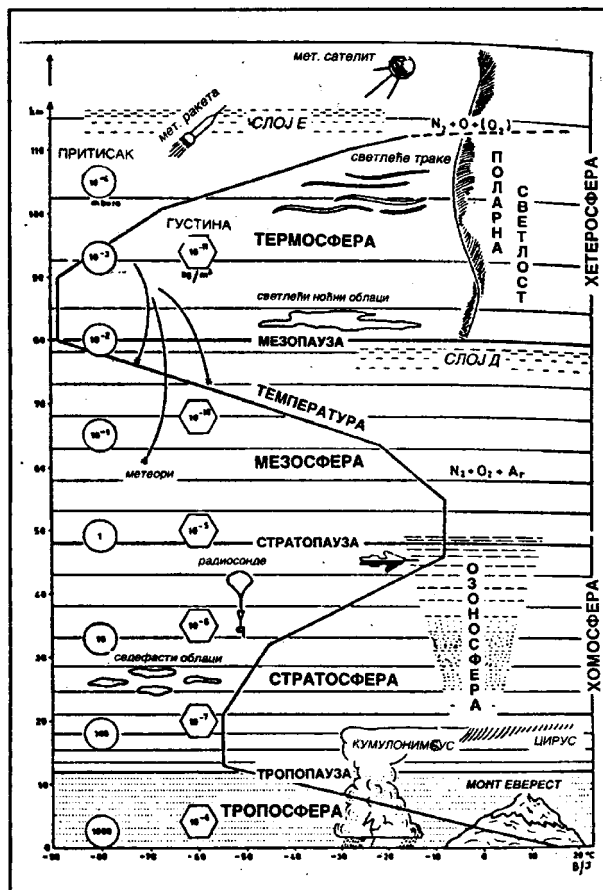
U ovom radu pokušano je da se ukaže da NATO bombardovanje Jugoslavije ima pre svega širi globalni karakter i sa posledicama za čitavo čovečanstvo, da je pravi "atak" na stratosferski ozon, ne isključujući naravno da će se povećana koncentracija ozona u nižoj troposferi javiti prvo kao lokalni problem, ali će i on postati globalni u bliskoj budućnosti.

ATMOSFERA KAO REAKCIONA SREDINA

Atmosfera (engl. atmosphere), u širem smislu je gasoviti (vazdušni) omotač oko nebeskih tela, dok se u užem smislu atmosferom naziva gasoviti omotač oko Zemlje, u visini (debljini) od 80 do 500 km. Atmosfera (vazduh) je smesa gasova od kojih su neki u vrlo promenljivoj sastavu (zap.%): azota ima 78,08%, kiseonika 20,95%, argona 0,93% i u vrlo malim količinama ostalih plemenitih gasova. U promenljivim količinama u vazduhu može biti vodene pare, ozona, CO₂, radona i dr. Sastav atmosfere, odn. vazduha, varira na različitim visinama: pri većoj visini smanjuje se sadržaj kiseonika, a povećava sadržaj vodonika [4, 5].

Atmosfera se sastoji od nekoliko slojeva različitih fizičkih svojstava. Slojevi atmosfere i pojave koje se odvijaju u njenim visokim delovima prikazani su na slici 1 [6]. Različiti fizički procesi koji nastaju u atmosferi u tesnoj su vezi sa drugim procesima na površini Zemlje (tla ili vode), a pod uticajem su i kosmičkog zračenja [7]. Proces u atmosferi uslovljeni su cirkulacijom vazdušnih masa, a zatim dejstvom Sunčevog zračenja. Dinamika atmosfere je u uzajamnoj vezi sa insolacijom. Vertikalna razmena toplote i hemijskih jedinjenja zavisi od intenzivnosti turbulentnog mešanja. Ovo turbulentno mešanje nazvano je turbulentna difuzija, po analogiji sa molekulskom difuzijom u nehomogenoj sredini (tzv. Fikov zakon). Intenzitet turbulentnog mešanja, koja se može izraziti preko koeficijenta turbulentne difuzije, zavisi od meteoroloških faktora, a na prvom mestu od brzine vetra i termičkog stanja atmosfere [8, 9]. Može se uzeti da je u troposferi srednja vrednost oko 105 cm²/s za normalni temperaturni gradijent od 6°C/km, dok se u srednjim slojevima atmosfere smanjuje do 5·10³ cm²/s sa minimalnom vrednošću (5 do 6 puta nižom od srednje) na visinama oko 20 km gde je najveća temperaturna inverzija. Povećanje temperature sa uvećanjem nadmorske visine počinje od ovog nivoa usled apsorpcije jakih ultraljubičastih zraka (UV) ozonom i oslobađanja toplote [10].

Osnovna karakteristika hemijskih procesa u atmosferi je da su najvećim delom inicirani u fotohemijskim re-



Slika 1. Slojevi atmosfere i pojave koje se odvijaju u njenim visokim delovima

Figure 1. Layers of the atmosphere and phenomena occurring in its high parts

akcijama, a glavni nosioci hemijskih transformacija su proizvodi fotolize molekula: O₃, O₂, H₂O, NO₂ i N₂O odn. NO_x jedinjenja.

Oblast atmosfere gde se odigravaju intenzivni hemijski procesi naziva se hemosfera i njoj pripadaju slojevi od 20 do 110 km visine. Najniži sloj hemosfere je stratosfera u kojoj su hemijski procesi najvećim delom vezani za hemiju ozona. Sloj najbliži Zemljinoj površini naziva se troposfera i sa aspekta zagađenja atmosfere i uticaja na biosferu ima najveći značaj.

Sunce kao zagrejano telo na oko 6000°C šalje na Zemlju vrlo širok kontinuirani spektar zračenja. Sloj atmosfere slabi ukupno Sunčevo zračenje i njegove komponente. Ono koje dopire do površine Zemlje sastoji se sada od 52,8% infracrvenog (IC) zračenja, 38,9% vidljivog i 8,3% ultravioletnog (UV) zračenja. Sunčevo zračenje na putu kroz atmosferu veoma mnogo slabi zbog apsorpcije i rasipanja od molekula vazduha, čestica vodene pare, od magle i čestica zagađenja koje su suspendovane u vazduhu [46].

"Prema dostupnim, postojećim informacijama opasnost zbog pojave ozonske rupe postoji. To nije znak za paniku, ali je zato razlog za ozbiljan pristup u rešavanju problema u kome moraju da učestvuju svi. U ekologiji ne postoje granice i treba znati da je politika manje važna od opstanka".

Kiril Dorovski, profesor na Farmaceutskom fakultetu u Skoplju

STRATOSFERSKI OZON

Ozon (grč., ozo, mirisati) je gas plavičaste boje, po svom hemijskom sastavu je prosta elementarna supstanca, alotropska modifikacija kiseonika. Molekul ozona je rezonantni hibrid i sastoji se od tri kiseonikova atoma, molekulske formule O_3 . Na običnoj temperaturi ima oštar karakterističan miris, nepostojan je i predstavlja jako oksidaciono i dezinfekciono sredstvo. Njegovo otkriće pripisuje se naučniku Marumu, pre 200 godina, ali tek 1840. ovom gasu naučnik Šoenbajn daje naziv ozon, zbog jakog mirisa [11]. Atmosferski ozon igra značajnu ulogu u termičkom režimu Zemlje.

Atmosfera koja okružuje Zemlju sadrži malu količinu ozona, koja bi, ako se prevedu na normalne uslove ($t = 0^\circ C$ i $p = 101,3$ kPa), imala debljinu od svega 2–3 mm. Ta tzv. redukovana visina služi kao jedinica za merenje količine ozona na pojedinim mestima. Količina ozona se menja sa geografskom širinom: najmanje ga ima nešto severnije od ekvatora, odakle se prema polovima povećava. Stratosferski ozon (engl. stratospheric ozone) koji u povećanoj koncentraciji gradi ozonski omotač – sloj (engl. ozone layer) ima višestruku ulogu u atmosferi, ali se najčešće pominje samo njegova filterska uloga, tj. sprečavanje ultraljubičastih zraka (UV) dela spektra zračenja Sunca da dospe do površine Zemlje. Naime, ozon je jedini sastojak atmosfere koji značajno apsorbuje i sprečava dotok na Zemljinu površinu najvećeg dela ultraljubičastog biološki aktivnog zračenja koje štetno deluje na živi svet u tom delu spektra. Razaranje ozonskog omotača može da dovede do značajnog uvećanja ultraljubičastog zračenja, a time i do ugrožavanja zdravlja ljudi, biljaka, životinja i uopšte lanca ishrane u prirodi [12].

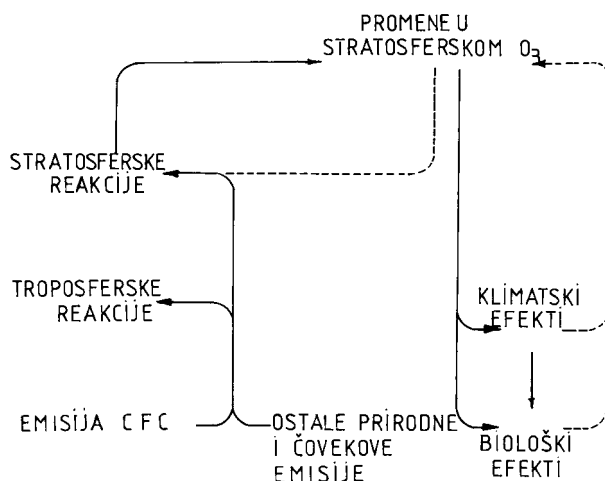
Nastanak ozona na velikim visinama vezan je za dejstvo UV zraka talasnih dužina ispod 240 nm na molekul kiseonika koji disosuje na atomski kiseonik: $O_2 + hv \rightarrow O + O$, a, zatim, atom kiseonika reaguje sa molekulom kiseonika i gradi ozon O_3 : $O + O_2 \rightarrow O_3$. Nastali ozon apsorbuje UV zrake talasne dužine ispod 320 nm i tom prilikom se razlaže: $O_3 + hv \rightarrow O_2 + O$, a atomski O reaguje sa novim molekulom ozona i ponovo gradi kiseonik: $O + O_3 \rightarrow 2O_2$. Treba istaći da je koncentracija O_2 mnogo veća od koncentracije O_3 . Ova dva procesa bila su oduvek u ravnoteži, dok ih čovek svojim delovanjem nije poremetio, što je osnova teorije S. Čepmena (iz 1930.) i M. Nikoleta [13].

Ozon apsorbuje UV zrake a pri tom se troši, što kao rezultat dovodi do transformacije UV zraka u toplotu. To je razlog zašto temperatura u stratosferi raste sa visinom i daje inerti omotač koji zadržava molekule u stratosferi. Apsorpcija UV zračenja ozonom je veoma velika. Skoro 1,5% Sunčeve energije apsorbirano je u gornjem sloju ozona, na visini od oko 50 km, pa je vazduh u ovom delu znatno topliji, čak za oko $45^\circ C$. Ozon se najviše nalazi na visini od 20 do 25 km (oblast stratosfere, 15–40 km iznad Zemljine površine), pa se zbog toga i naziva stratosferski ozon, koji gradi ozonski omotač.

Krajem šezdesetih godina prvi put su primećene promene na ozonskom omotaču, što je prvobitno pokušao da objasni Pol Krutzen [14, 15]. On je svoju teoriju bazirao na katalitičkoj reakciji azotovih oksida NO i NO_2 , nastalih raspadom hemijski stabilnog N_2O koji potiče od mikrobiloških transformacija na tlu, sa ozonom. Ovu teoriju podržao je Harold Džonston [16, 17], tako da njihovi radovi iz ranih sedamdesetih godina označavaju početak intenzivnog istraživanja u hemiji atmosfere.

Sredinom 70-tih godina Šervud Roland [18] i Mario Molina prvi su ukazali na prisustvo halogenougjenika (CFC) u stratosferi [19, 47] i na njihov uticaj na ozonski omotač, što se može generalno prikazati sledećom shemom (slika 2) [20]. Svi nepovoljni uticaji doveli su do pojave "ozonske rupe" (engl. ozone hole) u ozonskom omotaču sa nesagledivim posledicama po čovečanstvo [45, 48].

Merenja ozona na Antarktiku započela su 1956. god., a satelitska merenja počinju sedamdesetih godina, mada se smatra da prva pouzdana merenja započinju 1978. god. kada je instaliran TOMS (Total ozone mapping spectrometer), sa koga je potekao najveći broj snimaka ozonske rupe, koji su se mogli videti u nizu popularnih časopisa. U toku od 1978. do 1987. god. ru-



Slika 2. Generalna shema procesa u stratosferi¹⁾

Figure 2. A general scheme of processes in the stratosphere¹⁾

¹⁾U ovoj shemi rat, svakako, ne predstavlja prirodnu emisiju ali prouzrokuje značajan antropogeni uticaj na promene u ozonskom omotaču.

pa je rasla u dubinu i u širinu, mada rast nije monoton i osciluje od godine do godine [21]. Između 1989–1995. god. ona je pokrivala deo Antarktičkog okeana i deo okeana oko njega. Ozonski omotač se preko Antarktika dramatično stanjio poslednjih 15 godina [22]. Ozonska rupa registrovana od avgusta do decembra 1995. god. iznad Antarktika po prostoru koji je zahvatila, 20 miliona km^2 , i po intenzitetu slabljenja ozonskog omotača prevazišla je ekstreme zabeležene u periodu 1992–1994. Gubitak ozona početkom oktobra 1995. iznosio je 60%, a u pojedinim epizodama i 70% u poređenju sa prosekom sadržaja ozona za ovaj period pre pojave ozonske rupe krajem sedamdesetih godina.

Eksperti za fiziku atmosfere iz Stokholma saopštili su da najnovija merenja potvrđuju da se u ozonskom omotaču, iznad severne hemisfere odvijaju procesi koji su razlog za strah, ali i za akciju svetske zajednice da se to spreči. Prema izveštaju Svetske meteorološke organizacije WMO (World Meteorological Organization, Scientific Assessment of Ozone Depletion) rekordna ozonska rupa registrovana je 12. septembra 1995. iznad Antarktika [58]. Najdublja ozonska rupa zabeležena je 1993., najveću oblast zauzimala je 1994. (pokrivala je 24 miliona km^2) [23].

Imajući u vidu hitnu potrebu za očuvanjem ozonskog omotača, Generalna skupština UN je Rezolucijom br. 49/114 proglasila 16. septembar za Međunarodni dan za očuvanje ozonskog omotača, počev od 1995. Inače od 1986. u čast potpisivanja Bečke konvencije o zaštiti ozonskog omotača, i ta godina se uzima za obeležavajuće brige o zaštiti Zemlje.

Ozonska rupa u proleće 1996. razlikovala se po rasnom pojavljivanju, oblikujući se negde u avgustu, a zauzimala je 22 miliona km^2 . Predviđa se da će se gubitak ozonskog omotača iznad Antarktika nastaviti, a da će vrhunac nastati između 2010. i 2019. god., desetak godina kasnije nego što se to očekivalo. Oblast sa oštećenim ozonom sada obuhvata 10 miliona km^2 što približno odgovara veličini Evrope. Ukupne količine ozona u atmosferi u umerenim i subpolarnim širinama severne hemisfere, od 45 do 60 stepeni, u periodu novembar 1995. – april 1996. bio je za oko 20% niži od višegodišnjih prosečnih vrednosti iz perioda pre pojave "ozonske rupe" iznad Južnog pola u periodu od 1957. do 1979. Letovi meteoroloških balona za osmatranje pokazali su da je ozon gotovo potpuno uništen između 16. i 22. km visine. Ogromna "rupa" u ozonskom omotaču iznad Antarktika, površine 13 miliona km^2 zabeležena u većem delu novembra 1998. produžila je trajanje na gotovo sto dana. Na Internetu je obelodanjeno da je, prvi put od kada se meri količina ozona nad južnim delom kontinenta, "poderotina" u ozonskom omotaču iznosila više od 10 miliona km^2 u ovom razdoblju. Ali, najviše što je dostigla u novembru manje je od 25 miliona km^2 , zabeleženih u septembru što je dva i po puta veće od Evrope. Septembarska "rupa" iz 1998. najveća do sada, za četvrtinu je nadmašila prosek u proteklim godinama i za tri miliona km^2 prethodni rekord iz 1993. U obliku izdužene kružnice ona se nadvila nad južnim krajevima Latinske Amerike, dostižući najveći obim u letnjim mesecima u južnoj hemisferi.

Slabljenje ozonskog omotača nastavlja se na svim geografskim širinama, izuzev ekvatorijalnog pojasa, od 20. stepena južne do 20. stepena severne širine. Pad sadržaja ozona u atmosferi u toku poslednjih 25 godina posebno je izražen u sezoni zima–proleće i u toku leta, ali je slabljenje u toku zime dvostruko jače. Smanjenje ukupne količine ozona na globalnom nivou za poslednjih 15 godina iznosi 5%. Gubitak ozona je različit na različitim geografskim širinama i kreće se u proseku od 6,5 za severnu hemisferu do 9,5% za južnu hemisferu. Pad ozona osamdesetih i devedesetih godina značajno je veći od pada registrovanog početkom sedamdesetih godina [59].

Halogenougljovodonici u atmosferi

Halogenougljenici (CFC) i halogenougljovodonici (HCFC) (popularno nazvani freoni i haloni – ukoliko pored fluora i hlora sadrže i brom) su derivati metana ili etana, koji su zbog svojih izuzetnih svojstava: hemijska inertnost, velika brzina difuzije, netoksičnost i nezaljivost, našli veliku primenu, naročito u industriji rashladnih uređaja, aerosola, za izradu penastih materijala, za čišćenje u elektronskoj industriji i dr. Iako su sintetizovani još 1928., njihova masovna proizvodnja i potrošnja počinje 50-tih godina kada nastaje tzv. "Freonska revolucija" [24–30]. Od tog vremena do danas, koncentracija ovih jedinjenja u stratosferi je porasla za faktor 4 [31, 32]. Iz sintetičkih izvora potiče 80% CFC jedinjenja, dok je svega 15–20% prirodnog porekla, pre svega metil–hlorid [54–57], koji se stvara u okeanima razlaganjem biomase. CFC i CCl_4 su skoro inertni u troposferi i smatra se da im je vreme života 50 – 200 godina, a glavni razlog njihovog razlaganja su procesi fotolize pod dejstvom UV zraka [34]. HCFC su znatno nestabilniji, imaju prosečan život između 1–20 godina i uglavnom se razlažu u troposferi reakcijom građenja OH radikala²⁾. Međutim, zbog atoma vodonika u molekulu HCFC jedinjenja, reaguju sa OH radikalima, tako da najveći deo ovih jedi-

²⁾Slobodni radikal je bilo koji atom ili molekul koji sadrži jedan ili više nesparenih elektrona. Slobodni radikali po pravilu reaguju brže i jače sa okolnim strukturama nego atomi ili molekuli normalne građe, pa se zbog toga kaže da su to "aktivirani" molekuli ili atomi. Najpoznatiji su slobodni kiseonični radikali: hidroksil – OH i superoksid – O_2 . Hidroksil–radikal nastaje kada se pod uticajem prirodnih zračenja, ili veštačkih gama–zraka, izdvaja iz vode koja ima strukturu HOH. Superoksid se stvara u brojnim reakcijama i tkivima (krvni sudovi, srce, mozak i dr.), a naročito u belim krvnim zrnima (leukocitima). U tim reakcijama se jedan elektron dodaje kiseoniku koji je normalno O_2 . Od kiseonika, oko 1–3% se pretvara u superoksid, a to iznosi za svakog pojedinca preko 2 kg superoksida za godinu dana ili po 5,5 g svakoga dana; osobe sa hroničnim infekcijama stvaraju još više, jer je kod njih povećan broj belih krvnih zrnaca (leukocita). Oksid azota, NO_x , je još jedan fiziološki važan slobodan radikal, stvara se u endotelu (unutrašnjem sloju krvnih sudova, učestvuje u širenju krvnih sudova, ali kad nastane u velikom višku može biti toksičan za mnoga tkiva i organe. Njegova biološka uloga zasad interesuje samo naučnike, preko njega deluju korisni lekovi kao nitroglicerini i dr., ali kao slobodni radikal (još) nije uzbuđio opštu javnost.

Toksičnost slobodnih radikala je u tome što oni napadaju mnoge molekule u membranama plemenitih tkiva, oksiduju ih i stvaraju slobodne radikale novih vrsta (lipidske peroksidi), oštećuju proteine koji čine osnovnu strukturu membrana, razaraju membrane i nastaje smrt ćelije. Tako mogu stradati: pluća, nervna tkiva, srčani mišić, krvni sudovi, creva i dr.

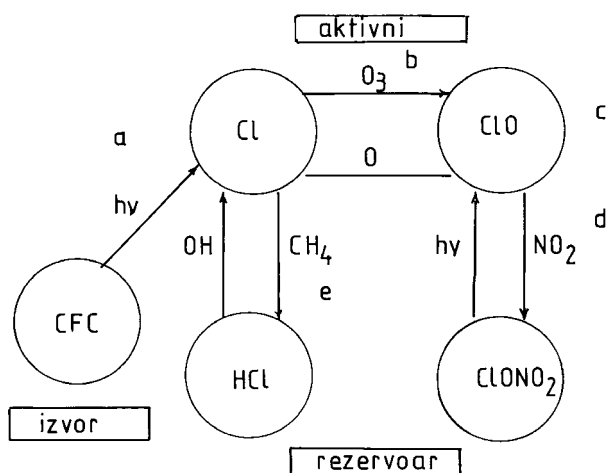
njenja (HCFC molekul) biva razložen pre nego što dospe u stratosferu. Nabrojana CFC jedinjenja su sva prisutna u stratosferi i u nižim slojevima stratosfere ona su dominantni oblik u kome se nalazi hlor. Meteorološki uslovi pri kojima se povećalo trošenje ozona u arktičkoj sezoni zima – proleće su specifični. Mnogo niža stratosferska temperatura pojačava aktivnost hlora, koji se zajedno sa bromom, zadržava 50 do 200 godina [33].

Mehanizam delovanja atomskog hlora na stratosferski ozon [1]

Modeliranje svih procesa u lancu događaja koji uzrokuju smanjenje ozona u atmosferi je veoma komplikovano i zato se pribegava pojednostavljenjima koji opet, sa svoje strane, čine modele manje pouzdanim. Najznačajniji rezultat modeliranja je predviđanje daljeg povećanja sadržaja hlora u atmosferi i dalje smanjenje koncentracije ozona [35, 59].

Prema teoriji Roulenda i Moline [19, 20] smatra se da je glavni krivac za uništavanje ozonskog omotača atomski hlor koji se nalazi u stratosferi, a koji nastaje disocijacijom CFC jedinjenja dejstvom UV zraka talasne dužine oko 230 nm [18, 21]. Kompletni procesi koji se dešavaju u stratosferi dati su na slici 3, najvažnijim hemijskim reakcijama koje objašnjavaju hemizam procesa [6]. Atomski hlor je grubo podeljen na "aktivni", koji vrši razaranje ozonskog sloja, i "rezervni" (ili "rezervoar hlora"), koji predstavlja potencijalni izvor atomskog hlora [21].

Prema ovoj teoriji, atomski hlor nastaje usled fotohemijskog dejstva UV zraka u gornjim slojevima atmosfere. On napada molekul ozona i razbija ga i sa atomom kiseonika iz ozona gradi molekul hlor-monoksida i molekul kiseonika. Zatim molekul hlor-monoksida reaguje sa slobodnim atomom kiseonika koji je prisutan u stratosferi, atom hlora postaje slobodan i proces ponovo počinje. Treba uočiti važnu činjenicu da je u ovoj reakciji atom hlora katalizator, pa se ne troši u ovoj reak-

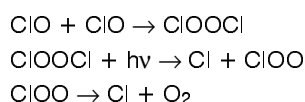


Slika 3. Model nepovoljnog uticaja atomskog hlora na stratosferski ozon

Figure 3. Modul of the unfavourable influence of atomic chlorine on stratospheric ozone

ciji, već može da učestvuje u velikom broju reakcija. Smatra se da 1 atom hlora može da razori 100.000 molekula ozona. To je uzrok njihove dugovečnosti i dugotrajnog uništavanja ozona.

Prema tome, atomski hlor i ClO su glavne komponente vrste koje uništavaju ozonski omotač, a katalitički ciklus uključuje i slobodne atome kiseonika. Međutim, kako je on prisutan samo u višim slojevima atmosfere, nije moguće objasniti pojavu ozonske rupe u nižim slojevima atmosfere. Umesto tog mehanizma, Molina je definisao mehanizam [25] koji uključuje hlor-peroksid, ClOOCl (ClO dimer), pri čemu se dejstvom UV zraka oslobađa atomski hlor:

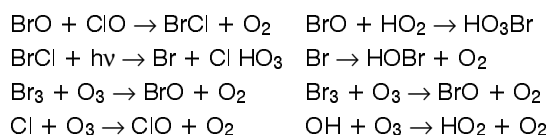


koji zatim reaguje sa ozonom: $2\text{Cl} + 2\text{O}_3 \rightarrow 2\text{ClO} + 2\text{O}_2$. Ove reakcije odvijaju se veoma brzo tako da je ovaj mehanizam odlučujući u razlaganju ozonskog omotača.

Drugi stepen fotolize zahteva UV zrake koji su u proleće zastupljeni u višim slojevima stratosfere. Nakon dugog zimskog perioda građenja ClO i ClOOCl sledi brza destrukcija u proleće. Smatra se da je taj mehanizam odgovoran za 70% uništenog antarktičkog ozona [36].

Jedinjenja broma – haloni su prisutna u znatno manjem obimu od jedinjenja hlora, ali su reakcije broma znatno efikasnije (brom 10 – 100 puta brže razlaže ozon od hlora), pa su obimna istraživanja bila skoncentrisana na jedinjenja broma.

Mehanizam:



Ukupni efekat: $2\text{O}_3 \rightleftharpoons 3\text{O}_2$

Brom potiče velikim delom iz prirodnih izvora. Najveći izvor stratosferskog broma je metil-bromid koji potiče iz okeana. Svega 40% broma potiče od v estički stvorenih jedinjenja, pre svega sredstava za zaprašivanje.

Otkako je sredinom 70-tih godina otkriveno zabrinjavajuće smanjenje koncentracije ozona u atmosferi i kada su otklonjene sumnje da je u sve to "Vasiona umešala prste" i da je razlog tog deficita zemaljske prirode, razvijene zemlje koje su prećutno identifikovane kao glavni krivci za uništenje ozonskog omotača, preduzele su niz konkretnih mera u pogledu prevencije potencijalne prirodne katastrofe:

1. Naučna osnova je Montrealski protokol (engl. Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer) iz 1987. sa teorijskom pretpostavkom da će, ukoliko količine CFC fluida nastave da rastu, doći do substancijske potrošnje ozona. Istraživanja u toku poslednjih nekoliko godina su pokazala da se gubitak ozo-

na usled emisije CFC fluida već pokazao, tj. da se pojavila Antarktička ozonska rupa.

2. Čak i kada bi sve nacije primenile kontrolne mere Montrealskog protokola, današnja količina hlora u atmosferi (oko 3 ppb) bi se najmanje duplirala ili triplirala u toku sledećih nekoliko dekada. Pretpostavljajući da će količina hlora dostići oko 9 ppb do 2060., potrošnja ozona od 0 – 4% u tropskim predelima i 4 – 12% na velikim geografskim širinama mogla bi se predvideti, čak i bez uključivanja efekata heterogenih procesa.

3. Indukovane heterogene, hemijske reakcije koje dovode do potrošnje ozona na Antarktiku, a pojavljuju se i na Arktiku, predstavljaju dodatnu potrošnju koja nije uključena u modele predviđanja na kojima je Montrealski sporazum bio zasnovan. Novije laboratorijske studije sugerišu mogućnost da se slične reakcije koje uključuju halogene elemente mogu pojaviti na sulfatnim česticama prisutnim na nižim geografskim širinama, što bi posebno bilo značajno odmah posle vulkanskih erupcija. Prema tome, čak i sa Montrealskim protokolom, buduća ukupna potrošnja ozona bi mogla biti daleko veća od one koja je predviđena.

4. Velika potrošnja ozona na Antarktiku počela je kasnih sedamdesetih godina i bila je inicirana količinama atomskog hlora u atmosferi od oko 1,5 – 2 ppb, u poređenju sa današnjim nivoom od 3 ppb. Povratak Antarktičkog ozonskog omotača na nivo približan prirodnom stanju i prema tome anuliranje mogućih efekata razlaganja, kao i pojava Antarktičke ozonske rupe na drugim geografskim širinama, zahtevaće preduzimanje ozbiljnih mera od strane čitavog čovečanstva. Jedna od mogućnosti da se to postigne je potpuni prestanak proizvodnje svih CFC, CCl₄ i CHCl₃ fluida kao i potpuno razmatranje upotrebe HCFC zamene. U protivnom, može se očekivati da će Antarktička ozonska rupa ostati, ukoliko se ne promene sadašnji meteorološki uslovi.

Od vremena usvajanja Montrealskog protokola (1987) proizvodnja CFC i sličnih jedinjenja drastično opada dok koncentracija u atmosferi još uvek raste. Smatra se da je ukupni troposferski hlor dostigao maksimum u 1995. Vreme mešanja troposferskog sa nižim slojevima stratosfere je 3–5 godina, pa se maksimum hlora u stratosferi očekivao oko 1998. i njegovo dalje opadanje u narednih pedeset godina.

Evropski parlament je zatražio potpunu zabranu prodaje i korišćenja CFC fluida u zemljama članicama EU. Mada su EU i druge razvijene zemlje postigle sporazum u okviru Montrealskog protokola da se od 1995. zabrani proizvodnja CFC fluida, i dalje je dozvoljen njihov uvoz, po sistemu kvota. Isporuke dolaze iz zemalja u razvoju, npr. Kine, kojoj je ostavljen rok do 2010. da prekine proizvodnju CFC-a. EU je saopštila u jednoj svojoj rezoluciji da otkriće ilegalnih pošiljki CFC-a za zemlje EU pokazuje da se kvota ne poštuje. Jedna ekološka organizacija je upozorila da ilegalna trgovina sa CFC cve-

ta, a putevi vode preko Velike Britanije, odakle se ove hemikalije, proizvedene u zemljama bivšeg Sovjetskog Saveza, reeksportuju u Evropu. Agencija za ekološku istragu procenjuje da nezakonita trgovina iznosi 6 do 20 kt CFC godišnje u području zemalja EU i oko 30 kt u celom svetu. Poslanici Evropskog parlamenta su takođe tražili brzu akciju za zabranu proizvodnje i korišćenja HCFC-a, zamene za CFC, čija je proizvodnja konvencijom dozvoljena do 2015. god.

Značajne odluke su donesene na Londonskoj konferenciji (1990) ("Technical progress in protecting the ozone layer", UNEP, RWR-570-LK-91423) i skupu u Kopenhagenu (1992). Na osnovu tih dokumenata Evropska unija je donela odluku o zabrani i odstranjivanju CFC od 01.01.1995. a UNEP, Program za zaštitu životne sredine Ujedinjenih nacija, odlučio je da zabrana važi od 01.01.1996. za sve zemlje sveta.

Dakle, kao što se može videti, direktni krivci za smanjivanje ozonskog omotača su CFC fluidi, dok se gasoviti ugljovodonici, metan, NO₂, CO, CO₂, oksidi azota (NO_x) uopšte ne pominju ili se nalaze na začelju liste supstanci opasnih za ozonski omotač.

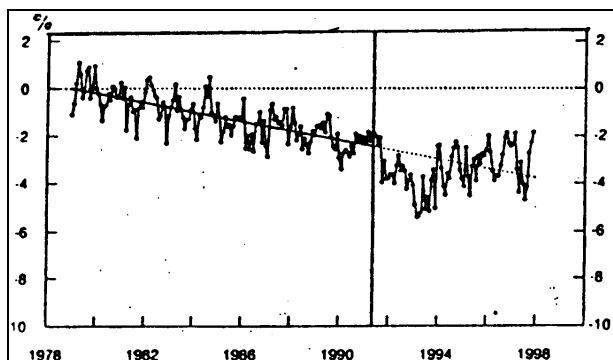
Posledice smanjivanja ozonskog omotača za čoveka

Iako ozona u atmosferi ima u, može se reći, zanemarljivoj količini, on je vrlo važan meteorološki, biološki i imunološki činilac. U prvom redu, ozon u većoj meri apsorpcijom slabi intenzitet zračenja Sunca.

Meteorološko dejstvo smanjivanja ozonskog omotača ogleda se u dve krajnosti, čiji smo i mi svedoci bili prvih dana jula 1999. Neposredno po završetku rata (beyond the peace): sa jedne strane, velike vremenske nepogode sa ekstremnim pojavama: orkanske oluje, neuobičajene munje, enormne padavine – kiša, grad, koji izazivaju katastrofalne poplave i, sa druge strane, enormno visoke temperature, ne retko oko 40°C, što izaziva izuzetnu opasnost po zdravlje ljudi. Detaljnim uvidom u najnovije publikacije (World Climate News) i biltena Svetske meteorološke organizacije, ozonska rupa se kao problem severne Zemljine hemisfere ne pominje. To znači da se ozonska rupa ne postavlja kao aktuelna nevolja o kojoj treba upozoravati javnost (što ne znači da nije problem). Kada se radi o polarnim i umerenim geografskim širinama severne hemisfere, merenja su pokazala da je koncentracija ozona bila manja i za 20 do 30% od one u periodu između 1957. i 1979. Jugoslavija se, pri tome valja napomenuti, nalazi u oblasti koja nije bila ugrožena smanjivanjem ozona.

Odstupanje ukupne količine ozona od proseka za celu planetu Zemlju od 1978. do 1998. prikazano je na slici 4.

Sunce ima godišnji i dnevni hod. Mere se redovno i jedan i drugi, te je dokazano da je UV zračenje najjače leti i da na oprez prilikom sunčanja treba misliti već od aprila. Molekulski kiseonik i ozon skoro u potpunosti ap-



Slika 4. Odstupanje količine ozona od proseka za celu planetu Zemlju od 1978. do 1998. god.

Figure 4. Deviation of the amount of ozone from the average for the whole planet earth from 1978 to 1998

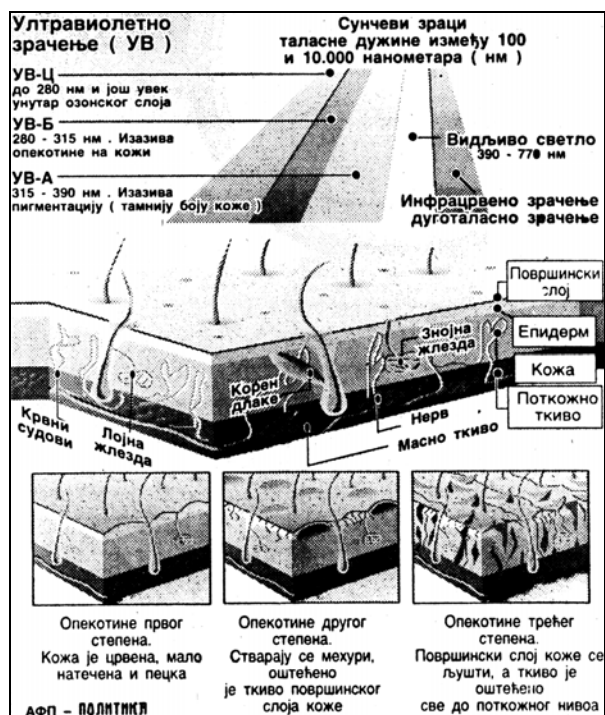
sorbuju najkraće i najopasnije UV-C zračenje, pa čak i kada bi ozon u potpunosti nestao, ono bi bilo potpuno apsorbirano od preostalog molekuskog kiseonika u atmosferi. Rasipanje Sunčevog zračenja od molekula vazduha je najveće za UV zračenje i kraće talasne dužine svetlosti (plava svetlost), te zato nebo izgleda plavo. Svetlost i IC zračenje na svom putu kroz atmosferu dosta slabije, ali se dobro propuštaju kroz tri "atmosferska prozora" talasnih dužina 315 do 1.200, 3.500 do 5.500 i 8.000 do 14.000 nm. Veoma mnogo oslabljeno u toku puta kroz Zemljinu atmosferu, direktno Sunčevo zračenje je još uvek dovoljno intenzivno da može da dovede do ozbiljnog oštećenja očiju.

Kada je reč o štetnom uticaju prekomernog UV zračenja na čoveka, organi koji su najviše ugroženi su oči i koža, naročito kod osoba svetlog tena. Izlaganje Suncu može da izazove različite vrste kancera kože, ubrzano starenje kože, kataraktu i druga oboljenja očiju i slabljenja imuniteta. Akumulirano prekomerno sunčanje može da se manifestuje kao rak kože i posle 50 godina! Posledice prekomernog sunčanja kože ilustrativno su prikazane na slici 5.

Najveći iznos UV zračenja pada na površinu Zemlje između 10 i 14 časova, tako da se tada može primiti do 60% od ukupne doze UV zračenja. Sa povećanjem nadmorske visine na svaki km, intenzitet UV zračenja raste za 15%, a ono biološki najefektivnije, UV-B zračenje povećava se za 6%.

Sunčevo zračenje može da izazove oštećenje rožnjače, očnog sočiva i mrežnjače oka ili očnog dna. Apsorbirano UV zračenje na rožnjači izaziva oštećenje i ljuštenje tankog površinskog sloja, koji ostaje oguljen i veoma osetljiv, tako da je čak i normalni mehanički nadražaj pri zatvaranju kapka veoma bolan.

Svake godine u svetu se zabeleži novih 2 miliona slučajeva nemelanomskog kancera kože i oko 200 hiljada malignih melanoma (ovde svakako treba uzeti i jednu određen broj ljudi koji su se nekontrolisano izlaga-



Slika 5. Posledice prekomernog sunčanja na kožu čoveka

Figure 5. Consequences of excessive sunbathing on human skin

li zračenju u tzv. solarijumima). Procenjuje se da bi dalje smanjenje ozonskog omotača uslovalo još 300 hiljada novih slučajeva oboljenja od nemelanomskog kao i 4,5 miliona melanomskog raka kože. Takođe, prema poslednjim analizama Svetske zdravstvene organizacije (SZO), na Zemlji je oko 16 miliona ljudi trenutno slepo, zbog katarakte, od toga, utvrđeno je da je kod 20% ovo oboljenje izazvano UV zracima.

U Jugoslaviji se krajem juna i početkom jula treba čuvati od Sunca, jer su zbog smanjenja ozonskog omotača u ovom periodu UV zraci najintenzivniji. Maksimalnu visinu Sunce dostiže oko 22. juna, kada je zabeležen najduži dan a najkraća noć, tzv. solsticijum, i od tada su njegovi zraci iz spektra A, B i C najintenzivniji, što znači u najvećim koncentracijama stižu do Zemlje (i čoveka).

Indeks UV zračenja

Da bi se kvantifikovao intenzitet UV zračenja na Zemlji, Svetska zdravstvena organizacija je definisala indeks UV zračenja koji predstavlja u kojoj meri izlaganje Suncu može biti štetno, pa čak i veoma opasno (Tabela 1).

Prema podatku SZO (1998.) prosečan indeks UV zračenja iznad Evrope bio je oko 8, a s obzirom na sve lošiju situaciju u vezi ozonskog omotača, a naročito posle bombardovanja Jugoslavije očekuje se da 1999. indeks UV zračenja bude oko 9.

Tabela 1. Indeks UV zračenja prema uputstvu SZO i dozvoljeno vreme izlaganja Suncu

Table 1. Index of UV radiation according to the WHO and allowed time of exposure to the Sun

UV kategorije	UV indeks	Vreme izlaganja Suncu
Ekstremna	9,0 i više	oko 10 min
Vrlo visoka	od 7 do 8	oko 15 min
Visoka	od 5 do 6	oko 20 min
Srednja	od 3 do 4	oko 30 min
Niska	od 1 do 2	više od 60 min.

Kada nebo tek malo prekriju oblaci, indeks UV zračenja³⁾ je uglavnom oko vrednosti 7, a kada se nebo potpuno "naoblači", ovaj indeks padne na pet, i manje⁴⁾.

U Jugoslaviji je početkom jula 1999. indeks UV zračenja u njenim severnim delovima bio veći od 9, a u srednjim i južnim oblastima čak i veći od 10. Otkuda ovi rezultati, i da li su oni posledica samo NATO bombardovanja Jugoslavije? Odmah se mora naglasiti da su ovo posledice trenutnog stanja u atmosferi Zemlje, dakle, globalnog su karaktera. U toku prva tri meseca sezone zima–proleće 1999. sadržaj ozona iznosio je 20% ispod normale, a zatim je iznad oblasti Grendlanda, severnog Atlantika, Skandinavije i Sibira zabeležen značajniji pad sadržaja ozona, pri čemu se u pojedinim kraćim periodima procenat smanjenja kretao i do 45%. To do danas predstavlja najveće epizodno smanjenje ozona na severnoj hemisferi. U takvim periodima zabeležene su ekstremno niske temperature u donjoj stratosferi, ispod -78°C , što je pogodovalo formiranju polaznih oblaka u stratosferi, na čijoj se površini odvijaju složeni heterogeni procesi u prisustvu aerosola, sulfata, hlora i broma sa posledicama ozbiljnog razaranja ozonskog omotača. Prvi put su u ovom regionu zabeležene dnevne vrednosti ozona ispod 200 m atm cm.

³⁾ Prema stavovima Svetske zdravstvene organizacije, svi Sunčevi zraci koje emituju UV zračenje veće od 7 su izuzetno opasni i imaju kancerogeno dejstvo, što znači da mogu, prouzrokovati rak kože. Maksimalna dozvoljena koncentracija ozona (MDK) za osam časova ne sme da pređe 60 milijarditih delova zapreminske jedinice vazduha. U suprotnom, veće količine mogu da izazovu ozbiljna oštećenja organa za disanje i bolesti očiju, pre svega kataraktu. Duže izlaganje Sunčevim zracima u područjima gde je ozonski omotač najistanjeniji u velikom broju slučajeva može da provocira rak kože.

⁴⁾ Mora se istaći da, iako se pri oblačnom vremenu indeks UV zračenja smanjuje, treba biti i dalje oprezan, jer, naročito tokom juna i jula meseca stižu UV zraci u ogromnim količinama do Zemlje. Takođe, UV zraci ne stižu do objekta samo odozgo, već treba uzeti u obzir i one koji se odbijaju od podloge na kojoj se leži ili sedi, pa koža dobija i dodatnu dozu. Od trave, zemlje i vode oni se odbijaju oko 10%, što znači da ukoliko je UV indeks 9, oni će uz odbijanje od podloge iznositi 9,9. Od snegom pokrivene površine oni se odbijaju čak 80% (to je objašnjenje za pojavu koja se naziva "snežno slepilo"), dok se od peska odbijaju u proseku od 10 do 25%.

Kao mogući razlozi ekstremno niskog sadržaja ozona u atmosferi osmotrenog u četiri poslednje zime (1996–1999), na severnoj hemisferi u pojasu umerenih i subpolarnih širina, a naročito iznad Sibira i Evrope, navode se jedinjenja antropogenog porekla. Delimično je ovo slabljenje ozonskog omotača iznad severne hemisfere uslovljeno i karakteristikama cirkulacije atmosfere koje su u navedenom periodu uslovile smanjenje transporta vazduha bogatog ozonom iz ekvatorijalne stratosfere u više geografske širine.

Međutim, rezultati dosadašnjih istraživanja uticaja prirodnih faktora, kao što su aktivnost Sunca, vulkanske erupcije i parametri atmosferske cirkulacije ukazuju da njihov doprinos smanjenju sadržaja ozona iznosi 6–8%, što se uzima kao granica prirodne promene u sadržaju ozona, pa je opšti stav naučnika da je hemijska destrukcija ozona dominantan faktor kada su u pitanju ekstremno niski nivoi, kao što su ovi registrovani tokom perioda januar–april 1998. god. iznad Sibira i Evrope.

Ublažavanje posledica štetnog uticaja UV zračenja

Na osnovu dugogodišnjih merenja sadržaja u stratosferi u okviru Globalnog sistema praćenja ozona koji obuhvata 140 prizemnih stanica i satelitskih osmatranja, kao i mnogobrojnih naučnih studija i eksperimenata o stanju ozonskog omotača, naučnici smatraju da je smanjivanje ozonskog omotača razlog za opreznost. To ne znači da treba ostati u kući i oblačiti "skafander" kada se čovek nađe na otvorenom prostoru. Lekari uveravaju da uz malo predostrožnosti ljudi mogu sami da se zaštite i da drastično smanje rizik od prekomernog UV zračenja. Mora se istaći da se ne govori o UV zracima kao "zracima smrti" koji jednim bljeskom ubijaju. Pojačano zračenje je opasno ako je čovek njima izložen u dužem vremenskom periodu, kada se sa pravom može zapitati: da li sam osunčan ili ozračen? Ova upozorenja treba shvatiti krajnje ozbiljno i dobronamerno!

- Svetska meteorološka organizacija smatra da još nema potrebe da se preduzmu specijalne mere, ali se preporučuju preventivne individualne mere zaštite od porasta UV zračenja;
- Ozonski omotač je zaštitni omotač koji apsorbuje i sprečava dotok na Zemljinu površinu najvećeg dela UV biološki aktivnog zračenja koje štetno deluje na živi svet;
- Razaranja ozonskog omotača može da dovede do značajnog uvećanja UV zračenja, a time i do ugrožavanja zdravlja ljudi, biljaka, životinja i uopšte lanca ishrane u prirodi.
- Kada je čovek na otvorenom prostoru u vremenu pojačanog zračenja treba se obući koristeći odeću izrađenu od tkanina od kojih se Sunce najbolje odbija i nositi šešire sa širokim obodom. Kačketi, šeširići, kape za bezbol, kakve najčešće koriste deca, nisu do-

voljna zaštita. Uz njih, veoma osetljive ušne školjke ostaju potpuno otkrivene;

- Leti, kada se obično nose majice i haljine bez rukava, otkrivene delove tela treba zaštititi kremom za sunčanje sa faktorom zaštite od najmanje 15 (na plaži i 20);
- Na minimum smanjiti vreme provedeno na Suncu u periodu od 10 do 15 časova (i do 16 časova) i to naročito u planinskim oblastima gde je zračenje jače nego na nižim nadmorskim visinama. Meteorolozi tvrde da prolećno skijanje na planinskom suncu može ostaviti mnogo teže posledice nego letnji period proveden u kupaćem kostimu;
- Koristiti samo naočare za Sunce koje imaju filter protiv UV zračenja. Obične (a naročito plastične – dečije) naočare mogu više da štete nego da koriste. Iza običnih zatamnenih stakala zenice se šire i olakšavaju prolaz opasnih zraka do osetljive membrane u očnom sočivu;
- Ukoliko se čovek nalazi u prirodi, vreme treba provesti isključivo u hladovini, jer i tu stižu svi zraci iz Sunčevog spektra, a ne postoji opasnost od zračenja, pri čemu organizam dobija doze koje deluju pozitivno;
- Prilikom saopštavanja vremenske prognoze u medijima obavezno treba saopštavati i indeks UV zračenja, što je značajno za sve stanovnike da se zaštite individualnim merama od štetnih Sunčevih zraka na vreme i na pravi način.

U mnogim zemljama sveta, naročito onim koje su locirane u oblastima ugroženim dejstvom UV zraka, međutim, postoje čitavi pokreti, pa čak i trendovi za zaštitu od zračenja. Prvo se počelo u Australiji lansiranjem velikih šešira i posebnih naočara i žestokom kampanjom protiv prekomernog izlaganja tela Sunčevim zracima, zarad atraktivnog preplanulog tena (tzv. "koperton ten"). Sličnih primera ima i u drugim delovima sveta. Đaci u Austriji obavezno u školskoj opremi imaju zaštitne kape i naočare.

Sve češće prisutan strah od štetnog uticaja UV zraka je već u toj meri iskomercijalizovan da kreatori mode manekenke odevaju u komplete koji čak i leti nude potpunu zaštitu od svih "patoloških" atmosferskih promena, a kozmetičke kuće zahvaljujući "ozonomaniji" imaju veliki profit proizvodeći kreme, ulja i losione sa "stopostotnim" zaštitnim faktorom.

Posledice NATO bombardovanja Jugoslavije na stratosferski ozon [37, 38]

Razmatrajući pravne aspekte NATO bombardovanja na eko-sistem Jugoslavije, odnosno Zemlje uopšte, može se reći da je NATO izvršio pravi "ekološki zločin". Svako društvo, koristeći prirodne resurse, gradeći prirodu, razvijajući se, vremenom je učinilo da u tim procesima moraju biti poštovana određena pravila prirode, a istovremeno, da zbog njih moraju biti donesena sve preciznija društvena pravila ponašanja, da bi se procesi nesmetano odvijali [39]. Ali, ne samo regulisati ih tako da se svaki od njih odvija na za sebe najbolji mogući

način, već da jedan drugi ne ometaju. Ako se za trenutak pažnja usmeri na područje međunarodnog prava, koje objašnjava izraz ekološko pravo, a time automatski i ekološke norme, koje je NATO poništio preduzimanjem vojnih akcija protiv Jugoslavije, može se doći do sledećih zaključaka.

Eksperti međunarodnog prava danas zauzimaju stav da se već može govoriti o međunarodnom ekološkom pravu (engl. International Law of the Environment). Pojedini pravници termin Environment shvataju dosta suženo: kao životnu sredinu. Otuda i Environmental Law kao pravo zaštite životne sredine. Ali ovo shvatanje nije potpuno, pa samim tim ni ispravno. Rečnik: "The International Webster New Encyclopedic Dictionary of the English Language", na 329. strani kaže: "*Environment – All the physical, social and cultural factors and conditions influencing the existence or development of an organism or assamblage of organisms*", reč *ecology* objašnjava kao "*multidisciplinar science the branch of biology that studies the relationships between organisms and their total environment, both animate and inanimate. Also, the branch of sociology concerned with human populations, their environment, spatial distribution, and resulting cultural patterns*", at cetera (strana 312). Dakle, ekologija se bavi onim što sačinjava Environment u njegovoj ukupnosti, kao svojim predmetom. Na osnovu datih definicija, sledi da Environmental Law jeste pravo koje reguliše pitanje "*all the physical, social and cultural factors and conditions influencing the existence or development of an organism or assamblage of organisms*". Jednom rečju, ovaj izraz prevodljiv je i shvatljiv isključivo kao ekološko pravo. Imajući ovo u vidu mora se naglasiti da pojedini autori paralelno koriste izraze ekološko i pravo životne sredine. Pri tome sve više prevladuje shvatanje da "ne treba mešati ekološko sa pravom korišćenja životne sredine, mada se ona mogu u po nečemu preklapati" [40]. Dakle, NATO bombardovanjem su stavljeni ad acta mnogi zakoni, zakon prirode, čovečanstava i pravo na život!!

Rezultati NATO bombardovanja Jugoslavije u pogledu uticaja na eko-sistem su: zagađena voda, zemljište i vazduh Jugoslavije, ali su posledice po stratosferski ozon za Jugoslaviju indirektna, i značajnije su po čitavo čovečanstvo. Činjenica je da su avioni NATO snaga sa preletima, kojih je bilo preko 30.000 sa dejstvom borbeno avijacije, i sa više od 50.000 raketa i avio-bombi (ekvivalentni po snazi 9 atomskih bombi, koje su bačene na Hirošimu i Nagasaki) izvršili veliki uticaj na stratosferski ozon, ali će posledice takve akcije osetiti ne samo stanovnici Jugoslavije, već, naprotiv, i eko-sistemi i ljudi koji žive u Zapadnoj Evropi, SAD, Kanadi i Skandinaviji. Kolika je koncentracija ozona i kakvo je stanje omotača zna se u zemljama gde se ta ispitivanja i merenja rutinski obavljaju i s tim bi svakako trebalo da se upozna svetska javnost, a ne da se prećutkuje istina o dalekosežnim posledicama koja je donela "vazдушna kampanja" nad Ju-

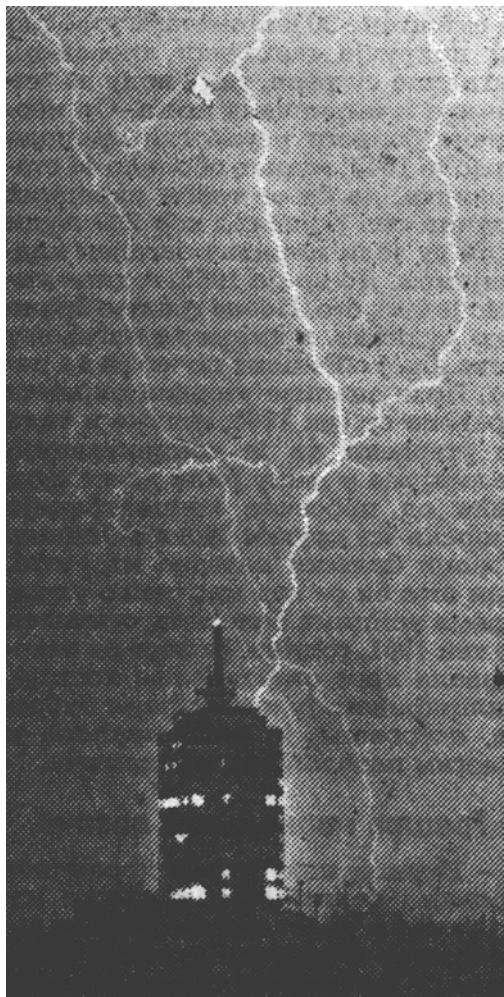
goslavijom. Stanovništvo severne Zemljine hemisfere bi tim pre trebalo upoznati jer dolazi leto (1999.) kada je i dejstvo UV-B zračenja kroz ozonske rupe najopasnije. Najnoviji događaji su, na žalost, pokazali da su upravo zemlje najveće zagovornice zaštite ozonskog omotača prve prekršile obavezujuće akte, a o najnovijem ataku na ozonski omotač posredstvom NATO snaga za sada nema podataka.

Prema tome, tropske temperature nisu samo "privilegija" Jugoslavije, već i ostatka sveta, mada je veoma teško odrediti dokle će sve dosezati uticaj "istanjenosti" ozonskog omotača, čime je njegova moć filtriranja u velikoj meri smanjena. Takođe, posledice smanjivanja ozonskog omotača dovodi do stvaranja novog "neprirodnog" efekta, stvaranja "staklene bašte", gomilanje štetnih gasova u atmosferi (uz onu koja već postoji od prekomernog izdvajanja CO₂ u atmosferu), pri čemu avio-gasovi samo ovom efektu doprinose sa 5–6% povećanja temperature (misli se na civilni saobraćaj). Vojni avioni NATO snaga, vodeći računa o enormnom broju letova u periodu mart–juni 1999, jer se radilo o aktivnih 1000 aviona dnevno, sigurno su znatnije povećali ovo učešće. Prema tome, oštećenje stratosferskog ozona i "efekat staklene bašte" biće u narednim decenijama problem čitave Zemlje.

Međutim, može se reći da enormne padavine, koje su se pojavile neposredno nakon tropskih temperatura, baš u vreme žetve u Jugoslaviji, nisu slučajnost. Verovatno je da su direktna posledica NATO bombardovanja! Razlog za ovu sumnju je podatak da, od ukupnih šteta koje savremeno čovečanstvo trpi, od prirodnih elementarnih nepogoda, jake padavine čine čak 32%. Međutim, Jugoslavija se ne ubraja u one regione sveta koji su često izloženi ovakvim prirodnim pojavama. S vremena na vreme dogodi se da jake padavine i njima izazvane poplave ostave i te kako žestoke posledice na život ljudi i privredna dobra (npr. 1967. ili 1969. bile su velike poplave u Šumadiji, ili pre nekoliko godina u oblasti Vlasine). Objašnjenje za jake padavine koje su posle visokih temperatura početkom jula 1999. (u noći između 8. i 9. jula) pogodile Jugoslaviju posledica su ciklona koji je razvijen iznad Balkanskog poluostrva. Centar ovog ciklona⁵⁾ sporo se premeštao prema severozapadu i imao je veoma neuobičajenu putanju, što je donelo padavine i alpskim zemljama, odn. južnim delovima Nemačke. Druga karakteristika vremenskih uslova u julu 1999. bile su: velika promenljivost padavina, električno pražnjenje i vetar, kao i obilnost energije koju nosi ovakav razvoj vremenskih uslova (slika 6).

To utiče da čovek, identifikujući proces, unapred ne može da prognozira intenzitet pojave, što umanjuje

⁵⁾ Ciklon je atmosferska pojava u kojoj se vazduh intenzivno penje na velike visine, hladi se i od vodene pare se stvaraju kapljice. Prvo male, grupišu se u krupnije i kao takve padaju u vidu kiše. Svaki ciklon karakteriše ovakav proces.



Slika 6. Veliko električno pražnjenje iz kumulusa
Figure 6. Large electrical discharge from a cumulus

mogućnost njegovog prilagođavanja nastaloj situaciji. Kumulonimbusni, letnji grmljavinski oblaci, oslobađaju energiju koja se može porediti sa energijom oslobođenom pri eksploziji atomske bombe od 1 Mt TNT. Ciklon koji se javljao u našim geografskim širinama raspolaže energijom i do deset hiljada puta većom od energije koja se oslobađa prilikom megatonske bombe (1 milion tona TNT). Eksplozije nakon NATO bombardovanja, razaranja sa požarima uz obilje čestica prašine i dima različitog hemijskog sastava koje su dospele do gornjih slojeva troposfere (10 do 12 km), pa i donjih stabilnih slojeva stratosfere (iznad 12 km) su bili svakodnevni efekti u periodu mart–jun 1999. u Jugoslaviji. Kada stignu u tako visoke slojeve, čestice prašine tu mogu da opstanu i duži vremenski period. Lake su i ne talože se, a na tim visinama su retki oblaci u kojima bi se ispirale i u vidu padavina stizale na Zemlju. Očigledno je da je ogroman broj čestica u atmosferi doprineo abnormalnim pojavama za ovo doba godine za Jugoslaviju, odnosno Srbiju. Ali, mora se istaći, da su padavine zadesile i dru-

ge delove sveta, prvo naše neposredno okruženje, ali i mnogo dalje van ovog područja.

Očigledno je da je NATO bombardovanje imalo znatnog uticaja na životnu sredinu i stanovništvo, na smanjenje ili uništavanje obradivog zemljišta, kontaminiranje hrane i vode. Da li je reč o subjektivnim procenama ili nekoj vrsti propagande, tek činjenica je da su padavine u julu 1999. bile čak 30 puta veće nego u junu! To je omogućeno veštačkim stvaranjem oblaka, uz "soljenje" oblaka veštačkim materijama, raspršavanjem materija u vazduhu koje izazivaju kiše sa kiselim reakcijama, rasprskavanje zapaljivih hemijskih materija koje izazivaju velike požare, razaranje nasipa ili irigacionih objekata⁷⁾. Primeri su izuzetno karakteristični: u Bogatiću je padoo grad veličine kokošijih jaja 45 min bez kapi kiše; na selo Drugovac, nedaleko od auto-puta Beograd–Niš, kod Kolara padali su komadi leda od kojih je najveći imao 1,6 kg i veoma se teško topio. Ako je led u svojoj osnovi voda, ne bi trebao da sadrži ništa drugo u značajnijoj meri, ali je ovaj imao veću koncentraciju CO₂. To je verovatno posledica razaranja rafinerija u Pančevu i Novom Sadu.

Sadržaj ozona u atmosferi ima i biološki značaj. Ono ukazuje na čistoću vazduha: što je više ozona, vazduh je čistiji, mnoge vrste bakterija su uništene.

Biološko dejstvo smanjivanja ozonskog omotača, treba istaći, ima globalni karakter. Dejstvo UV zračenja na floru i faunu intenzivno se proučava poslednjih godina, ali se pesimističke prognoze prenose i na ovaj deo populacije. Biolozi mora su, npr. ustanovili zabrinjavajuće izumiranje ogromnih količina planktona koji žive na površini mora i koji su glavna hrana za stanovnike morskih dubina. To navodi na zaključak da će deo čovečanstva, koji od svog postojanja živi na hrani dobijenoj iz mora, morati da se preorijentiše na drugu vrstu ishrane. To će dovesti do štetnih posledica i kod mnogobrojnih bioloških vrsta. Ta promena izaziva prekide ekoloških ciklusa ishrane i može da dovede do nestanka stotina vrsta ali i hrane za ljude. Takođe, alge su izuzetno osetljive na UV zrake, a one nas snabdevaju trećinom kiseonika neophodnog za život.

Kao primer biološkog dejstva je, pojava da zemlje Skandinavije nekoliko poslednjih godina nemaju pravu zimu, pri čemu je još uvek nerazjašnjen pomor foka i riba u Severnom moru, zatim učestanost kiselih kiša od kojih stradaju šumska prostranstva i dr.

Svakim letom aviona utroši se i do 100 t atmosferskog kiseonika. To konkretno u slučaju NATO bombar-

dovanja iznosi 3 Mt atmosferskog kiseonika iznad Jugoslavije.

Tokom 78 dana NATO bombardovanja Jugoslavije razoreno je približno 1% ukupne površine eko-sistema, dok je rušenjem mostova, antena, tornjeva i dr. narušeno bar još toliko. Niko ne zna prave razmere katastrofe od ispušenih bombi u Jadransko more, ali i Dunava u koji su se sile sve zapaljive hemikalije iz razorenih petrohemijskih postrojenja u Novom Sadu i Pančevu. Iako, na prvi pogled, kada se ima u vidu ukupna površina Jugoslavije, ovo oštećenje izgleda malo, to su stvarno ogromna prostranstva. Pri tome su velike površine staništa i eko-sistemi pretrpeli potpuna razaranja. Ako se uništi 90% površine nekog eko-sistema, u najboljem slučaju opstaće 50% vrsta, dok svako dalje uništavanje znači da će se njihov broj smanjivati vrtoglavom brzinom. Ogromne gubitke tokom NATO bombardovanja, kada je reč o biološkoj raznovrsnosti, pretrpela su područja u okolini Beograda, Novog Sada, Vranja, Niša, Fruške Gore, Kosmeta i mnoga druga.

U onim područjima koja su intenzivno bombardovana, već su primećene prve promene. Pre svega, utvrđeno je odsustvo azotofiksacionih mikroorganizama koji višim biljkama obezbeđuje azot. Takođe, utvrđene su i promene u sastavu i strukturi zajednica nekih beskičmenjaka – glista, crva, puževa, zatim insekata – kolembola, tvrdokrilaca kao i račića mokrica. Posledica je da će doći do promena u strukturi i favorizovanju otpornijih vrsta. Mora se istaći da je proces spontanog vraćanja biljnih i životinjskih vrsta u te oblasti veoma dug i može trajati i hiljadama godina.

Ozon poboljšava snabdevanje ćelija kiseonikom i proizvodi oksigenske radikale neophodne za stimulaciju imunog sistema čoveka. Pojačano UV zračenje utiče i na smanjenje odbrambenog sistema živih bića (imunološki odgovor organizma), dakle, ima i imunološko dejstvo.

"Teška je greška podcenjivati opasnost od troposferskog ozona"

Diter Tojfel (Ditter Teufel), istraživač instituta za životnu sredinu i klimu, Hajdelberg, Nemačka

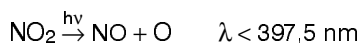
TROPOSFERSKI OZON

Troposferski ozon (engl. tropospheric ozone, "loš", "prizemni", "zao") je ozon koji ne nastaje prirodnim putem, za razliku od stratosferskog ozona, i nalazi se u oblasti atmosfere u kojoj je i čovek. Troposferski ozon je, dakle, veštačka tvorevina, koja predstavlja agresivnu smešu gasova koji nastaju od izduvnih gasova od automobila i industrije, pre svega NO, NO₂, NO_x, ugljovodika i formaldehida pod snažnim dejstvom UV zračenja.

Troposferski ozon je izuzetno agresivan i za čoveka, ali i za stratosferski ozon, dakle, ozonski omotač. Agresivnim prodiranjem troposferskog ozona u sferu

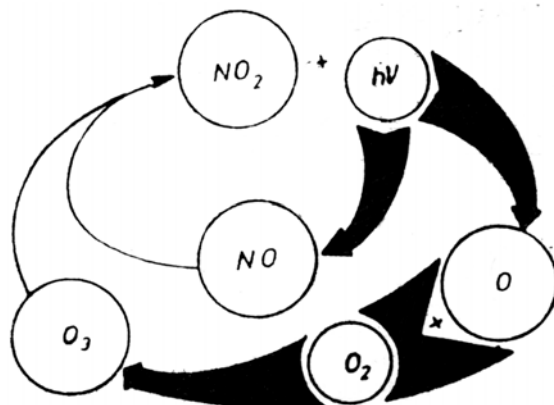
⁷⁾Američki naučnici razvili su hipotezu o zasejavanju oblaka Agl, čime bi se zamrzle čestice u njemu, pri tome bi oslobađale energiju i intenzivirale procese u oblaku. Takođe je utvrđeno da je za formiranje zrna grada od 1 cm neophodna vertikalna brzina od m/sec, a zrna prečnika 5 cm, čak 30 m/sec. Uz to, zrna grada ne može da se formira trenutno, a sve vreme mora da se održava na jednoj visini, uz pomoć jakih struja.

stratosferskog stvaraju se dodatne ozonske rupe, čime se pojačava uticaj na ozonski omotač, a time ugrožava i čovek. Najpesimističnija prognoza je da će se do kraja 20. veka njegova koncentracija povećati 10 puta, što je novi znak za uzbunu za čovečanstvo. Naime, prisustvo troposferskog ozona u atmosferi ne samo da ne može da kompenzuje posledice smanjivanja ozonskog omotača, već, sa svoje strane donosi nove probleme. Troposferski ozon, kao i CO_2 pokazuje efekat "staklene bašte", što znači da direktno utiče na klimu. Zatim, veoma je toksičan za biljke, čak i u koncentracijama neznatno višim od nađene na mestima sa "čistim" vazduhom [41]. Ispitivanja folijarne osetljivosti sadnica šumskog drveća pokazuju da su neke vrste izuzetno osetljive na delovanje troposferskog ozona [42]. Ovim se potvrđuju zapažanja da ponavljanje srednjih koncentracija od 0,10 ppm i više ozona (u toku jednog sata) izaziva ozbiljne efekte na vegetaciji, koji se, između ostalog, ispoljavaju u značajnoj redukciji prinosa i biomase. Višegodišnja svetska iskustva pokazuju da troposferski ozon doprinosi sa 90% u ukupnim gubicima prinosa nastalih kao posledica zagađenosti vazduha. U blizini industrijskih zona i gusto naseljenih urbanih površina koncentracije ozona često su fitotoksične. Izloženost koncentraciji od $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ u trajanju od 2 ili više sata mogu prouzrokovati akutna oštećenja biljaka. Samo dejstvo troposferskog ozona ispoljava se u smanjenju površine lista, dužine stabljike, težine i grananja korena, broja i veličine cvetova, kao i opadanja ukupnog prinosa. Tako se pri sezonskoj 7-časovnoj koncentraciji troposferskog ozona od $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mogu očekivati manji prinosi kod soje za 10–25%, a kod repe za oko 30%. Takođe je zapaženo da i neznatno povišenje koncentracije troposferskog ozona u vazduhu usporava rast drveća (čak u ekstremnim slučajevima za 50%). Dakle male količine troposferskog ozona mogu da izazovu velike štete biljkama. Troposferski ozon podjednako ugrožava i zimzelene i listopadne vrste. Prisustvo ozona u troposferi povećava oksidacionu sposobnost atmosfere, pa se emitovani gasovi iz procesa sagorevanja (SO_2 i azotni oksidi) oksiduju do najstabilnijih oblika, čime se povećava kiselost atmosfere prisustvom duživećih kiselih aerosola, koji rastvaranjem u kapljicama vode prelaze u jake kiseline (H_2SO_4 i HNO_3). Povećavanje sadržaja ozona u troposferi vezano je za nastajanje epizoda fotohemijskog smoga u regionalnim razmerama, po tihom (bez vetra) i sunčanom vremenu. Gasovi – prethodnici, su azotni oksidi i reaktivni ugljovodonici iz izduvnih gasova motora sa unutrašnjim sagorevanjem. Iniciranje ovog procesa je u reakciji:



koja sa reakcijom: $\text{O} + \text{O}_2 + \text{M} \rightarrow \text{O}_3 + \text{M} + 100 \text{ kJ}$, stvara prividnu ravnotežu u atmosferskom ciklusu NO_2 (slika 7).

Ako se u prizemnom sloju povise koncentracije reaktivnih ugljovodonika (nezasićeni i halogeni derivati

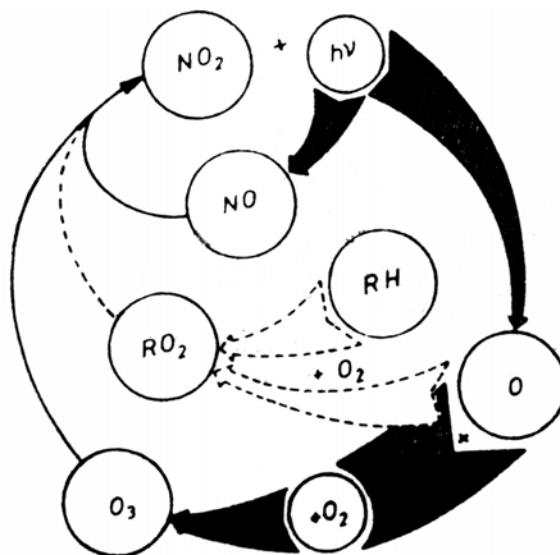


Slika 7. Atmosferski fotolitički ciklus NO_2
Figure 7. The atmospheric photolytic cycle of NO_2

ugljovodonika) tada se narušava prividna ravnoteža i NO ulazi u sekundarne reakcije, stvarajući peroksi-acetil-nitrate (PAN jedinjenja), koja su poznati fitoksidansi. Utvrđeno je da zbog fotolitičke prirode nastajanja troposferskog ozona njegove koncentracije rastu po sunčanom vremenu, a opadaju po vlažnom i oblačnom.

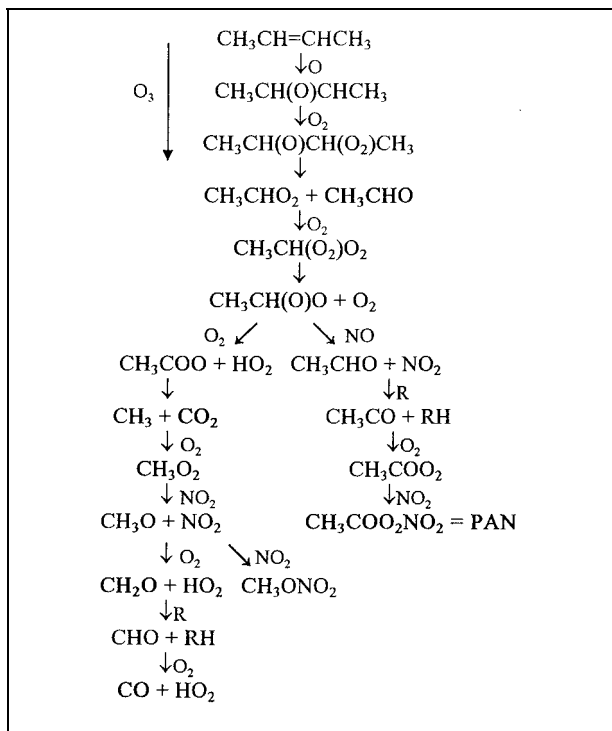
Na slici 8. pokazano je kako se narušava prividna ravnoteža ozona, čija se koncentracija uvećava i u podnevnom časovima dostiže maksimum [43].

Na shemi 1 prikazana je lančana reakcija sa nezasićenim ugljovodonikom. Intermedijari u ovoj reakciji



Slika 8. Interakcije ugljovodonika (RH) u fotolitičkom ciklusu NO_2
Figure 8. The interactions of hydrocarbons (RH) in the photolytic cycle of NO_2

imaju oksidaciono dejstvo i nazivaju se oksidansi.



Shema 1. Modelna reakcija u kojoj je pokazano dejstvo PAN jedinjenja [44]

Scheme 1. Model creation showing the action of PAN compounds

Posledice prisustva troposferskog ozona na zdravlje ljudi

Troposferski ozon je jako toksičan i utiče na promene i bolesti respiratornih organa. Deluje štetno na zdravlje ljudi izazivajući svrab (peckanje) u očima, grebanje u grlu, nadražuje disajne puteve (teškoće u disanju) i plućni parenhim, a može dovesti i do plućnog edema i smrti. Najnepovoljniji meseci za nastajanje troposferskog ozona su juli i avgust, kada su najviše temperature i vidno povećan saobraćaj. Nema mesta panici, ali predostrožnost, posebno za rizične grupe ljudi, decu, trudnice, srčane i druge hronične bolesnike i starije osobe, nije naodmet.

Svet je nesumljivo uplašen zbog sve agresivnijeg delovanja troposferskog ozona na zdravlje čoveka, pa su tako nastale mnoge studije u kojima su zabeleženi razni slučajevi. Tako, u jednoj studiji objavljenoj u Nemačkoj kaže se da već u koncentraciji od $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, koja se inače smatra za neku gornju granicu normalne, u toku od 15 ili 30 min teškog fizičkog rada na otvorenom prostoru, može doći do akutnog zapaljenja sluzokože očiju i gornjih disajnih puteva i smanjenja telesne sposobnosti. Ukoliko se u vazduhu nalazi koncentracija od $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$, pri dvočasovnom izlaganju Suncu, dolazi do smanjenja opštih fizičkih sposobnosti i povećane učestalosti astmatičnih napada, dok pri koncentraciji od $800 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dolazi do zapaljivih reakcija na koži.

Troposferski ozon deluje negativno i na najzdravije organizme, pa je zato u Nemačkoj dobio novi naziv "masovni ubica", jer se smatra da godišnje izazove smrt najmanje 4.000 ljudi. U rizičnu grupu, osim bolesnih (sa smanjenim imunološkim sistemom) i osetljivih osoba, ubrajaju se deca i sportisti koji provode mnogo vremena u fizičkom naporu na otvorenom prostoru, zidari, betonjerci, postavljajući skela ili oplata i krovopokrivači, dakle, fizički najjači ljudi.

Troposferski ozon, smatra se da ubija na najmanje tri načina: pojačava bronhijalnu reakciju astmatičara, izaziva slabljenje imunog sistema i upalu disajnih puteva, i na kraju pojačava patnje pacijenata koji imaju probleme sa krvotokom i krvnim pritiskom.

Kao posebna preporuka za ublažavanje posledica troposferskog ozona je da se izbegava fizičko naprezanje u vreme maksimalne koncentracije ozona, a najnezdravije je vreme u periodu april – polovina oktobra, od 13 do 16 časova, jer je tada koncentracija troposferskog ozona maksimalna, a povećano je i UV zračenje zbog smanjenog prisustva ozona u atmosferi.

Preporučuje se da svi oni koji imaju osetljive respiratorne organe, iako nisu hronični bolesnici, ukoliko primete izvesne promene, zatraže pomoć od lekara. Popularni način rekreacije trčanjem kroz najzagađenije gradske ulice sa obaveznom vokmenom na glavi i štopeoricom u ruci, u sportskoj odeći i u vreme kada je ljudi najviše odlična je ulaznica za klub bolesnih.

Ono što se mora istaći je da troposferski ozon nije karakterističan samo za urbane sredine. Transport primarnih zagađujućih materija moguć je do nekoliko stotina kilometara od gradova (u tzv. ruralnim sredinama). Zato nije čudno kada se koncentracija troposferskog ozona registruje i u prigradskim naseljima, okruženim četinarima (fenomen smoga tipa Los Angeles).

Količine troposferskog ozona u Evropi prešle su granicu predviđenu kao prag za uzburu. Mnoga svetska istraživanja pokazala su da se povećane koncentracije troposferskog ozona u vazduhu kreću od severa prema jugu. Utvrđeno je, recimo, da se na severnim i južnim granicama Alpa mogu pojaviti i neobično visoke koncentracije, jer se baš tu nagomilavaju tzv. "oksidantni paketi". U tom slučaju ni Jugoslavija nije baš najbezbednija zona jer može biti izložena "invaziji" troposferskog ozona.

U novijoj literaturi o fotooksidansima sreće se mišljenje da će troposferski ozon još nekoliko decenija ostati jedan od glavnih zdravstvenih problema opšteg značaja, čije je poreklo u zagađivanju atmosfere, kao i to, da fotohemijski oksidansi nastavljaju da budu najvažniji problem zagađivanja vazduha u SAD i drugim razvijenim zemljama [49, 50]

Takođe, smatra se da ozon sam ili u kombinaciji sa drugim zagađivačima vazduha, doprinosi sa 90% u ukupnom smanjivanju prinosa poljoprivrednih kultura, nas-

talog usled dejstva zagađenog vazduha. Najnovija istraživanja potvrđuju mišljenje da važeći standardi za fotohemijske oksidacije ne obezbeđuju zaštitu vegetacije od štetnog delovanja ozona [51]. Jedan od razloga za mali učinak primenljive strategije je zanemarivanje prirodnih izvora emisije gasovitih ugljovodonika, pre svega metana, za koga je utvrđeno da značajno učestvuje u formiranju troposferskog ozona. Rezultat ovoga je sve češće uverenje za potrebom novog pristupa u borbi za smanjenje koncentracije troposferskog ozona. U tom cilju se ukazuje na značaj smanjivanja emisije NO_x, pre svega iz saobraćaja, kao i isparljivih ugljovodonika, redukcijom potrošnje nafte i organskih rastvarača i njihovom supstitucijom drugim alternativnim materijalima [52, 53].

Posledice NATO bombardovanja na troposferski ozon u Jugoslaviji [37]

Na žalost, uticaj NATO bombardovanja na troposferski ozon iznad Jugoslavije je izrazit i, može se reći, lokalnog karaktera, bar u početku, pa će se posledice uticaja troposferskog ozona na zdravlje ljudi znatno osetiti. Može se reći da je nekontrolisan uvoz u Jugoslaviju, izrabljenih vozila iz Evrope, prosečne starosti između 12 i 15 godina, u poslednjih nekoliko godina imalo uticaja na promenu koncentracije ozona u troposferi. Ako se prisetimo da su glavni činilac u stvaranju troposferskog ozona upravo izduvni gasovi, eto razloga za zabrinutost, ali i za akciju kako bi zaštitili troposferu u našoj sredini.

Borbeni avioni koji su ispuštali gasove pri sagorevanju goriva u mlaznim motorima u oblasti gornje troposfere (između 9 i 13 km visine) uticali su na povećanje koncentracije troposferskog ozona, a istovremeno i na smanjivanje koncentracije stratosferskog ozona. Takođe gasovima, poput CO₂, CO i dr. dodatno je uvećan "efekat staklene bašte", što nepovoljno deluje na celokupno zemljište, odn. zagrevanje Zemlje, sa posledicama koje se ne mogu predvideti i sprečiti. Treba reći da se radi o ogromnoj količini sagorelog goriva: tokom NATO bombardovanja dnevna potrošnja je bila oko 40.000 m³ kerozina i ostalih derivata nafte (procena Američkog instituta za naftu), što je predstavljalo 5% od ukupne količine avionskog goriva koje se dnevno trošilo u svetu⁷⁾.

Prema tome, posledice dejstva "novostvorenog" troposferskog ozona vrlo brzo će se osetiti, ili su se već osetile, u promenljivoj klimi, od žarkih dana do enormnih padavina, zatim u velikom broju slučajeva "alergije", sušenja očiju koje se naročito manifestovalo kod dece u periodu nakon juna 1999, a što je indikacija pojačanog prisustva troposferskog ozona. Jedini znak nade je ruža vetrova iznad Jugoslavije, koja je već pomogla, da se i

te kako teške posledice bombardovanja na sadržaj ozona u troposferi makar malo ublaže.

BEZ KOMENTARA

NATO bombardovanjem Jugoslavije oslobođene su velike količine opasnih gasova dejstvom najraznovrsnijih projektila poslednje generacije. U ovom trenutku, ne može se predvideti trend smanjenja ukupnog stratosferskog ozona odn. povećanje ukupnog troposferskog ozona. Mogući mehanizmi uključuju heterogene reakcije na površini sulfatnih aerosolova na kojima dolazi do nastanka aktivnog hlora i transporta perturbovanog polarnog vazduha do srednjih geografskih širina. Mehanizam koji uključuje razlaganje ozona hlorom i bromom je najodgovorniji za smanjenje koncentracije ozona što je merenjima i potvrđeno. Direktna "in situ" merenja radikala u nižim slojevima stratosfere, zajedno sa računskim modelima, kvantitativno pokazuju da je "in situ" fotohemijski gubitak ozona zbog (najvećim delom prirodnih) reaktivnih NO_x jedinjenja niži od onog koji predviđa hemija u gasnoj fazi. U isto vreme je doprinos hlornih i bromnih jedinjenja (najvećim delom antropogenog porekla) znatno veći od onog koji predviđa teorija gasnih reakcija. To potvrđuje ključnu ulogu koju imaju reakcije na sulfatnim aerosolima u nižim slojevima atmosfere. Promene izazvane NATO bombardovanjem koje je dovelo do emisije supstanci koje imaju destruktivni karakter za stratosferski ozon, uticali su na smanjenje ozonskog omotača koje neće osetiti samo stanovnici Jugoslavije i u Evropi, SAD, Kanadi.

Ironično zvuči podatak da fizičari i hemičari upravo iz zemalja članica NATO koje su učestvovala u bombardovanju smatraju da je krajnje vreme da pitanje zagađivanja atmosfere postane predmet ozbiljnih političkih rasprava u međunarodnim forumima, a da su bombardovanjem Jugoslavije upravo oni izvršili napad na planetu Zemlju!! Ovogodišnji slogan Svetskog dana zaštite životne sredine, 5. juni 1999. god., organizacije UNEP-a (Programa UN za životnu sredinu) glasio je: "Naša Zemlja, naša budućnost – sačuvajmo je!"

Obnova ozonskog omotača prirodnim putem mogla bi da se ostvari tek posle više od sto godina. Za manje poboljšanje potrebno je nekoliko decenija. Kako su ratovi sve agresivniji i, na žalost, sve češći sa sve razornijim dejstvom na atmosferu, vodu, vazduh i zemljište, ne treba biti veliki mudrac i predvideti budućnost planete Zemlje.

Komentar se može završiti izjavom Šervuda Roulenda koju je dao neposredno po razjašnjavanju procesa koji su doveli do oštećenja ozonskog omotača: "Gotovo da nam niko nije verovao. Jedne noći kasno sam došao kući i rekao ženi: Istraživanja nam sjajno napreduju, ali izgleda da će svet biti uništen". Možemo li da spasemo Zemlju, i da li je NATO alijansa organizacija koja će to učiniti?

⁷⁾To je uticalo i na cenu avio-goriva koja je ovećana za oko 33% (mart-juli 1999.).

LITERATURA

- [1] M.B. Rajković, M. Janković i F. Kosi, "Rizici upotrebe rashladnih fluida. I – Uticaj rashladnih fluida na procese stratosferskog ozona i okolinu", *Hem. Ind. (Beograd)*, **52** (1) (1998) s. 19–27
- [2] F. Kosi, M.B. Rajković i M. Janković, "Rizici upotrebe rashladnih fluida. II – Stanje i perspektiva alternativnih rashladnih fluida", *Hem. Ind. (Beograd)*, **52** (2) (1998) s. 67–72
- [3] M. Janković, F. Kosi i M.B. Rajković, "Rizici upotrebe rashladnih fluida. III – Procena rizika pri upotrebi amonijaka kao rashladnog fluida", *Hem. Ind. (Beograd)*, **52** (3) (1998) s. 121–125
- [4] V. Kostić i Lj. Kostić, "Hemijsko-tehnološki leksikon", Izdavačka radna organizacija "Rad", Beograd, 1980.
- [5] T.E. Graedel and P.J. Crutzen, "Atmospheric Change: an Earth System Perspective", Freeman, NY, 1993
- [6] R.P. Wayne, "Chemistry of Atmospheres", 2nd Edition, Oxford, 1991.
- [7] M. Velimirović, "Ilustrirani leksikon tehničkih znanja", 4-to izdanje, "Panorama", Zagreb, 1968.
- [8] Z. Vukumirović, "Savremeni problemi hemije atmosferskog ozona", *Hem. pregled (Beograd)*, **31** (1) (1990) s. 6–14
- [9] M.L. Salby and R.R. Garcia, "Dynamical Perturbations to the Ozone Layer", *Physics Today*, **43** (1990) p. 38
- [10] J.W. Chamberlain and D.M. Hunter, "Theory of Planetary Atmospheres", 2nd Edition, Academic Press, 1987
- [11] G. Megie, "Ozon", Springer-Verlag, Berlin, 1991
- [12] H.S. Johnston, "Atmospheric Ozone", *Ann. Rev. Phys. Chem.*, **43** (1992) 1
- [13] V. Dondur, T. Vukićević i J. Pastrirk, "Hemija atmosfere, procesi atmosferskog ozona. Nobelova nagrada za hemiju 1995. god.", *Hem. pregled (Beograd)*, **37** (1–2) (1996) str. 20–27
- [14] P.J. Crutzen, "The influence of nitrogen oxides on the atmospheric ozone content", *Quart. J.R. Met. Soc.*, **90** (1970) p. 320
- [15] P.J. Crutzen, *J. Geophys. Res.*, **76** (1971) p. 7311
- [16] Climate Impact Committee, National Research Council, Environmental Impact of Stratospheric Flight, National Academy of Sciences, 1975
- [17] H.S. Johnston, *Science*, **173** (1971) p. 517
- [18] S.F. Rowland, "Stratospheric Ozone Depletion", *Ann. Rev. Phys. Chem.*, **42** (1991) p. 731
- [19] M.J. Molina and F.S. Rowland, "Stratospheric sink for chlorofluoromethanes: chlorine atom-catalyzed destruction of ozone", *Nature*, **249** (1974) p. 810
- [20] B.P. Block, "Status of the ozone depletion theory", *Int. J. Refrigeration*, Vol. 4 (1981) pp. 175–178
- [21] R. Zander, M.R. Gunson, S.B. Farmer, C.P. Rinsland, F.W. Irion and E. Mahieu, "The 1985 chlorine and fluorine inventories in the stratosphere based on ATMOS observations at 30 degrees North latitude", *J. Atmos. Chem.*, **15** (1992) p. 171
- [22] United Kingdom Stratospheric Ozone Review Group "Stratospheric Ozone 1991", HMSO, London, 1991
- [23] World Meteorological organization, Scientific Assessment of Ozone Depletion: 1994, Global Ozone Research and monitoring project – Report # 37
- [24] E.B. Muir, "Commercial refrigeration and CFCs", *Int. J. Refrigeration*, Vol. 13 (1990) pp. 106–112
- [25] G. Lorentzen, "The use of natural refrigerants: a complete solution to CFC/HCFC predicament", *Int. J. Refrigeration*, Vol. 3 (1995)
- [26] J.L. Boot, "Overview of alternatives to CFCs for domestic refrigerators and freezers", *Int. J. Refrigeration*, Vol. 13 (1990) pp. 100–105
- [27] E.D. Kenna, "Chlorofluorocarbons and the environment", *Int. J. Refrigeration*, Vol. 4, No. 4 (1981) pp. 179–181
- [28] Г. Лорентцен, "Холод, энергия и окружающая среда", *Холодильная техника*, No. 5, 1991, с. 3ЛБ
- [29] H.O. Spanschus, "Compatibility requirements for CFC alternatives", *Int. J. Refrigeration*, 1990, Vol. 13, No. 2, March, pp. 73–78
- [30] V. Šćepanović i S. Stević, "Mogućnosti zamene freona supstancama koje ne razaraju ozonski sloj", *Hem. pregled (Beograd)*, **31** (2–3) (1990) s. 31–36
- [31] S. Solomon, "Progres towards a quantitative understanding of Antarctic ozone depletion", *Nature*, **347** (1990) 347
- [32] M.J. Kurylo, "The Chemistry of stratospheric ozone: its response to natural and anthropogenic influences", *Int. J. Refrigeration*, **13** (1990) pp. 62–72
- [33] World Meteorological organization, Scientific Assessment of Ozone Depletion: 1991, Global Ozone Research and monitoring project – Report # 25
- [34] H. Kruse, "CFC research programmes in Western Europe", *Int. J. Refrigeration*, Vol. 13 (1990) pp. 122–130
- [35] A.S. Penkett, *Nature*, **332** (1989) p. 204
- [36] G. Brassurand and C. Granier, "Mt. Pinatubo aerosols, chlorofluorocarbons and ozone depletion", *Science*, **257** (1992) p. 1239
- [37] M.B. Rajković, "Posledice NATO agresije na Jugoslaviju na procese stratosferskog ozona i okolinu", rad saopšten na naučnom skupu Okrugli sto sa temom "Rat i životna sredina", koji je održan 08. jula 1999. god. na Univerzitetu "Braća Karić", u Beogradu
- [38] M. Ševarlić and Z. Vasiljević, "Influence of NATO Aggression on the Agri-Business of FR Yugoslavia", Information & Technology transfer on renewable energy sources for sustainable agriculture, food Chain and HFA '99, Division for Energy Efficiency and Renewable Energy Sources – RES Virtual Expert Electronic Center at the Faculty of Agriculture, University of Belgrade and IAAS – Belgrade For the World Solar Program 1996–2005. Electronic Educational Workshop is being presented on 12th July 1999 at the INTERNET <http://www.w.rcub.bg.ac.yu/~todorum>
- [39] V. Joldžić, "Ekološki kriminalitet u pravu i stvarnosti", 2-izmenjeno i dopunjeno izdanje, *Ecologika*, Beograd, 1995
- [40] G.J. Cano, "Trends in International Environmental Law with Particular Reference to the Western Hemisphere", in the book "The Future of the International Law of the Environment", Hague Academy of International Law and United Nations University, Hague, 1984, p. 402
- [41] D. Marković, D. Veselinović i Ž. Markov, "Uticaj ozona (O₃) na rast biljaka", II simpozijum "Hemija i zaštita životne sredine", V. Banja, 1993, III–45, s. 361–362
- [42] D.D. Davis and J.M. Shelly, *J. Air. Waste Manage. Assoc.*, **42** (1992) 109
- [43] M.J. McEwan and L.F. Phillips, "Chemistry of the Atmosphere", Conterberg, New Zealand, 1975
- [44] J.D. Butler, "Air Pollution Chemistry", Academic Press, London, 1979, p. 276
- [45] P.J. Crutzen and F. Arnold, "Nitric Acid Cloud Formation in the Cold Antarctic stratosphere: a major cause for springtime 'ozone hole'", *Nature*, **324** (1986) pp. 651–655
- [46] J.M. Wallace and P.V. Hobbs, "Atmospheric Science: an Introductory Survey", Academic Press, 1977
- [47] S.F. Rowland, "Chlorofluorocarbons and the depletion of stratospheric ozone", *Ann. Sci.*, **77** (1989) p.36
- [48] R.W. Ward, "Critical review of the present status of the ozone depletion theory", *Int. J. Refrigeration*, 1984, Vol. 7, No. 1, pp. 46–48
- [49] D. Marković i M.M. Dabović, "Novija saznanja o troposferskom ozonu", II simpozijum "Hemija i zaštita životne sredine", V. Banja, 1993, II–14, s.213–214
- [50] D.M. Olszyk, P.J. Dowson, C.L. Morrison and B.K. Takemoto, *J. Air Waste Manage. Assoc.*, **40** (1990) 77
- [51] A.S. Lefohn and J.K. Foley, *J. Air Waste Manage. Assoc.*, **42** (1992) 1046
- [52] Control Strategies for Photochemical Oxidants Across Europe, OECD, Paris, 1990
- [53] Eurotrac Annual Report, Part I, 1990, ISC, Garisch-Partenkirchen, Sept. 1991
- [54] F. Kosi, M. Todorović i Lj. Simić, "Alternativni rashladni fluidi – srednjoročna i dugoročna rešenja", *Ekotehnologija u prehrambenoj industriji i biotehnologiji – II*, V. Banja, 09.06. – 12.06.1997. god., Zbornik radova, s. 39–51
- [55] R. Ciconkov, "Rashladni fluidi, današnje stanje i budući razvoj", 26. Kongres o klimatizaciji, grejanju i hladenju, Beo-

- grad, 22.11. – 24.11.1995. god.; "Lanac hlađenja u SR Jugoslaviji", s. 43–54
- [56] M.B. Rajković, M. Janković i S. Mašović, "O mogućnostima smanjivanja uticaja rashladnih fluida na procese stratosferskog ozona i okolinu", *Ekotehnologija u prehrambenoj industriji i biotehnologiji – II*, V. Banja, 09.06. – 12.06.1997. god., Zbornik radova, s. 65–77
- [57] M. Janković i S. Mašović, "Procena rizika pri upotrebi amonijaka kao rashladnog fluida", *Ekotehnologija u prehrambenoj industriji i biotehnologiji – II*, V. Banja, 09.06. – 12.06.1997. god., Zbornik radova, s. 53–63
- [58] R.D. Bojkov, "Changes in Polar Ozone", *WMO Bulletin*, Vol. 41 (1991) pp. 171–180
- [59] A. Stamatović, "Stratosferski ozon – retrospektiva protekle decenije", II simpozijum "Hemija i zaštita životne sredine", V. Banja, 1993, II–13, s. 211–212

SUMMARY

INFLUENCE OF NATO BOMBARDING ON THE STRATOSPHERIC AND TROPOSPHERIC OZONE AND ENVIRONMENT OF YUGOSLAVIA

(Professional paper)

Miloš B. Rajković
Faculty of Agriculture, University of Belgrade,
Belgrade–Zemun, Yugoslavia

By his presence and activity, man exerts an influence on and disturbs the natural equilibrium. In the case of some chemical synthetic compounds, this influence may not only be great, but tragic. The decrease of the concentration of stratospheric ozone and the increase of the concentration of tropospheric ozone, although two opposite processes, have as a consequence environmental pollution by a chemical substance and become a great problem that is difficult for man to solve. The "Chlorofluorocarbon revolution" brought great progress in the development of mankind and introduced in to application, according to all standards, an ideal material – chlorofluorocarbons (freon), which became widely utilized in the industry of refrigerating devices, foamy materials, aerosols, etc. On the other hand, it became apparent that this material is extremely fatal for nature. Ozone holes and the greenhouse effect are the most obvious consequences with apocalyptic prospects (Pessimistic model). The major problem in inducing these dangerous occurrences are the concentrations of atomic chlorine or bromine which increase with chlorofluorocarbon distributions (for example the war, why not?!) in the atmosphere.

In the first part of this paper, the basic mechanism of the chemical action of atomic chlorine and bromine is showed and consequently the decrease of the stratospheric ozone concentration and the increase of the concentration tropospheric ozone. In the second part of this paper the suppositions of the 78-day NATO bombardment of Yugoslavia on the stratospheric and tropospheric ozone and environment is given. The consequences of this action are not momentary or local, but long lasting with serious consequences on all human kind, as well as on mother Earth.

The data used for the preparation of this paper are not completely accessible to the public, but with high significance it is possible to speculate about relevant data and assume possible consequences on the environment. Time will confirm or deny the postulated hypothesis. Unfortunately, the invisible consequences will appear very soon, and, what is worse, so will many dramatic ones.

Key Words: Stratospheric ozone • Tropospheric ozone • Refrigerating fluids • Chlorofluorocarbons (CFCs) • Ozone hole • Green house effect • NATO activen • Bombarding.
Ključne reči: stratosferski ozon • troposferski ozon • rashladni fluidi • freoni • ozonska rupa • efekat staklene bašte • NATO bombardovanje.