

Monitoring solarnog ultraljubičastog zračenja i debljine ozonskog omotača u Srbiji

Z. Mijatović*, S. Grujić**

*Departman za fiziku, Prirodno–matematički fakultet, Novi Sad

**Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

Kratak sadržaj

U radu je prikazano stanje monitoringa UV zračenja Sunca i debljine ozonskog omotača u Srbiji. Centar u kom se vrši monitoring je smešten na Univerzitetu u Novom Sadu. Prikazani su rezultati monitoringa intenziteta solarnog UV zračenja u periodu od 2003–2004. godine kao i prvi rezultati merenja debljine ozonskog omotača sa zemlje izvršenog sa naše teritorije. Osim toga, predstavljeni su i rezultati analize apsorpcione moći različitih naočara koje se koriste za zaštitu očiju od UV zračenja.

Ključne reči: UV zračenje – UV indeks – ozonski omotač.

Uvod

Poslednje dve decenije problem dejstva ultraljubičastog (UV) zračenja na celokupni biodiverzitet, ali posebno na organizam čoveka je vrlo aktuelan. Razlog za to je dvojak. Prvi je antropogeni uticaj na debljinu ozonskog omotača, koji je zaštita živog sveta na Zemlji od UV zračenja koje stiže sa Sunca, a drugi je snažan razvoj veštačkih izvora UV zračenja koji se koriste za tamnjenje kože, popularnih solarijumima, čija je upotreba u ekspanziji u čitavom svetu.

Štetne posledice dejstva UV zračenja na čovekov organizam su u pomenutom periodu bile intenzivno izučavane. Rezultati tih istraživanja su pokazali da postoje evidentne štetne posledice po kožu, oči i imunski sistem. Neke od njih mogu biti i smrtonosne, a neke mogu ostaviti teški invaliditet.

Tema ovog rada nije prikaz štetnih posledica UV zračenja nego predstavljanje rezultata merenja UV zračenja u Srbiji, koji su dostupni i mogu biti od koristi različitim profilima naučnih radnika čiji je naučni ili stručni rad vezan za izučavanje dejstva UV zračenja na čovekov organizam.

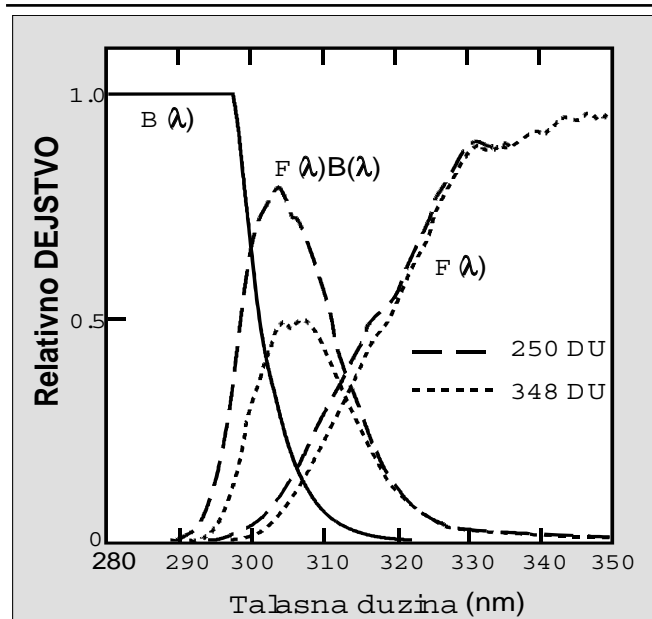
UV zračenje i aktivni spektar

Deo spektra elektromagnetnog zračenja u intervalu od 100–400nm predstavlja UV oblast zračenja. Ova oblast se, u osnovi deli na tri podgrupe zračenja. Prema podeli CIE², UV–C oblast pokriva oblast od 100–280nm, UV–B od 280–315nm i UV–A oblast od 315–400nm. Ova podela je prihvaćena od dve najznačajnije organizacije koje se bave problemom UV zračenja – Svetske meteorološke

organizacije i Svetske zdravstvene organizacije. Dejstvo UV zračenja na žive organizme se menja sa promenom talasne dužine. Svakako, najštetnije dejstvo je UV–C zračenja zahvaljujući tome što su fotoni tog zračenja nosioci dovoljne energije za razaranje DNK. Zbog toga se ovo zračenje koristi za sterilizaciju. Srećom, ozonski sloj u stratosferi u potpunosti apsorbuje ovo zračenje. UV–B zračenje može izazvati vrlo štetne posledice, u prvom redu maligni melanom, ali je njegovo štetno dejstvo na oči takođe dokazano, kao i štetno dejstvo UV–A zračenja koje potpomaže UV–B zračenju.

Za svaki od efekata postoji određeni aktivni spektar koji pokazuje efikasnost zračenja zavisno od talasne dužine. Najbolje je izučen eritemski spektar, tj. spektar UV zračenja koji izaziva pojavu crvenila kože. Ovaj spektar je prikazan na Sl. 1. punom linijom⁴, koja se matematički predstavlja funkcijom . Efikasnost zračenja do talasne dužine od oko 300nm je potpuna, tj. sigurno izaziva eritem kože. Sa povećanjem talasne dužine efikasnost zračenja opada tako da je ona na talasnim dužinama iznad 350nm zanemarljiva. Izučavanje pojave efekta eritema kože je jednostavno u poređenju sa, na primer, pojavom katarakte ili malignog melanoma, jer je proces pojave eritema relativno brz i očigledan. Zbog toga za sada nema podataka o aktivnom spektru UV zračenja koje izaziva pojavu katarakte ili drugih očnih bolesti.

Kombincija biološki aktivnog spektra i fizički prisutnog spektra kojem se organizam izlaže – , odnosno proizvod daje stvarni biološki aktivni spektar. U slučaju kada je organizam izložen sunčevom zračenju, biološki aktivni spektar za pojavu eritema je prikazan tačkastom i isperkidanom linijom na Sl. 1. za dve vrednosti debljine ozonskog



Slika 1. Eritemski spektar ($B(\lambda)$), Sunčev spektar na površini Zemlje za dve vrednosti debljine ozonskog omotača ($F(\lambda)$) i aktivni eritemski spektar $F(\lambda)B(\lambda)$ za dve vrednosti debljine ozonskog omotača.

omotača od 250 i 348 Dobsonovih jedinica (DU). Fluks biološki aktivnog spektra sunčevog eritemskog zračenja dobija se kao integral u intervalu talasnih dužina od 280nm do 400nm. Fizička jedinica kojom se izražava ovaj fluks (intenzitet) je W/m^2 , međutim, ona je neprikladna za širu upotrebu i za informisanje javnosti o nivou UV zračenja. Zbog toga je uvedena jedinica UV Indeks koja se definiše kao vrednost od $25mW/m^2$ prethodno definisanog fluksa. Prema vrednosti UV Indeksa izvršena je podela po intenzitetu UV zračenja koja je prikazana u Tab. 1.

Tabela 1. Podela nivoa UV zračenja prema vrednosti UV indeksa

UV Indeks	Nivo zračenja
1-3	Niski nivo
4-6	Srednji nivo
7-9	Visoki nivo
10-	Ekstremno visoki nivo

Vrednosti UV indeksa tokom druge polovine proleća, tokom leta i početkom jeseni, spadaju u grupu visokih i ekstremno visokih vrednosti.

Faktori koji utiču na intenzitet solarnog UV zračenja na površini zemlje

Stratosferski ozon utiče ne samo na intenzitet solarnog UV zračenja, nego i na spektralni sastav tog zračenja. Zahvaljujući fotohemijским reakcijama, UV-C zračenje se u stratosferi potpuno apsorbira, kao i zračenje u UV-B oblasti talasne dužine ispod 280nm. Nezamenjivu ulogu u ovim procesima ima ozon, molekul sastavljen od tri atoma kiseonika. Prosečna debljina ozonskog

omotača iznosi oko 300 DU, što bi odgovaralo debljini od svega 3 mm pod normalnim uslovima (atmosferski pritisak na nivou mora i temperatura od $0^\circ C$). Antropogena aktivnost, putem emisije štetnih gasova u atmosferu, u velikoj meri utiče na količinu ozona u atmosferi, odnosno na debljinu omotača koji čine njegovi molekuli. U prvom redu to su jedinjenja halogenih hemijskih elemenata (hlorofluorouglovodonici ili freoni). Najveći uticaj ovih gasova je na stanjenje ozonskog omotača iznad polova, posebno iznad Južnog pola. Zbog toga je prihvaćen Montrealski protokol i više amandmana kojima bi trebala da se reguliše i ograniči količina štetnih gasova koji se emituju u atmosferu.

Visina Sunca se menja tokom godine, tokom dana ali i sa geografskim položajem. Tokom leta i u periodu sredine dana sunčevo zračenje dospeva do površine Zemlje pod najvećim uglom u odnosu na površinu. To isto važi i za geografski položaj: bliže ekvatoru taj ugao je veći, a prema polovima se smanjuje. Što je Sunce «više» na nebu, apsorpcioni sloj atmosfere je kraći, a i fluks zračenja je veći, te je intenzitet zračenja veći. Najintenzivnije dnevno zračenje je oko 13 časova, a na prostoru Srbije – u periodu kraj juna–početak jula. Tada se ono kreće oko 8.5–9 UV Indeksa, ali ima dana kada dostiže i vrednost 10.

Nadmorska visina je takođe važan faktor koji utiče na intenzitet UV zračenja na površini. Procene su da se intenzitet UV zračenja povećava za 6–12 % sa povećanjem nadmorske visine od 1000m. Na primer, sredinom aprila 2005. godine na Kopaoniku (nadmorska visina 1911m) je izmerena vrednost UV indeksa od 7.8, dok je u Novom Sadu (nadmorska visina oko 90m) izmereno 6.2 UV indeksa. O ovome se mora voditi računa prilikom boravka na planinama, čak i u zimskom periodu.

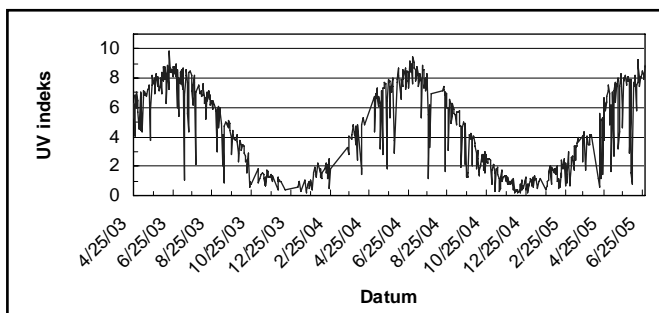
Refleksija sa površine (albedo) utiče na taj način što se zračenje reflektovano sa površine u atmosferu, reflektuje u atmosferi i vraća se na površinu. To je posebno izraženo u blizini velikih vodenih površina i površina prekrivenih snegom.

Monitoring solarnog UV zračenja

U gotovo svim razvijenim državama u svetu vrši se monitoring solarnog UV zračenja, a sistem informisanja javnosti o izmerenim vrednostima i merama zaštite je veoma razvijen. U najužem smislu reči pod monitoringom UV zračenja se podrazumeva stalno praćenje intenziteta ovog zračenja. Međutim, monitoring podrazumeva i druge aktivnosti od kojih jedna od najvažnijih informisanje javnosti. U Srbiji i Crnoj Gori je monitoring solarnog UV zračenja započeo 2003. godine na Univerzitetu u Novom Sadu. Još uvek je to jedini centar u kom se vrši monitoring. Instrument koji se koristi za monitoring je širokopoljanski YANKKEE UV-B Biometer, instrument koji se standardno koristi u svetu u ovu svrhu. Sam instrument je povezan sa

računarom za prikupljanje podataka i formiranje baze podataka o izmerenim vrednostima. Prema preporukama Svetske meteorološke organizacije, podaci koji se prikazuju predstavljaju srednju vrednost za desetominutni interval. Podaci o trenutnim vrednostima UV indeksa se ažuriraju svakih 10 minuta i mogu se naći na internet adresi www.cmcm.net.

Rezultati monitoringa UV zračenja od 2003. godine do jula 2005. godine pokazuju da je ono najintenzivnije krajem juna i u prvoj polovini jula. Poređenje ovih vrednosti za poslednje tri godine pokazuje da nema primetnih odstupanja maksimalnih vrednosti. One se kreću između 8 i 9 u sve tri godine. Na Sl. 2. je prikazana promena vrednosti UV indeksa u periodu april 2003. – jun 2005. Takode, ni broj dana u godini sa UV indeksom 7 ili više se u 2004. godini nije promenio u odnosu na 2003. i kreće se oko 40. Na osnovu izmerenih dnevnih, mesečnih i godišnjih vrednosti UV indeksa može se izračunati i doza emitovanog UV zračenja za određeni vremenski period.



Slika 2. Vrednosti UV indeksa za Srbiju u periodu april 2003.–jun 2005.

Merenje debljine ozonskog omotača

Kao što je ranije rečeno, ozonski omotač je jedan od najbitnijih faktora u zaštiti celokupnog biodiverziteta od Sunčevog UV zračenja. U njemu se u potpunosti apsorbuje UV-C zračenje i znatno UV-B zračenje.

Prva merenja debljine ozonskog omotača počeo je 1925. godine engleski fizičar G.M.B. Dobson po kome jedinica u kojoj se izražava debljina ozonskog omotača dobila ime – Dobsonova jedinica (DU). Danas se u mnogim zemljama u svetu vrši merenje debljine ozonskog omotača iznad njihovih teritorija, ali ova aktivnost nije toliko raširena kao monitoring UV zračenja. Osim toga, postoje i satelitska merenja koja su svakom dostupna³. Na Departmanu za fiziku je razvijen spektroskopski metod za merenje debljine ozonskog omotača koji nije u materijalnom smislu zahtevan kao standardni metodi, ali koji daje dobre rezultate¹. Rezultati merenja debljine ozonskog omotača ovom metodom za nekoliko dana tokom proleća 2005. godine prikazani su na Tab. 2. Ova tabela sadrži i standardnu devijaciju merenja, satelitske podatke za iste dane (satelit TOMS³) i relativno odstupanje izmerenih vrednosti sa zemlje od vrednosti dobijenih sa satelita. Vi-

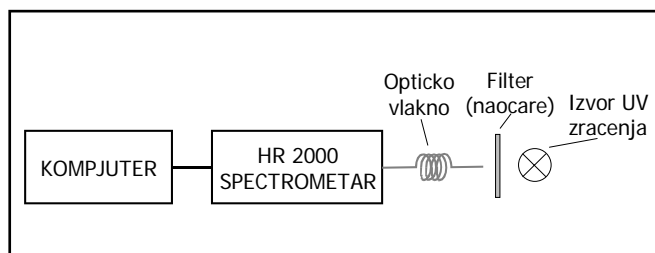
di se da je srednje odstupanje unutar 10%, što je prihvatljivo. Glavni uzrok ovog odstupanja je nepoznavanje vrednosti i vrste aerosola u atmosferi iznad mesta na kom je merenje izvršeno.

Tabela 2. Vrednosti debljine ozonskog omotača dobijene spektroskopskom metodom, satelitskom metodom i relativno odstupanje ova dva metoda.

Datum i vreme	Debljina ozonskog omotača (spektrometrijska metoda)	Debljina ozonskog omotača (satelitska metoda)	Relativno odstupanje
01.03.2005. 10:00	224 DU ± 1 DU	259 DU	13.5 %
21.03.2005. 10:00	254 DU ± 2 DU	279 DU	8.9 %
13.04.2005. 14:00	381 DU ± 15 DU	378 DU	0.8 %
04.05.2005. 13:00	357 DU ± 1 DU	339 DU	5.3 %
09.05.2005. 12:00	366 DU ± 6 DU	365 DU	0.3 %
10.05.2005. 10:00	338 DU ± 4 DU	370 DU	8.6 %
10.05.2005. 12:00	369 DU ± 1 DU	370 DU	0.3 %

Apsorpcione karakteristike nekih naočara

Sunčane naočare su u širokoj upotrebi kao sredstvo za zaštitu očiju od intenzivnog vidljivog zračenja, ali i od UV zračenja. Međutim, naočare sa lošom apsorpcionom spektralnom karakteristikom mogu da imaju kontraefekat. Analiza apsorpcione moći nekoliko slučajno izabranih naočara urađena je na Departmanu za fiziku Prirodno-matematičkog fakulteta u Novom Sadu. Pri tome je korišćena aparatura koja je šematski prikazana na Sl. 3. Aparatura se sastoji od izvora UV zračenja (halogena sijalica snage 250 W), optičkog vlakna kojim se zračenje vodi do UV spektrometra (Ocean Optics HR2000) koji registruje spektar i računara za kontrolu

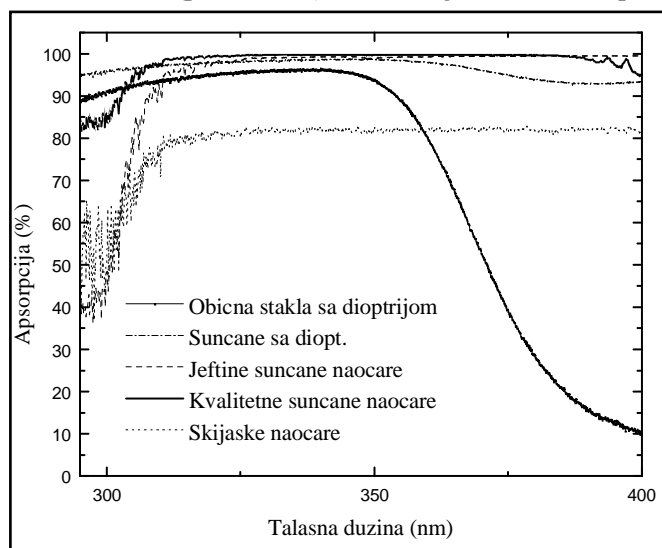


Slika 3. Šema aparature za merenje apsorpcije uzoraka naočara.

rada spektrometra i prikupljanje podataka. Između UV izvora i optičkog vlakna postavlja se filter čija se apsorpciona spektralna karakteristika meri, u ovom slučaju staklo naočara.

Za ova merenja korišćeno je pet primeraka naočara – običnih dioptrijskih naočara, sunčanih naočara sa dioptrijom, kvalitetnih sunčanih naočara bez dioptrije, jeftinih sunčanih naočara bez dioptrije i jednih skijaških naočara.

Koeficijent apsorpcije u zavisnosti od talasne dužine za pomenutih pet uzoraka prikazan je na Sl. 4. Vidi se da, osim skijaških i jeftinih sunčanih naočara, preostala tri uzorka imaju vrlo dobru apsorpcionu moć u UV oblasti (preko 90%). Kod druga dva uzorka pri-



Slika 4. Apsorpcija pet uzoraka naočara.

matan je pad apsorpcione moći u UV-B delu spektra. U okolini talasne dužine od 300nm koeficijent apsorpcije je oko 40%! To je ono što izaziva kontra-efekat. Naime, zbog smanjenog intenziteta vidljivog zračenja, ze-

nica se širi, i time se omogućava većoj količini UV-B zračenja da dopre do unutrašnjosti oka i eventualno izazove neke štetne posledice.

Zaključak

U radu je opisano stanje monitoringa solarnog UV zračenja u Srbiji i Crnoj Gori. Rezultati monitoringa u poslednje tri godine, koji su takođe u radu prezentovani, ne pokazuju značajnu promenu intenziteta UV zračenja tokom letnjih sezona kada je ono najintenzivnije. Osim toga predstavljeni su i prvi rezultati merenja debljine ozonskog omotača kod nas. Ovi rezultati su u dobroj saglasnosti sa rezultatima satelitskih merenja. Na kraju, predstavljeni su i rezultati merenja apsorpcione spektralne karakteristike pet uzoraka naočara. Kao što se moglo očekivati, sunčane naočare sumnjivog kvaliteta imaju lošu apsorpcionu karakteristiku u UV-B oblasti spektra.

Literatura

1. Bašić-Palković K.: *Diplomski rad*, Prirodno-matematički fakultet, Novi Sad. 2005.
2. Commission Internationale de l'Eclairage, (1985); Publ. No. 69.
3. http://toms.gsfc.nasa.gov/teacher/ozone_overhead.html
4. McKinlay A. F., Diffey B. L.: *A Reference Spectrum for Ultraviolet Induced Eritema in Human Skin*. CIE Journal (1987); 6.

Original article

Acta Ophthalmologica 2006; 32: 32-35

UDK 614.875:502:551.510.534/.521.1

Monitoring of solar ultraviolet radiation and ozone layer thickness in Serbia

Z. Mijatović*, S. Grujić**

*Department of Physics, Faculty of Natural Sciences, Novi Sad

**Technical faculty, Novi Sad

Abstract

In the paper the state of art of monitoring of solar UV radiatiation as well as ozone layer thickness in Serbia is presented. Center for monitoring is placed at the University of Novi Sad. Results of these monitorings are presented in the paper. Also, measurements of absorption coefficients of five samples of different glasses are done and the results are presented.

Key words: UV radiation – UV index – ozone layer.