

**ДРУШТВО ЗА ЗАШТИТУ ОД ЗРАЧЕЊА
СРБИЈЕ И ЦРНЕ ГОРЕ**



**ЗБОРНИК
РАДОВА**

**XXIX СИМПОЗИЈУМ ДЗЗСЦГ
Сребрно језеро
27- 29. септембар 2017. године**

**Београд
2017. године**

**SOCIETY FOR RADIATION PROTECTION OF
SERBIA AND MONTENEGRO**



PROCEEDINGS

**XXIX SYMPOSIUM DZZSCG
Srebrno jezero
27- 29. September 2017**

**Belgrade
2017**

ЗБОРНИК РАДОВА

XXIX СИМПОЗИЈУМ ДЗЗСЦГ
27-29.09.2017.

Издавачи:

Институт за нуклеарне науке „Винча“
Друштво за заштиту од зрачења Србије и Црне Горе

За извршног издавача:

Др Борислав Грубор

Уредници:

Др Јелена Станковић Петровић
Др Гордана Пантелић

ISBN 978-86-7306-144-3

©Institut za nuklearne nauke „Vinča“

Техничка обрада:

Јелена Станковић Петровић, Гордана Пантелић

Штампа:

Институт за нуклеарне науке ”Винча”, Мике Петровића Аласа 12-14, 11351
Винча, Београд, Србија

Тираж:

150 примерака

Година издања:

Септембар 2017.

**MERENJE IZLAGANJA SUNČEVOM ULTRAVIOLETNOM
ZRAČENJU: STARA PLANINA, SRBIJA I VAL SONI, FRANCUSKA**

Jelena AJTIĆ^{1,2}, Suzana BLESIC^{3,2}, Martin ALLEN⁴, Caradee WRIGHT⁵ i Đorđe STRATIMIROVIĆ^{6,2}

- 1) *Univerzitet u Beogradu, Fakultet veterinarske medicine, Beograd, Srbija, jelena.ajtic@vet.bg.ac.rs*
- 2) *Institut za istraživanje i razvoj kompleksnih sistema, Beograd, Srbija*
- 3) *Ca'Foscari University of Venice, Department of Environmental Sciences, Informatics and Statistics, Venice, Italy, suzana.blesic@unive.it*
- 4) *MacDiarmid Institute for Advanced Materials and Nanotechnology, University of Canterbury, Christchurch, New Zeland, martin.allen@canterbury.ac.nz*
- 5) *South African Medical Research Council, Pretoria, South Africa, caradee.wright@mrc.ac.za*
- 6) *Univerzitet u Beogradu, Stomatološki fakultet, Beograd, Srbija, dj.stratimirovic@gmail.com*

SADRŽAJ

Izlaganje sunčevom ultravioletnom (UV) zračenju analizirano je za dve grupe skijaša: jedna grupa merila je izlaganje tokom 1-7. januara 2017. na skijalištu Stara Planina, Srbija, a druga od 29. januara do 3. februara 2017. u skijalištu Val Soni, Francuska. Izlaganje je mereno ličnim monitorima UV zračenja. U Val Soniju, dva monitora merila su spoljašnje UV zračenje koje je uzeto kao referentna tačka za izmerena lična izlaganja. Metodom vejevlet transformacije (VT) izračunate su spektralne funkcije izmerenih podataka kako bi se ustanovili pojedinačni obrasci ponašanja skijaša i nivo individualne izloženosti UV zračenju. Rezultati ne pokazuju razliku u srednjem nivou grupne izloženosti na različitim lokacijama, jer se u oba slučaja dobija srednja vrednost nagiba VT spektra snage signala približno jednaka jedan. Ova vrednost govori o visokom stepenu izlaganja sunčevom UV zračenju, koja je kod skijaša najverovatnije posledica dugotrajnog kontinuiranog boravka na suncu. Obrasci ponašanja skijaša, međutim, pojedinačno se razlikuju u oba skijališta, što se ogleda u nagibu VT spektralnih funkcija koji se kreće u rasponu od $(0,50 \pm 0,02)$ do $(1,44 \pm 0,02)$. U VT spektralnim funkcijama uočeni su karakteristični maksimumi koji mogu da ukažu na dužinu ukupnog kontinuiranog pojedinačnog izlaganja UV zračenju kod skijaša. Ovaj kvantitativni podatak može poslužiti u budućim procenama potrebe za korigovanjem pojedinačnog ponašanja na suncu.

1. UVOD

Sunčevo ultravioletno (UV) zračenje ima i pozitivan i negativan uticaj na živi svet. Kod ljudi, na primer, UV zračenje učestvuje u reakcijama sinteze vitamina D koji je, između ostalog, neophodan za zdrave kosti [1]. Sa druge strane, UV zračenje je karcinogen [2] i prekomerno izlaganje može dovesti do različitih štetnih posledica po zdravlje ljudi od kojih je možda najznačajnija rak kože [1]. Kratkotrajno izlaganje velikoj količini UV zračenja, pogotovu u detinjstvu, dovedeno je u vezu sa pojavom melanoma [3]. Način izlaganja suncu i vreme provedeno napolju faktori su koji se mogu modifikovati, i to od strane same osobe, čime se može smanjiti rizik od štetnih posledica. Stoga su i

sprovedena istraživanja koja mere lično izlaganje UV zračenju tokom pojedinih aktivnosti [4-6].

Sistematske studije individualne izloženosti sunčevom UV zračenju sprovode se od 70-tih godina prošlog veka. Cilj istraživanja pojedinih studija bili su efekti izloženosti sunčevom UV zračenju tokom rizičnih aktivnosti kod zdrave populacije, kao što su baštovanstvo ili duge šetnje u prirodi [4, 7]. Fokus druge grupe studija bilo je registrovanje izloženosti velikog broja pojedinaca kako bi se ustanovio osnovni obrazac izlaganja kod različitih populacionih grupa i ispitali obrasci ponašanja na suncu [8, 9]. Sprovedeno je i nekoliko longitudinalnih studija u kojima je analizirana izloženost dece sunčevom UV zračenju i uticaj ove rane izloženosti na kasniji razvoj [10, 11]. Dok je jednom broju ovih studija direktno merena individualna izloženost sunčevom UV zračenju [12, 13], u drugima je fokus bio na ispitivanju obrazaca ponašanja na suncu i indirektnoj proceni izloženosti UV zračenju [14, 15]. Prikupljeni podaci i ispitivanja korišćeni su za razvoj preventivnih mehanizama protiv nastanka raka kože, kao i za kampanje podizanja svesti opšte populacije o izloženosti sunčevom UV zračenju. Krajnji cilj ovih istraživanja bilo je pravilno informisanje javnosti kako bi se uticalo na promenu ponašanja na suncu i na taj način smanjio rizik od pojave raka kože.

Do sada sprovedene studije u analizi velikog broja podataka dobijenih pomoću ličnog dozimetra UV zračenja, koristile su samo osnovne veličine iz statističke analize (kao što su srednja vrednost, medijana, ili standardna devijacija) za opis rezultata istraživanja. Iskorak u obradi ovih podataka napravljen je u studiji [6] gde je iskorišćena vejevlet analiza za proučavanje dinamike vremenskih nizova izmerenog UV zračenja. Naime, ova studija pokazala je da nove metode obrade podataka predstavljaju sredstvo za objektivno i jasno razlikovanje i (ili) definisanje sličnosti u obrascima ponašanja pojedinih populacionih grupa. Ova vrsta objektivnosti nije bila moguća korišćenjem dotadašnjih metoda statističke obrade rezultata merenja.

Cilj ovog istraživanja je da se metode analize podataka korišćene u radu [6] primene za proširenje razumevanja izloženosti skijaša, kao dobrodefinisane populacione grupe, sunčevom UV zračenju, i tako doprinese ukupnom znanju u ovoj oblasti.

2. MATERIJAL I METODE

Izlaganje sunčevom ultravioletnom zračenju analizirano je za dve grupe skijaša: jedna grupa merila je izlaganje tokom 1-7. januara 2017. na skijalištu Stara Planina, Srbija, a druga od 29. januara do 3. februara 2017. u skijalištu Val Soni, Francuska. Izlaganje je mereno ličnim monitorima UV zračenja.

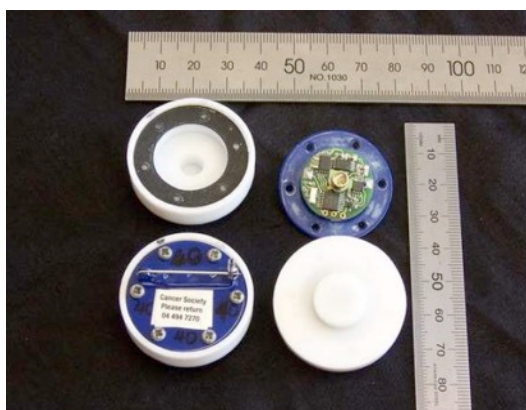
2.1. LIČNI MONITOR UV ZRAČENJA

Lična izloženost (pUVR, od engleskog: personal ultraviolet radiation) merena je pomoću digitalnog elektronskog dozimetra UV zračenja. Dozimetar je razvijen na Univerzitetu u Kanterberiju, u Krajstčercu na Novom Zelandu, sa ciljem da meri ličnu izloženost sunčevom zračenju u opsegu talasnih dužina od 290 nm do 400 nm.

Ukratko, glavna komponenta dozimetra je minijaturni fotodetektor napravljen od aluminijum-galijum-nitrida, sa spektralnim odzivom konstruisanim tako da bude blizak CIE (Commission Internationale de l'Éclairage) akcionom spektru koji predstavlja model osetljivosti bele kože na opekotine od sunca (eritema). Odgovor detektora pretvara se u digitalni odbroj koji je direktno proporcionalan intenzitetu upadnog

eritemskog UV zračenja. Detektor se nalazi u vodootpornom kućištu napravljenom od politetra-fluoro-etilena (C_2F_4)_n, koje takođe deluje kao difuzer čime se obezbeđuje da ugaoni odziv instrumenta bude blizu kosinusnog odgovora kože čoveka. Dozimetar se napaja malom litijumskom baterijom od 3 V. Pri intervalu uzorkovanja od svakih osam sekundi, ovaj napon baterije daje mogućnost neprekidnog merenja do tri meseca, dok ukupni kapacitet memorije integrisane sa detektorom obezbeđuje neprekidno merenje od 12 dana. Detaljan opis detektora dat je u [5, 16].

Komponente dozimetra upakovane su u bedž prečnika 35 mm, debljine 10 mm, i ukupne mase oko 19 g (sl. 1). Ovako kompaktan dozimetar može se pričvrstiti trakom oko zgloba ili mišice, ili biti zakačen na odevni predmet, a da osobi koja nosi bedž ne smeta u svakodnevnim aktivnostima.

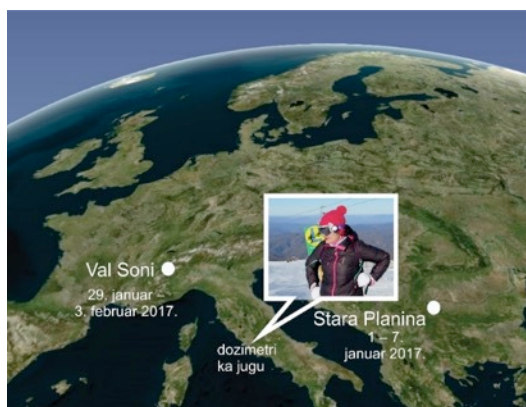


Slika 1. Dozimetar UV zračenja

2.2. MERENJE IZLAGANJA

Dve grupe skijaša merile su lično izlaganje sunčevom UV zračenju na Staroj Planini u Srbiji, i u Val Soniju, u Francuskoj.

Skijalište Stara Planina nalazi se na Staroj Planini, planinskom masivu koji se u dužini od preko 530 km prostire od istočne Srbije, preko severne Bugarske do Crnog mora (sl. 2). Skijalište je na zapadnom kraju planine, blizu vrha Midžor koji predstavlja prirodnu granicu između Srbije i Bugarske. Nadmorska visina ski staza u ovom skijalištu je između 1100 m i 1900 m.



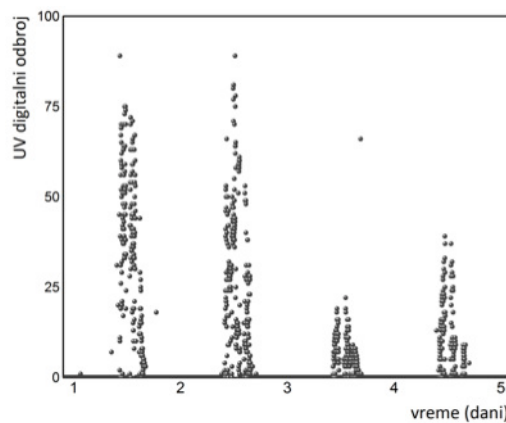
Slika 2. Merne lokacije, periodi merenja, i pozicija dozimetra

Od 1. do 7. januara 2017. godine, kada je prva grupa skijaša sproveda merenja, otvorene su bile samo ski staze orijentisane ka zapadu, sa nadmorskom visinom oko 1500–1750 m. Od ukupno nedelju dana merenja, dva dana bila su sunčana, a pet dana je bilo oblačno, poneki od njih sa snegom ili sa sunčanim intervalima.

Skijalište Val Soni (na francuskom: Val Cenise) nalazi se iznad doline reke Ark, u Francuskim Alpima, blizu granice sa Italijom (sl. 2). Nadmorska visina ski staza, orijentisanih uglavnom ka zapadu, iznosi 1500–2800 m. Od 29. januara do 3. februara 2017, kada je druga grupa skijaša sproveda merenja, bilo je tri sunčana i tri oblačna dana sa padavinama.

U oba skijališta, skijaši su UV dozimetre nosili na levoj strani naočara za skijanje ili kacige, kako bi dozimetar bio okrenut uglavnom ka jugu tokom skijanja (sl. 2). U Val Soniju, dva monitora merila su spoljašnje UV zračenje koje je uzeto kao referentna tačka za izmerena lična izlaganja.

Detektori su bili podešeni da kontinualno mere i daju zapis svakih 60 sekundi. Na slici 3. prikazan je primer individualnog niza snimljenih pUVR podataka.



Slika 3. Deo niza snimljenih individualnih podataka na skijalištu Stara planina u Srbiji

2.3. VEJVLET TRANSFORMACIJE

U ovom radu koristili smo vejvlet transformacije (VT) kako bismo analizirali dugodometnu dinamiku snimljenih vremenskih pUVR serija podataka. Metoda vejvlet transformacija prvobitno je definisana za analizu složenih, nelinearnih i nestacionarnih serija podataka. Ova tehnika razvijena je specifično sa ciljem da se postigne dobra lokalizacija i opisivanje podataka istovremeno i u vremenskom i u frekventnom prostoru, što nije moguće postići standardnom metodom analize serija podataka, tj. korišćenjem Furijeove transformacije [17, 18]. Na taj način, VT omogućava kvantifikovanje dugodometne dinamike vremenskih serija podataka, kao i postojanje periodičnog ili kvazi-periodičnog ponašanja unutar ovih vremenskih serija.

Sasvim uopšteno, u VT metodi, preslikavanje (transformacija) bilo koje vremenske serije $s(t)$ u prostoru vejvleta (talasastih funkcija) $\Psi_{a,b}(t)$ daje seriju vejvlet koeficijenata (amplituda) koji su definisani na sledeći način:

$$W(a,b) = \int_0^{\tau_M} \psi_{a,b}(t)s(t)dt, \quad (1)$$

gde a predstavlja parametar skale, a b vremenski parametar datog koeficijenta, a τ_M dužinu merenja (u idealnom slučaju $\tau_M \rightarrow \infty$). U klasičnom metodu Furijeovih transformacija, funkcije se preslikavaju u frekventni prostor pomoću harmonijskih funkcija (bazu preslikavanje čine harmonijske funkcije određenog perioda ili frekvencije). Vejvlet transformacije predstavljaju „napredniju” verziju preslikavanja, jer omogućavaju razlaganje funkcija (ili serija podataka) na komponente koji nose informaciju i o poziciji u frekventnom prostoru (kao klasični Furijeov metod) i o poziciji u realnom prostoru (prostoru skala a). Zbog ove svoje osobine, VT bolje su prilagođene za analizu serija snimljenih podataka iz prirode, koje su obično nestacionarne (nemaju, između ostalog, dobro definisanu srednju vrednost na svakom segmentu snimljenog vremenskog niza); VT mogu, zbog mogućnosti da prate promene i u realnom vremenu, uspešno da preslikaju nestacionarnost i singularitete unutar snimljenih podataka. Izračunavanje vejvlet koeficijenata funkcije omogućava definisanje vejvlet spektra snage signala analogno definiciji Furijeovog spektra snage signala na sledeći način:

$$E_W(a) = \int_0^{\tau_M^{-a}} W(a,b) db. \quad (2)$$

Za razliku od Furijeovog spektra snage, vejvlet spektri su glatki za nestacionarne serije [19,20], te se mogu koristiti za analizu postojanja karakterističnih vremena ili intervala unutar vremenskih serija. Interpretacija rezultata koje daje VT analiza ista je, zbog analogije u definisanju funkcija preslikavanja, kao u Furijeovom pristupu. U ovom radu koristili smo set Morlet vejvleta za analizu pUVR vremenskih serija.

U VT pristupu, invarijantnost analiziranih serija podataka na skaliranje ogleda se u VT funkcijama spektra snage koje su stepenog tipa. U tom slučaju, $E_W(a) \sim a^{-\beta}$, pa se nagib funkcije spektra snage signala (β) u log-log prikazu može koristiti kao mera dinamike (dugodometnih korelacija) analizirane serije [21]. Koeficijent β uzima teorijski vrednosti u intervalu $[-1, 1]$. Za $-1 < \beta < 0$ analizirana serija podataka je dugodometno antikorelisana, dok za $0 < \beta < 1$ podaci su dugodometno korelisani. Za nestacionarne dugodometno korelisane vremenske serije moguće je izračunati i vrednosti u intervalu $1 < \beta < 2$ [22]. U slučaju $\beta=0$, podaci su linearno nekorelisani, a VT spektar snage signala izgleda kao spektar standardnog belog šuma. Pored mogućnosti da na ovakav način opisuju dugodometnu dinamiku vremenskih serija, VT spektarsnaga signala može se tumačiti na isti način kao i Furijeov spektar snage signala—on daje informaciju o udelu specifičnog vremenskog intervala u ukupnom spektru signala. Ova osobina omogućava da se pojedinačni pikovi u VT spektru tumače na isti način kao i u Furijeovom slučaju, te nam oni govore o postojanju periodičnih ili kvazi-periodičnih ciklusa u serijama individualne izloženosti sunčevom UV zračenju.

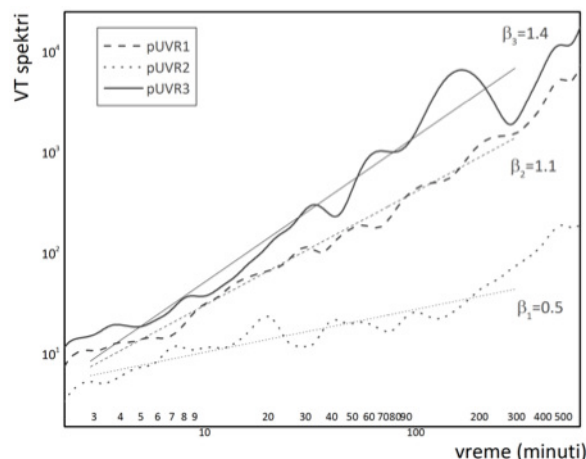
Vejvlet spektri snage izračunati su unutar vremenskih intervala od 1–2000 tačaka koji odgovaraju vremenskom rasponu od jednog minuta do oko 15 sati. Ovaj raspon vremenskih skala uzet je u obzir za računanje VT spektara snage signala kako bi se dobili statistički relevantni rezultati (imajući u vidu dužinu analiziranih vremenskih serija) [23].

3. REZULTATI I DISKUSIJA

U prvoj grupi merenja, analizirano je četiri, a u drugoj grupi, osam VT spektara snage signala. Svi spektri snimljenih pUVR serija individualne izloženosti sunčevom UV zračenju pokazuju postojanje dugodometnih korelacija. Naime, log-log VT funkcije

spektra snage signala približno su prave linije, sa nagibima β koji su različiti za svakog skijaša. Primer tri izračunata VT spektara snage signala dat je na slici 4.

U nameri da uporedimo grupnu izloženost skijaša na dva različita skijališta, izračunali smo srednju vrednost nagiba β za grupu skijaša u Srbiji i za grupu u Francuskoj. Dobijene vrednosti $\beta_{\text{srRS}}=(1,0\pm 0,2)$ za skijalište u Srbiji i $\beta_{\text{srFR}}=(1,1\pm 0,2)$ za skijalište u Francuskoj, ukazuju da ne možemo razlikovati grupno ponašanje (izloženost sunčevom UV zračenju) na dva skijališta. Nedostatak razlike u grupnom ponašanju u dva skijališta je očekivan rezultat, pošto skijaši kao grupa nemaju specifične populacione razlike. Takođe, ovaj rezultat je već potvrđen za druge populacione grupe [6].



Slika 4. Primer tri VT spektra skijaša (datih u log-log prikazu), sa odgovarajućim nagibima i vrednostima β , izmerenih u skijalištu Val Soni u Francuskoj

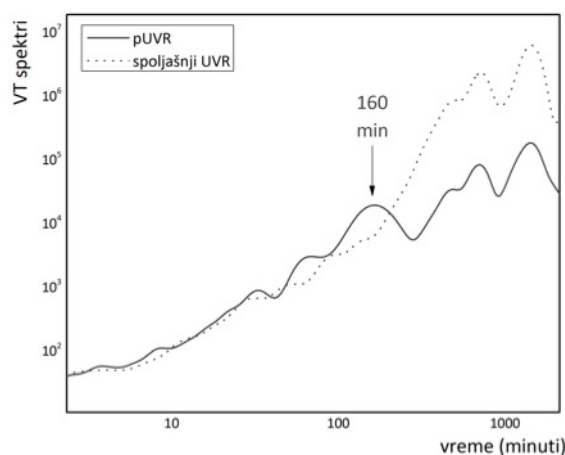
Nasuprot tome, pojedinačna izloženost suncu razlikuje se kod različitih skijaša, kako kroz razliku u odgovarajućem koeficijentu β , koji se kreće u rasponu od $(0,50\pm 0,02)$ do $(1,44\pm 0,02)$, tako i kroz uočene obrasce ponašanja na suncu, koji se ogledaju u postojanju specifičnih pikova u VT spektru snage pUVR signala. Naime, kada VT spektri snage skijaša imaju nagib veći od grupne srednje vrednosti u VT spektru snage, pojavljuju se i karakteristični pikovi na periodima od dva do tri sata. Kako ovi pikovi nisu vidljivi u izračunatim kontrolnim spektrima snage signala mernih instrumenata koji su merili spoljašnje UV zračenje, može se zaključiti da oni mogu da ukažu na dužinu ukupnog kontinuiranog pojedinačnog izlaganja UV zračenju kod skijaša. Primer jednog takvog VT spektra, zajedno sa VT spektrom spoljašnjeg UV zračenja, dat je na slici 5.

Uočeno povećanje nagiba VT spektara snage signala snimljenog pUVR zračenja koje prati i pojava karakterističnih pikova na dužim vremenskim skalama potvrda je rezultata koji su dobijeni za druge populacione grupe [6]. Ovaj rezultat je važan jer daje mogućnost da se izmeri i prati tipičan obrazac pojedinačnog ponašanja na suncu – dužina izlaganja sunčevom UV zračenju, i da se ovaj obrazac eventualno koriguje.

4. ZAKLJUČAK

Izračunati vejevlet spektri individualne izloženosti sunčevom UV zračenju za dve grupe skijaša u dva ski centra i rezultati opisani u ovom radu potvrđuju do sada objavljene nalaze o postojanju invarijantnosti na skaliranje unutar vremenskih serija pUVR

podataka [6]. Dobijeni rezultati takođe su u skladu sa ranijim nalazima o mogućnosti definisanja grupnog ponašanja pojedinih dobro definisanih grupa [6]. U ovom radu dobijeni rezultati ukazuju na to da se skijaši mogu posmatrati kao dobro definisana grupa, sa srednjom vrednošću nagiba VT spektara snage signala približno jednakom jedan. Ova vrednost govori o visokom stepenu izlaganja sunčevom UV zračenju, koja je kod skijaša najverovatnije posledica dugotrajnog kontinuiranog boravka na suncu.



Slika 5. Primer VT spektra skijaša (datog u log-log prikazu) sa dugim kontinuiranim izlaganjem suncu, zajedno sa VT spektrom spoljašnjeg UV zračenja, izmerenih na skijalištu Val Soni u Francuskoj

Dužina kontinuiranog izlaganja pojedinačnih skijaša može se proceniti određivanjem položaja pikova u pojedinačnim VT pUVR spektara snage signala, kao što je pokazano u ovom radu. Ovaj kvantitativni podatak može biti objektivna mera koja može služiti u budućim procenama potrebe za korigovanjem pojedinačnog ponašanja na suncu kod ove kao i kod drugih sličnih dobro definisanih populacionih grupa.

5. ZAHVALNICA

Ovaj rad je realizovan u okviru projekata „Istraživanje klimatskih promena na životnu sredinu: praćenje uticaja, adaptacija i ublažavanje“ (43007) i „Fazni prelazi i kritični fenomeni u neorganskim i organskim sredinama“ (171015) koje finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije za period 2011-2017. godine. Autori se posebno zahvaljuju svim skijašima koji su nosili UV detektore i svojim aktivnostima podržali ovo istraživanje.

6. LITERATURA

- [1] R. Lucas, T. McMichael, W. Smith, and B. Armstrong. Solar Ultraviolet Radiation: Global burden of disease from solar ultraviolet radiation. World Health Organization, Geneva, Switzerland, 2006.
- [2] Z. Matsumura and H. N. Ananthaswam. Toxic effects of ultraviolet radiation on the skin. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 195, 2003, 298–308.
- [3] D. C. Whiteman, C. A. Whiteman, and A. C. Green. Childhood sun exposure as a risk factor for melanoma: a systematic review of epidemiologic studies. *Cancer Causes Control* 12, 2001, 69–82.

- [4] C. D. Holman, I. M. Gibson, M. Stenphenson, and B. K. Armstrong. Ultraviolet irradiation of human body sites in relation to occupation and outdoor activity: field studies using personal UVR dosimeters. *Clin. Exp. Dermatol.* 8, 1983; 269–277.
- [5] C. Y. Wright, A. I. Reeder, G. E. Bodeker, A. Gray, and B. Cox. Solar UVR exposure, concurrent activities and sun-protective practices among primary schoolchildren. *Photochem. Photobiol.* 83, 2007, 749–758.
- [6] S. M. Blesić, Đ. I. Stratimirović, J. V. Ajtić, C. Y. Wright, and N. W. Allen. Novel approach to analysing large datasets of personal sun exposure measurements. *J. Expo. Sci. Environ. Epidemiol.* 26, 2016, 613–620.
- [7] B. L. Diffey. Sources and measurement of ultraviolet radiation. *Methods* 28, 2002, 4–13.
- [8] M. G. Kimlin, N. Martinez, A. C. Green, and D. C. Whiteman. Anatomical distribution of solar ultraviolet exposure among cyclists. *J. Photochem. Photobiol. B* 85, 2006, 23–27.
- [9] M. Bodekaer, B. Petersen, P. A. Phillipson, J. Heydrenreich, E. Thieden, and H. C. Wulf. Sun exposure patterns of urban, sunburn and rural children: a dosimetry and diary study of 150 children. *Photochem. Photobiol. Sci.* 14, 2015, 1282–1289.
- [10] P. S. Craig and B. L. Diffey. A prospective longitudinal study of the outdoor behaviour and symptoms of photosensitive patients. *Br. J. Dermatol.* 137, 1997, 391–394.
- [11] J. Bauer, P. Buttner, T. S. Wiecker, H. Luther, and C. Garbe. Risk factors of incident melanocytic nevi: a longitudinal study in a cohort of 1,232 young German children. *Int. J. Cancer.* 115, 2005, 121–126.
- [12] B. L. Diffey, C. J. Gibson, R. Haylock, and A. F. McKinlay. Outdoor ultraviolet exposure of children and adolescents. *Br. J. Dermatol.* 134, 1996, 1030–1034.
- [13] H. P. Gies, C. Roy, S. Toomey, R. MacLennan, and M. Watson. Solar UVR exposures of primary school children at three locations in Queensland. *Photochem. Photobiol.* 68, 1998, 78–83.
- [14] E. Milne, D. R. English, B. Corti, D. Cross, R. Borland, P. Gies et al. Direct measurements of sun protection in primary schools. *Prev. Med.* 29, 1999, 45–52.
- [15] M. Kimlin and A. Parisi. Usage of real-time ultraviolet radiation data to modify the daily erythemal exposure of primary schoolchildren. *Photodermatol. Photoimmunol. Photomed.* 17, 2001, 130–135.
- [16] M. Allen and R. L. McKenzie. Enhanced UV exposure on a ski-field compared with exposures at sea level. *Photochem. Photobiol. Sci.* 4, 2005, 429–437.
- [17] J. Morlet. Sampling theory and wave propagation. In: C. H. Chen, ed. *Issues in Acoustic Signal/Image Processing and Recognition*. NATO ASI Series. Springer-Verlag, Berlin, 1983.
- [18] A. Grossmann and J. Morlet. Decomposition of Hardy functions into square integrable wavelets of constant shape. *SIAM J. Math. Anal.* 15, 1984, 723–736.
- [19] C. Torrence and G. P. Compo. A Practical Guide to Wavelet Analysis. *B. Am. Meteorol. Soc.* 79, 1998, 61–78.
- [20] Dj. Stratimirović, S. Milošević, S. Blesić, and M. Ljubisavljević. Wavelet analysis of discharge dynamics of fusimotor neurons. *Physica A* 291, 2001, 13–23.
- [21] A. Bunde, M. I. Bogachev, and S. Lennartz. Precipitation and River Flow: Long-Term Memory and Predictability of Extreme Events. In: A. S. Sharma, A. Bunde, V. P. Dimri, and D. N. Baker, eds. *Extreme Events and Natural Hazards:*

- The Complexity Perspective*. American Geophysical Union, Washington, USA, 2013.
- [22] H. E. Stanley, S. V. Buldyrev, A. L. Goldberger, Z. D. Goldberger, S. Havlin, R. N. Mantegna, S. M. Ossadnik, C.-K. Peng, and M. Simons. Statistical mechanics in biology: how ubiquitous are long-range correlations? *Physica A* 205, 1994, 214–253.
- [23] C.-K. Peng, S. V. Buldyrev, A. L. Goldberger, S. Havlin, M. Simons, and H. E. Stanley. Finite-size effects on long-range correlations: Implications for analyzing DNA sequences. *Phys. Rev. E* 47, 1993, 3730–3733.

MEASUREMENTS OF SOLAR ULTRAVIOLET EXPOSURE: STARA PLANINA, SERBIA AND VAL CENIS, FRANCE

Jelena AJTIĆ^{1,2}, Suzana BLESIC^{3,2}, Martin ALLEN⁴, Caradee WRIGHT⁵ and Đorđe STRATIMIROVIĆ^{6,2}

- 1) *Faculty of Veterinary Medicine, University of Belgrade, Belgrade, Serbia, jelena.ajtic@vet.bg.ac.rs*
- 2) *Institute for Research and Advancement in Complex Systems, Belgrade, Serbia*
- 3) *Ca'Foscari University of Venice, Department of Environmental Sciences, Informatics and Statistics, Venice, Italy, suzana.blesic@unive.it*
- 4) *MacDiarmid Institute for Advanced Materials and Nanotechnology, University of Canterbury, Christchurch, New Zealand, martin.allen@canterbury.ac.nz*
- 5) *South African Medical Research Council, Pretoria, South Africa, caradee.wright@mrc.ac.za*
- 6) *School of Dental Medicine, University of Belgrade, Belgrade, Serbia, dj.stratimirovic@gmail.com*

ABSTRACT

Exposure to solar ultraviolet (UV) radiation is analysed for two groups of skiers. One group measured UV exposure over 1-7 January 2017 in the StaraPlanina ski resort in Serbia, while the other performed measurements between 29 January and 3 February 2017 in the Val Cenis ski resort in France. Exposure was measured using personal UV monitors. In Val Cenis, two monitors recorded ambient UV radiation which is taken as a reference point for the measured personal exposures. To establish personal patterns of behaviour and a level of individual exposure to solar UV, wavelet transform (WT) is used to calculate spectral functions of the obtained data. The results show no significant difference in the mean levels of group exposure at different locations, as the mean slope of the WT spectra is approximately one in both cases. This value implies a high UV exposure which most likely results from prolonged periods of time spent in the sun. On the other hand, the individual slopes of the WT spectral functions range between (0.50 ± 0.02) and (1.44 ± 0.02) , and thus indicate personal differences in behavioural patterns of the skiers. Further, the WT spectral functions show characteristic peaks that demonstrate the duration of the total continual individual UV exposure in skiers, and this result could be used in future assessments and recommendations for modification of personal behaviour in the sun.