

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



ЗБОРНИК РАДОВА

**XXVIII СИМПОЗИЈУМ ДЗЗСЦГ
Вршац
30. септембар - 2. октобар 2015. године**

**Београд
2015. године**

ЗБОРНИК РАДОВА

XXVIII СИМПОЗИЈУМ ДЗЗСЦГ
30.09-2.10.2015.

Издавачи:

Институт за нуклеарне науке „Винча“

Друштво за заштиту од зрачења Србије и Црне Горе

За извршног издавача:

Др Борислав Грубор

Уредник:

Др Гордана Пантелић

ISBN 978-86-7306-135-1

© Institut za nuklearne nauke „Vinča“

Техничка обрада: Гордана Пантелић, Јелена Станковић

Припрема завршена септембра 2015.

XXVIII СИМПОЗИЈУМ ДРУШТВА
ЗА ЗАШТИТУ ОД ЗРАЧЕЊА
СРБИЈЕ И ЦРНЕ ГОРЕ
Вршац, од 30.09. до 2.10.2015. године

Организатори:

ДРУШТВО ЗА ЗАШТИТУ ОД ЗРАЧЕЊА СРБИЈЕ И ЦРНЕ ГОРЕ

ИНСТИТУТ ЗА НУКЛЕАРНЕ НАУКЕ „ВИНЧА“

Лабораторија за заштиту од зрачења и заштиту животне средине „Заштита“

Организациони одбор:

Председник: Гордана Пантелић

Чланови:

Маја Еремић Савковић
Софија Форкапић
Вера Спасојевић-Тишма
Иван Кнежевић
Јелена Пајић
Данијела Аранђић
Сандра Ђеклић
Милица Рајачић
Предраг Божовић
Милош Живановић

Редакциони одбор:

Оливера Цирај-Бјелац
Драгана Тодоровић
Марко Нинковић
Иштван Бикит
Драгослав Никезић
Невенка Антовић
Душан Мрђа
Миоаг Крмар
Ивана Вуканац
Мирјана Ђурашевић
Марија Јанковић
Владимир Удовичић
Горана Ристић

Организацију су помогли:

Министарстви просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије

Институт за нуклеарне науке „Винча“, Лабораторија за заштиту од зрачења и заштиту животне средине

Излагачи:

Canberra Packard Central Europe GmbH.

ION d.o.o.
Bulevar Mihaila Pupina 11/53
11070 Novi Beograd, Srbija
Tel. +381 (0)11 6145-295
<http://www.ion.rs>

LKB Vertriebs GmbH, Predstavništvo Beograd
Свијићева 115, RS-11120 Beograd
Tel. +381 (0)11 676 6711
Fax. +381 (0)11 675 9419
Web. www.lkb.eu

ТИМ Цо.
Јована Рајића 5ц
11000 Београд
Тел: +381 11 2836-786, 2836-787
Фах: +381 11 2833-342
<http://www.timco.rs/>

Овај Зборник је збирка радова саопштених на XXVIII Симпозијуму Друштва за заштиту од зрачења Србије и Црне Горе који је одржан од 30.09. до 2.10.2015. године у Вршицу. Радови су разврстани по секцијама. Мада су сви радови у Зборнику рецензирани од стране Редакционог одбора, за све изнесене тврдње и резултате одговорни су сами аутори.

Југословенско друштво за заштиту од зрачења основано је 1963. године у Порторожу, а од 2005. године носи име Друштво за заштиту од зрачења Србије и Црне Горе.

На претходном симпозијуму је Друштво обележило изузетан јубилеј – 50 година организоване заштите од зрачења на простору бивше Југославије. И ове године је Симпозијум Друштва за заштиту од зрачења Србије и Црне Горе прилика да кроз стручни програм предочимо напредак у области заштите од зрачења, анализирамо досадашње резултате и актуелна дешавања, разменимо искуства са колегама из земље и региона, али и да сретнемо старе и упознамо нове пријатеље.

Организациони одбор се захваљује ауторима и коауторима научних и стручних радова на доприносу и уложеном труду. Посебно се захваљујемо спонзорима који су помогли одржавања Симпозијума.

Организациони одбор

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

502:504.5]:539.16(082)(0.034.2)

614.875/.876(082)(0.034.2)

539.16.04(082)(0.034.2)

539.1.074/.08(082)(0.034.2)

577.1:539.1(082)(0.034.2)

ДРУШТВО за заштиту од зрачења Србије и Црне Горе (Београд). Симпозијум (28
; 2015 ; Вршац)

Зборник радова [Електронски извор] / XXVIII симпозијум ДЗЗСЦГ
[Друштва за заштиту од зрачења Србије и Црне Горе], Вршац, 30. септембар -
2. октобар 2015. ; [организатори Друштво за заштиту од зрачења Србије и
Црне Горе [и] Институт за нуклеарне науке Винча, Лабораторија за заштиту од
зрачења и заштиту животне средине Заштита ; уредник Гордана Пантелић]. -
Београд : Институт за нуклеарне науке "Винча" : Друштво за заштиту од
зрачења Србије и Црне Горе, 2015 (Београд ; Институт за нуклеарне науке
"Винча"). - 1 USB флеш меморија : текст ; 1 x 1 x 3 cm

Системски захтеви: Нису наведени. - Насл. са насловне стране документа. -
Радови на срп. и енгл. језику. - Текст ћир. и лат. - Тираж 100. -
Библиографија уз већину радова. - Abstracts. - Регистар.

ISBN 978-86-7306-135-1

а) Заштита од јонизујућег зрачења - Зборници б) Животна средина -
Загађење радиоактивним материјама - Зборници с) Радиоактивно зрачење -
Штетно дејство - Зборници д) Нејонизујуће зрачење - Штетно дејство -
Зборници е) Радиобиологија - Зборници ф) Дозиметри - Зборници

COBISS.SR-ID 217821452

BERILIJUM-7 I VISINA TROPOPAUZE: ANALIZA KORELACIJA PO POJASEVIMA GEOGRAFSKE ŠIRINE

Jelena AJTIĆ^{1,2}, Vladimir ĐURĐEVIĆ³, Darko SARVAN¹, Dragana TODOROVIĆ⁴ i Jelena NIKOLIĆ⁴

- 1) Univerzitet u Beogradu, Fakultet veterinarske medicine, Beograd, Srbija, jelena.ajtic@vet.bg.ac.rs, darko.sarvan@vet.bg.ac.rs
- 2) Institut za istraživanje i razvoj složenih sistema, Beograd, Srbija
- 3) Univerzitet u Beogradu, Fizički fakultet, Institut za meteorologiju, Beograd, Srbija, vdj@ff.bg.ac.rs
- 4) Univerzitet u Beogradu, Institut za nuklearne nauke Vinča, Laboratorija za Zaštitu od zračenja i Zaštitu životne sredine, Beograd, Srbija, beba@vinca.rs, jnikolic@vinca.rs

SADRŽAJ

Linearna korelacija između specifične aktivnosti berilijuma-7 u prizemnom sloju atmosfere i visine tropopauze, analizirana je na 21 lokaciji u Evropi. Geografska širina odabranih lokacija je u rasponu 37–69 °N. Lokacije su grupisane u pet pojaseva geografske širine. Za svaku lokaciju, koeficijenti linearne korelacije računati su sa „vremenskom razdvojenosti“ – izmerena specifična aktivnost berilijuma-7 korelisana je sa srednjom vrednošću visine tropopauze tokom određenog broja dana koji je prethodio merenju. Ovaj broj dana varirao je od 0 do 31. Za dobijene nizove linearnih korelacionih koeficijenata pronađeni su maksimumi kao i broj dana vremenske razdvojenosti na kojima su maksimumi dostignuti. Poređenja radi, dati su i rezultati za mernu stanicu Vinča, Beograd, za koju su koeficijenti linearne korelacije izračunati na osnovu srednjih mesečnih specifičnih aktivnosti berilijuma-7 i srednjih mesečnih visina tropopauze. Srednja vrednost maksimalnog koeficijenta linearne korelacije za sve stanice: iznosi 0,350 i u proseku se dostiže posle 10 dana; raste od severa ka jugu. Merne stanice duž obale Atlanskog okeana ili u njegovoj blizini imaju najniže vrednosti maksimalnog koeficijenta korelacije. Srednja sezonska vrednost maksimalnog koeficijenta korelacije raste od 0,249 tokom zime do 0,470 tokom jeseni, i praćena je rastom srednjeg sezonskog broj dana vremenske razdvojenosti – tokom zime iznosi sedam dana, a tokom jeseni 16 dana. U sezonskim korelacijama razlikuju se dva pojasa geografske širine, severno i južno od 55 °N, u kojima linearna povezanost specifične aktivnosti berilijuma-7 i visine tropopauze ima drugačiji karakter.

1. Uvod

Berilijum-7 je prirodni radionuklid (period poluraspada 53,28 dana) koji se stvara u reakcijama kosmičkog zračenja i lakih elemenata u atmosferi [1]. Oko 70 % produkcije je u stratosferi, a ostatak u višim slojevima troposfere [1]. Berilijum-7 brzo se vezuje za aerosole [2, 3, 4] i potom se transportuje kroz atmosferu i stiže do površine zemlje. Glavni mehanizam uklanjanja ⁷Be iz atmosfere je vlažna depozicija [5]. Specifična aktivnost ⁷Be u vazдушnim masama stoga može biti pokazatelj istorije transporta vazduha, pogotovu ako vazdušne mase stižu iz stratosfere [6]. U tom slučaju, ⁷Be je transportovan kroz prelazni sloj između stratosfere i troposfere – tropopauzu.

Tropopauza predstavlja prelazni sloj između troposfere i stratosfere u kome se termalne, dinamičke i hemijske osobine atmosfere menjaju. Jedna od definicija tropopauze oslanja se na promenu vertikalnog profila temperature [7], koja oslikava činjenicu da je

vertikalno strujanje u stratosferi sporije nego u troposferi, kao i da se transport kroz njihov granični sloj neretko odvija pri posebnim uslovima [8]. Prenos vazdušnih masa iz stratosfere u troposferu menja hemijski sastav troposfere. Tako hemijske supstance koje se stvaraju samo u stratosferi, na primer ozon, stižu do površine zemlje [9]. Berilijum-7 takođe, čija produkcija je većim delom u stratosferi, dolazi do prizemnog sloja vazduha posle spuštanja kroz tropopauzu. Njegov vertikalni profil uniforman je iznad tropopauze, dok ispod nje, koncentracija zavisi od visine [10].

Pozitivna korelacija između specifične aktivnosti ^7Be u prizmenom sloju atmosfere i visine tropopauze pokazana je na četiri evropske merne stanice nadmorske visine iznad 2000 m [11], i za Solun, Grčka [12]. Takođe je pokazano da je korelacija maksimalna kada se korelišu specifična aktivnost ^7Be i visina tropopauze tri dana pre merenja specifične aktivnosti ^7Be [12].

U ovom radu upotrebljeni su nizovi specifične aktivnosti ^7Be u površinskom sloju vazduha i visine tropopauze na više od 20 mernih lokacija u Evropi, kako bi se detaljnije proučila njihova međusobna povezanost.

3. Materijal i metode

Merenja specifične aktivnosti ^7Be preuzeta su iz baze podataka Monitoring radioaktivnosti u životnoj sredini (na engleskom „Radioactivity Environmental Monitoring Database“, u daljem tekstu REM baza) koju održava grupa za Monitoring radioaktivnosti u životnoj sredini Instituta za transuranijske elemente Objedinjenog istraživačkog centra u Ispri, Italija (<https://ec.europa.eu/jrc/en/institutes/itu>). Bazu čine višegodišnja merenja specifične aktivnosti ^7Be u prizemnom sloju vazduha koja se sprovode na 34 lokacije širom Evrope [13].

Od 34 lokacije, u ovom radu obrađena su merenja sa 21 merne stanice na kojima je broj uzoraka veći od 300. Detalji ovih lokacija dati su u Tabeli 1, gde je naveden i početak uzorkovanja. Za svaku mernu stanicu, početak uzorkovanja naveden u REM bazi određen je godinom pristupanja date zemlje u Evropsku uniju. Dostupni podaci završavaju se sa decembrom 2011. godine. U radu su takođe obrađena merenja specifične aktivnosti ^7Be koja se kontinualno sprovode u Institutu za nuklearne nauke Vinča, Beograd.

Merne stanice podeljene su u pet pojaseva geografske širine (Tabela 1).

Merenja specifične aktivnosti ^7Be u prizmenom sloju vazduha vršena su pomoću uzorkivača vazduha na filter papirima. Detalji o merenjima u REM bazi mogu se naći u [13], a u Institutu za nuklearne nauke Vinča u [14].

Visina tropopauze dobijena je prema proceduri opisanoj u [12]. Ulazni podaci za proračun preuzeti su iz NCEP/NCAR reanalize [15]. U proceduri je hidrostatička aproksimacija upotrebljena za ekstrapolaciju izobarske visine iznad i ispod tropopauze na pritisak tropopauze. Srednja vrednost ove dve ekstrapolisane visine uzeta je za visinu tropopauze. Na ovaj način dobijene su dnevne vrednosti visine tropopauze za svako merno mesto tokom perioda uzorkovanja.

Linearna zavisnost između merenih specifičnih aktivnosti ^7Be i visine tropopauze ispitivana je pomoću Pirsonovog koeficijenta linearne korelacije. Za svaki dobijeni koeficijent korelacije, izračunata je i njegova statistička značajnost (Studentov t-test, na nivou značajnosti $p=0,05$) i u radu su predstavljeni samo statistički značajni koeficijenti. Za svako merno mesto (osim Beograda), izračunata su 32 niza Pirsonovih koeficijenata linearne korelacije na sledeći način. Svakom merenju specifične aktivnosti ^7Be pripisana je srednja visina tropopauze tokom n dana koji su prethodili datom merenju

⁷Be. Broj dana n varirao je od 0 do 31. U slučaju $n=0$, korelisana je specifična aktivnost ⁷Be sa visinom tropopauze istog dana kada je izvršeno merenje ⁷Be. U slučaju $n>0$, korelacija je rađena sa srednjom vrednošću visine tropopauze izračunate za dan merenja i $n-1$ dana koji su prethodili danu merenja. Osim na celokupnom nizu podataka dostupnih za svako merno mesto, korelacije su takođe razvrstane po godišnjim dobima. Na mernoj lokaciji Beograd, korelacija je izračunata za srednje mesečne vrednosti specifične aktivnosti ⁷Be i srednje mesečne vrednosti visine tropopauze.

Tabela 1. Lokacije na kojima je merena specifična aktivnost ⁷Be. Za svako merno mesto dati su i datum početka uzorkovanja kao i broj uzoraka.

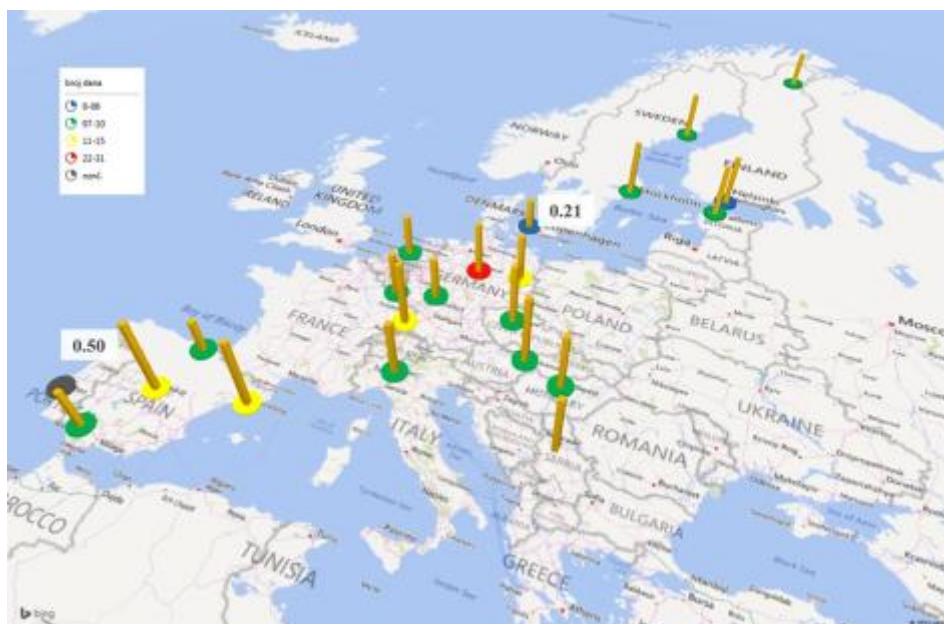
| Pojas geografske širine | Merno mesto | Geografska širina i dužina (°N; °E) | Početak uzorkovanja | Broj uzoraka |
|-------------------------|-------------|-------------------------------------|---------------------|--------------|
| > 60 °N | Ivalo | (68,64; 27,57) | februar 1987 | 1189 |
| | Umea | (63,85; 20,34) | januar 1995 | 875 |
| | Helsinki | (60,21; 25,06) | januar 1987 | 4297 |
| 55-60 °N | Kista | (59,40; 17,93) | maj 1984 | 1463 |
| | Harku | (59,39; 24,58) | januar 2003 | 465 |
| | Risoe | (55,69; 12,10) | jun 1986 | 1400 |
| 50-55 °N | Berlin | (52,53; 13,42) | februar 1984 | 406 |
| | Braunšvajg | (52,25; 10,50) | januar 1982 | 336 |
| | Biltoven | (52,11; 05,18) | februar 1987 | 1048 |
| | Ofenbah | (50,10; 08,77) | januar 2001 | 503 |
| | Prag | (50,09; 14,42) | januar 2002 | 553 |
| 45-50 °N | Luksemburg | (49,63; 06,13) | januar 1987 | 1159 |
| | Beč | (48,22; 16,35) | maj 1982 | 1528 |
| | Frajburg | (48,20; 07,87) | januar 1989 | 1115 |
| | Budimpešta | (47,50; 19,11) | januar 1987 | 490 |
| | Milano | (45,47; 09,18) | februar 1988 | 473 |
| <45 °N | Bilbao | (43,17; -2,94) | jul 2000 | 609 |
| | Barselona | (41,38; 02,12) | januar 2001 | 581 |
| | Madrid | (40,45; -3,69) | januar 1998 | 720 |
| | Sakaven | (38,72; -9,13) | februar 1991 | 305 |
| | Sevilja | (37,39; -6,01) | oktobar 2000 | 583 |
| | Beograd | (44,48; 20,28) | februar 1991 | 232 |

U dobijenim nizovima korelacionih koeficijenata, izdvojeni su maksimumu i dani na kojima su ti maksimum korelacionih koeficijenata dostignuti. Ovaj broj dana „vremenske razdvojenosti“ ukazuje na to koliko je vremena potrebno da se u površinskom sloju vazduha registruju izmene vazduha koje se događaju u sloju tropopauze.

5. Rezultati i diskusija

Maksimalni koeficijent linearne korelacije i broj dana na kome je dostignut maksimum korelacije dati su na Slici 1, gde visina predstavljenog stubića odgovara vrednosti korelacionog koeficijenta, a minimalna (0,21 za Riso) i maksimalna vrednost (0,50 za Madrid) su naznačene. Koeficijent linearne korelacije za Beograd takođe je dat.

Osim za Sakaven u Portugaliji, pozitivne korelacije između specifične aktivnosti ^7Be i visine tropopauze dobijene su za sve lokacije (Slika 1). Pozitivna korelisanost posledica je činjenice da zagrevanje troposfere dovodi do veće visine tropopauze, i istovremeno, to zagrevanje pospešuje razmenu između troposfere i stratosfere, što dovodi do povećane troposferske koncentracije ^7Be [9, 11]. Srednja vrednost maksimalnog koeficijenta linearne korelacije za sve lokacije iznosi 0,350, dok je srednji broj dana na kome su dostignuti maksimumi korelacije 10 („total“ u Tabeli 2). Za većinu lokacija broj dana je između 7 i 10 (Slika 1), što nije u saglasnosti sa rezultatima [12] koji su maksimalan koeficijent linearne korelacije dobili na tri dana. U [12], međutim, uzeta su merenja samo tokom jedne godine, i metod korelisanja nije identičan metodu primenjenom u našem radu.



Slika 1. Maksimalni koeficijent linearne korelacije (stubići) između specifične aktivnosti ^7Be i srednje visine tropopauze tokom broja dana na kome je dostignut maksimum korelacije (datih kao kružić u podnožju stubića). Sivi kružić označava da korelacija nije statistički značajna (na ovoj slici, za Sakaven u Portugaliji).

Na kontinentalnim stanicama koeficijenti korelacije veći su nego na mernim stanicama duž obale Atlanskog okeana ili u njegovoj blizini – Riso, Bilbao, Ivalo, Biltoven, Sevilja, Ofenbah i Luksemburg imaju najniže koeficijente korelacije, između 0,21 i 0,30 (Slika 1). Razlog za ovo može ležati u činjenici da su priobalne oblasti često pod uticajem maritimnih vazdušnih masa, koje donose zapadni vetrovi tipični za umerene geografske širine, a koje, sa druge strane, generalno imaju niske vrednosti aerosola, te tako i niske koncentracije ^7Be vezanog za aerosole. Sličan zaključak iznet je u [11].

Srednja vrednost maksimalnog koeficijenta korelacije menja se tokom godišnjih doba. Najniža vrednost je tokom zime, zatim raste tokom proleća i leta, i dostiže najveću

vrednost u jesen (Tabela 2). Srednji broj dana na kome je maksimum korelacije takođe raste od zime (7 dana) do jeseni (16 dana). Statistički značajne i veće vrednosti koeficijenta korelacije tokom godišnjih doba proleće, leto i jesen ukazuju na postojanje procesa koji dovode do promene koncentracije ^7Be u nižim slojevima troposfere, a koji su, sa druge strane, povezani sa visinom tropopauze. Tokom zime, isti procesi ne doprinose značajno specifičnoj aktivnosti ^7Be u površinskom sloju atmosfere. Detaljnija analiza cirkulacionih sistema tokom ovih meseci verovatno bi mogla dati precizniji odgovor o kojim procesima je reč. Jedan od mogućih razloga za veće vrednosti koeficijenta korelacije tokom toplijeg dela godine može ležati u činjenici da tada subtropsko polje visokog pritiska, sa tipičnim silaznim strujanjima, ima češće intruzije u severne geografske širine.

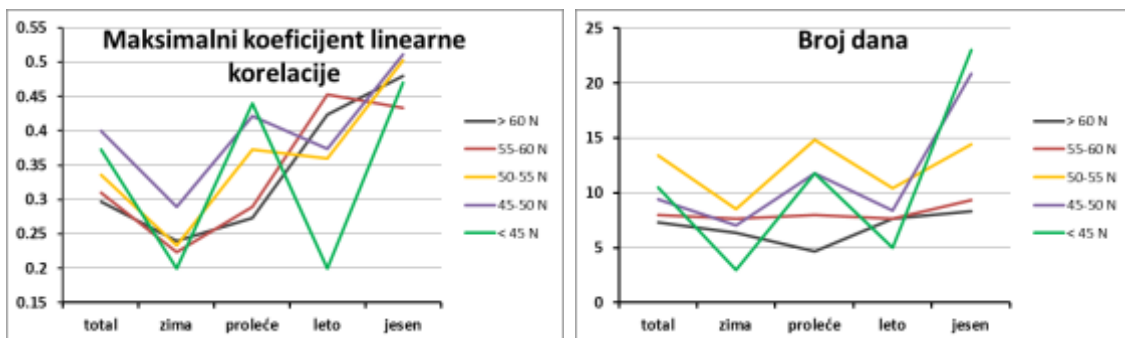
Tabela 2. Srednja vrednost maksimalnog koeficijenta linearne korelacije kao i srednji broj dana na kome su dostignute maksimalne korelacije, za sve merne lokacije.

| | Srednja vrednost maksimalnog koeficijenta linearne korelacije | Broj dana |
|---------|--|------------------|
| total | 0,350 | 10 |
| zima | 0,249 | 7 |
| proleće | 0,376 | 11 |
| leto | 0,384 | 8 |
| jesen | 0,470 | 16 |

Linearna povezanost specifične aktivnosti ^7Be i visine tropopauze raste od severa ka jugu (Slika 2 – „total“ označava korelacije na celokupnom skupu podataka). Izuzetak je korelacija za najjužniji pojas, geografskih širina manjih od 45°N , koja je nešto niža nego u pojasu $45\text{--}55^\circ\text{N}$. Sezonski rezultati za zimu i leto ukazuju na razlike u pojasu južno od 45°N . Sve merne stanice u ovom geografskom pojasu locirane su na Pirinejskom poluostrvu, i tokom zime i leta, osim za mernu stanicu Barselona, korelacije nisu statistički značajne. Stoga rezultate za zimu i proleće u ovom pojasu geografske širine (Slika 2) treba uzeti sa rezervom.

Iako je u svim geografskim pojasevima tokom zime koeficijent korelacije najniži, a tokom jeseni najviši, postoje razlike između proleća i leta. Oblasti severno od 55°N imaju slične vrednosti maksimalnog koeficijenta korelacije tokom godine, kao i njihove promene tokom leta i jeseni. Sa druge strane, oblasti južno od 55°N , pored jesenjeg maksimuma imaju i sekundarni maksimum tokom proleća, a tokom leta vrednosti su niže u odnosu na ova dva maksimuma. Ovakva diferencijacija oblasti severno i južno od 55°N uočava se i na grafiku sa brojem dana (Slika 2). Za oblasti severno od 55°N , promena broja dana na kome se dostiže maksimum linearne korelacije relativno je mala, između pet i devet. Za oblasti južno od 55°N , varijacija ovog broja je veća, sa dva maksimuma, tokom jeseni i proleća.

Na osnovu ovoga može se zaključiti da u Evropi postoje dva pojasa geografske širine u kojima je linearna zavisnost specifične aktivnosti ^7Be i visine tropopauze različita: pojas geografskih širina severno od 55°N , i južno od 55°N .



Slika 2. Maksimalni koeficijent linearne korelacije po pojasevima geografske širine (levo) i broj dana na kome je taj maksimum dostignut (desno).

Koeficijenti korelacije dobijeni za Beograd ne razlikuju se mnogo od koeficijenata dobijenih za najbližu stanicu Budimpešta, Mađarska. Na primer, za celokupan skup podataka, koeficijent korelacije za Beograd je 0,41 a za Budimpeštu 0,40. Tokom proleća i jeseni u Beogradu koeficijent iznosi 0,38 i 0,54, dok u Budimpešti koeficijenti tokom ovih godišnjih doba imaju vrednosti 0,43 i 0,53. U Beogradu, međutim, kao i za većinu mernih stanica južno od 45 °N, korelacioni koeficijenti za zimu i leto nisu statistički značajni.

Treba takođe napomenuti da variranje broja dana pri korelisanju specifične aktivnosti ^{7}Be i srednje visine tropopauze predstavlja odgovarajući pristup u „horizontalno stacionarnoj“ troposferi, tj. kada vazdušne mase koje prođu kroz tropopauzu vertikalnim transportom stignu do površine Zemlje. Horizontalan transport kroz troposferu koji je u ovom slučaju zanemaren, takođe može imati značajan uticaj na specifičnu aktivnost ^{7}Be u prizemnom sloju vazduha.

6. Zaključak

Za 21 lokaciju u Evropi, linearna zavisnost specifične aktivnosti ^{7}Be i srednje visine tropopauze analizirana je sa vremenskom razdvojenošću od 0 do 31 dana. Maksimalan koeficijent linearne korelacije između ovih veličina u proseku iznosi 0,350, i dostiže se za 10 dana. Na mernim lokacijama koje su u blizini Atlanskog okeana, dobijeni su niži koeficijenti korelacije nego na ostalim mernim mestima. Sezonski maksimalni koeficijenti korelacije najmanji su tokom zime, a najveći u jesen, i rastu kako se smanjuje geografska širina. Promena maksimuma koeficijenata linearne zavisnosti, kao i broja dana na kom se oni dostižu, tokom godišnjih doba ukazuje na postojanje dva pojasa u kome je međusobna zavisnost specifične aktivnosti ^{7}Be i visine tropopauze različita. Te oblasti su severno i južno od 55 °N.

7. Zahvalnica

Ovaj rad je realizovan u okviru projekta „Istraživanje klimatskih promena na životnu sredinu: praćenje uticaja, adaptacija i ublažavanje“ (43007) koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije u okviru programa Integriranih i interdisciplinarnih istraživanja za period 2011-2015. godine. Autori se zahvaljuju REM grupi koja je obezbedila podatke iz REM baze (REMdb at the Institute of TransUranium Elements, REM group, DJ JRC Ispra site, European Commission).

8. Literatura

- [1] D. Lal and B. Peters, Cosmic ray produced radioactivity on the earth. *Handb. Phys.* 46 (1967) 551–612.
- [2] D. M. Koch, D. J. Jacob, and W. C. Graustein. Vertical transport of tropospheric aerosols as indicated by ^7Be and ^{210}Pb in a chemical tracer model. *J. Geophys. Res.* 101 (1996) 18651–18666.
- [3] T. Tokieda, K. Yamanaka, K. Harada, and S. Tsunogai. Seasonal variations of residence time and upper atmospheric contribution of aerosols studied with ^{210}Pb , ^{210}Bi , ^{210}Po and ^7Be . *Tellus B.* 48 (1996) 690–702.
- [4] U. Heikkilä, J. Beer, and V. Alfimov. Beryllium-10 and beryllium-7 in precipitation in Dübendorf (440 m) and at Jungfraujoch (3580 m) Switzerland, (1998–2005). *J. Geophys. Res.* 113 (2008) doi:10.1029/2007JD009160.
- [5] M. K. Pham, M. Betti, H. Nies, and P. P. Povinec. Temporal changes of ^7Be , ^{137}Cs and ^{210}Pb activity concentrations in surface air at Monaco and their correlation with meteorological parameters. *J. Environ. Radioact.* 102 (2011) 1045–1054.
- [6] E. F. Danielsen. Stratospheric-tropospheric exchange based on radioactivity, ozone and potential vorticity. *J. Atmos. Sci.* 25 (1968) 502–518.
- [7] WMO (World Meteorological Organization), Commission for Aerology. Abridged Final Report of the Second Session, No. 65, RP.27, 1957.
- [8] J. R. Holton, P. H. Haynes, M. E. McIntyre, A. R. Douglass, R. B. Rood, and L. Pfister. Stratosphere-troposphere exchange. *Rev. Geophys.* 33 (1995) 403–439.
- [9] P. Zanis, E. Gerasopoulos, A. Priller, C. Schnabel, A. Stohl, C. Zerefos, H. W. Gäggelar, L. Tobler, P. W. Kubik, H. J. Kanter, H. E. Scheel, J. Luterbacher, and M. Berger. An estimate of the impact of stratosphere-to-troposphere transport (STT) on the lower free tropospheric ozone over the Alps using ^{10}Be and ^7Be measurements. *J. Geophys. Res.* 108 (2003) doi:10.1029/2002JD002604.
- [10] J. Simon, J. Meresova, I. Sykora, M. Jeskovsky, and K. Holy. Modeling of temporal variations of vertical concentration profile of ^7Be in the atmosphere. *Atmos. Environ.* 43 (2009) 2000–2004.
- [11] E. Gerasopoulos, P. Zanis, A. Stohl, C. S. Zerefos, C. Papastefanou, W. Ringer, L. Tobler, S. Hübener, H. W. Gäggelar, H. J. Kanter, L. Tositti, and S. Sandrini. A climatology of ^7Be at four high-altitude stations at the Alps and the Northern Apennines. *Atmos. Environ.* 35 (2001) 6347–6360.
- [12] A. Ioannidou, A. Vasileiadis, and D. Melas. Time lag between the tropopause height and ^7Be activity concentrations on surface air. *J. Environ. Radioact.*, 129 (2014) 80–85.
- [13] M. A. Hernández-Ceballos, G. Cinelli, M. Marín Ferrer, T. Tollefsen, L. De Felice, E. Nweke, P. V. Tognoli, S. Vanzo, and M. De Cort. A climatology of ^7Be in surface air in European Union. *J. Environ. Radioact.* 141 (2015) 62–70.
- [14] J. V. Ajtić, D. J. Todorović, J. D. Nikolić, and V. S. Đurđević. A multi-year study of radioactivity in surface air and its relation to climate variables in Belgrade, Serbia. *Nucl. Technol. Radiat.* 28 (2013) 381–388.
- [15] E. Kalnay, M. Kanamitsu, R. Kistler, W. Collins, D. Deaven, L. Gandin, M. Iredell, S. Saha, G. White, J. Woollen, Y. Zhu, A. Leetmaa, R. Reynolds, M. Chelliah, W. Ebisuzaki, W. Higgins, J. Janowiak, K. C. Mo, C. Ropelewski, J. Wang, R. Jenne, D. Joseph. The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 77 (1996) 437–471.

BERYLLIUM-7 AND TROPOPAUSE HEIGHT: AN ANALYSIS OF CORRELATIONS ACROSS LATITUDINAL BELTS

Jelena AJTIĆ^{1,2}, Vladimir ĐURĐEVIĆ³, Darko SARVAN¹, Dragana TODOROVIĆ⁴ and Jelena NIKOLIĆ⁴

- 1) *University of Belgrade, Faculty of Veterinary Medicine, Belgrade, Serbia, jelena.ajtic@vet.bg.ac.rs, darko.sarvan@vet.bg.ac.rs*
- 2) *Institute for Research and Advancement in Complex Systems, Belgrade, Serbia*
- 3) *University of Belgrade, Faculty of Physics, Institute of Meteorology, Belgrade, Serbia, vdj@ff.bg.ac.rs*
- 4) *University of Belgrade, Vinča Institute of Nuclear Sciences, Laboratory for Environmental and Radiation Protection, Belgrade, Serbia, beba@vinca.rs, jnikolic@vinca.rs*

ABSTRACT

Linear correlation between the ⁷Be specific activity in surface air and tropopause height is analysed for 21 locations in Europe. The latitude of the locations spans from 37 °N to 69 °N. The locations are grouped into five latitudinal belts. For each location, the linear correlation coefficients are calculated with a time lag – the measured ⁷Be specific activity is correlated with the mean tropopause height over a number of days that preceded the day of the measurements. Time lag varied from 0 to 31. The maxima are found in the calculated arrays of the linear correlation coefficients, as well as the number of days for which the maxima are reached. For comparison, the results for a measurement location Vinča in Belgrade, Serbia, are also given. For this site, the linear correlation coefficients are calculated using the monthly means of the ⁷Be specific activity and tropopause height. The mean value of the maximum linear correlation coefficient for the whole set of measurements is 0.350, and is on average reached after the time lag of ten days. In the investigated latitudinal belts, this mean value increases as the latitude decreases. The measurement locations along the coast of the Atlantic or in its proximity show the least linear correlation. The mean seasonal maximum correlation coefficient increases from 0.249 during winter to 0.470 during autumn, and is matched by an increase in the mean time lag which ranges from 7 days in winter to 16 days in autumn. The seasonal correlations show two latitudinal belts, north of 55 °N and south of 55 °N, in which the linear correlation of the ⁷Be specific activity and tropopause height exhibits somewhat different characteristics.