

NAUČNI I STRUČNI ČASOPIS MEDICINSKOG FAKULTETA PRIŠTINA
I DRUŠTVA LEKARA KOSOVA I METOHIJE SLD



THE SCIENTIFIC JOURNAL OF FACULTY OF MEDICINE AND DOCTORS SOCIETY OF KOSOVO AND METOHIA OF THE SMS

PRAXIS MEDICA

VOLUME 48
SUPPLEMENT 4
YEAR 2019

YUISSN
0350-8773
UDC 61



“PRVI KONGRES LEKARA KOSOVA I METOHIJE”
29. XI-1. XII 2019., Kosovska Mitrovica

u organizaciji Medicinskog fakulteta Priština - Kosovska Mitrovica,
povodom jubileja - 50 godina od osnivanja Medicinskog fakulteta

THE SCIENTIFIC JOURNAL OF FACULTY OF MEDICINE AND DOCTORS SOCIETY OF KOSOVO AND METOHIA OF THE SMS

PRAXIS MEDICA

NAUČNI I STRUČNI ČASOPIS MEDICINSKOG FAKULTETA PRIŠTINA
I DRUŠTVA LEKARA KOSOVA I METOHIJE SLD

“PRVI KONGRES LEKARA KOSOVA I METOHIJE”
29. XI-1. XII 2019., Kosovska Mitrovica

u organizaciji Medicinskog fakulteta Priština - Kosovska Mitrovica,
povodom jubileja - 50 godina od osnivanja Medicinskog fakulteta

GLAVNI I ODGOVORNI UREDNIK / EDITOR IN CHIEF

Prof. dr Bojana Kisić

ZAMENIK GLAVNOG UREDNIKA / DEPUTY EDITOR

Prof. dr Suzana Matejić

SEKRETAR / EDITORIAL SECRETARY

Dr sci med Boban Biševac

UREĐIVAČKI ODBOR / EDITORIAL BOARD

Prof. dr Dijana Mirić, prof. dr Milan Živković, prof. dr Simon Nikolić,
prof. dr Snežana Marković-Jovanović, prof. dr Snežana Filipović-Danić,
prof. dr Bratislav Lazić, prof. dr Slavica Pajović, prof. dr Jasmina Stevanović,
prof. dr Ljiljana Popović, ass. dr Aleksandra Ilić, ass. dr Mirjana Kostić

TEHNIČKA OBRADA / TECHNICAL EDITOR

Aleksandar Jekić

LEKTOR ZA ENGLJSKI JEZIK / LECTOR FOR ENGLISH

Ivana Stoiljković

IZDAJU / EDITED BY

Medicinski fakultet Priština,
Društvo lekara Kosova i Metohije Srpskog lekarskog društva

GODIŠNJA PRETPLATA / SUBSCRIPTION

Za inostranstvo 50 €
Za ustanove 5000 RSD
Za fizička lica 2000 RSD

ČASOPIS IZLAZI ČETIRI PUTA GODIŠNJE, TIRAŽ: 500

ŽIRO RAČUN

41900-603-1-2799 sa naznakom:
Medicinski fakultet Priština - Kosovska Mitrovica, pretplata za časopis.

Uvodna reč

Poštovane kolegice i kolege, učesnici „Prvog Kongresa lekara Kosova i Metohije“

Pred vama je Zbornik radova Prvog Kongresa lekara Kosova i Metohije, najvećeg medicinskog naučnog skupa u poslednjih tridesetak godina na prostorima Kosova i Metohije. Veliki odziv predavača i zainteresovanih za učešće na Kongresu najviše govori o značaju našeg postojanja na ovim prostorima. Istovremeno daje nam snagu i volju za sve izazove koji su pred nama. Preko 75 eminentnih predavača po pozivu iz zemlje i regiona učestvuje na našem Kongresu. Uz naučne sesije tokom Kongresa, organizovali smo i radionice, okrugle stolove, promocije knjiga i poster prezentacije.

Radni deo kongresa je podeljen u četiri sesije.

Lekari kliničari su u svojoj sesiji odabrali teme iz urgentnih stanja u medicini. Eminentni stručnjaci različitih specijalističkih grana (hirurgije, ortopedije, anesteziologije, kardiologije, pedijatrije, neu-rologije, pulmologije, nefrologije, endokrinologije, urgentne medicine i infektivnih bolesti predstaviće nam kroz dvadesetak interesantnih predavanja urgentna stanja iz oblasti kojima se bave.

Druga sesija pod nazivom „Bazične nauke u savremenoj medicini“ podeljena je u dve celine. Prva se bavi najnovijim saznanjima o aterosklerozi, koja je među vodećim uzročnicima smrti. Kroz savremena saznanja daju se odgovori zašto i kako nastaje ateroskleroza, koji su aspekti patomorfologije atero-sklerotičnog plaka, kako se ona leči i prevenira. Prikazan je i značaj bazičnih istraživanja, pre svega u dijagnostikovanju nekih od najčešćih maligniteta humane populacije. Takođe, bazične nauke su kroz proučavanja slobodnih radikala, kao i matičnih ćelija otvorila vrata kliničkim istraživanjima i mogu-ćnostima savremenog lečenja obolelih pacijenata.

Sesija „Dentalna medicina - danas i sutra“ obrađuje nova istraživanja u stomatologiji kao i novine u stomatološkoj praksi. Upoznaće nas sa najnovijim preporukama Evropske akademije za dečju stoma-tologiju kojima se povećava mogućnost kontrole i prevencije karijesa. Primena medikamentozne terapije, u sklopu konzervativne ili kao dodatak hirurškoj terapiji, može popravi kvalitet potpornog aparata zuba. Drugi deo sesije je posvećen digitalizaciji i kompjuterizaciji u stomatologiji koji su uslovili promenu mnogih procedura u stomatološkoj praksi. U sesiji su obrađene i savremene teme iz implantologije i upotrebe novih protetskih materijala u stomatologiji.

U sesiji „Zdravstvene i ekološke posledice ratnih dejstava NATO na SRJ - kako ih umanjiti i ukloniti“ ukazaće se da je tokom agresije NATO snaga na Srbiju 1999. godine upotrebljeno više vrsta različitih klasičnih projektila, što je uzrokovalo hemijsko zagađenje životne sredine još uvek nepoznatih razmera i intenziteta i kontaminacije živog sveta brojnim supstancama koje su poznate kao toksične, mutagene i kancerogene. Zapažanja dela zdravstvenih radnika da je došlo do porasta učestalosti nekih oboljenja, pre svega malignih kod stanovnika Srbije, nailaze na različite reakcije i čak oprečne stavove.

108 poster prezentacija predstavljenih na Prvom Kongresu lekara Kosova i Metohije su dokumentovane sažecima koji se nalaze na kraju Zbornika.

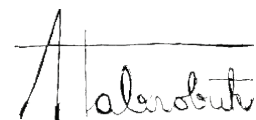
Zahvaljujemo se svim predavačima koji su svojim prisustvom ovaj Kongres učinili velikim i važnim, posebno za medicinske radnike sa prostora Kosova i Metohije.

Kolegice i kolege, zaljubljenici u medicinu i nauku, želimo vam da sa Prvog Kongresa lekara Kosova i Metohije ponese te uspomene ne samo na nova znanja i iskustva, već i na lepa poznanstva i prijateljstva.

A ovaj Zbornik radova neka ostane neizbrisiv pisani trag budućim generacijama.

U Kosovskoj Mitrovici
30. novembra 2019. godine

S poštovanjem,



Prof. dr Aleksandar Pavlović
Predsednik naučnog odbora Kongresa

Zahvaljujemo se Lekarskoj Komori Srbije, koja je obezbedila finansijska sredstva
za štampanje Zbornika radova Prvog kongresa lekara Kosova i Metohija

IV SESIJA

ZDRAVSTVENE I EKOLOŠKE POSLEDICE RATNIH DEJSTAVA NATO NA SRJ - KAKO IH UMANJITI I UKLONITI

POREKLO NANOČESTICA U VAZDUHU I NJIHOV UTICAJ NA ZDRAVLJE	13-20
Dr Zorka Vukmirović, naučni savetnik u penziji	
ISTRAŽIVANJE POSLEDICA NATO BOMBARDOVANJA NA SRJ 1999. GODINE - (NE)OSTVARIVI SCENARIO	21-27
Dr Jagoš Raičević, Dr Zorka Vukmirović, Prof. dr Danica Grujičić, gen. Slobodan Petković	
CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ENVIRONMENTAL RECOVERY OF YUGOSLAVIA (ENRY2001)	29-37
Jasmina Lj. Vujić and Dragoljub P. Antić	
PROCENA RIZIKA PO ŽIVOTNU SREDINU NA OSNOVU KONCENTRACIJA ELEMENATA (SA POSEBNIM OSVRTOM NA KONCENTRACIJU URANA) U UZORCIMA MAHOVINA I ZEMLJIŠTA SA TERITORIJE POKRAJINE KOSOVO I METOHIJA	39-50
Tijana Milićević, Mira Aničić Urošević, Gordana Vuković, Predrag Vasić, Tatjana Jakšić, Dragica Nikolić, Aleksandar Popović	
BIOMONITORING KASNIH POSLEDICA RATNIH DEJSTAVA: ZAGAĐENJE KADMIJUMOM NA PODRUČJU VLASINSKOG JEZERA	51-55
Ratko Kadović, Snežana Belanović Simić, Jelena Beloica, Predrag MiljkovićPRIMENA MAHOVINA I	
LISTOVA DRVEĆA U BIOMONITORINGU ZAGAĐENOSTI VAZDUHA	57-63
Milica Tomašević i Mira Aničić Urošević	
SADRŽAJ URANIJUMA U TKIVIMA I DRUGIM KLINIČKIM UZORCIMA SRPSKE POPULACIJE	65-71
Aleksandar Stojsavljević, Branislav Rovčanin, Ljiljana Vujotić, Olga Cvetković, Aleksandar Arsenijević, Milan Popović, Dragan Manojlović	
REVIEW OF SELECTED STUDIES REGARDING POSSIBLE HEALTH EFFECTS DUE TO INTERNAL CONTAMINATION WITH DEPLETED URANIUM	73-80
Jasmina Lj. Vujić	
ANALYSIS OF ALBANIAN AND NATO SOURCES ON POSSIBLE HEALTH CONSEQUENCES OF BOMBING OF KOSOVO AND METOHIJA	81-84
Goran Belojevic	
BIOLOŠKI EFEKTI I ZDRAVSTVENE POSLEDICE NATO AGRESIJE-ISTRAŽENI SEGMENTI	85-93
prof. dr Branka Đurović ISPITIVANJE EKOLOŠKIH I ZDRAVSTVENIH POSLEDICA	

RATNIH DEJSTAVA NA SR JUGOSLAVIJU - ZA ILI PROTIV?	95-80
Aleksandar Ćorac	
PROBLEMI SA MENTALNIM ZDRAVLJEM STANOVIKA NA POLITIČKI BEZBEDNOSNO UGROŽENOJ TERITORIJI	99-107
Momčilo Mirković, Slađana Đurić, Jovana Milošević	
PREDIKTORI RIZIČNOG PONAŠANJA U VEZI SA ZDRAVLJEM STUDENATA	109-118
Slađana Đurić, Goran Trajković, Momčilo Mirković, Jovana Milošević, Danijela Ilić	

IV SESIJA

ZDRAVSTVENE I
EKOLOŠKE POSLEDICE
RATNIH DEJSTAVA
NATO NA SRJ - KAKO IH
UMANJITI I UKLONITI

POREKLO NANOČESTICA U VAZDUHU I NJIHOV UTICAJ NA ZDRAVLJE

AUTORI

Dr Zorka Vukmirović, naučni savetnik u penziji
Institut za fiziku, Univerzitet u Beogradu

SAŽETAK

Saglasno Evropskim direktivama u naše zakonske propise su uneti standardi i metodologije određivanja za respirabilne čestice PM10 i PM2.5. U najnovijem saopštenju Svetske zdravstvene organizacije ukazano je na najopasnije zagađenje vazduha prouzrokovano visokim koncentracijama PM1 čestica, što izaziva različite vrste zdravstvenih problema, od bezopasnog kašlja pa sve do moždanog ili srčanog udara. U Rezoluciji Evropskog parlamenta: ČIST VAZDUH ZA SVE iz marta 2019. se preporučuje da se intenziviraju istraživanja uticaja na zdravlje još sitnijih čestica, čiji je aerodinamički prečnik manji od 0,1 mikrometara (PM0.1) a koje se nazivaju nanočestice u naučnoj literaturi.

Poreklo nanočestica je iz prirodnih procesa i antropogenih aktivnosti u koje spada i korišćenje savremenih ubojnih sredstava velike razorne moći, posebno municije sa osiromašenim uranijumom. Po hemijskom sastavu najobilnije čestice u vazduhu su nepotpuno sagorela jedinjenja ugljenika (čađ) i teški metali. Putevi unošenja nanočestica u ljudski organizam su inhalacija i ingestija i u manjem iznosu penetracija preko kože. Najveći izvori ovih zagađujućih materija, sa kojima se suočava čovečanstvo na početku XXI veka, su nanotehnologije, klasični industrijski visokotemperaturni procesi, atmosferske reakcije, zatim vulkanske erupcije, šumski i požari naftnih izvora, akcidentalne eksplozije u industrijskim objektima, bombardovanje civilnih i industrijskih objekata, kao i infrastrukture u ratnim uslovima. O štetnom uticaju na zdravlje postoji dovoljno dokaza u raspoloživoj svetskoj literaturi. U radu će se posebno analizirati toksični i kancerogeni efekti relevantni za NATO bombardovanje Srbije 1999. godine.

Ključne reči: suspendovane čestice, nanočestice, nanopatologija, osiromašeni uranijum

ENGLISH

THE ORIGIN OF NANOPARTICLES IN THE AIR AND THEIR IMPACT ON HEALTH

Zorka Vukmirović, PhD, Retired Research Professor
Institute of Physics, University of Belgrade

SUMMARY

Standards and methodologies for determining particulate matter in the respirable fraction PM10 and PM2.5, are included in our legislation according to the European Directives. In a recent World Health Organization announcement, the most dangerous air pollution is created by high concentrations of PM1 particles which cause various types of health problems, ranging from harmless cough to a stroke or heart attack. The European Parliament resolution: CLEAN AIR FOR ALL from March 2019, recommends intensifying the studies of how even finer particles, whose aerodynamic diameter is less than 0.1 micrometers (PM0.1), referred to as nanoparticles in scientific literature, affect health.

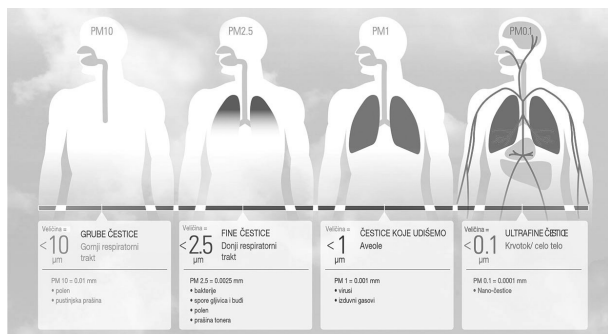
The nanoparticles originate from natural processes and anthropogenic activities, which include the use of modern weapons of high destructive power, especially ammunition with depleted uranium. The most abundant particles in the air, based on chemical composition, are incompletely combusted carbon compounds (soot) and heavy metals. The routes by which nanoparticles can enter the human body are inhalation, ingestion, and to a lesser degree, penetration through the skin. The major sources of these pollutants, the humanity is facing at the beginning of the 21st century, are nanotechnologies, common industrial high-temperature processes, atmospheric reactions, volcanic eruptions, forest and oil wells fires, accidental explosions in industrial facilities, and bombing of civilian and industrial facilities, as well as infrastructure, in times of war. There is a sufficient evidence in the available worldwide literature of these pollutants' adverse health effects. The paper will specifically analyze the toxic and carcinogenic effects relevant to the 1999 NATO bombing of Serbia.

Keywords: suspended particles, nanoparticles, nanopathology, depleted uranium

UVOD

Zagađenje vazduhasuspendovanim česticama (na engleskom jeziku particulate matter - PM) podrazumeva prisustvo održivih u vazduhu veoma sitnih čvrstih čestica ili tečnih kapljica. U atmosferskoj fizici i hemiji se nazivaju aerosoli. Kategorizacija se vrši na osnovu veličine odnosno njihovog aerodinamičkog prečnika. Čestice veće od 10 mikrometara (prosečna granica vidljivosti oka) se zadržavaju u gornjim delovima disajnih organa i nazivaju se inhalabilne čestice. Ono što se vidi kao crni dim sadrži upravo takve čestice. U nevidljivoj frakciji su one koje mogu dospeti do najdubljih delova pluća odn. respirabilne čestice. Ove čestice imaju prečnik manji od 10 μm . Po dubini prodiranja u pluća ove čestice se svrstavaju u četiri kategorije (Sl. 1):

- one manje od 10 μm označene kao PM10 se nazivaju grube suspendovane čestice,
- one manje od 2,5 μm označene kao PM2.5 se nazivaju fine suspendovane čestice,
- one manje od 1 μm označene kao PM1 i to su one koje prodiru u alveole [1-3]
- one manje od 0,1 μm označene kao PM0.1 se nazivaju ultrafine suspendovane čestice ili nanočestice



Slika 1. Shematski prikaz prodiranja respirabilnih čestica pri inhalaciji
(preuzeto sa: <https://www.google.com/search?q=ISO+standard+za+filtere+PM1&rlz=1C1GCEANRS832RS832&tb>)

Nameće se logično pitanje gde je kraj ovoj kategorizaciji - da li će se uskoro pojaviti novo saopštenje Svetske zdravstvene organizacije (SZO) da su čestice u opsegu između 10 nm i 1 nm najopasnije po zdravlje? Ono što se zna da je 1 nm (nanometar) donja granica, jer su to već dimenzije molekula a molekuli slobodno prolaze kroz tkiva, kao što je uloga kiseonika za opstanak žive ćelije. Danas svetska nauka raspolaže instrumentima za fizičku i hemijsku karakterizaciju čestica veličine do 1 nm [4,5]. Međutim, evropske laboratorije, koje su objavile podatke o česticama osiromašenog uranijuma (OU) raspolažu instrumentima čiji je prag detekcije 10 nm [6-9]. Upravo je cilj ovog rada da se obrazloži potreba za istraživanjima uticaja na zdravlje tih zai-sta najsitnijih čestica. Ono što je obećavajuće je da u Institutu u Vinči postoji laboratorija opremljena instrumentom, koji doseže tu granicu od 1 nm. Preostaje samo odluka Vlade da se obezbede uslovi da se mladi istraživači obuču u najjemenitnijim laboratorijama u svetu i uključe u nacionalni projekat utvrđivanja posledica NATO bombardovanja Srbije 1999. godine. Tako se Srbija obnovila i posle Velikog rata, a posle Drugog svetskog rata je Institut za nuklearne nauke u Vinči bio među najboljim u svetu zahvaljujući svojoj otvorenosti ka svetski priznatim naučnicima i saradnji sa najvećim istraživačkim centrima u oblasti nuklearnih nauka.

Poreklo nanočestica

Osnovna podela je na čestice prirodnog porekla i one iz širokog spektra ljudske delatnosti.

Najveći prirodni izvori su morski sprejevi, vulkanske aktivnosti, prenos na velike daljine resuspendovanih čestica površinskog sloja zemljišta u olujama, sekundarni proizvodi u hemijskim reakcijama u atmosferi, šumski požari, čestice kosmičkog porekla koje su detektovane na zaštitnim odelima kosmonauta.

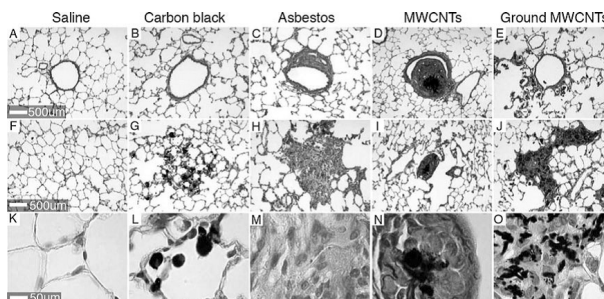
Još u početku industrijske revolucije u drugoj polovini XVIII veka je primećeno štetno dejstvo čestica emitovanih iz procesa sagorevanja fosilnih goriva i visokotemperaturnih procesa obojene metalurgije. Savremeni komforni način života je uneo nove izvore, posebno saobraćaj. Kraj XX i početak XXI veka donosi nove pogodnosti čovečanstvu proizvodnjom novih nanomaterijala a nanotehnologije su u ekspanziji i njihov razvoj će obeležiti XXI vek. Istovremeno se vode ratovi savelikih visina bombardovanjem projektilima velike razorne moći, korišćenjem municije sa OU i tzv „mekih“ grafitnih bombi, koje su očigledno proizvod nanotehnologija.

Jedna od definicija nanotehnologija je manipulacija živom i neživom materijom na nivou nanometra (10⁻⁹ m). U ovim razmerama klasična fizika prestaje da važi i zamenjuje je kvantna, a osobine gradivnih elemenata se menjaju na nove i nepredvidive načine [10, 11]. Dokazano je da čestice menjaju optičke osobine [12]. U tom svetlu teorije kontraverznog fizikohemičara dr Krisa Bazbija (Chris Busby)[13,14] o multipliciranju radijacionog efekta nanonočestica OU u živim organizmima zaslužuju razmatranje, naravno sa racionalnom kritičkom analizom[15]. Ipak se treba ograditi od njegovih pretpostavki o prenosu čestica OU na velike udaljenosti [16], jer to treba prepustiti meteorolozima i matematičarima. U ratu ulraku 2003. čestice ugljenika iz požara naftnih izvora su prenete do Japana, a u prašini je nađen prirodni odnos izotopa uranijuma [17].

Uticaj nanočestica na zdravlje

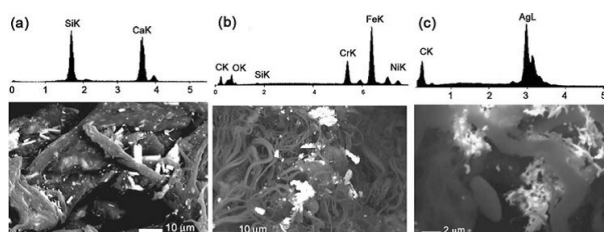
Otvoreni put unošenja nanočestica prirodnog i antropogenog porekla je inhalacija. Na Sl. 2 su prikazane lezije na plućima eksperimentalnih miševa prouzrokovane nanočesticama iz industrijskih procesa (čađ), azbesta i nanotehnologija (višeslojna ugljenična nanocevi -MWCNT cela i usitnjena) u poređenju sa blagotvornim dejstvom morskih aerosola. Posebno je ilustrativan primer sa nanocevima, koje su na najnovijim listama od 25. marta 2019. Međunarodne agencije za istraživanje kancera (IARC) svrstane u grupu 2A i 2B za različite kombinacije (<http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/ClassificationsAlphaOrder.pdf>).

Usitnjavanjem suleziyebrojnije i translokacija čestica u krvotok brža. Analiza „grafitnih“ vlakana [18] sa kojima je zasuta elektromreža Srbije 1999., je pokazala da su to aluminjumske nanocevi u kojima je galijum nanet nekom od nanotehnologija da se dobije visoka električna provodljivost radi stvaranja kratkih spojeva u mreži. Radnici su četkama strugali ta vlakna sa vodova



Slika 2. Lezije na plućima izazvane česticama čađi (B,G,L), azbesta (C,H,M) višeslojnom nano cevi (D,I,N) celom usitnjenom (F,J,O) u poređenju sa morskim solima (A,F,K) [3]

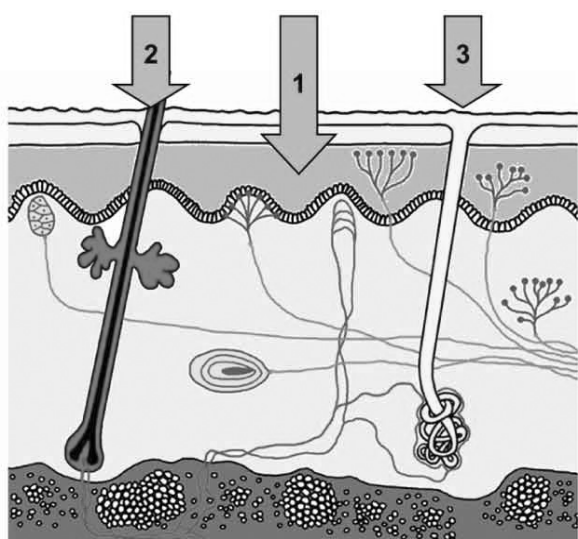
iupravo izvršili drobljenje i usitnjavanje pojačavajući na taj način štetno dejstvo nanočestica. Prema podacima dr Mirjane Anđelković Lukić, 37 od tih mladih ljudi je umrlo posle godinu dana [19].



Slika 3. SEM-EDS spektri čestica sa odstaranjenih kanceroznih tkiva debelog creva. (a)preovlađuju elementi površinskog sloja Zemlje (b)čestice nerđajućeg čelika i (c) čestice srebra [6,3]

Ingestija je drugi važan put unošenja nanočestica u žive organizme. Sl. 3 predstavlja izbor snimaka morfologije i hemijskog sastava čestica nađenih na tkivima pacijenata sa kancerom debelog creva, koji su urađeni metodom SEM-EDS [3,6]. Na osnovu ovog prikaza se može zaključiti da su nanočestice poreklom iz sudova i pribora za jelo, ali i sa poljoprivrednih prehrambenih proizvoda. Na voću i povrću se talože i nanočestice antropogenog porekla. Posebno je važno da se prati transport dimnih perjanica u požarima i eksplozijama i ne koriste poljoprivredni proizvodi preko kojih je se odigrao transport i depozicija čestica.

Najmanje zastupljeni unos nanočestica je preko kože. Međutim, ovaj unos se ne može potceniti u analizama slučajeva obolevanja radnika, koji su čistili kontaminirane terene sa OU i piralenom izlivenim iz pogodnih velikih transformatora u toku NATO bombardovanja. To se odnosi ina meteorološke tehničare, koji su sakupljali čađave padavine u Centralnoj Srbiji 5. i 7. aprila 1999. [24] kadasu višestruko gađani namenska industrija u Lučanima i pogoni u Čačku.



Slika 4. Struktura kože koja pokazuje puteve penetracije nanočestica: (1) preko intaktnog rožnatog sloja, (2) kroz folikule dlake, ili (3) preko znojnih žlezda

Povezanost nanočestica sa određenim oboljevanjima putem inhalacije je dokazana na ljudskoj populaciji [20,21]:

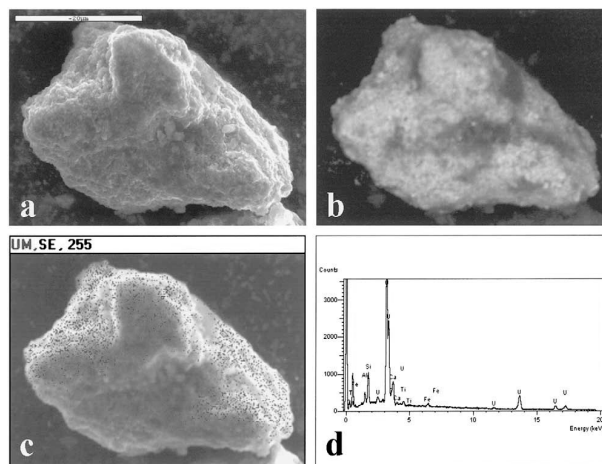
- Emsija metala: a. Hronični bronhitis b. Rak pluća
- Čađ: a. Smanjenje plućne funkcije b. Povišen mortalitet od raka pluća
- Berilijum: a. Pneumonitis b. Hronična berilioza c. Rak pluća
- Emisija iz dizel motora: a. Akutni plućni i sistemski zapaljenski odgovor b. Rak pluća
- Azbest: a. Azbestoza b. Mezoteliom
- Najlon: a. Intersticijalni pneumonitis b. Pad plućne funkcije

Drugi štetni uticaji su dokazani na eksperimentalnim životinjama, kao i in vitro eksperimentima. Na našu žalost eksperiment in vivo je izvršen na stanovnicima Srbije u toku 78-dnevnog NATO bombardovanja 1999. godine.

Nastajanje i rasprostiranje nanočestica u ratnim uslovima

Savremeni ratovine imaju odlike viteških borbi, a to se posebno odnosi na terorističke napade: teži se da se uništimo protivnika bez obzira na posledice po zdravlje civila, posebno dece. Posledice razaranja su gotovo nepredvidive u momentu dejstava. Posledice po zdravlje terorističkog napada na Svetski trgovinski centar u Njujorku 11. septembra 2001. su analizirane kroz sistematske preglede okolnog stanovništva, svih preživelih koji su se zatekli na mestu urušavanja zgrada-bližanaca, kao i svih koji su čistili teren. Utvrđeni su slučajevi astme, emfizema, alergijske reakcije i kancera pluća [22,23]

Za vreme NATO bombardovanja Srbije 1999. godine funkcionisao je rutinski monitoring zagađujućih materija u svim segmentima životne sredine. Međutim, to nije bilo adekvatno uslovima indirektnog hemijskog i radiološkog rata [24, 25]. To se na prvom mestu odnosi na merenje PM10-0.1 u blizini mesta dejstovanja. Preostalo je da se nivo zagađivanja životne sredine odredi u postkonfliktnom periodu pomoću biomonitoringa na osnovu oštećenja živih organizama, što je i najskuplje za jednu državu. Međunarodne misije su uzimale uzorke zemljišta i vode po okončanju bombardovanja. Posebno su kasnile kada je u pitanju OU.



Slika 5. Morfologija i sastav OU čestice kod brda Čeja određeni XANES, SEM-XRMA metodama a. oblik b. bela mesta su elementi veće mase c. crvene tačke su ogoljeni na površini atomi OU d. hemijski sastav čestice: maksimum je uranijum, drugi je titan [8]

Renomirane laboratorije su dobijale neke od uzoraka na analizu. Na sl. 4 je prikazan SEM i rendgenski snimak grube OU čestice iz uzorka zemljišta na brdu Čeja kod Prizrena na KiM. Uzorak je uzet krajem 2001. na mestu gde je bombardovano napušteno podzemno komandno mesto PVO. Nije utvrđeno da li su korišćeni protivbunkerski OU projektili, ali je hemijska analiza pokazala (Sl.4 d.) da je dejstvo pojačano titanom, jer je povišena temperatura usijanja vrha penetratora i time brži prolazak kroz barijere. Samim tim i nanočestice su se brže oksidovale i u parnom stanju širile oko mesta dejstovanja. Osrednjavanjem prečnika svih preostalih OU čestica u uzorku se dobio srednji prečnik raspodele po veličini kao jednak ili manji od 2 μm [8]. Uticaji vremenskih prilika u toku 2 i po godine su pomerili srednji prečnik raspodele ka većim vrednostima, jer se manje čestice lakše pridižu u vazduh ili odlaze sa atmosferskim padavinama u dublje slojeve tla. Posebna opasnost preči od prodiranja ovih čestica u podzemne vode gde mogu ispoljavati toksičnost decenijama. U oblasti najintezivnijih dejstava svi vodotokovi pripadaju Jadranskom slivu preko reke Drima.

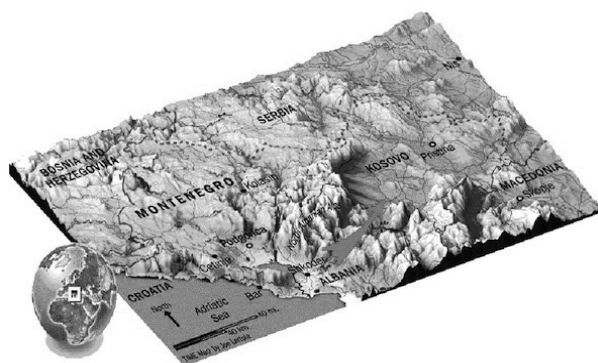
Specifična istraživanja je izvršila italijanska naučnica Antoneta Gati (AntoniettaGattihttps://ec.europa.eu/research/quality-of-life/ka4/pdf/report_nanopathology_en.pdf) kod obolelih vojnika izloženih eksplozijama priupotrebi municije sa OU. Cilj istraživanja je bio da se detektuju čestice OU na uzorcima odstranjenih tkiva. Umesto OU nađeni su metali poreklom iz mete i projektila. Inhalirane i progutane nanočestice mogu da prođu kroz zidove alveolarnog i digestivnog sistema, migriraju u krv i prenesu u bilo koji organ. Provereni su četrdesetak slučajeva italijanskih, tri francuska i jednog kanadskog vojnika. Osim toga, ispitanje deset slučajeva civila iz Sarajeva i isto toliko slučajeva bolesnih civila koji žive u blizini bombardovanog područja. Pomoću skenira-jućeg elektronskog mikroskopa detektovane su 10- nanometarske čestice Br, Cl i Sb.

Uzorci sperme, koji pripadaju mrtvim vojnicima koji su boravili na ratnim područjima, su analizirani i u svim uzorcima su nađene nanočestice. Za razliku od toga, ništa nije pronađeno u sličnim uzorcima kod zdravih subjekata koji su korišćeni kao referentni. Otkriveno je da se prašina raspršila u spermi, takođe je provereno da li su deformisani ljudski i životinjski fetusi sadržavali taj poseban oblik zagađenja. Testirana su dva deformisana jagnjeta čiji su roditelji pasli blizu vojnih streljačkih poligona i osam jetri iz fetusa ovaca poreklom sa Malte. U svim uzorcima su bile vidljive neorganske čestice. Ali nisu nađene čestice OU! Autorka ovog rada je konsultovala prof. dr Brit Salbu, koja je uradila karakteristike čestica OU sa KiM i Kuvajta[9], i dobila od norveške naučnice ocenu da opisana merenja nisu dovoljno reprezentativna, a mišljenje autorke ovog rada je da se ključni dokaz nalazi u opsegu nanočestica od 1 do 10 nm.

Cilj ovog rada je obrazloženje potrebe za preciznijim merenjima. Rutinska kontrola sadržaja uranijuma u urinu je besmislena kada se uzme u obračun masa čestice oksida OU od 10 nm i prag detekcije primenjenih metoda određivanja uranijuma u biološkom materijalu. Čestice OU oksida imaju sinterovonupovršinu [26] te su manje rastvorljive, pa se duže zadržavaju u organizmu i posebno su opasne ako dospeju u limfne čvorove. Zbog toga mnogi slučajevi kontaminacije vojnika nisu pravovremeno otkriveni a bolest se ispoljila godinama kasnije.

IARC ostaje pri svojoj definiciji da gama zračenje pripada najopasnijoj grupi 1 bez dodatnih napomena. A za alfa i beta-emitere, koji se unose u organizam, neophodno je imati dokaze na ljudima da bi se odredilo koji će se radionuklid pojedinačno naći na listi. Smeše radionuklida (izotopa), koje se nazivaju prirodni, obogaćeni i osiromašeni uranijum, su alfa, beta i gama

emiteri. Dakle, kada radionuklidi-alfa i beta-emiteri ulaze inhalacijom, hranom ili vodom u organizme ljudi i životinja, onda mogu biti kancerogeni u najopasnijoj grupi 1. To je definisano 2012. godine i čeka potvrdu za uranijumna ljudskoj populaciji. Koliko slučajeva treba da se zabeleži, ne zna se, ali se zna šta se dogodilo u Iraku, Siriji, Avganistanu, Hadžićima (BiH) i našoj zemlji na jugu Srbije i KiM. Nije slučajno što se relativizuje definicija, jer se ovde ne radi o uranijumu kao konstituentu mnogih jedinjenja prirodnog i antropogenog porekla, već o nanočesticama koje se emituju kada OU metak udari u tvrdu metu. Pogotovo je opasnost veća zato što se najugu Srbije i KiM koristilo reprocessirano isluženo nuklearno gorivo sa tragovima plutonijuma [25] priznatog kancerogena u grupi 1 prema IARC katalogu od 2012. godine.



Slika 6. Orografija Kosova i Metohije. Strelicom je označena oblast karaule Košare, gde su tenkovi izašli 10. maja 1999. na kameniti Rasa Košares na visinu od 1385 m [27] i taj predeo od tada intezivno gađan OU municijom i kasetnim bombama i ostao kao potencijalni izvor OU čestica, jer nije obavljeno čišćenje terena

Evidentno je da su intezivna bombardovanja bila u brdsko-planinskim oblastima (Sl. 5 i 6). I na jugu Srbije je bombardovan TV relej na brdu Pljačkovica praktično usred Vranja. Sa tih visina je vetar prenosio čestice i zasipao sve prostore u podnožju. Vojne misije koje su boravile u Metohiji su zanemarile činjenicu da je to bilo u periodu vegetacije i da je lišće listopadnog drveća zadržalo radioaktivne čestice i pri svakom jačem vetru ih re-emitovalo u vazduh. Takav mehanizam je opisan u doktorskoj disertaciji Milice Tomašević: „Uticao atmosferske depozicije metala na smanjenje otpornosti drvenastih biljaka” (Univerzitet u Beogradu, 2003). Sam naslov teze nas upućuje na opadanje imuniteta, što se očekuje u ratnim uslovima zbog stresa [28]. Merenja su izvršena u Botaničkoj Bašti, tada najzagađenijem delu Beograda česticama olova iz saobraćaja. Objavljeni rezultati su imali vrlo pozitivan odjek u svetu istraživača, a jedan se zapitao da li o takvoj vrsti zagađivanja razmišljamo kad izvodimo bebe u kolicima u gradske parkove (Sl. 7). Pravila zaštite

učesnika italijanskih vojnika u mirovnim misijama nisu predvidela takvu mogućnost te je, nažalost, veliki broj njih oboleo. Potrebno je da se kod svih učesnika u ratnim operacijama ili mirovnim misijama u ratnim zonama ispituju genetske promene [29].

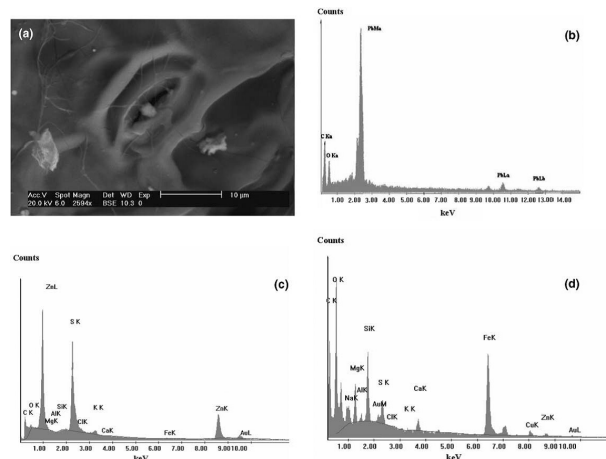


Slika 7. Učinak tepih bombi na Šeh Mahali (42° 12' 17" N, 20° 35' 8" E) <http://www.maplandia.com/serbia-and-montenegro/kosovo/seh-mahala/>

Za utvrđivanje posledicapo zdravlje stanovnika Srbije je bitno da se odredi dokle su stigle čestice OU. Proverenim modelima se mogu odrediti zone najvećeg zagađenja i rastojanje do kog su stigle merljive količine OU čestica. Dokazivanje prisustva OU u zemljištu jesa naučne tačke gledišta najpouzdanije jer je municija, koja je korišćena na KiM i jugu Srbije 1999. godine, pored plutonijuma sadržavala izotop U236 [25] koga nema u prirodi a vrlo se lako detektuje pomoću eksper-tskih analiza. Ne manje je značajno da se utvrdi kuda su se transportovale dimne perjanice nastale u požarima velikih transformatora u kojima je bilo piralena, za-tim pri bombardovanju rafinerija i skladišta nafte i goriva. Regionalni transport do Sevrne Grčke je potvrđen u dve aprilske episode kada su istovremeno bom-bardovani objekti namenske industrije u Lučanima i Čačku, a zatim Rafinerija, Petrohemjaj Azotara u Pan-čevu [24]. Preciznijum modeliranjem treba utvrditi zone maksimalne depozicije karcinogenih postojanih organskih polutanata (POPs). U tim oblastima treba organizovati kohort epidemiološke studije na populaciji okolnih stanovnika, koji su se zatekli u momentu dej-stava obuhvatajući i one koji su migrirali u druge kra-jeve. Po potrebi treba izvršiti sanaciju terena ako mo-deli i kontrolna merenja potvrde zagađenje zemljišta i podzemnih voda toksičnim i karcinogenim materijama iznad dozvoljenog nivoa.

ZAKLJUČAK

Nanočestice su generalno velika pretnja za zdravlje ljudi i životinja na početku XXI veka, jer su dosadašnje



Slika 8. (a) SEM snimak donje strane lista divljeg kestena (b) EDX spektar fine čestice bogate olovom u otvoru stome (c) EDX spektar čestice sa složenom morfologijom na levoj strani (d) EDX spektar čestice na desnoj strani [30]

tehničko-tehnološke mere za njihovo uklanjanje iz vaz-duha radne i životne sredine nedovoljno efikasne. Pred inženjerima zaštite životne sredine su novi izazovi za proizvodnju efikasnih filtera ili novih rešenja u samom toku proizvodnje nanomaterijala.

Ono što predstavlja veću opasnost su posledice sa-vremenih ratovanja sa rastojanja ili „iz vazduha” upo-trebom navođenjenih raketa i projektila velike razorne moći, čija dejstva proizvode oslobađanje ogromnih koli-čina čestica u životnu sredinu (Sl. 6). Ako se radi o municiji sa osiromašenim uranijumom, rizik po zdravlje je veliki kako u momentu dejstava, tako i decenijama posle ako se ne očiste kontaminirani tereni. Tu se mora primeniti poznato načelo predostrožnosti po kome je onaj koji je napravio ekološku štetu dužan da obezbedi urgentna finansijska sredstva za hitnu sanaciju terena jos pre nego što se utvrde razmere štete dok traje konflikt. Ovo načelo treba uneti kao odredbu Zakona o zaštiti planete, koje mora biti obavezujuće za sve članice Ujedinjenih Nacija a njegova primena urgentna u svim slučajevima namernog uništavanja prirode kao što su podmetnutipožari u šumama Amazona.

Iskustvo iz NATO bombardovanja Srbije je ukazalo da se pored standardnih detektora jonizujućeg zračenja ABHO mora opremiti i uzorkivačima PM10-0.1 u vazduhu. Takođe treba zabraniti ulazak u kraterne bombi bez obzi-ra što nije detektovano jonizujuće zračenje, kao i napasanje stoke u blizini mesta dejstvovanja, jer vazdušne struje pridizu kontaminirane čestice i prenose ih u okolinu a njihova koncentracija u vazduhu se snižava što je rastojanje veće.

LITERATURA

1. Nemmar A, Hoet PH, Vanquickenborne B, Dinsdale D, Thomeer M, Hoylaerts MF et al. Passage of 100 nm sized particles in the blood and in the liver, *Circulation*, 1999;105: 411-416
2. Kreyling WG, Semmler-Behnke M, Moller W, Ultrafine particle-lung interactions: does size matter? *J. Aerosol Med.*, 2006;19: 74-83
3. Buzea C, Pacheco II, Robbie K, Nanomaterials and nanoparticles: Sources and toxicity, *Biointerphases* 2007;2: MR17-71
4. Masciangioli T, Alper J, Rapporteurs, Challenges in Characterizing Small Particles: Exploring Particles from the Nano- to Microscales, *Chemical Sciences, THE NATIONAL ACADEMIES PRESS*, Washington 2012 pp. 85.
5. Jeevanandam J., Barhoum A, Chan YS, Dufresne A, Danquah MK, Review on nanoparticles and nanostructured materials: history, sources, toxicity and regulations, *Beilstein J. Nanotechnol.* 9, 1050-1074 (2018)
6. Gatti A, Forensic Nanopathology: a New Frontier of Medicine, *J Nanomed Res*, 2016;4: 00075-77
7. Gatti A, Nanopathology: a new vision of the interaction environment-human life, https://ec.europa.eu/research/quality-of-life/ka4/pdf/report_nanopathology_en.pdf
8. Salbu B, Janssens K, Lind OC, Proost K, Danesi PR, Oxidation states of uranium in DU particles from Kosovo, *Journal of Environmental Radioactivity* 2003;64:167-173
9. Lind OCh, Salbu B, Janssen K, Proost K, Danesi PR, Characterisation of DU Particles from Kosovo and Kuwait, in *Radioactive Particles in the Environment*, Oughton D, V. Kashparov V, Editors, NATO Science for Peace and Security Series C, Environmental Security, Springer Science & Business Media B.V., 2009, pp 57-67.
10. Djurić Z, NANOTEHNOLOGIJE KAO GLOBALNI ZADATAK ISTRAŽIVAČA 21. VEKA, plenarno predavanje, Zbornik radova 49. Konferencije za ETRAN, Budva, 5-10. juna 2005, str.13-27.
11. ETC Group, From Genomes to Atoms the Big Down Atomtech: Technologies, Converging at the Nano-scale, January 2003. <http://www.etcgroup.org/documents/TheBigDown.pdf>
12. Khan I, Saeed Kh, Khan I, Nanoparticles: Properties, Applications and Toxicities, *Arabian Journal of Chemistry* 2017;24: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878535217300990?via%3Dihub>
13. Busby C, Depleted Uranium Weapons, Metal Particles, and Radiation Dose, *European Journal of Biology and Bioelectromagnetics*, 2005;1:82-93
14. Busby C, Does Uranium contamination amplify natural background radiation dose to DNA? *European Journal of Biology and Bioelectromagnetics* 2005;1: 120-131
15. Pattison JE, Hugtenburg RP, Green S, Enhancement of natural background gamma-radiation dose around uranium microparticles in the human body, *J. R. Soc. Interface* 2010;7:603-611
16. Busby C, Morgan S, Did the Use of Uranium Weapons in Gulf War 2 Result in Contamination of Europe? Evidence from the Measurements of the Atomic Weapons Establishment 2006, Aldermaston, Aberystwyth, Green Audit. <http://www.llrc.org/aladermstrept.pdf>.
17. Tazakia K, Wakimoto R, Minami Y, Yamamoto M, Miyata K, Sato K et al. Transport of carbon-bearing dusts from Iraq to Japan during Iraq's War, *Atmospheric Environment* 2004;38:2091-2109
18. Stojanović M, Izveštaj o ekspertskoj analizi "grafitnih bombi", Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Beograd, 2018.
19. Anđelković Lukić M, Oblici direktnog i indirektnog hemijskog opterećenja za vreme NATO bombardovanja SRJ, referat. Rasprava „Posledice NATO bombardovanja Srbije“, Društvo fiziko-hemičara Srbije i Akademski odbor SANU „Čovek iz životna sredina“, Beograd, 22. februar 2017.
20. Visania G, Mantib A, Valentini L, Canonico B, F. Loscocco A, Isidoria et al. Environmental nanoparticles are significantly over-expressed in acute myeloid leukemia, *Leukemia Research* 2016;50:50-56
21. Paik SY, Zalk DM, Swuste P, Application of a Pilot Control Banding Tool for Risk Level Assessment and Control of Nanoparticle Exposures, *Ann. Occup. Hyg.*, 2008;52:419-428
22. Banauch GI, Alleyne D, Sanchez R, Olender K, Cohen HW, Weiden M et al. Persistent Hyperactivity and Reactive Airways Dysfunction in World Trade Center Firefighters, *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* 2003;168:54-62
23. Landrigan PJ, Liyo PJ, Thurston G, Berkowitz G, Chen LC, Chillrud SN et al. Health and environmental consequences of the world trade center disaster, *Environ. Health Perspect.* 2004;112:731-739
24. Vukmirović ZB, Unkašević M, Tošić I, Atmospheric transport and deposition of persistent organic pollutants under warfare conditions, in: *Environmental Consequences of War and Aftermath*, Kassim TA, Barcelo D, Editors, Springer-Verlag, Berlin 2009, p.171-208.

25. Žunić ZS, Miljević NR, Environmental and Health Impact Assessment of Ammunition Containing Transuranic Elements, Ibid.,pp.209-251.
26. Nenoff TM, Jacobs BW, Robinson DB, Provencio PP, Huang J, Ferreira S et al.Synthesis and Low Temperature In Situ Sintering of Uranium Oxide Nanoparticles, Chem.Mater. 2011;23: 5185-5190
27. Drecun M, 1999, Srpski telegraf, decembar 2018.
28. J.N. Morey, I. A. Boggero, A.B. Scott, and S.C. Segerstrom, Current Directions in Stress and Human Immune Function, Curr Opin Psychol. 2015;5:13-17
29. Lindee S, Human genetics after the bomb: Archives, clinics, proving grounds and board rooms, Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences 2016;55:45-53
30. Tomašević M, Vukmirović Z, Rajšić S, Tasić M, Stevanović B, Characterization of trace metal particles deposited on some deciduous tree leaves in an urban area, Chemosphere 2005;61:753-760

ISTRAŽIVANJE POSLEDICA NATO BOMBARDOVANJA NA SRJ 1999. GODINE - (NE)OSTVARIVI SCENARIO

AUTORI

Dr Jagoš Raičević¹, Dr Zorka Vukmirović², Prof. dr Danica Grujičić³, gen. Slobodan Petković

¹ Naučni saradnik u penziji

² Naučni savetnik u penziji

³ Centar za neurohirurgiju Neurohirurške klinike Kliničkog centra Srbije

SAŽETAK

U radu je prikazana metodologija za procenu sveukupnih posledica NATO bombardovanja 1999. godine. Ona se zasniva na rekonstrukciji događaja, utvrđivanjem početnih parametara zagađenja, tj. količine polutanata akcidentalno ispuštenih u ekosistem. Analizom podataka je moguće utvrditi frakcije koje su sagorevanjem dospale u vazduh, i one koje su izlivanjem dospale u zemljište i vodene tokove. Frakcije koje su dospale u vazduh se na osnovu raspoloživih podataka dalje razmatraju primenom odgovarajućih modela za atmosferski transport i depoziciju, a polutanti koji su dospeli u zemljište sa stanovišta migracija u zemljištu i podzemnim vodama. Na taj način se mogu analizirati tadašnja lokalna akcidentalna izlaganja, i da se posmatranjem njihove evolucije u vremenu, povežu sa postojećom epidemiološkom slikom u Srbiji danas. Time se dobijaju elementi za sagledavanje mogućih uzročno-posledičnih veza nastanka raznih oboljenja za koja se sumnja da su posledica NATO bombardovanja; a time se olakšava dalje lečenje i preventiva. Ne manje važno je i to da se ovakvim pristupom može izvršiti provera mogućih zaostalih „crnih tačaka“ na kojima je (ili nije) izvršena neophodna remedijacija. Smisao predloženog projekta nije formiranje tužbi za naknadu štete, već pre svega potreba da se utvrdi da li postoje uzročno posledične veze između povećanog broja malignih oboljenja u Srbiji sa ekološkim zagađenjem nastalim usled NATO bombardovanja, čime bi se omogućila primena odgovarajućih mera prevencije radi zdravlja građana i očuvanja našeg životnog okruženja. Ceo projekat treba da se izvodi u fazama, što je detaljno prikazano u posebnom Elaboratu, koji je poslat našim državnim organima.

Ključne reči: Procena efekata NATO bombardovanja, Transport zagađujućih materija kroz biosferu, Epidemiologija, Procena rizika, Remedijacija

1. Uvodna razmatranja

Nakon NATO agresije 1999. godine, u Srbiji nije bilo koordinisanog napora u cilju sagledavanja mogućih posledica bombardovanja civilnih i industrijskih objekata. O posledicama je počelo da se priča tek nakon prvih, u početku kontradiktornih izveštaja o povećanoj incidenci kancera i drugih oboljenja u Srbiji. Medijsku pažnju su naročito privukli dijametralno suprotni stavovi oko NATO bombardovanja - od toga da postoje veoma ozbiljne posledice epidemijskih razmera, do potpunog negiranja bilo kakvih posledica. Ove rasprave su početkom 2017. godine rezultirale okupljanjem neformalne grupe naučnih radnika oko programa koji su nazvali „Inicijativa za utvrđivanje posledica NATO

bombardovanja Srbije 1999. godine“ (dalje Inicijativa), sa idejom da se sva medijska prepucavanja i glasine, koja su imala i svoj politički odraz - razreše formiranjem nacionalnog projekta, koji bi na naučnim osnovama, prema najvišim standardima bio u stanju da proceni, da li postoje - i kakve su posledice NATO bombardovanja po zdravlje ljudi i ekosistem u Srbiji. Osnovna sumnja koja se logično kod svakog javlja, i pitanja koja se potom postavljaju su - kako je moguće „post festum“ čitavih 20 godina nakon bombardovanja - utvrditi kakve su potencijalne i stvarne štete mogle nastati po zdravlje ljudi i zdravlje životne sredine. Cilj ovog rada je da prikaže metodologiju koja to omogućava.

Zahtevi Inicijative nisu prošli neopaženo, pa je nakon oko pola godine velikog medijskog pritiska, organizovan

sastanak predstavnika Inicijative sa predstavnicima tri ministarstva: Ministarstva za zaštitu životne sredine (MZŽS), Ministarstva zdravlja i Ministarstva odbrane, i dogovoreno je da se započne sa radom na ovu temu, sa tim da MZŽS bude koordinator u svim daljim aktivnostima. Potom je u uslovima pojačanog medijskog pritiska formirana je Skupštinska komisija (dalje Komisija), sa zadatkom da ispita posledice NATO bombardovanja. Sa početkom rada Komisije, postalo je jasno da su njihovi napori usredsređeni na analizu posledica što - iako je važno kako bi se utvrdilo da li država ima problem koji treba da rešava ili ne - ipak ne daje odgovor na pitanje šta treba da se radi u vezi toga. Do sada je veoma malo pažnje posvećeno ekološkom zagađenju nastalom tokom bombardovanja kao uzročniku novonastalih oboljenja, i posledično njegovom uticaju na formiranje negativne epidemiološke slike. Tek sa poznavanjem te komponente je moguće zaokružiti širu sliku i stvoriti uslove za stvaranje zaključaka o uzročno posledičnim vezama između NATO agresije i promenjene epidemiološke slike u Srbiji.

Bez sagledavanja uzroka njihovog nastanka posledice se neće same od sebe sanirati: zdravstvene posledice koje su predmet razmatranja nisu proizvod zalutalog virusa, već su ili posledica akutnih izlaganja hemijskim, biološkim ili radiološkim agensima nastalim u vreme bombardovanja, ili su rezultat dugotrajnog izlaganja istim tim agensima usled njihove migracije i distribucije u životnoj sredini i posledično do konzumiranja kontaminiranih namirnica ili vode za piće. Naravno, koncentracije polutanata u životnoj sredini postepeno opadaju na mestima gde su prvobitno ispuštene pošto se različitim mehanizmima spiranja i migracije prostiru dalje kroz biosferu, zagađujući širi prostor, uključujući površinske i podzemne vode, obradivo zemljište itd. Sa druge strane, veličina zahvaćenog prostora pored veličine inicijalnih koncentracija zavisi i od proteklog vremena, što stvara dodatne teškoće i neodređenosti prilikom modelovanja ovih procesa.

Sasvim je logično pitanje - kako posle 20 godina ustanoviti posledice po zdravlje i životnu sredinu usled prostiranja bilo kog od polutanata koga je danas moguće identifikovati na nekoj lokaciji? Na koji način utvrditi da je jedan određen hemijski agens koji je danas pronađen u zemljištu na nekoj konkretnoj lokaciji - baš onaj koji je zaostao od NATO bombardovanja, a ne recimo usled nemara i javašluka prema životnoj sredini, što je kod nas nekažnjiva kategorija?

Metodologija koja se predlaže nema za cilj da meri i analizira šta se od polutanata koje nam je NATO ostavio u životnoj sredini nalazi danas - 20 godina kasnije. I laiku je jasno da je to praktično nemoguće i da bi to bilo uzaludno trošenje resursa. Cilj metodologije koja

se predlaže - i koja je u grubim crtama prikazana u ovom radu, je da izvrši procenu ispuštenih polutanata u životnu sredinu tokom NATO bombardovanja, da utvrdi stepen ugroženosti kome je pre 20 godina bila izložena tadašnja biosfera i okolna populacija, pa da na osnovu toga tadašnja akutna izlaganja štetnim materijama proceni, i na osnovu savremenih saznanja poveže sa potencijalnim bolestima koje takva izlaganja mogu izazvati. Tada je moguće lako napraviti i sledeći korak - na osnovu dobijenih rezultata moguće je potencijalne efekte uporediti sa današnjim stanjem i aktuelnim statističkim podacima. Tek tada će biti moguće proceniti postoje li ili ne uzročno posledične veze, tj. korelacije između NATO bombardovanja i trenutne epidemiološke slike. I - tek tada ćemo moći da odgovorimo na pitanje šta, kako i gde treba preduzeti, ukoliko je potrebno.

Poznato je da neka mesta gde je usled NATO bombardovanja došlo do ispuštanja teških metala, naftnih derivata ili piralena - nisu do danas u potpunosti sanirana. Ta mesta predstavljaju i dalje kontinuirani izvor zagađenja i potencijalni izvor mnogih oboljenja. Ne ulazeći u razloge zbog čega se takvo stanje i dalje toleriše, treba istaći da će - na osnovu procena nastalih modelovanjem i merenjima na terenu, moći da se naprave detaljni planovi remedijacije, što je zapravo jedan od krajnjih ciljeva celokupnog programa. Rezultati tih analiza će imati ulogu u sanaciji onih „zaostalih“ mesta na teritoriji Srbije, koja se mogu slobodno zvati ekološkim crnim tačkama. Time se zaokružava ceo proces, jer će biti praćene ne samo posledice, već će se sistematski i organizovano uklanjati uzroci.

Ipak prvi i osnovni uslov za bilo kakva dalja razmatranja je - jasna i nedvomljena odluka Vlade republike Srbije da se takav program sprovede. Od te odluke zavise svi dalji koraci i planiranja, odnosno intenzitet njihove realizacije. Ovaj tekst treba da ukaže na moguće pravce delovanja.

2. Ciljevi istraživanja

Osnovni cilj istraživanja je procena da li i u koliko meri postoji korelacija između serije akcidentalnih ispuštanja hemijskih, bioloških i radioloških polutanata nastalih NATO bombardovanjem 1999. godine, i povećane incidence pojave raznih oboljenja, uključujući i kancere. Nakon utvrđivanja uzročno-posledičnih veza - jasno je da je cilj sagledavanje mogućih načina prevencije i uspešnijeg lečenja nastalih oboljenja. Drugi osnovni cilj istraživanja je utvrđivanje činjenica i provera faktičkog stanja na terenu - da li i posle 20 godina postoje mesta koja zahtevaju (ponovnu) remedijaciju, odnosno uklanjanje ili netaknutih, ili loše saniranih

izvora polutanata koji su u životnu sredinu dospeli usled NATO bombardovanja.

Rezultati treba da dovedu do boljeg razumevanja uzroka i efikasnije sanacije posledica NATO bombardovanja, što znači ciljno lečenje i praćenje oboljenja nastalih usled izlaganja opasnim materijama i remedijaciju mogućih zaostalnih „crnih tačaka“ kako bi se sprečio njihov svaki dalji uticaj na zdravlje stanovništva i okolni ekosistem. Sve navedeno znači i uspostavljanje dugoročne strategije za sanaciju pogođenih područja. Ukratko, po dobijanju uvida u stanje životne sredine i zdravstvenog stanja stanovništva koje je na bilo koji način bilo pod uticajem ratnog zagađenja, predložiće se

- mere za sanaciju kontaminiranih terena (remedijaciju),
- mere za kontinualni zdravstveni monitoring ugroženih ljudi, koji su bili izloženi neposrednim radnim dejstvima ili su učestvovali u sanaciji kontaminiranih terena,
- preventivne mere za zaštitu zdravlja njihovih potomaka

Rezultati predloženih istraživanja nemaju za cilj nikakve tužbe za naknadu štete. Svako skretanje u tom pravcu može samo da šteti naučnom i svakom drugom radu koji predstoji. Tek kada se sa rezultatima saglasi Vlada Republike Srbije, koja je u ime resornih ministarstava koordinator i finansijer celokupnog projekta i glavni koordinator programa - određeni rezultati i analize se mogu smatrati konačnim, i mogu postati javni tj dostupni za svaku dalju upotrebu. Ali ne pre toga.

3. Metodologija

Metodologija na kojoj se bazira predlog ispitivanja posledica NATO bombardovanja 1999. godine prilagođena je ciljevima, što znači da se posmatra prostiranje polutanata na lokacijama potencijalnih zagađivača neposredno nakon bombardovanja. Metodologija prati slične korake kada se prati razvoj akcidenta na nekom velikom (npr. nuklearnom ili industrijskom) postrojenju: počinje od razmatranja u to vreme aktuelnih ruža vetrova preko prostiranja polutanata putem atmosferske disperzije i depozicije do procene vrednosti njihove koncentracije u okolnom okruženju (zemlji, usevima, vodi itd.). Putevi mogućih izlaganja polutantima se razlikuju od slučaja do slučaja, ali se generalno svode na udisanje otrovnih materija u periodu prolaska ili zadržavanja oblaka i na kasnije konzumiranje hrane i vode koji su kontaminirani polutantima u različitoj meri. Generalno je poznato koliko je svaki od postojećih polutanata značajan za nastajanje određenog zdravstvenog efekta;

u ovom slučaju, potrebno je potvrditi ili negirati njegovo prisustvo ili ga odbaciti. Na primer, ukoliko se zna da je određenog datuma jedna populacija bila izložena velikim koncentracijama dima sa svim pratećim zagađujućim česticama koje se nalaze u takvom oblaku - logično je da se pored respiratornih, mogu očekivati i drugi zdravstveni efekti.

Sa druge strane, ukoliko je poznato da je određena populacija koristila tokom niza godina vodu iz kontaminiranih vodotokova (u koje su dospeli npr. teški metali, piralen i sl.) logično je povezati sva oboljenja povezana sa konzumiranjem štetnih polutanata preko tog načina izlaganja.

Distribucija i raspodela polutanata kroz ekosistem je široka tema, koja izlazi izvan okvira ovog teksta; međutim, poznavanje mehanizama transporta kroz ekosistem je od krucijalne važnosti za sve dalje analize. Na primer, za transport kroz vazduh se zahteva poznavanje meteoroloških podataka (ruže vetrova, klase stabilnosti itd.) ali i onih koji su relevantni za primenu odgovarajućih modela (npr. lokalna raspodela parametara mokre i vlažne depozicije itd.). Imajući u vidu intenzitet i učestalost bombardovanja, jasno je da treba posebno obratiti pažnju na sinergiju odnosno kumulativne efekte, pošto su bombardovanja bila svakodnevna, i logično je posmatrati superpoziciju svih štetnih dejstava.

Postakcidentalna distribucija polutanata kroz površinske i podzemne vode se obično ne ubraja u prioritetne zadatke, bar ne neposredno nakon akcidenta u kojima su dominantni bili požari na velikim industrijskim postrojenjima. Ali, naša analiza počinje sa 20 godina „zakašnjenja“, što znači da u ovom slučaju ovaj problem razmatramo u realnom vremenu, sa merenjima i analizama koji se odnose na to šta se danas dešava, odnosno do kog stepena su polutanti uspeli da prodru u površinske i podzemne vode, a samim tim i u lanac ishrane (lokalnog) stanovništva. Postoji više projekata koji su se bavili ovim pitanjima, pod sponzorstvom MAAE (Međunarodna Agencija za Atomsku Energiju), kao na primer BIOMASS, VAMP, BIOMOV, ili Evropski E-PRTR, itd.

Ovim kompleksnim pitanjima se kod nas ne bavi mnogo institucija, te će to biti prilika da se ostvari međunarodna saradnja, jer će verovatno mnoge međunarodne naučne institucije koje se bave ovim problemima biti zainteresovane da merenjima i modelovanju pristupe kao nekoj vrsti in-vivo eksperimenta. Kvalitet te saradnje će zavisiti od nemešanja politike u rad na projektu.

U životnoj sredini, stvari su daleko komplikovanije nego u laboratoriji. Najveći deo parametara čije se

poznavanje zahteva kako bi se primenili modeli za procenu transporta kroz ekosisteme, zavise i menjaju se od mnoštva lokalnih faktora. Stoga se za dobijanje iole realnije slike, mora uzeti u obzir da vrednosti najvećeg broja parametara variraju u određenom opsegu, tj. nemaju neku fiksnu vrednost, jer vrednosti nekog parametra izmerene na jednom mestu, ne moraju biti reprezentativne za celu posmatranu lokaciju. Takvim parametrima se pridružuje određena statistička raspodela (najčešće tzv. lognormalna raspodela) i onda se Monte Karlo (npr. LHS - Latin Hypercube Sampling) metodama primenjuje tzv. probabilistički metod čijom primenom je moguće sagledati spektar mogućih posledica ekosistem i ljudsku populaciju.

Pošto je proteklo 20 godina od svih tih akcidentalnih ispuštanja, treba imati u vidu da će korišćenje mnogih parametara korišćenih u analizama, zahtevati i određene pretpostavke, što zajedno sa primenom probabilističkih metoda otvara pitanje tzv. analize neodređenosti i osetljivosti, za šta se danas koriste standardne tehnike i kompjuterski modeli. Ova pitanja će posebno razmatrati relevantni eksperti.

U osnovi, metodologija se svodi na par koraka: posmatra se jedna određena lokacija i jedan izdvojen događaj - neka je to na primer Rafinerija u Pančevu. Pre bombardovanja, u skladištu je bila određena poznata količina nafte, jer se stanje u rezervoarima prati stalno i neprekidno. Nakon bombardovanja zaposleni u rafineriji takođe imaju procenu količine nafte koja je ostala u rezervoaru. Razlika između količine nafte u posmatranom rezervoaru pre i nakon bombardovanja je količina koja je ili sagorela, ili je ispuštena u okolno zemljište. Taj veoma bitni podatak označava inicijalnu količinu polutanta (u ovom slučaju nafte) koji je raspoloživ da u toku akcidentalnog ispuštanja uđe u ekosistem i zagadi ga.

Sada ostaje da se proceni dalja propagacija proizvoda sagorevanja ili izlivanja usled razaranja tanka u kome se (npr. nafta) nalazila, kroz odgovarajući ekosistem. Poznajući meteorološke podatke na dan bombardovanja (kao i za dane neposredno posle toga), moguće je primenom odgovarajućeg atmosferskog modela proceniti koncentraciju polutanata koje je stanovništvo u (široj) okolini te rafinerije udisalo nekoliko dana nakon bombardovanja. Na osnovu podataka iz tog vremena (misli se na period trajanja bombardovanja 1999. godine) kao i raspoloživih podataka o merenjima uzoraka tla i podzemnih voda, može se proceniti količina izlivena nafte u okolno zemljište. Oba podatka - količine koje su sagorele i stvorile oblak koji je bio satima ili danima iznad užeg ili šireg područja oko rafinerije, i količine nafte izlivena u zemljište - predstavljaju ulazne parametre za

modele kojima će se procenjivati koncentracije polutanata koje su udisane, ili su konzumirane kroz ishranu i upotrebe vode za piće.

Poznavanjem početne količine polutanata može se proceniti prostiranje kroz biosferu i ekosistem, čime se može dobiti slika njihove prostorne raspodele. Imajući u vidu velika razaranja, kao i sinergiju više različitih izlaganja, moguće je napraviti sliku izloženosti stanovništva opasnim materijama tokom NATO bombardovanja 1999. godine. Tu sliku treba dalje uporediti sa epidemiološkom slikom, i na osnovu tog poređenja - uzimajući u obzir i propagaciju postojećih neodređenosti, može se dobiti prostorna slika koja pruža mogućnost stvaranja uzročno-posledičnih veza između zdravstvenih efekata i ekološkog zagađenja nastalog usled NATO bombardovanja.

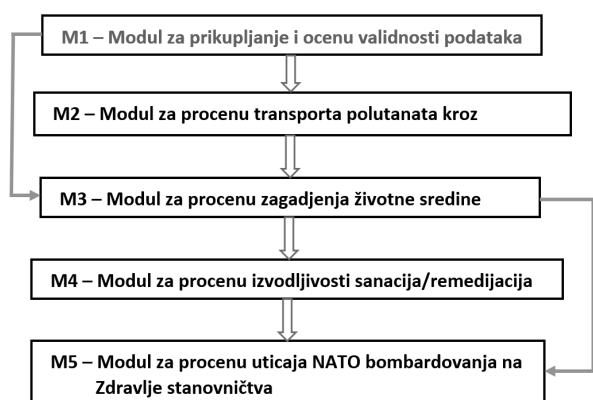
Modularna struktura

Radi lakšeg praćenja i izvođenja projekta, predložena je modularna struktura (prikazana na slici 1) sa ciljem da olakša kontrolu sprovođenja određenih etapa tj. faza projekta. Naravno, ovaj multidisciplinarni projekat se može razložiti i na druge načine, na primer po oblastima, odnosno temama, pri čemu bi se u tom slučaju mogle posebno razmatrati medicinske a posebno inženjerske, odnosno fizičko-hemijske i biološke komponente. U tom slučaju bi morale da se odvojeno prikazuju različite oblasti - što se može ispostaviti logičnije i ekonomičnije. U prikazanom predlogu se sa objedinjenim modulima potencira koordinisani tajming različitih oblasti istraživanja multidisciplinarnog projekta, što bi trebalo da omogućiti lakšu kontrolu nad različitim fazama izvođenja projekta.

Kao što se vidi na slici 1, sve počinje od prikupljanja podataka. Pod time se misli na široki skup podataka koji se mogu podeliti na dve kategorije - oni koji su potrebni za tehničke proračune i one koji se tiču medicinskih analiza. Podaci koji se odnose na primenu raznih meteoroloških, hidroloških i drugih modela, nisu deo prvog modula, zbog toga što zavise od toga koji će konkretan model biti korišćen za procenu transporta polutanata kroz ekosistem.

4. Vremenski okvir

Projekat čine tehničko-tehnološka i medicinska istraživanja, čiji rezultati treba da obezbede pored boljeg razumevanja uzroka i efikasniju sanaciju posledica NATO agresije. Bez uvida u veličinu i kapacitet angažovanih resurse, jasno je da se u ovom trenutku ne može dati precizan vremenski okvir trajanja projekta. Ipak, može



Slika 1. Šematski prikaz modula. Uzajamne veze između modula su razmatrane u tekstu.

se reći je da će tehničko tehnološke nauke ranije izvršiti svoj deo programa. Medicinski aspekti će pred vremena, takođe zahtevati i pomoć relevantnih statističara i stručnjaka za obradu podataka.

Projekat se izvodi fazno, preko različitih aktivnosti koja se paralelno izvode u nekoliko koraka. Brzina odvijanja ovih aktivnosti će zavistiti od upotrebljenih resursa. Naravno, faze ili etape tokom istraživanja su međusobno povezane i nisu strogo razdvojene.

Prva faza

Poslovi koji se tiču faze ne zahtevaju velika sredstva; radi se o sakupljanju informacija o (proceni) količina zagađujućih materija koje su dospale u ekosistem: ili u vazduh kao produkt sagorevanja ili putem ispuštanja u vodotokove, izlivanje u zemljište itd. Veliki deo tih podataka već postoje, jer predstavljaju razliku bilansa inventara pre bombardovanja i posle njega. Podaci Vojske o bombardovanju, zajedno sa procenjenim meteorološkim parametrima u trenutku bombardovanja i prethodno sakupljenim podacima, čine osnovu tzv. „izvornog člana“ (source term), koji predstavlja ulazni podatak za sve kasnije numeričke i ekspertске procene. Ova faza je direktno povezana sa Modulom broj 1.

Druga faza

Za svaki od posmatranih lokaliteta se vrši modelovanje njihove distribucije kroz (odgovarajući) ekosistem. To znači, da se za svaku posmatranu lokaciju, a na osnovu verifikovanih računskih kodova vrši prostorna i vremenska procena koncentracija za svaki od mogućih puteva izlaganja - kroz vazduh, vodene puteve i zemljište. Na taj način se dobija, iako gruba - dovoljno jasna slika o lokacijama na kojima se potencijalno, usled velike koncentracije zagađivača koji su

akcidentalno dospeli u lanac ishrane, može javiti povećana incidenca kancerogenih i drugih oboljenja. Poredeći koncentracije sa različitim lokalitetima, moguće je izvršiti rangiranje lokacija po veličini rizika za nastanak štetnih zdravstvenih efekata. Može se desiti da (numerički) rezultati modelovanja ukažu na to da je potrebno, čak i posle 20 godina, proveriti stanje ekosistema. Ova faza je povezana sa modulima broj 2 i 3, i delimično sa modulom broj 4.

Poslovi koji se tiču druge faze se dele na dve podgrupe. U prvoj se vrše medicinska ispitivanja na lokacijama za koje se na osnovu podataka iz prethodne faze utvrdilo da su potencijalno najviše zagađena. U drugoj podgrupi se na osnovu sakupljenih podataka, vrše numeričke simulacije (kombinovane sa merenjima na terenu ukoliko je potrebno) i procenjuju koncentracije polutanata na odabranim lokacijama. Ove dve podgrupe poslova tesno sarađuju i na osnovu razmene podataka, podešavaju dalje korake.

Ova faza je sa tehničke strane najzahtevnija, jer podrazumeva učesće naših naučnih institucija i vodećih eksperata. Imajući u vidu da se prva faza može relativno brzo završiti (sakupljanje već postojećih podataka), potrebno je unapred obezbediti projektno finansiranje za poslove koji se tiču modelovanja transporta kontaminata kroz ekosistem (vazduh, voda, zemlja), sa daljim procenama rizika po populaciju (preko svih puteva izlaganja). Te procene će biti upoređene sa stanjem na terenu koje su sakupili medicinski radnici.

Treća faza

Na identifikovanim „crnim tačkama“, potrebno je izvršiti dodatne provere zdravlja lokalnog stanovništva, i formirati jedinstvenu bazu podataka, koja postaje sastavni deo nacionalne baze. Upoređujući slične ili iste zagađivače (npr. iste ili slične vrste materija koje nastaju tokom sagorevanja naftnih postrojenja, ili PCB, ili ispuštanje žive itd.) sa različitim lokacija, moguće je formirati određenu grupu epidemioških studija. Pitanje trajanja i obima će zavistiti od upotrebljenih resursa i konkretnih pojava koje se posmatraju. U slučaju radioloških efekata, potrebno je uzimati u obzir i odgovarajuće periode latencije za svaki od posmatranih stohastičkih efekata posebno. To takođe važi i za četiri lokacije na kojima je vršeno čišćenje terena od municije sa osiromašenim uranijumom. Ova faza je povezana sa modulom broj 5.

5. Organizacija

Već je pomenuto da je početkom 2017. godine formirana grupa koja je sebe nazvala „Inicijativa za ispitivanje posledica NATO bombardovanja Srbije 1999“ (dalje Inicijativa), koja je u kratkom roku okupila veliki broj naučnih radnika - od fizikohemičara, hemičara, šumara, inženjera različitih profila i fizičara, do vrhunskih lekara različitih specijalnosti. Tokom skoro dve godine, vođena je široka rasprava, koja je rezultirala predlogom da se formira Nacionalna Laboratorija (NL) u okviru koje bi se obavljale sve dalje aktivnosti prema predloženom programu, sa kojim je u međuvremenu usklađena i predviđena metodologija rada. Sveobuhvatna analiza problema je zahtevala i veliku populaciju naučnih radnika tehničkih i medicinskih nauka, što je dovelo do prilično glomaznog i velikog projekta, koji se bez prethodnih priprema nije mogao tek tako ad-hok formirati. Članovi Inicijative su imali razrađene predloge kako započeti proces istraživanja, ali nisu imali prilike da ga iznesu.

Nakon podrške koju je Inicijativa dobila od Predsednika Srbije Aleksandra Vučića, došlo je i do prvih kontakata sa ministarstvima za zaštitu životne sredine, zdravlja, i odbrane. Nakon nekoliko sastanaka, i skoro godinu dana (čekanja), potpisan je 12. juna 2018. godine Sporazum o formiranju Zajedničkog tela (dalje Sporazum) između četiri ministarstva: Ministarstva zaštite životne sredine (MZŽS), Ministarstva zdravlja, Ministarstva odbrane i Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja. Strukturu tog tela prema Sporazumu čine Savet, Međuresorno koordinaciono telo (MKT), Mreža nacionalnih laboratorija i Upravni odbor (UO). Za koordinatora je prema Sporazumu imenovan ministar zaštite životne sredine koji je imenovan i za predsednika UO. Spisak sa imenima članova svih tela je objavljen na sajtu Vlade Republike Srbije (dalje u tekstu Vlada): <http://www.srbija.gov.rs./vesti/vest.php?id=324030>.

Međutim, od obećanih aktivnosti nije bilo ništa. Ka-ko bi se stvari pomerile sa mrtve tačke, Inicijativa je predložila formiranje Komisije, kao manje organizacione jedinice, sa ciljem da započne i utvrdi strategiju i pravce rada budućeg multidisciplinarnog projekta. Komisiju treba da imenuje Vlada Republike Srbije, jer to zahteva multidisciplinarnost i organizaciju koju po prirodi stvari ne može da pruži jedno određeno ministarstvo. Struktura i sastav Komisije, kao i kontrola njenog rada predstavljaju tehničko pitanje, uz osiguranje kvaliteta u donošenju odluka; drugim rečima, uz sprečavanje bilo kakvih manipulacija i mogućih sukoba interesa.

Mi nemamo mnogo iskustva sa nacionalnim naučnim projektima. Naša nauka je uglavnom preko raznih oblika

međunarodne saradnje usmerena na rešavanje tuđih problema. Stoga uspostavljanje nacionalnog programa neće biti nimalo lak zadatak, bez obzira na svu podršku na koju će moći da računava. Zato će Ministarstvo za nauku imati izuzetno važnu ulogu u izvođenju druge faze projekta. Organizacija poslova u sledećoj fazi će biti podložna određenim prilagođavanjima, o čemu može biti reči tek kada poslovi prve faze daju konkretne rezultate.

6. Umesto zaključka

Pitanje procene posledica NATO bombardovanja složenim čine razni tehnički, ali i drugi aspekti. Sa tehničke strane, jasno je da 20 godina zakašnjenja unosi velike neodređenosti u modelovanje procesa transporta polutanata kroz ekosistem, a time i procenu uticaja na čoveka. Međutim, i pored svih tih neodređenosti, tu svojevrsnu rekonstrukciju događaja je moguće uraditi, šta više - to je neophodno, pre svega zbog provere stanja našeg ekosistema, i utvrđivanjamogućih uzročno-posledičnih veza između povećane incidence raznih maligniteta i velikih akcidentalnih zagadjenja kojima su građani Srbije bili izloženi 1999. godine.

Ipak, moguće je da su neke ne-tehničke nedoumice i motivi veća prepreka za realizaciju ove zamisli od bilo kakvih tehničkih pitanja. Sa jedne strane, država je uložila, ne mala sredstva za remedijaciju najteže pogodjenih područja. Po običaju, kontrola kvaliteta izvršenih radova nije bila na odgovarajućem nivou, te je stoga moguće da se jedan deo otpora iskazuje kao otpor kontroli (ne)uradjenih poslova po tom pitanju. Sa druge strane, postoji pritisak raznih (uticajnih) NVO da se ti poslovi zaustave, zbog bojazaninjihovih sponzora da bi rezultati analiza mogli poslužiti kao dobra osnova za tužbe za naknadu štete protiv NATO država. Ni jedno ni drugo nema veze sa ciljevima koje je postavila Inicijativa.

Dodatak

Lista aktivnosti za M1 - modul za prikupljanje i ocenu validnosti podataka

Naziv aktivnosti	Veza sa
Podaci o bombardovanju	
A1 Vremena i mesta NATO napada (npr. vreme i mesto bačenih bombi)	
A2 Vrsta i tip NATO napada za akcije iz A1(bombe, krstareće rakete, municija sa OU itd.)	A1
A3 Vrsta i tip srušenog objekta (most, zgrada, rezervoar sa naftom, itd.) za A1	A1
A4 Inventar na lokaciji za A1 (količina nafte, piralena, žive, itd.) neposredno pre bombardovanja	A1
A5 Detaljni spisak procenjenih vrednosti količina polutanata iz A4 koji je emitovan u životnu sredinu	A4
A6 Detaljni spisak institucija i odgovornih lica koja su vršili procenu za A5	A5
A7 Detaljni spisak zaostalog, neispuštenog materijala za A4 (prema A5)	A4, A5
A8 Detaljni spisak institucija i odgovornih lica koja su vršila procenu za A7	A7
A9 Detaljni spisak planiranih sanacija za objekte iz A3	A3
A10 Detaljni spisak planiranih sanacija za A5 (a u vezi sa A6)	A5, A6
A11 Detaljni spisak planiranih sanacija za objekte iz A3	A7
A12 Detaljni spisak institucija i odgovornih lica koja su izvodila aktivnosti iz A11	A11
A13 Detaljni spisak institucija i odgovornih lica koja su vršila verifikaciju poslova i zadataka prema A4	A4
A14 Izveštaj institucija i odgovornih lica koja su vršila sanaciju prema A10	A10
A15 Izveštaj institucija i odgovornih lica koja su vršila verifikaciju poslova i zadataka prema A14	A14
A16 Detaljni spisak institucija i odgovornih lica koja su vršila verifikaciju poslova i zadataka prema A11	A11

Naziv aktivnosti	Veza sa
Podaci o monitoringu životne sredine	
A17 Detaljni spisak institucija i odgovornih lica za monitoring, vezan za aktivnosti A10 i A14	A10, A14
A18 Detaljni spisak institucija i odgovornih lica koja su vršila verifikaciju rezultata iz aktivnosti A17	A17
A19 Analiza rezultata i obima monitoringa iz A17 (samo ukoliko nije bilo aktivnosti A18)	A17, A18
A20 Detaljni spisak institucija i odgovornih lica za monitoring, vezan za aktivnosti A11 i A16	A11, A16
A21 Detaljni spisak institucija i odgovornih lica koja su vršila verifikaciju rezultata iz aktivnosti A20	A20
A22 Analiza rezultata i obima monitoringa iz A17 (samo ukoliko nije bilo aktivnosti A20)	A17, A20
A23 Meteorološki podaci za situacije (vremena i mesta) iskazane u A1 (ruže vetrova, klase stabilnosti itd.)	A1
A24 Podaci o kretanju podzemnih voda za situacije (vremena i mesta) iskazane u A1	A1
A25 Podaci o kretanju površinskih voda za mesta iskazana u A1, sa podacima o poplavama itd	A1
Monitoring zdravstvenog stanja stanovništva	
A26 Podaci o naseljenosti stanovništva za mesta iz A1 neposredno pre bombardovanja	A1
A27 Podaci o populaciji prema najbližem datumu (npr. iz 2017. godine) za A26	A26
A28 Podaci o zdravstvenim tegobama stanovništva pre bombardovanja, sa posebnim naglaskom za populaciju vezanu za mesta iz A1	A1
A29 Podaci o zdravstvenim tegobama lokalnog stanovništva neposredno vezanim za A1, A2, A5 i A7 tokom prvih pet/deset godina nakon bombardovanja	A1, A2 A5, A7
A30 Podaci o zdravstvenim tegobama lokalnog stanovništva neposredno vezanim za A1, A2, A5 i A7 nakon prvih pet godina nakon bombardovanja do danas	A1, A2 A5, A7
A31 Podaci o bilateralnoj saradnji domova zdravlja, bolnica i ostalih medicinskih ustanova sa inopartnerima, a koja se tiču procene posledica NATO bombardovanja na zdravlje stanovnika.	

CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE ENVIRONMENTAL RECOVERY OF YUGOSLAVIA (ENRY2001)

AUTHORS

Jasmina Lj. Vujić¹ and Dragoljub P. Antić²

¹ University of California at Berkeley, California, USA

² Vinča Institute of Nuclear Sciences, Belgrade, Serbia

SUMMARY

This paper summarizes the most important facts, conclusions and recommendations presented at the International Conference on Environmental Recovery of Yugoslavia (ENRY2001), which was held in Belgrade from September 27 to 30, 2001. The Conference was organized to describe various environmental consequences of NATO bombing in the Federal Republic of Yugoslavia from March 24 to June 10, 1999, and to give some recommendations for its environmental recovery. The published Monograph, based on the Conference presentations, included 142 papers by 320 authors from 21 countries, as well as three teleconference presentations from the U.S. Environmental Protection Agency (EPA). An assessment of environmental damage and prospects for environmental remediation were also presented. The status of the region up to 1991 (including preexisting ecological characteristics, as well as social and economical development), and the changes between 1991 and 2001 that include the effects of external economic sanctions, civil wars, and the NATO bombing in 1999 were included in the assessments.

INTRODUCTION

During the NATO bombing of the Federal Republic of Yugoslavia (FRY) in 1999, 78 industrial facilities and 45 energy installations were damaged or destroyed, releasing thousands of tons of various hazardous, carcinogenic, mutagenic and toxic chemicals, including some persistent organic pollutants banned by the Stockholm convention for human use, over 150,000 tons of oil and oil derivatives and 367,000 tons of kerosene were burned, more than 20,000 residential buildings were destroyed, and at least 31,000 rounds of thirty millimeter DU munitions were fired. The non-governmental organization G17 Plus, consisting of economic experts at that time, estimated the damage to the infrastructure to about US\$30 billion [2].

The International Conference on Environmental Recovery of Yugoslavia - ENRY2001, was held from September 27-30, 2001, in Belgrade. The Conference was organized with an objective of initiating the overall environmental recovery of FRY through the presentation of existing environmental and health problems caused primarily by NATO bombing, through the discussion about

modern technologies for site remediation, and through the defining of future directions for scientific, financial, legal and social aspects of restoring and protecting the environment. A large number of domestic and foreign experts quickly joined this initiative because they realized the urgency of initiating tangible actions for the recovery of environmental situation in FRY. At the beginning of a Third Millennium, besides global environmental pollution problems, FRY was facing problems of a seriously endangered environment and natural resources, significant environmental pollution around industrial complexes, and dramatic degradation of living conditions and public health because of a decade of devastating economic sanctions and, in particular, the NATO bombing in 1999.

A number of domestic scientific and higher education institutions, industrial firms, domestic and foreign non-governmental organizations, and business and professional societies joined the efforts to co-organize this Conference. The Sponsorship by the Serbian Orthodox Church and the Governments of the Federal Republic of Yugoslavia and the Republic of Serbia significantly enhanced the visibility and importance of this

Conference. Honorary sponsors of the Conference were the President of the FRY, Dr. Vojislav Kostunica, and the Serbian Orthodox Church Patriarch, His Holiness Pavle. Honorary Chair of the accompanying program “Youth and Environmental Protection” was HRH Princess Jelisaveta Karadjordjevic.

The conference included 142 presentations from about 320 authors from 21 countries (presentations were organized in about 40 sessions which were held in two halls), as well as three teleconference presentations from the U.S. Environmental Protection Agency (EPA). Over 200 experts from all fields, including about 40 from abroad (about 10 were of Serbian origin), participated in the Conference. The first part of the Conference was focused on the consequences due to the destruction of industrial complexes resulting from NATO bombing, damage to the environment throughout the period of economic sanctions, specifics of the air, water, and soil degradation, damages to the biodiversity, food quality, medical and psycho-social consequences for the population, etc. The second part of the Conference was devoted to the technologies and approaches for the remediation of the environment, issues in organizing such activities, and required activities for future protection of the environment. The third part of the Conference was dedicated to specific proposals for remediation and recovery of industrial complexes and other “hot spots”.

The full papers were published in the Monograph “Environmental Recovery of Yugoslavia,” in 2002 [1]. The Monograph is close to 900 pages long, and organized in the papers were organized in 9 groups: (1) Destruction of the Facilities - Air, Soil, Surface, and Ground Water Pollution, (2) Depleted Uranium, (3) Human Health- and Bio-Effects, (4) Remediation, (5) Food Safety, (6) Environmental Management and Regulations, (7) Environmental Protection, (8) Sustainable Development, and (9) Psycho-Social and Ethical Effects. The Conference Activity Report and the Conference Conclusions and Recommendations were also included in the Monograph.

Several working groups were formed to work on the final conclusions. The preliminary conclusions were formulated and accepted during the last day of the Conference. The overall agreement was that the Conference was very successful in the presentation and analysis of the environmental problems caused by the NATO bombing and a long period of economical sanctions, as well as in outlining the ways to remediate the situation.

In the next several sections, we will present the Conference conclusions and recommendations for each of major topics covered by the Conference.

AIR, SOIL, SURFACE AND GROUND WATER POLLUTION

The toxic chemicals emissions during the 1999 NATO attacks on major industrial complexes are well documented. Most prominent industrial facilities that were either damaged or destroyed include Pancevo (oil refinery, nitrogen fertilizer plant, and chemical complex), Novi Sad (oil refinery), Smederevo (fuel storage), Valjevo (industrial complex), Kragujevac (industrial complex), and Bor (mining complex). Large amounts of toxic chemicals either leaked out contaminating soil, channels and rivers, or burned out releasing (due to incomplete combustion) dense clouds of toxic chemicals including soot, vinyl chloride monomer, ethylene dichloride, chlorine, phosgene and ammonia. Bombing of electric transformer stations has resulted in leaks of pyralene and other compounds. The health and environmental consequences of such emissions have yet to be evaluated, but all these compounds are extremely toxic with potential carcinogenic, teratogenic, and/or mutagenic effects. Several are environmentally persistent and accumulate in the food chain. Dioxins and other airborne toxins resulting from NATO bombing have also been recorded in several countries (Poland, Hungary and Greece). Atmospheric dioxins recorded in Skopje (Macedonia), downwind of Pancevo immediately following the NATO bombing, reached seven times the internationally agreed „safe“ levels.

Air pollution prior to 1990 was mainly concentrated in urban areas, due to emissions by coal fired power stations, industrial processes, domestic heating, wildfires and automobile exhausts. Inefficient energy utilization and low technical efficiency of industrial processes have made the situation worse, and have offset the otherwise positive consequences (for air quality) of economic decline. Air contamination within the populated areas was continually monitored during the military activities. Further systematic monitoring is required to see whether these emissions, severe but localized in time and space, will lead to significant long-term effects. Soil contamination resulted either from the direct leakage of toxic chemicals into the ground, or by the deposition from the air contamination. Although the results of initial measurements were reported during the Conference, emphasis must be placed on continuous monitoring of heavy metals (Hg, As, Cd, Ni, Be, Pb, Cr, Cu, Zn, DU) and persistent organic

pollutants (POPs, known as “dirty dozen” banned by the Stockholm convention for human use) with the following representatives: PAHs (polycyclic aromatic hydrocarbons), PCBs (polychlorinated biphenyls) and dioxins/furans.

Even during NATO air campaign in FRY and certainly in the months following the destruction of major industrial and commercial facilities, a number of monitoring programs have been initiated to assess the extent of environmental damage resulting from this destruction. These programs focused on the several “hot spots” around refineries, fuel storage facilities, petrochemical industry, and chemical and industrial plants, where the destruction of these facilities lead to significant releases of toxic and hazardous chemicals into the surrounding environment. The Monitoring efforts were primarily focused on heavy metals, PAH, PCB, BTEX and chlorinated solvents.

One of the key indicators of environmental conditions in a given region can be obtained by examining environmental parameters of both surface and ground waters in that region. This is quite evident from a number of presentations given at this conference that focused on water quality parameters throughout FRY.

In general, the initial sampling campaign revealed low levels of organic compounds in deeper groundwater aquifers. However, significant temporal variability in the concentration of these substances suggest possible contaminant plume movement in the subsurface and requires long-term comprehensive monitoring program to ensure environmental quality of major drinking water sources. This is particularly important having in mind well-documented significant contamination of soil and shallow groundwater aquifers in these areas and high probability that some of these contaminants will eventually reach deeper water supply aquifers.

A great focus has already been placed on source reduction in both Pancevo and Novi Sad in order to prevent contamination of drinking water supplies for these cities. It is clear that further remediation measures will have to be taken at both locations. In addition, serious heavy metal contamination of soils around these “hot-spots” and elevated heavy metal levels in groundwater indicate that these locations will represent long-term environmental problem. Well-documented degradation of surface water quality in the vicinity of destroyed installations, most notably of Danube in the region of Novi Sad and Pancevo, requires immediate and wide-ranging attention to this part of the country. It is also clear that enormous quantities of highly contaminated sediments deposited during the last 30 years in the Iron Gate Reservoir represent one

of the most challenging environmental problems that will require challenging efforts to resolve.

Immediate attention to these problems is needed to avoid further environmental degradation and ensure future health and safety of the citizens of FRY. A centralized agency that would coordinate monitoring efforts, collect and analyze data in order to perform risk assessments, establish trends, and prioritize environmental activities, and coordinate environmental improvement efforts is sorely lacking. It is also an imperative to establish a rigorous quality assurance/quality control program for environmental monitoring to ensure validity of the data collected in these monitoring campaigns. This is especially important having in mind that long term monitoring program will be required to assess the risk of environmental pollution and to document the effectiveness of remedial measures that will be undertaken. A number of innovative technologies, both biological and physical/chemical, for soil and groundwater remediation have been discussed at the conference. It appears that most of the problems related to chlorinated solvents, petroleum hydrocarbons and heavy metals maybe appropriately addressed using inexpensive approaches like permeable reactive barriers, accelerated bioattenuation and phytoremediation.

Besides these alarming problems caused by the bombing campaign in 1999, past decades of neglect have resulted in serious shortfalls in environmental conditions throughout the country. Municipal and industrial wastewater collection and treatment systems were considered burden to the national economy and their absence resulted in significant pollution of both surface and ground waters with various inorganic and organic contaminants. On the other hand, most of the drinking water plants lack necessary treatment steps to deal with precisely these contaminants. A serious investment in both of these areas should be one of the priorities for both local and republic governments.

DEPLETED URANIUM ISSUES

A total of 19 papers contributed by authors from 9 different countries were presented in 4 consecutive sessions. The papers could be grouped into those dealing with: (a) use of DU weaponry; and (b) measurement techniques and sampling methodology. Together with domestic experts, 11 prominent world experts from 8 institutes for the first time offered results of their research. Subsequently, a lively panel discussion took place.

DU Paper Overview

General Zaric, chief of Nuclear-Biological-Chemical Defense Department, presented invaluable VJ (Vojska Jugoslavije) insights into the NATO use of DU weaponry during the 1999 Kosovo war. VJ anticipated that American A10 tank buster would use DU weaponry and acted to protect its troops. Detailed map with locations of DU ordinance existed the day VJ withdrew from Kosovo on June the 10th. NATO provided a list of 112 locations a year later at the request of the UN Secretary General. In November 2000, UNEP conducted a field mission and took samples from 12% of NATO sites. Zaric presented a map of Kosovo with the NATO, VJ and UNEP sites showing significant differences leading to a conclusion that the true story is not fully known yet until the discrepancies are resolved. The NATO map also excluded locations from four sites in Southern Serbia and one from Montenegro. The sites in Southern Serbia are fenced off while the site in Montenegro was cleaned up. The VJ conducted a medical examination of 1800 soldiers who were potentially at risk. From this a smaller group was formed for additional examinations and follow-up. Malignant diseases have been observed thus far but cannot be conclusively linked to DU exposure.

Dr. Joksimovich, consultant from the U.S., presented results of his literature research including the DU use in three wars: Persian Gulf, Bosnia and Kosovo. Concluded that since underlying causes of so called Gulf and Balkan syndromes have not been found over a decade, the DU must continue to be a prime suspect. Hence, it is prudent to call for a moratorium which is what general Zaric called for as well. Joksimovich also felt that DU use in the Kosovo war reckless in the extreme. Ajdacic, formerly of the Vinca Institute, challenged NATO credibility by pointing out additional locations in Albania and Macedonia and claimed firing of 43,300 rounds rather than NATO's official figure of 31,000. Stegnar, from Slovenian Joze Stefan Institut, summarized the IAEA mission findings including no link to leukemia. McLaughlin, University College Dublin, Ireland, analyzed a DU penetrator found in Southern Serbia which contained plutonium (Pu) and concluded that the radiation dose from Pu was much smaller than that due to uranium isotopes and therefore the concern could be dismissed. This conclusion was also corroborated by three other laboratories in Europe. There was a unanimity amongst the authors that possible health risks arise from inhalation of DU aerosol or from ingestion via the food chain. If sufficient quantity is inhaled lung cancer may occur. The chemical toxicity via the food chain may result in kidney failures.

Priest, Middlesex University, UK, with funding from BBC Scotland collected 25 urine samples from members of the public in Bratunac (Bosnia) and Djakovica and Klina in Kosovo. All subjects measured excreted DU although levels were mostly lower than those of natural uranium. The presence of DU in urine of a 1-year old child indicate the exposure is continuing. Mietelski, Institute of Nuclear Physics, Krakow, Poland, analyzed an aluminum jacket of DU bullet found in Kosovo using gamma and alpha spectroscopy. The gamma spectroscopy turned out to be more useful for the studies of uranium isotopic ratio. Anagnostakis, National Technical University Athens, discussed measurement options for identifying DU in the presence of natural uranium. Orlic, Vinca Institute, summarized uranium content measurements from bomb craters. With exception of Cape Arza location in Montenegro, the concentrations were comparable to natural uranium levels thus corroborating general Zaric findings that the DU was not used by NATO in Tomahawk Cruise missiles bombings of Serbia. Pavlovic, Vinca Institute, reported on contamination of the Adriatic Sea and its shore near Cape Arza in Montenegro: 2000 divers active in the area represent the most affected population group. Navratil, Clemson University in South Carolina, USA, presented advances in treatment methods for uranium contaminated water and soil at U.S. Department of Energy sites.

DU Panel Discussion

Mietelski (Poland), Waligorski (Poland), Priest (UK), McLaughlin (Ireland), Stegnar (Slovenia), Ajdacic (Yugoslavia) and Joksimovich (USA) were the panelists. Stegnar acted as the moderator. Many participants in the audience provided contributions in addition to the panelists. Several panelists made a point that only scientific data and approaches should be taken into account as opposed to the political ones. Two approaches were discussed. One would connect the DU issue with new cases of cancer, while the second would focus on detection of possible observable health effects. Necessity of measuring, quantifying and assessing actual situation in targeted areas was emphasized. Importance of standardizing methodology in the fieldwork was also stressed. Quality assurance procedures must be established. Critical groups of potentially exposed people should be identified first. It was noted that studies dealing with health consequences of the Chernobyl accident demonstrated significant health detriment in the affected population attributable to the psychological stress resulting in alcoholism, suicide and

other psychosocial problems. Similar types of stresses have been observed in the Balkans. Some panelists were leaning towards equating the risk of DU exposure to that of natural uranium plus stress while the others quoting the Gulf War cases felt that the DU exposure might pose additional risks.

DU Concluding Remarks

Public reaction to any kind of risk exposure is strongly related to the perception of that particular risk. Among others factors, perception of risk is also dependent on the controllability of risk and the uncertainties related to it. After the NATO actions in FRY, the population was additionally anxious concerning the lack of accurate data about the targets bombarded with the DU, possible health effects and overall risk assessment. Thus, discrepancies between the NATO and VJ data regarding use of DU ordinance in Kosovo needs to be resolved as soon as possible. UNEP could be involved. An agreed upon data base (how much DU was used and where) should be established which would include all affected sites in Bosnia, FRY (particularly in Kosovo) and Macedonia. Existence of this data base would have multiple benefits including reduction in public anxiety. It would enable both the international community and the Serbian authorities to plan and fund relevant epidemiological data studies. An international cooperation under the auspices of relevant international organizations should be established to plan and fund a scientific study of the health and environmental risks of long and medium term exposure (radiological and chemotoxic) to DU on population. The existing epidemiological data obtained in the uranium mines workers study may not be fully applicable. The results of this scientific study would provide the authorities with an objective basis for dealing with public perception of the DU contamination and thus would yield to a reduction in psychological stress.

The sites in Southern Serbia, currently fenced off, need to be cleaned up in due course. Use of inexpensive phytoremediation should be looked into. The same is true for the sites in Kosovo.

AGRICULTURE AND FOOD SAFETY

In FRY legal framework for food safety was based on internationally recognized scientific research. Despite all well-known civil wars, sanctions and NATO interventions, food safety control system sustained, probably due to the widely accepted importance and recognized public health impact of this issue. In 1989

due to the initiative of Federal Institute of Public Health, the annual food safety-monitoring program was established: 22 food items are tested on the quality standards parameters as well as on food safety including microbiological and chemical parameters.

Very few studies in FRY have provided data of complete biomonitoring of the certain pollutants, and thus no proper and accurate data on contaminants consumption could be obtained. In order to prevent entering the contaminants to the food chain, new recommendations from WHO, FAO and EU suggest implementation of integrative approach to food safety known as "from farm to table". This new system of integrative control should provide both safer food for our population, and adequate products for export, thus helping sustainable development of the agriculture. WHO and FAO recognize residues of veterinary drugs in food as one of the major public health concerns. The following programs must be included in the FRY regulations and performed by authorized laboratories and supervised by a centralized agency: (a) monitoring of residues of environmental contaminants (pesticides, PCBs, and other toxic elements) in tissues of food producing animals, and (b) control of the legal use of sulphenamides and other drugs, illegal use of anabolic agents, and use of unapproved compounds in animal breeding.

An effective program should include: (a) examination of excreta from animals, feeding stuff and drinking water on the farms; (b) monitoring of residues in excreta, bile and tissues at the slaughterhouse from animals of known origin; (c) backtracking (in the case of positive result) to find the source and reasons for violations, and their elimination; (d) development and use of sensitive screening and reliable confirmation methods for detection of very small amounts (ppb level or less) of compounds of interest.

NATO bombing affected agriculture and food chain through the air, soil and ground water contamination, and through the damage and destruction of the pre-farming technological sector: production and distribution of energy, production of fertilizers and other chemicals, production of agricultural mechanization, and production and distribution of fuel. It is necessary to obtain and present reliable data on the post NATO bombing environmental status in agriculture and food chain, in order to: (1) take preventive measures for health protection of the consumers of agricultural and meat products, if the results of measurements, monitoring and subsequent investigation show that there is a need for such action, and (2) undertake adequate measures to prevent spreading of eventual disinformation that might have unwanted marketing

connotations for exporting possibilities of our “healthy food”.

HUMAN HEALTH (BIOMEDICAL EFFECTS)

Prolonged environmental degradation and reduction in standard of living during the 10-year period of economic sanctions and isolation, culminating in the 1999 NATO intervention, had imposed a substantial health risk for the entire population of Yugoslavia, and in particular those living in the regions identified as “hot spots”. Many different pollutants in large concentrations (up to 1000 times permissible) had been released in densely populated areas. Papers presented at this conference have proposed models for malignant disease risk assessment. The projection of the incidence rate up to the year 2020 and the regional distribution had been calculated based on the 30-year descriptive and analytical epidemiological studies. According to that, sharp increase in cancer rate could be expected particularly in some population groups. Since the latency period for most malignant diseases is over 5 years, long term follow up studies are required. Meanwhile, analytical procedures (biomarkers and gene markers) based on molecular genetics had been proposed as a part of the process of monitoring and preventing serious health consequences.

Some papers recommended a comprehensive study of the effect of carcinogens released during the NATO air campaign, in collaboration with international experts with experience in analyzing health consequences from industrial accidents and suggested urgent remediation measures, including cancer prevention and screening.

A retrospective study that was done in pre term newborn (1996 - 2001) had revealed the incidence rate of congenital malformations to be stabile, ranging from 12.7 to 19.2 %. Some other small-scale studies had pointed out that psychosomatic and social consequences could be of utmost importance in overall health impairment.

Polarized views of different interest groups on Gulf War and Balkan Syndrome etiology and consequences, maintain long term controversy mainly due to the lack of meaningful and objective interdisciplinary research. Despite dismissing claims that DU cannot be linked to cancers, some veterans have been sick and even died of still undetermined causes.

The considerable scientific uncertainties concerning health impacts of seriously degraded environment in FRY are even more important for civilians living in post-conflict environment. This high-risk population should be under long-term surveillance and if necessary

medical care for all of them should be provided. Both prevention and management actions should be evidence based.

A centralized government agency is proposed to collect and analyze data in order to perform risk assessment should incorporate Rapid System of Notification of Environment borne diseases (like one that we have for Infectious Diseases). It should be connected with both district public health authorities and inspections capable for implementing immediate measures and sanctions in order to prevent health hazards.

RENEWABLE RESOURCES AND ENVIRONMENTAL TECHNOLOGIES FOR SUSTAINABILITY (workshop summary)

Intensive and uncontrollable development of human civilization, urbanization and industrialization, have been major causes of environmental pollution and degradation. In order to prevent further depletion of natural resources and pollution and degradation of the environment, future environmentally friendly technologies must include: sustainable development and preventative technology, designed to reduce the environmental impact of technological processes, operations and products.

Workshop specific conclusions are:

1. Environmental damage is caused not only by wars and terrorism, but also by some technologies that are developed for the sole purpose of corporate profit without any regard to their environmental impacts and the effects they may have on human health.
2. Risks of development and use of such technologies and a consequent need for recovery and remediation have to be reduced by the appropriate knowledge dissemination and implementation of preventive environmental technologies: control, monitoring and avoidance.
3. In order to approach sustainable development it is necessary to further improve and increase use of renewable energy and material resources, and related technologies (biomass, solar - thermal, -photovoltaic, and - hydrogen, geothermal, wind, mini-hydraulic, waste recycling,..)
4. Sustainable development that includes deep cuts in greenhouse gas emissions and resource consumption needs to be promoted, with creation of a new culture of ethics of sustainability.

GENERAL CONFERENCE CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

Principal Conference conclusions and recommendations are divided into four categories:

(A) ESTABLISHMENT OF A CENTRALIZED ENVIRONMENTAL RECOVERY AND PROTECTION AGENCY

This government agency should:

1. Establish long-term national environmental policy,
2. Strengthen environmental institutions and enforce environmental laws and regulations,
3. Modify and harmonize national environmental regulations to conform to the European Union and WHO regulations,
4. Coordinate monitoring efforts and provide comprehensive assessment of environmental status in FRY,
5. Collect and analyze data to perform risk assessments establish trends, and prioritize environmental activities,
6. Coordinate environmental remediation and improvement efforts,
7. Propose long-term plans in environmental restoration and protection,
8. Establish information exchange and provide modern educational resources,
9. Establish cooperation with international organizations.

(B) COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL STATUS IN FRY

The devastation of the environment in Yugoslavia has been built up over a period of many years. This clearly suggests that the starting point for any comprehensive assessment of the environmental status of FRY must precede NATO bombing. This initiative recommends that the whole observation interval be divided into four segments with the following principal activities:

1. 1990 as the reference starting point or ground "zero state." All available data prior to dissolution of Yugoslavia should be taken into account including assessments of international experts using state-of-the-art methodologies.
2. June 1992-March 1999 as the interval of depleting environmental resources due to imposition of the UN economic sanctions on May 30 (UN Resolution #757). All available measurements of environmental quality indicators as well as mode-

ling of pollutant depositions should be taken into account.

3. 1999 NATO Air Campaign, March 24-June 10, regional consequences including those in FYROM, North Greece, Bulgaria, Romania and Hungary. All available environmental quality indicators should be taken into account. Uncontrolled pollutant releases into the atmosphere should be assessed taking into account material balances associated with burning and evaporation of crude oil and its derivatives, releases of toxic chemicals from chemical/petrochemical plants and fuel storage facilities as well as release of pyralene from damage to transformers. Due emphasis should be placed on heavy metals (Hg, As, Cd, Ni, Be, Pb, Cr, Cu, Zn, DU) and persistent organic pollutants (POPs) with the following representatives: PAHs, PCBs and dioxins/furans. Impact assessments should be provided using local scale such as for the above-mentioned hot spots, regional scale especially for environmentally protected areas and the agricultural regions for food chain products.
4. June 10, 1999 to date. Basis should be integrated environmental monitoring of all above listed pollutants in all environmental media, i.e. air, water and soil, with emphasis on the food chain. Number of monitoring stations and frequency of sampling should be commensurate with the expected pollution levels.

In addition to most reputable agencies and institutions in FRY, other reputable institutions in the region should participate in this effort. Intercomparisons of measurement techniques between the participating labs should be performed in order to achieve international standards. Obtained data should be analyzed from the standpoint of all relevant environmental parameters, i.e. meteorological, hydrological, geochemical, topographical, etc. FRY multidisciplinary experts would constitute bulk of the project personnel supplemented with regional experts from Greece, Bulgaria, Romania, Hungary, and former Yugoslav republics. The Serbian diaspora experts will have a leading role in a joint search for appropriate remedial actions and environmental recovery of FRY.

In order to accomplish these goals, it will be necessary to strengthen environmental infrastructure in FRY: improve laboratory and field measurement capabilities, and assure financial support for experts and research institutions. It must be emphasized, however, that FRY researchers and experts deserve praise for the work (measurements, testing analyzing) they did in

laboratories and in the field during and after the 1999 NATO bombing campaign, under very difficult circumstances.

(C) RISK ASSESSMENT OF CONTAMINATED SITES AND THEIR RANKING TO SET CLEAN-UP PRIORITIES

Hazardous site ranking promotes the effective use of limited funding resources and expertise. First and foremost FRY needs to analyze risk from all those contaminants that were released during the bombing campaign. It must quickly identify those sites that represent immediate and verifiable threat to human health and environment. The hazardous site ranking should include:

1. Characterization of pollutants: identification, source, estimation of quantities, evaluation of chemical properties (mobility, persistence, toxicity, bioconcentration).
2. Routes of migration: groundwater, surface water, air, soil ingestion.
3. Identification of the risks: is there a human health risk (immediate, long-term), is the environment threatened, is the socio-economic stability of the area threatened, is the risk acceptable, what is the uncertainty.
4. Inclusion of other factors that might influence site ranking: cost of cleanup, political factors, public opinion, potential for reuse.

UNEP, FOCUS and FRY Report identified bulk of the contaminated sites, but their ranking and clean-up priorities should be revisited. Priority must also be given to preparation of a feasibility study for clean-up activities in areas identified in the FRY Report - "The Consequences of NATO Bombing for the Environment in FR Yugoslavia," prepared in February 2000 by the former Federal Ministry for Development, Science and Environment.

Assessment of environmental pollution must be made for all sites with fuel storage facilities destroyed during the NATO bombing, like fuel storage facilities near Smederevo, Sombor, Novi Sad, etc. Environmental pollution potential must also be assessed for the main permanent environmental polluters and should be appropriately addressed in their reconstruction plans. Priority should be given to facilities that pose significant environmental risk like those in environmental black points in Bor, Trepca, coal fired plants in Obrenovac, Lazarevac, Obilic, etc.

(D) REMEDIATION OF "HOT SPOTS" SHOULD BEGIN IMMEDIATELY

Clean-up activities in high-risk areas must begin immediately. UNEP/UNOPS and SDC have started the remediation process of some contaminated sites - it should be continued and speeded up if possible. Having in mind the present situation in Yugoslavia and the scope and complexity of the activities needed to clean up the polluted areas, their implementation will require financial and technical support from the international community with participation of domestic experts and organization.

1. Top priority could be given to 27 clean-up projects in the four so called „hot spots“ in Novi Sad, Pancevo, Kragujevac and Bor, identified in a feasibility study finalized by the UNEP Balkan Task Force in April 2000.
2. Top priority must be given to identification, assessment and clean-up activities in the areas where NATO used ammunition with depleted uranium.
3. Simple things like aeration tubes, containment walls and diversion walls need to be put in place immediately as an interim action to prevent further environmental damage. These temporary measures will also reduce future cleanup costs and the time required for the cleanup. The biggest advantages will probably be realized for the fuel spills but other contaminated areas would also benefit from these activities.
4. It should be emphasized that remediation and environmental reconstruction should be primarily done by Yugoslav environmental authorities, enterprises, institutes and professionals (experts) in collaboration with international organizations. Only in the case that domestic expertise/technology/instrumentation is lacking, foreign companies should be hired to do the cleanup.
5. Multiple solutions compared by life-cycle costs, efficacy, and secondary effects with the conventional baseline technology should be considered for every major cleanup project.
6. Innovative technologies should be assessed keeping in mind that a possible alternative to environmental cleanup is monitored natural and accelerated attenuation. The environment has a tremendous capacity to cleanse itself and we can often make things worse over the long-term by using aggressive remediation techniques.

CONCLUSION

Since the 1999 NATO's bombing of FR Yugoslavia, where huge amounts of various hazardous, carcinogenic, mutagenic and toxic chemicals, including some persistent organic pollutants banned by the Stockholm convention for human use were released and uranium depleted ammunition was used, little has been done to identify and remedy the dire consequences of this bombing for the environment and human health, as well as to gather relevant data on material damage and make it available to the public. It is why we decided to point out to significant contributions of this Conference held in 2001, and to its important conclusions and recommendations.

A framework for a definitive assessment of environmental damage and prospects for environmental remediation should take into account: (a) the status of the region up to 1991 (including preexisting ecological characteristics, as well as social and economical development) needs to be taken into account, (b) the changes between June 1992 and March 1999 that include the effects of external economic sanctions and civil wars,

(c) the NATO bombing in 1999, and (d) June 10, 1999 to date. Regarding medium and long-term health effects, epidemiological study must be conducted to collect data and assess health risk, psychosomatic and social consequences.

In addition, the Conference experts pointed out that: (1) It was just the beginning of the work on ecological recovery of FRY, and more activities must be planned for the future; (2) There is a large potential in experts of all profiles in the country, as well as abroad among the international experts of our origin, that could work together to initiate collaboration with international scientific institutions, companies and financial organizations; (3) This collaboration should be initiated by our experts through various proposals that could be a starting point for a broader collaborations with international institutions and organizations; (4) It is necessary to establish a pool of young researchers and experts which will be educated through this collaboration to carry on the implementation of modern methodologies for environmental protection and recovery under the specific conditions in FRY/Republic of Serbia.

LITERATURE

1. D. P. Antic and J. Lj. Vujic, Editors, "Environmental Recovery of Yugoslavia," Monograph published by Vinca Institute of Nuclear Sciences, ISBN 86-7306-054-0, 2002.
2. https://www.b92.net/eng/news/politics.php?yyyy=2006&mm=06&dd=09&nav_id=35250 (Accessed on Oct 28, 2019)

PROCENA RIZIKA PO ŽIVOTNU SREDINU NA OSNOVU KONCENTRACIJA ELEMENATA (SA POSEBNIM OSVRTOM NA KONCENTRACIJU URANA) U UZORCIMA MAHOVINA I ZEMLJIŠTA SA TERITORIJE POKRAJINE KOSOVO I METOHIIJA

AUTORI

Tijana Milićević¹, Mira Aničić Urošević¹, Gordana Vuković¹, Predrag Vasić², Tatjana Jakšić², Dragica Nikolić³, Aleksandar Popović

¹ Institut za fiziku Univerziteta u Beogradu, Pregrevica 118, Beograd

² Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Prištini, Ive Lole Ribara 29, Kosovska Mitrovica

³ Institut za higijenu i tehnologiju mesa, Kačanskog 13, Beograd

⁴ Hemijski fakultet Univerziteta u Beogradu, Studentski trg 12-16, Beograd

SAŽETAK

Kada se zagađujuće supstance jednom emituju u atmosferu, dalje se talože na zemljinu površinu i vegetaciju odakle se mogu akumulirati u biljnom materijalu. Veliki je izazov proceniti i opisati načine deponovanja zagađujućih supstanci u životnoj sredini, kako bi se ispravno procenile dalje posledice po životnu sredinu. U ovom istraživanju, izmerene su koncentracije potencijalno toksičnih elemenata u mahovini *Hypnum cupressiforme* Hedw i u površinskom sloju zemljišta (0-5 cm), koji su sakupljeni sa 21 lokaliteta sa teritorije pokrajine Kosovo i Metohija (Republika Srbija) tokom 2016. godine. Koncentracije Al, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, V, Zn i U su izmerene induktivno spregnutom plazmom sa optičkom emisionom spektrometrijom (ICP-OES) i induktivno spregnutom plazmom sa masenom spektrometrijom (ICP-MS). Vrednosti medijana koncentracija Ba, Cd, Cr, Co, Ni, V i maksimalnih vrednosti koncentracija As, Cu, Pb i Zn u uzorcima zemljišta su bile više od propisanih graničnih vrednosti u nacionalnim i međunarodnim regulativama. Primenom različitih jednačina procenu nivoa zagađenja: faktora obogaćenja (Enrichment Factor-*EF*), geoakumulacionog indeksa (Geoaccumulation Index-*I_{geo}*) i kumulativnog indeksa zagađenja (Pollution Load Index-*PLI*), procenjivanisu uticaj zagađenja i poreklo potencijalno toksičnih elemenata u uzorcima na ispitivanim lokalitetima. Različiti indeksi zagađenja ukazuju da na ispitivanom području postoji umereno do znatno zagađenje ($2 < PLI < 5$; $1 < I_{geo} < 7$, $1 < EF < 275$) potencijalno toksičnim elementima. Ispitivani lokaliteti u severnom delu pokrajine, koja je poznata po svojim rudnim bogatstvima, posebno su izloženi toksičnim elementima, što je najverovatnije posledica eksploatacije i prerade ruda i odlaganja otpada koji nastaje tokom eksploatacije. Poređenjem faktora obogaćenja (*EF*) izračunatog u odnosu na vrednosti elemenata prisutnih u zemljinoj kori kao i onih u regionalnom i lokalnom kontrolnom uzorku, obogaćenje elementima ukazuje na dominantan geogeni uticaj zemljišta (resuspendovanjem) na obogaćenje uzoraka iz okruženja (mahovina i zemljišta) toksičnim elementima. Međutim, *EF* vrednosti za Pb, Cu, Zn i U u uzorcima mahovina su bile značajno više od onih izračunatih za površinski sloj zemljišta sakupljen u neposrednoj blizini analizirane mahovine, što bi moglo biti pokazatelj i nekog udaljenog uticaja zagađenja. Na kraju, izmerene koncentracije elemenata i svi proračuni za procenu rizika po životnu sredinu, ukazuju da postoji dominantan geogeni uticaj u istraživanim područjima širom pokrajine.

Ključne reči: zagađenje vazduha, lokalni kontrolni uzorak, pasivni biomonitoring, faktor obogaćenja, geoakumulacioni indeks, kumulativni indeks zagađenja.

UVOD

Zagađenje vazduha u urbanim i industrijskim oblastima predstavlja veliki problem zbog njegovog negativnog efekta na ljudsko zdravlje i životnu sredinu. Procena taloženja zagađujućih supstanci iz vazduha na velikim područjima predstavlja izazov sa naučnog aspekta, jer su podaci o kvalitetu vazduha veoma promenljivi i njihova dostupnost je retka, posebno za udaljene i neurbane oblasti. Regulatorne stanice za monitoring kvaliteta vazduha su često neravnomerno raspoređene i uglavnom su koncentrisane u urbanim sredinama. Finansijski troškovi za njihovu nabavku i tehničko održavanje, obezbeđivanje snabdevanja električnom energijom i specifičnost i nedostupnost mnogih lokacija za uzorkovanje predstavljaju glavna ograničenja za regulatorna merenja.

Bioindikacijom ili bioakumulacijom zagađujućih supstanci, živi organizmi odražavaju ekološko stanje njihovog staništa. Biomonitoring predstavlja metodu komplementarnu instrumentalnim merenjima jer organizmi mogu pružiti kumulativnu informaciju o izloženosti organizma zagađujućim supstancama koje su prisutne u životnoj sredini, a takođe mogu dati i informaciju o kvalitetu životne sredine velikih površina. Naučnici širom sveta fokusirali su se na istraživanje odnosa između biomonitora i zagađujućih supstanci, i pratećeg rizika po zdravlje ljudi (Árvay et al., 2017; Aničić Urošević et al., 2017, i reference u njima). Po definiciji, biomonitoring predstavlja sistemski proces posmatranja i praćenja promena u životnoj sredini praćenjem promena samih organizama (Li et al., 2010), a koji se može ponavljati tokom vremena koristeći identične protokole.

Danas postoje međunarodni programi koji se fokusiraju na upotrebu biomonitora za procenu sadržaja zagađujućih supstanci u vazduhu i procenu njihovog uticaja na životnu sredinu. Od 1990. godine, istraživanje teških metala u Evropi korišćenjem mahovine kao biomonitora sprovodi se na svakih pet godina, sa sve većim brojem učesnika, a trenutno je uključeno 36 zemalja (Frontasyeva et al., 2017).

Ideja o upotrebi mahovina za merenje atmosferske depozicije potencijalno toksičnih elemenata razvijena je krajem 1960-ih (Rühling i Tyler, 1973), jer su mahovine organizmi koji formiraju „tepih“ sa zanemarljivim usvajanjem elemenata iz zemljišta putem nearzviženog korena dok većinu hranljivih elemenata usvajaju nadzemnim delom direktno iz padavina i suve depozicije (Zechmeister et al., 2003). Ovi širokorasprostranjeni organizmi imaju specifične morfo-fiziološke osobine, kao što su nerazvijeni korenov sistem, velika površina i visok jonoizmenjivački kapacitet ćelijskih membrana

(González and Pokrovsky, 2014), što čini mahovine odgovarajućim indikatorima zagađujućih supstanci koje potiču iz vazduha. Najosnovniji i najznačajniji kriterijum za odabir određene vrste mahovine za potrebe biomonitoringa je njihova zastupljenost na određnom području. U okviru ICP Vegetation programa, među preporučenim mahovinama su: Pleurozium schreberi (najčešće uzorkovana vrsta mahovine u evropskim zemljama, oko 42%), zatim Hylocomium splendens (23,5%), Hypnum cupressiforme (19,6%), Pseudo-scleropodium purum (7,7%), i druge vrste (7,1%) (Schröder et al., 2016; UNECE ICP Vegetation, 2015).

Zemljište predstavlja kolektor za sve zagađujuće supstance koje se deponuju na njegovu površinu tokom atmosferske depozicije, dok mahovina uglavnom unosi hranljive materije ili zagađujuće supstance iz vazduha ali i resuspenzija zemljišta može predstavljati dominantan izvor zagađenja (Adriano, 2001; Wuana i Okieimen, 2011). Za skrining istraživanja, pogodno je da se uporede koncentracije zagađujućih supstanci u zemljištu sa koncentracijama izmerenim u regionalnim ili lokalnim kontrolnim uzorcima (Ettler, 2016; Miličević et al., 2017), kao i sa prosečnim koncentracijama u Zemljinoj kori koji su definisani u literaturi kao fonske koncentracije (Bargagli et al., 1995).

Ovo istraživanje, koje je sprovedeno u okviru Međunarodnog programa saradnje sa Ekonomskom komisijom Ujedinjenih nacija za Evropu (United Nations Economic Commission for Europe-UNECE), o uticaju zagađenja vazduha na prirodnu vegetaciju i useve (Cooperative Programme on Effects of Air Pollution on Natural Vegetation and Crops-ICP Vegetation) i usmereno je na (bio) monitoring potencijalno toksičnih elemenata širom pokrajine Kosovo i Metohija (Republika Srbija) (Aničić Urošević et al., 2018). Iako su ICP Vegetation istraživanja mahovina pokazala da su koncentracije većine ispitivanih elemenata u mnogim oblastima širom Evrope u poslednjih nekoliko decenija smanjile, zagađenje toksičnim elementima i dalje predstavlja dominantan problem u jugoistočnoj i istočnoj Evropi (Harmens et al., 2015). ICP Vegetation program ima za cilj kontinuirano prikupljanje i pregled podataka o monitoringu koncentracija toksičnih elemenata u mahovinama i objedinjavanje baza podataka o koncentracijama toksičnih elemenata u mahovinama analiziranim u različitim zemljama koje su učesnice ovog programa. Uzimajući u obzir kompleksno geološko okruženje i prethodnu upotrebu područja za eksploataciju različitih ruda (Šajin et al., 2013), ovaj istraživani prostor je pod dominantnim uticajem toksičnih elemenata iz prirodnih i antropogenih izvora zagađenja. Posle kanizacionog mulja, rudarstvo, a posebno eksploatacija rude koja sa-drži

metale, je drugi najdominantniji izvor toksičnih elemenata koji zagađuju zemljište (Singh et al., 2005). Pored toga, napuštena rudarska i industrijska područja obično sadrže velike količine otpada od prerade rude (deponije), koje su takođe jedan od izvora povišenih koncentracija toksičnih elemenata u životnoj sredini (Margui et al., 2007).

Izazov u ovakvim istraživanjima je da se što preciznije uoče razlike uticaj različitih izvora zagađenja (elemente koji potiču iz udaljenih izvora a potiču iz atmosferske depozicije ili elementi iz okolnih izvora). Da bi se donekle definisalo ovo razdvajanje izvora, biomonitoring pomoću mahovina u ovoj studiji je sproveden uporedo sa monitoringom lokalnog površinskog sloja zemljišta na kome su rastu mahovine. Osnovni cilj ovog istraživanja je bio da se ispita hipoteza da li lokalno resuspendovanozemljište predstavlja glavni izvor toksičnih elemenata u lokalnoj mahovini.

MATERIJAL I METODA

Biomonitoring makro- i mikro-elemenata u vazduhu pomoću mahovina sproveden je na teritoriji Republike Srbije tokom 2015/2016. godine. Ovo istraživanje je sprovedeno u okviru Međunarodnog programa o uticajima zagađenja vazduha na vegetaciju koji se odvija pod pokroviteljstvomEkonomске komisije Ujedinjenih nacija za Evropu (UNECE-ICP Vegetation). Uzorkovanje mahovina je rađeno prema proceduri koja je opisana u uputstvu za monitoring u okviru spomenutog programa (Frontasyeva i Harmens, 2015).

1. Ispitivano područje

Autonomna pokrajina Kosovo i Metohija, koja se prostire na površini od 10 908 km², se nalazi u centralnom delu Balkanskog poluostrva (Slika 1). Klima u ovom predelu je pretežno kontinentalna sa blagim uticajem Mediteranske i Alpske klime, sa toplim letima (30°C) i hladnim zimama (-10°C) (Ivanović et al., 2016). Istorijski gledano, ovi predeli su uvek bili poznati kao područja sa aktivnim rudnim i metalo-prerađivačkim aktivnostima (najčešće povezanim sa eksploatacijom ruda obogaćenih Zn, Cu, Ni i Cr) (Monthel et al., 2002). Nekoliko velikih alpskih metalogenih jedinica se prostire preko Karpatsko-balkanskih i susednih oblasti, od kojih svaka karakteriše specifična asocijacija elemenata i minerala i vrsta rudnih ležišta.



Slika 1. Mapa istraživanog područja (pokrajine Kosovo i Metohija) sa označenim lokalitetima uzorkovanja mahovina i zemljišta

2. Sakupljanje površinskog sloja zemljišta i priprema uzoraka za elementarnu hemijsku analizu

Ovo istraživanje predstavlja nastavak istraživanja o biomonitoringu koje je sprovedeno tokom 2010. godine (Maxhuni et al., 2016) i samim tim, ovo istraživanje može ukazati na promene u sadržaju toksičnih elemenata tokom godina. Ova studija obuhvata i dodatne analize zemljišta koje je uzorkovano u blizini ipitivanih mahovina, što nam može ukazati na razlike između izvora zagađenja. Sakupljena je mahovina *Hypnum cupressiforme* Hedw. sa prostoračitave pokrajine, prateći protokol propisan od strane UNECE Moss Monitoring Manual (UNECE ICP Vegetation, 2015). Uzorci su sakupljeni tokom 2016. godine (tokom letnjih meseci) sa 21 lokaliteta, homogeno raspoređenim po istraživanom terenu. Pet do deset poduzoraka je sakupljeno nasvakom lokalitetu, od čega je napravljen kompozitni uzorak. U laboratorijskim uslovima, zeleni delovi busena mahovina su izdvojeni (to su delovi koji su reprezentativni za 2–3 godine rasta), očišćene mahovine su potom osušene na 40°C tokom 48 h. Na svakom lokalitetu gde su uzorkovane mahovine, uzorkovan je i površinski sloj zemljišta (0–5 cm). Mahovine i zemljište su uzorkovani sa lokacija koje su bile direktno izložene atmosferskoj depoziciji tj. nisu se nalazile ispod drveća. Zemljište je uzorkovano nakon što je očišćen lokalitet gde je uzorkovano od biljnog materijala, trave i korenja. Sa svakog lokaliteta, sakupljen je kompozitni uzorak koji je napravljen od 5–6 poduzoraka zemljišta. U laboratorijskim uslovima zemljište je osušeno, a potom prosejano kroz sito promera 2 mm, i na kraju je usitnjeno do finog praha u ahatnom avanu sa tučkom.

3. Hemijska analiza uzoraka

Za određivanje koncentracija elemenata u uzorcima mahovina, 0,5 g suvog uzorka je pripremljeno pomoću mikrotalasnog digestora (ETHOS 1, Advanced Microwave

Digestion System, Milestone, Italy), korišćenjem 7 mL 65% HNO₃ i 1 mL 30% H₂O₂, tokom 45 min na 200 °C. Digestirani uzorci mahovina su razblaženi ultračistom vodom do 50 mL u normalnim sudovima. Uzorci zemljišta su takođe digestirani tako što je 0,5 g zemljišta razoreno u mikrotalasnom digestoru pomoću carske vode (9 mL 35% HCl i 3 mL of 65% HNO₃) tokom 25 min na 180 °C (EPA 3051), nakon čega su uzorci zemljišta razblaženi ultračistom destilovanom vodom u normalnim sudovima do zapremine od 100 mL. Svi uzorci su analizirani u triplikatu. Kiseline korišćene za pripremu uzoraka i hemijsku analizu su bile analitičke čistoće (p.a.).

U uzorcima mahovina i zemljišta izmerene su koncentracije Al, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, V i Zn korišćenjem indukovano spregnute plazme sa optičkom emisionom spektrometrijom (ICP-OES, Thermo Scientific iCAP 6500 Duo, Thermo Scientific, UK). Za kalibraciju uređaja je korišćen multielementarni rastvor Multi-Element Plasma Standard Solution 4, Specpure (Alfa Aesar GmbH & Co KG, Germany). Koncentracija 238U je određena u pripremljenim uzorcima korišćenjem indukovano spregnute plazme sa masenom spektrometrijom (ICP-MS, Thermo Scientific iCAP Q, Thermo Scientific, UK). Za kalibraciju uređaja za merenje 238U korišćen je standardni rastvor Perkin Elmer Pure Plus Uranium standard (Shelton, Connecticut, USA). Radi provere kvaliteta hemijske analize koncentracije elemenata su izmerene i u slepim probama (blank uzorcima) i analizirani su i standardni referentni materijali (SRM) na svakih 10 uzoraka. Mahovina *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt. (M2 i M3) je korišćena kao SRM (Steinnes et al., 1997), i tačnost rezultata je bila između 70% i 119%. Za validaciju hemijske analize zemljišta, SRM Contaminated Brickworks Soil (ERM-CC135a), i reproducibilnost rezultata je bila između 70% i 130%.

4. Statistička obrada rezultata i procena nivoa zagađenja

Za obradu podataka u ovom istraživanju korišćeni su programi Statistica 8.0 (StatSoft Inc., Tulsa, OK, USA) i SPSS softver verzija 21 za Windows. Za procenu rizika po životnu sredinu na osnovu koncentracije elemenata izmerenih u uzorcima mahovina i zemljišta izračunati su različiti ekološki indeksi: faktor obogaćenja (Enrichment Factor –EF) (Bargagli et al., 1995) u uzorcima mahovina i zemljišta je izračunat u odnosu na njihov sadržaj u Zemljinoj kori (Mason, 1966), ali i na osnovu regionalnog kontrolnog uzorka, što je u slučaju ovog eksperimenta lokalitet broj 9, zato što su na tom lokalitetu izmerene najniže koncentracije toksičnih elemenata u uzorcima;

geoakumulacioni indeks (Geo-Accumulation Index–Igeo) (Müller, 1969); i kumulativni indeks zagađenja (Pollution Load Index–PLI) (Tomlinson et al., 1980) (Tabela 1).

Tabela 1. Formule (EF, Igeo, PLI) za procenu rizika po životnu sredinu (naziv, formula, opis, rang i referenca)

Naziv	Formula	Opis	Rang	Referenca
Фактор обogaћењa (Enrichment Factor –EF)	$EF = \frac{C_i/C_{ref}}{(C_i/C_{ref})_{background}}$	C_i –концентрација елемента	$EF < 1$ нема обogaћења	Berg et al., 1994; Wang et al., 2005
		C_{ref} – концентрација референтног елемента (А) у контролном узорку (вредност за Земљину кору и регионални контролни узорак).	$1 < EF < 3$ незнатно обogaћење	
		EF_{za} маховине је још и додано израчунао коришћењем концентрације елемента у локалном контролном узорку	$3 < EF < 5$ умерено обogaћење	
			$5 < EF < 10$ умерено озбиљно обogaћење	
			$10 < EF < 25$ озбиљно обogaћење	
Геоакумулациони индекс (Geoaccumulation Index –Igeo)	$I_{geo} = \log_2 \left[\frac{C_i}{1.5 C_{ni}} \right]$	$I_{geo} < 0$ незагађено	$0 < I_{geo} < 1$ незагађено до умерено загађено	Alloway, 2010; Huu et al., 2010; Müller, 1969
		C_i –концентрација елемента	$1 < I_{geo} < 2$ умерено загађено	
		C_{ni} –концентрација геохемијског контролног елемента.	$2 < I_{geo} < 3$ умерено до веома загађено	
		Констранта вредност 1.5 је корекциони фактор за регионални контролни узорак	$3 < I_{geo} < 4$ веома загађено	
			$4 < I_{geo} < 5$ веома до екстремно загађено	
Кумулативни индекс загађења (Pollution Load Index –PLI)	$CF = \frac{C_{element}}{C_{background}}$ $PLI = \left(\frac{CF_1 \times CF_2 \times \dots \times CF_n}{F_3 \times CF_n} \right)^{1/n}$	$PLI < 0$ позадинска концентрација	$0 < PLI < 1$ незагађено	Zhang et al., 2011
		n –укупан број испитиваних елемената	$1 < PLI < 2$ незагађено до умерено загађено	
			$2 < PLI < 3$ умерено загађено	
			$3 < PLI < 4$ умерено до веома загађено	
			$4 < PLI < 5$ веома загађено	
	$PLI > 5$ екстремно загађено			

РЕЗУЛТАТИ I ДИСКУСИЈА

1. Sadržaj elemenata u uzorcima mahovina i zemljištu

Deskriptivna statistika koncentracija elemenata u mahovinama i zemljištu je prikazana u Tabelama 2 i 3. Rezultati ukazuju da su medijane koncentracija Ba, Cd, Cr, Co, Ni i V u zemljištu veće od maksimalnih dozvoljenih koncentracija (MDK) ovih elemenata ko-je su propisane regulativama (Pravilnik 88/2010, Republika Srbija; ESDAT, 2013). Takođe i maksimalne koncentracije As, Cu, Pb i Zn su bile iznad MAC, ali ispod remedijacionih vrednosti (RV). Većina koncentracija elemenata izmerenih u zemljištu je iznadMDK (na jednom ili više ipitivanih lokaliteta), pa se na tim lokacijama može očekivati prisustvo zagađenja (Tabela

2). Izmerene koncentracije elemenata u mahovinama upo-ređene su sa koncentracijama izmerenim u mahovinama sakupljenim u Norveškoj, u okviru ICP Vegetationprograma, koja su udaljena od bilo kakvih antropogenih izvora zagađenja, pa se ove koncentracije smatraju fonskim koncentracijama (FK) (Djingova et al., 2004). Koncentracije As, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb i V su u mahovinama izmerene u nižim vrednostima u poređenju sa FK vrednostima (Tabela 3). U oba tipa ispitivanih uzoraka, zemljištu i mahovinama, većina elemenata je izmerena u koncentracijama iznad preporučenih graničnih vrednosti (MDK, RV, FK) (Tabele 2 i 3), što ukazuje na prisutnost zagađenja u ispitivanom području.

Tabela 2. Deskriptivna statistika izmerenih koncentracija ($\mu\text{g g}^{-1}$) elemenata u uzorcima površinskog sloja zemljišta (0-5 cm) i izračunatih vrednosti za EFcrust, EFTopsoil, Igeo i PLI; SV-Srednja vrednost; SD-Standardna devijacija; MDK-Maksimalne dozvoljene koncentracije; GV-Granične vrednosti; RM-Remedijacione vrednosti

	Al	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Ni	Pb	V	Zn	U		
Koncentracije elemenata u površinskom sloju zemljišta (0-5 cm)															
Мини мум	106	44	1,9	226	1,4	4	13	7	162	04	11	3	26	48	0,14
Макси мум	430	67	56	548	6,6	93	350	142	749	117	100	137	147	2,47	
Медиј ана	267	11	16	149	3,1	23	117	34	463	01	142	34	74	77	1,3
Медиј ана	274	83	13	875	3,2	20	104	28	496	59	71	30	77	76	1,13
СД	990	8	14	138	3	1,2	19	87	192	48	245	34	31	27	0,54
МДК	/	25	/	0,8	/	100	36	/	35	85	/	140	/	/	
ГВ	/	29	160	0,8	9	100	36	/	35	85	42	140	/	/	
РВ	/	55	625	12	240	380	180	/	210	530	250	720	/	/	
EFcrust															
Мини мум	1,0	3,57	1,43	28	0,66	0,54	0,57	1,38	0,60	0,34	0,83	2,16	0,46		
Макси мум	1,0	59	42	121	22	21	15	8,05	92	21	6,15	11	5,02		
Медиј ана	1,0	21	7,53	44	2,28	2,76	1,32	2,61	2,62	3,47	1,54	3,42	1,95		
EFTopsoil															
Мини мум	1,0	0,33	0,17	0,26	0,59	0,58	0,60	0,57	0,59	1,00	0,59	0,40	0,09		
Макси мум	1,0	5,50	5,06	1,04	19	22	16	3,34	90	62	4,34	2,06	1,00		
Медиј ана	1,0	1,99	0,91	0,40	2,03	3,00	1,38	1,08	2,55	10	1,08	0,64	0,39		
Igeo															
Мини мум	1,00	0,33	0,17	0,26	0,59	0,58	0,60	0,57	0,59	1,00	0,59	0,40	0,80		
Макси мум	1,00	5,50	5,06	1,04	19	22	16	3,34	90	62	4,34	2,06	8,77		
Медиј ана	1,00	1,99	0,91	0,40	2,03	3,00	1,38	1,08	2,55	10	1,08	0,64	3,40		
PLI															
Мини мум														1,10	
Макси мум														5,98	
Медиј ана														3,71	

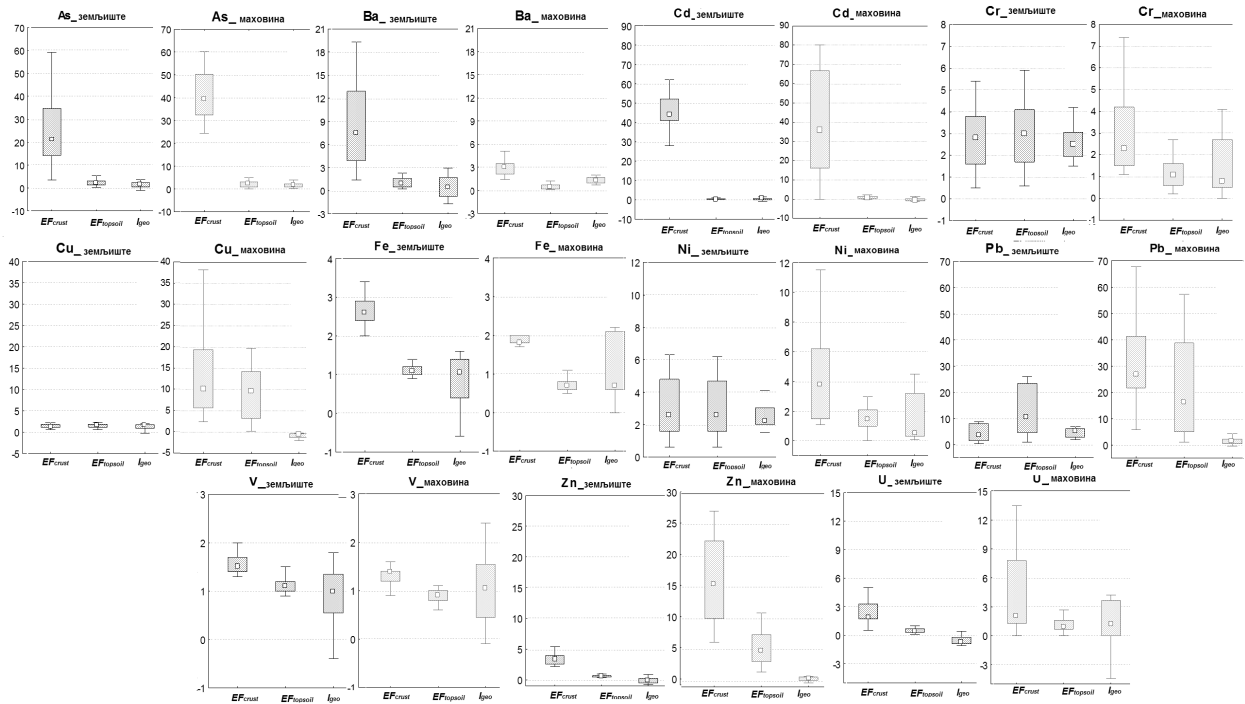
Faktor obogaćenja (Enrichment factor-EF)

Dobijene su značajno veće vrednosti EF za uzorke u slučaju kada se koriste za preračunsrednje vrednosti koncentracija za Zemljinu koru (EFcrust, Tabela 1) kao referentne vrednosti (Slika 2) (Mason, 1966). Ako se koriste u preračunu EF koncentracije koje su izmerene u regionalnom površinskom uzorku zemljišta (EFTopsoil, lokacija br. 9, gde su izmerene najniže koncentracije elemenata u zemljištu), EFTopsoilsu nešto niže vrednosti u odnosu na EFcrust, ali su ipak povišene (Tabela 2).

Tabela 3. Deskriptivna statistika izmerenih koncentracija ($\mu\text{g g}^{-1}$) elemenata u uzorcima mahovina i izračunatih vrednosti za EFcrust, EFTopsoil, EFTcollocated topsoil, Igeo i PLI; SV-Srednja vrednost; SD-Standardna devijacija; FK-Fonska koncentracija; H.c.-Hypnum cupressiforme; P.p.-Pseudoscleropodium purum

	Al	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Ni	Pb	V	Zn	U
Концентрације елемената у маховинама													
Минимум	986	0,7	11	0,15	0,49	3	7	1076	3	4	2	20	0,003
Максимум	7370	17	207	1,01	8,51	64	30	7563	93	428	17	119	1,123
СВ	3016	3,3	48	0,28	2,36	13	23	2851	20	43	6	38,2	0,311
Медијана	2368	2,1	39	0,23	1,56	7	26	2529	5	12	5	33,6	0,107
СД	1888	3,7	42	0,2	2,45	16	7	2103	30	100	4	21,7	0,376
ФК(H.c.)	322	/	/	0,3	/	1,07	4,9	210	1,4	9,1	1,75	26,5	/
ФК(P.p.)	/	0,2	/	0,2	0,2	0,9	4,5	150	0,6	5,9	1,4	25	/
EFcrust													
Минимум	1,00	24,4	1,42	8,17	0,98	1,14	2,45	1,75	1,08	5,74	0,95	6,16	0,05
Максимум	1,00	168	5,94	243	10,2	38,4	38,2	2,57	68,1	2006	1,56	91,3	13,5
Медијана	1,00	41,3	3,14	42,0	1,62	2,26	10,23	1,84	3,84	26,82	1,38	15,5	1,97
EFTopsoil													
Минимум	1,00	2,28	0,17	0,15	0,87	1,24	2,56	0,73	1,05	16,91	0,67	1,15	0,01
Максимум	1,00	15,64	0,72	4,35	9,06	41,7	39,9	1,07	66,4	5912	1,10	16,99	2,68
Медијана	1,00	3,84	0,38	0,75	1,44	2,45	10,69	0,76	3,75	79,02	0,97	2,88	0,39
EFTcollocated topsoil													
Минимум	1,00	0,61	0,06	0,14	0,50	0,17	0,16	0,51	0,04	1,12	0,25	1,35	0,03
Максимум	1,00	15,6	1,81	2,19	3,98	4,52	33,3	1,10	12,6	274	1,60	34,4	7,02
Медијана	1,00	2,44	0,43	0,76	1,02	1,08	9,71	0,66	1,41	16,21	0,88	4,72	0,95
Igeo													
Минимум	-	0,14	0,67	-	-	0,02	-2,04	-0,02	0,14	-0,37	-0,06	-0,26	-4,36
Максимум	2,32	4,02	3,66	1,79	3,55	4,05	-0,34	2,23	4,54	6,22	2,39	1,99	4,20
Медијана	1,16	1,37	1,31	0,40	1,11	0,83	-0,55	0,67	0,55	1,54	1,07	0,31	1,13
PLI													
Минимум								1,20					
Максимум								10,2					
Медијана								3,03					

U uzorcima zemljišta, medijane EFcrustvrednosti ukazuje na veoma ozbiljno zagađenje izazvano koncentracijama As i Cd, i vrlo ozbiljno zagađenje izazvano koncentracijom Ba, umerenoza Cr, Ni, Pb, Zn, i zanemarljivo zagađenje za Co, Cu, Fe, V i U (Tabela 2). Međutim, kako je relevantnije i pouzdanije komentarisati EFkoji je izračunat u odnosu na lokalni ili regionalni kontrolni uzorak, u slučaju EFTopsoil, može se zaključiti da nema zagađenjazemljišta izazvanog koncentracijama Ba i Cd, samo postoji neznatno zagađenje izazvano koncentracijama As, Co, Cu, Fe, Zn i U, i umerenoizazvano koncentracijamaCr, Ni i V, i ozbilnozagađenje prouzrokovano koncentracijom Pb u površinskom sloju zemljišta (Tabela 2). Ovi rezultati ukazuju na to da zemljište u pokrajini Kosovo i Metohija prirodno sadrži visoke koncentracije nekih od ispitivanih elemenata, i da su te visoke koncentracije verovatno geogenog porekla (Janković, 1997). Geološke formacije i rudna nalazišta na centralnom Balkanskom poluostrvu su jedan od najvažnijih prirodnih izvora As (Dangić i Dangić, 2007), posebno u severnom delu istraživanog područja(Kosovskoj Mitrovici), gde je koncentracija As u površinskom sloju zemljišta veća od procenjene evropske prosečnevrednosti (Stafilov et al., 2010). Prema Geohemijskom atlasu Evrope (Salminen et al., 2005), u ostalim delovima Balkanskog poluostrva postoje i prirodno povišene koncentracije Cr i Ni u zemljištu.



Slika 2. Nivo zagađenja zemljišta i mahovina potencijalno toksičnim elementima As, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, V, Zn i U, procenjen na osnovu faktora obogaćenja izračunatog u odnosu na referentne vrednosti u Zemljinoj kori (EF_{crust}) i u odnosu na regionalni kontrolni uzorak ($EF_{topsoil}$), i na osnovu Geoakumulacionog indeksa (I_{geo})

Za uzorke mahovina, EFvrednosti za ispitivane elemente su izračunati tri puta, obračunajući pažnju na: 1) količinu elemenata u površinskom sloju zemljišta na osnovu sadržaja elemenata u Zemljinoj kori – referentnim vrednostima, 2) regionalni kontrolni uzorak površinskog sloja zemljišta, i 3) lokalni kontrolni uzorak površinskog sloja zemljišta ($EF_{collocated\ topsoil}$, površinski sloj). Svrha ovih preračuna bila je da pokušamo da uočimo razlike i kvantifikujemo deo koncentracije elemenata u mahovinama koji potiče iz antropogenih izvora. Medijane EF_{crust} vrednosti za mahovine su pokazala vrlo ozbiljno obogaćenje prouzrokovano koncentracijama As i Pb, ozbiljno obogaćenje izazvano koncentracijama Cu i Zn, umerenoobogaćenje izazvano koncentracijama Ba i Ni, i neznatnoobogaćenje prouzrokovano koncentracijama Co, Cr, Fe, V i U. Vrednosti medijana $EF_{topsoil}$ ukazuju na značajno niže obogaćenje mahovina elementima u odnosu na EF_{crust} vrednosti. Ipak, vrednosti su sledile sličan trend obogaćenja mahovina elementima: ekstremne za Pb, umerene do ozbiljne za Cu, umerene za As i Ni i neznatne za Co, Cr i Zn, dok su vrednosti izračunate za Ba, Cd, Fe, V i U, ukazale da nema obogaćenja koncentracijama ovih elemenata. Medijane $EF_{collocated\ topsoil}$ ukazuju na još manje obogaćenje elementima tj. odsustvo obogaćenja za Ba, Cd, Fe, V i U, neznatna obogaćenja za As, Co, Cr, Ni, umerena za Cu i Zn, i ozbiljnoobogaćenje izazvano koncentracijom Pb u uzorcima mahovine (Tabela 3).

Lokaliteti u severnom delu Kosova i Metohijesu u odnosu na ostale lokalitete u ovom istraživanju imali značajno većevrednosti EF za elemente u uzorcima mahovinanega u drugim delovima pokrajine. U skladu sa objavljenim rezultatima u susednim zemljama Makedoniji (Barandovski et al., 2012) i Albaniji (Lazo et al., 2018), ovi rezultati ukazuju da osim atmosferske depozicije, obogaćenje elementima u mahovinama može ukazati i na geološku podlogu.

Posmatrajući izračunate vrednosti $EF_{topsoil}$, EF_{crust} vrednosti za elemente u uzorcima zemljišta i mahovine ukazuju na povišene nivoe zagađenja, posebno za Pb, ali i za As, Co, Cr, Ni i Zn. Vrlo je verovatno da ovi elementi u mahovinama potiču pretežno od resuspenzije lokalnog zemljišta, koje se prvo resuspenduje u vazduh u vidu prašine, a zatim se taloži na površinu zemljišta i biljaka. U oblastima sa izrazitim rudim bogatstvom, kao što je i ispitivana pokrajina, koja ima dugu istoriju eksploatacije rude, i nastavlja da doprinosi skladištenju otpada na deponijama nastalih kao posledica eksploatacije ruda u prošlosti, povišene koncentracije elemenata su česta pojava. Iako je nemoguće sa sigurnošću proceniti koja količina od totalne koncentracije elemenata u mahovinama potiče od antropogenog zagađenja, EF vrednosti za Pb, Cu, Zn i U u uzorcima mahovina su znatno veće nego u uzorcima zemljišta sa istog lokaliteta, što upućuje na činjenicu da ovi elementi mogu poticati iz udaljenih izvora koji zagađuju vazduh, ali su potrebna do-

datna istraživanja kako bi se takvi zaključci mogli sa sigurnošću potvrditi.

Uranijum je bio od posebnog značaja za naše istraživanje jer je pokrajina Kosovo i Metohija bila izložena bombardovanju tokom 1999. godine, kada je korišćena municija koja je sadržala osiromašeni uranijum, sa veoma poznatim štetnim efektima na ljudsko zdravlje. Uprkos negativnim rezultatima o prisutnosti zagađenja bilo kojim U u istraživanom području (Bleise et al., 2003; Carvalho i Oliveira, 2010), bez sumnje je redovna primena (bio)monitoringakoncentracije ovog elementa od velike važnosti za procenu ekološkiog i zdravstvenogrizika u ovom području, jer njegova toksičnost i radioaktivnost mogu dovesti do teških mutagenih i kancerogenih oboljenja. EF crustvrednosti izračunateza U u uzorcima zemljišta su pokazale neznatno obogaćenje, dokje umereno obogaćenje uočeno na četiri lokacije (lokacije broj 6, 7, 9, 12) (Slika 1); Vrednosti EF topsoilsu pokazale malo do umereno obogaćenje na četiri lokacije (lokacije broj 1, 5, 17, 18) i umereno ozbiljno obogaćenje na šest lokacija (lokacije broj 6, 7, 9, 11, 12, 13). U uzorcima mahovina, vrednosti EFcrustza Usu bile male do umerene na dva lokaliteta (12 i 17) i umereno ozbiljne na šest lokaliteta (5, 7, 8, 9, 10, 13) (Slika 1). Za EF topsoil, koncentracija U je bila umerena na četiri lokacije (6, 11, 15, 18), umereno ozbiljna na dva lokaliteta (12, 17), i ozbiljna na pet lokaliteta (5, 7, 8, 9, 10). Ukratko, vrednostiEFza U su bile veće u mahovini nego u površinskom sloju zemljišta, a više u odnosu na regionalni kontrolni uzorak zemljišta i referentni uzorak Zemljine kore. U odnosu na koncentracije U zemljištu, može se pretpostaviti da su se čestice koje sadrže ovaj element mogu prenositi vazduhom i dalje deponovati na površini mahovina. Na osnovu dobijenih rezultata, može se pretpostaviti da su se čestice koje sadrže U transpotovale vazduhom i dalje deponovale na površinu mahovina. Ipak, na osnovu ovog rezultata ne možemo sa sigurnošću pretpostaviti koji su tačno antropogeni izvori radioaktivnog izotopa (^{238}U) koji je bio prisutan u ispitivanim uzorcima mahovina. Međutim, u nedavno objavljenom istraživanju u kome je ispitivan sadržaj U u vodi za piće širom pokrajineKosovo i Metohija (Berisha i Goessler, 2013), koncentracije U su bile iznad preporučene vrednosti za bebe ($2 \mu\text{g L}^{-1}$) na nekoliko stanica za uzorkovanje koje su blizu ispitivanih lokacija u našem istraživanju – 5, 7, 8, 9, 11, 10, 12, 13, 17 i 18 (Slika 1). Svakako treba imati u vidu da je najučestalije bombardovan tokom 1999. godine deo pokrajine koji se graniči sa Albanijom, ali ovi lokaliteti nisu bili obuhvaćeni kako u radu Berisha i Goessler, 2013, tako ni našim istraživanjem.

Geoakumulacioni indeks (Geoaccumulation index –Igeo)

U uzorcima zemljišta, medijanalgeo (Slika 2) ukazuje na prisutnost značajnog zagađenja zemljišta Pb i umerenog zagađenje zemljišta izazvanog koncentracijama As, Co, Cr, Cu i Ni. Za određene ispitivane lokaliteta uočeno je ozbiljno zagađenje za više elemenata, As, Co, Cu, Ni, uključujući i Pb, i umereno zagađenje za Ba i Cr (Tabela 2).

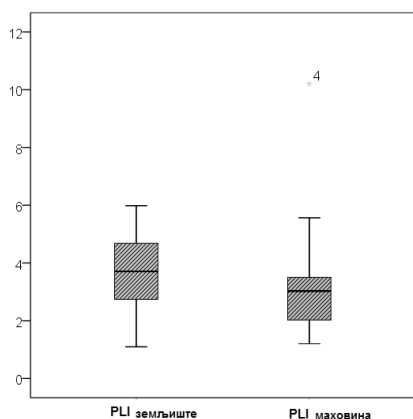
U uzorcima mahovina na osnovu izračunatog Igeo, takođe su primećene povišene vrednosti medijana za As, Ba, Co i Pb (umereno zagađenje) (Tabela 3). Pojedini ispitivani lokaliteti u severnom delu pokrajine bilisu ozbiljno zagađeniod strane As, Ba, Co, Cr, Ni, Pb i U, a umereno zagađeni elementimaAl, Fe, V i Zn. Igeo je ukazao na povišene vrednosti za U na lokacijama broj 5, 7, 8, 9, 10, 13, 17 i 18 (Slika 1) u severnom i severoistočnom delu pokrajine.

Ukratko, uočili smo različite trendoveizračunatih vrednosti Igeo u uzorcima zemljišta i mahovina za Al, Fe, V, U i Zn, koje su povišene u mahovinama, ali ne iu zemljištu. Ovaj rezultat potkrepljuje zaključak iz prethodne studije Kosior et al. (2010.) da su prirodne mahovine pogodni pokazatelji sadržaja elemenata koji potiču iz vazduha u uslovima ekstremnog zagađenja. Pored toga, rezultati ukazuju na mogući negeogeni izvor ovih elemenata, i ukazuju na atmosfersku depoziciju nakon kratkog ili dugog atmosferskog transporta elemenata. Zato je bitno naglasiti da je biomonitoring pomoću mahovina, veoma pogodan za procenu sadržaja elemenata iz vazduha i od izuzetne je važnost za procenu zagađenja vazduha metalima (Fernández i Carballera, 2001).

Kumulativni indeks zagađenja (Pollution load index –PLI)

Ovaj indeks je izračunat da bi se procenilokoliki je ukupan štetni uticaj svih određivanih elemenata na istraživane lokalitete širom pokrajine. Za oba tipa analiziranih uzorakatipične vrednosti PLI su bile između 3 i 5 (Tabele 2 i 3, Slika 3), što ukazuje da je lokalitet umereno do veomazagađen. Na oko 80% istraživanih lokaliteta, vrednosti PLIsu bile u rasponu od umerene (>2) do visoke (<5) za površinski sloj zemljišta, a umerene (>2) do veoma visoke (>5) za uzorke mahovina. Samo centralno-istočni deo pokrajine (lokacije 9, 10, 11 i 17) mogao bi se klasifikovati kao nekontaminiran ($\text{PLI}<2$), zbog čega je ova oblast (posebno lokacija broj 9) izabrana kao regionalnikontrolni uzorak površinskog sloja zemljištaprilikom procene zagađenja. U jednoj od

prethodnih studiji u ovoj oblasti (Maxhuni et al., 2016) takođe je utvrđeno da je severo-istočni deo pokrajine manje zagađen od ostalih područja, ali PLI vrednosti ipak ukazuju na umereni nivo zagađenja (PLI vrednosti između 3 do 4) i u ovom delu pokrajine.



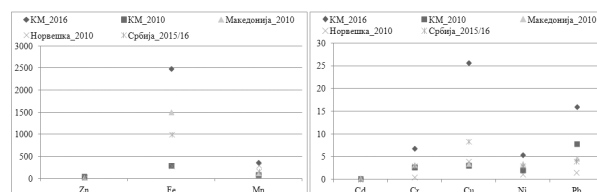
Slika 3. Kumulativni indeks zagađenja (PLI) izračunat na osnovu koncentracija elemenata u zemljištu (levo) i mahovinama (desno)

Svaki od tri indeksa za procenu uticaja zagađenja na životnu sredinu (EF, Igeo i PLI) ukazuje da su i površinski sloj zemljišta i uzorci mahovina značajno obogaćeni potencijalno toksičnim elementima, posebno na onim lokalitetima koja se nalaze u severnom delu pokrajine Kosovo i Metohija. Ispitivano područje je već tradicionalno poznato po ekpolataciji ruda i preradi metala, posebno u severnom delu gde se nalaze još uvek aktivni rudnici Trepča (Šajin et al., 2013) sa pratećim rafinerijama i livnicama. Još neki autori (Ličina et al., 2016) istosnu potvrdili da su povišene koncentracije Ni i Cr u zemljištomogu poticati iz udaljenih izvora, npr. od otvorenog kopa uglja Kostolac (≈300 km severno od rudnika Trepča). Osim toga, rezultati nekih terenskih istraživanja (Barać et al., 2016) ukazuju da su povišene koncentracije toksičnih elemenata povezane sa Pb/Zn industrijskim aktivnostima i pripadajućim deponijama industrijskog otpada u severnom delu pokrajine. Geološka predviđanja i planiranja prilikom budućih eksploatacija rude trebalo bi da se uzmu u obzir radi smanjenja uticaja već postojećih povišenih koncentracija toksičnih elemenata u zemljištu i u uzorcima iz životne sredine (mahovinama, biljkama, vodi itd).

4.2. Upoređivanje koncentracija elemenata u mahovinama sa prostora Kosova i Metohije sa relevantnim studijama sprovedenim u Evropi

Iako su prostorno gledano izvori zagađenja specifični za različite elemente i vrste, dugoročni pasivni biomo-

onitoring atmosfere depozicije širom Evrope ukazuje na to da Skandinavija, zajedno sa baltičkim zemljama i severnim delovima Velike Britanije, ima najniže koncentracije toksičnih elemenata, dok su najveće koncentracije izmerene u Belgiji i jugoistočnoj Evropi (Harmens et al., 2015). Još od 1990, koncentracije Pb, V, Cd i Cr u mahovinama su se smanjile za više od 40%, dok su se koncentracije Ni, Zn i Fe smanjile oko 30% (Schröder et al., 2016). U eksperimentu sprovedenom 2016. godine na teritoriji Kosova i Metohije svi ovi elementi su registrovani kao zagađujuće supstance. Vrednosti medijane izmerenih koncentracija elemenata u mahovinama sakupljenim tokom 2016. godine sa prostora Kosova i Metohije je predstavljena na Slici 4, zajedno sa rezultatima iz prethodnog istraživanja mahovina sprovedenog u istoj oblasti tokom 2010. godini, sa rezultatima iz ostalih delova Srbije i Makedonije zbog relevantnosti za diskusiju i sličnih geoloških karakteristika pozadine čitave tektonske jedinice koja pokriva region, poznati kao srpsko-makedonski masiv (Dumurdzanov et al., 2005). Pored toga, mahovine koje su u prethodnim studijama sakupljane u Norveškoj, tradicionalno sadrže niže koncentracije toksičnih elemenata u odnosu na ostale evroazijske zemlje (Harmens et al., 2015), tako da se ove vrednosti često koriste kao fonske.



Slika 4. Upoređivanje vrednosti medijane koncentracija ($\mu\text{g g}^{-1}$) elemenata Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb i Znu mahovinama sa teritorije Kosova i Metohije sakupljenih tokom 2016. godine sa mahovinama sakupljenim na teritoriji Kosova i Metohije tokom 2010 i mahovinama iz Makedonije i Norveške analiziranih tokom 2010. godine i mahovinama sa područja ostatka Republike Srbije

U ovom eksperimentu izmerene su visoke koncentracije potencijalno toksičnih elemenata u uzorcima mahovina, gde su koncentracije bile čak i veće od onih koje su izmerene u mahovinama sa teritorije Kosova i Metohije šest godina ranije (Maxhuni et al., 2016). Ovaj rezultat može biti posledica uzorkovanja različitih vrsta mahovina (*Hypnum cupressiforme* i *Pseudoscleropodium purum*). Ipak, obe vrste su preporučene za sprovođenje biomonitoringa u okviru ICP Vegetation programa (Harmens et al., 2010). Mahovina *Hypnum cupressiforme* je više geografski rasprostranjen od *Pseudoscleropodium purum*, što čini istraživanje *Hypnum cupressiforme* mahovinom pogodnijim za upoređivanje. Upoređivanjem koncentracija elemenata u ovom istraživanju sa koncentracija-

u mahovinama iz Norveške, koncentracije svih elemenata u ovom istraživanju (sa izuzetkom Zn) bile su značajno veće (Slika 4). Upoređivanjem sa rezultatima iz 2015/2016 za ostatak Srbije (neobjavljena baza podataka), možemo primetiti da su koncentracije elemenata u mahovinama sa prostora Kosova i Metohije značajno veće, što ponovo ukazuje na geološku specifičnost istraživanog područja i na primetan antropogeni uticaj usled rudarskih aktivnosti.

ZAKLJUČAK

Ovo istraživanje je urađeno u okviru programa koji obuhvata međunarodno istraživanje mahovinakao biomonitora zagađenja vazduha (UNECE ICP Vegetation programa), koje se sprovodi na pet godina širom Evrope i nekoliko azijskih zemalja. Ovo istraživanje predstavlja drugi pokušaj procene sadržaja potencijalno toksičnih elemenata u pokrajini Kosovo i Metohija kroz biomonitoring pomoću mahovina. Ovo je jedino istraživanje u okviru kog je analizirano i diskutovano o koncentracijama elemenata u mahovinama u kontekstu koncentracija tih elemenata izmerenih u okolnom površinskom sloju zemljišta. Rezultati iz ovog istraživanja ukazuju na značajno zagađenje životne sredine izazvana od strane nekoliko potencijalno toksičnih elemenata koji su izmereni širom istraživanog područja. Koncentracije Ba, Cd, Cr, Co, Ni i V u uzorcima površinskog sloja zemljišta na svakom mestu uzorkovanja bile su iznad maksimalno dozvoljenih igraničnih vrednosti za zemljište koje su propisane regulativama. Na nekim lokacijama u severnom delu pokrajine Kosovo i Metohija, koncentracije As, Cu, Pb i Zn u površinskom sloju zemljišta su bile daleko iznad propisanih graničnih vrednosti. Svi elementi koji su određeni u okviru ovog istraživanja, sa izuzetkom Cd, Co i Zn, su izmereni u povišenim koncentracijama u poređenju sa fonskim. Primenom različitih proračuna za procenu nivoa zagađenja (EF, Igeo i PLI), dobijeno je da je uticaj na ži-

votnu sredinu potencijalno toksičnih elemenata u ovom području umeren do ozbiljn ($2 < \text{PLI} < 5$; $1 < \text{Igeo} < 7$, $1 < \text{EF} < 275$) na osnovu koncentracija elemenata. Ispitivani lokaliteti u severnom delu pokrajine Kosovo i Metohija, oblasti koja je poznata po izrazitom rudnom bogatstvu, pokazali su posebno visok stepen kontaminacije izazvan potencijalno toksičnim elementima. Ovo može biti direktna posledica lokalnih aktivnosti eksploatacije ruda ili mogu poticati iz postojećih deponija otpada nastalih kao posledica eksploatacije ruda. Svako geološko predviđanje u pogledu eksploatacije rude u istraživanom području trebalo bi uzeti u obzir zbog postojanja ovih značajno povišenih „pozadinskih vrednosti“ koje su bile prisutne u svim analiziranim uzorcima iz životne sredine u ovom istraživanju. Zato su ove aktivnosti eksploatacije ruda najverovatnije najdominantniji izvor povišenih koncentracija ovih elemenata u uzorcima mahovina. Štaviše, koncentracije elemenata izmerene u ovom istraživanju iz 2016. godine bile su značajno veće u poređenju sa nalazima iz prethodnog ispitivanja mahovina u pokrajini Kosovo i Metohija tokom 2011. godine, kao i u poređenju sa podacima iz drugih delova Srbije, Makedonije i Norveške. Na kraju, proračuni indeksa za procenu rizika po životnu sredinu na osnovu dobijenih koncentracija elemenata, korišćenjem komplementarnih formula za izračunavanje EF, Igeo i PLI, ukazuju na značajan uticaj regionalnog geološkog fonskog uticaja u površinskom sloju zemljišta i mahovinama na istraživanom području.

Zahvalnica

Ovo istraživanje je podržano od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (projekti br. III43007 i 172001). Analize su urađene na Hemijskom fakultetu i Institutu za fiziku u Beogradu, Univerzitet u Beogradu, a u saradnji sa Objedinjenim institutom za nuklearna istraživanja, Dubna, Rusija i u okviru UNECE ICP Vegetation programa.

LITERATURA

1. Adriano, D.C. (2001). Trace elements in terrestrial environments: biogeochemistry, bioavailability, and risks of metals. 2nd Ed. Berlin: Springer-Verlag.
2. Aničić Urošević, M., Vuković, G., Vasić, P., Jakšić, T., Nikolić, D., Škrivanj, S., Popović, A. (2018). Environmental implication indices by elemental characterisation of the collocated topsoil and moss samples. Ecological Indicators, 90, 528-539.
3. Aničić Urošević, M., Vuković, G., Tomašević, M. (2017). Biomonitoring of Air Pollution Using Mosses and Lichens, A Passive and Active Approach, State of the Art Research and Perspectives. Nova Science Publishers, New York, NY.

4. Árvay, J., Demková, L., Hauptvogel, M., Michalko, M., Bajčan, D., Stanovič, R., Tomáš, J., Hrstkova, M., Trebichalský, P. (2017). Assessment of environmental and health risks in former polymetallic ore mining and smelting area, Slovakia: Spatial distribution and accumulation of mercury in four different ecosystems. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 144, 236–244.
5. Barać, N., Škrivanj, S., Mutić, J., Manojlović, D., Bukumirić, Z., Živojinović, D., Petrović, R., Čorac, A. (2016). Heavy Metals Fractionation in Agricultural Soils of Pb/Zn Mining Region and Their Transfer to Selected Vegetables. *Water, Air and Soil Pollution*, 227, 480–493.
6. Barandovski, L., Frontasyeva, M. V., Stafilov, T., Šajn, R., Pavlov, S., Enimiteva, V. (2012). Trends of atmospheric deposition of trace elements in Macedonia studied by the moss biomonitoring technique. *Journal of Environmental Science and Health A*, 47, 2000–2015.
7. Bargagli, R., Brown, D.H., Nelli, L. (1995). Moss biomonitoring with moss: Procedures for correcting for soil contamination. *Environmental Pollution* 89, 169–175.
8. Berg, T., Røyset, O., Steinnes, E. (1994). Trace elements in atmospheric precipitation at Norwegian background stations (1989–1990) measured by ICP-MS. *Atmospheric Environment*, 28(21), 3519–3536.
9. Berisha, F., Goessler, W. (2013). Uranium in Kosovo's drinking water. *Chemosphere*, 93, 2165–2170.
10. Bleise, P.R., Danesi, W., Burkart, A. (2003). Properties, use and health effects of depleted uranium (DU): a general overview. *Journal of Environmental Radioactivity* 64, 93–112.
11. Carvalho, F.P., Oliveira, J.M. (2010). Uranium isotopes in the Balkan's environment and foods following the use of depleted uranium in the war. *Environment International*, 36, 352–360.
12. Dangić, A., Dangić, J. (2007). Arsenic in the soil environment of central Balkan Peninsula, southeastern Europe: occurrence, geochemistry, and impact. In: Bhattacharya, P., Mukherjee, B.B.A., Bundschuh, J., Zevenhoven, R., Loeppert, H.R. (Eds.), *Arsenic in Soil and Groundwater Environment; Trace Metals and other Contaminants in the Environments 9*. pp. 207–236.
13. Djingova, R., Kuleff, I., Markert, B. (2004). Chemical fingerprinting of plants. *Ecological Research*, 19, 3–11.
14. Dumurdzanov, N., Serafimovski, T., Burchfiel, B.C. (2005). Cenozoic tectonics of Macedonia and its relation to the South Balkan extensional. *Geosphere*, 1, 1–22.
15. ESDAT, 2013. Dutch target and intervention values, 2000 (the New Dutch list). VROM: Former Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment (presently Ministry Infrastructure and the Environment. (http://www.esdat.com.au/Environmental%20Standards/Dutch/annexS_I2000Dutch%20Environmental%20Standards.pdf, June 14, 2017).
16. Ettler, V. (2016). Soil contamination near non-ferrous metal smelters: A review. *Applied Geochemistry*, 64, 56–74.
17. Fernández, J.A., Carballeira, A. (2001). A comparison of indigenous mosses and topsoil for use in monitoring atmospheric heavy metal deposition in Galicia (Northwest Spain). *Environmental Pollution*, 14, 431–441.
18. Frontasyeva, M.V., Steinnes, E., Harmens, H. (2017). Monitoring long-term and large-scale deposition of air pollutants based on moss analysis. In: M. Aničić Urošević, G. Vuković, M. Tomašević (Eds.), *Biomonitoring of Air Pollution Using Mosses and Lichens, A Passive and Active Approach, State of the Art Research and Perspectives* (pp. 1–20). New York, USA: Nova Science Publishers.
19. González, G.A., Pokrovsky, S.O. (2014). Metal adsorption on mosses: Toward a universal adsorption model. *Journal of Colloid Interface Science*, 415, 169–178.
20. Harmens, H., Mills, G., Hayes, F., Norris, D.A., Sharps, K. (2015). Twenty eight years of ICP Vegetation: an overview of its activities. *Annali di Botanica*, 5, 31–43.
21. Harmens, H., Norris, D.A., Steinnes, E., Kubin, E., Piispanen, J., Alber, R., Aleksiyenak Y., Blum, O., Coskun, M., Dam, M., De Temmerman, L., Fernández, J.A., Frolova, M., Frontasyeva, M., González Miqueo, L., Grodzinska, K., Jeran, Z., Korzekwa, S., Krmar, M., Kvietkus, K., Leblond, S., Liiv, S., Magnússon, S.H., Mankovská, B., Pesch, R., Rühling, Å., Santamaria, J.M., Schröder, W., Spiric, Z., Suchara, I., Thöni, L., Urumov, V., Yurukova, L., Zechmeister, H.G. (2010). Mosses as biomonitors of atmospheric heavy metal deposition: Spatial patterns and temporal trends in Europe. *Environmental Pollution* 158, 3144–3156.
22. Huu, H.H.O., Swennen, R., Damme, A.V. (2010). Distribution and contamination status of heavy metals in estuarine sediments near Cua Ong Harbor, Ha Long Bay, Vietnam. *Geologica belgica*, 13, 37–47.
23. Ivanović, R., Valjarević, A., Vukoičić, D., Radovanović, D. (2016). Climatic regions of Kosovo and Metohija.
24. UNIVERSITY THOUGHT Publication in Natural Sciences, 6, 49–54.
25. Janković, S. (1997). The Carpatho-Balkanides and adjacent area: a sector of the Tethyan Eurasian metallogenic belt. *Mineralium Deposita*, 32, 426–433.

26. Kosior, G., Samecka-Cymerman, A., Kolon, K., Kempers, A.J. (2010). Bioindication capacity of metal pollution of native and transplanted *Pleurozium schreberi* under various levels of pollution. *Chemosphere*, 81, 321-326.
27. Lazo, P. Eiliv, S., Qarri, F., Allajbeu, S., Kane, S., Stafilov, T., Frontasyeva, V.M., Harmens, H. (2018). Origin and spatial distribution of metals in moss samples in Albania: A hotspot of heavy metal contamination in Europe. *Chemosphere*, 190, 337-349.
28. Li, L., Zheng, B., Liu, L. (2010). Biomonitoring and bioindicators used for river ecosystems: definitions, approaches and trends. *Procedia Environmental Sciences* 2, 1510-1524.
29. Ličina, V., Fotirić Akšić, M., Tomić, Z., Trajković I., Antić Mladenović, S., Marjanović, M., Rinklebe, J. (2016). Bioassessment of heavy metals in the surface soil layer of an opencast mine aimed for its rehabilitation. *Journal of Environmental Management*, 186, 240-252.
30. Margui, E., Queralt, I., Carvalho, M. L., Hidalgo, M. (2007). Assessment of metal availability to vegetation (*Betula pendula*) in Pb-Zn ore concentrate residues with different features. *Environmental Pollution*, 145(1), 179-184.
31. Mason, B. (1966). *Principles of Geochemistry*, Wiley, New York.
32. Maxhuni, A., Lazo, P. Kane, S., Qarri, F., Marku, E., Harmens, H. (2016). First survey of atmospheric heavy metal deposition in Kosovo using moss biomonitoring. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(1), 744-755.
33. Monthel, J., Vadala, P., Leistel, J.M., Cottard F., Ilić, M., Strumberger, A., Tošović, R., Stepanović, A. (2002). Mineral deposits and mining districts of Serbia; Compilation map and GIS databases. BRGM/RC-51448-FR, Geoinstitut, Ministry of Mining and Energy, Republic of Serbia.
34. Milićević, T., Relić, D., Škrivanj S., Tešić, Ž., Popović A. (2017) Assessment of major and trace element bioavailability in vineyard soil applying different single extraction procedures and pseudo-total digestion, *Chemosphere*, 171, 282-293.
35. Müller, G. (1969). Index of geoaccumulation in sediments of the Rhine River. *Geojournal*, 2, 108-18.
36. Rühling, Å., Tyler, G. (1973). Heavy metal deposition in Scandinavia. *Water, Air, and Soil Pollution*, 2(4), 445-455.
37. Salminen, R., Batista, M.J., Bidovec, M., Demetriades, A., De Vivo, B., De Vos, W., Duris, M., Gilucis, A., Gregorauskiene, V., Halamic, J., Heitzmann, P., Jordan, G., Klaver, G., Klein, P., Lis, J., Locutura, J., Marsina, K., Mazreku, A., O'Connor, P.J., Olsson, S.A., Ottesen, R.T., Petersell, V., Plant, J.A., Reeder, S., Salpeteur, I., Sandstrom, H., Siewers, U., Steenfelt, A., Tarvainen, T. (2005). *Geochemical Atlas of Europe, Part 1, Background Information, Methodology and Maps*. Geological Survey of Finland: Espoo (<http://weppi.gtk.fi/publ/foregsatlas/>).
38. Schröder, W., Nickel, S., Schönrock, S., Meyer, M., Wosniok, W., Harmens, H., Frontasyeva, M.V., Alber, R., Aleksiyenak, J., Barandovski, L., Danielsson, H., de Temmerman, L., Fernández Escribano, A., Godzik, B., Jeran, Z., Pihl Karlsson, G., Lazo, P., Leblond, S., Lindroos, A.J., Liiv, S., Magnússon, S.H., Mankovska, B., Martínez-Abaigar, J., Piispanen, J., Poikolainen, J., Popescu, I.V., Qarri, F., Santamaria, J.M., Skudnik, M., Špirić, Z., Stafilov, T., Steinnes, E., Stihl, C., Thöni, L., Uggerud, H.T., Zechmeister, H.G. (2016). Spatially valid data of atmospheric deposition of heavy metals and nitrogen derived by moss surveys for pollution risk assessments of ecosystems, *Environmental Science and Pollution Research*, 23, 10457-10476.
39. Singh, A.N., Zeng, D.H., Chen, F.S. (2005). Heavy metal concentrations in redeveloping soil of mine spoil under plantations of certain native woody species in dry tropical environment. *Indian Journal of Environmental Sciences*, 17(1), 168-174.
40. Stafilov, T., Aliu, M., Šajin, R. (2010). Arsenic in surface soils affected by mining and metallurgical processing in K. Mitrovica Region, Kosovo. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 7, 4050-4061.
41. Steinnes, E., Rühling, Å., Lippo, H., Mäkinen, A. (1997). Reference materials for large scale metal deposition surveys. *Accreditation and Quality Assurance*, 2, 243-249.
42. Šajin, R., Aliu, M., Stafilov, T., Alijagić, J. (2013). Heavy metal contamination of topsoil around a lead and zinc smelter in Kosovska Mitrovica/Mitrovicë, Kosovo/Kosovë. *Journal of Geochemical Exploration* 134, 1-16.
43. Tomlinson, D.L., Wilson, J.G., Harris, C.R., Jeffrey, D.W. (1980). Problems in the assessment of heavy-metal levels in estuaries and the formation of a pollution index. *Helgoländer Meeresunters* 33, 566-575.
44. UNECE ICP Vegetation (United Nations Economic Commission for Europe International Cooperative Programme on Effects of Air Pollution on Natural Vegetation and Crops) (2015). *Heavy Metals, Nitrogen and POPs in European Mosses: 2015 Survey. Monitoring manual*. <http://icpvegetation.ceh.ac.uk/publications/documents/MossmonitoringMANUAL-2015-17.07.14.pdf>
45. Wang, X., Sato, S., Xing, B., Tamamura, S., Tao, S. (2005). Source identification, size distribution and indicator screening of airborne trace metals in Kanayawa, Japan. *Journal of Aerosol Science*, 36, 197-210.

46. Wuana, A.R., Okieimen, E.F. (2011). Heavy Metals in Contaminated Soils: A Review of Sources, Chemistry, Risks and Best Available Strategies for Remediation. *ISRN Ecology*, Article ID 402647, 1-20.
47. Zechmeister, H.G., Grodzińska, K., Szarek-Lukaszewska, G. (2003). Bryophytes, In: Markert B.A., Breure A.M., Zechmeister H.G. (Eds.), *Bioindicators and Biomonitors*, Elsevier Science, pp. 329-376.
48. Zhang, C., Qiao, Q., Piper, J.D.A., Huang, B. (2011). Assessment of heavy metal pollution from a Fe-smelting plant in urban river. *Environmental Pollution*, 159, 3057-3070.
49. Nacionalni Pravilnik Republike Srbije, Službeni glasnik, broj 88/2010.

BIOMONITORING KASNIH POSLEDICA RATNIH DEJSTAVA: ZAGAĐENJE KADMIJUMOM NA PODRUČJU VLASINSKOG JEZERA

AUTORI

Ratko Kadović, Snežana Belanović Simić, Jelena Beloica, Predrag Miljković
Univerzitet u Beogradu - Šumarski fakultet

SAŽETAK

Uvod. Među antropogenim aktivnostima koje dovode do ekoloških promena, ratna dejstva uzrokuju nepredvidive, intenzivne i dalekosežne posledice. Rat, kao ljudska aktivnost, je čest, gotovo, konstantan i sa ogromnim negativnim ekološkim uticajima. Cilj rada. Istraživanja su fokusirana na procenu unosa kadmijuma (Cd) u šumske ekosisteme pre i za vreme NATO bombardovanja, stepen zagađenja i moguće posledice. Metode rada. Na području Vlasinskog jezera, kao jednog od objekata istraživanja, analizirana je depozicija Cd za period 1990-2015. godine, prema bazi EMEP (www.emep.int). Određene su ukupne koncentracije Cd u zemljištu i nekim lekovitim biljkama na području Vlasinskog jezera. Rezultati. Ukupna depozicija je iznosila 1386,3 $\mu\text{g m}^{-2}$, i odnosi se, isključivo, na koncentracije u regionalnoj razmeri. Koncentracije Cd u organskom sloju zemljišta (3,125 mg kg^{-1}) su nekoliko puta više od „granične maksimalne vrednosti“. Sadržaj Cd u herbi kantariona (*Hypericum perforatum* L.) i hajdučke trave (*Achillea millefolium* L.), iznosi 1,00, odnosno 0,807 mg kg^{-1} , što je nekoliko puta više u odnosu na standard EU i SZO. Zaključak. Zagađivanje kadmijumom višestruko prevazilazi „granične maksimalne vrednosti“, prema svim standardima.

Ključne reči: biomonitoring, šumski ekosistem, zemljište, lekovite biljke, kadmijum

ENGLISH

TBIOMONITORING OF LATE WAR CONSEQUENCES: CADMIUM POLLUTION ON THE VLASINA LAKE AREA

Ratko Kadović, Snežana Belanović Simić, Jelena Beloica, Predrag Miljković
University of Belgrade - Faculty of Forestry

SUMMARY

Introduction. Among anthropogenic activities that lead to environmental changes, the warfare causes unpredictable, intense and far-reaching consequences. War, as a human activity, is frequent, almost constant with immense negative environmental impacts. Objective. Research is focused on assessment of Cd input into the forest ecosystems, before and during the NATO bombing, pollution extent and potential consequences. Methods. In the area of Vlasina Lake, as a part of the study area, Cd deposition was analyzed for the period 1990-2015, according to the EMEP database (www.emep.int). The total content of Cd in soil and some herbs was determined in the area of Vlasina Lake. Results. The total deposition was 1386,3 $\mu\text{g m}^{-2}$, and relates to concentration at regional scale, exclusively. Cd concentrations in soil organic layer (3,125 mg kg^{-1}) are several times higher than the maximum permissible concentration. The content of Cd in St John's wort (*Hypericum perforatum* L.) and yarrow (*Achillea millefolium* L.), amounted to 1,00 and 0,807 mg kg^{-1} , respectively, which is several times higher than the EU and SZO standard. Conclusion. Pollution caused by Cd multiple exceeds the maximum permissible concentrations, by all standards.

Keywords: biomonitoring, forest ecosystem, soil, medicinal plants, cadmium

UVOD

Među antropogenim aktivnostima koje dovode do ekoloških promena, ratna dejstva uzrokuju nepredvidive, intenzivne i dalekosežne posledice. Rat, kao ljudska aktivnost, je čest, gotovo konstantan i sa ogromnim negativnim ekološkim uticajima. Uprkos ovim činjenicama, istraživanja uticaja ratovanja na životnu sredinu su ograničena fragmentacijom između brojnih disciplina, čime je sužena sveobuhvatnost efekata ratnih dejstava [1]. O uticaju i posledicama rata na zdravlje ljudi i ekosistema različita su poimanja vojnih planera, istoričara, ekologa, politikologa i drugih analitičara. Izvesno je, da će konflikti povezani sa resursima - koji se istorijski vode zbog nafte, vode, obradivog zemljišta, zaliha hrane i još mnogo toga - biti sve veći uzroci „modernih“ ratova između država. Prema tome, postoji sasvim mala integracija teorije, metoda, empirijskih i političkih implikacija, ili, jednostavnije, nedostaje multidisciplinarni pristup u istraživanjima.

Ratovi se, u velikoj meri, razlikuju prema ogromnim i koncentrisanim tokovima energije, ozbiljnim poremećajima i uništavanju ekosistema. Posleratni uslovi uključuju intenzivno zagađenje, ostatke neeksplozivnih ubojnih sredstava, oštećenu i uništenu infrastrukturu, degradirane predele i vegetaciju, usluge ekosistema, socioekonomske poremećaje, izbegličku populaciju i dugotrajne bolesti [1]. NATO (North Atlantic Treaty Organization) bombardovanje na području SR Jugoslavije 1999. godine, posebno rat na području Kosova i Metohije, potvrđuje sve navedene konstatacije.

Unošenje metala u tragovima u ekosisteme može se odrediti hemijskim analizama atmosferske depozicije, bioindikacijom/biomonitoringom, odnosno analizama biljnih organa i zemljišta. Bioindikator mogu biti organizmi (ili delovi organizama ili zajednica organizama) koje sadrže informacije o kvalitetu životne sredine, dok biomonitori sadrže informacije o kvantitativnim aspektima životne sredine.

Imajući navedeno u vidu, u ovom radu se razmatraju mogućnosti primene biomonitoringa kasnih posledica ratnih dejstava na području SR Jugoslavije u cilju definisanja različitih oblika i stepena zagađivanja životne sredine. Osnovni cilj istraživanja se odnosi na procenu unosa odabranih teških metala u šumske ekosisteme pre i za vreme NATO bombardovanja, stepen zagađenja i moguće posledice.

METODE RADA

Za procenu unosa teških metala u šumske ekosisteme, u ovom radu je izabrana bioindikacijska par-

cela na Vlasinskom jezeru, koja je deo sistema ICPF (International Cooperative Program on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests) monitoringa u Srbiji, kao jedna od 130 mernih tačaka. Definisani tip zemljišta je: kiselo smeđe zemljište na škrljicama (Dystic Cambisol), u šumi breze (*Betula verucosa* Ehrh.). Značajno svojstvo škrljaca u pedogenetičkom smislu je to što su izvorno siromašna ili sa, relativno, niskim sadržajem baza koje se dosta lako ispiraju (K, Na) [2].

U odnosu na globalnu ili regionalnu emisiju/depoziciju teških metala, postoji značajna baza podataka. Za potrebe ovog rada obrađeni su podaci o depozicijama kadmijuma za Srbiju prema bazi EMEP [3], za period 1990-2015. godine (izuzetak je 1994. godina za koju ne postoje podaci). Teritorija Srbije je podeljena na raster ćelije 50x50 km, za koje su prikazane granične depozicije za navedeni period, a za odgovarajuću raster ćeliju, koja obuhvata deo juga Srbije, kojem pripada područje Vlasine, obrađeni su podaci depozicije Cd za svaku godinu.

U okviru programa proučavanja zemljišta na izabranoj bioindikacijskoj parceli je 2003. godine, otvoren pedološki profil, uzeti uzorci i urađene analize osnovnih fizičkih i hemijskih svojstava zemljišta, a sadržaj teških metala je urađen za organske slojeve. Tokom avgusta 2019. godine, na istoj parceli su uzeti uzorci zemljišta iz organskog sloja (Olf), iz mineralnih slojeva 0-5 i 5-10, kao i uzorci biljaka: hajdučka trava (*Achillea millefolium* L.) i kantarion (*Hypericum perforatum* L.).

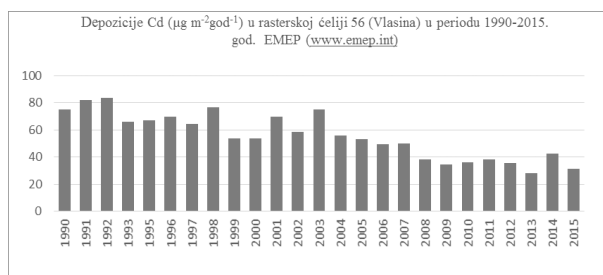
U svim uzorcima zemljišta i uzorcima lekovitih biljaka utvrđeni su ukupni sadržaji Cd, mereni atomskom apsorpcionom spektrofotometrijom (AAS na aparatu Thermo Electron Corporation, Cambridge, UK), a priprema uzoraka vršena je ekstrakcijom HCl i HNO₃ (u odnosu 3:1) [4]. Reakcija zemljišnog rastvora određena je elektrometrijski u rastvoru CaCl₂.

REZULTATI

Rezultati analiza depozicije kadmijuma na području Vlasine, za period 1990-2015., prikazani su na slici 1.

Vrednosti depozicije kadmijuma, prema rezultatima EMEP, odnose se, isključivo, na koncentracije u regionalnoj razmeri, a jasno je da oko tačkastih izvora mogu biti i značajno više.

U tabeli 1, prikazane su uporedne vrednosti sadržaja Cd u zemljištu na BT Vlasinsko jezero, za 2003. i 2019. godinu, kao i vrednosti reakcije zemljišnog rastvora (pH), dok su vrednosti Cd u proučavanim biljkama, prikazane samo za 2019.



Slika 1. Depozicija Cd (µg m⁻² god⁻¹) na području Vlasine u periodu 1990-2015. god.

Tabela 1. Vrednosti pH, sadržaj Cd u zemljištu i biljnom materijalu na Vlasinskom jezeru

Lokalitet	Sloj zemljišta	2003.		2019.		Biljni materijal	
		pH (CaCl ₂)	Cd (mg kg ⁻¹)	pH (CaCl ₂)	Cd (mg kg ⁻¹)	Kantarion, Cd (mg kg ⁻¹)	Hajdučka trava, Cd (mg kg ⁻¹)
Vlasinsko jezero	Olf	5,80	4,98	5,18	3,125	1,000	0,807
	0-5 cm	4,60	-	4,19	0,547		
	BT91	5-10 cm	4,10	-	4,10	0,497	

DISKUSIJA

Najvažniji izvori emisija teških metala u atmosferu uključuju proizvodnju energije, rudarstvo, topljenje i rafiniranje metala, proizvodne procese, transport i spaljivanje otpada. Procesima depozicije (vlažnom i suvom), metali u tragovima dospevaju na površinu zemljišta, depozicija teških metala je sveprisutan proces, mada brzina i količina taloženja variraju u zavisnosti od blizine izvora zagađenja. Prirodna emisija kadmijuma uslovljena je erozijom zemljišta i vulkanskim aktivnostima i, uglavnom, je zanemarljiva.

U toku proučavanog perioda, prema podacima za period 1990-2015. god., za EMEP mrežu, ukupno je istaloženo 1386,3 µg m⁻² Cd. Maksimalna depozicija je zabeležena 1992. godine - 83,48 µg m⁻², a minimalna 2013. godine - 27,99 µg m⁻². Za period 1990-1998. godine, ukupna depozicija je iznosila - 583,53 µg m⁻², a samo u 1999. godini - 53,59 µg m⁻². Prema ovim podacima, takođe, vidimo da se depozicija Cd, generalno, smanjivala.

Povećanje koncentracije kadmijuma na ovom području (a sa njim idu i neki drugi, kao Ni), posledica je teškog bombardovanja Surdulice, ali i okolnih područja, može da bude jedino zbog toga što je u borbenim sredstvima korišćen za elektroniku, koju su imale sve visokosofisticirane rakete i bombe. Samo na Surdulicu je u tri dana intenzivnog bombardovanja palo oko 250 različitih bombi i raketa, koje su vođene ili GPS (The Global Positioning System) ili elektronskim delovanjem na cilju.

Izvesna zagađenja zemljišta kod Belog Polja (Surdulica) kadmijumom, kobaltom i berilijumom su nastala

kao produkti zavarivanja, a što spada u industrijsku zonu i nalazi se blizu fabrike Mačkatica i sadašnje fabrike Knauf, iz koje je kasnije zagađenje nastavljeno ali u manjoj meri. Prema analizi Odeljenja za životnu sredinu iz Surdulice, u zemljištu je izmereno (28.05.2018) - 0,85 mg kg⁻¹.

Generalno, Cd, Pb, Cr, Cu, Zn, As, Hg i Ni, spadaju u grupu najopasnijih teških metala u životnoj sredini. U poređenju sa ukupnim količinama koje se akumuliraju u zemljištu iz različitih, difuznih izvora ili od poljoprivrednih aktivnosti, gubici ispiranjem i usvajanjem od strane biljaka (zavisno od uslova zemljišta), obično su, relativno, mali [5]. Ratne aktivnosti, međutim, kao ekstremni oblik „obogaćivanja” zemljišta, posebno, kadmijumom, bitno pogoršavaju stanje i procese u zemljištima.

Kao posledica navedenih aktivnosti, vremenom akumuliraju se u površinskom sloju zemljišta, što može imati dugoročne posledice na kvalitet zemljišta (poljoprivrednog, pre svega), uključujući fitotoksičnost u visokim koncentracijama, održavanje mikrobioloških procesa u zemljištu i prenos zootoksičnih elemenata u ljudsku ishranu (najčešće, Cd i Pb). Teški metali, kao Cd, Pb i Hg, nemaju poznatu biološku funkciju i mogu prouzrokovati ozbiljne zdravstvene probleme ako uđu u lanac ishrane čoveka.

Kadmijum (Cd) je odavno prepoznat kao jedan od najtoksičnijih elemenata (kancerogen, mutagen ili toksičan za reprodukciju, takođe, perzistentan i bioakumulativan). Prema Bernard [6], biljke ga lako usvajaju, tako da većina prehrambenih proizvoda sadrži tragove Cd, bilo iz prirodnih ili antropogenih izvora. U zemljištima se lako adsorbuje glinenim mineralima i organskom materijom, visoko je labilan (posebno pri niskim pH vrednostima zemljišnog rastvora), usvaja se pasivno ili metabolički, inhibira enzime, veoma je pokretan unutar biljaka, tako da može prouzrokovati niz hroničnih zdravstvenih problema kod ljudi. Kao posledica ovih procesa, Cd predstavlja jednu od male grupe teških metala, za koje je FAO/WHO postavila privremenu granicu za dnevni unos za ljude. Evropska unija je takođe uvela zakonodavstvo kojim se određuje maksimalna dozvoljena koncentracija (MPC) u nizu prehrambenih proizvoda [7]. Zbog navedenog, zemljištima sa visokim koncentracijama Cd mora se na odgovarajući način upravljati kako bi se izbegao transfer u lanac ishrane ljudi.

Na proučavanom području Vlasinskog jezera, ovo je potvrđeno vrednostima pH, koje se od 2003. godine, smanjuju u organskom sloju: od 5,80 na 5,18 (u 2019.), dok u mineralnim slojevima 0-5 i 5-10 cm, pripadaju klasi visoke kiselosti (<4,20), pri kojoj se

intenzivira proces njegovog usvajanja od stane biljaka. Zemljišta imaju veliki kapacitet skladištenja teških metala zbog adsorpcije sa organskom komponentom, a postojeće rezerve u zemljištima, rezultat su duge istorije depozicije. Redukovana depozicija i relokacija između slojeva zemljišta ispiranjem, poslednjih godina još nisu ispoljili pun uticaj. Prema rezultatima iz Evropske mreže monitoringa ICPIM (International Cooperative Programme on Integrated Monitoring of Air Pollution Effects on Ecosystems) [8], sadržaj Cd je veći u humusnim slojevima na svim mernim mestima, u poređenju sa mineralnim slojevima zemljišta, sa izuzetkom Ni, prema kojima je sadržaj Cd u humusnim (organskim) slojevima varirao od 0,1-2.3 mg kg⁻¹. S druge strane, prema literaturnim izvorima [9] i [10], za koncentracije Cd u organskim slojevima senavode sledeće granične vrednosti: Cd: niske (background) < 0,35 mg kg⁻¹ i visoke (preko toksičnog nivoa) od >3,5 mg kg⁻¹. U austrijskim šumama, ustanovljeni su kritični nivoi za Cd, tako da sadržaji <0,10 mg kg⁻¹ spadaju u klasu niskih, dok sadržaji >1,0 mg kg⁻¹, spadaju u klasu vrlo visokih [11]. Sadržaj kadmijuma u uzorkovanom zemljištu na Vlasinskom jezeru (3,125 mg kg⁻¹) je nekoliko puta veći od „granične maksimalne vrednosti“ koja je definisana nacionalnim propisima [12]. Ovom uredbom granična maksimalna vrednost za sadržaj Cd u zemljištu iznosi 0,8 mg kg⁻¹. Na osnovu metode statističke ekstrapolacije [13], predložili su, kritično ograničenje Cd za organske slojeve šumskih zemljišta - 0,69 mg kg⁻¹.

Sadržaj Cd u nadzemnoj masi kantariona i hajdučke trave iznosi 1,00, odnosno 0,807 mg kg⁻¹. Prema literaturnim izvorima [14], listovi biljke obično imaju veći sadržaj Cd od stabljika ili korena. S druge strane, neki autori [15] smatraju da koncentracija Cd u biljnom

materijalu od 0,10 mg Cd kg⁻¹ u suvoj masi, uglavnom, se smatra kritičnom. Na osnovu istraživanja sadržaja Cd u herbi kantariona na Rtnju srednje vrednosti su iznosile 0,45 ± 0,07, a na Ozrenu 0,78 ± 0,04 mg kg⁻¹ [16]. Takođe, ovi autori navode da SZO preporučuje vrednost koncentracije Cd u kantarionu od 0,3 mg kg⁻¹. Međutim, prema legislativi EU [7] propisana je granična vrednost za svežu herbu (fresh herbs) - 0,2 mg kg⁻¹, ili raspon za biljni material - 0,05-0,2 mg kg⁻¹.

Zaključak

Ratna dejstva, kao poseban oblik antropogenih aktivnosti, dovode do ekoloških promena koje uzrokuju nepredvidive, intenzivne i dalekosežne posledice. Na području Vlasinskog jezera analizirana je depozicija Cd za period 1990-2015. godine, prema bazi EMEP. Prema ovim analizama, u toku navedenog perioda, istaloženo je ukupno 1386,3 µg m⁻² Cd. Na osnovu izvršenih analiza, sadržaj Cd u organskom sloju zemljišta 2003. godine je iznosio 4,98 mg kg⁻¹, a 2019. godine - 3,125 mg kg⁻¹. Sadržaj Cd u herbi kantariona i hajdučke trave u 2019. godine je iznosio 1,00, odnosno 0,807 mg kg⁻¹. Rezultati pokazuju da sadržaj Cd, kako u organskom sloju zemljišta, tako i u analiziranim biljkama, višestruko prevazilazi „granične maksimalne vrednosti“, prema svim standardima.

Zahvalnost: Ovaj rad je realizovan u okviru projekta „Istraživanje klimatskih promena na životnu sredinu: praćenje uticaja, adaptacija i ublažavanje“ (III 43007) koji finansira Ministarstvo za prosvetu i nauku Republike Srbije u okviru programa Integriranih i interdisciplinarnih istraživanja za period 2011-2019. godine.

LITERATURA

1. Machlis GE, Hanson T. Warfare Ecology. BioScience. 2008;58(8):729-736. www.biosciencemag.org
2. Filipovski G, Ćirić M. Zemljišta Jugoslavije. Jugoslovensko društvo za proučavanje zemljišta. Beograd. 1963;1-498.
3. EMEP (www.emep.int)
4. ISO 11466:1995 Soil quality. 1995.
5. Nicholson FA, Chambers BJ. Sources and Impacts of Past, Current and Future Contamination of Soil. Appendix 1: Heavy metals. 2008; 1-35. <http://www.adas.co.uk>,
6. Bernard A. Confusion about cadmium risks: the unrecognized limitations of an extrapolated paradigm. Environ Health Perspect. 2016; 124:1-5. <http://dx.doi.org/10.1289/ehp.1509691>
7. European Commission (EC). Commission regulation (EC) No 1881/2006 Setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs (Text with EEA relevance) (OJL 364, 20.12.2006, p. 5). 2006; <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:02006R1881-20100701&from=EN>

8. de Vries V, Forsius M, Lorenz M, Lundin L, Haußmann T, Augustin S et al. Cause-effect Relationships of Forest Ecosystems Joint report by ICP Forests and ICP Integrated Monitoring, Federal Research Centre for Forestry and Forest Products (BFH) (<http://www.icp-forests.org>), Finnish Environment Institute (SYKE) (<http://www.ymparisto.fi>), 1-46, <https://www.icp-forests.org/pdf/icpf-icpim.pdf>
9. Tyler G, Critical concentrations of heavy metals in the mor horizon of Swedish forests. Swedish Environmental Protection Agency. 1992; Report 4078.
10. Andersson A, Nilsson A and Håkanson L, Metal concentrations of the morlayer as influenced by deposition and soil parent material. Swedish Environmental Protection Agency. 1991; Report 3990.
11. Smidt S, Jandl R, Bauer H, Fürst A, Mutsch F, Zechmeister H and Seidel C. Trace Metals and Radionuclides in Austrian Forest Ecosystems. In: Ishwaran N, editor. The Biosphere. InTech 2012; 93-118. <http://www.intechopen.com/books/thebiosphere/trace-metals-in-austrian-forest-ecosystems>
12. „Službeni glasnik RS“, broj 30/2018. Uredba o graničnim vrednostima zagađujućih, štetnih i opasnih materija u zemljištu. Pravno Informacioni sistem Republike Srbije; <https://www.pravno-informacioni-sistem.rs/SlGlasnikPortal/eli/rep/sgrs/vlada/uredba/2018/30/2/reg>
13. Kadović R, Knežević M. Teški metali u šumskim ekosistemima Srbije, monografija, Šumarski fakultet Univerziteta u Beogradu i Ministarstvo za zaštitu prirodnih bogatstava i životne sredine Republike Srbije, Beograd. 2002; 1-279.
14. Alloway BJ, Jackson AP and Morgan H, The accumulation of cadmium by vegetables grown on soils contaminated from a variety of sources. 1990; *Sci Total Environ* 75:41-69
15. MacLean KS, Robinson AR and MacConnell HM, The effect of sewage-sludge on the heavy metal content of soils and plant tissue. *Commun Soil Sci Plant Anal* 1987; 18:1303-1316
16. Djukić-Ćosić D, Stanojević A, Djekić-Ivanković M, Ćurčić M, Plamenac-Bulat Z, Antonijević B et al. Sadržaj kadmijuma u *Hypericum perforatum* L. i *Thymus serpyllum* L. sa lokaliteta planina Rtnja i Ozrena. *Vojnosanit Pregl* 2011; 68(11): 930-934

PRIMENA MAHOVINA I LISTOVA DRVEĆA U BIOMONITORINGU ZAGAĐENOSTI VAZDUHA

AUTORI

Milica Tomašević* i Mira Aničić Urošević
Univerzitet u Beogradu, Institut za fiziku u Beogradu

SAŽETAK

Uprkos postojećih propisa i strategija, koncentracije zagađujućih supstanci u gradskom vazduhu su još uvek vrlo visoke. Biomonitoring primenom mahovina i listova drvenastih biljaka omogućava utvrđivanje stanja zagađenosti životne sredine potencijalno toksičnim elementima, organskim zagađujućim supstancama i radionuklidima. Biomonitoringom se mogu prikupiti brojne informacije o zagađenju počevši od njegovog prisustva, nivoa koncentracija, sezonske/vremenske, prostorne akumulacije i mogućih efekata na zdravlje i životnu sredinu. Ovi podaci su dragoceni kao osnova za donošenje regulatornih dokumenata i strategija koje imaju za cilj ciljem smanjenja emisije i prisustva zagađujućih supstanci. U ovom radu je dat niz primera i pregled istraživanja sprovedenih na području Beograda, kao i Srbije, kojima se ukazuje na brojne mogućnosti za dobijanje informacija o stanju zagađenosti vazduha na određenom lokalitetu, na nivou grada ali i cele države.

Ključne reči: suspendovane čestice, atmosferska depozicija, elementi u tragovima, vazduh, zemljište

ENGLISH

MOSS AND TREE LEAF BIOMONITORING IN ENVIRONMENTAL POLLUTION ASSESSMENT

Milica Tomašević* and Mira Aničić Urošević

SUMMARY

In spite of existing regulations and strategies, concentrations of air pollutants in urban areas are still very high. Biomonitoring using mosses and tree leaves provides ample opportunity to determine the state of environmental pollution by potentially toxic elements, organic pollutants and radionuclides. Thus, numerous indicators can be collected, starting with pollutant presence/absence, the concentration levels, seasonal/temporal, spatial variation and their possible effects on health and the environment. This information is valuable as a basis for the adoption of regulatory documents and strategies aimed at reducing the emission and presence of pollutants. This paper provides an overview of research pointing to numerous possibilities for obtaining information on the state of air pollution in a particular locality, at the city (Belgrade) and state (Serbia) levels.

Key words: particulate matter (PM), trace elements, atmospheric deposition, air pollution, soil

UVOD

Usled brojnih antropogenih aktivnosti, koncentracije potencijalno toksičnih elemenata, elemenata u tragovima i drugih zagađujućih supstanci u vazduhu znatno su promenjene, kao i njihova biodostupnost i kruženje u biosferi. Zagađenost vazduha i zemljišta elementima u tragovima je naročito izražena u gradskim sredinama.

Brojne studije su pokazale da su elementi u tragovima dugotrajne zagađujuće supstance, široko rasprostranjeni u životnoj sredini, kao i da interagujući sa brojnim prirodnim komponentama predstavljajući pretnju za zdravlje ljudi i životnu sredinu. Većina elemenata u tragovima u kopnenim ekosistemima potiče iz atmosferske suve i vlažne depozicije. Studije transporta i mobilnosti metala u tragovima su predmet istraživanja mnogih naučnika [1, 2].

Metali u tragovima (kao što su Cu, Zn, Pb i drugi) u gradskim sredinama se uglavnom emituju iz saobraćaja, uključujući emisije izduvnih gasova i proizvode nastale habanjem vozila [3]. Nakon prestanka korišćenja olovnog benzina u Evropi, Pb ostaje još dugo prisutno u vegetaciji i zemljištu [4].

Ispitivanja zagađenja vazduha su često ograničena skupim instrumentalnim metodama monitoringa i teškoćama u sprovođenju obimnog uzorkovanja u prostoru i vremenu. Osim toga, tehnike instrumentalnog monitoringa ne daju informacije o uticaju atmosferskih zagađujućih supstanci na žive sisteme. Zbog toga sve više raste potreba za korišćenjem indirektnih metoda merenja koje su zasnovane na odgovoru organizama koji se ponašaju kao bioakumulatori zagađujućih supstanci. Već nekoliko decenija se za procenu kvaliteta vazduha sprovode istraživanja na biljkama kao biomonitorima za detekciju i monitoring zagađenosti elementima u tragovima [5, 6]. Postignuti rezultati omogućavaju naučnu podršku za izradu graničnih vrednosti i direktiva za kontrolu kvaliteta vazduha zasnovanim na efektima zagađujućih supstanci.

Cilj ovog rada je da ukaže na mogućnosti primene mahovina i listova drvenastih biljaka u proceni zagađenosti vazduha. Primenom biomonitoringa se mogu dobiti informacije o nivou zagađenosti neke oblasti i o prostornoj i vremenskoj raspodeli zagađujućih supstanci u nekoj oblasti, a mrežnim azorkovanjem je moguće pokriti i šire predele.

Primena mahovina u proceni zagađenja vazduha

Mineralna ishrana mahovina je slična onoj kod vaskularnih biljaka, osim što je glavni izvor nutrijenata vazduh, a ne zemljište. Zahvaljujući specifičnim morfološko-

anatomskim i fiziološkim osobinama mahovine su prepoznate kao dobri biomonitori zagađenosti vazduha. Njihove biomonitorske prednosti u odnosu na druge biljke su:

- nedostatak potpuno razvijenog korenovog sistema (odsustvuje akumulacija elemenata iz supstrata);
- slabo razvijena kutikula na površini stabaceta i listića (elementi se iz vazduha usvajaju celom površinom ćelijske membrane);
- visoka jono(katjon)-izmjenjivačka sposobnost ćelijske membrane (izraženo vezivanje elemenata na osnovu negativnog naboja ćelijskog zida);
- izražen kapacitet za adsorpciju i zadržavanje elemenata (akumulacija elemenata u formi jona srazmjerno količini koja je mahovini na raspolaganju);
- forma busena u kojoj obično rastu obezbeđuje veliku efektivnu površinu pogodnu za atmosfersku depoziciju;
- višegodišnje su biljke i, u prisustvu vode, zelene tokom čitave godine; i
- kosmopolitska rasprostranjenost (omogućava da se istraživanja sprovedu na velikoj teritoriji).

Imajući u vidu da se mahovine snabdevaju nutrijentima i vodom iz vazduha, njih je moguće koristiti kao pasivne biomonitore zagađenja vazduha, vodeći se premisom da se sastav okolnog vazduha odražava u sastavu njihovog tkiva. Međutim, postoje oblasti, kao što su gradske sredine, u kojima nema prirodno rastućih mahovina zbog predominantno asfaltiranih površina i uređivanih parkova. U takvim sredinama moguće je sprovesti tzv. aktivni biomonitoring odnosno izmeštanje (transplantaciju) mahovina iz nezagađene sredine i njeno izlaganje na lokalitet od interesa [6- 8]. Metoda upotrebe mahovina kao biomonitora zagađenja vazduha je široko primenjivana zbog brojnih prednosti koje imaju ne samo u odnosu na druge biomonitorske vrste već i u odnosu na standardne instrumentalne tehnike. Monitoring atmosferske depozicije pomoću mahovina predstavlja jednostavnu i ekonomičnu metodu za razliku od instrumentalnih metoda koje zahtevaju skupe instrumente, električno napajanje i tehničko održavanje. Široka zastupljenost mahovina omogućava visoku rezoluciju uzorkovanja (mernih mesta) što dozvoljava mapiranje stanja zagađenosti vazduha na velikim površinama [8].

Metode rada

Pasivni biomonitoring zagađenja vazduha primenom mahovina se sprovodi na međunarodnom (evroa-

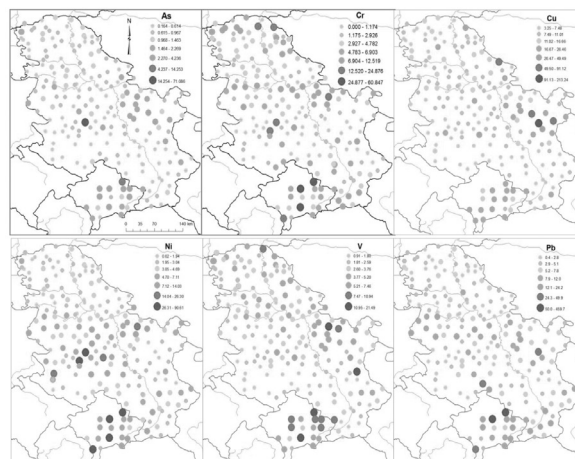
zijskom) nivou poslednjih nekoliko decenija a u okviru programa Ujedinjenih Nacija [9]. Postoji detaljno uputstvo za uzorkovanje i analizu mahovina kako bi dobijeni podaci bili uporedivi između različitih zemalja. Četiri vrste mahovina su preporučene za ove potrebe: *Pleurozium schreberi*, *Hylocomium splendens*, *Hypnum cupressiforme* i *Pseudoscleropodium purum*. U južnoj i centralnoj Evropi najrasprotrtanija vrsta je *H. cupressiforme*. Mahovina se prikuplja sa lokaliteta udaljenih najmanje 500 m od naselja i pojedinačnih kuća i 300 m od lokalnih puteva, kao i van krošnji drveća. Istraživanje se sprovodi svakih 5 godina.

Srbija se pridružila ICP Vegetation programu 2000. godine, s tim što je u početku samo severni deo zemlje bio pokriven uzorkovanjem mahovina [10]. Međutim, u 2005. i 2015. godini čitava teritorija Srbije je bila obuhvaćena istraživanjem. Uzorkovana je mahovina *Hypnum cupressiforme* Hedw. na oko 200 lokaliteta širom zemlje, a u uzorcima je određivan sadržaj teških metala i drugih elemenata. Merenja koncentracija elemenata u tragovima su vršena nekom od referentnih analitičkih tehnika: neutronska aktivaciona analiza (NAA), Optička emisiona spektrometrija sa induktivno spregnutom plazmom (ICP-OES), masena spektrometrija sa indukcijom spregnutom plazmom ICP-MS, a određivan je i sadržaj radionuklida [11].

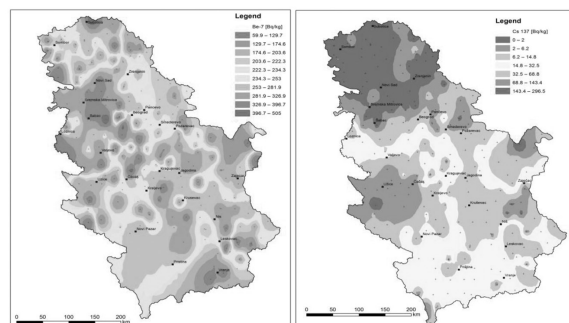
Rezultati i diskusija

Istraživanjima u Srbiji u okviru ICP Vegetation programa u 2015/2016 primenom mahovine *H. cupressiforme* dobijeni su nivoi zagađenosti teškim metalima i drugim elementima (Slika 1), kao i radionuklidima ^{7}Be and ^{137}Cs (Slika 2). Prema mapama zagađenja vazduha Srbije mogu da se prepoznaju lokacije (oblasti) sa povišenim nivoom zagađenja. Kada se jednom otkrije oblast sa povišenim koncentracijama neke zagađujuće supstance, preporučljivo je ponoviti uzorkovanje mahovine u datom području, ali sa većom prostornom rezolucijom mesta uzorkovanja.

Primenom pasivnog biomonitoringa na lokalitetima širom Kosova i Metohije u uzorkovanim mahovinama *H. cupressiforme* i okolnom zemljištu ispitivane su koncentracije potencijalno toksičnih elemenata. Za neke elemente su koncentracije u površinskom sloju zemljišta bile više od vrednosti dozvoljenih nacionalnim i međunarodnim propisima. Ovako visoki sadržaji elemenata u zemljištu su verovatno poreklom od lokalnih rudnih bogatstava, ali i od atmosferske depozicije. Međutim, u mahovini su faktori obogaćenja elemenata bili znatno viši za Pb, Cu, Zn i U nego u okolnom zemljištu [12].



Slika 1. Srednje vrednosti koncentracije ($\mu\text{g g}^{-1}$) elemenata (As, Cr, Cu, Ni, V, Pb) u mahovini *H. cupressiforme* širom Srbije u 2015/2016.



Slika 2. Sadržaj radionuklida ^{7}Be i ^{137}Cs (Bq kg^{-1}) u mahovini *H. cupressiforme* širom Srbije u 2015/2016.

Prema poslednjim istraživanjima, biomonitoring mahovinama može biti korisna metoda za procenu atmosferske depozicije i elemenata retkih zemalja. U današnje vreme, ova grupa zagađujućih supstanci je u porastu zbog njihove sve veće primene u industriji i poljoprivredi, stoga, njihov uticaj na ljude i životnu sredinu sve više raste. Elementi retkih zemalja mogu biti sastavni deo čestica koje se prenose vazduhom. Istraživanja su rađena na mahovini *H. cupressiforme* koja je sakupljena širom Srbije. Hemijska analiza je obuhvatila 16 elemenata retke zemlje, uključujući i Lantanide (La to Lu), Sc i Y, a koji su mereni masenom spektroskopijom sa induktivno spregnutom plazmom (ICP-MS). Rezultati ove studije su pokazali da je mahovina osetljiv alat koji odražava prisustvo retkih zemalja, čak i onih u tragovima (Ho, Er, Tm, Yb, Lu) [13].

Aktivni biomonitoring primenom mahovina *Sphagnum girgensohnii* je uspešno korišćen za ispitivanje zagađenosti vazduha. Pokazano je da postoji visoka korelacija između koncentracija određenih elemenata u mahovini i u ukupnoj depoziciji [14].

Ova vrsta mahovine je korišćena u obimnim istraživanjima zagađenosti vazduha u gradskim uslovima Beograda. Tako je utvrđena razlika u zagađenosti na

malim rastojanjima, nađene su razlike u horizontalnoj i vertikalnoj distribuciji elemenata u ulicama kanjonskog tipa, kao i specifičnosti horizontalne distribucije elemenata u vazduhu gradskog tunela [15]. Takođe je efikasnost aktivnog biomonitoringa pokazana u mogućnosti procene razlika u zagađenosti vazduha na malim rastojanjima sa različitim protokom saobraćaja i to: između raskrsnica, jednosmernih, dvosmernih ulica i pešačkih zona, a dobijena je i korelacija sa protokom saobraćaja [16].

Magnetnim biomonitoringom je ispitivana zagađenost vazduha česticama u gradskoj oblasti Beograda. U odabranim vrstama *S. girgensohnii* i *H. cupressiforme* takođe su analizirani i teški metali i policiklični aromatični ugljovodonici. Istraživanja su pokazala da je prva vrsta bolji biomonitor jer ima veću sposobnost bioakumulacije. U ovim istraživanjima ukazano je na zone visokog zagađenja vazduha u gradu, a da ove oblasti prethodno nisu bile identifikovane instrumentalnim merenjima [17].

Aktivnim biomonitoringom određivan je i nivo najniže zagađenosti vazduha elementima u tragovima. Ovom metodom je efikasno utvrđen najniži nivo zagađenosti vazduha u gradu, koji je znatno viši od onih u prirodnim, nezagađenim staništima, a koji uglavnom potiče od lokalnih izvora [18].

Primena listova drveća u proceni zagađenja vazduha

Iako su mahovine i lišajevi najpogodniji biomonitori atmosferske kontaminacije elementima u tragovima, ove biljke često nisu prisutne u gradskoj sredini. Zbog toga su „više biljke“ dobile posebnu važnost i koriste se kao vredni biomonitori u urbanim i industrijskim oblastima. Štaviše, u takvim oblastima sa visokim nivoima zagađenosti, biljke mogu da daju kompleksniji odgovor u poređenju sa tehnikama instrumentalnog monitoringa [5, 6].

Drveće je vrlo efikasno u zadržavanju atmosferskih čestica, uglavnom na listovima. Naročito je važna njihova uloga u smanjivanju nivoa finih respirabilnih čestica „visokog rizika“, sa potencijalom da izazovu ozbiljne probleme za ljudsko zdravlje i štetne uticaje na životnu sredinu. Obimna istraživanja na raznim vrstama drvenastih biljaka su rađena u svetu i kod nas s ciljem utvrđivanja pogodnosti listova kao biomonitora [19, 20, 21].

Metode rada

Ne postoji standardizovana metodologija za ove studije. Iako se istraživanja biomonitoringa primenom listova biljaka praktikuju čitav niz godina, još uvek se ne dobijaju potpuno zadovoljavajući podaci. Zbog velike varijabilnosti biljnih vrsta u gradskim sredinama, [22]. Dobro definisani metodološki koraci počevši od uzorkovanja listova do njihovog daljeg tretmana su od ključne važnosti za tumačenje rezultata. U istraživanjima na području Beograda su korišćeni listovi drveća često prisutnih u gradskoj sredini: *Aesculus hippocastanum* L. (divlji kesten), *Corylus colurna* L. (mečija leska), *Betula pendula* Roth (evropska bela breza), *Tilia cordata* Mill. (sitnolisna lipa) *Tilia* spp. (više vrsta lipe) i *Acer platanoides* L. (Norveški javor). Hemijska analiza elemenata u tragovima (Al, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Sr, V and Zn) u listovima rađena je pomoću uređaja ICP-MS. Za provjeru kvaliteta analize korišćeni su standardni referentni materijali (lichen-336, IAEA). Tačnost merenja je bila 90-95%. Svi rezultati su računati na bazi suve mase uzorka.

Rezultati i Diskusija

Suva depozicija zavisi, pre svega, od fizičkih karakteristika čestica (veličina i oblik), od meteoroloških uslova (brzina vetra, termalna stabilnost), a takođe i od morfoloških karakteristika biološke površine. Ovde će biti pomenuti studije sprovedene na području Beograda vezane za depoziciju elemenata u tragovima na površini listova i na njihovu akumulaciju u tkivu lista.

Za fizičku i hemijsku karakterizaciju čestica deponovanih na listovima biljaka korišćen je skenirajući elektronski mikroskop sa disperzivnom spektroskopijom pomoću X zraka (SEM-EDAX). Ispitivani su oblik, veličina, morfološke karakteristike čestica i njihov hemijski sastav. Većina čestica (50-60%) na listovima pripadala je klasi finih čestica ($D < 2 \mu\text{m}$). Po morfološkom i hemijskom sastavu, uglavnom su bile prisutne čestice čađi i prašine (Si, Al, Fe, Mg, N, S, Ca, K, Cl) sa manjinskim sadržajem elemenata kao što su: Pb, Zn, Ni, V, As, Ti, Cu i Cd. Takođe su posmatrane i čestice bogate metalima, gde je npr. Pb bilo većinski element. Prema obliku, veličini i hemijskom sastavu čestica deponovanih na površini listova moglo se pretpostaviti da većina potiče iz saobraćaja [19].

Ispitivanja sezonske akumulacije metala u tragovima (Pb, Cu, Zn, Cd) u listovima (*A. hippocastanum*, *C. colurna*) u toku dve uzastopne godine, u kojima su bili značajno različiti nivoi ovih metala u suspendovanim česticama, pokazala su da je samo prva biljna vrsta

odreagovala na porast koncentracije metala u vazduhu. Istraživanje je ukazalo na pogodnost ove vrste kao biomonitora zagađenja vazduha u gradskoj sredini [23].

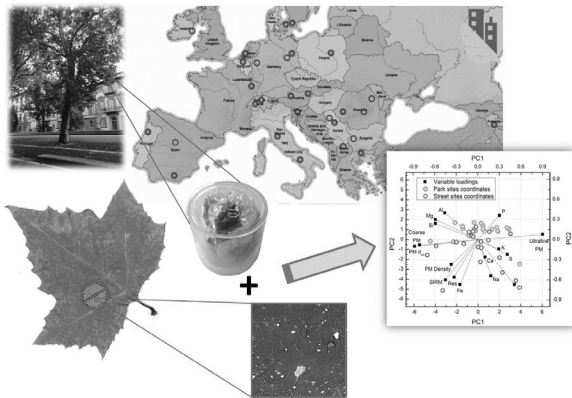
Studije na listovima obuhvatile su i višegodišnje periode biomonitoringa zagađenosti vazduha elementima u tragovima (Cr, Fe, Ni, Cu, Zn i Pb). Za većinu elemenata, nađena je sezonska akumulacija elemenata u listovima u više uzastupnih godina (2002-2006). U tom periodu opadala je koncentracija Pb u listovima, što je bilo u korelaciji sa vrednostima dobijenim u ukupnoj atmosferskoj depoziciji mereno kolektorima. Na jednom od odabranih lokaliteta, na kome su u prethodnom periodu drugim metodama nađeni ekstremno visoki sadržaji Cu (ukupna depozicija, PM, mahovine), koncentracije Cu u listovima su pokazale opadajući trend, a što je bilo u saglasnosti sa vrednostima za Cu u ukupnoj atmosferskoj depoziciji u ispitivanom višegodišnjem periodu. Prema ovim istraživanjima, *A. hippocastanum* je pogodan biomonitor za atmosfersko zagađenje olovom, a i za bakar u uslovima visoke zagađenosti ovim elementom [20].

Višegodišnje studije obuhvatile su i ispitivanje varijacija u izotopskom sastavu Pb, što se smatra mogućim indikatorom za identifikaciju izvora zagađenja olovom u životnoj sredini. U listovima drveća koja uobičajeno rastu u gradskoj sredini Beograda (*Aesculus hippocastanum* i *Tilia* spp.), određivani su odnosi između koncentracija Pb i odnosa stabilnih izotopa ($^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ i $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$). Istraživanja su obuhvatila period od nekoliko godina (2002-2006, 2009) kada je u Srbiji još uvek korišćen olovni benzin, mada je broj vozila koja su koristila bezolovni benzin bio u porastu. Status opadanja atmosferske zagađenosti olovom se takođe odrazio i na sadržaj Pb u listovima. Međutim, dok je sadržaj Pb u listovima u tom periodu opadao, izotopski odnos $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ je rastao tokom godina. Dobijeni izotopski odnosi su ukazali da je sadržaj Pb u listovima poreklom iz saobraćaja. Takođe je ukazano na različito poreklo olovnih aditiva u benzinu (2002-2004 australijska ruda; 2005, 2006 kineska ruda). Kod ispitivanih biljnih vrsta je pokazano da su pratile promene u izotopskom sastavu Pb u listovima. Međutim, vrsta *A. hippocastanum* je pokazala konzistentniji i osjetljiviji odgovor u poređenju sa *Tilia* spp, što ukazuje na veću podnost prve vrste za identifikaciju izvora Pb u vazduhu [24]. U studijama sa izotopima olova, još uvek treba da se razreše brojna metodološka pitanja u proceni porekla Pb u životnoj sredini, a naročito u biomonitoringu korišćenjem biljaka. U jednoj studiji je rađeno na listovima koji su bili oprani i na neoprani uzorcima. U zavisnosti od vrsta, spiranjem je sa nekih listova uklonjeno i oko 30% Pb. Prema izotopskom sastavu, Pb je delimično poticalo

iz aditiva u benzinu, što ukazuje i na prisustvo drugih izvora Pb u vazduhu. Prema rezultatima izotopske analize, listovi *B. pendula* bi mogli biti najefikasniji indikator u identifikaciji više izvora Pb. Iz izotopskih odnosa potvrđeno je da je među ispitivanim vrstama *A. hippocastanum* pogodan biomonitor atmosferske zagađenosti olovom, kao što je pokazano i u prethodnim studijama vezanim za akumulaciju Pb u listovima [25].

Za drugi višegodišnji period (2011-2014) rađena je analiza depozicije/akumulacije čestica magnetnim biomonitoringom. Ova metoda je pogodna za ispitivanje zagađenosti vazduha česticama (PM). Količina čestica koje su zadržane na listovima zavisi od specifičnosti biljne vrste. Magnetne frakcije u uzorcima su kvantifikovane pomoću saturacione izotermalne remanentne magnetizacije (SIRM), dok su koncentracije Al, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb i Zn bile određene metodom opričke emisije spektrometrije sa induktivno spregnutom plazmom (ICP-OES). Magnetna i elementna analiza su razmatrane u odnosu na regulatorna merenja koncentracija suspendovanih čestica (PM₁₀). Listovi *B. pendula* su pogodan biomonitor za zagađenost česticama i u njima prisutnih elemenata. Takođe je ova vrsta pokazala značajne prostorno-vremenske varijacije za vrednosti SIRM i koncentracije elemenata. Ipak, zbog najnižih vrednosti SIRM-a vrsta se ne može preporučiti kao najbolji izbor za nivo zagađenosti vazduha magnetnim česticama na manje zagađenim lokalitetima u gradskoj sredini. Sa druge strane, *A. platanoides* je bolji izbor za uklanjanje čestica koje su u gradskom vazduhu prisutne u znatnim količinama. Magnetni biomonitoring primenom listova biljaka omogućava da se po potrebi postavi obimna mreža mesta za uzorkovanje koja bi pokazala zagađenost gradskog vazduha česticama i elementima koji su njima nošeni. Ovo pitanje je od ogromne važnosti za zaštitu zdravlja i opšteg dobra. Međutim, potrebno je da se uradi još dosta istraživanja u cilju standardizacije metodologije [21].

Istraživanje deponovanih čestica na listovima drveća *Platanus acerifolia* rađeno je magnetnim biomonitoringom na uzorcima iz Beograda i još 27 evropskih gradova iz 20 zemalja [26]. Ova biljna vrsta testirana je kao indikator atmosferskih koncentracija i sastava čestičnog materijala. Ispitivane su dimenzija, elementni sastav i gustina čestica na listu. Prema ovim parametrima, ispitivana vrsta je veoma pogodna za korišćenje u studijama za monitoring suspendovanih čestica u atmosferi. Morfološke i elementne karakteristike čestica na listovima, zajedno sa magnetnim karakteristikama lista, mogu uspešno da ukažu na raspodelu gradskog izvora čestica (Slika 3).



Slika 3. Magnetni biomonitoring čestica deponovanih na listovima drveća *Platanus acerifolia* u 28 evropskih gradova iz 20 zemalja (Baldachini et al.)

Šta se može očekivati od primene biomonitoringa dve decenije od akcidenta?

Pošto primenom mahovina i listova drveća u biomonitoringu može da bude pokriven veliki prostor, ova istraživanja bi omogućila prvu procenu zagađenosti vazduha u oblastima od interesa, ali i u čitavoj Srbiji. Na osnovu preliminarnih rezultata bi se utvrdili dalji pravci istraživanja. Primenom metoda biomonitoringa bi se mogao steći uvid u prisustvo i nivo zagađenosti vazduha raznim zagađujućim supstancama, kao što su:

- metali i drugi elementi u tragovima, na primer Pb, Cd, i metali karakteristični za sagorevanje nafte i njenih derivata koji su bili u upotrebi u Srbiji 1999. godine

LITERATURA

1. Seinfeld JH, Pandis SN. Atmospheric chemistry and physics. In: From Air Pollution to Climate Change. 1998. John Wiley and Sons, Inc., NY, Chichester, Weinheim, Brisbane, Singapore, Toronto.
2. Pacyna EG, Pacyna JM, Fudala J, Strzelecka-Jastrzab E, Hlawiczka S, Panasiuk D. Current and future emissions of selected heavy metals to the atmosphere from anthropogenic sources in Europe. *Atmos. Environ.* 2007; 41: 8557-66.
3. Harrison RM, Tilling R, Romero MSC, Harrad S, Jarvis K. A study of trace metals and polycyclic aromatic hydrocarbons in the roadside environment. *Atmos. Environ.* 2003; 37: 2391-2402.
4. Hovmand MF, Nielsen SP, Johnsen I. Root uptake of lead by Norway spruce grown on 210 Pb spiked soils. *Environ. Pollut.* 2009; 157: 404-9.
5. Bargagli R. Trace Elements in terrestrial Plants: An Ecophysiological Approach to Biomonitoring and Biorecovery. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, NY. 1998.
6. Markert BA, Breure AM, Zechmeister HG (Eds.). Bioindicators and Biomonitors. Elsevier, Amsterdam. 2003.
7. Ares A, Aboal JR, Caballeira A, Giordano S, Adamo P, Fernandez JA. Moss bag biomonitoring: A methodological review. *Sci. Tot. Environ.* 2012; 432: 143-58.
8. Aničić Urošević M, Vuković G, Tomašević M. Biomonitoring of Air Pollution Using Mosses and Lichens, A Passive and Active Approach, State of the Art Research and Perspectives. Nova Science Publishers, New York, NY. 2017.
9. United Nations, Department of Economic and Social Affairs. World Urbanization Prospects. The 2014 Revisions. New York, NY: United Nations. 2015.

- dugoživeće organske zagađujuće supstance, npr. dioksini i furani
- nove zagađujuće supstance kao što su elementi retkih zemalja
- prisustvo osiromašenog uranijuma na KiM i mogućí transport ka ostalim delovima Srbije

ZAKLJUČAK

U radu je dat pregled uglavnom istraživanja sprovedenih u Laboratoriji za fiziku životne sredine Instituta za fiziku u Beogradu. Istraživanja biomonitoringa zagađenosti vazduha primenom mahovina i listova drveća pokazala su brojne prednosti ove metode u odnosu na instrumentalna merenja. U oblasti od interesa, raznolike su mogućnosti za dobijanje informacija o stanju zagađenosti vazduha elementima u tragovima, radionuklidima i organskim polutantima, kao i za procenu mogućih efekata na zdravlje ljudi i životnu sredinu. Biomonitoringom se mogu pokriti šire oblasti, ali takođe aktivni biomonitoring može da se fokusira na manje površine, pa čak i na vrlo mala rastojanja.

Zahvalnica

Naši radovi su finansirani uglavnom sa tekućih projekata Ministarstva za prosvetu, nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije (aktuelni projekat br. III43007).

10. Frontasyeva MV, Galinskaya TYe, Krmar M, Matavuly M, Pavlov SS, Radnovic D i Steinnes E. Atmospheric deposition of heavy metals in northern Serbia and Bosnia-Herzegovina studied by moss biomonitoring, neutron activation analysis and GIS technology, *Journal of Radioanaly Nuclear Chem.* 2004; 259 (1): 141-147.
11. Krmar M, Mihailović DT, Arsenić I, Radnović D, Pap I. Beryllium-7 and 210Pb atmospheric deposition measured in moss and dependence on cumulative precipitation. *SciTot Environ* 2016; 541: 941-8.
12. Aničić Urošević M, Vuković G, Vasić P, Tatjana J, Nikolić D, Škrivanj S, Popović A. Environmental implication indices from environmental characterisations of collocated topsoil and moss samples. *Ecol. Ind.* 2018; 90: 529-39.
13. Aničić Urošević M, Krmar M, Radnović D, Jovanović G, Jakšić T, Vasić P, Popović A. The use of moss as an indicator of rare earth element deposition over large area. *Ecological Indicators* 2020; 109: 105828
14. Aničić M, Tasić M, Frontasyeva MV, Tomašević M, Rajšić S, Mijić Z, Popović A. Active moss biomonitoring with *Sphagnum girgensohnii* moss bags in relation to atmospheric bulk deposition in Belgrade, Serbia. *Environ. Pollut.* 2009; 157: 673-9.
15. Vuković G, Aničić Urošević M, Razumenić I, Goryainova Z, Frontasyeva M, Tomašević M, Popović A. Active moss biomonitoring of small-scale spatial distribution of airborne trace elements in the Belgrade urban area. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 2013; 20: 5461-70.
16. Vuković G, Aničić Urošević M, Škrivanj S, Milićević T, Dimitrijević D, Tomašević M, Popović A. Moss bag biomonitoring of airborne toxic element decrease on a small scale: A street study in Belgrade, Serbia. *Sci. Tot. Environ.* 2016; 542: 394-403.
17. Vuković G, Aničić Urošević M, Goryainova Z, Pergal M, Škrivanj S, Samson R., Popović A. Active moss biomonitoring of extensive screening of urban air pollution Magnetic and chemical analyses. *Sci. Total Environ.* 2015; 521-522: 200-10.
18. Aničić Urošević M, Vuković G, Jovanović P, Vujičić M, Sabovljević A, Sabovljević M, Tomašević M. Urban background of air pollution: evaluation through moss bag biomonitoring of trace elements in Botanic garden. *Urban Forestry and Urban Greening.* 2017; 25: 1-10.
19. Tomašević M, Vukmirović Z, Rajšić S, Tasić M, Stevanović B. Characterization of trace metal particles deposited on some deciduous tree leaves in an urban area. *Chemosph.* 2005; 61:753-760.
20. Aničić M, Spasić T, Tomašević M, Rajšić S, Tasić M. Trace elements accumulation and temporal trends in leaves of urban deciduous trees (*Aesculus hippocastanum* and *Tilia* spp.). *Ecol. Ind.* 2011; 11: 824-830.
21. Aničić Urošević M, Jovanović G, Stević N, Deljanin I, Nikolić M, Tomašević M, Samson R. Leaves of common urban tree species (*Aesculus hippocastanum*, *Acer platanoides*, *Betula pendula* and *Tilia cordata*) as a measure of particle and particle-bound pollution: a 4-year study. *Air Qual. Atm. Hlth.* 2019; <https://doi.org/10.1007/s11869-019-00724-6>.
22. Tomašević M, Aničić M, Jovanović Lj, Perić-Grujić A, Ristić M. Deciduous tree leaves in trace elements biomonitoring: A contribution to methodology. *Ecol. Ind.* 2011; 11: 1689-95.
23. Tomašević M, Vukmirović Z, Rajšić S, Tasić M, Stevanović B. Contribution to biomonitoring of some trace metals by deciduous tree leaves in urban areas. *Environ. Monit. Assess.* 2008; 137: 393-401.
24. Tomašević M, Antanasijević D, Aničić M, Deljanin I, Perić-Grujić A, Ristić M. Lead concentrations and isotope ratios in urban tree leaves. 2013 *Ecol. Ind.*; 24: 504-9.
25. Deljanin I, Tomasević M, Aničić Urošević M, Antanasijević D, Perić-Grujić A, Ristić M. Lead isotopic composition in tree leaves as tracers of lead in an urban environment. 2014 *Ecol. Ind.*; 45: 640-7.
26. Baldacchini C., Castanheiro A., Maghakyan N., Sgrigna G., Verhelst J., Alonso R., Amorim H.J., Bellan P., Breuste J., Bühler O., Cântar C.I., Cariñanos P., Carriero G., Churkina G., Dinca L., Esposito R., Gawroński W.S., Kern M., Le Thiec D., Moretti M., Ningal T., Rantzoudi C.E., Sinjur I., Stojanova B., Aničić Urošević M., Velikova V., Živojinović I., Sahakyan L., Calfapietra C., and Samson R.: How does the amount and composition of PM deposited on *Platanus acerifolia* leaves change across different cities in Europe? *ENVIRONMENTAL SCIENCE AND TECHNOLOGY* 51 (2017) 1147-1156.

SADRŽAJ URANIJUMA U TKIVIMA I DRUGIM KLINIČKIM UZORCIMA SRPSKE POPULACIJE

AUTORI

Aleksandar Stojavljević¹, Branislav Rovčanin², Ljiljana Vujotić², Olga Cvetković³, Aleksandar Arsenijević⁴, Milan Popović⁵, Dragan Manojlović^{1,6}

¹ Univerzitet u Beogradu - Hemijski fakultet, 11000 Beograd, Srbija

² Univerzitet u Beogradu - Medicinski fakultet, Klinički centar Srbije, 11000 Beograd, Srbija

³ Univerzitet u Beogradu - Naučna ustanova Institut za hemiju, tehnologiju i metalurgiju Institut od nacionalnog značaja, Centar za hemiju, 11000 Beograd, Srbija

⁴ Univerzitet u Kragujevcu - Medicinski fakultet, Svetozara Markovića, 34000 Kragujevac, Srbija

⁵ Univerzitet u Prištini - Filozofski fakultet, 38220 Kosovska Mitrovica, Srbija

⁶ Južnouralski državni Univerzitet, Čeljabinsk, 454080, Rusija

SAŽETAK

Porast malignih bolesti u Srbiji je sve učestaliji, dok je mehanizam metalom-indukovane onkogeneze dovoljno razjašnjen. U ovom istraživanju prikazani su rezultati ispitivanja sadržaja uranijuma (U) u krvi zdrave srpske populacije (n = 305) i u krvi pacijenata sa tiroidnim karcinomima (TK; n = 103) i malignim tumorima mozga (MTM; n = 157). Dobijeni rezultati su omogućili, pre svega, komparativno razmatranje zastupljenosti uranijuma u zdravoj populaciji i populaciji kod koje je dijagnostikovana malignitet, kao i sagledavanje profila uranijuma na tkivom nivou iste grupe pacijenata. Rezultati do kojih se došlo omogućili su procenu uticaja različitih bioloških i kliničko-patoloških parametara na status uranijuma. Ispitivanjem su obuhvaćena ne samo maligna tkiva, već i zdrava tkiva. Koncentracija uranijuma određena je sa ICP-MS. Utvrđeno je da je sadržaj U bio do dva puta veći u krvi pacijenata sa TK u odnosu na krv zdrave srpske populacije, kao i da je sadržaj U bio najmanje 15 puta veći u odnosu na druge populacione grupe širom sveta koje nisu pretrpele ratno stanje, a u korelaciji sa zemljama koje su direktno pretrpele ratno stanje. Sadržaj U u tkivima sa TK bio je približno 10 puta veći u odnosu na zdrava tiroidna tkiva i pokazivao je tendenciju porasta od papilarnog karcinoma, preko folikularnog do medularnog karcinoma. Međutim, najveća alteracija u sadržaju U zabeležena je u uzorcima pacijenata sa MTM, kako u tečnim kliničkim uzorcima (serumu, ćelijskom lizatu i cerebrospinalnoj tečnosti), tako i u tkivima (do čak 50 puta). Rezultati ovog istraživanja mogli bi da pruže dodatnu osnovu etiopatogeneze TK i MTM, kao i da ukažu za značaj redovnog praćenja uranijuma u krvi srpske populacije.

Ključne reči: Uranijum; Srpska populacija; Tiroidni karcinomi; Maligni tumori mozga; Etiopatogeneza.

ENGLISH

SUMMARY

The incidence of malignant diseases in Serbia is on the rise, while the mechanism of metal-induced oncogenesis has not been well understood. This paper presents the results of a study of uranium (U) content in the blood of a healthy Serbian population (n = 305) as well as in the blood of patients with thyroid carcinomas (TK; n = 103) and malignant brain tumors (MTM; n = 157). The obtained results enabled, first of all, comparative evaluation of uranium in the healthy population, further in the population with diagnosed a malignancy, as well as the examination of uranium profiles at the tissue level of the same group of patients. The results obtained enabled assessment of the influence of different biological and clinical-pathological parameters on the status of uranium. The examination

included not only malignant tissues, but also healthy tissues. Uranium concentration was determined by ICP-MS. It was found that U content was up to two times higher in the blood of patients with TC compared to the blood of the healthy Serbian population, as well as that U content was at least 15 times higher when compared to other population groups worldwide that had not suffered a war, while its content showed correlation with countries that have directly suffered of a war. The content of U in tissues with TCs was approximately 10 times higher than in the healthy thyroid tissues (HTTs) and showed a tendency to increase from the papillary carcinoma through follicular to medullary carcinoma. However, the highest alteration in U content was observed in the samples of patients with MTMs, both in liquid clinical samples (serum, cell lysate and cerebrospinal fluids) and in tissues (up to 50 times). The results of this investigation could highlight the unknown etiopathogenesis of TC and MBT. Moreover, reported results indicated the importance of regular monitoring of U in the blood of the Serbian population.

Keywords: Uranium; Serbian population; Thyroid carcinomas; Malignant brain tumors; Etiopathogenesis.

UVOD

Uranijum (U) je metal sa najvećim atomskim brojem u prirodi. Slabo je radioaktivan i u prirodnom okruženju se nalazi u vezanom obliku za silikate, karbonate, fosfate itd. Najčešće se javlja i najpostojaniji je u šestovalentnom stanju. Za ovo oksidaciono stanje je karakterističan uranil(ni) jon - UO_2^{2+} .

Uranijum se u prirodi javlja u obliku tri izotopa: ^{238}U (99,275%), ^{235}U (0,720%) i ^{234}U (0,0055%). Najradioaktivnije je ^{235}U , koji ima vreme poluraspada 7,038·10⁸ godina, zatim ^{234}U sa vremenom poluraspada 2,455·10⁵ godina i ^{238}U sa vremenom poluraspada 4,468·10⁹ godina. Do sada je dobijeno više desetina veštačkih izotopa uranijuma. Najznačajniji veštački izotop je ^{233}U , koji se dobija bombardovanjem torijuma (^{232}Th) sa neutronima.

Nuklearna energija se prvenstveno vezuje za izotop ^{235}U . Kako je ^{238}U najzastupljeniji u prirodi, potrebno je izvršiti obogaćivanje sa siromašnijim izotopom (^{235}U). To se postiže gasnom difuzijom uranijum-heksafluorida, koja predstavlja dugotrajan i komplikovan proces. Rezultat obogaćivanja je dostizanje željenog procenta izotopa ^{235}U (2-3%) od prvobitnih 0,72%, što je dovoljno za postizanje kvaliteta nuklearnog goriva. Međutim, obogaćivanjem uranijuma može da se dostigne do čak 99% izotopa ^{235}U , sa nekoliko hiljada difuzionih ciklusa.

Sporedni proizvod procesa obogaćivanja uranijuma je depletirani (osiromašeni) uranijum. Depletirani uranijum (DU) se, zbog visoke gustine i niske cene, koristi kao efikasan materijal za izradu vojnog oružja. DU je prvi put upotrebljen 1991. godine za vreme Prvog Zalivskog rata. U severnom delu Iraka, DU i dalje predstavlja ozbiljan ekološki zagađivač, s obzirom da je njegov nivo porastao nakon Drugog Zalivskog rata, 2003. godine. Neraščišćavanje terena na koja je DU bačen ostavlja posledice po životnu sredinu i zdravlje ljudi.

U poslednjih nekoliko decenija, Evropa je preživela nekoliko radioaktivnih katastrofa, dok je Srbija (Savezna Republika Jugoslavija) direktno pretrpela ratna dejstva 1999. godine. Oružje sa DU, koje je korišćeno tokom vazdušnih napada, predstavlja glavni izvor radioaktivne prašine koja je oslobođena u Srbiji i okolnim zemljama. Prema literaturnim podacima, više od 5 tona DU bačeno je na Srbiju, dok je više od 10 tona bačeno na Autonomnu Pokrajinu Kosovo i Metohiju. Uklanjanje DU na nekoliko lokacija u Srbiji sprovedeno je u periodu od 2002. do 2007. godine. Tokom čišćenja terena, korodirani projektili pronađeni su kako na površini tla tako i u dubinama većim od 1 m.

Uranijum je nerastvoran u vodi. Međutim, izložen vazduhu ili vodi, dolazi do oksidacije i formiranja velikog broja oksidauranijuma. Brzina oksidacije se povećava direktnim udarom DU penetratora s čvrstom površinom (npr. vojnim tenkom). Formirana mikrometarska U-prašina lako se rasipa u okruženju, migrira i taloži se u podzemne vode, biljke, životinje i tako ulazi u lanac ishrane ljudi.

Uranijum se u organizam unosi na isti način kao i drugi teški metali (inhalacijom i/ili ingestijom). Uranilni joni u telesnim tečnostima imaju veliki afinitet ka formiranju kompleksa, prvenstveno sa hidrogenkarbonatima, čime se povećava rastvorljivost uranijuma u krvnoj plazmi. Kompleksirani uranilni joni izlučuju se urinom u relativno kratkom vremenskom periodu (do 10 dana). Međutim, tokom ovog perioda može se javiti stohastički efekat. Prvi organi koji reaguju na uranijum su visoko radiosenzitivna tkiva, kao što su koštana srž i limfno tkivo, zbog kratkog života ćelija i nedostatka aktivnog sistema za reparaciju DNK molekula. Drugi aksiom je latentni period, koji podrazumeva vreme od akcije kancerogenog agensa do kliničke manifestacije maligne bolesti. Za leukemije i limfome, latentni period je 5-10 godina, dok je za ostale (solidne) tumore, koji čine 95% ostalih malignih tumora, taj period 10-20 godina.

Povećana incidencija leukemija i limfoma u Srbiji u periodu 2000-2010. zabeležena je 2005. godine, sa najvećom incidencijom u 2007. godini. Za solidne tumore, u koje spadaju tiroidni karcinomi (TK) i maligni tumori mozga (MTM), povećana incidencija u Srbiji beleži se od 2014. godine.

DU je slabo radioaktivan i njegova toksičnost po ljudsko zdravlje je primarno hemijska, poput drugih teških metala (npr. olova, kadmijuma, žive). Iako su kosti i bubrezi primarni organi za skladištenje uranijuma i manifestacije efekata njegove toksičnosti, pokazano je da ovaj metallako može da prođe krvno-moždanu barijeru i da se akumulira u mozgu. Akumulacija uranijuma u mozgu nije uniformna i zavisi od doze, sa povećanim afinitetom ka hipokampusu i strijatumu. Al-Hamzaei i sar. utvrdili su da povećana aktivnost DU može da uzrokuje tačkaste mutacije DNKi kancerogenezu. U literaturi postoji veliki broj zabeleženih slučajeva povećane učestalosti tumora mozga kod profesionalno izloženih ljudi uranijumu. Briner i sar. zabeležili su aberacijuhromozoma i malignu alteraciju kod radnika izloženih DU, dok su dve kohorte ukazale na visok rizik učestalosti tumora mozga kod ljudi izloženih nuklearnom zračenju (n = 10,000).

CILJ RADA

Cilj ove studije bio je da se odredi sadržaj uranijuma u krvi zdrave srpske populacije i napravi komparativna analiza sa sadržajem uranijuma u krvi pacijenata sa TK i MTM. Pored kratkoročnih informacija koje uzorci krvi mogu da pruže, studija je proširena na uzorke tkiva iste grupe pacijenata u cilju što jasnijeg (dugoročnijeg) sagledavanja U-profila. Uticaj bioloških i kliničko-patoloških parametara takođe je razmatran, dok je kod pacijenata sa MTM razmatran i status uranijuma u cerebrospinalnoj tečnosti (CST).

METODE RADA

Sakupljanje uzoraka

Venska krv je sakupljena od dobrovoljnih davaoca krvi (n = 305; odnos ž/m= 163/142, uzrast: 43 ± 8 godina) i pacijenata sa dijagnostikovanim TK (n = 103; odnos ž/m= 80/23, uzrast: 44 ± 3 godina) i MTM (n = 157; odnos ž/m= 63/94, uzrast: 37 ± 13 godina). Krv pacijenata sa MTM razdvojena je na serum i ćelijski lizat nakon centrifugiranja (3000 × rpm). Od iste grupe pacijenata su sakupljeni uzorci tkivatokom operacije. Maligno tiroidno tkivo (MTT) i zdravo tiroidno tkivo (ZTT) je sakupljeno tokom tiroidektomije. ZTT je sakupljeno

s najveće moguće udaljenosti od primarnog tumora, koji je bio jasno demarkiran. Standardna tehnika hirurške ekscizije tumora uključivala je formiranje peritumoralnog ruba normalnog cerebralnog tkiva. Ovo tkivo je sakupljeno i smatrano zdravim tkivom mozga (ZTM) nakon isključenja malignog tumora ili drugog patološkog entiteta. Patohistološkom (PH) analizom ZTT i ZTM nije utvrđeno prisustvo drugog patološkog entiteta. Od pacijenata sa MTM i pacijenata sa hidrocefalusom (n = 117; odnos ž/m= 61/56, uzrast: 34 ± 11 godina), koji su činili kontrolnu grupu, sakupljena je CST ventrikularnom punkcijom tokom hirurškog ugrađivanja šanta. Najveći broj pacijenata sa TK imao je dijagnostikovan papilarni karcinom tiroidne žlezde (n = 66), zatim folikularni karcinom (n = 23) i medularni karcinom tiroidne žlezde (n = 14). Najveći broj pacijenata sa MTM imao je dijagnostikovan glioblastom gradusa III ili IV (n = 111), a od ostalih malignih tumora zabeležen je meduloblastom gradusa III (n = 26) i astroцитom gradusa III (n = 20). Definitivna dijagnoza i podtip karcinoma postavljen je PH pregledom uzorka tkiva od strane dva nezavisna patologa. Svi uzorci su do analize čuvani na -80°C.

U cilju suzbijanja uticaja endogenih faktora koji bi mogli da poremete distribuciju metala u organizmu, iz studije su isključeni pacijenti s drugim malignim ili hroničnim bolestima, pušači i radnici profesionalno izloženi metalima. Odobrenje za ovo istraživanje dobijeno je od Etičkog komiteta Kliničkog centra Srbije u Beogradu. Svi volonteri i pacijenti su dobrovoljno pristali da učestvuju u ovom istraživanju. Pismena saglasnost dobijena je od svakog ispitanika.

Hemikalije i instrumentacija

Sve korišćene hemikalije bile su p.a. čistoće i bile su snabdevene od proizvođača Merk-a (Darmstadt, Nemačka). Azotna kiselina je dodatno prečišćena sa Berghof-ovim aparatom (BSB-939-IR) za destilaciju koncentrovanih kiselina. Ultračista voda (otpornosti >18,2 MΩ/cm) je dobijena propuštanjem destilovane vode kroz Milli Q Plus sistem (Merk, Darmstadt, Nemačka). Komercijalni standard uranijuma (koncentracije 10 mg/L) i rastvor internog standarda (7Li i Sc od 100 mg/L; Bi, Ga, In, Tb i Y od 20 mg/L) su snabdeveni od „VHG Labs“, Mančester, UK. Instrumentalni parametri ICP-MS su optimizovani sa „iCAP Q“ rastvorom, koji sadrži 1 µg/L Bi, Ba, Ce, Co, In, Li i U u 2%-tnoj azotnoj kiselini. Sertifikovani referentni materijali (SRM) pune krvi (SERO210105, Level 1, L-1 i SERO210305, Level 3, L-3) snabdeveni su od „Seronorm“-a (Sero AS, Norveška) i korišćeni su za proveru tačnosti korišćene metode. Svi

klinički uzorci su razoreni mikrotalasnom digestijom (aparatus ETHOS 1, Milestone, Italija).

Koncentracija uranijuma određena je metodom induktivno spregnute plazme sa masenom spektrometrijom (ICP-MS) na aparatu iCAP Qc (Thermo Scientific, UK). Čist argon (99,999%) snabdeven je od „Messer“-a (Pančevo, Srbija) i korišćen je za obrazovanje plazme i raspršivanje uzoraka. Koliziona ćelija punjena je sa helijumom (99,999%), takođe snabdevenim od Messer-a. Koncentracija uranijuma određena je propuštanjem helijuma kroz kolizionu ćeliju (KED mod). U cilju minimiziranja uticaja jonskih fluktuacija signala, razblaženi rastvor internog standarda (159Tb i 208Bi od 10 µg/L) uvođen je preko sekundarnog kanala na peristaltičkoj pumpi i tako jednako distribuiran u slepu probu, standardne rastvora i uzorke. Šest standardnih rastvora u opsegu 0,1-50 µg/L bilo je dovoljno da se postigne odlična linearnost standardne prave ($r > 0,999$). Tačnost metode kontrolisana je sa SR materijalima i iznosila je 96,5-102,4% za L-1 i 98,1-105,2% za L-3. Preciznost merenja bila je ispod 3%. Sva ispitivanja su sprovedena u skladu sa zahtevima standarda za laboratorijska ispitivanja, SRPS ISO/IEC 17025:2017 iako laboratorija trenutno nije zvanično akreditovana za metode ispitivanja ove vrste predmeta.

Mikrotalasna priprema uzorka

Približno 0,5 g uzorka prebačeno je u mikrotalasnu kivetu i tačna masa je izmerena na analitičkoj vagi. Uzorci su razoreni na 180°C, u smeši azotne kiseline (65%) i vodonik-peroksida (30%) u zapreminskom odnosu 4:1. Režim rada digestora podešen je tako da prvih 10 minuta drži 120°C, nakon čega je zagrevanje i razaranje podešeno na 180 °C u trajanju od 20 minuta. Razoreni uzorci su, nakon hlađenja, kvantitativno prebačeni u normalne sudove od 10 mL i do crte razblaženi sa ultračistom vodom. Liofilizovani SR materijali su prvo rekonstruisani prema uputstvu proizvođača i dalje pripremljeni na isti način kao što je opisano za ispitivane uzorke.

Statistička analiza

Za obradu dobijenih podataka korišćen je SPSS-ov statistički softver (IBM Statistics 20). Raspodela podataka proverena je sa Kolmogorov-Smirnovim testom. S obzirom da rezultati nisu bili jednako distribuirani, statističke razlike između grupa ispitane su sa Mann-Whitney U testom i prikazane su grafički pomoću box-plotova. U korišćenim testovima, nulta hipoteza je odbačena na nivou značajnosti $p < 0,05$. Prema preporukama koje su

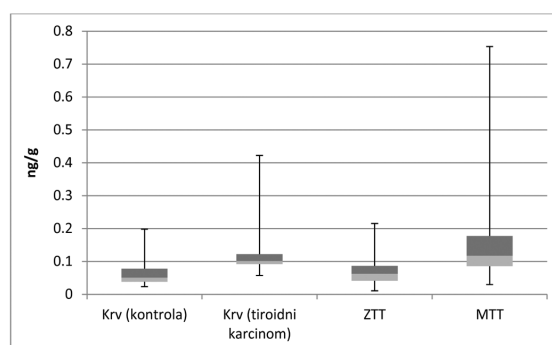
dane Međunarodna federacija za kliničku hemiju (IFCC) i laboratorijsku medicinu i Međunarodna federacija za čistu i primenjenu hemiju (IUPAC), referentni interval za metal iskazuje su u percentilima (P) u opsegu 5 do 95% i izračunava su kao donji limit (DL) i gornji limit (GL) 95%-tnog intervala pouzdanosti.

REZULTATI

Parametri deskriptivne statistike za sadržaj uranijuma u ispitivanim uzorcima pune krvi zdrave srpske populacije (ukupan sadržaj i sadržaj na osnovu razlika u polu i godinama) datisu u Tabeli 1, zajedno sa geometrijskom srednjom vrednošću (GM), izabranim percentilima (P), DL i GL. Komparativna analiza sadržaja uranijuma u uzorcima pune krvi zdrave srpske populacije sa sadržajem uranijuma u uzorcima pune krvi pacijenata sa tiroidnim karcinomima (TK) prikazana je na Slici 1. Na istoj slici je prikazana komparativna analiza sadržaja uranijuma u zdravim tiroidnim tkivima (ZTT) i malignim tiroidnim tkivima (MTT). Dobijeni rezultati ukazuju da je sadržaj uranijuma u punoj krvi kontrolnih uzoraka i ZTT uravnotežen, dok je sadržaj uranijuma u krvi pacijenata sa tiroidnim karcinomima u proseku dva puta veći, a u MTT i do 10 puta veći u odnosu na kontrolne uzorke ($p < 0,05$).

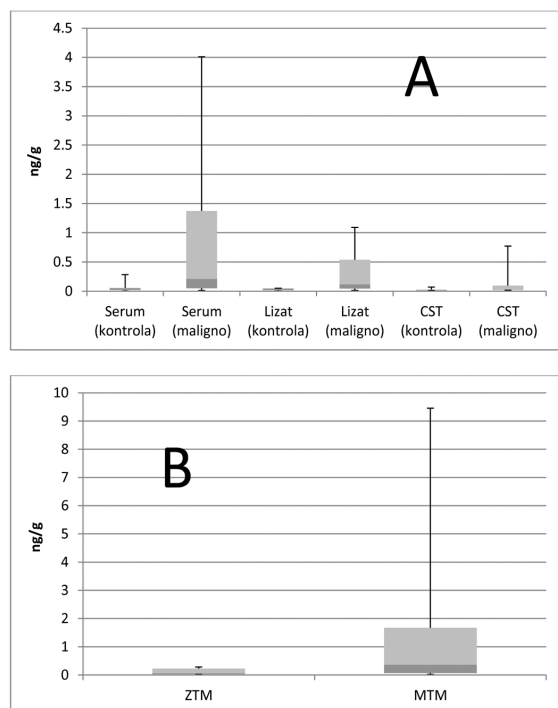
Tabela 1. Sadržaj uranijuma u punoj krvi zdrave srpske populacije (ng/g)

	sred.vred.	st.dev.	min	max	medijana	GM	P5	P50	P95	DL	GL
Σ	0,06	0,04	0,03	0,20	0,05	0,06	0,03	0,05	0,13	0,05	0,07
pol	ženski	0,07	0,04	0,03	0,20	0,06	0,03	0,06	0,13	0,05	0,08
	muški	0,05	0,03	0,02	0,11	0,04	0,02	0,04	0,10	0,03	0,07
uzrast	< 45god.	0,07	0,05	0,03	0,20	0,05	0,03	0,05	0,14	0,05	0,09
	> 45 god.	0,06	0,02	0,03	0,11	0,05	0,02	0,05	0,09	0,05	0,07



Slika 1. Komparativna analiza sadržaja uranijuma u krvi i tkivima kontrolne grupe i pacijenata sa tiroidnim karcinomima.

Komparativna analiza sadržaja uranijuma u serumu, ćelijskom lizatu, cerebrospinalnoj tečnosti (CST) i tkivima pacijenata sa malignim tumorima mozga u odnosu na kontrolne uzorke prikazana je na Slici 2. Statistički značajna razlika u sadržaju uranijuma dobijena je između svih ispitivanih grupa ($p < 0,05$). Najveća alteracija i ujedno najveći sadržaj uranijuma zabeležena je u uzorcima seruma i malignim tkivima mozga (MTM) u poređenju sa kontrolom. Rezultati ove studije takođe ukazuju da se u uzorcima CST može detektovati uranijum i to u nivoima koji su uravnoteženi sa njegovim sadržajem u serumu i ćelijskom lizatu kontrolnih uzoraka. Maligni uzorci CST imali su oko 2,5 puta veći sadržaj uranijuma u odnosu na kontrolne uzorke pacijenata sa hidrocefalusom. Najinteresantniji i ujedno najviše zabrinjavajući rezultati dobijeni su za ispitivane uzorke MTM, s obzirom da su vrednosti u odnosu na ZTM bile do čak 50 puta veće (Slika 2).



Slika 2. Komparativna analiza sadržaja uranijuma u A) serumu, ćelijskom lizatu i CST pacijenata sa malignim tumorima mozga naspram kontrole i B) komparativna analiza sadržaja uranijuma između uzoraka zdravih tkiva mozga (ZTM) i malignih tkiva mozga (MTM).

DISKUSIJA

Od kada je uranijum prvi put bačen na Hirošimu i Nagasaki 6. i 9. avgusta 1945. godine, ovaj metal postao je simbol nuklearne ere, a posledice koje ostavlja po zdravlje ljudi i dalje su nerazjašnjene i često veoma kontradiktorne.

U poslednje tri decenija se, širom sveta, pojavio trend utvrđivanja referentnih intervala za metale od kliničkog interesa. Stojavljević i sar. objavili su prve rezultate za sadržaj uranijuma u krvi zdrave srpske populacije. Uzorci su sakupljeni od 305 dobrovoljnih davaoca krvi, koji su se za vreme anketiranja izjasnili da dolaze iz Beograda, Južno-banatskog i Šumadijskog okruga. Dobijene vrednosti sadržaja uranijuma u krvi nisu se značajno razlikovale u odnosu na ispitivane okruge Srbije, pol ili godine ispitanika ($p > 0,05$). Međutim, komparativnom analizom s drugim populacionim grupama širom sveta zabeležen je značajno povećan sadržaj uranijuma u srpskoj populaciji ($0,06 \pm 0,04$ ng/g) u odnosu na zemlje koje nisu prepele ratna stanja. Tako su, na primer, za francusko stanovništvo Goulle i sar. prijavili medijanu sadržaja uranijuma od $0,004$ ng/g, dok su Heitland i Koster za nemačko stanovništvo prijavili GM vrednost $0,003$ ng/g, što je u proseku oko 15 puta nižavrednost sadržaja uranijuma u odnosu na srpsku populaciju.

Tiroidni karcinomi čine manje od 1% svih humanih tumora. Međutim, tiroidni karcinomi su najčešći maligni tumori endokrinog sistema organa. Ferlay i saradnici istakli su da tiroidni karcinomi zauzimaju 24. mesto u Srbiji po učestalosti. Slijepčević i saradnici zabeležili su da je učestalost tiroidnih karcinoma u Srbiji za period 1999-2008. iznosila 3 na 100.000 žena i 1 na 100.000 muškaraca. Najveća učestalost zabeležena je kod žena između 20 i 29 godina i kod muškaraca između 30 i 39 godina. Autori su, takođe, istakli da se u Srbiji u narednom periodu može očekivati porast novoobolelih slučajeva od tiroidnih karcinoma.

Tačan uzročnik tiroidnog karcinoma nije poznat, a u glavni (egzogeni) etiološki faktor rizika ubraja se izlaganje jonizujućem zračenju. Tiroidna žlezda je jako osetljiva na jonizujuće zračenje o čemu svedoče posledice havarije nuklearnog reaktora u Černobilju 1986. godine, kada je oslobođeno oko $1,7 \times 10^{18}$ Bq ^{131}I u atmosferu. Već godinu dana nakon černobiljske katastrofe zabeležen je značajan porast broja obolelih od tiroidnih karcinoma i drugih malignih bolesti (leukemija, limfoma, tumora dojke itd.) u svim uzrasnim kategorijama, posebno kod dece i u prečniku od sto kilometara od elektrane.

Rezultati ove studije ukazuju da je sadržaj uranijuma u punoj krvi i tkivima pacijenata sa tiroidnim karcinomima značajno povećan u odnosu na kontrolnu grupu. Interesantan podatak je uticaj uranijuma na razdvajanje folikularne PH varijante papilarnog karcinoma tiroidne žlezde od solidne varijante ($0,16$ naspram $0,09$ ng/g, $p = 0,04$), kao i povećan sadržaj uranijuma u tkivima tiroidne žlezde sa retrosternalnim rastom ($0,24$ ng/g u žlezdi sa prisutnim retrosternalnim rastom naspram $0,10$

ng/g bez retrosternalnog rasta, $p = 0,01$), što se može objasniti dužim periodom akumulacije radionuklida, koji je ujedno neophodan i za retrosternalni porast strume. Imajući u vidu da se količina uranijuma u tkivu povezuje sa različitim PH tipovima papilarnog karcinoma, jasno je da pored jonizacionog efekta i doza zračenja može igrati ključnu ulogu u aktivaciji različitih puteva tiroidne karcinogeneze.

Maligni tumori mozga spadaju u najagresivnije tumore i čine oko 1,5% svih humanih kancera. Zabeležena smrtnost od primarnih tumora centralnog nervnog sistema (CNS) je 60% u prvih pet godina. Maligni tumori mozga se najčešće dijagnostikuju kod muškaraca, posebno u starijoj populaciji. Najčešći tip tumora mozga su gliomi i oni zauzimaju oko 80% svih primarnih neoplazmi. Glioblastomi su najčešći i najagresivniji intraparenhimski tumori mozga u odrasloj populaciji.

Tačan uzročnik malignih tumora mozga nije poznat, a noviji literaturni podaci ukazuju na ulogu metala u onkogenezi tumora mozga, prvenstveno zbog sposobnosti metala da prođu krvno-moždanu barijeru. Krvno-moždana barijera i krvno-CSF barijera održavaju homeostazu CNS-a i štite CNS od toksičnih efekata metala. Narušavanjem ove dve barijere dolazi do translokacije metala iz cirkulacije u parenhim mozga i ispoljavanja efekata toksičnosti. Mapiranjem uranijuma u malignom tkivu mozga pomoću LA-ICP-MS metode prvi put je dokazano da uranijum prolazi krvno-moždanu barijeru i da može da se distribuira u mozgu. Becker i saradnici pokazali su da distribucija uranijuma u mozgu nije uniformna i da najveći afinitet pokazuje ka hipokampusu i strijatumu.

U literaturi ne postoji dovoljno podataka o koncentraciji uranijuma u uzorcima krvi, dok je njegov sadržaj u tkivima i CST nepoznat. U susednoj državi, Hrvatskoj, Sarap i sar. prijavili su sadržaj uranijuma u serumu u intervalu 0,10-0,72 ng/g. Todorov i saradnici analizirali su sadržaj uranijuma u punoj krvi veterana koji su bili izloženi DU nakon Prvog Zalivskog rata i prijavili su sadržaj U u intervalu 0,14-0,80 ng/g. Al-Hamzaei i sar. sakupili su uzorke pune krvi od zdravih ljudi i pacijenata s malignim bolestima na nekoliko lokacija koje su bili centri intenzivnih vojnih aktivnosti u periodu Prvog i Drugog Zalivskog rata. Autori su zabeležili značajno povećane vrednosti uranijuma u krvi pacijenata sa kancerom (2.62 ± 0.11 ng/g) u odnosu na kontrolnu grupu (1.54 ± 0.1 ng/g). Vrednosti dobijene u ovoj studiji za serum (1.52 ± 0.68 ng/g) i ćelijski lizat (1.27 ± 0.55 ng/g) nalaze se u dobroj korelaciji sa prijavljenim vrednostima.

Povećan sadržaj uranijuma u tečnim kliničkim uzorcima, a posebno u malignim tkivima mozga, čak

i u zdravim tkivima, zaslužuje da bude dalje ispitan kliničkim studijama. Korišćeni ICP-MS aparat nudi mogućnost određivanja ukupnog uranijuma u ispitivanim uzorcima, zbog čega ova studija ne može da pruži podatke da li je u uzorcima tkiva i telesnih tečnosti detektovan DU ili ne. Glavni razlog je nemogućnost kvadrupol masenog analizatora da razdvoji 238U izotop od 235U. Ovaj nedostatak lako se može rešiti sa HR-ICP-MS i to praćenjem odnosa 235/238U.

ZAKLJUČAK

U ovoj studiji zabeleženo je da je sadržaj U bio i do dva puta veći u krvi pacijenata sa TK u odnosu na krv zdrave srpske populacije, kao i da je sadržaj U u krvi zdrave srpske populacije bio minimalno 15 puta veći u odnosu na druge zemlje širom sveta, koje nisu prepele ratna stanja sa oružjem od DU, a u korelaciji sa zemljama koje su direktno prepele ratno stanje sa oružjem od DU. Sadržaj uranijuma u tkivima sa TK bio je oko 10 puta veći u odnosu na ZTT i pokazivao je tendenciju porasta od papilarnog karcinoma tiroidne žlezde, preko folikularnog do medularnog karcinoma. Uranijum je pokazao uticaj na razdvajanje solidne varijante papilarnog karcinoma od folikularne varijante. Povećan sadržaj uranijuma bio je posebno karakterističan za tkiva tiroidee sa retrosternalnim rastom. Međutim, najveća alteracija u sadržaju U zabeležena je u uzorcima pacijenata sa MTM, kako u tečnim kliničkim uzorcima (serumu, lizatu i CST), tako i u tkivima. Rezultati ovog istraživanja mogli bi da pruže jasniju molekulsku osnovu o patofiziološkim promenama ispitivanih malignih bolesti, rasvetle etiopatogenezu TK i MTM, kao i da ukažu na značaj redovnog praćenja uranijuma u krvi srpske populacije.

Sukob interesa

Nema sukoba interesa.

Zahvalnica

Ovo istraživanje je finansijski podržalo Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (Projekat br. 172030).

LITERATURA

1. Hug B, Ammitzboell NP. Consequences of the bombing of the Federal Republic of Yugoslavia with depleted uranium in 1999. *Curr Concerns* 2019;6/7:5-6
2. Al-Hamzawi AA, Jafaar MS, Tawfiq NF. The relationship between uranium contamination and cancerous diseases of Southern Iraqi patients. *Pensee J.* 2014;76:36-41.
3. Lestaevl P, Houpert P, Bussy C, Dhieux B, Gourmelon P, Paquet F. The brain is a target organ after acute exposure to depleted uranium. *Toxicology* 2005;212:219-26.
4. Zoriy MV, Dehnhardt M, Reifenberger G, Zilles K, Becker JS. Imaging of Cu, Zn, Pb and U in human brain tumor resections by laser ablation inductively coupled plasma mass spectrometry. *Int J Mass Spectrom.* 2006;257:24-33.
5. Bakrač ST, Klem E, Milanović M. Ekološke posledice NATO bombardovanja Republike Srbije 1999. godine. DOI: 10.5937/vojdelo1807475B
6. Briner W. The toxicity of depleted uranium. *Int J Environ Res Public Health.* 2010;7:303-13.
7. Venus M, Puntarić D, Gvozdić V, Vidosavljević D, Bijelić L, Puntarić A, Puntarić E, Vidosavljević M, Jergović M, Šabarić J. Determinations of uranium concentrations in soil, water, vegetables and biological samples from inhabitants of war affected areas in eastern Croatia (ICP-MS method). *J Environ Radioactiv.* 2019;203:147-53.
8. Becker JS. Bioimaging of metals in brain tissue from micrometer to nanometer scale by laser ablation inductively coupled plasma mass spectrometry: state of the art and perspectives. *Int J Mass Spectrom.* 2010;289:65-75.
9. Dinocourt C, Legrand M, Dublineau I, Lestaevl P. The neurotoxicology of uranium. *Toxicology* 2015;337:58-71.
10. Zheng W, Aschner M, Ghersi-Egea JF. Brain barrier systems: a new frontier in metal neurotoxicological research. *Toxicol Appl Pharm.* 2003;192:1-11.
11. Salama E, El-Kameesy SU, Elrawi R. Depleted uranium assessment and natural radioactivity monitoring in North West of Iraq over a decade since the last Gulf War. *J Environ Radioactiv.* 2019;201:25-31.
12. Sarap NB, Janković MM, Todorović DJ, Nikolić JD, Kovačević MS. Environmental radioactivity in southern Serbia at locations where depleted uranium was used. *Arh Hig Rada Toksikol* 2014;65:189-97.
13. Todorov TI, Xu H, Ejnik JW, Mullick FG, Squibb K, McDiarmid MA, Centeno JA. Depleted uranium analysis in blood by inductively coupled plasma mass spectrometry. *J Anal At Spectrom.* 2009;24:189-93.
14. Strong MJ, Garces J, Vera JC, Mathkour M, Emerson N, Ware ML. Brain tumors: epidemiology and current trends in treatment. *Brain Tumors Neurooncol.* 2015;1:1-21.
15. Persaud-Sharma D, Burns J, Trangle J, Moulik S. Disparities in brain cancer in the United States: a literature review of gliomas. *Med Sci* 2017;5:1-17.
16. Wandzilak A, Czyzycki M, Radwanska E, Adamek D, Geraki K, Lankocz M. X-ray fluorescence study of the concentration of selected trace and minor elements in human brain tumours. *Spectrochim Acta B* 2015;114:52-7.
17. Lankocz MW, Grzelak M, Ostachowicz B, Wandzilak A, Szczerbowska-Boruchowska M, Wrobel P, Radwanska E, Adamek D. Application of the total reflection X-ray fluorescence method to the elemental analysis of brain tumors of different types and grades of malignancy. *Spectrochim Acta B* 2014;101:98-105.
18. Stojavljević A, Borković-Mitić S, Vujičić Lj, Grujičić D, Gavrović-Jankulović M, Manojlović D. The human biomonitoring study in Serbia: Background levels for arsenic, cadmium, lead, thorium and uranium in the whole blood of adult Serbian population. *Ecotox Environ Safety* 2019;169:402-9.

REVIEW OF SELECTED STUDIES REGARDING POSSIBLE HEALTH EFFECTS DUE TO INTERNAL CONTAMINATION WITH DEPLETED URANIUM

AUTHOR

Jasmina Lj. Vujić
University of California at Berkeley, California, USA

SUMMARY

Depleted uranium (DU) has many uses in industry, medical field, and military. The DU amunitions were confirmed to have been used for the first time in the 1991 Gulf War by American and British troops. The next uses were in the war in Bosnia and Herzegovina (1994-95) by NATO, in NATO bombing of the Federal Republic of Yugoslavia (Serbia and Montenegro) in 1999, in the 2003 Iraq War and in the 2015 Syria War. The DU rounds were also used in various testing ranges by the US and UK armed forces. DU as heavy metal is chemically toxic and mildly radioactive. Use of DU-containing weapons caused a widespread environmental contamination and opened up various pathways for external and internal contamination of civilian population and military personnel. What type of health effects internal contamination with DU might cause depends on many factors: (1) the internal contamination pathways (inhalation, injection, through skin injuries); (2) the DU chemical form, respirable-size of particles, and solubility; (3) the quantity and type of exposure (short or long term). Most of the radionuclides in uranium decay chain are alpha-emitters with known radiotoxicity and cytotoxicity. Issues related to environmental and health effects of DU are controversial, polarized and politicized: in most cases various governments and governmental bodies try to minimize environmental and health effects of DU, and suppress or prevent a science-based research on this topic. In this paper, a review of selected recent scientific studies on radiotoxicity of DU and its decay products will be presented with a focus on increase in cancer risk.

INTRODUCTION

On the 20th anniversary of the NATO bombing of the Federal Republic of Yugoslavia (FRY) and the 25th anniversary of the NATO bombing of Bosnia and Herzegovina it is important to review existing scientific insights into environmental and health consequences of the DU ammunition use. During the 1999 NATO bombing of FRY, 78 industrial facilities and 45 energy installations were damaged or destroyed, releasing thousands of tons of various hazardous, carcinogenic, mutagenic and toxic chemicals, including some persistent organic pollutants banned by the Stockholm convention for human use, over 150,000 tons of oil and oil derivatives and 367,000 tons of kerosene were burned, more than 20,000 residential buildings were destroyed, and at least 31,000 rounds of 30 mm DU munitions were fired [1].

Based on data provided by NATO [2,3], the A-10 employment of 30 mm munition containing DU was listed on 19 locations in Bosnia and Herzegovina (mostly around Hadzici and Han Pijesak), between 7000 to 11000 rounds (6 locations with unknown number of rounds, approximately 3 tons of DU deposited), and on 96 different locations in FRY with 112 strikes (85 targets in Kosovo with 30543 rounds and with unknown number of rounds for 23 strikes - about 10 tons of DU deposited; 10 targets in Serbia other than Kosovo, between 3000 to 5000 rounds - about 1.5 tons of DU deposited; and one target in Montenegro with 480 rounds in two strikes). NATO never provided additional updates.

The DU ammunition was used in the 1991 Gulf War by American and British troops. It was estimated by various sources that approximately 800 thousand of DU rounds were used or about 300 tons of DU was deposited. The DU ammunition was also used in the 2003 Iraq War (approximately 300 thousand of DU rounds

or about 100 tons of DU was deposited), in the 2015 Syria War (thousand of DU rounds), and possible in the war in Afghanistan. The DU round were also used in various testing ranges, such as in Okinawa, Japan, [4] and Vieques, Puerto Rico [5] by the US armed forces, and in UK at Eskmeals, Cubria, in the Solway Firth and at Lulworth, Dorset [9].

During these wars, near the testing ranges, in uranium mines, and large number of workers, military personel and civilian population were exposed to various forms of uranium. Over the decades various studies of exposed workers/military personel as well as animal studies have examined the health effect of internal contamination with uranium, both in terms of chemical toxicity and radiotoxicity as related to non-malingant diseases and cancerogenecity of uranium. No broad epidemiological studies of exposed civilian populations were done, and search of vailable literature has shown no studies of uranium health effects on children exposed to uranium in war zones.

There is no dispute that after acute exposure to uranium (either natural or depleted) dominant health effects are due to chemical toxicity and less due to raditoxicity. Most acutely inhaled or ingested uranium is not absorbed and is eliminat from the body in the feces, while absorbed uranium is eliminated in the urine. When depostied, uranium is usually found in the bones (66%), liver, and kidneys. Inhaled uranium can stay in the lung for a long time. The main target organ for uranium is the kidneys: the largest damage to kidneys is due to ingestion of water-soluble uranium compounds. Inhaled isnoluble uranium compounds mostly deposit in the lungs and teh regional lymph nodes and can cause damage of the respiratory tract. Uranium trioxide, uranium tetrafluoride, uranium terachloride may stay in the lungs for weeks, while uranium dioxide and triuranum octaoxide may stay in the lung for years. Animal studies have shown that uranium could decrease fertility in rats abd mice, and caues neurobehavioral changes after long lime. Also, some animal studies have shown that when exposed to high levels of uranium during pregnancy, have resulted in early deaths and birth defects in the young [15]. In addition, some recent animal studies have clearly shown cancerogenecity of uranium.

The U.S. Environmental Protection Agency (EPA) has established a maximum contamination level of 0.03 mg/L and set a macimum contamination level of no uranium in drinking water, while the U.S. Occupational Safety and Helath Administration (OSHA) set a legal limit for worker exposure to uranium in workplace air of 0.05 mg uranium/m³ for soluble uranium and 0.25

mg uranium/m³ for insoluble uranium averaged over an 8-hour week. [15].

Uranium is a silvery-gray metal with very high density of 19.1 g/cm³. Natural uranium consists of three radioactive isotopes: ²³⁸U (99.27% abundance), ²³⁵U (0.72%), and ²³⁴U (0.0054%). Depleted uranium (DU) is a byproduct of uranium enrichment process that is utilized to produce fuel for nuclear reactors (enriched 3 to 5% in ²³⁵U), fuel for nuclear submarines (about 80%), and for nuclear weapons (above 90%). DU has the same chemical properties as natural uranium, but is less radioactive, because it contains less ²³⁵U (about 0.2%). [16,17,18].

TABLE 1 Natural Uranium properties [16,17,18]

Nuclide	Abundance [%] (a/o)	Half-life [y]	Decay Modes [%]	Energy [MeV]	Specific Activity [Bq/mg]	Specific Activity [%]
²³⁴ U	0.0054	2.455 x 10 ⁵	α: 100 SF: 1.6E-9 γ:	α: 4.860 γ: 0.053 – 0.12	231000	48.8
²³⁵ U	0.72	7.04 x 10 ⁸	α: 100 SF: 7.0E-9 γ:	α: 4.678 γ: 0.14 – 0.19	80	2.4
²³⁸ U	99.27	4.468 x 10 ⁹	α: 100 SF: 5.4E-5 γ: 0.05	α: 4.270 γ: 0.05	12.356	48.8

Depleted uranium differs from natural uranium mainly in the atom percent of U-235, and in specific activity (smaller than in natural uranium) as showin in Table 2.

TABLE 2 Depleted Uranium properties [16,17,18]

Nuclide	Abundance [%] (a/o)	Half-life [y]	Decay Modes [%]	Energy [MeV]	Specific Activity [Bq/mg]	Specific Activity [%]
²³⁴ U	0.001	2.455 x 10 ⁵	α: 100 SF: 1.6E-9 γ:	α: 4.860 γ: 0.053 – 0.12	231000	15.2
²³⁵ U	0.2	7.04 x 10 ⁸	α: 100 SF: 7.0E-9 γ:	α: 4.678 γ: 0.14 – 0.19	80	1.1
²³⁸ U	99.8	4.468 x 10 ⁹	α: 100 SF: 5.4E-5 γ: 0.05	α: 4.270 γ: 0.05	12.356	83.7

Regarding various radiation/particles emitted during the decay of uranium isotopes, the most energetic are alpha particles (but also with the mosti limited range), while emmision of beta particles and gamma radiation is low. Table 2 shows the average energies emitted per decay transformation in U-238, U 235, and U-234 [18].

TABLE 2 Average Energy Emitted Per Transformation (MeV/Bq) [18]

Isotope	Alpha	Beta	Gamma
²³⁴ U	4.84	0.0013	0.002
²³⁵ U	4.47	0.048	0.154
²³⁸ U	4.26	0.01	0.001

In addition to various industrial uses of depleted uranium (mostly as counter weights and shield), DU is used by the military for manufacturing of ammunition used to pierce tanks and bunkers, due to its high mass density (19.1 g/cm³) and thus large kinetic energy on impact, due to its high pyrophoric property (DU self-ignites when exposed to temperatures of 600-700 C and high pressures), and its property of becoming sharper through adiabatic shearing as it penetrates armor plating. On impact with targets, DU penetrators ignite, breaking up in fragments, and forming an aerosol of particles („DU dust“) whose size depends on the angle of the impact, the velocity of the penetrator, and the temperature. These fine dust particles, can catch fire spontaneously in air [18].

Epidemiological studies of uranium miners found higher-than-expected rates of death from lung cancer; however, it was attributed to the radiological effects of radon and its decay products, tobacco smoking, crystalline silica and diesel engine exhaust. In addition, epidemiological studies of workers in uranium mill and metal processing plants (where there was a little exposure to radon) showed no significant increase of overall deaths attributed to exposure to uranium [15].

Although some epidemiological studies mentioned above have found significant increase in the risk of lung cancer, the questions have always appeared regarding the direct radiological uranium influence.

However, uranium and its decay products are radioactive, and mostly emit high-LET alpha particles. Decay products of U-238 include thorium-234 (Th-234), protactinium-234 (Pa-234), U-234, Th-230, radium-226 (Ra-226), radon-222 (Rn-222), polonium-218 (Po-218), lead-214 (Pb-214), bismuth-214 (Bi-214), Po-214, Pb-210 and Po-210. Decay products of U-235 include Th-231, Pa-231, actinium-227 (Ac-227), Th-227, Ra-223, Rn-219, Po-215, Pb-211, Bi-211 and thallium-207 (Tl-207). Thus, when talking about internal contamination by uranium, one cannot neglect that it will continue to decay, as long as it is absorbed in the body, and that all the decay products also contribute to the radiotoxicity of uranium. Current knowledge on internal exposure to high-LET charged particles clearly point to production of gene mutations and apoptotic mechanisms, which are predisposition for the cancer development.

STUDIES RELATED TO CIVILIAN EXPOSURE TO DU AT TESTING RANGES

Yoko Abe pointed out in his M.S. thesis in 2001 [4]: “The use of DU weapons is banned in Japan. Many scientists believe that DU weapons are the cause of the Gulf War Syndrome. Yet on February 10, 1997, the people of Okinawa learned for the first time that the U.S. Marine Corps AV-8B Harrier jet pilots had fired a total of 1,520 rounds of 25mm Depleted Uranium (DU) weapons at the Tori Shima bombing range (the DUw incident), one of the 38 U.S. military bases in Okinawa. These firings occurred on three separate occasions: on December 5 and 6, 1995 and on January 24, 1996. The U.S. military called the USMC’s use of DU weapons, occurring during joint maneuvers known as “Beach Crest,” a “mistake.” The United States government did not inform the Japanese government about the DUw incident until January 15, 1997, and the Japanese government kept the information from Okinawa until the Washington Times reported the incident on February 10, 1997. Despite the fact that a large number of chemically-toxic and radioactive weapons were fired in Okinawa, the people of Okinawa were the last ones to find out about what was taking place on a U.S. military base”.

In the case of Vieques, Puerto Rico, the U.S. Navy used that location for more than 60 years for ship-shore and air-to-ground bombings. On February 19, 1999, 263 rounds of DU ammunition were mistakenly expended during the training exercises, and reported to the U.S. Nuclear Regulatory Commission on March 5, 1999 [5,6]. After public outcry, the Navy stopped operation in 2003, and the bombing site was found to be heavily contaminated DU, mercury, lead, arsenic, cadmium, cobalt, nickel, barium, vanadium, cyanid, napalm, and even Agent Orange. The site was designated as a Superfund clean-up site on the U.S. National Priority List [7]. Based on the Vieques Environmental Restoration Report [6], during three DU recovery operations in 1999 and 2000, the U.S. Navy found about 116 (out of 263) penetrators, some intact and some fragmented. In 2013, the U.S. Navy identified 27 locations with elevated levels of radioactivity, that they were not able to identify in 2000, and recovered additional 29 penetrators in 2018 [6]. Thus, after 19 years of clean up the U.S. Navy was not able to recover 118 or 45% of DU penetrators, although the location of bombing was known accurately. It shows how difficult it is to do remediation and clean up of sites contaminated by DU ammunition.

After pressure by local epidemiologists and general public, Puerto Rico Health Department did a study in

1997, which showed that the residents of Vieques (about 9300 U.S. citizens live several miles from the training site) were 27% more likely to have cancer than the other Puerto Ricans [7]. This report was not recognized by the U.S. administrations until large protests after the “accidental” use of DU ammunition lead to the closing of the U.S. Navy training site in 2003. The federal U.S. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) identified four ways that residents living on Vieques could potentially be exposed to contamination: drinking water, contacting soil, eating seafood, and breathing air. In 2003 ATSDR reports [8] it was concluded: “Navy training activities at the former bombing range did not affect the drinking water supplies on Vieques; touching or incidentally ingesting the soil on Vieques would not cause harmful health effects; several metals were detected in fish and shellfish collected around Vieques, however ATSDR concluded that the metal concentrations were too low to be of health concern; the resident of Vieques have been exposed to contamination released during the Navy’s military training exercises, however, the estimated exposures are lower than levels known to be associated with harmful health effects.” In 2013 ATSDR update reports [8], it is indicative that ATSDR found elevated levels of mercury in fish; elevated levels of cadmium in locally grown pigeon peas; contaminated ground water under some military areas (but pointed out that it is not used for drinking water) and some private wells; contaminated soil and unexploded ordnance on former military land; however, in each case ATSDR concluded that those contaminations cannot be related to military activities on Vieques. It is also indicative that 2013 ATSDR report specifies that: “To find out about the overall health of Vieques, ATSDR looked at studies about births, deaths, and disease. We found that there are more people with chronic disease, cancer, or that have died from cancer in Vieques when compared to the rest of Puerto Rico. Also, the Puerto Rico Department of Health have done 5 human studies in Vieques and tested 500 residents. In some residents, they found high levels of some metals in their blood, urine, and hair.” Although ATSDR still does not directly link the past military activities with elevated cancer rates and other health issues among the population of Vieques, in the 2013 report, ATSDR is more careful in recommending additional studies, continuing sampling of ground water and soil, and limits in amount of fish and locally ground peas for children and pregnant women. The report in *The Atlantic* [7], emphasized that the local scientists, such as Cruz Maria Nazaro, an epidemiologist at the University of Puerto Rico’s Graduate School of Public Health, and Jorge Colon, a chemistry professor at

the University of Puerto Rico, and other local scientists question the ATSDR reports, criticizing the agency “for not conducting any direct epidemiological studies on Vieques’ population, relying on soil samples collected by the U.S. Navy, and barring scientist from conducting independent research”.

The example of what has happened in Vieques has been repeated in every single case study related to the DU ammunition use in wars. Various governments and governmental bodies, various international organizations whose funding depend on member nations (UNEP, IAEA, WHO) are following the same procedures: preventing, discouraging or ignoring independent studies that show less than desired results, and failing to conduct any direct epidemiological studies on affected civilian population, and allow independent analyses and quality assurance of collecting and analyzing samples, performing various measurements, quantifications, using models or risk assessments in contaminated environments.

EPIDEMIOLOGICAL STUDIES OF THE U.S. MILITARY PERSONNEL

During the three decades since the first use of DU ammunition in war (the 1991 Gulf War), there were reports on harmful health effects usually known as the Gulf War syndrome and the Balkan Syndrome. In 1998, pressured by the Gulf War veterans, the U.S. Congress passed two laws: Public Law (P.L.) 105-277, the Persian Gulf War Veterans Act, and P.L. 105-368, the Veterans Programs Enhancement Act [10]. Those laws directed the Secretary of Veteran Affairs to enter into a contract with the National Academy of Sciences (NAS) and its Institute of Medicine to “review and evaluate the scientific and medical literature regarding associations between illness and exposure to the toxic agents, environmental and wartime hazards, and preventive medicines and vaccines associated with Gulf War service”. The first report was prepared in 2000 [11], and the last, 11th report was published in 2018 [12]. Thus, NAS has convened 11 committees of experts representing a broad range of areas of scientific and medical expertise to assess the health effects that might be linked to the Gulf War hazardous exposures: burning oil wells, pesticides, nerve agents, prophylactic agents, DU, and vaccines. Each committee had a specific charge, and these reports should be read with that in mind: the committees would cover only their charge related materials in their reports. Thus, the last report [12] addresses the Gulf War veterans concerns regarding the impact of war-related hazardous exposures might have on the health of their children and grandchildren.

The 11th report addresses two tasks: evaluation of the scientific and medical literature on reproductive and developmental effects of harmful Gulf War exposures, and determination of research areas that require further scientific study on potential health effects in descendants of veterans, including assessment of feasibility of conducting a long-term epidemiological study to assess the generational health effects of Veterans, and the resources (technological, logistical) that would be needed to support such research.

The following reports were prepared by the U.S. federal agencies and “authoritative bodies” regarding the DU health issues of military personnel: NAS Institute of Medicine Report 1 in 2000 [11], NAS Institute of Medicine Report in 2008 [13], NAS Institute of Medicine Report 11 in 2018 [12], NRC Report in 2008 [14] and ATSDR Report in 2013 [15]. The brief findings of each of these reports will be summarized here:

Gulf War and Health: Volume 1. Depleted Uranium, Pyridostigmine Bromide, Sarin, and Vaccines, Institute of Medicine, 2000 [11]: The Committee pointed out that due to poor medical record keeping practices, poor troop monitoring, and limited environmental monitoring, “it is not possible to document the exact exposure of individual Gulf War soldiers, thus it is not possible to show that an individual soldier experienced a dose that is associated with an increased risk of disease. Conversely, even with limited dose information, it is not possible to demonstrate that no health effect is related to the exposure.” This is a very important conclusion that might help to resolve some disputes regarding increased numbers of cancers in Serbia - while one side cannot claim that the increase in cancers is directly related to the use of DU ammunition, the other side cannot claim that it is not. The Committee also pointed out that its charge was narrow: to assess the scientific literature regarding potential effects of named chemical and biological agents present in the Gulf War, including relevant toxicological, animal and health studies. Thus, the Committee reviewed studies from occupational, clinical, and health volunteer settings. The Committee used only peer-reviewed published literature and did not collect any original data or performed any secondary analysis. The Committee used established five categories to describe different strength of associations: (a) Sufficient evidence of a casual relationship; (b) Sufficient evidence of an association; (c) Limited/suggestive evidence of association; (d) inadequate/insufficient evidence to determine whether an association does or does not exist; and (e) Limited/suggestive evidence of no association.

The Committee conclusions (2000):

Lung Cancer - The Committee concluded that there was (e) Limited/suggestive evidence of no association between exposure to uranium and lung cancer at cumulative internal dose levels lower than 200 mSv or 25 cGy. However, there is (d) Inadequate/insufficient evidence to determine whether an association does or does not exist between exposure to uranium and lung cancer at higher levels of cumulative exposure.

Renal Function - The Committee concluded that there was (e) Limited/suggestive evidence of no association between exposure to uranium and clinically significant renal dysfunction.

Other Health Outcomes - The Committee concluded that there was (d) Inadequate/insufficient evidence to determine whether an association does or does not exist between exposure to uranium and the following health outcomes: lymphatic cancer; bone cancer; nervous system disease; nonmalignant respiratory disease; or other health outcomes (gastrointestinal disease, immune-mediated disease, effects of hematological parameters, reproductive or developmental dysfunction, genotoxic effects, cardiovascular effects, hepatic disease, dermal effects, ocular effects or musculoskeletal effects).

Gulf War and Health: Updated Literature Review of Depleted Uranium, Institute of Medicine (2008) [13]: The new Committee continued work of the previous Committee in 2000, and reviewed about 1000 peer-reviewed articles published since between 2000 and 2008, including epidemiological, toxicologic, and exposure-assessment studies. For a peer-reviewed epidemiological study to be included in the review, “it needed to be judged as methodically sound, on the basis of inclusion of details of its methods, use of appropriate control or reference groups, statistical adjustment to control for confounders and minimize selection bias, and appropriate assessment of uranium exposure in the study population. It needed to examine long-term health outcomes and had to have a follow up time sufficient to detect a relevant clinical effect. Finally, it had to include relevant study population, that is, uranium-exposed workers, military personnel deployed in the Gulf War, or people who lived near a uranium-processing facility (uranium exposure in such residents may be similar to low-level exposures of military personnel)”. This time the Committee did not include studies of uranium miners, because the related lung cancers were due to exposure to radon in mines. The selected studies were mostly related to workers in uranium-processing mills and other facilities, but their usefulness was limited due to: relatively small number

of exposed people included in the studies, or the period of follow up was too short (not adequate for cancer outcomes), or the assessments of uranium exposure levels were inadequate.

The Committee conclusions (2008):

Lung Cancer - The Committee concluded that there was (d) Inadequate/insufficient evidence to determine whether an association does or does not exist between exposure to uranium and lung cancer.

Renal Function - The Committee concluded that there was (d) Inadequate/insufficient evidence to determine whether an association does or does not exist between exposure to uranium and a renal effect.

Other Health Outcomes - The Committee concluded that there was (d) Inadequate/insufficient evidence to determine whether an association does or does not exist between exposure to uranium and the following health outcomes: lymphatic cancer (Hodgins lymphoma and non-Hodgins lymphoma); bone cancer; renal cancer; nervous system disease; nonmalignant respiratory disease; or other health outcomes (gastrointestinal disease, immune-mediated disease, effects of hematological parameters, reproductive or developmental dysfunction, genotoxic effects, cardiovascular effects, hepatic disease, dermal effects, ocular effects or musculoskeletal effects).

Review of Toxicologic and Radiologic Risks to Military Personnel from Exposure to Depleted Uranium During and After Combat, National Research Council (NRC), 2008 [14]: The NRC Committee was formed after the U.S. Department of Defense (DoD) requested that NRC independently reviews the U.S. Army's "Capstone Report" Depleted Uranium Aerosol Doses and Risks: Summary of U.S. Assessments. This "Capstone Report" was generated as a response to a number of friendly-fire incidents during the 1991 Gulf War, in which U.S. armored vehicles were struck by a large-caliber (LC) anti-armor munition with a DU penetrator. About 115 U.S. soldiers in or on Abrams tanks and 14 Bradley fighting vehicles were struck by LC-DU munition. Some of 104 surviving soldiers were injured by DU shrapnel and most were exposed to DU dust and aerosol particles. The NRC Committee reviewed the "Capstone Report", as well as other reports that were published at that time by the World Health Organization (WTO), by the UN Environmental Programme (UNEP), by the International Atomic Energy Agency (IAEA), by ATSDR and by the UK Royal Society.

The "Capstone Report" considered three kinds of scenarios of exposure to DU in combat and post combat

settings: (a) Level I exposure involved soldiers who were in the vehicle during the strike or first responders who entered the struck vehicles shortly thereafter to rescue the injured. Five scenarios were considered: soldier exiting a struck vehicle within 1 min, 5 min, 60 min or 120 min, or first responder entering a vehicle within 5 min from strike and exiting within 10 min; (b) Level II exposure involved workers who were in or around vehicle containing DU fragments and particles but after a vehicle was struck; and (c) Level III exposure involved brief or incidental exposure and was considered negligible. What was interesting is that the U.S. Army conducted a study to reproduce a likely combat situation, in which DU munition was shut into stripped-down Abrams tanks and a Bradley fighting vehicle, and samples were collected to estimate time-integrated concentrations of DU in the air in vehicles. Based on these samples, the DU uptakes were estimated in 5 scenarios, and used in biokinetic models to predict the chemical and radiological doses to body tissues. Toxicokinetics of DU was analyzed, including toxic effects of DU on kidneys, lungs, other organ systems, as well as uranium carcinogenicity and genotoxicity. The NRC Committee mostly agreed with the "Capstone Report", with some modifications and requests that epidemiological studies continue.

The NRC Committee conclusions (2008) [14]:

Non-cancer Effects

The NRC Committee supported the "Capstone Report" conclusions that the kidneys are the primary target and the most sensitive organ in DU chemical toxicity, and that the level of exposure and non-cancer effects could be estimated by measuring renal effects. The NRC Committee also supported the "Capstone Report" developed characterization scheme that consist of four groups (the Renal-Effects Groups - REG), that "correlates measured renal uranium concentrations, renal effects and likely health outcomes" (Table). However, the NRC Committee disagreed with the upper bound for the Renal-Effect Group 0 (2.2/mg/g), and suggested that it should be as low as 0.1 /mg/g, that was suggested by the UK Royal Society report.

Cancer Effects

The NRC Committee emphasized: "Evidence on the risk of cancer or other chronic disease after exposure to DU in Gulf War soldiers is inadequate. Epidemiological evidence indicates very low risk of

Renal-Effects Group	Renal Uranium Concentration (µg/g of renal tissue)	Acute Renal Effect	Predicted Outcome
0	<2.2	No detectable effects	No detectable effects ^a
1	>2.2 to ≤6.4	Possible transient indicators of renal dysfunction	Not likely to become ill ^b
2	>6.4 to ≤18	Possible protracted indicators of renal dysfunction	May become ill ^c
3	>18	Possible severe clinical symptoms of renal dysfunction	Likely to become ill ^d

^aThe committee interprets *no detectable effects* to mean no low-level transient renal effects and no clinical symptoms.

^bThe committee interprets *not likely to become ill* to mean may exhibit low-level, transient renal effects.

^cThe committee interprets *may become ill* to mean may experience clinical symptoms of renal dysfunction and require medical attention.

^dThe committee interprets *likely to become ill* to mean likely to experience clinical symptoms of renal dysfunction and require medical attention.

Source: Guilmette, R.A., M.A. Parkhurst, G. Miller, E.F. Hahn, L.E. Roszell, E.G. Daxon, T.T. Little, J.J. Whicker, Y.S. Cheng, R.J. Traub, G.M. Lodde, F. Szrom, D.E. Bihl, K.L. Creek, and C.B. McKee. 2005. Human Health Risk Assessment of Capstone Depleted Uranium Aerosols. Attachment 3 of Depleted Uranium Aerosol Doses and Risks: Summary of U.S. Assessments. Columbus, Ohio: Battelle Press. Reprinted with permission; copyright 2005, Battelle Press.

cancer in people exposed to uranium. However, the possibility of a radiation-induced cancer caused by inhalation of insoluble DU particles cannot be ruled out, given that alpha particles are emitted by DU. The latent period associated with radiation-induced lung cancer is at least 10 years and might be much longer. In animals, insoluble forms of uranium have been found to be weakly carcinogenic; lung cancer is the primary cancer that occurs after chronic inhalation exposure. Powdered or solid implants of uranium in the muscles of laboratory animals have shown evidence of carcinogenicity, and sarcomas have been observed in the vicinity of embedded uranium metal.”

Now, 10 year after the NRC Report was compiled [14], there is a new report that shows significant increase in cancers in veterans [19]: “Veterans saw a spike in urinary, prostate, liver and blood cancers during nearly two decades of war, and some military families now question whether their exposure to toxic environments is to blame, according to a McClatchy investigation. McClatchy found that the rate of cancer treatments for veterans at Department of Veterans Affairs health care centers increased 61 percent for urinary cancers — which include bladder, kidney and ureter cancers — from fiscal year 2000 to 2018. The rate of blood cancer treatments — lymphoma, myeloma and leukemia — rose 18 percent in the same period. Liver and pancreatic cancer treatment rates increased 96 percent and prostate cancer treatment rates increased 23 percent.”

This investigation clearly shows that the epidemiological study of groups exposed to uranium must be conducted over a long period of time in order to observe possible malignant diseases.

CONCLUSIONS

As mentioned at the beginning, the issues related to environmental and health effects of DU are con-

troversial, polarized and politicized: in most cases various governments and governmental bodies try to minimize environmental and health effects of DU, and suppress or prevent a science-based research on this topic.

The example of what has happened in Vieques where the civilian population, living a few miles from the firing range, had been exposed to various toxic chemicals including DU, showed that only after the demonstrations by local population, involvement of the media and NGO, the U.S. government decided to close the range and start with the clean up of the location. It also showed how it was difficult to locate the DU fragments and remove them.

The second example, the long-term epidemiological study of the health issues of the Gulf War veterans, happened only after the pressure from the Gulf War veterans and their organizations, as well as the media. As a consequence, in 1998 the U.S. Congress passed two laws: Public Law (P.L.) 105-277, the Persian Gulf War Veterans Act, and P.L. 105-368, the Veterans Programs Enhancement Act [10]. Those laws directed the Secretary of Veteran Affairs to enter into a contract with the National Academy of Sciences (NAS) and its Institute of Medicine to “review and evaluate the scientific and medical literature regarding associations between illness and exposure to the toxic agents, environmental and wartime hazards, and preventive medicines and vaccines associated with Gulf War service”. As a result of these laws, more than 12 reports were published by various governmental and private organizations, summarizing non-malignant and cancer illnesses among the Gulf War veterans. For example, the NRC Committee concluded: “However, the possibility of a radiation-induced cancer caused by inhalation of insoluble DU particles cannot be ruled out, given that alpha particles are emitted by DU. The latent period associated with radiation-induced lung cancer is at least 10 years and might be much longer.” This conclusion is very important, because several international organizations, including WHO and IAEA are minimizing radiation toxicity of DU.

Based on these examples, it is imperative that the laws mandating the long-term epidemiological studies on affected civilian population as well as affected military personnel, should be passed, which will allow formation of centralized bodies and set aside necessary funding to do independent analyses and quality assurance of collecting and analyzing samples, performing various measurements, quantifications, using models or risk assessments in contaminated environments and exposed population..

LITERATURE

1. D. P. Antic and J. Lj. Vujic, Editors, "Environmental Recovery of Yugoslavia," Monograph published by Vinca Institute of Nuclear Sciences, ISBN 86-7306-054-0, 2002.
2. Data concerning the locations of depleted uranium ordnance expended during Allied Operations Deny Flight-Deliberate Force, 1992-95 in Bosnia (grid co-ordinates), NATO Information last updated on Jan 10, 2003, <https://www.nato.int/du/docu/d010124b.htm> (accessed Nov 2019)
3. Data concerning the locations of depleted uranium ordnance expended during Operation Allied Force (grid co-ordinates), NATO Information last updated on Feb 8, 2001, <https://www.nato.int/du/docu/d010124a.htm> (accessed Nov 2019)
4. Y. Abe, "Manufacturing Security: Mass Media Coverage of Depleted Uranium Weapon use in Okinawa, Japan," M.S. Thesis, School of Applied Social Science, West Virginia University Division of Sociology and Anthropology, 2001
5. Unauthorized use of Depleted Uranium on Vieques Naval Range, Puerto Rico, The U.S. Department of the Navy letter to U.S. Nuclear Regulatory Commission, Aug 19, 1999
6. "Depleted Uranium in the Live Impact Area of Vieques: Vieques Environmental Restoration Fact Sheet," <https://www.navfac.navy.mil> (accessed Nov 2019)
7. V. Pelet, "Puerto Rico's Invisible Health Crisis: The Island of Vieques Has some of the highest sickness rates in the Caribbean. Is the U.S. Navy responsible?," The Atlantic, Sep 3, 2016 <https://www.theatlantic.com/politics/archive/2016/09/vieques-invisible-health-crisis/498428/> (accessed Nov 2019)
8. Public Health Assessments in Vieques, Puerto, Rico, by the U.S. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2001-2013, <https://www.atsdr.cdc.gov/sites/vieques/publications.html> (accessed Nov 2019)
9. L. Fraser, "Thousand of uranium shells fired on UK soil," The Telegraph, Jan 7, 2001, <https://www.telegraph.co.uk/news/uknews/1313667/Thousands-of-uranium-shells-fired-on-UK-soil.html> (accessed Nov 2019)
10. Gulf War and Health: Volume 10: Update of Health Effects of Serving in the Gulf War, Institute of Medicine, The National Academies Press, 2016, ISBN 978-0-309-38041-6
11. Gulf War and Health: Volume 1. Depleted Uranium, Pyridostigmine Bromide, Sarin, and Vaccines, Institute of Medicine, The National Academies Press, 2000, ISBN 978-0-309-07178-9
12. Gulf War and Health: Volume 11: Generational Health Effects of Serving in the Gulf War, The National Academies Press, 2018, ISBN 978-0-309-47823-6, <http://nap.edu/25162>
13. Gulf War and Health: Updated Literature Review of Depleted Uranium, Institute of Medicine, The National Academy Press, 2008, ISBN 978-0-309-11920-0
14. Review of Toxicologic and Radiologic Risks to Military Personnel from Exposure to Depleted Uranium During and After Combat, National Research Council, The National Academic Press, 2008, 978-0-309-11037-8
15. Toxicological Profile for Uranium, U.S. Department of Health and Human Services, Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), 2013 <http://www.atsdr.cdc.gov>
16. D. Hobalt, LANL Periodic Table of Elements: Uranium (updated July 23, 2013), <https://periodic.lanl.gov/92.shtml> (accessed Nov 2019)
17. Interactive Charts of Nuclides, Current Version of Nuclear Wallet Cards (Last modified: Oct 4, 2019), NNDC, Brookhaven National Laboratory, <https://www.nndc.bnl.gov/wallet/wccurrent.html> (accessed Nov 2019)
18. Depleted Uranium, International Atomic Energy Agency, <https://www.iaea.org/topics/spent-fuel-management/depleted-uranium> (accessed Nov 2019)
19. T. Copp, S. Dasgupta, and B. Wieder, "Exclusive: Veterans want answers as new data show rise in cancers over two decades of war," October 30, 2019, <https://www.mcclatchydc.com/news/nation-world/national/national-security/article236413328.html> (accessed Nov 2019)

ANALYSIS OF ALBANIAN AND NATO SOURCES ON POSSIBLE HEALTH CONSEQUENCES OF BOMBING OF KOSOVO AND METOHIJA

AUTORI

Goran Belojevic

Institute of Hygiene and Medical Ecology, Faculty of Medicine, University of Belgrade

SUMMARY

Introduction/Aim. Kosovo and Metohija was heavily bombed with depleted uranium (DU) during NATO aggression on Yugoslavia in 1999. DU has numerous potential hazardous health effects. As there is still no scientific cooperation between the two sides in war conflict, this is the first attempt of a Serbian scientist to analyze the results of Albanian investigations and those from NATO countries on possible health consequences of NATO bombing of KaM.

Material and Methods. Papers published in SCI journals registered in Pub Med basis were analyzed. Key words that were used in retrieving relevant papers were “Kosovo war”, “depleted uranium”, “veterans”, “population”, “health” and “cancer”. The inclusion criteria were the author’s institution from a NATO country, or Albanian authors from Kosovo and Metohija and epidemiological data related to NATO bombing of KaM.

Results. Out of eight retrieved relevant papers on possible health consequences of NATO bombing of KaM, seven are related to KFOR veterans from Italy, France, Norway and USA. Only one Albanian paper deals with the malignancies of the general population of KaM. Overall, results for veterans show no difference in malignancy rates between the veterans deployed at KaM and non-deployed soldiers. The single Albanian paper on the malignancies among KaM population is scientifically poor and irrelevant for NATO bombing of KaM.

Conclusion. There are no evidences of harmful effect of DU on KFOR veteran’s health. There is still no relevant epidemiological study on DU and the health of the population of KaM. However, Albanian and their co-researchers from NATO countries still owe to the world an objective and fully transparent study on DU and health of KaM population. The focus of such a study should be on malignancies and birth defects.

Key words: uranium, Kosovo, neoplasms, health, veterans

SRPSKI

SAŽETAK

Uvod/Cilj. Kosovo i Metohija (KiM) bila je teško bombardovana osiromašenim uranijumom (DU) tokom NATO agresije na Jugoslaviju 1999. godine. DU ima brojne potencijalne štetne zdravstvene efekte. Pošto i dalje ne postoji naučna saradnja između dve strane u ratnom sukobu, ovo je prvi pokušaj jednog srpskog naučnika da analizira rezultate albanskih istraživanja, kao i onih iz NATO zemalja, o mogućim zdravstvenim posledicama NATO bombardovanja KiM.

Materijal i metode. Analizirani su radovi objavljeni u SCI časopisima registrovanim u Pub Med bazi. Ključne reči koje su korišćene u pronalazačenju relevantnih radova bile su “Kosovo war”, “depleted uranium”, “veterans”, “population”, “health” i “cancer”. Kriterijumi za uključivanje radova u analizu bile su; autorova institucija iz NATO zemlje, albanski autori sa Kosova i Metohije i epidemiološki podaci vezani za NATO bombardovanje KiM.

Rezultati. Od osam pronađenih relevantnih radova o mogućim zdravstvenim posledicama NATO bombardovanja KiM njih sedam su povezani sa veteranima KFOR iz Italije, Francuske, Norveške i SAD. Samo jedan albanski rad bavi se malignitetima opšte populacije KiM. Generalno, rezultati za veterane pokazuju odsustvo razlika u stopama maligniteta između veterana angažovanih na KiM i onih vojnika koji to nisu. Jedini albanski rad o malignitetima kod stanovništva KiM je naučno siromašan i irelevantan za NATO bombardovanje KiM.

Zaključak. Ne postoje dokazi o štetnom efektu DU na zdravlje veteran KFOR. I dalje ne postoji relevantna epidemiološka studija o DU i zdravlju stanovništva KiM. Međutim, albanski istraživači i njihovi saradnici iz NATO zemalja i dalje duguju svetu objektivnu i potpuno transparentnu studiju o DU i zdravlju stanovništva KiM. Fokus takve studije treba da bude na malignitetima i defektima novorođenčadi.

Ključne reči: uranijum, Kosovo, neoplazme, zdravlje, veterani

INTRODUCTION

During the NATO bombing of Yugoslavia, from March 24, 1999 to June 10, 1999, the most heavily destroyed area was Kosovo and Metohija (KaM). The specificity of bombing was deployment of depleted uranium (DU) on 98 locations at KaM, with the concentration in the region near Yugoslav-Albanian border (Đakovica and Prizren areas). Between 10 and 15 tons of DU was used in Yugoslavia, the amount about 100 lower than in Iraq during 2003. (1)

DU is not banned ammunition because its primary aim is not killing civilians, but penetration through tanks. However, Belgium in 2009 became the first country in the world to ban inert ammunition and armour that contains depleted uranium or any other industrially manufactured uranium. (2) The second world's country to do so was Costa Rica in 2011. (3).

There is a large body of evidence on adverse health effects of DU. It was a major cause of an increase of general mortality rate after 2003 invasion of Iraq (4). DU is a toxic metal and animal studies show that it is potentially harmful for brain, liver, kidney and heart (5). Studies on animals show that chronic exposure to DU has leukemogenic, reproductive, neurological and genetic effects (6). Chemical toxicity of DU is about 1000 times greater in vivo than its radiological hazard (7). Three main entrances into organism of DU may occur: inhalation, ingestion and embedded fragments or shrapnel contamination (8). In human and animal studies DU shows damage to proximal convoluted tubules of a kidney, decreased performance on neuro-cognitive tests, increased reports of cancers, more first born female children, lung lesions and fibrosis, vomiting and diarrhea, focal necrosis of the liver, damage to hair follicles, elevated uranium urine concentrations, chronic fatigue, hair and weight loss, conjunctivitis, anemia,

and myocarditis (5) Animal experiments show that DU is immunotoxic (9), teratogenic (10,11) and , neurotoxic (12). DU has carcinogenic and leukemogenic potential. (13) There is no clear evidence of the relationship between DU and lung cancer and leukaemia in Gulf War veterans (14). However, chromosome abnormalities are about 14 times higher than usual among the veterans of the conflicts in Persian Gulf, Bosnia and Kosovo. (10) Investigations on Gulf War combat veterans show that they have higher odds for birth defects in offspring, 1,8 in fathers and 2,8 in mother, s compared to non-deployed veterans (15). The overall risk of miscarriage, stillbirth and congenital malformation was 50% higher in UK veterans of the first Gulf war compared to other veterans. However, the incidence of cancers is not higher among Gulf war and Balkan veterans compared to other veterans (16).

There has been no scientific cooperation between Serbian, Albanian and sthe scientists from NATO countries on the investigation of health consequences of NATO bombing of KaM. As science should not have any barriers, this is the first attempt of a Serbian scientist to analyze the results of such investigations of the other side in the conflict.

MATERIALS AND METHODS

Possible consequences of NATO bombing of Kosovo and Metohija (KaM) were analyzed in papers published in SCI journals registered in Pub Med basis. Key words that were used in retrieving relevant papers were “Kosovo war”, “depleted uranium”, “veterans”, “population”, “health” and “cancer”. The inclusion criteria were an author's institution from a NATO country or an Albanian author from Kosovo and Metohija and epidemiological data related to NATO bombing of KaM. The papers were systematically analyzed using data on authors, country of

the institution, exposed population, control population, subject of the study and statistical significance.

RESULTS

Out of eight retrieved relevant papers on possible health consequences of NATO bombing of KaM, seven are related to KFOR veterans from Italy, France, Norway and USA. Only one Albanian paper deals with the malignancies of the general population of KaM. Overall, results show no difference in malignancy rates between the veterans deployed at Kosovo and non-deployed soldiers. The single Albanian paper on the malignancies among KaM population is scientifically poor and irrelevant for NATO bombing of KaM (Table 1).

Table 1. Comparative results of the studies on possible health consequences of NATO bombing of KaM in 1999

Reference	Country	Exposed population	Control population	Subject of Study	Statistical significance
Cazoulat et al. <i>Pathol Biol (Paris)</i> 2008;56(2):77-83	France	200 Gulf War and Kosovo War Veterans	No	Urine uranium analyses	Lower than ICRP limit of 10mBq/L (per isotope).
Peragallo et al. <i>Epidemiol Infect.</i> 2011;135(5-6):339-45	Italy	Italian soldiers in Bosnia and Kosovo from 1996 to 2007	Soldiers not exposed to DU	Malignancies	Incidence rates lower than expected for all malignancies
Strand et al. <i>Mil Med</i> 2019; doi: 10.1093/milmed/usz179	Norway	Norwegian KFOR peacekeepers who served in Kosovo during 1999-2016	Norwegian general population	Standardized cancer incidence rates and all cause mortality rates from cancer	Incidence and mortality rates did not exceed national rates.
Peragallo et al. <i>Cancer Epidemiol.</i> 2010;34(1):47-54.	Italy	Italian Army soldiers deployed in Bosnia and Kosovo	Non-deployed Italian soldiers	SIR of tumors	Cancer incidence lower than expected
Capocaccia et al. <i>Eur J Public Health.</i> 2016;26(4):712-7	Italy	Italian Veterans deployed in BH and Kosovo	Italian general population and not deployed military personnel	Cancer mortality rates	Mortality rates lower than both the general population and the control group
Strand et al. <i>Mil Med.</i> 2019; doi: 10.1093/milmed/usz179	Norway	KFOR peacekeepers who served in Kosovo during 1999-2016	Norwegian general population	SIR for cancer and SMR for all causes	SIR and SMR did not exceed national rates.
Berisha et al. <i>Acta Inform Med.</i> 2018;26(1):62-66	Serbia, KaM, Prishtina and Gjakova, USA	General population KaM	No	Malignancies in 2012-2014: National Cancer Register (NCR) of Kosovo	A total of 7437 cases 2012 - 31%, 2013 - 24.3%, 2014 - 44.6%.
Bullman and Schneiderman. <i>Cancer Epidemiol.</i> 2019; doi: 10.1016/j.canep.	USA	Veterans deployed to Bosnia/Kosovo between 1996-2002	Veterans not deployed to Bosnia/Kosovo	Cause-specific mortality rates	No increased cause-specific mortality rates

DISCUSSION

From the obtained results it is clear that the focus of the investigations is on KFOR veterans's health, while the KaM population's health is neglected. As

expected, there are no effects of DU on veterans' health. The logical answer is that the KFOR soldiers do not eat and do not drink anything from KaM. They are probably fully supplied from NATO stocks. The 10-15 tones of DU cannot disappear. It is still there in the soil, food and underground water of KaM and will stay there for millions of years. From a single Albanian study on malignancies among the population of KaM one cannot conclude anything, as it is methodologically poor and irrelevant for NATO bombing. This approach is scientifically and ethically incorrect. There is an urgent need for an objective epidemiological study of malignancies and birth defects at KaM for the period 1999-2019. The following results of previous studies on DU support this statement. There is an increased risk of congenital defects in offspring of people exposed to DU (17). An increase of childhood leukemia rates were found in Bashra, Iraq, which was heavily bombed with DU during the Gulf War (18). It is true that IARC states that there is no scientific evidence that DU is carcinogenic (19), but population studies on this issue are critically lacking.

An objective and transparent scientific study on DU and health at KaM is predominantly the task of Albanian epidemiologists and their co-researchers from NATO countries, as Serbian science has no access to Cancer Register and other health registers of KaM.

CONCLUSION

There are no evidences of harmful effect of DU on KFOR veteran's health. However, Albanian and their co-researchers from NATO countries still owe to the world an objective and fully transparent study on DU and the health of KaM population. The focus of such a study should be on malignancies and birth defects.

LITERATURE

1. RT Question More. 15 years on: Looking back at NATO's 'humanitarian' bombing of Yugoslavia. <https://www.rt.com/news/yugoslavia-kosovo-nato-bombing-705/> Last assessed on 12.11. 2019.
2. Belgium bans investments in depleted uranium weapons. Banktrack. https://www.banktrack.org/show/news/belgium_bans_investments_in_depleted_uranium_weapons, Last assessed on 12.11.2019
3. GRIP. The ban on depleted uranium weapons: After Belgium, Costa Rica, GRIP. Last assess on 12.11.2019. http://archive.grip.org/en/siteweb/dev_6739535f.asp.html
4. Burkle F, Garfield R. Civilian mortality after the 2003 invasion of Iraq". *The Lancet* 2013; 381 (9870): 877-79.
5. Craft ES, Abu-Qare AW, Flaherty MM, Garofolo MC; Rincavage HL, Abou-Donia MB Depleted and natural uranium: chemistry and toxicological effects". *Journal of Toxicology and Environmental Health Part B: Critical Reviews* 2004;7 (4): 297-317.

6. Miller AC, McClain D. A Review of Depleted Uranium Biological Effects: In Vitro and In Vivo Studies. *Reviews on Environmental Health* 2007; 22 (1): 75-89.
7. Miller AC, Stewart M, Brooks K, Shi L, Page N. Depleted uranium-catalyzed oxidative DNA damage: absence of significant alpha particle decay. *Journal of Inorganic Biochemistry* 2002; 91 (1): 246-52.
8. Livengood DR. Introduction to the Problem“ (PDF). In: David R. Livengood (ed.). *Health Effects of Embedded Depleted Uranium Fragments*. Bethesda, Maryland: Armed Forces Radiobiology Research Institute. 1996; pp. 3-6.
9. Wan B, Fleming J, Schultz T, Saylor G. In vitro immune toxicity of depleted uranium: effects on murine macrophages, CD4+ T cells, and gene expression profiles. *Environmental Health Perspectives* 2006; 114 (1): 85-91.
10. Arfsten DP, Still KR, Ritchie GD. A review of the effects of uranium and depleted uranium exposure on reproduction and fetal development. *Toxicology & Industrial Health* 2001; 17 (5-10): 180-91.
11. Domingo J L. Reproductive and developmental toxicity of natural and depleted uranium: a review. *Reproductive Toxicology* 2001; 15 (6): 603-9).
12. Briner W, Murray J. (2005). Effects of short-term and long-term depleted uranium exposure on open-field behavior and brain lipid oxidation in rats. *Neurotoxicology and Teratology* 2005; 27 (1): 135-44.
13. Miller AC, Beltran D, Rivas R, Stewart M, Merlot RJ, Lison PB. Radiation- and Depleted Uranium-Induced Carcinogenesis Studies: Characterization of the Carcinogenic Process and Development of Medical Countermeasures (PDF). CD 05-2. Armed Forces Radiobiology Research Institute. NATO RTG-099; 2005.
14. McDiarmi, MA. Depleted uranium and public health: Fifty years' study of occupational exposure provides little evidence of cancer. *BMJ*. 2001; 322 (7279): 123-24.
15. Kang H, Magee C, Mahan C, Lee K, Murphy F, Jackson L, Matanoski G. Pregnancy Outcomes Among U.S. Gulf War Veterans: A Population-Based Survey of 30,000 Veterans. *Annals of Epidemiology* 2001; 11 (7): 504-11.
16. Lagorio S, Grande E, Martina L. Review of epidemiological studies of cancer risk among Gulf War and Balkans veterans. *Epidemiologia e Prevenzione* 2008;. 32 (3, number 3): 145-55.
17. Hindin R, Brugge D, Panikkar B. Teratogenicity of depleted uranium aerosols: a review from an epidemiological perspective. *Environ Health* 2005;26;4:17.
18. Hagopian A, Lafta R, Hassan J, Davis S, Mirick D, Takaro T. Trends in childhood leukemia in Basrah, Iraq, 1993-2007. *Am J Public Health*. 2010; 100(6):1081-7.
19. IAEA. Focus: depleted uranium https://web.archive.org/web/20100318003818/http://www.iaea.org/NewsCenter/Features/DU/faq_depleted_uranium.shtml International Atomic Energy Agency. Last assessed on 12. November 2019.

BIOLOŠKI EFEKTI I ZDRAVSTVENE POSLEDICE NATO AGRESIJE-ISTRAŽENI SEGMENTI

AUTORI

prof. dr Branka Đurović
Vojnomedicinska Akademija Beograd

SAŽETAK

Tokom agresije NATO snaga na Srbiju 1999g upotrebljeno je više vrsta klasičnih projektila kojima je dejstvovano po različitim ciljevima, među i postrojenja hemijske industrije, rafinerije, transformatori. To je uzrokovalo visoko i dugotrajno hemijsko zagađenje životne sredine. Pored klasičnih, na teritoriji SRJ ispod četrdeset četvrte paralele (teritorija Kosova, Vranja i Bujanovca i rt Arza u Crnoj Gori) upotrebljeni su i projektili koji su sadržali osiromašeni uranijum. Ovim projektilima uzrokovani su dodatno hemijsko i radioaktivno zagađenje životne sredine.

Pored kontaminacije životne sredine, još uvek nepoznatih razmera i intenziteta, prema zapažanjima dela zdravstvenih radnika došlo je i do porasta učestalosti nekih oboljenja, pre svega malignih u stanovnika Srbije. Ova zapažanja nailaze na različite reakcije i čak oprečne stavove. Sva dosadašnja zapažanja bila su potkrepljena epidemiološkim podacima i uobičajenim, standardnim procenama rizika za pojedine nokse, koji su podložni različitim interpretacijama. Istina je da zdravstvene posledice nastalih kontaminacija još uvek nisu ispitane na pravi način kako je to učinjeno posle ranijih sličnih akcidenata u svetu.

U ovom radu biće razmotreno dejstvo pojedinih kontaminanata, njihovi mogući biološki efekti, kao i problemi i zapostavljeni aspektineophodni za pravilnu i sveobuhvatnu procenu rizika. Razmatranjem mehanizama, povezaće se ne samo maligna, već značajno veći broj oboljenja i poremećaja sa nastalom kontaminacijom. Ukazivanjem na propuste u proceni rizika po zdravlje stanovništva i stanje životne sredine, dekontaminacija životne sredine i prevencije oboljenja učinili bi se efikasnijim i kvalitetnijim.

Ključne reči: osiromašeni uranijum, kontaminacija, Kosovo, zdravstveni efekti

ENGLISH

BIOLOGICAL EFFECTS AND HEALTH CONSEQUENCES OF NATO AGGRESSION-SEGMENTS RESEARCHED

Prof. Branka Đurović, MD, PhD

SUMMARY

During the 1999 NATO aggression against Serbia, several types of classic missiles were used and operated on different targets, including chemical industry facilities, refineries, and transformers. This has caused high and prolonged chemical pollution of the environment. In addition to the classical ones, missiles containing depleted uranium were used in the territory of the FRY below the forty-fourth parallel (the territories of Kosovo, Vranje and Bujanovac and Cape Arz in Montenegro). These projectiles caused additional chemical and radioactive contamination of the environment.

In addition to environmental contamination, as yet unknown in magnitude and intensity, according to observations by a number of health professionals, there has been an increase in the incidence of some diseases, primarily malignancies in Serbian residents. These observations come across different reactions and even conflicting views. All observations to date have been substantiated by epidemiological data and common, standard risk assessments for individual agents, which are subject to different interpretations. It is true that the health consequences of the resulting contamination have not yet been properly tested as has been done after similar accidents in the world.

This paper will look at the effects of certain contaminants as well as their potential biological effects. The paper will highlight the problems and so far neglected aspects necessary for proper and comprehensive risk assessment. Considering the mechanisms, it will be shown that not only malignant but significantly more diseases and disorders can be associated with contamination during NATO aggression. This would highlight the gaps in the assessment of risks to public health and the state of the environment, and improve environmental decontamination and disease prevention.

Keywords: Depleted uranium, Contamination, Kosovo, Health Consequences

UVOD

Dvadeset godina posle agresije NATO snaga na SRJ još uvek nisu utvrđene posledice po zdravlje stanovništva i stanje životne sredine. Živa diskusija koja se vodi, uglavnom van akademskih okvira, pokazuje da postoje različiti, oštro suprotstavljeni stavovi o ovom problemu. Veoma često diskusiji o posledicama i rizicima nedostaju argumenti zasnovani na naučnim dokazima, ili se isti interpretiraju površno, i ne retko, pogrešno.

CILJ ovog rada je da razmotri štetne faktore koji su se pojavili tokom NATO agresije, ukaže na moguće posledice najvažijih, kao i da ukaže na zanemarene činjenice u proceni rizika za nastanak zdravstvenih efekata.

ŠTETNI FAKTORI

1. TOKSIČNI GASOVI AVIONSKIH MOTORA

Bombardovanje SRJ je izvedeno bez saglasnosti SB UN i bilo je kratkotrajno u poređenju sa drugim aktuelnim ratnim sukobima. Tokom 78 dana agresije izvršeno je oko 250 vazdušnih napada dnevno (ukupno 19484), što po obimu i agresivnosti značajno prevazilazilo druge aktuelne sukobe (npr Avganistan 2001- 6500, odnosno 83/dan, Libija 2011- 9700, odnosno 45/dan, ili Irak I Sirija 2015- 2947, odnosno 10/dan. Ipak, ovi napadi nikada nisu izazvali veliku pažnju i osudu svetske javnosti i relevantnih međunarodnih institucija.

Na ove napade nisu reagovala ni međunarodne organizacije osnovane da se bore za očuvanje životne sredine i zdravlje stanovništva, UNEP, WHO, WMO (Svetska meteorološka organizacija), iako su upozorene da

je već posle tri nedelje vazdušnih napada došlo do oštećenja ozonskog omotača i oslobađanja ogromnih količina štetnih gasova avionskih motora. Izostanak reakcije ovih organizacija predstavlja kršenje više međunarodnih konvencija i ugovora. Istovremeno, na Ministarskoj konferenciji o životnoj sredini i zdravlju, održanoj u Londonu juna 1999, oštro su se borili za zaštitu ozonskog omotača od oštećenja nastalih upotrebom sprejeva u domaćinstvima. (GZZZ, 1999)

2. TOKSIČNE SUPSTANCE

Iako su prema zvaničnim navodima NATO-a mete napada bili vojni objekti, tokom bombardovanja uništeno je 10% industrijskih kapaciteta SRJ, pre svega pogona hemijske industrije i energetske postrojenja širom teritorije Srbije, u Novom Sadu, Beogradu, Pančevu, Obrenovcu, Prahovu, Boru, Kragujevcu, Kraljevu, Nišu, Smederevu, Kruševcu. Prema procenama, količina emitovanih toksičnih materija bila nekoliko puta veća od godišnje emisije u celoj SRJ u godini koja je prethodila bombardovanju. Ovakvi udesi svrstavaju se u udese širokih razmera sa najvećim mogućim posledicama po životnu sredinu i zdravlje stanovništva. (Radojković, 2001)

Tom prilikom u životnu sredinu ispušteni su:

Agens	Najčešći štetni efekti/ugroženi organski sistem
Amonijak	Respiratorni sistem, GiT, koža
Azotni oksidi	Respiratorni sistem
Benzene	Kancerogen (leukemije), CNS, respiratorni sistem
Dioksini (furani)*	Kancerogeni, neurotoksični, imunotoksični, genotoksični
Dihloretan i polivinil-hlorid*	Kancerogeni, neurotoksični, nefrotoksični, respiratorni sistem
Polciklični aromatični ugljovodonići*	Kancerogeni (hemato-,hepato-)
Polihlorovani bifenili*	Kancerogeni (neuro-, hemato-, geno-, imuno-)
Vinil-hlorid monomer	Kancerogen (angiosarkom jetre, CNS, pluća)
Fenoli	Tox za jetru i GiT
Fozgen, hlor, hlorovodonična kiselina	Iritansi sluznica respiratornog, GiT Sistema,oka,...
Stiren	Kancerogen, neurotoksičan
Sumpor-dioksid	Iritansi sluznica respiratornog, GiT Sistema,oka
Teški metali (Hg, Pb, Cd, U)*	Nefrotoksični, neurotoksični, kancerogeni

Laboratorijskim analizama utvrđeno je da su se izliveno toksične supstance (živa, polciklični aromatični ugljovodonići, benzen) deponovale u sedimentu Dunava i kanala Vojvodine, dok su u sedimentu Lepenice i Velike Morave utvrđeni polihlorovani bifenili, izliveni posle razaranja transformatorskih stanica u Kragujevcu. Ovo zagađenje važno je i kao potencijalni kontaminant poljoprivrednog zemljišta u plavnoj zoni ovih reka, što je u slučaju Lepenice kasnije i potvrđeno. (FMDSE, 2000)

Iako se o dejstvu pojedinačnih supstanci puno zna, nedovoljno je podataka o udruženim efektima više navedenih, što je neophodno za procenu u sredinama u kojima je došlo do istovremenog višestrukog izlaganja. Monitoring i remedijacija najvećeg dela kontaminiranih terena nisu organizovani, a tamo gde su bili organizovani, nisu obuhvatali i medicinski nadzor, zaštitu i monitoring angažovanih lica, kao ni organizovano praćenje mogućih zdravstvenih posledica kod stanovništva.

3. OSIROMAŠENI URANIJUM (OU)

Prema zvaničnim podacima NATO snaga upotrebljena je 31000 projektila, dok su procene VSRJ bile da je upotrebljena 51000 projektila. Kako svaki upotrebljeni projektil sadrži 273g OU, na našu teritoriju isporučeno je 10-15t OU, na 120 lokaliteta na Kosovu, 7 lokaliteta na jugu Srbije (Vranje i Preševo) i jednom lokalitetu u Crnoj Gori (rt Arza). (Petković 2002)

OU poseduje sve osobine hemijske toksičnosti prirodnog uranijuma i oko 43% manje aktivnosti. Tvrdnja da OU nije "jak izvor", čak je zanemarljiv, u odnosu na prirodni uranijum, te da se štetni efekti ne oče-kuju odnosi se na alfa-aktivnost, i neodrži-va je. U većini publikacija, ne pominju se dve važne činjenice:

ukupna aktivnost i količina upotrebljenog materijala. Za ukupnu radioaktivnost OU važna su prva tri potomka radioaktivnog niza U koji su alfa-, gama- i beta-emiteri, čime se širi spektar mogućih štetnih efekata. Tvrdnja da 10-15 t DU upotrebljenog u napadima na SRJ nije štetna po zdravlje stanovnika i životnu sredinu nije u saglasnosti sa aktivnostima koje zemlje NATO saveza preduzimaju kada se suoče sa DU na svojoj teritoriji.

Najvećim delom projektila OU su promašili me-tu i ostali rasuti u životnoj sredini. Pod uticajem atmo-sferskih prilika ovi projektili oksidišu i time prelaze iz nerastvorljivih u rastvorljiva jedinjenja koja postaju mobilna u životnoj sredini. Zbog toga je odmah posle agresije organizovana dekontaminacija terena na jugu Srbije i Crnoj Gori. Kontrola kontaminacije, monitoring i dekontaminacija nisu obavljene na Kosovu. Proces oksidacije odvija se značajno brže od pretpostavljenog. Do potpune oksidacije projektila došlo je posle 10g, umesto 50-100 g kako se očekivalo.

Manji deo ovih projektila pogodio je metu, zbog čega je došlo do formiranja aerosola uranijumskih oksida u neposrednom okruženju pogođenih meta. Prema izveštajima UNEP-a radi se o lokalnoj kontaminaciji malih razmera, i ne može biti štetnih efekata za životnu sre-dinu i stanovništvo. (UNEP 2001) .

Ovaj izveštaj osporen je od mnogih, jer je za procenu rizika od izlaganja OU upotrebljen pogrešan model, nisu uzete u obzir beta-aktivnost, veličina i vrsta čestica, prisustvo onečišćenja transuranskim elementima, te faktor „hot spot kontaminacije.“ Izveštaji nisu uzimali u obzir mogućnost disperzije i resuspenzije čestica. Priroda, sastav i naročito transport čestica aerosola dosada nisu adekvatno ispitani, što je ključno za pro-cenu obima kontaminacije i mogućih štetnih efekata. Karakteristike čestica OU zavise od načina i uslova pri-mene i zato se bitno razlikuju na Kosovu i Iraku. U oba slučaja kontaminacija je lokalizovana, a kasnije zbog resuspenzije, oksidacije i rastvaranja projektila postala širih razmera. (Busby,2001,2001a).

BIOLOŠKI EFEKTI I ZDRAVSTVENE POSLEDICE OU

Prve sumnje o mogućoj štetnosti ovih projektila pojavile su se posle Zalivskog rata kada je kod vojnika uočen skup simptoma tada nazvan Zalivski sindrom. Slična klinička slika kod vojnika Iračkih snaga ukazivala je na zajednički etiološki faktor. Nezavisna (nevladina) ekspertska grupa smatra da su u nastanku sindroma značajnu ulogu mogli imati i drugi etiološki faktori. (DUEP, 1997)

Ministarstvo odbrane SAD okarakterisalo je ovaj Sy kao Post Traumatic Stress Disorder (PTSD) i savetovalo

vojne lekare da ga leče miorelaksantima i sedativima. Rezultati monitoringa obolelih i čitav niz pratećih istraživanja (npr. da se ispita štetnost šrapnela od projektila sa OU) u vojsci SAD nisu ukazivali na povezanost sa OU. (Pellmar, et al. 1999;) Istovremeno, studije na eksperimentalnim životinjama pokazale su da postoji povećan rizik za nastanak leukemije 76 % eksperimentalnih životinja sa implantom od OU. (Miller 2005) U veterana zalivskog rata izloženih najvišim vrednostima OU i posle 10 god praćenja, potvrđena je povišena učestalost hromozomskih aberacija. (McDiarmid, et al. 2004). Nekoliko studija je pokazalo da uranijum ispoljava genotoksična svojstva kod osoba izloženih duže vreme. U Iraku je pored OU razoreno 380 postrojenja za preradu nafte, te su u životnu sredinu oslobođene ogromne količine toksičnih supstanci. Uočena su brojna genetska oštećenja ne samo kod ljudi već i u biljnom i životinjskom svetu (kamile, ovce, ptice, čak i insekti). (McDiarmid, 2000).

Rizik za zdravlje potiče od toksičnosti i radioaktivnosti OU. Rizik od toksičnih efekata (nefro-, neuro-, hepatotoksičan, mutagen kao Pb i Ni) je veći i efekti nastaju brže. Najvažniji put unosa je inhalatorni, a potom putem ingestije. Čestice veće od 10µm zadržavaju se duž gornjih partija respiratornog trakta i zadržavaju u GI traktu. Manje čestice spuštaju se u niže partije disajnih puteva, a one manje od 5 µm do alveola. Deo OU koji će biti apsorbovan u krv zavisice od njihove rastvorljivosti, koju određuju: veličina čestica, njihova specifična površina i oblik (keramičke forme).

Analizom uzoraka tla sa Kosova utvrđeno je da je veličina čestica OU bila od sub-mikronske do oko 30 µm, najveći deo manjih od 5 µm, od kojih 50% manjih od 1.5µm, u vidu tzv "hot spot" kontaminacije. Posle zapaljenja projektila sa OU nastaju keramičke čestice radioaktivne prašine koje sadrže OU i u tragu plutonijum i americijum. Samo jedna čestica OU dospela do limfnog čvorića dovoljna je da kompromituje ceo imunološki sistem (Lind, 2009).

Hemijskom analizom utvrđeno je da je sav OU analiziran na Kosovu u vidu oksida, od kojih 50% uranijum-dioksida (U četvorovalentan-manje rastvorljiv), dok je u drugoj polovini jedinjenja U u viševalentnim oblicima (rastvorljiviji). Kako OU u spoljnoj sredini oksiduje, procenat rastvorljivih jedinjenja svake godine se povećava. Pored toga, prisustvo keramičkih formi nano-čestičnih veličina, povećava njihovu reaktivnost, mobilnost i mogućnost kontaminacije živog sveta. Nano-čestice agregiraju u veće, ali zadržavaju svoju reaktivnost i sposobnost da prolaze biološke membrane uzrokujući toksične i radijacione efekte. Posle inhalacije ove čestice mogu se naći u svim tkivima našeg

organizma, uključujući i germinativne ćelije i ćelije ploda. (Lind et al, 2009, Johnsen et al 2012, Geckeis et al., 2011, Handy et al. 2008, Lövestam et al., 2010, McDiarmid 2000)

Zdravstveni rizik u Srbiji

Postoji nekoliko kategorija izloženih u Srbiji: vojnici SRJ angažovani na ratištima KiM za vreme i posle NATO agresije, stanovnici Kosova, stanovnici Srbije van teritorije Kosova i vojnici NATO snaga angažovani na Kosovu posle ratnih dejstava. Prema proceni stručnjaka SZO najveći rizik za oštećenje zdravlja postojao je za vojnike SRJ koji su bili na ratištu tokom samih dejstava.

Sanitetska služba VSRJ organizovala je monitoring za svoje pripadnike najrizičnije ekspozicije (oko 1500) od oktobra 2000g. Monitoring je trajao pet godina i potom prekinut zbog materijalnih i kadrovskih problema. Preliminarni rezultati pokazali su da nije povećana učestalost malignih oboljenja (ni hematopoetskog sistema), kao ni specifičnih neuroloških i renalnih poremećaja i da je povećana učestalost PTSP i nespecifičnih neuroloških oboljenja, poremećaja funkcija jetre (AST, ALT), akutne akustičke traume sa oštećenjem sluha, hipertenzije, teratogenih i genetskih promena potomaka.

Iako dosledno sproveden, Program nije dao očekivanu kompletnu sliku iz nekoliko razloga: ispitivana grupa je relativno mala (1500) u odnosu na broj eksponiranih; na pregled su se javili i oni koji ne ispunjavaju kriterijume rizika, a pretpostavljamo da se mnogi koji ih ispunjavaju nisu javili; došlo je do reorganizacije mnogih jedinica i povratka rezervnog sastava kućama, tako da se grupa progresivno smanjivala; period praćenja je bio kratak i trebalo ga je nastaviti, imajući u vidu dug latentni period za nastanak kasnih posledica. (Đurović, 2011)

U Srbiji ne postoji jedinstveni Nacionalni plan i program istraživanja i praćenja zdravstvenog stanja stanovništva posle NATO bombardovanja, kao ni posebno rizičnih kategorija (dece, starih i obolelih). Nacionalni registri bolesti koje se obavezno prijavljuju, među kojima i registri malignih bolesti, nisu dovoljni za procene rizika i kreiranje mera zaštite. Prema zapažanjima dela stručne javnosti, jasno je uočljiva tendencija povećanja učestalosti malignih oboljenja, iako se mnoga od njih značajno smanjuju u zemljama EU. Veoma često ova oboljenja javljaju se u mlađim životnim dobima i otkrivaju u uznapredovalim stadijumima. Iako se pojava ovih oboljenja može teorijski povezati sa prisustvom, odnosno prethodnom ekspozicijom OU, ne može se statistički i dokazati uzročno-posledična veza.

Prema podacima referentne citogenetske laboratorije Instituta za nuklearne nauke „Vinča“ učestalost

mikronukleusa Beograđana neposredno posle NATO dejstava povećana je sa $9 \pm 3 \text{MN}/1000\text{BN}$ pre 1999. godine na $28 \pm 3 \text{MN}/1000\text{BN}$ za žene i sa $7 \pm 2 \text{MN}/1000\text{BN}$ pre 1999. godine na $24 \pm 3 \text{MN}/1000\text{BN}$ za muškarce u periodu od 1999.-2000. godine. Procenjuje se da bi ova razlika mogla biti posledica hemijskih zagađenja životne sredine uzrokovane ratnim dejstvima.

Kako na Kosovu nema procene stanja i organizovanog monitoringa životne sredine, kao ni pouzdanih podataka o morbiditetu i mortalitetu stanovnika koji bi se povezao sa uticajem OU pozvani su eksperti SZO. Pozivajući se na nalaze komisije UNEP-a izvestili su da među Albancima na Kosovu nije povećana učestalost malignih oboljenja, uključujući leukemije (čak je i smanjena u 2000-oj godini), dok je na severu Kosova nalaz suprotan. Na osnovu toga je zaključeno da će rizik za NATO vojnike na Kosovu biti zanemarljiv.

Glavni problem predstavljao je nedostatak elementarnih informacija potrebnih za zaključivanje o zdravstvenim efektima. Zdravstveni informacioni sistem Kosova, ne sadrži potrebne podatke o bolestima i uzrocima smrti, delimično i zato što se stanovnici Kosova leče i u zdravstvenim centrima van Kosova. Drugi problem je nedostatak pouzdanih podataka o broju stanovnika Kosova, zbog neregularnih popisa stanovništva posle 1981. Dodatni problem predstavlja i visok nivo zagađenja životne sredine Kosova (teškim metalima), rizična ponašanja (saobraćaj, pušenje), bakterijski i virusni meningo-encefalitis, hemoragična groznice, tuberkuloza.

Prema mišljenju komisije SZO nema pouzdanih do-kaza o povezanosti OU i oboljenja kod stanovnika Kosova, a rizik od upotrebljenog OU je zanemarljiv u odnosu na ostale prisutne rizike. Nedostatak informacionog sistema u zdravstvu Kosova, smatraju najvećom preprekom za zaključivanje o efektima u uslovima etičke podeljenosti. Komisija preporučuje uspostavljanje istog, organizaciju monitoringa životne sredine i populacije. (WHO Report, 2001).

Kongenitale anomalije

Etiološki faktori koji mogu uticati na pojavu kongenitalnih anomalija su mnogobrojni i često istovremeno deluju. Etiološki kongenitalne anomalije mogu nastati usled hromozomskih i genetskih poremećaja (uzročnici u 20-25%), fetalnih infekcija (3-5%), bolesti majke (2-4%), lekova u trudnoći (1%), nepoznatih uzroka spoljne sredine- jonzujuće zračenje, toksini (polihlorovani bifenili, živa, nikal, herbicidi), infektivni agensi (65-75%). Kongenitalne anomalije predstavljaju jedan od

najznačajnijih uzroka spontanih pobačaja (50%), fetalne intrauterine smrti (15%) i prevremenih porađaja (20%).

Kada se razmatra radioaktivnost kao etiološki faktor neophodno je znati uslove izlagnja majke: da li je majka bila izložena tokom graviditeta jednom, više puta ili trajno, kojim izotopima, na koji način. Takođe se u proceni rizika razmatra da li je majka bila izložena u periodu od 5 godina pre graviditeta, naročito godini koja je graviditetu prethodila.

Pentagon i Britansko ministarstvo odbrane zvanično su poricali da postoji bilo kakva opasnost i rizik od korišćenje municije sa OU. Uprkos tome, većina stručnjaka smatrala je da je upravo OU uzrok pojave kongenitalnih anomalija i malignih bolesti u dece Iraka, naročito južnih provincija u kojima je najveći deo OU projektila i ispaljen.

Komitet organizovan da ispita ovu pojavu u SAD utvrdio je da bi bilo jako teško, skoro nemoguće, utvrditi uslove izlaganja, primljene doze, uticaj svih drugih potencijalnih etioloških faktora da bi se sa sigurnošću utvrdilo da li postoji uzročno-posledična veza između izlaganja OU i kongenitalnih anomalija dece. Ovo bi postalo gotovo nemoguće kada bi se razmatralo i zdravlje unuka ovih vojnika. Stoga je Komitet, uz puno razumevanje za zabrinutost veterana za zdravlje njihove dece, izvestio da epidemiološkim pristupom ne može doneti valjani zaključak (Committee, 1995).

U VMA je praćeno zdravstveno stanje novorođene dece pripadnika vojske SRJ angažovanih na Kosovu. Praćena je učestalost kongenitalnih anomalija, endokrinih oboljenja i malignih bolesti dečije dobi u dece rođene 2000.-2007.god., i dece rođene 1995.-1999.god. Utvrđen je značajan porast učestalosti kongenitalnih anomalija posle bombardovanja, ali ne i endokrinih i malignih bolesti. Od kongenitalnih anomalija najčešći su bili deformiteti stopala, što je saglasno sa literaturnim podacima. Prema literaturnim podacima deca sa kongenitalnom anomalijom stopala su i imunološki kompromitovana, tako da češće obolevaju od težih infekcija, a imaju i disfunkciju mokraćne bešike. 2002. je primećen skok urođenih anomalija krvotoka i hromozomskih anomalija (Daunov sindrom). (Atlagić, 2005)

Podaci o kongenitalnim anomalijama na Kosovu nisu sistematski sakupljeni ni pre NATO napada. Ne postoji standardizovani način prijavljivanja ovih anomalija, kao ni prijavljivanja prekida trudnoće. Utisak je lekara na Kosovu da nema promene učestalosti kongenitalnih anomalija, sa izuzetkom Kosovske Mitrovice u kojoj su lekari registrovali nekoliko slučajeva, ali bez daljeg praćenja i statističke obrade. Smrtnost novorođenčadi na Kosovu ostala je, prema mišljenju Kosovskih lekara na istom nivou.

Posebni problemom za procenu smatra se i činjenica da se veliki broj žena sa Kosova, iz različitih razloga, porađa u bolnicama Srbije ili Crne Gore ili u kućnim uslovima (20%). Imajući u vidu sve navedene probleme, komisija SZO dala je preporuke da se na Kosovu stanje u ovoj oblasti reguliše i poboljša, pre svega uvođenjem registara bolesti i uzroka smrti i praćenjem migracije stanovništva (WHO Report, 2001).

Pored navedenog, kongenitalne anomalije su među vodećim uzrocima mortaliteta u neonatalnom periodu (15-20%), u ranom dečijem dobu (1-4g) sa oko 40% su na trećem mestu uzroka smrti, odmah iza nesretnih slučajeva i respiratornih infekcija, kao i u dobi od 5-14 godina posle nesretnih slučajeva i malignih oboljenja. Deca sa kongenitalnim anomalijama čine 30-50% svih hospitalizacija u dečijim klinikama, a pored beskrajinj patnji i bola koje prouzrokuju, njihov medicinski tretman, vrlo često bezuspešan, zahteva velika materijalna sredstva.

4. STRES

Stres dovodi do više biohemijskih reakcija i prekomerna aktivnost osovine hipotalamus-hipofiza ko- ra nadbubrežne žlezde ostavlja snažne posledice na funkciju endokrinih žlezda. Pored fizioloških i bihevi- oralni mehanizmi odgovara na stres mogu povećati rizik oboljevanja. Ovo se najčešće ogleda kroz štetne navike i ponašanja (npr. pušenje, zloupotreba droga, alkohola, neadekvatna ishrana, manjak sna i fizičkih aktivnosti).

Hronični stres ima imunosupresivno delovanje.

PROBLEMI I ZANEMARENE ČINJENICE U PROCENI ŠTETNIH EFEKATA I RIZIKA

- Tvrdnja da nema štetnih uticaja OU na zdravlje stanovnika Srbije, potkrepljuje se stavom SZO, Komisija EU, COMEDS, SAD, IAEA.

Ministarstvo odbrane SAD je posle rata u Iraku tvrdilo da nisu znali za posledice koje mogu nastati. Njihovo ispitivanje štetnih efekata i zaštita tiču se akutnih efekata. Za efekte hronične kontaminaciju životne sredine zainteresovali su se tek kada su projektili prodani u 16 zemalja, te je nastao rizik da budu upotrebljeni na teritoriji SAD. Mirnodopske incidente koji su uključivali nekoliko desetina kg OU SAD, Nemačka i Holandija rešavale su evakuacijom stanovništva.

Ministarstvo odbrane Velike Britanije i Britansko kraljevsko društvo uzdržano smatraju da je procena rizika od OU veoma složen, kompleksan i multidisciplinarni dugoročan zadatak i da se konačni zaključci ne mogu još doneti. U međuvremenu preporučuju monitoring. (The Royal Society, 2001, 2002) Zaštita vojnika unutar NATO

snaga je nacionalna stvar, tako da Medicinsku komitet NATO-a (COMEDS) samo donosi zajedničko saopštenje, bez odgovornosti.

Procene rizika za izlaganje jonizujućim zračenjima ICRP/IAEA bazirane su na studijama žrtava Hirošime i Nagasakija-akutnih homogenih izlaganja u kojima se rizici procenjuju na osnovu primljene doze. U slučaju OU takvog izlaganja nema. Radi se o nehomogenom izlaganju, internoj kontaminaciji "hot spot" tipa, po kojoj je teorijski dovoljna i jedna čestica za nastanak malignog procesa.

SZO deli stav IAEA, a njihovo Odeljenje za rak i radijaciju sa sedištem u Lionu pripremalo se za rad na ovom problemu 3meseca, a onda napustilo pripremu projekata zbog ukudanja fondova. Komisija EU stav je bazirala na radijacionim efektima OU, bez razmatranja uticaja potomaka i bez razmatranja hemijske toksičnosti niti jednog od njih.

Procene rizika bazirane su na ekstrapolaciji rizika sa velikih na male doze jonizujućih zračenja (MDJZ), iako je mehanizam nastanka različit.

- Na nivou MDJZ 70% promena posledica je indirektnog dejstva-radiolize vode, formiranja slobodnih radikala i posledičnog oksidativnog stresa. Pri hroničnoj ekspoziciji MDJZ dovoljne su 5000 puta manje doze zračenja za nastanak radijacionih efekata (Petkau efekat). Ovaj efekat uočili smo i kod profesionalno eksponiranih medicinskih radnika. Imajući u vidu ulogu oksidativnog stresa u procesu starenja i genezi brojnih oboljenja može se pretpostaviti da će hronični oksidativni stres zbog života na kontaminiranom terenu biti kofaktor za nastanak ovih bolesti u ranijem životnom dobu. Čak 70% oboljenja koje indukuju MDJZ uzrokovano je promenom imunološkog odgovora, a samo 30% se dovodi u vezu sa malignitetom. Epidemiološki podaci stanovnika evakuisanih iz Černobilja i Fukušime potvrđuju ove pretpostavke. (Đurović, 2003)

- Osim važnosti pojave OU u vidu nano-čestica veoma je važan i nalaz da nano-čestice sadrže i elemente mete i okruženja, koji se mešaju zbog veoma visoke temperature u trenutku eksplozije (3000 C). Ove čestice nađene su u tkivima Italijanskih vojnika. To znači, da čak i u situaciji da OU nije dokazan u organizmu obolelog uobičajenim npr. radiometrijskim metodama, on u njemu može biti prisutan i da je štetnost OU ustvari indirekta, te da visoke doze nisu osnovni uzrok oboljenja, već nano-čestice koje nastaju na visokoj temperaturi. (Gatti, 2004).

Poseban problem predstavlja kontaminacija koja nastaje zbog gelera sa OU zaostalog u mekim tkivima.

Ukoliko je radi o rastvorljivim jedinjenjima OU doći će do dugotrajnog ispoljavanja udruženog toksičnog i radijacionog efekta. Hemijski se ogleda u povećanom sadržaju OU u urinu ranjenih i mogućim oštećenjima drugih organa, prvenstveno bubrega. Ukoliko je reč o nerastvorljivim jedinjenjima dominiraće radijaciono dejstvo. Zbog alfa zračenja tkivo u neposrednom kontaktu izloženo je visokoj dozi do distance 30 μm . To ima za posledicu obimna genetska oštećenja i smrt okolnih ćelija. Dodatno, zbog beta-zračenja koje je većeg dometa, do distance 1.1 cm, nastaju reparabilna genetska oštećenja ogromnog broja okolnih ćelija. Neka od njih se ne repariraju dovoljno efikasno, te može doći do kumulacije genetskih grešaka, što predstavlja rizik za nastanak malignog procesa, naročito ukoliko je u blizini kosti, odnosno kosne srži. Za ovaj vid ekspozicije nema modela za procenu rizika. (Duraković, 1999; Mc Diarmid, 2000).

- Hemijska kontaminacija, uključujući i hemijsko-toksična svojstva OU, uključuje nekoliko snažnih mutagenih agenasa, čija koncentracija u životnoj sredini nije pod kontrolom. Mere dekontaminacije uglavnom nisu preduzete, a za neke su i teško izvodljiva. U takvim situacijama monitoring izložene populacije je neophodan. Istovremeno dejstvo više mutagenih i genotoksičnih agenasa doprinosi pojavi obimnijih ozleda genetskog materijala.

- Hemijsko-radioaktivno zagađenje i hronični stres, pojedinačno i udruženo zbog ozleda ćelija, pokušaja reparacije i forsirane deobe skraćuju telomere. Skraćivanje telomera vodi ubrzanom starenju ćelija i organizma, odnosno ranijem ulasku u deo života obeležen bolestima u vezi sa starenjem (i oksidativnim stresom). Sa ciljem da ovo spreči, povećava se aktivnost telomeraze. Visoka aktivnost telomeraze uobičajena je u malignim ćelijama (Krupp, 2002; Blackburn, 2017)

- RIBE (Radiation induced bystander effect) odnosi se na pojavu da ćelije izložene JZ emituju „signale“ koji indukuju reakciju-odgovor ćelija koje nisu bile izložene

JZ. Ovi efekti najintenzivnije su izučavani poslednjih 30g upravo zbog efekata malih i veoma malih doza JZ insuficijentnih da izazovu direktne hromozomske promene, a kako se pretpostavilo povezanih sa genomskom nestabilnošću i odloženim-kasnim efektima na nivou ćelija, tkiva, organa i organizama koji nisu bili direktna meta JZ. Smatralo se prvih godina 21 veka, da postoje samo dva puta-mehanizma za nastanak ovih promena: međućelijskom komunikacijom (GIJC-gap junction intercellular communication) i ekstracelularnim solubilnim faktorima. U ogledima sa malim dozama alfa-zračenja, što je za nas od interesa, dokazano je da one indukuju ekspresiju proteina odgovornih za međućelijsku komunikaciju, ali isto tako da će promene nastati i ako ćelije nemaju međusobni kontakt. U periodu od 2005-2007g utvrđeno je i da fizički faktori, kao što je foton UV zračenja mogu generisati bystander effects. Zaključeno je da se ova tri puta u nekoj fazi susreću i zajednički indukuju odgovor koji se smatra primitivnim-bazičnim odgovorom na stres iz životne okoline. Jednom pokrenut ovaj signal je dugotrajan, kako in vitro, tako i in vivo, od ćelijskog do nivoa organizma, nije specifičan za vrstu, već ga razvijaju različite vrste ćelija, tkiva, organizama, bez obzira na stepen razvijenosti i kao takav može se u životnoj sredini prenositi između jedinki iste, ali i različitih vrsta. (Mothersil, 2018; Mavragany 2016)

ZAKLJUČAK

- Stavovi međunarodnih organizacija moraju se uzeti sa velikom rezervom.
- Neophodno je utvrditi stepen i obim kontaminacije zemlje i proceniti rizike korišćenjem adekvatnih modela.
- Doza zračenja nije ključni faktor za procenu rizika. Ključni faktor leži u mehanizmu nastanka promena na ćelijskom nivou u zoni MDJZ, koji se prepliće sa mehanizmima starenja i dejstva drugih štetnih noksia.
- Maligne bolesti nisu jedine posledice izlaganja OU i hemijskim noksama. Potreban je „širi pogled“.
- Neophodno dugogodišnje praćenje.

LITERATURE

1. Atlagić N, Đurović B, Lisov-Gazivoda Lj, Barjaktarović V. Urođeni poremećaji, maligne i endokrine bolesti u dece rođene posle bombardovanja SRJ 1999. godine. Zbornik radova i sažetaka 5. Kongresa neurologije i psihijatrije razvojnog doba Srbije i Crne Gore sa inostranim učesćem; 2005 april 21-23; Beograd. Status, 2005. p.67-73.
2. Beach H. The military hazards of depleted uranium. ISIS: Briefing Paper No. 78, 2001; London. Available from:<http://www.isisuk.demon.co.uk>
3. Blackburn E, Epel E. The Telomere Effect. Laguna, 2017; Beograd: Službeni glasnik. (In Serbian)
4. Busby 2001 a: Science on Trial: On the Biological Effects and Health Risks following Exposure to Aerosols produced by the use of Depleted Uranium Weapons Chris Busby PhD. Invited Presentation to the Royal Society, London, July 19th 2000 Also given in part to the International Conference against Depleted Uranium Manchester, 4th/ 5th November 2000; Occasional Paper 2000/11 Aberystwyth: Green Audit October 2000
5. Busby C. Depleted Uranium in Kosovo: Review of UNEP Report of 13th March 2001. First given in the European Parliament at Strasbourg Wednesday April 4th 2001.
6. Committee to Study the Feasibility of, and Need for, Epidemiologic Studies of Adverse Reproductive Outcomes in the Families of Atomic Veterans : Adverse Reproductive Outcomes in Families of Atomic Veterans: The Feasibility of Epidemiologic Studies, Institute of Medicine, 1995, USA
7. Djurović B, Selaković V, Spasić-Jokić V. Oxidative stress in medical staff exposed to ionizing radiation. Molecular, cellular and integrative basis of health, disease and therapy. The first congress of physiological sciences of Serbia and Montenegro with international participation. Belgrade, November 9-12, 2005. p209.
8. Đurović B. Citogenetske promene i oksidoreduktivni status u ranoj dijagnostici radijacione povrede” (Disertacija) Vojnomedicinska akademija, Beograd, 2003.
9. Duraković A. Medical Effects of Internal Contamination with Depleted Uranium, Croat Med J (1999); 40 (1):49-66.
10. FMDSE (2000) NATO bombing Consequences for Environmet in Yugoslavia. Official Report. Federal Ministry of Development, Science and Environment, Belgrade.
11. Geckeis, H., Rabung, T. and Schäfer, T., 2011. Actinide-Nanoparticle Interaction: Generation, Stability and Mobility. In: Kalmykov, S.N., Denecke, M.A. (ed.). Actinide Nanoparticle Research. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. pp. 1-30
12. Gatti AM, Montanari S. (2004) The so-called “Balkan Syndrome”: A bio-engineering approach. Available from: www.biomat.unimo.it/eng/nanopat.htm
13. Gradski Zavod za zaštitu zdravlja: Apel svetu: Globalne ekološke posledice NATO agresije na Jugoslaviju. GZZZ, Beograd, 21.4.1999.
14. Handy, R.D., von der Kammer, F., Lead, J.R., Hassellöv, M., Owen, R. and Crane, M., 2008. The ecotoxicology and chemistry of manufactured nanoparticles. *Ecotoxicology*. 14(4): 287-314
15. ICRP (2001) Doses to the embryo and Fetus from Intakes of Radionuclides by the Mother. ICRP Publication 88. Pergamon Press, Oxford.
16. ICRP (2003) Biological Effects after Prenatal Irradiation (Embryo and Fetus). ICRP Publication 90. Pergamon Press, Oxford.
17. Johnsen IV. Synthesis, characterization and uptake study of uranium nanoparticles (UO₂ and U₃O₈) in eggs of Atlantic salmon (*Salmo Salar*). Master Thesis, Norwegian University of Life Sciences, Departement of Plant and Environmental Sciences, 2012.
18. Krrup G, Parwaresch R. Telomerases, Telomeres and Cancer. Landes/Kluwer dual print. NewYork:2002.
19. Lind OC, Salbu B, Janssens K, Proost K, Danesi PR. Characterisation of DU particles from Kosovo and Kuwait. In: Oughton DH., Kashparov V.(eds):Radioactive Particles in the Environment, Springer Science+Business Media B.V.2009, 57-67. ISBN 978-90-481-2947-8
20. Lövestam, G., Rauscher, H., Roebben, G., Klüttgen, B.S., Gibson, N., Putaud, J.P., and Stamm, H., 2010. Considerations on a Definition of Nanomaterial for Regulatory Purposes. JRC Reference reports, European Union. pp. 40. ISBN 978-92-79-16014-1
21. Mavragany IV et al: Key Mechanisms Involved in Ionizing Radiation-Induced Systemic Effects. *A Current Review. Toxicol Res* (2016); 5:12-33.
22. McDiarmid MA, Engelhardt S, Oliver M, Gucer P, Wilsin PD, Kane R, Kabat M, Kaup B, Anderson L, Hoover D, Brown L, Handwerger B, Albertini RJ, Jacobson-Kram D, Thorne CD, Squibb KS. Health effects of depleted uranium on exposed Gulf War veterans: a 10-years follow-up. *J. Toxicol. Environ. Health. Part A* (2004); 67:277-296.

23. McDiarmid MA, Koegh JP, Hooper FJ. Health Effects of Depleted Uranium on Exposed Gulf War Veterans. *Environ Res* (2000); 82(2): 168-80.
24. Miller AC. Leukemic transformation of hematopoietic cells in mice internally exposed to depleted uranium. *Mol. Cell Biochem* (2005); 279(1-2):97-104.
25. Mothersill C, Rusin A, Fernandez-Palomo C, Seymour C. History of bystander effects research 1905present; what is in a name? *Int J Rad Biol* (2018); 94(8): 696-707. <https://doi.org/10.1080/09553002.2017.1398436>
26. Pellmar TC, Fucciarelli AF, Ejnik JW, Hamilton M, Hogan J, Strocko S, Emond C, Mottaz HM, Landauer MR. Distribution of uranium in rats implanted with depleted uranium pellets. *Toxicol. Sci.* 1999, 49:29-39.
27. Petković S, Zarić M, Dević Z. Upotreba municije sa osiromašenim uranom u agresiji NATO saveza na Saveznu Republiku Jugoslaviju. *Chem. Ind.-Series 2* (2002) 62-68
28. Radojković Ž, Mišović M, Đurović B, Janković Lj, Hadžibegović E. Ekološke posledice uzrokovane NATO bombardovanjem hemijskih postrojenja i skladišta opasnih materija. Zbornik radova II Kongresa zdravstvenih radnika Republike Srbije; 2001 jun 26-30.6.; Vrnjačka Banja. SZRS Beograd; 2001. p. 6-8.
29. The Royal Society (2001). The health hazard of depleted uranium munitions, Part I, The Royal Society London.
30. The Royal Society (2002). The health hazard of depleted uranium munitions, Part II, The Royal Society London.
31. UNEP (2001) Depleted Uranium in Kosovo. Post-Conflict Environmental Assessment. United Nations Environmental Programme Scientific Mission to Kosovo 5-9 November 2000.
32. WHO (World Health Organization). (2001b). Report of the world health organization depleted uranium mission to Kosovo. Geneva: World Health Organization
5. Craft ES, Abu-Qare AW, Flaherty MM, Garofolo MC; Rincavage HL, Abou-Donia MB Depleted and natural uranium: chemistry and toxicological effects“ . *Journal of Toxicology and Environmental Health Part B: Critical Reviews* 2004;7 (4): 297-317.

ISPITIVANJE EKOLOŠKIH I ZDRAVSTVENIH POSLEDICA RATNIH DEJSTAVA NA SR JUGOSLAVIJU - ZA ILI PROTIV?

AUTORI

Aleksandar Ćorac

Univerzitetu Prištini sa privremenim sedištem u Kosovskoj Mitrovici, Medicinski fakultet, Katedra za preventivnu medicinu

Od trenutka započinjanja napada NATO pakta na SR Jugoslaviju, 24. marta 1999. godine, u vezi sa tom ratnom akcijom otvorena su mnoga pitanja. Pitanje zakonitosti, ili bolje rečeno pravne zasnovanosti, pitanje istinitosti uzroka koji su do rata doveli, pitanje opravdanosti, političkih i ekonomskih interesa itd. Ni danas nakon više od 20 godina, broj pitanja vezanih za pripremu, realizaciju i posledice ratnih dejstava nije smanjen, štaviše, i danas se otvaraju pojedina pitanja koja u trenutku agresije nisu bila ni dostupna ni poznata javnosti.

Malo je dobijenih odgovora na postavljena pitanja. Zašto nema adekvatnih odgovora od onih koji su vodili rat protiv nas, relativno je jasno i u ovom radu se time posebno nećemo baviti. Međutim, zašto nema odgovora koje smo mi kao društvo trebali i morali da damo najpre sebi samima (tj. građanima naše zemlje) ostaje potpuno nejasno. Kao lekarima, nas najviše interesuje zašto nije dat adekvatan odgovor na pitanje - Koje su i kakve su zdravstvene posledice dejstava NATO pakta. Kada to kažemo, mislimo na posledice u toku rata, ali i posledice ratnih dejstava nakon rata, kako direktne, tako i indirektne. Preventivna medicina Srbije i zdravstveni sistem trebali su i morali da daju odgovor na pitanje kakav je bio i kakav je danas uticaj ratnih dejstava na životnu sredinu i zdravlje stanovništva.

Ovim radom pokušaćemo da prikažemo trenutno stanje u Republici Srbiji po pitanju ispitivanja posledica dejstava NATO pakta kao i raznolikost mišljenja i tumačenja koji su izneti u našem društvenom i naučnom javnom prostoru, kao i da kroz njihovo razmatranje definišemo da li postoji potreba i smisao da se sprovede ispitivanje ekoloških i zdravstvenih posledica ratnih dejstava NATO-a u našoj zemlji.

Poznato je da je tokom agresije NATO snaga na SRJ 1999. godine upotrebljeno više vrsta različitih projektila. Klasičnim projektilima dejstvovalo je po različitim ciljevima, među kojima su bila i postrojenja

hemijske industrije, rafinerije, transformatori, što je uzrokovalo visoko i dugotrajno hemijsko zagađenje životne sredine brojnim supstancama koje su poznate kao toksične, mutagene i kancerogene. Međutim, pored klasičnih, na teritoriji SRJ ispod četrdeset četvrte paralele (područje Kosova i Metohije, okolina Vranja i Bujanovca i rt Arza) upotrebljeni su i projektili koji su sadržali osiromašeni uranijum (OU). Ovim projektilima uzrokovano je dodatno hemijsko, kao i radioaktivno zagađenje životne sredine¹.

U pokušaju da se dođe do naučnih činjenica o posledicama ratnih dejstava u septembru 2001. godine organizovana je Međunarodna konferencija o ekološkom oporavku tadašnje SR Jugoslavije. Cilj ove konferencije je bio da se zabeleže posledice ratnih dejstava na životnu okolinu i psihofizičko zdravlje građana, i da se predlože pravci ekološkog oporavka. Kroz 142 rada svoje rezultate je prikazalo 320 autora iz 21 države, a održane su i tri telekonferencijske prezentacije US Environmental Protection Agency (EPA). Na konferenciji je prvi put prikazano i da su uzorci projektila sa OU sadržali i male količine plutonijuma, kao i izotopa uranijuma (U-236), kojih takođe nema u prirodnom uranijumu. Prisustvo ovih izotopa ukazalo je da se tu nije samo radilo o osiromašenom uranijumu već o mogućoj mešavini sa prerađenim reaktorskim gorivom. U zaključcima ove konferencije je izneto da je u toku NATO bombardovanja uništeno 78 industrijskih postrojenja, da je 45 energetskih postrojenja bilo uništeno ili oštećeno, i da je kao posledica toga ispušteno na hiljade tona kancerogenih, mutagenih i toksičnih hemikalija, uključujući bar desetak toksičnih hemikalija koje su odavno stavljene na listu zabranjenih hemikalija prema Štokholmskoj konvenciji. Uz to je oko 150 hiljada tona nafte i naftnih derivata i oko 367 hiljada tona kerozina

¹ Branka Đurović i dr, Biomedicinski aspekti primene municije sa osiromašenim uranijumom. Hem. Ind. (2001); 55 (7-8) 84-88. 2001 i 2019.

bilo zapaljeno, više od 20 hiljada civilnih zgrada je uništeno, i ispaljeno je najmanje 31 hiljada projektila sa OU. Nažalost, pokazalo se da ni ovakav naučni skup nije mogao da pokrene širu društvenu akciju ².

U jednom periodu nakon ove konferencije, tema „bombardovanja“ kao da je nekako otišla na margine društvenog interesovanja, međutim u poslednjih nekoliko godina ponovo dolazi u centar pažnje naučne i stručne javnosti, a intenzivna društvena polemika ³ koja se vodi o tome imali ih i kakve su posledice NATO dejstava pokazuje izuzetno visok nivo interesovanja među stanovništvom po pitanju ratnih posledica.

Često izraženo suprotni stavovi zdravstvenih (i drugih) stručnjaka koji o posledicama ratnih dejstava govore, unose dodatnu konfuziju po pitanju dostizanja jasnog zaključka. Kao sporno se javlja i to da li posledice treba ili ne treba istraživati.

Nažalost, ni naša država, nije smogla snage da nama (zdravstvenim radnicima) i ostalim građanima, da valjane odgovore. Odnos države, odnosno predstavnika vlasti koji su ispred državnog aparata bili zaduženi za tu problematiku, prema posledicama ratnih dejstava najčešće je bio ograničen političkim okvirom koji su imali. On se kretao od potpunog ignorisanja problema, preko umanjivanja, pogrešnog tumačenja činjenica, pa do često neadekvatno potkrepljenih uvećavanja. Razlog za to jesu često bili politički razlozi međutim takođe čest razlog tih grešaka bio je u nestručnosti i neznanju.

I danas imamo specifičnu situaciju. Za razliku od perioda kada je država ignorisala problem, sada imamo situaciju da je država formirala dva tela koja trebaju da se bave istim problemom. Naime Vlada republike Srbije formirala je Međuresorno koordinaciono telo (koje ni posle više od godinu dana od osnivanja još uvek nije uspostavilo svoj radni kapacitet), dok je Skupština Republike Srbije formirala svoju Komisiju za ispitivanje posledica bombardovanja. Metodologija rada ova dva tela nije usaglašena, pristup podacima, razmena podataka, i niz drugih nedefinisanih ili nedovoljno definisanih stvari, dodatno doprinose zbunjenosti koja u društvu postoji po pitanju ispitivanja posledica ratnih dejstava NATO pakta.

Nažalost, trenutno možemo konstatovati da mi kao društvo ni nakon više od 20 godina nismo uspeli da damo odgovore na ključna pitanja po zdravlje naroda koji u ovoj zemlji živi.

Profesor Zoran Radovanović, izuzetno iskusan epidemiolog, profesor u penziji Medicinskog fakulteta

u Beogradu i predsednik etičkog komiteta SLD-a, u medijima ⁴ i na naučnim skupovima ⁵ ističe da ne postoji naučna zasnovanost u tvrdnjama da OU dovodi do povećanja broja karcinoma u našoj zemlji iznoseći za to niz dokaza u naučnim radovima i istraživanjima. Navodi da se podaci o oboljevanju od raka koriste na nenaučan način i zloupotrebljavaju. On ističe razloge koji govore u prilog tome da provera posledica ratnih dejstava nema smisao i često sa pravom ističe mnoga ključna pitanja vezana za period ratnih dejstava nisu rešena, kao i da sami ne brinemo dovoljno o svom okruženju i da pojedinci žele da nađu krivca za sopstvene propuste. Različiti pristup podacima i njihovo različito tumačenje dovode čak i do (nažalost uopštenog) prozivanja pristalica istraživanja posledica rata da su falsifikovali podatke nadležnih ustanova ⁶.

Međutim, dr Čikarić, iskusni profesor radiologije na Medicinskom fakultetu u Beogradu, iznosi iskustva iz svoje prakse i tumačeći podatke o oboljevanju od malignih bolesti u Srbiji konstatuje da je došlo do povećanja i morbiditeta i mortaliteta od istih, kriveći za to posledice ratnih dejstava NATO-pakta ⁷. Stavove profesora Čikarića podržava i profesorica istog fakulteta Danica Grujičić, (neurohirurg na onkologiji i šefica katedre za Hirurgiju) koja takođe tvrdi da njena praksa i rezultati ukazuju na porast prisustva malignih bolesti u populaciji ⁸.

Profesorica Jasmina Vujić (Kalifornijski univerzitet u Berkliju) navodi da je, kao i većina teških metala, OU hemijski toksičan, i uz to radioaktivan. Kakvi su efekti OU na zdravlje ljudi zavisi od mnogo parametara: da li se radi o unutrašnjem ili spoljašnjem ozračivanju; u slučaju prisustva OU u organizmu (unutrašnje zagađenje), veoma je bitan način unošenja - udisanjem, putem hrane i vode, ili preko povreda kože; i da li je OU unet u organizam kao rastvorljivo ili nerastvorljivo hemijsko jedinjenje. Većina radionuklida u uranijumskom lancu su alfa emiteri, sa poznatom radiotoksičnošću i citotoksičnošću, kao što su radijum, radon i polonijum ⁹.

Često se postavlja i pitanje svrshodnosti i mogućnosti današnjeg ispitivanja posledica nečega što se desilo pre

2 D. P. Antic and J. Lj. Vujic, Editors, "Environmental Recovery of Yugoslavia" Monograph published by Vinča Institute of Nuclear Sciences, ISBN 86-7306-054-0, Belgrade, 2002.

3 https://www.youtube.com/watch?v=PkL5nC-jB_8

4 <https://www.blic.rs/vesti/drustvo/nas-poznati-epidemiolog-ovih-16-stavki-ruse-svaku-povezanost-nato-bombi-i-raka/vdmhkf8>

5 Radovanović Zoran, Real and fictitious causes of cancer, DPM 2018

6 <https://www.nedeljnik.rs/falsifikovali-su-podatke-da-osiromaseni-uranijum-izaziva-rak-jer-nisu-nasli-nista-dr-zoran-radovanovic-za-nedeljnik/>

7 <http://www.nspm.rs/hronika/prof.-dr-slobodan-cikaric-za-porast-broja-umrlih-i-oboletih-od-raka-krivac-je-osiromaseni-uranijum-kojim-smo-bombardovani-tokom-nato-agresije.html?alphabet=l>

8 <https://www.ceas-serbia.org/sr/preuzeto/7014-dr-danica-grujicic-istina-o-posledicama-nato-bombardovanja>

9 Jasmina Vujić, "Environmental Recovery of Yugoslavia", Belgrade, 2002.

20 godina. Jasno je da su istraživanja uticaja ratnih dejstava na životnu sredinu ograničena fragmentacijom između brojnih disciplina, kao i nizom drugih političkih i stručnih razloga, ali je nesporna činjenica da posleratni uslovi u svakom slučaju uključuju intenzivno zagađenje, ostatke neeksplozivnih ubojnih sredstava, oštećenu i uništenu infrastrukturu, degradirane predele i vegetaciju, usluge ekosistema, socioekonomske poremećaje, izbegličku populaciju i dugotrajne bolesti. NATO bombardovanje na području SR Jugoslavije 1999. godine, posebno rat na području Kosova i Metohije, potvrđuje sve navedene konstatacije. Unošenje metala u tragovima u ekosisteme može se odrediti hemijskim analizama atmosferske depozicije, bioindikacijom/biomonitoringom, odnosno analizama biljnih organa i zemljišta. Bioindikator mogu biti organizmi (ili delovi organizama ili zajednica organizama) koje sadrže informacije o kvalitetu životne sredine, dok biomonitori sadrže informacije o kvantitativnim aspektima životne sredine.

Biomonitoring nam može pomoći u oceni stanja zagađenosti životne sredine. Tako se, na primer, u zavisnosti od biljnih vrsta, može oceniti zagađenost životne sredine elementima u tragovima, radionuklidima i organskim polutantima. Što se tiče štetnih i toksičnih polutanata koji se mogu odnositi na NATO bombardovanje, biomonitoring nam može pružiti informaciju o njihovom prisustvu i nivou zagađenosti životne sredine ¹⁰.

Biomonitoring koji je rađen kroz praćenje sadržaja zagađenja u mahovinama (*Hipnum cupressiforme*) u širom regiona Kosova i Metohije na 21 mestu tokom juna 2016. godine. Al, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, V i Zn su određeni u uzorcima induktivno spojenom plazmom optičkom emisijskom spektrometrijom (ICP-OES). Povećane koncentracije Ba, Cd, Cr, Co, Ni, V i maksimalne koncentracije As, Cu, Pb i Zn nađene su u uzorcima vrha zemlje širom regiona u poređenju sa propisanim vrednostima u regulatornim dokumentima. Rezultati impliciraju postojanje snažnog uticaja (resuspendirane) komponente tla na obogaćivanje elemenata svih uzoraka okoline. Štaviše, EF-ovi mahovine od Pb, Cu, Zn i U bili su primetno veći od onih izračunatih za uzorke koloksidiranog gornjeg tla, koji podrazumevaju prisustvo zagađenog dalekog dometa. Najveće vrednosti elemenata pronađene su u uzorcima mahovine iz ove studije u poređenju sa prethodnim istraživanjem mahovine u ovom regionu (u 2011.),

evropskim vrednostima (Norveška) i drugim relevantnim bazama podataka (BJR Makedonija, Srbija) ¹¹.

Što se tiče pokazatelja humanog biomonitoringa u istraživanju koje su sproveli Manojlović i Grujičić praćen je sadržaj dva radioaktivna metala, uranijuma (U) i torijuma (Th), određen je u tečnim vezivnim i čvrstim, nekeratinskim uzorcima tkiva, kao i u tečnim kliničkim uzorcima (plazmi i likvoru) ispitanika. Interesantan podatak je da je U pokazao uticaj na progresiju bolesti tiroidne žlezde i uticaj na razdvajanje folikularne patohistološke varijante od solidne ($p < 0,05$). Rezultati takođe ukazuju na značajno povećan sadržaj U i Th u trabekularnim i kortikalnim kostima. Dobijeni rezultati ukazuju na opravdanost razmatranja U i Th u etiopatogenezi neuroendokrinih malignih bolesti i nedvosmisleno ukazuju na opravdanost redovnog praćenja i utvrđivanja statusa metala u srpskoj populaciji ¹².

Raniji direktor Nuklearnih objekata Srbije i Saradnik u Međunarodnoj agenciji za atomsku energiju dr Jagoš Raičević, navodi da je, kako bi se sagledala nastala šteta po ljudsko zdravlje i ekosistem, neophodno prvo izvršiti rekonstrukciju događaja i utvrditi početne parametre zagađenja - količinu ispuštenih polutanata (naftnih derivata i ostalih zagađujućih materija) u ekosistem. Detaljnom analizom raspoloživih podataka je moguće utvrditi one frakcije koje su sagorevanjem dospale u vazduh, i one koje su izlivanjem dospale u zemljište. Frakcije koje su dospale u vazduh se na osnovu raspoloživih podataka dalje posmatraju primenom odgovarajućih modela za atmosferski transport i depoziciju, dok se onaj deo polutanata koji je dospao u zemljište razmatra sa stanovišta migracije u zemljištu, i migracije u podzemnim vodama. Poznavanje ovih parametara pruža mogućnost da se tadašnja lokalna zagađenja - i njihova evolucija u vremenu, povežu sa epidemiološkom slikom koju imamo u Srbiji danas. Na taj način je moguće dobiti elemente za sagledavanje mogućih uzročno-posledičnih veza nastanka raznih oboljenja za koja se sumnja da su posledica NATO bombardovanja, čime se znatno olakšava dalje lečenje i preventiva. Ne manje važno je i to da se ovakvim pristupom može izvršiti provera mogućih zaostalih „crnih tačaka“ na kojima je (ili nije) izvršena neophodna remedijacija. Izuzetno je važno podvući da smisao projekta nije formiranje bilo kakvih tužbi za naknadu

¹⁰ Ratko Kadović, sesija „Zdravstvene i ekološke posledice ratnih dejstava NATO na SRJ - kako ih umanjiti i ukloniti“, 2019.

¹¹ Environmental implication indices from elemental characterisations of collocated topsoil and moss samples, Mira Aničić Urošević i sar, *Ecological Indicators* Volume 90, July 2018, Pages 529-539. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X18302048?via%3Dihub>

¹² D. Manojlović i D. Grujičić, sesija „Zdravstvene i ekološke posledice ratnih dejstava NATO na SRJ - kako ih umanjiti i ukloniti“, 2019.

štete, već pre svega briga o zdravoj životnoj sredini i ljudima koji u njoj žive. Ceo projekat treba da se izvodi u fazama, što je detaljno prikazano u Elaboratu, koji je poslat našim državnim organima¹³.

Ne želeći da svoje iskustvo namećem kao arbitrarno, poštujući svoju naučnu odgovornost, sa jedne, ali i svoju lekarsku odgovornost, sa druge strane, moram da iznesem i sopstvena zapažanja. Nakon rata, u možda najgoroj situaciji našli su se oni koji su bili izloženi direktnim ili indirektnim posledicama ratnih dejstava, a ostali su da žive u tzv. enklavama (manjim ograničenim teritorijama sa većinskim srpskim stanovništvom) na Kosovu i Metohiji. Zdravstvena briga o njima bila je često zapanjujuće neodgovorna. Interesujući se za takve slučajeve, obavio sam razgovore sa jednim delom ljudi koji tvrde da su oboleli usled posledica ratnih dejstava. Činjenica je da su takve tvrdnje u pojedinim slučajevima nedovoljno potkrepljene, ali takođe je činjenica da je teško objasniti saznanje o „grupnom“ oboljevanju od karcinoma, kao npr. u Štrpcu, koje mi je preneo jedini živi od grupe radnika koja je radila na raščišćavanju repetitora u Štrpcu, na koji je dejstvovala avijacija NATO pakta. On je pri tom oboleo od maligne bolesti, i ima svu dokumentaciju koja to dokazuje, i tvrdi da su svi ostali preminuli od raka. U pokušaju da dalje proverim podatke za ostale radnike, kroz razgovor sa ljudima njegovi navodi su mi potvrđeni, ali sam u pokušaju da dokumentujem usmene navode, naravno, udario u zid, što nije ni malo čudno imajući u vidu stanje zdravstvenog sistema, razdvojenost porodica, iseljavanje, privatne terapije itd.

¹³ Jagoš Raičević i ost. sesija „Zdravstvene i ekološke posledice ratnih dejstava NATO na SRJ - kako ih umanjiti i ukloniti“, 2019.

Ono što svakako možemo smatrati za pogrešno je to, što se celokupna (ili skoro celokupna) rasprava, čak i unučnim krugovima, fokusira na uticaj OU na razvoj malignih oboljenja, koji u stvari predstavlja samo jedan deo sveukupnih posledica ratnih dejstava NATO-a na životnu sredinu i zdravlje stanovništva. Istu grešku koju imamo u naučnim i stručnim krugovima, srećemo i u medijima gde se takođe rasprava o posledicama ratnih dejstava NATO pakta na SRJ, potpuno pogrešno, svodi na priču o OU, koji jeste jedna od bitnih stavki koje se neizbežno trebaju razmatrati, ali ne isključujući ostale posledice ratnih dejstava, već sveobuhvatno. Građani, kojima stručnjaci i mediji trebaju da daju jasne odgovore i razjasne situaciju, dovedeni su u situaciju još veće zbunjenosti i nerazumevanja problema.

Takođe možemo konstatovati da postoji nedovoljna istraženost problema i nedovoljna posvećenost kako naučnih radnika u oblasti zdravstva tako i zdravstvenog sistema u celini, da se dođe do odgovarajućih podataka i do razrešenja nametnutih dilema.

Verujem, da sve navedeno jasno ukazuje na potrebu da naše društvo na odgovoran i naučno zasnovan način mora da utvrdi sve posledice ratnih dejstava na životnu sredinu i zdravlje stanovništva, a zatim pristupi izradi planskih dokumenata za uklanjanje i minimiziranje utvrđenih posledica, i njihovoj realizaciji. Samo tako mi možemo iskazati svoju profesionalnu i naučnu ali i moralnu i društvenu odgovornost, najpre prema onima koji su trpeli posledice, ali i prema građanima koji trenutno žive ovde kao i prema onima koji tu treba da žive u budućnosti. Iako je prošlo više od 20 godina mogućnosti za to još uvek postoje.

PROBLEMI SA MENTALNIM ZDRAVLJEM STANOVNIKA NA POLITIČKI BEZBEDNOSNO UGROŽENOJ TERITORIJI

AUTORI

Momčilo Mirković, Slađana Đurić, Jovana Milošević

Medicinski fakultet u Prištini sa privremenim sedištem u Kosovskoj Mitrovici, Kosovska Mitrovica, Srbija

SAŽETAK

Uvod: Svetska zdravstvena organizacija definiše mentalno zdravlje kao: „stanje zadovoljstva u kojem pojedinac realizuje sopstvene sposobnosti, može da se izbori sa uobičajenim životnim stresovima, može da radi produktivno i uspešno i sposoban je da daje doprinos sopstvenoj zajednici“.

Ciljevi: su bili da se: utvrdi učestalost problema sa mentalnim zdravljem među odraslim nealbanskim stanovnicima Gnjilana, Prištine, severne Kosovske Mitrovice i Leposavića, analizira odnos učestalosti problema sa mentalnim zdravljem i osnovnih karakteristika ispitanika i analizira razlika u učestalosti problema sa mentalnim zdravljem među odraslim stanovnicima ove četiri opštine

Metod: Istraživanje je izvedeno kao studija preseka na reprezentativnom uzorku odraslog nealbanskog stanovništva Gnjilana, Prištine, severne Kosovske Mitrovice i Leposavića. Za dobijanje informacija o karakteristikama mentalnog zdravlja korišćen je Goldbergov Upitnik o opštem zdravstvenom stanju. Od statističkih metoda korišćeni su: hi-kvadrat test, analiza varijanse, prosta i višestruka logistička regresija, za nivo značajnosti od 0,05.

Rezultati: Skoro polovina ispitanika u Prištini (46,7%) i Gnjilanu (45,5%) imala je probleme sa mentalnim zdravljem, dok među ispitanicima u severnoj Kosovskoj Mitrovici i Leposaviću oko trećina njih je imala ove probleme, i to 33,8%, odnosno 31,6%. Mentalno zdravlje ispitanika u navedene četiri opštine povezano je sa polom, starošću, samoprocenjenim materijalnim stanjem, socijalnom podrškom, zlostavljanjem i procenom buduće politički-bezbednosne situacije. Među ispitanicima u navedene četiri opštine postoji značajna razlika u problemima sa mentalnim zdravljem.

Zaključak: Dobijeni rezultati ukazuju na visoku stopu prevalencije problema sa mentalnim zdravljem među ispitivanim stanovništvom. Utvrđivanje učestalosti i identifikacija onih grupa stanovnika kod kojih se ovi problemi češće javljaju je polazna osnova za stvaranje zdravstveno-promotivnih programa čiji je cilj smanjenje oboljevanja od mentalnih bolesti.

Ključne reči: mentalno zdravlje, prediktori, učestalost

ENGLISH

MENTAL HEALTH PROBLEMS AMONG INHABITANTS WHO LIVE IN POLITICAL SECURITY ENDANGEROUS TERRITORY

SUMMARY

Introduction: The World Health Organization defines mental health as „a state of satisfaction in which an individual realizes his or her own abilities, can cope with the usual stresses of life, can work productively and successfully, and is able to contribute to his own community.“

Objectives: Were to determine the prevalence of mental health problems among adult non-Albanian residents of Gjilan, Pristina, northern Kosovska Mitrovica and Leposavic, to analyze the relationship between the prevalence of mental health problems and basic characteristics of the respondents and to analyze the difference in the prevalence of mental health problems among adult residents these four municipalities

Method: The study was performed as a cross-sectional study on a representative sample of the adult non-Albanian population of Gjilan, Pristina, northern Kosovska Mitrovica and Leposavic. Goldberg's General Health Questionnaire was used to obtain information about mental health characteristics. The statistical methods were used: chi-square test, analysis of variance, simple and multiple logistic regression, for a significance level of 0.05.

Results: Almost half of the respondents in Pristina (46.7%) and Gjilan (45.5%) had mental health problems, while among the respondents in northern Kosovska Mitrovica and Leposavic about a third had these problems, 33.8 % and 31.6%, respectively. The mental health of respondents in the four mentioned municipalities is related to gender, age, self-assessed material status, social support, abuse and assessment of the future political-security situation. There is a significant difference in mental health problems among respondents in these four municipalities.

Conclusion: The results indicate a high prevalence of mental health problems among the study population. Determining the prevalence and identifying those groups of people who are more likely to have these problems is the starting point for creating health-promotion programs aimed at reducing mental illness.

Keywords: mental health, predictors, prevalence

UVOD

Prema današnjem shvatanju, mentalno zdravlje je teško definisati na način koji bi bio opšteprihvatljiv, zbog razlika u vrednostima između zemalja, kultura, klasa i polova. Međutim, kao što se starost i bogatstvo različito izražavaju širom sveta, a ipak imaju zajedničko univerzalno značenje, isto tako i mentalno zdravlje može biti shvaćeno bez ograničenja u interpretaciji između različitih kultura. Svetska zdravstvena organizacija naglašava da mentalno zdravlje nije samo odsustvo mentalnih bolesti, već da je to „stanje zadovoljstva u kojem pojedinac realizuje sopstvene sposobnosti, može da se izbori sa uobičajenim životnim stresovima, može da radi produktivno i uspešno i sposoban je da daje doprinos sopstvenoj zajednici“ (1). Koncept mentalnog zdravlja uključuje osećaj subjektivnog zado-

voljstva, samo-efikasnosti, autonomije, sposobnosti međugeneracijske nezavisnosti i samoaktuelizacije na intelektualnom i emotivnom polju u odnosu na druge ljude (2). U ovako pozitivnom smislu, mentalno zdravlje je temelj zadovoljstva i efektivnog funkcionisanja za pojedinca i za zajednicu. Poremećaji mentalnog zdravlja dovode i do poremećaja ovakvog funkcionisanja i značajno utiču na pogoršanje kvaliteta života (3-6).

Preko 450 miliona ljudi u svetu boluje danas od mentalnih poremećaja, prema proceni SZO. Kod jedne od četiri osoba razvije se mentalni poremećaj u nekom periodu života (2). Neuropsihijatrijski poremećaji čine 12,3% od ukupnih godina života korigovanih u odnosu na nesposobnost (DALY). Unipolarna depresija, samo za dobijene povrede i zloupotreba alkohola su među 20 vodećih uzroka opterećenja bolestima u svim uzrastima. Šest neuropsihijatrijskih oboljenja su među 20 vodećih

uzroka opterećenja bolestima u uzrastu od 15. do 44. godine. Procenjuje se da će 2020. godine depresija biti drugi vodeći uzrok opterećenja bolestima (7) (8). I u Srbiji se 2000. godine unipolarna depresija našla među vodećim poremećajima zdravlja po ukupnim godinama života korigovanih u odnosu na nesposobnost, jer zauzima četvrto mesto iza ishemijske bolesti srca, cerebrovaskularnih oboljenja i raka pluća u okviru 18 odabranih poremećaja zdravlja. U Srbiji je depresija više opterećivala žene i našla se na trećem mestu, dok je kod muškaraca opterećenje depresijom bilo na šestom mestu (9). Intenzivan akutni i hronični stres i akumulirana trauma, kojoj je izloženo celo naše društvo u protekle dve decenije, od ratnih dešavanja do tranzicije, prouzrokovali su značajne posledice po mentalno zdravlje. Broj dijagnostikovanih slučajeva mentalnih poremećaja i poremećaja ponašanja u stalnom je porastu od 1999. do 2002. godine i kreće se od 271.944 do 309.281 (10). Zabrinjavajući je stalan porast broja zavisnika od supstancija, kao i porast agresivnosti i nasilja u proteklih deset godina, naročito među mladima (11). Ne samo da je visoka prevalencija mentalnih poremećaja, nego su u velikom broju slučajeva ovakva stanja nelečena, često imaju hronični tok i na taj način ometaju osobe da vode produktivan i zadovoljavajući život, što znači da su poremećaji mentalnog zdravlja povezani sa visokim stopama oštećenja zdravlja i nesposobnosti (12).

Podaci rutinske zdravstvene statistike su dragoceni za procenu službe zdravstvene zaštite, ali nisu dovoljni za svrhu praćenja zdravstvenog stanja populacije (13). Da bi se došlo do podataka o mentalnom zdravlju i onih stanovnika koji nisu u kontaktu sa zdravstvenim službama, neophodna su terenska istraživanja celokupne populacije jednog određenog područja, ili ispitivanja dobro izabranih reprezentativnih uzoraka, tako da se dobijeni rezultati mogu generalizovati sa najmanjim mogućim stepenom greške. Za ovu svrhu se koriste različiti upitnici koji se sastoje od pitanja koja se odnose na različite aspekte mentalnog zdravlja (14).

Jedan od najčešće korišćenih upitnika korišćenih u ovu svrhu je Goldbergov upitnik o opštem zdravstvenom stanju (General Health Questionnaire) (15). Stvoren je 1978. godine, i prva verzija je imala 60 pitanja, podeljenih u četiri skale: psihosomatski problemi, anksioznost i nesanicna, psihosocijalni problemi i depresija. Kasnije su faktorskom analizom stvorene i verzije od 30, 28 i 12 pitanja, ali je broj skala ostao isti u svim. (16). Ovaj upitnik je korišćen u različitim istraživanjima. Pomoću njega ispitivano je mentalno zdravlje korisnika primarne zdravstvene zaštite (17), zaposlenih (18), srednjoškolaca (19). U septembru i oktobru 1999. go-

dine Salama i saradnici vršili su ispitivanje mentalnog zdravlja stanovnika Gnjilana i Prištine koristeći pomenuti Goldbergov upitnik (20).

Autonomna Pokrajina Kosovo i Metohija (10.907 km²) je južna pokrajina Republike Srbije. Prema procenama, na Kosovu i Metohiji živi 1,9-2,2 miliona stanovnika (88% su Albanci, 7% Srbi i 5% ostali) (21).

Prema preambuli Ustava Republike Srbije „Pokrajina Kosovo i Metohija je sastavni deo teritorije Republike Srbije, ima položaj suštinske autonomije u okviru suverene države Srbije i iz takvog položaja Pokrajina Kosovo i Metohija slede ustavne obaveze državnih organa da zastupaju i štite državne interese Srbije na Kosovu i Metohiji u svim unutrašnjim i spoljnim političkim odnosima.” (22). Kosovo i Metohija je tokom 90-ih godina bila poprište oružanih sukoba između dela etničkih Albanaca i oružanih snaga Republike Srbije. U martu 1999. godine, snage NATO alijanse su započele bombardovanje tadašnje Savezne Republike Jugoslavije. Posle prestanka bombardovanja, u junu 1999. godine, Autonomna Pokrajina Kosovo i Metohija je potpala pod upravom Ujedinjenih Nacija (23), a stresni događaji su nastavljeni, naročito za nealbansko stanovništvo.

U 2005. godini AP KiM se ocenjuje kao nerazvijeno i siromašno područje sa bruto društvenim proizvodom po glavi stanovnika od 1.243 evra (1.600 dolara), sa oko 2 miliona stanovnika, sa visokom stopom siromaštva (oko 35% ispod granice siromaštva i oko 10% ekstremno siromašnih), nedovoljno razvijenim industrijskim sektorom, lošim snabdevanjem električnom energijom, visokom stopom nezaposlenosti, niskim kvalitetom obrazovanja, prilično lošim socijalnim statusom (visoka stopa smrtnosti dece), čestim etničkim konfliktima, kao i velikim pritiscima spolja. Sistemi zdravstvene zaštite i školstva su u lošem stanju (21). „Organizovani kriminal i korupcija su najveće pretnje stabilnosti Kosova i Metohije i održivosti institucija”, navodi Kai Eide u svom izveštaju, kao specijalni izvestioc Saveta Bezbednosti Ujedinjenih nacija, u septembru 2005. godine (24).

Istraživanja vezana za ekonomsko stanje stanovnika Kosova i Metohije sprovedila je i Svetska banka. Tako je 2001. godine sprovedeno istraživanje Ispitivanje životnog standarda, kojim je bilo obuhvaćeno 2101 albansko i 416 srpskih domaćinstava. Prosečna potrošnja domaćinstva po članu u albanskim domaćinstvima bila je 128,98 nemačkih maraka, a u srpskim domaćinstvima 111,23 nemačkih maraka. Među albanskim domaćinstvima, njih 46% je siromašno, a među srpskim 57% domaćinstava (25).

Od juna 1999. godine sa Kosova i Metohije je proterano više od 200.000 Srba i drugih nealbana. Od 437 mesta u kojima su živeli Srbi do 1999. godine,

izuzimajući opštine Leposavić, Zvečan i Zubin Potok, etnički je potpuno očišćeno 312 naselja (22). Multi-etnički karakter Pokrajine je narušen, imajući u vidu činjenicu da položaj Srba i drugih nealbana stagnira i po mnogo čemu se pogoršava. Srbi i ostali nealbanci suočeni su sa brojnim problemima i nisu u mogućnosti da uživaju osnovna ljudska prava i slobode predviđene relevantnim međunarodnim dokumentima i aktima domaće zakonodavstva.

Međunarodni subjekti prisutni na KiM, prvenstveno UNMIK i Međunarodne vojne snage na Kosovu (KFOR), pojavljuju se kao deklarativni zaštitnici ljudskih prava, jer u stvarnosti ne postoji ozbiljna i efikasna aktivnost na zaštiti ljudskih prava. Od dolaska UNMIK-a i KFOR-a 1999. godine zabeleženo je više od 7.000 etnički motivisanih napada, ubijeno je preko 1000 Srba i 104 drugih nealbana. Kidnapovan je 841 Srbin, 960 ljudi je teško ranjeno. Zabrinjavajuća je činjenica da sudbina mnogih nestalih i kidnapovanih lica do danas nije utvrđena. (26).

CILJEVI RADA

Ciljevi ovog istraživanja su bili da se:

- utvrdi učestalost problema sa mentalnim zdravljem među odraslim nealbanskim stanovnicima Gnjilana, Prištine, severne Kosovske Mitrovice i Leposavića,
- analizira odnos učestalosti problema sa mentalnim zdravljem i osnovnih karakteristika odraslih nealbanskih stanovnika (pol, starost, bračno stanje, broj članova porodice, obrazovanje, zaposlenje, materijalno stanje, da li je raseljeno lice, postojanje mentalnih poremećaja u porodici, socijalna podrška, zlostavljanje, procena trenutne i dugoročne političko-bezbednosne situacije) navedenih gradova dobijenih upitnikom,
- analizira razlika u učestalosti problema sa mentalnim zdravljem među odraslim nealbanskim stanovnicima Gnjilana, Prištine, severne Kosovske Mitrovice i Leposavića.

METOD RADA

Istraživanje je urađeno kao studija preseka na reprezentativnom uzorku odraslog nealbanskog stanovništva Gnjilana, Prištine, severne Kosovske Mitrovice i Leposavića u martu i aprilu 2010. godine.

Od demografskih podataka u navedenim opštinama, dobijeni su podaci o ukupnom broju stanovnika i broju punoletnih osoba za opštine Leposavić, severna Kosovska Mitrovica i Gnjilane. Za grad Priština postoji samo podatak o broju Srba koji trenutno živi u ovom gradu, a

to je 93. Takođe, dobijeni su i podaci o broju i nazivima mesnih zajednica. Potrebna veličina uzorka za ocenu učestalosti mentalnih poremećaja, sa pretpostavkom njihove učestalosti u populaciji od 20%, sa preciznošću od 0,04 (4%) i za nivo poverenja od 95%, iznosi 385. Od ovog broja 60 ispitanika biće anketirano u Prištini, 139 u severnoj Kosovskoj Mitrovici, 88 u Gnjilanu i 98 u Leposaviću.

Mehanizam koji je korišćen za dobijanje slučajnog uzorka domaćinstava i ispitanika je kombinacija dve tehnike uzorkovanja: stratifikacije i višestepnog uzorkovanja. Četiri opštine su identifikovane kao glavni stratumi, a dalja podela na mesne zajednice imala je za rezultat 23 stratuma (od kojih je Priština poseban stratum, jer predstavlja jedino naseljeno mesto), koji su označeni kao jedinice prve etape u dvoetapnom uzorkovanju. Iz svakog stratuma metodom slučajnog izbora izabrano je 50% mesnih zajednica (11 mesnih zajednica opština Leposavić, severna Kosovska Mitrovica i Gnjilane, i Priština kao poseban stratum). Iz dobijenog spiska mesnih zajednica od strane opština, izabrana je svaka druga mesna zajednica, počev od prve na spisku. S obzirom da ne postoje podaci o domaćinstvima, za njihov odabir na terenu izabran je metod brze epidemiološke procene (rapid epidemiological assessment) (27), koji se koristi u onim slučajevima kada ne postoje potpuni podaci za stvaranje uzorka. U ovom slučaju, polazna tačka za izbor domaćinstva bila je sedište mesne zajednice, a sa anketiranjem se kretalo od prvog domaćinstva sa desne strane, a potom je anketirano svako drugo domaćinstvo, sve dok se ne bi dobio dovoljan broj ispitanika. Na ovaj način, anketiranje je sprovedeno u 158 domaćinstva, i to: 39 u Leposaviću, u kojima je anketirano 98 punoletnih osoba; u severnoj Kosovskoj Mitrovici u 55 domaćinstava u kojima je anketirano 139 punoletnih osoba; u Gnjilanu u 35 domaćinstava anketirano je 88 punoletnih osoba, i u Prištini u 29 domaćinstava anketirano je 60 osoba.

Jedinice posmatranja u istraživanju su ispitanici, a jedinice analize su subjekti na koje se odnosi sadržaj upitnika.

Za dobijanje informacija o osnovnim karakteristikama ispitanika poslužio je upitnik sa pitanjima o polu, starosti, obrazovanju, zaposlenju, materijalnom stanju, bračnom stanju, socijalnoj podršci, zlostavljanju i, s obzirom da se radi o ispitanicima koji žive u sredini gde je u prošlosti bilo takvih migratornih kretanja i sukoba različite vrste, o tome da li su raseljena lica ili ne i na koji način ocenjuju sadašnju i buduću političko-bezbednosnu situaciju.

Za dobijanje informacija o karakteristikama mentalnog zdravlja korišćen je Goldbergov Upitnik o opštem

zdravstvenom stanju (General Health Questionnaire - GHQ-28) (29). Početna Goldbergova ideja je bila da stvori upitnik pomoću kojeg će se ispitanici moći podeliti na one koje imaju probleme sa mentalnim zdravljem i na one koji su sa dobrim mentalnim zdravljem. Ovaj upitnik omogućava procenu prevalencije problema sa mentalnim zdravljem, odnosno psihološkog distresa u ciljanoj populaciji. Upitnik se sastoji od 28 pitanja koja su podeljena u 4 grupe od po 7 pitanja koja se odnose na psihosomatske probleme, anksioznost i insomniju, socijalno funkcionisanje i na depresiju. (30). U ovom upitniku ispitanici procenjuju svoje stanje u proteklih nekoliko nedelja u odnosu na uobičajeno stanje. Klasičan način bodovanja odgovora je da se odgovori pod 1 i 2 boduju sa 0 (nulom), a da se odgovori 3 i 4 boduju sa 1. Kao prag za razvrstavanje negativnih i pozitivnih slučajeva, odnosno onih koji nemaju probleme sa mentalnim zdravljem i onih koji ove probleme imaju, koristi se aritmetička sredina dobijenih odgovora po skalama i za ukupan rezultat (zaokružuje se na 0,5). Svi ispitanici čiji je broj odgovora manji od aritmetičke sredine, nemaju probleme sa mentalnim zdravljem, dok oni čija je vrednost odgovora veća, imaju problema sa mentalnim zdravljem. Međutim, ovaj upitnik nije dijagnostički, odnosno na osnovu njega se ne postavlja dijagnoza mentalnog poremećaja, već se detektuju osobe koje imaju probleme sa mentalnim zdravljem i u većem su riziku da obole od mentalnih poremećaja (31).

Za statističku obradu korišćen je program SPSS 20.0 (Statistical Package for Social Sciences).

Od deskriptivnih statističkih mera korišćene su: aritmetička sredina sa 95%-tnim intervalom poverenja, standardna devijacija, minimalna i maksimalna vrednost.

Značajnost razlike učestalosti osnovnih karakteristika ispitanika u četiri opštine testirana je hi-kvadrat testom i analizom varijanse.

Povezanost totalnog skora sa osnovnim karakteristikama ispitanika analizirana je prostom i višestrukum logističkom regresijom.

U svim slučajevima za nivo značajnosti uzeta je vrednost 0,05.

REZULTATI

Najveća prosečna vrednost odgovora za probleme sa mentalnim zdravljem je kod ispitanika u Prištini (14), a najmanja kod ispitanika u Leposaviću (4,35), i ova razlika je statistički visoko značajna ($F=41,135$, $r<0,001$), što ukazuje da je mentalno zdravlje najugroženije među ispitanicima u Prištini, a najmanje među ispitanicima u Leposaviću (Tabela 1).

Deskriptivne statističke mere	Leposavić	Kosovska Mitrovica	Gnjilane	Priština	Ukupno
Broj ispitanika	98	139	88	60	385
Aritmetička sredina	4,35	4,99	9,45	14	7,25
95%-ni interval poverenja	3,26 - 5,44	3,99 - 6,00	7,77 - 11,14	12,83 - 15,17	6,54 - 7,96
Standardna devijacija	5,43	5,98	7,94	4,54	7,07
Minimum	0	0	0	5	0
Maksimum	24	26	26	22	26

Tabela 1. Deskriptivne statističke mere problema sa mentalnim zdravljem ispitanika po opštinama

Analizirajući ovu razliku višestrukum upoređivanjem aritmetičkih sredina po gradovima, pokazalo se da razlika ne postoji jedino između ispitanika u Leposaviću i Kosovskoj Mitrovici, dok je među ispitanicima u ostalim gradovima statistički značajna ($p<0,001$).

Najveći udeo ispitanika sa problemima mentalnog zdravlja je u Prištini (46,7%), a najmanji u Leposaviću (31,6%) (Tabela 2).

Skor	Leposavić		Kosovska Mitrovica		Gnjilane		Priština	
	broj	%	broj	%	broj	%	broj	%
0	33	33,7	0	43	18	20,5	0	0
1	12	12,2	1	11	5	5,7	0	0
2	7	7,1	2	17	2	2,3	0	0
3	6	6,1	3	8	4	4,5	0	0
4	9	9,2	4	7	1	1,1	0	0
5	1	1	5	6	0	0	2	3,3
6	1	1	6	5	7	8	1	1,7
7	6	6,1	7	4	4	4,5	0	0
8	6	6,1	8	6	3	3,4	7	11,7
9	1	1	9	1	4	4,5	3	5
10	1	1	10	4	0	0	3	5
11	1	1	11	5	4	4,5	3	5
12	2	2	12	4	7	8	4	6,7
13	2	2	13	3	5	5,7	2	3,3
14	2	2	14	1	1	1,1	7	11,7
15	3	3,1	15	5	0	0	1	1,7
16	2	2	16	2	3	3,4	7	11,7
17	1	1	17	1	1	1,1	5	8,3
18	0	0	18	1	2	2,3	4	6,7
19	1	1	0	0	2	2,3	4	6,7
20	0	0	0	0	4	4,5	3	5
21	0	0	1	0,7	3	3,4	2	3,3
22	0	0	2	1,4	4	4,5	2	3,3
23	0	0	1	0,7	0	0	0	0
24	1	1	0	0	1	1,1	0	0
25	0	0	0	0	2	2,3	0	0
26	0	0	1	0,7	1	1,1	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0
Укупно	98	100	139	100	88	100	60	100

Tabela 2. Distribucija ispitanika po problemima sa mentalnim zdravljem i opštinama

Kao prediktori, pojedinačnom logističkom regresijom izdvojile su se sledeće promenljive: pol, starost, broj članova porodice, obrazovanje, materijalno stanje, socijalna podrška, zlostavljanje, osećaj trenutne i buduće politički-bezbednosne ugroženosti. Pojava problema sa mentalnim zdravljem je statistički značajno povezana sa ženskim polom, starijim životnim dobom, manjim brojem članova porodice, nižim stepenom obrazovanja, lošijim materijalnim stanjem, nezadovoljavajućom socijalnom podrškom, zlostavljanjem i procenom trenutne i buduće politički-bezbednosne situacije kao visoko rizične (Tabela 3.).

Promenljiva	B	SE	p	OR	95% interval poverenja	
					gornji	donji
Pol	0,680	0,215	0,002	1,973	1,296	3,005
Starost	0,055	0,008	0,000	1,056	1,040	1,072
Broj članova porodice	-0,294	0,082	0,000	0,745	0,635	0,875
Obrazovanje	-0,578	0,124	0,000	0,561	0,440	0,715
Materijalno stanje	-0,884	0,137	0,000	0,413	0,316	0,540
Socijalna podrška	2,965	1,050	0,005	19,393	2,477	15,847
Zlostavljanje	-3,142	0,611	0,000	0,043	0,013	0,143
Trenutna ugroženost	1,333	0,172	0,000	3,791	2,707	5,308
Buduća ugroženost	1,366	0,172	0,000	3,919	2,797	5,492

Tabela 3. Višestruka logistička regresija mentalnog zdravlja (ukupan rezultat) ispitanika u odnosu na promenljive koje su prethodno određene kao prediktori

Kao prediktori određeni višestrukom logističkom regresijom izdvojeni su: pol, starost, materijalno stanje, socijalna podrška, zlostavljanje i procena buduće politički-bezbednosne situacije, što znači da su u kompletnom modelu problemi sa mentalnim zdravljem ispitanika značajno povezani sa ženskim polom, starijim životnim dobom, lošijim materijalnim stanjem, nezadovoljavajućom socijalnom podrškom, zlostavljanjem i procenom buduće politički-bezbednosne situacije kao visoko rizične (Tabela 4.).

Променљива	B	SE	p	OR	95% интервал поверења	
					горњи	доњи
Pol	0,614	0,276	0,026	1,848	1,076	3,172
Starost	0,031	0,010	0,002	1,032	1,012	1,052
Broj članova porodice	0,047	0,100	0,640	1,048	0,862	1,274
Obrazovanje	-0,141	0,163	0,388	0,869	0,631	1,195
Materijalno stanje	-0,366	0,173	0,035	0,694	0,494	0,974
Socijalna podrška	2,395	1,121	0,033	10,96	1,219	98,641
Zlostavljanje	-2,200	0,687	0,001	0,111	0,029	0,426
Trenutna ugroženost	0,290	0,341	0,394	1,337	0,686	2,606
Buduća ugroženost	0,769	0,338	0,023	2,157	1,111	4,187

Tabela 4. Višestruka logistička regresija problema sa mentalnim zdravljem ispitanika u odnosu na promenljive koje su prethodno određene kao prediktori

DISKUSIJA

Najveća prosečna vrednost rezultata vezanih za probleme sa mentalnim zdravljem je kod ispitanika u Prištini (14), potom u Gnjilanu (9,45), severnoj Kosovskoj Mitrovici (4,99), a najmanja je kod ispitanika u Leposaviću (4,35), i ova razlika je statistički značajna. Prosečna vrednost za sve četiri opštine je 7,25. Razlika ne postoji jedino između ispitanika u Leposaviću i Kosovskoj Mitrovici, dok je među ispitanicima u ostalim gradovima statistički značajna. Ono što je interesantno je da se prosečna vrednost pozitivnih odgovora u vezi sa problemima sa mentalnim zdravljem ispitanika u Gnjilanu i Prištini u odnosu na 1999. godinu, kada su stanovnici ove dve opštine bili učesnici istovetnog istraživanja (20), smanjila sa 12,8 na 11,7. To se može objasniti time da su se stanovnici, posle početnog šoka, koji je nastao zbog poznatih dešavanja u navedenoj godini, tokom godina prilagodili, i da spoljašnji uticaji imaju manji značaj u nastanku problema sa mentalnim zdravljem. Sa druge strane, ova prosečna vrednost je značajno veća u odnosu na ispitanike u Leposaviću i Kosovskoj Mitrovici (4,67). Veća je i od vrednosti dobijene istraživanjem među stanovnicima Balearskih ostrva u Španiji, gde je iznosila 2,7 (31). Takođe, ova vrednost je veća i od prosečne vrednosti dobijene u istraživanju Holca i saradnika, među humanitarnim radnicima na Kosovu i Metohiji, gde je iznosila 3,8 (32). Dobijena prosečna vrednost pozitivnih odgovora u vezi sa problemima sa mentalnim zdravljem poslužila je kao prag za razvrstavanje na one koji nemaju i one koji imaju probleme sa mentalnim zdravljem, na osnovu čega se određuje prevalencija ovih problema, odnosno zastupljenost onih koji imaju probleme sa mentalnim zdravljem. Tako je najveća zastupljenost, odnosno prevalencija, problema sa mentalnim zdravljem među ispitanicima u Prištini (46,7%), Gnjilanu (45,5%) potom u severnoj Kosovskoj Mitrovici (33,8%), a najmanja među ispitanicima u Leposaviću (31,6%). Na osnovu svega navedenog može se reći da su problemi sa mentalnim zdravljem i prevalencija problema sa mentalnim zdravljem izraženiji među ispitanicima u Prištini i Gnjilanu u odnosu na ispitanike severnoj u Kosovskoj Mitrovici i Leposaviću. Dobijene vrednosti prevalencije problema sa mentalnim zdravljem za navedene četiri opštine veće su od vrednosti dobijenih u mnogim istraživanjima, kao što su istraživanja na opštoj populaciji u Engleskoj Fajnlaj-Džonsa i saradnika (33) i Verhaka i saradnika (34), gde su iznosile 16,3% i 12,5%. U istraživanju Heira i saradnika (34) među Norvežanima preživelim od cunamija u Indoneziji utvrđeno je da je 41,4% preživelih imalo problema sa

mentalnim zdravljem, što je vrednost veća od one među ispitanicima u Leposaviću i severnoj Kosovskoj Mitrovici, a manja nego među ispitanicima u Prištini i Gnjilanu.

U ovom istraživanju problemi sa mentalnim zdravljem povezani su sa polom, starošću, samoprocenjenim materijalnim stanjem, socijalnom podrškom, zlostavljanjem i procenom buduće politički-bezbednosne situacije. Dobijeni rezultati se poklapaju sa dokazima iz literature. Tako su Dijaz-Granados i saradnici (35) ispitivali rodne razlike u mentalnom zdravlju ispitanika u nerazvijenoj zemlji (Peru), zemlji u razvoju (Kolumbija) i u razvijenoj zemlji i došli do zaključka da su depresija, anksioznost, pokušaj samoubistva, korišćenje službi za zaštitu mentalnog zdravlja i zavisnost od alkohola znatno zastupljeniji među ženama. I Elis i saradnici (36) su ispitivali uticaj kulturalizacije i pola na mentalno zdravlje, ali na ispitanicima koji su izbegli iz Somalije u državu Masačusets u Sjedinjenim Američkim Državama, i utvrdili su jaku povezanost posttraumatskog stresnog poremećaja, depresije i lošije kulturalizacije sa ženskim polom. I starost se u brojnim izvorima pominje kao determinanta mentalnog zdravlja, u tom smislu da su problemi sa mentalnim zdravljem učestaliji kod osoba starije životne dobi (37). Mantejner i saradnici (38) su koristeći multidisciplinarnu i boimedicinsku bazu podataka, izvršili pregled svih članaka na engleskom jeziku koji su uključivali studije preseka i longitudinalne studije u periodu između 1999. i 2003 godine koristeći kao ključne reči „socijalna klasa“ i „socijalno-ekonomski status“ i odabrane najteže psihijatrijske poremećaje (shizofrenija, teška depresija i anksiozni poremećaj). Ovako opsežnom pretragom literature, došli su do zaključka da su najteži i najčešći mentalni poremećaji jako povezani sa socijalno-ekonomskom pozicijom, odnosno da se znatno češće javljaju kod osoba sa slabijom socijalno-ekonomskom pozicijom. Braun i saradnici (39) su ispitivali povezanost socijalne podrške i mentalnog zdravlja imaganata iz Južne Amerike u Majamiju, i utvrdili snažnu povezanost, odnosno da je mentalno zdravlje bolje kod onih ispitanika koji su imali zadovoljavajuću socijalnu podršku. Malinauskin i saradnici (40) ispitivali su uticaj socijalne podrške na poslu i pojave mentalnih problema, s obzirom na prirodu posla kojim se bave, i utvrdili da socijalna podrška na poslu i snažan osećaj koherentnosti kao lične karakteristike, deluje zaštitno protiv nastanka problema sa mentalnim zdravljem. Rezultati koji ukazuju da je mentalno zdravlje lošije

kod ispitanika koji su pretrpeli zlostavljanje poklapa se sa rezultatima istraživanja Lončara i saradnika (41), koji je ispitivao posledice po mentalno zdravlje muškaraca koji su pretrpeli zlostavljanje u toku ratova u Hrvatskoj i Bosni i Hercegovini. Oni su utvrdili češću pojavu problema sa spavanjem, sa koncentrisanjem, noćne more, osećaj beznađa i različite fizičke simptome, kao što su glavobolja i tahikardija, kod ovih ispitanika. Do sličnih rezultata su došli i Sim i saradnici (42), koji su utvrdili češću pojavu mentalnih simptoma kod australijskih vojnika koji su pretrpeli zlostavljanje u Zalivskom ratu u Iraku. Nels i saradnici (43) su utvrdili češću pojavu problema sa mentalnim zdravljem kod žena koje su pretrpele fizičko i seksualno zlostavljanje. Osećaj bezbednosne ugroženosti je u ovom istraživanju povezan sa lošijim mentalnim zdravljem, što se poklapa sa rezultatima istraživanja Karukanare i saradnika (44) koji su utvrdili češću pojavu simptoma postraumatskog stresnog poremećaja kod sudanskih izbeglica.

ZAKLJUČCI

Na osnovu dobijenih rezultata u istraživanju, mogu se izvesti sledeći zaključci:

- skoro polovina ispitanika u Prištini (46,7%) i Gnjilanu (45,5%) imala je probleme sa mentalnim zdravljem, dok među ispitanicima u severnoj Kosovskoj Mitrovici i Leposaviću oko trećina njih je imala ove probleme, i to 33,8%, odnosno 31,6%.
- mentalno zdravlje ispitanika u navedene četiri opštine povezano je sa polom, starošću, samoprocenjenim materijalnim stanjem, socijalnom podrškom, zlostavljanjem i procenom buduće politički-bezbednosne situacije, odnosno problemi sa mentalnim zdravljem su učestaliji kod osoba ženskog pola, kod osoba starijeg životnog doba, kod onih sa lošijim materijalnim stanjem, nezadovoljavajućom socijalnom podrškom, kod onih koji su pretrpeli zlostavljanje i onih koji buduću politički-bezbednosnu situaciju procenjuju kao visoko rizičnu.
- između ispitanika u navedene četiri opštine postoji značajna razlika u problemima sa mentalnim zdravljem. Analizirajući ovu razliku višestrukim upoređivanjem aritmetičkih sredina po gradovima, pokazalo se da razlika ne postoji jedino između ispitanika u Leposaviću i Kosovskoj Mitrovici.

LITERATURE

1. WHO. Promoting Mental Health - A Report of the World Health Organization. Geneva: WHO, 2005.
2. WHO. The World Health Report 2001 - Mental health: new understanding, new hope. Geneva: World Health Organization, 2001.
3. Pinto-Meza A., Fernandez A., Fullana M.A., Horo J.M., Polao D., Luciano J.V. et al. Impact of mental disorders and chronic physical conditions in health-related quality of life among primary care patients: results from an epidemiological study. *Quality of Life Research* (published online 2 August 2009) Available at URL:<http://springerlink.metapress.com.proxy.kobson.nb.rs:2048/content/p45688943865m728/fulltext.html>
4. Pirkola S., Soarni S., Suvisaari J., Elorainio M., Partonen T., Aalto A.M. et al. General health and quality of life measures in active, recent, and comorbid mental disorders: a population-based health 2000 study. *Comprehensive Psychiatry*, 2009; 50: 108-14.
5. Sohrabi H. R., Bates K. A., Rodrigues M., Taddei K., Martins G., Laws S. M. et al. The relationship between memory complaints, perceived quality of life and mental health in apolipoprotein Eε4 carriers and non-carriers. *Journal of Alzheimer's Disease*, 2009; 17(10): 69-79.
6. Jackson J. C., Mitchell N., Hopkins R. O. Cognitive Functioning, Mental Health, and Quality of Life in ICU Survivors: An Overview. *Critical Care Clinics*, 2009; 25(3): 615-28.
7. Murray CJL, Lopez AD. The global burden of disease. A comprehensive assessment of mortality and disability from diseases, injuries and risk factors in and projected to 1990; 2020. Boston, MA: Harvard School of Public Health, 1996.
8. Prince M, Patel V, Saxena S et al. Global Mental Health. No health without mental health. *Lancet* 2007;370:859-877
9. Atanasković-Marković Z., Bjegović V., Janković S., Kocev N., Laaser U., Marinković J. et al. Opterećenje bolestima i povredama u Srbiji. Beograd: Ministarstvo zdravlja Republike Srbije, 2003.
10. Lečić-Toševski D, Ćurčić V, Grbeša G, i sar. Zaštita mentalnog zdravlja u Srbiji - izazovi i rešenja. *Psihijat dan* 2005;37(1):9-15
11. Backović D., Marinković J., Grujičić-Šipetić S. Differences in substance use patterns among youth living in foster care institutions and in birth families. *Drugs Educ Prev Policy* 2006;13(4):341-51.
12. Fryers T, Melzer D, McWilliams B, Jenkins R. A systematic literature review. In: Melzer D, Fryers T, Jenkins R. (Eds). *Social Inequality and the Distribution of the Common Mental Disorders*. Hove and New York: Psychology Press. Taylor and Francis Group, 2004,61-63.
13. Aromaa A., Koponen P., Tafforeau J., Vermeire C. Evaluation of Health Interview Surveys and Health Examination Surveys in the European Union. *European Journal of Public Health* 2003;13 (3):67-72.
14. Kaličanin P., ed. *Psihijatrija - zaštita mentalnog zdravlja*. Beograd: Medicinski fakultet u Beogradu, 2002.
15. Goldberg D.P. et al. The validity of two version of the GHQ in the WHO study of mental illness in general health care. *Psychological Medicine*, 1997; 27:191-97
16. Goldberg D.P. *Manual of the General Health Questionnaire*. Windsor: NFER-NELSON, 1978. -
17. Ahmmada L.R., Alvarez R., Castiloo L. Use of the Goldberg General Health Questionnaire (GHQ-28) to detect psychological problems in the family physician's office. *Aten Primaria*, 2004; 33 (8): 417-22
18. Moreno-Abril D., Luna del C.J.D., Molina C.F., Yurado D., Curpegni M., Lardelli-Claret P. Factors associated with psychiatric morbidity in Spanish school teachers. *Occupational Medicine*, 2007; 57(3): 194-202
19. Dhuria M., Shorma N., Taneja D.K., Kumar R., Jugle G.K. Assessment of mental health status of senior secondary school children in Delhi. *Asia Pacific Journal of Public Health*, 2009; 21(1): 19-25
20. Salama P., Spiegel P., Van Dyke M., Phelps L., Wilkinson C. Mental Health and Nutritional Status Among the Adult Serbian Minority in Kosovo. *JAMA*, 2000; 284: 578-84
21. Vlada Republike Srbije. *Strategija dugoročnog ekonomskog razvoja srpske zajednice na Kosovo i Metohiju*. Beograd: Vlada Republike Srbije, 2009. Dostupno na URL: http://www.srbija.gov.rs/vesti/dokumenti_sekcija.php?id=45678
22. Narodna skupština Republike Srbije. *Ustav Republike Srbije*. Beograd: Narodna skupština Republike Srbije, 2006. Dostupno na: http://www.parlament.rs/content/cir/akta/ustav/ustav_1.asp
23. UN. Resolution 1244. New York: Security Council, 1999 (cited: 6 May 2011) Available at URL: <http://daccess-ods.un.org/TMP/2961369.html>
24. Kai Eide. *Penopr - A comprehensive review of the situation in Kosovo*. New York: Security Council, 2005. Available at URL: <http://www.ico-kos.org/pdf/KaiEidereport.pdf>

25. Bhaumik S., Gang I. and Yun M.S. *Ethnic Conflict and Economic Disparity: Serbians & Albanians in Kosovo*. Michigan: The William Davidson Institute at the University of Michigan, 2005.
26. Vlada Republike Srbije. *Strategija održivog opstanka i povratka na Kosovo i Metohiju*, radni tekst. Beograd: Vlada Republike Srbije, 2009. Dostupno na URL: http://www.srbija.gov.rs/vesti/dokumenti_sekcija.php?id=45678
27. MacIntyre K. Rapid assessment and sample surveys: trade-offs in precision and cost. *Health Policy Plan* 14(4), 363-73, 1999.
28. Goldberg D.P. et al. The validity of two version of the GHQ in the WHO study of mental illness in general health care. *Psychological Medicine*, 1997; 27:191-97.
29. Goldberg D., Williams P. *A User's Guide to the General Health Questionnaire*. London: GL Assessment, Granada Learning Group, 2006.
30. Goldberg DP, Oldehinkel T, Ormel J. Why GHQ threshold varies from one place to another. *Psychological Medicine*, 1998; 28(4):915-21.
31. Roca M., Gili M., Ferrer V., Bernardo M., Montana J.J., Salva J.J. at all. Mental disorders on the island of Formentera: prevalence in general population using the Schedules for Clinical Assessment in Neuropsychiatry (SCAN). *Soc Psychiatry Psychiatr Epidemiol* (1999) 34: 410-5.
32. Holtz T.H., Salama P., Lopes Cardozo B. and Gotway C.A.. *Mental Health Status of Human Rights Workers, Kosovo*, June 2000 *Journal of Traumatic Stress*, 2002; 15(5): 389-395.
33. Finlay-Jones RA, Burvill PW. The prevalence of psychiatric morbidity in the community. *Psychol Med* 1977; 7:475-89.
34. Heir T., Weisaeth L. Acute disaster exposure and mental health complaints of Norwegian tsunami survivors six months post disaster. *Psychiatry*, 2008; 71(3): 266-76
35. Diaz-Granados N., McDermott S., Wang F., Posada-Villa J., Saavedra J., Rondon M.B. at all. Monitoring gender equity in mental health in a low-, middle-, and high-income country in the Americas. *Psychiatr Serv*. 2011;62(5):516-24.
36. Ellis B.H., MacDonald H.Z., Klunk-Gillis J., Lincoln A., Strunin L., Cabral H.J. Discrimination and mental health among Somali refugee adolescents: the role of acculturation and gender. *Am J Orthopsychiatry*. 2010; 80(4):564-75.
37. Murray CJL, Lopez AD. *The global burden of disease. A comprehensive assessment of mortality and disability from diseases, injuries and risk factors in and projected to 1990; 2020*. Boston, MA: Harvard School of Public Health, 1996.
38. Muntaner C., Eaton W.W., Miech R., and O'Campo P. Socioeconomic Position and Major Mental Disorders *Epidemiol Rev* 2004; 26(1): 53-62.
39. Brown S.C., Mason C.A., Spokane A.R., Cruza-Guet M.C., Lopez B., Szapocznik J. The relationship of neighborhood climate to perceived social support and mental health in older Hispanic immigrants in Miami, Florida. *J Aging Health*. 2009; 21(3):431-59.
40. Malinauskienė V, Leisyte P, Malinauskas R. Psychosocial job characteristics, social support, and sense of coherence as determinants of mental health among nurses. *Medicina (Kaunas)*. 2009;45(11):910-7.
41. Loncar M, Henigsberg N, Hrabac P. Mental health consequences in men exposed to sexual abuse during the war in Croatia and Bosnia. *J Interpers Violence*. 2010 Feb;25(2):191-203.
42. Sim M., Kelsall H. Gulf War illness: a view from Australia. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 2006; 361(1468):619-26
43. Nehls N., Sallmann J. Women living with a history of physical and/or sexual abuse, substance use, and mental health problems. *Qual Health Res*. 2005; 15(3):365-81.
44. Karunakara U.K., Neuner F., Schauer M., Singh K., Hill K., Elbert T. at all. Traumatic events and symptoms of post-traumatic stress disorder amongst Sudanese nationals, refugees and Ugandans in the West Nile. *Afr Health Sci*. 2004; 4(2):83-93.

PREDIKTORI RIZIČNOG PONAŠANJA U VEZI SA ZDRAVLJEM STUDENATA

AUTORI

Sladana Đurić*, Goran Trajković†, Momčilo Mirković*, Jovana Milošević*, Danijela Ilić*

* Univerzitet u Prištini - Kosovska Mitrovica, Medicinski fakultet, Katedra za preventivnu medicinu, Kosovska Mitrovica, Republika Srbija

† Medicinski fakultet u Beogradu, Katedra za statistiku, Beograd, Republika Srbija

SAŽETAK

Uvod: Najčešći uzroci morbiditeta mladih koji imaju dalekosežan uticaj na zdravlje, razvoj i celokupan život odrasle osobe su poremećaji nastali kao posledica rizičnog ponašanja.

Cilj: Osnovni cilj rada bio je da se utvrdi učestalost rizičnih oblika zdravstvenog ponašanja, kao i odnos učestalosti rizičnih oblika zdravstvenog ponašanja i osnovnih karakteristika studenata.

Metod rada: Istraživanje je urađeno kao studija preseka na reprezentativnom uzorku studenata Univerziteta u Prištini sa privremenim sedištem u Kosovskoj Mitrovici, u martu i aprilu 2011. godine. Izvor podataka za formiranje uzorka je spisak studenata koji su školske 2010/2011. godine upisani na fakultete Univerziteta u Prištini, a kojim raspolaže pravna služba Rektorata Univerziteta u Prištini. Kao instrument istraživanja poslužio je upitnik koji je korišćen u istraživanju zdravstvenog ponašanja studenata ostalih Univerziteta u Republici Srbiji, koje je pod pokroviteljstvom Ministarstva zdravlja i Ministarstva prosvete Republike Srbije, u sklopu projekta Svetske zdravstvene organizacije pod nazivom „Health Behavior in School - Aged Children“, sprovedeno 2000. godine.

Rezultati rada: Rezultati našeg istraživanja govore da veći deo, dve trećine (66,3%) ispitanika upražnjava zdravo zdravstveno ponašanje. Prediktori rizičnog zdravstvenog ponašanja ispitanika su: količina novca koju student dobija za nedelju dana (OR=1,320, 95% CI:1,128-1,554), zadovoljstvo izborom fakulteta (OR=0,681 95% CI:0,495-0,937), otvoren razgovor sa ocem (OR=0,799, 95% CI:0,648-0,985) i lakoća nalaženja novih prijatelja (OR=0,760, 95% CI:0,588-0,983).

Zaključak: Rezultati istraživanja ukazuju da postoji potreba za sprovođenjem odgovarajućih zdravstvenih intervencija kojima bi se omogućilo pokretanje aktivnosti u smislu sticanja zdravih navika u mladosti i usvajanja zdravih stilova života.

Ključne reči: studenti, zdravlje, rizično ponašanje

ENGLISH

THE PREDICTORS OF RISKY BEHAVIOR RELATED TO STUDENTS HEALTH

SUMMARY

Introduction: The most common cause of youth morbidity which has a long term influence on health development and entire life of an adult is a disorder caused by risky behavior.

The aim: The main aim of the paper was to determine the frequency of risky health behaviors, as well as the relationship between the frequency of risky health behaviors and students' basic characteristics.

Method of work: The research was conducted as a cross-sectional study on the representative sample of Pristina University students in March and April 2011. A list of students enrolled at faculties of the University in 2010/2011, available from the administrative unit of the University seat, served as a data source for forming the sample. A questionnaire prepared as an instrument of research had also been used previously for the research on health behaviour of students from other universities in the Republic of Serbia, conducted under the auspices of Ministry of Health and Ministry of Education of the Republic of Serbia, within the project of World Health Organization entitled "Health Behaviour in School- Aged Children" in 2000.

Results: The results of our study indicate that the majority, two-thirds (66.3%) of respondents practice healthy behaviors. Predictors of respondents' risky health behaviors are: amount of money a student receives in a week (OR = 1,320, 95% CI: 1,128-1,554), satisfaction with college choice (OR = 0,681 95% CI: 0,495-0,937), open conversation with their father (OR = 0.799, 95% CI: 0.648-0,985) and the ease of finding new friends (OR = 0.760, 95% CI: 0.588-0.983).

Conclusion: The research findings indicate that there is a need to implement appropriate health interventions to enable the initiation of activities in order to acquire healthy habits at a young age and adopt healthy lifestyles.

Key words: students, health, risky behaviour

UVOD

Mladi ljudi čine poseban deo i budućnost svakog društva, a ulaganje u očuvanje i unapređenje zdravlja mladih predstavlja njegovu najisplativiju dugoročnu investiciju. U tom smislu, zdravlje mladih ima višestruku vrednost i osnova je održivog razvoja svakog društva [1]. Najpotpunijom definicijom zdravlja i dalje se smatra definicija data u preambuli Ustava Svetske zdravstvene organizacije, po kojoj je „zdravlje stanje potpunog fizičkog, psihičkog i socijalnog blagostanja, a ne samo odsustvo bolesti i nesposobnosti“ [2]. Shvaćeno u okviru ove definicije zdravlje mladih ne obuhvata samo morbiditet i mortalitet. Ono predstavlja i fizički kapacitet mladih (sposobnost, spremnost, vitalnost); psihološko funkcionisanje (pozitivna očekivanja od budućnosti, sposobnost učenja, samopoštovanje); socijalne veze (prijatelji, seksualni život, izbor partnera); okolinske potencijale (mogućnosti da se steknu nove informacije i

veštine, mogućnosti za aktivnosti u slobodnom vremenu i slično) i najzad zdravo ponašanje ili stil života [3].

S obzirom da zdravstveno ponašanje mladih predstavlja značajnu komponentu zdravlja i jednu od najznačajnijih odrednica zdravstvenog stanja tokom čitavog života, navike i stilovi života usvojeni u mladosti imaju dalekosežan uticaj na zdravlje, razvoj i celokupan život odrasle osobe [4]. Zdravo zdravstveno ponašanje, uglavnom, se definiše kao „Svaka aktivnost koju preduzima individua bez obzira na opaženi zdravstveni status u svrhu unapređenja, očuvanja ili održavanja zdravlja - bez obzira da li je takvo ponašanje objektivno efikasno ili ne da se to postigne“ [5]. Antipod zdravom ponašanju, odnosno rizično ponašanje Svetska zdravstvena organizacija definiše kao „specifičnu formu ponašanja za koje je dokazano da predstavljaju rizik za određene bolesti, loše zdravstveno stanje ili povrede“ [6]. Pojam „rizično ponašanje“ se najčešće koristi kako bi se njime obuhvatili različiti vidovi društveno

neprilagođenog ili upadljivog odstupanja u ponašanju [7].

Poslednjih godina u profesionalnim krugovima kao i svakodnevnom životu sa prizvukom izričite zabrinutosti se govori o porastu visoko rizičnog ponašanja mladih i svetu i u našoj zemlji [3]. Istraživanja Svetske zdravstvene organizacije govore da se danas skoro jedna polovina mladih nalazi u umerenom ili visokom riziku narušavanja sopstvenog zdravlja usled upražnjavanja nekog od oblika rizičnog ponašanja [8]. Prema podacima Ministarstva zdravlja Republike Srbije [9,10] najizraženiji aspekti zdravstvenog ponašanja mladih vezani su za: mentalno i reproduktivno zdravlje, korišćenje psihoaktivnih supstanci, ishranu i fizičku aktivnost.

Prema proceni Svetske zdravstvene organizacije kod skoro četvrtine stanovnika, kako u zemljama u razvoju tako i u razvijenim zemljama, u nekom periodu života se razvije jedan ili više poremećaja mentalnog zdravlja ili ponašanja, dok jedna trećina svetskog stanovništva živi sa nesposobnostima koje se mogu povezati sa neuropsihijatrijskim stanjima [11]. Rezultati Nacionalnog istraživanja zdravlja u Srbiji sprovedeno u 2000. godini četvrtina mladih je imala simptome stresa, petina emocionalne probleme i trećina simptome depresije [12, 13].

Podaci Svetske zdravstvene organizacije govore da 70% od ukupnog broja obolelih od polno prenosivih infekcija i 50% osoba inficiranih HIV-om u svetu je uzrasta do 24 godine života [14]. Kada je reč razmerama problema seksualno prenosivih infekcija kod mladih u našem društvu za sada nisu poznate, što je posledica neadekvatnog registrovanja ovih oboljenja i nemogućnosti odgovarajuće dijagnostike koja bi bila dostupna većini inficiranih osoba. Rutinski podaci ukazuju da su pojedine polno prenosive infekcije, kao na primer gonoreja, u proseku čak tri do četiri puta češće u dobnoj grupi od 20 do 29 godina nego u ostalim uzrasnim grupama (u 2006. godini incidenca gonoreje iznosila je 3,93 u ovoj dobnoj grupi, dok je u proseku bila 0,91). Slično je zapažanje i kada se radi o infekciji hlamidijama čija incidenca od 63,91 u istoj dobnoj grupi daleko prevazilazi Republički prosek [29, 24] [12]. U Republici Srbiji, podaci dobijeni istraživanjem zdravstvenog ponašanja studenata iz 2000. godine govore da je polne kontakte imalo 60% studenata, pri čemu je kontraceptivno sredstvo koristilo samo 46% aktivnih [3].

Bolesti zavisnosti zauzimaju dominantno mesto među „modernim bolestima“ 21. veka. Procene Svetske zdravstvene organizacije s početka 21. veka govore da u svetu duvan puši 1 milijarda muškaraca (oko 35% muškaraca u razvijenim i oko 50% muškaraca

u zemljama u razvoju) i 250 miliona žena (oko 22% u razvijenim i 9% žena u zemljama u razvoju) [15]. Pušenje predstavlja najveći pojedinačni preventabilni faktor bolesti, nesposobnosti i smrtnosti u svetu. Odgovorno za 30 do 40% smrtnosti od kardiovaskularnih bolesti, uzrokuje osam puta veću učestalost hroničnih opstruktivnih bolesti pluća i doprinoseći je faktor rizika za mnoge vrste maligniteta [16]. Duvan ubija više nego AIDS, legalne i ilegalne droge, saobraćajne nesreće, ubistva i samoubistva u kombinaciji. Kao faktor rizika koji doprinosi strukturi DALY-ja u svetu za 2000. godinu pušenje ima rang 4. Procenjuje se da će do 2030. godine pušenje biti odgovorno za deset miliona smrti u svetu [17]. Iako se uočava da je broj pušača među mladima starosti od 15 do 29 godina u Republici Srbiji u periodu od 2000. do 2006. godine opao za 4,7% [18], prema zvaničnom izveštaju Ministarstva zdravlja Republike Srbije iz 2006. godine čak 17% ukupnog broja pušača čine mladi [13]. Takođe, rezultati istraživanja zdravstvenog ponašanja ukazuju da je 70% studenata probalo cigaretu a polovina njih je nastavila da puši [3].

Istraživanja Svetske zdravstvene organizacije upozoravaju da poslednjih dvadeset godina nivo konzumiranja alkoholnih pića opada u razvijenim zemljama, ali se zato povećava u zemljama u razvoju [19]. U svetu ima 150-250 miliona alkoholičara, što čini 2,5 - 3,5% svetske populacije. U strukturi DALY-a u svetu za 2000. godinu alkoholizam zauzima rang 5 [20], a u Srbiji rang 3. U 2006. godini u Srbiji više od polovine mladih uzrasta 15-29 godina, stalno ili povremeno konzumira alkohol. Iste godine ukupan broj mladih koji ne konzumira alkoholna pića (44,3%) smanjen je u odnosu na 2000. godinu (58,7%) [18]. Rezultati dobijeni istraživanjem zdravstvenog ponašanja studenata iz 2000. godine govore da je 92% studenata probalo alkohol a polovina anketiranih nikada nije bila pijana [3].

Narkomanija je kao faktor rizika u strukturi DALY-a u svetu u 2000. godini imala rang 17 [20]. Prema podacima UNODC-a oko 200 miliona ljudi u svetu konzumira neku od psihoaktivnih supstanci: na prvom mestu je kanabis (2,7% u onosu na celu populaciju) sledi amfetamin (0,6%), kokain (0,2%), ekstazi i heroin (po 0,1%) [21]. U mnogim razvijenim zemljama kao što su Kanada, SAD i zemlje zapadne Evrope više od 2% mladih je izjavilo da koristi heroin, a čak 5% kaže da je u svom životu užmrkavalo kokain [22]. Rezultati istraživanja zdravlja stanovništva Republike Srbije iz 2006. godine pokazuju da približno svaka peta mlada osoba u Republici Srbiji navodi da neko od njenih prijatelja koristi drogu, a značajno veći broj mladih je bio u situaciji da proba drogu. Prema istom izvoru bolesti zavisnosti se nalaze na petnaestom mestu kao razlog hospitalizacije studenata,

i istovremeno na prvom po broju dana hospitalizacije u 2006. godini [12]. U istoj godini u Srbiji se 14,3% mladih uzrasta 15 do 29 godina izjašnjava da je probalo psihoaktivne supstance, što predstavlja značajno povećanje u odnosu na 2000. godinu (9,3%). Pri tom, nije zabeležena razlika u odnosu na pol [18]. Rezultati istraživanja zdravstvenog ponašanja studenata iz 2000. godine ukazuju da je četvrtina (26%) anketiranih studenata probala marihuanu, 6% hašiš, 5% alkohol sa sedativima [3].

Analizom stručnih i naučnih publikacija koje se bave istraživanjem zdravstvenog ponašanja studenata nameće se mišljenje da studenti predstavljaju populaciju sa posebnim rizikom nastanka posledica fizičke neaktivnosti. Fizička neaktivnost spada u sedam vodećih faktora rizika za najučestalije masovne nezarazne bolesti i predstavlja nezavisni faktor rizika za kardiovaskularne bolesti, a udružena sa pušenjem petnaest puta povećava rizik od koronarne bolesti [23]. Njeno učešće kao faktora rizika u strukturi DALY-a u razvijenim zemljama sveta u 2000 godini je imalo rang 7 [20], dok opterećenju bolestima u Srbiji doprinosi 15,3% [24]. Rezultati nacionalnog istraživanja govore da se samo četvrtina mladih u Srbiji, u 2000. godini aktivno bavila sportom, dok je većina vreme provodila baveći se aktivnostima koje podrazumevaju sedenje [25]. U 2006. godini svaki treći omladinac slobodno vreme provodi na sedentaran način [24]. Istraživanje zdravstvenog ponašanja studentske populacije ukazuje da se 12% studenata nikada ne bavi fizičkom aktivnošću a gotovo polovina (45%) anketiranih sedeći provodi više od 8 sati dnevno [3].

Podaci o navikama u ishrani stanovništva Srbije dobijeni Istraživanjem zdravlja stanovnika Srbije govore da je u Srbiji 2006. godine više od četiri petine (87,3%) dece i omladine svakodnevno doručkovalo, tri četvrtine (74,4%) je svakodnevno imalo sva tri obroka što predstavlja smanjenje u odnosu na 2000. godinu (85,6%). Takođe, značajno manja proporcija mladih je 2006. godine (57,3%) a u odnosu na 2000. godinu (62,0%) svakodnevno konzumirala bar jednu šolju mleka ili mlečnih proizvoda. U navedenom periodu zabeležen je pad broja pothranjene dece sa 8,4% na 6,2%, dok je, sa druge strane, skoro jedna petina mladih bila umereno gojazna i gojazna, što predstavlja porast u odnosu na 2000. godinu [12]. Rezultati istraživanja zdravstvenog ponašanja ukazuju da je polovina (53%) studenata više puta u toku dana jede voće, trećina (35%) povrće, a mleko svakoga dana konzumirala svega jedna petina studenata [3].

Period studiranja u životu mladog čoveka se posebno izdvaja imajući u vidu fizičko, mentalno i društveno

sazrevanje koje otvara mnoga, međusobno povezana pitanja koja se odnose na zdravlje i nameće specifične potrebe i prioritete [26]. Različito organizovanje obrazovnog procesa, različiti i otuđeniji odnosi sa nastavnicima, smanjenje ili potpuno izostajanje roditeljske kontrole a neretko i fizičko udaljšavanje od njih su osnovna obeležja ovog perioda. Osim toga, više vremena sa kojim se raspolaze i mogućnost da se ono planira i organizuje, susret sa novom sredinom i novim krugom poznanika predstavljaju izazove na koje se neko teže a neko lakše adaptira [3]. Sve to, uz specifičnost situacije na našim prostorima nesumnjivo može ostaviti posledice na zdravlje i zdravstveno ponašanje mladih. U današnjem društvu mladi su izloženi razornom uticaju urušavanja sistema vrednosti i socijalnih normi, krizi i raspadu porodice i sveopštem otuđenju, te ugrožavanje sopstvenog zdravlja nekim od oblika rizičnog ponašanja postaju bitne karakteristike mladih i skoro univerzalan socijalni fenomen savremenog društva. Uz sve navedene nepovoljne činioce socijalnog, ekonomskog i kulturnog okruženja u kojima mladi ljudi u našoj zemlji odrastaju, rizici ugrožavanja njihovog telesnog i duševnog zdravlja i socijalnog razvoja su višestruko uvećani teškom društveno-ekonomskom krizom [27]. Razaranje države, višegodišnje sankcije međunarodne zajednice i delovanje albanskih separatista na Kosovu i Metohiji poslednjih godina prošloga veka, učinili su da mladi u SRJ u 1998. godini, prema stopi ugroženosti iznetoj u publikaciji UNICEF-a The progress of Nations 1999, predstavljaju daleko najugroženiju mladu populaciju u Evropi [28]. Besprimerno brutalna agresija NATO pakta na SRJ u proleće 1999. godine, pored ljudskih žrtava i ogromnog materijalnog razaranja zemlje, ugrozila je, kršenjem međunarodnih pravnih i etičkih normi, i moralne principe na kojima se vekovima temelji podizanje i vaspitanje mladih naraštaja, odnosno odgaja opredeljenje mladih za pozitivne socijalne i etičke vrednosti [29].

Prema preambuli Ustava Republike Srbije „Pokrajina Kosovo i Metohija je sastavni deo teritorije Republike Srbije“, ali je u junu 1999. godine po Rezoluciji 1244 Ujedinjenih Nacija podpala pod upravom ove organizacije [30]. Univerzitet u Prištini tom prilikom je privremeno izmešten na područje severnog Kosova i Metohije gde se i sada nalazi. Prema podacima iz 2005 godine, Kosovo i Metohija je najsiromašnije područje u regionu, visokom stopom siromaštva, nedovoljno razvijenim industrijskim sektorom, slabim elektroenergetskim kapacitetima, i visokom stopom nezaposlenosti. Njega karakteriše i nizak kvalitet obrazovanja, zabrinjavajuće socijalno stanje, česti etnički sukobi, netolerancija prema drugim etničkim zajednicama i veliki pritisci spolja. Sistem

zdravstvene zaštite i školstvo su u lošem stanju [31]. Življenje u ovako nestabilno političko-bezbednosnom području svakako utiče na zdravlje svih stanovnika ove sredine a naročito na zdravlje mladih ljudi. Stoga, imajući u vidu ovako sumoran scenario, nije teško razumeti da je potreba za proučavanjem zdravlja i sveobuhvatnih oblika zdravstvenog ponašanja mladih u našoj sredini veoma izražena i da je prevencija rizičnih oblika ponašanja i promocija zdravlja studenata od ogromnog interesa.

CILJEVI RADA

Cilj rada bio je da se oceni zdravstveno ponašanje studenata. U okviru ovog cilja posebno će se analizirati:

- učestalost rizičnih oblika zdravstvenog ponašanja prisutnih u ovoj populaciji,
- odnos učestalosti rizičnih oblika zdravstvenog ponašanja i osnovnih karakteristika (iz grupe demografskih i socioekonomskih, i grupe samoprocene zdravlja i doživljaja sopstvenog života) studenata Univerziteta u Kosovskoj Mitrovici.

METOD RADA

Istraživanje je urađeno kao studija preseka na reprezentativnom uzorku studenata Univerziteta u Prištini sa privremenim sedištem u Kosovskoj Mitrovici, u martu i aprilu 2011. godine.

Kao izvor podataka za formiranje uzorka poslužio je spisak studenata upisanih na fakultete Univerziteta u Prištini školske 2010/2011. godine kojim raspolaže pravna služba Rektorata Univerziteta u Prištini.

Uzorak istraživanja je stratifikovan i višestapni, a reprezentativnost je određena po nomogramu (7% studenata). Jedinice izbora prve etape bili su svi studenti (8113) upisani školske 2010/11. godine na navedene grupe fakulteta, strukturirani prema godini studija. Broj jedinica izbora druge etape (na osnovu planirane bazične veličine uzorka od 7%) je 567 studenata i to 193 sa prirodnih i tehničkih, 297 sa društvenih, 77 sa medicinskog fakulteta.

Upitnik su popunjavati studenti samostalno, tokom sistematskih pregleda koji su sprovedeni u studentskoj poliklinici Univerziteta u Kosovskoj Mitrovici.

Za prikupljanje podataka u ovom istraživanju poslužio je standardizovan upitnik Svetske zdravstvene organizacije koji je korišćen u istraživanju zdravstvenog ponašanja studenata ostalih Univerziteta u Republici Srbiji, koje je pod pokroviteljstvom Ministarstva zdravlja i Ministarstva prosvete Republike Srbije, u sklopu projekta Svetske zdravstvene organizacije pod nazivom

„Health Behavior in School - Aged Children“, sprovedeno 2000. godine.

Upitnik broji 82 pitanja. Za potrebe rada izdvojena su pitanja koja se odnose na demografske i socio-ekonomske karakteristike ispitanika, pitanja o samoproceni opšteg stanja zdravlja i doživljaju sopstvenog života, kao i pitanja koja se odnose na navike i ponašanje u vezi sa zdravljem studenata.

U cilju analize dobijenih rezultata odgovori o oblicima zdravstvenog ponašanja (konzumiranje cigareta, alkohola, narkotičkih sredstava, ne korišćenje kondoma, neredovnom bavljenju fizičkom aktivnošću i preskakanje obroka) u skladu sa socio-medicinskim značajem svakog oblika ponašanja, dobijali su određene vrednosti takozvane pondere, odnosno težinske koeficijente. Navedene varijable nisu imale iste pondere. Veći ponder imao je vrednost rizičnijeg ponašanja. Navedeni ponderi poslužili su za izračunavanje skora zdravstvenog ponašanja, koji je dobijen sabiranjem vrednosti težinskog koeficijenta za svakog ispitanika posebno. Svi ispitanici na osnovu skorova na novoj varijabli podeljeni su u četiri kategorije: zdravo, nisko-rizično, srednje-rizično i visoko-rizično zdravstveno ponašanje, a potom za potrebe binarne logističke regresije navedena varijabla je svedena na binarni oblik zdravo i rizično zdravstveno ponašanje. Kategoriju „zdravo“ zdravstveno ponašanje činili su odgovori koji su označeni skorom nula, jedan, dva i tri (predhodne kategorije „zdravo i nisko rizično“ zdravstveno ponašanje), dok su kategoriju „rizično“ zdravstveno ponašanje činili su odgovori koji su označeni skorom četiri, pet, šest, sedam i većim od sedam (predhodne kategorije „srednje i visoko rizično“ zdravstveno ponašanje).

Metode statističke analize

Povezanost varijabli (demografskih i socioekonomskih karakteristika, samoprocene zdravlja i doživljaja sopstvenog života) sa „skorom“ zdravstvenog ponašanja analizirana je hi-kvadrat testom za kategorijalne varijable i primenom T-testa za numeričke varijable.

Sve varijable koje su u univarijantnim analizama bile statistički značajne na nivou 0,05 uključene su u multipli logistički model da bi se utvrdilo kako promenljive koje su označene kao prediktori zajednički deluju na zdravstveno ponašanje ispitanika.

REZULTATI

Rezultati našeg istraživanja govore da veći deo, dve trećine (66,3%) ispitanika upražnjava zdravo zdravstveno ponašanje (tabela br.1).

Tabela 1. Distribucija odgovora ispitanika o sopstvenom zdravstvenom ponašanju

Zdravstveno ponašanje	Broj	%
Zdravo (zdravo i nisko rizično)	376	66,3
Rizično (srednje i visoko rizično)	191	33,7
Ukupno	567	100

Zdravo zdravstveno ponašanje upražnjava najveća proporcija, četiri petine ispitanika sa Fakulteta za sport i fizičko vaspitanje (81,7%) i Poljoprivrednog fakulteta (81,0%). Sa druge strane, među studentima koji se u odnosu na zdravlje ponašaju rizično najveća je proporcija, više od polovine ispitanika sa Fakulteta umetnosti (56,2%), dve petine ispitanika sa Fakulteta tehničkih nauka (40,3%), Prirodno-matematičkog (40,0%). Razlika u zdravstvenom ponašanju studenata različitih fakulteta statistički je značajna (tabela br.2).

Tabela 2. Distribucija odgovora ispitanika o sopstvenom zdravstvenom ponašanju i fakultetima

Fakultet	Zdravstveno ponašanje					
	Zdravo		Rizično		Ukupno	
	f	%	f	%	f	%
Pravni	71	60,7	46	39,3	117	100
Filozofski	58	61,7	36	38,3	94	100
Ekonomski	25	73,5	9	26,5	34	100
Učiteljski	27	75,0	9	25,0	36	100
Fak. umetnosti	7	43,8	9	56,2	16	100
Fak. za sport i fiz. vaspitanje	49	81,7	11	18,3	60	100
Fak. tehničkih nauka	37	59,7	25	40,3	62	100
Prirodno-matematički	30	60,0	20	40,0	50	100
Poljoprivredni	17	81,0	4	19,0	21	100
Medicinski	55	71,4	22	28,6	77	100
Ukupno	376	66,3	191	33,7	567	100

Kao prediktori rizičnog zdravstvenog ponašanja iz grupe demografskih i socioekonomskih karakteristika ispitanika označeni su: starost ispitanika, fakultet koji student studira, godina studija, mesto iz koga dolazi na studije, gde i sa kim živi tokom studiranja, količina novca koju dobija za nedelju dana i zadovoljstvo izborom fakulteta (tabela br. 3).

Pojava rizičnog zdravstvenog ponašanja je statistički značajno povezana i sa samoprocenjenim zdravljem i sa doživljajem sopstvenog života, pa su navedene nezavisne varijable označene kao prediktori navedenog ponašanja (tabela br. 4).

Da bi se utvrdilo kako promenljive (iz grupe demografskih i socioekonomskih karakteristika ispitanika, samoprocenjenog i sa doživljaja sopstvenog zdravlja) označene kao prediktori zajednički deluju na pojavu rizičnog ponašanja, primenjena je binarna logistička regresija. To podrazumeva da se u multipli logistički

Tabela 3. Prediktori rizičnog ponašanja (demografske i socioekonomske karakteristike) određeni hi-kvadrat i T- testom

Nezavisna varijabla	Zdravstveno ponašanje		p
	zdravo (n = 376)	rizično (n = 191)	
Starost (godine), arit.sred. ± sd	20,22 ± 2,11	20,86 ± 2,28	0,001
Fakultet, n (%)			
Pravni	71 (18,9)	46 (24,1)	
Filozofski	58 (15,4)	36 (18,8)	
Ekonomski	25 (6,6)	9 (4,7)	
Učiteljski	27 (7,2)	9 (4,7)	
Fak. umetnosti	7 (1,9)	9 (4,7)	0,021
Fak. za sport i fiz. vaspit.	49 (13,0)	11 (5,8)	
Fak. tehničkih nauka	37 (9,8)	25 (13,1)	
Prirodno-matematički	30 (8,0)	20 (10,5)	
Poljoprivredni	17 (4,7)	4 (2,1)	
Medicinski	55 (14,6)	22 (11,5)	
Pol. n (%)			
Muški	152 (40)	81 (42)	0,650
Ženski	224 (60)	110 (58)	
Mesto dolaska, n (%)			
Enklave centralnog KiM	120 (32)	59 (31)	
Severno KiM	93 (25)	29 (15)	0,015
Centralna Srbija	163 (43)	103 (54)	
Godina studija, n (%)			
Prva	224 (59,6)	92 (48,2)	0,010
Treća	152 (40,4)	99 (51,8)	
Na studijama želim sa, n (%)			
Roditeljima	100 (26,6)	30 (15,7)	
Drugom/drugaricom	223 (59,3)	125 (65,4)	
Devojkom/mladićem	6 (1,6)	11 (5,8)	0,010
Bračnim drugom	5 (1,3)	2 (1,0)	
Rodakom	15 (4,0)	7 (3,7)	
Živim sam/a	27 (7,2)	16 (8,4)	
Na studijama želim "gde", n(%)			
U domu	147 (39,1)	87 (45,5)	
Imam svoj stan	99 (26,3)	30 (15,7)	0,026
Privatno	124 (33,0)	68 (35,6)	
Kod rodaka	6 (1,6)	6 (3,1)	
Izbešlo/raseljeno lice, n (%)			
Da	68 (18,1)	40 (20,9)	0,413
Ne	308 (81,9)	151 (79,1)	
Materijalno stanje porodice, n (%)			
Veoma loše	6 (1,6)	7 (3,7)	
Loše	20 (5,3)	15 (7,9)	
Srednje	202 (53,7)	84 (44,0)	0,136
Dobro	131 (34,8)	74 (38,7)	
Veoma dobro	17 (4,5)	11 (5,8)	
Količina novca(nedelju dana), n (%)			
do 1000din.	175 (46,5)	64 (33,5)	
1001-2000din.	89 (23,7)	45 (23,6)	
2001-3000din.	65 (17,3)	37 (19,4)	0,004
3001-4000din.	19 (5,1)	15 (7,9)	
4001-5000din.	28 (7,4)	30 (15,7)	
Zadovoljstvo izborom fakulteta, n (%)			
Uopšte ne	6 (1,6)	2 (1,0)	
Ne naročito	25 (6,6)	23 (12,0)	0,007
Uglavnom	192 (51,1)	113 (59,2)	
Izuzetno	153 (40,7)	53 (27,7)	

Tabela 4. Prediktori rizičnog ponašanja (samoprocena zdravlja i doživljaj sopstvenog života) određeni hi-kvadrat testom

Nezavisna varijabla	Zdravstveno ponašanje		P
	zdravo (n = 376)	rizično (n = 191)	
Samoprocenjeno zdravstveno stanje, n (%)			
Veoma loše i loše	3 (0,8)	7 (3,7)	0,011
Osrednje	33 (8,8)	24 (12,6)	
Dobro	214 (56,9)	113 (59,2)	
Veoma dobro	126 (33,5)	47 (24,6)	
Zadovoljstvo životom, n (%)			
Jako nesrećan/a ili nesrećan/a	14 (3,7)	19 (9,9)	0,001
Prilično srećan/a	283 (75,3)	148 (77,5)	
Srećan/a	79 (21,0)	24 (12,6)	

model unesu sve nezavisne varijable koje su bile statistički značajne na nivou 0,05 u univarijantnim analizama. Kao rezultat multiple logističke regresione analize dobijeni su sledeći prediktori rizičnog zdravstvenog ponašanja ispitanika: količina novca koju student dobija za nedelju dana i varijabla zadovoljstvo izborom fakulteta. To bi značilo da se rizičnije u odnosu na zdravlje ponašaju studenti koji dobijaju veću količinu novca tokom jedne nedelje, i ispitanici koji su nezadovoljniji izborom fakulteta (tabela br. 5).

Tabela 5. Model logističke regresije sa rizičnim ponašanjem (u binarnom obliku) kao zavisnom varijablom

	B	p	OR (95%CI)
Starost	0,118	0,086	1,125(0,984–1,287)
Fakultet			
Medicinski	Refer. kategorija		
Pravni	0,438	0,235	1,550 (0,752-3,195)
Filozofski	0,466	0,225	1,593 (0,751-3,377)
Ekonomski	-0,185	0,721	0,831 (0,301-2,295)
Učiteljski	-0,363	0,491	0,695 (0,247-1,956)
Fak. umetnosti	0,915	0,153	2,497 (0,711-8,770)
Fak. za sport i fiz. vas.	-0,530	0,281	0,589 (0,224-1,543)
Fak. tehničkih nauka	0,084	0,845	1,088 (0,468-2,531)
Prirodno-matematički	0,444	0,325	1,558 (0,644-3,773)
Poljoprivredni	-0,700	0,317	0,497 (0,126-1,954)
Mesto dolaska			
Centralna Srbija	Refer. kategorija		
Enklave KiM	-0,183	0,466	0,833 (0,510-1,361)
Severno Kosovo	-0,498	0,321	0,608 (0,227-1,625)
Godina studije	0,057	0,702	1,059 (0,791-1,417)
Na studijama živim sa:			
Roditeljima	Refer. kategorija		
Drugom/drugaricom	0,075	0,907	1,078 (0,306-3,796)
Devojkom/mladićem	1,273	0,110	3,572(0,748-17,045)
Bračnim drugom	-1,434	0,187	0,238 (0,028-2,002)
Rodakom	-1,002	0,229	0,367 (0,072-1,880)
Živim sam/a	0,177	0,802	1,194 (0,298-4,778)
Na studijama živim:			
U domu	Refer. kategorija		
Svom stanu	-0,215	0,712	0,806 (0,257-2,527)
Privatno	-0,087	0,747	0,917 (0,542-1,551)
Kod rodaka	1,302	0,133	3,678 (0,673-20,087)
Novac za nedelju dana	0,277	0,001	1,320 (1,128-1,544)
Zadovoljstvo izborom fakulteta	-0,384	0,018	0,681 (0,495-0,937)
Samoprocenjeno zdravlje	-0,127	0,447	0,881 (0,635-1,221)
Zadovoljstvo životom	-0,233	0,339	0,792 (0,491-1,278)

DISKUSIJA

Rezultati dobijeni našim istraživanjem u skladu su sa nalazima iz literature. Tako, istraživanje sprovedeno u Ajovi ukazuje da se procenat pušača i procenat mladih koji redovno piju alkohol smanjuje sa godinama starosti [32]. Zatim, istraživanje sprovedeno među studentima u Ankari pokazuje porast učestalosti povremenog konzumiranja alkohola sa uzrastom kod mladića sa pikom u 22. godini, a smanjenje učestalosti pijenja sa uzrastom kod devojaka [33]. Prema rezultatima istraživanja sprovedenog u Zagrebu studenti nemedicinske struke imaju za petinu veću učestalost povremenog ili stalnog pijenja alkohola od vršnjaka na Medicinskom fakultetu, što govori u prilog činjenici da veći nivo znanja doprinosi smanjenju konzumiranja alkohola u ovoj populacionoj grupi. [34]. Donijam je, istražujući učestalost rizičnog ponašanja u sferi seksualnosti među studentima medicine Univerziteta u Nigeriji, uočio značajno odgovornije ponašanje ove populacije u odnosu na vršnjake. Studenti medicine, prema mišljenju autora, poseduju potencijal edukatora vršnjaka u prevenciji HIV-a i drugih seksualno prenosivih oboljenja [35]. Sikirime je sa svojim saradnicima, procenjujući nivo znanja i modele seksualnog ponašanja među studentima nemedicinskih fakulteta Univerziteta Makerere u Ugandi, uočio da je njihovo znanje o polno prenosivim bolestima neadekvatno a ponašanje u oblasti seksualnosti rizično [36]. Stalsberg u svom istraživanju dokazuje hipotezu da postoji povezanost između socioekonomskog stanja i fizičke aktivnosti među adolescentima, pri čemu su adolescenti boljeg socioekonomskog stanja više fizički aktivni [37]. Do istog zaključka je došao i Borocino, koji je ispitivao uticaj socioekonomskog statusa na bavljenje fizičkom aktivnošću mladih u trideset dve zemlje sveta [38]. Slične zaključke navode i Rihter i Veriken koji su istraživali uticaj socioekonomskih prilika na usvajanje zdravih navika (kao što je svakodnevno korišćenje voća i povrća u ishrani) [39,40]. Cimont u svom istraživanju dolazi do zaključka da kod mladih koji su zadovoljni izborom škole, postoji manja verovatnoća razvoja nekog od rizičnih oblika ponašanja [41].

Kalina i saradnici, utvrdili da postoji značajna povezanost između nedostatka samopouzdanja na jednoj, i korišćenja psihoaktivnih supstanci i rizičnog seksualnog ponašanja Slovačkih studenata na drugoj strani [42]. Borovski, pored ostalog, ističe da mladi u Americi koji upražnjavaju neki od oblika rizičnog zdravstvenog ponašanja lošije samoprocenjuju svoje zdravlje [43]. Istražujući razlike u učestalosti rizičnog zdravstvenog ponašanja mladih u Baltičkim zemljama Sumska je došao do zaključka da je učestalost rizičnog

ponašanja najmanja među mladićima ruske manjine, koji istovremeno najbolje samoocenjaju svoje zdravlje [44]. Vaes u istraživanju zdravstvenog ponašanja švedskih studenata navodi da studenti koji upražnjavaju zdravije stilove života bolje procenjuju kvalitet svog života i daju bolju ocenu sopstvenom zdravlju [45]. Hana, takođe, dolazi do zaključka da mladi u Kanadi koji pokazuju problematičnije ponašanje (agresivnost) lošije samoprocenjuju svoje zdravlje [46]. Istraživanjem sprovedenim među mladima u Velsu, Desousa je došao do zaključka da je niži stepen zadovoljstva životom povezan sa učestalijim korišćenjem alkohola [47]. Do sličnih zaključaka dolazi i Van Kuten koji ističe da je učestalost zavisnosti od droga među mladima u Holandiji značajno povezana sa procenom sopstvenog zadovoljstva životom [48]. Da je niži stepen zadovoljstva životom mladih u Irskoj povezan sa rizičnijim zdravstvenim ponašanjem, u ovom slučaju nepravilnom ishranom, svedoči istraživanje Molčoa i saradnika [49]. Doživljaj sopstvenog života je, prema mišljenju lanotia, značajan prediktor fizičke aktivnosti/neaktivnosti mladih u Kanadi i Sjedinjenim Američkim Državama [50].

ZAKLJUČAK

Budući da rezultati istraživanja ukazuju na visoku prevalencu rizičnog (srednje i visoko rizičnog) zdravstvenog ponašanja među studentima Univerziteta u Prištini sa sedištem u Kosovskoj Mitrovici, očigledno je da postoji naglašena potreba za sprovođenjem preventivnih mera i aktivnosti koje bi za cilj imale usvajanje zdravog zdravstvenog ponašanja. Činjenica da sticanje zdravih navika u mladosti i usvajanje zdravih stilova života doprinose boljem zdravlju i boljem kvalitetu života tokom dužeg perioda, a što ujedno dovodi do značajnih ušteda za pojedinca i državu, zahteva pokretanje aktivnosti u smislu negovanja zdravog odnosa prema životu i razvoja odgovornosti za vlastito zdravlje. Primena navedenih mera prevazilazi okvire zdravstvene službe pa zahteva otklanjanje barijera koje postoje među profesijama i razvijanje multidisciplinarnog preventivnog pristupa u radu sa mladima.

LITERATURE

1. Vlada Republike Srbije. Nacionalna strategija za mlade. Beograd: Vlada Republike Srbije. 2007.
2. World Health Organization. Preamble of the constitution of World Health Organization. Geneva: WHO, 1948.
3. Cucić V., Matejić B. Zdravlje, zdravstveno ponašanje i mladi. u: Zdravstveno ponašanje studentske i srednjoškolske omladine, Zbornik. Stručno-naučni skup. Zlatibor, 2000.
4. Riala K., Hakko H., Isohanni M. et al. Teenage smoking and substance use as predictors of severe alcohol problems in late adolescence and in young adulthood. *J Adolesc Health* 2004;35:245-54
5. Nutbeam D. Health promotion glossary. Health Promotion International. Oxford University Press 1998, Vol.21, №2, 88-90.
6. Svetska zdravstvena organizacija. Grupa za promociju zdravlja: Rečnik promocije zdravlja. Ženeva: Svetska zdravstvena organizacija, 1998.
7. Ljubičić M. Pregled definicija i trendova rizičnih ponašanja mladih. *Teme* 2012; 1: 85-100.
8. Cucić V., Bjegović V., Vuković D. Vaspitanje za zdravlje i prevenciju side. *Srpski arhiv* 1999; (5-5):196-201.
9. Ministarstvo zdravlja Republike Srbije. Strategija razvoja zdravlja mladih u Republici Srbiji. Beograd: Ministarstvo zdravlja, 2006. Dostupno na: <http://www.zdravlje.gov.rs/tmpmz-admin/downloads/zakoni1/Strategija%20Za%20Razvoj%20Zdravlje%20Mladih.pdf>
- 10.-Protokol za praćenje indikatora zdravstvenog stanja, zdravstvenog ponašanja mladih i korišćenja servisa namenjenih mladima u Republici Srbiji. Dostupno na: <http://www.canbhp.org/balkan-youth-and-health/documents/Protokol%20za%20pracenje%20indikatora.pdf>
- 11.-World Health Organization. Promoting Mental Health - A Report of the World Health Organization. Geneva: World Health Organization, 2005.
- 12.-Institut za zaštitu zdravlja Republike Srbije „dr Milan Jovanović Batut“. Baza podataka 2006. Godine. Beograd: Institut za zaštitu zdravlja Republike Srbije, „dr Milan Jovanović Batut“, 2007.
- 13.-Ministarstvo zdravlja Republike Srbije. Istraživanje zdravlja stanovnika Republike Srbije. Beograd: Ministarstvo zdravlja Republike Srbije, 2007.
- 14.-Sedkecki K., i dr. Reproductivno zdravlje mladih, Beograd: Sociološki pregled, 2002.
- 15.-World Health Organization. Building Blocks for tobacco control - A handbook, Geneva: World Health Organization, 2004. Available from: www.who.int/tobacco

16. World Health Organization. Tobacco and The Rights of The Children. Geneva: World Health Organization, 2001.
17. World Health Organization. World Mortality in 2000, Life Tables for 191 Countries. Geneva: World Health Organization, 2002.
18. Institut za javno zdravlje Srbije „Dr Milan Jovanović Batut. Zdravlje mladih u Republici Srbiji, finalni izveštaj. Beograd: Institut za javno zdravlje Srbije, 2009.
19. World Health Organization. Neuroscience of Psychoactive Substance Use and Dependence. Geneva: World Health Organization, 2004. Available from: www.who.int
20. World Health Organization. Basic Indicators for 191 Countries. World Health Report. Geneva: World Health Organization, 2002.
21. UNODC. Global illicit drug trends 2003. New York: United Nations Office on Drugs and Crime, 2003.
22. UNICEF. Children at Risk in Central and Eastern Europe: Perils and Promises, Regional Monitoring Reports. Florence: Unicef International Child Development Centre, 1997.
23. American Heart Association. School Should Take the Lead in Increasing Kid's Activity. Available from: <http://www.americanheart.org/presenter.jhtml>, 2007.
24. Ministarstvo zdravlja Republike Srbije. Strategija javnog zdravlja Republike Srbije-Nacrt. Beograd: Ministarstvo zdravlja Republike Srbije, 2005
25. Marković-Denić Lj., Gajić I. Zdravstveno stanje, zdravstvene potrebe i korišćenje zdravstvene zaštite u Republici Srbiji. Beograd: Glas Instituta za zdravstvenu zaštitu zdravlja Srbije, 2002.
26. Ilić D., Janković Z., Paunović M. Zdravstveno ponašanje studentske omladine, u: Zdravstveno ponašanje studentske i srednjoškolske omladine. Zbornik. Stručno-naučni skup. Zlatibor, 2000.
27. Banićević M. Zdravstvena zaštita adolescenata, u: Zdravstveno ponašanje studentske i srednjoškolske omladine. Zbornik. Stručno-naučni skup. Zlatibor, 2000.
28. UNICEF. The Progress of Nations, UNICEF, 1999. Available from: <http://www.unicef.org/pon99/>
29. Rašević M. Osnovne karakteristike demografskog razvitka u Srbiji. Obnavljanje stanovništva i zaštita reproduktivnog zdravlja. Beograd: Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, 1999.
30. UN. Resolution 1244. New York: Security Council, 1999 (cited: 26 August 2009) Available at <http://www.dassess-ods.un.org/TMP/2961369.html>
31. Vlada Republike Srbije. Strategija dugoročnog ekonomskog razvoja srpske zajednice na Kosovu i Metohiji. Beograd: Vlada Republike Srbije, 2009. Dostupno na: http://www.srbija.gov.rs/vesti/dokumenti_sekcija.php?id=45678
32. Shapherd R, Donald - CDC. Behavioral Risk Factor Surveillance System (BRFSS). Annual Report Survey Results From the 2002 IOWA, 2003. Available from: www.state.ia.us/brfss
33. Oksuz E., Malhan S. Socioeconomic factors and Health Risk Behaviors among University Students in Turkey, *Croat Med J* 2005; 46(1):66-73.
34. Trkulja V., Živčec Z., Ćuk M., Lacković Z. Use of Psychoactive Substances among Zagreb University Medical Students. *Croat Med J* 2003; 44(1):50-8.
35. Daniyam C., Agaba P., Agaba E. Sexual behavior of medical students: A single institutional survey. *Afr Health Sci.* 2010; 10(2): 150-153.
36. Sekirime, W. K. Tamale J., Lule J. C. Wabwire-Mangen, F., Knowledge, attitude and practice about sexually transmitted diseases among University students in Kampala. *Afr Health Sci.* 2001; 1(1):16-22.
37. Stalsberg R., Pedersen A. V. Effects of socioeconomic status on the physical activity in adolescents: a systematic review of the evidence. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 2010; 20(3): 368-383.
38. Borraccino A. et al. Socio-economic effects on meeting PA guidelines: comparisons among 32 countries. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2009; 41(4):749-756.
39. Richter M. et al. Parental occupation, family affluence and adolescent health behaviour in 28 countries. *International Journal of Public Health*, 2009; 54(4):203-212.
40. Vereecken C. et al. Breakfast consumption and its socio-demographic and lifestyle correlates in schoolchildren in 41 countries participating in the HBSC study. *International Journal of Public Health*, 2009. 54 (2):180-190.
41. Ciment J. WHO study examines teenage health in 28 countries. 2000. Available from: www.bmj.com
42. Kalina O., Geckova A. M., Jarcuska P., Orosova O., Dijk J. P., Reijneveld S. A. Psychological and behavioural factors associated with sexual risk behaviour among Slovak students, *BMC Public Health* 2009. Available from: <http://www.biomedcentral.com/1471-2458/9/15>

43. Borowsky IW., Ireland M., Resnick M.D. Health status and behavioral outcomes for youth who anticipate a high likelihood of early death. *Pediatrics* 2009; 124:81-88.
44. Sumska L., Zaborskis A., Aasvee K., Gobina I., Pudule I. Health-behaviour inequalities among Russian and ethnic majority school-aged children in the Baltic countries. *Scand J Public Health* 2012; 40(6):553-62.
45. Vaez M., Laflamme L. Health Behaviors, Self-Rated Health Quality of Life and University A Study among Swedish First Year University Students. Department of Public Health Sciences, Division of Social Medicine, 2000.
46. Saab H., Klinger D. School differences in adolescent health and wellbeing: Findings from the Canadian Health Behaviour in School-aged Children Study. *Social Science & Medicine* 2010; 70:850-858.
47. Desousa C, Murphy S, Roberts C, Anderson L. School policies and binge drinking behaviours of school-aged children in Wales: a multilevel analysis. *Health Education Research* 2008; 23: 259-271.
48. Van Kooten M., de Ridder D., Vollebergh W., van Dorsselaer S. What's so special about eating? Examining unhealthy diet of adolescents in the context of other health-related behaviours and emotional distress 2007; 48:325-332.
49. Molcho M., Nic Gabhainn S., Kelly C., Friel S., Kelleher C. Food poverty and health among schoolchildren in Ireland: findings from the Health Behaviour in School-aged Children (HBSC) study. *Public Health Nutrition* 2007; 10:364-370.
50. Lannotti RJ, Kogan MD, Janssen I, Boyce WF. 2009. Patterns of adolescent physical activity, screenbased media use, and positive and negative health indicators in the US and Canada. *Journal of Adolescent Health*, 44: 493-499.



CombiNERV®

INOVATIVNA ČETVOROSTRUKA KOMBINACIJA
ZA POBOLJANJE NERVNE FUNKCIJE
I PODRUKU TERAPIJI NEUROPATSKOG BOLA



Synosteo®

JEDINSTVENA KOMBINACIJA
KALCIJUMA, VITAMINA D3 I VITAMINA K2
U FORMI UMEĆEĆ PRAKA ZA ZDRAVLJE KOSTIJU



Selitop®

INOVATIVNA ORODISPERZIBILNA,
ORGANSKA FORMULA L-SELENMETIONINA
VISOKE APSORPTIVNOSTI



Neuronal®

RAPIDNO OBNAVLJA OTEČENE NERVE
NOVI PRISTUP U TERAPIJI
KOMPRESIVNIH NEUROPATIJA



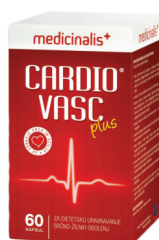
ARTHRONAL®

IZBALANSIRANA KOMBINACIJA 11 AKTIVNIH SASTOJAKA
ZA REGENERACIJU HRSKAVICE
I BOLJU POKRETLJIVOST ZGLOBOVA



New Iron®

SUPERIORNA FORMULA
(GVOŽĐE-BISGLICINAT, FOLNA KISELINA, VITAMIN B12, VITAMIN C)
NADOKNADA GVOŽĐA BEZ OSEĆAJA MUČNINE



CARDIOVASC^{plus}

JEDINSTVENA FORMULA 10 AKTIVNIH SASTOJAKA
ZA TRETMAN KARDIOVASKULARNIH
I CEREBROVASKULARNIH OBOLJENJA



NATRIJUM-HIJALURONAT 40mg, MANITOL 10 mg



NATRIJUM-HIJALURONAT 60mg, HONDROITIN SULFAT 90 mg



NATRIJUM- HIJALURONAT 25 mg



VEMAX
PHARMA
www.vemaxpharma.rs

medicinalis⁺

45 GODINA ČASOPISA PRAXIS MEDICA

