

UNIVERZITET UNION – „NIKOLA TESLA“ BEOGRAD

FAKULTET ZA EKOLOGIJU I ZAŠTITU ŽIVOTNE SREDINE

JOVANA DŽOLJIĆ

**SAVREMENE METODE PRAĆENJA RADIONUKLIDA I
OSTALIH POKAZATELJA STANJA ŽIVOTNE SREDINE
U CILJU OPTIMALNOG UPRAVLJANJA ZAŠTIĆENIM
PODRUČJUMA PČINJSKOG OKRUGA**

DOKTORSKA DISERTACIJA

BEOGRAD, 2017

UNIVERZITET UNION – „NIKOLA TESLA“ BEOGRAD

FAKULTET ZA EKOLOGIJU I ZAŠTITU ŽIVOTNE SREDINE

**SAVREMENE METODE PRAĆENJA RADIONUKLIDA I
OSTALIH POKAZATELJA STANJA ŽIVOTNE SREDINE
U CILJU OPTIMALNOG UPRAVLJANJA ZAŠTIĆENIM
PODRUČJUMA PČINJSKOG OKRUGA**

DOKTORSKA DISERTACIJA

Mentor

Prof. dr Lidija Amidžić

Kandidat

Jovana Džoljić

MENTOR

1. Prof. dr Lidija Amidžić, Univerzitet Union Nikola Tesla, Fakultet za ekologiju i zaštitu životne sredine, Beograd, Srbija

ČLANOVI KOMISIJE

2. Prof. dr Marina Ilić, Univerzitet Union Nikola Tesla, Fakultet za ekologiju i zaštitu životne sredine, Beograd, Srbija

3. Dr Dragana Todorović, naučni savetnik Instituta za nuklearne nauke „Vinča“, Laboratorija za Zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine, Beograd, Srbija

Datum odbrane

Zahvalnica

Najpre bih želela da se zahvalim svojoj mentorki, **prof. dr Lidiji Amidžić** ali i **prof. dr Svetlani Stevović**, Inovacioni mašinski centar, Beograd, koje su mi pružile priliku, obezbedile uslove i imale puno poverenje u mene, strpljenje i davale podstrek u toku svih faza izrade disertacije.

Zahvaljujem se i **mr Slaviši Popoviću** sa kojim sam započela svoj naučni rad iz oblasti zaštite biodiverziteta i zaštite životne sredine u Agenciji za zaštitu životne sredine u Beogradu, a potom ga nastavila, na svoje veliko zadovoljstvo, uspešno i u okviru ove doktorske disertacije.

Svoju zahvalnost takođe dugujem i svom mentoru sa Mediteranskog agroekonomskog instituta u Hanji, Grčka (MAICh), **dr Charitonu Kalaitzidisu** za nesebičnu podršku, korisne komentare i savete u toku usavršavanja ali i za uvođenje u nove oblasti primene savremene tehnologije u zaštiti životne sredine.

Posebno se zahvaljujem zaposlenima u školi u kojoj radim, Visokoj školi primenjenih strukovnih studija u Vranju, Institutu Vinča i to Laboratoriji za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine, a posebno članu komisije **dr Dragani Todorović** na ukazanom poverenju i podršci, Agenciji za zaštitu životne sredine, MAICh-u i svima koji su doprineli izradi disertacije.

Na kraju, ništa manje važnu zahvalnost dugujem svojoj porodici, posebno sestri Maši i prijateljima koji su mi pružali konstantnu podršku, davali hrabrost i želju da istrajem u toku svih godina školovanja. Ovakav uspeh ne bi bilo moguće postići bez njih.

HVALA!

REZIME

Ispitivanja osnovnih pokazatelja stanja životne sredine u zaštićenim područjima Pčinjskog okruga treba da ukažu na njen kvalitet, a njihovom detaljnijom analizom bi se utvrdilo da li su se i u kom obimu desile promene koje potencijalno mogu uticati na stanovništvo, posetioce ali i celokupan živi svet. Utvrđivanje stanja i stepena promena prvi put su urađena za područja PIO „Vlasina“, PIO „Dolina Pčinje“, SP „Jovačka jezera“, a delimično i za planinu Besna kobilica čija je zaštita u planu. Rezultati ovakvih ispitivanja su značajni jer bi se na osnovu njih definisali optimalni pravci razvoja područja i ukazalo na eventualne potrebe preduzimanja mera za poboljšanja stanja u procesu upravljanja zaštićenim područjima.

Imajući u vidu dešavanja u skorijoj prošlosti, pre svega NATO vazdušne napade 1999. godine u kojima je na jugu Srbije i na Kosovu korišćena municija sa osiromašenim uranijumom, neophodan je konstantan monitoring sadržaja radioanuklida u vodi, zemljištu i biljkama. Nijedno zaštićeno područje u Pčinjskom okrugu nije bilo izloženo direktnom uticaju, ali s obzirom na blizinu lokaliteta koji su bili izloženi osiromašenom uranijumu, neophodno je utvrditi stepen indirektnog uticaja. Sa jedne strane, praćenje sadržaja radionuklida treba da pruži relevantne podatke o njihovoj distribuciji čime bi u većini područja bilo uspostavljeno nulto stanje za dalja ispitivanja. Sa druge strane, ono treba da pruži relevantne podatke o bezbednosti područja za život, omogućujući očuvanje biodiverziteta ali i da usmeri planiranje aktivnosti lokalnih zajednica i upravljača.

Upoređivanje rezultata analize sadržaja radionuklida sa literaturnim vrednostima, analiza klimatskih parametara i parametara kvaliteta vazduha, kao i zemljišnog pokrivača omogućava i definisanje stanja životne sredine u zaštićenim područjima. Sagledavanjem načina upravljanja zaštićenim područjima u Pčinjskom okrugu zaključeno je da se moraju utvrditi mere koje bi doprinele njihovoj uspešnijoj zaštiti i bržem razvoju.

Unapređenje metoda za monitoring stanja područja je neophodno s obzirom na brz razvoj tehnike i tehnologije. Primena daljinske detekcije i geografskih informacionih sistema u monitoringu ali i zaštiti životne sredine danas je veoma zastupljena u svetu. U Srbiji primena ovih metoda je tek na početku, a koristi su višestruke, od mogućnosti ranog detektovanja promena u životnoj sredini do predviđanja stepena i pravca razvoja područja.

Procena stanja životne sredine u zaštićenim područjima Pčinjskog okruga neophodna je prvenstveno radi zaštite i održivog korišćenja potencijala ovih područja kroz ruralni razvoj, razvoj seoskog, sportskog, zdravstvenog, kulturnog turizma, za sakupljanje i preradu jestivog, lekovitog i začinskog bilja i organske proizvodnje što bi doprinelo razvoju čitavog regiona.

ABSTRACT

Environmental quality of the protected area inside Pčinja's district can be estimated by using study results of main parameters which can indicate if changes that might potentially affect the public, visitors and living beings occurred and to what extent. Ascertaining state and the extent of changes were done, for the first time, for the Landscapes of extraordinary beauty "Vlasina" and "Pčinja's Valley", Nature monument "Jovačka jezera" and for the mountain "Besna kobila" for which area protection is in procedure. Results of this and similar studies are important for identification and definition of the optimal and sustainable development which can also identify eventually needs for implementing measures to improve management of Protected areas and environment state.

Regarding the recent events like NATO air strikes in 1999, at first, when ammunition with depleted uranium (DU) were used at South Serbia and Kosovo, constant monitoring of radionuclides content in water, soil and plants is needed. None of the aforementioned areas in Pčinja's District had direct effect from NATO bombing, but regarding the vicinity of the mapped sites exposed to the DU, it is necessarily to determine the extent of effect. On the one side, monitoring of radionuclides should provide relevant data about their distribution that will establish zero state for future studies in most of the areas. On the other hand, monitoring of radionuclides content should provide high quality data about area safety as a living places, allow biodiversity conservation and direct activity planning for the local communities and stakeholders.

Comparison of results of radionuclide contents with literature values, analysis of climate and air quality parameters together with land cover analysis enables determination of the environment quality inside protected areas. Regarding the stakeholders' management activity of protected areas in Pčinja's district can be concluded that it is necessary to establish measures that improve environment state and enable faster development.

Rapid development of techniques and technology emphasise need for faster implementation of up-to-date methodology for monitoring environment state. Application of remote sensing and geographic information system (GIS) in environmental protection and in monitoring of its state is widely used around the world. In Serbia, application of these methodologies is at very beginning, and benefits of its use are multiple, from possibility of early change detection in environment to prediction state, extent and course of area development.

Estimation of environment state inside protected areas of Pčinja's District is necessary mainly for conservation and sustainable development and use of their potential through rural development, development of ethno, sport, healthy, educational and cultural tourism, as well as harvesting and processing medicinal plants and herbs, organic production that will improve development of the entire region.

SADRŽAJ

LISTA SLIKA	4
LISTA TABELA	6
I UVOD	7
1.1. Pojam zaštićenih područja	7
1.1.1. Kategorizacija zaštićenih područja u svetu (IUCN)	11
1.1.2. Upravljanje zaštićenim područjima	13
1.2. Zaštita prirode u Srbiji	14
1.2.1. Kategorizacija zaštićenih područja	16
1.2.2. Režimi zaštite u zaštićenim područjima	18
1.2.3. Upravljanje zaštićenim područjima u Srbiji	18
1.3. Životna sredina i indikatori njenog stanja	19
1.4. Radionuklidi u životnoj sredini	20
1.4.1. Opše karakteristike jonizujućih zračenja	21
1.4.2. Podela radionuklida u prirodi	29
1.4.3. Ponašanje radionuklida u terestričnim ekosistemima	50
1.4.4. Ponašanje radionuklida u slatkovodnim ekosistemima	52
1.4.5. Transfer faktor radionuklida	53
1.5. Politika upravljanja stanjem životne sredine u zaštićenim područjima	55
1.6. Dosadašnja istraživanja	57
1.6.1. Radionuklidi u životnoj sredini Srbije sa akcentom na Pčinjski okrug	57
1.6.2. Procena štete biodiverziteta u zaštićenim područjima nanete u toku NATO bombardovanja	61
1.6.3. Praćenje promena vegetacijskog pokrivača u zaštićenim područjima	61
1.7. Cilj istraživanja	63
1.8. Disciplinarno određenje predmeta i svrhe istraživanja	64
II. METODE KORIŠĆENE ZA PROCENU STANJA ŽIVOTNE SREDINE	65
2.1. Stanje životne sredine	65
2.2. Praćenje promena zemljišnog pokrivača	66
2.3. Ispitivanje radioaktivnosti gama spektrometrijom	67

2.3.1.	HPGe detektori	68
2.3.2.	Određivanje aktivnosti radionuklida	70
2.3.3.	Određivanje parametara radijacionog hazarda	71
2.3.4.	Transfer faktor zemljište-biljka (TF).....	72
2.4.	Praćenje efikasnosti upravljanja životnom sredinom	74
2.4.1.	RAPPAM metodologija.....	74
2.4.2.	METT metodologija	75
III.	GEOGRAFSKI OKVIR ISTRAŽIVANJA	77
3.1.	Opšte karakteristike Pčinjskog okruga	77
3.1.1.	Klimatske odlike Pčinjskog Okruga	78
3.1.2.	Pedološke karakteristike	80
3.1.3.	Hidrografske karakteristike	80
3.1.4.	Biološka raznovosnost.....	81
3.2.	Zaštićena područja u Pčinjskom okrugu	82
3.2.1.	Rezervat prirode „Jarešnik“	83
3.2.2.	Rezervat prirode „Kukavica“.....	84
3.2.3.	Predeo izuzetnih odlika „Dolina Pčinje“	86
3.2.4.	Predeo izuzetnih odlika „Vlasina“.....	91
3.2.5.	Spomenik prirode „Jovačka jezera“	97
3.2.6.	Spomenik prirode „Crni bor u Crnoštici“	102
3.2.7.	Planina Besna kobilica	103
IV.	REZULTATI I DISKUSIJA.....	107
4.1.	Kvalitet vazduha	109
4.2.	Temperatura i temperaturne promene.....	127
4.3.	Padavine.....	130
4.4.	Karakteristike zemljišnog pokrivača	132
4.4.1.	Karakteristike zemljišnog pokrivača u zaštićenim područjima	133
4.4.2.	Trend promena zemljišnog og pokrivača	133
4.4.3.	Indikatori biodiverziteta	137
4.5.	Rezultati ispitivanja spektrometrije gama emitera	139

4.5.1. Uzorci zemljišta.....	146
4.5.2. Uzorci biljaka	151
4.5.3. Uzorci vode.....	154
4.5.4. Parametri radijacionog hazarda	155
4.5.5. Transfer faktori zemljište –biljke	157
4.6. Procena upravljanja zaštićenim područjima u Srbiji	159
4.6.1. RAPPAM.....	159
4.6.2. METT	162
V. MOGUĆA UNAPREĐENJA MONITORINGA STANJA ZAŠTIĆENIH PODRUČJA	166
5.1. Primena savremenih metoda za praćenje promena vegetacijskog pokrivača u zaštićenim područjima na primeru Parka prirode „Golija“	167
5.1.1. Park prirode „Golija“	167
5.1.2. Pre-procesiranje snimaka.....	169
5.1.3. Analiza glavnih komponenti (<i>Principal component analysis</i> , PCA)	170
5.1.4. Klasifikacija vegetacijskog pokrivača	170
5.1.5. Analiza glavnih komponenti.....	172
5.1.6. Rezultati klasifikacije	176
5.1.7. Analiza rezultata	178
5.2. Preporuke za primenu daljinske detekcije i GIS-a u upravljanju zaštićenim područjima	180
VI. ZAKLJUČAK.....	181
LITERATURA.....	188
Internet reference	210
PRILOG 1.....	212

LISTA SLIKA

Slika 1.	Prosečna efektivna doza i procenat učešća prirodne komponente radioaktivnosti (Larivière & Guèrin 2010).....	21
Slika 2.	Prikaz fotoelektričnog efekta, adaptirana ilustracija (Danad, Fayad, Willemink & Min, 2015).	24
Slika 3.	Prikaz Komptonovog rasejanja, adaptirana ilustracija (Danad, Fayad, Willemink & Min, 2015).	25
Slika 4.	Prikaz stvaranja parova elektron-pozitron (Radiology key, 2016).....	26
Slika 5.	Zavisnost linearnog koeficijenta apsorpcije (μ) od energije za Germanijumske detektore (Debertin & Helmer, 1988).....	28
Slika 6.	Uranijum-radijumski niz (Hansman, 2011).....	33
Slika 7.	Uranijum-aktinijumov niz (Hansman, 2011).....	34
Slika 8.	Torijumov niz (Hansman, 2011).	35
Slika 9.	Zavisnost efektivne doze kosmičkog zračenja od nadmorske visine (Hwang et al., 2010).....	41
Slika 10.	Uprošćena shema izloženosti biote radioaktivnosti (Chambers, Phillips, Fernandes & Garva, 2008).	51
Slika 11.	Položaj zaštićenih područja Pčinjskog okrugu u odnosu na lokacije kontaminirane u različitim događajima.	61
Slika 12.	Konfiguracija Ge detektora (Knoll, 1989).....	69
Slika 13.	Geografski položaj Pčinjskog okruga i opština.	78
Slika 14.	Srednje godišnje temperature u Srbiji u periodu 1961-1990. god. (izvor: <i>Prostorni plan Republike Srbije, 2010</i>).	78
Slika 15.	Srednje godišnje padavine u Srbiji u periodu od 1961-1990. god. (izvor: <i>Prostorni plan Republike Srbije, 2010</i>).	79
Slika 16.	Zaštićena područja u Pčinjskom okrugu, (izvor: <i>SEPA, lična komunikacija, 06.02. 2017</i>).	82
Slika 17.	Šuma palasovog bora u SRP „Jarešnik“ i hram "Prepodobne Paraskeve - Svete Petke" (izvor: <i>Zvanična prezentacija Bosilegrada, 2017</i>).....	83
Slika 18.	Planina Kukavica i dolina reke Vučjanke (izvor: <i>Zvanična prezentacija opštine Vladičin Han, 2017</i>).	85
Slika 19.	Manastir Prohor Pčinjski (izvor: <i>TT-group.net</i>).	86
Slika 20.	Predeo PIO „Dolina Pčinje“ (© <i>J. Džoljić</i>).	87
Slika 21.	Pogled na reku Pčinju i Vražju stenu sa crkvom Presvete Bogorodice iz XIV veka (izvor: <i>Tripadvisor</i>).	88
Slika 22.	Predeo PIO „Vlasine“ (© <i>S. Milenković</i>).	92
Slika 23.	Predeo PIO „Vlasina“ (© <i>J. Džoljić</i>).	93
Slika 24.	Režimi zaštite na području PIO „Vlasina“, („Sl. glasnik RS“, br. 30/06).	96
Slika 25.	Teren SP-Jovačka jezera (izvor: <i>Google Earth</i>).	97

Slika 26.	Zone zaštite u okviru SP „Jovačka jezera“ (izvor: ZZPS, 2014).	98
Slika 27.	Jovačko jezero (© J. Džoljić, 2016).	99
Slika 28.	Jovačko jezero (© D. Stanojević).	101
Slika 29.	Stablo crnog bora u Crnoštici (izvor: ZZPS, 2017).	102
Slika 30.	Predeo Besne Kobile (© J. Džoljić).	103
Slika 31.	Pogled sa vrha Besne Kobile (1923 m) (©J Džoljić).	104
Slika 32.	Predeo Besne Kobile (© J Džoljić).	105
Slika 33.	Biodikatorske tačke u Pčinjskom okrugu i Centralnoj Srbiji.	108
Slika 34.	Trend promena emisije CO, NH ₃ , NO _x (kao NO ₂), SO _x (kao SO ₂) i lako isparljivih organskih jedinjenja koja nisu metan (NMVOC) (izvor: EMEP baza podataka).	110
Slika 35.	Mapa položaja TE „Obilić“ u odnosu na zaštićena područja u JI Srbiji.	121
Slika 36.	Ruža vetrova za Prištinu u 2014. godini (Hydrometeorological Yearbook 2014 of Kosovo, 2016).	126
Slika 37.	Prikaz zemljišnog pokrivača u 2012. godini u Pčinjskom okrugu (izvor podataka: EEA, 2017).	132
Slika 38.	Uporedni prikaz klasa CLC metodologije na području PIO „Vlasine“ u 1990 i 2012.godini.	134
Slika 39.	Promena zemljišnog pokrivaču u periodu od 1990 do 2012. godine.	135
Slika 40.	Uporedni prikaz zemljišnog pokrivača, na području PIO „Dolina Pčinje“ u 1990 i 2012. godini.	136
Slika 41.	Promena zemljišnog pokrivaču u periodu od 1990 do 2012. godine.	136
Slika 42.	Lokaliteti uzoraka zemljišta i specifične aktivnosti ¹³⁷ Cs u slivnom području reke Pčinje.	147
Slika 43.	Lokacija parka prirode „Golija“.	168
Slika 44.	Rezultati PCA analize snimka iz 2000. godine, prikaz prema glavnim komponentama.	173
Slika 45.	Snimak Landsat ETM parka prirode “Golija” iz 2000. godine, unapređen PCA..	173
Slika 46.	Rezultati PCA analize snimka iz 2014. godine, prikaz prema glavnim komponentama.	175
Slika 47.	Snimak Landsat ETM parka prirode “Golija” iz 2014. godine, unapređen PCA..	175
Slika 48.	Rezultati klasifikacije područja PP „Golija” u 2000. godini.	177
Slika 49.	Rezultati klasifikacije područja PP “Golija” u 2014. godini	177

LISTA TABELA

Tabela 1.	Osnovne karakteristike radioaktivnih nizova (I. Bikit, Todorović, Mrđa, & Forkapić, 2010).....	30
Tabela 2.	Osobine nekih primordijalnih radionuklida (I. Bikit et al., 2010).....	30
Tabela 3.	Sadržaj ^{40}K u zemljištu u Evropi (UNSCEAR, 2000).....	39
Tabela 4.	Osnovne karakteristike nekih kosmogenih radionuklida.....	41
Tabela 5.	Neke karakteristike antropogenih radionuklida.....	44
Tabela 6.	MDK za tricijum (Bq l^{-1}) u vodi za piće u različitim zemljama, adaptirana tabela autora (Galeriu & Melintescu, 2010).....	49
Tabela 7.	Srednja vrednost koncentracije aktivnosti radionuklida u površinskim stenama Evrope (Trevisi et al., 2012).....	51
Tabela 8.	Zaštićena područja na teritoriji Pčinjskog okruga (<i>izvor: SEPA, lična komunikacija, 06.02. 2017</i>)	82
Tabela 9.	Koncentracije zakašeljavajućih gasova u periodu od 2012. do 2014. godine (<i>izvor: SEPA, lična komunikacija, 06. 02. 2017</i>)	111
Tabela 10.	Promena temperature ($^{\circ}\text{C}$) u periodu od 2012 do 2014. godine u odnosu na period 1960-1990 (<i>SEPA, lična komunikacija 2017</i>)	128
Tabela 11.	Promena temperature ($^{\circ}\text{C}$) u periodu od 2012 do 2014. godine u odnosu na period 1960-1990 (<i>SEPA, lična komunikacija 2017</i>)	129
Tabela 12.	Promena količine padavina (mm) u 2014. godini u odnosu na period 1960-1990 (<i>SEPA, lična komunikacija 2017</i>).....	131
Tabela 13.	Indikatori biodiverziteta u Pčinjskom okrugu, u blizini zaštićenih područja ...	138
Tabela 14.	Indikatori biodiverziteta u Pčinjskom okrugu, u blizini zaštićenih područja ...	138
Tabela 15.	Specifična aktivnost prirodnih i antropogenih radionuklida u uzorcima iz zaštićenih područja	140
Tabela 16.	Specifična aktivnost radionuklida u uzorcima vode.....	142
Tabela 17.	Rezultati određivanja parametara radijacionog hazarda na različitim lokacijama	143
Tabela 18.	Transfer faktor radionuklida u uzorcima biljaka sa istraživanih lokaliteta	144
Tabela 19.	Prosečna specifična aktivnost radionuklida u zemljištu u svetu i u nekim zemljama u regionu, (UNSCEAR, 2000)	150
Tabela 20.	Specifične aktivnosti ^{226}Ra , ^{232}Th i ^{40}K u različitim uzorcima vode iz regiona	155
Tabela 21.	Prosečne vrednosti transfer faktora zemljište-biljke pojedinih elemenata u zemljištu umerenog klimatskog područja (IAEA, 2010).....	158
Tabela 22.	Izdvojeni satelitski snimci	169
Tabela 23.	Rezultati PCA analize snimka iz 2000	172
Tabela 24.	Rezultati PCA analize snimka iz 2014. godine	174
Tabela 25.	Provera tačnosti klasifikacije snimaka iz 2000 i 2014	176
Tabela 26.	Površina klasa u 2000 i 2014. godini.....	179

„Ukoliko bi se planeta Zemlja našla u istraživačkom fokusu biologa sa neke druge planete, ja verujem da bi on posmatrajući i analizirajući nas zaključio: - tamo je dominantna jedna vrsta u srednjoj fazi svog sopstvenog uništenja“

Edvard Wilson (1992)

I UVOD

1.1. Pojam zaštićenih područja

Eksplozivni rast čovečanstva i sve veća potreba za resursima doveli su do smanjenja njihovih rezervi i kvaliteta, do različitih pojava i procesa ugrožavanja i degradacije životne sredine, do prevođenja prirodnih u poluprirodne i veštačke ekosisteme i samim tim, neminovne erozije biodiverziteta. Intenzivno uništavanje, degradacija ili fragmentacija prirodnih staništa uzrokovani antropogenim aktivnostima, izazivaju sve veću zabrinutost stručne javnosti za dalji opstanak i razvoj čovečanstva. Na osnovu progresivnog rasta ljudske populacije i tekućeg intenziteta uništavanja biosfere od strane čoveka, stopa izumiranja vrsta u ovom trenutku je oko 1 000 puta veća od prirodne. Na temelju sadašnje stope iščezavanja vrsta, Wilson (2005) procenjuje da će, ako se ovakav trend nastavi, za 100 sledećih godina polovina svih vrsta nepovratno nestati sa lica Zemlje. Zbog toga vlada gotovo nepodeljeno mišljenje da je Zemlja danas suočena sa šestim, holocenskim masovnim iščeznućem organskih vrsta. Za razliku od prethodnih pet perioda kada su izumiranja bila izazvana globalnim prirodnim promenama, glavni uzročnik holocenskog masovnog izumiranja vrsta je čovek. Prema Mileru (Miller, 1998), zadnjih 10 000 godina na Zemlji traje holocenska epoha koja se na žalost, može označiti i kao holocenska epoha izumiranja, odnosno, kao period masovnog holocenskog samoubistva čovečanstva. Zbog toga su zaštita i unapređenje prirode, održivo korišćenje prirodnih bogatstava i očuvanje stabilnosti životne sredine postali jedan od prioriteta savremenog čoveka. Upravo iz ovih razloga, do danas je usvojen veliki broj različitih strategija koje se bave očuvanjem prirode i ukupne životne sredine na nacionalnom, regionalnom i globalnom nivou. Jedan od najšire prihvaćenih koncepata zaštite očuvanih delova prirode zasniva se na njihovoj pasivnoj i aktivnoj zaštiti koja je uređena zakonom o zaštićenim područjima.

Istorija konzervacione politike vezana je za različite stavove o životnoj sredini različitih kulturnih i socijalnih grupa, čija je strategija prisvajanja i korišćenja delova kopna veoma često bila konfliktna (Adams, 2004; Auberin, Pinton, & Rodary, 2011). Prvi pokušaji zaštite pojedinih područja poznati su od davnina, a osnovni cilj bio je zaštita prirodnih vrednosti, funkcija i procesa, kao i kontrola upotrebe specifičnih prirodnih resursa, npr. šuma ili lovne divljači (Sekulić, 2011). Tako je još davne 1538. godine poljski kralj Žigmund I Stari doneo Uredbu o zaštiti Belovješke šume kao ostatka srednjeevropske prašume i staništa evropskog bizona.

Istovremeno je uveo smrtnu kaznu za krivolov bizona. Ova šuma, koja je danas zaštićena kao nacionalni park na granici između Poljske i Belorusije, proglašena je za lovni rezervat 1541. godine. Radi bolje zaštite, kralj Vladislav III Vaza 1639. godine doneo je dekret kojim je lokalne seljane imenovao za kraljevske šumare oslobodivši ih poreza u zamenu za brigu o šumama (Amidžić, 2011).

Moderni principi zaštite prirode počinju da se primenjuju u XIX veku, i to prvo u SAD Tako je slikar Džordž Ketlin 1832. godine promovisao ideju o zaštiti indijanskih plemena i očuvanju njihovog tradicionalnog načina života u nekom „nacionalnom parku“ zaštićenom od strane američkog Kongresa. Iste godine tadašnji predsednik SAD Endrju Džekson ukazom je stavio pod zaštitu Tople izvore (*Hot Springs*) u Arkanzasu. Sledeće zaštićeno područje u ovom delu sveta bila je Josemitska dolina (*Yosemite Valley*) u zapadnom delu planinskog venca Sijera Nevada. Ova glacijalna dolina u kojoj rastu džinovske sekvoje, takođe je zaštićena odlukom Kongresa 1864. godine. Za zaštitu i promociju Josemitske doline naričito je bio zaslužan prirodnjak Džon Mur koji je obrazovao organizaciju Sierra Klub, prvu nevladinu organizaciju u svetu koja se zalagala za očuvanje prirode. Ubrzo potom, 1872. godine, američki Kongres je proglasio i prvi nacionalni park na svetu. Bio je to Nacionalni park Jelouston (*Yellowstone National Park*). Park je stavljen pod nadzor federalnih vlasti kao „javno područje u kome ljudi mogu da uživaju“. Kasnije, 1916. godine, Kongres je formirao i službu nacionalnog parka čija je dužnost bila da „sačuva prirodu, sve prirodne i istorijske objekte na tom području, sva živa bića koja su tu prisutna, i da omogući budućim generacijama posete ovom mestu“ (Vujić, 2007). Proglašenje Nacionalnog parka Jelouston doprinelo je da koncept nacionalnih parkova bude brzo prihvaćen i izvan granica SAD. U Australiji je 1885. godine na obalama Tihog okeana proglašen Kraljevski nacionalni park (*Royal National Park*), dok je u Kanadi 1887. godine u regionu Stenovitih planina proglašen Nacionalni park Banf (*Banf National Park*). Iste godine i na Novom Zelandu je uspostavljen Nacionalni park Tongariro. (*Tongariro National Park*). Krajem XIX veka svoje prve rezervate, a kasnije i nacionalne parkove, dobili su Južna Afrika, Indonezija i Južna Amerika. Najstariji nacionalni parkovi Evrope su *Sarek* i *Stora Sjöfallet* koji su proglašeni 1909. godine. Nalaze se u Laponiji, na teritoriji Švedske, a obuhvataju najreprezentativnije delove subarktičke tundre. Nakon toga, 1914. godine, proglašen je Švajcarski nacionalni park na delu švajcarskih Alpa, a 1920. godine i Nacionalni park *Gran Paradiso* u zapadnom delu italijanskih Alpa (Amidžić, 2011).

Mnoge zemlje su razvile svoje sisteme zaštićenih područja koji obuhvataju različite kriterijume za njihovu klasifikaciju što je rezultovalo u nemogućnosti harmonizacije i pravilne intepretacije kategorija širom sveta (Sekulić, 2011). Kako su zaštita i očuvanje prirodnih vrednosti od globalog interesa, Međunarodna unija za zaštitu prirode (IUCN) 1972. godine objavila je prve međunarodne standarde za kategorizaciju zaštićenih područja. Ova organizacija je 1994. godine dala jednu od definicija zaštićenih područja po kojoj su to „*područja kopna i/ili mora posebno posvećena zaštiti i očuvanju biološke raznovrsnosti, prirodnih i sa njima u vezi kulturnih dobara, kojima se upravlja zakonom ili neki drugi efektivan način*“. Ovakva definicija zaštićenih

područja ukazuje na razlike u prirodnim i stvorenim vrednostima i mogućim pristupima upravljanja zbog čega ih IUCN svrstava u šest kategorija koje su zvanično prihvaćene od strane nacionalnih zakonodavstava i međunarodnih legislativa (npr. CBD¹, usvojena 1992. godine). Prema CBD-u, zaštićeno područje je definisano kao „*geografsko područje koje je proglašeno, namenjeno ili se njime upravlja na način da se postignu ciljevi zaštite*”.

Danas se zaštićena područja ne uspostavljaju samo radi zaštite i očuvanja živopisnih predela kopna i mora, i radi očuvanja biodiverziteta, nego i radi bezbeđivanja mnogih resursa neophodnih za opstanak i razvoj ljudske zajednice, poboljšanja standarda lokalnih zajednica, jačanja nacionalne ekonomije kroz prihode od turizma, ublažavanja klimatskih promena (Watson, Dudley, Segan, & Hockings, 2014). S obzirom na to da zaštićena područja širom sveta objedinjuju kompletne, funkcionalne i stabilne prirodne ekosisteme njima se upravlja na način koji će očuvati ekološke procese, staništa i vrste koje od njih zavise (Soulé & Sanjayan, 1998), odnosno, koji će obezbediti stabilnu životnu sredinu i kvalitetne ekosistemske usluge kao npr. očuvanje zaliha pitke vode, stvaranje zemljišta, obnavljanje kiseonika, oprašivanje, recikliranje zagađujućih i radioaktivnih materija, itd. Zbog toga je neophodno da se zaštićena područja posmatraju kao integralni delovi šireg predela te je u tom kontekstu potrebno stvarati viziju i definisati ciljeve upravljanja.

Mnogi naučnici i organizacije koje se bave zaštitom prirode ukazuju da bi zaštita 10-12% određenih područja očuvane prirode svake zemlje umnogome doprinela efikasnom očuvanju velikog procenta svetskih vrsta. Međutim, najnovije analize ukazuju da je na kopnu neophodno očuvati i zaštititi većinu komponenti biodiverziteta, odnosno 50% (Soulé & Sanjayan, 1998; Spector, 2002). Sa globalnim trendom širenja gradova i urbanizacije prostora, smanjuje se površina prirodnih ekosistema koji mogu predstavljati nova zaštićena područja. Studije pokazuju da na duge staze gledano, mnogi rezervati prirode u blizini urbanih sredina nisu u mogućnosti da sačuvaju i zadrže autohtone divlje vrste (Elmqvist, Alfsen & Colding, 2008). Važno je istaći da kontinuirana mogućnost održavanja i proglašenja novih zaštićenih područja zavisi pre svega, od sposobnosti da ostatak tog područja proizvede dovoljne količine hrane za lokalnu zajednicu. Harrison i Strahm (2008) ukazuju da stalno unapređenje, razvoj i zaštita prirodnih sistema zahteva bolje razumevanje samog procesa pedogeneze kao osnove za proizvodnju hrane, ali i povećanja korišćenja izvora energije od koje društvo zavisi, bez daljeg zagađenja zemljišta. Zaštićena područja mogu imati značajnu ulogu u obnavljanju ili čak poboljšanju svojstava zemljišta.

Prema poslednjim podacima Svetske baze zaštićenih područja (WDPA²) iz aprila meseca 2016. godine, ukupan broj zaštićenih područja u svetu iznosi 217 155, od kojih je 202 467 terestričnih a 14 688 marinskih (UNEP-WCMC & IUCN, 2016). Površina terestričnih područja kao i slatkovodnih staništa, uvrštenih u WDPA, pokriva 15,4% svetskog kopna i 8,4% svetskog mora

¹ CBD (*Convention on Biological Diversity*) – Konvencija o biološkoj raznovrsnosti („Sl. glasnik RS » Međunarodni ugovori“, br. 11/01)

² WDPA (*World Database on Protected Areas*) – Svetska baza zaštićenih područja

(od toga 5% obuhvata međunarodne, a 3,4% nacionalne vode). U zemljama Evropske unije površina zaštićenih kopnenih područja iznosi gotovo 21% što je znatno više od svetskog proseka. Na Desetom zasedanju država potpisnica Konvencije o zaštiti biodiverziteta održanom u Nagoji (Japan) 2010. godine, postavljeno je 20 Aiči ciljeva od kojih cilj 11 predviđa da se do 2020. godine na globalnom nivou zaštititi najmanje 17% kopnenih i 10% morskih područja (UNEP-WCMC & IUCN, 2016), naročito onih od značaja za očuvanje biološke raznovrsnosti i usluga ekosistema. Ova područja biće integrisana u širi kopneni i morski predeo i zaštićena „putem efikasno i pravično uspostavljenog, ekološki reprezentativnog i povezanog sistema zaštićenih područja i područja kojima se upravlja drugim efikasnim merama“.

Direktiva o staništima Evropske Unije (1992) danas predstavlja najjači važeći dokument o zaštiti prirode u Evropi. S toga NATURA 2000, kao evropski najšira ekološka mreža, smatra da su fitosociološki definisana staništa ona koja su od krucijalnog značaja za razgraničenje, popis, monitoring i upravljanje zaštićenim područjima (Dengler, Chytry & Ewald, 2008). NATURA 2000 je ekološka mreža koja obuhvata ekološki značajna područja ustanovljena u skladu sa Direktivom o pticama³ iz 1979. godine i Direktivom o staništima⁴ iz 1992. godine na teritoriji zemalja članica Evropske Unije. NATURA 2000 uključuje područja sa strogim režimom zaštite, ali dobar deo ove mreže ostaje u privatnom vlasništvu gde je neophodno osigurati pravilno upravljanje. Gledajući sa aspekta ekološke mreže, zaštićena područja mogu predstavljati centralne zone mreže, dok područja koja su izdvojena kao pogodna za uključivanje u ekološku mrežu mogu se razmatrati kao zaštitne (*buffer*) zone i/ili koridori (Mander, 2008). Dakle, zaštićena područja mogu biti izuzetno značajna za poboljšanje uslova šire životne sredine i očuvanje biodiverziteta ukoliko su dobro dizajnirana i njima se upravlja uz poštovanje ekosistemskog pristupa, sa posebnim uvažavanjem značaja koridora i njihove međupovezanosti. Takođe, posebna pažnja treba se posvetiti i spoljašnjim pritiscima kao što su zagađenje, klimatske promene ili invazivne vrste. Na globalnom nivou, postojeći sistem zaštićenih područja je nedovoljan za konzervaciju svih, ili čak reprezentativnih komponenti biodiverziteta (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Neophodno je poboljšati uređenje, organizaciju i upravljanje ovim područjima u cilju prevazilaženja problema očuvanja njihove reprezentativnosti, uticaja ljudskih naselja unutar njih, ilegalne eksploatacije biljaka ili životinja, masovnog turizma, uticaja invazivnih vrsta, klimatskih promena i zagađenja atmosfere, hidrosfere i pedosfere.

Samo proglašenje i utvrđivanje ciljeva zaštićenih područja ne osigurava opstanak zaštićenog područja, tako da sam porast broja i veličine područja nisu pouzdan pokazatelj pravilne zaštite prirode. Ono što je najbitnije jeste da se zaštićenim područjima upravlja efikasno što se ostvaruje

³*Directive 2009/147/EC of the European Parliament and of the Council of 30 November 2009 on the Conservation of Wild Birds. Codified version* (OJ L 20/7, 26. 01. 2010, p. 1). Retrieved 25, April 2014, from <http://eur-lex.europa.eu>

⁴*Council Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the Conservation of Natural Habitats and of Wild Fauna and Flora* (OJ L 206/7, 22. 07. 1992). Retrieved 25, April 2014, from <http://eur-lex.europa.eu>.

na razne načine, ali ono oko čega se svi slažu jeste neophodnost unapređenja efikasnosti upravljanja zaštićenim područjima (Hockings, 2000; Eagles, McCool, & Haynes, 2002).

1.1.1. Kategorizacija zaštićenih područja u svetu (IUCN)

Međunarodna unija za zaštitu prirode prepoznala je značaj jedinstvenog sistema kategorizacije zaštićenih područja uz istovremeno formiranje jedinstvene globalne liste zaštićenih područja. Prvi nacrti nomenklature zaštićenih područja kao i prve liste, predstavljeni su na Prvoj konferenciji o nacionalnim parkovima održanoj 1962. godine u Sijetlu. Od tada do danas kriterijumi kategorizacije zaštićenih područja pretrpeli su brojne izmene u cilju formiranja što fleksibilnijih kriterijuma za definisanje kategorija. Kao rezultat brojnih debata u vezi sa pokušajem jedinstvene klasifikacije zaštićenih područja, Ekonomska komisija Ujedinjenih Nacija (UNECE⁵) donela je set definicija koje su kompatibilne sa definicijama IUCN kategorija, ali sadrže i kategorije koje se razlikuju (Gillespie, 2007).

IUCN definiše zaštićeno područje kao „jasno definisano geografsko područje, koje je prepoznato, određeno i kojim se upravlja putem legalnih i drugih praktičnih mera na način kojim se ostvaruju dugoročni ciljevi zaštite prirode i pridruženih usluga ekosistema, kao i kulturnih vrednosti“ (Dudley, 2008). Osnovni kriterijumi IUCN-a koji se moraju ispuniti u cilju proglašenja nekog područja za zaštićeno su:

- prostorna definisanost sa jasnim geografskim obeležjima i granicama;
- formalni dokument o proglašenju;
- dugoročni plan upravljanja;
- opredeljenost i naglasak na zaštitu prirode.

Principi IUCN prema kojima se definišu i kategorizuju zaštićena područja baziraju se na ciljevima upravljanja ovim područjima:

- zaštićena područja kao glavni cilj moraju imati zaštitu prirode, ali mogu uključiti i druge ciljeve;
- u slučaju konflikta, zaštita prirode treba biti prioritet;
- u zaštićenim područjima moraju se sprečiti aktivnosti koje mogu ugroziti ciljeve zaštite;
- odabir kategorije vrši se prema preovladavajućim aktivnostima, nezavisno za svako područje;
- sistem kategorizacije nije hijerarhijski (ne treba neke kategorije interpretirati kao vrednije ili važnije od drugih);
- sve kategorije doprinose zaštiti prirode, zavisno od njihovih ciljeva koji zavise od pojedinačne situacije;
- kategorija nije zavisna od tipa upravljanja;
- raznovrsnost u pristupima upravljanja je poželjna;
- kategorizacija nije trajna i trebalo bi je promeniti ukoliko ne postoje kontinualnost u ciljevima upravljanja;

⁵ UNECE - *United Nations Economic Commission for Europe*

- kategorija ne odražava efektivnost upravljanja;
- u zaštićenom području treba težiti da zadrži ili poveća stepen prirodnosti zaštićenih ekosistema;
- definicija i kategorija ne treba biti korišćena za oduzimanje zemlje od vlasnika.

IUCN klasifikacija zaštićenih područja urađena je prema ciljevima upravljanja, pri čemu je izvršena generalna podela na šest kategorija. Očekivano je da se neka područja automatski uklupe u neku od kategorija, dok za druge je potrebna detaljnija provera. Takođe, sistem nije lako primeniti kod svih nacionalnih sistema zaštite, kao i kod nekih specifičnih područja. Detaljan opis osnovnih karakteristika svih kategorija zaštićenih područja prikazani su u priručniku autora Dudley (2008).

Kategorija Ia – Strogi rezervati prirode. Predstavljaju područja u kojima se vrši zaštita biodiverziteta i mogućih geoloških ili geomorfoloških objekata, u kojima su ljudske aktivnosti, korišćenje i uticaj strogo kontrolisani i ograničeni u cilju obezbeđivanja zaštite vrednosti. Ovakva područja su neophodna kao referentna područja za naučna istraživanja i monitoring.

Glavni ciljevi upravljanja su očuvanje regionalno, nacionalno ili globalno izuzetnih ekosistema, vrsta (populacija ili sporadičnih predstavnika), izvorne genetičke raznovrsnosti i/ili vrednosti geodiverziteta koji su u celosti formirani prirodnim silama, i koja mogu biti oštećena ili uništena i veoma malim ljudskim uticajem.

Kategorija Ib – Područja divljine. Predstavljaju neznatno izmenjena područja sa očuvanim prirodnim karakteristikama, pod neznatnim uticajem naselja koja nisu stalna ili značajna, ali koja su zaštićena i kojima se upravlja u cilju očuvanja prirodnih uslova.

Kao glavni cilj upravljanja definisana je dugoročna zaštita ekološkog integriteta datog područja u kome dominiraju prirodne sile i procesi, sa ograničenom ljudskom aktivnošću i bez moderne infrastrukture, tako da ih mogu koristiti sadašnje i buduće generacije.

Zaštićenim područjima koja pripadaju I kategoriji upravlja se samo u naučne svrhe ili radi zaštite divljine.

Kategorija II – Nacionalni park. Zaštićenim područjem se upravlja pretežno radi zaštite ekosistema i rekreacije.

Glavni ciljevi upravljanja su zaštita biodiverziteta, geonasleđa, prirodnih i predeonih vrednosti za duhovne, naučne, obrazovne, rekreativne i turističke svrhe.

Kategorija III – Prirodni spomenik. Zaštićenim područjem se upravlja pretežno radi zaštite posebnih prirodnih odlika.

Glavni ciljevi upravljanja su zaštita posebnih prirodnih odlika, obezbeđivanje istraživanja, obrazovanja i užitka.

Kategorija IV – Područje upravljanja staništem/vrstom. Zaštićenim područjima se upravlja pretežno radi zaštite putem ljudskih intervencija.

Glavni ciljevi upravljanja su očuvanje vrsta i njihovih staništa, obezbeđivanje naučnih istraživanja i monitoringa.

Kategorija V – Zaštićeni predeo/morski predeo. Zaštićenim područjem se upravlja pretežno radi zaštite kopnenog ili morskog predela.

Glavni ciljevi upravljanja su očuvanje sklada prirode, tradicionalnih i kulturnih vrednosti, nastavak tradicionalnog korišćenja resursa, društvenih i kulturnih manifestacija.

Kategorija VI – Zaštićena područja u kojima se upravlja resursima. Njima se upravlja pretežno radi održivog korišćenja prirodnih ekosistema.

Glavni ciljevi upravljanja su očuvanje biodiverziteta i ostalih prirodnih resursa, obezbeđivanje održive proizvodnje, pospešivanje lokalnog razvoja.

1.1.2. Upravljanje zaštićenim područjima

Sistem upravljanja životnom sredinom odnosi se na različite mere, uslove i instrumente kojima se prati i kontroliše stanje životne sredine. Indikatori stanja životne sredine mogu se iskazati fizičkim, hemijskim, biološkim, estetskim i drugim parametrima. Od sredine XX veka, vodeći se načelom zaštite ugroženih vrsta, upravljanje zaštićenim područjima varira u cilju sprečavanja iščezavanja vrsta, u smislu njihove zaštite i očuvanja. Neuspeh u ispunjavanju ovih ciljeva vodi gašenju zaštićenog područja (Pressey, Humphries, Margules, Vane-Wright & Williams, 1993; Saout, Hoffmann, Shi, & Hughes, 2013). Bitno je naglasiti da u nekim situacijama, ciljevi upravljanja uspostavljeni za neku određenu vrstu ponekad nemaju koristi ili čak mogu ugroziti opstanak drugih vrsta. Zaštićena područja u svetu predstavljaju glavnu nadu čovečanstva za ispunjavanje ambicioznih globalnih ciljeva očuvanja biodiverziteta, kao što je sprečavanje izumiranja vrsta (Secretariat, C. B. D., 2010). Takođe, ističe se da su veliki troškovi obezbeđivanja efikasnog upravljanja, ali i da su sredstva dostupna (McCarthy et al., 2012; Saout et al., 2013).

U svetu, nagli porast zaštićenih područja u drugoj polovini XX veka nametnuo je i veći i bolji kontakt sa lokalnim stanovništvom, koji je prethodno bio praćen nesuglasicama između potreba lokalnih zajednica i napora usmerenog ka prepoznavanju siromaštva ali i ka boljem ekonomskom razvoju (Brockington, Igoe, & Schmidt-Soltau, 2006; Agrawal, & Redford, 2009; Watson et al., 2014). Danas prioriteti u upravljanju se usmeravaju ka prepoznavanju prava lokalnog stanovništva u pogledu „vođenja“ zaštićenog područja koje naseljavaju i upravo mnogim područjima danas se upravlja na način koji je odredila lokalna zajednica u cilju konstantnog balansiranja ciljeva zaštite i lokalnih potreba (Dudley et al., 1999; Watson et al., 2014). Kada se govori o zaštićenim područjima i njihovom upravljanju neophodno je uključiti i ekonomski aspekt, koji je izuzetno važan kod zemalja u razvoju. U nekim slučajevima zaštićena područja mogu uticati na povećanje stope siromaštva u nekim oblastima, ukoliko ona obuhvate i lokalne resurse od kojih je prethodno zavisilo lokalno stanovništvo. Međutim, to se retko dešava i gotovo u većini slučajeva zaštićena područja, kojima se upravlja u cilju dobrobiti ljudi, doprinose

boljem ekonomskom razvoju lokalne zajednice (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Sve je više autora koji ističu da zaštićena područja imaju veliku ulogu u prevazilaženju siromaštva i ubrzavanju ekonomskog razvoja lokalnog područja što u velikoj meri doprinosi pozitivnom stavu same zajednice. Tako na primer, zaštićena područja kojima se dobro upravlja mogu da obezbede krucijalne ekosistemske usluge, uključujući vodu, zdravu hranu, zaštitu divljih sorti useva, održavanje ribljeg fonda reka, ali obezbeđuju i skladištenje ugljen-dioksida (Lubchenco, Palumbi, Gaines & Andelman, 2003; Postel & Thompson 2005; Scharlemann et al. 2010; Soares-Filho, et al. 2010; Watson et al., 2014). U budućnosti će, prilikom definisanja oblika i upravljanja zaštićenim područjem, u razmatranje morati da se uključi i uticaj klimatskih promena (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

Uprkos prepoznatoj važnosti, upravljanje zaštićenim područjima nije privuklo dovoljno pažnje. Efikasno upravljanje zaštićenim područjima je fundamentalno da bi se obezbedila realizacija sveukupnog potencijala područja (Ferraro & Hanauer, 2015; UNEP-WCMC & IUCN, 2016). Takođe, monitoring efekata upravljanja zaštićenim područjima je neophodan kako bi se ustanovili rezultati aktivnosti i njihova ekonomska isplativost (Calow, 1998). Procena efikasnosti upravljanja se sastoji od dve važne komponente: da li zaštićena područja funkcionišu u smislu upravljanja, vođenja (strateškog upravljanja) i finansijskog efekta, kao i da li su očuvane vrednosti zbog kojih su zaštićena. Kao glavna pitanja prepoznata na brojnim forumima o zaštićenim područjima, izdvojena su upravo ona koja se tiču upravljanja samim područjem u cilju njegovog održavanja. Odnose se na plan upravljanja, pravni status područja, granice, zaštitne zone, koridore i mrežu, ljudske resurse ali i na procenu uticaja na životnu sredinu (EIA⁶). Do 2013. godine, procena efikasnosti upravljanja zaštićenim područjima je urađena za oko 29% zaštićenih područja na globalnom nivou i nedostaju podaci za 52 zemlje.

Upravljanje zaštićenim područjima u Republici Srbiji zasnovano je na normativama, planiranju, organizaciji, informacijama i finansiranju koji su razvijeni u skladu sa ciljem održivog sistema upravljanja određenim prirodnim vrednostima. Ove vrednosti su definisane zakonima i drugim regulativama koje se odnose na zaštitu životne sredine i korišćenje prirodnih resursa (šuma, voda, zemljišta), prostornog planiranja i uređenja.

1.2. Zaštita prirode u Srbiji

Republiku Srbiju karakteriše velika genetička, specijska i ekosistemska raznovrsnost. Visokoplaninska i planinska oblast Srbije, kao deo Balkanskog poluostrva, predstavlja jedan od ukupno šest centara evropskog biodiverziteta, a uz to, Srbija je po bogatstvu flore potencijalno jedan od globalnih centara biljne raznovrsnosti (Radović et al., 2011).

U Srbiji zaštita i očuvanje prirode, biološke, geološke i predeone raznovrsnosti kao dela životne sredine, regulisani su Zakonom o zaštiti prirode („Sl. glasnik RS“, br. 36/09, 88/10, 14/16), a sistem zaštite životne sredine Zakonom o zaštiti životne sredine („Sl. glasnik RS“, br. 135/04,

⁶ EIA - *Environmental Impact Assessments*-Procena uticaja na životnu sredinu

36/09, 14/16). Prema Zakonu o zaštiti prirode, u zaštićena prirodna dobra spadaju zaštićene vrste, pokretna zaštićena prirodna dokumenta i zaštićena područja.

Zaštićena područja su područja koja imaju izraženu geološku, biološku, ekosistemsku i/ili predeonu raznovrsnost i koja su značajna kao staništa vrsta ptica i drugih migratornih vrsta značajnih u skladu sa međunarodnim propisima.

Iz definicije proističe da je nacionalna kategorizacija zasnovana pre svega na vrednostima, sadržaju i statusu zaštićenih područja, a ne na ciljevima upravljanja. Takođe, važno je pomenuti da se zaštićena područja mogu prekogranično povezivati sa zaštićenim područjima drugih država.

Zavod za zaštitu prirode Srbije (ZZPS) izrađuje studije kao osnove za zaštitu određenih područja. Studije sadrže podatke o granicama područja predviđenog za zaštitu i granicama režima zaštite, svojinske i katastarske podatke, kao i podatke o prirodnim i stvorenim karakteristikama i vrednostima dobra. Studije zaštite područja su na raspolaganju svim zainteresovanim stranama koje mogu izneti svoje mišljenje na javnim raspravama.

Proglašenje zaštićenih područja uređeno je Zakonom o zaštiti prirode („Sl. glasnik RS“, br. 36/09, 88/10, 91/10, 14/16). Područja nacionalnih parkova utvrđuju se Zakonom o nacionalnim parkovima („Sl. glasnik RS“, br. 84/15). Zaštićena područja prve (I) kategorije proglašava Vlada Republike Srbije na predlog resornog ministarstva. Za područja druge (II) kategorije uredbu o zaštiti donosi Vlada, odnosno za prirodna dobra na teritoriji autonomne pokrajine Pokrajinska vlada (AP Vojvodine). Zaštićeno područje treće (III) kategorije proglašava nadležni organ jedinice lokalne samouprave. Rešenjima o zaštiti utvrđuje se upravljač koji čuva, unapređuje, promoviše prirodno dobro, odnosno na osnovu plana upravljanja sprovodi aktivne mere zaštite u cilju očuvanja prirodnih vrednosti područja.

U zavisnosti od režima zaštite, odnosno, od skupa mera i uslova kojima se određuje način i stepen zaštite, korišćenja, uređenja i unapređenja, zaštićena područja se saglasno Zakonu o zaštiti prirode klasifikuju u VII kategorija:

1. strogi rezervat prirode,
2. specijalni rezervat prirode,
3. nacionalni park,
4. spomenik prirode,
5. zaštićeno stanište,
6. predeo izuzetnih odlika i
7. park prirode.

Od 2011. godine u Srbiji je zabeležen trend porasta površine zaštićenih područja sa 518 204 ha tj. 5,86% (Radović et al., 2011) na 578 500 ha tj. 6,5 % u 2015. godini (S. Popović, 2016). Takođe, u 2015. godini izvršene su i revizije granica svih pet nacionalnih parkova. Prostornim

planom Republike Srbije („Sl. glasnik RS“, br. 88/10), predviđeno je da do 2020. godine pod nekim vidom zaštite treba da bude oko 12 % teritorije Republike Srbije što znači da treba uložiti još dosta napora kako bi se dostigla ova cifra.

Na teritoriji Republike Srbije ustanovljene su centralne zone ekološke mreže („Sl. glasnik RS“, br. 102/10), koje obuhvataju 101 ekološki značajno područje. U sastav ekološke mreže ulaze EMERALD područja⁷, ramsarska područja⁸, područja od značaja za biljke⁹ (61 područje), područja od značaja za ptice¹⁰ (42) i područja od značaja za dnevne leptire¹¹ (40). Prema kriterijumima Konvencije o očuvanju divlje flore i faune i prirodnih staništa¹² pripremljena je lista potencijalnih EMERALD područja koja obuhvata 61 područje. Ukupna površina ovih područja iznosi 1 019 269 ha što je 11,54 % teritorije Republike Srbije na kojoj je zaštićeno 2 628 vrsta, od čega je 1 760 obuhvaćeno strogim režimom zaštite (S. Popović, 2016).

1.2.1. Kategorizacija zaštićenih područja

U Zakonu o zaštiti prirode definisane su kategorije zaštićenih područja:

1. *Strogi rezervat prirode* je područje neizmenjenih prirodnih odlika sa reprezentativnim prirodnim ekosistemima, namenjeno isključivo očuvanju izvorne prirode, genskog fonda, ekološke ravnoteže, praćenja prirodnih pojava i procesa i naučnim istraživanjima kojima se ne narušavaju prirodna obeležja, vrednosti, pojave i procesi (čl. 29. Zakona o zaštiti prirode).

2. *Specijalni rezervat prirode* je područje sa neizmenjenom ili neznatno izmenjenom prirodom, od naročito značaja zbog jedinstvenosti, retkosti ili reprezentativnosti, a koje obuhvata stanište ugroženih divljih vrsta biljaka, životinja i gljiva, bez naselja ili sa retkim naseljima u kojima čovek živi usklađeno sa prirodom. Područje je namenjeno očuvanju postojećih prirodnih odlika, genskog fonda, ekološke ravnoteže, naučnim istraživanjima i obrazovanju, praćenju prirodnih pojava i procesa, kontrolisanim posetama i očuvanju tradicionalnog načina života (čl. 29. Zakona o zaštiti prirode).

3. *Nacionalni park* je područje sa većim brojem raznovrsnih prirodnih ekosistema od nacionalnog značaja, istaknutih predeonih odlika i kulturnog nasleđa u kome čovek živi usklađeno sa prirodom. Ovo područje namenjeno je očuvanju postojećih prirodnih vrednosti i resursa, ukupne predeone, geološke i biološke raznovrsnosti, kao i zadovoljenju naučnih,

⁷ EMERALD - evropska ekološka mreža za očuvanje divlje flore i faune i njihovih prirodnih staništa u onim zemljama koje nisu članice EU. U Srbiji je započeta realizacijom pilot projekta „Uspostavljanje Emerald mreže u zemljama jugoistočne Evrope“ 2005.god.

⁸ Ramsarska konvencija - Konvencija o zaštiti močvarnih područja od međunarodnog značaja, naročito kao staništa ptica močvarica, 1971. god. („Sl. list SFRJ»Međunarodni ugovori“, br. 9/77)

⁹ *Important Plant Area (IPA)* -Značajna botanička područja

¹⁰ *Important Bird and Biodiversity Areas (IBAs)*- Područja od međunarodnog značaja za ptice

¹¹ *Prime Butterfly Areas(PBA)*- Područja značajna za dnevne leptire

¹² *Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats* (ETS No 104) – Bernska konvencija, 1979.godine („Sl. glasnik RS» Međunarodni ugovori“, br. 102/07)

obrazovnih, duhovnih, estetskih, kulturnih, turističkih, zdravstveno-rekreativnih potreba i ostalih aktivnosti u skladu sa načelima zaštite prirode i održivog razvoja.

U nacionalnom parku dozvoljene su radnje i delatnosti kojima se ne ugrožava izvornost prirode, kao i obavljanje delatnosti koje su u funkciji obrazovanja, zdravstveno-rekreativnih i turističkih potreba, nastavka tradicionalnog načina života lokalnih zajednica, a na način kojim se ne ugrožava opstanak vrsta, prirodnih ekosistema i predela, u skladu sa ovim zakonom i planom upravljanja koji donosi upravljač (čl. 30. Zakona o zaštiti prirode).

4. *Spomenik prirode* je manja neizmenjena ili delimično izmenjena prirodna prostorna celina, objekat ili pojava, fizički jasno izražena, prepoznatljiva i/ili jedinstvena, reprezentativnih geomorfoloških, geoloških, hidrografskih, botaničkih i/ili drugih obeležja, kao i ljudskim radom formirana botanička vrednost od naučnog, estetskog, kulturnog ili obrazovnog značaja.

Spomenik prirode može biti geološki (istorijskogeološko-stratigrafski, paleontološki, petrološki, sedimentološki, mineraloški, strukturogeološki, hidrogeološki i drugi), geomorfološki, speleološki (pećina, jama i drugo), hidrološki (ceo ili deo vodotoka, slap, jezero, tresava i drugo), botanički (retki ili značajni primerci biljnog sveta, pojedinačno stablo ili skupina stabala, drvoređi, parkovi, arboretumi, botaničke bašte i drugo) (čl. 31. Zakona o zaštiti prirode).

5. *Zaštićeno stanište* je područje koje obuhvata jedan ili više tipova prirodnih staništa značajnih za očuvanje jedne ili više populacija divljih vrsta i njihovih zajednica (čl.32, Zakona o zaštiti prirode).

6. *Predeo izuzetnih odlika (PIO)* je područje sa značajnim prirodnim, biološko-ekološkim, estetskim i kulturno-istorijskim vrednostima, gde tradicionalan način života lokalnog stanovništva nije bitnije narušio prirodu i prirodne ekosisteme (čl. 33, Zakona o zaštiti prirode).

7. *Park prirode* je područje dobro očuvanih prirodnih vrednosti sa pretežno očuvanim prirodnim ekosistemima i živopisnim pejzažima, koje je namenjeno očuvanju ukupne geološke, biološke i predeone raznovrsnosti, kao i zadovoljenju naučnih, obrazovnih, duhovnih, estetskih, kulturnih, turističkih, zdravstveno-rekreativnih potreba i ostalih delatnosti usklađenih sa tradicionalnim načinom života i načelima održivog razvoja (čl. 34, Zakona o zaštiti prirode).

Zaštićena područja se veoma često loše klasifikuju, jer ne postoji jasna granica u karakteristikama nekih kategorija zaštićenih područja. Iz definicija kategorija zaštićenih područja uočava se da nacionalni sistem klasifikacije nije u potpunosti kompatibilan sa IUCN klasifikacijom, iako kompatibilnost generalno postoji, kategorije IUCN-a se ne mogu automatski primeniti. Takođe, Sekulić (2011) navodi da je razlike u principima upravljanja nekim kategorijama veoma teško uočiti, dok se nekim, koja pripadaju različitim kategorijama, upravlja na isti način. Kao jedan od glavnih razloga za to ovaj autor navodi nedostatak jasne i precizne definicije kategorija, kao i jasnih kriterijuma za primenu. Jedan od mogućih načina unapređenja nacionalnog sistema klasifikacije jeste prilagođavanje IUCN klasifikaciji, jer sve kategorije, osim Ib (videti 1.1.1. poglavlje), mogu biti primenjene u Srbiji (Sekulić, 2011).

1.2.2. Režimi zaštite u zaštićenim područjima

Na zaštićenom području uspostavljaju se tri režima zaštite I, II i III stepena, što je bliže regulisano Uredbom o režimima zaštite („Sl. glasnik RS“, br. 31/2012). Prema Zakonu o zaštiti prirode:

Režim zaštite I stepena podrazumeva strogu zaštitu koja se sprovodi na zaštićenom području ili njegovom delu sa izvornim ili malo izmenjenim ekosistemima izuzetnog naučnog i praktičnog značaja, kojom se omogućavaju procesi prirodne sukcesije i očuvanje staništa i životnih zajednica u uslovima divljine.

Režim zaštite II stepena podrazumeva aktivnu zaštitu, a sprovodi se na zaštićenom području ili njegovom delu sa delimično izmenjenim ekosistemima velikog naučnog i praktičnog značaja i posebno vrednim predelima i objektima geonasleđa. U režimu zaštite II stepena mogu se vršiti upravljačke intervencije u cilju restauracije, revitalizacije i ukupnog unapređenja zaštićenog područja, bez posledica po primarne vrednosti njihovih prirodnih staništa, populacija, ekosistema, obeležja predela i objekata geonasleđa. Takođe, mogu se obavljati tradicionalne delatnosti i ograničeno koristiti prirodni resursi na održiv i strogo kontrolisan način.

Režim zaštite III stepena podrazumeva proaktivnu zaštitu, a sprovodi se na zaštićenom području ili njegovom delu sa delimično izmenjenim i/ili izmenjenim ekosistemima, predelima i objektima geonasleđa od naučnog i praktičnog značaja. U oblasti pod režimom zaštite III stepena mogu se vršiti upravljačke intervencije u cilju restauracije, revitalizacije i ukupnog unapređenja zaštićenog područja, razvoj sela i unapređenje seoskih domaćinstava, uređenje objekata kulturno-istorijskog nasleđa i tradicionalnog graditeljstva, očuvanje tradicionalnih delatnosti lokalnog stanovništva, selektivno i ograničeno korišćenje prirodnih resursa i prostora uz potrebnu infrastrukturu i drugu izgradnju.

1.2.3. Upravljanje zaštićenim područjima u Srbiji

S obzirom na veliku raznovrsnost staništa, biljnog i životinjskog sveta, ekosistema, predela, kulturnog, istorijskog i etničkog bogatstva koje karakteriše jedinstveno područje teritorije Srbije, neophodno je preduzeti izuzetnu brigu, ali i dugotrajni monitoring zaštite vrednosti (Amidžić, Bartula, Krivošej, & Prodanović, 2013). Međutim, nedovoljno je preciznijih podataka o antropogenim uticajima na stanje atmosfere, hidrosfere, litosfere, pedosfere i biodiverziteta. Takođe, različiti uslovi životne sredine uslovljeni su pre svega različitim stepenom kontaminacije, uslovima zemljišta i mikroklimе (Stevović, Devrnja, & Čalić-Dragosavac, 2011). Praćenje stanja životne sredine u zaštićenim područjima pruža realnu sliku o kvalitetu okruženja i svrsishodnosti zaštite.

Zaštita, upravljanje, korišćenje i unapređenje zaštićenih područja sprovodi se na osnovu akta o proglašenju zaštićenog područja i plana upravljanja zaštićenim područjem koji donosi upravljač na period od deset godina, kako je definisano u Zakonu o zaštiti prirode.

Upravljanje zaštićenim područjima obavlja pravno lice koje koje ispunjava stručne, kadrovske i organizacione uslove za obavljanje poslova očuvanja, unapređenja, promovisanja prirodnih i drugih vrednosti i održivog korišćenja zaštićenog područja (čl. 67, Zakona o zaštiti prirode). Takođe, upravljač može biti preduzetnik i/ili fizičko lice ukoliko se radi o zaštićenom području male površine i većinskom privatnom vlasništvu nad nepokretnostima. To znači da zaštićenim područjima mogu da upravljaju javna preduzeća, kompanije, komunalna preduzeća, muzeji, fakulteti, turističke organizacije, ekološke NVO, fondacije a sve u cilju unaređenja sistema zaštićenih područja i bolje harmonizacije sa IUCN-om (Sekulić, 2011).

Upravljanje ovim područjima se realizuje na više nivoa i kroz više subjekata uključujući:

1. republičku vlast,
2. regionalne i lokalne administracije (AP i opštine),
3. javna preduzeća,
4. nevladine organizacije (i lokalne komore) i
5. druge subjekte uključujući pojedince i privatne kompanije.

Finansiranje zaštićenih područja obezbeđuje se delom iz sredstava budžeta Republike, autonomne pokrajine ili jedinica lokalne samouprave a delom od naknada za korišćenje resursa, naplata usluga, turizma, projekata, donacija i drugih izvora u skladu sa Zakonom. Državno finansiranje obezbeđeno je iz raznih izvora, a u proseku republička Vlada obezbeđuje 25% ukupnih sredstava za zaštićena područja (Radović et al., 2011).

Kao posledica ograničenog državnog finansiranja aktivnosti očuvanja zaštićenih područja, javna preduzeća koja upravljaju nacionalnim parkovima nalaze se u protivrečnoj situaciji, jer su prinuđena da eksploatišu prirodne resurse kako bi finansirali njihovo očuvanje (Radović et al., 2011).

1.3. Životna sredina i indikatori njenog stanja

Životna sredina može se posmatrati kao petokomponentni sistem koji čine atmosfera, litosfera, hidrosfera, pedosfera i organizmi. Indikatori stanja životne sredine u Srbiji kreirani su na temelju metodologije Evropske agencije za zaštitu životne sredine zasnovane na odnosu između životne sredine i ljudskih aktivnosti. Ti su odnosi predstavljeni modelom DPSIR: pokretački faktori (*Driving forces*) – pritisci (*Pressures*) – stanje (*State*) – uticaji (*Impact*) – reakcije (*Response*) pri čemu indikatori unutar modela odražavaju uzročno posledične veze (UNDP & Agencija za zaštitu životne sredine, 2007).

Set indikatora u okviru kategorije pokretački faktori uključuje antropogene aktivnosti koje imaju uticaj na životnu sredinu, a set indikatora unutar kategorije pritisci predstavlja direktnu posledicu pritiska na životnu sredinu. S druge strane, set indikatora iz kategorije stanje ukazuje na postojeće stanje životne sredine, dok set indikatora iz kategorije uticaji predstavlja posledice pritiska na životnu sredinu. Cilj upravljanja zaštićenim područjima je između ostalog, zaštita prirodnih vrednosti i resursa, sprečavanje antropogenih pritisaka očuvanje zdrave i stabilne životne sredine.

1.4. Radionuklidi u životnoj sredini

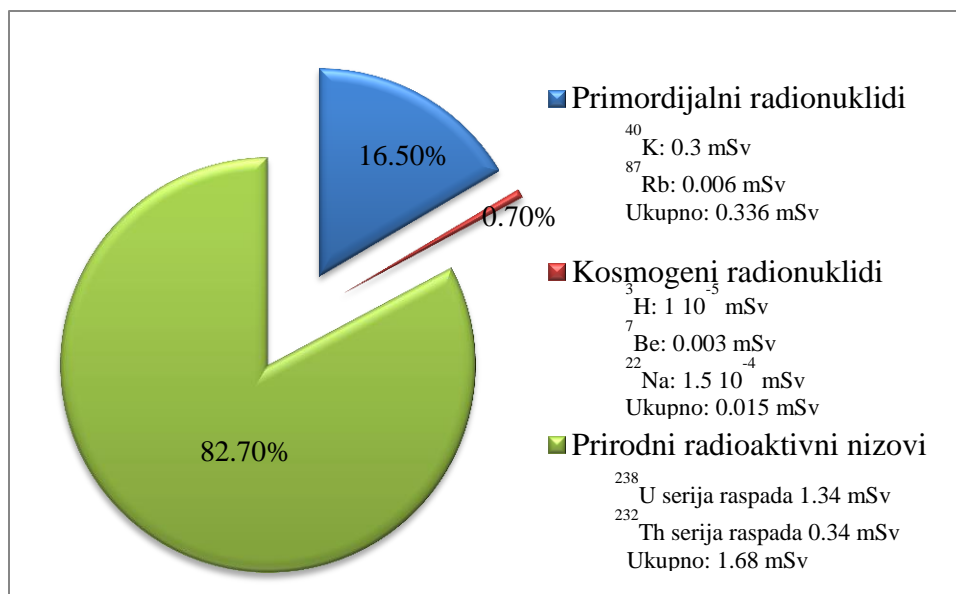
Na Zemlji je prisutna stalna radioaktivnost tako da su živa bića neprekidno bila i biće joj izložena. Međutim sve do otkrića radioaktivnosti čovek nije bio svestan da je zračenje deo njega i njegove okoline.

Postojanje ugašenih prirodnih nuklearnih reaktora dokazano je njihovim otkrićem u Gabonu (Afrika), u rudniku uranijuma Oklo. Za njih je utvrđeno da su bili aktivni pre oko 2 milijarde godina. Oni u stvari predstavljaju nalazišta mineralne sirovine uranijuma, čija je analiza izotopa pokazala da se na tom mestu odvijala samoodrživa nuklearna lančana reakcija. Do tog otkrića došlo se slučajno kada su francuski stručnjaci utvrdili da se u prirodnom uranijumu pojavljuje značajan manjak ^{235}U . Naime, prirodni uranijum sadrži 0,720 % fisionog ^{235}U , a ruda iz Okla imala je 0,717%. Dalje analize pokazale su još veće osiromašenje ^{235}U od 0,64% , dok su pojedine rudne žice imale i dvaput manje ^{235}U . Izotopsko razblaženje nastalo je prirodnim putem, u kome su osim smanjenog udela ^{235}U nađeni i retki elementa (lantanidi) koji su produkti fisije. Detaljnim istraživanjem područja prirodnog reaktora pokazano je da u moćnoj uranovoj žili, širine 600-900 m i debljine 4-10 m, sa podzemnim vodama postoji glinena smeša, dimenzija (10 – 20 × 1 m) sa koncentracijama urana 20 - 40%, u kojoj se odvijala lančana reakcija. Voda koja je sporo proticala kroz uranovo orudnjenje, usporavala je neutrone i odvodila toplotu koja je nastajala u tom prirodnom reaktorskom jezgru. Smatra se da su oni bili na dubini od oko 5 km ispod površine okeana i da je voda bila pod pritiskom. Na transport i disperziju prirodnih neizmenjenih radionuklida kroz biosferu uticali su meteorološki i geološki uslovi. Dokazano je postojanje šest fosilnih nuklearnih reaktora u sedimentnim stenama starim 2 050 miliona godina (V. Popović, 2012).

U cilju obezbeđivanja što boljih uslova za život i rad, čovek je stvorio i nove izvore jonizujućeg zračenja (npr. rendgenske aparate, nuklearne reaktore, nuklearne bombe) koje nazivamo veštačkim izvorima zračenja. Svojim delovanjem, posebno razvojem nuklearne nauke i tehnologije, kreiranjem nuklearnih reaktora i testiranjem nuklearnog oružja, ljudi su stvorili još neke radioaktivne elemente, poput ^{90}Sr , ^{129}I , ^{131}I , ^{137}Cs , ^{239}Pu itd. (Sušac, 2014). Briga o radioaktivnosti životne sredine je od velikog značaja za opstanak celokupnog živog sveta na planeti, upravo zbog sve većeg korišćenja nuklearne energije i unošenja radionuklida u biogeohemijske ciklusa kruženja materije i protoka energije.

Nuklearno zračenje, koje nastaje prilikom radioaktivnog raspada, može imati značajan uticaj na životnu sredinu. Ovde se pre svega misli na *jonizujuće zračenje* čije dejstvo i domet zavise od energije i tipa zračenja. U kontekstu izučavanja uticaja jonizujućeg zračenja na život ljudi, koristi se jedinica sivert (Sv), kao mera štetnog dejstva zračenja na čoveka (efektivna doza).

Relativne godišnje efektivne doze komponenti prirodnog zračenja koje utiču na ljudsku populaciju prikazane su na Sl. 1. Kosmogeni radionuklidi učestvuju sa oko 0,7%, ali se ovaj procenat povećava na čak 15% kada se uključi i galaktičko i solarno kosmogeno zračenje (Michel, 1999; Larivière & Guèrin 2010).



Slika 1. Prosečna efektivna doza i procenat učešća prirodne komponente radioaktivnosti (Larivière & Guèrin 2010).

Kao potencijalni zagađivači životne sredine radioaktivnim materijama identifikovane su i nuklearne elektrane, zatim različiti tehnološki procesi u kojima dolazi do povećanja koncentracije prirodnih radionuklida ali i zračenje koje se koristi u medicinske svrhe. Nuklearnim probama tokom XX veka ali i zbog nuklearnih akcidenata, pre svega u Černobilju 1986. godine, u atmosferu je ispuštena velika količina veštačkih radionuklida što je uzrokovalo kontaminaciju životne sredine širokih razmera. Takođe, u životnoj sredini Srbije moguće je detektovati pored proizvedenih radionuklida koji su posledica i Černobiljske katastrofe i osiromašeni uranijum zbog posledica dejstava snaga NATO 1999. godine, kada je jedan deo životne sredine Srbije kontaminiran.

U cilju procene ugroženosti životne sredine i omogućavanja pravovremenog odgovora u slučaju povećanja radioaktivnosti neophodno je vršiti njeno sistematsko praćenje. Sprovedenjem organizovanog monitoringa radioaktivnosti u životnoj sredini obezbeđuje se primena mera koje vode radijacionoj sigurnosti i bezbednosti.

1.4.1. Opše karakteristike jonizujućih zračenja

Radioaktivna svojstva stiču spontana atomska jezgra prilikom transformacije pri čemu ona menjaju svoj sastav ili energetska stanje. Prema definiciji Evropske komisije (1999) radioaktivnost je spontana emisija radijacije (zračenja) alfa i beta čestica praćenih gama zracima iz jezgra nestabilnog izotopa. Zajednička osobina radioaktivnih emitera je da deluju na fotografsku ploču, da prodiru kroz različite materijale izvesnih debljina, da izazivaju jonizaciju gasova i fluorescenciju raznih tela. Ukoliko emitovane čestice i zraci potiču iz atomskog jezgra,

jezgra nazivamo nestabilnim ili radioaktivnim, za razliku od onih koja nemaju ovo svojstvo i koja su stabilna.

Jonizujuće zračenje u životnoj sredini naše planete potiče iz brojnih izvora i generiše najveći deo radioaktivnosti koja nas okružuje. U ova zračenja spadaju fotonska ili čestična zračenja koja imaju dovoljno energije da prolaskom kroz neku materiju jonizuju atome i molekule sredine. Tom prilikom oslobađaju se elektroni koji dalje mogu vršiti sekundarnu jonizaciju. U jonizujuća zračenja ubrajaju se elektromagnetni talasi talasne dužine manje od 10^{-8} m, kao što su x (X) zraci i gama (γ) zraci, zatim, alfa (α) i beta (β) čestice koje nastaju raspadom radioaktivnih nuklida, kao i naelektrisane čestice (elektroni, protoni, joni težih elemenata), koji energiju dobijaju ubrzavanjem u akceleratorima i neutroni, električno neutralne čestice, koji vrše jonizaciju direktno (Nikčević & Anđelić, 2011). Posledice dejstva ovih zračenja na materiju su promene u elektronskom omotaču atoma i molekula sredine kroz koju zračenje prolazi. Tada dolazi do procesa pobuđivanja (eksitacije) i jonizacije atoma i molekula.

Kosmičko zračenje potiče od izvora izvan ali i iz našeg Sunčevog sistema i obuhvata različite oblike zračenja od vrlo brzih teških čestica, sve do visokoenergetski fotona i miona. Ovo zračenje interaguje s atomima u gornjim slojevima atmosfere i tako proizvodi radionuklide, koji su najčešće kraćih vremena poluživota (Larivière & Guèrin, 2010). Pored prirodnih izvora jonizujućih zračenja, čovek je svojom aktivnošću proizveo i čitav niz veštačkih izvora (rendgenski aparat, nuklearne elektrane, nuklearno oružje i sl.). Jonizujuće zračenje potencijalno je štetno po život; apsorbovanje visoke doze zračenja može imati letalni efekat, dok niske doze utiču negativno na genetički materijal (EEA, 2016).

Svi teški elementi koji se nalaze u prirodi, a koji imaju atomski broj $Z \geq 83$, označeni su kao radioaktivni elementi, kao i neki izotopi lakših elemenata (npr. vodonik). Radioaktivni raspad se odigrava spontano bez ikakvog uticaja spoljašnjih faktora. Vučinić & Popov (2004) razlikuju tri karakteristična prirodna radioaktivna raspada:

1. do α raspada dolazi kada iz jezgra radioaktivnog roditelja nastaje čestica koja se sastoji od dva protona i dva neutrona tj. α čestica ili jezgro ${}^4_2\text{He}$. Taj proces označava se kao α radioaktivno zračenje. Potomak tog raspada je izotop elementa koji ima redni broj (Z) manji za 2, a maseni (A) za 4.

Zbog relativno velike mase α čestice su teške i spore čestice, što im omogućava veliku interakciju sa materijom prilikom prolaska kroz nju. Energetski spektar alfa-čestica je linijski i leži u opsegu od 4-10 MeV. Alfa čestica intenzivno jonizuje sredinu kroz koju prolazi, jer ona zavisi od interakcije sa materijom, odnosno domet α čestica opada sa povećanjem gustine materijala.

2. Prvi tip β raspada tzv. β^- odigrava se kada u jezgru ima više neutrona u odnosu na protone, pri čemu dolazi do transformacije neutrona u proton uz emisiju elektrona odnosno β^- čestice i čestice antineutrina (čestica bez naelektrisanja (ν_e) i nulte mase u mirovanju). U toku β^- radioaktivnog zračenja od radioaktivnog roditelja dobija se potomak, izotop elementa čiji je redni broj veći za jedan, a maseni ostaje isti.

3. Drugi tip β raspada, tzv. β^+ odvija se ukoliko se u jezgru nalazi više protona u odnosu na neutrone, pri čemu se proton transformiše u neutron uz emisiju pozitrona (e^+), čestice iste mase kao elektron ali suprotnog naelektrisanja tj. nastaje β^+ čestica i neutrino (ν). Neutrino je čestica bez naelektrisanja i mase koja je manja od hiljaditog dela mase elektrona, dakle nulte mase, kao i antineutrino. U toku β^+ radioaktivnog raspada od radioaktivnog roditelja dobija se izotop elementa čiji je redni broj za jedan manji, a maseni broj isti kao radioaktivni izotop.
4. Treći tip β raspada predstavlja elektronski zahvat pri kome je krajnja promena jezgra ista kao β^+ raspada. U oba slučaja nuklearni proton se transformiše u neutron a potomak je pomeren za jedno mesto u levo u periodnom sistemu elemenata. Međutim, u ovom procesu jezgro zahvata je jedan od atomskih elektrona, uglavnom iz K ili ređe iz L ljuske, pri čemu se proton transformiše u neutron. U slučaju elektronskog zahvata nema nikakvog zračenja iz jezgra (osim neutrona). Jedina evidencija da se zahvat dogodio je emisija X zračenja koje nastaje kao posledica pregrupisanja elektrona. Praznina koja je nastala elektronskim zahvatom u elektronskoj ljusci popunjava se drugim elektronom.

Energetski spektar beta zračenja je kontinuiran i u njemu su zastupljene sve energije elektrona od nulte do maksimalne energije datog beta zračenja. Zbog toga što su mnogo manje mase u poređenju sa α česticama, prilikom prolaska kroz materiju ostvaruju mnogo veće brzine i smanju specifičnu jonizaciju te imaju veći domet.

Elektromagnetni talasi, γ -zraci, talasne dužine od 10^{-4} do 10^{-2} nm, imaju velike energije. Gama radijacija (γ) predstavlja elektromagnetno zračenje koje emituju nestabilna jezgra atoma u vidu energije fotona. Kod prirodne komponente radioaktivnosti nije poznat primer jezgra koje emituju samo γ zračenje, jer je ono uvek praćeno emisijom β ili α čestica. Gama zraci svih energija putuju brzinom svetlosti i u vidu malih frakcija energije prolaze kroz svaki štit. Međutim sa porastom debljine štita frakcije energije slabe. Domet gama zraka ne može se odrediti zbog toga što je njihova apsorpcija eksponencijalna funkcija, međutim moguće je odrediti koeficijent apsorpcije.

Gama zračenje je našlo veliku primenu danas u medicini, posebno u dijagnostici bolesti.

Sve interakcije gama fotona sa materijom odvijaju preko tri dominantna efekta:

- 1) fotoelektričnog,
- 2) Komptonovog i
- 3) efekta stvaranja parova.

Verovatnoća interakcije zavisi od energije koju foton ima i atomskog broja atoma mete.

1) Fotoelektrični efekat

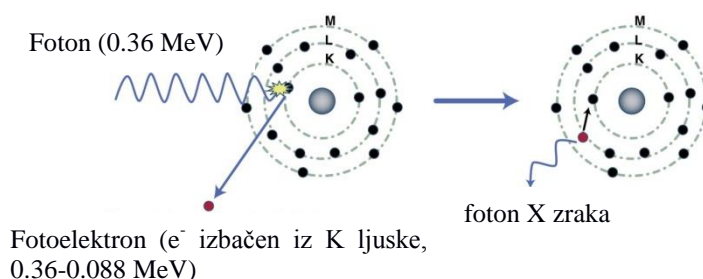
Na niskim energijama dominira fotoelektrični efekat odnosno interakcija fotona sa celim atomom tj. apsorpcija fotona. Energija fotona izbacuje elektron, fotoelektron, čija je energija jednaka razlici energija inicijalnog fotona i energije veze izbačenog elektrona. Upraznjeno mesto

elektrona popunjava elektron sa više orbite i pri tom se emituje iks (X) zračenje (fluorescentno zračenje) ili Ožeovi elektroni (R. Simović, 2015¹³).

Fotoelektrični efekat (Sl. 2) predstavlja interakciju fotona sa materijom u kojoj on, energije ($h\nu$), ulazi u interakciju sa atomom kao celinom, predajući čitavu svoju energiju elektronu iz elektromagnetnog omotača jezgra. Ta energija fotona troši se na oslobađanje elektrona iz omotača a ostatak se deli na atom i izbačeni fotoelektron, prema zakonu održanja energije. Iz zakona održanja impulsa sledi da se kinetička energija atoma može zanemariti, te se energija elektrona može odrediti preko formule:

$$E_e = h\nu - E_b$$

gde: E_b predstavlja energiju veze elektrona koja zavisi od elektronske ljuske (K, L, M...) iz koje je izbačen.



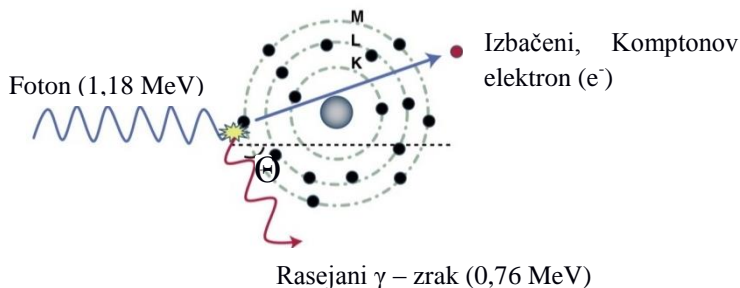
Slika 2. Prikaz fotoelektričnog efekta, adaptirana ilustracija (Danad, Fayad, Willeminck & Min, 2015).

Sekundarna pojava koja prati fotoefekat jeste pojava jednog ili više X zraka ukupne energije E_b koji nastaje kao rezultat popunjavanja ispražnjenog mesta u ljusci. Verovatnoća da se dogodi fotoelektrični efekat brzo opada sa porastom energije fotona.

2) Komptonov efekat

Sa porastom energije fotona (u odnosu na energiju veze najbližeg elektrona u jezgru) počinje da raste i dominira verovatnoća za Komptonov efekat ili rasejanje fotona (Sl. 3). U ovom procesu upadni foton ulazi u interakciju sa orbitalnim elektronom koji se može smatrati slobodnim jer je energija fotona znatno veća. Sama interakcija se treba posmatrati kao elastični sudar između primarnog fotona i elektrona uz konzervaciju energije i momenta sistema. Nakon sudara, deo energije fotona se prenosi na elektron, zbog čega foton skreće pod nekim uglom u odnosu na prvobitnu putanju. Sekundarni, rasejni foton ima različit smer i energiju od upadnog, koja zavisi od početne energije fotona i ugla rasejanja (Simović, 2015¹³).

¹³ Simović, R. (2015). Beleške sa predavanja „Radioaktivnost u životnoj sredini“, Univerzitet Union Nikola Tesla, Fakultet za ekologiju i zaštitu životne sredine



Slika 3. Prikaz Komptonovog rasejanja, adaptirana ilustracija (Danad, Fayad, Willeminck & Min, 2015).

Primenom zakona održanja energije i impulsa dobijaju se izrazi za energiju elektrona (E_e) i rasejnog fotona (E'), koji su predstavljeni sledećom formulom:

$$E_e = E \left(1 - \frac{1}{1 + \frac{E}{m_0 c^2} (1 - \cos \theta)} \right) \text{ i } E' = E \left(1 + \frac{E}{m_0 c^2} (1 - \cos \theta) \right),$$

U formuli E predstavlja energiju inicijalnog fotona (MeV), a θ je ugao rasejanja fotona koji može biti od 0° do 90° .

Ukoliko se rasejanje odvija pod malim uglom ili ukoliko gotovo nema rasejanja, $\theta \approx 0^\circ$, sledi da je $E \approx E_e$. Takođe, ukoliko su visoke početne energije fotona i sudar je čeon, rasejanje fotona je strogo unazad ($\theta = 180^\circ$ i $E \approx \infty$) iz čega sledi da je $E' \approx 0,25$ MeV, što predstavlja malu frakciju početne energije fotona (R. Simović, 2015¹³). Elektron najviše energije dobija sudarajući se na ovaj način, usled čega se može definisati tzv. Komptonova ivica (E^{max}). Ona predstavlja maksimalnu energiju koju foton može predati rasejanom elektronu:

$$E^{max} = \frac{E}{1 + \frac{m_0 c^2}{2E}}$$

3) Stvaranje parova

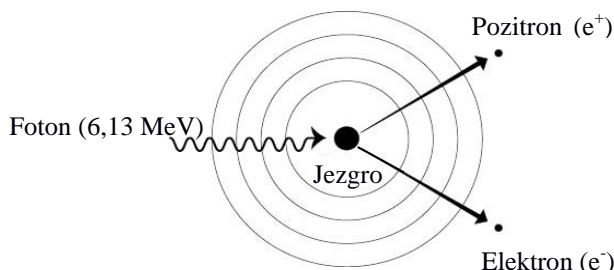
Stvaranje parova je proces u kome γ foton nestaje u Kulonovom polju jezgara ili elektrona, ukoliko je energija inicijalnog fotona veća od 1,02 MeV, a nastaju elektron i pozitron prema zakonu održanja naelektrisanja (Sl. 4). Ukupno naelektrisanje elektrona i pozitrona jednako je nuli, a energetski bilans jednak relaciji:

$$E_\gamma = 2m_0 c^2 + E^+ + E^- = 1,022 \text{ MeV} + E^+ + E^-$$

pri čemu: E_γ predstavlja energiju fotona, $2m_0 c^2$ je energija utrošena na stvaranje para, dok E^+ i E^- predstavljaju energije pozitrona odnosno elektrona, a kinetička energija jezgra se zanemaruje.

Ukoliko je energija inicijalnog fotona veća 1,02 MeV nastali elektron i pozitron imaju masu ekvivalentnu energiji od 0,5 MeV, dok se ostatak energije fotona raspodeljuje na kinetičku energiju čestica. Ova reakcija nema veliki značaj za radionuklide koji se primenjuju u terapiji,

međutim bitna je kod visokoenergetskih akceleratora i nuklearnih reaktora. Na primer, u reaktorima, u hladiocu reaktora sa vodom pod pritiskom (PVR – reaktori), iz azota-13 emituju se fotoni energije 6,13 MeV (Simović, 2015¹³).



Slika 4. Prikaz stvaranja parova elektron-pozitron (Radiology key, 2016).

Prateći proces efekta stvaranja parova je anihilacija, kada pozitron, gubeći energiju, u blizini nekog elektrona anihilira, prilikom čega nastaju dva kvanta koja se razilaze pod uglom od 180° . Interakcija gama zračenja tj. apsorpcija fotona putem ovog efekta, uvek je praćena pojavom sekundarnog tj. anihilacionog zračenja.

Verovatnoća nastanka jednog od ova tri efekta može se kvantitativno izraziti preko efikasnog preseka (σ), odnosno verovatnoće interakcije upadnog fotona sa materijalom.

Kao što je predhodno pomenuto, fotoefekat je dominantan proces pri niskim energijama γ zračenja. Verovatnoća njegovog nastanka zavisi od atomskog broja elementa (Z), od upadne energije fotona i energije veze elektrona u omotaču atoma. Ukoliko je energija neznatno veća od vezivne energije elektrona u K ljusci, efikasni presek ima oblik $Z^5 E_\gamma^{-7/2}$ ako je $2m_0c^2 > E_\gamma$, dok za energije koje su mnogostruko veće od vezivne energije elektrona na K ljusci oblik je $Z^5 E_\gamma^{-1}$, ako je $2m_0c^2 \gg E_\gamma$.

Verovatnoća nastanka Komptonovog efekta srazmerna je odnosu atomskog broja elemenata i energije fotona ($Z E_\gamma^{-1}$), pri čemu sporije opada sa energijom nego kod fotoefekta i ne raste kritično sa Z .

Zavisnost verovatnoće stvaranja parova od energije gama kvanta pokazuje da je presek, odnosno verovatnoća stvaranja parova aproksimativno srazmerna $Z^2 \ln E_\gamma$. Ukoliko energija fotona raste, prostor oko jezgra se povećava i može doći do stvaranja para, odnosno, efikasan presek se povećava sa upadnom energijom, dok na nižim energijama ta zavisnost je približno logaritamska.

Koeficijent slabljenja gama zračenja

Jedan od važnih parametara za zaštitu i proučavanje svojstava interakcije gama zraka sa materijom jeste linearni koeficijent atenuacije, koji je definisan na osnovu detaljnijeg teorijskog uvida u transportne procese. Linearni koeficijent atenuacije ili slabljenja (μ) predstavlja verovatnoću interakcije (apsorpcije i rasejanja) po jedinici puta. Odnosi se na smanjenje broja

fotona u snopu zračenja prolaskom kroz materijal. Karakteriše ga eksponencijalni zakon atenuacije:

$$N_x = N_0 e^{-\mu x}$$

gde: N_0 i N_x predstavljaju broj čestica u sekundi koji pada normalno na površinu materijala i broj čestica koje su stigle do dubine x bez interakcije, a x i ukupnu debljinu materijala i linearni koeficijent atenuacije.

Ukoliko rastojanje nije malo, tada je verovatnoća interakcije fotona do dubine x u materijalu data kao:

$$1 - \frac{N_x}{N_0} = 1 - e^{-\mu x}$$

Kao što je već pomenuto, verovatnoća da će foton iz upadnog snopa interagovati u zapremini materijala sa kojim je u kontaktu izražava se preko efikasnog preseka (σ). Pomoću ove veličine mogu se dovesti u vezu linearni koeficijent atenuacije i srednji slobodni put čestice u materijalu (λ):

$$\mu = N\sigma = \frac{1}{\lambda} \text{ i } \lambda = \frac{1}{N\sigma}$$

gde: N predstavlja broj atoma materijala po jedinici zapremine.

Linearni koeficijent atenuacije zavisao je od energije gama zračenja, atomskog broja (Z) i gustine materijala (ρ). U praksi se češće koristi maseni atenuacioni koeficijent ($\mu \rho^{-1}$) koji ne zavisi od gustine, a koji se može povezati sa presekom za interakciju formulom:

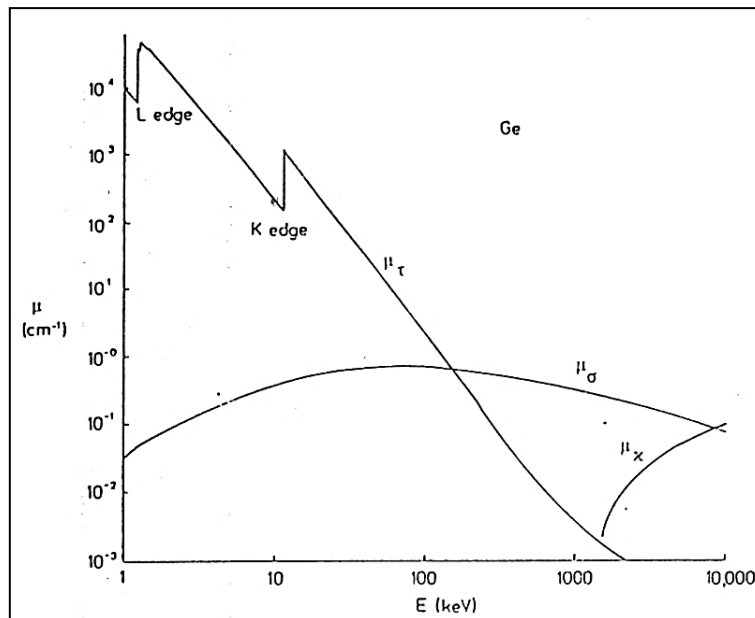
$$\mu = \frac{N\sigma}{A}$$

gde: A predstavlja maseni broj materijala.

U literature se često atenuacioni koeficijent poistovećuje sa apsorpcionim, ali se oni generalno razlikuju. Koeficijent slabljenja rezultat je sume koeficijenta rasejavanja i apsorpcije, te samo u slučaju kada ne dolazi do značajnog rasejavanja zračenja ove dve veličine mogu se smatrati približno jednakim. Promena linearnog koeficijenta apsorpcije (μ) u zavisnosti od energije prikazana je na Sl. 5.

Ukupni linearni koeficijent atenuacije (μ) predstavlja verovatnoću da čestica doživi bilo koju od predhodno pomenutih interakcija pri prolasku kroz materijal. On je jednak zbiru parcijalnih koeficijenta fotoelektričnog efekata (μ_τ), Komptonovog (μ_σ) i efekata stvaranja parova (μ_χ): $\mu = \mu_\tau + \mu_\sigma + \mu_\chi$. Koeficijent za fotoefekat (μ_τ) predstavlja verovatnoću apsorpcije fotonske energije po jedinici zapremine. Koeficijent za Komptonovo slabljenje (μ_σ) direktno je srazmeran broju elektrona čestica koje učestvuju u rasejavanju, po jedinici zapremine, a koeficijent efekta

stvaranja parova raste sa porastom rednog broja materijala i energije zračenja iznad praga od 1,022 MeV (Miljanić, 2008¹⁴).



Slika 5. Zavisnost linearnog koeficijenta apsorpcije (μ) od energije za Germanijumske detektore (Debertin & Helmer, 1988).

Elektroni koji nastaju interakcijom gama zraka i materije, a koji imaju dovoljno energije da prolaskom kroz sredinu izvrše i njenu jonizaciju, mogu da stvaraju jonske parove. Oni će pod uticajem električnog polja na izlazu detektora stvoriti impuls, čija je amplituda proporcionalna energiji detektovanog fotona apsorbovanog u efikasnoj zapremini detektora (Helmer, Cline & Greenwood, 1975; Debertin & Helmer, 1988; Knoll, 1989).

Bilans energije svake pojedinačne interakcije gama zraka sa detektorskim materijalom utiče na promenu spektralne funkcije detektora, odnosno spektralna funkcija zavisna je od toga da li je i sekundarno zračenje deponovano u efikasnoj zapremini. U slučaju kada detektor apsorbuje ukupnu energiju primarnih elektrona i sekundarnog zračenja, ona je jednaka energiji upadnog fotona, kada se kao spektralna funkcija detektora dobija foto vrh (*full-energy peak*).

Iz svega navedenog, jasno je da kod germanijumskih detektora na niskim energijama dominira fotoefekat, dok se Komptonov javlja u opsegu energija 150 keV – 9 MeV, zbog čega će spektralna funkcija, pored fotopika, sadržati i kontinualnu Komptonovu raspodelu koja se završava Komptonovom ivicom na energiji E^{\max} .

Rasejani fotoni koji imaju energiju između E^{\max} i E_{γ} , a nalaze se u efikasnoj zapremini detektora, mogu ponovo da se uključe u interakciju u detektorskom kristalu i time doprinesu fotopiku, pod

¹⁴ Miljanić, S. Š. (2008). Interna skripta-Udžbenik Nuklearne hemije. Univerzitet u Beogradu –Fakultet za fizičku hemiju.

uslovom da je fotoefekat tip interakcije. Međutim, ukoliko je interakcija tipa Komptonovo rasejanje, novonastali rasejani fotoni mogu da „pobegnu“ iz detektorskog kristala, kada dolazi do pojave tzv. višestrukog Komptonovog rasejanja. U ovom slučaju, spektralna funkcija pokazuje kontinuum od Komptonove ivice do foto vrha.

Ukoliko u interakciji nastanu pozitron i elektron oba anihilaciona fotona mogu biti apsorbovana u efikasnoj zapremini i na taj način doprineti fotopiku. Takođe, ukoliko jedan od anihilacionih fotona napusti detektor u spektru će se javiti vrh na energiji $E_\gamma - m_0c^2$ (*single-escape peak*). Napuštanjem detektora od strane oba anihilaciona fotona vrh će biti formiran i na energiji $E_\gamma - 2m_0c^2$ (*double-escape peak*), (Helmerer et al., 1975; Debertain & Helmer, 1988; Knoll, 1989).

1.4.2. Podela radionuklida u prirodi

Prema prirodi postanka odnosno prema izvoru sve radionuklide možemo podeliti na prirodne i antropogene (veštačke, odnosno proizvedene). Do sada su poznata 272 stabilna izotopa i više od 3 500 radioaktivnih izotopa (radionuklida), od kojih je većina antropogenog porekla.

Prema Chung i Chen (2004) prirodni radionuklidi obuhvataju:

- dugoživeće „roditelje“ u prirodnom nizu raspada, uključujući i kalijum-40 i rubidijum-87
- uranijum, torijum i uranijum-aktinijumove serije niza raspada predaka i njihovih potomaka
- radionuklide produkovane kosmogenim zračenjem, kao npr. berilijum-7 i fosfor-32.

Antropogeni radionuklidi nastaju veštačkim putem iz termonuklearnih reakcija koje nastaju prilikom nuklearnih eksplozija ili oslobađanjem iz nuklearnih postrojenja. Oni uključuju tricijum i ugljenik-14 koji su u velikoj meri dodati prirodnoj (kosmogenoj) komponenti tokom ekstenzivnih testiranja bombi 1960-tih, zajedno sa još mnogo težim nuklidima, kao npr. stroncijum-90 i plutonijum-239, cezijum-137. Količina ovih radionuklida u prirodi je minorna u odnosu na prirodnu komponentu.

a) Prirodni radionuklidi

Glavni prirodni izvor zračenja predstavlja celokupna vasiona sa približno, prema najnovijim podacima NASE više od 200 milijardi galaksija, od kojih se svaka u proseku sastoji od sto milijardi zvezda i oko 10^{22} planeta. Sa aspekta naše planete uobičajeno da se za prirodno zračenje koristi termin terestrijalno i kosmičko zračenje.

Prirodna radioaktivnost je zajednička za stene, zemljište, kopnenu vodu i okeane, kao i prirodni građevinski materijal i domove. Gotovo da ne postoji mesto na Zemlji gde nema prirodne radioaktivnosti, a godišnje efektivne doze prirodnog zračenja zavise od lokacije.

Postoji oko 60 radionuklida koje možemo pronaći u tlu, vazduhu, vodi, hrani, a time i u svim živim bićima. Radionuklidi koji se mogu naći u prirodi prema poreklu se dele na:

- primordijalne (*Primordial*) – radionuklidi iz vremena formiranja Zemlje (oduvek prisutni) i
- kosmogene (*Cosmogenic*) – radionuklidi formirani kao rezultat interakcije kosmičkih zraka.

Primordijalni radionuklidi

U grupu ovih radionuklida spadaju oni čiji poluživot je uporediv sa staršću Zemlje, Sunčevog sistema i čitavog kosmosa. To su članovi velikih radioaktivnih nizova sa izotopima ^{238}U , ^{235}U , i ^{232}Th kao rodonačelnicima. Sva tri izotopa imaju period poluraspada reda veličine oko 10^9 godina i dalje se nalaze u prirodi (Ištvan Bikit et al., 2008).

Ova tri radionuklida raspadaju se kroz niz radioaktivnih potomaka da bi se završili stabilnim izotopom. Osnovne karakteristike radioaktivnih nizova prikazane su u Tabeli 1, a osnovne osobine primordijalnih radionuklida prikazane su u Tabeli 2.

Tabela 1. Osnovne karakteristike radioaktivnih nizova (I. Bikit, Todorović, Mrđa, & Forkapić, 2010)

Ime niza	Polazno jezgro	Period poluraspada [godina]	Krajnji član
Uranijum-radijumov	^{238}U	$4,5 \cdot 10^9$	^{206}Pb
Uranijum-aktinijumov	^{235}U	$7,2 \cdot 10^8$	^{207}Pb
Torijumov	^{232}Th	$1,4 \cdot 10^{10}$	^{208}Pb

Tabela 2. Osobine nekih primordijalnih radionuklida (I. Bikit et al., 2010)

Radionuklid	Simbol	$T_{1/2}$	Prirodna aktivnost
Uranijum-235	^{235}U	$7,04 \times 10^8$ god.	0,72% u prirodnom uranu
Uranijum-238	^{238}U	$4,47 \times 10^9$ god.	99,27% u prirodnom uranu; 0,5 do 4,7 ppm urana u stenama
Torijum-232	^{232}Th	$1,41 \times 10^{10}$ god.	1,6 do 20 ppm u stenama
Radijum-226	^{226}Ra	$1,60 \times 10^3$ god.	16 Bq kg^{-1} u krečnjaku i 48 Bq kg^{-1} u vulkanskim stenama
Radon-222	^{222}Rn	3,82 dana	Plemeniti gas, srednja vrednost koncentracije aktivnosti u zemljištu na teritoriji Novog Sada je oko 1 000 Bq m^{-3}
Kalijum-40	^{40}K	$1,28 \times 10^9$ god.	Specifična aktivnost u zemljištu je između 0,037 - 1,1 Bq g^{-1}

Uranijum

Uranijum je radioaktivni metal niskog sadržaja u stenama prosečno 2,7 ppm (Vandenhove & Hurtgen 2010), zemljištu, vodi, biljkama i životinjama. Poznato je 19 izotopa uranijuma, a predstavnici u prirodi su tri radioaktivna izotopa ^{238}U , ^{235}U , ^{234}U , prosečne zastupljenosti u ukupnom uranijumu 99,275%, 0,72% i 0,0054% (Jorgensen & Faith, 2008). Uranijum i njegovi radioaktivni potomci doprinose u niskom nivou prirodnoj radijaciji.

Prema Langmuiru (1997), Eisenbud i Gesellu (1997) sadržaj urana u stenama varira od 0,5 do 4,7 ppm, u zavisnosti od tipa stena sa prosečnom kristalnom gustinom oko 2,7 ppm (Vandenhove & Hurtgen, 2010). Brojne studije dokazuju da stene kao npr. uraniti, pičblende, karnotiti i fosforne stene imaju znatno povišen sadržaj uranijuma. Neka glinovita zemljišta mogu sadržati 10 i više puta uranijuma od granitnih stena, koji ga sadrže u najvećoj količini. U površinskim uslovima uranijum prelazi u rastvor i može daleko da migrira i da se obogaćuje u površinskim i podzemnim vodama.

Ponašanje uranijuma u akvatičnoj sredini zavisi od brojnih hemijskih faktora uključujući i redukcione reakcije, hidrolizu, taloženje/rastvaranje, stvaranje kompleksa i sorpciju (Harper & Kantar, 2008). U većini akvatičnih ekosistema, prirodna organska materija (fulvo i huminske kiseline) predstavlja važnu komponentu liganda za kompleksiranje sa metalima. A takođe, uranijum formira visoko rastvorne komplekse sa nisko molekularnim organskim ligandima.

Podzemna voda često pokazuje veću specifičnu aktivnost uranijuma u odnosu na površinsku, zbog velike razmene između zemljišta-rastvor u akviferima i visokog stepena interakcije voda-stena. Širom sveta, sadržaj uranijuma u podzemnim vodama prema Smedley, Smith, Abesser i Lapworth-u (2006) kreće se u opsegu od $<0,001 \mu\text{l}^{-1}$ do $2\ 600 \mu\text{l}^{-1}$, ali većina podzemnih voda pokazuje malu specifičnu aktivnost uranijuma u granici $0,1 - 1 \mu\text{l}^{-1}$ (Vandenhove & Hurtgen, 2010).

Površinska voda pokazuje znatno nižu speovog radionuklida. Takođe, zastupljen je i u morskoj vodi sa oko 3,3 ppb (Keen, 1968), a detektovano je njegovo prisustvo i u nekim uzorcima vazduha kao rezultat resuspenzije (Eisenbud & Gesell, 1997; Vandenhove & Hurtgen, 2010).

Akumulacija uranijuma od strane biljaka ima izrazito visok stepen variranja, koji se utvrđuje preko transfer faktora (TF), a koji predstavlja specifičnu aktivnost radionuklida u biljci u odnosu na zemljište. Generalno, prema Mortvedt (1994) i Sheppard i Evenden (1988) njegove vrednosti opadaju idući od peskovitog zemljišta ka ilovastim i glinovitim, ukazujući na činjenicu da prisustvo organske materije smanjuje TF uranijuma (Sheppard, Vandergraaf, Thibault & Reid 1983; Vandenhove & Hurtgen, 2010).

Koncentrisanje uranijuma od strane akvatičnih organizama (biokoncentracija) izraženo je preko faktora koncentrisanja (CF), kojim je predstavljen odnos koncentracije u bioti (Bq kg^{-1} žive mase) i C_w koncentracije kontaminanata u vodi (Bq l^{-1}). Prema Yankovich-u (2008) organizmi koji su na nižem trofičkom nivou, kao npr. primarni producenti i invertebrate pokazuju jači

stepen akumulacije nego organizmi na višem trofičkom nivou, kao npr. ribe (Vandenhove & Hurtgen, 2010). Kod sisara je zabeleženo da veći toksični efekat ima uranijum unešen inhalacijom zbog zadržavanja sitnih čestica u alveolama, nego ingestijom kada se veći deo uranijuma izbacuje iz organizma. Rastvorne forme uranijuma mogu biti apsorbovane, transportovane i eksretovane iz organizma, ali se deo njih zadržava u bubrezima i kostima. Može se reći da inhalovane forme uranijuma svoj efekat primarno ispoljavaju na bubrege kod sisara (Vandenhove & Hurtgen, 2010).

Do danas ne postoji dovoljno relevantnih informacija o faktorima koncentrisanja i faktorima životne sredine kojima se kontroliše unos uranijuma od strane terestričnih životinja i akvatičnih organizama u cilju boljeg razumevanja mehanizama unosa i njihove toksičnosti.

Biljke koje rastu na uranskim geohemijskim provincijama mogu da akumuliraju uranijum i do 100 puta više nego u drugim područjima. Postoje dve biljne vrste, koje mogu akumulirati 1-3% U. Jedna vrsta, *Uncinia leptostachya*, pripada porodici trava a druga *Coprosma arborea* predstavlja žbunastu vrstu iz porodice borića. Obe vrste mogu se naći na Novom Zelandu.

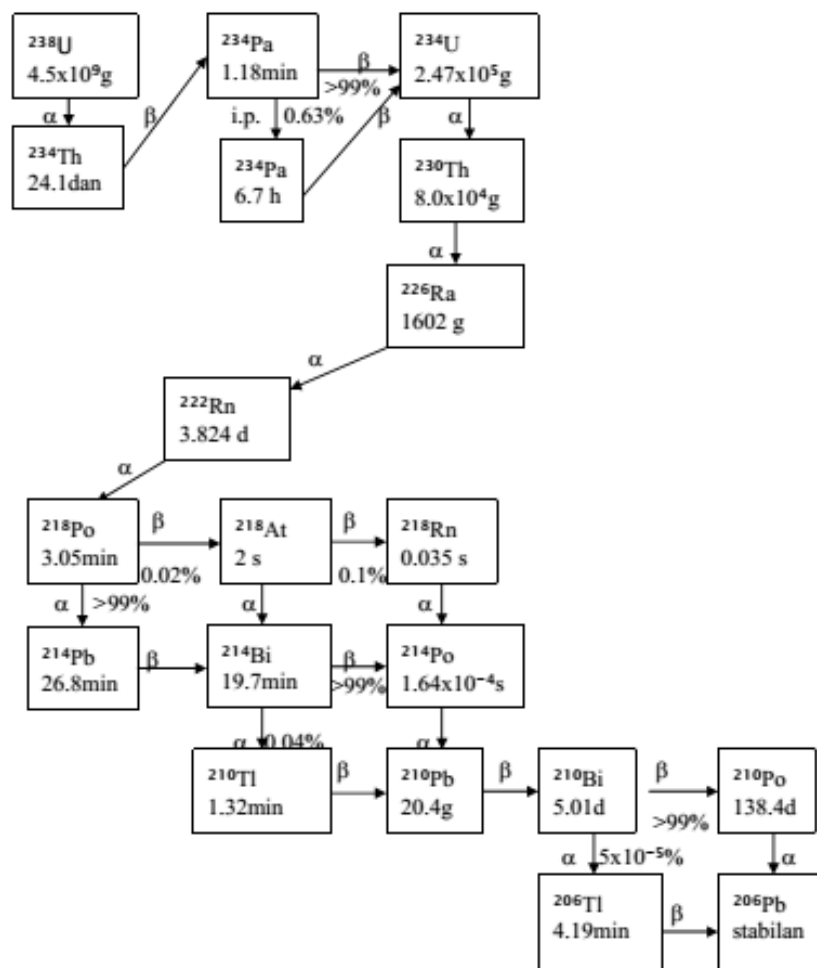
U područjima sa mineralizacijom uranijuma nađene su i najveće koncentracije uranijuma u drveću, do 2,2 ppm (Shacklette, Erdman, Harms, & Papp, 1978), a u okolini fabrika fosfatnih đubriva biljka pelin (*Artemisia absinthium*) sadrži do 8 ppm uranijuma (Gough & Severson, 1976). Kopnene biljke pokazuju sadržaje u opsegu 5-60 ppm suve materije (Bowen, 1979).

U prosečnom, „referentnom čoveku“ (težine 70 kg), nalazi se između 100 i 120 µg uranijuma, sa dnevnim unosom i iznosom od oko 1 mg. Od toga najviše dolazi iz hrane (riba, sveže povrće) i oko 10% iz pijaće vode. Efektivna doza za celo telo iznosi oko 5 mSv (Kathren, 1998). Prema Harper i Kantaru (2008) pojava bolesti raka kod čoveka nije povezana sa izloženošću prirodnim ili osiromašenim uranijumom (DU), međutim može se dovesti u vezu sa sarkomom kostiju usled izlaganja obogaćenom U.

Uranijum – 238 (²³⁸U)

Period poluraspada ²³⁸U je oko 4,5 x 10⁹ godina što otprilike odgovara procenama starosti planete Zemlje. Rodonačelnik je uranijumskog tj. uranijum-radijumskog niza (Sl. 6). Nalazi često u prirodi kao osnovni konstituent stena, zatim ga ima u uglju, zemljištu, veštačkom đubrivu, okeanima itd.

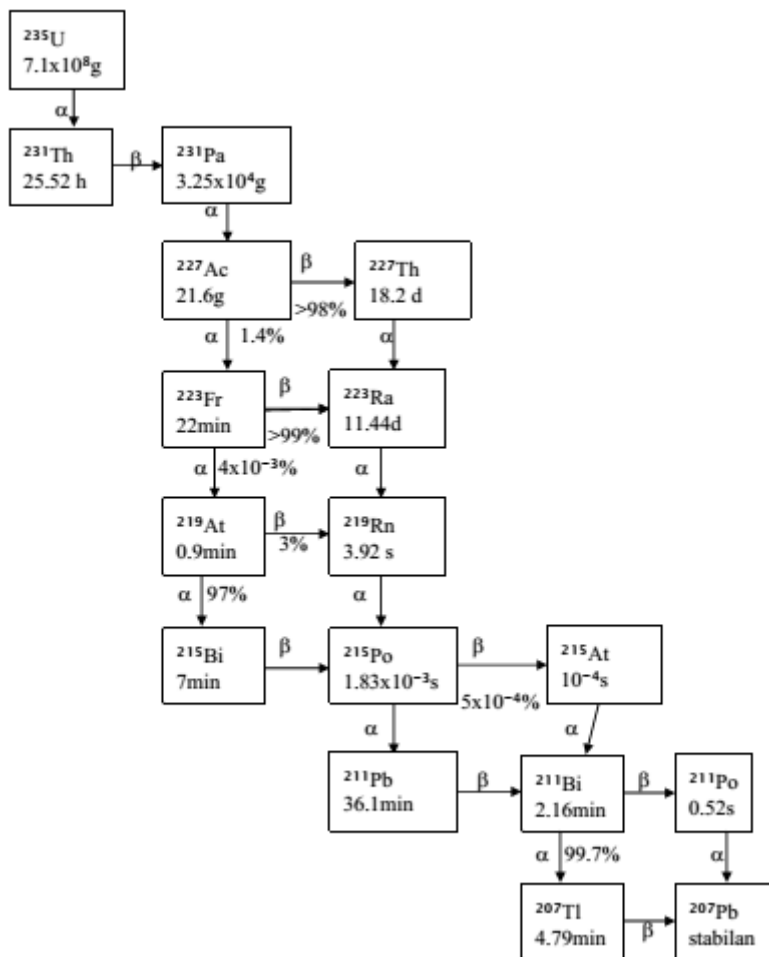
Direktna gama spektrometrijska analiza specifične aktivnosti ²³⁸U je praktično nemoguća zbog male verovatnoće prinosa energije ali je moguće iskoristiti energije uranijumskih članova niza, potomaka ²³⁴Th i ²³⁴Pa.



Slika 6. Uranijum-radijumski niz (Hansman, 2011).

Uranijum-235 (^{235}U)

Ovaj izotop sa periodom poluraspada od $7,04 \cdot 10^8$ godina, rodonačelnik je tzv. uranijum-aktinijumovog niza, a zastupljen je sa svega 0,72% u prirodi u odnosu na ^{238}U . Poznat je i značajan zbog upotrebe u nuklearnoj industriji.



Slika 7. Uranijum-aktinijumov niz (Hansman, 2011).

Torijum (^{232}Th)

Torijum je radioaktivni element koji se nalazi u prirodi. Samo mali broj njegovih izotopa nastaje antropogenim aktivnostima. Nalazi se u svim medijumima životne sredine, u stenama, zemljištu i vodama.

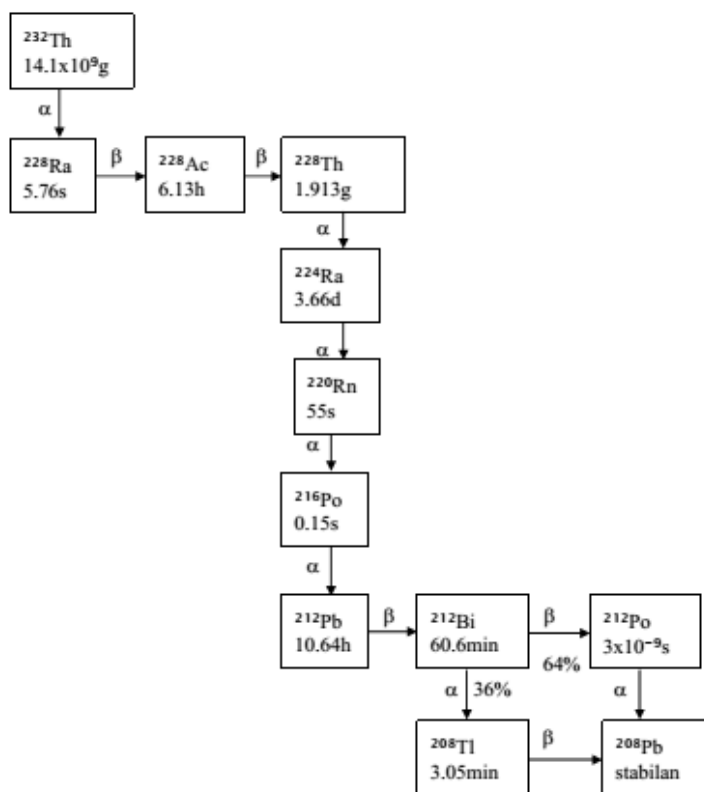
U zavisnosti od tipa stene, nalazi se u različitim koncentracijama, npr. stene kore i minerali monacit i torit sadrže znatno veću koncentraciju. U litosferi je široko rasprostranjen u koncentraciji $8 - 12 \text{ mg g}^{-1}$, dok je prosečni sadržaj u zemljištu 6 mg g^{-1} , zbog čega Jia et al. (2008) smatraju da je dva puta rasprostranjeniji od uranijuma. U sedimentnim stenama ga ima u maloj koncentraciji (nekoliko ppm), dok mu sadržaj u magmatskim stenama može biti i do 10 puta veći (Zal Uyun Wan & Che Abd Rahim, 2010). Uglavno je povezan sa uranijumom i retkim zemljanim elementima, te se često nalazi u sličnim stenama kao i uranijum, npr. u granitu, pegmatitu i gnajsu.

Takođe, torijum u životnu sredinu može dospeti i iz antropogenih izvora, prvenstveno iz rudnika U i Th, mlevenjem i procesiranjem rude, proizvodnjom fosfatnog đubriva, zatim obradom kalaja, procesiranjem fosfatnih stena, sagorevanjem uglja i iz industrije kotlova (Mc Nabb, Kirk & Thompson, 1979; Zal Uyun Wan & Che Abd Rahim, 2010).

On je prvi član torijumskog niza (Sl. 8), sa izuzetno dugim periodom poluraspada od $1,4 \times 10^{10}$ godina, uporedivim sa starošću čitavog svemira. Nema mnogo intenzivnih gama linija pa se njegova specifična aktivnosti može odrediti pomoću sledećih izotopa: ^{228}Ac , ^{224}Ra , ^{212}Pb i ^{212}Bi . U odnosu na ostale izotope torijuma ^{232}Th u prirodi dominira sa skoro 100%, mada su pronađeni i drugi izotopi kao što je ^{230}Th .

Sadržaj Th u vazduhu veoma se razlikuje zavisno od geografskog položaja, te Južni pol ima 0,02 - 0,08300 pg m^{-3} , Grendland 20 – 40 300 pg m^{-3} , Nemačka 30 - 1 000 300 pg m^{-3} , Japan 16 - 1 300 300 pg m^{-3} a Severna Amerika 50 – 300 pg m^{-3} . Srednja vrednost uranijuma u vazduhu Evrope iznosi 20 pg m^{-3} , u Severnoj Americi < 500 pg m^{-3} (Kabata-Pendias & Pendias, 1984).

Torijuma u kopnenim biljkama ima više nego uranijuma, i to u opsegu 8 - 1 300 ppb suve mase (Bowen, 1979).



Slika 8. Torijumov niz (Hansman, 2011).

Tačna i precizna karakterizacija interakcija torijuma u životnoj sredini zahteva visok nivo stručnosti iz različitih oblasti. U životnoj sredini generalno pokazuje slabu mobilnost, uglavnom

zbog visoke stabilnosti nerastvorljivog oksida ThO_2 ali i zbog same otpornosti glavnih minerala u čiji sastav ulazi (Zal Uyun Wan & Che Abd Rahim, 2010).

Sadržaj torijuma u zemljištima obično je oko 10 ppm, a u površinskim vodama 0,005 - 0,1 ppb. U podzemnim vodama sadržaj ovog radionuklida je niska, jer se kod većine zemljišta transport Th u vodu ne dešava, osim kada su u pitanju ona zemljišta koja imaju slabe karakteristike sorpcije ili poseduju sposobnost formiranja rastvorljivih kompleksa (Zal Uyun Wan & Che Abd Rahim, 2010).

Poston (1982) i Fisher, Teysie, Krishnaswami i Baskaran (1987) ističu da se torijum može naći u znatnoj količini kod akvatičnih životinja na nižim trofičkim nivoima, a faktor biokoncentrisanja opada sa povećanjem trofičkog nivoa kod životinja (Zal Uyun Wan & Che Abd Rahim, 2010).

Radijum (^{226}Ra)

Radijum, takođe, predstavlja radioaktivni element sa nekoliko izotopa od kojih su, sa stanovišta zaštite životne sredine, najvažniji ^{226}Ra i ^{228}Ra a koji predstavljaju produkte uranijumovog i torijumovog niza raspadanja. Pošto je član uranijum-radijumskog niza na čelu sa ^{238}U , ovaj radijumov izotop ima nešto kraći period poluraspada od 1 600 godina. Nema mnogo gama energija, te se njegova aktivnost određuje i preko njegovih potomaka ^{214}Pb i ^{214}Bi nakon uspostavljanja radioaktivne ravnoteže. Kao izuzetno radiološki toksičan element, velika pažnja javnosti posvećuje se proceni i kontrolisanju njegovog sadržaja u vodi i zemljištu. Generalno, u zemljištu je radijum čvrsto zadržan od strane glinenih minerala i organske materije. Vandenhove i Verrezen (2010) ističu da radijum ima slične hemijske karakteristike kao kalcijum ili barijum.

Čest je slučaj da sadržaj radijuma u površinskim delovima zemljišta bude viši nego u dubljim horizontima, što se objašnjava antropogenim aktivnostima i kontaminacijom (upotreba veštačkih đubriva, sagorevanje uglja itd.). Takođe, radijum pokazuje veliku mobilnost u veoma kiselim zemljištima. Sadržaj radijuma u zemljištu iznosi 0,6 - 1,1 ng kg^{-1} (srednja vrednost 0,0008 ppb, Bowen, 1979).

Vandenhove i Verrezen (2010) ističu da je u površinskim vodama zabeležena niska specifična aktivnost Ra, i to u rekama od 0,5 - 20 mBq l^{-1} i za ^{226}Ra i ^{228}Ra , ali da u jezerima i rekama ona varira u uskom obimu (0,5 - 15 mBq l^{-1}). Oslobođen u površinskoj vodi (iz otpadne vode), prolazeći kroz mnogobrojne transformacije, radijum se može taložiti i migrirati u sedimente na dnu, ali takođe, može biti inkorporisan u telima živih organizama, ulazeći u lance ishrane. Migracija radijuma u otpadnim vodama, mešanje sa recipijentima, migracija u prirodnim vodotokovima i basenima, kao i migracija u sedimente opisana je od strane Beneš-a (1990). Zadržavanje radijuma u vodi zavisi od fizičko-hemijskih parametara same vode, pa tako sa povećanjem saliniteta zadržavanje radijuma opada (Vandenhove & Verrezen 2010). Među faktorima koji povećavaju njegovu migraciju u podzemnim vodama, isti autori, izdvajaju nizak pH, visoku koncentraciju II grupe metala i redukujuću sredinu.

U podzemne vode, radijum dospeva iz prirodnih izvora, kao rezultat interakcije podzemne vode i rude, stene ili zemljišta, ali i indirektno, kao posledica ljudskih aktivnosti eksploatacije U ili Th. Takođe, geotermalni izvori predstavljaju još jedan izvor prirodnih radionuklida, pa i ^{226}Ra (Vandenhove & Verrezen, 2010). Prema Iyengar (1990) njegova aktivnost jako varira u podzemnim vodama od manje od 0,52 do 55 000 mBq l⁻¹.

Kod akvatičnih organizama, zabeležena je različita akumulacija radijuma. Prema istraživanjima, kod organizama na nižem trofičkom nivou (fito- i zooplankton, kao i makrofite) zabeležen je jači akumulacioni trend nego kod viših organizama, kao kod npr. mekušaca (puževi, sipe, lignje...), rakova i riba. Viši organizmi npr. oni sa ljušturama ili kostima (školjke) akumuliraju više radijuma od onih sa „mekanim tkivima“ (faktor 10 - 100), jer sadrže više kalcijuma (Vandenhove & Verrezen, 2010).

Radijum je posebno značajan u analizi prirodne radioaktivnosti upravo zbog potomka ^{222}Rn , koji može izazvati vrlo štetno dejstvo po zdravlje čoveka. Poseban štetni efekat se javlja na kostima, gde radijum može substituisati kalcijum (Vandenhove & Verrezen, 2010), zbog čega se veoma teško odstranjuje iz ljudskog organizma.

Olovo (^{210}Pb)

Olovo je visokotoksičan produkt radioaktivnog raspadanja, koji se prirodno javlja u Zemljinoj kori, kao produkt raspada ^{226}Ra , odnosno daljim raspadom njegovog produkta raspada gasa ^{222}Rn . Ovaj dugoživeći produkt raspadanja radona, akumulira se u čvrstom ili poroznom materijalu tokom vremena (Žunić et al., 2009). Takođe, velika količina ^{210}Pb u atmosferu dospeva sagorevanjem goriva sa olovom (Kauranen & Miettinen, 1974).

Biogehemijski ciklus olova i ^{210}Pb umnogome je modifikovan od strane čoveka. Postoje tri radioaktivna izotopa olova, od kojih je ^{210}Pb najdominantniji i ima vreme poluraspada $t_{1/2}=22,3$ godine, dok je vreme poluraspada ^{212}Pb i ^{214}Pb respektivno $t_{1/2}=10$ h i $t_{1/2}= 26,8$ min.

^{210}Pb uglavnom se nalazi u površinskim slojevima zemljišta, što je posledica njegove depozicije iz vazduha. Njegova aktivnost opada sa dubinom zemljišta, do konstantne vrednosti na dubini oko 1 m (Sabuti & Mohamed 2010). Pomenuti autori ističu da ponašanje radionuklida u zemljištu zavisi od količine padavina, temperature i načina upravljanja zemljištem, ali da je pH odgovoran za kontrolisanje njihove kinetike. Takođe, prisustvo neorganske materije (minerali gline i oksidi) može da utiče na zadržavanje radionuklida i njihovo kompleksiranje.

Terestrični radionuklidi dospevaju u atmosferu najčešće kao rezultat industrijske aktivnosti. Brandford, Mournie i Fowler (1997) ističu da se ^{210}Pb nalazi najčešće vezan za aerosole glavnih zagađivača (Sabuti & Mohamed, 2010). Tako vezan za aerosole veoma se lako može preneti na velike udaljenosti. Antropogeni izvori ^{210}Pb , sagorevanje uglja i nuklearne eksplozije, doprinose ukupnoj količini ^{210}Pb u vazduhu sa manje od 1% (UNSCEAR, 2010).

Sadržaj ^{210}Pb u vodi je različita, a u morskom ekosistemu potiče od *in situ* raspadanja ^{226}Ra u vodi i atmosferskog ^{222}Rn , dok u plitkoj vodi glavni izvor predstavlja atmosfera.

Swarzenski, Porcelli & McKee (2004) ističu da ^{210}Pb ima jaki biološki uticaj, posebno na mikrobiološku komponentu. Ukoliko se unese u čovekov organizam Demayo, Taylor, Taylor, Hodson & Hammond (1982) ukazuju da se može akumulirati u koštanom tkivu i veoma sporo eliminisati iz njega (Sabuti & Mohamed, 2010). Takođe, posledice izlaganja olovu mogu imati i akutni i hronični efekat, naročito na mozak, bubrege, nervni sistem i kosti.

Ponašanje olova u prirodi, izlaganje ljudi i njegov uticaj neophodno je dalje i detaljnije proučavati, a posebno treba obratiti pažnju na načine na koji se može redukovati izlaganje.

Radon (^{222}Rn)

Jedan od važnijih potomaka ^{238}U je ^{222}Rn , gasoviti element sa periodom poluraspada od 3,82 dana. Predstavlja najteži inertni odnosno plemeniti gas koji se nalazi u atmosferi ali takođe i u vodi, vazduhu, zemljištu, građevinskom materijalu itd. Radon ima naveći pojedinačni doprinos osnovnom zračenju širom sveta, a u povišenim, štetnim koncentracijama može se naći u kućama i pozemnim rudnicima (Tracy, 2010). Autori Sabuti i Mohamed (2010) ističu da se radon oslobađa kao posledica industrijske aktivnosti, gde nastaje u procesima sagorevanja prirodnog gasa, u industriji fosfora i cementa itd.

^{220}Rn je poznat u literaturi pod nazivom toron zbog svog položaja u torijumovom nizu, a njegov period poluraspada samo 55,6 sekundi. Interesantno je, međutim, da je njegovo prisustvo u stenama, zemljištu i građevinskom materijalu veće u odnosu na ^{222}Rn , ali je manje kada je reč o vazduhu.

U vazduhu, ponašanje radonovih potomaka i samog gasa je različito. Sadržaj ^{222}Rn opada sa visinom, iako su zabeležene merljive koncentracije na samom vrhu troposfere (National Council on Radiation Protection and Measurements, 1988). Ukupna količina razmene radona iz zemljišta u atmosferu je oko 2 TBq s^{-1} (Tracy, 2010).

Veliki deo koncentracije radona nastao je kao produkt raspadanja u stenama i zemljištu, gde ostaje zarobljen unutar mineralnog matriksa zbog veoma kratkog dometa koj limitira njegovu širenje na velikom prostoru. U zemljišnom vazduhu povišeni sadržaj radona potiče od njegove konstantne difuzije iz zemljišta. Ukoliko zemljište sadrži vodu u interstinalnom prostoru, atomi radona, limitirani istom, ostaće zarobljeni u zemljišnom rastvoru. Zbog relativno visoke rastvorljivosti, transport vodom je veoma bitan zbog mogućeg unosa ovog izotopa u podzemne basene ili reni-bunare. U Novoj Škotskoj, detektovana specifična aktivnost radona u pijaćoj vodi u 16 škola kretala se u opsegu od 120 Bq l^{-1} do 1400 Bq l^{-1} , sa prosečnom vrednošću od 600 Bq l^{-1} . Sadržaj radona u vazduhu generalno zavisi od koncentracije predaka ^{232}Th i ^{226}Ra u zemljištu (Tracy, 2010).

Takođe, treba naglasiti da je sve više studija koje proučavaju načine za ublažavanje ili sprečavanje prodiranje radona u kuće i javne zgrade u cilju smanjenja izloženosti i ugrožavanja zdravstvenog stanja.

Kalijum-40 (^{40}K)

Prema Quan-u, Hongdu, Tiqiang i Qingfenu (2008) kalijum-40 predstavlja veoma važan element u prirodi bez obzira na prirodno zračenje jer mu je u prirodi prosečna gustina 0,012%, a period poluraspada $1,28 \cdot 10^9$ godina (Jun, Tsay & Churchill, 2010). Od ukupno 28 poznatih izotopa kalijuma (Audi, Bersillon. Blachot & Wapstra, 2003), samo ^{39}K , ^{40}K i ^{41}K predstavljaju prirodne izotope (Jun et al., 2010).

Relativno visoka aktivnost koja se detektuje posledica je velike masene zastupljenosti kalijuma na Zemlji, koja prevazilazi torijum i uranijum oko 10^4 puta, a specifična aktivnost prirodnog kalijuma iznosi $31,4 \text{ Bq g}^{-1}$ (Kathren 1998; Jun et al., 2010).

Procenjena rasprostranjenost kalijuma u Zemljinoj kori je u širokim granicama od 0,1% u krečnjaku do više od 4% u granitima. Sadržaj ^{40}K u Zemljinoj kori najčešće je oko 3 ppm, u sedimentnim stenama 1,3 ppm, a u površinskim i podzemnim vodama oko 0,3 ppm. Koncentracija varira u širokom opsegu u zavisnosti od geografske lokacije, geologije terena kao i od drugih faktora područja koji su u vezi sa klimom, hidrologijom i poljoprivredom (Jun et al., 2010). U regionima gde je povećana upotreba različitih kalijumovih đubriva zabeležen je povećan sadržaj i ^{40}K . Prosečne vrednosti specifične aktivnosti kalijuma-40 u nekim zemljama u regionu predstavljene su u Tab. 3.

Tabela 3. Sadržaj ^{40}K u zemljištu u Evropi (UNSCEAR, 2000)

Region/ Država	Specifična aktivnost ^{40}K u zemljištu (Bq kg^{-1})	
	Prosek	Opseg
Severna Evropa		
Švedska	780	560 - 1 150
Estonija	510	140 - 1 120
Zapadna Evropa		
Luksemburg	620	80 - 1 800
Velika Britanija		0 - 3 200
Belgija	380	70 - 900
Istočna Evropa		
Poljska	410	110 - 970
Rusija	520	100 - 1 400
Južna Evropa		
Albanija	360	15 - 1 150
Kipar	140	0 - 670
Španija	470	25 - 1 650

Važnost vode i njena komercijalna upotreba nameću zahteve o proveru kvaliteta i njene ispravnosti. Različite studije ukazuju da sa povišenjem pH vode, opada sadržaj ovog radionuklida (Belyea, Frost, Martz, Clark & Forkner, 1978; Jun et al., 2010).

U telo čoveka ^{40}K može dospeti ingestijom preko hrane i vode i inhalacijom. Ukupna efektivna doza koja dospe u telo čoveka inhalacijom i ingestijom terestričnih radionuklida iznosi $310 \mu\text{Sv}$,

od kojih 170 μSv potiče od ^{40}K a ostatak od uranijumove i torijumove serije (Jun et al., 2010). Ukupan sadržaj K u telu može se odrediti koristeći se *in vivo* tehnikama, s tim što ona zavisi od pola i uzrasta, a koncentriše se prvenstveno u mišićima i gonadama. Primećeno je da sadržaj raste do oko dvadesete godine nakon čega približno linearno opada. U „referentnom čoveku“ nalazi se oko 140 g kalijuma i to uglavnom u mišićima, što odgovara aktivnosti od 4,4 kBq ^{40}K u telu (Kathren, 1998).

U ljudskom organizmu, pored ostalih, nalazi se i izvesna količina radioaktivnih izotopa ^{14}C , ^{40}P , ^{87}Rb ali je rizik od njihovog dejstva mnogo manji. Primera radi, ekvivalentna doza koju crvena koštana srž dobija od ^{40}K iznosi i do 270 μSv , a od ^{87}Rb iznosi 7 μSv a godišnja efektivna doza ^{87}Rb za celo ljudsko telo, iznosi oko 6 μSv (Kathren, 1998).

Kosmogeni radionuklidi

Kosmogeni radionuklidi nastaju u interakciji kosmičkog zračenja sa elementima koji ulaze u sastav atmosfere Zemlje. Primarno kosmičko zračenje odnosi se na zračenje koje dolazi od izvora izvan našeg Sunčevog sistema (GCR¹⁵) i ono koje potiče od aktivnosti sunčevih pega (SCR¹⁶). GSR se sastoji uglavnom od teških čestica visoke energije kao što su protoni (95%) i alfa čestica (3,5%) dok ostatak čine drugi teški joni, npr. ugljenika i gvožđa (Hwang et al., 2010). U interakciji kosmičkih zraka sa atmosferom nastaju γ kvanti i sekundarne čestice, formirane i u atmosferi i na zemljinoj površini.

Najznačajniji radionuklidi koji se stvaraju u atmosferi su ^7Be , ^{14}C i ^3H , s tim što na koncentraciju ^{14}C i ^3H utiče i antropogena aktivnost, te autori Chung i Chen (2004) predlažu da se oni razmatraju i kao veštački radionuklidi. U kosmogene radionuklide spadaju i ^{10}Be , ^{26}Al , ^{36}Cl , ^{80}Kr , ^{14}C , ^{32}Si , ^{39}Ar , ^{22}Na , ^{35}S , ^{37}Ar , ^{33}P , ^{32}P , ^{38}Mg , ^{24}Na , ^{38}S , ^{31}Si , ^{18}F , ^{39}Cl , ^{38}Cl , ^{34}Cl (I. Bikit et al., 2010).

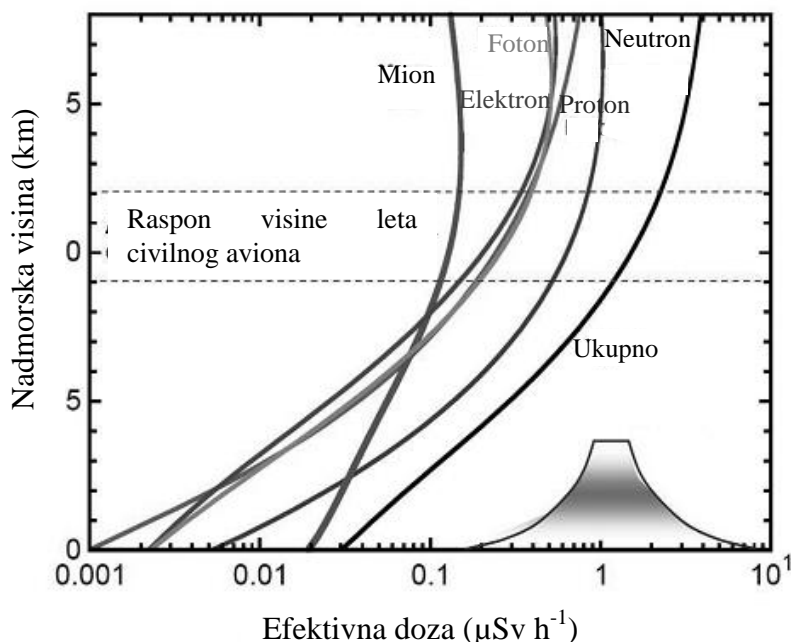
Prolazom kroz atmosferu Zemlje intenzitet kosmogenog zračenja pada što ima za posledicu da intenzitet zračenja, a time i efektivna doza, zavise od nadmorske visine. Autori Mishev i Hristova (2012) simulirali su doprinos kosmogenog zračenja efektivnoj dozi u visokoplaninskim predelima (preko 1000 m n.v.) i utvrdili da on iznosi 10 - 12%.

Prema Mietelskom (2010) količina kosmogenih radionuklida u životnoj sredini, posebno ^{14}C i ^3H , je višestruko uvećana kao posledica nuklearnih eksplozija koje su se dešavale u atmosferi 50-tih i 60-tih godina, ali i kao rezultat oslobađanja iz nuklearnih elektrana i celokupne nuklearne industrije (Larivière & Guèrin, 2010).

Glavni doprinos izloženosti ljudi na otvorenom prostoru daju mioni (Sl. 9). Godišnja efektivna doza na nultoj nadmorskoj visini, uz procenjeni faktor zračenja jednak jedinici, iznosi oko 0,27 mSv (UNSCEAR, 2010). Zavisnost efektivne doze kosmičkog zračenja od nadmorske visine prikazana je na Sl. 9, a pregled osnovnih karakteristika kosmogenog zračenja u Tabeli 4.

¹⁵ GCR - *Galactic Cosmic Radiation*

¹⁶ SCR - *Solar Cosmic Radiation*



Slika 9. Zavisnost efektivne doze kosmičkog zračenja od nadmorske visine (Hwang et al., 2010).

Tabela 4. Osnovne karakteristike nekih kosmogenih radionuklida

Radionuklid	Simbol	$T_{1/2}$	Prirodna aktivnost
Ugljenik-14	^{14}C	5 730 god.	0,22 Bq g ⁻¹ u organskim materijalima
Tricijum	^3H	12,3 god.	1,2 x 10 ⁻³ Bq kg ⁻¹
Berilijum-7	^7Be	53,28 dana	0,01 Bq kg ⁻¹

Ugljenik-14 (^{14}C)

Radioizotop ^{14}C prirodno se stvara interakcijom sporih kosmičkih neutrona sa ^{14}N . Transformacijom u molekul $^{14}\text{CO}_2$ ulazi u lanac ishrane preko biljaka i procesa fotosinteze.

Na količinu ovog radioizotopa u životnoj sredini uticala je i količina oslobođena kao posledica nuklearnih eksplozija (1963. godine bila je udvostručena količina u atmosferskom CO_2) ali i količina iz nuklearnih postrojenja za reciklažu (Povinec, 2010). Specifična aktivnost ^{14}C u XXI veku iznosi oko 230 Bq kg⁻¹ u odnosu sa ukupni ugljenik u prirodi, dok je sadržaj u telu oko 2 700 Bq. Količina ^{14}C prisutnog u telu rezultuje u proseku efektivnoj dozi od 12 µSv godišnje (UNSCEAR, 2010).

Larivière & Guèrin (2010) ističu da količine ^{14}C i ^{40}K inkorporisane u telo biljke zajedno sa ugljenikom i kalijumom, mogu biti oslobođene u atmosferu gde utiču na redistribuciju radioaktivnosti u životnih sredini.

Stuiver i Ostlund (1983) i Key et al. (2004) ističu da je ugljenik-14 sve češći predmet izučavanja radionuklida u životnoj sredini, značajan za npr. proces klimatskih promena (Larivière & Guèrin, 2010). Poznavanje koncentracije prirodnih radionuklida u prizemnom sloju atmosfere doprinosi proučavanju kretanja vazdušnih masa (Gomez, Garcias, Casas & Cerda, 1994; M. Rajačić et al., 2015).

Tricijum (^3H)

Tricijum je radioaktivni izotop vodonika koji nastaje prirodnim putem ali i antropogenom aktivnošću. Kosmički tricijum nastaje kontinualno u gornjim slojevima atmosfere ali se takođe i raspada, ukupna aktivnost godišnje iznosi 72 PBq. Prirodna rasprostranjenost tricijuma je veoma niska, svega jedan atom tricijuma na 10^{18} atoma vodnika, dok je njegovo vreme poluraspada 12,26 godine (Galeriu & Melintescu, 2010).

Iako je gas, tricijum se lako zamenjuje sa vodonikom u vodenoj pari, ulazeći tako u niže slojeve troposfere i vodeni ciklus kao teška odnosno tricijumska voda iz koje ga je gotovo nemoguće odstraniti. Prirodni nivo tricijuma (pre razvoja nuklearnih elektrana) u padavinama bio je u opsegu od 0,18 do 1 Bq l^{-1} (Galeriu & Melintescu, 2010). Prirodni tricijum koji se nalazi u životnoj sredini rezultira dozom na čitavo telo od 0,01 μSv god^{-1} .

Berilijum-7 (^7Be)

Interesantan je zbog svog kretanja u atmosferi do njenog najnižeg sloja, a pomoću padavina može dospeti u površinske vode. Nastaje u interakciji čestica iz kosmičkog zračenja sa jezgroma azota i kiseonika u stratosferi i gornjim slojevima troposfere (Grossi et al., 2016) i najčešće se nalazi u jedinjenjima BeO i $\text{Be}(\text{OH})_2$. Period poluraspada je oko 53,28 dana. Elektronskim zahvatom se jezgro ^7Be iz svog osnovnog stanja, raspada u litijum, emitujući gama zračenje na samo jednoj energiji od 477,60 keV, relativno visokog intenziteta (10,52%).

Osnovni način kojim se uklanjanje Be iz viših slojeva troposfere predstavlja vlažna depozicija. Višegodišnjim praćenjem ^7Be u aerosolima i ukupnom depozitu uočavaju se jasne sezonske varijacije sa izraženim maksimumima aktivnosti u letnjim i minimumima u zimskim mesecima na teritoriji Srbije (M. Rajačić et al., 2015). Sezonske varijacije nastaju kao posledica klimatskih uslova, usled kretanja vazdušnih masa u prolećnim i letnjim mesecima.

Taloženjem na površini mora i okeana kosmogeni radionuklidi se uključuju u fizičke i biogeohemijske cikluse (Aoyama, 2010).

Sadržaj prirodnog radionuklida ^7Be može poslužiti kao pokazatelj intenziteta kosmičkog zračenja koje stiže do Zemljine atmosfere jer brzo nakon nastanka biva adsorbovan na površinu aerosola što ih čini odličnim pokazivačima cirkulisanja atmosfere, uključujući mešanje i transport vazdušnih masa i aerosola (Grossi et al., 2016).

Povišena prirodna radioaktivnost

Polovinom sedamdesetih godina uveden je pojam „tehnološki povećana prirodna radioaktivnost” koji označava izlaganje prirodnim izvorima zračenja nastalih kao posledica tehnološke aktivnosti, a koja nije posebno sprovedena u cilju dobijanja zračenja. U različitim tehničko-tehnološkim procesima, prvenstveno u rudarstvu i ostalim granama industrije, izdvajaju se ^{238}U , ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K i drugi radioizotopi uranijuma, polonijuma, ugljenika, vodonika itd. Iz ovih procesa, oslobođeni radionuklidi dospevaju ponovo u sve medijume životne sredine, što je pominjano u predhodnom tekstu. Glavni izvori tehnološki povećane prirodne radioaktivnosti su termoelektrane na ugalj i primena mineralnih đubriva u poljoprivrednoj proizvodnji. Primena fosfatnih đubriva u poljoprivredi povećava sadržaj uranijuma u zemljištu i podzemnoj vodi (Martinez-Aguirre, Garcia-Leon & Ivanovich, 1994), a istraživanja vezana za njihovu dugogodišnju primenu pokazuju minimalan uticaj na zemljište.

Sagorevanjem uglja u termoelektranama dolazi do oslobađanja i preraspodele niza zagađivača životne sredine, sumpordioksida, azotnih oksida, ugljenmonoksida, toksičnih i teških metala, organskih čestica, radionuklida uranijumovog i torijumovog niza i kalijuma-40.

Sagorevanjem uglja nastaje procentualno najveća emisija zagađujućih materija u poređenju sa bilo kojim drugim gorivom, što je posledica visokog sadržaja pepela u uglju. Svaka vrsta uglja sadrži određeni udeo uranijuma i torijuma, kao i potomke proizvedene njihovim radioaktivnim raspadom. Prilikom sagorevanja uglja u termoelektranama, dolazi do koncentrisanja prirodnih radionuklida tako da faktor obogaćenja za pepeo i šljaku može biti veliki. U zavisnosti od karakteristika uglja, procenta pepela u uglju, njegove kalorične vrednosti, fizičkog i hemijskog oblika radionuklida zavisiće i ponašanje prirodnih radionuklida u procesu sagorevanja. Tokom sagorevanja dolazi do eliminacije organske komponente, zbog čega se povećava koncentracija radionuklida u pepelu u odnosu na ugalj. Jedan deo lebdećeg pepela se izdvaja u elektrostatičkim precipitatorima, dok drugi deo putem dimnjaka odlazi u atmosferu i na taj način dolazi do značajnog zagađenja životne sredine, odnosno do tehnološki uslovljenog povećanja prirodne radioaktivnosti (Kathren, 1986).

Primena mineralnih đubriva, fosfatnih pre svega, takođe, utiče na promenu prirodne distribucije radionuklida. U procesu nastajanja fosfatnih đubriva, zakišeljavanje fosfatnih stena, lomljenih i u prahu, dovodi do povećanja koncentracije fluorida, teških metala (Cd, Hg, Pb, U i Cr) i radionuklida. Mobilnost uranijuma u zemljištu određena je različitim faktorima npr. visokom HPK i BPK vrednošću, saturacijom vode, pH, organskom komponentom, sadržajem karbonata ali i osnovnim sastavom zemljišta. U zavisnosti od ovih karakteristika, prisustvo helata u alkalnim zemljištima sa karbonatima, može povećati njegovu mobilnost i bioakumulaciju od strane vegetacije. Takođe, u zemljištu i mineralnim đubrivima koja se primenjuju na pirinčanim poljima u Sri Lanci, Indija, nađene su veće specifične aktivnosti ^{40}K , ^{226}Ra i ^{232}Th , (Dissanayake & Chandrajith, 2009).

Promena prirodne radioaktivnosti kao posledica rada termoelektrana ili pak promenom fosfatnih đubriva može uticati i na lanac ishrane, zemljište - biljka - životinja - čovek. Zavisno od tipa zemljišta i hemijskog oblika radionuklida koji se nalazi u njoj, biljka različito vezuje radionuklide.

b) Proizvedena komponenta - antropogeni radionuklidi

Antropogeni, veštački ili proizvedeni radionuklidi, odnosno radioaktivnost, obuhvataju izvore radioaktivnosti koji nisu postojali na zemlji pre nuklearne ere ili nisu bili u merljivim količinama (Mietelski, 2010). Napredak nuklearne fizike omogućio je primenu radioaktivnih nuklida u energetske i vojne svrhe. Reprocesiranje nuklearnog goriva predstavlja samo jednu od rutinskih operacija tokom kojih se antropogeni radionuklidi mogu osloboditi u mora i okeane. Oko 1000 ovih izotopa dobijeno je nuklearnim reakcijama.

Značajniji veštački stvoreni radionuklidi su ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{239}Pu , ^{85}Kr , ^{241}Am , ^{132}Te i dr. Kada je u pitanju zdravlje čoveka, posebno su izdvojeni ^{131}I , ^{60}Co , ^{59}Fe , ^{58}Co , ^{90}Sr i $^{99\text{m}}\text{Tc}$. Osobine nekih antropogeno proizvedenih radionuklida date su u Tabeli 5.

Tabela 5. Neke karakteristike antropogenih radionuklida

Radionuklid	Simbol	T_{1/2}	Izvor
Jod-131	^{131}I	8,04 dana	fisioni produkt testiranja oružja, fisioni reaktori, koristi se u medicinskoj terapiji
Jod-129	^{129}I	$1,57 \cdot 10^7$ god.	fisioni produkt testiranja oružja, fisioni reaktori
Cezijum-137	^{137}Cs	30,17 god.	fisioni produkt testiranja oružja, fisioni reaktori
Stroncijum-90	^{90}Sr	28,78	fisioni produkt testiranja oružja, fisioni reaktori
Tehnecijum-99	^{99}Tc	$2,11 \cdot 10^5$	nastaje raspadom ^{99}Mo , koristi se u medicinskoj dijagnostici
Plutonijum-239	^{239}Pu	$2,41 \cdot 10^4$	nastaje pri bombardovanju ^{238}U neutronima ($^{238}\text{U} + n \rightarrow ^{239}\text{U} \rightarrow ^{239}\text{Np} + \beta \rightarrow ^{239}\text{Pu} + \beta$)

Upotreba atomske bombe (Hirošima i Nagasaki, 1945.g.), mnogobrojne nuklearne probe koje su vršene u drugoj polovini dvadesetog veka, izgradnja akceleratora i nuklearnih elektrana i posledice nuklearne katastrofe u Černobilju 1986. godine uticali su da se na površini Zemlje izmeni (minimalno) količina radioaktivnog materijala. Najintenzivnija nuklearna atmosferska testiranja izvedena su u periodu 1957 – 1962. godina, nakon čega ih 1963. god. SAD, SSSR i VB označavaju kao štetna. Potpisivanjem moratorijuma na emisiju nuklearnih eksplozija ovakva testiranja u atmosferi se prekidaju. Većina oslobođenih radionuklida tokom nuklearnih eksplozija imala je kratak period poluraspada koji su daljim raspadanjem produkovali niske doze zračenja a

sami prelazili u stabilne oblike (Mietelski, 2010). Međutim, treba istaći da su ovim testiranjima u atmosferu bili ubačeni i radionuklidi sa dužim periodom poluraspada. Potpisivanje moratorijuma nije obustavilo u potpunosti emitovanje nuklearnih eksplozija na Zemlji, već se nastavila njihova emisija na površini, u podzemlju i pod vodom.

Kao glavne izvore zagađenja Irskog mora, Severnog mora i Severnog Atlantika Mietelski (2010) označava nuklearne instalacije za reprocesiranje u Selafield-u, Velika Britanija. Još jedan izvor antropogenih radionuklida u životnoj sredini predstavljaju centri za nuklearnu medicinu i istraživačke laboratorije.

Još jedan od mogućih načina povećanja količine vještačkih radionuklida u životnoj sredini predstavljaju i akcidentne situacije vezane za ponovni ulazak satelita sa nuklearnim materijalom. Tako npr. ponovnim ulaskom NASA (SAD) satelita *Transit-5-BN-1*, 24. aprila 1964. godine, širom sveta rašireno je oko 629 TBq ^{238}Pu , koji potiče iz SNAP 9A nuklearne energetske baterije (UNSCEAR, 1982; Eisenbud, 1987). Sam ulazak satelita desio se na oko 50 km iznad Madagaskara, a već u toku nekoliko godina radioaktivnim padavinama raširen je širom sveta. U proseku, u umerenom klimatskom pojasu severne hemisfere zabeležena je njegova specifična aktivnost od oko 2 Bq m⁻². Još jedan zabeležen slučaj jeste akcidentalni ulazak sovjetskog satelita iznad Kanade 1978. godine, kada je akcidentom u životnu sredinu unešeno 181 TBq ^{131}I , 3 TBq ^{90}Sr , 3 TBq ^{137}Cs , i nešto plutonijuma (Mietelski, 2010).

Cezijum-137 (^{137}Cs)

Poznato je više od 30 antropogeno proizvedenih radionuklida cezijuma, ali ^{134}Cs , ^{135}Cs i ^{137}Cs se smatraju najznačajnijim zbog jake emisije gama zraka i dugog perioda poluraspada. Izotopi ^{134}Cs ($T_{1/2}=2$ god.) i ^{137}Cs ($T_{1/2}=30$ god.) su hemijski veoma slični. Radionuklidi cezijuma proizvodi su reakcija nuklearne fisije. Značajan izvor ^{137}Cs je recikliranje eksplozivnog nuklearnog materijala, odnosno, samo jezgro reaktora sadrži veliku količinu cezijuma čija je ukupna aktivnost oko 4×10^{17} Bq. U normalnim okolnostima, rutinski se iz nuklearnog reaktora ispušta mala količina Cs u životnu sredinu (Lima, 2010).

Velika količina ^{137}Cs je u životnu sredinu dospela nakon nuklearnih proba u posleratnom periodu 1945 - 1980 i incidenta u Černobilju 1986 godine. Radiološki efekat ^{137}Cs oslobođenog na područje Evrope tokom katastrofe u Černobilju je bio veliki (ATSDR, 2004). Procenjeno je da je na severnoj hemisferi akumulirano 142 kBq m⁻², a na južnoj 35 kBq m⁻² ovog radionuklida (Lima, 2010). Sadržaj ^{137}Cs , nakon Černobiljske katastrofe, u vodi Dunava povećana je za faktor 100, a u algama za 80 (Čonkić et al., 1988; Salak, 2007).

Zbog relativno dugog perioda poluraspada, još uvek se može detektovati aktivnost ovog izotopa u gotovo svim medijumima prirodne sredine. Međutim, njegova distribucija je različita na površini Zemlje u zavisnosti od konfiguracije terena, padavina i vremena kada je oslobođen u atmosferu.

U zemljištu cezijum intereaguje sa česticama, što je od izuzetne važnosti za razumevanje transfera cezijuma iz zemljišta u biljke i uključivanje u lanac ishrane. Faure (1987) ističe da njegova biodostupnost u velikoj meri zavisi od karakteristika zemljišta npr. od sadržaja kalijuma, čestica gline, organske materije i pH (Lima, 2010). Cezijum ima visok afinitet prema česticama gline i akumulira se u međuprostoru ovih alumosilikata (Rajec, Gerhart, Macasek, Shaban, & Bartoš, 1997; Lima, 2010). Apsorpcija ^{137}Cs iz peskovitog zemljišta je oko pet puta veća nego iz glinenog, dok je kod ilovača duplo brže (Lee, 2008). Takođe, može biti zadržan i na organskim molekulima niske i srednje molekulske mase kakve su npr. huminske kiseline ili organske kiseline sa mnogo karboksilnih ili hidroksilnih grupa vezanih za armatične prstenove (Rajec et al., 1997; Lima, 2010). Apsorpcija ^{137}Cs zavisi i od pH vrednosti zemljišta, koja se povećava sa opadanjem pH vrednosti (Lee, 2008).

U vodi, katjoni cezijuma pokazuju veliku rastvorljivost i stabilnost. Ovo svojstvo je izuzetno važno kada se razmatra njegov transport putem vode. Tako se cezijum može javiti i u vodama koje nisu bile direktno izložene zagađenju. Povećanje radioaktivnosti morske i okeanske vode direktno se ispoljava na marinsku biotu. Velike količine ^{137}Cs kod morskih riba, morskih ptica i sisara mogu biti pokazatelj zagađenosti voda. Schmitt (2015) ukazuje da je kod nekih vrsta riba izmeren faktor koncentracije i preko 4 000.

Kao gama emiter ^{137}Cs može ispoljiti negativni efekat na biološke sisteme koji pripadaju različitim sistematskim grupama, uzrokujući promene hemijske ili genetičke prirode. Zbog dugog perioda poluraspada dugo se zadržava u životnoj sredini, a unutar tela životinja selektivno se vezuje za muskulatorni sistem, koji se pak najviše koristi za ljudsku ishranu (Brisbin Jr. & Dallas, 2008). Takođe, u mleku dolazi do mnogostrukog povećanja koncentracije ovih izotopa, a posebno velike količine cezijuma nalazimo u gljivama (Schmitt, 2015).

Stroncijum-90 (^{90}Sr)

Poznato je 19 radioaktivnih izotopa stroncijuma, koji predstavljaju osnovne fisione produkte uranijuma i plutonijuma nastalih u nuklearnoj industriji. Među njima najvažniji je ^{90}Sr ($T_{1/2}=27,7$ god).

Količina ovog izotopa koji se ispušta iz nuklearnih elektrana zanemarljiva je u poređenju sa količinom koja je u atmosferu dospela kao posledica nuklearnih eksplozija u periodu 1945 - 1979. godine. S toga se smatra da najveći izvor ^{90}Sr u životnoj sredini predstavljaju nuklearne eksplozije. Prema izveštaju UNSCEAR-a (2000) ukupna aktivnost proizvedenog i raširenog radiostroncijuma tokom nuklearnih proba u atmosferi iznosi 622 PBq i 117 000 PBq za ^{90}Sr i ^{89}Sr , respektivno. U izvore zagađenja radiostroncijumom treba izdvojiti i njegovo oslobađanje iz ciklusa nuklearnog goriva i akcidente u nuklearnim postrojenjima.

Zbog svojih hemijskih karakteristika, visokog negativnog redoks potencijala nemoguće ga je naći slobodnog u prirodi. Većina jedinjenja stroncijuma su u formi jona i rastvorni su u vodi,

osim jedinjenja fluorida, fosfata, sulfata, karbonata ili oksalata koji su slabo rastvorni, a zavise od jonskog radijusa katjona (Guillén, Baeza & Salas, 2010).

Radiostroncijum se označava kao najmobilniji radionuklid u zemljištu, vezan za zemljišne čestice odakle spiranjem lako dospeva u vodotokove. Marinski ekosistemi sadrže više stroncijuma od slatkovodnih, pa tako i sami stanovnici mora u kostima sadrže više stoncijuma (Miniero & Iamiceli, 2008). Interesantno je da je njegova količina na severnoj hemisferi pet puta veća nego na južnoj (Mojović, 2015). Najveća koncentracija u vazduhu severne hemisfere zabeležena je 1960-te godine, reda veličine oko 10^{-3} Bq m⁻³.

Transfer ⁹⁰Sr u životnoj sredini kontrolisan je njegovom hemijskom analogijom sa kalcijumom. Preko mleka i biljaka stroncijum dolazi u organizam čoveka gde se vrlo brzo resorbuje i taloži u kostima jer se ponaša vrlo slično kalcijumu. Veliki broj istraživanja pokazalo je da njegov tranfer iz zemljišta u biljku zavisi od nekoliko karakteristika zemljišta u prvom redu od mogućnosti razmene sa kalcijumomom u zemljišnom rastvoru, zatim od katjonske izmenjivačke sposobnosti, sadržaja organske materije i sl.

Plutonijum (Pu)

Plutonijum se uglavnom smatra antropogeno nastalim elementom jer velika količina danas prisutnog plutonijuma stvorena je u nuklearnim reaktorima, a zanemarljivo mala količina potiče iz eksplozije Supernove (Harper & Tinnacher, 2008). Plutonijuma se najčešće koristi u izradi nuklearnog oružja i kao gorivo za nuklearne elektrane.

Prema procenama od 1945. godine atmosferskim eksplozijama ispušteno je oko 6 t plutonijuma u životnu sredinu čija ukupna aktivnost iznosi $1,33 \cdot 10^{16}$ Bq (Harper & Tinnacher, 2008). U otpadu nuklearnih elektrana nalazimo ih u tragovima oko stotinak kBq godišnje.

Svi njegovi izotopi (²³⁸Pu, ²³⁹Pu, ²⁴⁰Pu, ²⁴¹Pu, ²⁴⁴Pu i dr.) su radioaktivni i imaju negativan efekat na ljudsko zdravlje ukoliko dospeju u organizam inhalacijom (Neu, Goff & Runde, 2010). Toksikološki efekat izotopa plutonijuma potiče od njihovih raspada uz emisiju alfa zračenja.

Deo plutonijuma koji je unešen hranom i aerosolima u pluća i probavni trakt nalazi svoj put do krvi odakle se akumulira u kostima i jetri (Schmitt, 2015). Prilikom incidenta u Fokušimi, Japan 2011. godine detektovana je izvesna količina plutonijuma u okolnom zemljištu. Američka agencija za ekološku zaštitu¹⁷ (2011) je nakon pomenutog akcidenta dala saopštenje da su primećeni tragovi radijacije koja potiče od plutonijuma u kišnici na severoistoku SAD, ali da pronađeni nivo ne predstavlja opasnost po ljudsko zdravlje.

Visoko jonizujuće zračenje koje nastaje raspadanjem plutonijuma najčešće ispoljava najveće efekte u neposrednoj blizini mesta kontaminacije zbog malog dometa alfa čestica. Sam toksični

¹⁷ US EPA (United States Environmental Protection Agency), <https://www.epa.gov/radnet/2011-japanese-nuclear-incident>

efekat na životnu sredinu nije poznat usled nedostatka relevantnih istraživanja i činjenica (Harper & Tinnacher, 2008).

Plutonijum je generalno slabo rastvoran, malo pokretan i ima svega nekoliko negativnih efekata na ljudsko zdravlje iz formi koje se mogu naći u životnoj sredini, i kao takav pokazuje mali rizik po živa bića u životnoj sredini (Neu et al., 2010).

Jod (I)

Jod je element prisutan u svim medijumima životne sredine u različitim koncentracijama. Poznata su 42 radioaktivni izotopa joda, od kojih su najznačajniji ^{129}I , ^{131}I , ^{133}I i ^{135}I . Oni se nalaze u aerosolima i otpadnim vodama iz nuklearnih elektrana. Jedini radioizotop joda koji se prirodno javlja u životnoj sredini jeste ^{129}I , a nastaje kao produkt spontane fisije ^{238}U u geosferi i dejstvom kosmičkih zraka na ksenon u gornjim slojevima atmosfere.

Jod predstavlja esencijalan mikroelement za sisare jer učestvuje u produkciji tiroidnih hormona i utiče na pravilno funkcionisanje tiroidne žlezde. Prema potencijalnoj opasnosti za čoveka najvažniji je ^{131}I ($T_{1/2} = 8$ dana), dok se ^{129}I ($T_{1/2} = 15,7 \cdot 10^6$ god.) akumulira u biosferi.

On se u organizmu lagano resorbuje i koncentruje u štitnoj žlezdi. Na taj način štitna žlezda je izložena 1 000 puta većoj dozi nego ostatak tela. Zbog toga se u svim slučajevima akcidentalnog ispuštanja radioaktivnog joda preporučuje blokiranje štitne žlezde kod osoba koje mogu biti kontaminirane. Blokiranje se sastoji u uzimanju preparata sa neaktivnim jodom (obično kalijum jodid). Na taj način štitna žlezda koncentruje neaktivni jod do zasićenja i eventualni radioaktivni jod ne nalazi mogućnost ulazanja u žlezdu (Schmitt, 2015). Prema izveštaju UNSCEAR-a (2000) procenjeno je da je ukupna aktivnost oslobođenog ^{131}I u Černobiljskoj katastrofi bila $1,7 \times 10^6$ TBq.

Tricijum (^3H)

Tricijum može nastati i antropogenim putem i kao takav dospeti u životnu sredinu i time uticati na ukupnu količinu. Nastaje u reaktorima na sledeće načine:

- fisijom - zahvatom neutrona deuterijumom u slučaju reaktora sa teškom vodom $\text{D}_2\text{O}(n,\gamma)\text{TDO}$
- zahvatom dva neutrona u lakovodnim reaktorima $\text{H}_2\text{O}(n,\gamma) \text{D}_2\text{O}(n,\gamma)\text{THO}$ - reakcijama neutrona s borom, litijumom koji se dodaju vodi za hlađenje.

Koncentracije tricijuma koja se dobija je različita, zavisno og tipa reaktora.

Procenjeno je da oko 240 EBq tricijuma oslobođenog u atmosferskim nuklearnim testiranjima, brzo zamenio vodonik u atmosferskoj vodi i cirkulisanjem između stratosfere i troposfere brzo raširio odakle je dospao u površinske i podzemne vode, izvore i okeane (UNSCEAR, 2000). Međutim, Carroll, Fledderman, Padgett, Steedley i Jannik (2007) procenjuju da ukupno

oslobađanje tricijuma u atmosferu iz ovih izvora iznosi 1 EBq, ali da su aktuelne vrednosti minorne (Galeriu & Melintescu, 2010).

Nastao bilo prirodnim bilo antropogenim putem, tricijum može biti inkorporisan u organske materije u reakcijama razmene (vezan za kiseonik, sumpor, fosfor ili azot) ili u enzimatskim katalitičkim reakcijama (Galeriu & Melintescu, 2010).

Zabrinutost naučne javnosti zbog posledica koje mogu nastati zbog velikog broja puteva ulaska tricijuma u životnu sredinu i u ljudsko telo, uticala je i na definisanje limitirajuće koncentracije ovog radioizotopa u hrani. Preporučena vrednost specifične aktivnosti tricijuma u hrani data je od strane komisije *Codex Alimentariusa* (2006) i to u hrani za decu do 10^3 Bq kg⁻¹, i do 10^4 Bq kg⁻¹ u ostaloj hrani. U Švajcarskoj, preporučena vrednost od 10^3 Bq kg⁻¹ je interpretirana kao tolerantna vrednost ali ne i kao limitirajuća (Galeriu & Melintescu, 2010). Međutim kada je u pitanju voda za piće, različite zemlje imaju različite maksimalno dozvoljene koncentracije (MDK) za tricijum (Tab. 6).

Tabela 6. MDK za tricijum (Bq l⁻¹) u vodi za piće u različitim zemljama, adaptirana tabela autora (Galeriu & Melintescu, 2010)

Zemlja	MDK tricijuma (Bq l ⁻¹)
Australija	76 10 ³
Finska	30 10 ³
Švajcarska	10 10 ³
Rusija	7 700
Kanada	7 000
SAD	740
Evropska Unija	100
Srbija	100 („Sl. glasnik RS“, 86/11)

Kod jednokratnog unosa tricijuma u organizam, efektivno vreme poluraspada je oko 10 dana, a u lancima ishrane ne dolazi do njegove bioakumulacije. Unos aktivnosti od $3,7 \cdot 10^4$ Bq tricijuma u telo dovodi do efektivne doze zračenja od 1,7 μSv.

Ugljenik-14 (¹⁴C)

Pored svog prirodnog porekla, ¹⁴C, kao i tricijum nastaje i antropogenim aktivnostima u nuklearnim i termoelektranama. Zbog dugačkog vremena poluraspada (T_{1/2}=5 600 god.) proizvodnji ¹⁴C u nuklearnim postrojenjima treba posvetiti posebnu pažnju.

Količina tricijuma i ugljenika-14 u okeanima, koja potiče od nuklearnih eksplozija ili od testiranja oružja sprovedenih 50-ih i 60-tih godina XX veka, može da je prikrije njihovu prirodnu distribuciju u površinskim vodama (Chung & Chen 2004).

Takođe, visoka aktivnost i visoka biodostupnost ugljenika-14, nastalog kao rezultat nuklearnih eksplozija i padavina, doprinela je ukupnoj efektivnoj dozi u životnoj sredini. Prema Eisenbudu (1987), prosečna efektivna doza koju svaki čovek primi od ^{14}C , u toku prosečnog života od 70 godina, iznosi 4,5 mSv. Treba napomenuti da je vrednost individualne doze koju čovek dobije u toku prosečnog života iz prirodnih izvora veća za oko 35 - 40 puta (UNSCEAR, 1982; Mietelski, 2010).

Kako je ugljenik veoma značajan u prirodi za formiranje organske materije preko $^{14}\text{CO}_2$, ^{14}C postaje konstituent hrane koja se koristi u ljudskoj ishrani. Zbog zoga je komisija *Codex Alimentarius-a* (2006) je dala preporučenu vrednost koncentracije ^{14}C u hrani za decu do 10^3 Bq kg^{-1} i do 10^4 Bq kg^{-1} u ostaloj hrani.

1.4.3. Ponašanje radionuklida u terestričnim ekosistemima

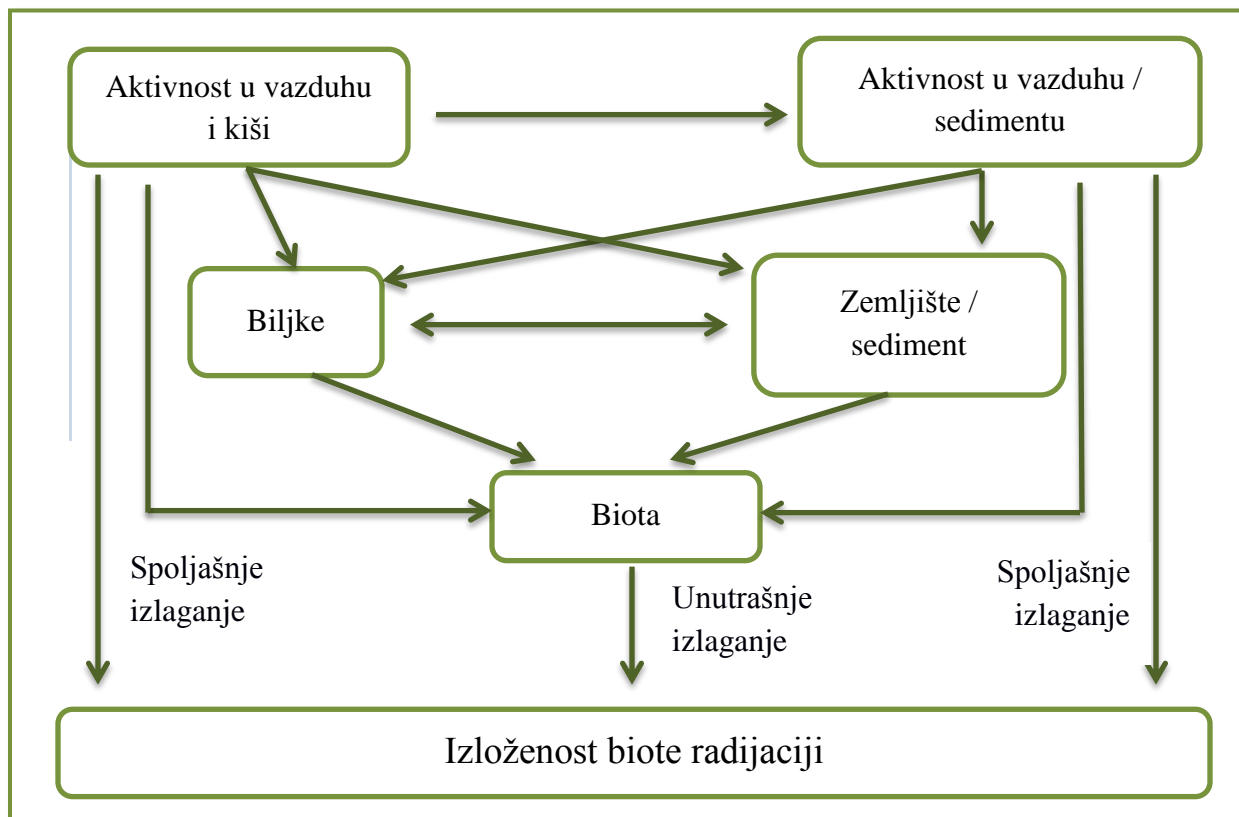
Razvoj ekologije kao nauke i bolje razumevanje lanaca ishrane i biogeochemijskih ciklusa, ukazalo je na neophodnost sagledavanja kratkoročnih i dugoročnih posledica radionuklida na individue, populacije, zajednice, i naravno ekosisteme. Nakon akcidenta u Černobilju, velike količine ^{90}Sr , ^{137}Cs i izotopa plutonijuma se zadržalo u atmosferi, a strujanjem vazduha preneseno je na velike daljine. Brojne studije pokazuju da su ^{90}Sr i ^{137}Cs oslobađeni prilikom nuklearnih eksplozija imali veliki uticaj na terestrične i akvatične ekosisteme. Potvrđeno je da izotopi ^{90}Sr , ^{137}Cs i Pu pokazuju kontinuiranu migraciju nadole kroz zemljište. Pretežno se zadržavaju u zemljištu sve dok se ne uključe, kroz biogeochemijske cikluse, u lanac ishrane (Lee, 2008).

Ponašanje radionuklida u životnoj sredini predmet je proučavanja relativno nove nauke koja se zasniva na temeljima radijacione biologije i ekologije – radioekologije (*radioecology*). Prirodna radioaktivnost i sa njom povezana izloženost gama zračenju zavisi prvenstveno od geoloških i geografskih uslova i zastupljena je širom sveta u različitim nivoima u tipovima zemljišta (Tzortzis, Svoukis & Tsertos, 2004; Rani & Singh 2005; Ndontchueng, Mekongtso Nguemem, Simo, Njinga, & Joël, 2014) i u izvorskoj vodi (Joksic, Radenkovic, & Miljanic, 2007).

Radionuklidi u životnoj sredini mogu biti isprani iz zemljišta i iz basena podzemnih voda, mogu biti infiltrirani duboko u zemljište, transportovani podzemnim vodama ili resuspenzijom iz rastvora itd. Kada se jednom radioaktivni materijal nađe u životnoj sredini, može biti inkorporisan u telo biljaka i unešen u organizam životinja i/ili ljudi (WHO, 2011). Radionuklidi se metabolički ugrađuju u biljne vrste resorpcijom iz zemljišta putem korenovog sistema (dugoživeći ^{40}K , ^{232}Th , ^{238}U , ^{90}Sr , ^{137}Cs), kao i folijarnom depozicijom (^{210}Pb , ^7Be). Folijarna depozicija i apsorpcija radionuklida iz vazduha je tesno povezana sa morfološkim karakteristikama listova i lokalnim klimatskim uslovima (Todorović, Popović, Ajtić, & Nikolić, 2013).

U cilju razumevanja ponašanja radionuklida u biosferi, rađena su brojna istraživanja i studije procene transfera radionuklida između različitih komponenata životne sredine (neorganske,

organske) ali i kroz lance ishrane. Na Sl. 10. prikazan je uprošćen transfer radionuklida u životnoj sredini.



Slika 10. Uprošćena shema izloženosti biote radioaktivnosti (Chambers, Phillips, Fernandes & Garva, 2008).

Nivo izloženosti zračenju u spoljašnjoj sredini, zbog terestrične radijacije, u vezi je sa geološkim i geografskim karakteristikama terena (Florou & Kritidis, 1992; UNSCEAR, 2000). Uglavnom većina minerala sadrži nizak nivo radionuklida prirodnog porekla, ali drugi, npr. cirkon i neki retki minerali mogu imati visok sadržaj ^{238}U i ^{232}Th od 40 do 70 kBq kg^{-1} (Vandenhove et al., 2009). U Tab. 7 dat je primer različitih specifičnih aktivnosti radionuklida u stenama (Trevisi, Risica, D'Alessandro, Paradiso, & Nuccetelli, 2012). Među magmatskim stenama graniti, kao predstavnici kiselih plutonskih stena, imaju znatno veću radioaktivnost od bazičnih stena.

Tabela 7. Srednja vrednost koncentracije aktivnosti radionuklida u površinskim stenama Evrope (Trevisi et al., 2012)

Tip stene	^{226}Ra (Bq kg^{-1})	^{232}Th (Bq kg^{-1})	^{40}K (Bq kg^{-1})
Metamorfne stene	27	21	395
Vulkanske stene	160	163	1295
Plutonske stene	78	89	1049

Sadržaj i raspodela radioaktivnih elemenata u zemljištu, vodi i vazduhu daleko su značajniji od sadržaja u stenama. Najčešće zemljišta imaju nižu radioaktivnost od stena od kojih su nastala. Rezidualna zemljišta uglavnom odražavaju sadržaj uranijuma u matičnim stenama, mada može doći do obogaćenja ili osiromašenja zavisno od pH i Eh, naročito tamo gde dolazi do akumulacije huminskih organskih materija. Kao primer može poslužiti severna Švedska gde u tresetištima ima do 3,1 % U (na bazi suve materije) (Armands, 1967).

Autori Brisbin Jr. i Dallas-u (2008) naglašavaju da inicijalni i još uvek primarni problem dospevanja radionuklida u lance ishrane predstavljaju poljoprivredni ekosistemi (agroekosistemi) u kojima se oni bioakumuliraju i biokoncentrišu idući ka višim trofičkim nivoima. Sistem održive poljoprivrede je noviji sistem poljoprivredne proizvodnje, uveden zbog očuvanja životne sredine kroz favorizovanje alternativnih sistema zemljoradnje (npr. združeni i pokrovni usevi) i očuvanja biodiverziteta (Dolijanović, 2013; Sarap et al., 2015). Ekološki balansirana poljoprivreda se bazira na očuvanju prirodnih karakteristika zemljišta i maksimalnoj biološkoj aktivnosti (Kolomejceva-Jovanović, 2010; Sarap et al., 2015).

U radioekološkim studijama lanci ishrane se koriste za procenu ingestione doze koju čovek dobija od radionuklida iz okoline. U cilju boljeg razumevanja i poznavanja migracije i transfera radionuklida u biosferi neizostavno se koriste transfer faktori, kao kvantitativna mera prelaska radionuklida iz jedne karike lanca u drugu. Brojna istraživanja radioaktivnosti uzoraka zemljišta, vode i izračunavanje transfer faktora širom sveta urađena su prvenstveno radi procene efektivne doze i rizika koji proizilaze (Arnedo et al., 2013).

1.4.4. Ponašanje radionuklida u slatkovodnim ekosistemima

U akvatičnoj sredini, komponente životne sredine su malo drugačije jer su kod slatkovodnih ekosistema uključeni i potoci, reke, jezera i sediment, a u marinskom zona plime i oseke, obalske vode i marinski sediment. Odatle radioaktivnost može preći u akvatične biljke, fitoplankton, zooplankton, mikro- i makroinvertebrate, sesilne akvatične organizme i sisare koji predstavljaju izvor hrane iz akvatične sredine. Brojne studije pokazuju da su ^{90}Sr i ^{137}Cs oslobođani nuklearnih eksplozija imaju podjednako veliki uticaj na terestrične i akvatične ekosisteme (Lee, 2008).

Važno je naglasiti da akvatična životna sredina nije kompletno izolovana od terestrične i obratno, upravo zbog ciklusa kruženja vode u životnoj sredini. Radiaktivnost iz akvatičnih može biti transferovana u terestrične ekosistema i iz zemljišta ponovo, putem biljaka, može ući u lanac ishrane, povećavajući rizik po ljudsko zdravlje. Kako sam transfer radionuklida obuhvata izuzetno dug vremenski period, neophodno je sprovesti i višegodišnja ispitivanja promena u biogeohemijskim ciklusima radionuklida i njihov uticaj na ekosistem (Lee, 2008). Intenziviranjem zagađenja, raste i briga o ispravnosti pijaće vode. Radionuklidi koji se nalaze u pijaćoj vodi mogu uzrokovati brojne posledice po ljudsko zdravlje usled unutrašnjeg izlaganja kao direktne posledice unošenja i apsorpcije u ljudskim tkivima (Trevisi et al., 2012).

U novije vreme zabeleženo je više slučajeva unosa i biokoncentracija radionuklida u ribama iz mora/okeana i u divljim vrstama (slobodnoživeće vrste) od strane sportista i ljudi, posebno iz siromašnijih krajeva zemalja u razvoju ili siromašnijih slojeva stanovništva širom sveta koji koriste ribu kao osnovnu hranu. S tim u vezi, nastao je fenomen „*Jenkins efekat*“ koji pokazuje da u slobodnoživećim ribama i divljim životinjama postoji značajno povišen nivo radionuklida nego u gajenim vrstama životinja sa istog područja. Ovaj fenomen rezultat je činjenice da se za gajenje životinja proizvodi hrana na zemljištu za čije se obogaćivanje nutrijentima koriste mineralna đubriva koja ne sadrže radionuklide. Ovi nutrijenti, kao suplementi u đubrivu, razređuju koncentraciju njihovih radioaktivnih analoga, koji su putem padavina dospeli u zemljište, smanjujući tako količinu radioaktivnih supstanci koju preko biljaka unose životinje koje se gaje. S tim u vezi, nakon Černobiljske katastrofe, znatno viši stepen kontaminacije zabeležen u irvasima koji su pasli u tundrama severnih geografskih širina u poređenju sa domaćim životinjama umerenog regiona. Razlog tome je činjenica da su se posledice nesreće u Černobilju osećale više u severnim zemljama. Takođe, dosadašnji pokušaji dovođenja u vezu stepena kontaminacije i biomagnifikacije radionuklida u organizmima u lancu ishrane su bezuspešni, jer su najčešće najviše koncentracije nađene kod herbivora (Brisbin Jr. & Dallas, 2008).

1.4.5. Transfer faktor radionuklida

TF zemljište-biljka

Izučavanje transfera radionuklida duž lanca ishrane odvija se intenzivno zadnjih 40-ak godina, kao posledica razvoja nuklearnog oružja i njegovog testiranja ali i oslobađanja radionuklida iz vojnih objekata i civilnih nuklearnih elektrana (Vandenhove et al., 2009). Transfer radionuklida iz zemljišta u biljni organizam odvija se preko korenovog sistema, a procenjuje se određivanjem transfer faktora iz zemljišta u biljku (TF). Osnovna pretpostavka jeste da je specifična aktivnost radionuklida u biljci linearno zavisna od specifične aktivnosti radionuklida u zemljišnom rastvoru tj. zemljištu, te je selektivnost apsorpcije uslovljena selektivnošću korenovog sistema (International Union for Radiology 1989; IAEA, 2010). Autori Sheppard i Sheppard (1985) ističu da TF označava količinu koja će biti apsorbovana od strane biljke iz supstrata u uslovima ravnoteže (Vera Tome, Blanco Rodríguez, & Lozano, 2003). Transfer faktori zemljište-biljka se široko primenjuju za procenu količine radionuklida koja će dospeti u biljku iz zemljišta (IAEA, 2009) ali i za procenu doprinosa unutrašnjoj dozi izlaganja putem ingestije (Gregory & Agbalagba, 2014; Kritsanuwat, Sahoo, Araf, & Fukushi, 2014).

Transfer faktor zemljište-biljka (TF) se definiše kao odnos koncentracije datog radionuklida u biljci (ili delovima biljke) i u zemljištu, a varira u zavisnosti od karakteristika zemljišta.

Transfer radionuklida iz zemljišta u biljku prema Bettencourtu, Teixeiri, Eliasu i Faisci (1988) zavisi od karakteristika zemljišta, fizičko-hemijskih karakteristika radionuklida, od klimatskih uslova, ali i vrste biljaka, a posebno od dela biljke koji se ispituje, a takođe i od kompetitivnosti

same vrste (Vera Tome et al., 2003). Transfer faktor radionuklida iz zemljišta u biljku menja se tokom vegetacionog perioda. Tako da, ukoliko se izračunavanje radi na kraju vegetacionog perioda mogu se dobiti neočekivano visoke vrednosti.

Marković, Stevović, Rajačić, Todorović i Krneta Nikolić (2016) naglašavaju da je u južnoj Srbiji a posebno u Pčinjskom okrugu, izuzetno važno razmotriti i transfer faktor „zemljište-žitarice” sa stanovišta razvoja organske proizvodnje.

TF u slatkovodnim ekosistemima

Radionuklidi u slatkovodne ekosisteme dospevaju depozicijom na površinu vodotoka ili vodozahvata. Takođe, spiranje sa terena predstavlja dugotrajan način unošenja radionuklida. Čvrste čestice mogu biti isključene iz vodnog tela taloženjem ili adsorbovanjem u sediment, odakle takođe mogu biti ponovo uključene u ciklus. Vreme boravka radionukluda u slatkovodnim ekosistemima u velikoj meri zavisi od interakcije sa suspendovanim materijama što vodi konačnom isključivanju u zonama sedimentacije (IAEA, 2010).

1.5. Politika upravljanja stanjem životne sredine u zaštićenim područjima

Unapređenje dosadašnje politike i sektorskih politika ka upravljanju zaštitom životne sredine i prirodnim resursima na principima održivog razvoja uređena je Nacionalnim programom Republike Srbije o zaštiti životne sredine („Sl. glasnik RS“, br. 12/10). Ovim programom predviđeno je podizanje kvaliteta životne sredine i unapređenja kvaliteta života stanovništva, u cilju pridruživanja EU, kreiranjem i implementacijom odgovarajućih aktivnosti i programa, kao i usvajanjem osnovnih načela. Osnovna načela kojima se uređuje kvalitet životne sredine i života ljudi jesu: načelo održivog razvoja, načelo očuvanja prirodnih vrednosti, načelo kompenzacije, načelo integralnosti, načelo „zagađivač plaća“, načelo „korisnik plaća“, načelo „primena podsticajnih mera“, načelo zajedničke odgovornosti, načelo supsidijarnosti, načelo prevencije i predostrožnosti, načelo podizanja nivoa svesti o značaju zaštite životne sredine, načelo informisanja i učešća javnosti, načelo odgovornosti zagađivača i njegovog pravnog sledbenika, načelo zaštite prava na zdravu životnu sredinu i pristupa pravosuđu i načelo usaglašavanja nacionalnog zakonodavstva sa pravnim tekovinama EU u oblasti životne sredine.

Nacionalnim programom o zaštiti životne sredine identifikovani su nedostaci kako ekonomski, tako i finansijski, institucionalni i slično, koji utiču na promenu biološke raznovrsnosti u Srbiji. Takođe, utvrđeno je da Srbija nema dovoljnu pokrivenost zaštićenim područjima. Široko zastupljeno mišljenje danas je da zaštićena područja predstavljaju integralne delove šireg predela, te je u tom kontekstu neophodno stvarati viziju i definisati ciljeve upravljanja, radi boljeg razvoja područja. Usled sprovođenja neadekvatnih aktivnosti i nerazvijenog informacionog sistema zaštićena područja se suočavaju sa problemom upravljanja. Utvrđivanje i praćenje stanja životne sredine u zaštićenim područjima značajni su ne samo radi zaštite i unapređenja prirodnih i stvorenih vrednosti, nego i održivog razvoja lokalnih zajednica koji se može ostvariti kroz organsku poljoprivredu i proizvodnju, kroz seoski, ekološki, zdravstveno-rekreativni, naučno-obrazovni ili neki drugi vid turizma. Kao ključni element za jačanje ekonomskog, socijalnog ali i ekološkog značaja Srbije u regionu izdvojena je poljoprivreda, jer poljoprivredno zemljište zauzima 57,6% njene ukupne površine.

U Nacionalnom programu zaštite životne sredine ukazuje se da je neophodno pratiti stanje i način korišćenja zemljišta, identifikovati osetljiva i opterećena područja kao i definisati stepen i karakteristike zagađenja zemljišta. Takođe, utvrđivanjem osnovnih uzročnika degradacije zemljišta prepoznata je i neophodnost suzbijanja i ublažavanja procesa dezertifikacije, kao problema globalnog razmera.

Nacionalnim programom predviđeno je u okviru kontinuiranih ciljeva (2010 - 2019. god.) zaustaviti gubitak biodiverziteta, unaprediti sisteme upravljanja zaštićenim područjima i ekološkom mrežom, uspostaviti eko-koridore za fragmentisane ekosisteme i sl., ali takođe i uspostaviti mehanizme primene tradicionalnih i veština u oblasti održivog korišćenja biodiverziteta i očuvanja prava starosedelaca i njihovih znanja u ovoj oblasti.

Fragmentacija prirodnih staništa prepoznata je kao ozbiljan faktor ugrožavanja prirode, posebno u zaštićenim područjima Srbije u kojima postoji zemljište koje se obrađuje. Kod većine malih zaštićenih područja, koja su često nepravilnog oblika, javlja se efekat „rubnih površina“, gde dominiraju procesi eutrofikacije nutrijentima sa poljoprivrednih površina, povećanje broja invazivnih i oportunističkih vrsta u odnosu na zaštićene vrste koje su specifične za to područje.

S toga su u Nacionalnoj strategiji održivog korišćenja prirodnih resursa i dobara („Sl. glasnik RS“, br. 33/12) među glavnim problemima vezanih za upravljanje i očuvanje zaštićenih područja izdvojeni i nedovoljna površina zaštićenih područja, neracionalno korišćenje prirodnih resursa i visok stepen nekontrolisane bespravne izgradnje i degradacije staništa u zaštićenim područjima, slaba opremljenost i loša organizovanost mnogih staraoca prirodnih dobara, nedovoljna transparentnost procesa zaštite i upravljanja zaštićenim područjima, nedovoljna finansijka ulaganja u mere zaštite i slično. Ono što je važno istaći da nedovoljno finansijske podrške za finansiranje ovih područja utiče na povećanu eksploataciju prirodnih resursa unutar datog područja, koja je veoma često u suprotnosti sa ciljevima zaštite.

Problem sa zagađenjem životne sredine jeste utvrditi jasnu korelaciju između kvaliteta životne sredine, stanja prirodnih i agroekosistema, kao i ljudskog zdravlja. Za precizno utvrđivanje ovih odnosa neophodna su sveobuhvatna, multidisciplinarna istraživanja i ispitivanja i dugoročni monitoring.

Kada se govori o stanju životne sredine u zaštićenim područjima, nedovoljno pažnje posvećeno je fizičkim parametrima, pre svega radioaktivnosti. Nacionalni program zaštite životne sredine prepoznaje značaj istraživanja jonizujućeg zračenja u prirodi, koja je u nadležnosti različitih resora ministarstava zaduženih za oblast nauke, zaštite životne sredine, zdravlja, unutrašnjih poslova i odbrane. Usvajanjem Zakona o zaštiti od jonizujućih zračenja i o nuklearnoj sigurnosti („Sl. glasnik RS“, br. 36/09 i 93/12), izvršena je harmonizacija propisa u ovoj oblasti sa propisima Evropske unije, pooštavanjem režima nuklearne i radijacione sigurnosti.

Pored usklađivanja nacionalnih propisa sa zakonodavstvom EU, kao glavni ciljevi Nacionalnog programa izdvojeni su uspostavljanje modernizovane i proširene mreže monitoringa radioaktivnosti, zatim uspostavljanje monitoringa nejonizujućeg zračenja i obezbeđivanje kapaciteta za trajno odlaganje radioaktivnog otpada. U tom pogledu, od velikog je značaja je prikazivanje rezultata detaljnih istraživanja radiološke aktivnosti zemljišta, vode i biljaka u Srbiji nakon NATO bombardovanja u cilju utvrđivanja i praćenja stanja.

Nacionalnom strategijom održivog razvoja Republike Srbije („Sl. glasnik RS“, br. 57/08) predviđeno je usaglašavanje ekonomskog rasta i investiranja u čistiju proizvodnju, energetske efikasnost, zaštitu životne sredine i smanjenje emisija, odnosno, usaglašavanje sa međunarodnim standardima u oblasti zaštite životne sredine. Stanje životne sredine unutar zaštićenih područja prepušteno je upravljačima. Na žalost, istraživanja i sistemski monitoring sprovode se u velikim zaštićenim područjima (nacionalni parkovi), dok su manja područja u velikoj meri ograničena. To je posledica finansijskog stanja samih područja ali i nedovoljnog broja angažovanih

kompetentnih stručnjaka za zaštitu prirode. Manjak administrativnih operativaca u vođenju područja može se nekad protumačiti i kao nedovoljna zainteresovanost za unapređenje stanja i statusa područja.

Na osnovu postojećih podataka može reći da samo 24% zaštićenih područja u svetu zadovoljavaju standarde u smislu upravljanja, 36% imaju osnovnu zaštitu, kod 27% su primećeni ozbiljni nedostaci, dok 13% beleži odsustvo adekvatnog upravljanja (Erg, 2015). Analiziranjem rezultata efikasnosti upravljanja zaštićenim područjima (200 područja u 34 zemalja) pokazuju da je u samo 12% implementiran i odobren plan upravljanja, ali i da su oblik, zakonodavni status, granice, resursi i ciljevi pravilno uspostavljeni. Ono što se pokazalo kao nedostatak jeste planiranje upravljanja, monitoring i evaluacija, sigurnost u pogledu finansiranja kao i zakonska regulativa, a takođe i postojanje „parkova na papiru“ (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). U cilju praćenja efikasnosti upravljanja zaštićenim područjima u svetu zastupljene su brojne metode. Nacionalna strategija održivog korišćenja prirodnih resursa i dobara („Sl. glasnik RS“, br. 33/12) i podrazumeva uspostavljanje adaptivnog upravljanja, osavremenjivanje i unapređenje planova upravljanja i njihovu efikasnost.

Samo područje Pčinjskog okruga zbog svoje burne prošlosti predstavlja jedinstvenu celinu koja povezuje različite ekološke, kulturološke, etničke celine. Što se tiče prirodnih vrednosti terena, njegova prava valorizacija još uvek nije urađena, što zbog teško pristupačnih terena ali i zbog neadekvatne finansijske podrške ovakvih istraživanja. Rezultati sporadičnih ispitivanja, ipak pružaju osnovan uvid u raznovrsnost prirodnih vrednosti na ovom području. Stoga su sveobuhvatne studije veoma poželjne.

1.6. Dosadašnja istraživanja

1.6.1. Radionuklidi u životnoj sredini Srbije sa akcentom na Pčinjski okrug

Geološka podloga Srbije predstavljena je različitim tipovima stena, od kojih neke formacije sadrže radionuklide u značajnoj koncentraciji. Na primer, uranijumom su bogati granitoidi, kristalasti škriljci, vulkanske stene, pre-tercijarni terigeni peščari i tercijarni sedimenti. Istraživanja koncentracije radionuklida u zemljištu na teritoriji naše zemlje nisu bila dovoljno zastupljena, međutim u novije vreme su sve češća.

Rezultati analiza specifične aktivnosti radionuklida u zemljištu Srbije od strane Dragovića, Jankovića, Onjia i Bačića (2006) pokazuju da je prosečan sadržaj ^{238}U 2,76 ppm, za ^{232}Th 10,4 ppm i za ^{40}K 1,98 ppm. U literaturi se takođe mogu naći i srednje vrednosti aktivnosti radionuklida u zemljištu Srbije od 32 Bq kg⁻¹ (2,6 ppm) za ^{238}U , 37,8 Bq kg⁻¹ (9,3 ppm) za ^{232}Th i 550 Bq kg⁻¹ (1,8 ppm) za ^{40}K (Dragović et al., 2014). Autori ističu da su rezultati slični ekvivalentnim dozama zemljišta iz regiona sa sličnom geologijom terena i geotektonskim strukturama, ali i sa srednjim međunarodnim vrednostima.

Što se tiče uzoraka vode, različit sadržaj radionuklida nađen je u različitim uzorcima. Autori Tanasković, Eremić i Savković (2011) utvrdili su maksimalne vrednosti alfa i beta aktivnosti u banjskim vodama Srbije od 425 mBq l⁻¹ i 1 160 mBq l⁻¹, dok su maksimalne specifične aktivnosti ²²⁶Ra, ²²⁸Ra i ⁴⁰K iznosile 0,53 Bq l⁻¹, < 0,22 Bq l⁻¹ i 1,13 Bq l⁻¹, respektivno. Međutim, autori ističu da rezultati merenja radioaktivnosti u uzorcima banjskih voda Srbije nisu rezultat dejstva geološke strukture akvifera na njih.

Istraživanja teretrične radioaktivnosti u Srbiji intenzivirana su nakon NATO vazdušnih napada (1999) kada je i na određenim lokacijama uspostavljen i sistematski monitoring. Tokom vazdušnih napada na Saveznu Republiku Jugoslaviju korišćena je municija sa osiromašenim uranijumom (DU) čije je prisustvo u zemljištu potvrđeno od strane UNEP-a (2002). Pčinjski okrug u jugoistočnoj Srbiji obuhvata površinu sedam opština od kojih je prema autorima Stevanović, Miladinović i Kekić (2015) četiri bilo izloženo DU. Rezultati istraživanja Radenkovića, Cupaća, Joksića i Todorovića (2008) ukazuju da je tri godine nakon kontaminacije u Bratoselcu povišena radioaktivnost bila "tačkastog" karaktera, bez daljeg rasprostranjenja.

Monitoringom radioaktivnosti, utvrđene su lokacije u našoj zemlji, ne uključujući teritoriju Kosova i Metohije, koje su kontaminirane municijom od osiromašenog uranijuma tokom NATO bombardovanja Srbije 1999. godine. Bitno je istaći da, pored same fizičke destrukcije terena, bombardovanje je ostavilo snažne posledice i na stanovništvo ali i materijalna i prirodna dobra Srbije. Prema procenjenim vrednostima UNSCEAR-a (2010) količina osiromašenog uranijuma korišćena u oružanim sukobima u Srbiji i Crnoj Gori (1999) iznosila je 0,7 t, dok na Kosovu (1999) čak 10 t. Rezultati UNEP-ove DU misije 2002. godine potvrdili su prisustvo različite koncentracije DU u analiziranim uzorcima zemljišta sa teritorije Pčinjskog regiona. Analiza je obuhvatila uzorke sa sledećih lokacija: Bratoselce i Borovac na teritoriji Opštine Bujanovac, lokacija Pljačkovica i Vranjski garnizon na teritoriji Opštine Vranje i lokacije Reljan i Bukarevac na teritoriji Opštine Preševo (UNEP, 2002).

Sanacija lokacija u Pčinjskom okrugu, Bratoselce, Borovac, Pljačkovica i Reljan, urađena je od strane Instituta za nuklearne nauke „Vinča“, Vojske Republike Srbije u koordinaciji sa resornim Ministarstvima u periodu od 2002-2007. godine. Sredstva su bila obezbeđena iz državnog budžeta, a radioaktivni otpad i kontaminirana zemlja prikupljeni u postupku sanacije privremeno su uskladišteni u Institutu za nuklearne nauke „Vinča“. Nepravilno skladištenje radioaktivnog otpada i prouzrokovana lokalna kontaminacija izdvojeni su kao glavni uticaj na životnu sredinu na ovom prostoru.

Srednje specifične aktivnosti radionuklida u zemljištu jugoistočne Srbije, na predhodno pomenutim lokacijama, prema autorima Sarap, Janković, Todorović, Nikolić i Kovačević (2014) iznosila su 45 Bq kg⁻¹ za ²²⁶Ra, 50 Bq kg⁻¹ za ²³²Th, 651 Bq kg⁻¹ za ⁴⁰K, 10 Bq kg⁻¹ za ¹³⁷Cs, 3,4 Bq kg⁻¹ za ²³⁵U i 57 Bq kg⁻¹ za ²³⁸U. Zaključak autora ukazuje da je nivo aktivnosti radionuklida u uzorcima sličan vrednostima sa drugih lokacija širom sveta.

Zaključci većine istraživanja radioaktivnosti u Srbiji ukazuju na neophodnost daljeg detaljnog istraživanja i praćenja radioaktivnosti na području južne Srbije (D. Popović et al., 2008).

Dosadašnja ispitivanja radioaktivnosti u zaštićenim područjima na teritoriji Srbije, obuhvatila su uzorke zemljišta iz zaštićenih područja u AP Vojvodini (Mrdja et al., 2003), zatim uzorke zemljišta, mahovina, trava i mesa iz Nacionalnog parka „Tara“ i sa planine Maljen (Mitrović, Vitorović, Vitorović, Pantelić, & Adamović, 2009) i uzorke iz Nacionalnog parka „Kopaonik“ (Mitrović et al., 2016). Rezultati ispitivanja alfa i beta radioaktivnosti pijaćih voda u Srbiji autora Tanasković, Pantelić, Vuletić, Javorina i Eremić Savković (2005) pokazuju da vode iz gradskih vodovoda potpuno zadovoljavaju kriterijume o radiološkoj ispravnosti u periodu 2001-2004. Autori su detektovali kod nekih uzoraka izvorske i bunarske vode vrednosti koje prelaze dozvoljene kriterijume. Očekivano je da se radioaktivni elementi (U, Ra i Rn) nalaze u većim koncentracijama u mineralnim odnosno banjanskim vodama Srbije.

Preciznim merenjem, često veoma malih specifičnih aktivnosti radionuklida, omogućava se praćenje procesa njihovog transporta u realnim uslovima - u zemljištu, vodi i atmosferi prema živim organizmima. Da bi se obezbedio kvalitetan monitoring potrebno je imati stabilan i kvalitetan sistem za merenje i praćenje koncentracije aktivnosti radionuklida u životnoj sredini (Tanasković et al., 2011). Iz tog razloga u Srbiji se od 2010. godine sprovode sistematska ispitivanja radioaktivnosti u životnoj sredini ali i u okolini nuklearnog objekta.

Kontinuirano praćenje doze gama zračenja u Srbiji prati se preko detektora postavljenih u stanicama na Paliću, u Novom Sadu, Beogradu, Vinči, Kladovu, Zlatiboru, Nišu, Vranju i Kosovskom Mitorvici. Prema najnovijem Izveštaju Agencije za zaštitu od jonizujućih zračenja i nuklearnu sigurnost u 2015. godini vrednost jačine ambijentalnog ekvivalenta doze gama zračenja u vazduhu kretala se u intervalu od 81 nSv h⁻¹ u Beogradu, do 142 nSv h⁻¹ u Vranju. Srednje godišnje vrednosti jačine ambijentalnog ekvivalenta doze gama zračenja u vazduhu Beograda, Vinče, Niša i Vranja iznosile su 93 nSv h⁻¹, 131 nSv h⁻¹, 109 nSv h⁻¹ i 136 nSv h⁻¹, respektivno.

Prema Izveštaju u 2015. godini gamaspektrometrijska analiza kompozitnih mesečnih uzoraka vazduha sa područja Beograda (Zeleno Brdo), Vinče, Subotice (Palić), Niša, Zlatibora, Zaječara i Vranja ukazuje na prisustvo proizvedenih radionuklida i radionuklida prirodnog porekla. ¹³⁷Cs, ⁷Be i ²¹⁰Pb su zastupljeni u veoma niskim koncentracijama.

Na području Beograda, Vinče, Subotice, Novog Sada, Niša, Zaječara, Kragujevca, Zlatibora i Vranja u padavinama u 2015. godini zabeležena je specifična aktivnost ¹³⁷Cs ispod minimalne detekcione koncentracije. Što se tiče površinskih voda, vrednost izmerenih aktivnosti ²²⁶Ra i ²³²Th manje su od vrednosti koja je propisana Pravilnikom o granicama sadržaja radionuklida u vodi za piće („Sl. glasnik RS“, 86/11 i 97/13).

Kontinualno praćenje sadržaja radionuklida vrši se i u uzorcima rečnog sedimenta iz Dunava kod Bezdana, Zemuna, Vinče i Prahova, Save kod Sremske Mitrovice i Beograda, Nišave kod Pirota, Tise kod Kanjiže, Timoka kod Knjaževca i Drine kod Loznice. U uzorcima sa ovih lokacija u

2015. godini nađene su specifične aktivnosti prirodnih radionuklida u intervalima vrednosti: ^{226}Ra (9,5 – 26,1 Bq kg⁻¹), ^{232}Th (7,3 – 30,0 Bq kg⁻¹), ^{40}K (134 – 443 Bq kg⁻¹) i ^{238}U (<15 – 60 Bq kg⁻¹) i nalaze se u granicama uobičajenih vrednosti za sediment i zemljište našeg regiona.

U vodi za piće iz sedam gradova koja su obuhvaćena programom monitoringa (Beograd, Niš, Subotica, Kragujevac, Čačak, Kraljevo i Leskovac) u 2015. godini ukupna alfa i beta radioaktivnost iznosi od 0,003 do 0,038 Bq l⁻¹ i manje od 0,3 Bq l⁻¹, respektivno. Što se tiče gama radioaktivnosti, rezultati ukazuju na veoma nisku specifičnu aktivnost prirodnih radionuklida dok su u dva uzorka ^{137}Cs bio iznad granica detekcije ali daleko ispod granca sadržaja propisanih Pravilnikom.

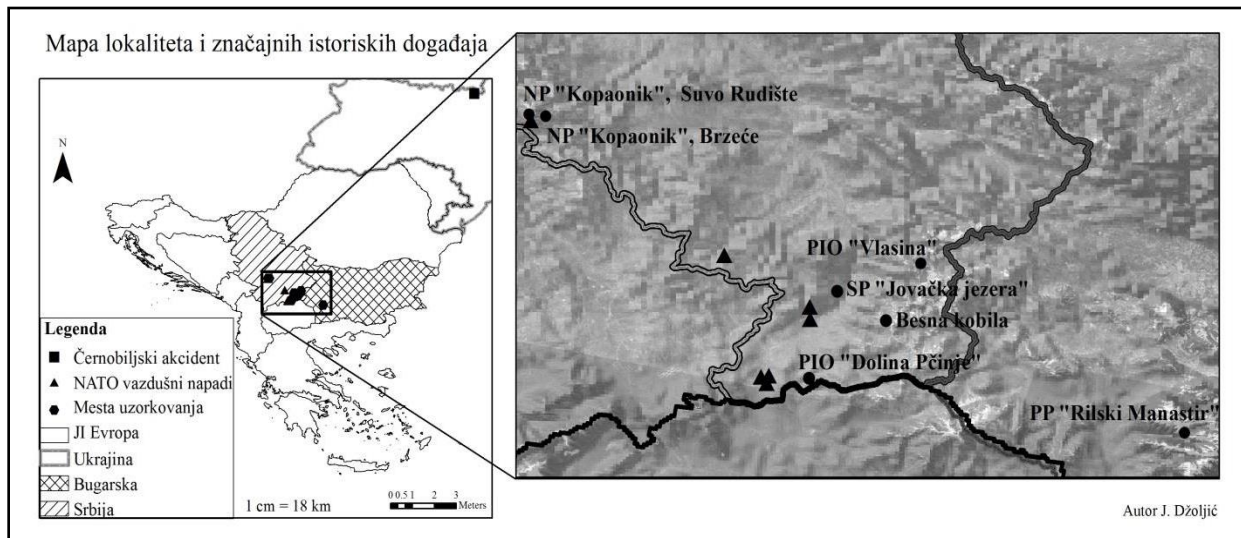
U biljnim kulturama sa lokaliteta na koje je dejstvovano osiromašenim uranijumom (opštine Preševo, Bujanovac i Vranje, lokacije Reljan, Bratoselce, Borovac i Pljačkovica) sadržaj radionuklida u 2015. godini odgovara sadržaju biljnih kultura sa drugih lokacija u Srbiji. Vrednosti specifične aktivnosti prirodnog radionuklida ^{210}Pb karakteristične su za biljne kulture i veće u odnosu na ^{226}Ra i ^{232}Th , što se i očekuje, jer ga biljka apsorbuje i putem zemljišta i putem vazduha. Najviše koncentracije radionuklida ^{226}Ra , ^{235}U , ^{238}U i ^{40}K u zemljištu izmerene su u uzorcima sa lokacije Bratoselce. Iako su na ovim lokacijama vrednosti aktivnosti ^{235}U i ^{238}U veće i nekoliko puta u odnosu na ostale lokacije, na osnovu odnosa ovih izotopa zaključuje se da je prirodnog porekla (SRBATOM, 2015).

Prema Agenciji za zaštitu od jonizujućeg zračenja i nuklearnu sigurnost Srbije ukupna radioaktivnost životne sredine na teritoriji Republike Srbije u 2015. godini (aktivnost kako prirodnih radionuklida tako i dugoživećih radionuklida veštačkog porekla, uglavnom iz Černobiljskih padavina), u različitim vrstama uzoraka (vazduh, padavine), kretala se u niskim nivoima.

Prema podacima pomenute Agencije, radijacioni rizik za stanovništvo koji potiče od proizvedenih radionuklida je zanemarljiv, jer je vrednost ekvivalentne doze od proizvedenih radionuklida koju je u 2015. godini prosečan stanovnik Republike Srbije primio ingestijom i inhalacijom manja od 0,01 mSv. Prema Pravilniku o granicama sadržaja radionuklida u vodi za piće, životnim namirnicama, stočnoj hrani, lekovima, predmetima opšte upotrebe, građevinskom materijalu i drugoj robi koja se stavlja u promet („Sl. glasnik RS“, br. 86/11 i 97) granična vrednost individualne efektivne doze u vodi za piće iznosi 0,1 mSv god⁻¹, a ista vrednost se uzima i za hranu. Doprinos efektivnoj dozi koji potiče od unosa vodom za piće ^3H , ^{40}K , ^{222}Rn , ^{220}Rn i drugih radonovih potomaka nije uračunat u tu vrednost.

Procena radioaktivnosti na nenaseljenim prostorima omogućuje kvalitetnu procenu stanja životne sredine koja nije izložena direktnom antropogenom pritisku uz istovremeno kreiranje osnove za budući monitoring. Nenaseljene oblasti u okviru zaštićenih područja mogu poslužiti u te svrhe. Osim toga, uglavnom ove oblasti predstavljaju i popularne turističke destinacije, te su ovakva istraživanja i podržana od strane stanovništva. Na Sl. 11 prikazana je Mapa zaštićenih područja

Pčinjskog okruga i lokacije koje su bile kontaminirane u toku NATO agresije, ne uključujući lokacije na teritoriji Kosova i Metohije.



Slika 11. Položaj zaštićenih područja Pčinjskog okruga u odnosu na lokacije kontaminirane u različitim događajima.

1.6.2. Procena štete biodiverziteta u zaštićenim područjima nanete u toku NATO bombardovanja

Procena štete nanete biodiverzitetu u okviru zaštićenih područja urađena je 1999. godine od strane *UNEP/UNCHS Habitat BTF*¹⁸. U procenu su bila uključena četiri zaštićena područja, Nacionalni park „Kopaonik“, Nacionalni park „Fruška Gora“, Zlatibor koji je bio u postupku zaštite i Skadarsko jezero kao Ramsarsko područje.

Istraživanjem je utvrđeno da su ekosistemi pretrpeli značajne promene u toku i nakon bombardovanja. Područja su bila izložena dejstvu vatre, požara, unošenju radionuklida, stvaranju kratera, uništavanju biljnih zajednica i sl. Najznačajniji efekat bombardovanja primećen je na staništima ugroženih i endemičnih vrsta, dok će visokoplaninski tereni pokazati pravi efekat tek u kasnijim procenama, nakon više vegetacijskih sezona (*UNEP/UNCHS Habitat BTF*, 1999). Uspostavljanje monitoringa sadržaja radionuklida u zaštićenim područjima je od izuzetnog značaja, s obzirom na to da u njima postoje naseljena mesta i da ih posećuje veliki broj turista.

1.6.3. Praćenje promena vegetacijskog pokrivača u zaštićenim područjima

Praćenje promena vegetacijskog pokrivača u Srbiji korišćenjem evropske *CORINE Land Cover* metodologije do sada nije sprovedeno na teritoriji Južne Srbije. Ova metodologija primenjena je

¹⁸ UNEP/UNCHS (Habitat) Balkans Task Force (BTF) – UNEP/The UN Centre for Human Settlements (Habitat) radna grupa za Balkan

Savremene metode praćenja radionuklida i ostalih pokazatelja stanja životne sredine u cilju optimalnog upravljanja zaštićenim područjima Pčinjskog okruga

samo za procenu šumovitosti (S. Popovic & Džoljic, 2016) i za utvrđivanje promena namene korišćenja poljoprivrednog zemljišta na teritoriji Srbije (S. Popović, Mitić, & Džoljić, 2010).

1.7. Cilj istraživanja

Ispitivanja osnovnih pokazatelja stanja životne sredine u zaštićenim područjima Pčinjskog okruga treba da ukažu na kvalitet životne sredine, na moguć stepen promena koje potencijalno mogu uticati na čoveka i ukupan živi svet, na optimalne pravce razvoja područja, kao i na eventualne potrebe preduzimanja mera poboljšanja stanja u procesu upravljanja zaštićenim područjima. Kako sama zaštićena područja po pravilu treba da predstavljaju nezagađenu sredinu, procenom osnovnih parametara životne sredine ukazuje se na postojanje promena stanja vode, zemljišta i samog predela a koje su nastale zbog dosadašnje antropogene aktivnosti. Takođe, ovakva ispitivanja omogućuju utvrđivanje stepena promena osnovnih vrednosti ovih područja. Procena stanja životne sredine u zaštićenim područjima Pčinjskog okruga neophodna je radi zaštite i održivog korišćenja potencijala ovih područja kroz ruralni razvoj, razvoj seoskog, sportskog, zdravstvenog i ekoturizma, sakupljanje i preradu jestivog, lekovitog i začinskog bilja kao i kroz organsku proizvodnju što bi omogućilo razvoj čitavog regiona.

Ispitivanje radioaktivnosti uzoraka vode, zemljišta i biljaka, treba da pruži relevantne podatke o bezbednosti područja za život, za očuvanje biodiverziteta i planiranje aktivnosti lokalnih zajednica i upravljača. Posmatrajući sa ekonomskog aspekta, veliki broj proizvoda koji se plasira na naše i svetsko tržište potiče iz zaštićenih područja. Tu se prvenstveno misli na čajeve, šumsko voće i plodove, drvenu građu ali i na flaširanu vodu koja potiče iz zaštićenih područja (Džoljić, Stevović, Todorović, Polavder, Rajačić & Krneta-Nikolić, 2017). Kako uzorci potiču sa planina koje pripadaju različitim planinskim masivima sa određenim razlikama u geološkom sastavu, vegetacijskom pokrivaču, režimu voda i blizine područja pogođenih tokom NATO bombardovanja 1999. godine, istraživanja su trebala da pokažu da li postoji razlika u distribuciji radionuklida.

Količina radionuklida u biljkama ukazuje na sposobnost biljaka da ih akumulira u toku dužeg vremenskog perioda. Jednogodišnje lekovito bilje i zeljasta vegetacija ukazuju na stepen njihove akumulacije iz zemljišta u toku vegetacijske sezone, a kako je upotreba lekovitog bilja široka, ovaj podatak je od izuzetnog značaja za stanovništvo i razvoj organske poljoprivrede. Cilj detekcije količine radionuklida u jezerskom mulju je od velikog značaja zbog konstantne razmene materija sistema voda-mulj, ali i zbog jezerske ihtiofaune, koja se ne retko koristi u ishrani.

Rezultati praćenja upravljanja zaštićenim područjima ukazuju na postojeće stanje ali i trend promena u efikasnosti upravljanja tokom ispitivanog perioda, a takođe mogu identifikovati mogućnosti i nedostatke njihove primene na ovom području.

U disetraciji će biti prikazane preporuke za unapređivanje monitoringa stanja životne sredine u zaštićenim područjima primenom savremene tehnologije i metodologije. Današnji stepen razvoja tehnike i tehnologije omogućio je i razvoj i primenu savremenih metoda, metode daljinske detekcije i GIS-a, radi utvrđivanja promena u životnoj sredini. Na primeru utvrđivanja promene

vegetacijskog pokrivača primenom predhodno pometutih metoda, kao dobre prakse, može se uticati na osavremenjivanje metoda za utvrđivanja stanja i promena u zaštićenim područjima.

Analiza parametara životne sredine bi trebalo da ukaže na eventualne promene stanja životne sredine u zaštićenim područjima, a koje su dobrim delom u korelaciji sa dosadašnjom praksom upravljanja područjem. Promene se odnose pre svega na kvalitet stanja područja, ali takođe i na promene u vegetacijskom pokrivaču usled prirodne sukcesije. Što se tiče radioaktivnosti, usled različite geološke građe terena, različite udaljenosti od Černobilja i područja pogođenih u NATO bombardovanju, očekivana je različita količina radionuklida u uzorcima. Takođe, očekivan rizik od radijacije u zaštićenim područjima bi trebao biti zanemarljiv.

1.8. Disciplinarno određenje predmeta i svrhe istraživanja

U cilju zaštite i unapređivanja prirodnih ekosistema neophodno je konstantno praćenje i unapređivanje sistema zaštićenih područja. Kako bi se definisalo stanje životne sredine u zaštićenim područjima i ocenile mogućnosti za njihovo unapređenje i dalji razvoj, neophodno je proučiti osnovne parametre stanja životne sredine i ukoliko je moguće, analizirati njihov trend promena. Takođe je važno na ovim područjima detektovati sve promene vezane za abiotičko-biotičke i antropogene efaktore koji mogu rezultovati u promeni sastava živog sveta i kvalitetu uslova za život. Samim tim predmet istraživanja stanja životne sredine sa posebnim osvrtom na prisustvo radionuklida, pripada prirodnim naukama. Kako je sama zaštita životne sredine interdisciplinarna oblast, razumljivo je da predmet istraživanja ima takav karakter.

II. METODE KORIŠĆENE ZA PROCENU STANJA ŽIVOTNE SREDINE

S obzirom na to da su disertacijom obuhvaćeni različiti abiotički i biotički faktori kao pokazatelji stanja životne sredine korišćene su različite metode za njihovu procednu. U narednim poglavljima biće objašnjena celokupna metodologija i korišćen materijal.

Kako su u radu razmatrani različiti parametri kao vremenski okvir za određivanje kvaliteta vazduha i klimatskih parametara uzet je period 2012 – 2014. godina. U istraživanju vezanom za definisanje zemljišnog pokrivača korišćeni su rezultati najskorijeg istraživanja iz 2012. godine, a trend promena je ustanovljen za period 1990-2012. godina. Ispitivanje radioaktivnosti u zaštićenim područjima Pčinjskog okruga sprovedeno je tokom 2014., 2015. i 2016. godine. Istraživanja sprovedena u Srbiji u cilju procene upravljanja urađena su 2009., 2012. i 2015. koristeći METT, a 2009. i RAPPAM metodu.

2.1. Stanje životne sredine

Agencija za zaštitu životne sredine u Srbiji (*Serbian Environmental Protection Agency – SEPA*) sprovodi sistemski monitoring stanja životne sredine prateći fizičko-hemijske parametre. Svi parametri životne sredine u zaštićenim područjima Pčinjskog okruga definisani su na osnovu monitoringa Agencije osim za procenu količine radionuklida.

Na osnovu metoda Republičkog hidrometeorološkog zavoda (RHMZ) određeni su glavni klimatski parametri meteoroloških i hidroloških pojava i parametara u zaštićenim područjima Južne Srbije. Kako je Agencija deo evropskog programa za monitoring i procenu (EMEP¹⁹), rezultati su dobijeni korišćenjem odgovarajuće metodologije RHMZ-a u cilju izveštavanja prema EMEP-u. EMEP je naučno orjentisan program usmeren zakonodavnom legislativom, koji je proistekao iz Konvencije o prekograničnom zagađivanju vazduha na velikim udaljenostima²⁰, u cilju usmeravanja međunarodne saradnje.

Glavni ciljevi EMEP-ovog programa su objedinjavanje analiza i regularno izveštavanje o verifikovanim, kvalitetnim podacima o emisijama glavnih aerozagađivača. Metodologija je zasnovana na principu „bottom-up“, a uključuje podatke o glavnim polutantima, aerosolima, teškim metalima i dugotrajnim organskim zagađivačima (POPs) određenih, geografski referenciranih regiona. Ova metoda posmatra regione kroz delove geografske mreže sa prostornom rezolucijom 50 x 50 km² (Morán et al., 2016). Princip „bottom-up“ odnosi se na utvrđivanje emisije aerozagađivača dobijenih direktnim merenjem (ukoliko je dostupno) i/ili specifičnih faktora utvrđenih E-PRTR²¹ bazom (Dios et al., 2014).

¹⁹ EMEP – *European Monitoring and Evaluation Programme*, <http://www.emep.int/>

²⁰ *Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (CLRTAP)*. Konvencija je ratifikovana u Srbiji („Sl. list SFRJ-Međunarodni ugovori“, br. 11/86)

²¹ E-PRTR - *European Pollutant Release and Transfer Register*, <http://prtr.ec.europa.eu/>

Radi ocene kvaliteta vazduha u zaštićenim područjima, koja nisu izložena direktnom pritisku industrije i sl., analizirane su koncentracije zakašeljavajućih gasova (NO_x , SO_x i NH_x) koji su takođe obuhvaćeni i Nacionalnom listom indikatora zaštite životne sredine Srbije („Sl. glasnik RS“, br. 37/11).

Glavni izvori oksidacione forme azota (NO_x) su procesi sagorevanja goriva npr. u automobilima i elektranama. Većina NO_2 nastaje u procesu oksidacije emitovanog NO , zbog čega se uglavnom NO smatra kao NO_x , jer daje značajno manji doprinos ukupnoj količini NO_2 .

Još jedan od važnih izvora azota koji putem depozicije dospeva na zemljište jesu redukcionne forme azota (NH_x), u vidu amonijaka i amonijum jona.

Sumporovi oksidi (SO_x) obuhvataju emisiju SO_3 i SO_2 iz procesa sagorevanja goriva sa sumporom. Glavni izvor predstavljaju ložišta u domaćinstvima, termoelektrane i saobraćaj, dok su najveći prirodni izvori vulkani.

2.2. Praćenje promena zemljišnog pokrivača

U Srbiji praćenje stanja zemljišta je lokalnog karaktera i sprovodi se samo u pojedinim opštinama i gradovima, dok se ističe značaj podizanja nivoa svesti o značaju i praćenju stanja i zaštite zemljišta (SEPA, 2015). Zbog toga je kao parametar za procenu stanja u zaštićenim područjima uključen i zemljišni pokrivač.

Analiza promena zemljišnog pokrivača urađena je korišćenjem rezultata istraživanja Evropske agencije za zaštitu životne sredine (EEA²²), dobijenih primenom savremene *CORINE Land Cover* (CLC) metodologije i softvera ArcMap-a (ESRI 1999-2008) na osnovu kojih su utvrđene kategorije pokrivača na terena.

CLC metodologija usvojena je na međunarodnom nivou od strane Komisije Evropske Unije²³ i predstavlja jednu od metoda za monitoring informacija o životnoj sredini i prirodnim reusrusima koju primenjuje EEA. Baza podataka postoji od 1990. godine što omogućuje praćenje promena u zemljišnom pokrivaču nastalih kao rezultat prirodnih procesa i antropogene aktivnosti.

Ova metodologija sprovodi se u okviru Kopernikus²⁴ programa čiji je cilj da obezbedi informacije koje će biti od koristi za istraživanja na polju životne sredine i sl. Program je oformljen radi monitoringa zemljišta, koristeći kombinaciju najnovijih metoda daljinske detekcije i *in situ* istraživanja. Podaci ovog programa su procesuirani i pružaju realne i ažurne informacije za šest tematskih područja (kopno, marinski sistem, atmosfera, klimatske promene, upravljanje u slučajevima opasnosti i bezbednost). Važnost informacija i njihova relevantnost definisana je i proverena od strane Evropske komisije i Komiteta Kopernikus progama uz poštovanje saveta korisničkog foruma Programa (EEA²⁴, 2017).

²² EEA – European Environment Agency, <http://www.eea.europa.eu/>

²³ *Decision on the CORINE programme, Official Journal L 176, 6.7.1985.*

²⁴ *The Copernicus programme - Land monitoring service (2017).* Dostupno na <http://land.copernicus.eu/about>.
Pristupljeno 11/3/2017

Do sada CORINE metodologija koripćena je za praćenje promena zemljišnog pokrivača u Parku prirode *Los Flamencos* u Španiji od strane Gil, Quiroga i López (2011). Takođe, širom Evorpe urađena je i klasifikacija biotopa (u Italiji, Grčkoj i sl.) što ukazuje na značaj njene primene.

Podaci CLC metodologije za našu zemlju postoje od 1990. godine, a rezultate monitoringa obrađuje SEPA. Karakteristike zemljišnog pokrivača u Pčinjskom okrugu definisane su na osnovu podataka za 2012. godinu Službe za monitoring zemljišta Kopernikus programa EEA, koja je dostupna na zvaničnoj internet stranici.

2.3. Ispitivanje radioaktivnosti gama spektrometrijom

Gama spektrometrija je danas visoko razvijena i primenljiva metoda za praćenje i merenje aktivnosti uzoraka iz životne sredine. Gama spektrometrija omogućava da se detektovanjem emisije gama fotona iz određenog uzorka identifikuju radionuklidi prisutni u samom uzorku i odredi njihova koncentracija (Tanasković et al., 2011).

Svi detektorski sistemi koji se koriste u spektrometriji γ zračenja, sastoje se od detektora i pridružene elektronike. Prolaskom γ zraka kroz detektorsku zapreminu dolazi do konverzije energije fotona u kinetičku energiju elektrona i pozitrona preko neke od predhodno navedenih interakcija. Posledica svake pojedinačne interakcije jeste stvaranje određene količine nosioca naelektrisanja, koje se može detektovati i izmeriti. Stvoreni nosioci naelektrisanja prikupljaju se na elektrodama detektora uz pomoć električnog polja, a samo vreme sakupljanja zavisi od vrste i geometrije detektora. Ukoliko se radi o gasnim detektorima, vreme sakupljanja iznosi nekoliko milisekundi, dok kod poluprovodničkih svega nekoliko nanosekundi.

Glavne karakteristike detektora potiču od gustine, zapremine i atomskog broja materijala od koga je izrađen. Upravo su te veličine povezane sa verovatnoćom za interakciju γ zračenja sa detektorskim materijalom i verovatnoćom da celokupna energija fotona gama zračenja bude deponovana u detektorskoj zapremini.

Poluprovodnički detektori, kao najšire primenjivani detektori, mogu se posmatrati kao jonizacione komore u čvrstom stanju, koje se razlikuju prema gustini i dimenziji njihove detektorske zapremine. Za razliku od ranije korišćenih gasnih detektora, upotrebom poluprovodnika ostvaruje se prednost pre svega u utrošenoj količini energije za stvaranja para elektron – pozitron. Kod poluprovodničkih detektora ova energija je oko deset puta manja od energije potrebne za stvaranje para elektron – jon kod gasnih detektora. Prednost se takođe ogleda i u njihovom brzom odgovoru i maloj dimenziji. U zavisnosti od količine energije upadnog fotona zračenja, dolazi do stvaranja većeg broja nosilaca naelektrisanja u odnosu na ranije korišćene, scintilacione detektore (Debertin & Helmer, 1988; Knoll, 1989).

Za detekciju gama zračenja koriste se poluprovodnici $p-n$ tipa, odnosno spoj p i n poluprovodnika (pn -spoj) i okolna oblast nepokretnog prostornog naelektrisanja tzv. oblast osiromašenja (*depletion region*). Princip rada zasniva se na prolasku zračenja kroz oblast osiromašenja tokom kojeg se stvaraju parovi elektron – šupljina, koji vrlo brzo bivaju izbačeni iz

ove oblasti usled dejstva postojećeg električnog polja. Njihovim kretanjem stvara se osnovni električni signal koji je vrlo slab i primenom spoljašnjeg napona u odgovarajućem smeru, obezbeđuje se inverzna polarizacija spoja. Ovim se povećava razlika potencijala i postiže se da debljina oblasti osiromašenja raste, a ujedno i efikasna zapremina detektora. Za spoljašnji napon određene jačine, veća debljina osiromašene oblasti (reda centimetra) postiže se manjom koncentracijom nečistoća. Takođe, isti efekat može se postići kompenzacijom pomoću nanošenja Li jona na Ge kristal pri čemu se formiraju Ge(Li)-detektori. Količina stvorenih elektron – šupljina parova proporcionalna je energiji upadnih fotona.

Veoma značajna karakteristika svakog poluprovodničkog detektora je njegova energetska rezolucija (w_t), koja predstavlja širinu linije na polovini maksimuma FWHM (*Full Width at Half Maximum*) u jedinicama energije. Kod poluprovodničkih detektora širenje pika zavisi od faktora statističkog širenja, odnosno broja nosilaca naelektrisanja w_d , varijacija u efikasnosti sakupljanja naelektrisanja w_x i elektronskog šuma w_e . Pošto svaki od faktora ima Gausovu raspodelu, totalna širina pika je zbir kvadrata pojedinačnih širina: $w_t^2 = w_d^2 + w_x^2 + w_e^2$ (Debertin & Helmer, 1988; Knoll, 1989). Rezolucija zavisi od energije deponovane u detektoru, odnosno pri višim energijama bolja je i rezolucija.

Prvi poluprovodnički materijal koji se koristio za detekciju gama zračenja bio je silicijum (Si), a kasnije se krenulo sa korišćenjem germanijuma (Ge) koji je imao izuzetnu energetska rezoluciju zbog čega je široko primenjivan u spekrometriji fotonskog zračenja. Germanijumske detektore karakteriše linerni koeficijent atenuacije koji je srazmeran efikasnom preseku (σ). I pored odličnih karakteristika kristal germanijuma se mora kriogeno hladiti, a može doći i do radijacionih oštećenja, te ovaj detektor nije pogodan za terenske uslove rada. Jedan od materijala koji se sve češće koristi za detekciju jonizujućeg zračenja je kadmijum-telurid (CdTe), jer ne zahteva kriogeno hlađenje i kao takav je pogodan za rad van laboratorije, a naročito u kliničkom okruženju (Stanković Petrović, 2015).

U cilju poboljšanja performansi germanijumskih detektora, dobijen je novi materijal poznatiji kao germanijum visoke čistoće sa aktivnom zapreminom širine oko 1 cm. Gama spektrometrija je zbog germanijumskih detektora široko rasprostranjena merna tehnika za određivanje koncentracije aktivnosti radionuklida različitih uzoraka (Garcia-Talavera et al., 2000; Bikit et al., 2013).

Merenje gama radioaktivnosti uzoraka je urađeno korišćenjem poluprovodničkih detektora (HPGe detektora) u laboratoriji za Zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine Instituta za nuklearne nauke „Vinča“ u Beogradu.

2.3.1. HPGe detektori

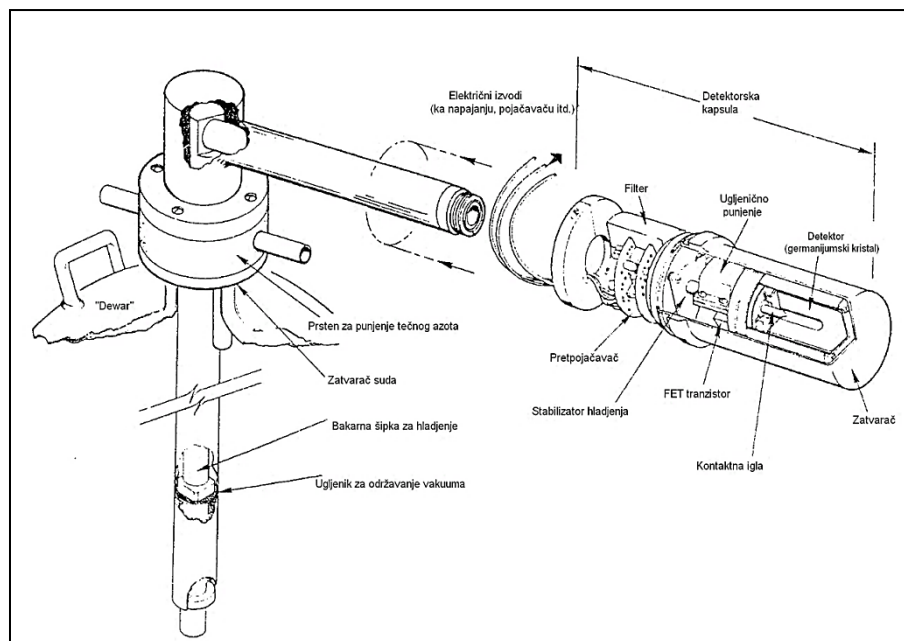
Napredak u tehnologiji poluprovodnika uticao je na mogućnost stvaranja skoro čistih kristala germanijuma zonskim rafiniranjem, tj. smanjenjem koncentracije nečistoća, i dobijanjem ultra-

čistog Ge koji se koristi u HPGe (*High Purity Ge*) detektorima. Ovi detektori danas su našli široku primenu u ispitivanju radioaktivnosti uzoraka iz životne sredine.

Oblik i dimenzija poluprovodničkih detektora određena je veličinom dostupnih kristala i debljinom zone osiromašenja. Detektori mogu imati planarnu, otvorenu ili zatvorenu koaksijalnu konfiguraciju p ili n tipa. Temperatura rada HPGe detektora iznosi 77 K i sprečava pojavu indukcija površinskih struja, koje mogu nastati povišenjem temperature, a koja takođe eliminiše njihov šum (Knoll, 1989).

Postoji nekoliko uslova koji moraju biti zadovoljeni u cilju pravilnog funkcionisanja HPGe detektora. Na prvom mestu mora biti obezbeđeno njegovo hlađenje, zatim visoki vakuum, sprečavanje transfera toplote, takođe je neophodna izolacija od spoljašnjih vibracija i obezbeđen ulazni prozor za fotone. Opšta konfiguracija Ge detektora i njegovo postavljanje prikazano je na Sl. 12.

Detektor se postavlja na jedan kraj metalne (bakarne) šipke dok se njen drugi deo potapa u sud (*dewar*) koji je napunjen tečnim azotom. Prepojačavač se direktno montira na kriostat zato što njegova blizina omogućava istovremeno hlađenje detektora, čime se umanjuje elektronski šum i kapacitivno opterećenje na ulazu (Debertin & Helmer, 1988; Knoll, 1989).



Slika 12. Konfiguracija Ge detektora (Knoll, 1989).

Efikasnost detekcije zavisi od nekoliko faktora, u prvom redu od sopstvenih karakteristika detektora kao što su aktivna zapremina detektora, njegova geometrija i materijali koji se nalaze u sklopu zaštite. Takođe, efikasnost zavisi i od uzorka koji se mere, od geometrije u koju se uzorak dovodi i fizičko-hemijskih karakteristika matrice uzorka.

Različito u veličini uzoraka iz životne sredine zahteva postojanje barem nekoliko tipova držača za uzorke (Slivka et al., 2007; Bikit et al., 2013). Takođe, mora se uzeti u obzir činjenica da efikasnost detekcije za datu geometriju zavisi i od karakteristika uzorka, gustine ali i matrice uzorka. Radioaktivnost uzoraka životne sredine potiče od gama i X zračenja emitovanih od strane prirodnih i veštačkih radionuklida, a analize su pokazale da obuhvata veoma širok energetske opseg (30 keV - 3 000 keV). S obzirom na širinu energetske opsega, neophodno je snimiti spektre različitih kalibracionih izvora, tako da energije spektralnih linija budu što ravnomernije raspoređene unutar ovog opsega (Bikit et al., 2013).

Oprema i kalibracija

Spektrometrija gama emitera urađena je na HPGe detektorima relativne efikasnosti 18%, 20% i 50%, firme CANBERRA. Rezolucija svih detektora je 1,8 KeV na energiji od 1 332 KeV. Kalibracija detektora za merenje uzoraka zemljišta urađena je referentnim radioaktivnim materijalom, matriksom silikonske smole u marineri geometriji, *Czech Metrological Institute, Praha, 9031-OL-420/12*, ukupne aktivnosti 41,48 kBq na dan 31. 08. 2012. godine (^{241}Am , ^{109}Cd , ^{139}Ce , ^{57}Co , ^{60}Co , ^{203}Hg , ^{88}Y , ^{113}Sn , ^{85}Sr , ^{137}Cs).

Kod ispitivanja uzoraka biljnih kultura i voda, za kalibracije detektora je korišćen sekundarni referentni radioaktivni materijal u cilindričnoj geometriji od 120 cm³, koji je dobijen od primarnog referentnog radioaktivnog materijala, *Czech Metrological Institute, Praha, 9031-OL-427/12*, type ERX, ukupne aktivnosti 72.40 kBq na 31.08.2012.godine (^{241}Am , ^{109}Cd , ^{139}Ce , ^{57}Co , ^{60}Co , ^{203}Hg , ^{88}Y , ^{113}Sn , ^{85}Sr , ^{137}Cs , ^{210}Pb).

Vreme merenja uzoraka je 60 ks.

2.3.2. Određivanje aktivnosti radionuklida

Specifična aktivnost radionuklida određuje se na osnovu izraza :

$$A = \frac{N}{\varepsilon \cdot \gamma \cdot t_s \cdot V(m)}$$

gde su:

$N = N_s - \frac{t_s}{t_b} N_b$ - korigovana ukupna površina ispod datog foto vrha odgovarajuće gama energije u spektru,

N_s - ukupna površina foto vrha u spektru uzorka,

N_b - odgovarajuća ukupna površina foto vrha u spektru osnovnog zračenja

t_b (s) - ukupno vreme snimanja spektra osnovnog zračenja

t_s (s) - ukupno vreme snimanja spektra uzorka

ε - efikasnost na gama energiji foto vrha

γ - verovatnoća emisije određene gama energije

V(L) - ukupna zapremina, m - masa uzorka.

Rezultati merenja dati su sa mernom nesigurnošću koja je izražena kao proširena merna nesigurnost za faktor $k = 2$ koji za normalnu raspodelu odgovara nivou poverenja od 95 %.

Priprema uzoraka i metoda spektrometrije gama emitera

Uzorci zemljišta su sušeni na 105°C , zatim prosejani, odmereni i zatopljeni pčelinjim voskom u odgovarajuće geometrije merenja. Radi uspostavljanja radioaktivne ravnoteže, pripremljeni uzorci su bili u laboratoriji 30 dana pre nego što je urađena spektrometrija gama emitera.

Uzorci vode su pripremljeni uparavanjem određene količine vode, u konkretnom slučaju oko 15 l uzorka, do suvog ostatka i mineralizacijom na temperaturi 450°C . U uzorcima voda uspostavljena je takođe radioaktivna ravnoteža.

Priprema uzoraka biljne kulture sastoji se u sušenju na sobnoj temperaturi, koncentrisanju tj. mineralizaciji na temperaturi od 450°C i zatapanjem pčelinjim voskom radi uspostavljanja radioaktivne ravnoteže. Mineralizacija se obavlja radi koncentrisanja biljnih kultura i vode u cilju smanjenja ukupne merne nesigurnosti merenja i minimalne detekcione specifične aktivnosti, ali i kako bi se povećala efikasnost detekcije. Procedura pripreme uzoraka rađena na je na osnovu preporuka IAEA²⁵. Geometrija merenja je određena u zavisnosti od vrste uzoraka i u te svrhe je korišćena plastična cilindrična geometrija od 120 cm^3 za uzorke vode i biljaka, a marineli za nemineralizovane uzorke biljaka, zemljišta i sedimenta.

Uzorkovani su bili delovi biljaka, lišće i grančice (prečnika $< 1\text{ cm}$) višegodišnjih vrsta smrče i cera, koji su pripremani dalje prema prednodno opisanoj proceduri. Većina odabranih vrsta zeljastih biljaka tretirana je u celosti, odnosno nisu odvajani pojedinačni delovi biljaka. Kod uzoraka borovnice (*Vaccinium myrtillus*) sa lokaliteta PIO „Vlasina“ i kantariona (*Hypericum perforatum*) sa lokaliteta PIO „Vlasina“ i PIO „Dolina Pčinje“, korišćen je samo nadzemni deo biljaka bez korenovog sistema, dok je za uzorak divizme (*Verbascum thapsus*) uzeto samo lišće (lokalitet PIO „Vlasina“, PIO „Dolina Pčinje“ i Besna Kobila).

2.3.3. Određivanje parametara radijacionog hazarda

Radijum ekvivalent indeks (Ra_{eq})

Kako distribucija radionuklida u zemljištu nije uniformna, određen je radijumski ekvivalent indeks (Ra_{eq}). Ovaj indeks poredi specifičnu aktivnost materijala koji sadrži različitu količinu ^{226}Ra , ^{232}Th i ^{40}K . Ra_{eq} je izračunat uz pomoć sledeće formule i izražen u Bq kg^{-1} (Mitrović et al., 2016):

²⁵ IAEA (1989). Technical Report Ser. No. 295, Measurements of Radionuclides in Food and the Environment, Vienna

$$Ra_{eq} = C_{Ra} + 1,43C_{Th} + 0,07C_K,$$

gde: C_{Ra} , C_{Th} , C_K , predstavljaju specifičnu aktivnost ^{226}Ra , ^{232}Th i ^{40}K u Bq kg^{-1} , u zemljištu. Definicija Ra_{eq} se zasniva na pretpostavci da specifična aktivnost od 370 Bq kg^{-1} koja potiče od ^{226}Ra , ili specifična aktivnost od 259 Bq kg^{-1} koja potiče od ^{232}Th , ili specifična aktivnost od 4810 Bq kg^{-1} koja potiče od ^{40}K , produkuje istu jačinu gama doze (Mitrović et al., 2016).

Eksterna apsorbovana doza zračenja (\dot{D})

Na osnovu rezultata merenja aktivnosti radionuklida u zemljištu, određena je jačina eksterne apsorbovane doze gama zračenja 1 m iznad tla, koja potiče od detektovanih radionuklida ^{226}Ra , ^{232}Th i ^{40}K primenom sledeće formule:

$$\dot{D}(\text{nGyh}^{-1}) = 0,462C_{Ra} + 0,604C_{Th} + 0,0417C_K,$$

gde: C_{Ra} , C_{Th} i C_K predstavljaju specifične aktivnosti ^{226}Ra , ^{232}Th i ^{40}K u zemljištu (UNSCEAR, 2000).

Izračunavanje godišnje efektivne doze (D_E)

Godišnja efektivna doza određena je uz pomoć formule:

$$D_E (\text{mSv}) = 0,7 (\text{SvGy}^{-1}) \cdot 365 (\text{dana}) \cdot 24 (\text{h}) \cdot \dot{D}(\text{nGyh}^{-1}) \cdot 0,2$$

Formula za procenu godišnje efektivne doze uključuje i koeficijent od 0,7 SvGy^{-1} koji predstavlja konverziju apsorbovane doze u vazduhu u efektivnu dozu, kao i spoljašnji faktor K (0,2) odnosno vreme koje čovek provede u spoljašnjoj sredini tj. 20% (UNSCEAR, 2000).

Eksterni hazard index (H_{ex})

Eksterni hazard index izračunat je korišćenjem formule:

$$H_{ex} = \frac{C_U}{370} + \frac{C_{Th}}{259} + \frac{C_K}{4810} \leq 1,$$

gde C_U , C_{Th} i C_K predstavljaju specifičnu aktivnost ^{238}U , ^{232}Th i ^{40}K u Bq kg^{-1} (Sarap et al., 2014). Maksimalna vrednost H_{ex} jednaka jedinici odgovara gornjoj preporučenoj granici Ra_{eq} od 370 Bq kg^{-1} , (Janković, Todorović & Savanović, 2008; Sarap et al., 2014). Vrednost ovog indeksa mora biti manja od jedinice da bi se uticaj radionuklida na okolinu smatrao zanemarljivim.

2.3.4. Transfer faktor zemljište-biljka (TF)

Međunarodna Agencija za atomsku energiju (1994) definisala je transfer faktor kao odnos specifične aktivnosti radionuklida u suvoj biljnoj masi i specifične aktivnosti radionuklida u zemljištu. Transfer faktor zemljište-biljka izračunat je za ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K , ^{238}U , ^{235}U , ^{137}Cs i ^{210}Pb koristeći formulu:

$$TF = \frac{\text{aktivnost radionuklida po jedinici suve mase biljke (Bq kg}^{-1}\text{)}}{\text{aktivnost radionuklida po jedinici suvog zemljišta (Bq kg}^{-1}\text{)}} .$$

2.4. Praćenje efikasnosti upravljanja životnom sredinom

Praćenje stanja i efikasnosti upravljanja zaštićenim područjima nametnute su zemljama potpisnicama Konvencije o biološkoj raznovrsnosti kao obavezna aktivnost koja je zasnovana na savremenim naučnim metodama i na saradnji sa lokalnim zajednicama. Procena efektivnosti i efikasnosti upravljanja zaštićenim područjima predstavlja ključan element Aiči ciljeva biološke raznovrsnosti (cilj 11) i vitalan je preduslov za dostizanje ciljeva zaštićenih područja (Juffe-Bignoli et al., 2014). Svetska banka, Svetski fond za prirodu (WWF) i GEF (*Global Environmental Facility*) za procenu efikasnosti upravljanja zahtevaju korišćenje odgovarajuće metodologije.

Za procenu efikasnosti upravljanja zaštićenim područjima postoji veliki broj metoda. Najšire primenjivane su METT metodologija (*Management Effectiveness Tracking Tool*, Leverington, 2009; Stoll-Kleemann, 2010), i RAPPAM metodologija (*Rapid Assessment and Prioritization of Protected Areas Management*, Ervin, 2003). Obe metodologije METT i RAPPAM koriste se širom sveta radi ocene kvaliteta stanja zaštićenih područja i pružaju osnovu za praćenje, poređenje i utvrđivanje antropogenog pritiska na njih, ali i definisanja pogodnosti ovih područja za sport i rekreaciju.

Istraživanjem obuhvaćena procena kapaciteta za upravljanje zaštićenim područjima u Srbiji urađena je primenom međunarodno priznatih metoda, baziranih na IUCN²⁶-WCPA²⁷ principima.

2.4.1. RAPPAM metodologija

Metodologija brze procene upravljanja zaštićenim područjima osmišljena je od strane Svetskog fonda za prirodu - WWF (Ervin, 2003). Ova metoda razvijena je za upoređivanje zaštićenih područja na širem nivou i može biti od izuzetnog značaja za unapređenje strategija budućeg razvoja područja. Međutim, ona ne može da pruži upravljačima zaštićenih područja detaljne smernice upravljanja na nivou lokacije. Do sada je ovu metodu primenilo veliki broj zemalja, više od 56 (Leverington, 2009; Stoll-Kleemann, 2010).

Metoda obuhvata anketiranje upravljača upitnicima koji su prilagođeni potrebama zemalja u kojima se sprovodi, te stoga pitanja koja se odnose na kontekst zaštićenih područja, njihovu relativnu biološku, socio – ekonomsku vrednost ili osetljivost. Tri poslednja tipa pitanja nisu uvrštena u upitnik koji je korišćen u Srbiji jer je na to ukazalo je predhodno iskustvo susednih zemalja (Cvetković, 2013). RAPPAM upitnik se sastoji od više od 100 pitanja, a analiza je podeljena u nekoliko segmenata:

1. Analiza pritisaka i pretnji – obuhvata uticaj nerešenih imovinsko-pravnih odnosa, promenu namene zemljišta i upravljanje vodama. Prva dva pritiska ujedno predstavljaju i najčešće probleme u upravljanju, dok se smatra da upravljanje vodama može biti jedna o

²⁶ IUCN (*International Union for Nature Conservation*) – Međunarodna unija za zaštitu prirode

²⁷ WCPA (*World Commission on Protected Areas*) – Svetska komisija za zaštićena područja

najvećih mogućih pretnji u budućnosti. Takođe, turizam i rekreacija, uz nerešene imovinsko-pravne odnose mogu predstavljati velike pretnje.

2. Uspešnost upravljanja – odnosi se na procenu uspešnosti planiranja, ulaganja i aktivnosti tj. procesa. Može se zaključiti da je sistem zaštićenih područja snažniji u planiranju, pravnoj podršci i infrastrukturi, dok su najveći problemi u ljudskim kapacitetima i finansijama. Takođe, unapređenje komunikacije i saradnje sa lokalnom zajednicom može znatno unaprediti ovaj segment.
3. Rezultati – na osnovu upitnika može se iskazati zadovoljstvo upravljača u odnosu na planiranje upravljanja, aktivnosti i primenjene mere zaštite, stepen stručnosti osoblja i sl.
4. Zaključci i preporuke - iz svega predhodno navedenog, sumiranjem rezultata moguće je identifikovati nedostatke i moguće načine njihovih uklanjanja u zavisnosti od problema.

Sam metodološki okvir WCPA se temelji na ciklusu upravljanja koji uključuje šest glavnih elemenata procene: kontekst, planiranje, ulaganja, procese, izlazne rezultate i rezultate koji su pokriveni upitnikom (Cvetković, 2013). Razumevanjem konteksta područja, počinje upravljanje, naravno uz dobro poznavanje prirodnih vrednosti zaštićenog područja, ali i opasnosti sa kojima se ono suočava, dostupnih mogućnosti i sl. Na ovaj način moguće je usmeriti dalje napredovanje kroz uspostavljanje jasnih ciljeva i vizije područja, kao i strategija razvoja i očuvanja. U zavisnosti od ciljeva, obezbeđuju se resursi, odnosno, finansijska sredstva, zatim oprema, osoblje i sl. Sprovođenjem mera upravljanja koji su u skladu sa procesima, dobijaju se krajnji proizvodi (izlaz) koji se odnose na očekivana dobra i usluge koji su predviđeni različitim planovima. Na osnovu njih definišu se uticaji odnosno ishodi, koji pokazuju da li su dugoročni ciljevi postignuti.

Svi elementi vrednovanja u RAPPAM upitniku odražavaju tri velike oblasti upravljanja: dizajniranje (kontekst i planiranje), opravdanost/podesnost (ulazi i procesi) i rezultate (izlaze i ishodi). Korišćenjem RAPPAM metodologije mogu se identifikovati snage, ograničenja i slabosti u upravljanju prirodnim dobrom, mogu se analizirati intenzitet delovanja i distribucija pretnji i pritisaka. Takođe, mogu se identifikovati područja visoke ekološke i socijalne važnosti i ugroženosti i može se ukazati na prioritete u zaštiti pojedinačnih zaštićenih područja. Takođe, može se razviti i odgovarajuća politika intervencije i iniciranja narednih koraka za unapređenje upravljanja.

RAPPAM metodologija u Srbiji sprovedena je 2009. godine kao deo projekta, u saradnji sa Ministarstvom zaštite životne sredine i prostornog planiranja, Zavodom za zaštitu prirode Srbije i Mediteranskom kancelarijom WWF-a u Srbiji. Brza procena sprovedena je u tri nacionalna parka (Kopaonik, Tara, Fruška Gora) i 13 zaštićenih područja drugih kategorija.

2.4.2. METT metodologija

METT je jedna od najprimenjenivanijih metoda za procenu upravljanja u pojedinačnim zaštićenim područjima (Dudley et al., 2007), čiji rezultati direktno ukazuju na nedostatke i potstiču njihovo uklanjanje (Stolton et al., 2007; Stoll-Kleemann, 2010). Njome se prepoznaju

potrebe za prilagođavanje upravljanja. Ova metoda sprovedena je u najmanje 85 zemalja (Leverington, Hockings, Pavese, Lemos Costa, & Courrau, 2008).

Metoda omogućuje brzu procenu korišćenjem bodovanih upitnika koji, kao i RAPPAM, vrednuju šest elemenata upavljanja: kontekst, planiranje, ulazni parametri, procesi, rezultati i ishodi. Upitnik, se prilagođava potrebama zemalja u kojima se primenjuje.

Podeljen na 3 dela, gde se u prvom delu daju opšti podaci o zaštićenom prirodnom dobru, u drugom se identifikuju pritisci, pretnje i ograničenja zaštićenog područja a treći deo je osmišljen kroz 30 pitanja koja se ocenjuju na skali od 0-3, od toga da li je situacija na terenu prihvatljiva (3) ili nije (0). Poslednja gupa pitanja obuhvata teme koje su vezane za organizaciju rada, edukaciju zaposelnih, saradnju sa lokalnom zajednicom, biološku i kulturnu vrednost i slično. Ukupan rezultat predstavlja procenat odgovora u odnosu na maksimalni broj poena.

Preporučeno je da svi odgovori budu rezultat timskog rada jer ne zahtevaju sprovođenje nikakvih predhodnih analiza. Naravno poželjeno je da ukoliko se upitnik primenjuje u višegodišnjem periodu, da se tim osoblja koji daje odgovore ne menja u cilju veće objektivnosti. Takođe, veoma je poželjno ostavljati komentare i objašnjenja kod svakog odgovora kako bi oni bili vrednovani na pravi način.

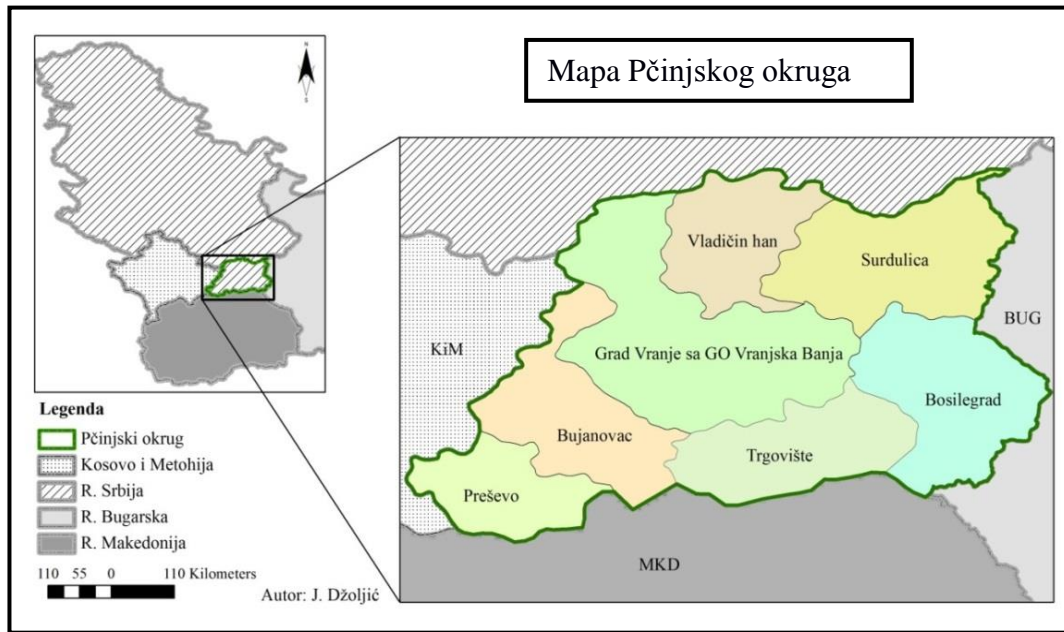
Sumiranjem bodova koji vrednuju odgovore, dobijamo konačnu procenu efikasnosti. Osnovna pretpostavka je da su sva pitanja iste važnosti. Kako to nije čest slučaj, preporuke ja da se prikaže procentualna procena svakog pojedinačnog dela upravljanja u odnosu na efikasnost upravljanja (Stolton et al., 2007; Leverington et al., 2008).

III. GEOGRAFSKI OKVIR ISTRAŽIVANJA

U cilju veće popularizacije zaštićenih područja u Pčinjskom okrugu i približavanja karakteristika ovog područja široj javnosti, ispitivanjem su obuhvaćena postojeća zaštićena područja ali i ona koja su u postupku zaštite. Procena stanja i upravljanja životnom sredinom obuhvatila je sledeća područja: Predeo izuzetnih odlika „Vlasina“, Predeo izuzetnih odlika „Dolina Pčinje“, spomenik prirode „Jovačka jezera“ i visokoplaninski predeo Besna Kobila koja je u planu zaštite. U cilju praćenja i poređenja rezultata o distribuciji radionuklida istraživanjem su obuhvaćeni i uzorci iz Nacionalnog parka „Kopaonik“ i Nacionalnog parka „Rila“, odnosno Parka prirode „Rilski manastir“ u Bugarskoj.

3.1. Opšte karakteristike Pčinjskog okruga

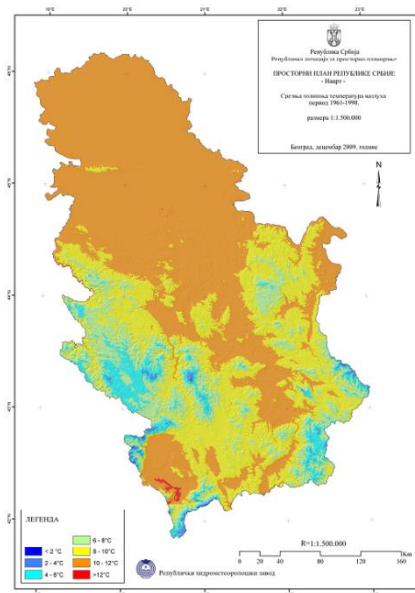
Pčinjski okrug u Srbiji pripada grupi srednjih okruga po veličini teritorija i broju stanovnika, koji zahvata 3,4% ukupne površine Srbije i prostire se na 3 520 km² („Statistički godišnjak R. Srbije,” 2016). Okrug se nalazi na krajnjem jugu Republike Srbije i ima pograničan karakter. Teritorijalno mu pripadaja Grad Vranje i gradska opština Vranjska Banja kao i šest opština – Bujanovac, Preševo, Surdulica, Vladičin Han, Bosilegrad i Trgovište. Od ovog broja, čak pet opština je pogranično (Sl. 13). Jedinice organizacije se međusobno razlikuju po teritorijalnoj i demografskoj veličini, opštoj, urbanoj i agrarnoj gustini naseljenosti, ekonomsko - geografskim karakteristikama, broju naselja, strukturi naselja po osnovnim vrstama, morfo-fizionomskim, demografskim i funkcionalnim odlikama naselja i drugim geografskim obeležjima. Sedište okruga je u Vranju, koje po svojoj površini i broju stanovnika predstavlja najveću opštinu u okrugu (860 km²). Prema podacima iz 1991. godine primećeno je smanjenje broja stanovnika u svim opštinama Pčinjskog okruga, dok je na Popisu 2011. godine registrovano 159 081 stanovnika (RZS, 2014). Međutim, najnoviji podaci (jun 2015. god.) pokazuju porast broja stanovnika (201 170) koje je raspoređeno u 363 naselja („Statistički godišnjak R. Srbije,” 2016).



Slika 13. Geografski položaj Pčinjskog okruga i opština.

3.1.1. Klimatske odlike Pčinjskog Okruga

Klima Srbije se može okarakterisati kao umereno kontinentalna sa izraženim lokalnim karakteristikama. Prema Kepenovoj klasifikaciji klime u Srbiji prevladuje umereno topla kišna klima tipa C sa toplim letima podtipa Cfb, dok planinske oblasti imaju snežno-šumsku klimu tipa D, podtipa Df. Srednje godišnje temperature vazduha za period 1961–1990. god. nalaze se u granicama između 10 i 11⁰C u ravničarskim oblastima (Tošić & Unkašević, 2013), (Sl. 14).

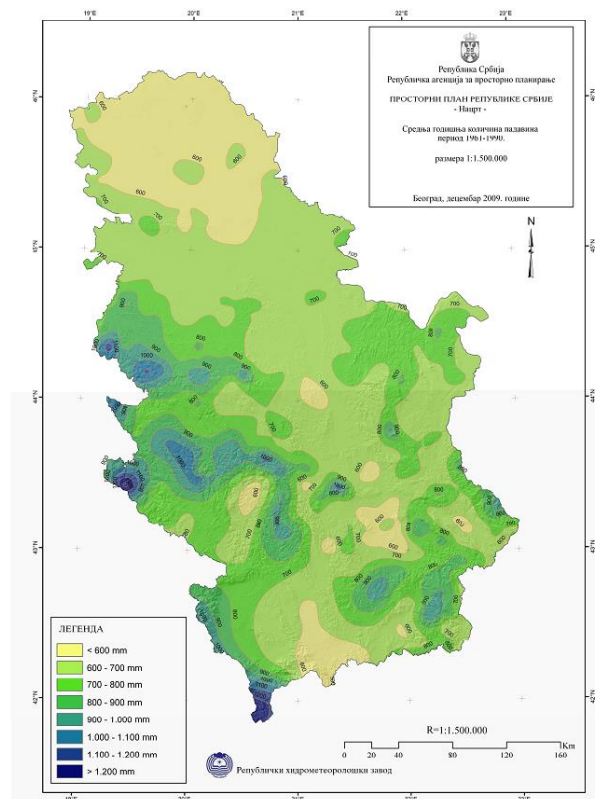


Slika 14. Srednje godišnje temperature u Srbiji u periodu 1961-1990. god. (izvor: *Prostorni plan Republike Srbije, 2010*).

U Pčinjskom okrugu, s obzirom na veliku raznovrsnost terena postoje lokalne razlike u karakteru klimatskih uslova. Klimatski parametri su uslovljeni geografskim položajem, reljefom i lokalnim uticajem koji su rezultat kombinacije reljefa, raspodele vazdušnog pritiska većih razmera, padavina, ekspozicije terena, prisustva rečnih sistema, vegetacijskog pokrivača, urbanizacije i sl.

Prema podacimaARRA i Centra za razvoj Jablaničkog i Pčinjskog okruga (2013) u kotlinama Pčinjskog okruga zastupljena je blaža tzv. župska klima, dok je na višim planinskim vrhovima zastupljen planinski, odnosno subplaninski tip klime. Dva prelazna godišnja doba su proleće i jesen, leta su umereno do vrlo topla, a zime su umereno hladne. Jesen je toplija od proleća. Na planinama preko 1 400 m n.v. klima je subplaninska. Prosečna godišnja temperatura varira od 11°C u nizijama, do 6,7°C u planinskim predelima. Temperaturne promene mogu uticati u velikoj meri na živi svet na datom potručju, uzokujući promenu distribucije stenotermnih organizama.

Raspodela količine padavina u Srbiji zavisi prvenstveno od kompleksnosti reljefa i ona raste sa nadmorskom visinom (Sl. 15). Najmanju količinu padavina, ispod 600 mm, dobijaju SI deo Vojvodine, dolina donjeg toka Velike Morave i dolina Južne Morave, dok u planinskoj oblasti količina padavina iznosi između 800 i 1000 mm godišnje (Tošić & Unkašević, 2013).



Slika 15. Srednje godišnje padavine u Srbiji u periodu od 1961-1990. god. (izvor: *Prostorni plan Republike Srbije, 2010*).

3.1.2. Pedološke karakteristike

Zemljišni pokrivač Srbije je veoma raznovrstan i predstavlja rezultat vema heterogene geološke podloge i reljefa. Prema podacima SEPE jako kisela zemljišta nalaze se u Južnoj Srbiji (SEPA, 2009). Kanjon reke Pčinje, koja delom pripada opštini Trgovište, predstavlja jedno od najvećih područja serpentitnita u Evropi (Kabaš et al., 2013).

U Vranjskom polju, kao i na obodnim brdima detektovana su ilimerizovana i pseudoglejna zemljišta, dok u planinskom području preovlađuju kiseli matični supstrati. Izuzetno interesantan podatak u pedologiji Pčinjskog okruga predstavlja Vlasinska visoravan koji se nalazi u oblasti dističnog kambisola (šumskog smeđeg zemljišta), pored koga se kao specifičan tip javlja treset (Randelović, Zlatković, Dimitrijević & Vlahović, 2010; ARRA & Centar za razvoj Jablaničkog i Pčinjskog okruga, 2013).

Prema podacima Regionalnog Prostornog plana za Južno Pomoravlje, u regionu preovlađuju rankeri naročito zastupljeni na metamorfita, kisela smeđa zemljišta vezana za sve tipove stena, eutrična i podzolasta smeđa zemljišta, smonice, smonice u ogajčavanju i varijeteti zemljišta aluvijalnog i deluvijalnog porekla kao i gajnjače formirane na jezerskim sedimentima i gajnjače u opodzolavanju (ARRA & Centar za razvoj Jablaničkog i Pčinjskog okruga, 2013). U Izveštaju o stanju zemljišta u Republici Srbiji, povećana specifična aktivnost olova pronađena je u uzrocima zemljišta pored prometnih puteva i u zemljištu formiranom na magmatskim stenama bogatim metalima (Ministarstvo životne sredine i prostornog planiranja, 2009).

U Pčinjskom okrugu u pogledu zagađenja zemljišta značajno je pomenuti okolinu rudnika olova i cinka „Grot“ u Krivoj Feji na Besnoj Kobili. Povećane koncentracije arsena, za koje se pretpostavlja da potiče od geohemijskog zagađenja, utvrđene su na tri lokaliteta: Bosilegrad – Kriva Feja, Bujanovac – manastir Prohor Pčinjski i Vranje – Vladičin Han (ARRA & Centar za razvoj Jablaničkog i Pčinjskog okruga, 2013).

3.1.3. Hidrografske karakteristike

Karakteristično za Pčinjski region je to što njegove površinske vode pripadaju delom crnomorskom, a delom egejskom slivu. Većina površinskih voda Pčinjskog okruga pripada crnomorskom slivu, i to slivu Južne Morave. U okviru rečne doline ove reke, nalazi se važan pojas plodnog zemljišta. Najvažnija desna pritoka Južne Morave (ukupno ih je 157) je Vlasina koja zahvata vodu iz Vlasinskog jezera. Samo dve reke, Pčinja i Dragovištica, pripadaju egejskom slivu.

Prema podacima ARRA i Centra za razvoj Jablaničkog i Pčinjskog okruga (2013) vodni režim na ovom području je nepovoljan, sa smenom vodnih i sušnih godina. Većina vodotoka ima bujični karakter, što je posebno izraženo kod levih pritoka Južne Morave. Naime, izraženi su periodi povodnje u toku kojih protekne preko 50% godišnjeg protoka. Nizak vodostaj je karakterističan za letnji period godine, dok u toku proleća vodostaj je visok i bujičnog karaktera. Stanje kvaliteta voda je većim delom dobro (I/II klase) u gornjim tokovima Banjske reke, Veternice, Vrle, Pčinje

(kao izvorištima republičkog ranga), dok je voda Južne Morave u znatno lošijem stanju. Ovakvo stanje Južne Morave rezultat je ispuštanja otpadnih voda iz naseljenih mesta bez njihove predhodne prerade i prečišćavanja.

Značajan resurs Pčinjskog okruga su termomineralne vode što omogućuje razvoj balneologije i njihovo iskorišćenje kao trajnog izvora toplotne energije. Izvorišta mineralnih i termomineralnih voda na ovim prostorima poznata od davnina, na šta ukazuju nađeni predmeti iz praistorije. Danas postoje dva lečilišta, Vranjska banja sa najtoplijim izvorom vode na Balkanu od 74 do 96°C, (80 l s⁻¹) i Bujanovačka banja sa temperaturom vode od 18 do 43°C (10 l s⁻¹).

Veliki značaj ima i Vlasinsko jezero sa okolinom koje predstavlja značajno izvorište vodosnabdevanja, ali i najprivlačniji i najposećeniji turistički centar juga Srbije.

Pčinjski okrug okarakterisan je kao područje sa visokom stopom erozije, a najintenzivnija erozija sa bujičnom aktivnošću u Srbiji identifikovana je po obodu Vranjske kotline, u dolini Pčinje, u Grdeličkoj klisuri, u slivu Vlasine (SEPA, 2015).

3.1.4. Biološka raznovosnost

Područje Pčinjskog okruga predstavlja veoma bogato florističko ali i faunističko područje, koje je nedovoljno istraženo. Na području okruga identifikovana su IBA, IPA i PBA područja. Potencijali divlje faune su skromno sagledani. Područje je veoma bogato lovnom divljači (najzastupljenija je srneća divljač, divlja svinja, vuk, zec, jarebica i fazan), (ARRA & Centar za razvoj Jablaničkog i Pčinjskog okruga, 2013).

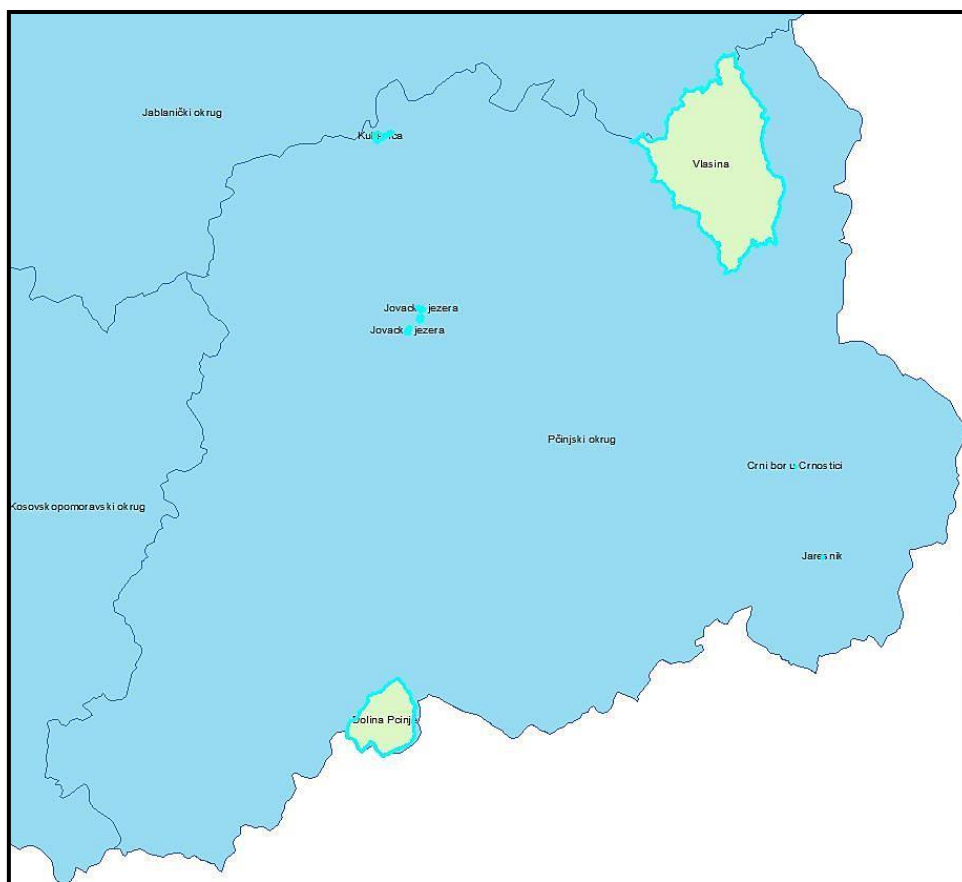
Prema podacima SEPE, na teritoriji Pčinjskog okruga nalaze se dva stroga prirodna rezervata (Jarešnik i Kukavica), dva predela izuzetnih odlika (Vlasina i Dolina Pčinje) i dva spomenika prirode (Jovačka jezera i Crni bor u Crnoštici). U postupku zaštite nalazi se i područje Besne Kobile.

3.2. Zaštićena područja u Pčinjskom okrugu

U Pčinjskom okrugu nalazi se šest zaštićenih područja, koja pripadaju različitim nacionalnim kategorijama (Tab. 8, Sl. 16). Detaljnija analiza stanja životne sredine biće data za zaštićena područja kod kojih postoji kompatibilnost sa IUCN kategorijama.

Tabela 8. Zaštićena područja na teritoriji Pčinjskog okruga (izvor: SEPA, lična komunikacija, 06.02. 2017)

Naziv zaštićenog područja	Veličina (ha)	Godina proglašenja	Nacionalna kategorizacija	IUCN kategorizacija
Jarešnik	3	1961	Rezervat prirode	Ne primenljivo
Kukavica	75	1980	Rezervat prirode	Ne primenljivo
Dolina Pčinje	2 606	1996	Predeo izuzetnih odlika	V
Vlasina	12 740	2006	Predeo izuzetnih odlika	VI
Jovačka jezera	53	2014	Spomenik prirode	III
Crni bor u Crnoštici	0	2014	Spomenik prirode	Ne primenljivo



Slika 16. Zaštićena područja u Pčinjskom okrugu, (izvor: SEPA, lična komunikacija, 06.02. 2017).

3.2.1. Rezervat prirode „Jarešnik“

Na teritoriji opštine Bosilegrad u Pčinjskom okrugu, u blizini sela Jarešnik nalazi se područje strogog rezervata prirode „Jarešnik“ koje je na osnovu naučne studije prirodnih retkosti proglašen 1961. godine od strane Zavoda za zaštitu prirode. SRP Jarešnik obuhvata površinu od 3 ha i uvršten je u Nacionalnu ekološku mrežu („Sl. glasnik RS“, br. 102/10). Za staraoca je određena S.O. Bosilegrad.

U planinskim predelima oko Egejskog mora i severnije, na jugu Makedonije i jugu Srbije zabeleženi su reliktni ostaci Palasovog crnog bora (*Pinus nigra* Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe), od kojih je najveća površina u okolini Jarešnika (Avramović, Zlatković, & Randelović, 2005). Ovo nalazište ujedno predstavlja i najzapadniju granicu njegovog rasprostanjaja. SRP „Jarešnik“ nalazi se u ispod najvišeg vrha planine (Crnook-Čukar, 1488 m) i obuhvata šumu Palasovog bora (Ostojić & Jovanović, 2007).

Zaštita ovog područja tokom 46 godina rezultovala je u poboljšanju statusa populacije Palasovog bora uspešnom regeneracijom i preživljavanjem sa tendencijom proširenja ranga distribucije. Usled toga, u cilju usmeravanja bolje zaštite i monitoringa vrste status područja je promenjen u sprecijalni rezervat prirode (Ostojić & Jovanović, 2007). Razlog promene statusa bio je u ciljevima upravljanja jer za razliku od strogog rezervata sa apsolutnom zaštitom, u specijalnom rezervatu je moguć II stepen zaštite. Područje zaštite prošireno je na 6,21 ha, ali je urađena i nova kategorizacija po kojoj Rezervat pripada I kategoriji, dok prema IUCN standardima odgovara IV tipu biotopa.

U neposrednoj blizini lokaliteta nalazi se istoimeno selo, Jarešnik u kome je zabeležen trend smanjenja stanovnika i zastupljeno je starije stanovništvo (Sl. 17).



Slika 17. Šuma palasovog bora u SRP „Jarešnik“ i hram "Prepodobne Paraskeve - Svete Petke" (izvor: Zvanična prezentacija Bosilegrada, 2017).

3.2.2. Rezervat prirode „Kukavica“

Prirodni rezervat bukve Kukavica stavljen je pod zaštitu Države na osnovu Zakona o zaštiti prirode („Sl. glasnik RS“, br. 36/09, 88/10, 91/10 i 14/16) i Statuta opštine Vladičin Han (član 186, „Opštinski sl. glasnik“, br. 10/19/74 od 5.11.1980). Na osnovu Uredbe Vlade Republike Srbije („Sl. glasnik RS“, br. 110-11526/14) područje istočne padine planine Kukavice zaštićeno je kao strogi rezervat prirode i kategorisano kao područje od izuzetnog nacionalnog značaja. Ovim prirodnim dobrom gazduje JP „Srbijašume“ tj. Šumsko gazdinstvo Vranje preko svoje Šumske Uprave u Vladičinom Hanu.

Strogi rezervat prirode „Kukavica“, najveći je rezervat čiste bukove sume (*Fagetum moesiacaе serbicum* Rud.). Zaštićen je radi očuvanja autohtone, spontano razvijene bukove šumske zajednice potpunog sklopa, očuvane lepote i karakteristika, povoljnih stanišnih uslova, sa vitkim stablima bukve starosti oko 140 godina. U vegetacijskom pojasu od oko 500 m, odnosno visinskom dijapazonu od 670 m do 1200 m n.v. promena orografskih i edafskih karakteristika uslovlila je pojavu više različitih zajednica, odnosno tipova bukovih šuma koje imaju ekološku vrednost i biološku stabilnost strogo zaštićene planinske bukove zajednice („Sl. glasnik RS“, br. 110-11526/14).

Prema Uredbi o ekološkoj mreži („Sl. glasnik RS“, br. 102/10), SRP „Kukavica“ je uvršten u međunarodno značajna područje za dnevne leptire (PBA, Kukavica 18), („Sl. glasnik RS“, br. 13/11). Na čitavoj teritoriji rezervata uspostavljen je režim zaštite I stepena.

Ovaj rezervat prirode nalazi se u centralnom delu planine Kukavica na visini od 670 - 1 175 m, a obuhvata površinu od 75,76 ha (Sl. 18). Prostire se na teritoriji opštine Vladičin Han i u celosti pripada državnoj svojini. Po površini predstavlja najveći rezervat čiste bukove šume prašumskog karaktera.

Zaštićeno prirodno dobro „Kukavica“ za 30 godina postojanja nije pretrpelo veće promene u florističkom smislu što je omogućilo sprovođenje adekvatnog monitoringa. Na osnovu ispitivanja dendrometrijskih podataka iz šumske osnove može se zaključiti da je glavni edifikator bukva (*Fagus moesiaca Domin*, Maly, Czecczott) koja izgrađuje pet različitih bukovih sastojina (Ostojić, Jovanović, & Kisin, 2010). Autori takođe ističu da ove sastojine imaju neprocenjivu ekološku vrednost u očuvanju biološke raznovrsnosti i ukupne stabilnosti sistema kao i da se u budućnosti treba zadržati i režim zaštite u cilju spontanog razvoja bukove sastojine. Postupak promene statusa područja u opšti rezervat prirode je u toku („Sl. glasnik RS“, br. 102/10).



Slika 18. Planina Kukavica i dolina reke Vučjanke (*izvor: Zvanična prezentacija opštine Vladičin Han, 2017*).

Udaljenost od naseljenih mesta i saobraćajnica omogućilo je da područje predstavlja sredinu izuzetno pogodnu za uzgoj sitne i krupne divljači, u prvom redu jelenske divljači kao i divlje svinje. Ali istovremeno ovi razlozi onemogućavaju razvoj masovnijeg turizma u okviru Planom definisane turističke zone. Međutim, moguće je razviti neki drugi vid turizma kao na primer ekološki, lovni ili obrazovni a koji ne bi ugrozio vrednosti područja. Takođe, na prostoru je neophodno obezbediti biološku stabilnost zajednice u funkciji uzgoja i unapređivanja statusa divljači kao i prirodnog obnavljanja šuma.

3.2.3. Predeo izuzrtnih odlika „Dolina Pčinje“

Uredbom Vlade Republike Srbije o zaštiti Predela izuzetnih odlika „Dolina Pčinje“ površine 2 485 ha, ovo područje proglašeno je za prirodno dobro od velikog značaja („Sl. glasnik RS“, br. 55/96). Nakon šest godina, Vlada Republike Srbije je 2003. godine donela Uredbu o izmenama i dopunama kojom se menja granica prirodnog dobra i u prirodno dobro se uključuje i zaštićena okolina manastira Prohor Pčinjski iz XI veka (Sl. 19), („Sl. glasnik RS“, br. 55/96 i 2/03). Prostor koji čini neposrednu okolinu manastira sa kulturnim dobrom predstavlja jedinstvenu celinu i centralni deo PIO „Dolina Pčinje“, koji je zaštićen prema Zakonu o kulturnim dobrima i donekle istražen. Uredbom je određeno da se o PIO „Dolina Pčinje“ stara SPC-Pravoslavna Eparhija Vranjska iz Vranja.



Slika 19. Manastir Prohor Pčinjski (*izvor: TT-group.net*).

Donošenjem navedene uredbe na području Doline Pčinje obezbeđeni su očuvanje reprezentativnih šumskih zajednica i staništa sa visokim stepenom florističke i faunističke raznovrsnosti; inventarizacija i praćenje stanja biljnih i životinjskih vrsta, njihovih populacija i staništa. Takođe na ovom području obezbeđeni su identifikacija činilaca, intenziteta i trajanja ugrožavanja biološke raznovrsnosti; planiranje i primena mera zaštite - restauracija, rekonstrukcija, kao i rekolonizacija i reintrodukcija autohtonih i ugroženih vrsta flore i faune uz primenu odgovarajućih mera u planovima zaštite i korišćenja šuma, voda i poljoprivrednog zemljišta. Na taj način, sprovodi se vrednovanje razvojnih potencijala, plansko usmeravanje i podrška onim razvojnim aktivnostima koje zadovoljavaju kriterijume očuvanja i održivog korišćenja prirodnih resursa i biodiverziteta. Takođe, sprovode se aktivnosti u cilju afirmacije i prezentacije prirodnih vrednosti kao i spomenika kulture, prvenstveno manastir Sveti Prohor Pčinjski i drugog kulturno istorijskog nasleđa. Na ovom prostoru obavlja se uređenje i

infrastrukturno opremanje prostora za potrebe upravljanja zaštićenim prirodnim dobrom, razvoja turizma i rekreacije, za unapređenje seoskih naselja i uspostavljanje monitoringa. Takođe, sprovode se naučno istraživačke i obrazovne aktivnosti i vrši se prezentacija prirodnih i kulturnih vrednosti doline Pčinjske reke („Sl. glasnik RS“, br. 2/03).

Prema Uredbi o ekološkoj mreži („Sl. glasnik RS“, br. 102/10), PIO „Dolina Pčinje“ je uvrštena u:

- međunarodna i nacionalno važna područja za očuvanje ptica močvarica (Pčinja RS036 IBA),
- međunarodna značajna područja za biljke – IPA područja (Dolina Pčinje),
- Emerald područje (Dolina Pčinje RS0000015).

Opšte karakteristike

Dolina Pčinje nalazi se na krajnjem jugu Srbije, u pograničnom delu sa Republikom Makedonijom, na teritoriji opštine Bujanovac. Prema Uredbi iz 2003. godine, PIO „Dolina Pčinje“ obuhvata 2 606 ha (Sl. 20). Na prostoru ovog zaštićenog područja dominira reka Pčinja koja ima i kanjonski i ravničarski tok.

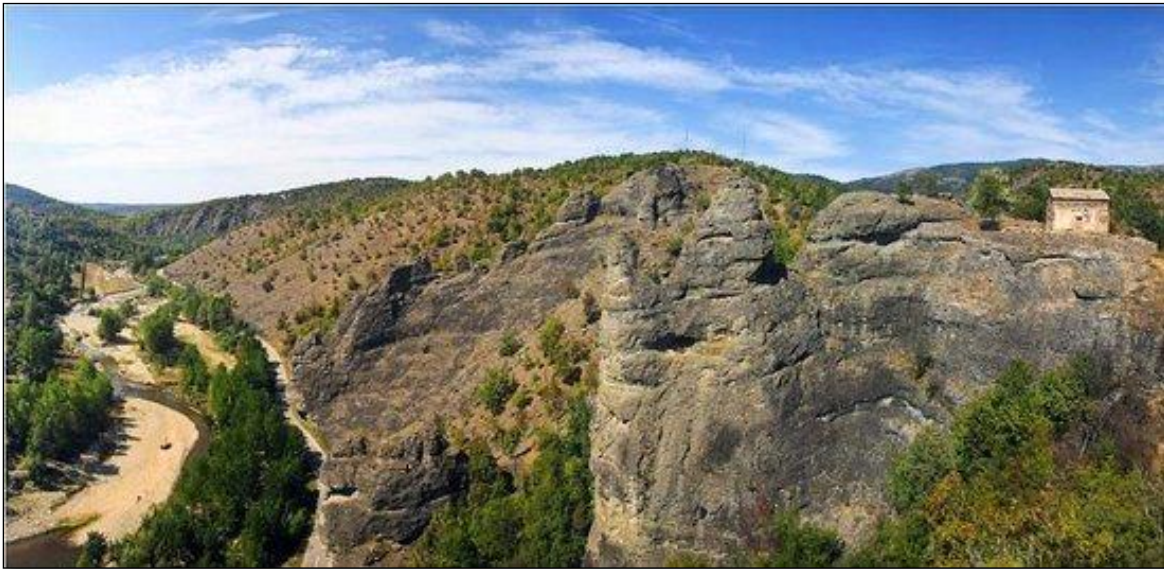
PIO „Dolina Pčinje“ nalazi se između planina Starac (Staračka kula 840 m n.v.) na severozapadu, u čijoj pozadini se uzdiže planina Rujan i padina Kozjaka (Kitka 1 211 m n.v.) na jugoistoku. U centralnom delu se nalazi reka Pčinja koja blago meandrira. Raznovrsni predeli, uslovljeni heterogenošću geomorfoloških i hidrografskih oblika, visinskih i dolinskih predela predstavljaju osnovnu vrednost terena.



Slika 20. Predeo PIO „Dolina Pčinje“ (© J. Džoljić).

U geotektonskom pogledu područje pripada srpsko-makedonskoj (rodopskoj) masi, krupne geostrukture, izrađene pretežno od starih kristalastih, metamorfnih stena. Ispucale i mestimično zdrobljene stene masivnih ili škrljastih delova pedološkog kompleksa veoma su podložne procesima fizičkog razaranja i raspadanja.

Zbog položaja i konfiguracije terena Pčinjske doline, umereno kontinentalna klima je u velikoj meri modifikovana i u nižim predelima ovog područja oseća se uticaj submediteranske i modifikovane mediteranske klime. Viši delovi ovog područja (preko 1 300 m n.v.), usled kontakta vlažnih mediteranskih sa umereno suvim kontinentalnim masama, izloženi su dejstvu vodne erozije, naročito pluvijalne i denudacije (Petrović et al., 2016). Stoga u samoj dolini postoje i veoma interesantni geomorfološki oblici reljefa, npr. Vražja stena (Sl. 21).



Slika 21. Pogled na reku Pčinju i Vražju stenu sa crkvom Presvete Bogorodice iz XIV veka (izvor: *Tripadvisor*).

Pored velikog bogatstva različitih reljefnih oblika, vegetacija je izuzetno interesantna. Kanjoni i klisure na Balkanu imaju veliku važnost kao refugijumi i koridori u distribuciji ranije flore. Zapadni i centralni delovi Balkana predstavljaju najvažnije puteve širenja mediteranskih vrsta u kontinentalne krajeve (Zlatković, Nikolić, Randelović, Randelović, & Stevanović, 2011), a Dolina Pčinje zauzima posebno mesto. Modifikovana umereno kontinentalna klima u dolini Pčinje prvenstveno se ogleda u tipu vegetacije koja je bogata termofilnim vrstama i zajednicama sa njihovom dominacijom (Randelović & Ružić, 1983; Beshkov & Nahirnić, 2016).

Južni i istočni krajevi naše zemlje pripadaju provinciji submediteransko-balkanskih, pretežno listopadnih šuma. Na Kozjaku, u klisuri Pčinje, razvijaju se brojne polidominantne reliktno zajednice i to: zajednica grabića i hrasta na krečnjaku kao i zajednica bukve, pančićevog maklena, mečje leske i drugih vrsta za koje je ovo najjužnije ili najsevernije područje

rasporostranjenja. U najvećem delu pod uticajem čoveka šume su pretvorene u šume panjače, šikare i šibljake.

Plodnije tlo je pretvoreno u poljoprivredno. Zastupljeni su voćnjaci i vinogradi kao i ratarska proizvodnja kukuruza, pšenice, raži, ječma i sl. Međutim, trend migracije stanovništva iz sela u gradove vodi gašenju sela, u kojima ostaje mahom starije stanovništvo. Bitno je istaći da se na ovom prostoru obavljala i obavlja se i danas tradicionalna poljoprivreda usled čega je uglavnom izostala upotreba pesticida i teške mehanizacije. Samim tim područje je očuvano i mogu se proizvesti kvalitetni ratarski proizvodi.

Istraživanje gornjeg dela doline reke Pčinje, ukazuje na veliko florističko bogatstvo područja (1 057 vrsta), koje se odlikuje taksonomskom, horološkom i ekološkom kompleksnošću (Zlatković et al., 2011). Autori ističu da PIO „Dolina Pčinje“ karakteriše veliki broj mediteranskih vrsta, ali da je takođe zastupljen i centralno-evropski floristički element u svim životnim formama. Zbog toga područje doline reke Pčinje predstavlja jedan od centara diverziteta vaskularne flore u centralnom delu Balkanskog poluostrva. U PIO „Dolina Pčinje“ evidentirano je 140 vrsta biljaka sa lekovitim svojstvima koje imaju veliku značaj u tradicionalnoj medicini (PIO-Dolina Pčinje²⁸).

Fauna je takođe veoma raznovrsna. Bogatstvo insekata i veliko bogatstvo faune leptira ukazuje da bi se ovo područje moglo smatrati „vrućom tačkom“ biodiverziteta (Beshkov & Nahirnić, 2016). Ukupan broj vrsta hepetafaune predstavlja 60% ukupnog broja vrsta vodozemaca i gmizavaca u Srbiji (PIO-Dolina Pčinje²⁸). Neke od najinteresantnijih nacionalno zaštićenih vrsta koje se mogu naći na ovom prostoru su grčka kornjača (*Testudo graeca*) i balkanski zidni gušter ili makedonski gušter (*Podarcis erhardii*) kojima je ovo jedino stanište u Srbiji („Sl. glasnik RS“, br. 5/10 i 47/11). Takođe, ovo područje predstavlja i jedino štanište u Srbiji i vrstama kao što su smuk šilac (*Coluber najadum*) i podvrsti poskoka (*Vipera ammodyte* subsp. *montadoni*).

Područje PIO „Dolina Pčinje“ i planine Kozjak predstavlja i veoma značajnu oblast sa aspekta zaštite ptica u Srbiji i Evropi zbog brojnih vrsta gnezdećih parova. Za neke vrste se još uvek pretpostavlja da su gnezdarice, ali je zabeleženo njihovo prisustvo. Samo neke od nacionalno zaštićenih vrsta su jarebica kamenjarka (*Alectoris graeca*), mediteranska belka (*Oenanthe hispanica*), riđi mišar (*Buteo rufinus*), riđoglavi svračak (*Lanius senator*), jastreb osičar (*Pernis apivorus*), orao zmijar (*Circaetus gallicus*), sivi soko (*Falco peregrinus*), crna roda (*Ciconia nigra*), buljina (*Bubo bubo*) itd. (PIO-Dolina Pčinje²⁸).

U dolini Pčinje kao prioritetni zadatak upravljača u saradnji sa Zavodom za zaštitu prirode izdvojeno je proučavanje brojnosti, gnežđenja i staništa ptica grabljivica, sa posebnim osvrtom na vrstu lešinara bela kanja (*Neophron percnopterus*), (SPC-Pravoslavna Eparhija Vranjska, 2016). Od 2011. godine na planini Kozjak postoji hranilište koje održava upravljač za ovu i druge nekrofagne vrste.

²⁸ PIO-Dolina Pčinje. (2017). Dostupno na: <http://dolinapcinje.org>. Pristupljeno: 07/02/2017

Fauna sisara je takođe zastupljena velikom brojnošću vrsta (51% vrsta Srbije) sa brojnim zaštićenim vrstama. Naravno, najinteresantniji stanovnici su različite vrste zveri, srna (*Capreolus capreolus*) i divlja svinja (*Sus scrofa*). Takođe, pretpostavlja se da područje naseljava i ris (*Lynx lynx*). Pored vodenih površina može naći i vidra (*Lutra lutra*), čije prisustvo ukazuje na nezagađenu sredinu. Jako je malo podataka o ljljcima sa ovog terena (PIO-Dolina Pčinje²⁸).

Na čitavom području PIO „Dolina Pčinje“ nalazi se i ribarsko područje „Dolina Pčinje“, na kome se sprovode aktivne mere zaštite ribljih plodišta, riba i riblje mladi. Iako po količini vode predstavlja jednu od najsiromašnijih pritoka Vardara, Pčinja se ubraja u najčistije reke Srbije, što potvrđuje i prisustvo potočne pastrmke (*Salmo trutta*), koja se mresti u njenim gornjim delovima Pčinje. Generalno, sa stanovišta istraživanja faune riba, ovo veoma interesantno područje je nedovoljno ispitano (Simic & Simić, 2012).

3.2.4. Predeo izuzetnih odlika „Vlasina“

Uredbom Vlade Republike Srbije („Sl. glasnik RS“, br. 30/06) područje Vlasine je zaštićeno kao predeo izuzetnih odlika i kategorisano kao prirodno dobro od izuzetnog značaja za Republiku. Uredbom je određeno da se o prirodnom dobru stara Javno preduzeće „Direkcija za građevinsko zemljište i puteve opštine Surdulica“ iz Surdulice. Zbog reorganizacije javnih preduzeća u Srbiji, na sednici Skupštine Surdulica održanoj 16.11.2016. godine doneta je Odluka o pokretanju postupka likvidacije JP „Direkcije za građevinsko zemljište i puteve opštine Surdulica“, a za novog upravljača određena je Turistička organizacija opštine Surdulica.

Predeo izuzetnih odlika „Vlasina“ stavlja se pod zaštitu da bi se očuvala lepota predela vlasinske visoravni i nepotopljeni delovi nekadašnje vlasinske tresave, raznovrsnost biljnog i životinjskog sveta sa 850 vrsta biljaka i 180 životinjskih vrsta kičmenjaka, a posebno retke i endemične vrste divlje flore i njihova staništa, bogata fauna ptica i značajne i retke vrste sisara, gmizavaca i vodozemaca. Takođe, zaštita ovog područja vodi očuvanju raznovrsnosti riba i poboljšanju stanja njihovih staništa, očuvanju i unapređenju kvaliteta voda, vazduha, zemljišta i drugih prirodnih resursa i činilaca životne sredine i stvaranju uslova za plansko uređenje i održivo korišćenje zaštićenog područja u interesu nauke, obrazovanja, kulture i razvoja rekreacije, turizma i poljoprivrede („Sl. glasnik RS“, br. 30/06).

Prema Uredbi o ekološkoj mreži („Sl. glasnik RS“, br. 102/10), PIO „Vlasina“ je uvršten u:

- međunarodno značajna vlažna Ramsarska područja (Vlasina 3RS008),
- međunarodna i nacionalno važna područja za očuvanje ptica močvarica (Vlasina RS037 IBA),
- međunarodna značajna područja za biljke – IPA područja (Vlasinska visoravan, RS0000048) i
- Emerald područje (Vlasina RS0000006).

Opšte karakteristike

Vlasinska visoravan smeštena je na krajnjem jugoistoku Srbije na teritoriji opštine Surdulica, u neposrednoj blizini granice sa Bugarskom, između vrhova planina Rodopskog masiva. Naziv je dobila prema nekadašnjem Vlasinskom blatu, najvećoj tresavi na Balkanskom poluostrvu, koja je izgradnjom hidroelektrane 1946 god. pretvorena u Vlasinsko jezero (Sl. 22).

Vlasinska visoravan zauzima 150 km², sa najnižom tačkom oko 1200 m, što je čini jednom od najvećih visoravni u Srbiji. Na zapadu je ograničena Čemernikom čiji vrhovi Veliki Čemernik (1 638 m), Kula (1 622 m), Cvejin Čukar (1 542 m) i Preslap (1 583 m) oivičavaju deo visoravni sa izvorskom i tresavskom vegetacijom. Na južnoj strani visoravan je ograničena Vardenikom sa vrhovima Veliki Strešer (1 875 m), Mali Strešer (1 756 m) i Pandžin grob (1 664 m). U samom centru visoravni nalazi se veštačko, akumulaciono jezero dužine 9 km i najveće širine oko 3 km.

Prema podacima iz Uredbe, ukupna površina predela je 12 740,90 ha, od čega je 12 228,10 ha na teritoriji opštine Surdulica, a 512,80 ha se nalazi na teritoriji opštine Crna Trava („Sl. glasnik RS“, br. 30/06).

Prema podacima Zavoda za zaštitu prirode Srbije (2007), litološki sastav terena Predela izuzetnih odlika „Vlasina“ je izdvojen pod nazivom „Vlasinski kompleks“. Geološka podloga, predstavljena Vlasinskim kompleksom, izgrađena je od metamorfnog kompleksa škriljaca sa regionalno i progresivno metamorfisanim silikatnim stenama rifejskokambrijumske starosti. Južni, zapadni i veći deo istočne oblasti ovog područja, u predelu jezera, izgrađen je od albit-hlorit-muskovitskih škriljaca, severna i severnoistočna strana od albit-hloritskih škriljaca, dok je jugozapadna izgrađena od amfibol-biotitskog andezita (Petrović et al., 1966, 1973). U geotektonskom smislu, vlasinska visoravan pripada srpsko-makedonskoj masi (Pešić, 2013).

PIO „Vlasina“ obuhvata i najveću veštačku planinsku jezersku akumulaciju (1 210 m n.v.) od 16,5 km², Vlasinsko jezero, koje je poznato po retkom prirodnom fenomenu – plovećim tresetnim ostrvima od kojih se posebno veličinom uzdvajaju severno, veće (Dugi del) i manje, južno (Stratorija), ukupne površine 10 ha (Sl. 22). Ona su različitim delovima privezana za obalu. Ostrva predstavljaju staništa autohtonij, retkoj i endemičnoj flori i fauni, i nalaze se pod posebnim režimom zaštite.



Slika 22. Predeo PIO „Vlasine“ (© S. Milenković).

Ploveća ostrva pokreću vetrovi prilikom podizanja vodostaja jezera, a obrasla su gustom, mešovitom šumom maljave breze (*Betula pubescens* Errh.) i bora i imaju šljunkovite i peskovite obale. Stratoriju naseljava veća populacija malog kormorana (*Phalacrocorax pygmeus*). Samo Vlasinsko jezero, pored toga što je izuzetan prirodni resurs, predstavlja stanište pre svega vredne

flore, ihtiofaune i retke ornitofaune. Sa aspekta biodiverziteta naročito je važno prisustvo stenoendemičnih vrsta. Pojedini endemični taksoni na teritoriji čitave Srbije javljaju se jedino na području vlasinskih planina. U pregledu vaskularne flore Vlasinskog područja navodi se 956 taksona, a precizni podaci postoje za floru vlasinske tresave koju čini 219 vrsta isključujući *Bryophyta* (Randelović & Zlatković, 2010).

Vlasinska visoravan i njene obodne planine leže u planinskom i subalpskom regionu zahvatajući visinski dijapazon od 1 200 do 1 850 m, što odgovara pojasevima planinske i subalpske šumske vegetacije. Fitogeografske analize ukazuju na prisustvo endemične borealne flore što potvrđuje da područje predstavlja najvažniji refugijum postglacijalnim florističkim elementima, koji su karakteristični za sever Evrope i Azije (V. Randelović, Zlatković, Dimitrijević, & Vlahović, 2010).

Analizom flore Vlasinske visoravni utvrđeno je prisustvo 45 endemita i 30 subendemita, što čini 8,1 % flore ovog područja (Randelović & Zlatković, 2010). Takođe, značajan broj biljnih vrsta zaštićen je nacionalnom i međunarodnom regulativom. Zbog specifičnosti područja i njegove prošlosti sve je veći broj ugroženih i retkih vrsta, koje su obuhvaćene Crvenom knjigom flore Srbije 1 i/ili se nalaze na Spisku zaštićenih i strogo zaštićenih vrsta u skladu sa Zakonom o zaštiti prirode (Serbian CHM²⁹).



Slika 23. Predeo PIO „Vlasina“ (© J. Džoljić).

²⁹ Serbian CHM Biodiversity Clearing-House Mechanism. (2017). Dostupno na: <http://biodiverzitet-chm.rs/biodiverzitet-u-srbiji/zastita-biodiverziteta/zasticene-vrste/strogo-zasticene-vrste>. Pristupljeno: 06/02/2017

Od vrsta koje su zaštićene na osnovu Pravilnika o proglašenju i zaštiti strogo zaštićenih i zaštićenih divljih vrsta biljaka, životinja i gljiva („Sl. glasnik RS“, br. 5/10 i 47/11) posebno se ističe zajednica lovorvišnje ili zeleniče (*Prunus laurocerasus* L. var. *serbica* Panč.) sa mezijskom bukvom (*Lauroceraso-Fagetum* B. Jov.) na Ostrozubu. Ovaj lokalitet predstavlja i strogi prirodni rezervat „Zeleničje“, a s obzirom na to da vrsta *Prunus laurocerasus* L. pripada tipu tercijskih endemorelikata ovaj lokalitet se intenzivno proučava. Na osnovu podataka iz prošlosti (Pančić, 1886; Košanin, 1911) poznato je da, pre zaštite staništa, zeleniče nije cvetalo a razlozi su bili navođeni u brojnim teorijama. Na predlog Prirodnjačkog muzeja Odlukom Ministarstva šumarstva još 1948. godine ovaj lokalitet označen je kao strogi prirodni rezervat. Zaštita staništa tj. ovog područja, omogućila je prirodnu obnovu satojine zeleničeta, nakon čega je 1983. godine i prvi put zabeleženo njegovo cvetanje na ovim prostorima (Randelović, 1978; Avramović et al., 2005). Vlada Republike Srbije je Uredbom zaštitila vlasinski deo Čemernika i utvrdila prostorni plan područja posebne namene „Vlasina“ („Sl. glasnik RS“, br. 133/04).

Vlasina predstavlja i prirodno stanište rosulje (*Drosera rotundifolia* L.) i važnih prestvanika roda *Sphagnum*. Od interesantnih predstavnika takođe se mogu izdvojiti još i maljava breza (*Betula pubescens* Ehrh), medveđe grožđe (*Arctostaphylos uva ursi* L. Spleng), gorocvet (*Adonis vernalis* L.). Pored borovnice (*Vaccinium myrtillus* L.), od bilja koje je pod kontrolom korišćenja i prometa, rastu i kleka (*Juniperus communis* L.) i jagorčevina (*Primula veris* Huds.) i druge vrste, a od pečuraka nalazimo letnje i jesenje vrganje (*Boletus edulis* Bull. ex Fr), smrčke (roda *Morchella*), lisičarku (*Cantharellus cibarius* L. ex. Fr) i mlečnicu (roda *Lactarius*).

Vrste koje su najpoznatije sa aspekta rekreativnog turizma i po svojim, jestivim, lekovitim i aromatičnim svojstvima su borovnica, kantarion (*Hypericum barbatum* Jacq.), majčina dušica (*Thymus serpyllum* L.), balkanska lincura (*Gentiana lutea* L.), hajdučka trava žute cvasti (*Achillea clipeolata* Sm.), zova (*Sambucus nigra* L.), crveni glog (*Crataegus oxyacantha* L.), petrov krst (*Paris quadrifolia* L.) i dr. Čemernik je poznat po prostranim nastanima borovnice, međutim danas ih sistematski, iz leta u leto, uništavaju divlji berači sa metalnim češljevima.

Brojne studije ukazuju na veliku raznovrsnost faune ovog područja kako u terestričnim tako i u akvatičnim ekosistemima. Kada je u pitanju fauna akvatičnog ekosistema, rezultati brojnih studija pokazali su da je voda Vlasinskog jezera izuzetno čista i pripada prvoj klasi po mikrobiološkim svojstvima. Pored toga što su razvijene zajednice zooplanktona i zoobentosa, to bitno ne utiče na bonitetne odlike vode.

Prema rezultatima analize, ihtiofauna jezera je 2013. godine bila predstavljena sa 21 ribljom vrstom, od kojih su dve strogo zaštićene (jegulja, *Anguilla anguilla* i linjak, *Tinca tinca*), (JP “Direkcija za građevinsko zemljište i puteve Opštine Surdulica,” 2011). U kvalitativnom pogledu u naselju riba akumulacije zapaža se da dominiraju ribe iz familije *Ciprinidae* i *Percidae*. Ipak, prema rezultatima sveobuhvatne hidrobiološke analize Vlasinske akumulacije i njenih pritoka, ovaj hidroekološki kompleks u pogledu kapaciteta staništa riba nedovoljno i neadekvatno je iskorišćen. Posebno se ovo odnosi na iskorišćenost od strane salmonida i to potočne pastrmke, pre svega. Programom upravljanja ribarskim područjem PIO „Vlasina” 2012 - 2021. god.

predviđa se primena niza mera koje bi u umnogome doprinele povećanju i obogaćivanju ribljeg fonda Vlasinskog jezera i pritoka. Akcenat je stavljen na autohtone vrste i potočnu pastmku (*Salmo truta*).

Među faunom vodozemaca i gmizavaca na Vlasinskom području poseban značaj imaju alpski mrmoljak (*Triturus alpestris*), veliki mrmoljak (*Triturus cristatus*), kratkonogi gušter (*Ablepharus kitaibelii*), planinski gušter (*Zootoca vivipara*) koji su obuhvaćeni Pravilnikom o zaštićenim i strogo zaštićenim vrstama („Sl. glasnik RS“, br. 5/10 i 47/11). Ornitofauna ovog područja je izuzetno bogata sa 125 registrovanih vrsta (PIO Vlasina³⁰), od kojih je prema međunarodnim standardima zaštićeno preko 60 vrsta, a prema standardima domaćeg zakonodavstva trajno je zaštićeno 50 vrsta. Posebno je značajno prisustvo globalno ugroženih ptičijih vrsta kao što su patka njorka (*Aythya nyroca*, svetska crvena lista), orao krstaš (*Aquila heliaca*, evropska crvena lista) i prdovac (*Crex crex*) koja se nalazi na obe liste (JP “Direkcija za građevinsko zemljište i puteve Opštine Surdulica,” 2011).

Od retkih i ugroženih vrsta faune sisara ovog područja izdvajaju se: vuk (*Canis lupus*) koji se nalazi na svetskoj crvenoj listi, slepo kuče (*Spalax leucodon*) i riđa lisica (*Vulpes vulpes*) koji su na evropskoj crvenoj listi, dok su u nacionalnim razmerama značajni kao ugroženi tekunica (*Citellus citellus*), slepo kuče (*Spalax leucodon*), vodena voluharica (*Arvicola terrestris*), vidra (*Lutra lutra*) i drugi. Treba naglasiti da fauna vlasinskog područja i pored pretrpljenih izmena viševjekovnim antropogenim uticajima sadrži značajne elemente retkih i ugroženih vrsta.

Takođe, na području PIO „Vlasina“ nalazi se i lovište planinskog tipa, površine preko 62 000 ha. Lovnu divljač predstavljaju divlje svinje, srneća divljač, zečevi, vukovi, lisice, divlje mačke i sl., te se upravljanje njihovim populacijama vrši planski, uglavnom u lovištima, a brojnost reguliše lovostajem.

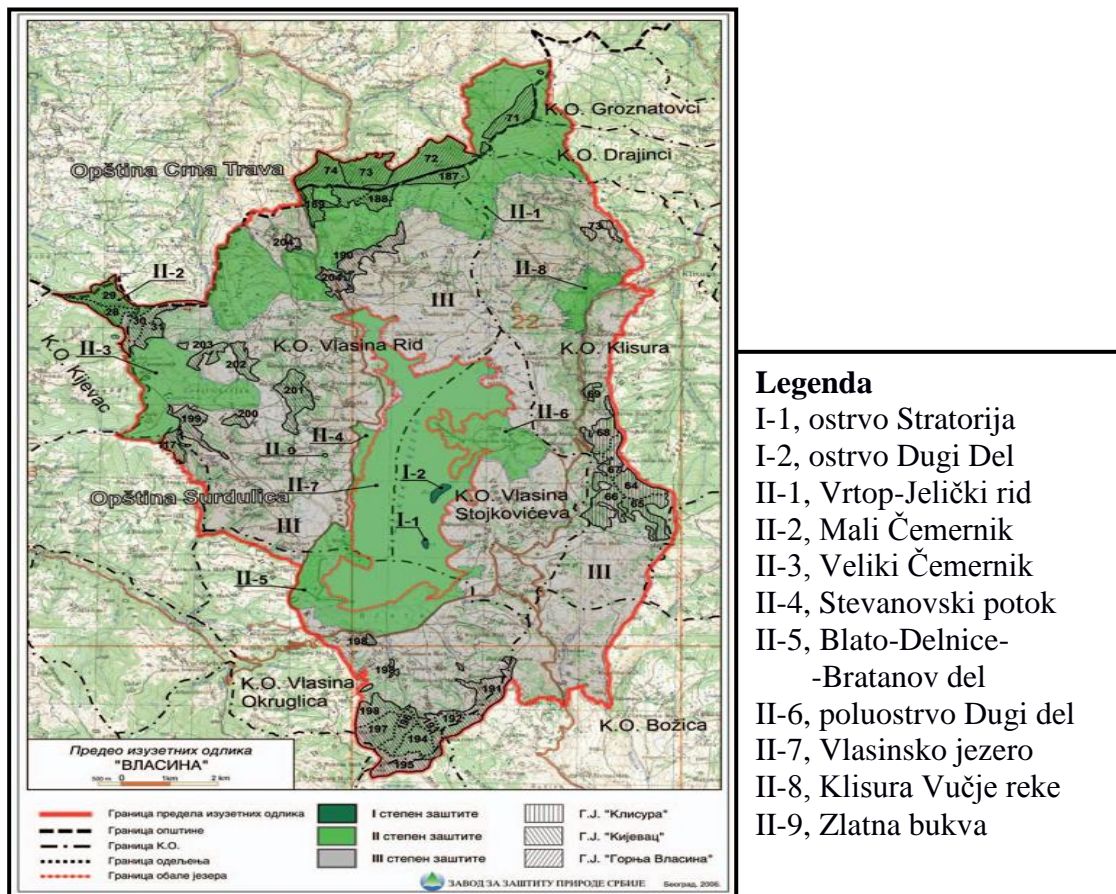
Turistički potencijal PIO „Vlasine“ je izuzetno veliki i do sada najizraženiji je bio rekreativni vid turizma koji se oslanja na same prirodne vrednosti i bogatstva Vlasine. Međutim, brojna istraživanja pokazuju da je sam potencijal nedovoljno iskorišćen, kao i da ne postoji integralni razvoj turizma i drugih privrednih grana. Sa jedne strane gledano, to je dobro prvenstveno radi očuvanja autohtone prirode i značajnih fragilnih ekosistema i zajednica. Sa druge strane, brojne studije i razvojni planovi ukazuju na mogućnosti razvoja i iskorišćenja potencijala planine u cilju poboljšanja ekonomske situacije samog regiona. Kao jednu od prioritetnih aktivnosti, predviđenu Planom upravljanja za period 2011-2021, pored zaštite i unapređenja vrednosti područja, upravljač prepoznaje saradnju sa lokalnim stanovništvom i iniciranje organske proizvodnje, kao i popularizaciju ruralnog i eko-turizma, zatim unapređenje i osavremenjivanje rekreativnog i edukativnog sadržaja.

³⁰ PIO Vlasina. (2017). Dostupno na: <http://www.piovlasina.org/cir/Start.asp>. Pristupljeno: 06/02/2017

Zone zaštite u okviru Predela izuzetnih odlika „Vlasina“

Područje PIO „Vlasina“ s obzirom na izuzetna obeležja biološke (specijske i ekosistemske) raznovrsnosti, impresivne ambijentalno-pejsažne vrednosti i potrebe očuvanja trajnosti i kvaliteta esencijalnih prirodnih resursa podeljeno je na veliki broj lokaliteta sa I i II režimom zaštite. Najstrožijim režimom obuhvaćeno je oko 6% prirodnog dobra (9,66 ha), II stepenom zaštite oko 22% (4 354 ha), a na ostalim lokacijama se primenjuje III stepen zaštite (72%), koji omogućava selektivno korišćenje prirodnih bogatstava i kontrolisane adekvatne aktivnosti („Sl. glasnik RS“, br. 30/06).

I stepenom zaštite obuhvaćena je površina plutajućih ostrva Stratorije (I-1) i Dugi Del (I-2). U režimu I stepena zaštite biće i sva nova tresetna ostrva od trenutka kada se pojave na površini jezera.



Slika 24. Režimi zaštite na području PIO „Vlasina“, („Sl. glasnik RS“, br. 30/06).

3.2.5. Spomenik prirode „Jovačka jezera“

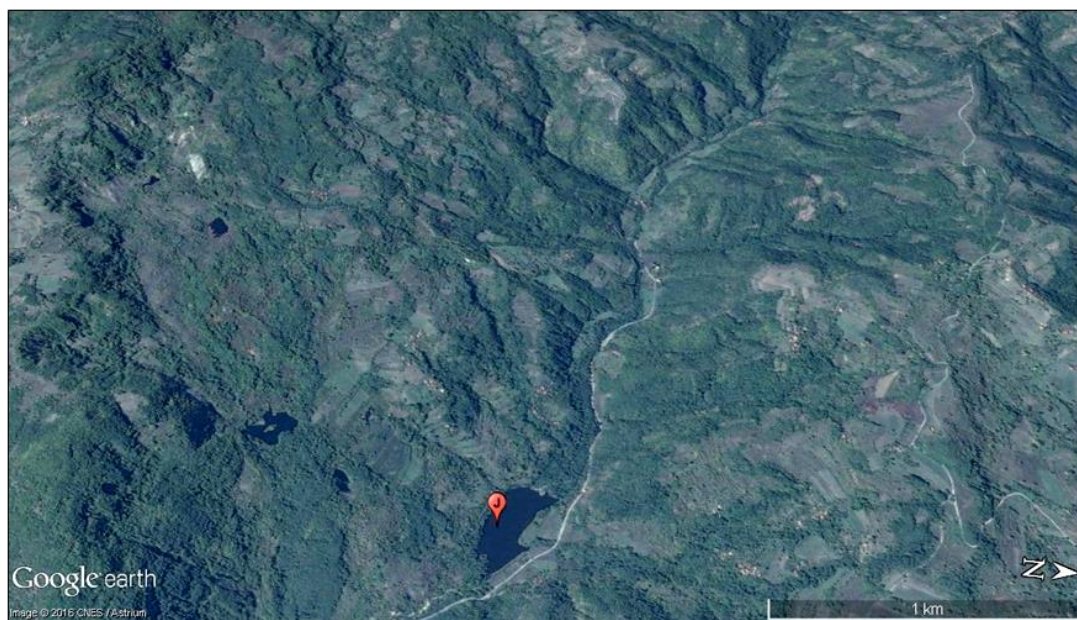
Na osnovu Odluke Skupština opštine Vladičin Han, a po predhodno pribavljenoj saglasnosti Ministarstva poljoprivrede i zaštite životne sredine, područje Jovačkih jezera proglašeno je spomenikom prirode („Sl. glasnik Pčinjskog okruga“, br. 21/08, 8/09 i „Sl. glasnik Grada Vranja“, br. 15/10, 9/14). Za upravljača ovog područja određeno je JP „Direkcija za građevinsko zemljište i puteve opštine Vladičin Han“. Zbog reorganizacije poslovanja javnih preduzeća u Srbiji, Direkcije u Srbiji su transformirane tokom 2017. godine, te je nadležnost upravljanja SP „Jovačka jezera“ pripala Opštini Vladičin Han i to Centru za kulturne delatnosti, turizam i bibliotekarstvo.

Spomenik prirode stavljen je pod zaštitu radi očuvanja šest urvinskih jezera na stabilisanom Jovačkom klizištu, kao redak primer sačuvanih jezera u okviru kliznog tela ili na pregrađenom koritu Jovačke reke. Jovačka jezera su uvrštena na spisak Inventara geonasleđa Srbije (Mijović, *ed.* 2005), kao hidrološki objekti nacionalnog nivoa vrednosti („Sl. glasnik Grada Vranja“, br. 15/10, 9/14).

Prema podacima Zavoda za zaštitu prirode Srbije, područje SP „Jovačka jezera“ identifikovano je kao odabrano područje za dnevne leptire (PBA, Kukavica 18) i pripada nacionalnoj ekološkoj mreži.

Opšte karakteristike

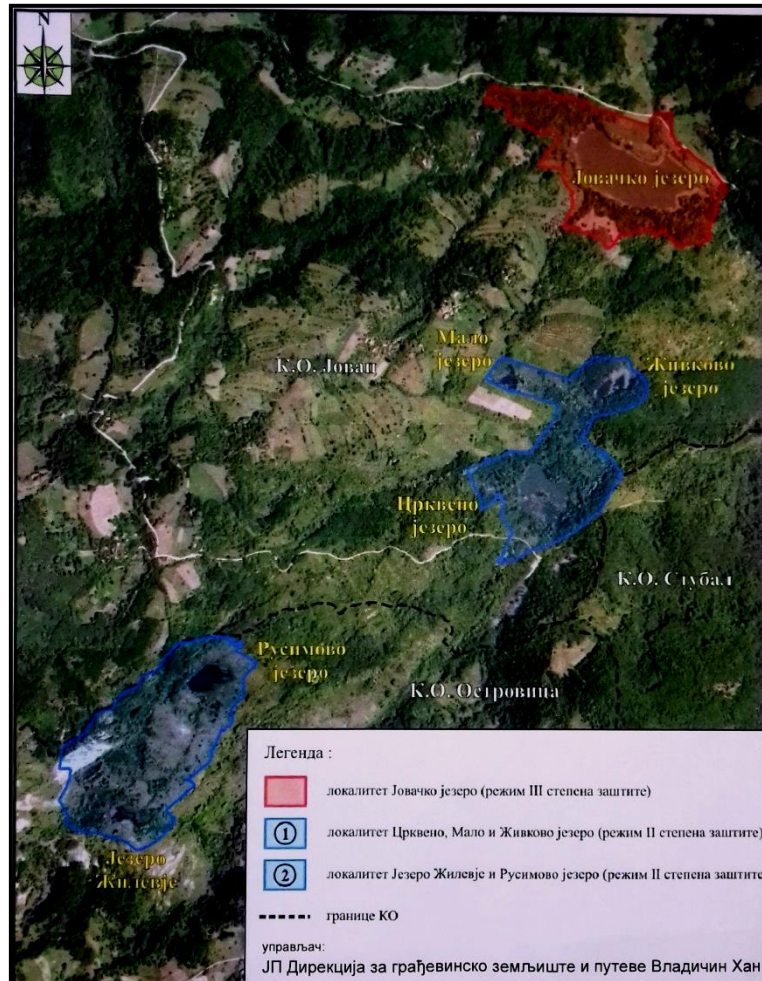
Na teritoriji opštine Vladičin Han, na severnoj padini planine Oblik, nalazi se područje spomenika prirode koje obuhvata 53 ha. Na području SP „Jovačka jezera“, uspostavljen je drugi režim zaštite na 68% teritorije, dok se ostatak područja nalazi pod trećim režimom (Sl. 25).



Slika 25. Teren SP-Jovačka jezera (izvor: Google Earth).

Prema Odluci o proglašenju, zaštićeno područje je podeljeno na tri celine-lokaliteta (Sl. 26.):

1. Lokalitet jezero Žilevje i Rusimovo jezero (II stepen zaštite),
2. Lokalitet Crkveno, Malo i Živkovo jezero (II stepen zaštite) i
3. Lokalitet Jovačko jezero (III stepen zaštite).



Slika 26. Zone zaštite u okviru SP „Jovačka jezera“ (izvor: ZZPS, 2014).

Jovačka jezera predstavljaju redak hidrološki fenomen u Centralnoj Srbiji nastao nakon pokretanja klizišta sa Grota i Oblika 1977. godine, koji predstavlja jednu od najvećih prirodnih katastrofa u Srbiji u skorijoj prošlosti. Proces kliženja stenskih masa trajao je desetak dana, a sama Jovačka reka je pregrađena u noći između 17. i 18. februara. Kliženjem je obuhvaćena masa zemlje i stena težine preko 150 miliona tona. Nakon pomenute prirodne katastrofe došlo je do stabilizacije klizišta uz formiranje sistema podzemne i površinske cirkulacije vode. Klizištem je zatvoren kanjon Jovačke reke u dužini od 200 metara, a akumulacijom vode stvoreno je Jovačko jezero (Sl. 25) dužine 1 500 metara, širine 200 metara i dubine 10 metara, u kome se i danas mogu videti ostaci kuća.

Klizna masa zbrisala je deo sela Jovac jer je 40 domaćinstava odnosno 70 kuća oštećeno do nivoa neupotrebljivosti (ZZPS, 2014). Porodice danas žive u obližnjem selu Stubal, u naselju koje je dobilo ime Jovačko. Nestalo je oko 500 hektara šuma, oranica, pašnjaka i voćnaka. Klizište jedino nije pogodilo seosko groblje i četiri mahale, na drugoj obali reke. U okolini ovog spomenika prirode nalaze se seoska naselja koja poseduju objekete sa autentičnom arhitekturom narodnog graditeljstva i etno celinama koji pripadaju moravskom stilu.

Nakon prirodne katastrofe kakva se ne pamti na jugu Srbije, nekadašnji Poljoprivredni kombinat „Delišes“ je na oko 28 hektara zemljišta podigao voćnjake. Preostalo je, posle komasacije, vraćeno starim vlasnicima, ali zemlju ni danas gotovo niko ne obrađuje (izvor: Informativni press centar Vladičin han, 2015).

Relativno slaba naseljenost ovog prostora i slaba antropogena aktivnost uz izolovanost područja sprečavaju veću degradaciju ovog prostora. Na ovom području jedino su prisutni tradicionalni oblici poljoprivrede i sporadična poljoprivredna proizvodnja u kojoj se koriste pesticidi i veštačka đubriva. Primarni efekat savremene poljoprivrede negativno utiču na bonitet Jovačke reke koja se uliva u istoimeno jezero. Odsustvo komunalne mreže na ovom terenu takođe predstavlja veliki problem jer se u reku ulivaju otpadne vode iz domaćinstava uzvodno (Džoljić, Đorđević, Amidžić & Krulj, 2017).

Danas na ovom brdovitom području se neprimećuju znaci koji bi mogli da ukažu da je taj prostor mesto jedne od najvećih prirodnih katastrofa u skorijoj prošlosti (Sl. 27 i 28). Međutim, posmatrajući ovo područje sa terena na višim nadmorskim visinama, jasno se opažaju morfološki tragovi klizišta (Sl. 25).



Slika 27. Jovačko jezero (© J. Džoljić, 2016).

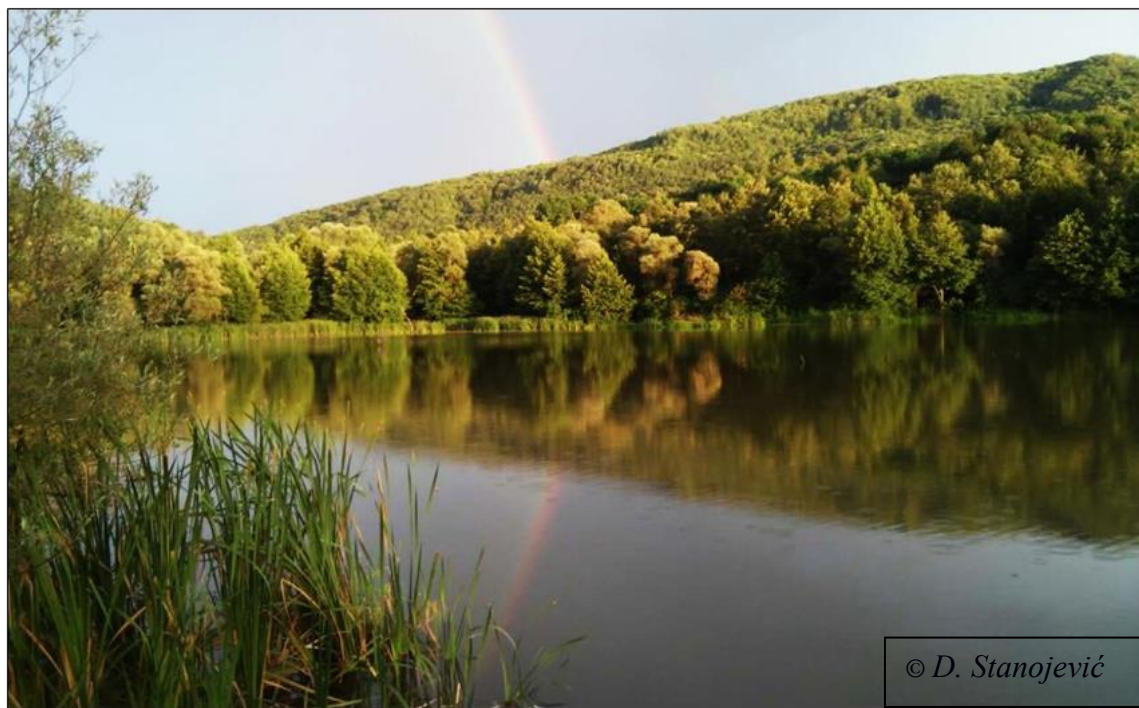
Jovačka jezera su reprezentativni hidrološki fenomen sa šest urvinskih jezera sa čak dva genetska podtipa, zbog čega su uvrštena u Inventar geonasleđa Srbije kao značajan objekat hidrološkog nasleđa (ZZPS³¹, 2017). Prava vrednost ovog područja još uvek nije utvrđena, s obzirom na noviji datum proglašenja zaštićenog područja.

U postupku valorizacije evidentirano je prisustvo 77 taksona vaskularne flore raspoređenih u 36 familija. Izdvajaju se plivajuća resina (*Ceratophyllum demersum*) kao strogo zaštićena vrsta, još sedam zaštićenih vrsta, kao i manji broj međunarodno značajnih vrsta koje su ovde pronašle svoje stanište. Iako je klizište narušilo prethodno stvoreni šumski ekosistem, utvrđeno je da su na području Jovačkih jezera razvijene retke mezofilne mešovite i higrofilne šume koje mestimično pokrivaju područje klizišta. Najstabilnije šumske zajednice nalaze se pored vodenih površina i u njihovoj bližoj okolini. Detaljnija floristička istraživanja područja tek predstoje, ali je interesantno napomenuti da je zabeležio prisustvo šest vrsta hrastova, sedam vrsta vrba, četiri vrste gloga, četiri vrste jasena, četiri vrste topola, tri vrste brešta i dr. (ZZPS, 2014).

Prilikom valorizacije područja (2011-2013) utvrđeno je da autohtonu ihtiofaunu predstavlja samo krkuš (*Gobio uranoscopus*) iz Manastirskog potoka koji je postojao pre klizišta, dok su sve ostale vrste introdukovali ribolovci. Danas se mogu naći strogo zaštićena i zaštićena vrsta u Srbiji, potočna mrena (*Barbus peloponnesius*) i zlatni karaš (*Carassius carassius*) zatim šaran (*Cyprinus carpio*), klen (*Squalius cephalus*), som (*Silurus glanis*) i dr. od kojih su neke zaštićene i međunarodnim propisima.

Dosadašnjim istraživanjima utvrđeno je prisustvo devet vrsta gmizavaca među kojima ima i strogo zaštićenih vrsta kao što su barska kornjača (*Emys orbicularis*), smukulja (*Coronella austriaca*), običan i stepski smuk (*Zamenis longissimus* i *Dolichopis caspius*) i belouška (*Natrix natrix*). Takođe, potvrđeno je prisustvo i osam vrsta vodozemaca među kojima su je i šest strogo zaštićenih vrsta, dugonogi mrmoljak (*Trirurus karelinii*), mali mrmoljak (*Lissotriton vulgaris*), žutotrbi mukač (*Bombina variegata*), obična krastava žaba (*Bufo bufo*), zelena krastava žaba (*Pseudepidalea viridis*), šumska žaba (*Rana dalmatina*) i dr. (ZZPS, 2014). Takođe, zbog prisustva 81 vrste dnevnih leptira, Jovačka jezera su uvrštena u značajna područje za dnevne leptire (PBA).

³¹ZZPS (2017) Zaštićena Jovačka jezera, http://www.zzps.rs/novo/index.php?jezik=_la&strana=vest&n=217



Slika 28. Jovačko jezero (© *D. Stanojević*).

Jovačka jezera su poznata ribolovcima južne Srbije jer su bogata različitim vrstama ribe, ali je sam potencijal jezera nedovoljno iskorišćen. Saobraćajna struktura je nedovoljno razvijena, predstavljena jednim lokalnim putem samo uz Jovačko jezero, dok se do ostalih jezera stiže isključivo pešačkim stazama. U Rionalnoj strategiji ruralnog razvoja Jablaničkog i Pčinjskog okruga, u budućem periodu potencijali Jovačkih jezera su delimično prepoznati. U planu razvoja na ovom području je sportsko-rekreativni turizam (ARRA & Centar za razvoj Jablaničkog i Pčinjskog okruga, 2013) ali je pre svega neophodno obezbediti bolju putnu mrežu i opremljenost pratećim sadržajima.

3.2.6. Spomenik prirode „Crni bor u Crnoštici“

Prema podacima ZZPS, Skupština opštine Bosilegrad 2014. godine donela je Odluku o proglašenju Spomenika prirode „Crni bor u Crnoštici“, koji je svrstan u treću kategoriju zaštite, kao zaštićeno područje lokalnog značaja.

Spomenik prirode se nalazi na severnoj padini planine Dukat, na teritoriji opštine Bosilegrad, u ataru sela Crnoštica, u dvorištu crkve Sveti Nikola. Ovaj spomenik prirode predstavlja ostatak nekadašnjih prirodnih borovih šuma na ovom prostoru.

Područje obuhvata stablo crnog bora (*Pinus nigra* Arnold) impozantnih dimenzija, visine od 23 m, prsnog prečnika od 1,35 m i prečnika krošnje od oko 18 m, i predstavlja vredni element pejzažne strukture sela Crnoštica (Sl. 29). Starosti oko 200 godina, izvanrednih dendrometrijskih karakteristika, pravilnog habitusa i široke krošnje i dominira u prostoru kao vredni primerak svoje vrste.

Ukupna površina zaštićenog područja iznosi 2,68 a, sa ustanovljenim režimom zaštite trećeg stepena. Upravljanje zaštićenim područjem je povereno JP „Srbijašume“.



Slika 29. Stablo crnog bora u Crnoštici (izvor: ZZPS, 2017).

3.2.7. Planina Besna kobilica

Planina Besna kobilica (1 923 m) nalazi se na teritoriji i Grada Vranja i opštine Bosilegrad (Sl. 30). Nalazi se na listi međunarodno odabranih područja za dnevne leptire (PBA, Besna Kobilica 38). Kako je predviđeno Prostornim planom Republike Srbije („Sl. glasnik RS“, br. 88/10), da do 2021. god. oko 12 % teritorije Republike Srbije bude pod nekim vidom zaštite, ova planina će se zbog svojih vrednosti sigurno naći na listi zaštićenih područja.

Besna kobilica je deo Rodopskog planinskog masiva predstavljena interesantnom konfiguracijom terena, gde se ističu zaobljeni vrhovi sa veoma strmim stranama. Izgrađena je uglavnom od silikatnih stena i to od granodiorita, granita, mikašista, granit-gnajseva i dacijskoandezitskih tufova. Ova planina deo je srpsko-makedonske metalogenetske provincije koja se sastoji od vulkansko-intruzivnih kompleksa koja su vezana za razvoj depozita i mineralnih pojava u prvom redu Pb, Zn, Sb, Cu i Mn i u manjoj meri Fe, Bi, Ag, Hg, U, Sn, i W (Radosavljević, Stojanović, Vuković, Radosavljević-Mihajlović, & Kašić, 2015). Na toj podlozi razvila se raznovrsna zemljišta i to: kisele planinske crnice, erodirana smeđa šumska zemljišta, gajnjače u opodzoljavanju, erodirana skeletna zemljišta i dr. (Avramović et al., 2005). Vrhovi su većim delom godine pokriveni snegom.

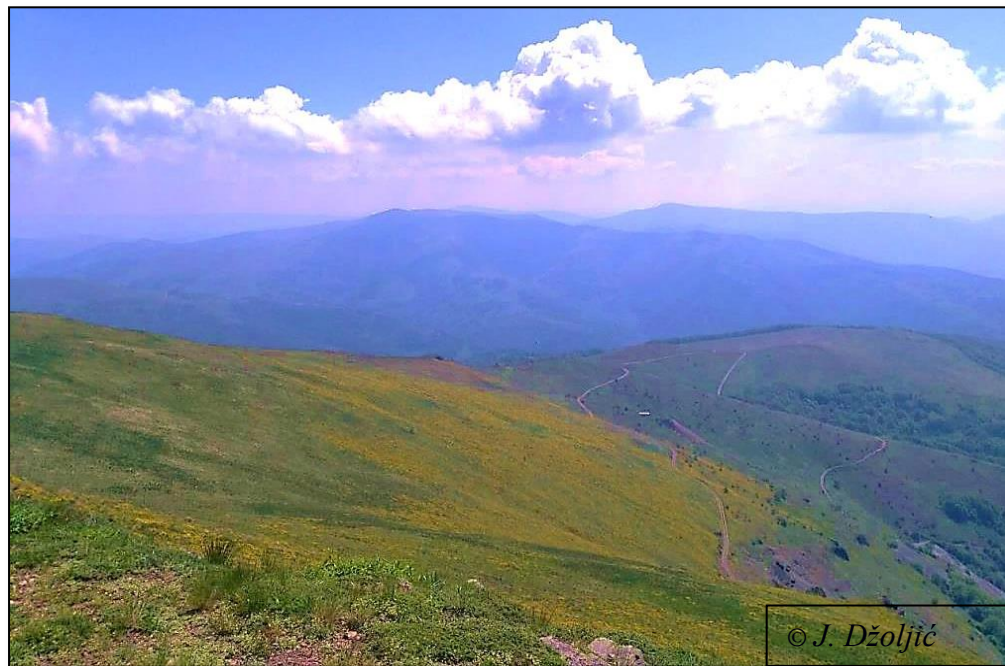


Slika 30. Predeo Besne Kobile (© J. Džoljić).

Floristička analiza nekih lokacija na planini Besna kobilica u okolini Bosilegrada ukazuju na veliko bogatstvo vrsta (Milosavljević & Ranđelović, 2002; Petrović 2004; V. N. Ranđelović, Zlatković, Milosavljević, & Ranđelović, 2008).

Prema podacima Stevanovića, Jovanovića, Lakušića i Niketić (1999) ukupan broj balkanskih endemičnih taksona u Srbiji procenjen je na 287 vrsta i podvrsta. Na planinama u Pčinjskom regionu, Besnoj kobili i Vardeniku je nađeno 11-30 endemmičnih vrsta po 100 km² zbog čega ovaj region autori svrstavaju u značajnu oblast florističkog endemizma u Srbiji (Stevanović, Jovanović, Lakušić, & Niketić, M. 1995; V. N. Randelović et al., 2008).

Podnožje planine čine šume, dok su viši delovi pod pašnjacima. Na području Besne kobile razvile su se alpske livade i subalpski pašnjaci (Sl. 30, 31 i 32) sa brojnim retkim i endemičnim vrstama (ARRA & Centar za razvoj Jablaničkog i Pčinjskog okruga, 2013). Interesantne biljne zajednice na ovim terenima karakteristične su za alpske livade *FastucoSeslerietum comosae*, kao i subalpske pašnjake: *Peucedano-Fastucetum paniculatae*, *ThymoPoetum violaceae* i *Centaureo-Festucetum validae*. Na pomenutim pašnjacima dominiraju zajednice sa tipcem *Festuco-Nardetum strictae*, *DianthoArmerietum rumelicae*, *Danthonio-Trifolietum velenovskyi* i *Sedo-Dianthetum pinifoliae* (Avramović et al., 2005).



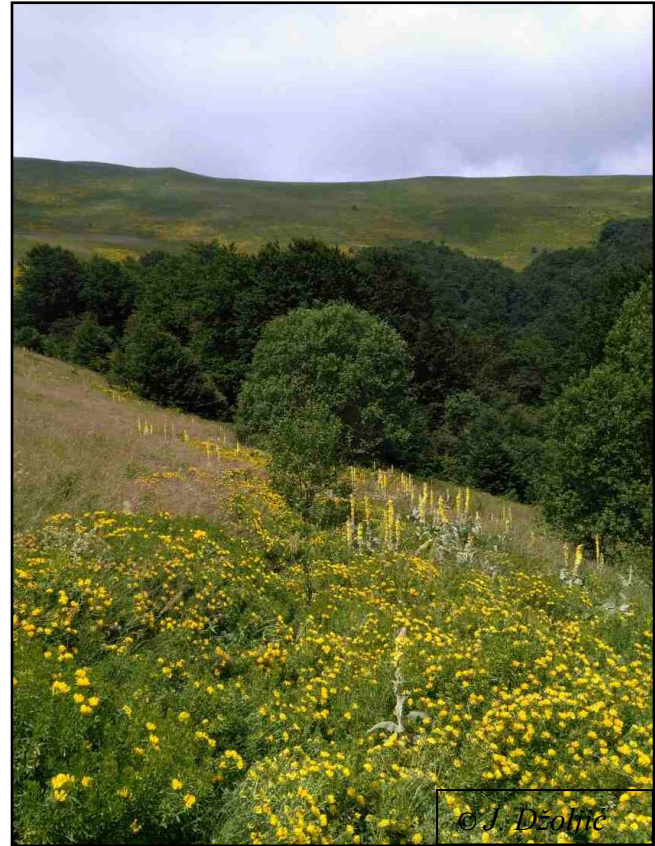
Slika 31. Pogled sa vrha Besne Kobile (1923 m) (©J Džoljić).

Takođe su prisutne i brojne retke i endemične biljne vrste obuhvaćene Pravilnikom o proglašenju i zaštiti strogo zaštićenih i zaštićenih divjlih vrsta biljaka, životinja i gljiva („Sl. glasnik RS“, br. 5/10 i 47/11) kao npr. *Dianthus pinifolius* Sibth. & Sm. subsp. *pinifolius*, *Minuartia bulgarica* Velen., *Trifolium trichopterum* Pančić, *Knautia midzorensis* Form., *Achillea chrysocoma* Friv. i sl. Na ovom području prisutne su i *Anthemis triumphettii*, *Centaurea kotschyana*, *Centaurea velenovskyi*, *Dianthus cruentus*, *Dianthus superbus*, *Silene lerchenfeldiana*, *Silene roemeri*, *Viola hirta* L., *Viola dacica* Borabas., *Saxifraga paniculata*, *Genista sericea*, *Peucedanum equiradium*, *Knautia magnifica*, *Thymus balcanus* i mnoge druge.

Veliki broj raznovrsnih samoniklih, lekovitih biljnih vrsta nalazi se na ovoj planini i to kantarion (*Hypericum perforatum*), divizma (*Verbascum thapsus*), kopriva (*Urtica dioica*), kičica (*Centaureum erythraea*), nana (*Mentha sp.*), oman (*Inula helenium*), hajdučka trava (*Achillea millefolium*), borovnica (*Vaccinium myrtillus*), malina (*Rubus idaeus*), maslačak (*Taraxacum officinale*) i sl.

Zbog izuzetnog florističkog bogatstva autori Avramović et al. (2005) predlažu da se područje Besne kobile zaštititi i proglasi parkom prirode.

Potencijal planine nije u dovoljnoj meri sagledan a ni iskorišćen, prvenstveno usled nedostatka finansijske podrške razvoja ovog kraja. Zbog svojih prirodnih vrednosti područje pruža odlične uslove za razvoj turizma. U toku zimskih meseci, na Besnoj kobili aktivna je samo jedna ski staza, koja ne zadovoljava potrebe skijaša. Kao jedna od aktivnosti koja se sprovodi na ovom području je organizovanje škole skijanja za decu i njihovo takmičenje (Turistički klub Srbije³²). Takođe, planina pruža mogućnost i za rekreativno bavljenje različitim vrstama sportova, pre svega zbog dominantnih pašnjaka.



Slika 32. Predeo Besne Kobile (© J Džoljić).

Istovremeno, minimalni antropogeni pritisak omogućava očuvanje prirodnih vrednosti planine. Zaštitom ovog područja bila bi uređena pravilna valorizacija terena a Planom razvoja bi bila obuhvaćena odgovarajuća područja planine u cilju promocije i iskorišćenje potencijala planine na održiv način. Na ovaj način u velikoj meri bi se doprinelo lokalnoj ekonomiji i omogućio njen dalji razvoj.

Treba, napomenuti da se na području Besne kobile, u selu Kriva Feja, nalazi se i rudnik olova i cinka „Grot“ (bivši Blagodat) na nadmorskoj visini 1 292 m. Prva istraživanja urađena su još 1903. godine a rudnik je radio sa prekidima. Od 2000. godine su nastavljena nova istraživanja. Jalovište rudnika, predstavlja veliki pritisak na životnu sredinu tog kraja, zbog opterećenja vodotokova, zemljišta i sl. U okolini jalovišta, na površini zemljišta zabeležena je mineralizovana prašina koja ukazuje na recentna zagađivanja, koja zavise od prerađivačkih

³² Turistički klub Srbije (2017). Besna Kobila. Dostupno na: <http://www.turistickiklub.com/planine-srbije/tekst/besna-kobila/21>, Pristupljeno 11/3/2017

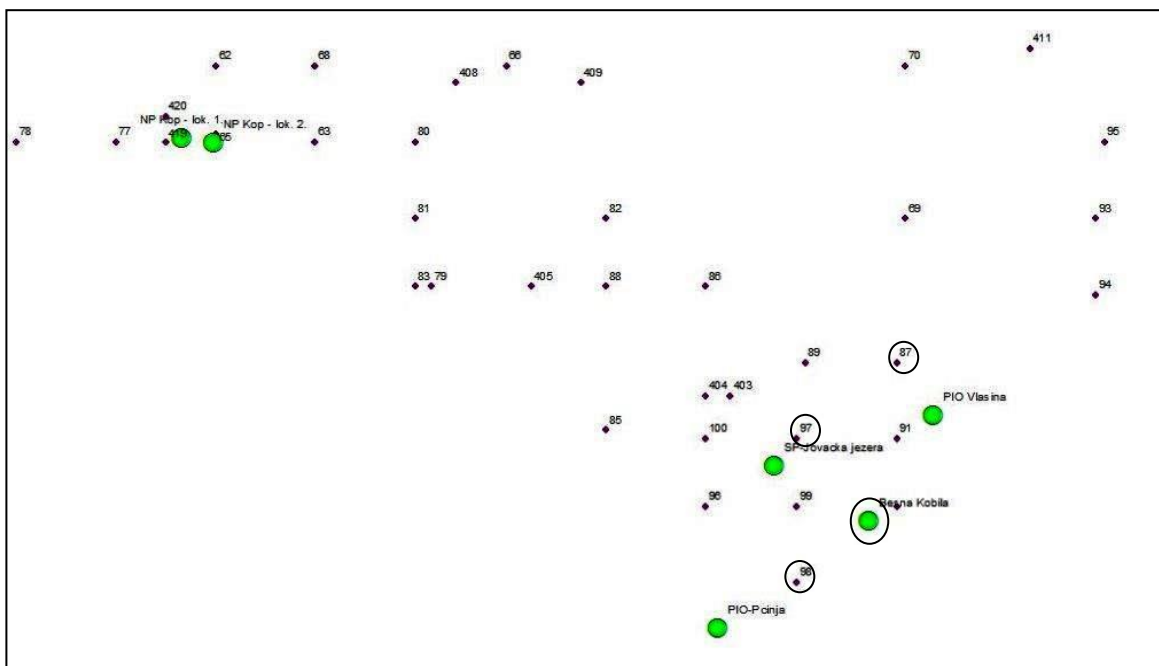
aktivnosti u rudniku, a sadržaji teških metala, Pb, Zn, Cu, Fe, Mn, Sn i Sb, u zemljištu su uvek manji nego u samoj deponiji (Đokić, Jovanović, & Đokić, 2013). Takođe, konstatovano je da jalovište rudnika utiče i na kvalitet vode i sedimenta Korbevačke reke, koja se nalazi u podnožju planine, gde je zabeležena povećana koncentracija teških metala kao što su Pb, Zn, Cd i Cu (Djordjevic, Živković, Živković, & Djordjevic, 2012).

IV. REZULTATI I DISKUSIJA

U cilju ocene stanja životne sredine u zaštićenim područjima neophodno je definisati osnovne parametre životne sredine. Zakon o zaštiti životne sredine („Sl. glasnik RS“, br. 135/04, 36/09, 14/16) definiše životnu sredinu kao skup prirodnih i stvorenih vrednosti čiji kompleksni međusobni odnosi čine okruženje, odnosno prostor i uslove za život, dok njen kvalitet predstavlja stanje životne sredine koje se iskazuje fizičkim, hemijskim, biološkim, estetskim i drugim indikatorima. Narušavanje kvaliteta životne sredine antropogenom delatnošću ili nepreduzimanjem mera radi otklanjanja uzroka narušavanja ili štete po životnu sredinu označava degradaciju.

U cilju ocene stanja kvaliteta životne sredine u zaštićenim područjima Pčinjskog okruga analizirani su osnovni pokazatelji stanja vazduha, klimatski parametri (temperatura i padavine), parametri zemljišta i biodiverziteta na lokacijama bioindikatorskih tačaka (Sl. 33) koje su bile najbliže ovim lokalitetima. Međutim, pedološki podaci nisu uvršteni u analizu jer su oni specifični za datu bioindikatorsku tačku, ali ne i za samo područje, tako da je, prema preporukama eksperta iz SEPE, u procenu uključen zemljišni pokrivač. Evropska Agencija za zaštitu životne sredine naglašava da Evropa predstavlja kontinent koji je izložen najintenzivnijem antropogenom pritisku zbog čega rezultuje u čestim promenama namene korišćenja zemljišta. Kako je zemljište resurs, neophodno je nalaziti kompromisna rešenja za njegovu upotrebu ali i očuvanje kvaliteta.

Preporuka eksperta za zaštićena područja iz SEPE je da se u analizi parametara životne sredine za PIO „Vlasina“ koristi bioindikator br. 87 (vrsta mezijska bukva, *Fagus moesiaca*) jer postoje podaci za ovu bioindikatorsku tačku, dok za br. 91 ne postoje. Za procenu kvaliteta životne sredine u PIO „Dolina Pčinje“ uzeta je tačka br. 98 (hrast cer, *Quercus cerris*). Za definisanje osnovnih parametara SP „Jovačka jezera“ treba koristiti tačku br. 97, koja takođe označava hrast cer (*Quercus cerris*) u Vladičinom Hanu, umesto tačke 99 koja predstavlja Vranjsku banju. Sve bioindikatorske vrste predstavljaju lišćarske vrste.



Slika 33. Bioindikatorske tačke u Pčinjskom okrugu i Centralnoj Srbiji.

Na osnovu rezultata dosadašnjih analiza, SEPA je kao glavnog zagađivača koji utiče na kvalitet životne sredine u Južnoj i Centralnoj Srbiji, identifikovala TE „Obilić“ u istoimenoj opštini na teritoriji AP Kosovo i Metohija.

U nastavku biće dat prikaz osnovnih parametara životne sredine za zaštićena područja u Pčinjskom regionu njihovim analiziranjem u toku posmatranog perioda.

4.1. Kvalitet vazduha

U XXI veku u Evropi je zabeležen visok nivo taloženja atmosferskog azota (Dise & Wright, 1995) ali i sumpora. Iz atmosfere preko padavina, vlažnom depozicijom, i u obliku gasova i čestica, suvom depozicijom, jedinjenja ovih elemenata dospevaju do površine zemljišta. Negativne posledice po ekosisteme, koje nastaju usled prekomernog taloženja azota i sumpora, mogu dovesti do zakišeljavanja zemljišta, do pojave zasićenja ili eutrofikacije zemljišta i voda, do povećane osetljivosti ekosistema i izazvanja sekundarnog stresa i uticaja na biodiverzitet (Liu et al., 2011; Pan, Wang, Tang, & Wu, 2012).

U zavisnosti od načina na koji oksidacioni oblici azota i sumpora dospevaju do površine zemljišta zavisiće i dalji ekološki efekti. Osetljivost i efekti koji ovi oksidi mogu da ostvare na područje zavisi pre svega od same osetljivosti ekosistema ali i od izloženosti kiseloj depoziciji. Osetljivost uglavnom zavisi od površinskog geološkog sastava terena, njegove topografije ali i od interakcija drenažne vode i zemljišta (Greaver et al., 2012).

Oksidacione forme azota (NO_x) u atmosferi, na prostoru Evrope, potiču uglavnom iz saobraćaja, industrijskih postrojenja i toplana i grejanja domaćinstva. Vlažna depozicija azota određuje se analizom azotovih jedinjenja u padavinama (Barile & Lapointe, 2005; Park & Lee, 2002; Xie et al., 2008; Larssen et al., 2006), koje imaju direktan efekat na vegetacijski pokrivač i zemljište. Ukupnoj depoziciji azota može bitno da doprinese i suva depozicija (Hill, Shepson, Galbavy & Anastasio, 2005), koja je često izostavljena zbog poteškoća direktnog kvantifikovanja ambijentalnih koncentracija i brzine taloženja ovog visokoreaktivnog gasa (Pan et al., 2012).

Depozicija sumporovih oksida (SO_x) pored toga što vodi obogaćenju zemljišta ovim elementom i acidifikaciji, može stimulisati mikrobiološku metilaciju žive i time podstaknuti njeno inkorporisanje u lanac ishrane i bioakumulaciju od strane organizama (Greaver et al., 2012).

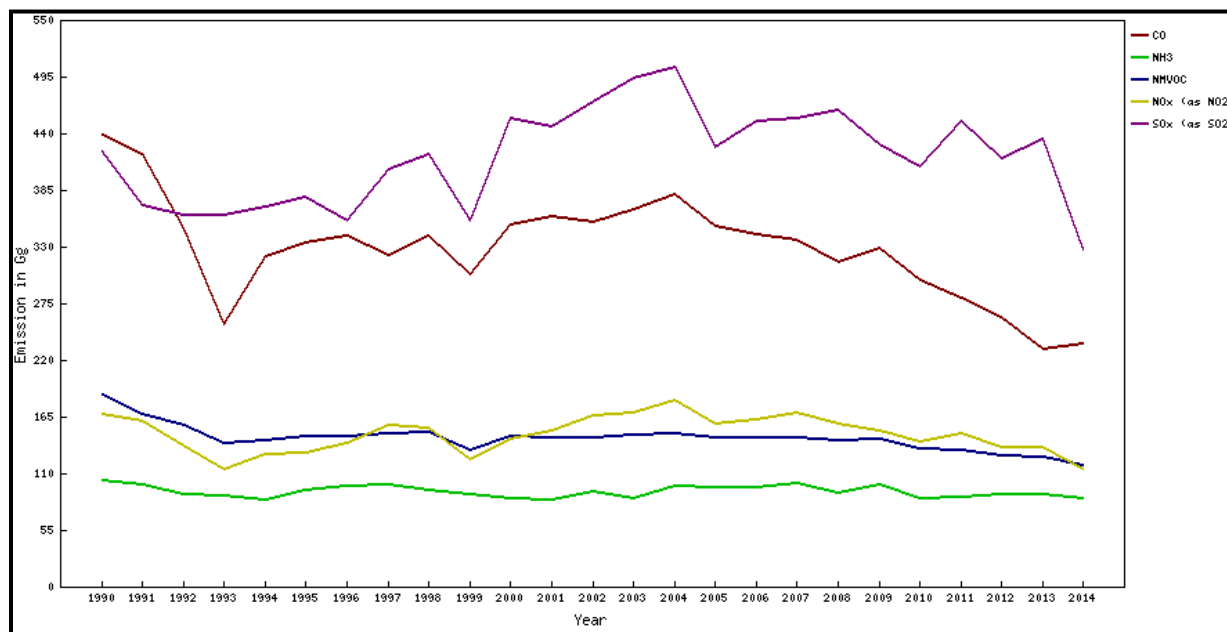
Na ukupnu depoziciju azota direktno utiče i doprinosi NH_3 (Pan et al., 2012). Poljoprivreda predstavlja jedan od najznačajnijih izvora amonijuma u Evropi, doprinoseći sa 80-99% ukupnoj emisiji (FAO & ITPS, 2015). Glavni izvori vezani su za poljoprivrednu i stočarsku delatnost, a sve veća količina ovih jedinjenja potiče iz automobila.

Efekat koji taloženje azota ima na ekosistem zavisi od njegove količine, i može biti povoljan npr. kao primena azotovih đubriva za stimulisanje rasta biljaka i skladištenje ugljenika u drvenoj masi. Takođe, može biti i negativan, kada vodi disbalansu nutrijenata koja rezultuje u smanjenoj produkciji biljaka, zamenom vrsta u zajednicama, smanjanju raznovrsnosti i dovodi do krajnjeg zakišeljavanja zemljišta i vode (Fenn, Jovan, Yuan, Geiser, Meixner, & Gimeno, 2003; Bricker et al. 2008; Lovett & Goodale 2011; Pardo et al. 2011; Greaver et al., 2012).

Prema poslednjem izveštaju Evropske agencije za zaštitu životne sredine, na nivou Evrope i pored zabeleženog trenda redukcije emisije SO_x , oksidacione i redukcione azotove forme označene su kao glavne komponente zakišeljavajućih gasova, koja uzrokuje acidifikaciju terestričnih i akvatičnih ekosistema. Ali i pored toga, i mala emisija SO_x doprinosi acidifikaciji

prvenstveno zbog visokog acidifikacionog potencijala. Smanjenje emisija ovih gasova uticale je i na smanjenje rizika od acidifikacije svih ekosistema na teritoriji EU ali i Natura 2000 površinama za 30% i 40%, respektivno u 2014. godini. U ranijim studijama (u 2005. godini) zabeleženo je da je 67% teritorije EU i 78% Natura 2000 površina bilo izloženo riziku od eutrofikacije, dok najnoviji podaci iz 2014. godine ističu da je izloženo svega 7% i 5%, respektivno (EEA, 2015).

Zvanični podaci Evropske mreže za monitoring (EMEP) koji se odnose na trend emisije aerozagađivača u periodu od 1990 u 2014. godine u Srbiji prikazan je na Sl. 34.



Slika 34. Trend promena emisije CO, NH₃, NO_x (kao NO₂), SO_x (kao SO₂) i lako isparljivih organskih jedinjenja koja nisu metan (NMVOC) (izvor: EMEP baza podataka³³).

Generalno, na teritoriji Srbije poslednjih par godina zabeleženo je smanjenje koncentracije analiziranih aerozagađivača, osim CO koji pokazuje blagi porast.

Procena kvaliteta vazduha u zaštićenim područjima obavljena je bazirajući se na glavne parametre aerozagađenja, na osnovu podataka SEPE za period 2012 – 2014. Podaci se odnose na bioindikatorske tačke najbliže zaštićenim područjima kao što je ranije napomenuto.

Rezultati merenja koncentracije zakiseljavajućih gasova (SO_x, NO_x i NH_x) prikazani su u Tab. 9. NH_x predstavlja ukupnu formu redukcionog azota a koja predstavlja sumu gasovitog amonijka(NH₃) u vlažnom vazduhu i čestične amonijumove soli (NH₄⁺).

³³ Dostupno na zvaničnoj web strani EMEP-a. http://webdab1.umweltbundesamt.at/cgi-bin/webd2_off_choose_pollutants.pl?cgiproxy_skip=1, Pristupljeno: 15.03.2017. godine

Tabela 9. Koncentracije zakišeljavajućih gasova u periodu od 2012. do 2014. godine (izvor: SEPA, lična komunikacija, 06. 02. 2017)

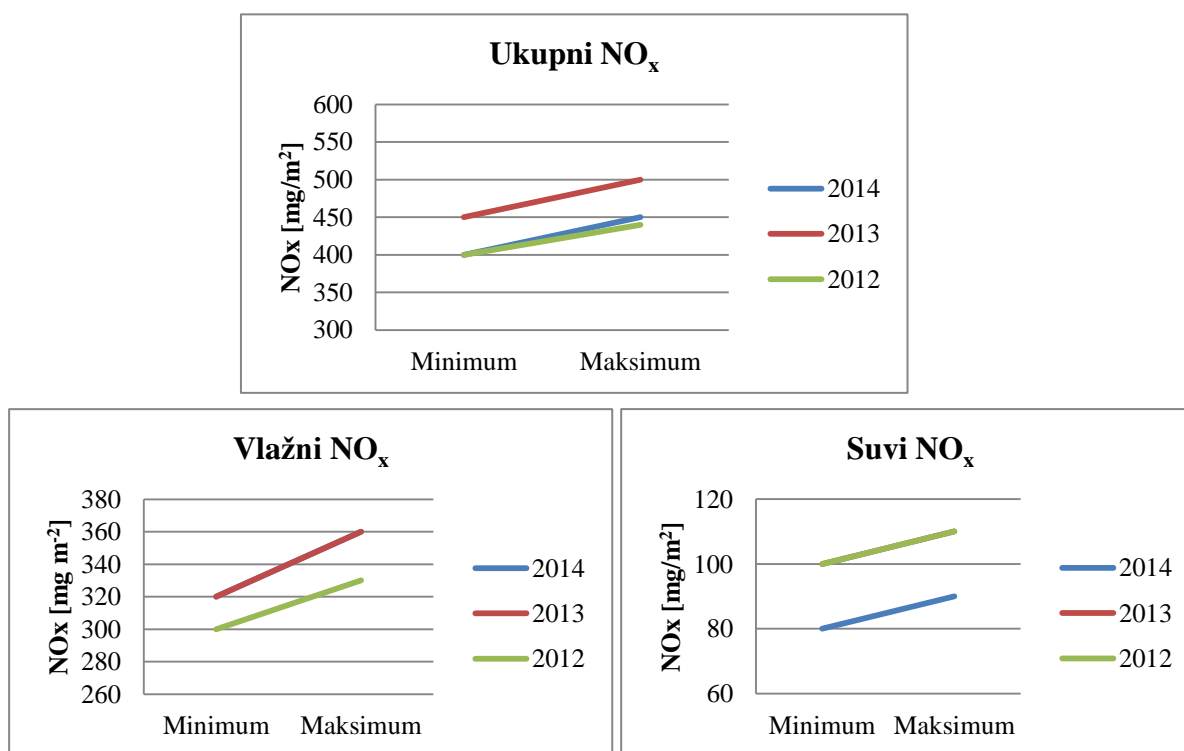
Lokalitet		Ukupni NO _x opseg (mg m ⁻²)	Suvi NO _x opseg (mg m ⁻²)	Vlažni NO _x opseg (mg m ⁻²)	Ukupni SO _x opseg (mg m ⁻²)	Suvi SO _x opseg (mg m ⁻²)	Vlažni SO _x opseg (mg m ⁻²)	Ukupni NH _x opseg (mg m ⁻²)	Suvi NH _x opseg (mg m ⁻²)	Vlažni NH _x opseg (mg m ⁻²)
PIO "Vlasina"	2014	400-450	80-90	320-360	900-1200	140-210	500-1000	600-700	100-200	480-560
	2013	450-500	100-110	320-360	1000-1200	150-200	800-900	500-600	150-200	350-400
	2012	400-440	100-110	300-330	1000-1100	160-200	800-900	500-600	150-200	350-400
PIO "Dolina Pčinje"	2014	300-350	90-100	200-240	600-900	70-140	500-1000	300-400	100-200	160-240
	2013	300-350	90-100	200-240	600-800	100-150	600-700	300-400	100-150	200-250
	2012	280-320	90-100	180-210	700-800	120-160	500-600	300-400	100-150	200-250
SP "Jovačka jezera"	2014	400-450	80-90	320-360	900-1200	140-210	500-1000	600-700	100-200	480-560
	2013	450-500	100-110	320-360	1000-1200	150-200	800-900	500-600	150-200	350-400
	2012	400-440	100-110	300-330	1000-1100	160-200	800-900	500-600	150-200	350-400
Besna kobilica	2007	360-420	100-120	240-280	1000-1200	160-200	800-900	300-400	100-150	180-240

4.1.1. PIO „Vlasina“

Zabeležena koncentracija ukupne oksidacionih oblika azota, na lokaciji određenoj za PIO „Vlasina“ u 2012. godini bila je u opsegu 400 - 440 mg m⁻², u 2013. godini zabeležena je neznatno viša vrednost od 450-500 mg m⁻², dok je u 2014. godini bila u opsegu od 400-450 mg m⁻² (Graf. 1).

Količina oksidacionih oblika azota koja je detektovana vlažnom depozicijom u 2012. godini bila je u opsegu od 300-330 mg m⁻², dok je u 2013. i 2014. godini zabeležena ista vrednost od 320-360 mg m⁻². Količina NO_x u vazduhu, detektovana suvom depozicijom bila je u 2012. i 2013. godini u opsegu od 100-110 mg m⁻², dok je u 2014. godini bila manja, 80-90 mg m⁻².

Analizirajući trend promene ukupne količine oksidacionih oblika azota u vazduhu, uočava se smanjenje količine ukupnog NO_x u 2014. godini u odnosu na 2013. godinu, dok je koncentracija ovih oblika slična vrednostima iz 2012. godine. Njihova koncentracija detektovana u padavinama u 2013. i 2014. godini imala je istu, veću vrednost u odnosu na 2012. godinu, dok suva depozicija pokazuje manju vrednosti u 2014. godini nego u 2013. i 2012. godini (Graf. 1).

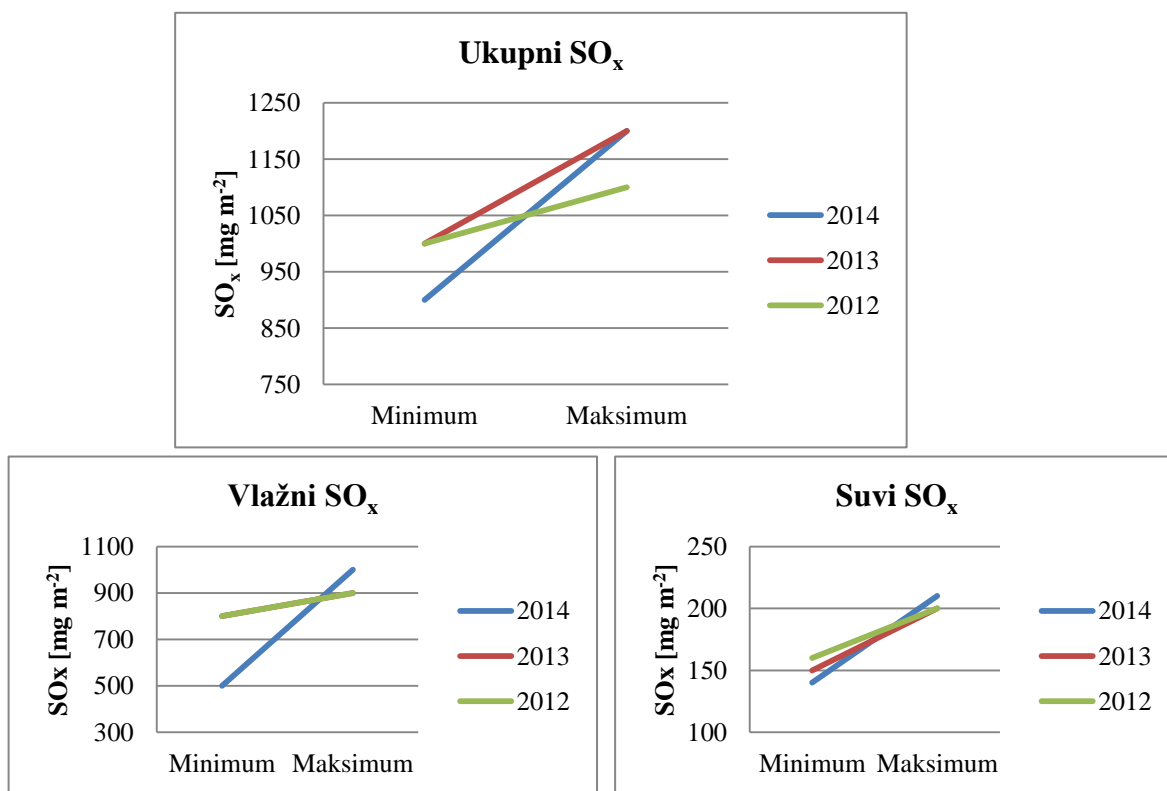


Grafik 1. Vrednost opsega NO_x i trend promena u toku 2012-2014. godine.

Ukupna količina SO_x u vazduhu u 2012. godini kretala se u granicama od 1000 mg m⁻² do 1100 mg m⁻², u 2013. godini od 1000 mg m⁻² do 1200 mg m⁻², dok je u 2014. godini zabeležena minimalna vrednost od 900 mg m⁻² a maksimalna ista kao i u 2013. godini (Graf. 2).

U padavinama, zabeležena koncentracija SO_x u 2012. i 2013. godini kretala se u opsegu 800-900 mg m^{-2} , dok je u 2014. godini zabeležena i minimalna vrednost od 500 mg m^{-2} , ali i maksimalna od 1000 mg m^{-2} . Rezultati istraživanja količine SO_x u vazduhu putem suve depozicije u 2012. godini kretale su se u opsegu 160-200 mg m^{-2} , u 2013. godini koncentracija je bila u granicama od 150 do 200 mg m^{-2} , dok je u 2014. zabeležena minimalna vrednost od 140 mg m^{-2} i maksimalna od 210 mg m^{-2} .

Što se tiče koncentracije SO_x , trend promena je dosta nepravilan ali ukazuje na neznatno povećanje koncentracije SO_x u toku 2013. i 2014. godine. Količina SO_x u padavinama pokazuje znatno veći, ali nepromenjen opseg u 2013 i 2014. godini u odnosu na 2012. godinu. U poređenju sa 2012. i 2013. godinom, količina SO_x u aerosolima pokazuje minimalno povećanje.



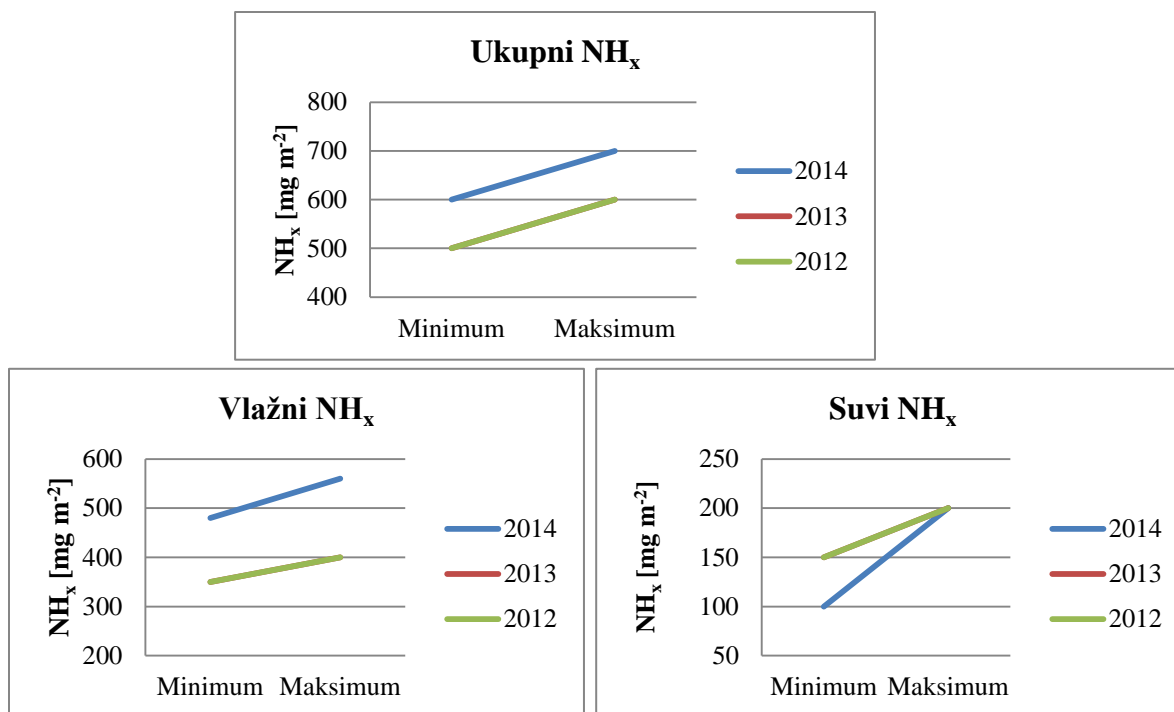
Grafik 2. Vrednost opsega SO_x i trend promena u toku 2012-2014. godine.

Na teritoriji Pčinjskog okruga, u neposrednoj blizini PIO „Vlasina” izmerena koncentracija ukupnog NH_x u vazduhu kretala se u 2012. i 2013. godini u granicama od 500-600 mg m^{-2} , dok je u 2014. godini zabeležen porast na 600-700 mg m^{-2} (Graf. 3).

Detektovana koncentracija NH_x u vazduhu putem vlažne depozicije u 2012. i 2013. godini bila je u opsegu od 350 do 400 mg m^{-2} . U 2014. godini zabeležena vrednost opsega bila je nešto veća, od 480 do 560 mg m^{-2} . Putem suve depozicije određeno je da je koncentracija NH_x u vazduhu u 2012. i 2013. godini bila u granicama od 150 do 200 mg m^{-2} , dok je u 2014. zabeležena

minimalna vrednost opsega od 100 mg m^{-2} ali je gornja granica bila ista kao i u merenjima predhodnih godina.

Posmatrajući trend promena količine NH_x u vazduhu, uočava se porast i ukupne količine ali i količine redukovanih formi azota u padavinama i aerosolima. Ovo je najverovatnija posledica intenziviranja poljoprivredne delatnosti poslednjih godina na ovom području (Graf. 3).

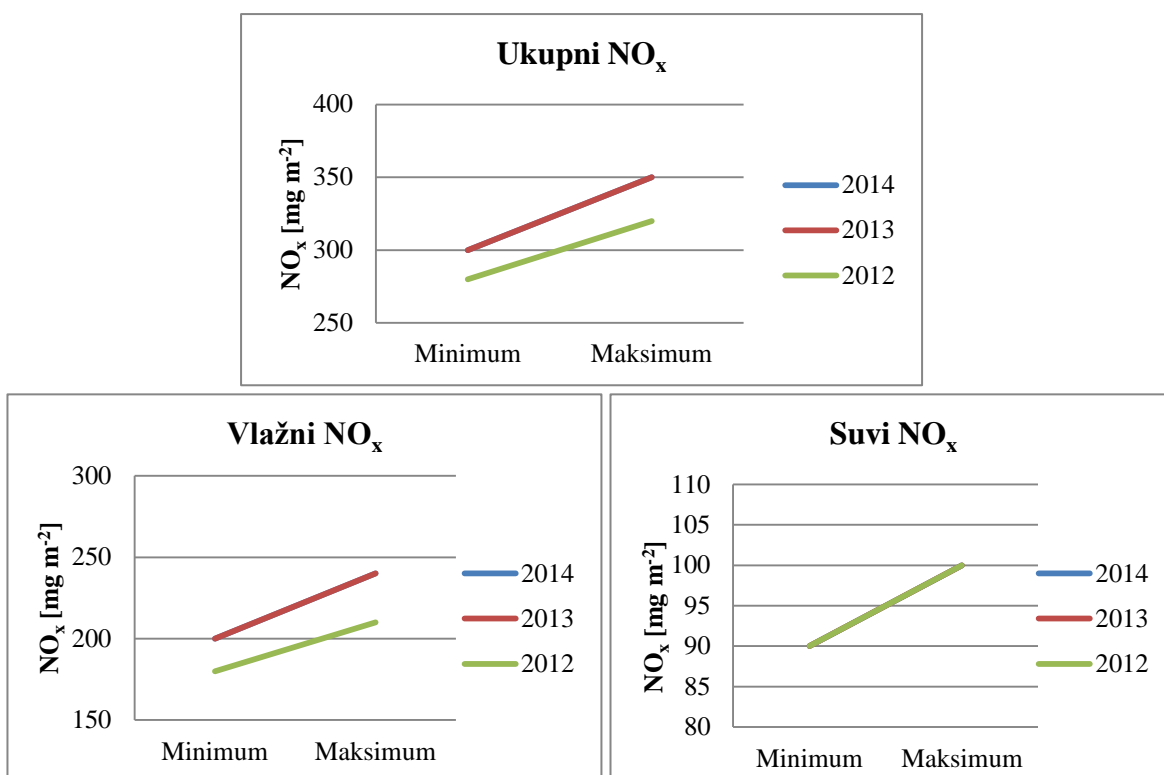


Grafik 3. Vrednost opsega NH_x i trend promena u toku 2012-2014. godine.

4.1.2. PIO „Dolina Pčinje“

U toku posmatranog perioda, ukupna količina oksidacionih formi azota (NO_x) kretala se u vazduhu od 280 do 350 mg m^{-2} (Graf. 4). Trend promena koncentracije NO_x u periodu 2012-2014. godine, pokazuje porast vrednosti, a koji se pre svega odražava na promenu njegove količine u padavinama (Graf. 4).

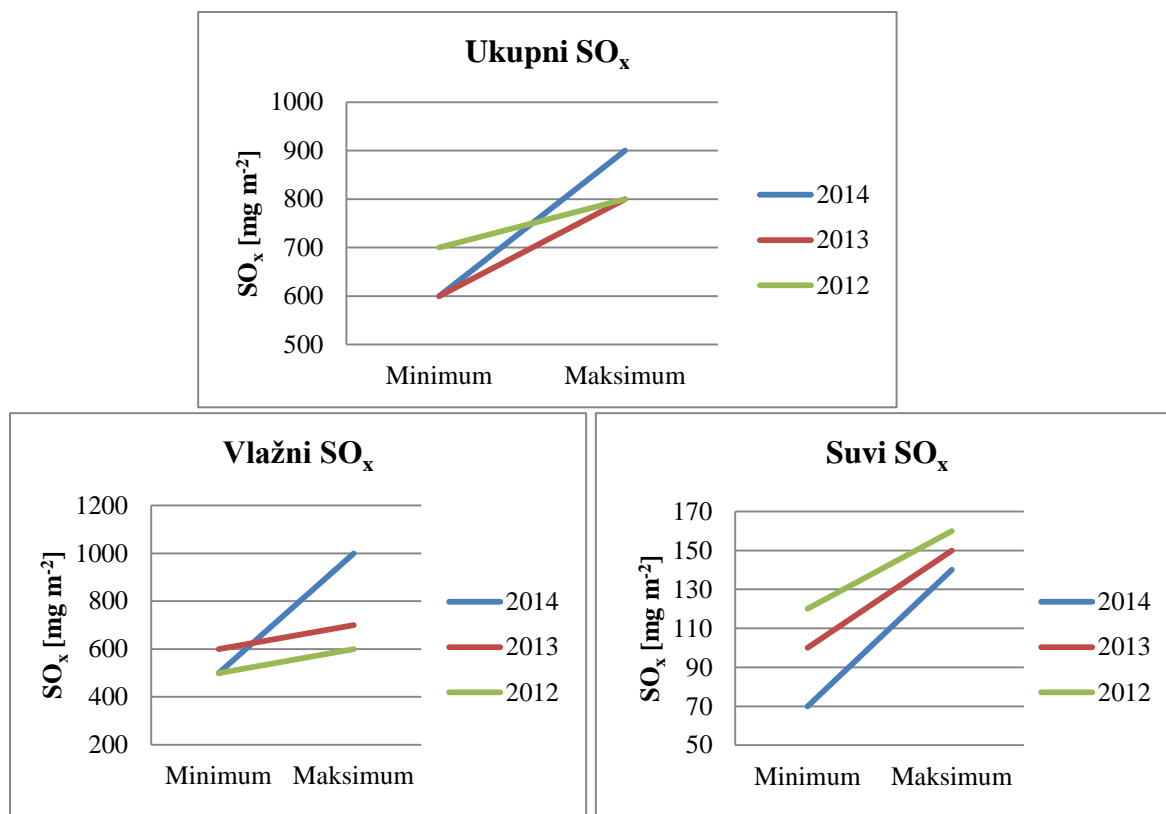
U toku 2013. i 2014. godine opseg depozicije azota putem padavina se nije menjao (200-240 mg m^{-2}), dok je u 2012. godini iznosio 180-210 mg m^{-2} , dok je suvom depozicijom koncentracija NO_x u toku analiziranog perioda iznosila od 90 do 100 mg m^{-2} .



Grafik 4. Vrednost opsega NO_x i trend promena u toku 2012-2014. godine.

Ukupna količina sumporovih oksida u vazduhu tokom ispitivanog perioda kretala se od 600 do 900 mg m^{-2} (Graf. 5). Što se tiče količine SO_x u padavinama, minimalne vrednosti zabeležene su tokom 2012. godine dok je u 2014. godini je zabeležen maksimum od 1000 mg m^{-2} , ali se uočava jasan trend povećanja količine. U 2014. godini u suvoj depoziciji zabeležena je najmanja vrednosti SO_x u odnosu na posmatrani period.

Detektovana ukupna količina SO_x istaloženog na površini zemlje pokazuje nepravilan trend promena, sa minimalnom vrednošću zabeleženom u 2012. i 2014. godini, dok je maksimalna zabeležena u 2014. godini.

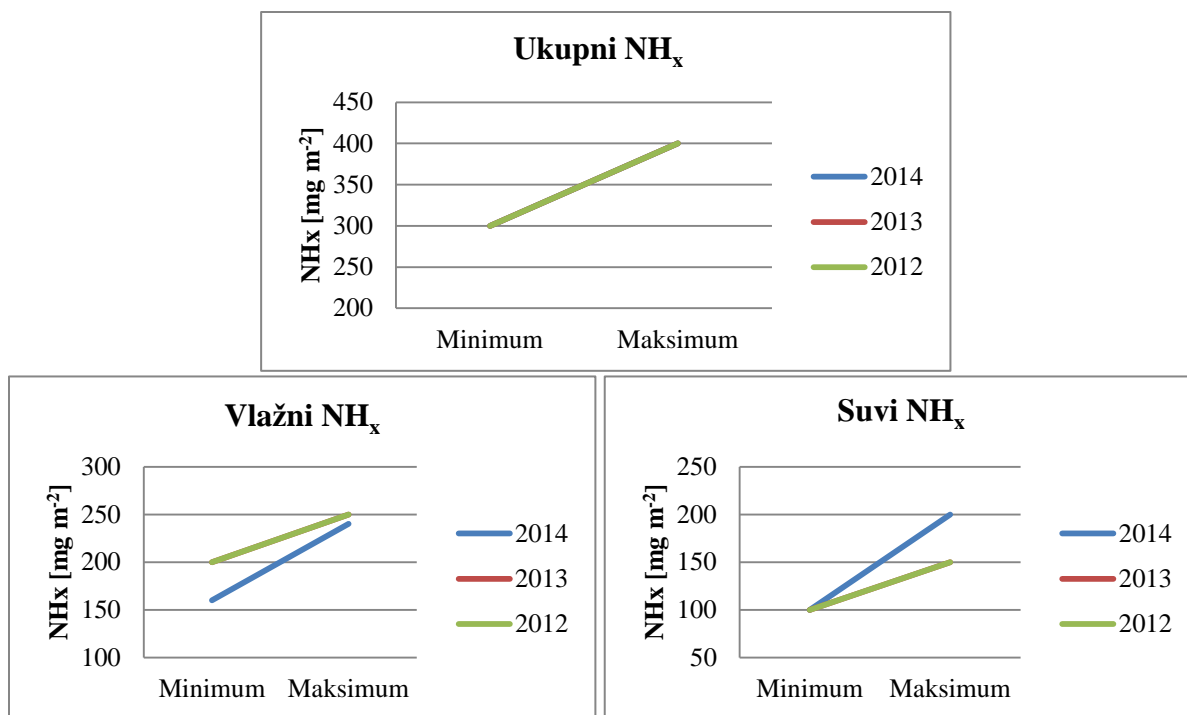


Grafik 5. Vrednost opsega SO_x i trend promena u toku 2012-2014. godine.

U analiziranom periodu ukupna količina NH_x nije se menjala, i iznosila je 300-400 mg m⁻² (Graf. 6). Zabeležena koncentracija u padavinama kretala se u intervalu od 160-250 mg m⁻², dok je suvom depozicijom zabeležena maksimalna vrednost u 2014. godini od 200 mg m⁻².

Rezultati analize depozicije redukcionih formi azota putem padavina u 2012. i 2013. godini bile su u opsegu od 200 - 250 mg m⁻², a u 2014. godini zabeležena je manja vrednost od 160 - 240 mg m⁻². Opseg koncentracija redukcionih formi azota u suvoj depoziciji pokazuje istu količinu od 100 - 150 mg m⁻² u 2012. i 2013. godini, dok je njegova maksimalno zabeležena koncentracija, od 200 mg m⁻² zabeležena u 2014. godini.

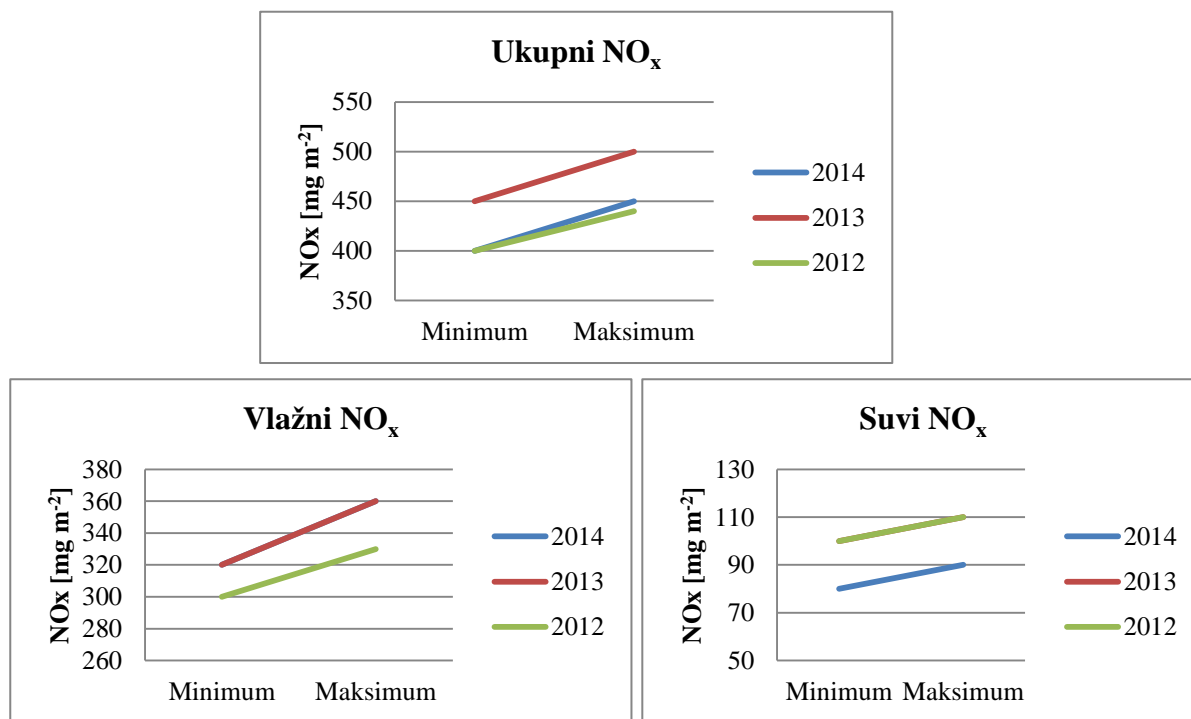
Trend promena količine NH_x zabeleženim suvom i vlažnom depozicijom, nije uticao na promenu trenda njegove ukupne količine na ovom području. Maksimalna koncentracija vlažnog azota zabeležena je u 2012. godini, a suvog u 2014. godini.



Grafik 6. Vrednost opsega NH_x i trend promena u toku 2012-2014. godine.

4.1.3. SP „Jovačka jezera“

Količina ukupnih oksidacionih oblika azota u vazduhu na području koji je geografski najbliži Jovačkim jezerima u toku analiziranog perioda bio je u opsegu od 400 do 500 mg m^{-2} , dok je maksimalna vrednost zabeležena u 2013. godini (Graf. 7). Količina oksidacionih formi azota u padavinama u toku 2013. i 2014. godine imala je istu vrednost. U 2012 i 2013. godini zabeležena je ista koncentracija ovih oblika u aerosolima, dok je u 2014. godine zabeleženo je opadanje koncentracije.



Grafik 7. Vrednost opsega NO_x i trend promena u toku 2012-2014. godine.

Vrednost opsega oksidacionih formi azota detektovanih vlažnom depozicijom u 2012. godini bila je 300 - 350 mg m^{-2} , dok je u naredne dve godine imala nešto višu vrednost od 320 do 360 mg m^{-2} . Što se tiče ovih formi u suvoj depoziciji u 2012. godini detektovana vrednost bila je u opsegu od 100 - 110 mg m^{-2} u 2012. i 2013. godini, dok je u 2014. bila niža u odnosu na predhodne dve godine i iznosila je 80 - 90 mg m^{-2} .

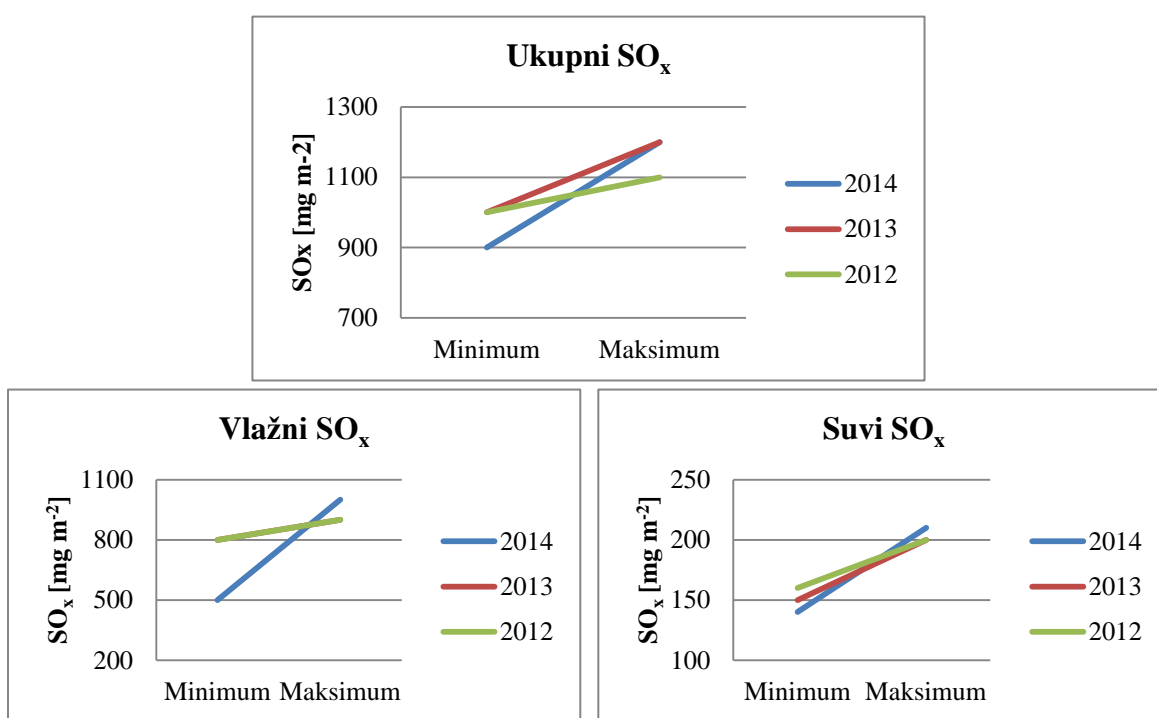
Poredeći vrednosti ukupnih oksidacionih oblika azota, kao i oksidacionih oblika azota detektovanih suvom depozicijom, u analiziranom periodu, uočava se smanjenje koncentracije ovog oksida u vazduhu. Međutim neslaganje postoji sa trendom promene koncentracija u padavinama, koje beleže više vrednosti.

Ukupna količina SO_x oksida u vazduhu u periodu od 2012. do 2014. godine, kretala se u granicama od 900 do 1200 mg m^{-2} , sa minimalnom i maksimalnom vrednošću detektovanoj u 2014. godini (Graf. 8). U 2013. godini ukupna količina sumporovih oksida bila je opsegu od

1000 do 1200 mg m⁻², dok je u 2014. godini detektovana minimalna vrednost od 900 mg m⁻², a gornja granica detekcije je bila ista kao i u predhodnoj godini, 1200 mg m⁻².

Detektovana vrednost sumpora putem vlažne depozicije u 2012. i 2013. godini bila je u opsegu od 800 - 900 mg m⁻², dok je u 2014. godini detektovana i minimalna i maksimalna granica ovih oksida u vazduhu od 500 do 1000 mg m⁻², respektivno. Što se tiče količine sumporovih oksida u vazduhu, detektovane suvom depozicijom u 2012. godini kretala se od 160 - 200 mg m⁻², u 2013. godini od 150 - 200 mg m⁻² dok su u 2014. godini bile detektovane i minimalna i maksimalna vrednost, u odnosu na predhodne dve godine, od 140 mg m⁻² do 210 mg m⁻².

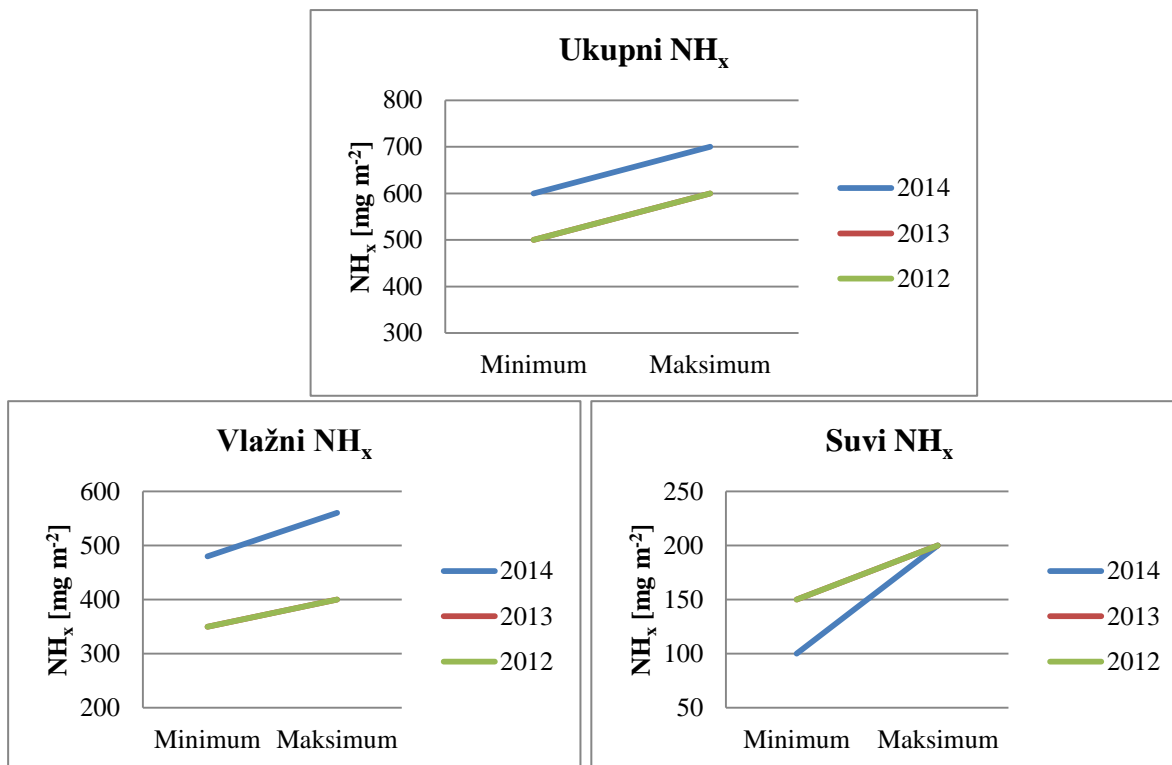
U analiziranom periodu uočava se nepravilan trend promena koji ukazuje na povećanje koncentracije ovog oksida u vazduhu. Takođe, u 2014. godini zabeležen je najširi opseg promena koncentracije u toku godine.



Grafik 8. Vrednost opsega NO_x i trend promena u toku 2012-2014. godine.

Ukupna vrednost redukcionih formi azota u vazduhu u periodu od 2012. do 2014. godine kretala se u intervalu od 500 do 700 mg m⁻² (Graf. 9). Količina NH_x u vazduhu, odnosno padavinama, u 2012. i 2013. godini bila je ista i kretala se u intervalu od 350 mg m⁻² do 400 mg m⁻², dok je u 2014. godini zabeležena povišena vrednost od 480 do 560 mg m⁻². Putem suve depozicije, detektovana je količina NH_x u vazduhu u 2012. i 2013. godini bila je u granicama od 150 - 200 mg m⁻², dok je u 2014. godini zabeležena donja granica od 100 mg m⁻², ali i ista vrednost gornje granice 200 mg m⁻².

Trend promena količine NH_x u vazduhu pokazuje porast, što može biti posledica intenziviranja stočarstva u ovom kraju.



Grafik 9. Vrednost opsega NH_x i trend promena u toku 2012-2014. godine.

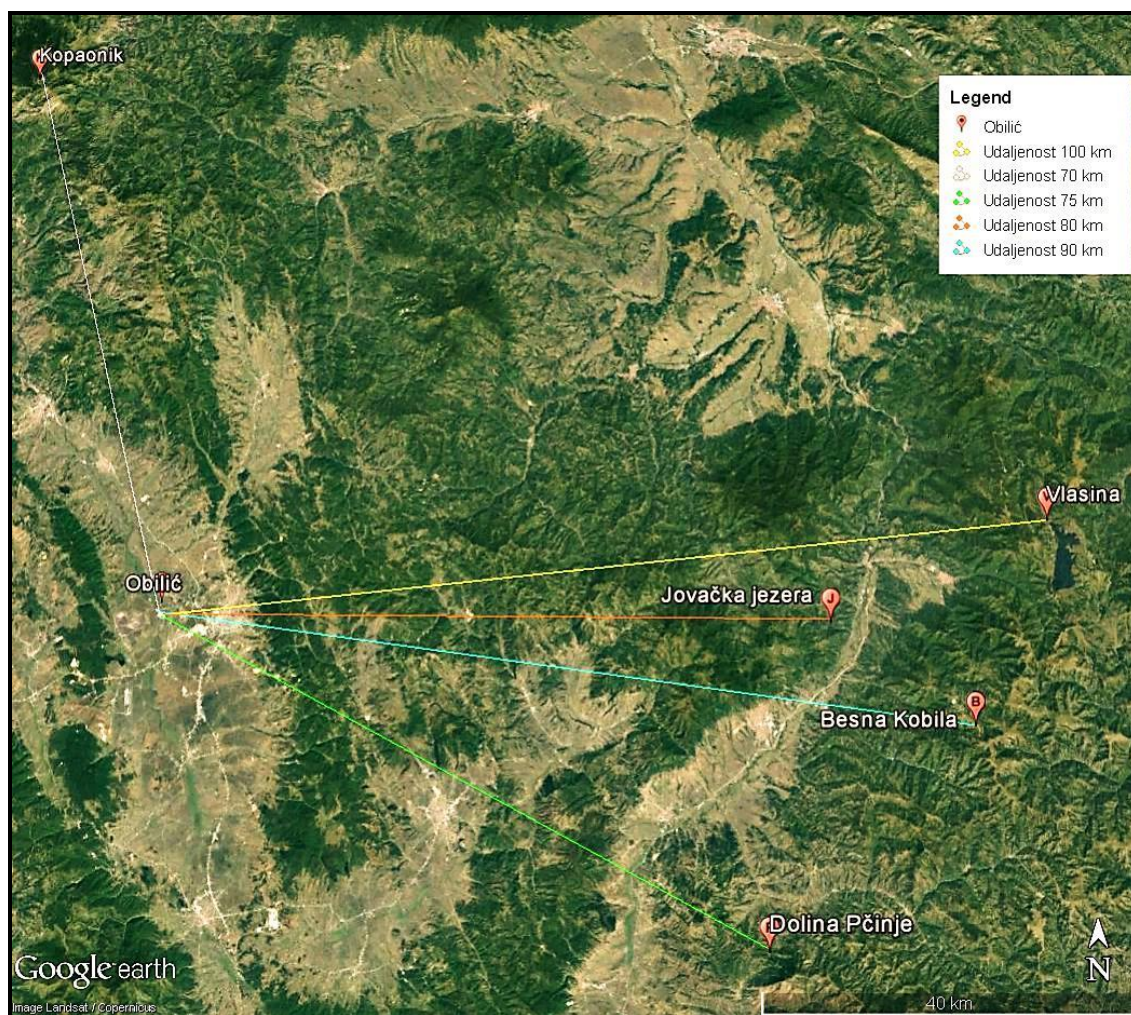
Identična odstupanja i trendovi promena količine zakašeljavajućih gasova u vazduhu zabeležena su je na teritoriji SP „Jovačka jezera“ i u PIO „Vlasina“.

4.1.3. Planina Besna kobilica

Rezultati za procenu kvaliteta vazduha na planini Besna kobilica koji su vezani za istoimenu bioindikatorsku tačku postoje samo za 2007. godinu. U 2007.godini, ukupna količina NO_x u vazduhu bila je u opsegu od 360-420 mg m⁻², dok je količina oksidacione forme azota detektovane vlažnom depozicijom bila od 100 do 120 mg m⁻², a suvom depozicijom 240-280 mg m⁻². U vazduhu je u toku iste godine, detektovana koncentracija ukupnih oksida sumpora bila u granicama od 1000 - 1200 mg m⁻², dok je koncentracija sumpora u vlažnoj depoziciji bila od 160 - 200 mg m⁻², a u suvoj depoziciji od 800 - 900 mg m⁻². Što se tiče ukupnih redukcionih formi azota u vazduhu, u 2007. godini bili su u koncentraciji od 300 - 400 mg m⁻², vlažnom depozicijom određena je koncentracija od 180 - 240 mg m⁻², a suvom od 100 - 150 mg m⁻².

4.1.4. Procena uticaja TE „Obilić“

Kao glavnog zagađivača koji ima uticaj na stanje životne sredine u PIO „Vlasina“ i SP „Jovačka jezera“ u Pčinjskom okrugu, SEPA u 2017. godini izdvojila je TE „Obilić“ na Kosovu i Metohiji. Ova prirodna dobra nalaze se istočno od TE „Obilić“. Slična udaljenost i geografska lokacija omogućuje upoređivanje uticaja TE na ova dva lokaliteta u Pčinjskom okrugu kao i sa NP „Kopaonik“, koji se nalazi 70 km severno (Sl. 35).



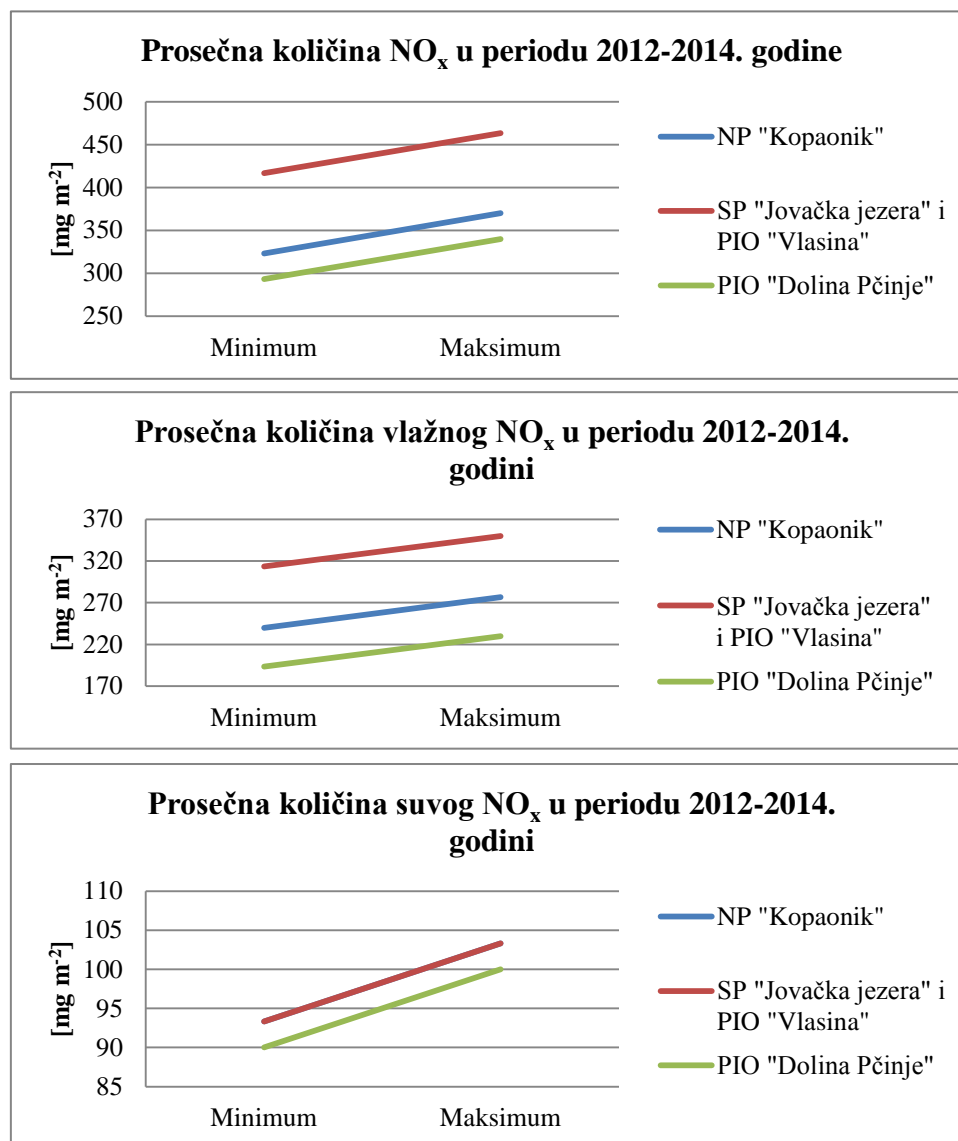
Slika 35. Mapa položaja TE „Obilić“ u odnosu na zaštićena područja u JI Srbiji.

U termoelektrani „Obilić“ za dobijanje energije koristi se lignit iz lokalnog basena, kalorijske vrednosti oko $7,500 \text{ kJ kg}^{-1}$. Prema procenama kapacitet termoelektrane „Obilić“ je 5,766 MW (Canak-Nedic et al., 1997; A. Popovic, Djordjevic, Relic, & Mihajlidi-Zelic, 2011). Glavni oblik zagađenja ovih elektrana uključuju produkte sagorevanja i to čvrstu depoziciju pepela ali i emisiju SO_2 , NO_x i CO_2 (Dobruna, 2009). Gotovo 70% produkata sagorevanja se skladišti, dok se preostalih 30% emituje u atmosferu kao pepeo ili ugarak (oko 1 milion tona godišnje) i kao prašina (78 000 tona godišnje, Dobruna, 2009). Ove vrednosti višestruko prevazilaze granice

definisane evropskim standardima. Na osnovu podataka predhodnih istraživanja autora Pietarila i Varjoranta (2005), u 2005. godini zabeležena je emisija pepela koja je za 400 - 500% prevazilazila maksimalne koncentracije propisane evropskim standardima (Zeneli, Daci, Pacarizi, & Daci-Ajvazi, 2011). Kao glavna pretnja po životnu sredinu ali i zdravlje ljudi izdvojena je prašina koja predstavlja produkt sagorevanja lignita. Negativan efekat po zdravlje ljudi potvrđuju studije sprovedene na području u blizini postrojenja autora (Zeneli et al., 2011). Sa druge strane, oslobođena količina CO₂ u toku godine, oko 5,5 miliona tona, doprinosi globalnom zagrevanju (Dobruna, 2009).

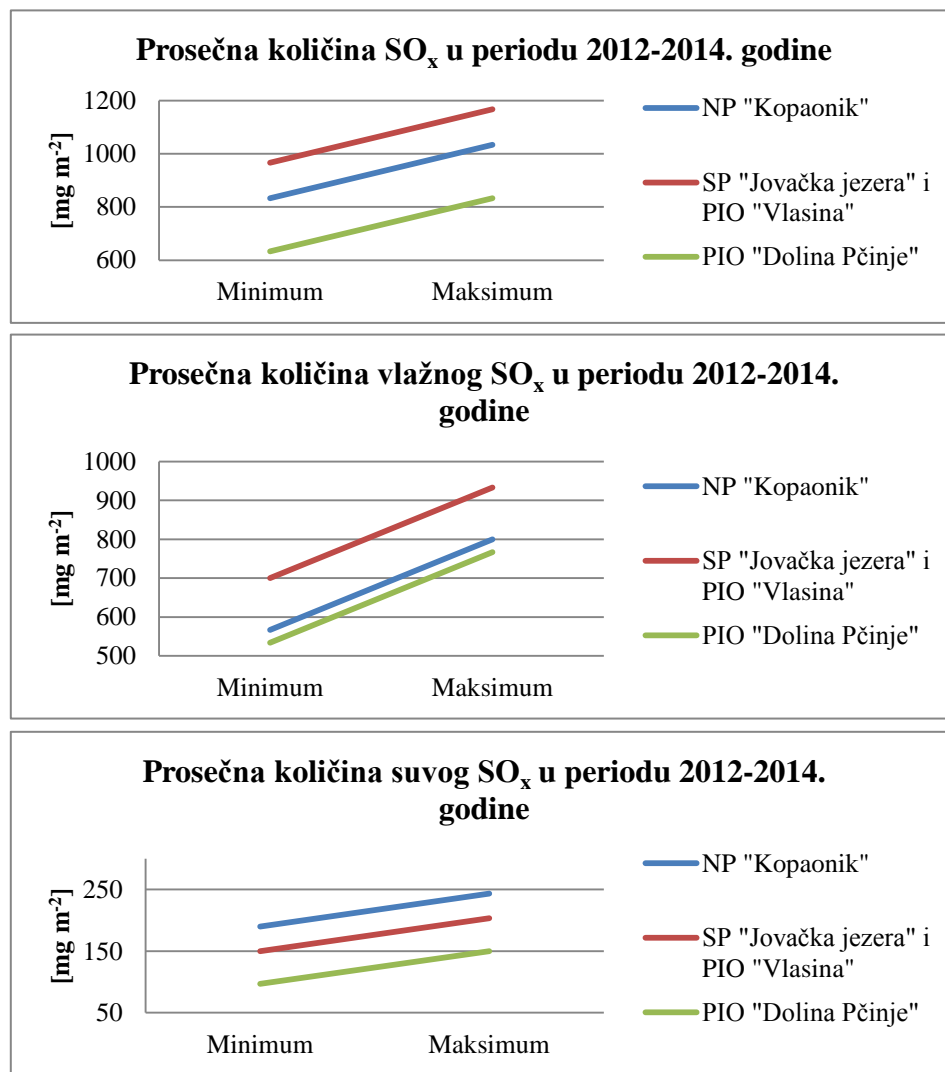
S obzirom na geografsku blizinu ovog područja Pčinjskom okrugu, analizirane su koncentracije SO₂, NO_x i NH_x na lokalitetima u blizini zaštićenih područja. Na osnovu podataka iz Tab. 9, za period od 2012. do 2014. godine, uočavaju se iste vrednosti aerozagađivača i na teritoriji PIO „Vlasina“ i u SP „Jovačka jezera“, dok su niže vrednosti detektovane na lokalitetu PIO „Dolina Pčinje“. Na graficima u nastavku predstavljene su prosečne vrednosti areozagađivača na ovim područjima. Međutim, Agencija za zaštitu životne sredine ne indentifikuje TE „Oblilić“ kao zagađivača na području PIO „Dolina Pčinje“, te su vrednosti parametara prikazane samo zbog vizuelnog poređenja koncentracija, ali je on izuzet iz komentara.

Kao što se na Graf. 10. može primetiti, prosečna vrednost ukupne količine oksidacione forme azota bila je veća na lokalitetima PIO „Vlasina“ i SP „Jovačka jezera“ u odnosu na NP „Kopaonik“. Međutim, zabeležena količina NO_x u padavinama je veća na lokalitetima u Pčinjskom okrugu, dok je suvom depozicijom detektovana identična vrednost na sva tri lokaliteta u Okrugu.



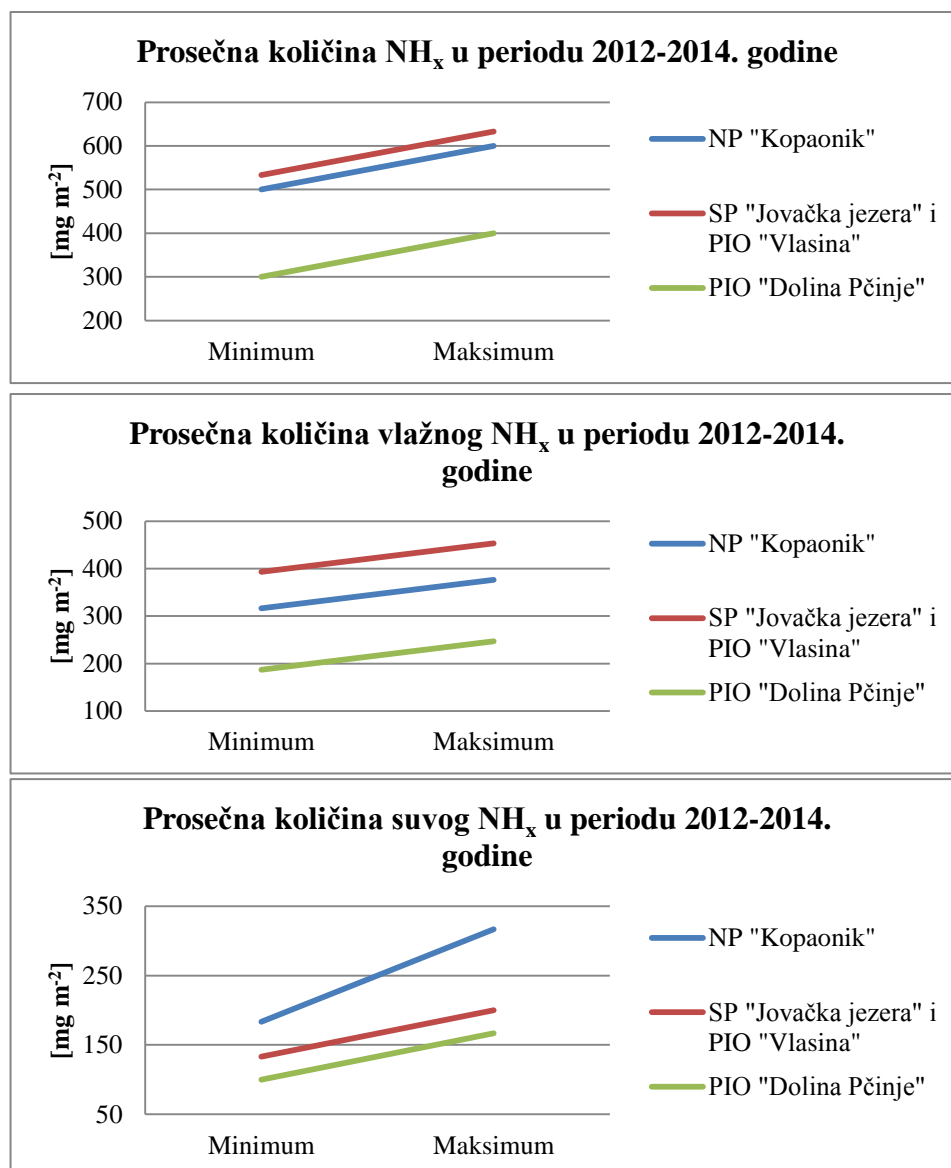
Grafik 10. Paralelni prikaz koncentracije oksidacione forme azota u zaštićenim područjima Pčinjskog okruga.

Rezultati merenja koncentracije SO_x u periodu od 2012-2014. godine pokazuju veće prosečne vrednosti ukupnih oksida sumpora u životnoj sredini PIO „Vlasina“ i SP „Jovačka jezera“ u odnosu na ostale lokalitete (Graf. 11). Takođe, zabeležena je i veća koncentracija ovih oksida u padavinama, dok je analizom SO_x u suvoj depoziciji zabeležena veća koncentracija na lokalitetu u NP „Kopaonik“.



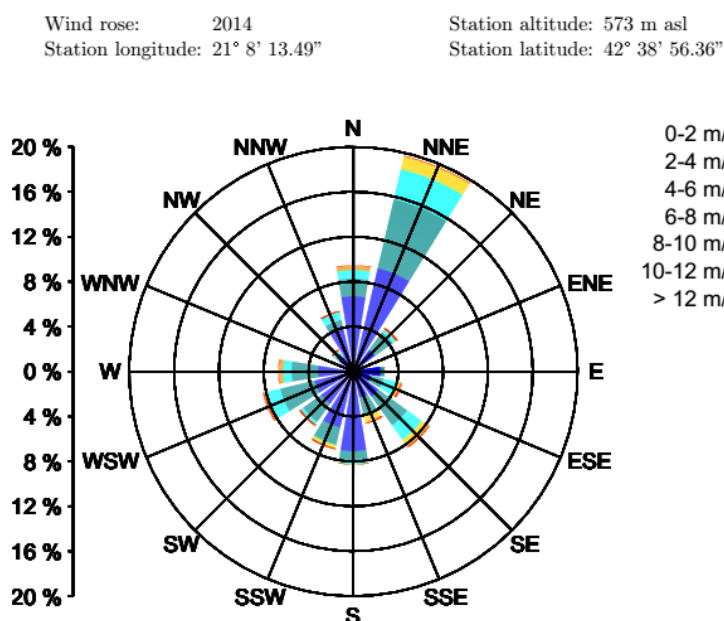
Grafik 11. Paralelni prikaz koncentracije sumporovih oksida u zaštićenim područjima Pčinjskog okruga.

Što se tiče koncentracije NH_x, zabeležena je veća koncentracija ukupne redukcionne forme azota u blizini PIO „Vlasina“ i SP „Jovačka jezera“, ali i koncentracije ovih jedinjenja u padavinama. Suvom depozicijom zabeležena je veća koncentracija NH_x u NP „Kopaonik“ (Graf. 12).



Grafik 12. Paralelni prikaz koncentracije redukcione forme azota u zaštićenim područjima Pčinjskog okruga.

Na osnovu analize dobijenih podataka o količini kiselih oksida u vazduhu Pčinjskog okruga, može se potvrditi da TE „Obilić“ ima intenzivniji uticaj na kvalitet vazduha u PIO „Vlasina“ i SP „Jovačka jezera“. Posmatrajući ružu vetrova za Prištinu (Sl. 36), kao geografski najbližu lokaciju TE, može se uočiti da na tom području dominira severoistočni vetar. Upravo pravac dominantnog vetra utiče i na distribuciju kiselih oksida u vazduhu, čiji se efekat detektuje preko promene koncentracije zakišeljavajućih gasova suvom depozicijom.



Slika 36. Ruža vetrova za Prištinu u 2014. godini (Hydrometeorological Yearbook 2014 of Kosovo, 2016).

Na osnovu podataka o dominantnom vetru na području TE „Obilić“, može se očekivati i različita distribucija kiselih oksida u NP „Kopaonik“ i u zaštićenim područjima Pčinjskog okruga. Veća, ali ista prosečna vrednost koncentracija oksidacionih formi azota u suvoj depoziciji u analiziranom periodu detektovana je na lokalitetima PIO „Vlasina“ i SP „Jovačka jezera“, dok je izmerena koncentracija ove forme suvom depozicijom bila veća u NP „Kopaonik“. U umerenom klimatskom pojasu, kako padavine dolaze sa zapada očekivano je da se povećana koncentracija kiselih oksida registruje i u padavinama na delovima teritorije Pčinjskog okruga severoistočno od TE.

Što se tiče redukcionih oblika azota, kao što je ranije pomenuto, njegova količina uglavnom je rezultat poljoprivredne i stočarske aktivnosti, po kojoj je kopaonički kraj i poznat. Takođe, ove aktivnosti su prisutne, ali u nešto manjem intenzitetu i u blizini područja PIO „Vlasina“ i SP „Jovačka jezera“.

4.2. Temperatura i temperaturne promene

U ovom delu analiziran je trend promena temperatura detektovanih na bioindikatorskim tačkama najbližih zaštićenim područjima za period 2012-2014. godina (Sl. 33) u odnosu na referentni period 1961-1990. godina. Takođe u analizu su uključene i letnje temperature u odnosu na referentni period. Rezultati analiza predstavljeni su u Tab. 10. i 11., a izvor podataka je Agencija za zaštitu životne sredine.

Na osnovu rezultata predstavljenih u Tab. 10, u analiziranom trogodišnjem periodu uočava se porast godišnje temperature u odnosu na referentni period 1961-1990. god. sa prosečnim odstupanjem od 3,59°C, dok je uočeno najveće odstupanje na svim lokacijama od 3,95°C zabeleženo u 2014. godini.

Prosečno odstupanje temperature u odnosu na period 1961-1990.godina na lokacijama u Pčinjskom okrugu, u 2014. godini na svim lokacijama bilo je u opsegu od 0-1°C. Rezultati ukazuju da je prosečna promena temperature u analiziranom trogodišnjem periodu na tačkama najbližim PIO „Vlasina“, PIO „Dolina Pčinje“ i SP „Jovačka jezera“ bila u opsegu od 0,83 – 1,67°C.

Na osnovu podataka prostorne raspodele godišnje temperature u analiziranom periodu koja je određena metodom percentila³⁴ u odnosu na period 1961-1990 godina primećuje se da su sva zaštićena dobra u Pčinjskom okrugu okarakterisana kao ekstremno topla.

Analiza odstupanja temperature u 2014. godini u odnosu na referentni period, koja je određena metodom percentila, na svim područjima uočavaju se manja odstupanja. Stoga, u 2014. godini područja su okarakterisana kao topla.

Odstupanje letnjih temperatura tj. srednjih mesečnih temperatura u junu, julu i avgustu (JJA) u periodu od 2012-2014. godine u odnosu na referentni, pokazuje trend smanjenja odstupanja (Tab. 11). U proseku odstupanje letnjih temperatura u odnosu na referentni period bilo je od 1,83 do 2,67°C na svim lokalitetima u Pčinjskom okrugu.

Takođe, zabeleženo je i smanjeno odstupanje broja letnjih dana u odnosu na referentni period u periodu od 2012. godine do 2014. godine. Ista odstupanja zabeležena su na bioindikatorskim tačkama u blizini PIO „Dolina Pčinje“ i SP „Jovačka jezera“, dok je u blizini PIO „Vlasine“ u 2014. godini zabeležen manji broj letnjih dana u odnosu na ostala područja.

Slična situacija je zabeležena i kada je u pitanju odstupanje broja tropskih dana u odnosu na period 1961-1990. U toku trogodišnjeg perioda, broj tropskih dana je opao u odnosu na referentni period.

³⁴ **n-** ti percentil neke veličine je ona vrednost posmatrane veličine ispod koje se nalazi n procenata podataka prethodno poređanih u rastući niz

Tabela 10. Promena temperature (°C) u periodu od 2012 do 2014. godine u odnosu na period 1960-1990 (SEPA, lična komunikacija 2017)

Zaštićeno područje	God.	Godišnje odstupanje temperature (1961-90)	Odstupanje temperature u odnosu na 1961-90 (Opseg, °C)	Prostorna raspodela temperature u odnosu na period 1961-90 (metod percentila, %)	Prostorna raspodela temperature u odnosu na period 1961-90 (metod percentila, opseg)	Odstupanje temperature u odnosu na period 1961-90 (metod percentila, %)	Odstupanje temperature u odnosu na period 1961-90 (metod percentila, opseg)
PIO „Vlasina“	2014	3,95	0 - 1	Ekstremno toplo	>98	Toplo	76-90
	2013	3,36	1,5 - 2	Ekstremno toplo	>98	Veoma toplo	91-98
	2012	3,46	1 - 2	Ekstremno toplo	>98	Ekstremno toplo	>98
PIO „Dolina Pčinje“	2014	3,95	0 - 1	Ekstremno toplo	>98	Toplo	76-90
	2013	3,36	1,5 - 2	Ekstremno toplo	>98	Veoma toplo	91-98
	2012	3,46	1 2	Ekstremno toplo	>98	Ekstremno toplo	>98
SP „Jovačka jezera“	2014	3,95	0 - 1	Ekstremno toplo	>98	Toplo	76-90
	2013	3,36	1,5 - 2	Ekstremno toplo	>98	Veoma toplo	91-98
	2012	3,46	1 2	Ekstremno toplo	>98	Ekstremno toplo	>98
Besna kobila	2007	3,90	/	/	/	/	/

Tabela 11. Promena temperature (°C) u periodu od 2012 do 2014. godine u odnosu na period 1960-1990 (SEPA, lična komunikacija 2017)

Zaštićeno područje	God.	Letnje JJA odstupanje temperature (u odnosu na period 1961-90, °C)	Odstupanje letnje temperature u odnosu na period 1961-90 (Opseg)	Odstupanje broja letnjih dana u odnosu na period 1961-90 (Opseg)	Odstupanje broja tropskih ³⁵ dana u odnosu na period 1961-90 (Opseg)
PIO „Vlasina“	2014	1,25	0 - 1	4 - 6	4 - 6
	2013	2,54	1,5 - 2	10 - 15	15 - 20
	2012	5,50	4 - 5	24 - 31	> 45
PIO „Dolina Pčinje“	2014	1,25	0 - 1	8 - 10	6 - 8
	2013	2,54	1,5 - 2	10 - 15	15 - 20
	2012	5,50	4 - 5	24 - 31	30 - 45
SP „Jovačka jezera“	2014	1,25	0 - 1	8 - 10	6 - 8
	2013	2,54	1,5 - 2	10 - 15	15 - 20
	2012	5,50	4 - 5	24 - 31	> 45
Besna kobilica	2007	4,29	3 - 4	/	/

³⁵ Tropski dan je po definiciji dan sa maksimalnom dnevnom temperaturom vazduha 30°C i više

4.3. Padavine

Analiza rezultata prikazanih u Tabeli 12 ukazuje na promenu količine padavina u Pčinjskom regionu u periodu od 2012. do 2014. godine. Takođe, u tabeli su prikazane i vrednosti odstupanja količine padavina u odnosu na referentni period 1961-1990. godina. Prema podacima RHMZ-a, 2014. godina je bila najkišovitija godina od 1951. godine u Srbiji (RHMZ Srbije, 2015).

Na teritoriji Pčinjskog okruga, u blizini zaštićenih područja PIO „Vlasina“, SP „Jovačka jezera“, u 2012. i 2013. godini zabeležena je ista količina padavina, dok je u blizini PIO „Dolina Pčinje“ zabeležena manja količina padavina u odnosu na predhodna dva lokaliteta. Na planini Besna kobila, kako podaci postoje samo za 2007. godinu, zabeležena je količina padavina od 900 - 1000 mm. Prema pomenutim karakteristikama prostornog rasporeda padavina u Srbiji, tereni na nižoj nadmorskoj visini (PIO „Dolina Pčinje“) u 2012. i 2013. godini primili su manju količinu padavina u odnosu na ostala područja. U 2014. godini, na svim lokalitetima količina padavina bila je ista od 1000 - 1100 mm. PIO „Dolina Pčinje“ u 2014. godini je primila skoro duplo više padavina u odnosu na predhodne godine. Iako postoji značajna visinska razlika između SP „Jovačka jezera“ i PIO „Vlasina“ odnosno Besne Kobile, zabeležena je ista količina padavina.

Godišnje odstupanje padavina u odnosu na referentni period 1961-1990. na sve tri ispitivane lokacije je bio istog reda veličine i to u 2012. godini -0,69, a u 2013. godini iznosi 0,03. U 2014. godini, na svim lokacijama zabeleženo je veće odstupanje u odnosu na prosek, 3,40.

Sve tri lokacije prema prostornoj raspodeli godišnje količine padavina, koja je određena metodom percentila, u 2012. i 2013. godini okarakterisane su kao područja sa normalnom količinom padavina, dok su u 2014. godini označene kao ekstremno kišne. U 2014. godini, gotovo cela teritorija Srbije bila je pogođena velikom količinom padavina i označena kao ekstremno kišna godina, osim područja Kikinde i Sremske Mitrovice (RHMZ Srbije, 2015).

Međutim, u odnosu na referentni period 1961-1990. godina, odstupanje godišnje količine padavina određene metodom percentila različito je za sve tri lokacije u trogodišnjem periodu. U blizini PIO „Vlasina“ odstupanje u odnosu na referentni period bilo je veoma malo i označeno kao veoma sušno, u 2013. godini odstupanje je bilo normalno, dok je u 2014. godini odstupanje količine padavina ukazivalo na kišno područje. Na lokaciji u blizini PIO „Dolina Pčinje“ u 2012. godini zabeleženo je veoma malo odstupanje u odnosu na referentni period, a područje je označeno kao ekstremno sušno, dok je u 2013. godini malo odstupanje (10 - 24%) okarakterisalo područje kao sušno. Međutim, količina padavina u 2014. godini u poređenju sa podacima za period 1961 - 1990. godina ukazuje na normalno odstupanje u količini padavina. U neposrednoj blizini SP „Jovačka jezera“ veoma malo odstupanje količine padavina u odnosu na referentni period definisalo je područje kao veoma sušno u 2012. godini. U 2013. godini na osnovu ovog odstupanja, područje je definisano kao sušno, dok je prema odstupanjima u 2014. godini, količina padavina u odnosu na referentni period, određena metodom percentila, bila normalna.

Tabela 12. Promena količine padavina (mm) u 2014. godini u odnosu na period 1960-1990 (SEPA, lična komunikacija 2017).

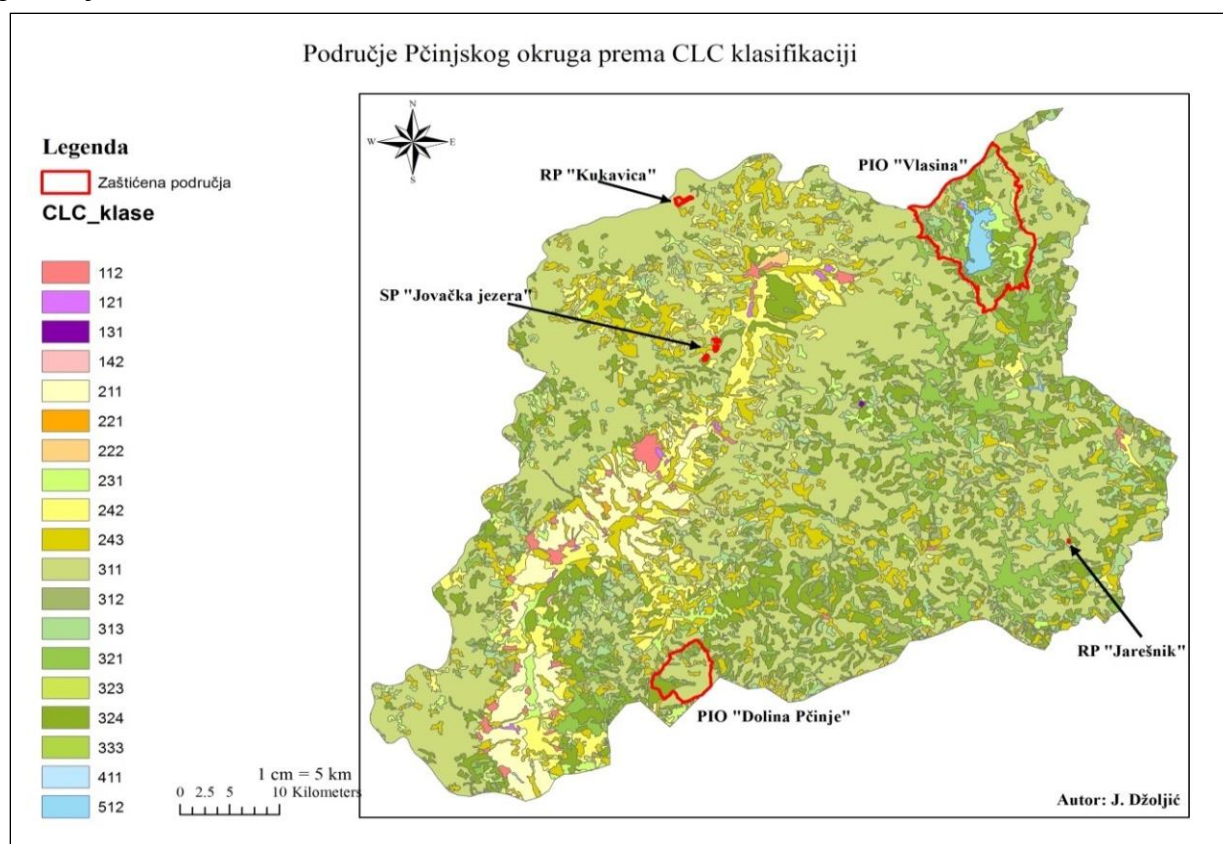
Zaštićeno područje	God.	Količina padavina (mm)	Godišnje odstupanje padavina (1961-1990)	Prostorna raspodela padavina (metod percentila, %)	Prostorna raspodela padavina (metod percentila, opseg)	Odstupanje količine padavina u odnosu na period 1961-1990 (metod percentila, %)	Odstupanje padavina u odnosu na period 1961-1990 (metod percentila, opseg)	Letnje JJA odstupanje padavina (1961-1990)
PIO „Vlasina“	2014	1000-1100	3.40	Ekstremno kišno	>98	Kišno	79 - 90	1.60
	2013	1000-1100	0.03	Normalno	24 - 75	Normalno	25 - 75	-1.65
	2012	1000-1100	-0.69	Normalno	25 - 75	Veoma sušno	2 - 9	-2.82
PIO „Dolina Pčinje“	2014	1000-1100	3.40	Ekstremno kišno	>98	Normalno	25 - 75	1.60
	2013	600-700	0.03	Normalno	24 - 75	Sušno	10 - 24	-1.65
	2012	600-700	-0.69	Normalno	25 - 75	Ekstremno sušno	<2	-2.82
SP „Jovačka jezera“	2014	1000-1100	3.40	Ekstremno kišno	>98	Normalno	25 - 75	1.60
	2013	1000-1100	0.03	Normalno	24 - 75	Sušno	10 - 24	-1.65
	2012	1000-1100	-0.69	Normalno	25 - 75	Veoma sušno	2 - 9	-2.82
Besna kobilica	2007	900-1000	0.92	/	/	/	/	-1.30

4.4. Karakteristike zemljišnog pokrivača

Zemljište predstavlja prirodni resurs koji treba da, pod konkurentskim pritiscima urbanizacije i izgradnje infrastrukture, zadovolji povećane potrebe za proizvodnjom hrane, vlakana i goriva, kao i pružanja ključnih ekosistemskih usluga. Pedološki podaci kojima SEPA raspolaže vezani su za bioindikatorske tačke koje se nalaze van teritorije analiziranih zaštićenih područja.

Planina Besna kobila je u postupku proglašenja za zaštićeno područje i na bioindikatorskoj tački br. 90, prema podacima iz 2007.godine, zemljište pripada distričnim leptoslolima, u kojima je dostupnost vode označena kao dovoljna. Humus nije detektovan (*izvor*: SEPA, lična komunikacija). Ovaj podatak se smatra validnim i danas, s obzirom na činjenicu da je proces pedogeneze ima veoma spor karakter. Dalja osmatranja zemljišta na ovoj bioindikatorskoj tački, predstavljena vrstom belog gloga (*Crataegus monogyna*), nisu vršena jer je stablo posećeno.

Uz konsultaciju eksperata iz SEPE, u radu su prikazane kategorije zemljišnog pokrivača zastupljenih na teritoriji Pčinjskog okruga, definisanih CLC metodologijom (Sl. 37). Uporedo sa analizom podataka CLC klasifikacije, s obzirom na to da postoje podaci za 1990., 2000., 2006. i 2012. godinu, analiziran je i trend promena namene korišćenja zemljišta u zaštićenim područjima.



Slika 37. Prikaz zemljišnog pokrivača u 2012. godini u Pčinjskom okrugu (*izvor podataka: EEA, 2017*).

4.4.1. Karakteristike zemljišnog pokrivača u zaštićenim područjima

Predeo izuzetnih odlika „Vlasina“

Prema podacima CLC metode iz 2012. godine, u okviru PIO „Vlasine“, pored diskontinuirane urbane površine (klasa 112) detektovane su područja šuma i delimično prirodnih područja. Od šuma prisutne su lišćarske (klasa 311), četinarske (klasa 312) i mešovite šume (klasa 313), žbunaste i zeljaste zajednice predstavljene žbunastom i visokoplaniskom žbunastom vegetacijom (do 1,5 m visine, klasa 321) i prelaznom žbunasto-šumskom vegetacijom (drveća manje od 30%, žbunja više od 25%, klasa 324). Od kategorija heterogenih poljoprivrednih područja detektovane su klase mešovitih malih parcela njiva, livada i bašti, (10-20 %, negde i do 50 % drveća i žbunja, klasa 242), zatim poljoprivredno zemljište sa značajnim udelom prirodne vegetacije (50 % drveća i žbunja, klasa 243) i klasa pašnjaka (231).

Predeo izuzetnih odlika „Dolina Pčinje“

Na teritoriji PIO „Dolina Pčinje“ u 2012. godini dominantne su klase šuma i delimično prirodnih površina, a najzastupljenija je klasa lišćarskih šuma (311), zatim žbunasta i visokoplaniska žbunasta vegetacija (do 1,5 m visine, klasa 321) i prelazna žbunasto-šumska vegetacija (drveća manje od 30%, žbunja više od 25%, klasa 324). Heterogene poljoprivredne površine predstavljene su klasama poljoprivrednog zemljišta sa značajnim udelom prirodne vegetacije (50 % drveća i žbunja, klasa 243), a takođe su prisutni i pašnjaci (klasa 231).

Ostala zaštićena područja u Pčinjskom regionu

Kao što se na Sl. 37 može videti, područje RP „Kukavica“ i „Jarešnik“ kao i SP „Jovačka jezera“ zastupljena su malim površinama kako bi bila urađena adekvatna klasifikacija. Prema podacima CORINE iz 2012. godine, na području RP „Kukavica“ zastupljene su lišćarske šume (klasa 311), kao što je ranije istaknuto šume mezijske bukve i veoma mali udeo čini poljoprivredno zemljište sa značajnim udelom prirodne vegetacije (50 % drveća i žbunja, klasa 243). U RP „Jarešnik“ zastupljene su mešovite šume (klasa 313) i prelazna žbunasto-šumska vegetacija (drveća manje od 30%, žbunja više od 25%, klasa 324). Dok cela teritorija SP „Jovačkih jezera“ pripada lišćarskim šumama (klasa 311), prelaznoj žbunasto-šumskoj vegetaciji (drveće manje od 30% i žbunje više od 25%, klasa 324) poljoprivredno zemljište sa značajnim udelom prirodne vegetacije (50% drveća i žbunja, klasa 243). Zbog male površine vodnih akumulacija, CLC metodologijom ista nisu mapirana.

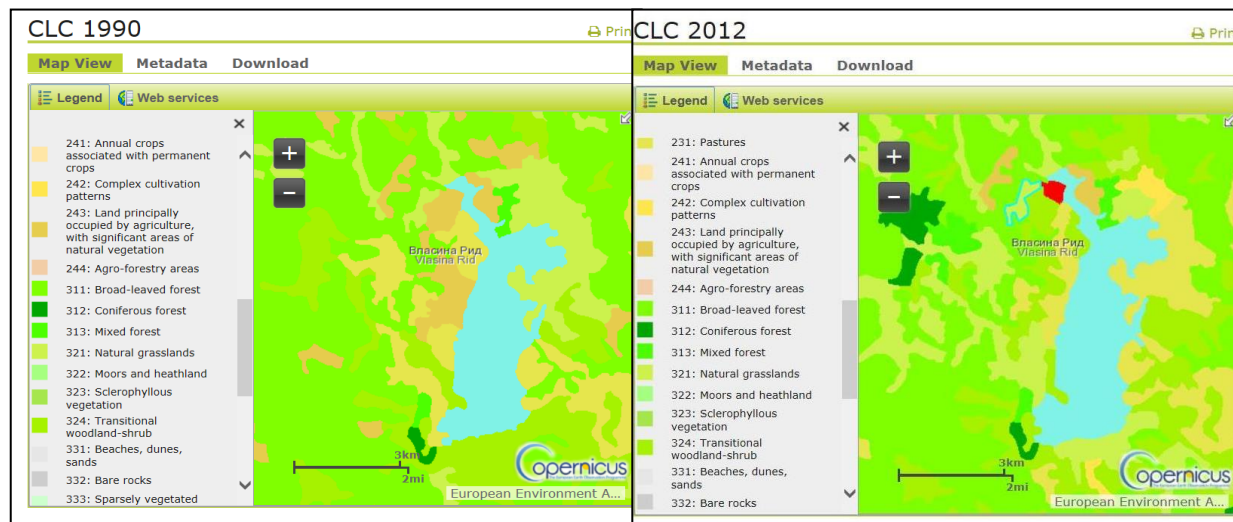
4.4.2. Trend promena zemljišnog og pokrivača

Analizom klasifikovanih područja CLC metodologijom, uočavaju se razlike u promeni zemljišnog pokrivača, nastalih prirodnom vegetacijskom sukcesijom. Izvor podataka korišćenih u ovoj analizi je baza podataka *Copernicus land monitoring service* (2017). Trend promena

područja ustanovljenim CLC metodologijom može se posmatrati samo za PIO „Vlasina“ i „Dolina Pčinje“, zbog njihove površine. Rezervati prirode „Kukavica“ i „Jarešnik“ obuhvataju šumske ekosisteme male površine, dok a SP „Jovačka jezera“, obuhvataja veoma male površine, koje CLC metoda ne prepoznaje.

Predeo izuzetnih odlika „Vlasina“

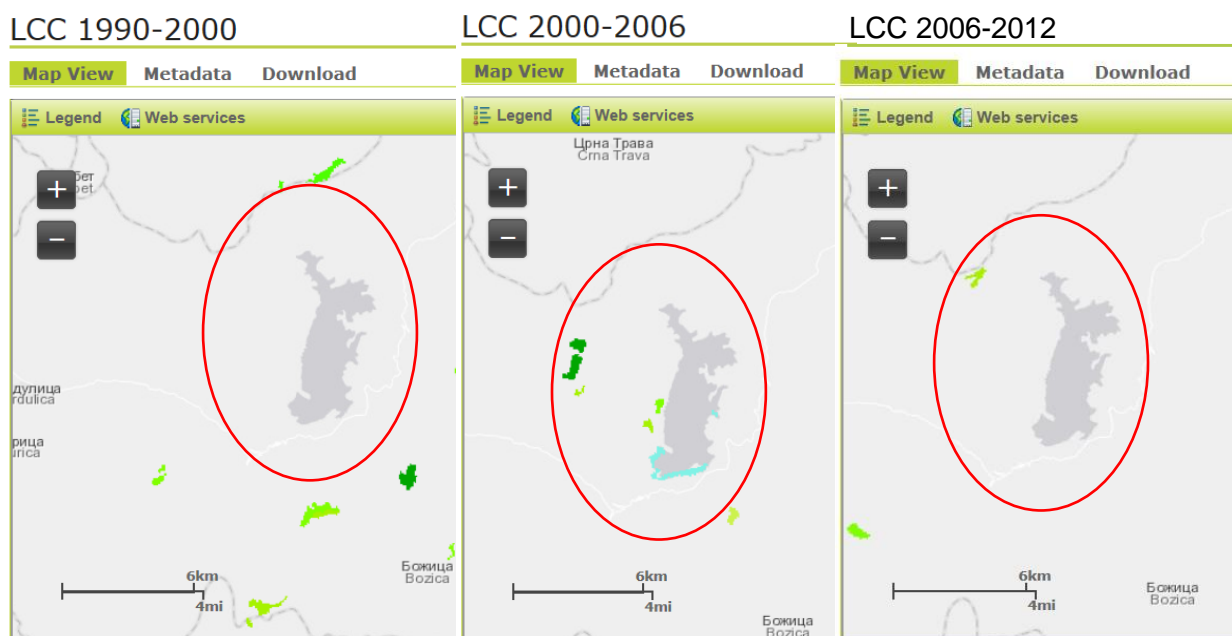
Poređenjem rezultata klasifikacije iz 1990. i 2012. godine, zabeležene su promene u zemljišnom pokrivaču na teritoriji PIO „Vlasina“ (Sl. 38).



Slika 38. Uporedni prikaz klasa CLC metodologije na području PIO „Vlasine“ u 1990 i 2012.godini.

Prirodnom sukcesijom vegetacije došlo je do povećanje površine četinarskih šuma na račun prelazne žbunasto-šumske kategorije, ali i drugih kategorija. Takođe, u odnosu na 1990. godinu u 2012. godini primećuje se i razvoj diskontinualnog urbanog područja (klasa 112). Mapiranje urbanog područja ukazuje na trend širenja vikend naselja na Vlasina ridu, skoncentrisanom na severnoj strani jezera. U narednom periodu treba očekivati povećanje ovakvih površina, s obzirom na razvoj predviđen Strategijom.

Promene u zemljišnom pokrivaču nastale u periodu od 1990 do 2000., zatim od 2000. do 2006., i od 2006. do 2012. godine prikazane su na Sl. 39.

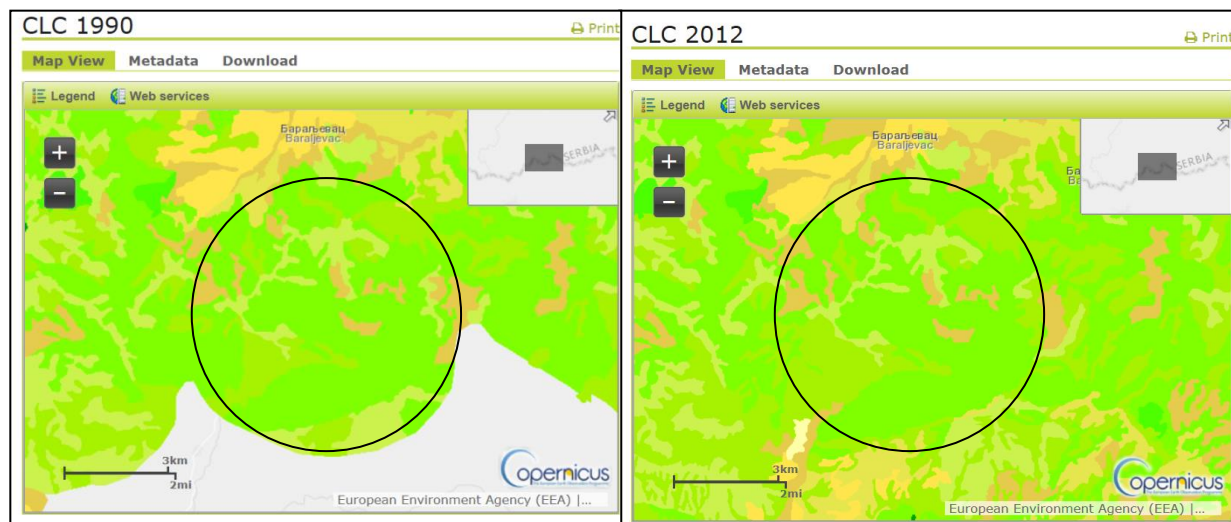


Slika 39. Promena zemljišnog pokrivaču u periodu od 1990 do 2012. godine.

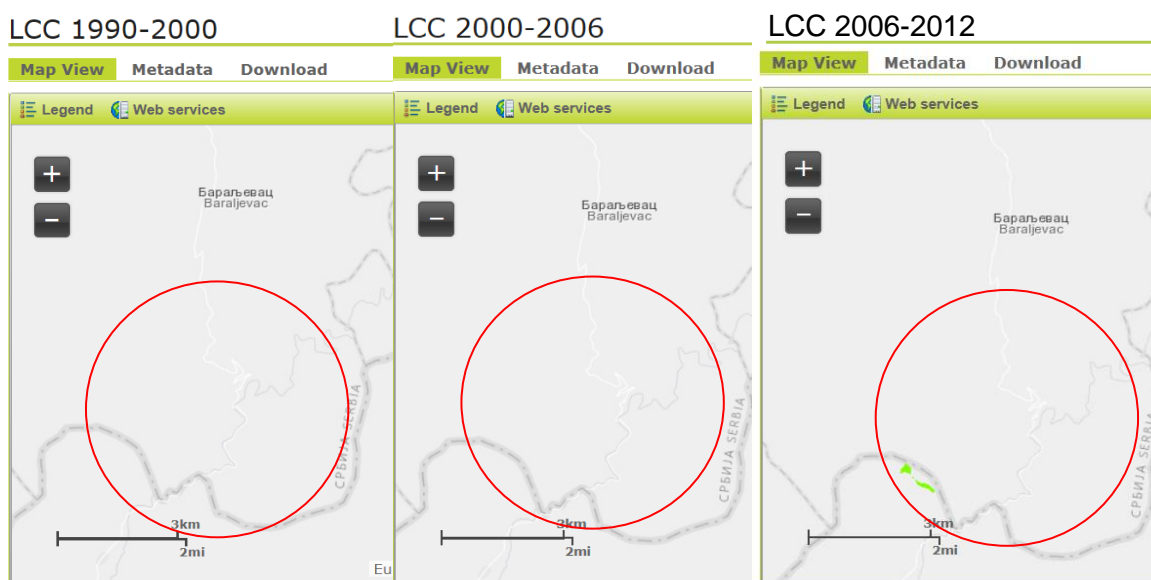
Promene u zemljišnom pokrivaču nisu registrovane u periodu 1990-2000. godina. U toku sledećeg posmatranog perioda, 2000-2006. godina, pored prirodne sukcesije vegetacije i promena u klasi šuma i poluprirodnih područja, zapaža se i širenje prostora pod vodom, na južnoj i istočnoj strani jezera (Sl. 39). Širenje površine jezera u vezi je sa povećanjem vodostaja. U toku narednog šestogodišnjeg perioda, zabeležene je minimalna promena u vegetacijskog pokrivača, koja je najverovatnije nastala zbog prirodne sukcesije.

Predeo izuzetnih odlika „Dolina Pčinje“

Prema CLC klasifikaciji zemljišnog pokrivača, u ovom zaštićenom području nije primećena promena u zemljišnom pokrivaču (Sl. 40). Vizuelno poređenje rezultata identifikuje povećanje klase prelazno šumsko-žbunaste vegetacije (kl. 324) u odnosu na klasu listopadnih šuma (kl. 311), što može biti posledica antropogenog pritiska ili promena u količini padavina. Šumski ekosistemi predstavljaju klimaks stadijum vegetacije u kojima su, na ovom području, promene minimalne (Sl. 41). Međutim, iako to na Sl. 41 ove promene nisu identifikovane to ne ukazuje na njihovo odsustvo, već da promene nisu dovoljno velikih razmera da bi bile detektovane CLC metodologijom.



Slika 40. Uporedni prikaz zemljišnog pokrivača, na području PIO „Dolina Pčinje“ u 1990 i 2012. godini.



Slika 41. Promena zemljišnog pokrivaču u periodu od 1990 do 2012. godine.

4.4.3. Indikatori biodiverziteta

Glavni pokazatelji stanja biološke raznovrsnosti određeni su za bioindikatorske tačke, odnosno vrste, koje su najbliže zaštićenim područjima. Zdravstveno stanje šuma prati se preko indikatora defolijacije, dekolorizacije i preko kombinovane procene oštećenja stabala u mreži monitoringa *ICP Forests*³⁶, koji obavlja nacionalni fokal centar sa praćenjem stanja šuma u Institutu za šumarstvo.

U Tab. 13. i 14. prikazani su rezultati procene indikatora na osnovu kojih je definisano zdravstveno stanje šumskih ekosistema - defolijacija, dekolorizacija, šteta od insekata, šteta od gljiva, šteta od abiotičkih agenasa, šteta od čoveka, šteta od lokalnog zagađenja, ostale štete u periodu od 2012. do 2014. godine.

Na osnovu njih na svim lokalitetima u 2012. godini nije zabeležena šteta od navedenih biotičkih i abiotičkih činilaca, dok je u 2013. godini zabeležena šteta od gljiva na vrsti *Quercus cerris* u blizini PIO „Dolina Pčinje“. Takođe u 2014. godini, nisu zabeležene posledice ni od insekata, ni od gljiva, abiotičkih agenasa, vatre ili lokalnog zagađenja, ali na bioindikatorskoj tački u blizini PIO „Dolina Pčinje“ identifikovana je šteta na vrsti *Quercus cerris*, međutim uzrok nije poznat.

U 2014. godini, na bioindikatorskim vrstama nisu zabeležene promene kolorizacije.

Tokom perioda 2012-2014. godina na bioindikatorskoj vrsti za teritoriju PIO „Dolina Pčinje“ zabeležena je defolijacija u sve tri godine, sa rastućim trendom, od slabe u 2012. do umerene u 2013. i 2014. godini. U blizini PIO „Vlasina“ samo u 2012. godini je zabeležena defolijacija od 5%, što se tretira kao njeno odsustvo, dok u narednim periodima nije bila zastupljena. Na bioindikatorskoj tački za SP „Jovačka jezera“ defolijacija nije zabeležena u toku analiziranog perioda. Na području Besne Kobile, u 2007. godini zabeležena je slaba defolijacija od 20%, ali primećena je i šteta od insekata. Treba napomenuti da je u 2012. i 2013. godini na celoj teritoriji Srbije uočen značajan porast defolijacije lišćarskih vrsta (SEPA, 2017³⁷), što ukazuje na neophodnost boljeg gazdovanja šumama i preciznijeg utvrđivanja uzroka defolijacije.

³⁶ *International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests (ICP Forests)* - Međunarodni kooperativni program procene i praćenja efekata aerozagađenja na šume

³⁷ SEPA, (2017). Dostupno na:

<http://indicator.sepa.gov.rs/pretrazivanje-indikatora/indikatorilat/allfind/9290563e316041e897ef53353af7a089>,
Pristupljeno 22/03/2017

Tabela 13. Indikatori biodiverziteta u Pčinjskom okrugu, u blizini zaštićenih područja

Zaštićena područja	God.	Tačka	Defolijacija (%)	Dekolorizacija (%)	Šteta od divljači	Šteta od insekata	Šteta od gljiva
PIO „Vlasina“	2014	87	0	0	0	0	0
	2013	87	0	0	0	0	0
	2012	87	5	0	0	0	0
PIO „Dolina Pčinje“	2014	98	20	0	0	0	0
	2013	98	20	0	0	0	1
	2012	98	15	0	0	0	0
SP „Jovačka jezera“	2014	97	0	0	0	0	0
	2013	97	0	0	0	0	0
	2012	97	0	0	0	0	0
Besna kobila	2007	90	20	0	0	1	0

Tabela 14. Indikatori biodiverziteta u Pčinjskom okrugu, u blizini zaštićenih područja

Zaštićena područja	God.	Tačka	Šteta od abiotičkih agenasa	Šteta od čoveka	Šteta od vatre	Šteta od lokalnog zagađenja	Ostale štete
PIO „Vlasina“	2014	87	0	0	0	0	1
	2013	87	0	0	0	0	0
	2012	87	0	0	0	0	0
PIO „Dolina Pčinje“	2014	98	0	0	0	0	0
	2013	98	0	0	0	0	0
	2012	98	0	0	0	0	0
SP „Jovačka jezera“	2014	97	0	0	0	0	0
	2013	97	0	0	0	0	0
	2012	97	0	0	0	0	0
Besna kobila	2007	90	0	0	0	0	0

4.5. Rezultati ispitivanja spektrometrije gama emitera

Rezultati ispitivanja specifične aktivnosti radionuklida u zemljištu, sedimentu i biljnim vrstama prikazani su u Tab. 15, a vode u Tab. 16, a u Prilogu 1 se mogu videti i lokacije na kojima je vršeno uzorkovanje. Rezultati merenja specifične aktivnosti radionuklida u biljnim vrstama izraženi su u Bq kg⁻¹ suve materije. MDA u tabelama i daljem tekstu se odnosi na minimalnu detekcionu specifičnu aktivnost.

Rezultati merenja specifične aktivnosti ⁷Be se odnose na dan uzorkovanja.

Rezultati određivanja parametara radijacionog hazarda dati su u Tab. 17. a transfer faktori zemljište-biljka u Tab. 18.

Tabela 15. Specifična aktivnost prirodnih i antropogenih radionuklida u uzorcima iz zaštićenih područja

Vrsta uzorka		²²⁶ Ra (Bq kg ⁻¹)	²³² Th (Bq kg ⁻¹)	⁴⁰ K (Bq kg ⁻¹)	²³⁸ U (Bq kg ⁻¹)	²³⁵ U (Bq kg ⁻¹)	¹³⁷ Cs (Bq kg ⁻¹)	²¹⁰ Pb (Bq kg ⁻¹)	⁷ Be (Bq kg ⁻¹)
PIO „Vlasina“	Planinska zemlja	19 ± 2	16 ± 1	300 ± 20	25 ± 6	1,2 ± 0,1	30 ± 2	37 ± 9	/
	Jezerški sediment	34 ± 3	36 ± 3	510 ± 30	50 ± 10	2,3 ± 0,2	1,0 ± 0,2	50 ± 20	/
	Četine smrče	4 ± 1	< MDA	80 ± 9	< MDA	< MDA	< MDA	< MDA	/
	Grančice smrče	< MDA	< MDA	110 ± 10	< MDA	< MDA	0,5 ± 0,2	130 ± 20	30 ± 10
	Nana (<i>Mentha longifolia</i> (L.) Huds)	< MDA	4 ± 1	480 ± 30	< MDA	< MDA	< MDA	< MDA	/
	Divizma (<i>Verbascum thapsus</i>)	12 ± 2	< MDA	950 ± 70	< MDA	< MDA	3,5 ± 0,9	200 ± 50	< MDA
	Kopriva (<i>Urtica dioica</i> L.)	1,5 ± 0,3	5,5 ± 0,7	470 ± 30	9 ± 3	0,40 ± 0,07	1,8 ± 0,2	37 ± 6	160 ± 10
	Kantarion (<i>Hypericum perforatum</i>)	< MDA	3,6 ± 0,8	320 ± 20	16 ± 3	< MDA	< MDA	60 ± 9	97 ± 12
	Hajdučka trava (<i>Achillea millefolium</i>)	< MDA	< MDA	450 ± 30	< MDA	< MDA	< MDA	37 ± 9	90 ± 20
	Borovnica (<i>Vaccinium myrtillus</i>)	< MDA	0,6 ± 0,2	16 ± 2	< MDA	< MDA	< MDA	2,7 ± 0,9	9,0 ± 2
PIO „Dolina Pčinje“	Zemljište	46 ± 3	46 ± 3	880 ± 60	30 ± 6	1,9 ± 0,2	160 ± 10	86 ± 7	/
	Cer (<i>Quercus cerris</i>)	< MDA	8,0 ± 2	690 ± 40	< MDA	< MDA	13 ± 1	380 ± 30	470 ± 50
	Kantarion (<i>Hypericum perforatum</i>)	< MDA	5,0 ± 1	240 ± 20	< MDA	< MDA	1,7 ± 0,3	13 ± 4	54 ± 9
	Divizma (<i>Verbascum thapsus</i>)	< MDA	11 ± 2	480 ± 30	< MDA	< MDA	0,9 ± 0,2	50 ± 10	290 ± 30
	Majčina dušica (<i>Thymus serpyllum</i>)	< MDA	< MDA	360 ± 20	< MDA	< MDA	2,9 ± 0,4	55 ± 11	190 ± 30
	Lišaj (<i>Evernia prunastri</i> (L.) Ach.)	13 ± 3	< MDA	140 ± 30	< MDA	< MDA	< MDA	250 ± 60	200 ± 50

NASTAVAK TAB. 15		^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K	^{238}U	^{235}U	^{137}Cs	^{210}Pb	^7Be
Vrsta uzorka		(Bq kg ⁻¹)	(Bq kg ⁻¹)	(Bq kg ⁻¹)	(Bq kg ⁻¹)	(Bq kg ⁻¹)	(Bq kg ⁻¹)	(Bq kg ⁻¹)	(Bq kg ⁻¹)
SP „Jovačka jezera“	Zemljište	64 ± 4	64 ± 4	670 ± 50	55 ± 8	2,5 ± 0,3	12 ± 1	54 ± 8	/
	Sediment iz Jovačkog jezera	29 ± 2	35 ± 3	490 ± 30	40 ± 10	2,1 ± 0,2	15 ± 1	80 ± 20	/
	Nana (<i>Mentha sp.</i>)	< MDA	2,3 ± 0,9	430 ± 30	< MDA	< MDA	0,4 ± 0,1	21 ± 5	90 ± 20
	Kopriva (<i>Urtica dioica</i>)	< MDA	9 ± 2	780 ± 50	< MDA	< MDA	0,8 ± 0,2	35 ± 8	210 ± 30
	Hajdučka trava (<i>Achillea millefolium</i>)	< MDA	2,1 ± 0,8	500 ± 30	< MDA	< MDA	< MDA	20 ± 5	80 ± 20
	Lišaj (<i>Evernia prunastri</i> (L.) Ach.)	16 ± 3	< MDA	110 ± 20	< MDA	< MDA	< MDA	310 ± 50	60 ± 10
Besna Kobila	Planinska zemljište	77 ± 5	54 ± 4	830 ± 50	140 ± 20	6,3 ± 0,4	23 ± 2	40 ± 10	/
	Četine smrče	< MDA	< MDA	230 ± 20	31 ± 7	1,1 ± 0,2	5,0 ± 0,7	70 ± 20	90 ± 20
	Grančice smrče	0,7 ± 0,1	1,1 ± 0,2	96 ± 6	< MDA	< MDA	19 ± 0,1	55 ± 4	84 ± 8
	Navala (<i>Dryopteris filix-mas</i> (L.) Schott)	< MDA	5,0 ± 2	770 ± 50	< MDA	< MDA	0,8 ± 0,2	< MDA	120 ± 20
	Kopriva (<i>Urtica dioica</i>)	< MDA	< MDA	630 ± 50	< MDA	< MDA	1,4 ± 0,4	42 ± 16	180 ± 30
	Divizma (<i>Verbascum thapsus</i>)	< MDA	4,0 ± 1	630 ± 40	< MDA	< MDA	0,6 ± 0,2	20 ± 8	310 ± 30
Majčina dučica (<i>Thymus serpyllus</i>)	< MDA	13 ± 12	480 ± 40	< MDA	< MDA	< MDA	110 ± 20	460 ± 50	
NP „Kopaonik“	Planinsko zemljište, lokalitet Suvo rudište	88 ± 6	111 ± 7	780 ± 50	93 ± 8	5,1 ± 0,4	9,8 ± 0,8	64 ± 7	/
	Planinsko zemljište, lokalitet Brzeće	30 ± 3	41 ± 3	650 ± 40	37 ± 5	1,8 ± 0,2	89 ± 5	52 ± 5	/
	Četine smrče	8,8 ± 0,9	4,5 ± 0,7	140 ± 10	< MDA	< MDA	6,9 ± 0,5	90 ± 10	3,0 ± 0,7

NASTAVAK TAB. 15		^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K	^{238}U	^{235}U	^{137}Cs	^{210}Pb	^7Be
Vrsta uzorka		(Bq kg ⁻¹)	(Bq kg ⁻¹)	(Bq kg ⁻¹)	(Bq kg ⁻¹)	(Bq kg ⁻¹)	(Bq kg ⁻¹)	(Bq kg ⁻¹)	(Bq kg ⁻¹)
PP „Rilski manastir“	Planinsko zemljište	29±2	35 ± 3	370 ± 25	30 ± 6	1,5 ± 0,2	49 ± 3	50 ± 10	/
	Grancice smrče	< MDA	< MDA	45 ± 6	< MDA	< MDA	< MDA	200 ± 10	/
	Četine smrče	2,2 ± 0,3	< MDA	220 ± 10	< MDA	< MDA	1,0 ± 0,2	82 ± 8	4,1 ± 0,9
	Opseg vrednosti MDA u različitim vrstama biljkama	< 0,3 - 5	< 0,5 - 6	-	< 1 - 50	< 0,05 - 2	< 0,05 - 2	< 9 - 12	< 0,5

Tabela 16. Specifična aktivnost radionuklida u uzorcima vode

Uzorci		^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K	^{238}U	^{235}U	^{137}Cs	^{210}Pb
		(mBq l ⁻¹)	(mBq l ⁻¹)	(mBq l ⁻¹)	(mBq l ⁻¹)	(mBq l ⁻¹)	(mBq l ⁻¹)	(mBq l ⁻¹)
1	Izvorska voda iz PIO „Vlasina“	< MDA	< MDA	< MDA	< MDA	< MDA	< MDA	< MDA
2	Izvorska voda sa izvora „Prohor Pčinjski“, PIO „Dolina Pčinje“	< MDA	30 ± 7	110 ± 20	< MDA	< MDA	< MDA	< MDA
3	Izvorska voda sa izvora „Vetrena vodenica“, Besna Kobila	< MDA	< MDA	< MDA	< MDA	< MDA	< MDA	< MDA
4	Voda iz Jovačkog jezera SP „Jovačja jezera“	< MDA	< MDA	320 ± 40	< MDA	< MDA	< MDA	< MDA
5	Izvorska voda iz Rilskog manastira	12 ± 2	< MDA	70 ± 10	60 ± 10	2,5 ± 0,5	< MDA	< MDA
6	Izvorska voda sa izvora „Marine vode“, NP Kopaonik „Suvo rudište“	46 ± 6	< MDA	< MDA	< MDA	< MDA	< MDA	< MDA
Opseg vrednosti MDA		< 20 – 30	< 3 – 10	< 30 – 70	< 30 – 70	< 2 – 4	< 0,5 – 4	< 20 – 70

Tabela 17. Rezultati određivanja parametara radijacionog hazarda na različitim lokacijama

Lokaliteti	Nadmorska visina (m)	Ra_{eq} (Bq kg ⁻¹)	\dot{D} (nGy h ⁻¹)	D_E (mSv)	H_{ex}
PIO „Vlasina“	1 242	42	31	0,04	0,19
PIO „Dolina Pčinje“	491	114	86	0,11	0,44
SP „Jovačka jezera“	421	120	96	0,12	0,53
Besna Kobila	1 436	143	103	0,13	0,76
NP „Rilski manastir“	1 164	60	50	0,06	0,29
NP „Kopaonik“, lok. Suvo rudište	1 743	158	140	0,17	0,84
NP „Kopaonik“, lok. Brzeće	1 090	81	66	0,08	0,39

Tabela 18. Transfer faktor radionuklida u uzorcima biljaka sa istraživanih lokaliteta

	Vrsta uzoraka	TF- ²²⁶ Ra	TF- ²³² Th	TF- ⁴⁰ K	TF- ²³⁸ U	TF- ²³⁵ U	TF- ¹³⁷ Cs	TF- ²¹⁰ Pb
PIO „Vlasina“	Četine smrče (<i>Picea abies</i>)	0,21	-	0,27	-	-	-	-
	Grančice smrče (<i>Picea abies</i>)	-	-	0,37	-	-	0,02	3,51
	Nana (<i>Mentha longifolia</i>)	-	0,25	1,60	-	-	-	-
	Divizma (<i>Verbascum thapsus</i>)	0,63		3,17	-	-	0,12	5,41
	Kopriva (<i>Urtica dioica</i>)	0,08	0,34	1,57	0,36	0,33	0,06	1,00
	Kantarion (<i>Hypericum perforatum</i>)	-	0,23	1,07	0,64	-	-	1,62
	Hajdučka trava (<i>Achillea millefolium</i>)	-	-	1,50	-	-	-	1,00
	Borovnica (<i>Vaccinium myrtillus</i>)	-	0,04	0,05	-	-	-	0,07
PIO „Dolina Pčinje“	Cer (<i>Quercus cerris</i>)	-	0,17	0,78	-	-	0,08	4,42
	Divizma (<i>Verbascum thapsus</i>)	-	0,24	0,55	-	-	0,01	0,58
	Kantarion (<i>Hypericum perforatum</i>)	-	0,11	0,27	-	-	0,01	0,15
	Majčina dušica (<i>Thymus serpyllum</i>)	-	-	0,41	-	-	0,02	0,64
SP „Jovačka jezera“	Hajdučka trava (<i>Achillea millefolium</i>)	-	0,03	0,75	-	-	-	0,37
	Nana (<i>Mentha sp.</i>)	-	0,04	0,64	-	-	0,03	0,39
	Kopriva (<i>Urtica dioica</i>)	-	0,14	1,16	-	-	0,07	0,65

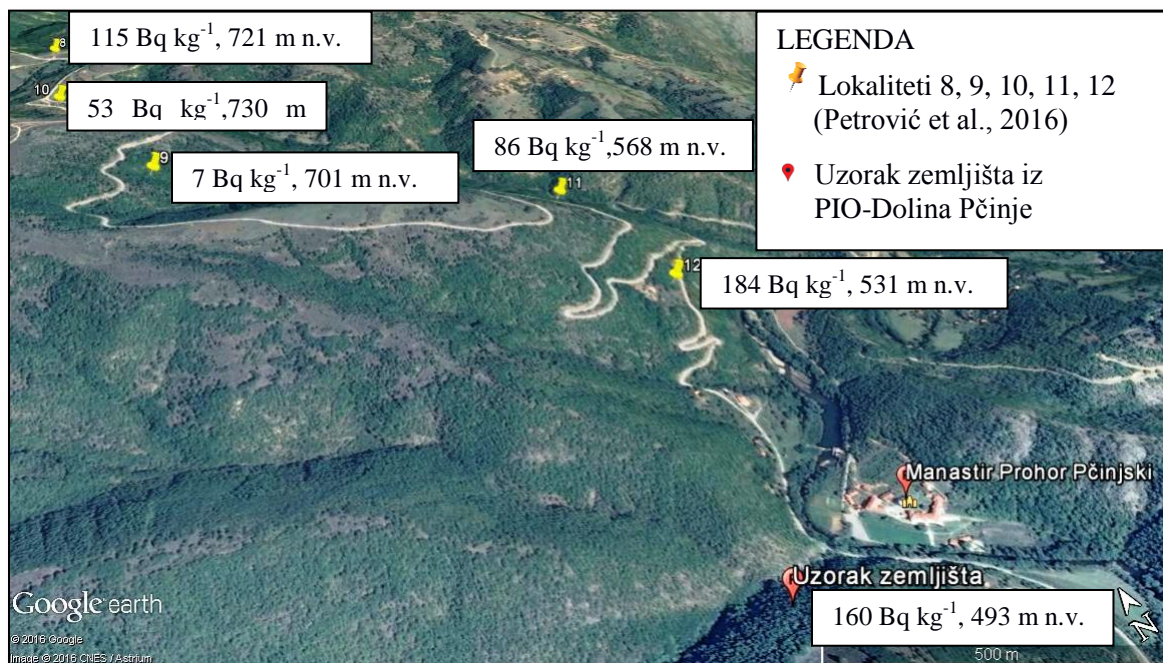
NASTAVAK TAB. 18.		TF- ²²⁶ Ra	TF- ²³² Th	TF- ⁴⁰ K	TF- ²³⁸ U	TF- ²³⁵ U	TF- ¹³⁷ Cs	TF- ²¹⁰ Pb
Vrsta uzoraka								
Besna Kobila	Četine smrče	-	-	0,28	0,22	0,17	0,22	1,75
	Grančice smrče	0,01	0,02	0,12	-	-	0,08	1,38
	Navala (<i>Dryopteris filix-mas (L.) Schott</i>)	-	0,09	0,93	-	-	0,03	-
	Kopriva (<i>Urtica dioica</i>)	-		0,76	-	-	0,06	1,05
	Divizma (<i>Verbascum thapsus</i>)	-	0,07	0,76	-	-	0,03	0,53
	Majčina dušica (<i>Thymus serpyllus</i>)	-	0,24	0,58	-	-	-	2,75
NP „Kopaonik“	Četine smrče sa lokaliteta „Suvo rudište“	0,10	0,041	0,18	-	-	0,70	1,42
PP „Rilski Manastir“	Grančice smrče	-	-	0,12	-	-	-	4,08
	Četine smrče	0,08	-	0,60	-	-	0,02	1,67

4.5.1. Uzorci zemljišta

Detektovane vrednosti specifičnih aktivnosti radionuklida u zemljištu iz PIO „Vlasine“ karakteristične su za teren izgrađen od albih-hlorit-muskovitnih škriljaca (Petrović et al. 1966, Petrović, Dimitrijević & Karamata, 1973). Vrednosti pokazuju manju vrednost od prosečne specifične aktivnosti radionuklida u zemljištu Južne Srbije na lokalitetima gde je korišćena municija sa DU koja je ustanovljena od strane autora Sarap et al. (2014). Takođe, specifične aktivnosti na ovom lokalitetu niže su od vrednosti aktivnosti istih radionuklida zabeleženih na teritoriji Južne Srbije na lokalitetu Borovac u Pčinjskom okrugu od strane autora D. Popović et al. (2008). Detektovana specifična aktivnost ^{137}Cs od 30 Bq kg^{-1} , sličnih je vrednosti sa dobijenim vrednostima predhodno pomenutih autora na lokalitetu u blizini mesta koje je bilo izloženo DU (29 Bq kg^{-1}) dok je drugi lokalitet, bliži Bujanovcu, imao veću vrednost (99 Bq kg^{-1}).

Specifična aktivnost prirodnih radionuklida na teritorije PIO „Dolina Pčinje“ odgovara geološkim karakteristikama terena koja je predstavljena migmatitima (Karajovanović & Siljan, 1972, 1976). Takođe, specifična aktivnost radionuklida sa ovog područja manja je od prosečnih vrednosti aktivnosti radionuklida u zemljištu Južne Srbije na lokalitetima gde je korišćena municija sa DU (Sarap et al., 2014), osim za ^{226}Ra čija je aktivnosti slična, dok ^{40}K ima nešto veću vrednost. Primećena je takođe i manja vrednost specifične aktivnosti prirodnih radionuklida iz ovog istraživanja u odnosu na specifičnu aktivnost radionuklida u zemljištu geografski bliskog područja, Borovca, i to lokaliteta koji je bio izložen municiji sa DU (D. Popović et al., 2008). Lokalitet bliži Bujanovcu, uglavnom ima manje ili slične vrednosti specifičnih aktivnosti radionuklida (^{235}U i ^{238}U) iz PIO „Dolina Pčinje“, dok su vrednosti ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K i ^{210}Pb veće, ali karakteristične za zemljište i geološku osnovu terena predstavljenu metamorfnim stenama.

Međutim, detektovana vrednost ^{137}Cs (160 Bq kg^{-1}) u PIO „Dolina Pčinje“ višestruko je veća od predhodno dobijenih vrednosti za lokalitete u Pčinjskom okrugu od 29 Bq kg^{-1} i 33 Bq kg^{-1} na oko 400 m n.v. i 538 m n.v., prikazanih od strane D. Popović et al. (2008). Takođe, ova vrednost znatno je veća od prosečne specifične aktivnosti od 61 Bq kg^{-1} , koju su zabeležili Petrović et al. (2016), dok isti autori beleže različitu distribuciju specifične aktivnosti ^{137}Cs (od 2 do 184 Bq kg^{-1}) u slivu reke Pčinje. Sa područja prikazanog na Sl. 42 samo dva lokaliteta (11 i 12) pripadaju PIO „Dolina Pčinje“ (Petrović et al., 2016), dok ostali pripadaju slivnom području reke Pčinje. Rezultati istraživanja predhodno pomenutih autora pokazuju najveću specifičnu aktivnost ^{137}Cs od 184 Bq kg^{-1} na lokalitetu koji je najbliži reci (lok. 12) i ujedno geografski najbliži lokalitetu obuhvaćenim ovim istraživanjem (Sl. 42). Ovakva distribucija ^{137}Cs može biti posledica zemljišne erozije (Petrović et al., 2016), jer dolina reke Pčinje predstavlja jedno od mesta sa naglašenim stepenom erozije.



Slika 42. Lokalizacije uzoraka zemljišta i specifične aktivnosti ^{137}Cs u slivnom području reke Pčinje.

Rezultati ispitivanja specifične aktivnosti radionuklida K na području SP „Jovačka jezera“ pokazuju malo drugačije vrednosti, koje mogu biti posledica i poljoprivredne delatnosti i primene đubriva sa K, kao i rezultat specifičnog način postanka terena tj. promene terena. Na osnovu geoloških podataka, osnova terena izgrađena je od sedimentnih stena, vulkanomiktnih konglomerata i tufova (Babović, M. & Cvetković, D., 1976, Babović et al., 1977). Međutim, uzorci su uzeti nakon stabilizacije klizišta, tako da se ne može sa sigurnošću tvrditi da sadržaj radionuklida odgovara pomenutom tipu sedimentnih stena. Poređenjem specifične aktivnosti radionuklida pomenutog područja sa prosečnim vrednostima aktivnosti radionuklida u Južnoj Srbiji autora Sarap et al. (2014) uočavaju se slične vrednosti za sve, istraživanjem obuhvaćene prirodne radionuklide koji su karakteristični za zemljište. Specifične aktivnosti svih radionuklida su manje ili slične sa specifičnim aktivnostima radionuklida na lokalitetu u Borovcu (D. Popović et al., 2008). U poređenju sa drugim lokalitetom iz istog istraživanja, bližeg Bujanovcu, uočene su veće ili slične vrednosti (^{232}Th i ^{210}Pb). Specifična aktivnost ^{137}Cs je manja u odnosu na detektovanu aktivnost na oba lokaliteta autora D. Popović et al. (2008).

Na lokaciji Besna kobila vrednosti specifične aktivnosti radionuklida slične su vrednostima detektovanim na Borovcu (D. Popović et al., 2008). S obzirom na to da je geološka osnova lokaliteta Borovca i Bujanovca predstavljena leukogranitima i to granitoidima (Terzin et al., 1975) dok granitoidi Surdulice (Babović, M. & Cvetković, D., 1976, Babović et al., 1977) predstavljaju teren Besne kobile, ovakva distribucija je karakteristična za te formacije. Takođe, vrednosti detektovane specifične aktivnosti slične su sa prosekom datim za jug Srbije od strane Sarap et al. (2014).

Detektovane specifične aktivnosti radionuklida na lokalitetu Suvo rudište u NP „Kopaonik“ kao prvoj kontrolnoj tački, karakteristične su za teren izgrađen od porfiroidnih granodioritskih stena sa prelazima ka kvarcmonconitima (Urošević et al. 1970, 1973) sa očekivanom većom vrednosti specifičnih aktivnosti U i Th. Upoređivanjem specifičnih aktivnosti radionuklida na terenima koji su bili izloženi DU kao npr. Borovac u Južnoj Srbiji (D. Popović et al., 2008) i sa lokalitetom Suvo rudište u NP „Kopaonik“, uvida se slična distribucija radionuklida. Može se smatrati da su vrednosti odnosa specifičnih aktivnosti ^{235}U i ^{238}U , na predhodno pomenutim lokalitetima, identične i iznose 0,055 na Suvom rudištu i 0,056 u Borovcu (D. Popović et al., 2008). Takođe, rezultati ovog ispitivanja slični su predhodno dobijenim literaturnim vrednostima za planinu Kopaonik i karakteristični su za područje (Mitrović et al., 2016).

Na lokalitetu Brzeće u podnožju NP „Kopaonik“, predstavljenoj peščarima, alveolitima i laporcima srednjeg i donjeg Fliša (Urošević et al. 1970, 1973), detektovane su manje vrednosti specifične aktivnosti svih radionuklida, osim za ^{137}Cs u odnosu na lokalitet Suvo rudište. Na ovom lokalitetu detektovana je maksimalna vrednost specifične aktivnosti radionuklida ^{137}Cs od 89 Bq kg^{-1} , koja može biti objašnjena pojačanom erozijom zemljišta (Nešić, Belij, & Milovanović, 2009), zajedno sa geološkim karakteristikama terena (Mitrović et al., 2016).

Rezultati ispitivanja terena u Parku prirode „Rilski manastir“, kao drugoj kontrolnoj tački, pokazuju vrednosti koje su karakteristične za zemljište i geološku podlogu predstavljenu biotitskim i amfibolso-biotitskim gnajsevima (Sarov et al. 2010, 2011). Takođe, specifična aktivnost ^{137}Cs od 50 Bq kg^{-1} u zemljištu je očekivana, s obzirom na to da Zhiyanski et al. (2008) ukazuju da je ovaj region bio izložen visokom stepenu kontaminacije nakon Černobiljskog akcidenta.

Odnos specifičnih aktivnosti ^{235}U i ^{238}U može ukazati na poreklo uranijuma. Kod uranijuma prirodnog porekla on iznosi 0,047. U zavisnosti od lokaliteta kreće se u rasponu od 0,045 na Besnoj kobili do 0,061 u PIO „Dolina Pčinje“. Kod ostalih područja, PIO „Vlasina“, SP „Jovačka jezera“, NP „Kopaonik“ lokalitet Suvo rudište i Brzeće i PP „Rilski manastir“ ovaj odnos iznosi 0,048, 0,046, 0,055, 0,049 i 0,049, respektivno. Nešto više vrednosti ovog odnosa zabeležena su kod kontrolnih tačaka, koje se mogu objasniti specifičnošću geološke podloge terena i karakteristične su za područje ali i odgovaraju literaturnim vrednostima.

Poređenje rezultata ispitivanja sa svetskim vrednostima i između lokaliteta

Detektovane specifične aktivnosti ^{40}K , ^{238}U , ^{226}Ra i ^{232}Th u zemljištu PIO „Vlasina“ manje su od svetskih prosečnih specifičnih aktivnosti radionuklida u zemljištu, ali odgovaraju prirodnoj rasprostranjenosti radionuklida u svetu (Tab. 19).

Dobijena vrednost specifične aktivnosti za ^{40}K u zemljištu iz PIO „Dolina Pčinje“ veća je u odnosu na prosečne vrednosti u svetu i regionu (Tab. 19), ali je karakteristična za uzorke zemljišta. Specifična aktivnost ^{238}U je niža od svetskog proseka i niža je od definisanih prosečnih

vrednosti za Bugarsku i Hrvatsku. Specifična aktivnost ^{226}Ra u površinskom zemljištu veća je u odnosu na svetski prosek, ali i od proseka za zemlje u regionu osim za Bugarsku i Hrvatsku. Izmerena specifična aktivnost ^{232}Th veća je od prosečnih vrednosti u svetu i zemalja u regionu. Opseg specifičnih aktivnosti radionuklida ^{226}Ra , ^{232}Th i ^{40}K može se objasniti različitim geološkim karakteristikama terena, koja je predstavljena migmatitima. Migmatiti predstavljaju mešavinu gnajsa, koji nastaje metamorfozom granita i granitne magme, a sam granit prema UNSCEAR (2010) pokazuje najviše vrednosti specifične aktivnosti ^{226}Ra , ^{232}Th i ^{40}K od 77 Bq kg^{-1} , 84 Bq kg^{-1} i $1\ 200 \text{ Bq kg}^{-1}$, respektivno.

Specifične aktivnosti detektovanih terestričnih radionuklida na lokalitetu SP „Jovačka jezera“ sličnih su vrednosti u odnosu na svetske i vrednosti date za zemlje u regionu (Tab. 19) i karakteristične su za zemljište. S obziroma da su jezera urviskog porekla vrednosti specifične aktivnosti radionuklida su očekivane i karakteristične za taj lokalitet.

Na lokalitetu Besna Kobila, specifične aktivnosti radionuklida slične su sa svetskim vrednostima i karakteristične su za ovaj visokoplaninski predeo. Specifična aktivnost ^{40}K veća je u odnosu na svetski prosek, ali odgovara prirodnoj distribuciji ovog radionuklida u zemljištu u regionu.

Ispitivanje specifične aktivnosti zemljišta iz Centralne Srbije sa kontrolnog lokaliteta Suvo rudište u NP „Kopaonik“ ukazuje da su vrednosti veće od prosečnih svetskih (Tab. 19), ali da su rezultati karakteristični su za dato područje. Slični rezultati specifične aktivnosti radionuklida u zemljištu Kopaonika, posebno na najvišem vrhu planine (Pančićev vrh), zabeleženi su i od strane drugih autora (Mitrović et al., 2016).

U uzorku zemljišta sa drugog kontrolnog područja PP „Rilski manastir“ detektovane specifične aktivnosti radionuklida kreću se u okviru prosečnih svetskih vrednosti (Tab. 19) i karakteristične su za teren. Takođe, poređenje sa srednjom vrednošću specifične aktivnosti radionuklida za Bugarsku pokazuje manje vrednosti od prosečnih vrednosti za radionuklide ^{226}Ra , ^{40}K , ali i veću vrednost za ^{238}U i ^{232}Th . Veća vrednost specifične aktivnosti ^{137}Cs nađena je u zemljištu sa ovog lokaliteta (50 Bq kg^{-1}). Region jugozapanog dela Rilskih planina nakon Černobiljskog akcidenta bio je izložen visokom stepenu kontaminacije ^{137}Cs (Zhiyanski et al., 2008) te je uzimajući u obzir geografsku poziciju lokaliteta povišena specifična aktivnost ovog radionuklida očekivana.

Tabela 19. Prosečna specifična aktivnost radionuklida u zemljištu u svetu i u nekim zemljama u regionu, (UNSCEAR, 2000)

Zemlje u regionu	Specifična aktivnost radionuklida ($Bq\ kg^{-1}$)							
	^{40}K		^{238}U		^{226}Ra		^{232}Th	
	Prosek	Opseg	Prosek	Opseg	Prosek	Opseg	Prosek	Opseg
Albanija	360	15 - 1 150	23	6 - 96	-	-	24	4 - 160
Bugarska	400	40 - 800	40	8 - 190	48	12 - 210	30	7 - 160
Grčka	360	12 - 1 570	25	1 - 240	25	1 - 240	21	1 - 190
Hrvatska	490	140 - 710	110	83 - 180	54	21 - 77	45	12 - 65
Mađarska	370	79 - 570	29	16 - 66	33	14 - 76	28	12 - 45
Prosečna vrednost u svetu	400	140-850	35	16-110	35	17-60	30	11-64

Poređenjem rezultata specifičnih aktivnosti radionuklida u zemljištu iz zaštićenih područja Pčinjskog okruga, uočava se minimalna specifična aktivnost svih, istraživanjem obuhvaćenih, prirodnih radionuklida na lokalitetu PIO „Vlasina“ (Tab. 15). Međutim, minimalna specifična aktivnost ^{137}Cs od $12\ Bq\ kg^{-1}$ zabeležena je u zemljištu SP „Jovačka jezera“. Maksimalna vrednost specifične aktivnosti ^{226}Ra u uzorcima zemljišta iz zaštićenih područja Pčinjskog okruga od $77\ Bq\ kg^{-1}$ detektovana je u zemljištu sa Besne kobile, dok je za ^{232}Th maksimalna vrednost od $64\ Bq\ kg^{-1}$ zabeležena na lokalitetu SP „Jovačka jezera“. U uzorcima zemljišta sa Besne kobile izmerena je i maksimalna vrednost ^{238}U i ^{235}U od $140\ Bq\ kg^{-1}$ i $6,3\ Bq\ kg^{-1}$, respektivno. Maksimalne vrednosti specifičnih aktivnosti ^{40}K i ^{210}Pb od $880\ Bq\ kg^{-1}$ i $86\ Bq\ kg^{-1}$, detektovane su na lokalitetu PIO „Dolina Pčinje“. Detektovana vrednost specifične aktivnosti ^{210}Pb sa ovog lokaliteta, karakteristična je za sam lokalitet, ali je i slična sa vrednošću koja je detektovana u šumskom zemljištu Danske od $74\ Bq\ kg^{-1}$ (Hovmand, Nielsen, & Johnsen, 2009). Blizina saobraćajnica lokalitetima PIO „Dolina Pčinje“ i SP „Jovačka jezera“ može uticati na povećanje specifične aktivnosti ^{210}Pb na ovim lokalitetima.

Stepen uticaja korišćene municije sa DU 1999. godine na određenim lokalitetima u Pčinjskom okrugu, nije poremetila prirodnu distribuciju uranijuma u zemljištu na ovim lokacijama. Odnos specifičnih aktivnosti ^{235}U i ^{238}U , zavisi od lokaliteta i kreće se u rasponu od 0,045 do 0,063, ukazujući na prirodno poreklo uranijuma.

Rezultati ovog istraživanja pokazuju da se specifične aktivnosti ^{210}Pb u površinskim slojevima zemljišta iz zaštićenih područja Pčinjskog regiona kreću u rasponu $37 - 86\ Bq\ kg^{-1}$. Najviša vrednost specifične aktivnosti od $86\ Bq\ kg^{-1}$ zabeležena je u PIO „Dolina Pčinje“. Slične

vrednosti zabeležene su od strane Hovmand et al. (2009), koji su u šumskom zemljištu Danske detektovali specifičnu aktivnost od 74 Bq kg^{-1} za ^{210}Pb .

Poređenjem rezultata merenja specifične aktivnosti terestričnih radionuklida u uzorcima zemljišta iz Pčinjskog okruga i iz NP „Kopaonik“ u Centralnoj Srbiji, uočavaju se maksimalne specifične aktivnosti ^{226}Ra i ^{232}Th od 88 Bq kg^{-1} i 111 Bq kg^{-1} na lokalitetu Suvo rudište, dok su maksimalne vrednosti aktivnosti ^{238}U i ^{235}U zabeležene na Besnoj kobili, a ^{40}K , ^{137}Cs i ^{210}Pb na području PIO „Dolina Pčinje“ (Tab. 15).

Rezultati merenja specifične aktivnosti terestričnih radionuklida u uzorcima zemljišta Pčinjskog okruga pokazuju niže vrednosti od onih izmerenih u NP „Kopaonik“ na lokalitetu Suvo rudište, osim za radionuklide ^{40}K i ^{238}U . Maksimalna specifična aktivnost ^{238}U detektovana je na Besnoj kobili, dok je maksimalna vrednost specifične aktivnosti ^{40}K zabeležena na teritoriji PIO „Dolina Pčinje“. Slične vrednosti specifičnih aktivnosti ^{235}U na lokalitetu Besna kobila od $6,3 \text{ Bq kg}^{-1}$ i na lokalitetu Suvo rudište NP „Kopaonik“ od $5,1 \text{ Bq kg}^{-1}$, mogu se objasniti sličnom geološkom osnovom ovih terena. Maksimalna vrednost specifične aktivnosti ^{137}Cs od 160 Bq kg^{-1} detektovana je na lokalitetu PIO „Dolina Pčinje“, kao i visoka vrednost specifične aktivnosti ovog nuklida na lokalitetu Brzeće u NP „Kopaonik“, predstavljaju posledicu dejstva erozije.

Poređenjem rezultata iz Pčinjskog okruga sa rezultatima radioanalize zemljišta iz PP „Rilski manastir“, može se uočiti da je na području PIO „Vlasine“, kao geografski najbližem lokalitetu, detektovana manja vrednost specifične aktivnosti radionuklida. Sva ostala područja Pčinjskog okruga imaju veću specifičnu aktivnost radionuklida, osim za ^{137}Cs i ^{210}Pb . Blizina saobraćajnica lokalitetima PIO „Dolina Pčinje“ i SP „Jovačka jezera“ najverovatnije utiče na povećanu specifičnu aktivnost ^{210}Pb . U uzorcima zemljišta iz NP „Kopaonik“ i PP „Rilski manastir“ detektovane su niže vrednosti specifične aktivnosti ^{210}Pb u odnosu na rezultate koje su dali Hovmand et al. (2009).

4.5.2. Uzorci biljaka

Smrča

Rezultati analize radioaktivnosti u višegodišnjoj četinarskoj vrsti *Picea abies L.* pokazuju različite vrednosti akumulacije radionuklida u četinama i grančicama, i u zavisnosti od lokaliteta (Tab. 15).

Interval promena specifične aktivnosti radionuklida u četinama visokoplaninskih područja Pčinjskog okruga je od MDA do 4 Bq kg^{-1} za ^{226}Ra , za ^{232}Th manje od MDA. Što se tiče ^{40}K specifična aktivnost kreće se u intervalu 80 do 230 Bq kg^{-1} . Detektovane vrednosti ostalih radionuklida, ^{238}U , ^{235}U , ^{137}Cs , ^{210}Pb , kreću se u intervalu od ispod minimalne detekcione specifične aktivnosti do 31 Bq kg^{-1} , $1,1 \text{ Bq kg}^{-1}$, 5 Bq kg^{-1} i 70 Bq kg^{-1} , respektivno.

Što se tiče lokaliteta koji su van Pčinjskog okruga, interval promena za ^{226}Ra iznosi 2,2 - $8,8 \text{ Bq kg}^{-1}$, za ^{232}Th manje od MDA do $4,5 \text{ Bq kg}^{-1}$, za ^{40}K od 140 do 220 Bq kg^{-1} . Ostali radionuklidi

pokazuju interval promena specifične aktivnosti manje od MDA za ^{235}U i ^{238}U , zatim za ^{137}Cs od 1,00 do 6,9 Bq kg⁻¹ i za ^{210}Pb od 82 do 90 Bq kg⁻¹.

U uzorcima četina smrče sa područja Kopaonika, Besne kobile, Vlasine i Rile najveće detektovane vrednosti specifičnih aktivnosti radionuklida ^{226}Ra i ^{232}Th od 8,8 Bq kg⁻¹ i 4,5 Bq kg⁻¹, respektivno, zabeležene su u uzorku iz NP „Kopaonik“. Izmerene specifične aktivnosti ^{238}U i ^{235}U u uzorcima četina, osim sa Besne kobile, manje su od MDA. Minimalne detekcione vrednosti specifične aktivnosti ^{137}Cs i ^{210}Pb detektovane su na području PIO „Vlasina“, dok su maksimalne zabeležene na lokalitetu Besna kobilica. Na lokalitetu Suvo rudište detektovana specifična aktivnost ^{232}Th od 4,5 Bq kg⁻¹ ujedno predstavlja i maksimalnu vrednost. Maksimalna vrednost specifične aktivnosti ^{226}Ra od 8,8 Bq kg⁻¹ zabeležena je na lokalitetu NP „Kopaonik“, ^{40}K od 230 Bq kg⁻¹ u uzorku sa Besne kobile, dok je aktivnost ^{137}Cs od 6,9 Bq kg⁻¹ nađena u uzorku četina iz NP „Kopaonika“. Maksimalna specifična aktivnost ^{210}Pb detektovana je u uzorcima četina iz NP „Kopaonik“ ali je sličnih vrednosti sa uzorcima iz PP „Rilski manastir“.

Prema rezultatima istraživanja Mietelski et al. (2005) specifična aktivnost ^{40}K u četinama smrče iz Poljske u 2001-2002 kretala se u granicama od 86 Bq kg⁻¹ do 236 Bq kg⁻¹ (Tomankiewicz, Mietelski, Gaca, & Błazej, 2006). Specifična aktivnost ^{40}K u četinama smrče sa lokaliteta PIO „Vlasina“, Besne kobile i PP „Rilski manastir“ (Tab. 15) manja je u poređenju sa predhodno pomenutim vrednostima. Najmanja vrednost specifične aktivnosti ^{40}K u grančicama smrče od 45 Bq kg⁻¹ izmerena je u PP „Rilski manastir“, dok lokaliteti iz Pčinjskog okruga, PIO „Vlasina“ i sa Besne Kobile, imaju veću vrednost, 110 Bq kg⁻¹ i 95 Bq kg⁻¹.

Izmerena specifična aktivnost ^{226}Ra u četinama smrče je različita, a najverovatnije zavisi od starosti samih biljaka, što je potvrđeno i eksperimentalno. Najmanja vrednost ^{226}Ra izmerena je upravo kod mladih biljaka (Seidel, 2010). Takođe, rezultati ovog istraživanja ukazuju na veoma nisku aktivnost ^{226}Ra u grančicama smrče (Tab. 15).

Rezultati analize akumulacije ^{238}U i ^{235}U u četinama smrče nije bilo moguće uporediti ni sa jednim predhodno dobijenim rezultatom. Jedini rezultati akumulacije radionuklida ^{238}U od strane smrče koje je prikazao (Seidel, 2010) imali su manje vrednosti od MDA.

Specifične aktivnosti ^{137}Cs u četinama smrče mogu biti upoređene sa rezultatima prikazanim u studijama Jasińska et al. (1990), (Tomankiewicz et al., 2006). Izmerena specifična aktivnost ^{137}Cs u Južnoj Poljskoj (1987. godine) bila je u opsegu od 20 Bq kg⁻¹ do 410 Bq kg⁻¹, dok je u Finskoj (1988) iznosila od 34 Bq kg⁻¹ do 875 Bq kg⁻¹. Rezultati dobijeni ovim istraživanjem pokazuju znatno manje vrednosti od predhodno pomenutih.

U životnoj sredini ^{210}Pb može biti akumulirano u čvrstom ili poroznom medijumu duži vremenski period (Žunić et al., 2009). Biljke ga mogu apsorbovati i putem korena iz zemljišta ali i folijarnom depozicijom iz atmosfere. Autori Hovmand et al. (2009) u svojim istraživanjima navode da biljke, a posebno smrča, sadrže do 98% olova koji je atmosferskog porekla. Maksimalna specifična aktivnost ^{210}Pb od 45 Bq kg⁻¹ u gornjim delovima Austrije detektovana je u četinama starijih biljaka (Seidel, 2010). Maksimalna specifična aktivnost od 90 Bq kg⁻¹

zabeležena je u četinama sa lokaliteta Suvo rudište u NP „Kopaonik“. Ovaj lokalitet predstavlja veoma popularnu turističku destinaciju u Srbiji sa dobro razvijenom infrastrukturom i visoka vrednost specifične aktivnosti ^{210}Pb u smrči može biti posledica saobraćaja (upotreba goriva sa olovom), kao jednog od izvora aerozagađenja, kao i činjenice da biljka može da apsorbuje navedeni radionuklid i putem folijarne depozicije.

Što se tiče kosmogenog radionuklida ^7Be , detektovane vrednosti specifične aktivnosti u četinama smrče kreću se u intervalu od 3 Bq kg^{-1} sa lokaliteta Suvo Rudište u NP „Kopaonik“ do 90 Bq kg^{-1} na Besnoj kobili, koja je ujedno i najviša detektovana vrednost u Pčinjskoj oblasti. Poređenje detektovanih specifičnih aktivnosti ovog nuklida u smrči nije razmatrano iz nekoliko razloga. Pre svega, ^7Be ima kratak vreme poluraspada te u zavisnosti od vremena koje protekne od trenutka uzorkovanja do trenutka merenja, zavisice i njegova detekcija. Treba napomenuti, da je uzorkovanje smrče rađeno u različitim vremenskim periodima na različitim lokalcijama. Takođe, specifična aktivnost ovog nuklida u vazduhu ima sezonski karakter tj. maksimalne vrednosti javljaju se u toku leta, a minimalne u toku zime (Alegría, Herranz, Idoeta, & Legarda, 2010; M. M. Rajačić et al., 2015), što zbog folijarne depozicije utiče i na njegov sadržaj u biljkama. Ali, specifična aktivnost ^7Be u vegetaciji takođe može ukazati i na promenu vremenskih uslova, pre svega na količinu padavina (Pöschl, Brunclík, & Hanák, 2010).

Ukoliko posmatramo grančice smrče sa područja Vlasine i Rile, maksimalne vrednosti specifičnih aktivnosti radionuklida ^{40}K od 110 Bq kg^{-1} i ^{137}Cs od $0,5 \text{ Bq kg}^{-1}$ detektovane su na Vlasini, dok je za ^{210}Pb aktivnost od 200 Bq kg^{-1} detektovana u PP „Rilski manastir“. Specifične aktivnosti ostalih radionuklida su bile manje od minimalne detekcione vrednosti (Tab.15).

Hrast cer

Rezultate analize akumulacije radionuklida od strane višegodišnje lišćerske vrste, cera, nije bilo moguće porediti sa predhodnim literaturnim podacima prikazanim za ovu vrstu. Kako „Dolina Pčinje“ vegetacijski pripada Mediteransko-submediteranskoj oblasti (Zlatković et al., 2011), rezultate ove analize jedino je moguće uporediti sa rezultatima koje su Zhiyanski et al. (2010) prezentovali za Bugarsku. Ovi autori potvrđuju da je prisustvo ^{137}Cs u granama, listovima i stablima hrasta cera koja su formirana posle 1986. godine i 22 godine nakon Černobiljske katastrofe, u najvećoj meri posledica apsorpcije preko korenovog sistema iz zemljišta. Prosečna vrednost specifične aktivnosti ^{137}Cs u listovima kitnjaka u južnoj Bugarskoj je $3,6 \text{ Bq kg}^{-1}$, a u granama (prečnika $< 1 \text{ cm}$) $2,6 \text{ Bq kg}^{-1}$, što je manja vrednost u odnosu na dobijenu u ovom radu za zajednički uzorak listova i grana cera (Tab. 15). Takođe, veća specifična aktivnost ^{137}Cs u uzorku iz PIO „Dolina Pčinje“ je i očekivana zbog visoke specifične aktivnosti ovog radionuklida u zemljištu.

Zeljaste biljke

U uzorcima lekovitih biljaka iz zaštićenih područja Pčinjskog regiona detektovana je različita specifična aktivnost radionuklida (Tab. 15). Najveća akumulirana specifična aktivnost

radionuklida ^{137}Cs nađena je u divizmi iz PIO „Vlasina“. Divizma sa ovog lokaliteta takođe pokazuje i najviše vrednosti ^{226}Ra , ^{40}K , ^{210}Pb , dok na primer, u divizmi sa područja PIO „Dolina Pčinje“ uopšte nisu nađene visoke vrednosti specifičnih aktivnosti radionuklida. Maksimalne specifične aktivnosti ^7Be od 460 Bq kg^{-1} i ^{232}Th od 13 Bq kg^{-1} , zabeležene su u uzorku majčine dušice sa Besne Kobile. Rezultati istraživanja (Papastefanou, Manolopoulou, Stoulos, Ioannidou, & Gerasopoulos, 1999) pokazuju prosečnu specifičnu aktivnost ^7Be u travi od $54,4 \text{ Bq kg}^{-1}$ u solunskoj oblasti Severne Grčke, dok je prosečna vrednost specifične aktivnosti ovog radionuklida u lekovitom bilju Pčinjskog regiona bila uglavnom veća. Međutim, zbog perioda poluraspada ^7Be (53 dana) nezahvalno je vršiti poređenja sa predhodnim rezultatima, upravo zbog različitog vremena koje protekne od trenutka uzimanja uzoraka do njegovog merenja.

Lišaji

Lišaji se često koriste u monitoringu kvaliteta vazduha, uključujući i radionuklide koje akumulirane u njima (Jeran, Vaupotic, Kocman, & Kastelec, 2010), jer sve materije apsorbuju putem talusa iz vazduha zbog nepostojanja korenovog sistema. U ovoj analizi korišćena je vrsta hrastov lišaj na području PIO „Dolina Pčinje“ i SP „Jovačka jezera“. Dobijene vrednosti specifične aktivnosti radionuklida ^{232}Th , ^{238}U , ^{235}U i ^{137}Cs su bile ispod minimalne detekcione vrednosti. Vrednosti specifične aktivnosti ^{226}Ra i ^{40}K u lišajevima sa ova dva lokaliteta su veoma slične, što ukazuje na sličnu distribuciju nuklida u vazduhu. Veća specifična aktivnosti ^{210}Pb nađena je u lišaju sa lokaliteta PIO „Dolina Pčinje“.

4.5.3. Uzorci vode

Rezultati ispitivanja specifične aktivnosti u izvorskoj vodi prikazani su u Tab. 16 zajedno sa rezultatima ispitivanja vode iz Jovačkog jezera. U uzorcima vode za piće sa izvora u okviru zaštićenih područja u Pčinjskom regionu nađena su različite specifične aktivnosti radionuklida.

Interval promena specifične aktivnosti radionuklida u uzorcima izvorske vode iz zaštićenih područja i vode iz Jovačkog jezera kreće se u granicama od MDA do 30 mBq l^{-1} za ^{232}Th u vodi sa izvora „Prohor Pčinjski“. Interval promene specifične aktivnosti ^{40}K u izvorskoj vodi u granicama je od manje od MDA do 110 mBq l^{-1} detektovanoj takođe u uzorku iz PIO „Dolina Pčinje“, dok u jezerskoj vodi iznosi 320 mBq l^{-1} . Specifične aktivnosti ostalih radionuklida su bile ispod granice detekcije. Takođe, važno je istaći da su specifične aktivnosti ^{226}Ra , ^{238}U , ^{235}U , ^{137}Cs i ^{210}Pb u izvorskoj i jezerskoj vodi uzoraka sa teritorije Pčinjskog okruga ispod granice detekcije.

Što se tiče uzoraka vode sa ostalih, geografski bliskih područja, bila je u intervalu od $12 - 46 \text{ mBq l}^{-1}$ za ^{226}Ra u uzorku sa izvora „Marine vode“, za ^{40}K do 70 mBq l^{-1} , za ^{238}U do 60 mBq l^{-1} i ^{235}U do $2,5 \text{ mBq l}^{-1}$ detektovanih u vodi iz PP „Rilski manastir“ kao kontrolnog područja. Specifična aktivnost svih ostalih radionuklida je manja od MDA.

Dosadašnja ispitivanja radioaktivnosti voda u Srbiji obuhvatila su vode iz banja (Tanaskovic et al., 2011) i različite uzorke voda (Janković, Todorović, Todorović, & Nikolov, 2012) koji su prikazani u Tab. 20.

Tabela 20. Specifične aktivnosti ^{226}Ra , ^{232}Th i ^{40}K u različitim uzorcima vode iz regiona

Poreklo	Specifična aktivnost radionuklida (mBq l^{-1})			Reference
	^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K	
Srbija	10-50	-	200 - 1 130	Tanaskovic et al. (2011)
Hrvatska	300-600	-	-	Bituh, Marovic, Petrinec, Sencar, & Franulovic (2009)
Grčka	0,6-22,1	-	-	Karamanis, Stamoulis & Ioannides (2007)
Mađarska	4,3-910	-	-	Kovacs, Bodrog, Dombovari, Somlai, Nemeth, Capote & Tarjan (2004)
Srbija	<70	<50	<250	Janković et al. (2012)

Rezultati ovog istraživanja koji uključuju izvore pijaće vode u zaštićenim područjima Pčinjskog okruga, pokazuju znatno niže vrednosti (Tab. 16) u poređenju sa rezultatima zemalja u regionu i rezultatima dobijenih predhodnim istraživanjima u Srbiji (Tab. 20).

Radioanaliza uzoraka vode za piće iz zaštićenih područja Pčinjskog okruga pokazuju da su specifične aktivnosti ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{238}U i ^{137}Cs značajno manje od maksimalno dozvoljenih specifičnih aktivnosti za ^{226}Ra od 490 mBq l^{-1} i ^{232}Th od 590 mBq l^{-1} u pijaćoj vodi definisanih Pravilnikom o granicama sadržaja radionuklida u vodi za piće („Sl. glasnik RS“, br. 86/11 i 97/13).

Vrednosti specifične aktivnosti radionuklida u Jovačkom jezeru su niže od maksimalno dozvoljenih koncentracija (MDK) propisanih Pravilnikom („Sl. glasnik RS“, br. 86/11 i 97/13). Treba naglasiti da specifična aktivnost ^{40}K u jezerskoj vodi može biti rezultat specifičnog načina postanka ovog jezera (pokretanjem klizišne mase), nepostojanja kanalizacione mreže ali i poljoprivredne delatnosti koja je ranijih godina bili intenzivna na ovom području.

4.5.4. Parametri radijacionog hazarda

Radijum ekvivalent indeks u uzorcima zemljišta sa svih ispitivanih lokaliteta u Pčinjskom okrugu kreće se u intervalu od $42 - 143 \text{ Bq kg}^{-1}$ (Tab. 17). Što se tiče jačine apsorbovane doze gama zračenja, ona se kreće intervalu od 31 do 103 nGy h^{-1} , dok je efektivna godišnja doza na lokalitetima sličnih vrednosti (Tab. 17). Eksterni hazardni indeks na svim ispitivanim lokalitetima zadovoljava kriterijum UNSCEAR-a (2010) i manji je od jedinice (Tab. 17).

Na lokalitetu PIO „Vlasina“ uočena je najmanja vrednost svih parametara radijacionog hazarda. Radium ekvivalent indeks iznosi 42 Bq kg^{-1} , jačina apsorbovane doze 31 nGy h^{-1} , efektivna

doza svega 0,04 mSv. Niske specifične aktivnosti radionuklida u zemljištu rezultuju i u niskoj vrednosti eksternog hazarda od 0,19.

Parametri radijacionog hazarda na lokalitetu PIO „Dolina Pčinje“ pokazuju nešto veće vrednosti. Radijum ekvivalent indeks iznosi 114 Bq kg^{-1} , jačina apsorbovane doze 86 nGy h^{-1} , efektivna doza iznosi 0,11 mSv, dok je vrednost eksternog hazarda 0,44.

Što se tiče SP „Jovačka jezera“, vrednost radijum ekvivalent indeksa iznosi 120 Bq kg^{-1} , jačina apsorbovane doze 96 nGy h^{-1} , efektivna doza iznosi 0,12 mSv i vrednost eksternog hazarda je 0,53.

Najveće vrednosti parametara radijacionog rizika u Pčinjskom okrugu zabeležene su na visokoplaninskom terenu Besne kobile, pa tako R_{ex} iznosi 143 Bq kg^{-1} , \dot{D} ima vrednost od 103 nGy h^{-1} , D_{E} 0,13 mSv, a H_{ex} 0,53.

U poređenju lokaliteta u Pčinjskom okrugu i lokaliteta Suvo rudište u okviru NP „Kopaonik“, zbog veće vrednosti specifičnih aktivnosti radionuklida u zemljištu, ovaj lokalitet u Centralnoj Srbiji ima maksimalnu vrednost R_{eq} od 158 Bq kg^{-1} . Treba naglasiti da su vrednosti indeksa radijumskog ekvivalenta ispitivanih lokaliteta manja od 370 Bq kg^{-1} koja je uzeta kao referentna vrednost (Mitrović et al., 2016).

Takođe, u NP „Kopaonik“ na većim nadmorskim visinama određena jačina apsorbovane doze gama radijacije od 140 nGy h^{-1} istovremeno predstavlja i maksimalnu vrednost dobijenu u ovom ispitivanju. Interesantno je napomenuti da je skoro duplo veća vrednost apsorbovane doze, u odnosu na PIO „Vlasina“ utvrđena na lokalitetu Brzeće u NP „Kopaonik“, što je očekivano s obzirom na to da su dobijene i veće vrednosti specifične aktivnosti detektovanih radionuklida. Ukoliko se poredе vrednosti jačine doza sa svih lokaliteta, uviđa se sličnost između dva geografski bliska područja, PP „Rilski manastir“ u Bugarskoj i PIO „Vlasina“. Interesantno je da lokaliteti PIO „Dolina Pčinje“, SP „Jovačka jezera“ i planina Besna kobila uz lokalitete iz NP „Kopaonik“ u Centralnoj Srbiji pokazuju relativno slične vrednosti apsorbovane doze. Vrednosti apsorbovanih doza na lokalitetima „Suvo rudište“ i Besnoj kobili veće su od svetske prosečne vrednosti od 58 nGy h^{-1} (UNSCEAR, 2010). U poređenju sa vrednostima apsorbovanih doza datih od strane UNSCEAR-a (2010) za zemlje u regionu, npr. Bugarska ($48\text{-}96 \text{ nGy h}^{-1}$), Grčka ($17\text{-}88 \text{ nGy h}^{-1}$) i Crna Gora ($28\text{-}150 \text{ nGy h}^{-1}$) značajne razlike nisu primećene.

U poređenju PP „Rilski manastir“ i PIO „Vlasina“ zabeležena je manja vrednost efektivne doze od svetske prosečne vrednosti za spoljašnje okruženje od 0,07 mSv (UNSCEAR, 2010), dok PIO „Dolina Pčinje“, SP „Jovačka jezera“ i planina Besna Kobila kao i lokalitet Suvo rudište na Kopaoniku imaju veće vrednosti. Efektivna godišnja doza u NP „Kopaonik“ na lokalitetu Suvo rudište u ovom istraživanju ima maksimalnu vrednost od 0,17 mSv.

Eksterni hazardni indeks na svim ispitivanim lokalitetima zadovoljava kriterijum UNSCEAR-a (2010) i manji je od jedinice (Tab. 17), ali najviši visokoplaninski tereni, Besna Kobila i kontrolna tačka na Suvom rudištu u NP „Kopaonik“ pokazuju i najveće vrednosti H_{ex} od 0,76 i

0,84, respektivno. Iako je vrednost H_{ex} na pomenuta dva lokaliteta blizu preporučene vrednosti, posmatrajući ostale rezultate i činjenicu da ova mesta predstavljaju mesta za odmor i rekreaciju (posebno NP „Kopaonik“), može se zaključiti da su bezbedna za ljudsku aktivnost sa beznačajnim rizikom od izloženosti terestirčnom zračenju. Vrednost radijacionog hazarda na lokalitetu Suvo rudište, odgovara literaturnim vrednostima koje takođe ukazuju i na postojanje vertikalnog gradijenta radijacionog hazarda, s obzirom na to da je naveća vrednost 1,26 zabeležena na najvišem vrhu, Pančićev vrh (2 017 m), (Mitrović et al., 2016).

4.5.5. Transfer faktori zemljište –biljke

Kvantifikacija usvajanja radionuklida od strane biljaka praćena je preko transfer faktora „zemljište-biljka“ za sve radionuklide, a rezultati su predstavljeni u Tabeli 18.

Rezultati istraživanja transfer faktora za ^{40}K veće su nego za ^{226}Ra i ^{232}Th , što je u skladu sa literaturnim vrednostima. Maksimalna vrednost $TF-^{40}K$ nađena je u uzorcima iz kontrolnog područja PP „Rilski manstir“, $TF-^{226}Ra$ u uzorcima iz PIO „Vlasine“, a $TF-^{137}Cs$ u smrči sa kontrolnog lokaliteta Suvo rudište u NP „Kopaonik“.

U slučaju ^{210}Pb , dobijene su veće vrednosti transfer faktora što je u skladu sa činjenicom da biljka pored apsorpcije ovog radionuklida iz zemljišta, može obavljati njegovu apsorpciju i putem lišća. U četinama smrče iz kontrolnih područja NP „Kopaonik“ i PP „Rilski Manastir“ detektovana je slična vrednost $TF-^{210}Pb$, od 1,42 i 1,67, respektivno, dok u grančicama $TF-^{210}Pb$ ima veću vrednost, i to 3,51 u smrči iz PIO „Vlasine“ i 4,08 na lokalitetu PP „Rilski manastir“. Transfer faktor za olovo u četinama smrče sa Besne kobile od 1,75 sličan je dobijenim vrednostima sa ostalih lokaliteta, dok u grančicama iznosi 1,38.

Rezultati analize akumulacije radionuklida od strane višegodišnje lišćerske vrste, cera, pokazuju da uzorak iz PIO „Dolina Pčinje“ (Tab. 18), nije bilo moguće porediti sa predhodnim literaturnim podacima. Jedino moguće poređenje bilo je sa rezultatima istraživanja autora Blanco Rodríguez, Vera Tomé, Lozano i Pérez Fernández (2010) koji su prikazali transfer za radionuklide ^{238}U , ^{230}Th , ^{226}Ra i ^{210}Pb kod mediteranskih vrsta hrasta crnike (*Quercus ilex*) i plutnjaka (*Quercus suber*), i autora Zhiyanski et al. (2010) koji su prikazali transfer ^{137}Cs između zemljišta i hrasta kitnjaka (*Quercus petrae* Liebl.). Vrednosti transfer faktora za ^{232}Th ovog istraživanja slične su sa rezultatima Blanco Rodríguez et al. (2010) koji su za hrast plutnjak odredili TF 0,10, dok je vrednost veća od one detektovanoj kod crnike (0,0014). Transfer faktor za ^{210}Pb znatno je veći kod hrasta cera nego kod mediteranskih vrsta (0,119 kod *Q. suber* i 0,34 kod *Q. ilex*). Manja vrednost $TF-^{137}Cs$ utvrđena je kod hrasta cera u ovom ispitivanju u odnosu na hrast kitnjak autora Zhiyanski et al. (2010), koji utvrđuje da srednja vrednost TF u listovima iznosi 0,019, a u grančicama 0,036.

Lekovito bilje iz zaštićenih područja Pčinjskog okruga pokazuje različite vrednosti transfer faktora, a takođe kod velikog broja uzoraka usled veoma male specifične aktivnosti, TF nije mogao biti određen (Tab. 18). Kalijum kao jedan od najrasprostranjenijih elemenata u prirodi,

nalazi se u svim biljkama tako da je $TF-^{40}K$ je određen u svim vrstama. Prosečna vrednost iznosi 0,98 i viša je od prosečne vrednosti transfer faktora za K u travi (Tab. 21). Takođe, $TF-^{232}Th$ je određen u većini uzoraka lekovitih biljaka, sa prosečnom vrednošću 0,15 koja odgovara opsegu vrednosti za pašnjake i trave (Tab. 21).

Prosečna vrednost transfer faktora za ^{137}Cs u lekovitom bilju iznosi 0,04, s tim da npr. kod borovnice iz PIO „Vlasina“ nije određen, a prosečna vrednost transfer faktora ^{137}Cs u borovnici iznosi 0,05 i varira u opsegu od 0,002 do 0,3 (IAEA, 2010). Prosečna vrednost transfer faktora ^{210}Pb iznosi 1,16 i viša je u odnosu na prosečne vrednosti date za Pb (Tab. 21).

Tabela 21. Prosečne vrednosti transfer faktora zemljište-biljke pojedinih elemenata u zemljištu umerenog klimatskog područja (IAEA, 2010)

Element	Biljna zajednica	Delovi biljaka	Srednja vrednost i standardna devijacija, (minimalna i maksimalna vrednost)
Be	Pašnjaci	Stabljika sa izdancima	$4,2 \cdot 10^{-1}$
Cs	Trave	Stabljika sa izdancima	$6,3 \cdot 10^{-2} \pm 36,6 (4,8 \cdot 10^{-3} - 3,3 \cdot 10^{-1})$
	Pašnjaci	Stabljika sa izdancima	$2,5 \cdot 10^{-1} \pm 4,1 (1,0 \cdot 10^{-2} - 5,0)$
	Lekovito bilje	Stabljika sa izdancima	$6,6 \cdot 10^{-2} \pm 14,9 (4,8 \cdot 10^{-3} - 2,8)$
K	Pašnjaci	Stabljika sa izdancima	$7,3 \cdot 10^{-1}$
Pb	Trave	Stabljika sa izdancima	$3,1 \cdot 10^{-1} \pm 1,8 (1,1 \cdot 10^{-1} - 1,0)$
	Pašnjaci	Stabljika sa izdancima	$9,2 \cdot 10^{-2} \pm 4,8 (2,2 \cdot 10^{-3} - 1,0)$
Ra	Trave	Stabljika sa izdancima	$1,3 \cdot 10^{-1} \pm 4 (3,6 \cdot 10^{-3} - 1,6)$
	Pašnjaci	Stabljika sa izdancima	$7,1 \cdot 10^{-2} \pm 7,6 (5,1 \cdot 10^{-53} - 1,6)$
	Lekovito bilje	Stabljika sa izdancima	$6,9 \cdot 10^{-2} \pm 4,5 (5,3 \cdot 10^{-3} - 3,3)$
Th	Trave	Stabljika sa izdancima	$4,2 \cdot 10^{-2} \pm 3,1 (7,4 \cdot 10^{-4} - 6,5 \cdot 10^{-1})$
	Pašnjaci	Stabljika sa izdancima	$9,9 \cdot 10^{-2} \pm 5,5 (2,9 \cdot 10^{-3} - 2,7)$
U	Trave	Stabljika sa izdancima	$1,7 \cdot 10^{-2} \pm 9,4 (2,0 \cdot 10^{-4} - 5,5)$
	Pašnjaci	Stabljika sa izdancima	$4,6 \cdot 10^{-2} \pm 5,3 (1,3 \cdot 10^{-3} - 3,9 \cdot 10^{-3})$
	Lekovito bilje	Stabljika sa izdancima	$3,6 \cdot 10^{-2} \pm 4,9 (8,6 \cdot 10^{-3} - 4,1 \cdot 10^{-1})$

4.6. Procena upravljanja zaštićenim područjima u Srbiji

U Srbiji, Ministarstvo nadležno za oblast životne sredine predstavlja centralnu instituciju za vršenje poslova državne uprave koji se odnose na sistem zaštite i upravljanja zaštićenim područjima. U ove aktivnosti uključene su i druge institucije koje su njegov deo, ali i deo Ministarstva za poljoprivredu, šumarstvo i vodoprivredu. Takođe, deo nadležnosti decentralizovan je do pokrajinskog nivoa, ali i do nivoa lokalnih samouprava. Ove nadležnosti odnose se na zaštitu životne sredine, zaštitu kvaliteta vazduha, voda, zaštitu od buke, urbano planiranje i sl.

Kod istraživanja efikasnosti upravljanja, veoma je bitno istaći da su razlike u rezultatima rezultat subjektivnosti ispitanika. Zato je u cilju objektivne procene najbolje uključiti grupu saradnika kako bi se stvorila jasnija slika o načinu upravljanja i problemima koji proističu. U svim sprovedenim istraživanjima grupa ispitanika sastojala se od uglavnom dva člana.

Za procenu efikasnosti upravljanja zaštićenim područjima u Srbiji nisu određene zvanične metode od strane nadležnih organa, tako da će u daljem tekstu biti dat generalni prikaz upravljanja primenjujući RAPPAM i METT metodologije. Zbog manjka zainteresovanosti upravljača drugih zaštićenih područja za unapređenje svog poslovanja, detaljnije je analizirano upravljanje PIO „Dolina Pčinje“ korišćenjem obe metode.

4.6.1. RAPPAM

Ranije sprovedene analize upravljanja primenom RAPPAM metode nisu uključivale niti jedno zaštićeno područje sa teritorije Pčinjskog okruga. U zaštićenim područjima u Srbiji koja su bila uključena u predhodne analize, upravljači su identifikovali različite pretnje i pritiske u zavisnosti od tipa područja i kategorije kojoj pripadaju (Pišćević, 2009).

Za ovu analizu bitno je precizno definisati pojmove pretnja i pritisak. Pritisaci predstavljaju aktivnosti ili događaje, legalne odnosno ilegalne, koji su već naneli štetu zaštićenom području (i time uticali na biodiverzitet i/ili osiromašenje prirodnih resursa). Opasnosti ili pretnje su definisane kao aktivnosti za koje postoji verovatnoća da će dovesti do štetnog uticaja ili da će se njihovo delovanje nastaviti u budućnosti. Oni se procenjuju u odnosu na ciljeve zaštićenih područja, a boduju se na osnovu svog opsega, uticaja i trajnosti.

Ovom metodologijom, sprovedenom 2009. godine, procenjeno je da se različite kategorije zaštićenih prirodnih dobara u Srbiji suočavaju sa različitim problemima ali i da su identifikovane razne pretnje i pritisaci. Tako na primer, u nacionalnim parkovima gazdovanje i upravljanje šumama je izdvojeno kao glavna pretnja, dok u specijalnim rezervatima prirode alohtone i invazivne vrste predstavljaju glavnu pretnju. Gotovo sve kategorije zaštićenih područja suočavaju se sa pretnjama i problemima koji proističu iz nerešenih imovinsko-pravnih odnosa. Promena namene zemljišta takođe je identifikovana i kao pretnja ali i kao pritisak u većini zaštićenih područja. Generalno, problem upravljanja vodama je čest, i ispoljava se preko neregulisanog vodosnadbevanja, neracionalnog korišćenja planinskih izvora i sl. Takođe,

problem otpadnih voda identifikovan je na svim područjima, i to najčešće kao postojanje neadekvatnog sistema kanalizacije iz vikend naselja u njima. Veća i razvijenija zaštićena područja suočavaju se sa problemom pojačanog turizma i rekreacije, a to se posebno odnosi na fragilne ekosisteme. Problem rudarstva je slabo zastupljen, dok se sa problemom sukcesije vegetacije suočavaju ona zaštićena područja koja sprovode aktivne mere očuvanja retkih biljnih zajednica. Takođe, u manjoj meri identifikovani su problemi plovnog puta, dok je otpad identifikovan i kao pritisak i kao pretnja. U visokoplaninskim terenima i terenima podložnim požarima, glavnu pretnju predstavljaju nemarni posetioci ali i namerno paljenje vegetacije, što predstavlja i dodatni pritisak na ekosistem. Kao pretnja i pritisak izdvojeno je i sakupljanje lekovitog bilja i pečuraka.

U nekom narednom periodu, upravljači se slažu da se veća pažnja mora usmeriti na pretnje koje potiču od gazdovanja i upravljanja šumama, od alohtonih i invazivnih vrsta, promene namene zemljišta, turizma i problema protivpožarne zaštite. Što se tiče pritiska tri najizraženija, su upravljanje vodama, nerešeni imovinsko-pravni odnosi i promena namene zemljišta (Pišćević, 2009).

PIO „Dolina Pčinje“

Na osnovu rezultata poslednje sprovedenog upitnika, u 2017. godini, upravljač je kao glavni pritisak izdvojio divlju gradnju, koji predstavlja trajan pritisak na ovo područje. Takođe, kao glavna pretnja izdvojene su fizičke pretnje čuvarima što je označeno kao snažan uticaj na područje. Gazdovanje šumama, lov i ribolov, upravljanje vodama, otpad i problematika protivpožarne zaštite takođe predstavljaju događaje sa prepoznatim uticajem ili koje će imati uticaj na područje u narednih pet godina.

U delu ankete koji se odnosi na planiranje upravljanja PIO „Dolina Pčinje“, upravljač se uglavnom slaže odnosno uglavnom ne slaže sa tvrdnjama koje su navedene. Pa tako smatra da ciljevi zaštićenog područja uglavnom ne predviđaju zaštitu i očuvanje biodiverziteta, kao i da sama politika i planovi upravljanja nisu sa njima usklađeni. Međutim, specifični ciljevi u vezi biodiverziteta uglavnom su jasno definisani planom upravljanja, a sama politika i ciljevi upravljanja su uglavnom jasni zaposlenima i podržani od strane lokalne zajednice.

Što se tiče pravne sigurnosti ona uglavnom ne predstavlja dugoročnu, obavezujuću zaštitu, niti ima jasna razgraničenja koja omogućavaju postizanje ciljeva upravljanja u zaštićenim područjima. Takođe, upravljač smatra da uglavnom postoje nerešeni sporovi u pogledu zakupa ili prava korišćenja zemljišta, ali i da je nedovoljno adekvatnog osoblja i finansijskih sredstava kako bi se sprovodile ključne aktivnosti primene zakona. Međutim, sukobi sa lokalnom zajednicom se uglavnom rešavaju pravično i efikasno.

Područje PIO „Dolina Pčinje“ je povezano sa drugim područjima očuvanih ili zaštićenih površina, a upravljač smatra da je lokacija određena uglavnom prema ciljevima samog dobra. Međutim, smeštaj i konfiguracija uglavnom ne optimizuju zaštitu biodiverziteta, a i sistem

zoniranja uglavnom nije adekvatan za postizanje ciljeva upravljanja. Takođe, upravljač ističe da korišćenje zemljišta u okolnim područjima uglavnom ne omogućava efikasno upravljanje.

Kada je reč o ulaganjima koje treba ispuniti u cilju boljeg upravljanja upravljač se uglavnom slaže da je nivo zapošljavanja dovoljan za efikasno upravljanje područjem, kao i da osoblje poseduje potrebne veštine za sprovođenje ključnih aktivnosti. Takođe, usavršavanje i mogućnosti za razvoj uglavnom su primereni potrebama osoblja, ali se njihov radni učinak i napredak u ostvarivanju ciljeva periodično nadzire. Međutim, uslovi zapošljavanja nisu dovoljni da bi se zadržao visok kvalitet osoblja.

Kao glavne nedostatke u komunikaciji i protoku informacija, upravljač ističe odsustvo odgovarajućih načina komuniciranja osoblja u kancelarijama i na terenu. Takođe, ne postoji dovoljno ekoloških i društveno-ekonomskih podataka koji su prikladni za planiranje upravljanja, ali i ne postoje odgovarajući načini prikupljanja novih informacija. Jedino sa čime se upravljač uglavnom slaže jeste da postoje odgovarajući sistemi za obradu podataka kao i efikasna komunikacija sa lokalnom zajednicom.

Što se tiče infrastrukture, upravljač se uglavnom ne slaže da je prometna infrastruktura i terenska oprema prikladna za sprovođenje ključnih aktivnosti, što se takođe odnosi na objekte u kojima je smešteno osoblje. Takođe, uglavnom ne postoji adekvatno održavanje i briga o opremi koja garantuje njenu dugovečnost, ali posebno se naglašava da objekti koji su namenjeni posetiocima nisu primereni za korišćenje.

Kada se analizira finansiranje PIO „Dolina Pčinje“ dugoročni finansijski izgledi za ovo područje su stabilni i alokacija izdataka odgovara prioritetima i ciljevima. Takođe, u proteklih pet godina finansiranje je bilo adekvatno za sprovođenje ključnih aktivnosti upravljanja. Upravljač uglavnom ne smatra da će finansiranje u narednih pet godina biti u skladu sa ciljevima upravljanja, ali ni da dosadšnja praksa upravljanja finansijama ovim područjem omogućava efikasno i delotvorno upravljanje.

Proces planiranja upravljanja na teritoriji ovog područja uglavnom se sprovodi, i to preko nedavno napisanog plana upravljanja i postojanja sveobuhvatnog popisa prirodnih i kulturnih resursa. Takođe, rezultati istraživanja i praćenja su deo rutinskog uključivanja u planiranje. Međutim, upravljač se uglavnom ne slaže da postoji analiza opasnosti i pritisaka kao strategija njihovog rešavanja niti detaljan plan koji utvrđuje specifične ciljeve upravljanja.

Kada je u pitanju donošenje odluka o upravljanju, uglavnom postoji jasna unutrašnja organizacija i javno donošenje odluka. Takođe, ističe se da postoji redovna saradnja sa partnerima, lokalnom zajednicom i drugim organizacijama, kao i da su lokalne zajednice uključene u proces odlučivanja i da postoji efikasna komunikacija između svih nivoa osoblja i rukovodioca područja.

Upravljač se uglavnom ne slaže da se pomno prati i evidentira učinkovitost legalnog i ilegalnog korišćenja područja, kao i da su istraživanja o ključnim ekološkim pitanjima u skladu sa potrebama područja. Međutim, prednost je ta što upravljač ima redovan pristup najnovijim

istraživanjima i savetima, ali se ne slaže da se utvrđuju i prioritiziraju ključna istraživanja i praćenje.

Zaključak koji upravljač daje na osnovu predhodne dve godine upravljanja je da su upravljanje divljim životinjama i staništima kao i rad na terenu sa lokalnom zajednicom i edukacija bili uglavnom dosledni opasnostima, pritiscima, ciljevima kao i godišnjem planu rada ovog područja. Takođe, tu treba dodati i planiranje upravljanja i popisivanje, praćenje, nadgledanje i ocenjivanje osoblja ali i njihovo kontinuirano usavršavanje i razvitak. Upravljač se uglavnom ne slaže da su obnova lokacija i naponi za ublažavanje kao i prevencija opasnosti, otkrivanje i sprovođenje zakona bili dosledni opasnostima, pritiscima i ciljevima područja. Takođe, u periodu od dve godine, nije postojala briga o posetiocima, niti razvoj infrastrukture, a ni rezultati istraživanja koji su u skladu sa ciljevima upravljanja i godišnjim planom rada.

4.6.2. METT

U Srbiji analiza upravljanja zaštićenim područjima obuhvatila je 21. pilot područje, a urađena je 2009., 2011. i 2015. godine primenom METT metodologije (*Management Effectiveness Tracking Tool*) u okviru UNDP projekta: „Podrška održivom finansiranju sistema zaštićenih prirodnih dobara u Srbiji“ (*„Ensuring financial sustainability of the protected area system of Serbia“*, UNDP Serbia, 2010-2014). Projektom su obuhvaćena 5 nacionalna parka, 9 specijalna rezervata prirode, 3 predela izuzetnih odlika, 3 parka prirode i 1 spomenik prirode.

Što se tiče Pčinjskog okruga, METT upitnik urađen je samo za PIO „Dolina Pčinje“. Rezultati analize biće predstavljeni preko uopštenog stanja upravljanja u Srbiji, sa posebnim osvrtom na PIO „Dolina Pčinje“ uz sagledavanje trenda promena.

Ukupni rezultati procene, preko bodovanog METT upitnika, pokazuju bolje upravljanje u 21. pilot području u 2011. godini u odnosu na 2009.godinu. Kao najčešće slabosti izdvojene su: zaposlenost, planiranje upravljanja, odnosi zajednice, procena i smanjenje pritiska, istraživanja i monitoring, zakonska regulativa, kao i planovi upravljanja resursima.

Kod nekih je razlika u istraživanjima sprovedenim dvogodišnjem vremenskom razmaku bila neznatna, dok je kod drugih bila zapažena. Primećene razlike i do 55%, ustavnovljene su u SRP „Karađorđevo“, ali i u PIO „Dolina Pčinje“.

PIO „Dolina Pčinje“

Procena upravljanja PIO „Dolina Pčinje“, bazirana na rezultatima anketiranja u toku dvogodišnjeg perioda, pokazuje veliki napredak na bolje. Rezultati istraživanja sprovedenih u 2009. godini, pokazuju nisku vrednost (26%), dok rezultati istraživanja sprovedenih 2011. godine pokazuju vrednost od 73%, koja je veoma slična rezultatima istraživanja iz 2015. i 2017. godine (72%). Samo na osnovu ukupnog rezultata, bez detaljnijeg uvida, moguće je zaključiti da je u 2011. godini došlo do bitnijih promena u upravljanju zaštićenim područjem sa kojim se nastavilo i u narednom periodu.

Detaljnijom analizom rezultata iz 2009. i 2011. godine uočene su promene po pitanju stručnosti zaposlenih, usklađivanja ciljeva i zahteva upravljanja, sistema zaštite/kontrole korišćenja resursa, broja zaposlenih, pitanja njihove obučenosti i veština, saradnje sa autohtonim stanovništvom i lokalnim zajednicama, pogodnostima za posetioce, naknadama od ulaznica, dozvola i sl. Takođe, u istraživnjima iz 2015. i 2017. godine postoje razlike, koje ne menjaju značajnije upravljanje područjem u odnosu na 2011. godinu.

U toku 2009. godine, kao glavna pretnja u zaštićenom području izdvojene su rekreativne aktivnosti i turizam, dok su među onima sa umerenim uticajem izdvojene infrastruktura za turizam i rekreaciju, destruktivne aktivnosti i vandalizam na području, brane i promena vodnog režima, korišćenje ili upravljanje vodama, suše i temperaturni ekstremi. U pretnje sa malim uticajem izdvojene su putevi i železnica, seča šume, kanalizacija i otpad iz postrojenja u okviru zaštićenog područja. Ostali pritisci nisu bili identifikovani a neke kategorije iz upitnika nije bilo moguće primeniti.

Za razliku od ranijeg istraživanja, u 2011. godini kao glavne pretnje bile su izdvojene lovstvo, ubijanje i sakupljanje divljih životinja, seča šuma, ribolov i uništavanje akvatične zajednice, dok je većina drugih pritisaka označena kao umerena, odnosno, slaba. Na području nije zabeležen pritisak koji potiče od intordukovanog genetičkog materijala, zemljotresa, klizišta i slično.

Analiza upravljanja u 2015. godini veliki broj pretnji označava kao one sa najjačim uticajem na degradaciju vrednosti područja. Pre svega su tu uključena naselja i kuće, stočarstvo i ispaša, proizvodnju energije, uključujući i hidroenergetske brane, takođe celokupni uticaj na biološke resurse područja i klimatske promene i vreme itd. Za razliku od rezultata iz 2015. godine gde većina pretnji ima snažan uticaj, u 2017. godini, prema upravljaču, ove pretnje imaju srednji ili slab uticaj.

Što se tiče dela za procenu upravljanja, zaposleni u zaštićenom području, prema istraživanju iz 2011. godine imaju prihvatljive kapacitete za sprovođenje zakona i propisa uz male propuste, u poređenju sa predhodnim podacima kada su postojali veliki nedostaci prilikom sprovođenja. U 2015. godini postoje propisi za kontrolu nepravilnog korišćenja zemljišta i aktivnosti u zaštićenom području što predstavlja odličnu osnovu za upravljanje. Takođe, definisanjem ciljeva upravljanja u 2011. godini moguće je bilo upravljanje uskladiti sa njima. Iste godine doneti su plan upravljanja i plan rada zaštićenog područja i započelo se sa sprovođenjem većine planiranih aktivnosti. Što se tiče informacija o važnim staništima, vrstama, ekološkim procesima i kulturnim dobrima zaštićenog područja relevantnih za sve oblasti planiranja i donošenja odluka u 2015. godini je bilo dovoljno, ali u 2017. godini su nedovoljne za sprovođenje ključnih aktivnosti. Veliki napredak u 2011. godini zabeležen je i u sistemima za kontrolu pristupa ili zaštite resursa koji postoje i u potpunosti su delotvorni, međutim u 2015. godini su delimično efikasni, a u 2017. godini zadovoljavaju potrebe. U 2011. godini ustanovljeno je da se u zaštićenom području sprovode ispitivanja i istraživanja koja nisu usmerena na potrebe upravljanja područjem. Najnoviji rezultati pokazuju da postoji sveobuhvatan, integrisan program istraživanja koji je relevantan za potrebe upravljanja. Kad je u pitanju upravljanje resursima

postoji napredovanje u 2011. godini, jer se ispunjavaju mnogi preduslovi za aktivno upravljanje važnim staništima, vrstama, ekološkim procesima i kulturnim vrednostima, ali se ne rešavaju neka od glavnih pitanja. Prema najnovijem istraživanju, preduslovi za aktivno upravljanje važnim staništima, vrstama, ekološkim procesima i kulturnim dobrima ispunjavaju se u najvećoj meri ili u potpunosti. Prva istraživanja pokazuju da je broj zaposlenih neadekvatan, s tom razlikom što u 2011. godini postoji napredak u obučenosti i razvijanju veština koje se smatraju adekvatnim ali bi se i dalje mogli unaprediti.

Prema podacima iz 2011. godine postoji napredak i po pitanju finansiranja zaštićenog područja, iako je neadekvatan za osnovne potrebe upravljanja i ozbiljno ograničava upravljačke kapacitete, svakako je bolji u odnosu na rezultate predhodnog istraživanja, kada budžet nije postojao. Mora se napomenuti da je budžet veoma mali i zaštićeno područje ne bi moglo da funkcioniše bez dodatnih izvora sredstava. U narednim istraživanjima vođenje i upravljanje budžetom je odlično i ispunjava potrebe upravljanja, što se razlikuje od predhodnih godina kada je bilo loše ali je uticalo na doprinos.

Kada je u pitanju oprema i njeno osnovno održavanje, ona postoji, ali u 2011. godini se upravljači suočavaju sa nedostacima koji utiču na upravljanje njom, dok prema najnovijim rezultatima postoji odgovarajuća oprema i prostorije u PIO „Dolina Pčinje“. Prva istraživanja pokazuju da program edukacije i podizanje svesti ljudi i dalje samo delimično ispunjava potrebe i mogu biti dalje unapređeni, dok od 2015. godine postoji odgovarajući program obuke i podizanja svesti, koji se u potpunosti se primenjuje. U toku 2009. i 2011. godine planovi korišćenja zemljišta i vode u okolini delimično su uključeni u dugoročne potrebe zaštićenog područja. Međutim, u 2015. godini ovi planovi su u potpunosti uračunati, dok upravljač u 2017. godini smatra da su delimično uključeni.

Kada su u pitanju susedni korisnici zemljišta i vode, postoji napredak u 2011. godini u saradnji upravljača sa susednim državnim/privatnim korisnicima resursa, ali ona nije razvijena u velikoj meri. U 2015. godini dobra saradnja potvrđena je preko redovnog kontakta, dok u najnoviji rezultati pokazuju smanjenje saradnje. Od 2015. godine autohtono i tradicionalno stanovništvo direktno učestvuje u svim odlukama upravljanja zaštićenim područjem, ali u 2017. godini saradnja se može unaprediti. Napredak je postignut i kroz učešće lokalnih zajednica u direktnom doprinosu nekim relevantnim odlukama, ali se njihovo učešće može i dalje unaprediti. Korak napred je urađen i po pitanju ekonomske dobiti lokalnih zajednica, gde sada one imaju mali prihod od zaštićenih područja. Međutim, od 2015. godine, ekonomska dobit je prepoznata kao potencijal i razvijaju se planovi za njihovo sprovođenje.

Sistem monitoringa i evaluacije takođe je unapređen i od 2011. godine postoji i sprovodi se, ali se rezultati ne primenjuju kod upravljanja. Od 2015. godine postoji dobar sistem za monitoring i evaluaciju i dobro se primenjuju i koristi kod prilagodljivog upravljanja. Takođe, po pitanju pogodnosti za posetioce u 2011. godini one su bile na višem nivou i odlično odgovarale nivou posećenosti, međutim od 2015. godine upravljač prepoznaje neophodnost za dodatnim pogodnostima. Rezultati najnovijeg istraživanja pokazuju da je trenutni nivo zadovoljavajuć, ali

se treba raditi na poboljšanju. Unapređena je i postignuta dobra saradnja između upravljača i komercijalnih turističkih vodiča u cilju održavanja i unapređenja dobara zaštićenog područja u 2011. godini, dok je saradnja u 2015. ograničena na administrativna ili pravna pitanja. Najnoviji rezultati pokazuju da postoji ograničena saradnja između upravljača i turističkih operatera koji bi trebalo poboljšati turističke posete i održavanja dobara zaštićenog područja. Postojeći sistem naplate je sproveden i kroz praksu i predstavljala zanačajan doprinos zaštićenom području i okolini do 2011. godine, dok u kasnijim istraživanjima sistem naplate je ustanovljen i delom predstavlja doprinos zaštićenom području i okolini. Istovremeno, postoji napredak i u očuvanju biodiverziteta, ekološke i kulturne vrednosti koje su većinom netaknute u 2011. godini, dok su u 2015. godini neka značajna dobra biološke raznovrsnosti, ekološka i kulturna dobra delimično oštećena, međutim najveća dobra nisu ozbiljno pogođena. Dobrim upravljanjem, prema najnovijim rezultatima, upravljač ističe da su biodiverzitet, ekološka i kulturna dobra većinski neoštećena.

Velike razlike u rezultatima istraživanja za PIO „Dolina Pčinje“ u početnom periodu istraživanja mogu se prepisati manjkom objektivnosti, jer su učestvovali različiti ispitanici. Različitost se prvenstveno odnosi na različite profesije, poslove koje obavljaju i sl. U poslednja tri istraživanja, primećuje se doslednost i objektivnost u odgovorima koje su davali zaposleni na poslovima zaštite prirode. Vrlo je verovatno da velike razlike u upravljanju područjem 2009. godine potiču zbog nedovoljne stručnosti lica koja su bila uključena u anketiranje.

V. MOGUĆA UNAPREĐENJA MONITORINGA STANJA ZAŠTIĆENIH PODRUČJA

U XXI veku kao veoma istaknute metode za praćenje, mapiranje i upravljanje zaštićenim područjima ističu se daljinska detekcija (engl. *remote sensing*, RS) i geografski informacijski sistemi (GIS). Tehnologija RS obezbeđuje kolekcioniranje i analizu podataka prikupljenih tokom više decenija, snimanjem sa površine Zemlje, iz atmosfere i sa platforma iz Zemljine orbite, koji mogu biti dovedeni u vezu sa GPS podacima i GIS funkcijama. Time se obezbeđuju nove mogućnosti za modeliranje (Franklin, 2000; Rogan & Chen, 2004). Konstantno usavršavanje karakteristika senzora i celokupno unapređenje tehnika analitike dovelo je i do veće zastupljenosti daljinske detekcije u svim sferama primene. Sve ovo doprinosi da daljinska detekcija bude identifikovana kao glavni izvor podataka, ne samo zemljišnom pokrivaču i njegovom korišćenju, već i o načinu korišćenja zemljišta, što potvrđuje i sve veći broj agencija za planiranje koje ove podatke koriste, ali i inicijative za praćenje promena vegetacije na različitim skalama.

Podaci dobijeni ovim metodama predstavljaju, takođe, značajan izvor informacija upravljačima za pravilno rukovođenje prirodnim dobrima. Dostupnost podataka daljinske detekcije zaslužna je za sve veću primenu monitoringa na globalnom nivou jer omogućava, u većoj ili manjoj meri, konstantno posmatranje cele površine zemlje ali i uočavanje promena sensorima na sinoptički način (Eastman, Sangermano, Machado, Rogan, & Anyamba, 2013; Osunmadewa, Csaplovics, Majdaldin, Adeofun, & Aralova, 2017).

Nekoliko novih studija ukazuje da primena metoda daljinske detekcije može da se iskoristi u cilju boljeg očuvanja biodiverziteta i upravljanja ekosistemima, kao za procenu promena načina korišćenja zemljišta (Kerr & Ostrovsky 2003; Turner, Spector, Gardiner, Fladeland, Sterling, & Steininger, 2003; Hansen, De Fries, & Turner, 2004; Gross, Nemani, Turner, & Melton, 2006). Primena daljinske detekcije može direktno podržavati potrebe monitoringa stanja i upravljanja u zaštićenim područjima, uključujući i prioritetne oblasti praćenja dinamike pejzaža, mapiranje invazivnih vrsta, šumskih požara i drugih poremećaja.

Metode daljinske detekcije mogu se koristiti za prepoznavanje i simuliranje promena u područjima koja su izložena prirodnim ili antropogenim procesima (Hansen, & Rotella, 2002; Jantz, Goetz, & Shelley, 2004; Wang, Mitchell, Nugranad-Marzilli, Bonyngne, Zhou, & Shriver, 2009). Brojne studije su se bavile utvrđivanjem stepena promena u područjima (Mouat, Mahin & Lancaster, 1993; Lambin & Strahler, 1994; Roberts, Batista, Pereira, Waller, & Nelson, 1999; Hayes & Sader, 2001; Walker, 2003; Rogan, Franklin & Roberts, 2002; Woodcock & Ozdogan, 2004; Mas, 1999; Rhemtulla, Mladenoff, & Clayton, 2007; Wilkinson, Parker, & Evans, 2008; Wang et al., 2009).

Razumevanje načina i stepena promena u vegetacijskom pokrivaču omogućuje identifikaciju vrednosti predela u zaštićenim područjima ali i omogućava samim upravljačima bolje

razumevanje pojava uklapanja ekosistema tog područja u predeo većih razmera. Danas, kao što je ranije istaknuto, jedan od najvećih izazova koji se nameće upravljačima zaštićenih područja jeste kako napraviti balans između očuvanja resursa i njihovog održivog korišćenja. Zbog toga se oni sve češće suočavaju kompleksnim i izazovnim pitanjima koja zahtevaju široko razumevanje stanja prirodnih resursa svakog područja kao osnove za donošenje odluka, rad sa drugim agencijama i komuniciranje sa javnošću radi zaštite prirodnih sistema parkova i vrsta (Gross et al., 2006; Fancy, Gross, & Carter, 2009; Wang et al., 2009).

Jedino ograničenje široke primene RS podataka i GIS analize je nužnost angažovanja stručnjaka odgovarajućih kompetencija u ovim oblastima koji mogu pružiti upravljaču željene rezultate. Druga mogućnost, prema Kennedy et al. (2009), je da upravljači moraju specijalizovati svoje sposobnosti u cilju što bolje primene tehnika za analizu podataka daljinske detekcije radi boljeg razumavanja promena.

5.1. Primena savremenih metoda za praćenje promena vegetacijskog pokrivača u zaštićenim područjima na primeru Parka prirode „Golija“

Studije kojima se utvrđuju promene područja uključuju niz sekvencijalnih koraka koji su detaljno opisali različiti autori (npr. Schott, 1997, Lunetta, 1998, Coops et al., 2007; Cihlar, 2000), a koji naglašavaju da upravljač prirodnog dobra mora dobro da shvati i razume same promene. Autori Kennedy et al. (2009) ove postupke sumiraju i izdvajaju četiri glavna, široka koraka za utvrđivanje promena:

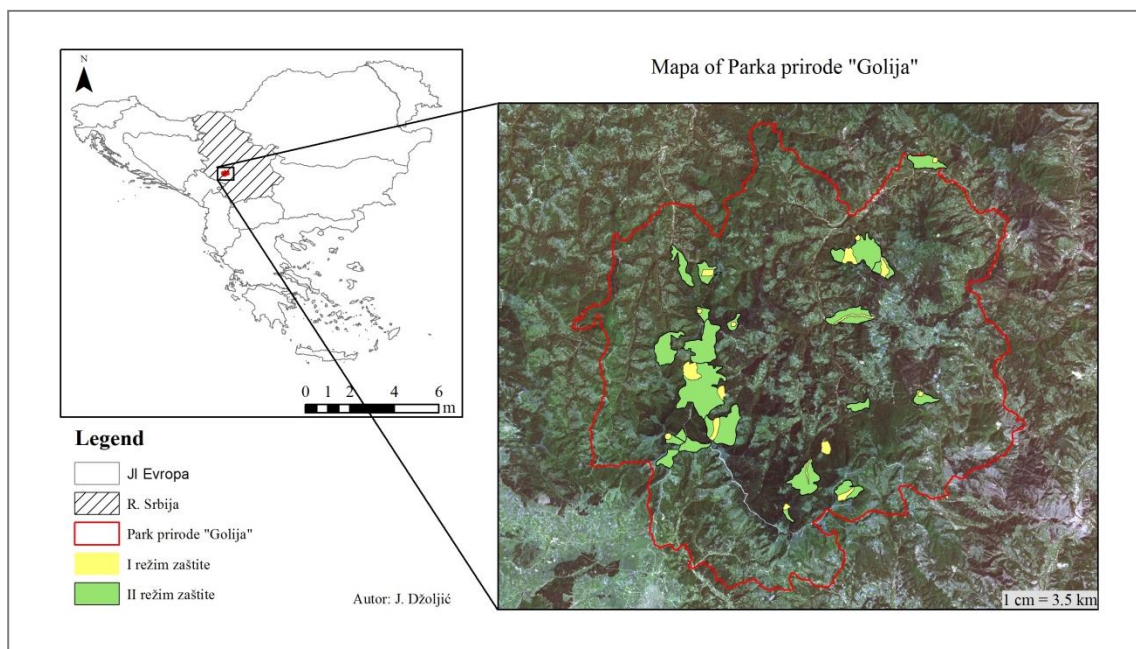
- prikupljanja podataka,
- njihovo preprocesuiranje i / ili poboljšanje,
- analiza i
- evaluacija.

Na primeru Parka prirode „Golija” kao pilot području biće prikazana primena metoda RS-a i GIS-a za utvrđivanje promena vegetacijskog pokrivača u periodu od pre proglašenja područja kao Park (2000. god.) i nakon 15 godina.

5.1.1. Park prirode „Golija“

Područje planine Golija je proglašeno Parkom prirode 2001. godine („Sl. glasnik RS“, br. 45/01), a iste godine dobija i status UNESCO Rezervata biosfere (Golija-Studenica) u okviru programa „Čovek i biosfera“ (Sl. 43). Područje Rezervata biosfere u potpunosti pripada Parku prirode koji obuhvata 75 183 00 ha. U parku prirode izdvojene su tri zone zaštite:

- Prvim režimom (*core area*) obuhvaćeno je 0,74% teritorije parka, ili 0,90 % teritorije Rezervata;
- Drugi režim (*buffer area*) obuhvata 5.16% teritorije parka, ili 6,8 % teritorije Rezervata i
- treći režim (*transitional area*) uključuje 94,10% teritorije parka ili 92,3% teritorije Rezervata.



Slika 43. Lokacija parka prirode „Golija“.

Područje parka prirode je od davnina naseljeno i izloženo konstantnom antropogenom pritisku zbog izuzetnih prirodnih vrednosti. Najznačajniji spomenik kulture u granicama parka je manastir Studenica koji se nalazi pod zaštitom Uneska (UNESCO), dok se u njegovoj neposrednoj blizini nalaze i drugi veoma značajni kulturno-istorijski spomenici: Đurđevi stupovi, Petrova crkva, Sopoćani, Stari Ras koji su zakode pod zaštitom Uneska.

Na području Parka prirode glavne aktivnosti stanovništva su šumarstvo, ekstenzivno gajenje stoke, ispaša kao i sakupljanje divljih i domaćih vrsta aromatičnog i lekovitog bilja, pečuraka, šumskih plodova i sl. Takođe, na ovom području zastupljena je i poljoprivredna delatnost. Najpoznatiji proizvod je ivanjički krompir koji će se uskoro sa ostalim proizvodima ovog kraja naći na listi proizvoda sa zaštićenim geografskim poreklom (*Geographic indication of origin (PGI)*, *European progress*, 2014). Razvoj turističke infrastrukture dodatno pojačava antropogeni pritisak koji dodatno utiče na promenu vegetacijskog pokrivača i prenamenu površina. Sve ove promene moguće je mapirati sprovođenjem sistematskih terenskih istraživanja, ali mnogo precizniji podaci mogu se dobiti primenom geoinformacionih tehnologija koje bi trebalo primeniti i na zaštićenim područjima Pčinjskog okruga.

Celokupno istraživanje promene vegetacijskog pokrivača na teritoriji Parka prirode „Golija“ kao pilot područja, urađeno je u Laboratoriji Geoinformacionih sistema u menadžmentu životne sredine na Mediteranskom Agroekonomskom institutu u Hanji (MAICh), Krit, Grčka.

Za detekciju promena vegetacijskog pokrivača na teritoriji Parka prirode „Golija“ korišćeni su LANDSAT satelitski snimci odgovarajućih kordinata iz perioda pika vegetacije u umerenoj klimatskoj zoni. S obzirom na to da je istraživanjem obuhvaćen vremenski period od 15 godina, satelitski snimci nastali su korišćenjem dva razilčita tipa senzora Landsat 7 ETM+ i Landsat 8

OLI, osrednje prostorne rezolucije. Snimci nastali upotrebom Landsat ETM+ i TM, odnosno OLI senzora uglavnom su korišćeni za mapiranje promena vegetacije u toku dužeg vremenskog perioda kao i za analiziranje prostorno-vremenskih promena (Xie, Sha, & Yu, 2008).

Izdvojeni satelitski snimci (Tab. 22), preuzeti su iz otvorene baze podataka USGS³⁸ (<https://glovis.usgs.gov/>). Razlog njihovog odabira je što odgovaraju vremenskom okviru istraživanja i bliskog su datuma nastajanja, što smanjuje razlike sezonskih promena vegetacije prilikom identifikacije.

Tabela 22. Izdvojeni satelitski snimci

	Landsat identifikator scene	D/M/G	Vreme	Centralna g. dužina	Centralna g. širina
1	LE71860302000210EDC00	28/7/2000	09.13164199136Z	20.279	43.186
2	LC81860302014224LGN00	12/8/2014	09.22079514155Z	20.319	43.184

5.1.2. Pre-procesiranje snimaka

Radi bolje intepretacije satelitskih snimaka, posebno kada se radi o vegetacijskom pokrivaču, neophodno je poboljšati kvalitet podataka što se postiže uklanjanjem nedostataka, odnosno „šumova“ sa snimaka. Za potrebe ovog istraživanja, tokom preprocesiranja korišćena su dva softvera ERDAS Imagine 2013 kako bi se bendovi sumirali (Bend 1-6) i ENVI 5.1. za atmosfersku korekciju. Uklanjanje nedostataka nastalih kao posledica prisustva vodene pare u atmosferi, rasipanjem radijacije i sl. urađena je primenom *FLAASH* i *Dark Object Subtraction* (DOS) funkcijama.

Model *FLAASH* predstavlja jedan od prvih principa atmosferske korekcije koji koriguje talasne dužine kroz vidljivi, NIR i kratkotalasni spektar do 3 μm . Primena ove funkcije podrazumeva predhodno definisanje i primenu radiometrijske kalibracije (više o samoj metodi u istraživanju autora Schroeder, Cohen, Song, Canty, & Yang, 2006).

Model *Dark object subtraction* predstavlja jedan od jednostavnijih, široko primenjivanih metoda apsolutne atmosferske korekcije za klasifikaciju snimaka i utvrđivanje promena (Spanner, Pierce, Peterson & Running, 1990; Ekstrand, 1994; Jakubauskas, 1996; Huguenin, Karaska, Blaricom, & Jensen, 1997; Song, Woodcock, & Seto, 2001). Ovaj model razvijen je sa pretpostavkom da na satelitskom snimku postoje neki delovi koji imaju refleksiju blisku jedinici (npr. voda, gusta vegetacija, senke i slično) i kao takvi utiču na celokupni signal koji beleži sensor, a nastaje zbog atmosferskog rasipanja radijacije (puta) i koji mora biti uklonjen (Chavez Jr., 1996; Schroeder et al., 2006).

³⁸USGS – U.S. Geological Survey

5.1.3. Analiza glavnih komponenti (Principal component analysis, PCA)

Analiza glavnih komponenti je ortogonalna tj. linearna transformacija korelisanih snimaka u vremenskom nizu u nekorelisane snimke koje ne menjaju broj slika u vremenskoj seriji (Eastman, 2012; Parmentier, 2014). Snimci vremenskih nizova pretvaraju se u skupove glavne komponente koji su nezavisni jedni od drugih u smislu varijanse. Transformacija prvobitnih podataka u nove osnove (ose) glavnih komponenti obuhvata izračunavanje koeficijenta transformacije (sopstvene vrednosti i sopstveni vektori) koje se moraju primeniti linearno na originalne vrednosti piksela. Ova linearna transformacija izvedena je iz kovarijantne matrice originalnog skupa podataka. Najveća vrednost varijanse unutar vremenskih serija sadržana je u prvoj komponenti (Fung and LeDrew, 1987; Thiam, 1997; Eastman, 2012; Osunmadewa et al., 2017). Redukcijom količine podataka i stvaranjem novih linearnih kombinacija poboljšava se mogućnost intepretacije podataka.

Određivanje glavnih komponenti urađeno je pomoću ERDAS Imagine softvera za izračunavanje sopstvenih vrednosti i vektora, i dobijanja informacije o faktoru učitavanja (R) svakog benda. Faktor R predstavlja korelacioni koeficijent između varijabila (redovi) i faktora (kolona).

Još jedan od metoda za utvrđivanje promena u vegetacijskom pokrivaču u toku određenog vremenskog perioda podrazumeva analiziranje glavnih komponenti svih bendova, relevantnih za detekciju promena, snimaka različitih vremenskih perioda. Glavna ideja ove metode je da najveća vrednost varijanse glavnih komponenti, generalno posmatrano, ukazuju na oblasti koje su pretrpele promene (Deng, Wang, Deng, & Qi, 2008), samim tim observacija glavnih komponenti omogućuje njihovo lakše identifikovanje.

5.1.4. Klasifikacija vegetacijskog pokrivača

Metod klasifikacije snimaka u širem smislu koristi se za ekstrakciju diferenciranih klasa ili tema iz sirovih satelitskih podataka, a koje uključuju i preprocesiranje snimaka. „Nadgledana” (*Supervised*) klasifikacija izvršena je pomoću ERDAS softvera, korišćenjem selektovanih višestrukih spektralnih signala.

Nadgledana klasifikacija predstavlja metod treniranja algoritma iz skupa podataka. Ona sadrži promenljive prediktore određene za svaku jedinicu uzorkovanja koji su dodeljeni odgovarajućim klasama jedinicama za uzorkovanje (Černá & Chytrý, 2005; Xie et al., 2008). Ova klasifikacija koristi trening podatke za generisanje statistike za klasifikaciju (srednja varijansa / kovarijansa). Trening područja su izabrana da podržavaju algoritam klasifikacije koristeći pravilo maksimalne verovatnoće klasifikacije (MLC), koji se smatra najtačnijim klasifikatorom u ERDAS-u, jer uzima u obzir najvažniju varijablu (Hong, MacGillavry & Raaphorst, 1998). Na osnovu toga, Bajesova verovatnoća se izračunava iz ulaznih podataka za klase uspostavljene iz treniing uzoraka. U svakom pikselu dodeljuje se klasa kojoj najverovatnije pripada (Short, 2007; Macalister & Mahaxay, 2009).

Kako bi se izvršila pravilna klasifikacija, mora biti definisana klasifikaciona shema na osnovu karakteristika vegetacije terena. Generalna klasifikaciona shema je urađena na sledeći način:

- Najvažniju klasu predstavlja klasa *šumskog pokrivača* koja obuhvata i listopadne i četinarske i mešovite šume.
- Klasa *prirodne vegetacije* predstavlja kombinaciju šuma i žbunaste vegetacije uz mali procenat niske zeljaste vegetacije. Ova klasa može predstavljati ili degradacioni ili regeneracioni stadijum šumskog pokrivača.
- Klasa *razređene niske žbunaste vegetacije* obuhvata žbunastu ili travnatu vegetaciju sa retkim drvećem. U ovu klasu mogu biti uključeni i obodi torova.
- Klasa *poljoprivrednih površina* predstavlja zemljište koje se obrađuje i ono koje je pod usevima.
- *Veštačke površine* obuhvataju puteve i požarišta. Takođe, ovoj klasi pripadaju i kuće, ali kako su one retke, naselja nisu grupisana i dovoljno velika da bi bila mapirana. Međutim, tamo gde je bilo moguće uključena su u uzorak.
- Klasa *golo zemljište* obuhvata stene i goleti.

Prilikom odabira reprezentativnih uzoraka spektralnih signala za odgovarajuće klase, korišćeni su georeferencirani podaci observacije Zemljine površine koristeći Google Earth Pro softver and CLC mapu.

CORINE mape su korišćene tj. konsultovane su samo za proveru pokrivača, iz razloga što je njihova prostorna rezolucija dovoljna za utvrđivanje vegetacijskog pokrivača na nivou Evrope, ali nije efikasna za mapiranje na lokalnu. Minimalna jedinica mape CLC mape iznosi 25 ha, a minimalna širina 100 m zbog čega se i smatra neadekvatnom za mapiranje na lokalnom nivou. Problem koji proističe iz ovakve prostorne rezolucije je da se unutar jedne mapirane jedinice nalazi veći broj raznovrsnih klasa. Međutim ove mape pružaju generalnu informaciju na osnovu koje se mogu razumeti prirodni procesi.

Najuobičajniji način provere tačnosti klasifikacije podataka daljinske detekcije, predložen od strane brojnih autora, jeste kreiranje matrice grešaka. Ove matrice porede rezultate klasifikacije (piksele unutar opisnih poligona) sa stvarnim vegetacijskim pokrivačem (utvrđenim za tačke unutar poligona). Takođe, matrice služe kao polazna tačka za opisivanje i statističku analizu tehnike (Congalton, 1991).

Prilikom definisanja tačaka za izradu matrice korišćena je jednostavna i nasumična shema. Odabrano je ukupno 700 tačaka za proveru, zbog širokog raspona nadmorske visine i veličine PP "Golija". Interpretacija vegetacijskog pokrivača referentnih tačaka urađena je pomoću Google Earth Pro softvera i korišćenjem odovarajućih snimaka. Određivanje vegetacijskog pokrivača upoređeno je i sa CORINE Land Cover (CLC) podacima za 2000. i 2012. godinu.

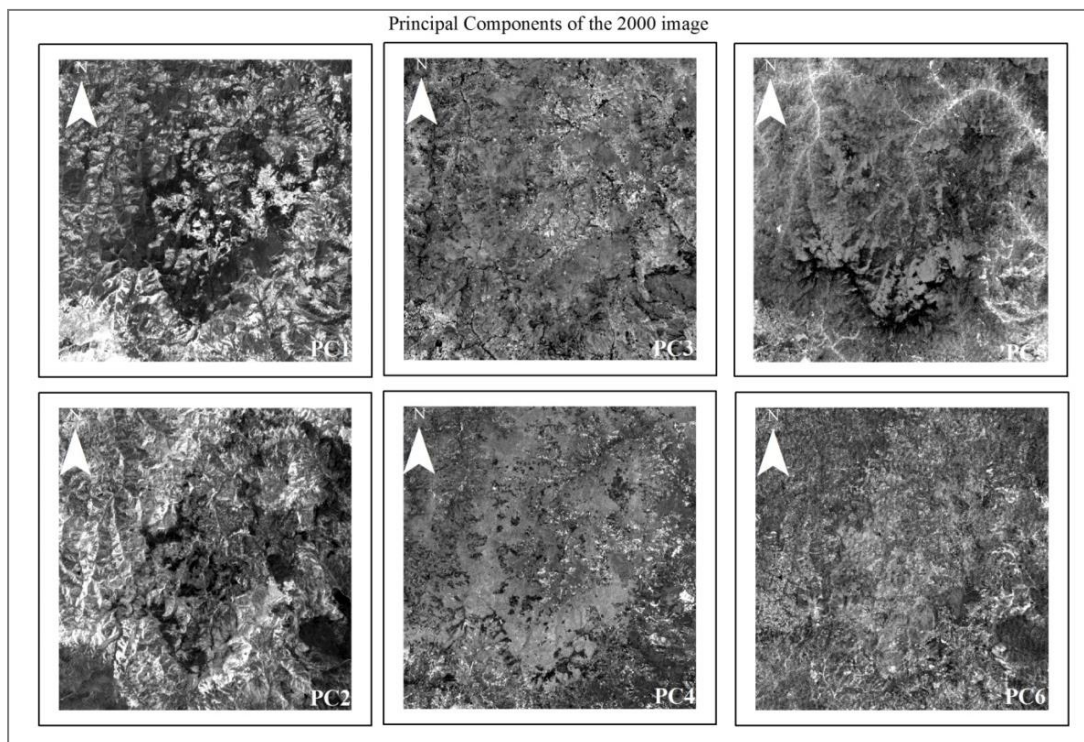
5.1.5. Analiza glavnih komponenti

Rezultati analize glavnih komponenti snimka iz 2000. godine prikazani su u Tab. 23, na Sl. 44 i 45, a snimka iz 2014. godine u Tab. 24 i na Sl. 46 i 47. Rezultati analize pokazuju da je na osnovu PC2, PC4 i PC6 moguće napraviti jasnu razliku vegetacijskog pokrivača kod snimka iz 2000. godine, što može poboljšati identifikaciju reprezentativnih uzoraka koji se koriste u nadgledanoj klasifikaciji. Prva i druga glavna komponenta sadrže najveći procenat varijanse (98,21%) slike. Glavna komponenta 4 jasno predstavlja područje koje je bilo zahvaćeno požarom (svetlo zeleno na JZ slike, Sl. 45), a može biti lako pomešano sa goletima.

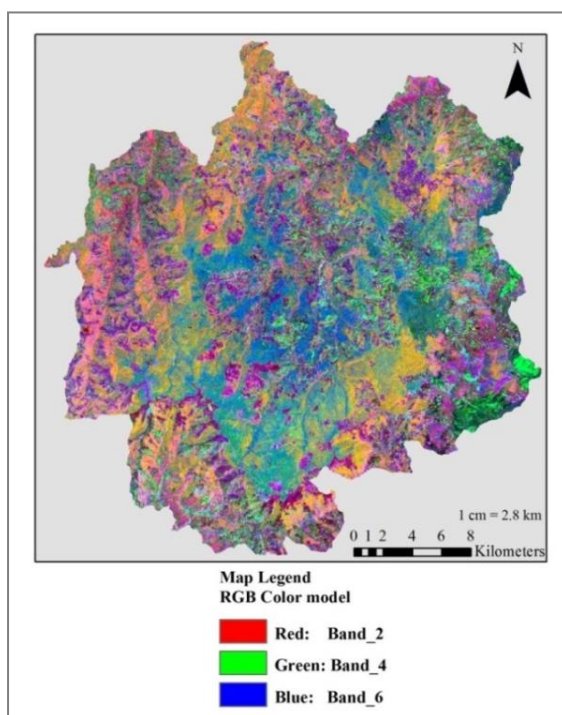
Tabela 23. Rezultati PCA analize snimka iz 2000. godine

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
Sopstvena vrednost	1451.17	383.18	24.47	4.45	3.08	1.43
Procenat [%]	77.69	20.51	1.31	0.24	0.16	0.08
Varijansa	40.53	77.63	246.04	333.23	784.91	385.45
Faktor učitavanja (R)	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
Bend 1	0.87	-0.36	-0.25	0.02	0.21	-0.10
Bend 2	0.93	-0.22	-0.26	-0.05	0.06	0.11
Bend 3	0.93	-0.31	-0.18	-0.03	-0.06	-0.02
Bend 4	0.10	0.99	-0.09	0.02	-0.01	-0.00
Bend 5	0.99	0.15	0.08	-0.03	0.01	-0.00
Bend 6	0.988	-0.126	0.023	0.090	-0.004	0.009
Matrica sopstvenih vektora	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
Bend 1	0.15	-0.12	-0.32	0.06	0.76	-0.53
Bend 2	0.22	-0.10	-0.46	-0.22	0.30	0.77
Bend 3	0.38	-0.25	-0.58	-0.19	-0.56	-0.32
Bend 4	0.05	0.92	-0.35	0.15	-0.05	-0.04
Bend 5	0.72	0.21	0.47	-0.45	0.09	-0.06
Bend 6	0.51	-0.13	0.09	0.83	-0.05	0.15

Prema rezultatima faktora učitavanja (R) Bend 4 najviše doprinosi PC2. Rezultati PCA prikazani na Sl. 44 i 45 potvrđuju vizuelni odabir trening područja za klasifikaciju.



Slika 44. Rezultati PCA analize snimka iz 2000. godine, prikaz prema glavnim komponentama.



Slika 45. Snimak Landsat ETM parka prirode “Golija” iz 2000. godine, unapređen PCA.

Što se tiče snimka iz 2014. godine, rezultati matrice pokazuju najveće vrednosti PC1, PC4 i PC5 (Tab. 24, Sl. 46 i 47). Prva i druga glavna komponenta nose 99,02% varijanse. Primećena površina požarišta na snimku iz 2000. godine, sada može biti označena kao područje regeneracije vegetacijskog pokrivača.

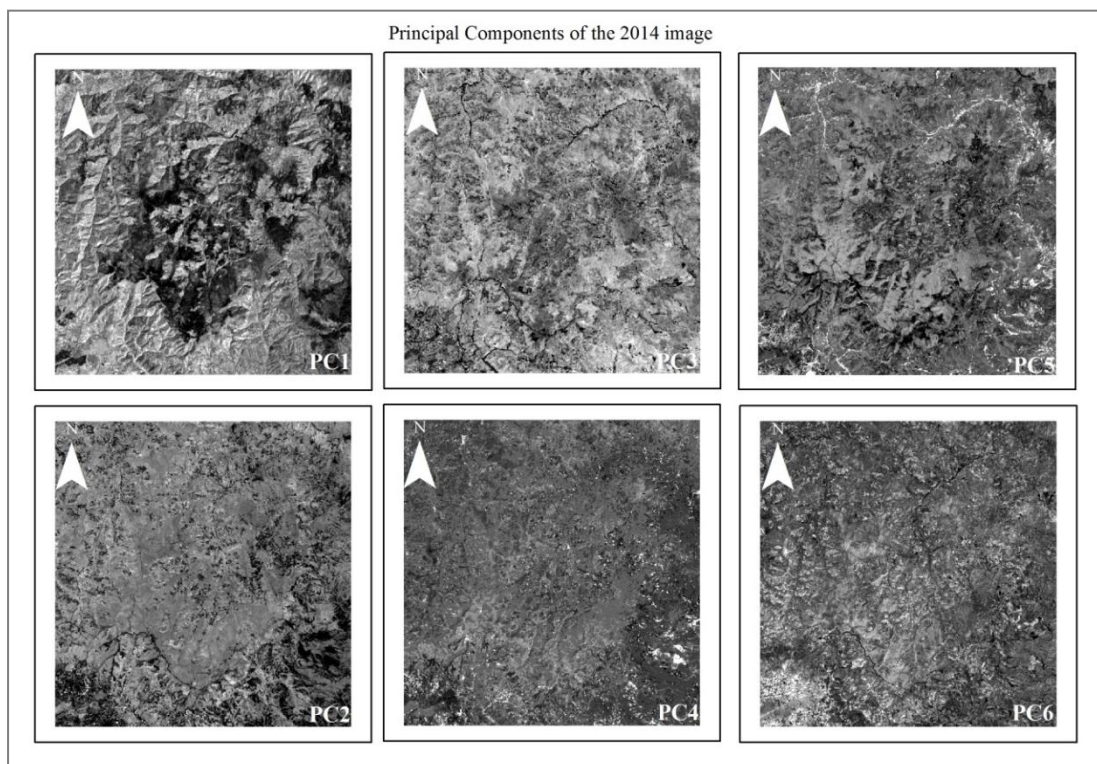
Tabela 24. Rezultati PCA analize snimka iz 2014. godine

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
Sopstvena vrednost	12549648.30	2273232.35	118002.57	14478.76	8099.10	6950.17
Procentat [%]	83.83	15.18	0.79	0.10	0.05	0.05
Varijansa	38248.40	188922.27	327994.05	9761844.64	3564823.03	1088578.86

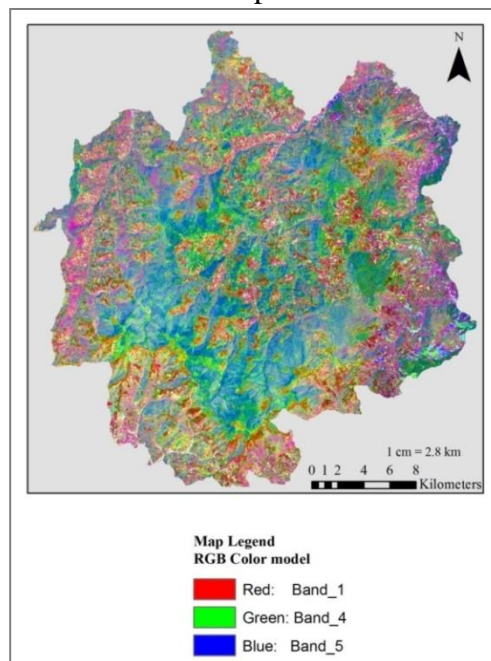
Faktor učitavanja (R)	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
Bend 1	0.19	-0.78	-0.41	0.06	0.34	-0.26
Bend 2	0.57	-0.68	-0.42	-0.11	0.07	0.12
Bend 3	0.39	-0.83	-0.37	-0.03	-0.09	-0.06
Bend 4	0.97	0.23	-0.02	0.00	0.00	0.00
Bend 5	0.87	-0.48	0.09	-0.03	0.00	0.00
Bend 6	0.68	-0.72	-0.03	0.09	0.00	0.02

Matrica sopstvenih vektora	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
Bend 1	0.01	-0.10	-0.23	0.10	0.75	-0.61
Bend 2	0.07	-0.20	-0.54	-0.42	0.36	0.61
Bend 3	0.06	-0.32	-0.61	-0.15	-0.56	-0.43
Bend 4	0.86	0.49	-0.15	0.07	-0.02	-0.02
Bend 5	0.46	-0.60	0.50	-0.40	0.03	-0.10
Bend 6	0.20	-0.50	-0.10	0.79	0.01	0.26

Prema faktoru učitavanja (R), Bend 4 doprinosi najviše prvoj komponenti.



Slika 46. Rezultati PCA analize snimka iz 2014. godine, prikaz prema glavnim komponentama



Slika 47. Snimak Landsat ETM parka prirode “Golija” iz 2014. godine, unapređen PCA.

5.1.6. Rezultati klasifikacije

Klasifikacija satelitskog snimka iz 2000. godine predstavljena je na Sl. 48, sa ukupnom tačnošću od 74,29% (Tab. 25). Takođe su izračunate i korisnikova i proizvedena tačnost.

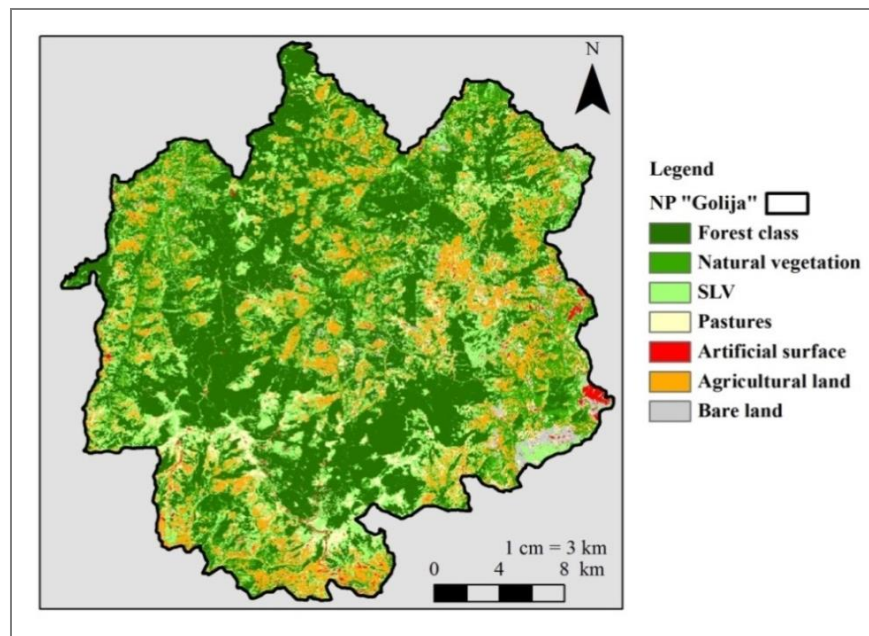
Korisnikova tačnost (*user accuracy*) predstavlja stepen pouzdanosti klasifikovanih podataka, odnosno da li odgovaraju realnom stanju. Nosi naziv „korisnikova“ jer je korisnik mape zainteresovan za tačnost rezultata klasifikacije. Rezultati istraživanja pokazuju da je kod svih klasa tačnost veća od 59%.

Proizvedena tačnost (*producers accuracy*) predstavlja verovatnoću da će referentna tačka (uzorak) biti tačno klasifikovana, tačnije, pokazuje stepen verovatnoće da će biti izostavljen iz odgovarajuće klase. Nosi naziv „proizvedena“ zato što je onaj koji je mapu radio zainteresovan koliko se dobro može određeno područje na Zemlji mapirati. Rezultati tačnosti klasifikacije su veći od 62%, osim kod klase golog zemljišta (32,25%), (Tab. 25).

Dominantna klasa vegetacijskog pokrivača Parka prirode „Golija“ je šuma, koja je mapirana na snimku sa korisnikovom tačnošću 89,79% a proizvedenom 90,95%, što predstavlja veoma dobre rezultate klasifikacije. Unutar granica PP nalaze se retke vikendice i sela, a glavni antropogeni pritisak na životnu sredinu područja predstavlja poljoprivreda zajedno sa šumarstvom. Stoga neophodan je visok procenat tačnosti mapiranja ovih klasa.

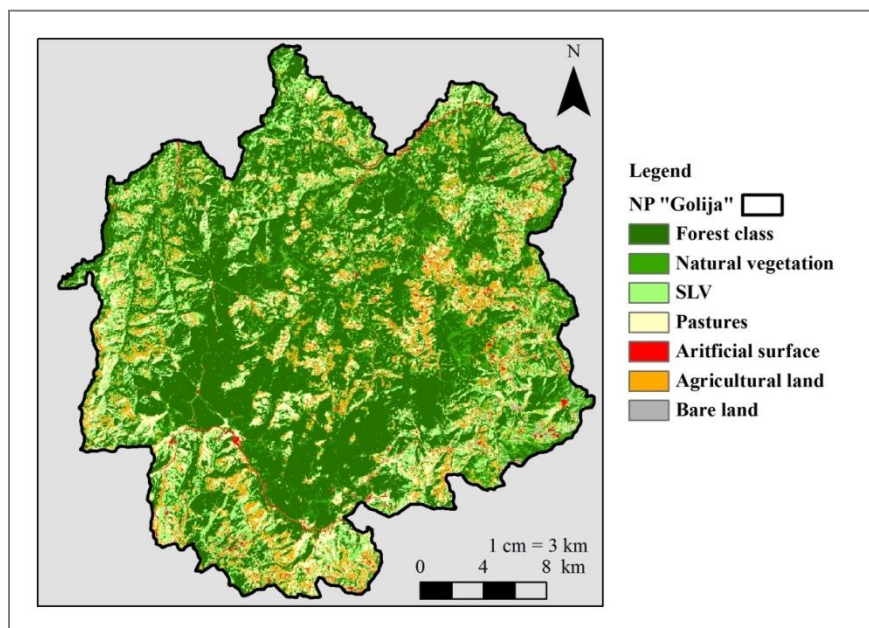
Tabela 25. Provera tačnosti klasifikacije snimaka iz 2000 i 2014

Klase	Korisnikova tačnost 2000 [%]	Proizvedena tačnost 2000 [%]	Korisnikova tačnost 2014 [%]	Proizvedena tačnost 2014 [%]
Šume	89.79	90.95	95.29	87.96
Prirodna vegetacija	62.26	72.79	58.54	72.79
Niska vegetacija	59.29	65.87	56.08	67.48
Pašnjaci	67.24	62.71	67.86	52.05
Poljoprivredno zemljište	80.00	63.87	68.06	55.68
Golo zemljište	83.33	31.25	100.00	16.67
Veštačka površina	90.00	75.00	45.83	91.67



Slika 48. Rezultati klasifikacije područja PP „Golija” u 2000. godini.

Rezultati klasifikacije snimka iz 2014. godine prikazani su na Sl. 49. Sveukupna tačnost klasifikacije iznosi 73,86%, korisnikova je iznad 56% (osim za klasu veštačke površine, 45,83%) a proizvedena je veća od 52% (osim za klasu goleti, čija je tačnost bila najmanja, 16,67%) (Tab. 25).



Slika 49. Rezultati klasifikacije područja PP “Golija” u 2014. godini

5.1.7. Analiza rezultata

Preprocesiranje i PCA snimaka poboljšavaju izbor odgovarajućih oblasti koje će se dalje koristiti kao uzorci za odgovarajuće klase, te pravilan izbor ovih jedinica utiče na tačnost klasifikacije.

Zaštita prostora planine Golija na nacionalnom i internacionalnom nivou dovela je do efikasnijeg upravljanja zaštitom i očuvanjem životne sredine. Istovremeno, migracija mladih uz nepovoljnu starosnu strukturu u selima doveli su do smanjenja radnog kapaciteta stanovništva, što je sa druge strane dovelo do obnove i širenja prirodnih površina. Očekivano je da minimiziranje antropogenog pritiska u ovoj oblasti vodi povećanju površina pod šumama i drugim tipovima prirodne vegetacije. Istovremeno, očekivalo se da u 2014. godini dođe do smanjenja poljoprivrednih i veštačkih površina. Napomenuto je da se poljoprivredno zemljište na ovom području smatra „urbanizovanom zonom” s obzirom na to da na ovom području ne postoje takve zone u pravom smislu te reči, ali su prirodne površine izložene antropogenom pritisku. Takođe, u neposrednoj blizini ovih područja nalaze se često i vikend kuće ili kuće za stanovanje, koje nije bilo moguće posebno mapirati zbog prostorne rezolucije Landsat senzora.

Rezultati klasifikacije snimka pokazuju da je u 2000. godini (Tab. 26) pod šumom bilo 41% teritorije Parka, klasa prirodne vegetacije zauzimala je 17%, niska žbunasta vegetacija 18%, pašnjaci 7% i skoro 2% teritorije označeno je kao golet. Poljoprivredno zemljište zauzimalo je 14% a veštačke površine 1%.

U 2014. godini uočena je promena vegetacijskih klasa, odnosno pozitivan trend širenja prirodne vegetacije. Naime, mapirana površina šuma (Tab. 26) iznosila je 47%, klasa prirodne vegetacije 14%, nisko žbunasto rastinje i pašnjaci 16% i 12%, a golo zemljište je mapirano na svega 1% teritorije. Poljoprivredno zemljište u 2014. godini zauzimalo je 9%, a veštačke površine skoro 2%.

S obzirom na to da je tačnost klasifikacije površine goleti i veštačkih površina izuzetno mala, rezultati neće biti detaljnije analizirani, već bi generalna preporuka bila da se uradi posebno istraživanje koje se tiče ovih površina.

Takođe, treba napomenuti da je prilikom odabira snimaka, uzeto u obzir i vreme nastanka snimaka (jul i avgust), što je izuzetno bitno zbog sezonskih promena unutar vegetacije. Sezonske promene u ekologiji i fiziologiji raznovrsnih biljaka i poljoprivrednih kultura utiču na podatke na satelitskom snimku, što kasnije dovodi do problema u identifikovanju vegetacije.

Tabela 26. Površina klasa u 2000 i 2014. godini

Klase	Vel. područja u 2000. g. (km ²)	Vel. područja u 2014. g. (km ²)
Šume	309.66	358.21
Prirodna vegetacija	129.67	104.66
Niska žbunasta vegetacija	139.70	119.92
Pašnjaci	51.52	89.77
Veštačka površina	10.69	12.96
Poljoprivredno zemljište	103.79	70.28
Goleti	13.60	2.84

Tokom praćenja promena u vegetacijskom pokrivaču na teritoriji PP „Golija” u vremenskom periodu od 2000. do 2014. godine, uočen je porast *površina pod šumama* za 6%. Sigurno je ovaj porast rezultat primenjenih metoda konzervacije i boljeg upravljanja šumama. Na ovom području moglo se očekivati i veće širenje šumskih oblasti, međutim zbog nekontrolisanog korišćenja šuma u privatnoj svojini, povećanje iznosi svega 6%.

Smanjenje područja klasa *prirodna vegetacija* i *niska žbunasta vegetacija* (5,90%) rezultat je vegetacijske sukcesije prema klimaks stadijumu (šumi) u umerenoj klimatskoj zoni.

Klasa *pašnjaka* u periodu od 2000. do 2014. godine pokazuje povećanje površine za 5%, što se može objasniti smanjnim antropogenim uticajem zbog primećenog negativnog demografskog trenda u ovom području. Širenje prostranstva pod pašnjacima vezan je za promene površine koja se koristi za poljoprivredu.

Klasa *poljoprivrednog zemljišta* beleži smanjenje površine od 4,42%. Jedan od razloga je migracija ljudi u gradove i napuštanje sela, zbog čega su ove površine izložene prirodnoj sukcesiji.

Klasa *goleti* u 2014. godini prostirala se na maloj površini. Redukcija površina pod ovom klasom može se objasniti rekolonizacijom. Takođe, s obzirom na to da su ove površine male, primećeno je da smanjenje može biti rezultat konfuzije sa klasom veštačkih površina usled nedostatka reprezentativnih uzoraka.

Veštačke površine u 2014. godini zauzimale su manje od 1% teritorije. S obzirom na to da ova klasa obuhvata uglavnom puteve, promene nastale usled šumskih požara takođe su uvrštene u ovu klasu. Uočena promena od 0,30% je rezultat regeneracije požarišnih područja, budući da se i ona identifikuju kao veštačke površine.

Sugestija autora je da se urade dalja i detaljnija istraživanja požarišnih površina i nakon 2014. godine, jer je područje kasnije zahvatilo nekoliko velikih šumskih požara.

Iako je Golija nacionalno i međunarodno važno područje, još uvek ne predstavlja jednu od većih turističkih destinacija. Ovo se ne odnosi na manastir Studenicu, jer je to jedno od najpopularnijih turističkih lokacija vezanih za religijski turizam (Prostorni plan područja posebne namene Parka prirode Golija, 2009).

5.2. Preporuke za primenu daljinske detekcije i GIS-a u upravljanju zaštićenim područjima

Na datom primeru prikazana je mogućnost praćenja dinamike vegetacijskog pokrivača, ali primena ovih tehnika je u stvari mnogo šira. Brzi razvoj tehnika i senzora, omogućava detaljniju analizu terena i preciznije mapiranje promena, identifikaciju vrsta, praćenje dinamike pejzaža, mapiranje invazivnih vrsta, posledica šumskih požara i slično. U poslednjih dve decenije urađene su brojne studije koje se tiču promena zemljišta i zemljišnog pokrivača a u kojima se primenjuju razvijene i evaluirane metode (Rogan et al., 2002; Woodcock & Ozdogan, 2004; Healey, Cohen, Zhiqiang, & Krankina, 2005; Wang et al., 2009).

Brojni autori prikazali su uspešnu primenu ovih tehnika u mapiranju šteta u šumama (pritisak identifikovan Nacionalnoj listi indikatora, „Sl. glasnik RS” 37/11). Mapiranje vegetacije daljinskom detekcijom omogućava sagledavanje šire slike terena u toku vremena. Praćenje zdravstvenog stanja šuma korišćenjem ovih metodologija omogućava efikasnije upravljanje šumama kao resursom ili mapiranje područja zahvaćenih defolijacijom odnosno dekolorizacijom.

Primena daljinske detekcije i GIS tehnika u zaštićenim područjima na teritoriji Pčinjskog okruga bi u mnogome olakšala praćenje stanja šumskih ekosistema, brzu identifikaciju promena nastalih prirodnim ili antropogenim putem. Uticaj umereno kontinentalne i submediteranske klime na ovom području uslovio je razvoj kvantitativno siromašne ali kvalitativno bogate vegetacije čije je stanje neophodno konstantno pratiti i analizirati. Ove tehnike su do danas dale izuzetno dobre rezultate u monitoringu stanja i identifikovanju promena u životnoj sredini.

Konkretna primena prikazane metodologije uz detaljniju analizu rezultata dobijenih intenzivnijim terenskim istraživanjima u zaštićenim područjima Pčinjskog okruga, omogućila bi kreiranje jedinstvene baze podataka o vegetacijskom pokrivaču, a pre svega zdravstvenom stanju šuma. Ovo bi u mnogome dobrinelo boljem gazdovanju šumama, al i uticalo na samo područje u cilju pravilne valorizacije pejzaža.

Takođe, manipulacija podacima u prostoru takođe omogućava da se isplanira razvoj zaštićenog područja. Na primer, s obzirom na nedavno stečen status SP „Jovačka jezera” kojim je predviđeno uređenje područja, pravilno mapiranje i identifikacija turističkih staza i mesta za mobilijar se mogu odgređiti lako primenom savremene metodologije. To se odnosi i na planinu Besnu kobilu, koja je u postupku proglašenja.

VI. ZAKLJUČAK

Danas, optimalno upravljanje prirodom i stanjem životne sredine opravdava istraživačke ciljeve implementacije savremenih naučnih metoda u cilju praćenja njenog stanja, sa akcentom na zaštićena područja. Na teritoriji Pčinjskog okruga zaštićena područja su neopravdano zanemarena, a njihov dalji razvoj, unapređenje i popularizacija stagniraju. Na ovom području statuse zaštićenih dobara imaju PIO „Vlasina“, PIO „Dolina Pčinje“, SP „Jovačka jezera“, dok je planina Besna kobilica u postupku sticanja statusa. Valorizacija, afirmacija i promocija prirodnih i kulturnih vrednosti ovih područja su danas imperativ, ali se takođe mora sprovoditi i konstantan monitoring stanja životne sredine, kako zbog samih stanovnika tako i zbog posetioaca koji u njima borave. Istraživanjima su obuhvaćeni parametri životne sredine koji prikazuju njihove vrednosti i kvalitet, a takođe, date su i preporuke za njihov brži razvoj i efikasniju zaštitu.

S obzirom na nedavnu prošlost Juga Srbije (ali i prostora Kosova i Methohije koje neposrednoj blizini Pčinjskog okruga), praćenje sadržaja radionuklida je od izuzetnog značaja za ocenu stepena izloženosti riziku stanovništva koje naseljava ovaj prostor.

Istraživanje radioaktivnosti terena unutar zaštićenih područja u Pčinjskom okrugu urađeno je u cilju procene radiološkog rizika po stanovništvo i posetioce koji borave radi odmora i užitka. Ovo je prva detaljna studija prirodnih i antropogenih radionuklida u zemljištu i izvorskoj vodi zaštićenih područja Pčinjskog okruga. Na svim ispitivanim lokalitetima, vrednosti eksternog hazardnog indeksa su manje od jedinice, što ukazuje da ne postoji značajan radijacioni rizik po stanovništvo i posetioce usled izlaganja terestričnom zračenju. Takođe, različite specifične aktivnosti radionuklida nađene u zemljištu Pčinjskog okruga odgovaraju literaturinim vrednostima, te se može zaključiti da NATO bombardovanje 1999. godine nije narušilo prirodnu distribuciju radionuklida u ovim područjima.

Sagledavanjem rezultata ispitivanja stanja u zaštićenim područjima u Pčinjskom okrugu pokazuju da ona nisu izložena prekomernom pritisku koji bi uslovio njihovu degradaciju i da su njihove osnovne vrednosti očuvane. Na kvalitet vazduha na ovom prostoru jedini uticaj ima TE „Obilić“ na Kosovu i to na područje PIO „Vlasina“ i SP „Jovačka jezera“. Samim tim što je na jugu Srbije industrijska delatnost u poslednjih 20 godina značajno smanjena, pritisak na životnu sredinu je značajno umanjen. Što se tiče rizika od radijacije, brojni autori ističu da više od 80% od ukupne prosečne izloženosti radijaciji potiče od prirodne komponente zračenja, a da izloženost kosmičkom zračenju varira sa nadmorskom visinom i geografskom širinom.

Na prostoru **PIO „Vlasina“**, količina ukupnog sadržaja oksidacionih formi azota u vazduhu u posmatranom trogodišnjem periodu ukazuje na neznatna kolebanja sa maksimalnim vrednostima opsega u 2013. godini (450 - 500 mg m⁻²). Količina ovih formi, detektovanih suvom depozicijom, pokazuje negativan trend promena (80 - 90 mg m⁻² u 2014. godini), dok u padavinama ima neznatni rastući trend (do 320-360 mg m⁻² u 2014. godini). Što se tiče redukcionih oblika azota u 2014. godini, količina ukupnih je u blagom porastu (u opsegu 600 -

700 mg m⁻²), u suvoj depoziciji pokazuje neznatna kolebanja (100 - 200 mg m⁻²), dok je količina u padavinama u blagom porastu (480 - 560 mg m⁻²). Povišena koncentracija azotovih jedinjenja zabeležena u padavinama potvrđuje uticaj TE „Obilic“. Što se tiče količina ukupnih oksida sumpora u vazduhu i padavinama u 2014. godini, ona ne pokazuje značajna variranja (900 - 1200 mg m⁻²). Sumporovi oksidi najveći stepen variranja pokazuju u 2014. godini i to kako u aerosolima (140 - 210 mg m⁻²) tako i u padavinama (200 - 1000 mg m⁻²). Kako promene koncentracije zakišeljavajućih gasova ne pokazuju značajnija variranja, može se smatrati da antropogene aktivnosti do sada nisu značajno uticale na kvalitet vazduha ovog područja.

Glavni pokazatelji klime na području PIO „Vlasina“, temperatura i padavine, pokazuju očekivana variranja tokom trogodišnjeg perioda, međutim odstupanja ne utiču na promenu prostorne raspodele temperature ovog područja. Količina padavina u 2014. godini na teritoriji čitave Srbije bila je povišena. Povećanje količine padavina, uz veće godišnje odstupanje ali i veću količinu padavina u letnjim mesecima u odnosu na referentni period uticalo je i na promenu prostorne raspodele padavina, zbog čega je u 2014. godini područje okarakterisano kao ekstremno kišno (>98 mm).

Rezultati ispitivanja distribucije radionuklida u zemljištu sa prostora Vlasine, u odnosu na ostala ispitivana područja, pokazuju najniže specifične aktivnosti različitih nuklida koje su daleko ispod svetskog proseka (19 Bq kg⁻¹ za ²²⁶Ra, 16 Bq kg⁻¹ za ²³²Th, 300 Bq kg⁻¹ za ⁴⁰K, 25 Bq kg⁻¹ za ²³⁸U, 1,2 Bq kg⁻¹ za ²³⁵U, 30 Bq kg⁻¹ za ¹³⁷Cs i 37 Bq kg⁻¹ za ²¹⁰Pb). U izvorskoj vodi, takođe, zabeležen je najmanji sadržaj radionuklida u odnosu na ostale ispitivane uzorke (manje od minimalne detekcione aktivnosti za ²²⁶Ra, ²³²Th, ⁴⁰K, ²³⁸U, ²³⁵U, ¹³⁷Cs i ²¹⁰Pb). U skladu sa tim, parametri radijacionog rizika imaju niske vrednosti. Takođe, sadržaj radionuklida u lekovitom bilju zadovoljava sve kriterijume ispravnosti.

Analizom promena zemljišnog pokrivača zabeležen je razvoj diskontinualnog urbanizovanog dela, što je posledica neplanske ili divlje gradnje na području PIO „Vlasine“. Takođe, CLC metoda ukazuje i na promenu vodostaja jezera za potreba rada HE „Vrla 1, 2 i 3“, što se naročito primećuje u priobalnim delovima jezera. Ostale identifikovane promene odnose se na prirodnu sukcesiju vegetacije ka klimaks stadijumu.

Na osnovu indikatora biodiverziteta, može se smatrati da do 2014. godine nisu postojale pretnje i opasnosti po živi svet ovog zaštićenog područja.

Što se tiče efikasnosti upravljanja područjem, zbog nedostatka najnovijih podataka nije moguće obaviti procenu. Na osnovu svih izentih rezultata, područje PIO „Vlasine“ se smatra za područje sa velikim potencijalom za razvoj kako održivog turizma tako i organske poljoprivrede. S obzirom na to da parametri radijacionog hazarda pokazuju minimalne vrednosti, ovo područje bi trebalo postati biser juga Srbije. Ono što bi na ovom prostoru dalo neophodne uslove za dalji razvoj jeste obezbeđivanje kvalitetne urbane infrastrukture (pre svega kanalizacije) kako bi se jezero i biodiverzitet zaštitili od eutrofizacije. Takođe, divlja gradnja se mora iskoreniti, a veliki napor mora se uložiti i u podsticanje ekološkog turizma, organske poljoprivrede, pčelarstva i

formiranja proizvoda sa prepoznatim geografskim poreklom koji će u velikoj meri neposredno doprineti razvoju samog područja.

Tokom analiziranja upravljanja područjem i iz usmenih saznanja posetioca zaključuje se da je područje izloženo većem antropogenom pritisku nego u ranijim godinama. Sve veći broj turista, izdavanje privatnog smeštaja, sakupljanje lekovitog bilja, nedostatak većeg broja mesta za odlaganje smeća povećava pritisak na samo područje. Naravno i jezero je izloženo većem negativnom uticaju ribolova, većem zagađenju zbog povećanog broja čamaca ali i zbog direktnog izlivanja hotelske kanalizacije. S toga se preporučuje konstantan monitoring kvaliteta jezerske vode, fragilnih tresavskih ekosistema, mapiranja i uklanjanje divljih deponija i objekata divlje gradnje, kao i praćenje broja prijavljenih i kretanja neprijavljenih posetilaca.

Na teritoriji **PIO „Dolina Pčinje“**, kao najjužnijeg zaštićenog područja Srbije, zabeležena su minimalna variranja u koncentraciji aerozagađivača. Oksidovane i redukovane forme azota i sumporovih oksida u vazduhu u analiziranom periodu ne pokazuju velika variranja. Jedini primećeni pozitivni trend zabeležen je kod koncentracije sumporovih oksida u padavinama, koji ujedno pokazuju i najširi opseg promena (500 - 1000 mg m⁻²). Na osnovu analiza kiselih oksida, zaključuje se da TE „Obilić“ nema uticaj na kvalitet vazduha i da je njihovo prosvstvo uzrokovano drugim faktorima.

Što se tiče količine padavina, gotovo duplo veću količinu je ovo područje primilo tokom 2014. godine (1000-1100mm). Gotovo tri puta veće godišnje odstupanje padavina u odnosu na referentni period 1961-1990. godina zabeleženo je iste godine. U roku od tri godine na osnovu odstupanja količine padavina određene metodom percentila u odnosu na referentni period, područje je od ekstremno sušnog (< 2 mm) u 2012.godini, u 2014. godini okarakterisano kao normalno (25-75 mm). Ovakvu promenu količone padavina bi trebalo dalje pratiti zbog specifičnosti prostora ali i velikog erozionog pritiska kojem je područje izloženo.

Teritorija PIO „Dolina Pčinje“ pokazuje heterogenu distribuciju radionuklida (46 Bq kg⁻¹ za ²²⁶Ra, 46 Bq kg⁻¹ za ²³²Th, 880 Bq kg⁻¹ za ⁴⁰K, 30 Bq kg⁻¹ za ²³⁸U, 1,9 Bq kg⁻¹ za ²³⁵U, 160 Bq kg⁻¹ za ¹³⁷Cs i 86 Bq kg⁻¹ za ²¹⁰Pb) čije specifične aktivnosti odgovaraju vrednostima u svetu i zemljama u regionu. Parametri radijacionog hazarda pokazuju vrednosti koje ne predstavljaju rizik po zdravlje ljudi, te i pored blizine lokaliteta koji su bili izloženi osiromašenom uranijumu, povećan rizik na ovom lokalitetu ne postoji. Specifične aktivnosti radionuklida u vodi sa izvora „sv. Prohor Pčinjski“ osim za ²³²Th i ⁴⁰K, 30 Bq kg⁻¹ i 110 Bq kg⁻¹ respektivno, ne pokazuju merljive vrednosti za ostale ispitivane radionuklide. Na ovom lokalitetu, parametri radijacionog rizika su u opsegu prihvatljivih literaturnih vrednosti. Višegodišnja biljka, hrast cer, pokazuje veću specifična aktivnost ¹³⁷Cs u uzorku iz PIO „Dolina Pčinje“ (13 Bq kg⁻¹) u odnosu na literaturne vrednosti prezentovane za hrast kitnjak iz Bugarske, što se i očekuje s obzirom na visoku specifičnu aktivnost ovog radionuklida u zemljištu. Takođe, sadržaj radionuklida u uzorcima zeljastih biljaka odgovara literaturnim vrednostima.

Što se tiče zemljišnog pokrivača, CLC metodologijom nisu detektovane veće promene. Ovakav rezultat ne zadovoljava potrebe istraživanja s obzirom na to da je u pitanju dimaničan sistem. Ovo ukazuje da ova metoda ne zadovoljava sve kriterijume za praćenje stanja vegetacije i da se monitoring prostor mora uraditi drugom, savremenijom i preciznijom metodologijom koja može identifikovati i manje promene.

Efikasnost upravljanja zaštićenim područjem pokazuje uzlazan trend (od 2009. godine do 2017. godine), odnosno ukazuje na poboljšanje statusa i prevazilaženje problema indentifikovanih u ranijim analizama. Dosadašnje upravljanje područjem pokazalo se kao dobro, međutim, neophodna je veća finansijska podrška, bilo putem donacija, pomoći Opština ili iz sopstvenih prihoda, u cilju stvaranja boljih uslova za razvoj seoskog, verskog, etno ili ekoturizma. Takođe, trebalo bi više promovisati prirodne vrednosti, kroz naučni i edukativni turizam. Naravno treba nastaviti sa merama očuvanja zaštićenih i ugroženih vrsta, pre svega obezbediti bolje uslove za posmatračke ptica i uraditi detaljnija istraživanja ovog područja.

Pokazatelji kvaliteta vazduha na teritoriji **SP „Jovačka jezera“** pokazuju identične vrednosti sa parametrima koji su vezani za vrednosti aeropolutantata na teritoriji PIO „Vlasina“ (400 – 450 mg m⁻² za ukupni NO_x, 900 - 1200 mg m⁻² za ukupni SO_x i 600 - 700 mg m⁻² za ukupni NH_x).

Što se tiče klimtskih pokazatelja, na osnovu prostorne raspodele temperature u odnosu na referentni period područje je označeno kao ekstremno toplo područje (>98%). Međutim, prema odstupanju temperature u odnosu na referentni period, u 2014. godini ovo područje je okarakterisano kao toplo (76 - 90%).

Što se padavina tiče, područje je u toku 2014. godine primilo 1000 - 1100 mm padavina i zabeleženo je gotovo tri puta veće godišnje odstupanje u odnosu na referentni period (3,40 mm). Variranja količine padavina u analiziranom periodu, pokazuju da u 2014. godini u odnosu na period 1961-1990. godina, područje ima normalnu količinu padavina.

Vrednosti specifične aktivnosti radionuklida u zemljištu uglavnom su slične vrednostima specifične aktivnosti u zemljištu u regionu (64 Bq kg⁻¹ za ²²⁶Ra, 64 Bq kg⁻¹ za ²³²Th, 670 Bq kg⁻¹ za ⁴⁰K, 55 Bq kg⁻¹ za ²³⁸U, 2,5 Bq kg⁻¹ za ²³⁵U, 12 Bq kg⁻¹ za ¹³⁷Cs i 54 Bq kg⁻¹ za ²¹⁰Pb). Takođe, voda iz Jovačkog jezera pokazuje specifične aktivnosti ispod minimalne detekcione specifične aktivnosti osim za ⁴⁰K (320 Bq kg⁻¹). Sadržaj radionuklida iz zeljastih, lekovitih biljaka pokazuje vrednosti koje su u skladu sa literaturom. Sadržaj radionuklida u vazduhu, koji je praćen preko lišaja, kao indirkatora, osim za ²²⁶Ra i ⁴⁰K, bio je ispod minimalne detekcione specifične aktivnosti. Slične vrednosti specifičnih aktivnosti radionuklida u lišajevima sa teritorije SP „Jovačka jezera“ i PIO „Dolina Pčinje“ ukazuju na sličnu distribuciju radionuklida u vazduhu.

Većih pritisaka na biodiverzitet nije bilo, ali se buduća zaštita i razvoj moraju pažljivo isplanirati i usmeriti. Posebnu pažnju treba posvetiti unapređenju šumskih ekosistema, kao stabilizatoru pedološkog pokrivača i očuvanju ribljev fonda.

Teritorija SP „Jovačka jezera“ je mala da bi se mapirale promene CLC metodom, samim tim što je ovom metodologijom nemoguće mapirati jezera i zabarena mesta. Zbog toga je neophodno koristiti preciznije i savremenije metode (gde ključnu ulogu igra rezolucija snimaka koji se analiziraju) za praćenje promena na heterogenim, a malim područjima.

Procenu upravljanja zaštićenim područjem treba što pre uraditi kako bi se mogao od početka pratiti razvoj područja, identifikacija i uklanjanje problema. S obzirom na to da je područje proglašeno nedavno i do sada nisu sprovedene veće aktivnosti, bilo bi poželjno u narednoj godini uraditi procenu upravljanja.

S obzirom na to da podaci o aerozagađenju, padavinama, biodiverzitetu i klimatskim pokazateljima za **Besnu Kobilu** nisu definisani u toku analiziranog perioda pretpostavlja se da su sličnih vrednosti sa parametrima PIO „Vlasina“.

Međutim, povišena specifična aktivnost radionuklida odgovara geološkoj osnovi terena (77 Bq kg^{-1} za ^{226}Ra , 54 Bq kg^{-1} za ^{232}Th , 830 Bq kg^{-1} za ^{40}K , 140 Bq kg^{-1} za ^{238}U , $6,3 \text{ Bq kg}^{-1}$ za ^{235}U , 23 Bq kg^{-1} za ^{137}Cs i 40 Bq kg^{-1} za ^{210}Pb). Sadržaj radionuklida u smrči (grančice i četine), kao i u zeljastim biljkama su u skladu sa literaturnim vrednostima, a njihov sadržaj odgovara geološkoj podlozi. Izmerene specifične aktivnosti radionuklida u uzorcima vode za piće sa izvora „Vetrena vodenica“ su manje od minimalne detekcione specifične aktivnosti odnosno manje su od preporučene dozvoljene vrednosti od strane Svetske zdravstvene organizacije (WHO, 2011).

S obzirom na to da je područje predviđeno za zaštitu, nakon sticanja statusa trebalo bi trebalo uraditi procenu nultog stanja radi praćenja napredovanja upravljača u zaštiti, unapređenju i razvoju.

Rezultati ispitivanja sadržaja radionuklida na lokaciji Suvo rudište kontrolne tačke NP „Kopaonik“, pokazuje veće vrednosti radionuklida u zemljištu, što je posledica geološke građe terena. Međutim, i pored toga eskterni hazardni indeks je beznačajan. I pored veće specifične aktivnosti radionuklida u zemljištu, posebno u uzorcima četina specifične aktivnosti nisu povišene. Visoka vrednost specifične aktivnosti ^{137}Cs u zemljištu izmerena na lokalitetu Brzeće, u blizini naseljenog mesta, rezultat je erozije i geoloških karakteristika terena.

Stepen uticaja korišćene municije sa osiromašenim uranijumom 1999. godine na određenim lokalitetima u Pčinjskom okrugu, nije uticala na prirodnu distribuciju uranijuma u zemljištu u zaštićenim područjima. Na osnovu dobijenih vrednosti odnosa specifičnih aktivnosti ^{235}U i ^{238}U može se zaključiti njihovo prirodno poreklo (0,047). Nešto veće vrednosti koje su utvrđene na lokalitetima Suvo rudište u NP „Kopaonik“ (0,055) i PIO „Dolina Pčinje“ (0,061), mogu se objasniti specifičnošću geološke podloge terena i smatrati karakterističnim za ova područja, a treba napomenuti da odgovaraju i literaturnim vrednostima.

Sva zaštićena područja u Pčinjskom okrugu pokazuju manje vrednosti sadržaja radionuklida u zemljištu u poređenju sa kontrolnom tačkom NP „Kopaonik“ (lokalitet Suvo rudište), osim planine Besne kobile koja pokazuje slične vrednosti. Slične vrednosti sadržaja radionuklida u

zemljištu sa ova dva terena posledica su geološke građe terena koja je predstavljena granodioritima.

Što se tiče druge kontrolne tačke, PP „Rilski manastir“, slične vrednosti sadržaja radionuklida u zemljištu zabeležene kod uzoraka koji potiču iz PIO „Vlasina“, što je takođe rezultat geoloških karakteristika terena.

Vrednost efektivne doze određene za PIO „Vlasina“ i kontrolnu tačku PP „Rilski manastir“ manja je od svetske prosečne vrednosti za spoljašnje okruženje od 0,07 mSv (UNSCEAR, 2010), dok PIO „Dolina Pčinje“, SP „Jovačka jezera“ i planina Besna Kobila imaju nešto veće vrednosti. Efektivna godišnja doza u NP „Kopaonik“ na lokalitetu Suvo rudište u ovom istraživanju ima maksimalnu vrednost od 0,17 mSv.

Što se tiče radijacionog rizika, eksterni hazardni indeks na svim ispitivanim lokalitetima zadovoljava kriterijum UNSCEAR-a (2010) i manji je od jedinice, čime se zaključuje da su područja bezbedna za ljudsku aktivnost i da je detektovana specifična aktivnost radionuklida posledica njihove prirodne distribucije.

U narednom periodu, preporuka je intenziviranje istraživanja sadržaja radionuklida na čitavoj teritoriji Pčinjskog okruga u cilju dobijanja detaljnije slike distribucije radionuklida i utvrđivanja obrasca promene stanja terena.

Na osnovu rezultata ispitivanja, zaključuje se da su područja na ovom prostoru izložena samo uticaju TE „Obilić“ u većoj ili manjoj meri. S obzirom na nedovoljnu razvijenost juga Srbije trebalo bi očekivati da razvoj industrije i privrede na ovim prostorima dodatno utiče na zaštićena područja. S tim u vezi, trebalo bi na pravilan način usmeriti razvoj i odabrati lokacije budućih industrijskih zona u cilju očuvanja prirodnih, ali i stečenih vrednosti područja.

Zbog primećenog odstupanja temperature u analiziranom periodu, trebalo bi u analizu uključiti višegodišnji period, ne bi li se uočili trendovi promena i njihov uticaj na prirodne ekosisteme. Analiza bi se mogla uraditi korišćenjem GIS sistema i relevantnih podataka za predviđanje promene klime, kojima se može predvideti prostorne promena vegetacije u budućnosti (bliže opisano u radu Džoljić, Đorđević & Marković, 2014).

Kako je ekonomska snaga Južne Srbije mnogostruko manja od republičkog proseka, treba očekivati veći antropogeni pritisak prvenstveno na šumske ekosisteme. Zbog toga se veća pažnja treba posvetiti monitoringu stanja prvenstveno šumskih ekosistema. Primena tehnika daljinske detekcije i GISa u zaštićenim područjima u mnogome mogu poboljšati sam monitoring stanja vegetacijskog pokrivača. Zbog boljih performansi senzora, pre svega prostorne rezolucije, koji je praćen razvojem adekvatne metodologije, moguće je vršiti mnogo detaljnija ispitivanja promene zemljišnog pokrivača. Donosocima odluka, upravljačima područja, dostupnost ovih podataka omogućavala bi bolje planiranje aktivnosti uz sagledavanje mogućih posledica, takođe identifikovanje šteta u šumama ili mapiranje novih objekata gradnje.

Generalno gledajući, upravljači zaštićenih područja trebali bi da uspostave jedinstvenu metodologiju praćenja i unapređenju stanja životne sredine koja bi se zasnivala na praćenju antropogenih aktivnosti i uticaja, na praćenju posledica tih uticaja, na utvrđivanju aktuelnog stanja, kao i na definisanju optimalnog modela očuvanja i unapređenja zaštićenih područja. Kontinuirani monitoring koji podrazumeva ne samo terenska rekognosciranja, nego i uspostavljanje baza podataka i informacionog sistema, kao i primenu daljinske detekcije, u mnogome može doprineti:

- kontroli i unapređenju kvaliteta vode, vazduha i zemljišta,
- utvrđivanju sistema praćenja radioaktivnosti i potencijalnih faktora antropogenog i prirodnog hazarda (bujica, poplava, odrona, klizišta, požara, itd.),
- zaštiti od degradacije i promene nemene zemljišta,
- očuvanju i uređenju poljoprivrednog zemljišta uz povećanje površina pod organskim sistemima poljoprivredne proizvodnje,
- popisu i očuvanju agrodiveziteteta, tradicionalnih ili kombinovanih sistema farmi u osetljivim agroekološkim uslovima,
- popisu, očuvanju i unapređenju biodiveziteteta, geodiveziteteta, objekata geonasleđa,
- uključivanju u nacionalne i evropske ekološke mreže,
- razvoju sistema zaštite dobrobiti životinja,
- unapređenju stanja šuma, lovne i ribolovne divljači u postupku održivog gazdovanja,
- obezbeđivanju infrastrukture za upravljanje komunalnim i poljoprivrednim otpadom uz razvoj sistema iskorišćavanja otpada (kompostiranje, iskorišćavanje energije iz otpada),
- iznalaženju mogućnosti masovnijeg korišćenja obnovljivih izvora energije, prvenstveno solarne energije, geotermalne energije i energije biomase, itd.

U daljoj zaštiti i usklađenom razvoju zaštićenih područja Pčinjskog okruga potrebno je da se prate primeri dobre prakse upravljanja ovim područjima u svetu. Sve više se kao globalni trend i veliki potencijal za očuvanje zaštićenih područja i razvoj lokalnih zajednica pored tradicionalne organske i kombinovane poljoprivrede, prepoznaje ekoturizam u najširem smislu te reči. To znači da se on može kombinovati sa naučnim, edukativnim, zdravstvenim, sportsko-rekreativnim, verskim, seoskim i agroturizmom. Zaštićena područja Pčinjskog okruga pružaju široke mogućnosti za razvoj svih navedenih vidova turizma uz preduslov da prioritet u procesu upravljanja bude očuvanje povoljnog stanja životne sredine, prirodnih i etno-kulturnih vrednosti. S obzirom na to da su neki od ovih vidova turizma u zaštićenim područjima Pčinjskog okruga na početku razvoja ili ne postoje, snage treba usmeriti ka utvrđivanju i otklanjanju aktuelnih ili potencijalnih konflikata sa lokalnim zajednicama, promociji područja, razvoju turističkog informacionog sistema i odgovarajuće infrastrukture, i najzad, postizanju lokalnog prosperiteta.

LITERATURA

- Adams, W. M. (2004). *Against extinction: the story of conservation* (p. 311). London, UK: Earthscan.
- Amidžić, L., Bartula, M., Krivošej, Z., & Prodanović, D. (2013). Protected Areas in Serbia. *Natural Areas Journal*, 33(3), 348–355. <http://doi.org/10.3375/043.033.0314>
- Agencija za zaštitu od zračenja i nuklearnu sigurnost Srbije (2011). Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti. JP „Sl. Glasnik RS“ br. 97/2011
- Agrawal, A., & Redford, K. (2009). Conservation and displacement: an overview. *Conservation and Society*, 7(1), 1.
- Alegría, N., Herranz, M., Idoeta, R., & Legarda, F. (2010). Study of ⁷Be activity concentration in the air of northern Spain. *Journal of radioanalytical and nuclear chemistry*, 286(2), 347–351.
- Amidžić, L. (2011). Vodič za upravljače zaštićenim područjima. Udžbenik. Ministarstvo zaštite životne sredine, rudarstva i energetike, GreenLimes, Univerzitet Singidunum, Fakultet za primenjenu ekologiju Futura. ISBN 978-86-86859-25-9.
- Armands G. (1967): In: *Geochemical Prospecting in Fennoscandia*, 127-154, Intersciencei. New York.
- Arnedo, M. A., Tejera, A., Rubiano, J. G., Alonso, H., Gil, J. M., Rodriguez, R., & Martel, P. (2013). Natural radioactivity measurements of beach sands in Gran Canaria, Canary Islands (Spain). *Radiation Protection Dosimetry*, 156(1), 75–86. <http://doi.org/10.1093/rpd/nct044>
- Aoyama, M. (2010). Oceans and Seas. In D. A. Atwood (Ed.), *Radionuclides in the Environment* (pp. 339). Lexington, KY, USA: John Wiley & Sons Ltd.
- ARRA, & Centar za razvoj Jablaničkog i Pčinjskog okruga. (2013). *Regionalna strategija ruralnog razvoja Jablaničkog i Pčinjskog okruga 2013 - 2017*. Leskovac, Srbija. Retrieved from http://www.centarzarazvoj.org/dokumenti/sr/1_435_Regional_Rural_strategy_LAT_final.pdf
- ATSDR. (2004). *Toxicological Profile for Cesium*. Atlanta, Georgia: Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Retrieved from <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp157.pdf>
- Auberin, C., Pinton, F., & Rodary, E. (2011). Sustainable Development, A New Age for Conservation? In C. Aubertin & E. Rodary (Eds.), *Protected Areas, Sustainable Land?* (p. 219). Surrey, England: Ashgate Publishing Limited. Retrieved from http://books.google.ca/books?id=a6GNUj_DKEIC
- Audi, G., Bersillon, O., Blachot, J., & Wapstra, A. H. (1997). The NUBASE evaluation of nuclear and decay properties. *Nuclear Physics A*, 624(1), 1-124.
- Avramović, D., Zlatković, B., & Randelović, N. (2005). Zaštićena prirodna dobra jugoistočne Srbije. In *8th Symposium on Flora of Southeastern Serbia and Neighbouring Regions* (pp. 223–227). Niš, Serbia: Faculty of Sciences and Mathematics, Department of Biology and Ecology. Retrieved from: <http://www.sfses.com/history/pdf/08-2005%20Nis/37->

Zasticena%20prirodna%20dobra%20jugoistocne%20Srbije.pdf

- Babović, M. & Cvetković, D., 1976. Osnovna Geološka karta SFRJ 1:100.000, list Trgovište sa Radomirom. Savezni geološki zavod, Beograd.
- Babović, M., Cvetković, D., Roglić, Č., Avramović, V. & Marić, S., 1977. Tumač za list Trgovište sa Radomirom, K 34-57. Osnovna Geološka karta 1:100.000, Socijalistička Federativna republika Jugoslavija. Savezni geološki zavod, Beograd.
- Barile, P. J., & Lapointe, B. E. (2005). Atmospheric nitrogen deposition from a remote source enriches macroalgae in coral reef ecosystems near Green Turtle Cay, Abacos, Bahamas. *Marine pollution bulletin*, 50(11), 1262-1272.
- Beneš, P. (1990). The Environmental Behaviour of Radium. *TRS-310, 1*, 273. Vienna: IAEA.
- Belyea, R. L., Frost, G. R., Martz, F. A., Clark, J. L., & Forkner, L. G. (1978). Body Composition of Dairy Cattle by Potassium-40 Liquid Scintillation Detection1. *Journal of Dairy Science*, 61(2), 206-211.
- Bettencourt, A. O., Teixeira, M. M., Elias, M. D., & Faisca, M. C. (1988). Soil to plant transfer of radium-226. *Journal of Environmental radioactivity*, 6(1), 49-60.
- Beshkov, S., & Nahirnić, A. (2016). New and rare nocturnal Lepidoptera species for Serbia from Preševo District and Pčinja River Valley - hot spots for biodiversity ... *Atalanta (Marktleuthen)*, 47(1/2), 139-149. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/306265237_New_and_rare_nocturnal_Lepidoptera_a_species_for_Serbia_from_Presevo_District_and_Pcinja_River_Valley_-_hot_spots_for_biodiversity_Insecta_Lepidoptera
- Bikit, I., Slivka, J., Vesković, M., Krmar, M., Todorović, N., Mrđa, D., ... Nenin, M. (2008). *Određivanje koncentracije aktivnosti radionuklida u poljoprivrednom i nepoljoprivrednom zemljištu na teritoriji grada Novog Sada u 2008.godini Izvaštaj za Gradsku upravu za zaštitu životne sredine Grada Novog Sada za 2008. godinu*. Novi Sad. Retrieved from http://www.environovisad.org.rs/images/monitoringrazno/radioaktivnost_monitoring.pdf
- Bikit, I., Todorović, N., Mrđa, D., & Forkapić, S. (2010). *Merenje radioaktivnosti zemljišta na teritoriji ap vojvodine u 2010. godini*. Novi Sad. Retrieved from http://www.ekourb.vojvodina.gov.rs/sites/default/files/manual/Merenje_radioaktivnosti_zemljista_na_teritoriji_AP_Vojvodine_u_2010._0.pdf
- Bikit, I., Mrđa D., Slivka, J., Bikit K. (2013). O kalibraciji gama-spektrometra. In O. Ciraj-Bjelac & G. Pantelić (Eds.) 27. *Simpozijum DZZ SCG Zbornik radova* (pp. 382-). Beograd, Srbija: Institut za nuklearne nauke „Vinča“, Društvo za zaštitu od zračenja Srbije i Crne Gore.
- Bituh, T., Marovic, G., Petrincec, B., Sencar, J., & Franulovic, I. (2009). Natural radioactivity of ²²⁶Ra and ²²⁸Ra in thermal and mineral waters in Croatia. *Radiation protection dosimetry*, 133(2), 119-123.
- Blanco Rodríguez, P., Vera Tomé, F., Lozano, J. C., & Pérez Fernández, M. A. (2010). Transfer of ²³⁸U, ²³⁰Th, ²²⁶Ra, and ²¹⁰Pb from soils to tree and shrub species in a Mediterranean

- area. *Applied Radiation and Isotopes*, 68(6), 1154–1159.
<http://doi.org/10.1016/j.apradiso.2010.01.045>
- Bowen, H. J. M. (1979). *Environmental chemistry of the elements*. Academic Press.
- Branford, D., Mourne, R. W., & Fowler, D. (1998). Spatial variations of wet deposition rates in an extended region of complex topography deduced from measurements of 210 Pb soil inventories. *Journal of Environmental Radioactivity*, 41(2), 111-125.
- Bricker, S. B., Longstaff, B., Dennison, W., Jones, A., Boicourt, K., Wicks, C., & Woerner, J. (2008). Effects of nutrient enrichment in the nation's estuaries: a decade of change. *Harmful Algae*, 8(1), 21-32.
- Brisbin Jr. I. L. & Dallas C. E. (2008). Radiation Ecology. In S. E. Jorgensen & B. D. Faith (Eds.), *Encyclopedia of Ecology* (Vol. 4, pp. 2956 - 2959). Amsterdam, The Netherlands: Elsevier B.V.
- Brockington, D., Igoe, J., & Schmidt-Soltau K. A. I. (2006). Conservation, human rights, and poverty reduction. *Conservation Biology*, 20 (1), pp. 250-252.
- Calow, P. (1998). *The Encyclopedia of Ecology & Environmental Management*. Blackwell Science Ltd.
- Canak-Nedic, A., Gavrilovic, M., Pavlovic, N., Nozinic, J., Stankovic, N., Kuzmanovic, U., & Nedic, M. (1997). Coal ash dumps—Environmental aspects. *Energy Econ. Ecol*, 2, 63-65.
- Carroll, P., Fledderman, P., Padgett, D., Steedley, M. & Jannik, T. (2007). Effluent Monitoring, SRS Environmental Report for 2007, WSRC–STI–2008–00057, Retrieved from <http://www.srs.gov/general/pubs/ERsum/er08/07erpdfs/chap4.pdf>
- Chambers, D.B., Phillips, H., Fernandes, S., & Garva, A., 2008. Radioactivity. In S. E. Jorgensen & B. D. Faith(Eds.), *Encyclopedia of Ecology* (Vol. 4, pp. 2959 - 2966). Amsterdam, The Netherlands: Elsevier B.V.
- Chung, Y., & Chen, C. A. (2004). Natural and anthropogenic radionuclides. *Oceanography, Vol.I*. Retrieved from <http://www.eolss.net/sample-chapters/c01/e6-18-03-04.pdf>
- Codex Alimentarius Commission. (2006). Report of the 29th session of Codex Alimentarius Commission. *FAO/WHO. Geneve. Switzerland*.
- Cvetković, D. (2013). *Primena RAPPAM metodologije za procenu kapaciteta za upravljanje zaštićenim područjima SRP Zasavica i SRP Carska bara*. Master Thesis of Faculty of Applied Ecology Futura, University Singidunum, Belgrade (in Serbian, unpubl.)
- Čonkić, L., Ivo, M., Lulić, S., Košutić, K., Simor, J., Vancsura, P., ... & Bikit, I. (1990). The impact of the Chernobyl accident on the radioactivity of the river Danube. *Water Science and Technology*, 22(5), 195-202.

- Danad, I., Fayad, Z. A., Willeminck, M. J., & Min, J. K. (2015). New applications of cardiac computed tomography: dual-energy, spectral, and molecular CT imaging. *JACC: Cardiovascular Imaging*, 8(6), 710-723. doi. 10.1016/j.jcmg.2015.03.005
- Debertin, K., Helmer, R. G., 1988. Gamma- and X- ray Spectrometry with Semiconductor Detectors, Elsevier, New York
- Dengler, J., Chytry, M. & Ewald, J. (2008). Phytosociology. In S. E. Jorgensen & B. D. Faith (Eds.), *Encyclopedia of Ecology* (Vol. 4, pp. 2767- 2779). Amsterdam, The Netherlands: Elsevier B.V
- Demayo, A., Taylor, M. C., Taylor, K. W., Hodson, P. V., & Hammond, P. B. (1982). Toxic effects of lead and lead compounds on human health, aquatic life, wildlife plants, and livestock. *Critical reviews in environmental science and technology*, 12(4), 257-305.
- Dios, M., Moran, M., Carrera, F., Pombo, C., Souto, J. A., Casares, J. J., ... & Saez, A. (2014). PRTRval: a software tool for the validation of E-PRTR emissions data. *International Journal of Environment and Pollution*, 55(1-4), 22-30.
- Dise, N. B., & Wright, R. F. (1995). Nitrogen leaching from European forests in relation to nitrogen deposition. *Forest ecology and management*, 71(1-2), 153-161.
- Dissanayake, C. B., & Chandrajith, R. (2009). Phosphate mineral fertilizers , trace metals and human health, 37(3), 153–165.
- Djordjevic, L., Živković, N., Živković, L., & Djordjevic, A. (2012). Assessment of Heavy Metals Pollution in Sediments of the Korbevačka River in Southeastern Serbia. *Soil and Sediment Contamination*, 21, 889–900. <http://doi.org/10.1080/15320383.2012.699110>
- Dobruna, A. (Private design company). (2009). *Low Carbon Prishtina, Mission Im(possible). 45th ISOCARP Cobgress*. Porto, Portugal. Retrieved from http://www.isocarp.net/data/case_studies/1616.pdf
- Dragović, S., Janković-Mandić, L., Dragović, R., Dordević, M., Dokić, M., & Kovačević, J. (2014). Lithogenic radionuclides in surface soils of Serbia: Spatial distribution and relation to geological formations. *Journal of Geochemical Exploration*, 142, 4–10. <http://doi.org/10.1016/j.gexplo.2013.07.015>
- Dragović, S., Janković, L., Onjia, A., & Bačić, G. (2006). Distribution of primordial radionuclides in surface soils from Serbia and Montenegro. *Radiation Measurements*, 41(5), 611–616. <http://doi.org/10.1016/j.radmeas.2006.03.007>
- Dudley, N. (Ed.). (2008). Guidelines for Protected Area Management Categories. Gland, Switzerland: IUCN. Retrieved from www.iucn.org/publications
- Dudley, N., Gujja, B., Jackson, B., Jeanrenaud, J. P., Oviedo, G., Phillips, A., ... & Wells, S. (1999). Challenges for protected areas in 21st century. In S., Stolton, & N., Dudley (Eds), *Partnerships for Protection: New Strategies for Planning Management for Protected Areas* (p. 3–12) London, UK: Earthscan Publication Ltd.

- Dudley, N., & Stolton, S. (2003). *Running pure: the importance of forest protected areas to drinking water*. Washington, DC: *World Bank Publications*.
- Dudley, N., Belokurov, A., Higgins-Zogib, L., Hockings, M., Stolton, S., & Burgess, N. (2007). *Tracking progress in managing protected areas around the world: an analysis of two applications of the management effectiveness tracking tool developed by WWF and the World Bank*. Switzerland, Gland: WWF International.
- Dolijanović, Ž., Oljača, S., Kovačević, D., Simić, M., Momirović, N., & Jovanović, Ž. (2013). Dependence of the productivity of maize and soybean intercropping systems on hybrid type and plant arrangement pattern. *Genetika*, 45(1), 135-144.
- Džoljić, J., Đorđević, Lj., Amidžić, L. & Krulj, I. (2017). Turistički potencijali zaštićenih područja u cilju njihovog razvoja na primeru Spomenika prirode "Jovačka jezera". In: T.Georgieva (Ed.): *14th International scientific conference "Development of Higher Schools in the context of European requirements for quality of education services"*(pp. 428 – 433). Sofia: IBSPress
- Džoljić, J., Đorđević, Lj. & Marković, J. (2014). Predicting potential distribution of *Picea omorika* (Panč.) Purk in the Balkan peninsula in order to improve species conservation. In: Dimitrovski et al. (Ed.): *Knowledge – Capital of the future* (pp.413-417). Skopje, Makedonija: Institute of knowledge management
- Džoljić, J., Stevović, S., Todorović, D., Polavder, S., Rajačić, M. & Krneta-Nikolić, J. (2017) Natural and artificial radioactivity in some protected areas of South East Europe. *Nuclear technology & radiation protection* (in press).
- Đokić, B., Jovanović, M., & Đokić, O. (2013). Heavy metals in the soil around the flotation tailing dump of the lead-zink mine Grot Mine, Southeast Serbia. *Mining & Metalurgy Engineering Bor*, 135–146. <http://doi.org/10.5937/MMEB1302135D>
- Eagles, P. F., McCool, S. F., & Haynes, C. D. (2002). Protected areas, biodiversity and conservation. In A. Phillips (Ed.), *Sustainable Tourism in Protected Areas: Guidelines for Planning and Management (Vol. 8)* (pp. 5–12). Gland, Switzerland: IUCN-The World Conservation Union.
- EEA (2015). *Air quality in Europe — 2015 report*.
- Eisenbud, M. (1987). *Environmental Radioactivity*. Academic Press, Inc., Hercourt Brace Javanovich, Publishers.
- Eisenbud, M., & Gesell, T. F. (1997). *Environmental Radioactivity from Natural, Industrial AND Military Sources: From Natural, Industrial and Military Sources*. Academic press.
- Elmqvist, T., Alfsen, C. & Colding, J. (2008). Urban systems. In S. E. Jorgensen & B. D. Faith (Eds.), *Encyclopedia of Ecology* (Vol. 5, pp. 3665 - 3672). Amsterdam, The Netherlands: Elsevier B.V.

Environmental Systems Research Institute - ESRI (199-2008). ArcMap™ Release 9.3. Redlands, CA.

Erg, B. (2015). *Zaštićena područja: Definicija i stanje*. Ečka. Retrieved from http://www.mis.org.rs/vss/media/ZA-ZA-ZA/definicija_zasticenih_podrucja_Boris_Erg.pdf

Ervin, J. (2003). *WWF: Rapid Assessment and Prioritization of Protected Area Management (RAPPAM) Methodology*. WWF.

European Environment Agency, EEA (2009). EMEP/CORINAIR Air Pollutant Emission Inventory Guidebook – 2009. Technical report/2009 Agriculture European Environment Agency

FAO & ITPS (2015). Status of the World's Soil Resources (SWSR) – Main Report. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations & Intergovernmental Technical Panel on Soils.

Faure, G. (1986). *Principles of Isotope Geology*. New York: John Wiley & Sons.

Fenn, M. E., Jovan, S., Yuan, F., Geiser, L., Meixner, T., & Gimeno, B. S. (2008). Empirical and simulated critical loads for nitrogen deposition in California mixed conifer forests. *Environmental Pollution*, 155(3), 492-511.

Ferraro, P. J., & Hanauer, M. M. (2015). Through what mechanisms do protected areas affect environmental and social outcomes?. *Phil. Trans. R. Soc. B*, 370(1681), 20140267.

Fisher, N. S., Teyssie, J. L., Krishnaswami, S., & Baskaran, M. (1987). Accumulation of Th, Pb, U, and Ra in marine phytoplankton and its geochemical significance. *Limnology and Oceanography*, 32(1), 131-142.

Florou, H., & Kritidis, P. (1992). Gamma radiation measurements and dose rate in the coastal areas of a volcanic island, Aegean Sea, Greece. *Radiation Protection Dosimetry*, 45(1-4), 277-279.

Galeriu, D. & Melintescu, A. (2010). Tritium. In D. A. Atwood (Ed.), *Radionuclides in the Environment* (pp. 47 - 61). Lexington, KY, USA: John Wiley & Sons Ltd.

García-Talavera, M., Neder, H., Daza, M. J., & Quintana, B. (2000). Towards a proper modeling of detector and source characteristics in Monte Carlo simulations. *Applied Radiation and Isotopes*, 52(3), 777-783.

Gil, L. P. C., Quiroga, E. A. C., & López, J. C. O. (2011). Aplicación de la tecnología CORINE Land Cover en la determinación de los cambios de cobertura en el parque natural los Flamencos. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 21(2), 153-167.

Gillespie, A. (2007). *Protected Areas and International Environmental Law. Protected Areas and International Environmental Law*. Leiden, The Netherlands: Martinus Nijhoff publishers. <http://doi.org/10.1163/ej.9789004161580.i-320>

Greaver, T. L., Sullivan, T. J., Herrick, J. D., Barber, M. C., Baron, J. S., Cosby, B. J., ... Novak,

- K. J. (2012). Ecological effects of nitrogen and sulfur air pollution in the US: What do we know? *Frontiers in Ecology and the Environment*, 10(7), 365–372. <http://doi.org/10.1890/110049>
- Grossi, C., Ballester, J., Serrano, I., Galmarini, S., Camacho, A., Curcoll, R., ... Duch, M. A. (2016). Influence of long-range atmospheric transport pathways and climate teleconnection patterns on the variability of surface ²¹⁰Pb and ⁷Be concentrations in southwestern Europe. *Journal of Environmental Radioactivity*, 165, 103–114. <http://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2016.09.011>
- Gomez, E., Garcias, F., Casas, M., & Cerda, V. (1994). Determination of natural gamma emitters in surface air. *International journal of environmental analytical chemistry*, 56(4), 327-335.
- Gough, L. P., & Severson, R. C. (1976). Impact of point source emissions from phosphate processing on the element content of plants and soils, Soda Springs, Idaho. In *10. Annual Conference on Trace Substances in Environmental Health, Columbia, Missouri (USA), 8-10 Jun 1976*. University of Missouri.
- Gregory, A. O., & Agbalagba, E. O. (2014). Assessment of natural radioactivity, associated radiological health hazards indices and soil-to-crop transfer factors in cultivated area around a fertilizer factory in Onne, Nigeria. *Environmental earth sciences*, 71(4), 1541-1549.
- Guillén F. J., Baeza, A., & Salas, A. (2010). Strontium. In D. A. Atwood (Ed.), *Radionuclides in the Environment* (pp.79- 93). Lexington, KY, USA: John Wiley & Sons Ltd.
- Hansman, J. (2011). *Istraživanje kvaliteta gamaspektrometrijskih merenja*. University of Novi Sad. Retrieved from [http://www.df.uns.ac.rs/files/200/jan_hansman_-_master_rad_www_\(f1-64\).pdf](http://www.df.uns.ac.rs/files/200/jan_hansman_-_master_rad_www_(f1-64).pdf)
- Harper, R. M., & Tinnacher, R. M. (2008). Plutonium. In S. E. Jorgensen & B. D. Faith, eds. *Encyclopedia of Ecology* (Vol. 4., p. 2845- 2850). Amsterdam, The Netherlands: Elsevier B.V.
- Harper., R. M., & Kantar, A. (2008). Uranium. In S. E. Jorgensen & B. D. Faith (Eds.), *Encyclopedia of Ecology* (Vol. 5, p. 3662- 3665). Amsterdam, The Netherlands: Elsevier B.V.
- Harrison, R.B. & Strahm, B. D. (2008). Soil Formation. In S. E. Jorgensen & B. D. Faith (Eds.), *Encyclopedia of Ecology* (Vol. 4, pp. 3291 - 3295). Amsterdam, The Netherlands: Elsevier B.V.
- Helmer, R.G., Cline, J.E., Greenwood, R.C. (1975) The electromagnetic interaction in nuclear spectroscopy. Editor W.D. Hamilton, North-Holland Publishing Company, Oxford.
- Hill, K. A., Shepson, P. B., Galbavy, E. S., & Anastasio, C. (2005). Measurement of wet deposition of inorganic and organic nitrogen in a forest environment. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 110(G2).

- Hockings, M. (2000). Evaluating protected area management: a review of systems for assessing management effectiveness of protected areas. *Occasional Paper-School of Natural and Rural Systems Management, University of Queensland*, 7(3).
- Hovmand, M. F., Nielsen, S. P., & Johnsen, I. (2009). Root uptake of lead by Norway spruce grown on 210Pb spiked soils. *Environmental Pollution*, 157(2), 404–409. <http://doi.org/10.1016/j.envpol.2008.09.038>
- Hwang, J., Lee, J., Cho, K. S., Choi, H. S., Rho, S. R., & Cho, I. H. (2010). Space radiation measurement on the polar route onboard the korean commercial flights. *Journal of Astronomy and Space Science*, 27(1), 43–54. <http://doi.org/10.5140/JASS.2010.27.1.043>
- Hydrometeorological Yearbook 2014 of Kosovo*. (2016). Pristina - Kosovo: Ministry of Environment and Spatial Planning, Environmental Protection Agency of Kosovo, Hydrometeorological Institute of Kosovo (IHMK). Retrieved from http://ammk-rks.net/repository/docs/Vjetari_Hidrometeorologjik_-_2014_-_Eng_-_Web_New.pdf
- IAEA. (2010). *Handbook of Parameter Values for the Prediction of Radionuclide Transfer in Terrestrial and Freshwater*. IAEA. Vienna, Austria.
- IAEA, (2009). Quantification of Radionuclide Transfer in Terrestrial and Freshwater Environments for Radiological Assessments. *International Atomic Energy Agency, Vienna*.
- International Union of Radiology. (1989). Sixth Report of the Working Group on Soil to Plant Transfer Factors (European Community Contract B16-052-B), *IUR, Saint-Paul-lez-Durance*.
- Iyengar, M. A. R. (1990). The natural distribution of radium. *The environmental behaviour of radium*, 1, 59-128.
- Janković, M. M., Todorović, D. J., Todorović, N. A., & Nikolov, J. (2012). Natural radionuclides in drinking waters in Serbia. *Applied Radiation and Isotopes*, 70(12), 2703–2710. <http://doi.org/10.1016/j.apradiso.2012.08.013>
- Janković, M., Todorović, D., & Savanović, M. (2008). Radioactivity measurements in soil samples collected in the Republic of Srpska. *Radiation Measurements*, 43(8), 1448-1452.
- Jasińska M, Kozak K, Mietelski JW, Greszta J, Barszcz J (1990) Radioactive contamination of the forest of southern Poland and Finland. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry Lett*, 146:1–13
- Jeran, Z., Vaupotic, J., Kocman, D., & Kastelec, D. (2010). How lichens and mosses reflect atmospheric deposition of natural and artificial radionuclides. *International Journal of Environment and Health*, 4(2/3), 137–150. <http://doi.org/10.1504/IJENVH.2010.033704>
- Jia, G., Torri, G., Ocone, R., Di Lullo, A., De Angelis, A., & Boschetto, R. (2008). Determination of thorium isotopes in mineral and environmental water and soil samples by α -spectrometry and the fate of thorium in water. *Applied Radiation and Isotopes*, 66(10), 1478-1487.
- Joksic, J., Radenkovic, M., & Miljanic, S. (2007). Natural radioactivity of some spring and

- bottled mineral waters from several Central Balkan sites, as a way of their characterization. *Journal of the Serbian Chemical Society*, 72(6), 621–628. <http://doi.org/10.2298/JSC0706621J>
- Jorgensen, S. E., & Faith, B. D. (Eds.). (2008). *Enciclopedia. Encyclopedia of Ecology*. Elsevier B.V.
- JP “Direkcija za građevinsko zemljište i puteve Opštine Surdulica.” (2011). Plan upravljanja 2012 – 2021. PIO Vlasina. Surdulica, Srbija. Retrieved from <http://www.piovlasina.org/uploads/propisi/ostalo/PlanUpravljanjaPIOVlasina2011-2021.pdf>
- Juffe-Bignoli, D., Burgess, N. D., Bingham, H., Belle, E. M. S., De Lima, M. G., Deguignet, M., ... & Eassom, A. (2014). Protected planet report 2014. *Cambridge, UK: UNEP-WCMC*.
- Jun, T. , Tsay, O. G., Churchil , D. G. (2010). Potassium. In D. A. Atwood (Ed.), *Radionuclides in the Environment* (pp. 65 - 70). Lexington, KY, USA: John Wiley & Sons Ltd.
- Kabata-Pendias A, Pendias H (1984) Trace elements in the soils and plants. CRC Press, Florida
- Kabaš, E. N., Alegro, A. A., Kuzmanović, N. V., Jakovljević, K. M., Vukojičić, S. S., & Lakušić, D. V. (2013). Stipetum novakii ass. nova – a new association of serpentine rocky grassland vegetation (*Halacsyetalia sendtneri*) in Serbia. *Acta Botanica Croatica*, 72(1), 169–184. <http://doi.org/10.2478/v10184-012-0016-6>
- Karajovanović, M., & Siljan, H. 1976. Osnovna Geološka karta SFRJ 1:1000.000, list Kumanovo K34-68, Savezni geološki zavod, Beograd.
- Karajovanović, M., & Siljan, H. (1972). Tolkuvač za list Kumanovo, O GK – 1 : 100 000. SFRJ Savezni geološki zavod, Beograd.
- Karamanis, D., Stamoulis, K., & Ioannides, K. G. (2007). Natural radionuclides and heavy metals in bottled water in Greece. *Desalination*, 213(1-3), 90-97.
- Kathren, R. L. (1998). NORM sources and their origins. *Applied radiation and isotopes*, 49(3), 149-168.
- Kathren, R. L. (1986). *Radioactivity in the environment, Sources, Distribution, and Surveillance*. Harwood academic publishers, New York.
- Kauranen, P., & Miettinen, J. K. (1974). Specific Activity of ²¹⁰Pb in the Environment. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 3(4), 307–316. <http://doi.org/10.1080/03067317408071091>
- Keen, N.J. (1968). Studies on the extraction of Uranium from sea water. *Journal of the Briish Nucear Energy Society*, 7: 178-83 (Apr. 1968).
- Kennedy, R. E., Townsend, P., Gross, J. E., Cohen, W. B., Bolstad, P., Wang, Y. Q., & Adams, P. (2009). Remote sensing change detection tools for natural resource managers: Understanding concepts and tradeoffs in the design of landscape monitoring projects. *Remote Sensing of Environment*, 113(7), 1382–1396. <http://doi.org/10.1016/j.rse.2008.07.018>

- Key, R. M., Kozyr, A., Sabine, C. L., Lee, K., Wanninkhof, R., Bullister, J. L., ... & Peng, T. H. (2004). A global ocean carbon climatology: Results from Global Data Analysis Project (GLODAP). *Global biogeochemical cycles*, 18(4).
- Knoll, G. F. (1989) Radiation Detection and Measurement, John Wiley & Sons, New York.
- Kolomejceva-Jovanović, L. (2010). Hemija i zaštita životne sredine. *Ekološka hemija, Savez inženjera i tehničara Srbije, Beograd*.
- Košanin, N. (1911). *Vegetacija planine Jakupice u Makedoniji*. Srpska Kraljevska Akademija Belgrad.
- Kovacs, T., Bodrogi, E., Dombovari, P., Somlai, J., Nemeth, C., Capote, A., & Tarjan, S. (2004). 238U, 226Ra, 210Po concentrations of bottled mineral waters in Hungary and their committed effective dose *Radiation protection dosimetry* 108(2), 175-181.
- Kritsanuwat, R., Sahoo, S. K., Arae, H., & Fukushi, M. (2014). Distribution of 238U and 232Th in selected soil and plant samples as well as soil to plant transfer factors around Southern Thailand. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 2571–2577. <http://doi.org/10.1007/s10967-014-3779-5>
- Langmuir, D. (1997). *Aqueous environmental geochemistry* (No. 551.48 L3.). Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall.
- Larssen, T., Lydersen, E., Tang, D., He, Y., Gao, J., Liu, H., Duan, L., Seip, H., Vogt, R., and Mulder, J. (2006) Acid rain in China, *Environmental Science & Technology*, 40 (2), 418–425, doi:10.1021/es0626133,
- Larivière, D., & Guèrin, N. (2010). Natural Radioactivity. In D. A. Atwood (Ed.), *Radionuclides in the Environment* (p. 1). Lexington, KY, USA: John Wiley & Sons Ltd.
- Lee, H. N. (2008). Radionuclides: Their Biogeochemical Cycles and the Impacts on the Biosphere. In S. E. Jorgensen & B. D. Faith (Eds.), *Encyclopedia of Ecology* (Vol. 4, pp. 2966 - 2975). Amsterdam, The Netherlands: Elsevier B.V.
- Leverington, F. (2009). The global protected area management effectiveness database. Internal database of October 2009. Gat- ton, Australia: University of Queensland
- Leverington, F., Hockings, M., Pavese, H., Lemos Costa, K., & Courrau, J. (2008). *Management effectiveness evaluation in protected areas: a global study. Supplementary report No. 1: Overview of approaches and methodologies*. Retrieved from <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2008-089.pdf>
- Lima, E. (2010). Cesium. In D. A. Atwood (Ed.), *Radionuclides in the Environment* (pp. 73- 78). Lexington, KY, USA: John Wiley & Sons Ltd.
- Liu, X., Duan, L., Mo, J., Du, E., Shen, J., Lu, X., ... & Zhang, F. (2011). Nitrogen deposition and its ecological impact in China: an overview. *Environmental pollution*, 159(10), 2251-2264.

- Lovett, G. M., & Goodale, C. L. (2011). A new conceptual model of nitrogen saturation based on experimental nitrogen addition to an oak forest. *Ecosystems*, 14(4), 615-631.
- Lubchenco, J., Palumbi, S. R., Gaines, S. D., & Andelman, S. (2003). Plugging a hole in the ocean: the emerging science of marine reserves. *Ecological applications*, 13(1), S3-S7.
- Mander, Ü. (2008). Landscape Planning. In S. E. Jorgensen & B. D. Faith (Eds.), *Encyclopedia of Ecology* (Vol. 3, pp. 2116- 2126). Amsterdam, The Netherlands: Elsevier B.V
- Marković, J., Stevović, S., Rajačić, M., Todorović, D. & Krneta Nikolić, J., 2016. Transfer factors for the „soil–cereals” system in the region of Pčinja, Serbia. *Nuclear technology & radiation protection* 31(4), 376-381.
- Martínez-Aguirre, A., García-León, M., & Ivanovich, M. (1994). The distribution of U, Th and ²²⁶Ra derived from the phosphate fertilizer industries on an estuarine system in Southwest Spain. *Journal of environmental radioactivity*, 22(2), 155-177.
- McCarthy, D. P., Donald, P. F., Scharlemann, J. P., Buchanan, G. M., Balmford, A., Green, J. M., ... & Leonard, D. L. (2012). Financial costs of meeting global biodiversity conservation targets: current spending and unmet needs. *Science*, 338(6109), 946-949.
- McNabb, G. J., Kirk, J. A., & Thompson, J. L. (1979). Radionuclides from phosphate-ore-processing plants: the environmental impact after 30 years of operation. *Health physics*, 37(4), 585-587.
- Michel, R. (1999). Long-lived radionuclides as tracers in terrestrial and extraterrestrial matter. *Radiochimica Acta*, 87(1-2), 47-74.
- Mietelski, J. W. (2010). Antropogenic Radioactivity. In D. A. Atwood (Ed.), *Radionuclides in the Environment* (pp. 19-34). Lexington, KY, USA: John Wiley & Sons Ltd.
- Mietelski, J. W., Szwalko, P., Tomankiewicz, E., Gaca, P., Małek, S., Barszcz, J., & Grabowska, S. (2005). ¹³⁷Cs, ⁴⁰K, ⁹⁰Sr, ²³⁸, ²³⁹+ ²⁴⁰Pu, ²⁴¹Am and ²⁴³+ ²⁴⁴Cm in forest litter and their transfer to some species of insects and plants in boreal forests: Three case studies. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 262(3), 645-660.
- Mijović, D. (ed.) (2005). Inventar objekata geonasleđa Srbije. Zavod za zaštitu prirode Srbije. Beograd.
- Miller, G. T. (1998). *Living in the Environment: Principles, Connections, and Solutions*. Wadsworth Pub. Comp., Belmont.
- Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis*. *Ecosystems*. Washington, DC: World Resources Institute.
- Milosavljević, V. & Randelović, N. (2002). Contribution to the floristic and vegetation diversity of Rudina Mt in Bosilegrad vicinity. – In: 7th *Symposium on the flora of the Southeastern Serbia and Neighbouring Regions, Abstracts* (pp. 33). Niš, Serbia: Faculty of Science and Mathematics, University of Niš (in Serbian).

- Miniero, R. & Iamiceli, A.L. (2008). Persistent Organic Pollutants. In S. E. Jorgensen & B. D. Faith (Eds.), *Encyclopedia of Ecology* (Vol. 4, p. 2672-2682). Amsterdam, The Netherlands: Elsevier B.V.
- Ministarstvo životne sredine i prostornog planiranja. (2009). *Izveštaj o stanju zemljišta u Republici Srbiji*. Beograd, Srbija.
- Mishev, A. L., & Hristova, E. (2012). Recent gamma background measurements at high mountain altitude. *Journal of Environmental Radioactivity*, 113, 77–82. <http://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2012.04.017>
- Mitrović, B., Ajtić, J., Lazić, M., Andrić, V., Krstić, N., Vranješ, B., & Vićentijević, M. (2016). Natural and anthropogenic radioactivity in the environment of Kopaonik mountain, Serbia. *Environmental Pollution*, 215, 273–279. <http://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.05.031>
- Mitrović, B., Vitorović, G., Vitorović, D., Pantelić, G., & Adamović, I. (2009). Natural and anthropogenic radioactivity in the environment of mountain region of Serbia. *J. Environ. Monit.*, 11(2), 383–388. <http://doi.org/10.1039/B813102C>
- Mojović, M. (2015). *Radiohemija i radiografija*. Beograd, Srbija. Retrieved from http://www.ffh.bg.ac.rs/Dokumenti/Forenzika/predavanja/radiohemija_i_radiografija.pdf
- Mortvedt, J. J. (1994). Plant and soil relationships of uranium and thorium decay series radionuclides—a review. *Journal of Environmental Quality*, 23(4), 643-650
- Morán, M., Ferreira, J., Martins, H., Monteiro, A., Borrego, C., & González, J. A. (2016). Ammonia agriculture emissions: From EMEP to a high resolution inventory. *Atmospheric Pollution Research*, 7(5), 786–798. <http://doi.org/10.1016/j.apr.2016.04.001>
- Mrdja, D., Bikit, I., Slivka, J., Veskovic, M., Conkic, L., Varga, E., ... Curcic, S. (2003). Radionuclides in the soil of Vojvodina Nature Reserves. In *The Sixth International Symposium and Exhibition on Environmental Contamination in Central and Eastern Europe, Prague* (pp. 7–10).
- National Council on Radiation Protection and Measurements. (1988). Measurement of Radon and Radon Daughters in Air: Recommendations of the National Council on Radiation Protection Andmeasurements. National Council on Radiation Protection and Measurements. Bethesda, MD.
- Ndontchueng, M. M., Mekongtso Nguelem, E. J., Simo, A., Njinga, R. L., & Joël, G. S. C. (2014). Gamma Emitting Radionuclides in Soils from Selected Areas in Douala-Bassa Zone, Littoral Region of Cameroon. *ISRN Spectroscopy*, 2014(2014), 1–8. <http://doi.org/10.1155/2014/245125>
- Nešić, D., Belij, S., & Milovanović, B. (2009). Mehanizam nastanka klizeće drobine na južnoj padini Panči ćevog vrha (2017 m), Kopaonik. *Glasnik Srpskog Geografskog Društva*, 4(4), 37–59. Retrieved from <http://www.doiserbia.nb.rs/img/doi/0350-3593/2009/0350-35930904037N.pdf>
- Neu, M. P., Goff, G. S. & Runde, W. (2010). Plutonium. In D. A. Atwood (Ed.), *Radionuclides in the Environment* (pp. 289 - 310). Lexington, KY, USA: John Wiley & Sons Ltd.

- Nikčević, M., & Anđelić, T. (2011). Radioaktivnost i jonizujuća zračenja detekcija, dozimetrija i zaštita. Podgorica: OSCE. Retrieved from <http://www.osce.org/me/montenegro/86755>
- Ostojić, D. & Jovanović, B. (2007). Characteristics of Crimean pine (*Pinus pallasiana* Lamb.) forests in the reserve “Jarešnik” in the District of Bosilegrad. In *Proceedings of the 3rd Congress of Ecologists of the Republic of Macedonia with International Participation* (pp. 86–91). Skopje, Macedonia: Special issues of Macedonian Ecological Society. Retrieved from http://www.mes.org.mk/PDFs/3rd Congress Proceedings/02_Dragana Ostojic.pdf
- Ostojić, D. (The I. for N. P. of S., Jovanović, B., & Kisin, B. (2010). Rezervat prirode “Kukavica” stanje i zaštita. *Glasnik Šumarskog Fakulteta*, (3–4), 35–50. <http://doi.org/10.2298/GSF1103157C>
- Pan, Y. P., Wang, Y. S., Tang, G. Q., & Wu, D. (2012). Wet and dry deposition of atmospheric nitrogen at ten sites in Northern China. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 12(14), 6515–6535. <http://doi.org/10.5194/acp-12-6515-2012>
- Pančić, J. (1886). *Nova Grada za floru kneževine Bugarske*. Kraljevsko-srpska državna štamparija.
- Papastefanou, C., Manolopoulou, M., Stoulos, S., Ioannidou, A., & Gerasopoulos, E. (1999). Soil-to-plant transfer of ¹³⁷Cs, ⁴⁰K and ⁷Be. *Journal of Environmental Radioactivity*, 45(1), 59–65. [http://doi.org/10.1016/S0265-931X\(98\)00077-0](http://doi.org/10.1016/S0265-931X(98)00077-0)
- Pardo, L. H., Fenn, M. E., Goodale, C. L., Geiser, L. H., Driscoll, C. T., Allen, E. B., ... & Emmett, B. (2011). Effects of nitrogen deposition and empirical nitrogen critical loads for ecoregions of the United States. *Ecological Applications*, 21(8), 3049–3082.
- Park, S. U., & Lee, Y. H. (2002). Spatial distribution of wet deposition of nitrogen in South Korea. *Atmospheric Environment*, 36(4), 619–628.
- Petrović, T. (2004). *Besna Kobila Mt. – biodiversity center of rare plant species and communities*. Master Thesis of Faculty of Occupational Safety, University of Niš, Niš (in Serbian, unpubl.)
- Petrović, J., Dragović, S., Dragović, R., Đorđević, M., Đokić, M., & Čujić, M. (2016). Spatial and vertical distribution of ¹³⁷Cs in soils in the erosive area of southeastern Serbia (Pčinja and South Morava River Basins). *Journal of Soils and Sediments*, 16(4), 1168–1175. <http://doi.org/10.1007/s11368-015-1192-5>
- Petrović, B., Dimitrijević, M., Čikin, M., Cvetković, D., Rokić, Lj., Veljković, D., Stefanović, M., Karamata, S., Dimitrijević, M., Jevremović, M. & Pantić, N. (1966). Osnovna geološka karta SFRJ 1: 100 000. List Vlasotince K 34-45. Savezni geološki zavod, Beograd.
- Petrović, B., Dimitrijević, M. & Karamata, S. (1973). Tumač za List Vlasotince K 34-45, Osnovna geološka karta SFRJ 1: 100 000. Savezni geološki zavod, Beograd.
- Pešić, M. S. (2013). *Diferencijacija dolinskih livada i vegetacije visokih zeleni Vlasinske visoravni*. Univerzitet u Nišu. Retrieved from <http://pmf.ni.ac.rs/pmf/master/biologija/doc/2013/2013-04-16-pm.pdf>

- Piščević, N. (2009). *Metodologija brze procene i prioritizacija upravljanja zaštićenim područjima (RAPPAM)*. Beograd, Srbija. Retrieved from <http://biodiverzitet-chm.rs/biodiverzitet-u-srbiji/izvestaji-i-publikacije/rappam-srpski.pdf/download/sr/1/RAPPAM-srpski.pdf>
- Popovic, A., Djordjevic, D., Relic, D., & Mihajlidi-Zelic, A. (2011). Speciation of Trace and Major Elements from Coal Combustion Products of Serbian Power Plants (II)—Obilic Power Plant. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 33(24), 2309–2318. <http://doi.org/10.1080/15567030903503225>
- Popović, D., Todorović, D., Frontasyeva, M., Ajtić, J., Tasić, M., & Rajsic, S. (2008). Radionuclides and heavy metals in Borovac, Southern Serbia. *Environmental Science and Pollution Research*, 15(6), 509–520. <http://doi.org/10.1007/s11356-008-0003-6>
- Popovic, D., Djuric, G., Smelcerovic, M., & Maksimovic, B. (1989). Contribution of the short lived radionuclides in food to the total radiation burden of man after the nuclear accident in Chernobyl.
- Popović, S. (2016). *Indikatori biodiverziteta u R. Srbiji za 2015. godinu*. Beograd, Srbija: Ministarstvo poljoprivrede i zaštite životne sredine - Agencija za zaštitu životne sredine. Retrieved from http://www.sepa.gov.rs/download/Indikatori_biodiverziteta_2015.pdf
- Popovic, S., & Džoljic, J. (2016). *Serbian Forest Indicators by CORINE Land Cover*. Saarbrücken, Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing. Retrieved from <http://www.sepa.gov.rs/download/publikacije/SerbianForestIndicatorsCorineLandCover.pdf>
- Popović, S., Mitić, M., & Džoljić, J. (2010). Promena namene korišćenja poljoprivrednog zemljišta u periodu 1990-2000 godine u Srbiji. In G. Dražić (Ed.), *International Conference "Degraded areas & Ecoremediation" Conference proceedings* (pp. 69–78). Belgrade: Faculty of Applied Ecology Futura, Belgrade. Retrieved from [http://data.sfb.bg.ac.rs/sftp/sara.lukic/Conference proceedings - Zbornik Radova\[1\].pdf](http://data.sfb.bg.ac.rs/sftp/sara.lukic/Conference%20proceedings%20-%20Zbornik%20Radova[1].pdf)
- Popović, V. (2012). *Globalna raspodjela prirodne radioaktivnosti*. Univerzitet u Novom Sadu, Prirodno-matematički fakultet.
- Postel, S. L. & Thompson, B. H. (2005). Watershed protection: capturing the benefits of nature's water supply services. In *Natural Resources Forum* (29(2)), pp. 98–108). Blackwell Publishing Ltd.
- Poston, T. M. (1982). Observations on the bioaccumulation potential of thorium and uranium in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, 28(6), 682-690.
- Povinec P. P. (2010). Indian Ocean. In D. A. Atwood (Ed.), *Radionuclides in the Environment* (pp. 375-385). Lexington, KY, USA: John Wiley & Sons Ltd.
- Pressey, R. L., Humphries, C. J., Margules, C. R., Vane-Wright, R. I., & Williams, P. H. (1993). Beyond opportunism: key principles for systematic reserve selection. *Trends in ecology & evolution*, 8(4), 124-128.
- Pöschl, M., Brunclík, T., & Hanák, J. (2010). Seasonal and inter-annual variation of Beryllium-7

- deposition in birch-tree leaves and grass in the northeast upland area of the Czech Republic. *Journal of Environmental Radioactivity*, 101(9), 744–750. <http://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2010.05.001>
- Radenković, M. B., Cupać, S. A., Joksić, J. D., & Todorović, D. J. (2008). Depleted Uranium Mobility and Fractionation in Contaminated Soil (Southern Serbia). *Environmental Science and Pollution Research*, 15(1), 61–67.
- Radosavljević, S. A., Stojanović, J. N., Vuković, N. S., Radosavljević-Mihajlović, A. S., & Kašić, V. D. (2015). Low-temperature Ni-As-Sb-S mineralization of the Pb(Ag)-Zn deposits within the Rogozna ore field, Serbo-Macedonian Metallogenic Province: Ore mineralogy, crystal chemistry and paragenetic relationships. *Ore Geology Reviews*, 65(P1), 213–227. <http://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2014.09.029>
- Radović, I., Kozomara, M., Dulic, O., Erg, B., Ivanov, S., & Mirkovic, P. (Eds.). (2011). *Strategija biološke raznovrsnosti Republike Srbije za period od 2011-2018*. Beograd, Srbija: Ministarstvo životne sredine i prostornog planiranja. Retrieved from http://www.zzps.rs/novo/kontent/stranicy/propisi_strategije/strategija_bioloske_raznovrsnosti.pdf
- Rajačić, M. M., Todorović, D. J., Janković, M. M., Nikolić, J. D., Sarap, N. B., & Pantelić, G. K. (2015). ⁷Be in atmospheric deposition: determination of seasonal indices. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 303(3), 2535–2538. <http://doi.org/10.1007/s10967-014-3733-6>
- Rajačić, M., Todorović, D., Đuurđević, V., Petrović, I., Janković, M., Nikolić, J., ... Sarap, N. (2015). Korelacija između specifične aktivnosti ⁷Be u aerosolima i ukupnom depozitu i meteoroloških indeksa NAO, EA, EAWR i SCA. In G. Pantelić (Ed.), 28. *simpozijum Društva za zaštitu od zračenja Srbije i Crne Gore Zbornik radova* (p. 34). Beograd, Srbija: Institut za nuklearne nauke “Vinča”, Društvo za zaštitu od zračenja Srbije i Crne Gore.
- Rajec, P., Gerhart, P., Macásek, F., Shaban, I. S., & Bartoš, P. (1999). Size exclusion (radio) chromatography of aqueous humic acid solutions with cesium and strontium. *Journal of radioanalytical and nuclear chemistry*, 241(1), 37-43.
- Randelović, N. (1978). *Ekološko-fitocenološke karakteristike brdskih pašnjaka jugoistočne Srbije*. Doktorska disertacija, Prirodoslovnomatemički fakultet, Zagreb.
- Randelović, N. & Ružić, M. (1983). Pastural vegetation on serpentine in south-eastern Serbia (association *Festuco-Plantaginetum* serpentina Rand. et Ružić 1982). *Bulletin du Muséum d'Historie Naturelle de Belgrade*, (Ser. B, 38) 55-61.
- Randelović, V., & Zlatković, B. (2010). Flora i vegetacija Vlasinke visoravni. *10-i simpozijum o flori jugoistočne Srbije i susednih regiona*. Niš, Srbija: Prirodnomatematički fakultet, Univerzitet u Nišu.
- Randelović, V., Zlatković, B., Dimitrijević, D., & Vlahović, T. (2010). Phytogeographical and phytocoenological analysis of the threatened plant taxa in the flora of the Vlasina plateau (SE Serbia). *Biologica Nyssana*, 1(1-2), 1-7.
- Randelović, V. N., Zlatković, B. K., Milosavljević, V. N., & Randelović, N. V. (2008). The

- endemic flora of Bosilegrad surroundings (Krajište region) in SE Serbia. *Phytologia Balcanica*, 14(3), 367–375. Retrieved from http://www.bio.bas.bg/~phytolbalcan/PDF/14_3/14_3_07_Randelovic_&.al.pdf
- Rani, A., & Singh, S. (2005). Natural radioactivity levels in soil samples from some areas of Himachal Pradesh, India using γ -ray spectrometry. *Atmospheric Environment*, 39(34), 6306-6314.
- RHMZ Srbije. (2015). *Godišnji bilten za Srbiju 2014. god.* Beograd, Srbija. Retrieved from <http://www.hidmet.gov.rs/podaci/meteorologija/latin/2014.pdf>
- RZS. (2014). *Uparedni pregled broja stanovnika 1948, 1953, 1961, 1971, 1981, 1991, 2002 i 2011.* Beograd, Srbija: Republički zavod za Statistiku. Retrieved from <http://pod2.stat.gov.rs/ObjavljenePublikacije/Popis2011/Knjiga20.pdf>
- Sabuti, A. A. & Mohamed C.A.R. (2010). Lead. In D. A. Atwood (Ed.), *Radionuclides in the Environment* (pp. 139 - 146). Lexington, KY, USA: John Wiley & Sons Ltd.
- Salak, D. (2007). *Kosmičkim zračenjem indukovane linije u gama spektrima.* University of Novi Sad. Retrieved from [http://www.df.uns.ac.rs/files/200/dragan_salak_-_diplomski_rad_\(d-477\).pdf](http://www.df.uns.ac.rs/files/200/dragan_salak_-_diplomski_rad_(d-477).pdf)
- Sarap, N., Rajačić, M., Janković, M., Nikolić, J., Dolijanović, Ž., Todorović, D. & Pantelić, G. (2015). Raspodela ukupne beta i specifične aktivnosti ^{40}K u vegetativnim i generativnim organima kukuruza. In G. Pantelić (Ed.) *28. simpozijum Društva za zaštitu od zračenja Srbije i Crne Gore Zbornik radova* (pp. 70-74). Beograd, Srbija: Institut za nuklearne nauke “Vinča”, Društvo za zaštitu od zračenja Srbije i Crne Gore.
- Sarap, N. B., Janković, M. M., Todorović, D. J., Nikolić, J. D., & Kovačević, M. S. (2014). Environmental radioactivity in southern Serbia at locations where depleted uranium was used. *Archives of Industrial Hygiene and Toxicology*, 65(2), 189–197. <http://doi.org/10.2478/10004-1254-65-2014-2427>
- Sarov, S. Sarov, S., Voynova E., Georgieva, I., Nikolov, D., & Markov, N. (2011). Geological map of the Republic of Bulgaria 1:50 000, Map Sheet K–34–71–G (Rila Monastery). Ministry of Environment and Water Bulgarian National Geological Survey, Sofiya.
- Sarov, S., Voyinova, E., Nikolov, D., Georgieva, I., Valev, V., & Markov, N., (2010). Explanatory Note to the Geological map of the Republic of Bulgaria 1:50 000, Map Sheet - 34-71-G (Rila Monastery). Ministry of Environment and Water Bulgarian National Geological Survey, Sofiya
- Saout, S. Le, Hoffmann, M., Shi, Y., & Hughes, A. (2013). Protected Areas and Effective Biodiversity Conservation. *Science*, 342, 803–805. <http://doi.org/10.1126/science.1239268>
- Scharlemann, J. P., Kapos, V., Campbell, A., Lysenko, I., Burgess, N. D., Hansen, M. C., ... & Miles, L. (2010). Securing tropical forest carbon: the contribution of protected areas to REDD. *Oryx*, 44(03), 352-357.
- Schmitt, A. K. (2015). *Izvori zracenja.* Zagreb. Retrieved from https://www.fer.unizg.hr/_download/repository/predizvorzr.pdf

- Seidel, C. (2010). *Artificial and natural radionuclides in spruce needles in Upper Austria from 1983 to 2008 – an application for radioecological monitoring*. Universität für Bodenkultur Wien. Retrieved from http://bfw.ac.at/600/pdf/Radionucleide_in_Fichtennadeln.pdf
- Secretariat, C. B. D. (2010). The strategic plan for biodiversity 2011-2020 and the Aichi biodiversity targets. Document UNEP/CBD/COP/DEC/X/2. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Nagoya, Japan.
- Sekulić, G. (2011). *Overview of the National System of Protected Areas in Serbia: Recommendations for the Implementation of IUCN Protected Area Management Categories*. Master Thesis of the Management of Protected Area's Programme, University of Klagenfurt.
- SEPA. (2009). *Izveštaj o stanju zemljišta u R. Srbiji*. Beograd, Srbija: Ministarstvo životne sredine i prostornog planiranja. Retrieved from http://www.sepa.gov.rs/download/Stanje_zemljista.pdf
- SEPA. (2015). *Izveštaj o stanju zemljišta u R. Srbiji za 2013. god.* Beograd, Srbija: Ministarstvo poljoprivrede i zaštite životne sredine. Retrieved from http://www.sepa.gov.rs/download/zemljiste/Zemljiste_2013.pdf
- Shacklette, H. T., Erdman, J. A., Harms, T. F., & Papp, C. S. E. (1978). Trace elements in plant foodstuffs. *Toxicity of Heavy Metals in the Environment Part, 1*, 25-68.
- Sheppard, M. I., Vandergraaf, T. T., Thibault, D. H., & Reid, J. K. (1983). Technetium and uranium: sorption by and plant uptake from peat and sand. *Health Physics*, 44(6), 635-643.
- Sheppard, S. C., & Evenden, W. G. (1988). Critical compilation and review of plant/soil concentration ratios for uranium, thorium and lead. *Journal of Environmental Radioactivity*, 8(3), 255-285.
- Sheppard, M. I., & Sheppard, S. C. (1985). The plant concentration ratio concept as applied to natural U. *Health physics*, 48(4), 494.
- Simic, V., & Simić, S. (2012). Program upravljanja ribarskim područjem: predeo izuzetnih odlika "Dolina Pčinje" za period 2012-2020. godine, 1–20. Retrieved from http://dolinapcinje.org/uploads/SajtoviDownloads/Program_Ribarsko_podrucje_PIO_„Dolina_Pcinje,,_2012-2020.pdf
- Slivka, J., Bikit, I., Veskovic, M., Krmar, M., Todorovic, N., Mrdja, D., & Forkapic, S. (2007). Evaluation of Efficiency Calibration Methods of Semiconductor Gamma Spectrometers. *Editor Editor-in-Chief*, 31(1), 19-30.
- Službeni glasnik Grada Vranja (2014). *Odluka o proglašenju spomenika prirode „Jovačka jezera“*. Vranje: Skupština grada Vranja, 15/10 i 9/14
- Službeni glasnik Pčinjskog okruga (2009). *Odluka o proglašenju spomenika prirode „Jovačka jezera“*. br 21/08 i 8/09.
- Službeni glasnik RS » Međunarodni ugovori (2007). *Konvencije o očuvanju evropske divlje flore i faune i prirodnih staništa*. Beograd: JP "Službeni glasnik", 102/07

- Službeni glasnik RS (2012). *Nacionalna strategija održivog korišćenja prirodnih resursa i dobara*. Beograd: JP "Službeni glasnik", br. 33/12
- Službeni glasnik RS (2011). *Nacionalna lista indikatora zaštite životne sredine*. Beograd: JP „Sl. glasnik RS“, br. 37/2011
- Službeni glasnik RS (2010). *Nacionalni program zaštite životne sredine*. Beograd: JP „Službeni glasnik“, br. 12/10.
- Službeni glasnik RS (2008). *Nacionalna strategija održivog razvoja*. Beograd: JP "Službeni glasnik", br. 57/08
- Službeni glasnik RS (2013). *Pravilnik za vodu za piće*. Beograd: JP „Sl. glasnik RS“, br.86/11 i 97/13
- Službeni glasnik RS (2011). *Pravilnik o Nacionalnoj listi indikatora zaštite životne sredine Srbije* Beograd: JP „Službeni glasnik“, br. 37/11
- Službeni glasnik RS (2011). *Pravilnik o granicama sadržaja radionuklida u vodi za piće, životnim namirnicama, stočnoj hrani, lekovima, predmetima opšte upotrebe, građevinskom materijalu i drugoj robi koja se stavlja u promet*. Beograd: JP „Sl. glasnik RS“, br 86/11 i 97/13
- Službeni glasnik RS (2010). *Pravilnik o proglašenju i zaštiti strogo zaštićenih i zaštićenih divljih vrsta biljaka, životinja i gljiva*. Beograd: JP „Službeni glasnik“, br. 5/10 i 47/11
- Službeni glasnik RS (2010). *Prostorni plan Republike Srbije*. Beograd: JP „Službeni glasnik“, br. 88/10
- Službeni glasnik RS (2011). *Strategija biološke raznovrsnosti Republike Srbije za period od 2011. do 2018. godine*. Beograd: JP "Službeni glasnik", br. 13/11
- Službeni glasnik RS (2014). *Uredba o proglašenju Strogog rezervata prirode „Kukavica“*. Beograd: JP „Službeni glasnik“, br. 110-11526/14
- Službeni glasnik RS (2012). *Uredba o režimima zaštite*. Beograd: JP "Službeni glasnik", br. 31/12
- Službeni glasnik RS (2010). *Uredba o ekološkoj mreži*. Beograd, JP „Službeni glasnik“, br. 102/10
- Službeni glasnik RS (2006). *Uredba o zaštiti Predela izuzetnih odlika „Vlasina“*. Beograd: JP „Službeni glasnik“, br. 30/06
- Službeni glasnik RS (2004). *Uredba o utvrđivanju Prostornog plana područja posebne namene Vlasina*. Beograd: JP „Službeni glasnik“, br. 133/04
- Službeni glasnik RS (2003). *Uredba o zaštiti Predela izuzetnih odlika „Dolina Pčinje“*. Beograd: JP „Službeni glasnik“, br. 55/96 i 2/03

- Službeni glasnik RS (2015). *Zakon o Nacionalnim parkovima*. Beograd: JP „Službeni glasnik“, br. 84/15
- Službeni glasnik RS (2012) *Zakono o zaštiti od jonizujućih zračenja i o nuklearno sigurnosti*. Beograd: JP „Službeni glasnik“, br. 36/09 i 93/12
- Službeni glasnik RS (2010). *Zakon o zaštiti prirode*. Beograd: JP „Službeni glasnik“, br. 36/09, 88/10, 91/10 i 14/16
- Službeni glasnik RS (2009) *Zakono o zaštiti životne sredine*. Beograd: JP „Službeni glasnik“, br. 135/04, 36/09 i 14/16
- Službeni list SFRJ » Međunarodni ugovori (1986). *Zakon o ratifikaciji Konvencije o prekograničnom zagađivanju vazduha na velikim udaljenostima*. Beograd: JP „Službeni list SFRJ“, 11/86
- Službeni list SFRJ » Međunarodni ugovori (1977). *Uredba o ratifikaciji Konvencije o močvarama koje su od međunarodnog značaja, posebno kao prebivalište ptica močvarica*. Beograd: JP „Službeni list SFRJ“, br. 9/77
- Smedley, P. L., Smith, B., Abesser, C., & Lapworth, D. (2006). Uranium occurrence and behaviour in British groundwater. British geological survey, Groundwater Systems & Water Quality Programme, Commissioned report CR/06/050N, Keyworth, Nottingham: British Geological Survey
- Soares-Filho, B., Moutinho, P., Nepstad, D., Anderson, A., Rodrigues, H., Garcia, R., ... & Silvestrini, R. (2010). Role of Brazilian Amazon protected areas in climate change mitigation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(24), br. 10821-10826.
- Soulé, M. E., & Sanjayan, M. A. (1998). Conservation Targets: Do They Help? *Science*, 279(5359), 2060–2061. Retrieved from www.jstor.org/stable/2896256
- SPC-Pravoslavna Eparhija Vranjska. (2016). Godišnji plan upravljanja PIO „Dolina Pčinje“ za 2016. Vranje.
- Spector, S. (2002). Stemming the Tide of the Sixth Global Extinction Event: What We Can Do. In N. Eldredge (Ed.), *Life on earth: an encyclopedia of biodiversity, ecology, and evolution* (Vol. 1). Santa Barbara, California ž: ABC-CLIO, Inc.
- SRBATOM (2016) *Izveštaj o izlaganju stanovništva jonizujućem zračenju u 2015. god.*. Beograd, Srbija.
- Stanković Petrović, J. (2015). *Spektrometrija fotonskog zračenje u radiološkom opsegu energija pomoću CdTe detektora*. Univerzitet u Beogradu.
- Statistički godišnjak R. Srbije. (2016). Republički zavod za statistiku. Beograd, Srbija. Retrieved from: http://webrzs.stat.gov.rs/WebSite/repository/documents/00/02/29/16/CEO_StatistickiGodisnjakRS_2016.pdf
- Stevanović, O., Miladinović, S., & Kekić, D. (2015). Correlation between the use of Depleted

- Uranium ammunition and the ethnic structure of the population of the Federal Republic of Yugoslavia during the 1999. *TEME Journal for Social Science*, 34, 1599–1621. Retrieved from <http://teme2.junis.ni.ac.rs/index.php/TEME/article/view/196/91>
- Stevanović, V., Jovanović, S., Lakušić, D. & Niketić, M. (1999). Endemizam vaskularne flore Srbije. – U: V. Stevanović (Ed.), *Crvena knjiga flore Srbije, Iščezli i krajnje ugroženi taksoni (Vol. 1, p. 11-13)*. Beograd, Srbija: Grafički centar Etiketa, ISBN 80845535.
- Stevanović, V., Jovanović, S., Lakušić, D. & Niketić, M. (1995). Diverzitet vaskularne flore Jugoslavije sa pregledom vrsta od međunarodnog značaja. U: V. Stevanović & V. Vasić, (Eds.): *Biodiverzitet Jugoslavije sa pregledom vrsta od međunarodnog značaja*. Biološki fakultet i Ecolibri, Beograd 182-216
- Stevović, S., Devrnja, N., & Čalić-Dragosavac, D. (2011). Environmental impact quantification and correlation between site location and contents and structure of Tansy. *African Journal of Biotechnology*, 10(26), 5075–5083. <http://doi.org/10.5897/AJB10.1729>
- Stoll-Kleemann, S. (2010). Evaluation of management effectiveness in protected areas: Methodologies and results. *Basic and Applied Ecology*, 11(5), 377–382. <http://doi.org/10.1016/j.baae.2010.06.004>
- Stolton, S., Hockings, M., Dudley, N., Mac Kinnon, K., Whitten, T & Leverington, F. (2007). Management effectiveness tracking tool: Reporting progress at protected area sites (2nd edition). Gland: World Bank/WWF Alliance by WWF International.
- Stuiver, M., & Östlund, H. G. (1983). GEOSECS Indian Ocean and Mediterranean radiocarbon. *Radiocarbon*, 25(1), 1-29.
- Sušac, A. (2014). Radioaktivnost. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno - matematički fakultet Retrieved from http://www.phy.pmf.unizg.hr/~ana/praktikum/radioaktivnost_2.pdf, Last assessed 06/6/2016
- Swarzenski, P., Campbell, P., Porcelli, D., & McKee, B. (2004). The estuarine chemistry and isotope systematics of ^{234}U and ^{238}U in the Amazon and Fly Rivers. *Continental Shelf Research*, 24(19), 2357-2372.
- Tanasković, I., Eremić-Savković, M., Javorina, Lj. (2011). Radioaktivnost banjskih voda u Srbiji. In O. Ciraj-Bjelac (Ed.), 26. *simpozijum Društva za zaštitu od zračenja Srbije i Crne Gore Zbornik radova* (pp. 137–140). Beograd, Srbija: Institut za nuklearne nauke „Vinča“ i Društvo za zaštitu od zračenja Srbije i Crne Gore
- Tanasković, I., Pantelić, G., Vuletić, V., Javorina, Lj. & Eremić Savković M. (2005). Ukupna alfa i beta aktivnost pijaćih voda u Republici Srbiji od 2001-2004. godine. In M. Kovačević (Ed.), 23. *simpozijum Društva za zaštitu od zračenja Srbije i Crne Gore Zbornik radova* (pp. 137–140). Beograd, Srbija: Institut za nuklearne nauke „Vinča“ i Društvo za zaštitu od zračenja Srbije i Crne Gore

- Terzin, V., Rakić, M. O., Bodić, D., Vukanović, M., Dimitrijević, M. D., Dimitrijević, M. N., Karajičić, Lj. (1975). Osnovna geološka karta SFRJ 1: 100 000, List Vranje K 34-56. Savezni geološki zavod, Beograd.
- Todorović, D., Popović, D., Ajtić, J., & Nikolić, J. (2013). Leaves of higher plants as biomonitors of radionuclides (¹³⁷Cs, ⁴⁰K, ²¹⁰Pb and ⁷Be) in urban air. *Environmental Science and Pollution Research*, 20(1), 525–532. <http://doi.org/10.1007/s11356-012-0940-y>
- Tomankiewicz, E., Mietelski, J. W., Gaca, P., & Błazej, S. (2006). Accumulation properties of Norway spruce (*Picea abies*) for different radionuclides. *Nukleonika*, 51(SUPPL. 2), S59–S67. Retrieved from http://www.ichtj.waw.pl/ichtj/nukleon/back/full/vol51_2006/v51s2p59f.pdf
- Tošić, I., & Unkašević, M. (2013). *Klimatske promene u Srbiji*. Beograd, Srbija.
- Tracy, B. L. (2010). Radon. In D. A. Atwood (Ed.), *Radionuclides in the Environment* (pp. 191-205). Lexington, KY, USA: John Wiley & Sons Ltd.
- Trevisi, R., Risica, S., D'Alessandro, M., Paradiso, D. & Nuccetelli, C. (2012). Natural radioactivity in building materials in the European Union: a database and an estimate of radiological significance. *Journal of Environmental Radioactivity*, 105, 11–20. <http://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2011.10.001>
- Tzortzis, M., Svoukis, E. & Tsertos, H. (2004). A comprehensive study of natural gamma radioactivity levels and associated dose rates from surface soils in Cyprus. *Radiation protection dosimetry*, 109(3), 217-224.
- UNDP & Agencija za zaštitu životne sredine (2007). Indikatori životne sredine u Republici Srbiji- Kratak vodič. Beograd. Srbija: UNDP i Agencija za zaštitu životne sredine. Dostupno na : <http://www.sepa.gov.rs/download/Indikatori.pdf>
- UNEP. (2002). *Depleted uranium in Serbia and Montenegro. Post-Conflict environmental assessment in the Federal Republic of Yugoslavia*. Switzerland: United Nations Environment Programme. Retrieved from <http://postconflict.unep.ch/publications/duserbiamont.pdf>
- UNEP-WCMC & IUCN. (2016). *Protected Planet Report 2016*. Cambridge UK and Gland, Switzerland.
- UNEP-WCMC. (2008). Annual report on protected areas: A review of global conservation progress in 2007. Cambridge: United Nations Environment Programme - World Conservation Monitoring Centre, UNEP-WCMC.
- UNEP/UNCHS Habitat BTF. (1999). *Assessment of the damage to Biodiversity in Protected Area of the Federal Republic of Yugoslavia*. Geneva, Switzerland.
- UNSCEAR. (2010). *Sources and effects of ionizing radiation. UNSCEAR 2008 Report to the General Assembly with Scientific Annexes, Annex B. United Nation* (Vol. I). New York. Retrieved from http://www.unscear.org/docs/reports/2008/09-86753_Report_2008_Annex_B.pdf
- UNSCEAR. (2000). *Sources and Effects of Ionizing Radiation. UNSCEAR 2000 Report to the*

- General Assembly, with Scientific Annexes* (Vol. I: Sources). New York. Retrieved from http://www.unscear.org/docs/publications/2000/UNSCEAR_2000_Report_Vol.I.pdf
- UNSCEAR, (1982). Report to the General Assembly with Annexes. New York: UN Pub.
- Urošević, M., Pavlović, Z., Klisić, M., Brković, T., Malešević, M. i Trifunović, S., (1970). Osnovna geološka karta SFRJ 1: 100 000. List Novi Pazar. Savezni geološki zavod, Beograd.
- Urošević, M., Pavlović, Z., Klisić, M., Karamata, S., Malešević, M., Stefanović, M., Marković, O., & Trifunović, S. (1973). Tumač za List Novi Pazar, Osnovna geološka karta SFRJ 1: 100 000. Savezni geološki zavod, Beograd.
- Vandenhove, H. & Hurtgen, C., (2010). Uranium. In D. A. Atwood (Ed.), *Radionuclides in the Environment* (pp. 261- 271). Lexington, KY, USA: John Wiley & Sons Ltd.
- Vandenhove, H., Olyslaegers, G., Sanzharova, N., Shubina, O., Reed, E., Shang, Z., & Velasco, H. (2009). Proposal for new best estimates of the soil-to-plant transfer factor of U, Th, Ra, Pb and Po. *Journal of Environmental Radioactivity*, 100(9), 721–732. <http://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2008.10.014>
- Vera Tome, F., Blanco Rodríguez, M. P., & Lozano, J. C. (2003). Soil-to-plant transfer factors for natural radionuclides and stable elements in a Mediterranean area. *Journal of Environmental Radioactivity*, 65(2), 161–175. [http://doi.org/10.1016/S0265-931X\(02\)00094-2](http://doi.org/10.1016/S0265-931X(02)00094-2)
- Vučinić, D., & Popov, S. (2004). *Fizička hemija*. Belgrade: Rudarsko-geološki fakultet. Retrieved from http://www.rgf.rs/predmet/RO/V_semestar/Fizicka_i_koloidna_hemija/Predavanja/FIKHpredavanje2.pdf
- Vujić, A. (2007). Osnove konzervacione biologije II. Department za biologiju i ekologiju, Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Novom Sadu. ISBN 978-86-7031-120-6.
- Zal Uyun Wan M. & Che Abd Rahim M., C. A. R. (2010). Thorium. In D. A. Atwood (Ed.), *Radionuclides in the Environment* (pp. 247- 252). Lexington, KY, USA: John Wiley & Sons Ltd.
- Zavod za zaštitu prirode Srbije (ZZPS). (2014). Spomenik prirode „Jovačka jezera“, Studija zaštite. Beograd: Zavod za zaštitu prirode Srbije, Radna jedinica Niš.
- Zeneli, L., Daci, N., Pacarizi, H., & Daci-Ajvazi, M. (2011). Impact of Environmental Pollution on Human Health of the Population Which Lives Nearby Kosovo Thermopower Plants. *Indoor and Built Environment*, 20(4), 479–482. <http://doi.org/10.1177/1420326X11409471>
- Zhiyanski, M., Bech, J., Sokolovska, M., Lucot, E., Bech, J., & Badot, P.-M. (2008). Cs-137 distribution in forest floor and surface soil layers from two mountainous regions in Bulgaria. *Journal of Geochemical Exploration*, 96(2–3), 256–266. <http://doi.org/10.1016/j.gexplo.2007.04.010>
- Zhiyanski, M., Sokolovska, M., Bech, J., Clouvas, A., Penev, I., & Badulin, V. (2010). Cesium-137 contamination of oak (*Quercus petraea* Liebl.) from sub-mediterranean zone in South

- Bulgaria. *Journal of Environmental Radioactivity*, 101(10), 864–868. <http://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2010.05.011>
- Zlatković, B., Nikolić, L., Randelović, V., Randelović, N., & Stevanović, V. (2011). Comparative analyses of the vascular flora of the Pčinja River gorges in Serbia and Macedonia. *Archives of Biological Sciences*, 63(4), 1157–1166. <http://doi.org/10.2298/ABS1104157Z>
- Žunić, Z., Kelleher, K., Čeliković, I., Ujić, P., Paridaens, J., Mclaughlin, J., ... Simović, R. (2009). A comparison of retrospective radon gas measurement techniques carried out in the Serbian spa of Niška Banja. *Nuclear Technology and Radiation Protection*, 24(2), 94–99. <http://doi.org/10.2298/NTRP0902094Z>
- Quan, W., Hongda, Z., Tiqiang, F., & Qingfen, L. (2008). Re-estimation of internal dose from natural radionuclides for Chinese adult men. *Radiation Protection Dosimetry*, 130(4), 434–441.
- Yankovich, T. (2009). Quantification of Radionuclide Transfer in Terrestrial and Freshwater Environments for Radiological Assessments. *Vienna: IAEA TECDOC, 1616*, 473-545.
- Xie, Y., Xiong, Z., Xing, G., Yan, X., Shi, S., Sun, G., & Zhu, Z. (2008). Source of nitrogen in wet deposition to a rice agroecosystem at Tai lake region. *Atmospheric Environment*, 42(21), 5182-5192.
- Wang, Y., Mitchell, B. R., Nugranad-Marzilli, J., Bonyng, G., Zhou, Y., & Shriver, G. (2009). Remote sensing of land-cover change and landscape context of the National Parks: A case study of the Northeast Temperate Network. *Remote Sensing of Environment*, 113(7), 1453–1461. <http://doi.org/10.1016/j.rse.2008.09.017>
- Watson, J. E. M., Dudley, N., Segan, D. B., & Hockings, M. (2014). The performance and potential of protected areas. *Nature*, 515(7525), 67–73. <http://doi.org/10.1038/nature13947>
- WHO. (2011). *Guidelines for Drinking-water Quality*. (World Health Organization, Ed.) (4th ed.). Geneva, Switzerland: World Health Organization (WHO). Retrieved from http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/44584/1/9789241548151_eng.pdf
- Wilson, E. O. (2005): *The Future of Life*. Alfred A. Knopf. New York. USA

Internet reference

1. Ekapija. (2011). Kako su nastala Jovačka jezera. Dostupno na: <http://www.ekapija.com/website/sr/page/485592/Kako-su-nastala-Jova%C4%8Dka-jezera->. Pristupljeno: 07/02/2017
2. European Environmental Agency (EEA). (2017). <http://www.eea.europa.eu/>
3. European Environmental Agency (EEA). (2017). GIO land, dostupno na <http://www.eea.europa.eu/themes/landuse/gio-land/gio-land>, pristupljeno 27/03/2017

4. European Environmental Agency (EEA). (2016). Chapter 16: Noise and radiation – Introduction. Dostupno na: <https://www.eea.europa.eu/publications/92-826-5409-5/page016new.html> Pristupljeno: 07/09/2017
5. Informativni press centar Vladičin han. (2015). Dostupno na: <http://vladicinhanvesti.rs/index.php/vladicin-han-drustvo/item/35-jovacka-jezera-spomenik-prirode>. Pristupljeno: 07/02/2017
6. Radiology key (2016). Radiation interactions with Tissues. Dostupno na: <https://radiologykey.com/4-radiation-interactions-with-tissue/> Pristupljeno: 07/09/2017
7. The Copernicus programme (2017). Land Monitoing Service, dostupno na: <http://demo.copernicus.eea.europa.eu/pan-european/corine-land-cover/clc-2012.>, pristupljeno 30/10/2017
8. TT-group net. (2017). Dostupno na: <http://www.tt-group.net/forum/viewtopic.php?t=1455>, Turistička putovanja forum. Pristupljeno: 07/02/2017
9. Tripadvisor. (2017). Dostupno na: https://www.tripadvisor.co.uk/LocationPhotoDirectLink-g4074730-d4071940-i62866343-Nature_Park_Vrazja_Stena-rgoviste_Central_Serbia.html. Pristupljeno: 07/02/2017
10. ZZPS (2017) Novo zaštićeno područje „Crni bor u Crnošćici“. Dostupno na: http://www.zzps.rs/novo/index.php?jezik=_la&strana=vest&n=219 Pristupljeno: 15/09/2017
11. Zvanična prezentacija opštine Bosilegrad. (2017). Dostupno na: <http://www.bosilegrad.org/sr/Jaresnik.aspx>. Pristupljeno: 08/02/2017
12. Zvanična prezentacija opštine Vladičin han (2017). Dostupno na: <http://www.vladicinhan.org.rs/Opstine3/Lat/Siteview.asp?ID=223>. Pristupljeno: 08/09/2017
13. Whitten T. (2009). Mongolia: tough decisions about the world's oldest nature reserve. Dostupno na: <http://blogs.worldbank.org/eastasiapacific/mongolia-tough-decisions-about-the-worlds-oldest-nature-reserve>. Pristupljeno: 03/11/2016

PRILOG 1

	Tip uzorka	Geografska širina (N)	Geografska dužina (E)	MNV (m)
PIO "Vlasina"	Zemljište	42.748487°	22.324076°	1242
	Borovnica (<i>Vaccinium myrtillus</i>)	42.748893°	22.323765°	1240
	Kantarion (<i>Hypericum perforatum</i>)	42.749155°	22.323721°	1233
	Kopriva (<i>Urtica dioica</i>)	42.748421°	22.324109°	1242
	Hajdučka trava (<i>Achilea millefolium</i>)	42.749155°	22.323721°	1233
	Izvorska voda	42.732587°	22.332115°	1226
	Jezerski sediment	42.746129°	22.327591°	1219
	Smrča (<i>Picea abies</i>)	42.748487°	22.324076°	1242
	Nana (<i>Menta longifoli (L.) Huds</i>)	42.746265°	22.322084°	1233
	Divizma (<i>Verbascum thapsus</i>)	42.748421°	22.324134°	1242
PIO "Dolina Pčinje"	Voda sa izvora „Prohor Pčinjski“	42.329148°	21.891444°	488
	Zemljište	42.328897°	21.891883°	500
	Lišaj (<i>Evernia prunastri (L.) Ach.</i>)	42.329531°	21.892119°	487
	Hrast cer (<i>Quercus cerris</i>)	42.329531°	21.892119°	487
	Majčina dušica (<i>Thymus serpyllum</i>)	42.338106°	21.894731°	648
	Kantarion (<i>Hypericum perforatum</i>)	42.338584°	21.895142°	648
	Divizma (<i>Verbascum thapsus</i>)	42.338646°	21.892354°	670
SP "Jovačka jezera"	Nana (<i>Mentha sp.</i>)	42.647559°	22.004857°	421
	Hajdučka trava (<i>Achilea millefolium</i>)	42.647833°	22.004974°	420
	Kopriva (<i>Urtica dioica</i>)	42.647656°	22.002312°	423
	Jezerski sediment	42.647487°	22.004664°	420
	Zemljište	42.647627°	22.004769°	421
	Voda iz jezera	42.647473°	22.004668°	420
	Lišaj (<i>Evernia prunastri (L.) Ach.</i>)	42.647731°	22.002150°	422
Besna kobilica	Zemljište	42.539288°	22.193689°	1462
	Majčina dušica (<i>Thymus serpyllum</i>)	42.539881°	22.193834°	1449

	Divizma (<i>Verbascum thapsus</i>)	42.539800°	22.193857°	1449
	Kopriva (<i>Urtica dioica</i>)	42.540131°	22.194058°	1452
	Voda sa izvora „Vetrena vodenica“	42.539469°	22.193632°	1438
	Navala (<i>Dryopteris filix-mas</i> (L.) Schott)	42.543440°	22.191040°	1425
	Smrča (<i>Picea abies</i>)	42.541412°	22.192987°	1454
PP "Rilski manastir"	Izvorska voda	42.133356°	23.340477°	1147
	Zemljište	42.132598°	23.339053°	1147
	Smrča (<i>Picea abies</i>)	42.132598°	23.339053°	1147
NP "Kopaonik"	Lok. Suvo rudište, voda sa izvora „Marine vode“	43.291800°	20.817250°	1735
	Lok. Suvo rudište, zemljište	43.292567°	20.816693°	1735
	Lok. Suvo rudište, smrča (<i>Picea abies</i>)	43.292108°	20.817150°	1735
	Lok. Brzeće, zemljište	43.285133°	20.880513°	1100

BIOGRAFIJA

Jovana Džoljić rođena je 20. januara 1985. godine u Vranju, Srbija, gde je završila osnovnu i srednju školu sa odličnim uspehom. Školske 2003/04 godine upisala je Biološki fakultet Univerziteta u Beogradu. Zvanje dipl. biolog zaštite životne sredine stekla je 2009. godine odbranom diplomskog rada pod naslovom „Propustljivost membrane pasulja gajenog na različitim koncentracijama zeolita“ sa ocenom 10 na smeru Ekologija i zaštita životne sredine. Doktorske studije na Fakultetu za ekologiju i zaštitu životne sredine, Univerziteta „Union-Nikola Tesla“ u Beogradu upisuje 2013/14 godine. Iste godine započinje stručno usavršavanje, upisom na druge master studije, na Mediteranskom Agroekonomskom Institutu u Hanji, Krit, Grčka, na smeru „Geografski informacioni sistemi u menadžmentu životne sredine“ koje završava u predviđenom roku.

Pripravnički staž obavila je 2010. godine u Agenciji za zaštitu životne sredine u Odeljenju za praćenje stanja biodiverziteta, šumarstva, lova i ribolova nakon čega je položila državno-stručni ispit 2011. godine.

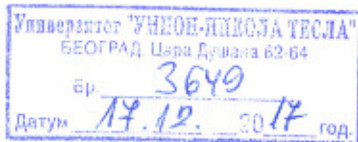
U 2012. i 2013. godini angažovana je bila od strane Programa Ujedinjenih Nacija za razvoj Srbije (UNDP Srbija) kao mlađi konsultant na projektu „Podrška održivom finansiranju sistema zaštićenih prirodnih dobara u Srbiji“ i kao edukator u okviru projekta „Poboljšanje pružanja usluga na lokalnom nivou“.

Od 2013. godine, kao pripravnik u Svetskom fondu za prirodu Srbije (WWF Srbija), učestvuje u organizaciji različitih aktivnosti na lokalnom i globalnom nivou, njihovoj realizaciji i promociji, čime stiče veliko iskustvo u timskom radu i organizacione kompetencije.

U različitim projektima i brojnim aktivnostima vezanih za zaštitu životne sredine učestvovala je kao volonter, radioničar, vođa tima, predavač, organizator akcija, moderator skupova i drugo, za vreme studija i nakon završetka istih. Ovakve aktivnosti organizuje i realizuje i danas.

Od 2014. godine zaposlena je kao asistent na Visokoj školi primenjenih strukovnih studija u Vranju, u kojoj je i član „Eko-odbora“ u okviru međunarodnog programa „Eko-škole/Eko-fakulteti“.

Učestvovala je u brojnim domaćim i međunarodnim naučnim konferencijama i objavila radove u domaćim i međunarodnim časopisima.



Прилог 1.

Изјава о ауторству

Потписани-а Јована Џољић

број уговора са датумом потписивања: 3278/1 од 15. 11. 2013. год.

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом:

Савремене методе праћења радионуклида и осталих показатеља стања животне средине у циљу оптималног управљања заштићеним подручјима Пчињског округа.

- резултат сопственог истраживачког рада,
- да предложена дисертација у целини ни у деловима није била предложена за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа,
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио интелектуалну својину других лица.

Потпис докторанда

У Београду, 17.11.2017


Јована (Александар) Џољић

Прилог 2.

Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора _____ Јована Џољић _____

Број уговора са датумом потписивања: 3278/1 од 15. 11. 2013. год.

Студијски програм заштита животне средине

Наслов рада:

Савремене методе праћења радионуклида и осталих показатеља стања животне средине
у циљу оптималног управљања заштићеним подручјима Пчињског округа.

Ментор проф. др Лидија Амицић

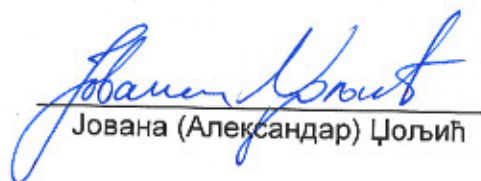
изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла Универзитетској библиотеци **Универзитета „Унион-Никола Тесла“** у Београду.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета „Унион- Никола Тесла“ у Београду.

Потпис докторанда

У Београду, 17. 11. 2012


Јована (Александар) Џољић

Прилог 3.

Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку Универзитет „Унион-Никола Тесла“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета унесе моју докторску дисертацију под насловом:

Савремене методе праћења радионуклида и осталих показатеља стања животне средине у циљу оптималног управљања заштићеним подручјима Пчињског округа.

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.


Моју докторску дисертацију похрањену у Дигитални репозиторијум Универзитета „Унион-Никола Тесла“ могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство
2. Ауторство - некомерцијално
3. Ауторство – некомерцијално – без прераде
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима
5. Ауторство – без прераде
6. Ауторство – делити под истим условима

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци, кратак опис лиценци дат је на полеђини листа).

У Београду, 17. 11. 2017. год

Потпис докторанта


Јована (Александар) Џољић

1. Ауторство - Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.
2. Ауторство – некомерцијално. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.
3. Ауторство - некомерцијално – без прераде. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.
4. Ауторство - некомерцијално – делити под истим условима. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.
5. Ауторство – без прераде. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.
6. Ауторство - делити под истим условима. Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.