



UNIVERZITET U NIŠU
FAKULTET ZAŠTITE NA RADU U NIŠU



Petar D. Vranić

**RAZVOJ MODELA ZA INTEGRISANO
UPRAVLJANJE IZBOROM MERA
PRILAGOĐAVANJA NA KLIMATSKE PROMENE
NA LOKALNOM NIVOU**

DOKTORSKA DISERTACIJA

Текст ове докторске дисертације ставља се на увид јавности,
у складу са чланом 30., став 8. Закона о високом образовању
("Сл. гласник РС", бр. 76/2005, 100/2007 – аутентично тумачење, 97/2008, 44/2010,
93/2012, 89/2013 и 99/2014)

НАПОМЕНА О АУТОРСКИМ ПРАВИМА:

Овај текст сматра се рукописом и само се саопштава јавности (члан 7. Закона о ауторским и сродним правима, "Сл. гласник РС", бр. 104/2009, 99/2011 и 119/2012).

Ниједан део ове докторске дисертације не сме се користити ни у какве сврхе, осим за упознавање са њеним садржајем пре одбране дисертације.

Niš, 2018.



UNIVERSITY OF NIŠ
FACULTY OF OCCUPATIONAL SAFETY IN NIŠ



Petar D. Vranić

**DEVELOPMENT OF A MODEL FOR INTEGRATED
MANAGEMENT OF LOCAL LEVEL ADAPTATION
MEASURES TO CLIMATE CHANGES**

DOCTORAL DISSERTATION

Niš, 2018.

Podaci o doktorskoj disertaciji

Mentor:	dr Srđan Glišović, redovni profesor Univerzitet u Nišu, Fakultet zaštite na radu u Nišu
Naslov:	Razvoj modela za integrisano upravljanje izborom mera prilagođavanja na klimatske promene na lokalnom nivou
Reizme:	Efekti klimatskih promena u sadejstvu sa ostalim društveno-ekonomskim rizicima stvaraju savremene strukturalne izazove koji se ne mogu svrstati samo u probleme zaštite životne sredine, jer se odražavaju na ukupan razvoj i tako dovode u pitanje kapacitet stanovništva za prilagođavanje izmenjenim klimatskim uslovima u dolazećim dekadama. Predmet disertacije obuhvata razvoj novog modela za podršku odlučivanju za izbor mera prilagođavanja na klimatske promene na lokalnom nivou. Uzevši u obzir prirodu problema upravljanja u oblasti klimatskih politika, koja podrazumeva odlučivanje u uslovima neizvesnosti, jedan od osnovnih principa na kojima se bazira projektovani model jeste princip adaptivnog upravljanja. Model je projektovan tako da donosiocima odluka pomogne prilikom izbora adekvatnih mera prilagođavanja, s jedne strane, i omogući praćenje procesa njihove implementacije sa druge strane. Osnovni cilj istraživanja ispunjen je razvojem modela za izbor prioriternih mera prilagođavanja kroz ispitivanje mogućih scenarija sinergijskog uticaja različitih skupova mera na smanjenje povredivosti posmatranog sistema, uzimajući u obzir klimatske projekcije i relevantne biofizičke i antropogene faktore. Model se oslanja na kombinaciju više metodoloških pristupa. Metod scenarija je korišćen za izbor mera prilagođavanja. Scenarij je baziran na ispitivanju simultanog doprinosa različitih skupova mera smanjenju povredivosti od posmatranog klimatskog uticaja, formiranjem dijagrama uslovnih verovatnoća, primenom Bajesovih mreža. Određivanjem uslovnih verovatnoća različitih stanja posmatranog skupa kriterijuma omogućeno je ispitivanje uticaja pojedinačnih mera, ili skupova mera, na povećanje kapaciteta prilagođavanja. Za kvantifikaciju definisanih kvalitativnih odnosa između kriterijuma rizika od posmatranog klimatskog uticaja i mera prilagođavanja, korišćen je analitički hijerarhijski proces. GIS je korišćen za izračunavanje specifičnih vrednosti kriterijuma na mreži, izračunavanje indeksa osetljivosti, izloženosti i kapaciteta prilagođavanja i integraciju podataka. Projektovani model može unaprediti proces odlučivanja prilikom izbora mera prilagođavanja. Kako se rezultati iskazuju kroz zajedničku raspodelu verovatnoće, model može pomoći donosiocima odluka u predviđanju šansi za postizanje željenih efekata odabranih mera i razvijanju detaljnih programa na lokalnom nivou za povećanja njihove efikasnosti. Model uključuje i mogućnost za transparentno praćenje procesa implementacije mera, i omogućava izgradnju odgovarajućih kapaciteta. U tom smislu,

	razvijeni model pruža metodološki doprinos za unapređenje planiranja i upravljanja projektima prilagođavanja na lokalnom nivou.
Naučna oblast:	Inženjerstvo zaštite životne sredine i zaštite na radu
Naučna disciplina:	Upravljanje životnim ciklusom projekata
Ključne reči:	Višekriterijumsko odlučivanje, klimatske promene, bayesove mreže, GIS, adaptacija na klimatske promene, adaptivno upravljanje, mere prilagođavanja
UDK:	519.8:551.583(043.3)
CERIF klasifikacija:	T 270, Tehnologija životne sredine, kontrola zagađivanja
Tip licence Kreativne zajednice:	Autorstvo – nekomercijalno – bez prerade (CC BY-NC-ND)

Data on Doctoral Dissertation

Doctoral Supervisor:	Srdan Glišović, Ph.D., Full Professor University of Niš, Faculty of Occupational Safety in Niš
Title:	Development of a model for integrated management of local level adaptation measures to climate changes
Abstract:	In synergy with other socio-economic risks, the effects of climate change pose contemporary structural challenges that can not be considered only as an environmental issue. They affect the general development and therefore make the adaptive capacity of a population uncertain in the following decades. The subject of this dissertation comprises the development of a new decision support model for the selection of local level climate change adaptation measures. Considering the nature of management issues in climate policies, which involves decision-making under the conditions of uncertainty, the model employs adaptive management principles. It was designed to help decision-makers in selection of adequate adaptation measures, and to enable monitoring of the implementation process. The key objective of the research is fulfilled by developing a model for the selection of priority adaptation measures. The model is based on scenarios of the synergistic influence of diverse sets of measures on the observed system vulnerability. It takes into account climate projections and relevant biophysical and anthropogenic factors. The model relies on a combination of several methodological approaches. The scenario method was used for the selection of adaptation measures. It is based on the assessment of the simultaneous contribution of a group of measures to the reduction of vulnerability of the observed climate impact, by forming a conditional probability diagram using Bayesian networks. Through the analysis of the likelihood of diverse states of the observed group of criteria, it is possible to examine the effect of individual measures (or sets of measures) adaptation capacity, as a result of the joint probability distribution of all criteria in the network. The analytical hierarchical process (AHP) was used to quantify the distinct qualitative relationships between the risk criteria of the observed climate impact and the adaptation measures. A GIS is used to calculate the specific values of the criteria on the network, to profile the vulnerability, sensitivity, adaptation capacity and exposure index, as well as for data integration. The model can improve the decision-making in adaptation planning process. As the results are expressed as a probability distribution for each alternative, the model can help decision makers predict the chances of achieving desired effects of selected measures, and develop detailed programs at the local level to increase their efficiency. The model is also capable to transparently monitor the application process and facilitate the development of appropriate capacities for the purpose in local communities. In this respect, the developed model also

	provides a methodological contribution for improving the planning framework for the local adaptation project management.
Scientific Field:	Environmental and Occupational Safety Engineering
Scientific Discipline:	Project life cycle management
Key Words:	Multi-criteria decision making, climate change, bayesian networks, GIS, impact diagrams, adaptation planning, adaptive management, adaptation measures
UDC:	519.8:551.583(043.3)
CERIF Classification:	T270 Environmental technology, pollution control
Creative Commons License Type:	CC BY-NC-ND

Zahvalnost autora

Na prvom mestu bih želeo da se zahvalim mentoru profesoru Srđanu Glišoviću na ukazanom poverenju, kreativnim diskusijama, strpljenju, i svim konstruktivnim savetima u procesu izrade ove disertacije.

Takođe, zahvaljujem se i profesoru Slobodanu Milutinoviću, članu Komisije, sa kojim sam započeo svoj istraživački rad na doktorskim studijama, na svim profesionalnim savetima koji su usmerili moje istraživanje i sugestijama prilikom izrade ove disertacije.

Isto tako se zahvaljujem i članovima Komisije profesoru Nenadu Živkoviću, dr Lazaru Velimiroviću i profesoru Vladimiru Đurđeviću na korisnim savetima koji su unapredili ovu disertaciju.

Posebno se zahvaljujem profesoru Miomiru Stankoviću, na inspiraciji za istraživački rad i ljudsku pomoć u toku ovog istraživanja.

Zahvalnost dugujem i profesorki Ljiljani Vasilevskoj za veoma korisne komentare u finalnom oblikovanju teksta disertacije.

Zahvaljujem se kolegama Milanu Milovanoviću i Viktoru Mirkoviću na tehničkoj podršci pri izradi delova ovog istraživanja.

Na kraju, ali ne po važnosti, neizmernu zahvalnost dugujem svojoj dragoj porodici na nesebičnoj podršci koju su mi pružili tokom svih godina istraživačkog rada, kojoj zapravo i posvećujem doktorsku disertaciju.

Petar Vranić

SADRŽAJ

Sadržaj.....	VI
Spisak tabela.....	IX
Spisak slika.....	X
1. Uvodna razmatranja	1
1.1 Predmet istraživanja.....	1
1.2 Ciljevi istraživanja	4
1.3 Radne hipoteze.....	4
1.4 Metodologija istraživanja	5
1.5 Naučni i društveni doprinos istraživanja	5
1.6 Struktura doktorske disertacije	6
2. Klimatske promene	11
2.1 Klimatski sistem.....	11
2.2 Klima i klimatske promene	11
2.3 Uticaji klimatskih promena na biofizičke sisteme i društvene zajednice	13
2.3.1 Uticaji klimatskih promena na biofizičke sisteme	13
2.3.2 Uticaji klimatskih promena na društvene zajednice.....	14
2.4 Klimatski scenario - globalni kontekst.....	17
2.5 Klimatski scenario - evropski kontekst	18
2.6 Klimatske promene – politički i ekonomski kontekst	20
3. Klimatske promene - Srbija	22
3.1 Klimatski trendovi.....	22
3.2 Scenario klimatskih promena i potencijalni uticaji promene klime	24
3.3 Politike i aktivnosti u oblasti klimatskih promena	27
3.4 Pregled aktuelnih istraživanja u Srbiji u oblasti klimatskih promena.....	29
4. Prilagođavanje na klimatske promene	32
4.1 Prilagođavanje – konceptualno određenje	32
4.2 Klasifikacija pristupa prilagođavanju	34
4.3 Klasifikacija mera prilagođavanja.....	38
4.4 Analiza alata za podršku odlučivanju pri izboru mera prilagođavanja	41
4.5 Mogućnosti integracije mera prilagođavanja u planske okvire lokalnih strategija.....	47
5. Povredivost.....	57
5.1 Povredivost – konceptualno određenje	57
5.2 Konceptualni pristupi proceni povredivosti	59
5.2.1 Indikatori za procenu povredivosti.....	60
5.2.2 Ključni aspekti indikatora za procenu povredivosti.....	63

5.3 Prostorni nivoi procene povredivosti	64
6. Adaptivno upravljanje projektima prilagođavanja.....	67
6.1 Principi adaptivnog upravljanja projektima	67
6.2 Prednosti primene modela adaptivnog upravljanja u projektima prilagođavanja ...	72
7. Definisanje polaznih osnova za razvoj modela	76
8. Struktura i primenljivost Bajesovih mreža u projektima prilagođavanja na klimatske promene	80
8.1 Struktura Bajesovih mreža	80
8.2 Potencijal primene Bajesovih mreža u odlučivanju u oblasti klimatskih promena	88
9. Metodi odlučivanja u analizi složenih sistema.....	94
9.1 Odlučivanje - teoretski okvir.....	94
9.2 Sistemi za podršku odlučivanju	97
9.3 Metode višekriterijumskog odlučivanja	98
9.4 Analitički hijerarhijski proces - AHP	101
9.5 Mogućnosti primene AHP metode za izbor mere prilagođavanja na klimatske promene.....	104
10. Potencijal upotrebe geoinformacionih sistema za procenu povredivosti na lokalnom nivou	107
10.1 Primena GIS-a u upravljanju projektima prilagođavanja.....	107
11. Novi model za integrisano upravljanje izborom mera prilagođavanja	109
11.1 Modul 1	113
11.2 Modul 2	116
12. Primena modela.....	127
12.1 Modul 1 – Izračunavanje indeksa povredivosti	127
12.1.1 Definisanje sektora, prostornog obuhvata, i primarnog klimatskog uticaja za koji se vrši opšta procena povredivosti	127
12.1.2 Definisanje osnovne grupe indikatora za procenu povredivosti za odabrani sektor	127
12.1.3 Integrisanje osnovne grupe indikatora u GIS i agregacija osnovnih indikatora u indekse izloženosti, osetljivosti i kapaciteta prilagođavanja.....	130
12.2 Modul 2 - Izbor prioriternih mera prilagođavanja.....	132
12.2.1 Definisanje dijagrama uticaja za izbor prioriternih mera prilagođavanja primenom Bajesove mreže	132
12.2.2 Ispitivanje scenarija.....	144
12.2.3 Izbor skupa prioriternih mera i procena kapaciteta za njihovu implementaciju	150
12.2.4 Integracija vrednosti specifične povredivosti i unos modela u GIS.....	152
12.3 Diskusija rezultata primene modela za integrisano upravljanje izborom mera prilagođavanja na lokalnom nivou	154

13. Zaključna razmatranja.....	156
Literatura.....	163
Prilozi	201
Biografija autora	214
Izjave autora	215

SPISAK TABELA

Tabela 2.1.	Predviđena promena prosečne globalne temperature i porast globalnog nivoa mora za period 2046-2065 i 2081-2100, u odnosu na period 1986 – 2005	18
Tabela 4.1.	Primeri atributa različitih tipova prilagođavanja	33
Tabela 4.2.	Karakteristike osnovnih pristupa prilagođavanja	36
Tabela 4.3.	Prednosti i ograničenja osnovnih pristupa prilagođavanja	37
Tabela 4.4.	Selektovane opštine	50
Tabela 4.5.	Kriterijumi za analizu planskih mera	53
Tabela 6.1.	Prikaz standarda za procese upravljanja	68
Tabela 9.1.	Skala relativnih prioriteta	102
Tabela 9.2.	Vrednosti indeksa RI	104
Tabela 11.1.	Izbor i obrazloženje kriterijuma za procenu rizika implementacije mera prilagođavanja	123
Tabela 12.1.	Indikatori za izračunavanje indeksa povredivosti opština na šumske požare u kontekstu projektovanih promena klime	125
Tabela 12.2.	Vrednosti specifičnih težina indikatora	130
Tabela 12.3.	Kriterijumi od značaja za sagledavanje rizika od šumskih požara	133
Tabela 12.4.	Kriterijumi za opis mera prilagođavanja u bazi	137
Tabela 12.5.	Prioritetne mere prilagođavanja	140
Tabela 12.6.	Težine ključnih kriterijuma	143
Tabela 12.7.	Težine mera prilagođavanja	143
Tabela 12.8.	Normalizovane vrednosti ekspertske ocene za čvor povredivost	143
Tabela 12.9.	Prikaz tabele uslovnih verovatnoća za čvor biofizički uticaj	144
Tabela 12.10.	Prikaz verovatnoća povredivosti za posmatrane vremenske periode u odnosu na scenario prilagođavanja	145
Tabela 12.11.	Prikaz rezultata ocene kapaciteta implementacije za odabrane mere	151

SPISAK SLIKA

Slika 3.1.	Klimatski trendovi a) prostorna raspodela trendova temperature (C/100 god) za period 1961-2013; b) prostorna raspodela trendova za veličinu procenta od normale količine padavina (normala 1961-1990) za period 1961-2013.	22
Slika 3.2.	Projektovane promene a) srednjih temperatura vazduha (C) do kraja veka i b) srednje količine padavina (%) do kraja veka u odnosu na referenti period 1971-2000.	25
Slika 4.1.	Element prilagođavanja	43
Slika 4.2.	Prostorni nivo	45
Slika 4.3.	Tip alata	46
Slika 4.4.	Teritorijalni raspored selektovanih opština	50
Slika 6.1.	Konceptualni prikaz životnog ciklusa projekta	68
Slika 6.2.	Modeli upravljanja	70
Slika 8.1.	Primer neusmerenog grafa sa matricom povezanosti	83
Slika 8.2.	Primer usmerenog grafa sa matricom povezanosti	84
Slika 8.3.	Primer usmerenog acikličnog grafa – Bajesove mreže	87
Slika 9.1.	Klasifikacija višekriterijumskog odlučivanja	99
Slika 9.2.	Modeli višekriterijumskog odlučivanja	99
Slika 9.3.	Struktura AHP-a	102
Slika 11.1.	Šematski prikaz modula modela	110
Slika 11.2.	Algoritam modela za izbor mere prilagođavanja	111
Slika 11.3.	Primer izračunavanja indeksa izloženosti u QGIS 3.0 primenom <i>Field calculatora</i>	116
Slika 11.4.	Šematski prikaz definisanja povredivosti	117
Slika 11.5.	Primer hijerarhijske strukture odlučivanja za izračunavanje težinskih faktora (a) mera prilagođavanja i (b) kriterijuma za procenu uticaja	121
Slika 11.6.	Primer tabela uslovne verovatnoće u programu <i>OpenMarkov</i>	122
Slika 11.7.	Prikaz konceptualnog dijagrama za izbor mera prilagođavanja programu <i>OpenMarkov</i>	122
Slika 12.1.	Prikaz vrednosti indeksa povredivosti osetljivosti, izloženosti, i kapaciteta prilagođavanja za opštine Regiona Južne i Istočne Srbije	131
Slika 12.2.	Prikaz vrednosti antropogenih faktora za opštinu Svrlijig	134
Slika 12.3.	Prikaz vrednosti biofizičkih faktora za opštinu Svrlijig	135
Slika 12.4.	Prikaz vrednosti klimatskih kriterijuma za periode 2041-2070 i 2070-2100 opštinu Svrlijig: a) projekcije srednje godišnje količine padavina, b) srednje godišnje temperature, c) indeks suše	136

Slika 12.5.	Prikaz pokretanja linka za katalog mera u GIS-u	138
Slika 12.6.	Prikaz primene filtera i konsolidacije mera prilagođavanja	139
Slika 12.7.	Struktura Bajesove mreže	141
Slika 12.8.	Hijerarhijska struktura rangiranja kriterijuma u odnosu na rizik od šumskih požara	142
Slika 12.9.	Hijerarhijska struktura rangiranja mera u odnosu na doprinos povećanju kapaciteta prilagođavanja na šumske požare	142
Slika 12.10.	Prikaz scenarija a) S1 za period T_3 , b) S2 za T_3	147
Slika 12.11.	Prikaz scenarija a) S3 za period T_3 , b) S6 za T_3	148
Slika 12.12.	Prikaz scenarija a) S9 za period T_3 , b) S12 za T_3	149
Slika 12.13.	Prikaz opcije uza preuzimanje modela	154

1. UVODNA RAZMATRANJA

1.1 Predmet istraživanja

Već duže od dve decenije istraživači upozoravaju da se klimatske promene teško mogu izbeći uprkos koncentrisanim naporima za njihovo ublažavanje na globalnom i lokalnom nivou. Klimatske promene se svakako ne mogu posmatrati kao samostalni faktor rizika, već kao dodatni pritisak na postojeće izazove planiranja kao što je upravljanje otpadom, energetska bezbednost, bezbednost hrane i vode i sl. S tim u vezi, u upravljačkom smislu, često su prepoznate samo kao još jedan problem zaštite životne sredine, čije rešavanje zahteva adekvatnu poziciju na listi političkih prioriteta. Uprkos značajnim naučnim dokazima o potencijalnim rizicima koji će biti uzrokovani klimatskim promenama (EEA, 2017; Lee et al., 2015; Ruckelshaus et al., 2013; Chevallier et al., 2011), oni mogu lako biti zanemareni u odnosu na druge tradicionalne probleme zaštite životne sredine koji se odnose na kratkoročne rizike. U kombinaciji sa ostalim društveno-ekonomskim rizicima, efekti klimatskih promena stvaraju nove strukturalne izazove koji se ne mogu svrstati samo u probleme zaštite životne sredine, jer se odražavaju na ukupan razvoj i tako dovode u pitanje ukupan kapacitet stanovništva za prilagođavanje izmenjenim klimatskim uslovima u dolazećim dekadama.

Klimatski uticaji su često najočigledniji u precizno određenom kontekstu i na zadatom lokalitetu. Uzevši u obzir važnu ulogu lokalnih vlasti i civilnog društva u ostvarivanju održivog razvoja, mnogi istraživači zaključuju da regionalni i lokalni nivo može imati značajnu ulogu u iniciranju projekata za prilagođavanje na klimatske promene i suočavanje sa potencijalnim rizicima (Agnes et al., 2008; Satterthwaite et al., 2007; Swart & Raes 2007).

Republika Srbija je potpisnica *Pariskog sporazuma o klimatskim promenama* iz 2015. godine (UNFCCC, 2015a). Kao i druge potpisnice sporazuma, Srbija je u pravnoj obavezi da ispunjavanja dogovorene ciljeve, u skladu sa zajedničkim konsenzusom da je prilagođavanje globalni izazov i ključna komponenta doprinosa dugoročnom globalnom odgovoru na klimatske promene u svrhu zaštite ljudi i ekosistema. U pogledu prilagođavanja na klimatske promene u skladu sa Članom 7 ovog sporazuma, Srbija je u obavezi da sprovodi aktivnosti na jačanju otpornosti i smanjenju osetljivosti na klimatske promene, sa ciljem da doprinese održivom razvoju i osigura adekvatno prilagođavanje, i u tome obezbedi participativni i potpuno transparentni pristup planiranju, uzimajući u obzir ugrožene grupe, zajednice i ekosisteme.

Srbija još uvek nema sveobuhvatnu strategiju za prilagođavanje na klimatske promene na nacionalnom i subnacionalnim nivoima. Tek će *Nacionalna strategija za prilagođavanje*, koja je u izradi, obezbediti jasan okvir za delovanje u oblasti klimatskih politika u periodu do 2020. i 2030. godine i okvir za 2050. godinu sa osvrtom na sve sektore koji su prepoznati kao najosetljiviji. Usvajanje *Zakona o klimatskim promenama* se očekuje tokom 2018. godine. U okviru Člana 13, ovaj zakon predviđa izradu Programa prilagođavanja na izmenjene klimatske uslove u cilju identifikacije uticaja klimatskih promena na sektore i sisteme i mogućnosti smanjenja negativnih posledica na iste. Program će se primenjivati kroz sektorske strategije i planove, i definisaće liste mera prilagođavanja sa teritorijalnim obuhvatom i vremenskim okvirom za implementaciju, finansijskim planom, i planom monitoringa i evaluacije. Relevantne institucije za sprovođenje programa prilagođavanja će ovim zakonom biti u obavezi da dostavljaju četvorogodišnje izveštaje o procesu implementacije mera kao i izveštaje o elementarnim nepogodama i uzrokovanim posledicama.

Ministarstvo poljoprivrede i zaštite životne sredine je 2015. godine predstavilo nacrt *Prvog plana prilagođavanja Srbije na klimatske promene* (eng. *Serbia's First National Adaptation Plan - Draft*) (MPZS, 2015), koji daje preporuke i generalne sektorske mere prilagođavanja za potencijalne klimatske uticaje. Na subnacionalnim nivoima u Srbiji sistemske planske aktivnosti u oblasti klimatskih promena ne postoje (studije o proceni povredivosti, metodologije za procenu upravljanje projektima prilagođavanja i sl.). Prvi dvogodišnji ažurirani izveštaj Srbije prema Okvirnoj konvenciji Ujedinjenih Nacija o klimatskim promenama (eng. *United Nations Framework Convention on Climate Change - UNFCCC*) ukazuje na to da nivo integracije politika u sektorske i razvojne strategije, institucionalni i individualni kapaciteti, svest, i finansijska sredstva još uvek nisu dovoljni za adekvatne odgovore na očekivane efekte promene klime (MAEP, 2016).

Prethodna istraživanja o upravljanju procesima planiranja lokalnog održivog razvoja i njihovih kapaciteta da posluže kao platforma za iniciranje procesa prilagođavanja na prvom mestu ukazuju na nedostatak okvira za upravljanje projektima koji se u užem smislu ogleda kroz: 1) primetnu nekonzistentnost između predviđenih mera, indikatora postignuća i lokalnih finansijskih resursa, 2) odsustvo instrumenata (metoda) za procenu izvodljivosti i procenu rizika implementacije predviđenih mera i monitoring, 3) nedostatak međusektorskih mera, 4) postojanje mera prilagođavanja koje nisu konceptualno prepoznate kao takve, i 5) dominantnu primenu kratkoročnih mera. Takođe je uočen nizak nivo povezanosti lokalnog i okružnog/regionalnog nivoa u formulisanju i sprovođenju mera (Vranić & Milutinović, 2016;

Vranić et al., 2018). Ovakav pristup može imati za posledicu rizik neadekvatne implementacije planova i neefikasno korišćenje resursa u procesu prilagođavanja na klimatske promene.

Uzevši u obzir značajnu ulogu lokalnog nivoa za iniciranje prilagođavanja na očekivane uticaje klimatskih promena, identifikacija potencijalno najranjivijih jedinica lokalne samouprave (u daljem tekstu opštine) i kreiranje okvira za upravljanje projektima prilagođavanja na lokalnom nivou se nameće kao neophodnost za bolje razumevanje kritičnih aspekata lokalnog održivog razvoja u kontekstu klimatskih promena i pravovremenog i proaktivnog suočavanja sa budućim rizicima.

Procena povredivosti i respektivno formulisanje projekata za prilagođavanje se može analizirati sa različitih aspekata koji podrazumevaju različite funkcionalne relacije osnovnih indikatora i mera u odnosu na komponente povredivosti. U skladu sa prethodno navedenim, istraživanje u okviru disertacije se, u širem smislu, fokusira na aspekte povredivosti i mogućnosti prilagođavanja biofizičkih i društveno ekonomskih sistema na klimatske promene, u kontekstu donošenja odluka na lokalnom nivou i upravljanju projektima prilagođavanja. Detaljnije su razmatrana dva aspekta ovog problema: prvi, mogućnosti operacionalizacije elementa povredivosti kroz indikatore i mere kao instrumente za integraciju prilagođavanja na klimatske promene u planske procese na lokalnom nivou, i drugi, razumevanje komparativne povredivosti (ugroženosti) na regionalnom nivou.

U tom smislu, predmet istraživanja doktorske disertacije je model za podršku odlučivanju za integrisano upravljanje izborom mera za prilagođavanje na klimatske promene na lokalnom nivou. Primenom modela može se optimizovati integracija mera prilagođavanja u planski i upravljački okvir lokalnog razvoja, u skladu sa trenutno raspoloživim društveno-ekonomskim i biofizičkim resursima. Na osnovu definisanih preliminarnih grupa kriterijuma i mera prilagođavanja, potrebno je omogućiti izbor skupa optimalnih mera za povećanje kapaciteta prilagođavanja sistema, ili receptora, u odnosu na posmatrani klimatski uticaj.

U tom kontekstu, osnovni motiv za istraživanje proizilazi iz sledećih činjenica:

- U procesu izrade akcionih planova i definisanja razvojnih mera ne postoji integrisani sistem za procenu rizika implementacije određenih mera i praćenje životnog ciklusa implementacije određene mere;
- Procena aspekata povredivosti na klimatske promene u Srbiji je u začetku - postoje procene koje se oslanjaju na različite, međusobno neusklađene metodologije i obrađuju različite prostorne nivoe;

- Postoje projekti koji parcijalno uključuju elemente povredivosti i prilagođavanja, ali u okviru kojih nisu konceptualno formulisani problemi prilagođavanja klimatskim promenama (npr. procena ugroženosti od elementarnih nepogoda i drugih nesreća);

- Razumevanje povredivosti na klimatske promene koja se ispoljava na regionalnom i lokalnom nivou pomoći će u definisanju ciljeva i osmišljavanju novih strategija razvoja.

1.2 Ciljevi istraživanja

Procenjuje se da će promena klime do kraja veka na teritoriji Srbije biti praćena intenzivnijim sušama, poplavama i toplotnim talasima, uticaće na performanse kako društvenih i bioloških tako i privrednih sistema i postaviće nove izazove za celokupan razvoj. Predviđene promene klime će dodatno povećati već visok rizik od prirodnih nepogoda u Srbiji (Sekulić et al., 2012). Za prilagođavanje na ovakve izazove, strateški pristup planiranju lokalnog održivog razvoja mora postaviti integraciju strategija prilagođavanja efektima klimatskih promena kao apsolutni prioritet.

U tom kontekstu osnovni cilj istraživanja je razvoj modela za integrisano upravljanje izborom mera prilagođavanja na klimatske promene na lokalnom nivou. Kao osnovni princip za kreiranje modela, usvojen je princip adaptivnog upravljanja. Dopunski cilj je utvrđivanje relativne povredivosti na klimatske promene na regionalnom nivou.

1.3 Radne hipoteze

Osnovna hipoteza u istraživanju je sledeća:

- Integrisano upravljanje projektima prilagođavanja je efikasan instrument za optimizaciju procesa planiranja lokalnog razvoja u skladu sa anticipiranim promenama klimatskih uslova.

Kao posebne hipoteze definisane su sledeće:

- Primenom integrisanog modela za podršku odlučivanju, moguće je izvršiti optimalnu selekciju prioriternih mera za povećanje kapaciteta prilagođavanja na klimatske promene i smanjenje povredivosti posmatranog sistema ili receptora, na osnovu postojećih društveno ekonomskih i biofizičkih resursa koji su na raspolaganju na lokalnom nivou.
- Razumevanje relativne povredivosti na klimatske promene može doprineti razvoju smernica i preporuka za iniciranje mera i programa prilagođavanja na lokalnom i regionalnom nivou.

1.4 Metodologija istraživanja

Istraživanje u okviru doktorske disertacije se oslanja na kombinaciju više metodoloških pristupa. U prvoj fazi, koja uključuje teorijski osvrt na prethodna istraživanja iz predmetne oblasti kroz sekundarnu literaturu, korišćeni su metodi analize i sinteze.

Metod agregacije je korišćen za izračunavanje indeksa povredivosti, osetljivosti, izloženosti i kapaciteta prilagođavanja u GIS-u. Metod scenarija je korišćen za izbor mera prilagođavanja. Scenarij je baziran na ispitivanju simultanog doprinosa različitih skupova mera smanjenju povredivosti od posmatranog klimatskog uticaja, formiranjem dijagrama uslovnih verovatnoća, primenom Bajesovih mreža. Metod višekriterijumske analize (AHP metod) je primenjen za kvantifikaciju definisanih kvalitativnih odnosa između kriterijuma rizika od posmatranog klimatskog uticaja i mera prilagođavanja, kroz odgovarajuće tabele uslovnih verovatnoća, a u funkciji određivanja raspodele uslovnih verovatnoća za sve čvorove na mreži. Za izračunavanje specifičnih vrednosti kriterijuma na mreži korišćen je metod prostorne analize u GIS-u.

1.5 Naučni i društveni doprinos istraživanja

Naučni doprinos realizovanog istraživanja ogleda se u razvijanju integrisanog modela za podršku odlučivanju u upravljanju procesima prilagođavanja na efekte klimatskih promena. Projektovani model unapređuje proces odlučivanja prilikom izbora adekvatnih mera prilagođavanja, s jedne strane, i omogućava praćenje procesa njihove implementacije, sa druge strane. Integrisani sistem uključuje mogućnost za transparentno praćenje procesa implementacije mera, daje direktan uvid u potencijale i ograničavajuće faktore za sprovođenje mera prilagođavanja, pruža mogućnost za pronalaženje partnera u procesu implementacije mera, unapređuje upravljanje znanjem i omogućava izgradnju odgovarajućih kapaciteta.

Prilagođavanje klimatskim promenama obuhvata prilagođavanje biofizičkih i/ili društvenih sistema na potencijalno izmenjene klimatske uslove, u cilju ublažavanja moguće štete i iskorišćavanja novih mogućnosti. Uprkos naporima za ublažavanje klimatskih promena, globalno posmatrano, potrebno je bar nekoliko decada za oporavak od već registrovanih posledica uticaja promene klime; zbog toga je, kao što ističe Evropska Agencija za zaštitu životne sredine (EC, 2009), prilagođavanje neizbežno. Uprkos potencijalu za sinergiju i mogućnosti za integraciju mera u postojeće strategije razvoja, mere za prilagođavanje se često razvijaju u izolaciji i parcijalno, u posebnim institucijama ili agencijama. Time se dupliraju troškovi u procesu planiranja i u implementaciji. Razvijeni model za podršku odlučivanju pri

izboru prioritetnih mera prilagođavanja pružiće metodološki doprinos za unapređenje planskog okvira za upravljanje projektima prilagođavanja na lokalnom nivou.

Istraživanje je društveno opravdano, jer svaka pravovremena mera prilagođavanja ublažava potencijalne rizike u budućnosti i omogućava zajednici postepeno prilagođavanje novim klimatskim uslovima. Razvojem modela za podršku odlučivanju stvoriće se preduslovi za iniciranje lokalnih strategija prilagođavanja i, eventualno, programa podrške projektima i uključivanje zajednice u planski proces i izbor prioritetnih mera.

1.6 Struktura doktorske disertacije

Prvo poglavlje disertacije odnosi se na uvodna razmatranja i obuhvata predmet i cilj istraživanja, hipoteze, primenjenu metodologiju, naučni i društveni doprinos, kao i strukturu istraživanja.

U drugom poglavlju doktorske disertacije prikazani su osnovni aspekti klimatskih promena. Takođe, prikazani su uticaji klimatskih promena na biofizičke i društveno-ekonomske sisteme sa mogućim kvantitativnim i kvalitativnim posledicama u osnovnim obrascima njihovog funkcionisanja. U ovom poglavlju diskutovani su klimatski trendovi u globalnom i evropskom kontekstu, kao i scenariji klimatskih promena za period do 2100. godine, sa očekivanim rizicima u najosetljivijim sektorima. Dat je i osvrt na aktuelni političko-ekonomski kontekst u ovoj oblasti.

Treće poglavlje doktorske disertacije se odnosi na pregled stanja u oblasti klimatskih promena u Srbiji. U ovom poglavlju dat je prikaz analiza trendova klimatskih promena, sa fokusom na promene obrazaca padavina i srednjih vrednosti godišnjih temperatura za teritoriju Srbije, i projekcije klimatskih promena za A1B i A2 scenario razvoja. Prikazane su i značajne štete u klimatski zavisnim sektorima u Srbiji, sa procenama potencijalnih gubitaka u budućnosti. Ovo poglavlje daje osvrt na aktuelne okvire u domenu politika i aktivnosti u oblasti klimatskih promena u Srbiji, koji između ostalog uključuju obaveze potpisnica *Okvirne konvencije Ujedinjenih nacija o klimatskim promenama* i *Pariskog sporazuma o klimatskim promenama* iz 2015. godine, *Drugi izveštaj Republike Srbije prema Okvirnoj konvenciji Ujedinjenih Nacija o promeni klime* (MZZS, 2017), nacrt *Prvog plana prilagođavanja Srbije na klimatske promene* (eng. *Serbias's First National Adaptation Plan - Draft*) (MPZS, 2015), nacrt *Zakona o klimatskim promenama*. U završnom delu ovog poglavlja dat je pregled i analiza aktuelnih istraživanja u Srbiji u oblasti klimatskih promena.

U četvrtom poglavlju razmatraju se razlike u konceptualnim pristupima za planiranje prilagođavanja na klimatske promene i primeri atributa različitih tipova prilagođavanja. U

ovom poglavlju je prikazana i klasifikacija pristupa prilagođavanju koja uključuje strategije reaktivnog, postepenog i transformativnog prilagođavanja, sa komparativnim prikazom njihovih karakteristika u odnosu na aspekte upravljanja, vremenski okvir, pristupe planiranju, kapacitete za sagledavanje elemenata neizvesnosti. Takođe, dat je i uporedni prikaz prednosti i ograničenja različitih pristupa prilagođavanja koji obuhvata zasnovanost, fleksibilnost, efektivnost i efikasnost, rizike od gubitaka i troškove planiranja. U kontekstu potencijalnih barijera prilagođavanja koje uključuju deficit i limit prilagođavanja, data je klasifikacija mera prilagođavanja.

U ovom poglavlju su analizirani i savremeni alati za podršku odlučivanju pri izboru mera prilagođavanja. Analizirani su alati iz baza *Clima-ADAPT* - evropske platforme za prilagođavanje klimatskim promenama, Okvirne Konvencije Ujedinjenih Nacija o Klimatskim Promenama (UNFCCC) i baze *U.S. Climate Resilience Toolkit* kojom upravlja program za klimatske promene Nacionalne Uprave za Okeane i Atmosferu Sjedinjenih Američkih Država (*NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration*). Ukupno je analizirano 150 alata sa fokusom na četiri karakteristike: 1) element prilagođavanja za koji je alat kreiran, 2) prostorni nivo na kome se alat može primeniti, 3) tip alata, i 4) aspekt primene alata. Analizom je utvrđena veća zastupljenost alata koji se fokusiraju na organizaciju planiranja prilagođavanja na generalnom nivou i aspekte procene uticaja i povredivosti, s jedne strane, i manju zastupljenost alata koji su u direktnoj funkciji odlučivanja pri izboru mera prilagođavanja, sa druge strane.

U četvrtom poglavlju su takođe analizirane mogućnosti i ograničenja za integraciju mera prilagođavanja u lokalne strategije u Srbiji. U tom smislu, za sedamnaest opština u Srbiji sprovedena je analiza karakteristika razvojnih mera ugrađenih u lokalne strategije održivog razvoja koja uključuje sektorsku određenost, ciljne grupe, relativni trošak, strukturne karakteristike, prostorno određenje i vremenski okvir. Analiza je sprovedena u svrhu utvrđivanja mogućnosti za unapredjenje postojeće prakse planiranja u cilju sistemskog uključivanja aspekata prilagođavanja u procese planiranja i potrebu razvijanja modela za podršku odlučivanju za tu namenu.

U petom poglavlju razmatraju se konceptualni okviri za definisanje povredivosti, i metodološki pristupi za procenu povredivosti. Takođe su opisani ključni tipovi indikatora koji se spominju u literaturi. U ovom poglavlju su razmatrane prednosti i ograničenja u upotrebi kompozitnih indikatora (indeksa) za procenu povredivosti. U završnom delu poglavlja, objašnjeni su konceptualni problemi za usaglašavanje procene povredivosti između različitih prostornih nivoa u kontekstu izazova pri sagledavanju veoma različitih faktora koji značajno

utiču na ukupnu osetljivost određenih područja, odnosno, rezolucije podataka i upotrebne vrednosti dobijenih procena za donosiocce odluka.

U šestom poglavlju su razmatrani raznovrsni aspekti modela adaptivnog upravljanja i mogućnosti primene ovakvog pristupa u upravljanju projektima prilagođavanja na klimatske promene. U tom smislu, opisane su osnovne faze životnog ciklusa projekta kao i ključni elementi adaptivnog pristupa upravljanju. Razmatrani su aspekti integrisanja neizvesnosti kao ključnog elementa u projektima prilagođavanja, kao i mogućnost integrisanja višekriterijumske analize za pomoć pri odlučivanju u procesu adaptivnog upravljanja. Dat je kratak osvrt na oblasti primene adaptivnog upravljanja u domenu projekata prilagođavanja klimatskim promenama.

Na osnovu razmatranja u prethodnim poglavljima, u sedmom poglavlju su definisane polazne osnove i ciljevi kojima se težilo prilikom razvoja metodološkog okvira modela za integrisano upravljanje izborom mera prilagođavanja na klimatske promene na lokalnom nivou. Oni obuhvataju: 1) razvoj mehanizama za planiranje prilagođavanja na nivou jedne prioritetne mere, ili skupa prioritetnih mera, kao mikro-projekta; 2) razvoj mehanizama koji podržavaju izgradnju kapaciteta kroz transparentni prikaz kriterijuma za izbor mera i pružaju uvid u faktore rizika implementacije odabranih mera; 3) fokus na one aspekte modela koji su u direktnoj funkciji odlučivanja pri izboru mera; 4) razvoj mehanizama za sagledavanje simultanog efekta skupa mera na smanjenje povredivosti od posmatranog klimatskog uticaja u određenom sektoru, u funkciji izbora prioritetnih mera i upravljanja životnim ciklusom određene mere (ili skupa mera); 5) afirmaciju postojećih mera koje su u funkciji prilagođavanja posmatranog sektora; 6) razvoj mehanizama za generalizaciju, odnosno, integrisanje lokalnih specifičnih indikatora u komparativnu procenu povredivosti na višim prostornim nivoima; 7) fokus na potencijalno dominantni uticaj i povredivost u kontekstu posmatranog sektora; 8) kreiranje modela za adaptivno upravljanje; 9) uključivanje različitih tipova podataka prilikom izbora mere i procene povredivosti.

U skladu sa postavljenim ciljevima, osmo, deveto i deseto poglavlje razmatraju mogućnosti simultane primene Bajesovih mreža, Analitičkog hijerarhijskog procesa i geografskih informacionih sistema. U osmom poglavlju su prikazani matematička formulacija, osnovna svojstva i grafička struktura Bajesove mreže, princip uslovnih verovatnoća i tretman faktora odlučivanja u okruženju neizvesnosti. U drugom delu ovog poglavlja razmatrani su potencijali primene Bajesove mreže kao modela za podršku odlučivanju u oblasti klimatskih promena. U završnom delu dat je pregled metodoloških prednosti ovog modela kao i smernice za prevazilaženje nekih od istaknutih ograničenja. U devetom poglavlju razmatraju se aspekti

odlučivanja u uslovima neizvesnosti. Analizirane su prednosti i ograničenja primene metoda višekriterijumskog odlučivanja za modelovanje alata za izbor mera prilagođavanja na klimatske promene, sa fokusom na analitički hijerarhijski proces AHP. U desetom poglavlju dat je kratak osvrt na primenu geoinformacionih sistema kao alata za podršku odlučivanju u proceni povredivosti na klimatske promene.

Na osnovu analiziranih metoda i u skladu sa definisanim ciljevima, u jedanaestom poglavlju prikazan je model za simultanu primenu Bajesovih mreža, AHP metode i GIS-a u funkciji izbora mera prilagođavanja na lokalnom nivou. U poglavlju je dat algoritam i opisana je metodologija primene modela kroz dva modula. Prvi modul uključuje definisanje kriterijuma i usvajanje metoda za kreiranje indeksa povredivosti, agregacijom indeksa osetljivosti, izloženosti i kapaciteta prilagođavanja, primenom GIS alata. Ovaj modul se odnosi na definisanje GIS modela za komparativnu procenu povredivosti između opština. Drugi modul se odnosi na izbor mere, ili skupa mera prilagođavanja, i baziran je na simultanom doprinosu skupa mera i kriterijuma rizika na stepen povredivosti od posmatranog klimatskog uticaja. Zbog svojih karakteristika, Bajesove mreže daju mogućnost procene višestrukog rizika koji se bazira na kvantifikaciji međuzavisnosti između promenljivih u sistemu (tj. kumulativne, sinergijske ili antagonističke, ili međuzavisnosti sa kaskadnim efektom) i njihovog sumiranog uticaja na krajnji nivo rizika. Uzevši u obzir spektar mogućih kombinacija promenljivih i njihovih međusobnih odnosa, moguće je simulirati različite scenarije višestrukog rizika, i uvideti posledicu lanaca uticaja izazvanu povezanim događajima. U ovom modulu date su strukture Bajesove mreže, koja je u funkciji simuliranja mogućih zbirnih uticaja skupa mera na povećanje kapaciteta prilagođavanja. Takođe, prikazana je i matrica za komparaciju izabranih mera u odnosu na trenutne kapacitete za njihovu implementaciju. Dodatno je prikazan izbor i obrazloženje kriterijuma koji opisuju aspekte od značaja za implementaciju mera.

U dvanaestom poglavlju izvršena je primena razvijenog modela. Za potrebe verifikacije modela, izvršena je simulacija na primeru sektora šumarstva. Posmatran je aspekt mogućeg povećanja povredivosti šumskih područja na požare kao posledice projektovanog povećanja srednje godišnje temperature, smanjenja ukupne količine padavina i predviđenih povećanja indeksa suše. Teritorijalni obuhvat za primenu modela uključuje 47 opština Regiona Istočne i Južne Srbije. Za potrebe prvog modula, odnosno, kreiranja indeksa povredivosti, selektovano je deset indikatora. Primenom alata za prostornu analizu u GIS-u izvršena je agregacija odabranih indikatora i kreirana mapa povredivosti. Na osnovu vrednosti dobijenih indeksa za drugi modul, za studiju slučaja je izabrana opština Svrlijig. Za formiranje Bajesove mreže definisano je tri kriterijuma i devet podkriterijuma koji utiču na rizik od požara, i devet

primarnih mera prilagođavanja. Za sve čvorove na mreži određene su uslovne raspodele verovatnoća međusobnog uticaja selektovanih mera i kriterijuma na ukupnu povredivost šumskih područja opštine Svrljig na požare. Simulacijom zbirnog uticaja različitih kombinacija mera, izabrane su dve prioritetne mere prilagođavanja. Izabrane mere su upoređene u skladu sa kapacitetom za njihovo implementiranje.

Trinaesto poglavlje sadrži zaključna razmatranja koja obuhvataju prednosti i ograničenja projektovanog modela u kontekstu zadatih ciljeva i dobijenih rezultata, kao i pravce daljih istraživanja u funkciji razvoja opisanog modela.

Popis korišćene literature i odgovarajućih priloga dat je nakon zaključnog poglavlja. Prilozi se odnose na: listu indikatora za izračunavanje indeksa povredivosti, rezultate ekspertskog ocenjivanja kriterijuma za konstrukciju indeksa povredivosti, i rezultate ekspertskog ocenjivanja kriterijuma za procenu rizika od šumskih požara i mera prilagođavanja primenom AHP metode, i tabele uslovnih verovatnoća. Izjave autora i biografija nalaze se nakon popisa literature i priloga.

2. KLIMATSKE PROMENE

U ovom poglavlju dat je pregled klimatskih trendova i scenarija u globalnom i evropskom kontekstu, kao i kratak osvrt na planske i političke okvire i aktivnosti u oblasti klimatskih promena.

2.1 Klimatski sistem

Klimatski sistem je dinamički sistem koji se sastoji od velikog broja komponenata, među kojima se prepoznaje pet glavnih: atmosfera, hidrosfera, kriosfera, litosfera i biosfera. Klimatski sistem uključuje brojne fizičke, hemijske i biološke interakcije između ovih komponenti i unutar njih, u različitim prostornim i vremenskim razmerama, što ga čini izuzetno kompleksnim. Iako se komponente ovog sistema i njihovi podsistemi međusobno razlikuju po svojim karakteristikama, sastavu i strukturi, svi su otvoreni i povezani, i izloženi uticajima različitih spoljnih mehanizama.

Broj varijacija mogućih interakcija unutar klimatskog sistema je neiscrpan. Neke od njih su poznate savremenoj nauci, dok je veliki broj promenljivih delimično poznat, ili potpuno neistražen. Klimatski sistem je baziran na principu povratnih mehanizama. Bilo koja promena, prirodna ili antropogena, unutar komponenti, ili u vidu spoljnog delovanja, može imati za posledicu klimatsku varijaciju. Međutim, čak i bez promena izazvanih spoljnim mehanizmima, klima se može prirodno menjati, jer su relacije komponenata klimatskog sistema nelinearne, nikada nisu u ravnoteži i stalno variraju.

Zbog svoje nelinearnosti, klimatski sistem može imati takozvano haotično ponašanje, odnosno, njegovo ponašanje kritično zavisi od veoma malih promena početnih uslova. To ne znači da je ponašanje nelinearnih haotičnih sistema potpuno nepredvidljivo, ali svakako da kompleksnost ovog sistema utiče na prirodu njegove varijabilnosti i mogućnosti predviđanja njegovih varijacija (Baede et al., 2001).

2.2 Klima i klimatske promene

Klima se definiše kao statistički opis prosečnih vrednosti klimatskih parametara u vremenskom periodu od nekoliko meseci do hiljadu ili milion godina (IPCC, 2007). Opis prosečnih vrednosti uključuje veliki broj promenljivih, u zavisnosti od objekta posmatranja. Najčešće promenljive koje su predmet opservacija su temperatura i padavine, ali se mogu posmatrati i vetar, oblačnost i osunčanje, vazdušni pritisak, vidljivost, vlažnost, kao i elementi

sa većim značajem na uticaj čoveka, kao što su ekstremne oluje, temperature, sneg i grad (WMO, 2002). Svetska meteorološka organizacija definiše period od 30 godina kao standardni vremenski okvir za posmatranje klime jednog područja.

Klimatske promene se odnose na statistički značajnu varijaciju u prosečnom stanju klime, ili njenoj varijabilnosti, koja se nastavlja u dužem vremenskom periodu (tipično deceniju, ili duže). Klimatske promene mogu biti posledica prirodnih unutrašnjih procesa ili spoljnih faktora, kao i trajnih antropogenih promena u sastavu atmosfere ili u korišćenju zemljišta. Promena klime se regionalno manifestuje na različite načine, i ne mora uključivati promene svih posmatranih parametara za svaki posmatrani region. Na primer, promene se mogu ogledati kroz promenu prosečne količine padavina ili srednje temperature za posmatrani period godine, za dati region.

Male promene u klimi mogu (ali i ne moraju) imati značajan uticaj na raspodelu verovatnoće vremenskih događaja u prostoru i vremenu, kao i na intenzitet mogućih ekstrema (Shan-Shan & Xiao-Ling, 2012; Wei et al., 2013). Društveni i biofizički sistemi su prilagođeni regionalnim klimatskim i meteorološkim uslovima, često su osetljivi i nisu adekvatno pripremljeni za značajne promene. Vremenski (meteorološki) događaj koji se prepoznaje kao ekstrem u jednom regionu (npr. toplotni talas) može se smatrati normalnim u nekom drugom. Tropske temperature koje su karakteristične za Afriku mogu ozbiljno ugroziti neke ekosisteme, ili zdravlje životinja ako se dese u Kanadi (Bishop-Williams et al., 2015).

Sa druge strane, uzevši u obzir kompleksnost klimatskog sistema, klimatolozi upozoravaju da prelaskom određenog praga u globalnom zagrevanju može doći do kritične prekretnice (*eng. tipping point*), odnosno stanja nepovratnog zagrevanja, i eksponencijalnog povećanja efekta staklene bašte bez mogućnosti ublažavanja ovog efekta (Prutsch et al., 2014).

Prelazak u stanje nepovratnog zagrevanja globalnog klimatskog sistema se vezuje za kritične tačke i procese. Naučnici upozoravaju da će veliki broj prekoračenja kritičnih tačaka pokrenuti neke od elemenata ovog procesa, ukoliko se globalno prosečna temperatura poveća za više od 2°C u odnosu na pre-industrijski nivo (Prutsch et al., 2014). Sa druge strane, neki autori ukazuju da se takve promene mogu očekivati i za prekoračenja manja od 2°C (Hansen et al., 2008). Istraživači na Potsdam Institutu za Klimatska Istraživanja (PIK) su identifikovali više kritičnih tačaka¹, koje uključuju smanjenje obima ledenog pokrivača na Grenlandu, topljenje lednika na Arktiku, destabilizaciju golfske i severo-atlantske morske struje, zakiseljavanje okeana, povlačenje ledenog pokrivača na Antarktiku, destabilizaciju tropskih

¹ <https://www.pik-potsdam.de/services/infodesk/tipping-elements/kippelemente>

šuma u regiji Amazona, promene u obrascu monsuna u Indiji, topljenje glečera na Himalajima, i intenziviranje *El Ninjo* fenomena (Prutsch et al., 2014). Ovakve kompleksne promene u klimatskom sistemu mogu dovesti do pojačavanja efekata klimatskih uticaja.

2.3 Uticaji klimatskih promena na biofizičke sisteme i društvene zajednice

Klimatske promene utiču na društvene i biofizičke sisteme na različite načine. Njihovi efekti će se razlikovati od regiona do regiona tokom vremena u zavisnosti od sposobnosti prilagođavanja na promene koje ispoljavaju različiti društveni i biofizički sistemi. Na primer, klimatske promene mogu uticati na prinos poljoprivrednih kultura, zdravlje ljudi, efikasnost transporta, bezbednost energetske sistema i sl. U tekstu koji sledi dat je pregled nekih od najznačajnijih uticaja klimatskih promena na biofizičke sisteme i društvene zajednice.

2.3.1 Uticaji klimatskih promena na biofizičke sisteme

Promene u klimatskim uslovima imaju direktan uticaj na promene u fizičkim i hemijskim karakteristikama biofizičkih sistema na planeti (EEA, 2017). Dokazi o uočenim uticajima klimatskih promena su najsveobuhvatniji za prirodne sisteme (Root et al., 2003). Uticaji ekstremnih klimatskih uslova, kao što su toplotni talasi, suše, poplave, cikloni i šumski požari, izazivaju promene i otkrivaju značajnu povredljivost mnogih ekosistema (Lee et al., 2015).

Okeani predstavljaju jedan od ključnih elemenata u klimatskom sistemu, jer utiču na obrasce vremenskih prilika kako na lokalnom, tako i na globalnom nivou. Promene u klimatskom sistemu, kao što su zagrevanje i povećanje koncentracije gasova sa efektom staklene bašte, mogu dovesti do zagrevanja i povećanja kiselosti okeana, što može izazvati velike posledice u funkcionisanju morskih ekosistema, u smislu njihove produktivnosti i smanjenja biodiverziteta, i posledično dovesti do kvantitativnih i kvalitativnih regresivnih promena u uslugama ekosistema (Lotze et al., 2006; Ruckelshaus et al., 2013; Walther et al., 2002). Takođe, priobalne zone su područja specifičnih ekosistema, koji mogu biti ugroženi na različite načine povećanjem nivoa mora, učestalijim olujnim talasima i erozijom (EEA, 2017).

Slatkovodni sistemi su esencijalni za funkcionisanje svih ekosistema i gotovo svih ljudskih aktivnosti, i usko su vezani sa promenama u klimatskom sistemu. Svaka promena u klimatskom sistemu utiče na hidrološki ciklus. U tom smislu, uticaj promene klime se najočiglednije ogleda u mogućim promenama u prostorno-vremenskim distribucijama vodnih resursa kao što su sezonske promene ukupnog protoka vode u rekama, dinamika ekstremnih padavina i sušnih perioda i sl. (EEA, 2017). Takođe, promene trendova padavina i topljenja

lednika i glečera u mnogim regionima utiču na hidrološke cikluse, i posledično na kvalitet i kvantitet vodnih resursa. Kao reakciju na izmenjene klimatske uslove, mnoge kopnene, slatkovodne vrste pomerile su svoja staništa ka novim geografskim područjima, sezonske aktivnosti, i migracione obrasce (Xu et al, 2009; Chevallier et al., 2011).

Klimatske promene će imati širok spektar pozitivnih i negativnih uticaja na biodiverzitet kopnenih ekosistema, kako na nivou genetskih promena tako i na nivou ekosistema. Neke od promena uključuju povećani rizik izumiranja pojedinih vrsta, migracije (EEA, 2017), promene u fenologiji i distribuciji određenih vrsta (Chen et al., 2011; Delzon et al., 2013; Singer & Parmesan, 2010). Takođe, klimatske promene mogu dovesti do konfuzije u kontekstu životnog ciklusa određenih vrsta i izvora hrane (Schweiger et al., 2012). Promena u vlažnosti zemljišta (uslovljena isparavanjem, sušama, ili i intenzivnim padavinama), i povećana erozija od vetra i vode će uticati na kapacitet retencije kao ključne karakteristike zemljišta u hidrološkom ciklusu, i smanjenje produktivnog kapaciteta zemljišta u mnogim područjima (EEA, 2017).

Šume predstavljaju vitalan izvor hrane, vode, drvene mase, energije, i staništa su velikog broja biljnih i životinjskih vrsta. Promene u temperaturi i distribuciji padavina uticaće na zdravlje i produktivnost šuma i šumskih ekosistema na različite načine, što može prouzrokovati velike ekološke i ekonomske posledice (Hanewinkel et al., 2012). Takođe, očekuje se da će promena klime značajno uticati na inteziviranje šumskih požara (EEA, 2017).

Uzevši u obzir prethodno navedeno, i činjenicu da je blagostanje ljudi u direktnoj zavisnosti od stanja ekosistema koji pružaju vitalne usluge, očigledna je ozbiljnost izazova koje mogući klimatski uticaji na biofizičke sisteme predstavljaju u tom smislu.

2.3.2 Uticaji klimatskih promena na društvene zajednice

Iako su određeni uticaji klimatskih promena na antropogene sisteme često geografski heterogeni i ne zavise samo od promena klimatskih promenljivih, već i od društvenih i ekonomskih faktora, za veliki deo globalne populacije bezbednost hrane, vode (Laušević et al., 2016), i javnog zdravlja (Luber et al., 2014; Thomas et al., 2014) je ozbiljno ugrožena delovanjem klimatskih promena (IPCC, 2014a).

Uticaji klimatskih promena na poljoprivredu uključuju povećanje potrebe za navodnjavanjem, moguće smanjenje i stagnaciju prinosa (Brisson et al., 2010), kao i destabilizaciju prinosa usled različitih faktora (Ferrise et al. 2011; Kristensen et al., 2011; Trnka et al., 2014). Takođe, usled povećanja srednje godišnje temperature može se očekivati produženje sezone razvoja, naročito u severnim geografskim područjima (EEA, 2017).

Istraživanja ukazuju da su negativni uticaji klimatskih promena na prinos useva do sada bili češći od pozitivnih uticaja, naročito kada se radi o kukuruzu i žitu (Lobell et al., 2011), i predviđaju potencijalno smanjene prinosa od -20% do -50% do kraja veka (Müller & Elliott, 2015). Ovakve promene mogu ozbiljno ugroziti proizvodnju hrane u budućnosti (Myers et al., 2017). Sa druge strane, uzevši u obzir da egzistencija blizu 1.6 milijardi ljudi (od kojih milijardu spada u kategoriju siromašnih) potpuno ili delimično zavisi od različitih usluga šumskih ekosistema (FAO, 2016), negativni uticaji klimatskih promena (učestalije suše, požari, izumiranje šuma) će smanjiti produktivnost šuma i već ugrožene grupe učiniti još osetljivijim (Williams et al., 2013; Settele et al., 2014).

Globalno gledano, uticaj klimatskih promena na ljudsko zdravlje je relativno mali u poređenju sa efektima drugih uticaja i nije dovoljno kvantifikovan, ali ne sme se zanemariti. Procene ukazuju da će negativni uticaji prevladati pozitivne uticaje klimatskih promena na zdravlje. Međutim, teško je izolovati uticaje klime od ostalih neklimatskih faktora na zdravlje, osim u slučaju direktnih fizičkih uticaja najčešće izazvanim ekstremnim vremenskim događajima. Na primer, toplotni talasi utiču na povećanu smrtnost, naročito kod osoba sa respiratornim problemima i kardiovaskularnih bolesnika (Analitis et al., 2014; Åström et al., 2013; WMO & WHO, 2015). Sa druge strane, poplave utiču na stanovništvo direktno, kroz prekide vitalnih usluga dostave pijaće vode ili struje, uništavanjem kuća, nastankom povreda i davljenja i sl. (Radovic et al., 2012; Stanke et al., 2012; WHO & PHE, 2013). Takođe, klimatske promene mogu uticati na značajanu distribuciju vektorskih bolesti (Semenza et al., 2012). Dodatno, suše, poplave i oluje utiču na nastajanje bolesti usled zaraženih izvora vode (Semenza et al., 2012), dok visoke temperature mogu negativno uticati na skladištenje i kvalitet hrane (EEA, 2017). Klimatske promene će uticati na dostupnost pitke i sanitarne vode i u tom smislu mogu ugroziti održivost sanitarnih sistema (Ludwig et al., 2011). Veliki broj indirektnih uticaja klimatskih promena na zdravlje biće u sadejstvu sa drugim faktorima globalnih promena i socio-demografskim pritiscima (McMichael, 2013). Predviđanja ukazuju da klimatske promene mogu imati značajne negativne uticaje na stepen smrtnosti. Simulacije Svetske Zdravstvene Organizacije (WHO, 2014), za slučaj bez primena mera prilagođavanja, procenjuju 65000 smrtnih slučajeva starije populacije uzrokovanih toplotnim talasima, 48000 uzrokovanih dijarejom, i 60000 malarijom, do 2030. godine. Pod optimističkim scenarijima se procenjuje i do 250000 smrtnih slučajeva do 2050. Neki pozitivni uticaji uključuju smanjenje smrtnosti usled ekstremnih hladnoća. Rizik od povećane smrtnosti usled toplotnih talasa je različit u zavisnosti od starosnog doba, lokacije i društveno-ekonomskih faktora (Anderson & Bell, 2010; Åström et al., 2011; Ma et al., 2015).

Klimatske promene će u budućnosti imati veliki uticaj na dostupnost vodnim resursima i na kvalitet vode. Više od milijardu ljudi na planeti nema pristup čistoj pijaćoj vodi, dok 2.4 milijarde nema pristup sanitarnoj vodi (DeNicola et al., 2015). Zbog rastućeg pritiska na vodne resurse usled rasta populacije, neodrživih potrošačkih obrazaca i nekontrolisane upotrebe vode, ovaj broj će se znatno povećati do kraja veka (Mukheibir, 2010). Pored direktnih uticaja na zdravlje i proizvodnju hrane, smanjenje vodnih resursa, može dodatno povećati rizik od sukoba oko osnovnih resursa. Studije procenjuju da će takvom riziku biti izloženo između 150 i 600 miliona ljudi, ako se temperatura bude povećavala u skladu sa predviđanjima (Trondalen, 2009). U tom smislu, neizvesnost vezana za predviđanja klimatskih promena u velikoj meri otežava racionalno planiranje vodosnabdevanja (Honkonen, 2017; Xia & Pahl-Wostl, 2013).

Pored vodnih resursa, klimatske promene dodatno otežavaju i procese masovne urbanizacije i planiranje urbanih sistema, gradskih zona i stambenih područja (Jahangir & Mullick, 2014), i povećavaju rizik od oštećenja infrastrukture (Peng & Stewart, 2016; Regmi & Hanaoka, 2011), transportnih koridora, i negativnih uticaja na energetske bezbednost (EEA, 2016a). Uticaj klimatskih promena na energetske sisteme je direktan uticaj na sve aspekte savremenog života. Iako se generalno ne očekuje velika promena u totalnoj potražnji energije, očekuje se veliki zaokret u sezonskoj potražnji sa povećanjem temperature (EEA, 2016a). Promene klime će direktno uticati i na sisteme za proizvodnju i na potražnju. Takođe, učestalije vremenske nepogode kao što su oluje, poplave i suše, predstavljaju izazove za održavanje energetske infrastrukture (Rademaekers et al., 2011).

Sa promenom klime dolazi do povećanja frekvencije i intenziteta ekstremnih vremenskih događaja koji često dovode do direktnih materijalnih, odnosno ekonomskih gubitaka. U tom smislu, može se očekivati da vrednost ekonomskih gubitaka usled ekstremnih klimatskih događaja raste u budućnosti. Međutim, trenutne evaluacije ekonomskih gubitaka se odnose samo na direktne materijalne gubitke i ne uzimaju u obzir indirektne ekonomske troškove koji se ogledaju u povećanom riziku narušavanja javnog zdravlja, integriteta ekosistema i izgubljenom kulturnom nasleđu (EEA, 2017). Uključivanje indirektnih gubitaka dodatno povećava moguću ukupni uticaj klimatskih promena na ekonomske sisteme.

Jedan od važnih elemenata u sagledavanju potencijalnih uticaja klimatskih promena na društvene i biofizičke sisteme, i u razvoju adekvatnih strategija prilagođavanja i ublažavanja, jeste razumevanje dosadašnjih trendova i scenarija promena klime u budućnosti.

2.4 Klimatski scenario - globalni kontekst

Posljednjih godina, sve je veći broj studija koje pokazuju alarmantnu stopu klimatskih promena i odgovarajućih društvenih, ekonomskih i ekoloških izazova (Apantaku, et al., 2011; Nechit & Popa, 2012; Păcurar, 2015; Toasm & Mbih, 2015). U dekadama pred nama, prosperitet i blagostanje onih čija egzistencija zavisi od stanja u klimatski osetljivim sektorima biće izloženi povećanom riziku; na prvom mestu to se odnosi na sektore poljoprivrede, šumarstva i ribolova (FAO, 2008). Sa globalnog aspekta, neadekvatno prilagođavanje efektima klimatskih promena može imati regresivne uticaje na razvoj približno 40% svetske populacije (UNDP, 2007). Takođe, promena klime će uticati na porast broja „klimatskih izbeglica“. Procene ukazuju na mogućnost konstantne migracije i do milion ljudi godišnje do 2080. godine, naročito ka gusto naseljenim oblastima i urbanim centrima sa niskim kapacitetom prilagođavanja (Kirsch-Wood et al., 2008).

Analize klimatskih trendova ukazuju na pozitivnu promenu globalne temperature (Hansen et al., 2010) i sa velikim stepenom sigurnosti ukazuju na to da je period od 1983. do 2012. godine bio najtopliji tridesetogodišnji period u poslednjih 800 godina na severnoj hemisferi, i moguće najtopliji u poslednjih 1400 godina. Sa druge strane, globalni srednji nivo mora je porastao za 0.19m u periodu od 1901. do 2010. godine, dok je stopa rasta nivoa mora od sredine 19. veka bila veća od prosečne stope rasta u poslednjih 2000 godina (IPCC, 2014b). Takođe, osmatranja potvrđuju da se: 1) broj hladnih dana smanjio dok se broj toplih dana povećao; 2) povećala učestalost toplotnih talasa u Evropi, Aziji i Australiji; 3) povećao broj regiona u kojima je učestalost ekstremnih padavina u porastu (IPCC, 2014a).

Na osnovu IPCC izveštaja (IPCC, 2014b), globalni scenario klimatskih promena predviđa da će se temperatura u periodu od 2016. do 2035. godine, u odnosu na referentni period 1986-2005. godine povećati u opsegu od 0.3°C do 0.7°C. U odnosu na referentni period 1850-1900.godine, simulacije za RCP4.5, RCP6.0 i RCP8.5 scenario, predviđaju da će globalna promena temperature do kraja veka (2081-2100) preći granicu od 1.5°C, dok se u slučaju RCP6.0 i RCP8.5 scenarija predviđa temperatura i za preko 2°C; samo u slučaju RCP2.6, simulacije predviđaju da će se zagrevanje zadržati ispod te granice (Tabela 2.1).

Sve projekcije osim RCP2.6. predviđaju da će se mnogi aspekti klimatskih promena i sa njima povezani uticaji na biofizičko okruženje nastaviti i nakon 2100. godine, čak i ako se zaustave antropogene emisije GHG. Projekcije ukazuju na visok rizik od nepovratnih promena u sastavu, strukturi i funkciji morskih, kopnenih i slatkovodnih ekosistema, kao i društveno-ekonomskih sistema.

Tabela 2.1. Predviđena promena prosečne globalne temperature i porast globalnog nivoa mora za period 2046-2065 i 2081-2100, u odnosu na period 1986 – 2005

		2046–2065		2081–2100	
	Scenario	Srednja vrednost	Mogući opseg	Srednja vrednost	Mogući opseg
Promena prosečne globalne temperature (°C)	RCP2.6	1.0	0.4-1.6	1.0	0.3-1.7
	RCP4.5	1.4	0.9-2.0	1.8	1.1-2.6
	RCP6.0	1.3	0.8-1.8	2.2	1.4-3.1
	RCP8.5	2.0	1.4-2.6	3.7	2.6-4.8
	Scenario	Srednja vrednost	Mogući opseg	Srednja vrednost	Mogući opseg
Porast globalnog nivoa mora (m)	RCP2.6	0.24	0.17-0.32	0.40	0.26-0.55
	RCP4.5	0.26	0.19-0.33	0.47	0.32-0.63
	RCP6.0	0.25	0.18-0.32	0.48	0.33-0.63
	RCP8.5	0.30	0.22-0.38	0.63	0.45-0.82

(Izvor: IPCC, 2014b)

2.5 Klimatski scenario - evropski kontekst

Aktuelni i predviđeni uticaji klimatskih promena u Evropi ukazuju na povećanu povredivost evropskih društava, sa povećanim ekonomskim, ekološkim, geopolitičkim i tehnološkim rizicima. Gubici u BDP-u u najugroženijim zemljama članicama EU mogu dostići 9% do 2050. godine. Očekuje se da će se učešća područja u Evropi koja su ugrožena u pogledu vodnih resursa sa današnjih 19% povećati na 35% do 2070. godine, što može povećati interne migracije. Prema istraživanju McCallum-a (2013), sektori u EU sa najvećim prioritetom za povećanje otpornosti na klimatske promene su upravljanje vodama, poljoprivreda i ruralni razvoj, i zaštita prirode.

Ukupni prijavljeni ekonomski gubici na području Evrope prouzrokovani ekstremnim događajima koji su povezani sa klimatskim uslovima, u periodu od 1980. do 2013. godine iznosili su približno 400 milijardi evra, dok su prosečni godišnji gubici porasli sa 7,6 milijardi evra u osamdesetim godinama na 13 milijardi evra u devedesetim godinama i 13,7 milijardi evra u periodu posle 2000. godine (EEA, 2016a), dok se broj klimatskih ekstrema u NatCatSERVICE bazi u periodu između 1980 i 2016 povećao sa 80 na približno 140 godišnje (Munich RE, 2017).

U Evropi su kao najtoplije zabeležene godine bile 2014. i 2015. godina (EURO4M, 2016), dok je poslednja decenija najtoplija decenija u poslednjih 2000 godina, i značajno je izvan opsega prirodne varijabilnosti (Luterbacher, et al., 2016). Od 2003. godine, kada je zabeležen rekordan broj smrtnih slučajeva od toplotnih talasa (70000), Evropa je doživela nekoliko godina sa tropskim letima (EEA, 2016a).

Pored toplotnih talasa, velike štete na području Evrope su nastale usled poplava. Na osnovu podataka NatCatSERVICE baze, u periodu od 1980-2016 se dogodilo približno 1500 poplava sa preko 4700 žrtava, i direktnim materijalnim gubitcima od preko 150 milijardi evra. Više od polovine registrovanih poplava dogodilo posle 2000. godine (Munich RE, 2017). Udeo štete od poplava u ukupnim u štetama od drugih prirodnih katastrofa je preko 30%. Samo u periodu 2010-2014. godine od poplava je stradalo 2000 i ugroženo 8.7 miliona osoba. Porast broja poplava do kraja veka se predviđa za Britanska ostrva, Francusku, Španiju, neke delove Balkana i gornje tokove Dunava (EEA, 2016a).

Projekcije iz EURO-CORDEX inicijative pokazuju da će se teritorija Evrope zagrevati brže od globalnog proseka, i to u opsegu od 1-4,5°C za RCP4.5 scenario, a u opsegu od 2.5-5.5°C za RCP8.5 do kraja veka (Jacob et al., 2014), dok će se broj toplotnih talasa povećavati do kraja veka (i do svake druge godine u drugoj polovini 21. veka) za scenario RCP8.5 (EEA, 2016a). U skladu sa povećanjem srednje godišnje temperature očekuje se povećanje padavina i do 25% na području centralne i severne Evrope, dok se značajno smanjenje očekuje u južnoj Evropi. Do kraja veka ekstremne dnevne padavine će se smanjiti do 25% u nekim delovima Južne Evrope, dok će se za istu vrednost povećati u Centralnoj i Istočnoj Evropi (Jacob et al., 2014).

Procene rizika od šumskih požara ukazuju na moguće povećanje teritorije zahvaćene požarima u 21. veku za 50% za scenario do srednje globalne temperature od 2°C, i čak do 200% za A2 scenario bez dodatnih mera (Ciscar et al., 2014; EEA, 2016). Za scenario A1B, bez mera prilagođavanja, procenjuje se da će od rečnih poplava u zemljama EU do 2050. godine biti ugroženo 300000 ljudi godišnje, i 390000 ljudi do 2080. godine, dok će, u zavisnosti od scenarija, od poplava sa mora do kraja veka biti ugroženo između 775000 i 5,5 miliona ljudi godišnje (EEA, 2016a).

Neke studije procenjuju da će broj smrtnih slučajeva u Evropi uzrokovanih toplotnim talasima, bez mera prilagođavanja, varirati između 60000 i 165000 godišnje do 2080. godine, dok se, sa druge strane, očekuje smanjenje broja smrtnih slučajeva od ekstremnih hladnoća u opsegu od 60000 i 250000 godišnje (Ciscar et al., 2011).

Što se tiče Centralne i Istočne Evrope, povećanje broja toplotnih ekstrema predstavlja ključni rizik. Zajedno sa smanjenim letnjih padavina, ovi ekstremi mogu povećati rizik od suša, rizike po ljudsko zdravlje i izazvati povećanu potrošnju energije u letnjem periodu, intenzitet padavina i učestalost poplava u zimskom i prolećnom delu godine, i broj šumskih požara, ali i prinos nekih žitarica (EEA, 2016a).

2.6 Klimatske promene – politički i ekonomski kontekst

U decembru 2015. godine, države članice UNFCCC-a usvojile su *Pariski sporazum*, koji uključuje dugoročne ciljeve održavanja porasta globalne prosečne temperature ispod 2°C kroz poboljšanje kapaciteta prilagođavanja, povećanje otpornosti i smanjenje osetljivosti na klimatske promene (UNFCCC, 2015b). Ovim dokumentom, 197 zemalja usvojilo je prvi univerzalni, pravno obavezujući globalni sporazum o klimatskim promenama. Međutim, trenutne aktivnosti za smanjenje emisije GHG nisu dovoljne za postizanje ovog cilja. Postojeća dinamika emisije GHG može dovesti i do povećanja od 3°C ili više stepeni (UNEP, 2015). Čak i u slučaju dostizanja granice od 2°C (porasta srednje globalne temperature), usled regionalnih varijacija mnoga područja na Zemlji će doživeti veće zagrevanje i izraženije uticaje klimatskih promena. U tom smislu, prilagođavanje društava na klimatske promene je prepoznato unutar UNFCCC-a kao važna osnova za formiranje budućih razvojnih politika.

Pitanje ublažavanja dejstva i prilagođavanja efektima klimatskih promena se sve češće prepoznaje kao integralni element ekonomskih analiza i procene rizika. U izveštaju o globalnim rizicima za 2016. godinu Svetskoj Ekonomski Forum je neuspešno prilagođavanje efektima klimatskih promena prepoznao kao rizik koji potencijalno može izazvati najveće štete u narednim godinama (World Economic Forum, 2016). Po prvi put se rizik po životnu sredinu našao na vrhu liste ekonomskih rizika.

U 2015. godini usvojen je *Sendai okvir za smanjenje rizika od katastrofa* - dobrovoljni sporazum koji prepoznaje klimatske promene kao jedan od bitnih pokretača katastrofa i koji obuhvata četiri prioriteta: razumevanje rizika, upravljanje rizikom, povećanje otpornosti na promene i smanjenje rizika (UN, 2015). Takođe, *Agenda za održivi razvoj za 2030. godinu*, u okviru svojih sedamnaest krovnih ciljeva jasno prepoznaje prilagođavanje klimatskim promenama i ublažavanje njihovih efekata kao veoma bitan aspekt ostvarivanja dugoročnih ciljeva održivog razvoja (UN, 2016).

Sedmi akcioni program Evropske agencije za životnu sredinu (eng. *EU 7th Environment Action Programme*), eksplicitno naglašava da će akcije za prilagođavanje klimatskim promenama i ublažavanje njihovih efekata povećati otpornost privrede i društva Evropske unije na novonastale okolnosti, i istovremeno stimulisati inovacije i zaštititi prirodne resurse (EU, 2013). EEA izveštaj ukazuje da su implementacija politike zaštite životne sredine i prilagođavanja na klimatske promene u poslednjih 40 godina značajno doprinele funkcionisanju evropskih ekosistema, kao i zdravlju i životnom standardu građana (EEA, 2015). Evropska komisija je 2013. godine usvojila inicijativu *"Strategija EU o prilagođavanju*

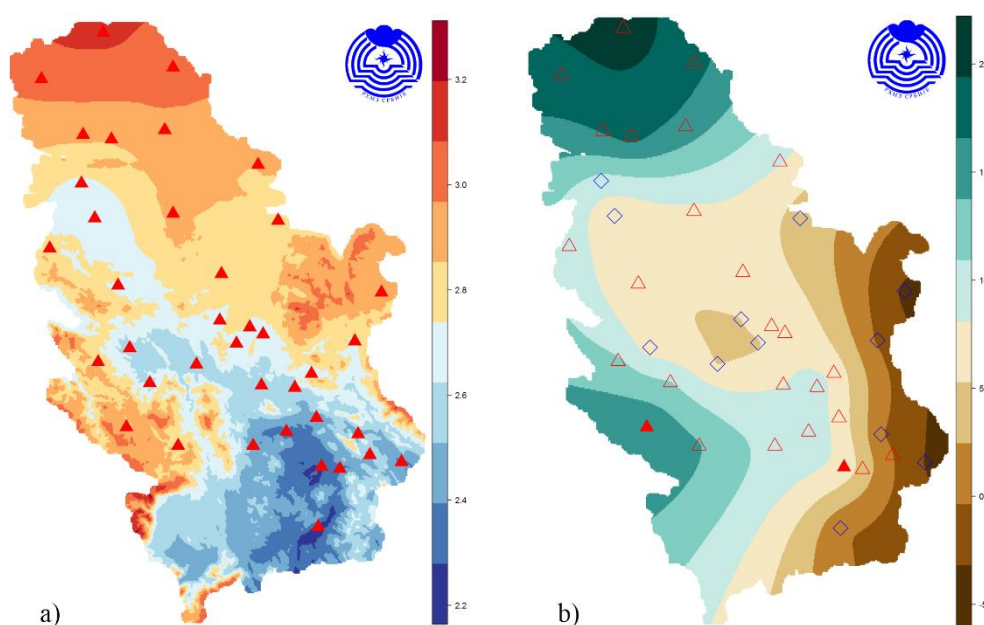
klimatskim promenama" koja podstiče usvajanje sveobuhvatnih strategija prilagođavanja u svim državama članicama EU (EC, 2013). Studija JRC-a ukazuje na visoke ekonomske štete čak i za blaže klimatske scenarije (Ciscar et al., 2014). Potencijalne ukupne godišnje štete u EU se procenjuju na približno 190 milijardi evra, sa regionalnim varijacijama; izraženiji gubici se očekuju u južnoj Evropi (EEA, 2016a).

3. KLIMATSKE PROMENE - SRBIJA

U ovom poglavlju dat je pregled politika, aktivnosti i aktuelnih istraživanja u oblasti klimatskih promena, kao i klimatskih trendova i scenarija za teritoriju Srbije.

3.1 Klimatski trendovi

Klimatske promene se svakako ne mogu posmatrati kao samostalni faktor rizika, već kao pojačavač postojećih rizika. Predviđene promene klime će dodatno povećati već visok rizik od prirodnih nepogoda u Srbiji, naročito od poplava, suša i požara (Sekulić et al., 2012).



Slika 3.1. Klimatski trendovi a) prostorna raspodela trendova temperature (C/100 god) za period 1961-2013; b) prostorna raspodela trendova za veličinu procenta od normale količine padavina (normala 1961-1990) za period 1961-2013.

(Izvor: Republički hidrometeorološki Zavod Srbije - RHMZ)

Analize trendova ukazuju da se čitava teritorija Srbije suočava sa znatnim povećanjem temperature od sredine prethodnog veka (Slika 3.1). Najtoplija godina je bila 2000-ta, sa pozitivnom anomalijom od 1.86°C, dok je najjači toplotni talas zabeležen 2007. godine. Osam od deset najtoplijih godina zabeleženo je posle 2000. godine. Analize meteoroloških i klimatoloških parametara za period od 1960-2012. godine, prikazane u *Nacrtu prvog plana*

prilagođavanja Srbije na klimatske promene (MPZS, 2015), ukazuju na značajan porast srednjih maksimalnih i minimalnih dnevnih temperatura. Najizraženiji trend porasta je uočen za dnevnu maksimalnu temperaturu, 0.35°C , zatim za srednju dnevnu temperaturu, 0.3°C , dok je najmanji za minimalnu temperaturu, 0.25°C po dekadi. Ovi trendovi su naročito izraženi u letnjim sezonama, gde je, na primer, trend porasta maksimalne dnevne temperature 0.57°C po dekadi, dok je prosečni trend 0.3°C po dekadi na godišnjem nivou. Takođe, u ovom periodu je došlo i do značajnog povećanja broja letnjih dana (prosečno 5 dana po dekadi), broja tropskih noći (prosečno 1 dan po dekadi), trajanja toplotnih talasa (prosečno 4 dana po dekadi), mesečne maksimalne vrednosti dnevnih maksimalnih temperatura i mesečne maksimalne vrednosti dnevne minimalne temperature (u proseku 0.5°C po dekadi). Takođe je došlo i do delimičnog produženja perioda vegetacije (u proseku 4.5 dana po dekadi), i povećanja u indeksima jakih i ekstremnih padavina (sa prosekom 0.3 dana po dekadi), i smanjenja broja mraznih i ledenih dana (u proseku 2, odnosno 1 dan po dekadi).

Promena klime utiče na distribuciju i frekvenciju ekstremnih vremenskih događaja. U tom smislu, studije dodatno ukazuju na učestale prirodne katastrofe u Srbiji, na prvom mestu poplave, suše i šumske požare. Rizik od navedenih prirodnih katastrofa će se povećati sa promenom klime. Porast temperature, ekstremni vremenski uslovi, poplave i oluje mogu uticati negativno na kvalitet života u opštinama u Srbiji. Podaci za period 2000-2011 godine ukazuju da je Srbija bila više izložena prirodnim nego tehničko-tehnološkim katastrofama, gde u ukupnom broju katastrofa prirodne katastrofe učestvuju sa 62%, od čega su 55% poplave (Sekulić et al, 2012). Poplave iz 2014 godine potvrđuju ove trendove. Na osnovu zvaničnog izveštaja Vlade Republike Srbije o proceni štete od poplava (Vlada republike Srbije, 2014) da je u poplavama stradalo sa više od 30 žrtava, dok je direktna šteta iznosila 810.1 miliona evra, dok su gubici procenjeni na 661.9 miliona evra. Šteta na stambenim objektima je procenjena na 231 milion evra, dok je sektor infrastrukture, transporta, komunikacija i vodosnabdevanja pretrpeo štetu od 192.1 miliona evra. Više od 50 opština je pogođeno poplavama, dok su mnogi gradovi i naseljena mesta pretrpeli ekstremne štete.

Prvi izveštaj Republike Srbije prema UNFCCC ukazuje na vodoprivredu, šumarstvo, poljoprivredu, biodiverzitet i zaštitu prirode, i zdravstvo kao potencijalno najranjivije sektore na promene klime (MŽSPP, 2010). U proteklih dekadama, globalno zagrevanje je uzrokovalo velike promene u šumskim područjima na teritoriji Srbije. Česti požari tokom poslednjih decenija naneli su štetu od približno 465 miliona evra, dok su štete od suša u periodu od 2000-2009. godine iznosile 36,5 milijardi dinara (Aleksic & Jancic, 2011). Prema podacima Privredne komore Srbije i Instituta za ekonomiju poljoprivrede u Beogradu, šteta od suše u

2012. godini iznosila je preko 2 milijarde evra, a u 2011. godini oko 500 miliona evra (Dzenatovic et al., 2013). U isto vreme, intenzitet i obim pošumljavanja je smanjen sa 20.000 hektara na manje od 3.000 hektara godišnje, zajedno sa opadanjem kvaliteta raspoloživih šuma (povećanje udela izdanačkih šuma od preko 50%), i smanjenim prinosom planski posadenih šuma (Vlada republike Srbije, 2010).

Sektor poljoprivrede je, sa druge strane, u poslednjim dekadama pretrpeo velike gubitke uzrokovane čestim i intenzivnim sušama. Neke analize procenjuju da je donja granica direktne štete 4,6 milijardi dolara, za štete koje su nastale usled niskih prinosa uslovljenih sušom od 1994. godine. Od toga je udeo direktne štete na prinos kukuruza, kao najranjiviju kulturu, 2,2 milijarde dolara (MPZS, 2015). Prema evaluaciji uticaja suša na prinos useva u istočnoj Srbiji za period 1998-2000, prosečan prinos je opao za 40,9% u odnosu na godine bez suša (MŽSPP, 2010).

Na osnovu studije pod naslovom *Study on Economic Benefits*, Republičkog Hidrometeorološkog Zavoda RS, koju je sprovedla Svetska Banka (The World Bank, 2005) udeo sektora zavisnih od vremenskih prilika u ukupnom bruto nacionalnom dohotku, bez teritorije Kosova i Metohije, u 2005. godini je iznosio 47.18%, sa procenjenim godišnjim gubicima samo u sektorima poljoprivrede i vodoprivrede (kao visoko osetljivim) sa nekoliko desetina žrtava i blizu 85 miliona evra. Procene mogućih godišnjih gubitaka za sve sektore osetljive na vremenske prilike uključuju više od 100 žrtava i između 130 i 400 miliona evra materijalne štete godišnje.

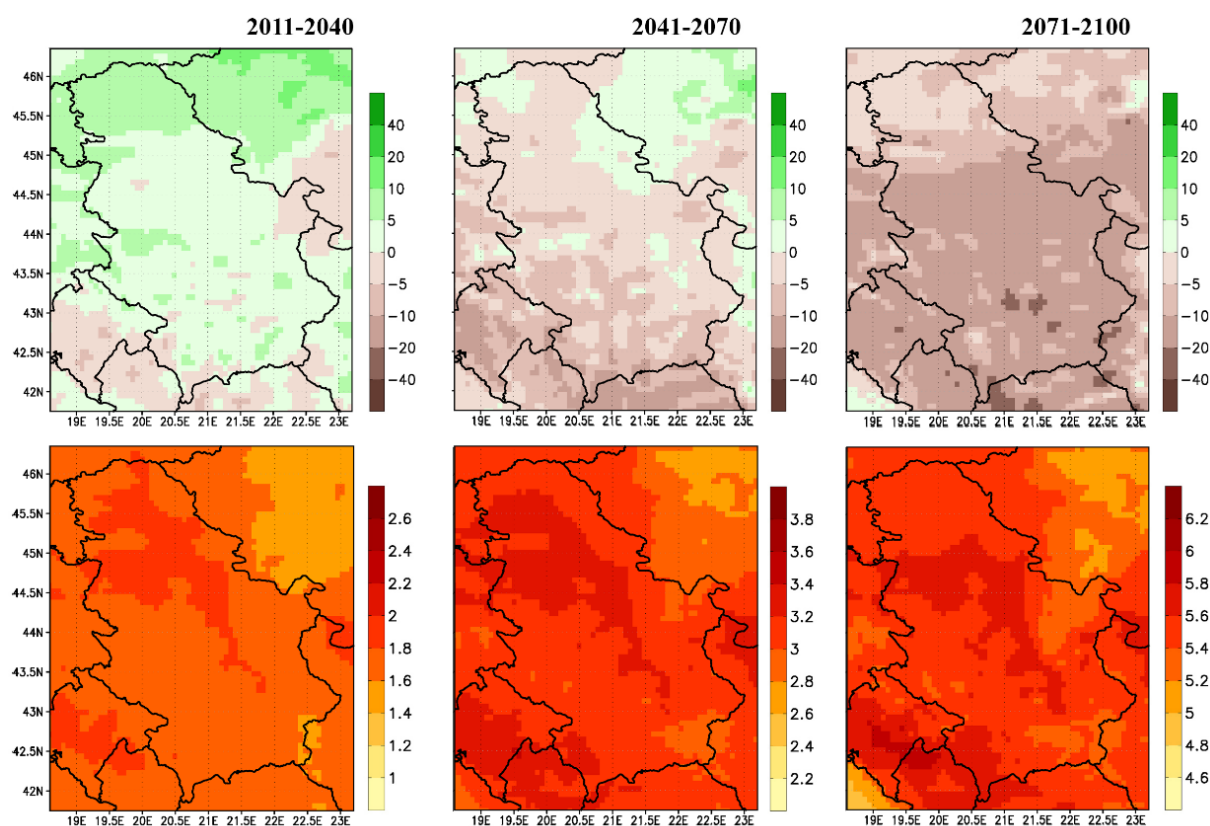
Dodatno, *Strategija za Razvoj poljoprivrede vlade Republike Srbije iz 2014. godine* (MPŽS, 2014) ukazuje da je 88% teritorije Srbije izloženo erozijama od vode, dok je 25% teritorije izloženo erozijama od vetra, što dodatno ukazuje na rizike od poplava i aktiviranje klizišta.

3.2 Scenario klimatskih promena i potencijalni uticaji promene klime

Projekcije klimatskih promena za Srbiju predviđaju nastavak osmotrenih trendova povećanja temperature za A1B i A2² scenario, za sva tri posmatrana perioda (2011-2040, 2041-2070 i 2071-2100) (Slika 3.2). Za posmatrane periode se očekuju sledeće promene temperature: 1) 2011-2040 - povećanje temperature od 0.5-0.9°C za A1B, odnosno 0.3-0.7°C za A2 scenario; 2) 2041-2070 - povećanje temperature od 1.8-2.2°C za A1B, odnosno 1.6-2.0°C za A2 scenario; 3) 2071-2100 - povećanje temperature od za 3.6-4.0°C A1B, odnosno 3.2-3.6°C

² <http://www.ipcc.ch/ipccreports/sres/emission/index.php?idp=89>

za A2 scenario. Najizraženije zagrevanje, koje prevazilazi 4.0°C do kraja veka, očekuje se za letnje i jesenje sezone (MPZZS, 2015).



Slika 3.2. Projektovane promene a) srednjih temperatura vazduha (C) do kraja veka i b) srednje količine padavina (%) do kraja veka u odnosu na referenti period 1971-2000.

(Izvor: Djurdjevic et. al., 2014; Djurdjevic & Krzic, 2014)

Očekivane promene količine padavina za oba scenarija ukazuju na pozitivne promene u periodu 2011-2040., godine. Sa druge strane, do kraja veka se očekuje znatno smanjenje količina padavina. Očekivane promene za sva tri posmatrana perioda (2011-2040, 2041-2070, 2071-2100), prema scenariju A1B se kreću u opsegu od +5% do -20% do kraja veka, a prema A2 scenariju promena u opsegu od +20% do -20%. Kao i u slučaju temperature, najizraženiji deficit padavina se očekuje tokom letnje sezone. Takođe, scenario A2 predviđa suvlju klimu u zadnjem posmatranom periodu, sa smanjenjem padavina čak preko 30% u pojedinim delovima Srbije (MPZZS, 2015).

Klimatske promene će uticati na razvoj svih sektora. Najugroženiji sektori u Srbiji uključuju poljoprivredu, šumarstvo, vodoprivredu, biodiverzitet i zaštitu prirode, i javno zdravlje. Merenja ukazuju na negativan trend u ukupnom protoku vode u rekama u Srbiji od

sredine dvadesetog veka, sa prosečnim dugogodišnjim trendom od -3%. Nastavak ovakvog trenda se očekuje i u narednim decenijama, naročito posle 2050.godine. Ovakve promene će uticati na ukupnu raspoloživost i kvalitet vode, kao i na dinamiku poplava i suša, intenziviranje erozije, bujica i poplava na malim rekama; porast velikih voda na velikim rekama, povećanje temperature vode i povećanje koncentracije zagađujućih materija u uslovima smanjenih količina vode (MPZŽS, 2015). Približno 18% teritorije Srbije je ugroženo od poplava (~500 većih naselja, ~ 500 velikih privrednih objekata, ~1200 km železničke pruge i ~4000 km puteva) (Republička direkcija za vode, 2012). Očekuje se da će klimatske promene doprineti povećanju ugroženosti od poplava kroz pojavu intenzivnijih padavina, kao i kroz češće pojave velikih voda (ICPDR, 2012).

Na osnovu popisa poljoprivrede iz 2012. godine (RZS, 2013) u Srbiji je registrovano 631522 poljoprivrednih gazdinstva u kojima je zapošljeno približno 1,5 miliona ljudi, što znači da egzistencija blizu 25% populacije zavisi od poljoprivrede. Uslovi za poljoprivrednu proizvodnju će se promeniti sa promenom klime. Sa povećanjem temperature moguće je do kraja veka očekivati produženje vegetacionog perioda i raniji početak vegetacije od 20-30 dana do kraja veka, ali takođe i duže periode suša. Ovakve promene će uticati kako na planiranje proizvodnje tako i na izbor odgovarajućih sorti i na fenologiju biljaka, tako i na prinos pojedinih kultura. Određeni scenariji za period 2071-2100. godine ukazuju na očekivano znatno smanjenje prinosa kukuruza za celu teritoriju Republike Srbije, za uslove bez navodnjavanja. Sa druge strane, studije ukazuju da se primenom optimalnog navodnjavanja, posmatrano za sve scenarije, mogu značajno povećati prinosi, naročito na području Centralne Srbije (57–97% u Vojvodini i 77–285% u Centralnoj Srbiji) (Stričević et al., 2014).

Suše, invazije insekata i pojave šumskih požara značajno su uticale na šumske ekosisteme u Srbiji. Dugoročno posmatrano, očekivane promene klime mogu dovesti do značajnih transformacija šumskih ekosistema, pomeranje granica šumskih područja, povećan rizik od nestajanja ugroženih vrsta, kao i na promenjenu distribuciju i sastav šuma u Srbiji. Na primer, do kraja veka, skoro 90% bukavih šuma će se naći izvan svojih prirodnih bioklimatskih staništa, dok će se 50% naći u zonama u kojima se može očekivati visoka stopa odumiranja šuma (MPZŽS, 2015). Takođe, dugoročni efekti uključuju, između ostalog, povećan intenzitet šumskih požara i generalno smanjenje šumskog biodiverziteta (MŽSPP, 2010). Klimatski scenariji predviđaju frekventnije ekstremne događaje, uz očekivanja da će se procesi vezani za sušenje šuma u budućnosti intenzivirati.

U pogledu biodiverziteta i prirodnih ekosistema, klimatske promene mogu dovesti do promena u fenološkim ciklusima, fiziologiji i ponašanju određenih vrsta, izazvati morfološke

promene, gubitak postojećih staništa i pojavljivanje novih vrsta, promene u broju i raspodeli vrste, kao i povećan broj štetočina i bolesti, genetske promene i izumiranje određenih vrsta sa nižim kapacitetom prilagođavanja (MPZŽS, 2015).

Intenzitet emisije gasova staklene bašte u odnosu na nacionalni proizvod u Srbiji je višestruko veći od svetskog proseka. U tom smislu, srazmerno svojoj teritoriji, broju stanovnika i veličini privrede, Srbija značajno doprinosi globalnom otopljanju i klimatskim promenama (Kovačević, 2010). Smanjenje negativnih i iskorišćavanje pozitivnih efekata klimatskih promena za ukupan razvoj podrazumeva urgentno uključivanje aspekta prilagođavanja klimatskim promenama u sve nivoe planiranja, politike razvoja i sektorske strategije i planove.

3.3 Politike i aktivnosti u oblasti klimatskih promena

Republika Srbija kao potpisnica UNFCCC-a i kao ne-Aneks I država, ima obavezu da redovno izveštava o emisijama, merama ublažavanja i prilagođavanja efektima klimatskim promenama kroz izradu nacionalnih izveštaja. Strateški okvir u oblasti klimatskih promena čine *Nacionalna strategija za uključivanje Republike Srbije u Mehanizam čistog razvoja Kjoto protokola za sektore upravljanja otpadom, poljoprivrede i šumarstva* (tzv. Nacionalna CDM strategija) ("Sl. glasnik RS" 8/10) i *Drugi izveštaj Republike Srbije prema Okvirnoj konvenciji Ujedinjenih nacija o promeni klime* (MZŽS, 2017). Drugi izveštaj sadrži inventar gasova sa efektom staklene bašte za period 1990-2014. godine, projekcije do 2050. godine, i dugoročni okvir za smanjenje do 2050. godine, i definiše finansijske, tehnološke i potrebe jačanja kapaciteta, kao i program mera ublažavanja i prilagođavanja efektima klimatskih promena. Srbija je od 2011. godine registrovala sedam projekata u okviru Mehanizma čistog razvoja od kojih su četiri iz oblasti energije vetra. Takođe, 2012. godine formirana je lista akcija ublažavanja klimatskih promena (tzv. *NAMAs-Nationally Appropriate Mitigation Actions*), koja sadrži aktivnosti vezane prevashodno za energetske sektor, zatim sektor građevinarstva i sektor saobraćaja.

Ministarstvo poljoprivrede i zaštite životne sredine je 2015. godine predložilo nacrt *Prvog plana prilagođavanja Srbije na klimatske promene* (eng. *Serbia's First National Adaptation Plan - Draft*) (MPZS, 2015). Plan prilagođavanja sagledava uticaje klimatskih promena na sektore poljoprivrede, vodoprivrede, šumarstva, biodiverziteta i javnog zdravlja, sa predlogom opštih mera prilagođavanja i analizom njihovih prednosti i mogućih ograničenja.

Republika Srbija je takođe potpisnica *Pariskog sporazuma* iz 2015. godine. Kao i druge potpisnice sporazuma, Srbija je u pravnoj obavezi da ispunjavanja dogovorene ciljeve, u skladu sa zajedničkim konsenzusom da je prilagođavanje globalni izazov i ključna komponenta

doprinosu dugoročnom globalnom odgovoru na klimatske promene u svrhu zaštite ljudi i ekosistema. U pogledu prilagođavanja na klimatske promene u skladu sa Članom 7 ovog sporazuma, Srbija je u obavezi da sprovodi aktivnosti na jačanju otpornosti i smanjenju osetljivosti na klimatske promene, sa ciljem da doprinese održivom razvoju i osigura adekvatno prilagođavanje, obezbeđujući pritom društveno odgovorno planiranje zasnovano na participativnom i transparentnom pristupu.

Problemi klimatskih promena u Srbiji se prvenstveno razmatraju u kontekstu politike zaštite životne sredine. Pored *Prostornog plana Republike Srbije od 2010. do 2021.*³, koji definiše dugoročnu viziju prostornog razvoja Republike Srbije, strateški - planski okvir politike zaštite životne sredine u Srbiji danas se zasniva na sledećim dokumentima: (1) *Nacionalna strategija održivog razvoja* (NSSD)⁴, zajedno sa akcionim planom za sprovođenje strategija održivog razvoja za period od 2011. do 2017. godine (što je krovna strategija za politiku zaštite životne sredine u Srbiji), (2) *Program zaštite životne sredine* (2010), zajedno sa Akcionim planom za period od 2015. do 2019. godine i (3) *Nacionalna strategija održivog korišćenja prirodnih resursa* (2012)⁵.

S obzirom na generalno strateško opredeljenje Republike Srbije da su sve politike u skladu sa pristupanjem Evropskoj Uniji (EU) kao osnovnom strateškom pravcu, prioriteti planiranja zaštite životne sredine mogu se jasno podeliti u tri grupe: (1) poboljšanje strateškog okvira i usaglašavanje zakonodavstva sa zakonodavstvom EU; (2) smanjenje rizika i prilagođavanje klimatskim promenama; i (3) smanjenje zagađenja i bolje upravljanje prirodnim resursima (Nacionalni prioriteti za međunarodnu pomoć za period 2014-2017, sa projekcijama do 2020. godine od 2014. godine). Između ostalog, proces usaglašavanja nacionalnog zakonodavstva sa zakonodavstvom sa Evropske unije uključuje i formiranje institucionalnog i zakonodavnog okvira za monitoring, izveštavanje i obradu podataka od značaja za klimatske promene (npr. Sistem trgovine emisijama GHG EU).

Dodatno, usvajanje Zakona o klimatskim promenama se očekuje tokom 2018. godine⁶. U okviru Člana 13, ovaj zakon predviđa izradu Programa prilagođavanja na izmenjene klimatske uslove u cilju identifikacije uticaja klimatskih promena na sektore i sisteme i mogućnosti smanjenja negativnih posledica na iste prilagođavanjem na izmenjene klimatske uslove. Predviđeno je da se Program donosi za period od deset godina. Sadržaj Programa bi trebalo da obuhvati sledeće aspekte: 1) analizu socio-ekonomske situacije koja utiče na

³ Sl. Glasnik RS 88/10

⁴ Sl. Glasnik RS 55/05, 71/05 – ispravka i 101/07

⁵ Sl. Glasnik RS 135/2004, 36/2009, Zakon, 72/2009 – zakon 43/2011 odluka i 14/2016

⁶ <http://www.ekologija.gov.rs/ministarstvo-zapocinje-postupak-javne-rasprave-za-zakon-o-klimatskim-promenama/?lang=lat>

prilagođavanje na izmenjene klimatske uslove; 2) analizu osmotrenih promena klime; 3) prikaz očekivanih promena klime; 4) analizu uticaja promena klime na sektore i sisteme; 5) identifikaciju najugroženijih sektora; 6) predlog mera prilagođavanja na izmenjene klimatske uslove; 7) procene dobiti i troškova različitih kombinacija mera prilagođavanja; 8) listu prioriternih mera; 9) identifikaciju potreba za realizaciju prioriternih mera prilagođavanja; 10) institucije odgovorne za sprovođenje specifičnih mera prilagođavanja.

Implementiranje Programa se predviđa donošenjem sektorskih strategija, planova, programa i drugih dokumenata, koji bi između ostalog trebalo da sadrže opis specifičnih mera sa liste prioriternih mera, područja na kojima je specifična mera planirana, sa objašnjenjima, vremenski okvir za sprovođenje mera, analizu troškova i koristi od sprovođenja mera, način finansiranja mera, način i metodologiju monitoringa i evaluacije sprovođenja mera. Nadležne institucije za sprovođenje Programa će biti u obavezi da svake četvrte godine dostavljaju izveštaj o sprovedenim merama prilagođavanja uz evidenciju elementarnih nepogoda i eventualnim posledicama.

Izrada Nacionalne strategije za odgovor na klimatske promene sa akcionim planom je u toku i zasnovana je na EU paketu za klimu i energiju. Strategija bi trebalo da obezbedi jasan okvir za aktivnosti za period do 2020. i 2030. godine, kao i opšti okvir za 2050. godinu, naročito za mogućnosti i vremenske okvire smanjenja GHG. *Prvi dvogodišnji ažurirani izveštaj Srbije prema UNFCCC* (MAEP 2016) ukazuje na to da nivo integracije politika u sektorske i razvojne strategije, institucionalni i individualni kapaciteti, svest, i finansijska sredstva još uvek nisu dovoljni za adekvatne odgovore na očekivane efekte promene klime.

3.4 Pregled aktuelnih istraživanja u Srbiji u oblasti klimatskih promena

Poslednjih godina problematika klimatskih promena dobija na značaju kao predmet istraživanja u različitim naučnim disciplinama i privrednim sektorima u Srbiji. Dosadašnja istraživanja u poljoprivredi su najviše okrenuta ispitivanju uticaja klimatskih promena na prinos određenih useva. Neka od njih uključuju ispitivanje uticaja klimatskih promena na uzgoj grožđa (Ruml et al., 2012; Vuković et al., 2016), procene potreba za navodnjavanjem u vezi sa prinosom soje u Srbiji (Janic et al., 2015), i gajanje voća (Leposavic & Cerovic, 2009). Takođe, pojedina istraživanja sagledavaju moguće poljoprivredne mere u cilju prilagođavanja biljaka na klimatske promene u Srbiji (Popović et al., 2014). Svakao, najveći fokus je na uticaju očekivanih efektata buduće klime na prinos žitarica (Lalic et al., 2011) naročito kukuruza, sa agronomskim i ekonomskim procenama prinosa i potencijalnim merama ublažavanja efekata klimatskih promena (Đuričin et al., 2016; Kovačević et al., 2013; Kresovic et al., 2014).

U oblasti šumarstva, istraživanja uključuju primarno ispitivanje mogućnosti prilagođavanja pojedinih vrsta (Ćirković-Mitrović et al., 2013; Stojanović et al., 2015) i šumskih ekosistema na negativne posledice promene klime (Brašanac-Bosanac et al., 2011), kao i uticaj suša na određene vrste drveća (Horák et al., 2014). Dodatno, neke studije sagledavaju društvene i političke aspekte prilagođavanja u slučaju urbanih šuma (Živojinović & Wolfslehner, 2015), i analiziraju strateške i zakonodavne okvire u šumarstvu u kontekstu prilagođavanja na klimatske promene (Ranković et al., 2016).

Istraživanja u oblasti urbanizma i arhitekture uključuju razumevanje efekata klimatskih promena na prostorno i urbanističko planiranje, urbanističko i arhitektonsko projektovanje, kao i kreiranje kurikuluma iz ove oblasti (Lazovic, Djokic, & Bobic, 2014), i utvrđivanje principa klimatski-osetljivog urbanističkog planiranja i projektovanja (Djukic, Vukmirovic, & Stankovic, 2016), sagledavanje efekata globalnog zagrevanja u slučaju razvoja urbo-morfoloških i funkcionalnih struktura u rastućim gradovima Srbije (Radulovic, 2015), zatim uticaj toplotnih talasa na termalni komfor i povećanu smrtnost u urbanim centrima (Milošević et al., 2016; Stanojević et al., 2014), aspekte energetske efikasnosti na nivou objekta (Csoknyai et al., 2016; Ivanović-Sekularac et al., 2016), kao i mogućnosti unapređenje planiranja urbanih šuma u kontekstu ublažavanja efekata klimatskih promena (Vranić et al., 2016).

U oblasti energetike ključna su istraživanja koja su posvećena ublažavanju klimatskih promena kroz alternative za tranziciju ka čistim i obnovljivim izvorima energije (Božić, Cvetkovic & Zivkovic, 2015). Između ostalih, neka od istraživanja uključuju uticaj klimatskih promena na razvoj solarne energije u Srbiji (Pantic et al., 2016; Radivojevic et al., 2015), zatim doprinos upotrebe ogrevnog drveta kao mere ublažavanja (Glavonjić, 2011), i inventar GHG sa merama ublažavanja u sistemu gradskih toplana (Cvetinovic et al., 2013).

U pogledu planiranja fokus je na regulatornim i strateškim aspektima kao što su usaglašavanje nacionalnog zakonodavstva sa zakonodavstvom EU u oblasti klimatskih promena (Todić & Dimitrijević, 2014), integracija politika prilagođavanja na klimatske promene u procese prostornog planiranja i strategije prilagođavanja na klimatske promene u kontekstu urbanog razvoja (Bajec, 2011; Maruna, 2012), analiza stepena integrisanosti aspekata klimatskih promena u metodološkim i proceduralnim okvirima strateške procene uticaja na životnu sredinu (Crnčević & Marić, 2011), sagledavanje pravnih i ekonomskih aspekata klimatskih promena i ekonomskih šteta od elementarnih nepogoda u Srbiji (Petrović & Grujović, 2015; Lilić, 2011).

Dodatno, istraživanja uključuju analizu uloge informaciono-komunikacionih tehnologija u prilagođavanju na klimatske promene (Stupar & Mihajlov, 2016), razvoj

automatskih monitoring sistema za merenje klimatskih parametara u urbanim centrima (Šećerov et al., 2015), povećanje energetske efikasnosti u urbanističkom planiranju primenom informacionih tehnologija (Marić, Pucar, & Kovačević, 2016), uticaj klimatskog komfora na mogućnost razvoja turizma u Srbiji u budućnosti (Anđelković et al., 2016), kao i uticaj klimatskih promena na razvoj planinskog turizma (Djordjevic et al., 2016).

U pomenutim istraživanjima je očigledna raznovrsnost pristupa problematici, što ukazuje na kompleksnost klimatskih promena i mogućih uticaja na određene sektore. U zavisnosti od posmatranog sektora i sistema prostorni obuhvat istraživanja je različit, uključuje nacionalni nivo, regionalni i lokalni nivo. Veći broj istraživanja je fokusiran na procenu mogućih efekata klimatskih promena na određene sisteme (npr. ekosistem, energetski sistem, rečni sliv itd.) unutar datog sektora i na normativne preporuke za potencijalno prilagođavanje ili ublažavanje predviđanih efekata. U tom smislu, primetna je dominacija analitičkog pristupa problematici klimatskih promena. Sa druge strane, problemima odlučivanja u procesu planiranja prilagođavanja u kontekstu Srbije još uvek nije posvećena dovoljna pažnja. Odlučivanje predstavlja bitan aspekt u procesu upravljanja projektima prilagođavanja na klimatske promene, nezavisno od sektora koji se posmatra. U tom smislu, istraživanje ovog segmenta može doprineti boljem razumevanju neizvesnosti i rizika kao sastavnih elementa procesa planiranja prilagođavanja.

4. PRILAGOĐAVANJE NA KLIMATSKE PROMENE

U ovom poglavlju razmatraju se konceptualni pristupi za planiranje prilagođavanja na klimatske promene i klasifikacija mera prilagođavanja. Dodatno, prikazani su rezultati analize alata za podršku odlučivanju kao i mogućnosti i prepreke za integraciju mera prilagođavanja u lokalne strategije u Srbiji.

4.1 Prilagođavanje – konceptualno određenje

U naučnim i političkim krugovima koncept prilagođavanja počinje da dobija na značaju devedesetih godina, zbog prepoznavanja činjenice da će klimatske promene imati za posledicu neizbežne negativne uticaje (McCarthy et al., 2001; Schipper, 2006), što je dovelo do povećanja interesa za istraživanje pitanja povredivosti kao i razvoja metodologija i analitičkih okvira za podršku formulaciji politike prilagođavanja klimatskim promenama.

Početak razmatranja prilagođavanja, kao pojma i konceptualnog okvira za proučavanje izazova vezanih za klimatske promene, se vezuje za formiranje UNFCCC-a devedesetih godina (Burton et al., 2002; Schipper & Burton, 2009; Smit & Wandel, 2006). Razvojem istraživanja u ovoj oblasti, pojavljuju se različite definicije prilagođavanja u zavisnosti od pristupa i perspektive naučne discipline u okviru koje se ono posmatra (Schipper & Burton, 2009; Smit & Wandel, 2006). Jedna od najčešće korišćenih definicija je definicija IPCC-a, koja opisuje prilagođavanje kao: "... proces prilagođavanja trenutnim ili očekivanim klimatskim promenama i njenim uticajima. U ljudskim sistemima, prilagođavanje teži da ublaži potencijalnu štetu i iskoristi mogućnosti. U prirodnim sistemima, ljudska intervencija može olakšati prilagođavanje očekivanim klimatskim uslovima i njihovim efektima "(IPCC, 2014a).

Ljudske zajednice su se kroz istoriju suočavale sa promenama klime. U tom smislu, prilagođavanje se ne smatra novim fenomenom, jer je kao aktivnost bila uobičajena za mnoge zajednice (Burton, 2009; Füssel, 2007; Tompkins et al., 2010). Uzimajući u obzir klimatske modele, koji ukazuju na moguće eksponencijalne promene u klimatskom sistemu i visok stepen neizvesnosti povezan sa njima, prepoznaju se novi, kompleksni izazovi prilagođavanja koji uključuju i pitanja kako se možemo suočiti sa takvim promenama, i da li i kako se možemo njima prilagoditi (Füssel, 2007; Preston & Stafford-Smith, 2009). Sa druge strane, pored uticaja klimatskih promena koji mogu dovesti do povećanog rizika od određenih katastrofa, ubrzanim razvojem savremenog društva i intenzivne urbanizacije, ljudi svojim aktivnostima često povećavaju stepen osetljivosti na moguće uticaje (npr. izgradnja naselja na klizištima, ili u

zonama visokog rizika od poplava). U tom smislu, prilagođavanje na klimatske promene u savremenom društvu dobija novi značaj.

Tabela 4.1. Primeri atributa različitih tipova prilagođavanja

Atributi	Primeri
Tip sistema	Društveni; biofizički; povezani društveno-biofizički
Svrha/namena	Planirani - autonomni
Pristup	Anticipativni - reaktivni
Vremenski okvir	Kratkoročna – dugoročna prilagođavanja
Prostorni okvir	Lokalna prilagođavanja- prilagođavanja širokog zahvata
Forma	Tehnološka - regulatorna - institucionalna - strukturalna - promene obrazaca ponašanja

(Izvor: Soares, 2013)

Uzevši u obzir dinamiku i vremensku perspektivu promene klime, prilagođavanje se posmatra kao konstantan dugoročni proces koji uključuje različite faktore razvoja, a ne samo aspekte koji se bave strogo klimatskim promenama (Adger et al., 2007; Tompkins et al., 2010). Zbog toga se kontinuitet procesa može često narušiti drugim društvenim pitanjima koja u datom trenutku prevazilaze urgentnost prilagođavanja (npr. ekonomske promene, migracije i sl.) (O'Brien et al., 2007). U tom smislu, problemi prilagođavanja prevazilaze domen čisto inženjerskog pristupa i infrastrukturnih mera. Prilagođavanje na klimatske primene ulazi u domen politike, planiranja, budžetiranja, izgradnje kapaciteta, upravljanja i individualnog ponašanja građana. Takođe uključuje zaštitu ili upravljanje prirodnim sistemima kako bi se stvorila prirodna zaštita od uticaja klimatskih promena i poboljšala društveno-ekonomska otpornost. Prilagođavanje se odnosi i na oblast javnog zdravlja, na upravljanje međunarodnim vodnim resursima, na osiguranje i socijalna pitanja kao što su vlasništvo nad zemljištem i rodna ravnopravnost (GEF, 2016). Shodno tome, prilagođavanje uključuje spektar akcija i mera koje su usmerene ka ublažavanju potencijalnih gubitaka ili iskorišćavanju potencijalnih mogućnosti koje klimatske promene mogu da donesu. U skladu sa tim postoje i različiti atributi prilagođavanja u zavisnosti od posmatranog sistema, cilja prilagođavanja, aktera uključenih u odlučivanje i drugih aspekata (Tabela 4.1), čije kombinacije definišu i različite konceptualne okvire za analizu uticaja i planiranje prilagođavanja. Tako se recimo dva konceptualna okvira za planiranje prilagođavanja mogu znatno razlikovati ako imaju sve atribute iste, ali se jedan oslanja na anticipativni a drugi na reaktivni pristup, što posledično utiče na mobilizaciju potrebnih resursa za planiranje i implementaciju mera.

Prilagođavanje se u suštinskom smislu povezuje sa preventivnim delovanjem, pa je u tom pogledu prilagođavanje često povezano i sa smanjenjem rizika od katastrofa. Konceptualna povezanost između ova dva fenomena je prepoznata i na međunarodnom nivou kroz niz zvaničnih dokumenata kao što su *Sendai okvir za smanjenje rizika od katastrofa* (SFDRR) odeljenja Ujedinjenih nacija za Smanjenje rizika od katastrofa (UNISDR) (UN, 2015), *Pariski Sporazum o klimatskim promenama* (UNFCCC, 2015a), *Akcioni plan EU za Sendai okvir za period 2015-2030* (EC, 2016), *Evropski Forum za smanjenje rizika od katastrofa* (EFDRR) za implementaciju Sendai okvira i strategiju EU o prilagođavanju KP (EC, 2013).

4.2 Klasifikacija pristupa prilagođavanju

Kao što je prikazano u Tabeli 4.2, u odnosu na pristup možemo prepoznati anticipativno i reaktivno prilagođavanje. U tom smislu prilagođavanje se može konceptualno formulisati i kroz tri osnovna pristupa kao: 1) prevazilaženje (reaktivno) - suočavanje sa posledicama katastrofa i promena; 2) postepeno prilagođavanje - poboljšanje postojećih konvencionalnih mera kao što je na primer povećanje nasipa i 3) transformativno prilagođavanje (anticipativno) – suočavanje sa klimatskim promenama iznalaženjem novih inovativnih rešenja.

Mere transformativnog prilagođavanja uključuju akcije koje mogu promeniti osnovne karakteristike sistema/receptora/procesa u odgovoru na efekte promene klime (IPCC, 2014a). Transformativne mere prilagođavanja imaju karakter sistemskih mera jer sagledavaju osnovne uzroke povredivosti. Na taj način ovaj tip mera kroz dugoročni pristup vodi delimičnoj ili potpunoj transformaciji posmatranog subjekta, područja ili sistema i njegovoj održivosti u odnosu na klimatske promene (EEA, 2016b). One uključuju nestandardne i inovativne metode. Transformativno prilagođavanje se fokusira na dugoročno planiranje i koristi sistemski pristup planiranju i implementaciji. To može biti rezultat pojedinačnih inicijativa ili serije brzih postepenih promena u određenom pravcu. Ovaj pristup može biti pozitivan, u pogledu dobiti ili negativan, u pogledu gubitaka ili dostizanja granica prilagođavanja.

Sa druge strane, mere postepenog prilagođavanja se pretežno fokusiraju na održavanje postojećeg stanja i integriteta sistema/receptora/procesa. Postepeno prilagođavanje predstavlja manje radikalan pristup u odnosu na transformativno prilagođavanje. Ovaj pristup često uključuje skupove mera koje su u određenom smislu već poznate u datom kontekstu, regionu ili sistemu; mere koje su već primenjivane. Često mere postepenog prilagođavanja uzimaju u obzir promenu kvantitativnih ili kvalitativnih karakteristika postojećih mera, odnosno,

produženje akcija koje su preduzimane za smanjenje štete ili povećavanja koristi od klimatske varijabilnosti i ekstremnih događaja. Primer takvih mera bi mogle biti sledeće: povećanje postojeće odbrane od poplava - povećanje visina nasipa; unapređenje sistema ranog upozoravanja; upravljanje šumama; povećavanje kapaciteta snabdevanja vodom kroz povećanja veličine ili broja rezervoara ili smanjenje potražnje i sl. (EEA, 2013; Lonsdale, Pringle, & Turner, 2015).

Suočavanje predstavlja minimalno efektivno prilagođavanje, odnosno reaktivno suočavanje sa posledicama uticaja klimatskih promena. Ono se suštinski odnosi na trenutno stanje sistema i uključuje trenutne nivoe rizika, sa pokušajima vraćanja sistema u funkcionalno stanje – smanjenja negativnog uticaja katastrofe.

Bez obzira na suštinske razlike između ovih pristupa, u zavisnosti od specifičnosti posmatranog konteksta i lokalnih okolnosti, sva tri pristupa imaju svoje opravdanje. U Tabeli 4.2 su prikazane komparativne karakteristike pristupa u odnosu na sedam ključnih razvojnih aspekata.

Iz Tabele 4.2 se može videti da se izloženi pristupi konceptualno razlikuju. Svaki od njih ima svoje prednosti i ograničenja, i podrazumeva korišćenje različitih alata. Na primer, u pogledu integrisanja i prostorne pokrivenosti, pristup zasnovan na suočavanju se fokusira na lokalni kontekst, uglavnom unutar sektora sa potencijalno većim rizikom od neuspešnog prilagođavanja. Sa druge strane, transformativni pristup prepoznaje sistemsku perspektivu, multisektorski okvir, dodatne usluge i mogućnost indukovanja promene u drugim sistemima, sa niskim rizikom neuspešnog prilagođavanja. U tom smislu, u pogledu planskog instrumenta, postepeno prilagođavanje najčešće koristi zoniranje, dok se transformativno prilagođavanje oslanja na planove i programe lokalnog održivog razvoja. Shodno svojim konceptualnim karakteristikama, svaki od pristupa podrazumeva određene rizike u kontekstu potencijalnih troškova planiranja, rizika od gubitaka, efikasnosti, fleksibilnosti i sl. U Tabeli 4.3 dat je pregled nekih od mogućih rizika.

Tabela 4.3 ukazuje na određene prednosti i ograničenja svakog od pristupa. Na primer, iako se transformativni pristup smatra najcelishodnijim, on podrazumeva potencijalno veće početne troškove u planiranju i velike početne napore za uključivanje zainteresovanih strana, što u određenim situacijama može usporiti iniciranje prilagođavanja. Sa druge strane, postepeno prilagođavanje uključuje niske očekivane troškove, relativno lako planiranje i srednji rizik od ljudskih i ekonomskih gubitaka. Odabir pristupa zavisi od konteksta planiranja, očekivanih uticaja klimatskih promena, urgentnosti i skupa ograničavajućih faktora koji mogu uticati na odlučivanje.

Tabela 4.2. Karakteristike osnovnih pristupa prilagođavanja

	Suočavanje	Postepeno prilagođavanje	Transformativno prilagođavanje
<i>Cilj</i>	Vraćanje sistema nakon katastrofa u postojeće stanje, i smanjivanje negativnog uticaja katastrofe.	Pored ciljeva "suočavanja", ima za cilj i održavanje postojećeg stanja u izmenjenim spoljnim uslovima, i sprečavanje negativnih uticaja katastrofa.	Uključuje ciljeve "suočavanja" i "Postepenog prilagođavanja", ali ima za cilj i poboljšanje kvaliteta života pod izmenjenim spoljnim uslovima.
<i>Upravljanje</i>	Reaktivno upravljanje u skladu sa promenama, sa fokusom na trenutne uslove.	Reaktivno upravljanje promenama fokusirano na iznalaženje načina za održavanje trenutnog sistema u funkciji.	Proaktivno, planirano upravljanje promenama. Upravljanje promenama uključuje ispitivanje efikasnosti postojećih sistema i procesa.
<i>Vremenski okvir</i>	Suočavanje sa trenutnim katastrofama, uključuje trenutne nivoe rizika.	Progresivni pristup sa kratkoročnim i srednjim vremenskim okvirom, sa fokusom na trenutne i kratkoročne rizike; dugoročne neizvesnosti nisu uzete u obzir. (Ovaj pristup može da bude delotvoran za promene do 2°C)	Dugoročna vizija u budućnosti; Fokus na budućnost i dugoročne promene; potencijalne neizvesnosti su prihvaćene i integrisane u proces odlučivanja. Ovaj pravac odražava pripremljenost za viši nivo promene prosečnih temperatura (4-6°C)
<i>Planiranje</i>	Akcije se pokreću nastankom katastrofalnog događaja, i zahtevaju neposredno suočavanje sa posledicama. Aktivnosti su uglavnom bez kontinuiteta i finansiraju se iz budžeta za vanredne situacije. Uključivanje aktera zavisi od trenutne akcije i potrebe za relevantnim ekspertima. Preovladavajući instrument: plan upravljanja rizicima od katastrofa.	Planiranje je zasnovano na mogućnostima i potrebama. Održava se u kontinuitetu i bazirano je na konstantnom, ali ograničenom budžetu. Uključivanje eksperata je u skladu sa karakteristikama projekta. Prevladavajući instrument: zoniranje.	Implementacija bazirana na programu, i strateškom planiranju u skladu sa sistemskim sagledavanjem dugoročnih perspektiva. Održava se u dugoročnim planskim ciklusima. Finansiranje povezano sa dugoročnim razvojem i politikama. Uključivanje širokog spektra zainteresovanih strana u proces planiranja. Prevladavajući instrument: program lokalnog održivog razvoja.

<i>Razmera / integrisanje</i>	Sektorska i lokalna orijentacija sa ograničenim ili minimalnim osvrtom na veće područje (sliv, region, zemlja). Posotoji veliki rizik od neuspešnog prilagođavanja	Manje, direktne promene unutar sistema, uglavnom sektorske sa fokusom na lokalni kontekst i skromnim uključivanjem većih područja (sliv, region, zemlja). Rizik od neuspešnog prilagođavanja je srednjeg nivoa.	Sistemska ili multisistemska perspektiva. Integrisanje mera ublažavanja i prilagođavanja na klimatske promene., integrisano u sektore zaštite životne sredine (prilagođavanje, održivi razvoj) i uključivanje u različite nivoe planiranja. Rizik od neuspešnog prilagođavanja je relativno nizak.
<i>Suočavanje sa "lock-in" mehanizmom i neizvesnošću</i>	Moguće blokiranje unutar neodrživih modela razvoja u budućnosti. Ovakava pristup ignoriše neizvesnost.	Moguće blokiranje unutar neodrživih pravaca razvoja vezanih za dugoročne promene. Delimično sagledavanje neizvesnosti.	Izbegavanje blokiranja unutar neodrživih pravaca razvoja. Zadržavanje fleksibilnosti i suočavanje sa neizvesnostima.
<i>Suočavanje sa promenama</i>	Promena se prepoznaje kao rizik. Primenuju se već poznate pouzdane tehnologije i pristupi, bazirani na prethodnim iskustvima.	Promena se prepoznaje kao rizik. Primenuju se već poznate pouzdane tehnologije i metodi i povećava se njihova efikasnost.	Fundamentalne promene koje prevazilaze povećanje efikasnosti. Istraživanje alternativa, inovativna rešenja koja zamenjuju ili dopunjuju postojeća rešenja.

(Izvor: EEA, 2016)

Tabela 4.3. Prednosti i ograničenja osnovnih pristupa prilagođavanja

	Suočavanje	Postepeno prilagođavanje	Transformativno prilagođavanje
<i>Poznate /nepoznate oblasti</i>	+ Primena poznatih tehnologija i mera. Niski očekivani troškovi.	+ Primena poznatih tehnologija i mera. Niski očekivani troškovi.	- Istraživanje novih tehnologija i načina prilagođavanja. Potencijalno veći troškovi razvoja tehnologija i mera.
<i>Zasnovanost</i>	- Zasnovano na postojećim procenama rizika i iskustvima. U mnogo slučajeva nedovoljan za suočavanje sa budućim rizicima. Rizik od mogućeg ponavljanja katastrofe.	+/- Zasnovano na postojećim procenama rizika i iskustvima. Postoji mogućnost da unapređena efikasnost sistema/tehnologije nije zadovoljavajuća za suočavanje sa budućim rizicima.	+ Zasnovano na višestrukom rešavanju problema. Zadovoljavajući nivo za suočavanje sa dugoročnim izazovima.
<i>Fleksibilnost</i>	- Umerena fleksibilnost Moguće blokiranje unutar neodrživih modela.	+/- Niska-srednja fleksibilnost. Moguće blokiranje unutar neodrživih modela.	+ Visoka fleksibilnost. Smanjeni rizici od mogućeg blokiranja unutar neodrživih modela.

<i>Efektivnost i efikasnost</i>	+	+	-
Potencijalno visoka efikasnost u područjima sa niskim stepenom povredivosti, ili pokrivanja prihvatljivih rizika nakon prilagođavanja. Brza i laka implementacija ako su dostupni resursi.		Potencijalno efikasna za određeni kontekst. Implementacija bazirana na mogućnostima. Relativno laka za planiranje i implementaciju jer uključuje manji broj aktera. Potreban je obezbeđen budžet.	Potencijalno visok stepen efikasnosti zbog višestrukih dobrobiti. Implementacija bazirana na planu. Veliki početni naponi za uključivanje zainteresovanih strana. Relativno visoki troškovi planiranja i razvoja.
<i>Rizik od gubitaka</i>	-	+/-	+
Visok rizik od ljudskih i ekonomskih gubitaka		Srednji rizik od ljudskih i ekonomskih gubitaka (sve dok rešenje funkcioniše na zadovoljavajućem nivou)	Nizak rizik od ljudskih i ekonomskih gubitaka.
<i>Troškovi</i>	-	-	+
Visoki troškovi zamene i oporavka od oštećenja.		Blokiranje unutar posotjećih modela i srednji troškovi instalacije i održavanja kao i zamene prilikom otkazivanja sistema (npr. infrastruktura) ako više ne zadovoljava potrebe.	Srednji ili visoki troškovi instaliranja ali mali troškovi održavanja zato što je mera integrisana ili je deo održivog razvoja.

(Izvor: EEA, 2016)

4.3 Klasifikacija mera prilagođavanja

Prilagođavanje zahteva razumevanje povredivosti i uključuje definisanje mera koje imaju za cilj da unaprede trenutno stanje posmatranog subjekta/sistema za očekivani rizik, ili promenu u posmatranom trenutku. Proces prilagođavanja podrazumeva prevazilaženje određenih barijera. Barijere za prilagođavanje mogu biti različite, i uključuju faktore koji otežavaju planiranje i implementaciju mera, ili ograničavaju moguće opcije. Skup faktora može ukazivati na dva potencijalna stanja u kontekstu prilagođavanja: 1) takozvani “deficit prilagođavanja” (*eng. adaptation deficit*), i 2) limit prilagođavanja (*eng. adaptation limit*). Na osnovu (IPCC, 2014a), deficit i limit prilagođavanja se mogu definisati na sledeći način: 1) “Deficit prilagođavanja je jaz između trenutnog stanja sistema i stanja sistema koje umanjuje negativne efekte klimatskih promena”. Deficit prilagođavanja predstavlja stanje koje ukazuje da se primenom mera prilagođavanja može unaprediti trenutno stanje posmatranog subjekta/sistema; 2) “Limit prilagođavanja je tačka u kojoj ciljevi aktera, ili potrebe sistema, ne mogu biti zaštićeni od neizbežnih uticaja klimatskih promena kroz mere prilagođavanja.” U tom smislu prepoznaju se dva tipa limita prilagođavanja: a) takozvani “tvrđi” limit - za

potencijalni rizik ne postoje mere prilagođavanja, i b) takozvani “meki” limit - mere prilagođavanja koje bi mogle da uklone potencijalni rizik nisu trenutno dostupne.

Skup potencijalnih barijera i njihovo stanje, definiše formu prilagođavanja kao jedan od atributa prilagođavanja. U dosadašnjoj teoriji i praksi razvijen je veliki broj kataloga mera koji kategorišu mere prilagođavanja u zavisnosti od posmatranog konteksta i forme prilagođavanja. U tom smislu, u izveštaju o prilagođavanju na klimatske promene GEF (2016), grupiše mere prilagođavanja na sledeći način:

- *Informacije* - sistemi za širenje informacija o klimi koji mogu pomoći povećanju kapaciteta prilagođavanja (npr. GIS mapiranje rizika od požara u šumskim područjima; razvoj indeksa požara; implementacija strategije za širenje informacija ključnim donosiocima odluka);
- *Fizička infrastruktura* - nova ili poboljšana fizička infrastruktura sa ciljem obezbeđivanja direktne ili indirektne zaštite od klimatskih hazarda (npr. izgradnja zaštitnih zidova od talasa u lukama, povećanje kapaciteta drenažnog sistema za prihvatanje ekstremnih količina vode, izgradnja dokova i zidova u moru za ublažavanje poplava; vodootporna elektro infrastruktura);
- *Sistemi upozoravanja i posmatranja* - uspostavljanje sistema za posmatranje promena u klimatskom sistemu i upozoravanja na klimatske rizike (npr. razvoj sistema ranog upozoravanja na nivou zajednice, i nisko-budžetnih mehanizama za širenje informacija koji su povezani sa nacionalnim mrežama za praćenje klimatskih promena);
- *Zelena infrastruktura* - novi ili poboljšan sistem zelene infrastrukture koji pruža direktnu ili indirektnu zaštitu od negativnih efekata klimatskih promena (npr. unapređenje planinskih ekosistema bitnih za regulaciju hidroloških ciklusa, povećanje povezanosti ekosistema pošumljavanjem);
- *Finansiranje* - nove finansijske strategije, ili strategije osiguranja koje pripremaju zajednice za buduće klimatske uticaje (npr. uspostavljanje modela institucionalnog finansiranja prilagođavanja; uspostavljanje nadmetanja za finansije između gradova koji rade na postizanju elastičnosti na klimatske promene);
- *Tehnologija* - razvijanje klimatski-adaptivnih tehnologija (npr. obezbeđivanje biorazgrađivača za konverziju otpada od organskog materijala u biogas, ili đubrivo,

-
- čime se može poboljšati plodnost zemljišta i ublažiti uticaj klime na plodnost zemljišta; ulaganje u mala postrojenja i diverzifikaciju proizvodnje);
- *Izgradnja kapaciteta* - razvijanje ljudskih kapaciteta, institucija i zajednica - njihovo osposobljavanje da se suoče sa efektima klimatskih promena (npr. trening planera i administracije u planiranju priobalnih područja i razvoj strategije spasavanja);
 - *Upravljanje i planiranje* - integracija znanja o klimi, povredivosti i rizicima u procese planiranja i upravljanja (npr. razvijanje kriterijuma za podršku finansiranja infrastrukture priobalnih područja);
 - *Promene u ponašanju* - revizija i proširenje rešenja koja su direktno povezana sa povećanjem otpornosti zajednice na klimatske promene (npr. uključivanje novih poljoprivrednih kultura koje su otporne na česte promene vremenskih prilika);
 - *Politike* - razvijanje politika koje dozvoljavaju fleksibilnost za prilagođavanje na klimatske promene (npr. institucionalizacija klimatski-osetljivog upravljanja rizicima kroz pravne i političke okvire).

Iako je u dosadašnjoj praksi razvijen veliki broj mera prilagođavanja koje se mogu koristiti kao modeli u različitim kontekstima, usled lokalnih specifičnosti, koje uključuju različite društveno-ekonomske i biofizičke karakteristike posmatranog područja (npr. stepen razvijenosti zajednice, reljef, izloženost određenim prirodnim katastrofama, gustina naseljenosti, pristup resursima, sistem upravljanja i sl.), direktno, odnosno generičko primenjivanje postojećih mera, može imati za posledicu neefikasno prilagođavanje. Da bi se određeni model mere npr. smanjenje efekta toplotnog ostrva instalacijom zelenih krovova, implementirao u posmatranom kontekstu, dati model se mora kontekstualno prilagoditi. Proces kontekstualizacije se bazira na razumevanju skupa lokalno specifičnih faktora koji utiču na povredivost posmatranog sistema. Na primer, efikasnost instaliranja zelenih krovova zavisiće od niza međusobno povezanih faktora, koji pored klimatskih uključuju i faktore kao što su gustina izgrađenosti urbanog jezgra, konstruktivne karakteristike nasleđenih objekata, prostorna distribucija objekata koji mogu prihvatiti instalaciju zelenih krovova i sl. Posledično, ova mera može u jednom urbanom području pozitivno uticati na prilagođavanje, dok u drugom može biti neutralna. U tom smislu, kontekstualizacija mera predstavlja jedan od bitnih elemenata u procesu prilagođavanja. Svi elementi u planiranju prilagođavanja, kao što su procena uticaja klimatskih promena na određeni sistem, procena povredivosti receptora/sistema, monitoring i evaluacija, upravljanje znanjem, predstavljaju skup aktivnosti

koje se zajednički, ili pojedinačno, mogu smatrati elementima podrške odlučivanju pri izboru/kontekstualizaciji mera.

4.4 Analiza alata za podršku odlučivanju pri izboru mera prilagođavanja

Razumevanje elementa prilagođavanja zahteva specifična ekspertiska znanja i alate koji ne moraju biti sastavni deo postojeće prakse planiranja u posmatranom kontekstu (npr. procena osetljivosti transporta na klimatske promene). U tu svrhu, za različite prostorne i upravljačke nivoe, i aspekte planiranja, razvijen je veliki broj alata za podršku odlučivanju u planiranju prilagođavanja. U cilju razumevanja karakteristika postojećih alata za podršku odlučivanju, za potrebe ovog istraživanja urađen je pregled alata, razvijenih od strane relevantnih institucija iz oblasti zaštite životne sredine, klimatskih promena i upravljanja rizicima i katastrofama⁷.

Selekcija alata je izvršena na osnovu tri baze: 1) *Clima-ADAPT* evropske platforme za prilagođavanje klimatskim promenama;⁸ 2) UNFCCC baze⁹ i 3) baze U.S. Climate Resilience Toolkit kojom upravlja program za klimatske promene Nacionalne Uprave za Okeane i Atmosferu Sjedinjenih Američkih Država (*NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration*)¹⁰. Iz prve baze je analizirano 57 alata od ukupno 72 alata. Alati koji nisu u direktnoj funkciji prilagođavanja klimatskim promenama nisu razmatrani. Za selekciju alata u druge dve baze korišćene su ključne fraze u dostupnim filterima kako bi se izdvojili alati koji se odnose na proces planiranja prilagođavanja. Kod prve baze, kao tip informacije, selektovana je opcija “alat” (*eng. toolkit*), za element prilagođavanja selektovana je opcija “Planiranje i praksa prilagođavanja” (*eng. adaptation planning and practice*). Za geografski region, sektor, i klimatski hazard nisu selektovani dodatni filteri. Ukupno je selektovano 120 alata u ovoj bazi. U drugoj bazi, u opciji za selektovanje funkcije odabrana je opcija “Podrška planiranju adaptacije” (*eng. adaptation planning support*). Selektovano je 97 alata. Svih 217 alata je dodatno filtrirano. Alati koji po svojoj funkciji ne doprinose direktno nekom od aspekata prilagođavanja, nisu uzeti u razmatranje (npr. *Federal Crowdsourcing and Citizen Science Toolkit*). Posmatrani su alati koji se u potpunosti odnose na prilagođavanje ili neki od elemenata prilagođavanja. Nakon konačne provere alata iz sve tri baze selektovano je 150 alata za dalju analizu. Svi alati su analizirani u odnosu na četiri kriterijuma:

⁷ Rezultati ove analize su objavljeni u Vranić & Glišvoić (2018).

⁸ https://climate-adapt.eea.europa.eu/data-and-downloads#b_start=0

⁹ <http://www4.unfccc.int/sites/nwp/Pages/Search.aspx>

¹⁰ <https://toolkit.climate.gov/tools>

Element prilagođavanja - ukazuje na element prilagođavanja na koji se posmatrani alat odnosi

- Procena uticaja
- Procena povredivosti
- Klimatski scenario
- Monitoring i evaluacija
- Upravljanje znanjem i izgradnja kapaciteta
- Odabir mere prilagođavanja

Prostorni nivo - ukazuje na prostorni nivo na kome se alat može koristiti

- Nivo zajednice
- Nivo grada/opštine
- Nacionalni nivo
- Globalni nivo

Tip - definiše tip alata

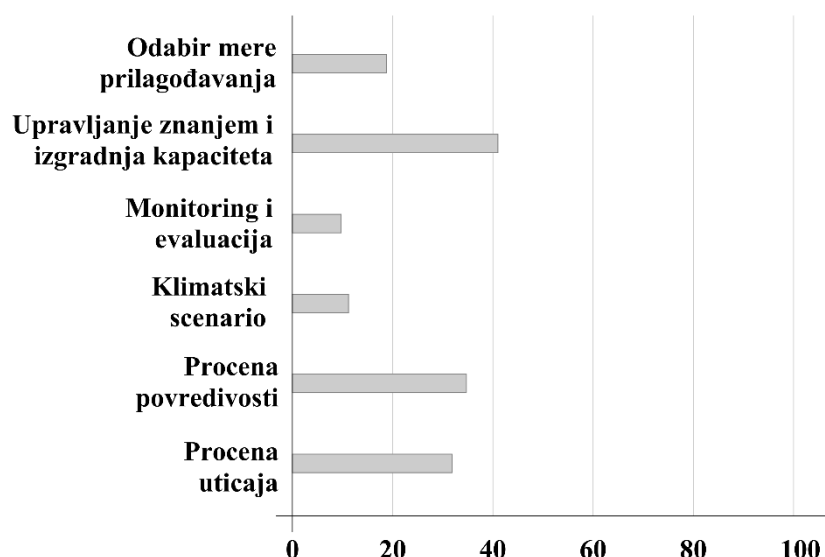
- Višekriterijumska analiza
- Simulacioni modeli
- CBA/CEA (ekonomska evaluacija mera)
- Uputstvo / vodič (okvir) za planiranje

Primena - pokazuje da li je alat formulisan za pojedinačni sistem/meru/područje ili omogućava komparaciju

- Pojedinačni slučaj
- Komparativni model

Analiza ukazuje da su alati u većini slučajeva kreirani tako da se odnose na više od jednog elementa prilagođavanja, odnosno, da je nešto veći broj analiziranih alata (54%) kreiran kao generalni alat koji se može primenjivati na različite sektore i za analizu različitih elemenata prilagođavanja i povredivosti različitih receptora. Veći broj alata iz ovog skupa uključuje alate koji pružaju pomoć u organizaciji planiranja prilagođavanja, kao što su metodološki okviri za planiranje sa integrisanim bazama mera prilagođavanja, klimatskim uticajima, studijama slučaja i primerima dobre prakse (npr., *Climate Action Tool*, *Adaptation Compass*). Ova grupa alata je naročito korisna u fazi inicijacije projekta, u smislu definisanja prostornog obuhvata, dominantnog rizika, zainteresovanih aktera i sl. Međutim, za specifične aspekte planiranja (npr. detaljna procena klimatskih uticaja) uglavnom upućuju na spoljne izvore.

Manji broj alata (46%) predstavlja skup alata koji su kreirani za specifičan sektor, ili specifičan klimatski uticaj. Shodno tome, alati iz ovog skupa najčešće obezbeđuju specifične podatke kao ulazne informacije za podršku odlučivanju. Ovaj skup alata se može generalno podeliti na dva potskupa: (1) prvi, koji uključuje različite modele, simulacije, softverske pakete koji su kreirani za procenu uticaja ili procenu povredivosti kao što su rizici od poplava, porasta nivoa mora, toplotnih ostrva, suša i slično (npr. *Drought Stress Quick Scan*) - ovakvi alati daju uvid u prostornu distribuciju određenih uticaja ili u povredivost određenih zona/receptora, i posledično ukazuju na prioritete planske prioritete; (2) drugi, koji uključuje uputstva za planiranje i sisteme za podršku odlučivanju u okviru određenog sektora (npr. *Climate-Smart Conservation, The Coastal Ecosystem-Based Adaptation Decision Support Tool*). Alati ovog potskupa često zahtevaju specifično ekspertsko znanje, što može biti ograničavajući faktor za njihovu primenu u manje razvijenim područjima kojima nedostaje adekvatan profesionalni kapacitet.



Slika 4.1. Element prilagođavanja

Element prilagođavanja. Dodatna analiza pokazuje da se najveći broj alata u potpunosti ili delimično odnosi na tri elementa prilagođavanja: 1) upravljanje znanjem i izgradnju kapaciteta (41%), 2) procenu povredivosti (35.1%), i 3) procenu uticaja (33.1%) (Slika 4.1). Prvi skup uključuje alate koji se odnose na mapiranje društveno ekonomskih podataka, proveru institucionalnih kapaciteta, organizaciju baza podataka od važnosti za prilagođavanje, metodološke okvire za planiranje prilagođavanja i sl. (klimatski trendovi i projekcije, literaturu, studije slučajeva i sl.). Na taj način, ovaj tip alata suštinski predstavlja sistematizovan skup

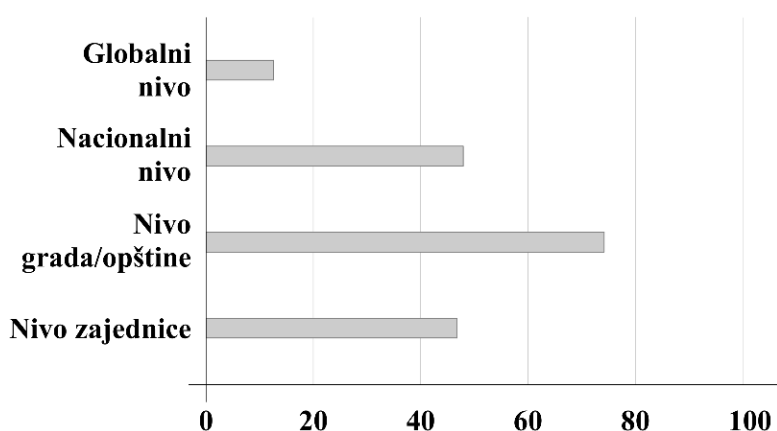
informacija i uputstava koje mogu pomoći u otpočinjanju planskog procesa. Drugi i treći skup alata je fokusiran na procenu povredivosti kao osnovnog kriterijuma prilagođavanja, i procenu uticaja klimatskih promena, i odnose se na alate koji su u funkciji ili uključuju procenu povredivosti/uticaja kao jednu od funkcija (npr. *NatureServe Climate Change Vulnerability Index*, *Hudson River Flood Impact Decision Support System*).

U kontekstu izbora mera prilagođavanja, prethodno navedeni alati daju mogućnost kreiranja ulaznih informacija za proces odlučivanja. Međutim, samo 19.4% analiziranih alata pruža direktnu podršku odlučivanju pri izboru mera prilagođavanja. Metodi koji su primenjivani se razlikuju. Veći broj alata kao što su npr. *Climate Action Tool* (Univerzitet Massachusetts Amherst) ili *Coastal EBA Options* (UNEP) je kreiran kao *on line* uputstvo sa integrisanim skupom mera prilagođavanja baziranim na referencama i studijama slučaja, gde se izbor mera bazira na analogiji sa posmatranim slučajem, ili kao što je slučaj sa alatom *Identifying and Evaluating Adaptation Option* (Konvencija o biodiverzitetu), na osnovu matrice, koja nad skupom definisanih prostornih kriterijuma i tipa aktivnosti prilagođavanja (npr. upravljanje šumama) daje listu mera kroz studije slučaja. Katalog mera predstavlja sistematizovanu bazu opcija za prilagođavanje u odnosu na određeni klimatski uticaj, ugrožene grupe stanovništva, osetljivih sektora ili drugih relevantnih kategorija. Međutim, ovi skupovi mera često ne uključuju informacije o kriterijumima na osnovu kojih su date mere selektovane i implementirane, odnosno, o kritičnim aspektima procesa odlučivanja.

Iako neki od alata (npr. *Cities Impacts & Adaptation Tool*) uključuju detaljniji uvid u strategiju/meru prilagođavanja, u datim skupovima mera primećeno je odsustvo transparentnosti kritičnih aspekata odabranih mera u odnosu na kontekst iz koga su selektovane kao primeri dobre prakse. Ti aspekti mogu uključivati, na primer. skupove kriterijuma na osnovu kojih je mera izabrana, status u procesu implementacije, period validacije, izazove za praćenje implementacije, način finansiranja, aspekte neizvesnosti i rizika i sl. Integracija ovih aspekata može pružiti dodatne mogućnosti donosiocima odluka da na što efikasniji način izvrše izbor odgovarajuće mere.

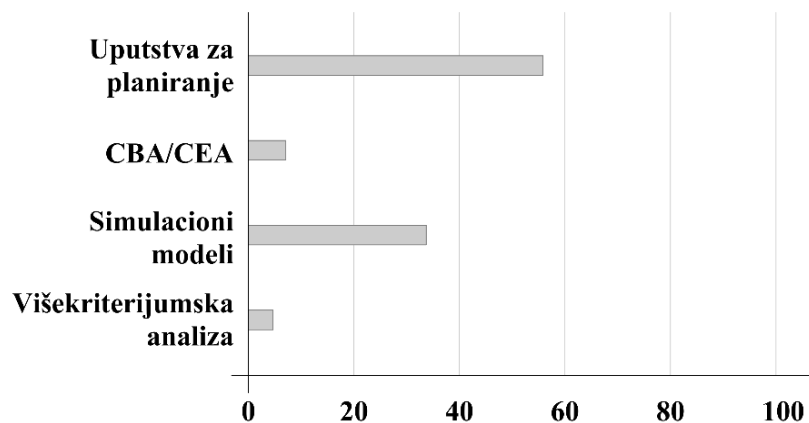
Drugu grupu alata, ukupno 3%, čine aplikacije i softverski paketi poput *Climate Adaptation Options Explorer - ADX*, koji primenom višekriterijumskih metoda (Analitički hijerarhijski proces), i ulaznih podataka kao što su npr. mere prilagođavanja, klimatski i društveno-ekonomski scenario, vrše rangiranje prioriternih mera. Rezultat primene alata je rangiranje mera na osnovu dobijenih specifičnih težina. Poslednja dva skupa uključuju različite alate za prostornu interpretaciju klimatskih scenarija, i aspekte monitoringa i izveštavanja.

Prostorni nivo. Rezultati analize doprinose pretpostavci da je lokalni nivo optimalan za iniciranje prilagođavanja. U pogledu prostornog obuhvata većina alata je primenjiva na više prostornih nivoa. Međutim, najveći broj alata, čak 75%, se odnosi (ili može da bude primenjen) na nivo grada ili nivo jedinice lokalne samouprave (npr. *The City RAP Tool*, *PluviAG*) (Slika 4.2). Visok procenat alata koji se mogu primeniti na nivou grada ili opštine se može objasniti činjenicom da na ovim prostornim nivoima informacije koje se mogu dobiti iz skupa alata za procenu uticaja ili povredivosti imaju optimalnu rezoluciju koja se može direktno upotrebiti u procesu odlučivanja (npr. inventar potencijalno ugroženih delova grada od poplave).



Slika 4.2. Prostorni nivo

Tip alata. Analiza prvog kriterijuma je pokazala da se veći broj alata odnosi na upravljanje znanjem i izgradnju kapaciteta, kao i na procenu povredivosti. U skladu sa tim, analiza tipova alata je pokazala da su najzastupljeniji tipovi (55.8%) uputstva i okviri za planiranje (npr. *Vulnerability Sourcebook*, *The Urban Adaptation Support Tool*, *Adaptation Workbook for Land Management and Conservation*, *Local Authority Adaptation Wizard*) (Slika 4.3). Ovi tipovi alata upravo podržavaju upravljanje procesom planiranja prilagođavanja. Suštinski, ovi alati predstavljaju metodološka uputstva podržana određenim bazama podataka (npr. katalog mera prilagođavanja, mapa prostorne distribucije povredivosti, klimatski scenario i sl.). Preostali skup uključuje alate u funkciji procene povredivosti ili procene uticaja, kreiranjem simulacije i izrade modela (36.4%), ekonomske evaluacije (7%) ili aplikacije za višekriterijumske metode odlučivanja (2%) (npr. *Aquarius*, *Waterware*).



Slika 4.3. Tip alata

Primena. Kada je reč o poslednjem kriterijumu, dominiraju alati koji su struktuirani tako da se odnose na pojedinačne slučajeve (75%), bilo da je reč o izboru jedne mere, proceni jednog uticaja, ili fokusu na jedan sektor ili aspekt planiranja (npr. AgBizClimate). Iako se rezultati planiranja korišćenjem alata iz ovog skupa mogu međusobno upoređivati primenom na više slučajeva, sami alati nisu konceptualno definisani da pružaju mogućnost upoređivanja što je jedan od ključnih elemenata podrške odlučivanju budući da, između ostalog, doprinosi transferu znanja i posledično utiče na izgradnju kapaciteta. Manji broj alata (25%) daje opciju komparacije. Komparacija je u ovom kontekstu definisana kao mogućnost uvida u različite elemente prilagođavanja na različitim prostornim nivoima prilikom odlučivanja/izbora mere prilagođavanja (npr. mogućnost uvida u planove prilagođavanja grada koji sa posmatranim slučajem ima zajednički aspekt povredivosti).

Mnogi od prethodno navedenih alata se u metodološkom pristupu, u određenoj meri, preklapaju u kontekstu posmatranih kriterijuma. Analiza ukazuje na veću zastupljenost alata koji se fokusiraju na organizaciju planiranja prilagođavanja na generalnom nivou i aspekte procene uticaja i povredivosti, s jedne strane, i marginalnu zastupljenost alata koji su u direktnoj funkciji odlučivanja pri izboru mera prilagođavanja, sa druge strane. To se može objasniti činjenicom da klimatski uticaji i mogući odgovori, u smislu primene mera prilagođavanja, zavise od regionalnih razlika, i posledično, zahtevaju lokalno specifične mere.

Veći broj alata koji su u funkciji izbora mera predstavljaju deo sistema podrške odlučivanju koji uključuje i druge elemente planiranja prilagođavanja (npr. procene uticaja, monitoringa i evaluacije), i prema tome, treba ih posmatrati u širem kontekstu. Takođe, analiza ukazuje da se veći broj alata fokusira na efekte pojedinačne mere ili uticaja za posmatrani aspekt povredivosti. Prilikom kreiranja alata za podršku odlučivanju u kontekstu klimatskih

promena, važno je uzeti u obzir da povredivost podrazumeva dinamiku, jer se primenom mera u toku vremena kapacitet prilagođavanja poboljšava i relativna povredivost smanjuje. U praksi, prilagođavanje predstavlja kontinuirani proces unapređenja znanja o povredivosti, kao i ocenu efikasnosti primenjenih mera. Dodatno, prilagođavanje zahteva razumevanje sinergijskog uticaja skupova mera na smanjenje posmatranog rizika od efekata klimatskih promena. Ovaj aspekt nije dovoljno obrađen u analiziranim alatima.

Pored osnovnih karakteristika alata za podršku odlučivanju, za razvoj modela za integrisano upravljanje izborom mera prilagođavanja potrebno je i razumevanje aktuelnih lokalnih strategija, odnosno, pristupa definisanju prioriteta razvoja, tipova strateških mera, prioritetne sektore, prostornu distribuciju mera i ostale relevantne karakteristika u kontekstu prilagođavanja klimatskim promeneama.

4.5 Mogućnosti integracije mera prilagođavanja u planske okvire lokalnih strategija

Mnogi autori se slažu da je lokalni nivo, na kome se prepoznaju specifičnosti klimatskih promena, odgovarajući prostorni nivo za iniciranje akcija i sprovođenje planova prilagođavanja (Agnes et al., 2008; Satterthwaite et al., 2007; Swart & Raes 2007). S obzirom na dinamiku klimatskih promena, prilagođavanje se mora posmatrati kao postepen dugoročan proces koji zahteva holistički pristup. U naučnim krugovima je sve više prisutan stav da je planski pristup zasnovan na paradigmi održivog razvoja adkvatan i efikasan planerski i upravljački okvir za integraciju mera prilagođavanja (Burns et al., 2017; Gregorio et al., 2017; Puthucherril, 2015). Poznavanje lokalnog planskog okvira, prioritetnih sektora i opštih karakteristika postojećih metodologija planiranja i prioritetnih mera, može doprineti smislenijoj integraciji prilagođavanja u postojeće razvojne strategije. U tom smislu, za potrebe ovog istraživanja, a u cilju razumevanja prednosti i ograničenja lokalnih strategija održivog razvoja za integrisanje mera prilagođavanja, sprovedena je analiza u sedamnaest opština u Srbiji¹¹.

Kada je reč o lokalnom nivou u Srbiji, dugoročni razvoj je u velikoj meri definisan lokalnim strategijama održivog razvoja (u daljem tekstu LOR) kao krovnim strategijama. U nekim slučajevima, LOR je jedini planski dokument u opštini. Dakle, razumevanje postojećeg lokalnog održivog razvoja je od suštinskog značaja u definisanju planova i mera prilagođavanja. Lokalni održivi razvoj u Evropi je intenzivno istraživao (npr. Eckerberg & Dahlgren, 2007; Barrutia & Echebarria, 2011), dok je u Srbiji i zemljama u regionu ovaj

¹¹ Rezultati analize su objavljeni u radovima Vranić & Milutinović (2016), i Vranić et al. (2018).

problematici posvećena manja pažnja (Sivograkau, 2008; Milutinović, 2010), naročito u kontekstu prilagođavanja. Većina postojećih strategija služe kao platforma za razvoj ili uključivanje politika prilagođavanja u razvojne procese. Shodno tome, a u skladu sa studijom Stead i Waterhouta (2008), u cilju razvijanja novih politika za ispunjavanje novih uslova, trenutni sistem planiranja mora povećati sposobnost učenja. Kako Zanon (2010) naglašava, izgradnja novih strategija ne sme se zasnivati samo na instrumentalnom znanju; razumevanje promena i transformacija procesa planiranja može pomoći u tranziciji od postojećeg deklarativnog znanja, vezanog za implementaciju LOR-a, ugrađenog u postavljene mere i programe, prema početnom nivou proceduralnog znanja koje će informisati nosioce planiranja prilagođavanja. U tom smislu, u cilju razumevanja mogućnosti i ograničenja trenutnih karakteristika mera u kontekstu prilagođavanja, analizirane su karakteristike razvojnih mera ugrađenih u LOR u potencijalno najugroženijim opštinama u Srbiji u pogledu klimatskih promena.

Od usvajanja lokalnog programa održivog razvoja u 2005. godini, mnoge opštine su usvojile strategije i proširile svoje nadležnosti (Milutinović & Radojević, 2009). Iako su strategije imale zajednički okvir, one se razlikuju od slučaja do slučaja u pogledu osnovnih pretpostavki, primenjene metodologije planiranja, učešća spoljnih stručnjaka i agencija u procesu planiranja, a samim tim i u odnosu na sektorske prioritete (Milutinović & Živković, 2014). Uzevši to u obzir, a u skladu sa upozorenjima Frankhausera i Burtona (2011) i Smitha i saradnika (2011), usvajanje sličnih pristupa može voditi do izolovanog razvijanja planova prilagođavanja od strane različitih donosioca odluka i neefikasnog korišćenja resursa.

Mere vezane za klimatske promene, iako nisu namenski planirane, prisutne su u određenom procentu u analiziranim strategijama, često u okviru sektora zaštite životne sredine. Međutim, ovaj sektor je nedovoljno definisan u organizacionom smislu na lokalnom nivou i često je podređen komunalnom sektoru, sa nedostatkom stručnih kapaciteta i brojem ljudi za primenu sektorskih planova (Marković, 2014). Na taj način, sektoru zaštite životne sredine nedostaje kritični kapacitet za iniciranje novih planskih aktivnosti koji bi uključivali integraciju i inicijaciju politika prilagođavanja na klimatske promene. Prilagođavanje na klimatske promene je relativno nova razvojna oblast u kojoj je veliki broj pitanja i problema nedovoljno istražen, ili su distribucija i nivo informacija neujednačeni. Budući da se time povećava neizvesnost (McCallum et al., 2013) u praksi često dolazi do poteškoća i ograničenja u procesu donošenja i realizacije odluka. Kao što je objašnjeno u istraživanju McCallum et al. (2013), iskustvo u radu sa akterima na regionalnom i lokalnom nivou pokazuje da postoji potreba za

postizanjem međusobnog razumevanja o tome da su neke od planskih aktivnosti koje se već preduzimaju zapravo aktivnosti prilagođavanja, iako nisu konceptualizovane kao takve.

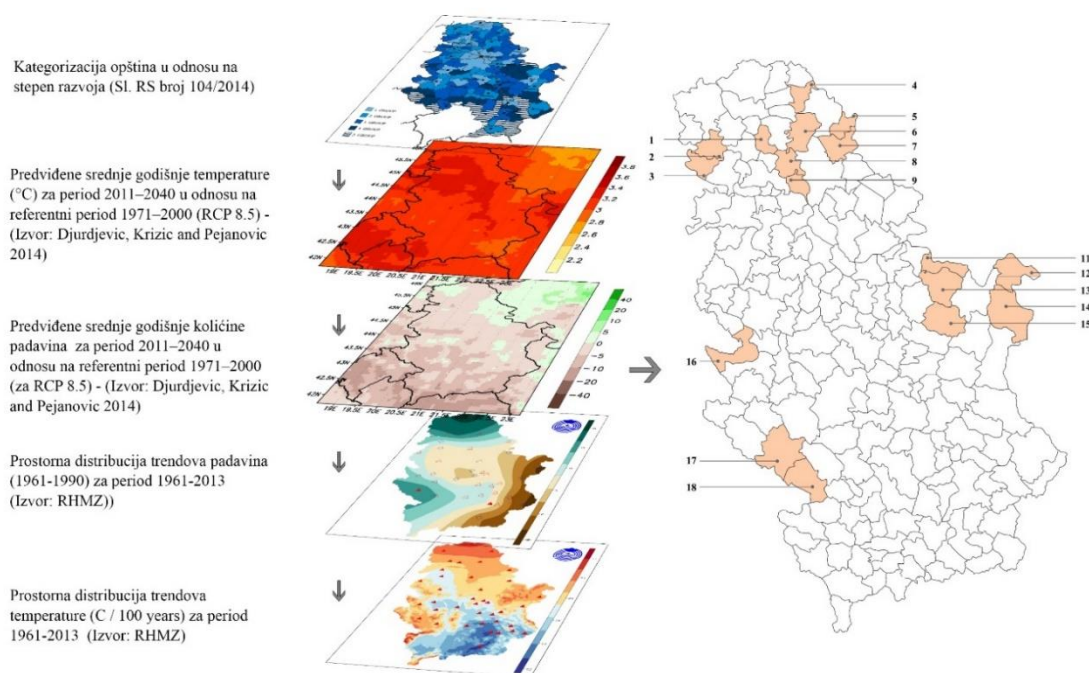
Iako opštinske razvojne strategije u Srbiji karakterišu nedostaci kao što su neusaglašeni metodološki okvir, ili nekonzistentnost između nacionalnog i lokalnog nivoa (Milutinović, 2010; Milutinović & Živković 2014), one predstavljaju akumulirano deklarativno znanje o razvojnim trendovima koji sadrže određene elemente prilagođavanja. Upravljanje ovim elementima je od suštinskog značenja za uspostavljanje formalnog okvira za planiranje prilagođavanja. Kao što Dalikir (2004) predlaže, kako bi se kreiralo novo znanje, postojeća baza znanja mora biti reinterpretirana. U tom smislu, razumevanje LOR-a, predstavlja mogućnost za razumevanje polaznih mogućnosti i prepreka za iniciranje prilagođavanja sa jedne strane, i podsticanje razmene znanja između donosilaca odluka i razvoja mogućnosti za kontinuirano učenje u ovoj oblasti (Liu, Chaminad & Asheim, 2013). Faludi (2000) ističe da je "učenje suština planiranja" i potvrđuje da "planiranje nije tehnički proces stvaranja materijalnih stvari, već proces zajedničkog učenja koji uključuje interakciju između mnoštva aktera".

Za izbor opština za ovu analizu, primenjena je metodologija koju su koristili Vranić i Milutinović (2016). U skladu sa ovakvim pristupom, odabrane su opštine na osnovu tri kriterijuma: 1) klimatski trendovi u poslednjih pedeset godina - opštine sa ekstremnim vrednostima u teritorijalnoj raspodeli trendova godišnjih ukupnih padavina i srednje godišnje temperature vazduha za period 1961-2013 (RHMZ); 2) buduća izloženost klimatskim promenama - korišćeni su podaci iz projekta ORIENTGATE: teritorijalna raspodela trendova godišnjih ukupnih padavina i srednje godišnje temperature vazduha za period 2011-2041. godine u odnosu na referentni period 1971-2000 (RCP98.5) (Đurđević et al., 2014); 3) nacionalna kategorizacija lokalnog razvoja prema razlici između lokalnog i nacionalnog prosečnog BDP-a ("Službeni glasnik RS", broj 104/2014), koja kategoriše opštine u 4 razvojne grupe. Izabrane su samo opštine koje pripadaju grupi tri - nerazvijene opštine, u kojima je stepen razvoja od 60% do 80% nacionalnog proseka, i opštine iz grupe četiri - nedovoljno razvijene opštine sa vrednostima BDP po glavi stanovnika ispod 60% nacionalnog proseka. Preklapanjem tematskih mapa izabrano je sedamnaest opština za dalju analizu (Tabela 4.4., Figura 4.5).

Tabela 4.4. Selektovane opštine

	Opština	Populacija	Strategija
1	Srbobran	11398	SLOR 2014-2020
2	Odžaci	10272	SLOR 2015-2020
3	Bač	15516	SLOR 2014-2020
4	Čoka	7447	SLOR 2010-2020
5	Nova Crnja	12737	SLOR 2015-2020
6	Novi Bečej	23191	SLOR 2014-2020
7	Žitište	31491	SLOR 2014-2020
8	Žabalj	12307	SLOR 2014-2020
9	Titel	29893	SLOR 2013-2022
10	Golubac	10118	SLOR 2015-2020
11	Kladovo	20871	SLOR 2010-2020
12	Kučevo	8129	SLOR 2014-2020
13	Negotin	21392	SLOR 2012-2020
14	Žagubica	17000	SLOR 2015-2020
15	Bajina Bašta	26022	SLOR 2013-2020
16	Sjenica	26392	SLOR 2010-2020
17	Tutin	31282	SLOR 2013-2020

*SLOR - Strategija lokalnog održivog razvoja



Slika 4.4. Teritorijalni raspored selektovanih opština

Za efikasno iniciranje prilagođavanja važno je razumevanje postojećih razvojnih pravaca i mera. U cilju razumevanja mogućnosti i izazova koji se odnose na formulaciju i

integraciju opcija prilagođavanja u trenutne razvojne strategije, karakteristike trenutne prakse lokalnog planiranja analizirane su kroz korelaciju postojećih prioritetnih mera i aspekata koji su relevantni za formulisanje mera prilagođavanja.

U savremenoj literaturi koja se bavi pitanjima prilagođavanja, postoji veliki broj radova koji se bavi različitim aspektima i karakteristikama mera prilagođavanja na klimatske promene (na primer Hughes, 2015; Kim et al., 2017; Rajwade et al., 2015; Roders et al., 2013; Shrestha & Trang, 2015). Iako slične mere mogu odgovoriti na isti uticaj, najčešće su veoma zavisne od datog konteksta, i samim tim mogu se značajno razlikovati po svojim karakteristikama. Na primer, mere vezane za porast nivoa mora (npr. zaštitni zidovi ili nasipi) neće se prepoznati kao urgentne u Crnoj Gori, za razliku od nekih malih ostrvskih država kao što su Maldivi, pa će, tom smislu percepcija relativnog odnosa ulaganja i koristi za istu meru biti različita. Dakle, u procesu razvoja mere prilagođavanja, nije važno razumeti samo određeni tip mere, već i osnovne karakteristike iste unutar određenog planskog konteksta. U literaturi se prepoznaju različiti aspekti mera prilagođavanja, ipak, postoji nekoliko karakteristika koje se često uzimaju u obzir prilikom formulisanja mera prilagođavanja. To su: sektorska određenost, ciljna grupa, relativni trošak, strukturne karakteristike, prostorno određenje i vremenski okvir (Glaas et al., 2017; Kim et al., 2017; Korres et al., 2017; Stewart et al., 2014; Voskamp & Van de Ven, 2015; Wachsmuth, 2015).

Sektorska određenost. Većina mera često, direktno ili indirektno, utiče na drugi sektor, što dovodi do pozitivnih ili negativnih interakcija unutar i između sektora (Berry et al., 2014). Jedan od glavnih izazova za među-sektorsku integraciju mera su različite perspektive različitih sektora, zbog toga neke studije predlažu integrisani međusektorski okvir (Harrison et al., 2013; Wachsmuth, 2015). Međutim, u određenim slučajevima mere prilagođavanja se isključivo usmeravaju na jedan sektor (Kolström et al., 2011). Ipak, uticaji klimatskih promena uvek imaju efekata na više sektora; posledično, efikasne opcije prilagođavanja bi trebale da uključe više sektora u isto vreme (EEA 2012).

Ciljne grupe. Adekvatna identifikacija ciljnih grupa u odnosu na određeni klimatski uticaj i potencijalnu povredivost je ključna za definisanje mera prilagođavanja (UNEP 2013). U zavisnosti od nivoa planiranja (lokalni, regionalni, nacionalni), posmatranog sektora i klimatskih uticaja, u najširem smislu mogu se prepoznati: 1) mere koje stimulišu uključivanje aktera javnog sektora u prilagođavanje (akteri kao što su opštine, različite vladine agencije i službe) (Bierbaum et al., 2013; Hauge et al., 2016) (npr. uvođenje prakse klimatski-osteljivog urbanističkog planiranja), ili 2) mere koje stimulišu uključivanje pojedinaca i grupa u proces

prilagođavanja (Glaas et al., 2017). Nedovoljno jasno definisane ciljne grupe mogu uzrokovati neefikasno prilagođavanje na posmatrani uticaj.

Relativni troškovi. Prilagođavanje se često posmatra kao dugoročni proces sa neizvesnim koristima, tako da je opravdanost uložених sredstava bitna prilikom formulacije mera (FCAC, 2013). Imajući u vidu vremenski okvir klimatskih promena, period validacije mera prilagođavanja često je duži od mandata izabranih donosioca odluka, koji se, posledično, često fokusiraju na kratkoročne rizike i probleme. Zbog toga je bitno razumevanje odnosa relativnog troška i potencijalne koristi prilikom formulisanja mera prilagođavanja (Diogo et al., 2017; Joseph et al., 2014; Parker, 2014).

Strukturalne karakteristike. Definisane mere prilagođavanja često uključuje debatu o prednostima takozvanih „mekih“ i „tvrdih“ mera (EEA 2014): „meke“ - mere koje razmatraju različite alate kao što su tržišni instrumenti, obrazovanje, upravljanje rizikom itd. (Filatova, 2014; Francesch-Huidobro et al., 2017), i „tvrde“ - mere koje uključuju projekte infrastrukture kao što su nasipi, retencioni baseni, i sl. (Taylor & Philp, 2015; Vo & Huynh, 2014). Aspekt strukturnih karakteristika postaje veoma relevantan kada je u pitanju raspodela sredstava, jer je usko povezan sa relativnim troškovima (Daigneault et al., 2016).

Prostorna distribucija. Razumevanje prostorne raspodele potencijalnih efekata klimatskih promena u odnosu na prioritetne razvojne sektore i ugrožene receptore je još jedan bitan aspekt. U opštem smislu, prostorno određenje mera prepoznaje mere prilagođene urbanom okruženju (Müller et al., 2014; Voskamp & Van de Ven, 2015) i mere prilagođene ruralnom okruženju (Ngondjeb, 2013; Pandey et al., 2015).

Vremenski okvir. Donosi dinamičke aspekte u planiranje prilagođavanja. Svaka mera ima period validacije nakon čega ispunjava svoju svrhu, ili ulazi u novi ciklus. Bilo da govorimo o kratkoročnim ili dugoročnim merama, pitanje životnog ciklusa jedne mere je osetljivo, naročito kada se razmatraju međusektorske mere, čije finansiranje, implementacija i monitoring mogu zavisi od različitih sektorskih agencija, nadležnosti i prioriteta (Houet et al., 2016; Korres et al., 2017; Hughes, 2015). Stoga, kako bi se izbeglo neadekvatno prilagođavanje, kreiranje okvira za upravljanje životnim ciklusom mere zahteva integrisano planiranje između sektorskih strategija i očekivanih uticaja klimatskih promena.

Pored šest izloženih aspekata, uključena je i klimatska osetljivost kao dodatni aspekt za analizu. Svaka mera je sagledana u pogledu definisanih aspekata koji su prikazani u Tabeli 2. Ukupno je analizirano 2618 mera. U nekim strategijama mere se nazivaju mikro projekti / programi / akcije, ali se svakako odnose na istu aktivnost. Analiza je ukazala na određene

osobine lokalnog planiranja i pružila mogućnost reinterpretacije glavnih karakteristika mera u kontekstu prilagođavanja (Tabela 4.5).

Tabela 4.5. Kriterijumi za analizu planskih mera

Karakteristike	Opis	Kriterijumi za analizu
<i>Sektorska određenost</i>	Ukazuje na to u kojoj meri postojeće strategije koriste međusektorsko planiranje i koji su prioritetni razvojni sektori.	<i>Mera se odnosi na.</i> Infrastrukturu, Obrazovanje i društveni razvoj, Poljoprivredu, Ekonomiju i industriju, Zaštitu životne sredine i obnovljive izvore energije, Turizam i Kulturu, Javno zdravlje, Upravljanje i Planiranje, ostalo. <i>Monosektorska</i> mera je definisana za jedan sektor <i>Međusektorska</i> mera ima uticaj na više od jednog sektora
<i>Ciljna grupe</i>	Ukazuju na dominantne ciljne grupe u trenutnim razvojnim strategijama	<i>“Individualna-privatna”</i> mera utiče na (ili uključuje) privatne (individualne) aktere u razvoju <i>“Javni sektor”</i> mera utiče na (ili uključuje) javne aktere u razvoju
<i>Relativna cena</i>	Ukazuje na to da li se lokalna strategija oslanja na niskobudžetne ili visokobudžetne mere	<i>Visokobudžetna</i> mera zahteva visoka počenta ulaganja i visoke troškove održavanja <i>Niskobudžetna</i> mera zahteva niska početna ulaganja i niske troškove održavanja
<i>Strukturne karakteristike</i>	Ukazuju na to da li su dominantnije “meke” ili “tvrde” mere	<i>“Tvrde”</i> – uključuju izgradnju infrastrukture <i>“Meke”</i> – uključuju mere kao što su obrazovanje, politike, planiranje i sl.
<i>Prostorna određenost</i>	Ukazuje na prostornu raspodelu razvojnih prioriteta	<i>Ruralne</i> mere se specifično odnosi na ruralnu sredinu <i>Urbane</i> mere se specifično odnosi na urbanu sredinu <i>R&U</i> mere se odnose i na ruralnu i na urbanu sredinu
<i>Klimatska osetljivost</i>	Ukazuje na udeo mera u ukupnom broju mera koje podržavaju prilagođavanje	<i>Adaptivne</i> mere u određenom smislu doprinose prilagođavanju na potencijalne klimatske uticaje <i>Neadaptivne</i> mere ne doprinose prilagođavanju na potencijalne klimatske uticaje
<i>Vremenski okvir</i>	Ukazuje na vremenski okvir za implementaciju mera	<i>Kratkoročne</i> – životni ciklus mera je u okviru date strategije <i>Dugoročne</i> – životni ciklus mera prevazilazi vremenski okvir date strategije

Rezultati ukazuju da su aktuelni razvojni pravci dominantno fokusirani na nekoliko sektora, kao što su: infrastruktura, poljoprivreda/šumarstvo i privreda/industrija. U tom smislu, opravdano je očekivati da će ovi sektori biti prioritetni u narednim godinama, jer imaju veliki

udeo u razvojnim merama i planiranim sredstvima. Iako će pojedine mere imati uticaj na više sektora, primetno je odsustvo okvira za formulisanje međusektorskih mera; većina mera je definisana unutar određenog sektora. Pored toga, razvoju sektora upravljanja i planiranja je posvećeno malo pažnje u posmatranim strategijama. To može imati regresivan uticaj na inovacije i razvoj planiranja. S obzirom na to da efikasne opcije prilagođavanja treba simultano da uključuju više sektora (EEA 2012), trenutni planski pristup može da predstavlja glavni nedostatak i da dovede do neefikasnog planiranja prilagođavanja, koji se karakteriše monosektorskim merama, gde samo određeni sektori mogu dobiti veći prioritet.

Uloga individualnih aktivnosti se pokazala kao važan element u procesu prilagođavanja (Glaas et al., 2017, Wamsler, 2016). Uočeno je nesrazmerno nisko prisustvo mera koje se fokusiraju na individualne aktere u razvoju (u nekim slučajevima i ispod 15% od ukupnog broja planiranih mera). Takav trend može negativno uticati na razvoj prilagođavanja, u kontekstu negiranja inicijative individualnih aktera i zanemarivanja njihove uloge u procesu prilagođavanja.

Približno 40% analiziranih mera su prepoznate kao dugoročne mere koje će zahtevati aktivnosti izvan vremenskog okvira strategije. Međutim, u metodologiji planiranja mera u analiziranim strategijama, vremenski okvir validacije za predložene mere nije prisutan. To otežava praćenje implementacije i procenu njihovih potencijalnih efekata. Kada su u pitanju mere prilagođavanja, odsustvo jasnog vremenskog okvira životnog ciklusa mere može uticati na efikasnost procesa prilagođavanja.

Samo nekoliko opština se oslanja na sopstvene profesionalne resurse prilikom planiranja. U tom smislu, postoji velika zavisnost od spoljnih eksperata. Iako je moguće ostvariti potencijalnu korist od mogućeg transfera znanja, zavisnost od spoljnih eksperata se može prepoznati i kao dvostruko ograničenje: 1) mogućnost odlaganja procesa prilagođavanja zbog nedostatka potrebnog znanja ili finansijskog kapaciteta za angažovanje eksperata, i 2) potencijalno implementiranje generičkog planskog pristupa koji nije u saglasnosti sa postojećim razvojnim trendovima (Vranić i Milutinović 2016).

S druge strane, lokalne strategije ukazuju na određene potencijale koji mogu da posluže kao osnova za planiranje prilagođavanja. U skladu sa saznanjima McCallum et al. (2013), jedan od potencijala je uočeno u činjenici da su neke od postojećih mera klimatski osetljive po svojim karakteristikama, ali nisu konceptualno definisane u kontekstu prilagođavanja. Afirmacija i konceptualizacija tih mera može biti prvi korak u iniciranju prilagođavanja. Većina tih mera razvijena je u sektoru zaštite životne sredine, koji sadrži približno 15% udela svih analiziranih mera.

Takozvane “meke” mere imaju velikog udela u ukupnom broju mera. U nekim opštinama gotovo celokupan razvoj je baziran na njima. S obzirom na to da finansijski aspekti igraju važnu ulogu u formulisanju mera prilagođavanja (Parker, 2014), a u skladu sa karakteristikama mera u posmatranim strategijama, razvoj mera prilagođavanja sa niskim inicijalnim ulaganjima i niskim troškovima implementacije i održavanja, kao što podizanje svesti, edukacija, inoviranje planskih instrumenata, regulative itd., predstavlja potencijal za iniciranje prilagođavanja

U pogledu grupe aktera tekući planovi su dominantno oslonjeni na javni sektor kao glavni nosilac lokalnog razvoja, uz veliki deo planiranih investicija usmerenih ka javnom domenu (npr. ka javnim komunalnim preduzećima), iako strategije pokazuju određenu sklonost prema programima koji uključuju individualne aktore u razvoj. Lokalne vlasti i opštinske agencije igraju važnu ulogu u implementiraju direktiva EU u oblasti planiranja životne sredine, koje uključuju ublažavanje i prilagođavanje klimatskim promenama. Shodno tome, trenutni trend delimično podržava ovakav pristup, a time i mere prilagođavanja koje se fokusiraju na aktivnosti javnog sektora u razvoju. S druge strane, značajan deo mera vezanih za obrazovanje i društveni razvoj može se smatrati potencijalom za podizanje svesti i uključivanje pojedinaca u proces prilagođavanja. Takođe, većina mera koje se u sadašnjim strategijama odnose na pojedinačne aktore povezana je sa ruralnim okruženjem, čime se otvara mogućnost za uključivanje ruralnih domaćinstava u proces prilagođavanja.

Investiranje u prilagođavanje može zavisiti od ostalih razvojnih prioriteta i kratkoročnih rizika. Međutim, analiza pokazuje da planiranje LOR zavisi više od profesionalnih kapaciteta nego od finansijskih sredstava. Zbog toga je razumno očekivati da uključivanje spoljnih konsultanata može pomoći u iniciranju planiranja prilagođavanja uprkos ograničenom budžetu lokalnih vlasti.

U skladu sa stavom Janina (2010), koji smatra da planski dokumenti samo delimično odražavaju proces planiranja, ova analiza nudi početno razumevanje karakteristika postojećih mera koje može dati smernice za konceptualizaciju sistema za integraciju prilagođavanja u procese planiranja. Analiza ukazuje i na odsustvo jedinstvenog metodološkog pristupa planiranju, nekonzistentnost između indikatora postignuća i predviđenih mera, odsustvo instrumenta za izbor i procenu relevantnosti određene mere, nedostatak međusektorskih mera, postojanje mera prilagođavanja u postojećim strategijama koje nisu konceptualno prepoznate kao takve, mali procenat međuopštinskih, okružnih ili regionalnih mera (udruženih mera). Navedene činjenice ukazuju na mogućnost za unapređenje postojeće prakse planiranja u cilju

sistenskog uključivanja aspekata prilagođavanja u procese planiranja i potrebu razvijanja sistema za podršku odlučivanju.

5. POVREDIVOST

U ovom poglavlju razmatraju se okviri za definisanje, pristupi za procenu i ključni tipovi indikatora povredivosti. Takođe, razmatraju se i konceptualni problemi za usaglašavanje procene povredivosti između različitih prostornih nivoa.

5.1 Povredivost – konceptualno određenje

Razlike u stepenu povredivosti i osetljivosti na klimatske promene nastaju i iz ne-klimatskih faktora, i najčešće su uzrokovane višedimenzionalnim nejednakostima, koje su često posledica neujednačenih razvojnih procesa. Ove razlike generišu različite rizike od klimatskih promena, koji neposredno ili indirektno utiču na život ljudi. Ljudi koji su društveno, ekonomski, kulturno, politički, institucionalno ili na drugi način marginalizovani, posebno su osetljivi na ovakve rizike. Za zemlje na svim nivoima razvoja, ovi uticaji su u skladu sa značajnim nedostatkom spremnosti za trenutnu klimatsku varijabilnost u određenim sektorima (IPCC, 2014b).

Planiranje prilagođavanja na klimatske promene, definisanje prioriteta u strategijama i odabir optimalnih mera na prvom mestu mora biti podržano sveobuhvatnim informacijama o lokalnoj (regionalnoj) povredivosti na klimatske promene. Povredivost je koncept koji izražava kompleks interakcija različitih faktora koji određuju osetljivost sistema na uticaj spoljnog faktora, u ovom slučaju klimatskih promena (Fritzsche et al., 2014). U tom smislu, kvantifikacija stepena povredivosti je od ključnog značaja za ublažavanje moguće štete od negativnih efekata kao i za donošenje odluka i definisanja planskih okvira za prilagođavanje na klimatske promene (Birkmann, 2006).

Termin *povredivost* se prvi put upotrebljava u studijama o siromaštvu i razvoju, a kasnije u istraživanjima promena u životnoj sredini (Liverman, 1990). U domenu životne sredine, koncept povredivosti je najčešće vezan za sagledavanje mogućih posledica od katastrofalnih događaja u odnosu na određeni lokalni kontekst. Postoji više definicija povredivosti i više različitih okvira za njenu konceptualizaciju, jer se povredivost koristi kao pojam u različitim disciplinama. Na primer, društvena povredivost, koja ima više definicija (Adger, 2006; Cutter, Boruff, & Shirley, 2003; Fekete, 2009a; Næss et al., 2006; Wisner et al., 2004; Yarnal, 2007), može se sumirati kao skup karakteristika osobe ili grupe, i skupa događaja koji utiču na njihovu sposobnost da predvide, da se suoče, odupru ili oporave od uticaja opasnosti. Povredivost je centralni koncept u debati o klimatskim promenama, naročito u

kontekstu upravljanja rizicima (Fussel, 2007). Fekete (2009b) definiše povredivost kao skup uslova koji karakterišu nedostatke objekta posmatranja u suočavanju sa prirodnim opasnostima.

Povredivost je uslovljena fizičkim, ekonomskim, ekološkim i društvenim faktorima (Westen & Kingma, 2009), dok se procena povredivosti zasniva na kombinaciji aspekata iz različitih domena i integraciji kvantitativnih i kvalitativnih podataka. Iako prisutna kao koncept u više disciplina, procena povredivosti nema univerzalnu definiciju niti metodologiju za izračunavanje relativnog stepena povredivosti. Ipak, u naučnim krugovima postoji konsenzus oko definicije povredivosti kao mere moguće buduće štete, koja često uključuje različite prostorne i vremenske nivoe (Hinkel, 2011; Malone & Engle, 2011).

Studija (Wang et al., 2014) o istraživačkim aktivnostima u oblasti povredivosti uslovljene klimatskim promenama u poslednje dve decenije ukazuje na nagli porast istraživanja u ovoj oblasti posle 2006. godine. Sektori koji su se najčešće obrađivali uključuju javno zdravlje i društveno-ekonomske sisteme, bezbednost hrane u oblasti poljoprivrede i upravljanje vodnim resursima, dok su najviše istraživani aspekti povredivosti ekološkog diverziteta, usluga ekosistema i snabdevanje strujom i vodom. Takođe je evidentno sve intenzivnije umrežavanje istraživača i institucija u zajedničkim istraživanjima u ovoj oblasti. Ista studija ističe da se usled konkretnog fokusa na prirodne aspekte povredivosti u početnoj fazi razvoja ove oblasti, i nedostatka istraživanja o društvenim aspektima ugroženost od klimatskih promena, očekuje da se dalja istraživanja bave više upravo društvenim aspektima povredivosti.

U teoretskom smislu, postoje različiti konceptualni okviri za definisanje povredivosti: 1) kontekstualna povredivost (početna, ili interna društvena povredivost), koja se odlikuje internim karakteristikama društvenog sistema ili posmatrane zajednice za koju se određuje osetljivost na širok opseg mogućih uticaja i 2) rezultujuća povredivost koja predstavlja integrisani koncept koji kombinuje informacije o potencijalnim uticajima klime i kapacitetu prilagođavanja društveno-ekonomskih sistema. Ove interpretacije povredivosti zasnivaju se na različitim konceptualnim okvirima (O'Brien et al. 2004; O'Brien et al. 2007, Fussel 2007). Usled konceptualne razlike, ovi pristupi sugerišu različite mere za smanjenje povredivosti. Rezultujuća se fokusira na tehničko-tehnološke mere, dok se integrisana fokusira na strategije održivog razvoja i kontinualno povećanje kapaciteta prilagođavanja na različite hazarde (O'Brien et al. 2007, Eriksen and Kelly 2007).

5.2 Konceptualni pristupi proceni povredivosti

Postoje različiti metodološki pristupi za procenu povredivosti. Holsten (2013) u svojoj analizi prepoznaje dve generalne kategorije: 1) procenu povredivosti korišćenjem različitih tipova simulacionih modela (npr. procena smanjenja usluga ekosistema na poručuju Evrope (Metzger & Schroter, 2011; Schoter, 2005), fizičko-ekonomske posledice klimatskih promena na sektore u Evropi (Ciscar, 2011), UN globalna ocena ekološke, agro-ekonomske i socijalne povredivosti (Bierbaum et al., 2007), i 2) procene bazirane na indikatorima (npr. procena povredivosti regiona u Evropi (Greiving et al., 2011), procena povredivosti ruralnih zajednica i poljoprivrede u Indiji (O'Brien et al., 2011; Pandey & Jha, 2011), povredivost sektora turizma na globalnom nivou (Perch-Nielsen & Beach, 2010).

Povredivost je višedimenzionalni složeni fenomen povezan sa visokom neizvesnošću u merenju i klasifikaciji (Tate, 2012). Bilo da se govori o simulacijama, ili proceni upotrebom indikatora ili indeksa, povredivost se često definiše kroz tri analitičke komponente (Adger, 2006; A Fekete, 2009b; Fussel & Klein, 2006; Tate, 2011):

- Izloženost, definisana kao “stepen do kojeg je sistem izložen značajnijim klimatskim varijacijama (prirodnom događaju, riziku ili šoku)”;
- Osetljivost (podložnost), definisana kao “stepen do kojeg je sistem podložan pozitivnim ili negativnim klimatskim uticajima”;
- Kapacitet prilagođavanja, definisan kao “sposobnost sistema da se prilagodi klimatskim promenama do umerenih šteta, iskoristi mogućnosti i bori sa posledicama”.

Takođe, komponente osetljivosti i izloženosti se često iskazuju kroz zbirnu komponentu - uticaj, koja se definiše kao “posledica klimatskih promena koju trpe prirodni i društveni sistemi”.

U ovom kontekstu, povredivost je posledično definisana kao “stepen osetljivosti sistema na negativne efekte promene klime (definisane karakteristikama i razmerama klimatskih promena kojima je sistem izložen), u skladu sa sopstvenim kapacitetom prilagođavanja”.

Povredivost ne spada u merljive karakteristike sistema, kao što su to npr. temperatura, količina padavina ili obim poljoprivredne proizvodnje. Ne postoji opšte prihvaćeno pravilo ili metod za kvantifikaciju povredivosti. Uprkos potencijalu koji pruža upotreba indikatora

povredivosti, konceptualizacija povredivosti je kompleksna, jer je dinamična i povezana sa velikim brojem ekoloških, socijalnih, ekonomskih i političkih faktora (Harley, Horrocks, & Hodgson, 2008). Zbog toga se u naučnim krugovima gotovo uvek govori o “proceni”, a ne o “merenju” povredivosti (Fritzsche et al., 2014).

5.2.1 Indikatori za procenu povredivosti

Na osnovu prethodno navedenog, kada je reč o proceni povredivosti na osnovu indikatora, povredivosti V se može izraziti kao funkcija komponenti uticaja I i kapaciteta prilagođavanja A , koje su iskazane kroz izloženost E i osetljivost S na klimatske promene.

$$V = f(I, A), \text{ ako je } I(E, S) \quad (5.1)$$

Shodno tome, relativni indeks povredivosti, odnosno kompozitni indikator povredivosti CV , biće funkcija indeksa osetljivosti CS , indeksa izloženosti CE , i indeksa kapaciteta prilagođavanja CA .

$$CV = f(CS, CE, AC) = (CS + CE) - AC \quad (5.2)$$

Za dimenzionisanje analitičkih komponenti povredivosti mogu se koristiti različiti osnovni indikatori, u zavisnosti od sistema, sektora, ili receptora i konteksta u kome se vrši procena. Prepoznaju se tri vrste indikatora: kvantitativni, kvalitativni i binarni indikatori. Kvantitativni indikatori (npr. prosečna količina padavina, broj elementarnih nepogoda, prosečna godišnja temperatura) su korisni za monitoring i evaluaciju. U slučajevima kada ne postoje podaci za kvantitativne indikatore mogu se koristiti kvalitativni ili binarni indikatori. Kvalitativni indikatori pružaju narativnu ili sažetu informaciju u vezi sa određenim pitanjima (npr. o stanju šumskih ekosistema). Binarni indikatori pružaju informacije u vidu odgovora da/ne. Na primer, na pitanje da li postoji uspostavljeni sistemi ranog upozorenja, očekuje se odgovor binarnog tipa (Lamhauge, Lanzi, & Agrawala, 2011).

Kada se ocenjuje u redovnim intervalima, indikator može da ukaže na pravac promene u različitim jedinicama, kroz vreme i u tom smislu može da posluži kao osnova za monitoring određenog fenomena. U kontekstu analize, indikatori su korisni u identifikovanju trendova i skreću pažnju na određena pitanja. Oni takođe mogu biti od pomoći u postavljanju prioriteta politike, *benchmarking-a* ili praćenja učinka (OECD, 2008). Indikatori povredivosti mogu biti

korisni u identifikaciji posebno ugroženih regiona, zajednica, vrsta, ekonomskog sektora ili infrastrukture, u podizanju svesti i definisanju prioriternih oblasti za prilagođavanje (Harley et al., 2008). Takođe mogu biti korisni u upoređivanju relativne povredivosti jednog mesta, grupe, sistema ili sektora u odnosu na neke druge (Erikson & Kelly, 2007). Indikatori bi, eventualno, mogli da se upotrebe kao smernice za distribuciju sredstava pomoći ugroženijim područjima; takođe, indikatori povredivosti se mogu koristiti za merenje napretka u cilju smanjenja povredivosti (Schauser, 2010) i mogu pomoći u razumevanju faktora koji doprinose povredivosti, čime se poboljšava sposobnost razvoja mera za prilagođavanje (Eriksen & Kelly, 2007).

U slučaju postojanja većeg broja indikatora, često se koriste kompozitni indikatori ili indeksi. Kompozitni indikatori, ili indeksi, imaju svoje prednosti i nedostatke. U ovom istraživanju su prikazane i analizirane one koje se oslanjaju na rad Saisane i Tarantola (2002). Indeks može da sumira kompleksne i multidimenzionalne realnosti i tako pomogne donosiocima odluka. Indeksi se lakše interpretiraju nego veći broj individualnih indikatora; takođe, indeksima se može oceniti progres posmatranog fenomena u toku vremena; oni daju mogućnost uključivanja većeg broja informacija; prateći progres, pozicioniraju odgovarajuće delovanje države, regiona, ili opštine u centar političke debate; olakšavaju komunikaciju sa javnošću i promovišu odgovornost donosioca odluka; omogućavaju korisnicima da efektivno upoređuju kompleksne fenomene.

Sa druge strane, ako su pogrešno konstruisani, indeksi mogu da emituju pogrešne signale donosiocima odluka i impliciraju pojednostavljene zaključke. Takođe, mogu se zloupotrebiti u korist političke propagande (usled nedostatka transparentnosti u procesu konstruisanja indikatora). Odabir indikatora i dodeljivanje težina može biti subjektivan i shodno tome nerelevantan. Takođe, može voditi pogrešnim odlukama ukoliko su dimenzije performansi koje su teško merljive izostavljene (OECD, 2008). Zbog toga se ovakve mogućnosti moraju jasno naglasiti, a donosioci odluka uputiti na potrebu za dodatnim merenjima na lokalnom nivou. U tom smislu, kreiranje indeksa povredivosti je ne samo naučni, već i politički zadatak. U procesu razvijanja kompozitnih indikatora (indeksa) povredivosti, transparentnost i jasnoća njihove konstrukcije predstavlja ključan aspekt.

Kada govorimo o indikatorima kao bitnim elementima u procenjivanju povredivosti i procesu prilagođavanja efektima klimatskih promena, važno je naglasiti da indikatori pružaju samo pregled stanja i promena, ali ne objašnjavaju kako je i zbog čega do određenih promena došlo (Lamhauge et al., 2011). U tom smislu ne mogu obuhvatiti sve potencijalne promene do

kojih može doći dejstvom klimatskih promena ili koje mogu nastati kao rezultat prilagođavanja (Melvin et al., 2003).

Procena povredivosti može uključiti različite aspekte koji podrazumevaju različite funkcionalne relacije osnovnih indikatora u odnosu na komponente povredivosti. Funkcionalne relacije istih indikatora se u različitim kontekstima mogu razlikovati. Na primer, porast nivoa mora će uvek uticati negativno na povredivost populacije u priobalnim područjima, dok sa druge strane, porast temperature može uticati i pozitivno i negativno na poljoprivredu u zavisnosti od konteksta u kome se posmatra. U tom smislu, za dimenzionisanje komponenti povredivosti mogu se koristiti različiti osnovni indikatori koji zavise od sistema, sektora ili receptora, i konteksta u kome se vrši procena.

U najširem smislu indikatori se mogu kategorisati u tri osnovne grupe (Ellis, 2014):

- Indikatori klimatskih promena koji se odnose na promene ključnih trendova u vezi sa temperaturom i padavinama;
- Indikatori uticaja klime;
- Indikatori uticaja na životnu sredinu (mere uticaj klimatskih promena na biofizičke sisteme);
- Indikatori uticaja na zajednice (mere uticaj klimatskih promena na društveno-ekonomske sisteme);
- Indikatori prilagođavanja (mere odgovor zajednice na uticaj klimatskih promena kroz kapacitet i aktivnosti prilagođavanja).

Osetljivost se odnosi na različite aspekte društvene, ekonomske, biofizičke realnosti u određenom kontekstu. Shodno tome, indikatori osetljivosti se mogu, u širem smislu, razvrstati u tri grupe: 1) indikatori društvenog aspekta, koji ukazuju na interne karakteristike društvenog sistema ili posmatrane zajednice za koju se određuje osetljivost na širok opseg mogućih uticaja klimatskih promena (npr. procenatualno učešće izdržavane populacije, populacije sa invaliditetom, populacije primalaca socijalne pomoći i sl.), 2) indikatori koji ukazuju na osetljivost biofizičkih sistema (npr. broj poplava, požara, suša za određeni vremenski interval), 3) indikatori ekonomskog aspekta, koji ukazuju na karakteristike posmatranog ekonomskog sistema (npr. zaduženost opštine po glavi stanovnika).

Grupa indikatora koja se odnosi na kapacitet prilagođavanja ukazuje na različite resurse posmatranog sistema koji određuju ukupnu sposobnost sistema da se prilagodi klimatskim

promenama. U tom smislu, indikatori ove komponente povredivosti se mogu posmatrati kroz sledeće grupe indikatora: 1) indikatori koji se odnose na prirodni kapital posmatranog područja (npr. procenat površine pod šumama, procenat površine pod obradivim zemljištem), 2) grupa indikatora koja se odnosi na društveni kapital (npr. stepen pismenosti, stopa rizika od siromaštva, gustina naseljenosti i sl.), 3) indikatori koji se odnose na ekonomski kapital (npr. prosečna bruto zarada, stopa nezaposlenosti), 4) indikatori koji se odnose na fizički kapital (npr. procenat savremenih šumskih puteva, procenat domaćinstva priključenih na vodu).

5.2.2 Ključni aspekti indikatora za procenu povredivosti

Veliki broj autora se bavio odabirom indikatora za procenu povredivosti. Da bi se smanjila kompleksnost izazova prilikom odabira indikatora, nekoliko autora je pokušalo da sumira ključne aspekte (Balica, Write, & van der Meulen, 2011; Miller, Sang, & Bok-Keun, 2013; Schauser, 2010). Njihova generalna sugestija jeste da se preciznije određivanje relevantnih indikatora može postići fokusiranjem na specifične i lokalizovane indikatore. Bilo da se predstavljaju u vidu kompozitnih indikatora ili su grupisani u okviru analitičkih komponenti izloženosti, osetljivosti i indikatora kapaciteta prilagođavanja, zbog moguće raznolikosti biofizičkih sistema i društveno-ekonomskog konteksta, fokusiranje na indikatore koji su specifični za posmatrani kontekst je od ključnog značaja (Miller et al., 2013).

U tom smislu, Schauser (2010) sugerše nekoliko ključnih elemenata za operacionalizaciju indikatora povredivosti. Između ostalog, one uključuju sledeće: a) fokusiranje samo na potencijalno ugrožene delove populacije i na ljudsko zdravlje (umesto na ekonomsku ili ekološku štetu), b) određivanje prostorne razmere za koju se razvija indikator, c) davanje prioriteta izloženosti i osetljivosti za koju postoje bolje serije podataka, d) raščlanjivanje osetljivosti na prostorne aspekte (gde će se uticaj osetiti), biofizičke aspekte (koje zemljište ili kakva infrastruktura je osetljiva) i društvene aspekte (koja populacija je osetljiva), d) prilikom konstrukcije kompozitnih indikatora treba koristiti jednostavne i transparentne modele agregacije, tako da se rezultati lako mogu razumeti i analizirati.

Sa druge strane, mnogi autori pružaju korisnu šemu za određivanje indikatora kroz određena pitanja za svaku od komponenti povredivosti (Fischer et al., 2013): 1) izloženost - koje promene u okolini ili događaji povezani sa klimatskim promenama mogu imati negativne uticaje na resurse na koje se ljudske zajednice u datom kontekstu oslanjaju? (npr. povećan broj poplava, povećana mogućnost za izbijanje požara usled povećanja temperature i sl.); 2) osetljivost – koliko klimatski povezane promene u lokalnim resursima utiču na korišćenje tih resursa? Koji segmenti ljudskih zajednica će biti pogođeni i zašto? (npr. da li se u posmatranom

kontekstu ekonomija oslanjanja na biofizičke uslove koje bi klimatske promene mogle da promene); 3) kapacitet prilagođavanja - koje sposobnosti imaju ljudske zajednice za prilagođavanje i ublažavanje uticaja klimatskih promena? (npr. raspoloživost i raspodela resursa, sposobnost da generišu i primenjuju nova znanja, sposobnost donošenja odluka i kolektivnog delovanja).

Takođe, bitno je uzeti u obzir da procena povredivosti podrazumeva dinamičnost, jer se kapacitet prilagođavanja vremenom poboljšava usled promene u percepciji, iskustvu i znanju (Miller et al., 2013) i kao takav utiče na relativnu povredivost.

Indikatori koji se odnose na klimatske promene su u različitim fazama razvoja i korišćenja. Indikatori klimatskih promena i indikatori uticaja na klimu su u naprednijoj fazi razvoja, dok su indikatori povredivosti i otpornosti na klimatske promene još uvek u ranim fazama razvoja (EEA, 2012).

5.3 Prostorni nivoi procene povredivosti

Tokom dosadašnje aktivnosti na polju procene povredivosti razvijen je veliki broj indeksa koji rangiraju države na globalnom nivou. Međutim, kao što određeni autori sugerišu (Fekete et al., 2010; Moser, 2005; Jacobs et al., 2005; Patt i Dessai, 2005), većina postojećih indeksa imaju izvesne metodološke, konceptualne, i empirijske slabosti, koje uključuju i nedostatak fokusa, jasnog koncepta, veliku osetljivost na alternativne metode za agregaciju podataka, ograničenu ili selektivnu dostupnost podataka, pružanje kredibilnih i relevantnih informacija, ili identifikaciju kranjih korisnika. Posledično, ne postoji konsenzus u vezi sa zemljama sa potencijalno najvećim stepenom povredivosti.

Najveći problem kod indeksa globalne povredivosti je nemogućnost sagledavanja velikog stepena raznovrsnosti faktora koji značajno utiču na ukupnu osetljivost određenih područja. U tom smislu, oni ne mogu adekvatno obuhvatiti specijalne uslove koje pojedine zemlje čine posebno osetljivim ili otpornim na KP. Na primer, kao što Brooks, Adger, i Kelly (2005) objašnjavaju, određeni broj karakteristika koji su od vitalnog značaja za sagledavanje otpornosti malih ostrvskih zemalja na klimatske promene, kao što su njihova mala prosečna nadmorska visina, mala površina ili skromna priobalna zaštita, nisu zajednička karakteristika velikog broja zemalja i shodno tome, često nisu sagledani u analizi povredivosti, pa samim tim ne dovode do značajnih statističkih promena u rangiranju.

Kao što Fekete (2010) i Næss (2006) objašnjavaju, integracija različitih prostornih nivoa prilikom procene povredivosti nosi sa sobom izvestan stepen kompleksnosti.

Fekete i saradnici (2010) u svom radu ukazuju na prednosti i slabosti za procenu povredivosti na različitim prostornim nivoima. Kada se govori o nacionalnom nivou, indeks povredivosti ima korisnu ulogu u opštoj proceni povredivosti i potencijalnu ulogu u odlučivanju u međunarodnim politikama prilikom dodeljivanja sredstava za delove sveta pogođene prirodnim katastrofama. Ograničenja indeksa povredivosti na ovom prostornom nivou se ogledaju u nemogućnosti identifikacije osnovnih uzroka ili glavnih obrazaca povredivosti. Zbog toga ovi indeksi retko imaju praktičnu primenu na nižim prostornim i upravljačkim nivoima prilikom kreiranja programa prilagođavanja.

Subnacionalni nivo (region, okrug, opština) omogućava na prvom mestu uključivanje podataka sa drugih prostornih nivoa prilikom procene povredivosti. Takođe, za ovaj nivo su često dostupni podaci iz nacionalnih statističkih zavoda za čitavu teritoriju jedne zemlje, što omogućava kontinualnu komparativnu procenu povredivosti na nacionalnom nivou. Sa druge strane, zbog tendencije za simplifikacijom u analitičkom smislu, postoji mogućnost zanemarivanja važnih komponenti povredivosti sa nižih prostornih nivoa (npr. percepcija povredivosti ili granične vrednosti otpornosti određenih sistema).

Lokalni nivo pruža mogućnost za uključivanje detaljnih informacija i preciznije sagledavanje kompleksnosti fenomena. Takođe, podaci su lakše dostupni i mogu se lakše primenjivati participativni metodi prilikom procene povredivosti. Međutim, neki podaci su često veoma specifični za lokalno okruženje i stoga je komplikovano upoređivanje vrednosti sa drugim gradovima ili oblastima, što otežava generalizaciju i širu primenu rezultata.

Iz prethodno navedenog, očigledan je zaključak da konstrukcija univerzalnog indeksa povredivosti predstavlja kompleksan izazov, naročito sa aspekta upotrebne vrednosti dobijenih rezultata i prevazilaženja konceptualnih problema na relaciji rezolucije podataka i prostornog nivoa za koji se sprovodi procena. Različite perspektive sagledavanja povredivosti se fokusiraju na različite skupove izazova, i podaci koji se generišu se međusobno mogu razlikovati ili dopunjavati. Næs i saradnici (2006) smatraju da pored konceptualnih poteškoća, inkorporacija različitih perspektiva o uticaju klimatskih promena na razvoj, kao i vrsta informacija i procesa na osnovu kojih se identifikuju oblasti na osnovu stepena povredivosti, imaju važne implikacije na odabir i kreiranje podataka, što je ključni faktor za odlučivanje o tome da li i kako se informacije mogu koristiti na lokalnom nivou.

U tom kontekstu, bitan aspekt predstavljaju krajnji korisnici informacija (npr. relevantne lokalne institucije, sekretarijati, agencije i sl.) i izazovi da se procena povredivosti konceptualizuje u skladu sa lokalnim kapacitetima za korišćenje datih informacija. U tom smislu Næs i saradnici (2006) sugerišu dijalektički pristup koji je dovoljno širok da uključi

različite perspektive i podatke (iz prirodnih i društvenih nauka, kao i lokalne informacije). Ovaj pristup obuhvata tri ključne komponente 1) okvir za identifikaciju ugroženih područja, uvažavajući različita gledišta; 2) tretman procene povredivosti kao dugoročnog procesa, a ne kao jednokratnog proizvoda; i 3) naglasak na integraciju rezultata procene povredivosti u lokalnim procesima.

Iskustva iz dijaloga sa akterima na lokalnom nivou ukazuju na skepticizam u pogledu korisnosti jedinstvenih indikatora povredivosti. U tom smislu O'Brien i suradnici (2003) smatraju da kontekstualni indikatori koji ukazuju na lokalne specifičnosti predstavljaju relevantniji konceptualni okvir.

6. ADAPTIVNO UPRAVLJANJE PROJEKTIMA

PRILAGODAVANJA

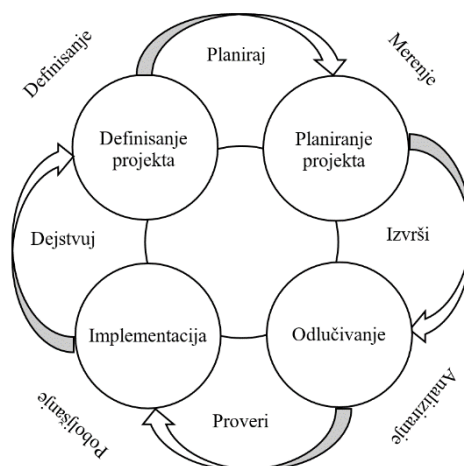
U ovom poglavlju disertacije razmatrani su principi adaptivnog upravljanja i mogućnosti primene ovog modela u upravljanju projektima prilagođavanja na klimatske promene.

6.1 Principi adaptivnog upravljanja projektima

Projekat se može definisati kao vremenski određena aktivnost kreirana u cilju postizanja specifičnog cilja uz zadata ograničenja i sa raspoloživim resursima. Projekat se odvija po fazama, vremenski je ograničen i ima svoj životni ciklus (PMI 2013). Za uspešnu realizaciju projekta potrebno je uspostaviti optimalnu strategiju upravljanja. Upravljanje projektom može biti definisano na dva načina: 1) kao skup procesa, tehnika za efikasno planiranje, organizaciju i kontrolu resursa potrebnih za implementiranje projekta i ostvarivanja ciljeva, kao i kontrolu potencijalnih rizika koji mogu ugroziti realizaciju projekta; i 2) kao upotrebu specifičnih alata u funkciji realizacije projekta kao što su alati za planiranje, monitoring, kontrolu, optimizaciju resursa i sl. (Sholarin & Awange, 2015). Upravljanje životnim ciklusom projekta se odvija kroz nekoliko osnovnih faza koje su prepoznatljive nezavisno od domena projektnog zadatka:

- Inicijacija projekta
- Planiranje
- Implementacija
- Zatvaranje projekta

Faze životnog ciklusa projekta se često definišu na osnovu PCDA (*Plan-Do-Check Act*) i DMAIC (*Define-Measure-Analyze-Improve-Control*) metodologije (Petts & Eduljee 1994). Zajednička osobina ovih metodologija je pristup koji podržava kontinuirani proces poboljšanja performansi upravljanja. Povezujući elemente obe metodologije, Sholarin i Awange (2015) daju konceptualno objašnjenje faza u životnom ciklusu projekta (Slika 6.1).



Slika 6.1. Konceptualni prikaz životnog ciklusa projekta

(Izvor: Sholarin & Awange, 2015)

Takođe, osnovne faze životnog ciklusa projekta, odnosno, procesa upravljanja projektima su definisane kroz relevantne standarde. U Tabeli 6.1 su prikazani procesi upravljanja kroz četiri standarda.

Tabela 6.1. Prikaz standarda za procese upravljanja

ISO21500:2012 PMBok guide	ISO 9001:2008 Upravljanje kvalitetom sistema	ISO 14001:2004 Upravljanje sistemima u životnoj sredini	ISO 31000:2009 Upravljanje rizicima u životnoj sredini
Iniciranje	Definisanje	Definisanje	Identifikacija
Planiranje	Merenje	Planiranje	Kategorizacija
Izvršenje	Analiza	Implementacija	Kvantifikacija
Kontrola	Poboljšanje	Pregled /revizija	Ocena
Zatvaranje	Zatvaranje	Kontinuirano poboljšanje	Zatvaranje

(Izvor: Sholarin & Awange, 2015)

Neizvesnost je najznačajnija karakteristika složenih sistema, u pogledu upravljanja, naročito kada su u pitanju biofizički sistemi i prirodni resursi. Adaptivno upravljanje, kao pristup koji se bavi identifikacijom i smanjivanjem kritičnih neizvesnosti u iterativnom postupku kroz „dijagnostičke eksperimente“ u procesu upravljanja, je viđeno kao adekvatan model upravljanja složenim sistemima (Rist et al., 2013). Adaptivno upravljanje je sistematski proces i društveni mehanizam regulisanja razvoja za poboljšanje politika i sprovođenje odluka koji uključuje jedan ili više aspekata neizvesnosti, sa naglaskom na analizu mogućih scenarija radi generisanja novog znanja o posmatranom sistemu. Podrazumeva sagledavanje različitih

perspektiva pri donošenju odluka; i praćenje promena uz prilagođavanje odgovarajućim ishodima (Hasselman, 2016). Adaptivno upravljanje podrazumeva da se ne može izabrati samo jedna politika/odluka kao najbolja, već je potrebno sagledati niz alternativa kako bi se prepoznali/otkrili najbolji postupci u bilo kom trenutku životnog ciklusa posmatranog sistema (Satterstrom et al., 2007).

Adaptivno upravljanje je nastalo kao model u oblasti upravljanja prirodnim resursima u uslovima neizvesnosti, pod nazivom Adaptivna procena stanja i upravljanje životnom sredinom (*eng. Adaptive Environmental Assessment and Management*) (Holling, 1978, Walters 1986). Međutim, adaptivno upravljanje se kao koncept prethodno razvijalo u oblasti eksperimentalnih nauka (Popper, 1968), teorije sistema (Ashworth, 1982), i industrijske ekologije (Allenby & Richards, 1994).

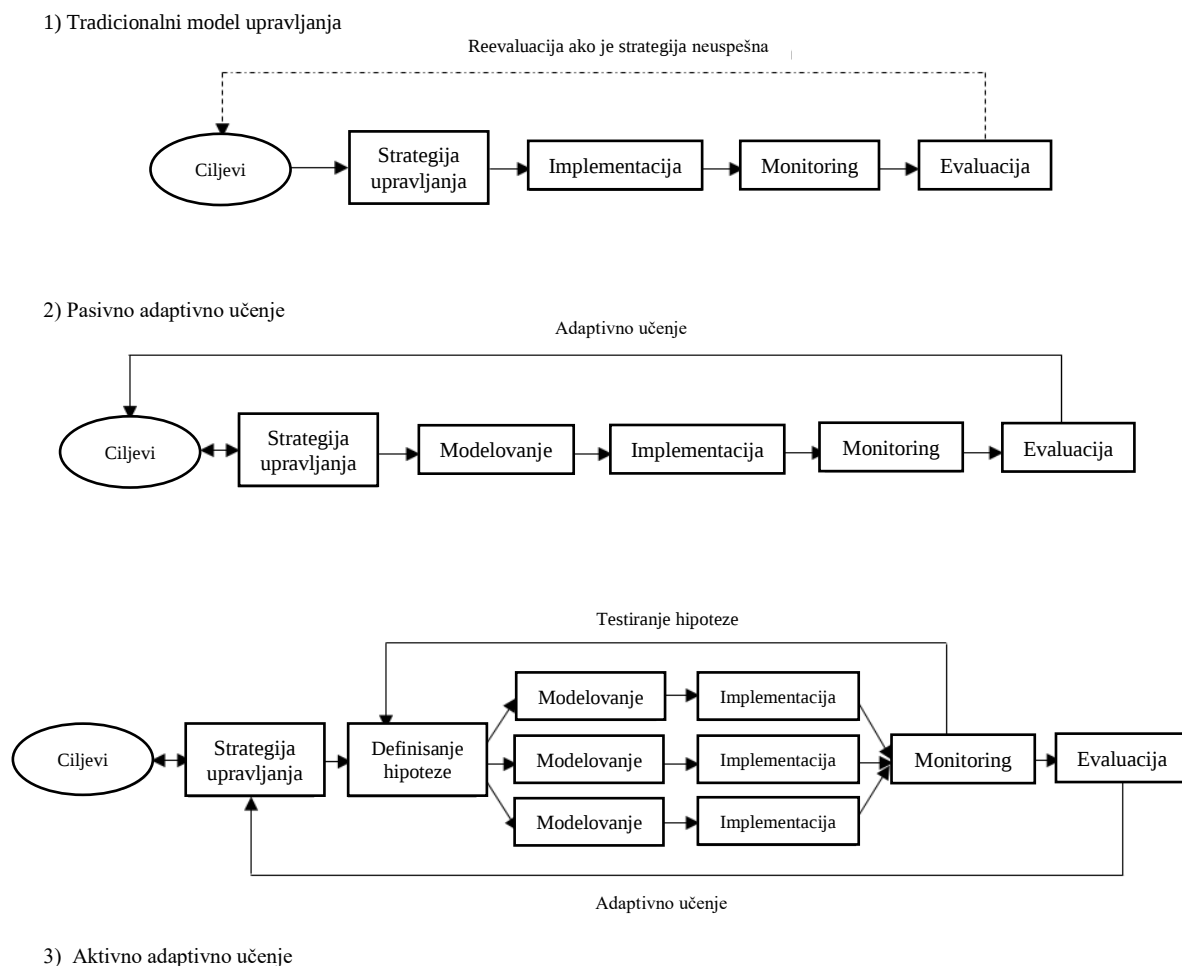
Izvori neizvesnosti u upravljanju složenim sistemima mogu biti različiti, npr. interpretacija podataka, prirodna varijabilnost sistema koji se posmatra, ili društveno-ekonomski faktori (NRC, 2004). S obzirom na to da se adaptivno upravljanje bazira na identifikaciji i integraciji elemenata neizvesnosti i odgovarajućih skupova mogućih scenarija u proces planiranja, ono uključuje fleksibilne mere koje se mogu prilagoditi novonastalim uslovima (Lee, 1999). Na taj način, ovaj pristup omogućuje odlučivanje kada su na raspolaganju oskudne informacije.

U okviru adaptivnog planiranja prepoznaju se dva pristupa: pasivno i aktivno adaptivno upravljanje. U svom istraživanju Anderson i saradnici (2003) daju neke od njihovih najznačajnijih karakteristika. Oba pristupa podrazumevaju kontinuirani monitoring i višestruke faze odlučivanja, s tom razlikom da se u slučaju pasivnog adaptivnog upravljanja selektuje najbolja alternativa za svaku od faza odlučivanja, dok se sa druge strane, u slučaju aktivnog adaptivnog upravljanja, ispituje spektar upravljačkih mogućnosti na osnovu potencijalnih scenarija, i nakon toga bira najbolja alternativa (Slika 6.2).

Kod pasivnog adaptivnog upravljanja ciljevi moraju biti jasno definisani na početku procesa. Sa druge strane, kod aktivnog pristupa, ciljevi su definisani na granici upravljačkih aktivnosti i procesa učenja. U oba slučaja cilj jeste učenje i smanjenje neizvesnosti u odlučivanju, ali kod aktivnog pristupa učenje podrazumeva dobro definisan proces koji će generisati nove informacije neophodne za donošenje budućih odluka. Neki od ključnih aspekata adaptivnog upravljanja su (NRC, 2004):

Definisanje modela sistema koji se posmatra. Modeli su svojevrsna apstrakcija strukture i dinamike određenog sistema i pružaju mogućnost simuliranja i testiranja upravljačkih odluka i identifikacije potencijalnih ograničenja ili nedostataka. Važno je

napomenuti da su modeli pojednostavljena verzija realnog sistema i retko u potpunosti interpretiraju dati sistem, i shodno tome, uključuju određeni stepen nepouzdanosti.



Slika 6.2. Modeli upravljanja

(Izvor: Satterstrom et al., 2007)

Spektar upravljačkih izbora (odluka). U procesu odlučivanja, čak i u slučajevima kada postoji konsenzus oko jedinstvenog cilja, izbor najbolje upravljačke alternative uključuje određeni stepen neizvesnosti u pogledu potencijalnih efekata izabrane mere. Proces izbora određene upravljačke mere uključuje procenu verovatnoće postizanja cilja primenom mere, sa jedne strane, i mogućnosti mere da u procesu implementacije generiše nova znanja o sistemu koja će informisati donosiocce novih odluka. U tom smislu, adaptivno upravljanje podrazumeva više alternativa čija realizacija ispunjava postavljeni cilj.

Monitoring i evaluacija rezultata. S obzirom na to da je osnovni cilj adaptivnog upravljanja unapređenje znanja o posmatranom sistemu i smanjene neizvesnosti u odlučivanju, ovaj pristup upravljanju podrazumeva integrisani sistem monitoringa u funkciji upoređivanja efekata implementiranih odluka sa postavljenim ciljevima. Svakako, monitoring ne garantuje uspešno upravljanje, već doprinosi povećanju znanja i informisanju nosioca budućih faza odlučivanja.

Mehanizam uključivanja novih znanja u buduće odluke. Adaptivno upravljanje je u funkciji kontinuiranog poboljšanja procesa odlučivanja kroz proces aktivnog učenja na bazi prethodnih rezultata. Posledično, mehanizam koji omogućava smislenu integraciju znanja dobijenog monitoringom predstavlja neophodan element za efikasno adaptivno upravljanje. Odsustvo ovakvog mehanizama onemogućava unapređenje upravljačkih odluka. Upravo je iterativno učenje na osnovu reakcija, odnosno, analize realizovanih odluka, esencijalna karakteristika koja čini upravljanje adaptivnim (Williams & Brown 2014).

U kontekstu upravljanja složenim sistemima izazov predstavlja i veliki broj spoljnih pritisaka koji često nose dugoročne rizike. Dugoročni rizici zahtevaju efikasne metode upravljanja bazirane na sistemima za podršku odlučivanju i adaptivnom upravljanju koje omogućava proces kontinuiranog učenja (Possingham et al., 2001; Williams et al., 2007). Istraživanja ukazuju na to da je za uspešnu primenu adaptivnog upravljanja potrebno akumulirano iskustvo i temeljno razumevanje različitih elemenata sistema i njihovih međusobnih relacija (Gerber et al., 2007). Analizirajući istraživanja koja se bave domenom adaptivnog upravljanja, McFadde i saradnici (2011) pokazuju da je adaptivno upravljanje prepoznato od strane akademske zajednice kao odgovarajući model za određene kontekste upravljanja. Takođe, adaptivno upravljanje je prihvaćeno kao zvanični model upravljanja od strane mnogih organizacija, kao što su Agencija za zaštitu životne sredine Sjedinjenih Američkih Država (USEPA, 2009), Konvencija o biološkoj raznovrsnosti (CBD, 2004), Svetski fond za zaštitu divljih životinja (WWF, 2007) i druge.

Na osnovu istraživanja koje su sprovedi Dreissl i saradnici (2017), koje se bavi ispitivanjem adaptivnog upravljanja kao efektivnim upravljačkim mehanizmom, može se zaključiti da je ova forma generalno prihvaćena kao model koji je efikasniji od tradicionalnog upravljanja. Sa druge strane, važno je pomenuti da postoji i konsenzus oko glavnih barijera za primenu adaptivnog upravljanja koje na prvom mestu uključuju finansijska ograničenja, i neophodnost uključivanja eksperata iz različitih disciplina. U tom kontekstu, a s obzirom na to da je smanjenje neizvesnosti polazna tačka adaptivnog upravljanja, Rist i saradnici (2013) definišu još dva ključna faktora koja mogu uticati na primenu ovog modela: 1) raspoloživost

resursa za upravljanje (tehničkih, personalnih i sl.) i 2) fleksibilnost upravljanja u pogledu koncepcije problema (formulisanja elemenata neizvesnosti). Aspekti adaptivnog upravljanja koji su najčešće korišćeni u praksi uključuju selekciju odgovarajućih alternativa, razmatranje rezultata i uključivanje zainteresovanih aktera u proces planiranja, dok se u fazi monitoringa u praksi češće upotrebljava tradicionalni pristup, nadgledanje ostvarivanja cilja, nego adaptivni pristup, koji podrazumeva povratni proces učenja (Dreissl et al., 2017).

Iako je koncept adaptivnog upravljanja relativno jednostavan, usled nerazumevanja šta ovakav pristup obuhvata, odnosno, u kojim kontekstima je njegova primena odgovarajuća i izvodljiva, česta je neadekvatna primena ovog modela zbog čega je uspešnost njegove implementacije neretko neizvesna (Rist et al., 2013). Razmatrajući ovo pitanje, Rist i saradnici (2013) na osnovu analize literature, izdvajaju nekoliko bitnih aspekata, koji ukazuju na moguće neadekvatne primene adaptivnog upravljanja. Neki od njih uključuju, na primer, izazove vezane za definisanje dugoročnih rizika i odgovarajuće investicije (Allen & Gunderson 2011, Duncan & Wintle 2008), postojanje prakse reaktivnog upravljanja i odlaganja akcije (Keith et al. 2011) u fazi planiranja; poteškoće u sprovođenju eksperimenata (Keith et al. 2011), neiskorišćavanje generisanih znanja i informacija za informisanje donosioca novih odluka (Duncan & Wintle 2008) u fazi implementacije; nedovoljno istraživanje mogućih scenarija (Gregory et al. 2006), u fazi evaluacije i analize, kao i nedostatak podataka da bi se ocenila efikasnost primene odabranih rešenja (McFadden et al. 2011).

U svom kritičkom osvrtu na aspekte adaptivnog upravljanja, Satterstrom i saradnici (2007) predlažu integraciju alata za pomoć pri odlučivanju u proces adaptivnog upravljanja. Oni sugerišu metode višekriterijumskog odlučivanja koje svojim karakteristikama mogu doprineti unapređenju adaptivnog odlučivanja, i u simultanoj primeni pružiti sveobuhvatni okvir za upravljanje. Ovakav okvir omogućava strukturno odlučivanje i prilagođavanje odluka na osnovu njihovih krajnjih efekata. Zapravo, kroz povratni mehanizam moguće je ponovo rangirati alternative, ciljeve i kriterijume na osnovu osmotrenih performansi.

6.2 Prednosti primene modela adaptivnog upravljanja u projektima prilagođavanja

Kao prednosti adaptivnog upravljanja, između ostalih, ističu se mogućnost unapređenja performansi upravljanja i sistema kojim se upravlja (Mintzberg 2007), doprinos kontinuiranom sprovođenju politike u uslovima konstantnih promena (Mintzberg 2007; Pagan & Crase, 2005), i mogućnost formiranja adekvatnog metodološkog okvira za planiranje i upravljanje procesima

prilagođavanja i suočavanja sa posledicama globalnih promena kao što su klimatske promene, bezbednost vode, rast populacije i sl. Adaptivni pristup upravljanju naglašava važnost participacije u procesima formulisanja ciljeva, standarda, metoda i u drugim upravljačkim izazovima koje neizostavno treba uzeti u obzir prilikom suočavanja sa kompleksnim poroblomom kao što je prilagođavanje efektima klimatskih promena (Armitage et al., 2011; Lane et al., 2011; Klinke & Renn, 2012).

Evropska agencija za zaštitu životne sredina naglašava da klimatske promene donose nove dimenzije kompleksnosti za koje adaptivno upravljanje možda predstavlja i jedini adekvatni okvir (Gardner, 2013). Ruhl i Fischman (2010) u svom radu podržavaju ovaj argument, sugerišući da će efekti klimatskih promena na prirodne resurse biti nelinearni, složeni i dinamični, predvidivi samo u kratkim vremenskim periodima, pa je u skladu sa tim očigledna potreba za fleksibilnim upravljačkim pristupima kao što je adaptivno upravljanje. Relevantnost ovih preporuka se može videti na primeru Velike Britanije, koja je prihvatila pristup adaptivnog upravljanja kao okvir za nacionalni program prilagođavanja na klimatske promene (Kuklicke & Demeritt, 2016).

Kada je reč o klimatskim promenama, metodološki okvir adaptivnog upravljanja se konceptualno uklapa u strategiju planiranja prilagođavanja na efekte klimatskih promena. Klimatske politike se razvijaju, sprovode i kontinuirano ocenjuju u kontekstu promene društvenih, ekonomskih, i ekoloških okolnosti (Maxim & van der Sluijs 2011). U tom smislu, adaptivno upravljanje pruža sveobuhvatni okvir za proces refleksivne evaluacije upravljačkih odluka (Voß et al., 2006; 2005; Huiteima et al., 2009) i inkorporaciju ažuriranog znanja u nove odluke. Upravljanje politikama u domenu klimatskih promena je bazirano na proceni specifičnih rizika. Upravljanje zasnovano na riziku i adaptivno upravljanje imaju zajedničko poreklo u odlučivanju baziranom na predviđanju scenarija/verovatnoće realizacije određenog rizika, i u tom smislu su prepoznati kako kompatibilni pristupi (Lempert & Collins, 2007; Hallegatte, 2009).

U oblasti klimatskih promena, adaptivno upravljanje je, kao pristup, najčešće korišćeno u domenu upravljanja ekosistemima (Prato 2010), monitoringu kvaliteta vazduha (Stubbs & Lemon 2001), upravljanju vodnim resursima (Schulze, 2011), trgovinom emisijama ugljen dioksida (Satterstrom et al., 2007), zaštiti ugroženih vrsta (Gardner, 2013). Takođe, u svojoj aktivnoj formi, prepoznat je i potencijal adaptivnog upravljanja u procesima prilagođavanja sistema zaštite javnog zdravlja na efekte klimatskih promena na lokalnom i regionalnom nivou, zbog mogućnosti višestrukog ispitivanja odluka (Hess et al., 2012).

U dosadašnjoj teoriji i praksi je razvijen veliki broj alata za uspostavljanje i primenu adaptivnog upravljanja u oblasti klimatskih promena. Oni se prema Hessovoj i saradnicima (2012) dele u tri kategorije: 1) alate za procenu i lociranje potencijalnih opasnosti i osetljivih društvenih grupa, 2) alate za modelovanje specifičnih klimatskih rizika i 2) alate za podršku odlučivanju u izboru mera prilagođavanja.

Izazovi u domenu klimatskih promena spadaju u kategoriju složenih problema sa visokim stepenom neizvesnosti, koji uključuju čitav spektar uticaja i promenljivih, kao i obuhvataju različite prostorne nivoe i odložene povratne efekte. Neki autori smatraju da adaptivno upravljanje nije adekvatan model upravljanja u domenu klimatskih politika, posmatrajući ovaj problem sa aspekta kumulativne neizvesnosti i potencijalnih rizika koji karakterišu klimatske promene (Norgaard et al., 2009, Williams 2011). Međutim, ovakav pristup može voditi pogrešnom tumačenju adekvatnog izbora strategije upravljanja. Naime, prilikom izbora strategije važno je uzeti u obzir formu i prirodu neizvesnosti koja se posmatra, i u skladu sa tako definisanim domenom dimenzionisati potrebne resurse. Kao što Rist i saradnici (2013) objašnjavaju, svaka „monolitna“ neizvesnost predstavlja problem za odabir strategije upravljanja. Međutim, sagledavanjem „monolitne“ neizvesnosti kroz njene potskupove, možemo prepoznati one za koje adaptivno upravljanje predstavlja adekvatan upravljački model. Kako Rist i saradnici (2013) navode u primeru iz svoje studije, skup ograničenja u pogledu resursa za upravljanje određenim šumskim ekosistemom, ako posmatramo sve efekte klimatskih promena, može sprečiti implementiranje adaptivnog upravljanja zbog stepena kompleksnosti. Međutim, ako posmatramo samo određen, specifičan aspekt, kao što je recimo potencijalni rizik od suša, onda se lako može primeniti ovaj model za odabir vrsta otpornijih na suvlje klimatske uslove.

Takođe, kada razmatramo vremenski aspekt, kako to objašnjava Schulze (2011) u svom istraživanju, prilagođavanje klimatskim rizicima može se posmatrati na tri nivoa: 1) reakcije na trenutnu varijabilnost (ova perspektiva uključuje učenje iz prošlih adaptacija na klimatske promene), 2) reakcije na osmotrene srednjoročne i dugoročne klimatske trendove i 3) proaktivno (anticipatorno) planiranje u odgovoru na scenarije klimatskih promena dobijene modeliranjem. Upravljanje prilagođavanjem u preseku ova tri nivoa, koja predstavljaju kontinuitet i osnovu za iterativno unapređenje znanja i razumevanje potencijalnih rizika, u skladu je sa strukturom adaptivnog upravljanja. U tom kontekstu, der Voorn i saradnici (2011), predlažu integraciju „backcasting“ metode koja, kao komplementarni pristup, može metodološki unaprediti okvir adaptivnog upravljanja za potrebe formulisanja strategija i politika klimatskih promena.

Izazovi planiranja politika i strategija prilagođavanja klimatskim promenama zahtevaju fleksibilnu strategiju upravljanja. U tom smislu, primena adaptivnog upravljanja ima veliki potencijal ukoliko se adekvatno primenjuje. Svakako, važno je uzeti u obzir činjenicu da, iako adekvatan, ovaj pristup ne podrazumeva uvek jednostavna rešenja.

7. DEFINISANJE POLAZNIH OSNOVA ZA RAZVOJ MODELA

Na osnovu istraživanja izloženog u prethodnim poglavljima, u ovom poglavlju definisano je devet polaznih osnova i isto toliko posebnih ciljeva kojima se teži pri razvoju metodološkog okvira modela za integrisano upravljanje izborom mera prilagođavanja na klimatske promene na lokalnom nivou, odnosno, ostvarivanja osnovnog cilja disertacije.

Polazna osnova 1. Nedostatak jedinstvenog sistema za podršku odlučivanju u upravljanju procesima prilagođavanja na nacionalnom i subnacionalnim nivoima.

Klimatski trendovi i scenario klimatskih promena za teritoriju Srbije ukazuju na značajne promene klime, čiji efekti mogu imati značajne uticaje na ukupan razvoj u dolazećim dekadama. Na nacionalnom i subnacionalnim nivoima (regionalnom, okružnom, opštinskom), još uvek nije razvijen jedinstveni sistem za podršku odlučivanju u upravljanju procesima prilagođavanja, što odlaže početak sinhronizovane aktivnosti prilagođavanja na svim prostorno-upravljačkim nivoima, uprkos potencijalnim rizicima. Sprovedena analiza strategija lokalnog održivog razvoja dodatno ukazuje na odsustvo jedinstvenog metodološkog pristupa planiranju na lokalnom nivou, i odsustvo mehanizma za izbor i procenu relevantnosti razvojnih mera.

Posebni cilj 1. Razviti integrisani model za podršku odlučivanju na subnacionalnom nivou koji će ponuditi metodološki okvir za procenu povredivosti na različitim prostornim nivoima i odgovarajući izbor mera prilagođavanja.

Polazna osnova 2. Nedostatak mogućnosti integrisanog sagledavanja prilagođavanja kroz pojedinačne mere.

Nacrt *Zakona o klimatskim promenama*, predviđa definisanje Programa prilagođavanja na izmenjene klimatske uslove, u okviru koga će se definisati prioritetne mere u okviru sektora, plan za njihovu implementaciju, izveštavanje i identifikaciju potreba za sprovođenje mera. Iniciranje i investiranje u projekte i planove prilagođavanja na klimatske promene može zavisiti od ostalih razvojnih prioriteta i kratkoročnih rizika, i posledično, biti marginalizovano kao prioritet. Mogućnost integrisanog sagledavanja prilagođavanja kroz pojedinačne (prioritetne) mere može doprineti afirmaciji samog procesa.

Posebni cilj 2. Razviti mehanizam za planiranje prilagođavanja na nivou jedne prioritetne mere, ili skupa prioriteta (kao mikro-projekta).

Polazna osnova 3. Nizak nivo profesionalnog kapaciteta za planiranje na lokalnom nivou.

Istraživanje je pokazalo da na lokalnom nivou nedostaju profesionalni resursi za planiranje i da postoji velika zavisnost od spoljnih eksperata za iniciranje i sprovođenje procesa planiranja. To može dovesti do odlaganja početka procesa prilagođavanja zbog nedostatka potrebnog znanja ili finansijskog kapaciteta za angažovanje eksperata, i potencijalno, do implementiranja generičkog planskog pristupa koji nije u saglasnosti sa postojećim razvojnim trendovima na lokalnom nivou. Sa druge strane, pregledom alata za planiranje prilagođavanja u datim skupovima mera, primećeno je odsustvo mogućnosti transparentnog uvida u ključne aspekte odlučivanja prilikom izbora mera, u odnosu na kontekst iz koga su mere selektovane kao primeri dobre prakse. Ti aspekti mogu uključivati, na primer, skupove kriterijuma na osnovu kojih je mera izabrana, status u procesu implementacije, period validacije, izazove za praćenje implementacije, način finansiranja, aspekte neizvesnosti i rizika i sl. Integracija ovih aspekata može pružiti dodatne mogućnosti donosiocima odluka da na što efikasniji način izvrše izbor odgovarajuće mere i značajno doprineti izgradnji kapaciteta za odlučivanje.

Posebni cilj 3. Razviti mehanizam koji podržava izgradnju kapaciteta kroz transparentni prikaz kriterijuma za izbor mera i pruža uvid u faktore rizika implementacije odabranih mera.

Polazna osnova 4. Nedostatak mehanizma za praćenje implementacije mera i potencijalnih efekata.

Efikasno prilagođavanje na klimatske promene podrazumeva kontinuirani proces unapređenja znanja o povredivosti posmatranog sistema i evaluaciju efikasnosti primenjenih mera na smanjenje rizika od posmatranog klimatskog uticaja, s jedne strane, i razumevanja zbirnog uticaja skupa mera na stepen prilagođavanja posmatranom uticaju, odnosno, smanjenju rizika od posmatranog uticaja, sa druge strane. U istraživanju je utvrđeno da veliki procenat strateških mera u analiziranim strategijama zahteva aktivnosti koje bi se odvijale izvan vremenskog okvira strategije. Međutim, u metodologiji planiranja mera (u analiziranim strategijama) nije prisutan mehanizam za praćenje implementacije mere i procenu njenih potencijalnih efekata u skladu sa zadatim ciljem. Kada su u pitanju mere prilagođavanja, odsustvo mehanizma za praćenje životnog ciklusa mere i njenog uticaja na povećanje kapaciteta prilagođavanja, može uticati na efikasnost procesa prilagođavanja.

Posebni cilj 4. Omogućiti mehanizam za sagledavanje simultanog efekta skupa mera na posmatrani klimatski uticaj u određenom sektoru, u funkciji izbora prioriternih mera i upravljanja životnim ciklusom mere (skupa mera).

Polazna osnova 5. Neophodnost adaptivnog pristupa upravljanju.

Važno je uzeti u obzir da procena povredivosti podrazumeva dinamičnost, jer se kapacitet prilagođavanja vremenom poboljšava usled promene u percepciji, iskustvu i znanju (Miller et al., 2013) i kao takav utiče na relativan stepen povredivosti.

Posebni cilj 5. Definirati sistem kao kontinuirani proces, zasnovan na principima adaptivnog upravljanja.

Polazna osnova 6. Neophodnost usklađivanja informacija na različitim prostornim nivoima.

Lokalni nivo pruža mogućnost za uključivanje detaljnih informacija, i preciznije sagledavanje kompleksnosti fenomena. Takođe, dostupnost podataka na lokalnom nivou je obično zadovoljavajuća, i lakše se mogu primenjivati participativni metodi prilikom procene povredivosti. Sugestije brojnih istraživača upućuju na to da se preciznije određivanje relevantnih indikatora može postići fokusiranjem na specifične i lokalizovane indikatore (Balica et al., 2011; Miller, Sang, & Bok-Keun, 2013; Schauser, 2010; Miller et al., 2013). Sa druge strane, često se događa da su određeni podaci veoma specifični za lokalni kontekst i stoga je otežano upoređivanje sa drugim gradovima ili oblastima, što otežava generalizaciju i širu primenu rezultata.

Posebni cilj 6. Omogućiti mehanizam za generalizaciju, odnosno, integrisanje lokalnih specifičnih indikatora u procenu povredivosti na višim prostornim nivoima.

Polazna osnova 7. Potreba za alatima koji su u direktnoj funkciji izbora mera prilagođavanja.

Istraživanje ukazuje na veću zastupljenost alata koji se fokusiraju na organizaciju planiranja prilagođavanja na generalnom nivou i aspekte procene uticaja i povredivosti, s jedne strane, i manju zastupljenost alata koji su u direktnoj funkciji odlučivanja pri izboru mera prilagođavanja, sa druge strane.

Posebni cilj 7. Razviti modele koji su u direktnoj funkciji odlučivanja pri izboru mera.

Polazna osnova 8. Uključiti heterogene tipove podataka.

U kontekstu prikupljanja podataka, ključno pitanje je da li i kako se dobijene informacije mogu koristiti na lokalnom nivou. U tom kontekstu, bitan aspekt predstavljaju krajnji korisnici informacija (npr. relevantne lokalne institucije, sekretarijati, agencije i sl.) i izazovi da se procena povredivosti konceptualizuje u skladu sa lokalnim kapacitetima za korišćenje datih informacija. U tom smislu, neki istraživači (Næss et al., 2006) sugerišu pristup koji je dovoljno širok da uključi različite perspektive i podatke.

Posebni cilj 8. Omogućiti integraciju različitih tipova podataka prilikom izbora mere i procene povredivosti.

Polazna osnova 9. Prepoznavanje postojećih mera prilagođavanja.

Prethodno istraživanje ukazuje na činjenicu da postojeće strategije lokalnog održivog razvoja sadrže određeni broj mera koje imaju karakteristike mera prilagođavanja, ali nisu konceptualno definisane u kontekstu klimatskih promena. Pretpostavka je da su za implementaciju mera sadržanih u strategijama predviđeni potrebni uslovi u smislu ljudskih, tehničkih i institucionalnih kapaciteta. Afirmacija već postojećih mera doprinosi efikasnosti planiranja, jer smanjuje mogućnost za potencijalno dupliranje resursa i aktivnosti.

Posebni cilj 9. Omogućiti afirmaciju postojećih mera koje su u funkciji prilagođavanja posmatranog sektora.

U skladu sa definisanim polaznim osnovama, u narednim poglavljima razmatrane su mogućnosti simultane primene metoda Bajesovih mreža, višekriterijumske analize, i geoinformacionih sistema u cilju razvoja metodološkog okvira modela za integrisano upravljanje izborom mera prilagođavanja na klimatske promene na lokalnom nivou.

8. STRUKTURA I PRIMENLJIVOST BAJESOVIH MREŽA U PROJEKTIMA PRILAGODAVANJA NA KLIMATSKE PROMENE

U ovom poglavlju razmatrana je struktura Bajesovih mreža i analizirane su prednosti i ograničenja primene Bajesovih mreža za potrebe modelovanja sistema u kontekstu upravljanja projektima prilagođavanja.

8.1 Struktura Bajesovih mreža

Procena rizika i upravljanje rizikom od klimatskih promena podrazumevaju istovremeno sagledavanje više uzroka rizika i adaptivni pristup u planiranju (Doll & Romero-Lankao, 2017; Landis et al., 2013). Proces prilagođavanja na klimatske promene uključuje značajan stepen neizvesnosti u sagledavanju načina funkcionisanja sistema i načina na koji će određene odluke doprineti prilagođavanju očekivanim klimatskim promenama (Catenacci i Giupponi, 2009). U tom smislu, preporučuje se primena integrisanih modela, kao što su Bajesove mreže (BM), koji daju mogućnost za: 1) simultanu analizu više uzroka rizika; 2) integraciju faktora neizvesnosti u model; i 3) integraciju efekata mera prilagođavanja na promenu stanja sistema (Hamilton et al., 2015; Kelly et al., 2013).

Zbog mogućnosti pretvaranja pretpostavki o uzrocima u obrasce uslovnih zavisnosti, primena BM kao okvira za holističko posmatranje kompleksnih sistema je u porastu, kada se radi o procesima upravljanja i odlučivanja u uslovima neizvesnosti. BM pripadaju širokoj klasi modela koji se mogu koristiti za predstavljanje acikličnih statističkih podataka, i prikazivanje zajedničke raspodele verovatnoće. Njihova osnovna karakteristika je sposobnost da kodiraju smernice koje mogu da predstavljaju uzročno-posledične odnose, što predstavlja prednost u odnosu na druge grafičke modele koji to ne mogu (Margaritis, 2003). Da bi se objasnila logika primene BM kao alata za podršku odlučivanju u uslovima neizvesnosti, potrebno je objasniti tri ključna aspekta: uslovnu verovatnoću, koncept grafova i Markovljevo svojstvo.

Uslovna verovatnoća

Bajesove mreže su grafičke strukture veza verovatnoće između promenljivih od interesa. Dakle, na osnovu njih se mogu izvoditi zaključci o mogućim stanjima posmatranih promenljivih sa stanovišta verovatnoće. Postoje različiti pristupi konceptualizaciji verovatnoće, od kojih najznačajniji uključuju pristup verovatnoći kao odnosu, kao relativnoj učestalosti, i kao stepenu verovanja (Neapolitan, 2004). Jedan od važnih koncepata u teoriji verovatnoće jeste koncept uslovne verovatnoće, koji je od ključnog značaja za njeno

izračunavanje (Korb & Nicholson, 2011). U teoriji verovatnoće, uslovna verovatnoća je stepen verovatnoće realizacije posmatranog događaja na osnovu dokaza ili verovanja da je došlo do realizacije drugog (prethodnog) događaja. Na osnovu pregleda literature u nastavku je data matematička formulacija uslovne verovatnoće (Rajter-Ćirić, 2013; Neapolitan, 2004; Stojaković, 2013; Lozanov-Crvenković, 2012; Mladenović, 1995).

Familja F podskupova od $\Omega \neq \emptyset$ je σ – algebra ako zadovoljava aksiome

1. $\Omega \in F$
2. Ako $E \in F$ onda i komplement $\bar{E} \in F$
3. Ako su $E_i \in F, i \in \mathbb{N}$, tada i $\bigcup_{i=1}^{\infty} E_i \in F$

Neka je skup Ω skup elementarnih događaja i neka je na njemu data σ – algebra F . Skupove iz σ – algebre zovemo slučajnim događajima, skup Ω siguran događaj, a $\emptyset$ nemoguć događaj. Onda uređen par (Ω, F) zovemo merljiv prostor događaja.

Ako je (Ω, F) merljiv prostor događaja, onda se skupovna funkcija $P: F \rightarrow [0,1]$ zove verovatnoća ako ima sledeće osobine:

1. $P(\Omega)=1$
2. Ako su $E_1, E_2, \dots$ disjunktni događaji iz F tada važi $P(\bigcup_{n=1}^{\infty} E_n) = \sum_{n=1}^{\infty} P(E_n)$

Uređena trojka (Ω, F, P) naziva se prostor verovatnoće.

Neka su E i D događaji iz istog prostora verovatnoća (Ω, F, P) , i neka je $P(D)>0$. Tada je uslovna verovatnoća događaja E , ako se realizovao događaj D , označena u formi $P(E|D)$, jednaka:

$$P(E | D) = \frac{P(ED)}{P(D)} \quad (8.1)$$

Uslovne verovatnoće događaja iz istog prostora verovatnoća, u odnosu na neki događaj iz tog prostora, imaju sve osobine verovatnoće. Ako se posmatra više različitih događaja iz istog prostora verovatnoće, uslovne verovatnoće daju mogućnost izračunavanja verovatnoće preseka posmatranih događaja. Presek događaja $E \cap D$, je događaj koji se ostvaruje kada su se realizovala oba događaja, i E i D .

Neka su $E_1, E_2, \dots, E_n$ događaji iz istog prostora verovatnoće i neka je presek tih događaja neprazan skup. Tada je:

$$P(E_1, E_2, \dots, E_n) = P(E_1)P(E_2 | E_1)P(E_3 | E_1E_2)\dots P(E_n | E_1E_2\dots E_{n-1}) \quad (8.2)$$

U posmatranom prostoru verovatnoća, određeni događaji takođe mogu biti i međusobno nezavisni ako zadovoljavaju sledeći uslov:

$$P(E | D) = P(E)P(D) \quad (8.3)$$

Iz prethodnih definicija može se zaključiti da za nezavisne događaje E i D važi: $P(E|D) = P(E)$ i $P(D|E) = P(D)$.

Nad posmatranim skupom događaja moguće je izračunati i potpunu verovatnoću. Neka je $(\Omega, \mathcal{F}, P)$ prostor verovatnoća i neka $H_1, H_2, \dots, H_n \in \mathcal{F}$ zadovoljavaju sledeće uslove

1. $P(H_i) > 0, i = 1, 2, \dots, n$.
2. $H_i \cap H_j = \emptyset, i, j = 1, 2, \dots, n, i \neq j$
3. $\sum_{i=1}^n H_i = \Omega$

Događaji $H_1, H_2, \dots, H_n$ nazivaju se hipoteze, a $\{H_1, H_2, \dots, H_n\}$ potpun sistem događaja. Ako događaji $H_1, H_2, \dots, H_n$ čine potpun sistem događaja u odnosu na događaj E , tada se potpuna verovatnoća izražava jednačinom:

$$P(E) = \sum_{k=1}^n P(H_k)P(E | H_k) \quad (8.4)$$

Proizvod apriorne i uslovne verovatnoće podeljen marginalnom verovatnoćom predstavlja aposteriornu verovatnoću, odnosno bajesovu teoremu prikazanu sledećom formulom:

$$P(H_i | E) = \frac{P(H_i)P(E | H_i)}{\sum_{j=1}^n P(H_j)P(E | H_j)} \quad (i = 1, 2, \dots, n), E \in \mathcal{F} \quad (8.5)$$

Teorija grafova

Za konceptualno predstavljanje sistema iz realnog sveta vrlo često se koriste različiti vidovi apstraktnih matematičkih objekata u vidu grafova koji služe kao modeli za opis strukture podataka. U pogledu strukture, grafovi se sastoje iz tačaka, odnosno čvorova, i linija koje ih povezuju i određuju odnose između njih. Grafovi se mogu podeliti na usmerene i neusmerene.

U nastavku je dato objašnjenje usmerenih i neusmerenih grafova na osnovu rada Bondya i Murtya (2008).

Neka je V konačan skup i neka je E skup dvoelementnih podskupova (neuređenih parova) od V . Graf G je uređeni par $G=(V,E)$ gde elemente skupa V nazivamo čvorovima grafa G , a elementa skupa E nazivamo granama grafa G .

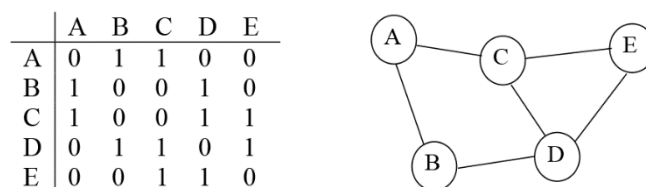
Ako su $a,b \in V$ dva čvora, a granu između čvorova a i b označavamo sa (a, b) , i u tom slučaju kažemo da su čvorovi a i b povezani, i ako je zadovoljen uslov da je (a, b) isto što i (b, a) , onda takav graf nazivamo neusmerenim grafom.

Uređeni par $G=[V,E]$ nazivamo usmerenim grafom (digrafom), ako je V skup čvorova i E skup uređenih parova čvorova iz V . Kod usmerenih grafova za grane između čvorova važi uslov da (a, b) nije isto što i (b, a) .

Za predstavljanje čvorova u grafu se koristi matrica povezanosti. Ako je $G=[V,E]$ neusmereni graf gde je $V=\{1,2,\dots,n\}$, onda je matrica povezanosti A grafa G $n \times n$ simetrična matrica definisana sa

$$A(i,j) = \begin{cases} 1, & \text{ako } (i,j) \in E \text{ ili } (j,i) \in E \\ 0, & \text{inače.} \end{cases}$$

Na slici 8.1 je dat primer jednog neusmerenog grafa sa matricom povezanosti.



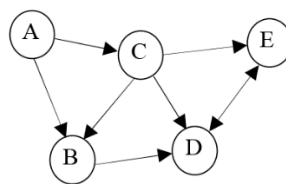
Slika 8.1. Primer neusmerenog grafa sa matricom povezanosti

Za usmereni graf (digraf) $G=[V,E]$, gde $V=\{1,2,\dots,n\}$, matrica povezanosti A grafa G $n \times n$ je definisana sa

$$A(i,j) = \begin{cases} 1, & \text{ako je } (i,j) \in E \\ 0, & \text{inače.} \end{cases}$$

Na slici 8.2 je dat primer jednog usmerenog grafa sa matricom povezanosti.

	A	B	C	D	E
A	0	1	1	0	0
B	0	0	0	1	0
C	0	1	0	1	1
D	0	0	0	0	1
E	0	0	0	1	0



Slika 8.2. Primer usmerenog grafa sa matricom povezanosti

Put između dva čvora na grafu je niz grana koji spaja dva posmatrana čvora, a u kome se svaka grana pojavljuje samo jedanput. Grafovi se definišu kao ciklični, ako u njihovoj strukturi postoji barem jedan ciklus, odnosno, put koji počinje i završava se istim čvorom, i kao aciklični, ako u njihovoj strukturi ne postoji ni jedan ciklus. Sledeći terminologiju grafova, Bajesove mreže spadaju u grupu acikličnih usmerenih grafova.

Markovljevo svojstvo

Za definisanje Markovljevog svojstva, potrebno je objasniti Markovljev model. Markovljev model je statistička metoda. U nastavku su date matematičke definicije Markovljevog modela na osnovu relevantne literature (Blunsom et al., 2004; Stojaković, 2013; Neapolitan, 2004; Ghahramani, 2001).

Slučajni procesi

$\{X_t : t \in [0, T]\}$ je slučajni proces ako je X funkcija $X: \Omega \times [0, T] \rightarrow \mathbb{R}$ koje je za svako fiksirano $t \in [0, T]$ slučajna promenljiva $X \in \Omega \rightarrow \mathbb{R}$, gde je X_t slučajna promenljiva diskretnog tipa, odnosno, uzima vrednosti iz skupa $\{0, 1, 2, \dots\}$, a t predstavlja vreme. Odnosno, X_t predstavlja stanje sistema u vremenu t .

Markovljevi lanci i Markovljevi procesi

Kada posmatramo nizove slučajnih promenljivih, u zavisnosti od toga da li je skup T diskretan ili $T \in [0, +\infty)$ razlikujemo slučajne lance i slučajne procese. Ako je T diskretan skup, odnosno, ako $T = t_0, t_1, \dots, t_n, \dots$ tada se slučajni proces $X_n, n \in \mathbb{N}_0$ naziva slučajnim lancem, dok u slučaju kada $T \in [0, +\infty)$ imamo slučajni proces sa neperkidnim vremenom.

Markovljevi modeli se mogu opisati sekvencama stanja sistema. Ako posmatramo sistem koji se sastoji od n unapred poznatih mogućih stanja $\{x_1, \dots, x_n\}$, i pretpostavimo da se moguće promene stanja sistema vrše u jednakim vremenskim intervalima, onda važi sledeća relacija

$$P\{X_t = x_j | X_{t-1} = x_i, X_{t-2} = x_k, \dots\} = P\{X_t = x_j | X_{t-1} = x_i\} \quad (8.6)$$

gde je X_t stanje sistema u vremenu t . To znači da prelazak u novo stanje zavisi isključivo od trenutnog stanja sistema. Verovatnoće prelaska sistema iz jednog u drugo stanje mogu se definisati na sledeći način:

$$a_{i,j} = P\{X_t = x_j | X_{t-1} = x_i\} \text{ gde su } 1 \leq i, j \leq n \quad (8.7)$$

Parametri $a_{i,j}$ se nazivaju verovatnoće prelaza i moraju da zadovoljavaju sledeće uslove:

$$a_{i,j} \geq 0, \sum_{j=1}^n a_{i,j} = 1 \quad (8.8)$$

Važno je napomenuti da verovatnoća prelaza sistema iz stanja u stanje nije zavisna od vremena, odnosno, sistem se može u određenom stanju zadržati proizvoljno dugo.

Markovljev lanac se definiše kao slučajni proces $\{X_t : t \in [0, T)\}$ ako za sve $t_1 < t_2 < \dots < t_n$ važi $P\{X_{t_n} = x_n | X_{t_{n-1}} = x_{n-1}, \dots, X_{t_1} = x_1\} = P\{X_{t_n} = x_n | X_{t_{n-1}} = x_{n-1}\}$. Skup T je diskretan skup.

Markovljev proces se definiše kao slučajni proces $\{X_t : t \in [0, T)\}$ ako za sve $t_1 < t_2 < \dots < t_n$ važi $P\{X_{t_n} = x_n | X_{t_{n-1}} = x_{n-1}, \dots, X_{t_1} = x_1\} = P\{X_{t_n} = x_n | X_{t_{n-1}} = x_{n-1}\}$. Skup T je interval $[0, +\infty)$.

Iz prethodnih definicija se može zaključiti da bi smo pretpostavili neki budući događaj ili proces (ponašanje posmatrane promenljive), dovoljno je poznavati samo trenutne uslove ponašanja sistema, nije potrebno razumeti ponašanje sistema u prošlosti. Odnosno, verovatnoća budućeg događaja nije uslovljena događajima koji su se dešavali u prošlosti i izračunava se samo na osnovu trenutnog stanja u kome se posmatrani sistem nalazi. Raspodela slučajne promenljive X_t u vremenu t_n zavisi samo od vrednosti x_{n-1} procesa u vremenu t_n . Zbog toga se često kaže da Markovljevi modeli nemaju pamćenje. Ova osobina se naziva Markovljevo svojstvo. Zahvaljujući Markovljevom svojstvu znatno se pojednostavljuje proces izračunavanja zajedničke verovatnoće u modelu, zbog redukovanja broja promenljivih.

Struktura Bajesove mreže

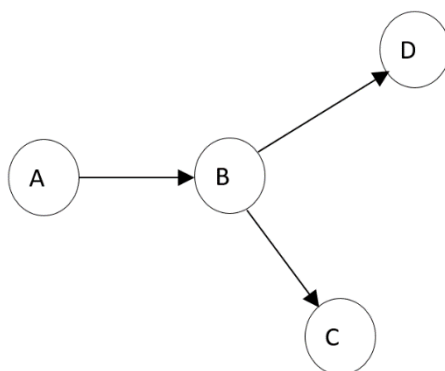
Bajesova mreža je grafička struktura koja nam omogućava predstavljanje neizvesnog domena i rasuđivanje o njemu. Čvorovi u Bajesovoj mreži predstavljaju skup slučajnih promenljivih iz posmatranog domena. Skup usmerenih lukova (ili veza) koji povezuje čvorove

u parove predstavlja direktne zavisnosti između promenljivih. Promene u bilo kom čvoru nastaju kao kombinovani efekat promena u svim čvorovima povezanim sa posmatranim čvorom, u skladu sa međusobnim odnosima definisanim u matricama uslovne zavisnosti (Cain, 2001). Ako pretpostavimo da su promenljive diskretnog tipa, jačina veze između promenljivih u posmatranoj mreži se kvantifikuje kao uslovna raspodela verovatnoće povezane sa svakim čvorom. Kao što je prethodno objašnjeno, veze u Bajesovoj mreži moraju biti aciklične (Korb & Nicholson, 2011). U skladu sa objašnjenim teoretskim konceptima, za definisanje strukture Bajesove mreže postoji skup definisanih koraka.

Prvi korak predstavlja definisanje čvorova i vrednosti promenljivih, odnosno, određivanje šta čvorovi tačno predstavljaju u mreži, koji tip promenljive će se definisati i na koji način će vrednosti za slučajnu promenljivu biti definisane. Kada su u pitanju Bajesove mreže, slučajne promenljive moraju pripadati skupu diskretnih vrednosti (Korb & Nicholson, 2011). U tom smislu, njihove vrednosti moraju da pripadaju jednom od sledećih tipova:

- Bulove vrednosti – binarne vrednosti: tačno (T) i netačno (F);
- Uređene vrednosti – kategoričke (nisko, srednje, visoko); ili numeričke (1, 2, 3, 4);
- Realne vrednosti – na primer, kada imamo čvor koji predstavlja dužinu, čvor može imati vrednost npr. od 0 do 50km.

Drugi korak se odnosi na definisanje strukture ili topologije mreže, koja treba da obuhvati kvalitativne odnose između definisanih promenljivih, odnosno, da definiše međusobne veze između čvorova. Ako dva čvora predstavljaju događaje koji su uzročno-posledično povezani, onda te čvorove treba povezati granom (lukom) koji ukazuje na smer efekta definisanog odnosa. Opšte prihvaćena terminologija za definisanje odnosa između čvorova u mreži se oslanja na metaforu porodice (Korb & Nicholson, 2011). Odnosno, dva čvora su u odnosu roditelj-dete, ako postoji usmereni luk od čvora roditelj ka čvoru dete. Prateći tu logiku, čvor koji se pojavljuje ranije u lancu u mreži predstavlja pretka čvoru koji se pojavljuje kasnije u mreži, koji predstavlja potomka. Na primer, čvor B je dete čvora A, koji je roditelj čvora D, odnosno čvor D je potomak čvora B (Slika 8.3).



Slika 8.3. Primer usmerenog acikličnog grafa – Bajesove mreže

Treći korak se odnosi na kvantifikaciju definisanih kvalitativnih odnosa između svih povezanih čvorova u prethodnom koraku. Kvantifikacija podrazumeva određivanje raspodela uslovne verovatnoće za svaki čvor. Raspodela se definiše u formi tabele uslovnih verovatnoća (TUV). Verovatnoća nad svim slučajnim promenljivima u posmatranom skupu promenljivih naziva se zajednička raspodela verovatnoće (Korb & Nicholson, 2011).

Važno je da slučajne promenljive u mreži moraju biti u fiksnom redosledu. Takođe, modeliranje sa Bajesovim mrežama zahteva pretpostavku Markovljevog svojstva koje omogućava optimizaciju izračunavanja zajedničke verovatnoće.

Na primer za Bajesovu mrežu prikazanu na slici 8.3. koja ima totalno uređenje promenljivih (A, B, C, D) zajednička raspodela verovatnoća je sledeća:

$$P(D, C, B, A) = P(D|C, B, A)P(C|B, A)P(B|A)P(A) \quad (8.9)$$

Ako se primeni Markovljevo pravilo zajednička raspodela verovatnoće je sledeća:

$$P(D, C, B, A) = P(D|B)P(C|B)P(B|A)P(A) \quad (8.10)$$

Kao što je objašnjeno, Bajesova mreža pruža mogućnost rasuđivanja o potencijalnim vrednostima jedne promenljive na osnovu poznatih vrednosti drugih promenljivih. Za rasuđivanje se koriste odnosi čvorova u mreži koji mogu biti upitni (čvorovi čija se verovatnoća traži) i dokazani (čvorovi na osnovu čijih vrednosti se traži verovatnoća upitnih čvorova). Jednom uspostavljena, Bajesova mreža daje mogućnost različitog tipa rasuđivanja na osnovu kretanja kroz mrežu. Prepoznaju se četiri tipa rasuđivanja: 1) dijagnostičko rasuđivanje –

dokazani čvorovi su potomci a upitni čvorovi preci; rasuđivanje o uzroku na osnovu simptoma; 2) intuitivno rasuđivanje – na osnovu dokazanih čvorova (predaka) zaključujemo nešto o upitnim čvorovima (potomcima); rasuđivanje o potencijalnim efektima na osnovu novih informacija, prateći veze u mreži; 3) uzročno rasuđivanje – uključuje razumevanje uzajamnih uzroka dva uticaja, dva roditelja jednog deteta; i 4) kombinovano rasuđivanje (Korb & Nicholson, 2011).

Konceptualizacija modela kroz BM ima za cilj definisanje uzročne strukture modela i, stoga, zahteva razvoj dijagrama uticaja u kojem su sve najrelevantnije komponente sistema i njihovi slučajni odnosi i međuzavisnost uključeni i zastupljeni (Pollino & Henderson, 2010). Uzročna struktura modela treba da, u najvećoj mogućoj meri odražava stvarnost sistema i zbog toga je izbor neke od alternativnih struktura modela od fundamentalnog značaja. To je slučaj kod složenih i heterogenih okruženja, u kojima su interakcije između komponenti sistema uglavnom nepoznate. U takvim situacijama, upotreba multidisciplinarnih ekspertskih sistema i modela zasnovanih na znanju je presudna za postizanje zajedničke vizije i konsenzusa o najadekvatnijoj konfiguraciji modela (Sperotto et al., 2017).

Sa porastom broja čvorova u mreži složenost izračunavanja zajedničke verovatnoće se povećava. Za složenije mreže neophodno je koristiti softverske pakete. Na tržištu postoji više softverskih paketa koji daju mogućnost modelovanja BM-a, od kojih su vodeći Netica (Norsys Software Corp.), Hugin Expert, AgenaRisk, Smile/Genie, WinBUGS, i R-packages (CRAN repository). Za potrebe ovog istraživanja korišćen je softver sa otvorenim pristupom OpenMarkov (V 0.2.0 – Snapshot UNED 2008-2012). OpenMarkov omogućuje lako kreiranje dijagrama uticaja, eksplicitno integrisanje neizvesnosti, i korišćenje kombinovanih tipova podataka (npr. empirijskih podataka i ekspertske ocene).

8.2 Potencijal primene Bajesovih mreža u odlučivanju u oblasti klimatskih promena

Upravljanje procesima koji su direktno ili indirektno uslovljeni klimatskim promenama, bilo da je u pitanju prilagođavanje efektima ili ublažavanje klimatskih promena, često zahteva sagledavanje međusobno povezanih procesa koji se manifestuju na različitim prostornim i vremenskim nivoima. U upravljanju ovakvim procesima postoji potreba za strukturom podataka koji dolaze iz različitih izvora i koji su različite prirode. Takođe, uzevši u obzir prirodu problema, važno je uključiti neizvesnost u analizu, kao i efekte potencijalnih upravljačkih mera na posmatrani sistem. U tom smislu, integracija modela koji bi konceptualno

predstavili svaki od procesa na adekvatan način u okviru jedinstvenog modela predstavlja složen proces. S obzirom na činjenicu da pružaju okvir u kome se neizvesnost može pragmatično sagledati i analizirati kroz integraciju različitih vrsta podataka i znanja, BM svakako predstavljaju adekvatan instrument za analizu politika klimatskih promena.

Mnogi autori su prepoznali upotrebu BM kao jedan od pristupa koji može pomoći u rešavanju ovakvih problema (Balbi et al., 2015; Kelly et al., 2013; Catenacci & Giupponi, 2013; Kotta, 2010; Molina et al., 2013; Aguilera et al., 2011), prvenstveno zbog činjenice da BM omogućavaju formiranje složenih uzročnih lanaca, koji daju mogućnost povezivanja i strukturiranja upravljačkih odluka i društveno-ekonomskih ili biofizičkih posledica u artikulisane sekvence uslovnih veza (Catenacci & Giupponi 2009).

U poređenju sa drugim disciplinama, kod kojih je upotreba BM u konstantnom porastu poslednjih godina, mogućnosti primene BM u kontekstu klimatskih promena nije dovoljno istražena (Sperotto et al., 2017), naročito u delu odlučivanja u kreiranju politika klimatskih promena (Catenacci & Giupponi 2009). U ovoj oblasti BM su najčešće primenjivane za procenu uticaja klimatskih promena na prirodne resurse (npr. Catenacci & Giupponi, 2013; Gutierrez et al., 2011, Kotta et al., 2010, Molina et al., 2016, Tighe et al., 2007).

Proces planiranja prilagođavanja klimatskim promenama podrazumeva kontinuirano ažuriranje informacija na osnovu efekata primenjenih mera, izmenjenih uslova u okruženju ili dostupnosti preciznijih klimatskih simulacija. BM su fleksibilne za integrisanje novih informacija, i u tom smislu, zadovoljavaju prethodni uslov. Kako Korb i Nicholson (2011) objašnjavaju, proces ažuriranja informacija i, posledično, raspodele verovatnoća, vrši se kroz tok informacija između promenljivih unutar mreže. Kada novi podaci o promenljivima postanu dostupni, tabele uslovnih verovatnoća se ažuriraju; posledično se smanjuje neizvesnost i znanje o stvarnim vrednostima promenljivih se poboljšava. Zbog toga BM pružaju robustan i matematički koherentan okvir za modeliranje neizvesnih i složenih domena (Uusitalo, 2007) kao što je prilagođavanje na klimatske promene, jer neizvesnost tretiraju eksplicitno. Ovakav okvir omogućava, sa jedne strane, kontinuirano učenje na osnovu novih informacija, i sa druge strane, primenu adaptivnog pristupa upravljanju, koji se menja kao rezultat novih informacija o efektima početnih intervencija.

Kako Catenacci i Giupponi (2009) komentarišu, BM odlučivanja predstavljaju korisno sredstvo koje se može primenjivati zajedno sa drugim analitičkim alatima za odlučivanje i ne treba ih, u tom smislu, posmatrati kao zamenu za druge analitičke metode ili metode višekriterijumskog odlučivanja, već kao pristup koji omogućava integraciju više oblika znanja, bilo da je reč o procesima, odnosima baziranim na podacima ili kvantifikaciji ekspertskog

znanja. Na taj način, BM se može koristiti kao integrativni alat u kojem se mogu kombinovati različite vrste metoda u cilju prevazilaženje nedostataka pojedinačnih pristupa i poboljšanja procedure procene rizika. Na primer, fazi pristupi mogu biti integrisani u modeliranje BM, čime se može smanjiti strukturna nesigurnost modela i integrisati stručno znanje i pravila, radi boljeg razumevanja sistema (Anna Sperotto i sar., 2017).

Na osnovu analize Anna Sperotto i saradnika (2017), u primeni BM u istraživanjima u oblasti klimatskih promena koriste se različiti izvori i tipovi podatka za definisanje promenljivih. Tipovi podataka uključuju podatke dobijene direktnim posmatranjem ili merenjem, rezultate različitih vidova simulacija i ekspertsko znanje. Kada zaključivanje i definisanje stanja promenljivih nije moguće na osnovu primarnih podataka, može se koristiti kombinacija različitih tipova sekundarnih podataka uz učešće zainteresovanih aktera i eksperata. Svakako, treba uzeti u obzir da svaki izvor znanja predstavlja određena ograničenja koja mogu uticati na verodostojnost modela. U tom smislu, Pollino i Henderson (2010) sugerišu kao najcelishodniji pristup integraciju različitih metoda, sa različitim nivoom tačnosti i detaljnosti.

U skladu sa izvorom i tipom podataka moguće je izvršiti dva tipa validacije definisane mreže. Tako imamo validaciju zasnovanu na empirijskim podacima i kvalitativnu evaluaciju (Pollino & Henderson, 2010). U slučajevima kada nije na raspolaganju odgovarajući skup empirijskih podataka, kvalitativno vrednovanje modela može biti izvedeno korišćenjem stručne procene ili upoređivanjem rezultata iz literature ili rezultatima sličnih modela (Kragt, 2009).

8.2.1 Prednosti i ograničenja

Na osnovu sveobuhvatnog pregleda istraživanja mogućnosti primene BM u oblasti klimatskih promena, za procenu uticaja i upravljanje rizicima, Anna Sperotto i saradnici (2017), daju pregled osnovnih prednosti i ograničenja BM. U nastavku su prikazani sumirani zaključci iz ovog istraživanja.

8.2.1.1 Prednosti

Definicija sistema. BM dozvoljava smislenu integraciju različitih informacija, što pruža mogućnost umrežavanja ekspertskog znanja i kvantitativnih podataka radi boljeg razumevanja strukture određenog sistema i relevantnih procesa u njemu (Kelly et al., 2013). U tom pogledu, BM omogućavaju sagledavanje višestrukih perspektiva i dimenzija jednog sistema (npr. ekonomske, društvene i ekološke), čime se obezbeđuje sveobuhvatna analiza rizika.

Definisanje interakcija između promenljivih. Mogućnost jednostavne konceptualizacije složenih sistema (Aguilera et al., 2011). Kroz njihovu grafičku strukturu, BM pružaju efikasno definisanje različitih mogućih interakcija između promenljivih i posledica, uključujući kumulativne, sinergijske ili antagonističke efekte, kaskadne i aktivne događaje.

Kvantifikacija interakcija. Zbog svojih karakteristika BM daje mogućnost procene višestrukog rizika koji se bazira na kvantifikaciji međuzavisnosti između promenljivih u sistemu (tj. kumulativne, sinergijske ili antagonističke, ili sa kaskadnim efektom) i njihovog sumiranog uticaja na krajnji nivo rizika (Dawson, 2015; Gill & Malamud, 2014). Uzevši u obzir spektar mogućih kombinacija promenljivih i njihovih međusobnih odnosa, moguće je simulirati različite scenarije višestrukog rizika, i uvideti posledicu lanaca uticaja izazvanu povezanim događajima. Pearl (2011), objašnjava da zahvaljujući mogućnosti kvantifikacije verovatnoće povezanih događaja nezavisno od izvora ili kombinacije izvora informacija (tipova podataka), i izražavanja zavisnosti komponenti rizika kroz verovatnoću, BM omogućavaju istraživanje višestrukog rizika i u uslovima minimalne dostupnosti informacija, sa velikim stepenom neizvesnosti.

Procena neizvesnosti i komunikacija. Jedan od ključnih aspekata u upravljanju procesima prilagođavanja klimatskim promenama jeste veliki stepen neizvesnosti. To može predstavljati značajnu prepreku za angažovanje donosioca odluka i iniciranje aktivnosti u ovom domenu (Morton et al., 2011). U tom smislu, Uusitalo (2007) objašnjava da se faktori neizvesnosti moraju eksplicitno predstaviti kao integrisana komponenta procene rizika i na način razumljiv donosiocima odluka, u cilju prevencije pogrešnih odluka i prekomernih uverenja u ispravnost upravljačke odluke. BM, kao probabilistički model, su kreirane da se bave neizvesnošću. Nesigurnost u ulaznim promenljivima je integrisana kroz model i utiče na neizvesnost rezultata u izlaznim promenljivima. Ova karakteristika omogućava transparentan uvid u izvore neizvesnosti koji utiču na pouzdanost modela (na primer, nedostatak znanja, prirodna varijabilnost, subjektivnost ekspertskih ocena i sl.), što dalje omogućava identifikovanje kritičnih aspekata modela, kod kojih se intervencijom može smanjiti neizvesnost i poboljšati učinak procene. Konačno, zahvaljujući svojoj grafičkoj strukturi, transparentnosti u ulaznim informacijama, rezultatima predstavljenim u obliku scenarija rizika sa određenom verovatnoćom realizacije, pretpostavke i neizvesnosti ugrađene u model mogu se bolje razumeti, što povećava verovatnoću da će rezultati biti prihvaćeni i usled toga usvojeni pri donošenju odluka i upravljanju rizicima (Pollino et al., 2007).

Upravljanje rizikom. Upravljanje rizicima izazvanim uticajima klimatskih promena uključuje ispitivanje mogućih scenarija prilagođavanja na bazi efekata alternativnih mera u

funkciji minimiziranja verovatnoće realizacije posmatranog rizika u okviru različitih scenarija i drugih spoljnih faktora (Doll & Romero-Lankao, 2017). BM pružaju mogućnost simultanog testiranja skupa odluka, ili pojedinačnih mera. Kako se rezultati iskazuju kao raspodele verovatnoće, za svaku alternativu, donosioci odluka mogu imati realno predviđanje šansi za postizanje željenih ishoda i procenu njegove neizvesnosti. Koristeći čvorove odlučivanja i usluga, odluke se mogu eksplicitno ugraditi u mrežu (Pollino & Henderson, 2010). Ovi čvorovi imaju prednost što mogu biti povezani sa determinističkim troškovima i analizama doprinosa određenih odluka, dajući mogućnost poređenja efikasnosti mera u ekonomskom smislu (Düspohl et al., 2012; Inman et al., 2011).

Monitoring i analiza. Efikasno upravljanje rizicima neizbežno uključuje: 1) kontinuirano praćenje implementacije mera i ažuriranje podataka u cilju poboljšanja znanja o posmatranom riziku i smanjenju neizvesnosti u procesu upravljanja, 2) praćenje promena međusobnih odnosa promenljivih unutar sistema, na osnovu promene vrednosti promenljivih nakon implementacije mera, i 3) utvrđivanje stepena realizacije mera i predviđenih efekata. Struktura modela u BM se može prilagoditi u smislu dodavanja novih rezultata, ili novih promenljivih kako bi se integrisali novi aspekti rizika, ili eliminisanjem promenljivih koje su vremenom postale nerelevantne za procenu rizika. Zbog svoje strukture koja omogućava iterativni proces, BM su prilagodljive konstantnoj promeni uslova, i u tom smislu, odgovaraju implementaciji principa adaptivnog upravljanja (Pollino & Henderson, 2010). Kada nova znanja o posmatranom sistemu postanu dostupna, oni se mogu koristiti za ažuriranje dokaza i neizvesnosti, čime se povećava robusnost rezultata procene rizika (Failing et al., 2004). Na taj način, mogu se uključiti novi scenariji klimatskih promena i tako omogućiti testiranje ponašanje sistema za širi raspon klimatskih kombinacija, i na taj način doprineti prilagođavanju procesa upravljanja tokom vremena.

8.2.2.1 Ograničenja

Limitirana mogućnost predstavljanja vremenske i prostorne dinamike, i povratne sprege. Jedno od ključnih ograničenja BM jeste nemogućnost prikaza prostorne i vremenske dinamike. Ovo ograničenje predstavlja izazov kada su u pitanju klimatske promene, jer rizici i odgovarajuće mere prilagođavanja karakterišu promene artikulisane u prostoru i vremenu (Moore i et al., 2009). U kontekstu prevazilaženja ovog ograničenja, postoje različiti pristupi (Balbi et al., 2015; Gutierrez et al., 2011; Molina et al., 2013; Stelzenmuller et al., 2010; Tighe et al., 2007), na primer, uključivanje prostornih/vremenskih čvorova u obliku dodatne ulazne promenljive u mreži, ili povezivanje BM sa geografskim informacionim sistemima (GIS) kako

bi se iskoristile mogućnosti GIS za kvantifikovanje specifičnih čvorova i vizualizovanje rezultata u prostoru (Balbi et al., 2015; Gret-Regamey & Straub, 2006; Stelzenmüller et al., 2010). Ako proces, ili sistem pod analizom, zahteva dinamičko predstavljanje komponenti prostora i vremena, mogu se definisati dinamičke Bajesove mreže (Molina et al., 2013; Pollino & Henderson, 2010). Međutim, zbog svoje kompleksnosti, one se retko koriste.

Kvantitativna validacija. BM se obično razvijaju na integrativni način, uključivanjem različitih i heterogenih izvora informacija (ekspertske ocene, empirijskih podataka, rezultata simulacija), čineći robusnu validaciju modela veoma složenim zadatkom (Barton et al., 2008; Uusitalo et al., 2016). Iz tog razloga je kvantitativna validacija obično ograničena na empirijske podatke dobijene iz mreže, ili samo na pojedine parametre (Molina et al., 2013), dok je sa druge strane validacija ograničena na indirektno metode (ekspertsku evaluaciju, poređenje sa prethodnim studijama).

Uzevši u obzir karakteristike BM može se zaključiti da one predstavljaju relevantan okvir za modeliranje povredivosti u funkciji izbora mera prilagođavanja uključivanjem relevantnih faktora rizika za posmatrani klimatski uticaj.

9. METODI ODLUČIVANJA U ANALIZI SLOŽENIH SISTEMA

U ovom poglavlju razmatraju se aspekti odlučivanja u uslovima neizvesnosti. Dodatno, analizirane su prednosti i ograničenje primene metoda višekriterijumskog odlučivanja za modelovanje alata za izbor mera prilagođavanja na klimatske promene sa fokusom na analitički hijerarhijski proces AHP.

9.1 Odlučivanje - teoretski okvir

Odlučivanje je neizostavna komponenta procesa upravljanja, koja podrazumeva kompetentan izbor između ponuđenih alternativa. U svom radu Savić i Stanković (2017) ukazuju na činjenicu da mnogi autori iz oblasti upravljanja poistovećuju odlučivanje sa upravljanjem, što ukazuje na značaj donošenja odluka u ovom domenu.

Odlučivanje treba shvatiti kao proces, a ne kao odluku donetu u određenom trenutku. U tom smislu, Shanteau i saradnici (2005) objašnjavaju, da odlučivanje predstavlja kontinuirani proces u kome informacije i odluke iz prošlosti utiču na odluke u sadašnjem trenutku, koje dalje utiču na buduće događaje. Odlučivanje podrazumeva određeni stepen imperfekcije u pogledu informacija (nepreciznost, nepouzdanost, nekompletnost i sl.), koji je uslovljen neizvesnošću budućih događaja i, posledično, činjenicom da je gotovo nemoguće tačno predvideti vrednosti promenljivih od značaja, s jedne strane, i subjektivnost donosioca odluka, sa druge strane. Odlučivanje je u značajnoj meri zavisno od budućih uslova koji su neizvesni i van kontrole su u trenutku donošenja odluke (Aliev & Huseynov, 2014). S obzirom na pomenute aspekte, očigledno je da proces odlučivanja ima dinamičku komponentu. Shanteau i saradnici (2005) u navedenom kontekstu sugerišu tri dinamička elementa koji mogu imati uticaja na odlučivanje:

- Uticaji iz okruženja na posmatrani sistem se u određenom vremenskom intervalu mogu promeniti;
- Donosioci odluka, koji se bave upravljanjem, se mogu promeniti tokom vremena;
- Odlučivanje se često zasniva na iterativnom principu, kod koga se svaka naredna odluka u određenoj meri bazira na rezultatima prethodne.

Odlučivanje je proces koji obuhvata određene faze. U zavisnosti od pristupa, postoje različite podele faza odlučivanja. Hellriegel i saradnici (1999), na primer, proces odlučivanja posmatraju kroz sledeće faze:

-
- fazu definisanja problema;
 - fazu formiranja baze potrebnih podataka;
 - fazu iznalaženje skupa alternativa;
 - fazu izbora akcija.

Sa druge strane, Bustos i Diaz Vicuña (2016), upoređujući odlučivanje sa procesom prilagođavanja na klimatske promene, definišu osnovne korake odlučivanja na sledeći način:

- prepoznavanje problema i analiza;
- definisanje kriterijuma odlučivanja i dodeljivanje težinskih vrednosti;
- definisanje prioritetnih mera;
- evaluacija odabranih mera;
- odabir i primena izabranih mera prvog prioriteta;
- evaluacija rezultata implementacije.

Jedan od važnih aspekata u odlučivanju jeste subjektivna procena mogućih događaja od strane donosioca odluka. Između ostalog, problem koji je često obrađivan u literaturi, a koji često dovodi u pitanje relevantnost odluke, jeste prekomerno uverenje donosioca odluke u njenu ispravnost. Radi se o procenjivanju ličnih sposobnosti za procenu verovatnoće realizacije određenog događaja i zanemarivanje mogućnosti realizacije slučajnih događaja koji mogu dovesti u pitanje valjanost određene odluke (Sund, 2016). Neosnovana pretpostavka u procesu odlučivanja može imati značajne posledice na efikasnost upravljanja, odnosno, postizanje cilja.

Kada je reč o uslovima u okruženju u kome se sprovodi proces odlučivanja, Savić i Stanković (2017) navode sledeću podelu:

- *odlučivanje u uslovima izvesnosti* – za svaku strategiju upravljanja ishod je unapred poznat i, posledično, najbolja odluka se može izabrati sa velikim stepenom sigurnosti;
- *odlučivanje u stohastičkoj neizvesnosti* – ishod strategije zavisi od skupa faktora iz okruženja za koje su verovatnoće realizacije poznate;
- *odlučivanje u uslovima nestohastičke neizvesnosti* - ishod strategije zavisi od skupa faktora iz okruženja za koje verovatnoća realizacije nije poznata;

U svom istraživanju Heal i Millner (2014), podsećaju da se odlučivanje u savremenom društvu češće odvija u uslovima neizvesnosti (domen nepoznate verovatnoće), nego u uslovima rizika (domen poznate verovatnoće), i postavljaju pitanje kako doneti ispravne odluke u takvom okruženju. U tom smislu, oni upućuju da potencijalne odgovore treba tražiti u fundamentalnoj teoriji odlučivanja, konkretno u teoriji Subjektivne očekivane koristi (Savage, 1954), koja pruža teoretsko opravdanje primene Bajesovog rezonovanja zasnovanog na uslovnim verovatnoćama pri modelovanju neizvesnosti u složenim procesima i sistemima.

Neizvesnost je nezaobilazna kategorija pri odlučivanju, bez obzira na prirodu događaja koji se posmatra. Prema tome, proces odlučivanja mora uključiti skupove različitih faktora koji su pod uticajem neizvesnosti ili koji na nju utiču (Aliev & Huseynov, 2014). Odlučivanje u situacijama neizvesnosti podrazumeva rizik. Posledično, percepcija rizika ima centralnu ulogu u odlučivanju. Za efikasno odlučivanje potrebno je da donosioci odluka prepoznaju dolazeće rizike i potencijalne mogućnosti da svojim odlukama umanje očekivanu štetu i povećaju korist. Zato je neophodno uzeti u obzir spektar mogućih posledica u kontekstu dostupnih scenarija, i shodno tome implementirati najfleksibilniju odluku, koja može da odgovori na što više različitih scenarija (Cook et al. 2014; Van Rij, 2010).

Važno je takođe naglasiti da su rizici uvek specifični za svaki posmatrani kontekst. Zbog toga je pogrešno primenjivati univerzalne metode, ili bazirati odluke na generičkim informacijama nastalim u specifičnom kontekstu (Williams, 2007). Važno je razumeti moguće izvore, odnosno tipove neizvesnosti od kojih odlučivanje zavisi. Tipovi neizvesnosti se mogu klasifikovati na sledeći način (Graham, 1991):

- slučajni događaj;
- eksperimentalna greška;
- neizvesnost u proceni;
- nedostatak evidencije;
- nedostatak izvesnosti u evidenciji.

Kao što Davidović (2016) objašnjava, za matematički opis neizvesnosti može da se upotrebi teorija verovatnoće ili takozvano „meko računanje“ (*eng. soft computing*) koje, između ostalog, obuhvata i neuro-računarstvo, mreže uverenja, teorije učenja i dr. Odlučivanje je neizostavna komponenta procesa upravljanja, koja podrazumeva kompetentan izbor između ponuđenih alternativa. U svom radu Savić i Stanković (2017) ukazuju na činjenicu da mnogi

autori iz oblasti upravljanja poistovećuju odlučivanje sa upravljanjem, što ukazuje na značaj donošenja odluka u ovom domenu.

9.2 Sistemi za podršku odlučivanju

U odnosu na broj učesnika u procesu odlučivanja, na osnovu podele koju je definisao Harrison (1987) odlučivanje može biti:

- individualno – kada odluku donosi pojedinac;
- grupno odlučivanje – podrazumeva više donosioca odluka i timsko odlučivanje;
- organizaciono odlučivanje – donošenje odluka na nivou organizacije (može uključivati individualno i grupno odlučivanje);
- metaorganizaciono odlučivanje – podrazumeva odlučivanje na nivou celokupne društvene zajednice (npr. na nacionalnom nivou).

Sa porastom broja donosioca odluka, naročito kada je reč o organizacionom i metaorganizacionom nivou odlučivanja, kao i sa povećanjem broja faktora koji utiču na donošenje odluke, proces odlučivanja postaje eksponencijalno složeniji. Upravljanje složenim procesima koji zahtevaju odlučivanje u složenim uslovima, kao što je na primer prilagođavanje efektima klimatskih promena, zahteva kreiranje/primenu sistema za podršku odlučivanju (eng. Decision Support Systems). Svakako, ovi sistemi se mogu primenjivati i na manje složenim nivoima odlučivanja. Sistemi za podršku odlučivanju su informacioni sistemi razvijeni sa ciljem da pruže podršku rešavanju nestruktuiranih upravljačkih problema, odnosno, unapređenju procesa odlučivanja (Davidović, 2016). Od prve konceptualizacije, istraživanja ovih sistema i njihova primena za podršku odlučivanju su u konstantnom porastu. Kako Davidović (2016) objašnjava u svom radu, sistemi za podršku odlučivanju se najčešće koriste u strateškom planiranju, odnosno za rešavanje strateških problema. Važna uloga ovih sistema je sinhronizacija i integracija podataka iz različitih izvora u formu koja može jasno informisati donosioca odluka (Davidović, 2016). Eom (2008) u svom istraživanju ukazuje na nekoliko naučnih područja koja su imala najveći uticaj na ovu oblast, kao što su na primer kognitivne nauke, nauke o upravljanju, višekriterijumsko odlučivanje, organizacione nauke, psihologija obrade informacija, informacioni sistemi i dr.

Sistemi za podršku odlučivanju, sami po sebi, ne smanjuju rizik prilikom odlučivanja. Oni mogu biti u funkciji podizanja svesti i spremnosti za odgovor na određene rizike i,

posledično, ublažavanja potencijalnih negativnih efekata, i smanjenja osetljivosti populacije na određeni rizik (NRC, 2009). U tom smislu, ovi sistemi uključuju takozvane instrumente odlučivanja (produkte), razvijene za podršku odlučivanju (npr. modele, mape, scenarije, alate).

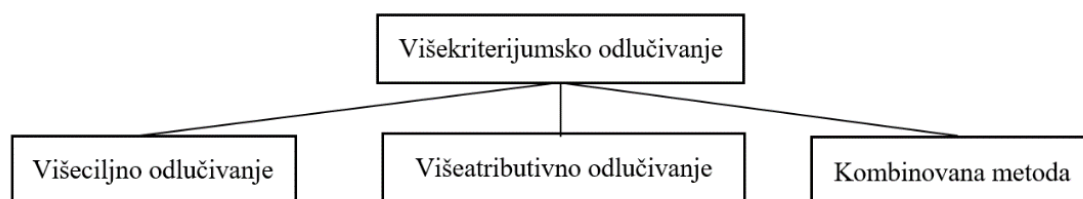
Složeni upravljački domeni, kao što su klimatske promene, predstavljaju specifičan izazov za kreiranje sistema za podršku odlučivanju, jer podrazumevaju visok stepen neizvesnosti i, posledično, uslovljavaju obrasce odlučivanja koji moraju biti dovoljno fleksibilni za kontinuirane promene. U tom smislu, studija američkog Nacionalnog centra za istraživanja (NRC 2009) podržava stav da sistemi podrške odlučivanju u domenu klimatskih promena moraju biti adaptivni, odnosno da imaju sposobnost učenja. Dodatno, domen klimatskih promena podrazumeva analizu različitih skupova kriterijuma od važnosti u procesu odlučivanja, i posledično, neophodnost primene metoda višekriterijumske analize.

9.3 Metode višekriterijumskog odlučivanja

U odnosu na broj kriterijuma koji se uzima u razmatranje prilikom donošenja odluke razlikujemo jednokriterijumsko odlučivanje i višekriterijumsko odlučivanje. Višekriterijumsko odlučivanje uključuje veći broj različitih kriterijuma na osnovu kojih se donosi određena odluka, i predstavlja adekvatniji alat za odlučivanje u realnom okruženju. Sve veći broj istraživanja bavi se višekriterijumskim odlučivanjem i mogućnostima za njegovu primenu (Köksalan et al., 2011). Upravljanje složenim procesima u praksi često zahteva heterogene skupove informacija koji karakterišu različite domene od važnosti za razumevanje posmatranog procesa ili sistema. Za simultano uključivanje ovakvih skupova informacija u proces odlučivanja neophodan je okvir koji omogućava integraciju različitih faktora koji karakterišu tehničke i institucionalne standarde, društveno-ekonomske aspekte i participaciju, i zbog toga zahteva tehničku (inženjersku) i upravljačku ekspertizu (Kumara et al., 2017; Čupić et al., 2001). Iz tog razloga mnogi autori prepoznaju metode višekriterijumskog odlučivanja kao optimalni metodološki okvir za sistematsko kombinovanje različitih podataka u cilju izbora optimalnih odluka (Mardania et al., 2017; Phillips-Wren et al., 2008). Postoje različiti pritupi višekriterijumskom odlučivanju. Svaki od njih ima razvijene specifične procedure, matematičke aparate, i načine interpretacije rezultata. Iako široko prihvaćen, metod višekriterijumskog odlučivanja je često kritikovan zbog mogućih kontraverznih rezultata koji mogu nastati usled različitog nivoa ekspertskog znanja i primene različitih matematičkih mehanizama, definisanih određenim modelom (Kumara et al., 2017). Na slikama 9.1 i 9.2 prikazane su podela i modeli višekriterijumskog odlučivanja.

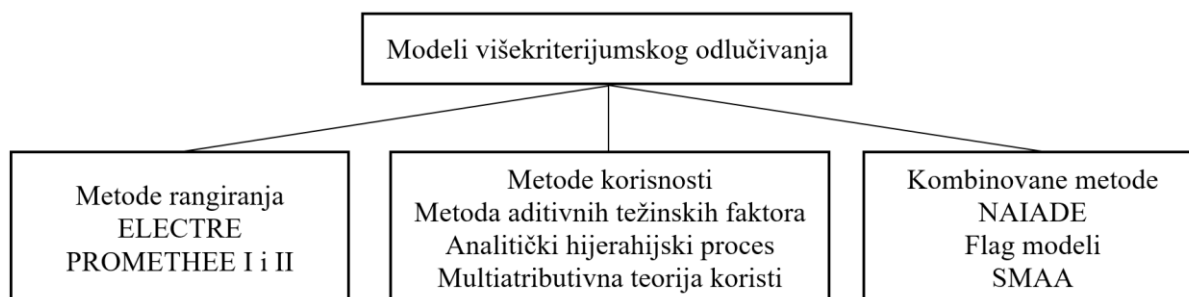
Na osnovu strukture problema moguće je razlikovati dve vrste višekriterijumskog odlučivanja (Kumara et al., 2017; Savić & Stanković, 2017):

- Višeatributivno odlučivanje (višekriterijumska analiza) – uključuje veći broj atributa na osnovu koji se vrši izbor odgovarajućih alternativa, u skladu sa postavljenim ciljem upravljanja;
- Višeciljno odlučivanje – pogodno je za procenu kontinualnih alternativa za koje se unapred definišu ograničenja u obliku vektora promenljivih odluka.



Slika 9.1. Klasifikacija višekriterijumskog odlučivanja

(Izvor: Kumara et al., 2017)



Slika 9.2. Modeli višekriterijumskog odlučivanja

(Izvor: Kumara i sar. 2017)

U višekriterijumskoj analizi, broj mogućih rešenja, i posledično, broj kriterijuma i atributa, utiče na optimizaciju odlučivanja. Nedovoljan broj kriterijuma može dovesti do izostavljanja nekih od aspekata koji mogu uticati na odluku, dok sa druge strane, preveliki broj kriterijuma povećava potrebne resurse (Davidović, 2016). Zbog toga, određivanje kriterijuma, u kvalitativnom i kvantitativnom smislu, predstavlja jedan od ključnih aspekata odlučivanja.

U matematičkom smislu, definisanje problema višekriterijumske analize se najčešće formuliše u formi matrice odlučivanja (Savić & Stanković, 2017).

$$O = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1m} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ X_{n1} & X_{n2} & \dots & X_{nm} \end{bmatrix} \quad (9.1)$$

Gde je:

O – matrica odlučivanja reda $n \times m$

n – broj alternativa

m – broj kriterijuma

x_{ij} – atribut (atribut x_{ij} predstavlja vrednost j -tog kriterijuma u odnosu na i -tu alternativu)

Bez obzira na određene osobenosti i specifičnosti, svaki metod koji se koristi u odlučivanju podrazumeva dodeljivanje težinskih vrednosti skupu kriterijuma kako bi se smisleno odredio uticaj svakog od pojedinačnih kriterijuma na ukupnu performansu sistema (Phillips-Wren et al., 2008). Iako se u nedostatku relevantnih informacija kriterijumima mogu dodeliti jednake težine, u realnim problemima odlučivanja autori preporučuju da se uvede pretpostavka da različiti kriterijumi imaju različit doprinos i da, shodno tome, težina kriterijuma treba da bude različita (Davidović, 2016). Težinske vrednosti se mogu odrediti korišćenjem empirijskih metoda, ili subjektivno, upotrebom psihometrijskih alata za skaliranje, odnosno kvantifikacijom kvalitativnih atributa (Savić & Stanković 2017). Određivanje težina je naročito važan proces kada je u pitanju grupno odlučivanje. Različiti eksperti, u skladu sa svojim iskustvom, mogu imati različite stavove o istim kriterijumima. U ovim situacijama, ključni aspekt predstavlja definisanje mehanizama za postizanje konsenzusa, kojim se rešavaju potencijalno oprečni stavovi među ekspertima (Phillips-Wren et al., 2008).

Primena višekriterijumske analize, u nekim slučajevima, izlazi iz strogog okvira odabira primarne alternative i ulazi u domen ispitivanja mogućih alternativa, uspostavljaajući platformu za komunikaciju i unapređujući kreiranje znanja (Belton & Stewart, 2002). Višekriterijumsko odlučivanje može unaprediti metode za planiranje scenarija. Kako Stewart i saradnici (2013) objašnjavaju, transparentno uvođenje rangiranja kriterijuma u model scenarija može doprineti jasnijem definisanju ciljeva i potencijalnih odluka. Dodatno, mogućnost sagledavanja više kriterijuma i njihovih međusobnih relacija može unaprediti razumevanje

konfliktnih faktora i iznalaženje načina za balansiranje njihovih uticaja (Bizikova & Krcmar, 2015).

9.4 Analitički hijerarhijski proces - AHP

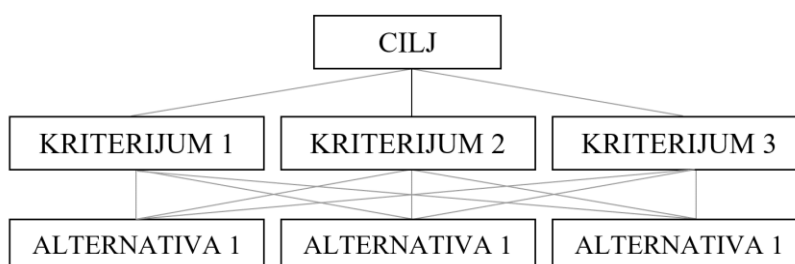
AHP je jedna od najčešće primenjivanih metoda za rešavanje realnih problema (Savić & Stanković 2017). Studija Mardania i saradnika (2017), koja se bavi pregledom metoda višekriterijumskog odlučivanja u upravljanju energetske sistemima, pokazuje da su, posle hibridnih metoda, AHP i fazi AHP najviše korišćeni metodi za odlučivanje u ovom domenu. Analizirajući u praksi najzastupljenije metode višekriterijumskog odlučivanja na osnovu prethodnih istraživanja (Huang et al., 2011; Kabir et al., 2014), Lienert i saradnici (2017) ukazuju na dominantu upotrebu AHP u kombinaciji sa drugim metodama. Bibliometrijska analiza koju su sprovedli Zyoud i Fuchs-Hanusch (2017) takođe pokazuje da je AHP, zbog svoje praktičnosti i jednostavnosti primene, još od prve konceptualizacije 1972. godine (Saaty, 1972), sve zastupljenija u primeni i istraživanju. Ova analiza, koja je obuhvatila 10188 naučnih radova u kojima je korišćen AHP metod, pokazuje da je 83% obrađenih radova napisano u periodu između 2006 i 2015 godine.

U literaturi se mogu pronaći brojni primeri primene AHP-a u različitim oblastima, kao što su istraživanja obnovljivih izvora energije (Singh & Nachtnebel, 2016; Štreimikiene et al., 2016), klimatskih promena (Brandt, 2017; Chen et al., 2015), upravljanja vodnim resursima (Gdoura et al., 2015), kao i istraživanja u oblasti poljoprivrede (Abdollahzadeh et al., 2016), javnog zdravlja (Nguyen & Nahavandi, 2016), i upravljanja kvalitetom (Ezzabadi, 2015).

Kako Ossadnik i saradnici (2016) objašnjavaju, AHP metod se u osnovi bazira na tri principa: dekompoziciji, komparativnoj oceni i sintezi prioriteta. Zapravo se radi o modelovanju problema odlučivanja, dodeljivanju i agregaciji specifičnih težina za odabrane kriterijume i alternative, i analizi osetljivosti ocenjivanja (Ishizaka & Labib, 2011).

Osnovna karakteristika strukture AHP-a jeste organizacija skupova kriterijuma i alternativa u hijerarhijski odnos. Hijerarhijska struktura modela je, u grafičkom smislu, organizovana u vidu stabla, gde se u odnosu na hijerarhijsku pripadnost određenom nivou kriterijumi granaju počevši od korena stabla koji predstavlja cilj odlučivanja (Slika 9.3). Srazmerno složenosti problema odlučivanja, povećava se broj kriterijuma kao i broj nivoa u hijerarhiji. Problem organizovan na ovakav način pruža mogućnost analiziranja skupova kriterijuma na različitim nivoima (Del Vasto-Terrientes, Valls, Slowinski, & Zielniewicz, 2015). Važna karakteristika AHP jeste mogućnost poređenja kvalitativnih i kvantitativnih

kriterijuma unutar istog modela, tako što se upotrebom psihometrijske skale kvalitativni kriterijumi kvantifikuju (Ishizaka & Labib, 2009).



Slika 9.3. Struktura AHP-a

U literaturi iz oblasti odlučivanja, tvrdi se da je parno poređenje, odnosno, ocenjivanje kriterijuma jedan u odnosu na drugi, bliže ljudskom rezonovanju nego direktno dodeljivanje težinskih vrednosti posmatranim kriterijumima (Davidović, 2016). AHP metod je u skladu sa ovakvim pristupom - nakon formiranja hijerarhijske strukture problema, formiraju se matrice za upoređivanje parova elemenata matrice na istom hijerarhijskom nivou u odnosu na elemente koji se nalaze na prvom višem nivou (Savić & Stanković 2017). Za poređenje parova se koristi Satijeva skala relativnih prioriteta (Tabela 9.1).

Tabela 9.1. Skala relativnih prioriteta

Intenzitet važnosti	Značaj	Objašnjenje
1	Jednak	Dve aktivnosti jednako doprinose cilju.
3	Umeren	Iskustvo i procena blago favorizuju jednu aktivnost u odnosu na drugu.
5	Jak	Iskustvo i procena u velikoj meri favorizuju jednu aktivnost u odnosu na drugu.
7	Veoma jak	Jedna aktivnost se u velikoj meri favorizuje u odnosu na drugu i ova dominacija je potvrđena u praksi.
9	Ogroman	Dokazi koji favorizuju jednu aktivnost u odnosu na drugu potvrđeni su sa najvećom uverenošću.
4, 6, 8	Međuvrednosti	Vrednosti koje se koriste onda kada je neophodno uspostaviti određeni kompromis.
Recipročne vrednosti		Ukoliko se odnos aktivnosti <i>i</i> opisuje nekom od aktivnosti <i>j</i> , tada se odnos <i>j</i> prema <i>i</i> opisuje recipročnom vrednošću

(Izvor: Savić & Stanković, 2017)

AHP matrice za parno upoređivanje imaju sledeći oblik:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (9.2)$$

Gde je:

n – broj elementa koji se porede (kriterijumi, alternative)

a_{ij} – stepen dominacije i -tog elementa nad j -tim elementom

Nakon formiranja matrice AHP potrebno je izračunati vrednost vektora prioriteta, indeks konzistentnosti (CI), stepen konzistentnosti (CR), normalizovane vrednosti za svaki od kriterijuma i alternativa. Za izračunavanje lokalnih prioriteta najčešće se koriste metodi aritmetičke i geometrijske sredine:

$$w_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{a_{ij}}{\sum_{k=1}^n a_{kj}}, i = 1, 2, \dots, n \quad (9.3)$$

$$w_i = \frac{\left(\prod_{j=1}^n a_{ij} \right)^{\frac{1}{n}}}{\sum_{k=1}^n \left(\prod_{j=1}^n a_{kj} \right)^{\frac{1}{n}}}, i = 1, 2, \dots, n \quad (9.4)$$

Za prihvatanje rešenja matrice potrebno je proveriti konzistentnost parnog upoređivanja, odnosno, izračunati odnos konzistentnosti CR . Ovaj pokazatelj se izračunava prema sledećoj formuli:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (9.5)$$

gde je $\lambda_{\max}$ najveća sopstvena vrednost matrice A

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(AW)_i}{w_i} \quad (9.6)$$

Konačno:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (9.7)$$

Tabela 9.2. Vrednosti indeksa RI

<i>n</i>	1	2	3	4	5	6	7	8
RI	0	0	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.40

(Izvor: Saaty, 1980)

Ako u prvoj iteraciji indeks konzistentnosti nije zadovoljen, odnosno, ako njegova vrednost ne zadovoljava uslov $CR \leq 0,10$, ocenjivanje se ponavlja sve dok se ne postigne zadovoljavajuća konzistentnost (Vaidya & Kumar, 2006). Mehanizam za verifikaciju konzistentnosti se smatra jednom od najvećih prednosti ovog metoda, jer ima ulogu povratnog mehanizma koji uslovljava preispitivanje ocena eksperata uključenih u proces odlučivanja (Ho, 2008). Nakon zadovoljavanja ovog uslova, tj. nakon postizanja konzistentnosti odlučivanja, izračunavaju se globalni prioriteti – množe se težine lokalnih prioriteta sa težinama čvorova (kriterijuma kojima pripadaju), i sabiraju se dobijeni proizvodi da bi se dobili prioriteti pojedinačne alternative (Savić & Stanković 2017).

U cilju objektivnijeg donošenja odluka i unapređenja primene AHP, Ho (2008) sugeriše integraciju AHP sa drugim pristupima i tehnikama kao što su matematičko programiranje, veštačke neuronske mreže, ili sa fazi logikom. Bez obzira na neke metodološke i teoretske nedostatke koji se pre svega odnose na problem reverznih rangova, i pretpostavke nezavisnosti kriterijuma što u određenim slučajevima može limitirati upotrebu AHP-a, ovaj metod će, kako Ishizaka i Labib (2011) na osnovu svog sveobuhvatnog istraživanja zaključuju, i dalje biti u čestoj upotrebi u budućnosti. Savić i Stanković (2017) zaključuju da se ovaj metod često primenjuje u kombinaciji sa metodima koji zahtevaju težine kriterijuma kao ulazne parametre, kao što je na primer ELECTRE.

9.5 Mogućnosti primene AHP metode za izbor mere prilagođavanja na klimatske promene

Izbor pristupa prilagođavanja klimatskim promenama je problem koji je zasnovan na višekriterijumskom odlučivanju i često zahteva integraciju kvalitativnih i kvantitativnih kriterijuma u procesu odlučivanja. Razmatranja u ovom poglavlju ukazuju da AHP predstavlja adekvatnu metodu za podršku odlučivanju u rešavanju problema izbora relevantnih opcija

prilagođavanja. Takođe, jedna od prednosti AHP-a jeste na pogodnost njegove simultane primene sa drugim metodama, što otvara mogućnost razvijanja različitih modela za odlučivanje.

Istraživanja u ovoj oblasti ukazuju na veliki stepen primenljivosti ove metode u različitim sektorima. Na primer, u svom istraživanju Sanneh i saradnici (2014) su razvili metodologiju za definisanje prioriternih strategija prilagođavanja klimatskim promenama u zemlja u razvoju primenom AHP-a. Metodologija je zasnovana predstavljenim nacionalnom programu prilagođavanja Gambije, i obuhvata pet primarnih sektora, javno zdravlje, šumarstvo, vodoprivredu, proizvodnju hrane i energetiku i dvadesetpet relevantnih strategija za prilagođavanje.

Nadanami i Watanabe (2017) u svom istraživanju predlažu model evaluacije za razvijanje skupa indikatora u funkciji odlučivanja u sektoru poljoprivrede za prilagođavanje na klimatske promene. Model je zasnovan na selekciji indikatora u šest koraka, u kojima se AHP koristi za ocenu efektivnosti i izvodljivosti šest strategija prilagođavanja na sušu i poplave na osnovu osamnaest indikatora. Oni ukazuju kao osnovnu prednost AHP mogućnost sveobuhvatne analize indikatora i širokog pristupa koji može da obuhvati različite prakse prilagođavanja i kombinaciju kvalitativnih i kvantitativnih indikatora. Sa druge strane, upozoravaju da veliki obim podataka koji se traže od različitih zainteresovanih strana može učiniti proces izbora mere kompleksnim i dugotrajnim. Da bi se izbegla kompleksnost, Saaty (1980) preporučuje korišćenje manjeg broja faktora kako bi se broj poređenja održao na optimalnom nivou. Ovo je naročito relevantno u slučajevima koja uključuju veći broj učesnika (npr. *on-line* istraživanja).

Yuan i saradnici (2015) u svojoj studiji o regionalnoj povredivosti na sušu za šezdeset pet kineskih gradova primenjuju kombinovanu metodologiju zasnovanu analizi podataka (*eng. data envelopment analysis*) i gentičkom algoritmu baziranom na AHP metodi. U studiji se razvija integrisani indeks povredivosti za pomoć odlučivanju prilikom izbora odgovarajuće strategije ublažavanja potencijalnih posledica.

Važnu ulogu u odlučivanju u oblasti prilagođavanja ima prostorna komponenta klimatskih uticaja, s jedne strane, i izbor adekvatnih strategija sa druge. U tom smislu, Chen i saradnici (2015) u svom istraživanju predlažu integrisani okvir za prostornu procenu rizika od poplava u ekstremnim klimatskim uslovima zasnovan na simultanoj primeni geo informacionih sistema, daljinske detekcije i višekriterijumske analize primenom AHP metode. Seriji indikatora, dobijenih simulacijama i osmatranjem, se određuju specifične težine procenom

podobnosti zasnovanoj na AHP-u. Indikatori se na bazi dodeljenih težina integrišu okvir za prostornu artikulaciju rizika od poplava.

U sličnom kontekstu, analizirajući problem prostorne distribucije odluka zasnovanih na višekriterijumskoj analizi, u kojima alternative mogu biti geografski entiteti, dok kriterijumi reflektuju faktore rizika, Cozannet i saradnici (2013) predlažu izvedenu metodu za mapiranje fizičke povredivosti priobalnih područja na regionalnom nivou primenom AHP-a. AHP se koristi za prevođenje ekspertskog znanja i rezultata modeliranja na uporedive promenljive koje se agregacijom integrišu u višekriterijumski okvir za mapiranje rizika.

U primeni hibridnih metodologija neki modeli predlažu kombinovanu metodu SWOT analize i AHP, koja se često primenjuje u oblasti politika prilagođavanja efektima i ublažavanju klimatskih promena. Neki primeri uključuju razvijanja postrojenja na biogas u sektoru poljoprivrede (Brudermann et al., 2015) strateškom upravljanju energijom (Posch et al., 2015), ili razvoj tehnologije fotonaponskih panela (Reinsberger et al., 2015). U svom istraživanju Brudermann i Sangkakool (2017) primenom SWOT analize i AHP metode analiziraju glavne faktore odlučivanja koji su relevantni za širenje tehnologije zelenih krova u gradovima sa umerenom klimom u Evropi.

U svom radu Sadeghiravesh i sardanici (2014) simultano primenjuju AHP i ELECTRE metodu za izbor alternativa za ublažavanje procesa dezetifikacije na regionalnom nivou. Ovaj rad pokušava da predstavlja optimalne alternative zasnovane na modelu višeatributivnog odlučivanja. U tu svrhu, prvobitni prioriteti za alternative su određeni primenom ELECTRE metoda, dok su, krajnji prioriteti za alternative određeni primenom AHP metode.

S obzirom na prethodno navedeno i uzevši u obzir strukturu stabla AHP, ovaj metod pokazuje potencijal za simultanu primenu sa Bajesovim mrežama. Integrisanjem ekspertskog znanja, može se smanjiti neizvesnost u određivanju uslovnih verovatnoća u čvorovima Bajesove mreže. Na taj način se može povećati objektivnost u proceni određenog rizika u Bajesovoj mreži, i sa druge strane omogućiti uključivanje većeg broja relevantnih aktera u proces modelovanja određenog aspekta prilagođavanja.

10. POTENCIJAL UPOTREBE GEOINFORMACIONIH SISTEMA ZA PROCENU POVREDIVOSTI NA LOKALNOM NIVOU

Geoinformatika je od posebnog značaja za analizu prostorno-vremenskih podataka u istraživanjima iz oblasti globalnog zagrevanja i klimatskih promena (Shekar & Xiong, 2008). Uzevši u obzir kompleksnost izazova koje postavljaju klimatske promene, fizički kontekst uticaja i uzroka nedvosmisleno predstavlja osnovni element u proučavanju ovog fenomena. Svaki aspekt klimatskih promena utiče na određeni prostor (ili je njegovim karakteristikama uslovljen), bilo na globalnom, regionalnom ili lokalnom nivou. U tom smislu, mnoga istraživanja prepoznaju geografski informacioni sistem (GIS) kao savremeni okvir za proučavanje globalnih klimatskih promena i kao najadekvatniji integrativni alat za istraživanje, analizu i upravljanje ovim izuzetno složenim problemom (Dockerty & Lovett, 2003; Liu, Timbal, Mo, & Fairweather, 2011; Piekielek, Hansen, & Chang, 2015; Singh & Joshi, 2011).

GIS integriše hardver, softver i podatke za upravljanje, analizu i prikazivanje svih oblika geo-referenciranih informacija, i omogućava višestruko sagledavanje, razumevanje, i vizualizaciju podataka koji ukazuju na veze, obrasce i trendove posmatranog fenomena u životnoj sredini.

GIS se može sagledavati na više različitih načina. Prvenstveno GIS se može posmatrati kao specifična vrsta struktuirane baze podataka, koja predstavlja prostorno orijentisani informacioni sistem. Sa druge strane, to je sistem “inteligentnih mapa” koje se mogu posmatrati kao vizuelna artikulacija određene baze podataka i koje podržavaju analitičke upite i pružaju mogućnost interpretacije različitih vrsta podataka i otkrivaju njihove prostorne implikacije i međusobne relacije. Konačno, GIS, kao skup alata za transformaciju informacija primenom relevantnih geo-procesnih funkcija, pruža i mogućnost modeliranja. Ove geo-procesne funkcije uzimaju informacije iz postojećih skupova podataka, primenjuju analitičke funkcije i formulišu rezultate u vidu novih, izvedenih skupova podataka. Integracijom podataka iz različitih izvora, primenom određenih analitičkih pravila, obezbeđuje se osnova za poređenje i procenu, kao i sistematizaciju rezultata u procesu odlučivanja. (Mat & Jack, 2011).

10.1 Primena GIS-a u upravljanju projektima prilagođavanja

GIS tehnologija se danas intenzivno primenjuje kao alat za podršku odlučivanju u oblasti zaštite životne sredine i planiranja prilagođavanja klimatskim promenama (Sánchez-Lozano & Bernal-Conesa, 2017; Sánchez-Lozano, García-Cascales, & Lamata, 2016; Villacreses et al., 2017). Mnoga istraživanja ukazuju na to da se simultana primena GIS-a i različitih metoda višekriterijumske analize u ovom kontekstu pokazala kao uspešno rešenje u metodološkom smislu (Aitkenhead & Aalders, 2009; Chee et al., 2016; Dlamini, 2011; Li et al., 2010). Generalno, višekriterijumska analiza u GIS-u se može definisati kao proces koji kombinuje i transformiše geografske podatke i ekspertske procene u

informacije koje se koriste kao pomoć u odlučivanju (Malczewski, 2006). Ključni aspekti, u metodološkom smislu, u ovom procesu su tehnike preklapanja. Napor da se integriše višekriterijumsko odlučivanje u GIS bio je instrument za razvoj podrške prostornom planiranju, u kojoj je geografska informaciona tehnologija stavljena u direktnu upotrebu pri razvoju određene politike ili scenarija (Malczewski, 2006). U tom smislu, metodi za podršku odlučivanju bazirani na GIS-u i metodima višekriterijumske analize, u poslednjim dekadama postaju sve više integralni deo u procesu upravljanja na svim prostornim nivoima (Ghajari et al., 2017; Karnatak, 2007; Li et al., 2016; Xu et al., 2017).

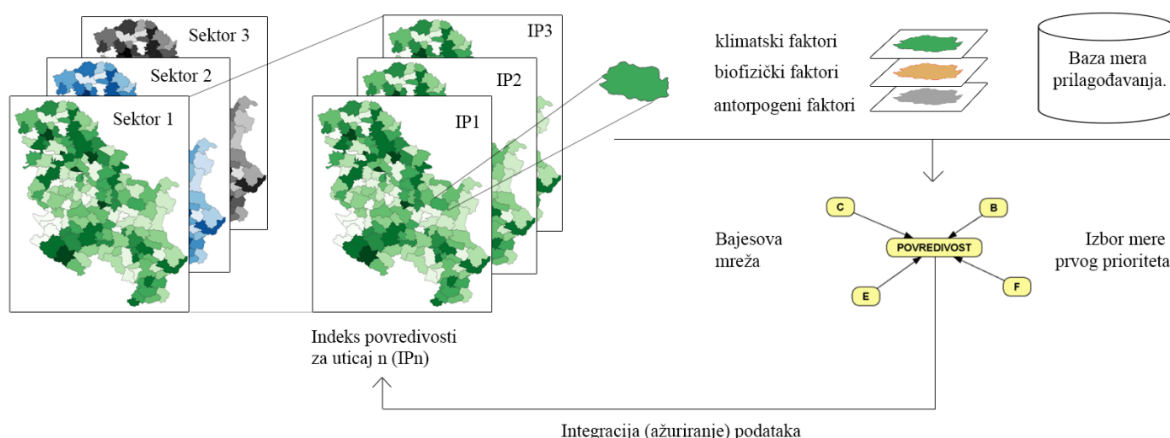
Aplikacijom različitih algoritama i alata prostorne analitike, GIS se uspešno koristi za definisanje različitih aspekata povredivosti društvenih i biofizičkih sistema. Na primer, Piekielek i saradnici (2015) koriste GIS za procenu povredivosti i mogućnosti prilagođavanja zaštićenih područja na klimatske promene, izračunavajući između ostalog topografski indeks vlažnosti i direktne solarne radijacije. Zhang i saradnici, sa druge strane, integracijom AHP-a i GIS logike rasterskog preklapanja izračunavaju ekološku osetljivost i indeks ekološke povredivosti u urbanom kontekstu (Zhang, Wang, & Lin 2015). Simultanom primenom ortofotografije i modelovanja transformacije konfiguracije terena, upotrebom digitalnog elevacionog modela, Santos i saradnici procenjuju povredivost primorskih područja na olujne vetrove (Santos, Río, & Benavente, 2013). Fernandez i saradnici koriste GIS i višestruku multiatributivnu analizu za izradu scenarija društvene povredivosti od poplava (Fernandez, Mourato, & Moreira, 2016). Rød i saradnici primenjuju GIS za interpretaciju integrisanog indeksa povredivosti, baziranog na interpolaciji indeksa izloženosti poplavama, olujama i klizištima (Rød, Opach, & Neset, 2015). Keshtkar i Voigt koriste GIS za procena uticaja klimatskih promena na distribuciju određenih biljnih vrsta, primenom modela koji se fokusira na simulaciju vremenske i prostorne dinamike vrsta i procenjuje povećanje reproduktivnog potencijala tokom vremena u odnosu na početne kriterijume (Keshtkar & Voigt, 2016). Hammouri i El-Naqa primenjuju GIS za mapiranje hidrološke ranjivosti podzemnih vodnih resursa (Hammouri & El-Naqa, 2008). Kombinacijom višekriterijumske analize i prostornog modeliranja Palchaudhuri i Biswas vrše procenu rizika od suša (Palchaudhuri & Biswas, 2016). podršku odlučivanju u rešavanju problema izbora relevantnih opcija prilagođavanja. Takođe, jedna od prednosti AHP-a jeste na pogodnost

11. NOVI MODEL ZA INTEGRISANO UPRAVLJANJE IZBOROM MERA PRILAGODAVANJA

Od početka XXI veka, prilagođavanje klimatskim promenama postaje sve značajnije za formiranje razvojnih strategija evropskih i mnogih drugih država širom sveta. Iako je broj dokaza o uticajima i efektima klimatskih promena u stalnom porastu, što prati odgovarajuća zainteresovanost akademske zajednice za ovaj fenomen, proces prilagođavanja je u praksi suočen sa brojnim izazovima kao što su: kompleksnost integrisanja potencijalnih rizika od efekata klimatskih promena (sa visokim stepenom neizvesnosti) u lokalne strategije razvoja, nedostatak ekspertskog znanja na lokalnom nivou, problemi integrisanja različitih prostornih i upravljačkih nivoa u procesu planiranja prilagođavanja i sl. Na osnovu istraživanja izloženog u prethodnim poglavljima razvijen je model za integrisano upravljanje izborom mera prilagođavanja na klimatske promene na lokalnom nivou.

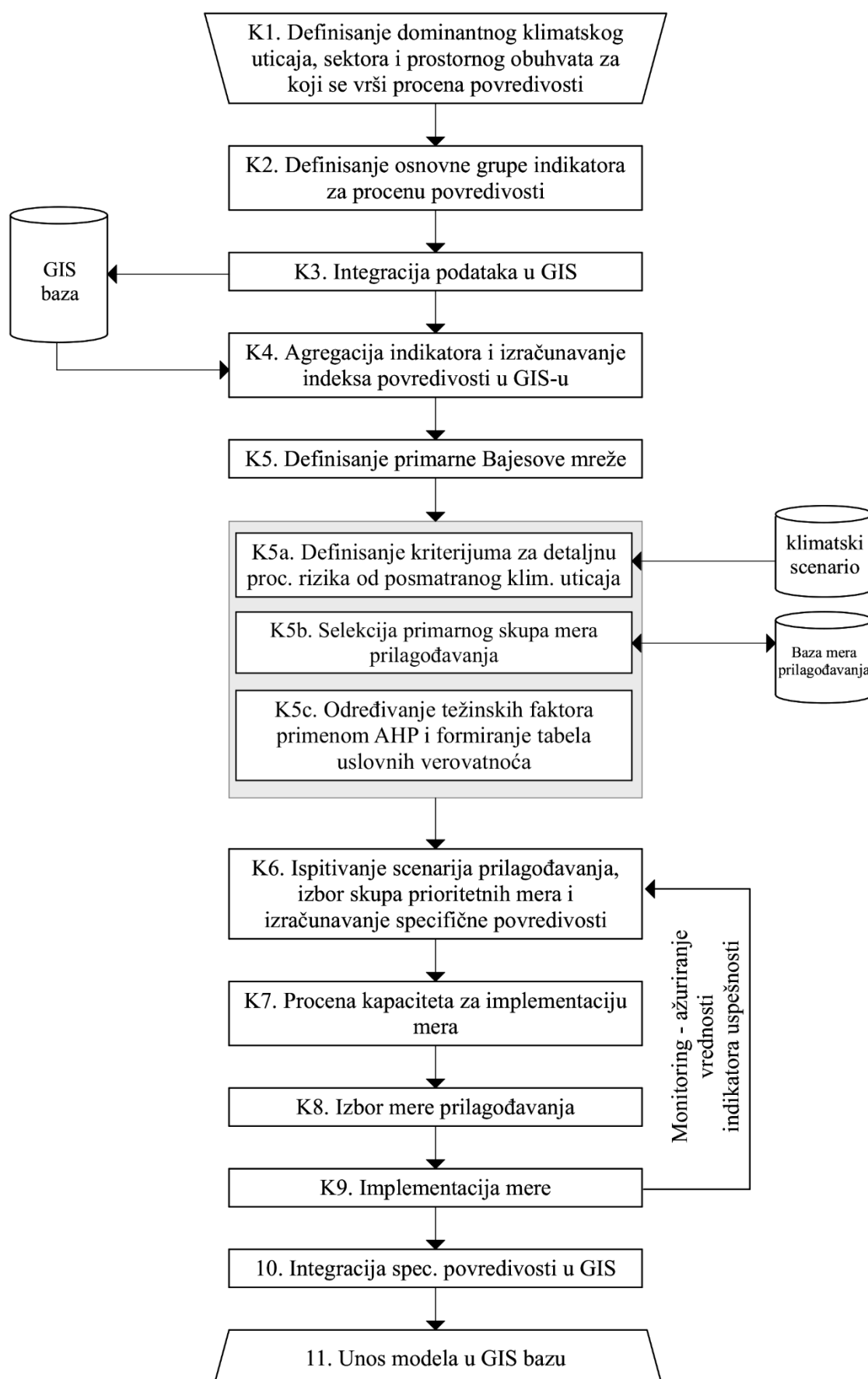
Uzevši u obzir prirodu problema upravljanja u oblasti klimatskih politika, koja podrazumeva odlučivanje u uslovima neizvesnosti, jedan od osnovnih principa na kojima se bazira projektovani model jeste princip adaptivnog upravljanja. U tom smislu, model je projektovan tako da donosiocima odluka pomogne prilikom izbora adekvatnih mera prilagođavanja, s jedne strane, i omogući praćenje procesa njihove implementacije sa druge strane. Model uključuje mogućnost za transparentno praćenje procesa implementacije mera i pristup ključnim elementima odlučivanja. Na ovaj način model može doprineti razumevanju procesa prilagođavanja koji su implementirani u okruženju i izgradnji sopstvenih kapaciteta.

U skladu sa rezultatima istraživanja, uzevši u obzir problem usklađivanja rezolucije podataka i njihovog integrisanja na različitim prostornim nivoima, model je projektovan tako da sadrži dva modula. Prvi modul se odnosi na opštu procenu povredivosti sa ciljem da omogući donosiocima odluka na lokalnom nivou uvid u prioritetne aspekte povredivosti za posmatrane sektore (npr. za sektor poljoprivrede u jednoj opštini rizik od poplava može da bude prioritetni aspekt, dok je u drugoj to rizik od suša). Drugi modul uključuje procenu specifične povredivosti i izbor mera prilagođavanja. Konačno, vrednosti specifične povredivosti iz drugog modula se integrišu kao novi (smisleniji/precizniji) kriterijum za procenu povredivosti u prvi modul, sa ciljem povećanja preciznosti opšte procene povredivosti (Slika 11.1).



Slika 11.1. Šematski prikaz modula modela

Modeliranje procesa izbora mera prilagođavanja bazirano je na proceni simultanog doprinosa skupa mera za povećanje kapaciteta prilagođavanja i kriterijuma za procenu rizika od posmatranog klimatskog uticaja formiranjem dijagrama uslovnih verovatnoća primenom Bajesovih mreža. Metod višekriterijumske analize AHP je primenjen za kvantifikaciju definisanih kvalitativnih odnosa između kriterijuma rizika od posmatranog klimatskog uticaja i mera prilagođavanja. Za kvantifikaciju i prostorni prikaz specifičnih kriterijuma za procenu povredivosti na lokalnom nivou i integraciju podataka korišćen je GIS. U procesu projektovanja modela korišćeni su softverski paketi OpenMarkov, QGIS 3.0 i Excel koji su opisani u odgovarajućim delovima ovog poglavlja. U nastavku je prikazan algoritam modela sa detaljno objašnjenim koracima (Slika 11.2).



Slika 11.2. Algoritam modela za izbor mere prilagođavanja

Metodologija izbora mere prilagođavanja na klimatske promene obuhvata sledeće korake:

- 1) Definisanje sektora, prostornog obuhvata, i primarnog klimatskog uticaja za koji se vrši opšta procena povredivosti;
- 2) Definisanje osnovne grupe indikatora za procenu povredivosti za odabrani sektor. Ovaj korak podrazumeva i normalizaciju indikatora;
- 3) Integrisanje osnovne grupe indikatora u GIS;
- 4) Agregacija osnovnih indikatora u indekse izloženosti, osetljivosti i kapaciteta prilagođavanja;
- 5) Definisanje dijagrama uticaja za izbor prioriternih mera prilagođavanja primenom Bajesove mreže. Za formiranje dijagrama uticaja definišu se osnovne grupe kriterijuma.
 - 5a – Definisanje kriterijuma za procenu rizika od posmatranog klimatskog uticaja. Kriterijumi mogu uključivati klimatske parametre, i relevantne bio-fizičke i antropogene aspekte za posmatrani sektor.
 - 5b – Selekcija primarnog skupa mera iz baze mera prilagođavanja i pregledom u relevantne planove i strategije na lokalnom nivou.
 - 5c – Određivanje težinskih faktora primenom AHP i formiranje tabela uslovnih verovatnoća.
- 6) Ispitivanje scenarija prilagođavanja. Izbor skupa prioriternih mera i izračunavanje specifične povredivosti na osnovu usvojenog scenarija prilagođavanja za posmatrani vremenski okvir;
- 7) Za odabranu meru/skup mera, procenjuju se trenutni kapaciteti odgovornog subjekata (institucije, organizacije) za implementaciju odabranih mera. Kriterijumi se odnose na trenutne planske aspekte, leigslativne okvire i dostupne resurse za implementaciju odabranih mera;
- 8) Na osnovu rezultata iz Bajesove mreže i ocene kapaciteta za implementaciju mere, bira se primarna mera prilagođavanja. U ovom koraku se definišu indikatori uspešnosti za praćenje procesa implementacije izabrane mere (mera);
- 9) Implementacija prioriternog mere. U procesu monitoringa, vrednosti indikatora uspešnosti se ažuriraju u odgovarajućem čvoru u primarnom dijagramu. Ažurirani čvor u mreži predstavlja mehanizam za praćenje implementacije mere. Promena vrednosti indikatora u čvoru za posmatranu meru utiče na promenu vrednosti kapaciteta prilagođavanja, odnosno, specifične povredivosti. Na ovaj način se povećava i

preciznost procene povredivosti, odnosno, smanjuje stepen neizvesnosti prilikom procene ukupnog uticaja skupa mera na posmatrani rizik;

- 10) Dobijena vrednost specifične povredivosti integriše se kao novi atribut u GIS bazu. Dobijena vrednost smislenije reflektuje povredivost na određeni klimatski uticaj za posmatrani kontekst, jer uključuje skup lokalno-specifičnih kriterijuma. Na ovaj način se povećava preciznost procene povredivosti na regionalnom nivou (modul 1);
- 11) Formirani model se unosi u GIS kako bi omogućili direktnu analizu i uvid u akterima uključenim u proces prilagođavanja.

11.1 Modul 1

Kao što je već objašnjeno, projektovani model se sastoji iz dva modula. Nakon potpune realizacije, prvi modul će omogućiti pregled procene povredivosti za sve prioritetne sektore definisane nacionalnom strategijom. Koraci u ovom modulu se odnose na opštu procenu povredivosti na osnovu koje se može izvršiti rangiranje opština u odnosu na stepen povredivosti posmatranih sektora, i u tom smislu, omogućiti polazna informacija za realizaciju drugog modula.

Korak 1. Definisanje sektora, klimatskih uticaja i prostornog obuhvata

U ovom koraku se usvajaju prioritetni sektori za sprovođenje procene povredivosti. Prvi nacionalni plan adaptacije na izmenjene klimatske uslove (MPZS, 2015) uključuje četiri prioritetna sektora koji mogu pretrpeti najveće štete usled promena klime: poljoprivredu, šumarstvo, vodoprivredu, i zaštitu prirode i ekosistema (biodiverziteta). Za svaki sektor se izračunava relativni indeks povredivosti. Model je inicijalno projektovan za teritoriju Srbije.

Korak 2. Definisanje osnovne grupe indikatora za procenu povredivosti za odabrani sektor

Kao što je objašnjeno u petom poglavlju, planiranje prilagođavanja na klimatske promene na prvom mestu mora biti podržano sveobuhvatnim informacijama o povredivosti. Definisana kao koncept koji izražava kompleks interakcija različitih faktora koji određuju osetljivost sistema od uticaja spoljnog faktora, povredivost je uslovljena fizičkim, ekonomskim, ekološkim i društvenim faktorima. Shodno tome, za dimenzionisanje komponenti povredivosti koriste se različiti osnovni indikatori u zavisnosti od sistema, sektora ili receptora, kao i konteksta u kome se vrši procena. Nakon definisanja sektora, prostornog

obuhvata i klimatskog uticaja koji se analizira, definiše se skup indikatora za procenu opšte povredivosti. Indikatori su grupisani u odnosu na analitičke komponente povredivosti i aspekte koje one definišu:

- Izloženost - uključuje skup indikatora koji se odnose na scenarije klimatskih promena;
- Osetljivost - uključuje skup indikatora koji se odnose na društvene, ekonomske i biofizičke aspekte koji definišu osetljivost sektora u posmatranoj opštini/regionu na efekte klimatskih promena;
- Kapacitet prilagođavanja - uključuje indikatore koji se odnose na prirodni, ekonomski, društveni, fizički i upravljački kapital, a koji definišu kapacitet za prilagođavanje posmatrane opštine/regiona na efekte klimatskih promena.

Važno je naglasiti da osnovni (ulazni) indikatori nisu jednoznačno određeni, odnosno, sistem je otvoren za ažuriranje ulaznog skupa novim, preciznijim indikatorima za određeni sektor, od trenutka kada novi indikatori postanu dostupni. Na taj način je omogućeno kontinuirano unapređenje preciznosti i smanjenje neizvesnosti prilikom procene povredivosti.

Za odabrane teritorijalne jedinice dodaju se vrednosti indikatora. Nakon dodavanja vrednosti indikatora za svaku teritorijalnu jedinicu vrši se normalizacija indikatora. U procesu formiranja indeksa koji izražavaju različite dimenzije povredivosti, javljaju se indikatori koji se opisuju različitim mernim jedinicama. Oni se u svojoj izvornoj formi ne mogu integrisati u indeks. Proces normalizacije indikatora svodi indikatore različitih mernih jedinica na standardizovanu veličinu, bezdimenzionalnu jedinicu, i omogućava njihovu komparaciju i integraciju. Shodno tome, pre unosa vrednosti indikatora u GIS vrši se normalizacija indikatora. Za potrebe ovog istraživanja koristi se *Min-Max* metoda normalizacije (OECD, 2008). Ovom metodom indikatori se normalizuju na identičan raspon vrednosti [0, 1], kao što je prikazano u jednačini 11.1.

$$X_{i,0-1} = \frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \quad (11.1)$$

gde X_i predstavlja individualnu vrednost indikatora, $X_{\min}$ minimalnu vrednost indikatora u posmatranom skupu vrednosti za taj indikator, $X_{\max}$ maksimalnu vrednost indikatora u posmatranom skupu vrednosti za taj indikator, i $X_{i,0-1}$ normalizovanu vrednost indikatora od

0-1. Za kreiranje indeksa potrebno je odrediti specifične težine za svaki od indikatora za odgovarajuću komponentu povredivosti (npr. osetljivost). Za određivanje težinskih koeficijenata koristi se AHP metoda.

Korak 3. Integrisanje podataka u GIS

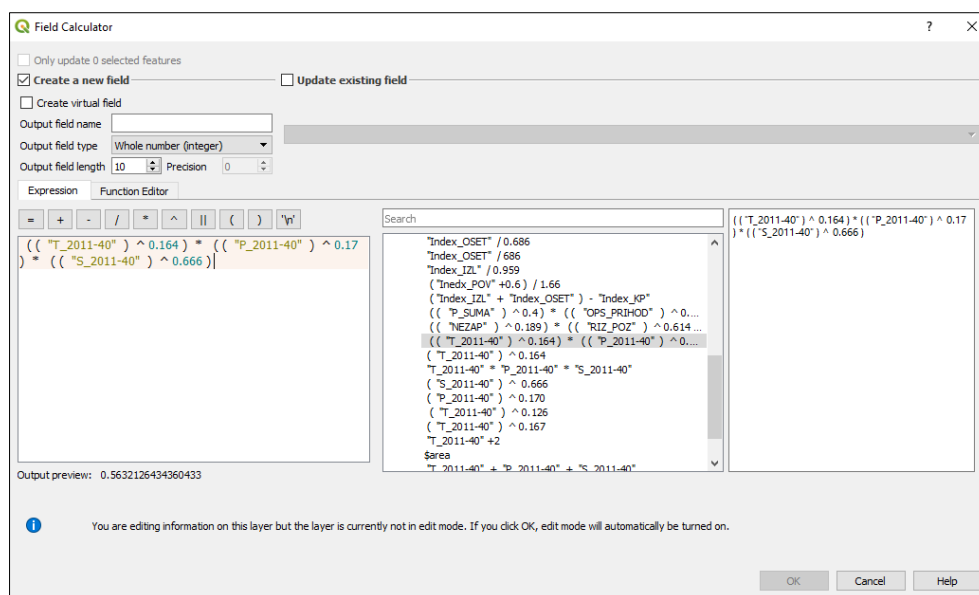
Za potrebe razvoja ovog modela odabran je softver sa otvorenim pristupom QGIS 3.0. Kao i drugi napredni GIS softveri, QGIS 3.0 ima karakteristike baze podataka koja podržava analitičke upite i pruža mogućnost interpretacije različitih vrsta podataka i njihove prostorne implikacije i međusobne relacije upotrebom alata ili programiranjem u *Python* platformi. Normalizovane vrednosti odabranih indikatora posmatranih teritorijalnih jedinica se unose u tabelu atributa koja predstavlja osnovu za izračunavanje indeksa i generisanje mapa.

Korak 4. Agregacija osnovnih indikatora u indekse izloženosti, osetljivosti i kapaciteta prilagođavanja, i izračunavanje zbirnog indeksa povredivosti

Nakon određivanja težinskih koeficijenata izračunavaju se indeksi povredivosti agregacijom osnovnih indikatora. Agregacija je proces sumiranja (integriranja) individualnih indikatora u kompozitni indikator odnosno indeks. Jedan od najčešće korišćenih metoda agregacije je linearna (aditivna) agregacija. Iako često korišćena, ova metoda je kritikovana zbog toga što dobijeni kompozitni indikator ne reflektuje dosledno vrednosti individualnih indikatora (OECD, 2008). Zbog toga se u ovom istraživanju koristi geometrijska agregacija koja se u literaturi preporučuje kao preciznija metoda za dobijanje smislenijeg kompozitnog indikatora koji ne dozvoljava kompenzaciju vrednosti između osnovnih indikatora (OECD, 2008). Geometrijska agregacija se vrši na osnovu formule:

$$CI_c = \prod_{i=1}^n x_{i,c}^{w_i} \quad (11.2)$$

Gde je CI_c tražena vrednost kompozitnog indikatora, $x_{i,c}$ individualni indikator u grupi indikatora za posmatranu komponentu za koju se konstruiše indeks, w_i težinski koeficijent individualnog indikatora. Da bi se prikazana formula primenila za izračunavanje indeksa u GIS-u, koristi se alat *Field calculator* (Slika 11.3).



Slika 111.3. Primer izračunavanja indeksa izloženosti u QGIS 3.0 primenom alata *Field calculatora*

Ovako integrisana formula za izračunavanje vrednosti indeksa omogućava jednostavno ažuriranje ponovnim pokretanjem formule, kada dođe do ažuriranja vrednosti bilo kog pojedinačnog indikatora koji je uzet u obzir za izračunavanje indeksa povredivosti. Takođe, automatski se ažurira i prostorni prikaz indeksa na mapi. Za svaki indikator i svaki indeks moguće je generisati posebnu mapu u vidu novog sloja (*layer-a*), ili postavljanjem specifičnog upita nad bazom. Formiranjem upita, baza omogućava prikaz opština koje imaju slične vrednosti za posmatrani indikator ili indeks. Ovako formirana baza omogućava transparentan prikaz svih elementa povredivosti, što donosiocima odluka olakšava razumevanje problema i analizu.

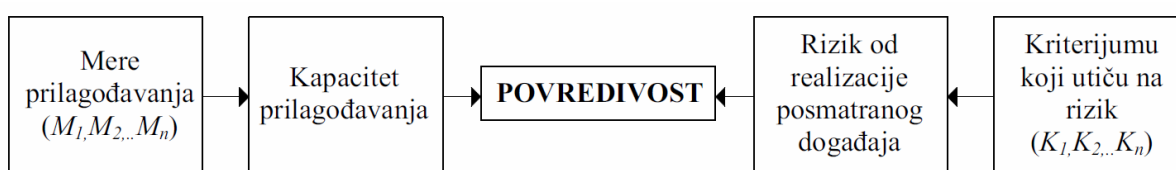
11.2 Modul 2

Uvidom u indeks povredivosti za analizirane sektore dobija se ulazna informacija o tome koji sektor i koji rizik u okviru sektora predstavljaju prioritet za detaljnu analizu i izbor mera prilagođavanja na lokalnom nivou. Rezultati prve faze modela donosiocima odluka na lokalnom nivou daju mogućnost komparacije indeksa povredivosti sektora za pojedinačne klimatske uticaje, kao i međusobnu komparaciju povredivosti sektora. Na osnovu dobijenih rezultata određuje se prioritetni sektor i odgovarajući uticaj za koji se vrši izbor mera i

prioritetna opština za dalju analizu. Prioritetnim sektorima se smatraju oni sektori čija vrednost indeksa ukazuje na veći stepen povredivosti.

Korak 5. Bajesova mreža – izbor skupa mera prilagođavanja

Ovaj korak se odnosi na kreiranje dijagrama uticaja za izbor prioriternih mera prilagođavanja. Korišćenjem dijagrama uticaja, primenom Bajesove mreže, kao što je objašnjeno u osmom poglavlju, omogućava se sagledavanje uticaja svakog pojedinačnog kriterijuma na konačnu povredivost. Iako povredivost nije direktno merljiva, u naučnim krugovima postoji konsenzus da se sagledava kao mera moguće buduće štete koja često uključuje različite prostorne i vremenske nivoe (Malone & Engle 2011; Hinkel 2011). U tom smislu, povredivost, definisana skupom kriterijuma koji utiču na rizik realizacije posmatranog događaja u odnosu na klimatski uticaj (npr. izbijanja šumskih požara usled intenzivnijih suša), i skupom mera prilagođavanja u funkciji kapaciteta prilagođavanja, u ovom modelu postavljena je kao centralni aspekt za izbor mera (Slika 11.4).



Slika 11.4. Šematski prikaz definisanja povredivosti

Korak 5a. Definisanje kriterijuma za detaljnu procenu povredivosti.

Za formiranje dijagrama uticaja, u ovom koraku je potrebno definisati specifične kriterijume u odnosu na posmatrani sektor, koji se na osnovu pregleda literature mogu generalno grupisati na sledeći način:

- Klimatski aspekti – skup podataka koji se odnosi na klimatske karakteristike (npr. projekcije promene srednje godišnje temperature i srednje godišnje količine padavina za posmatrani period, projekcije suše);
- Biofizički aspekti – skup podataka koji definiše relevantne biofizičke karakteristike posmatranog sistema koje doprinose izloženosti posmatranom uticaju (npr. nagib terena, elevacija, gustina izgrađenosti urbanog područja i sl.);

-
- Antropogeni aspekti – skup podataka koji ukazuju na antropogene faktore koje doprinose pojačavanju ili prevenciji rizika od posmatranog uticaja.

Svaki od skupova kriterijuma sadrži svoje podkriterijume (indikatore). Vrednosti svih kriterijuma se izračunavaju ili integrišu u GIS. Na taj način, pored kvantitativnih informacija o njima, dobija se i prostorna interpretacija podataka, što je od važnosti za razumevanje prostornih aspekata povredivosti.

Korak 5b. Selekcija primarnog skupa mera prilagođavanja

Kada govorimo o prilagođavanju, jasno je da se u obzir mora uzeti spektar različitih aspekata kako bi se postiglo sveobuhvatno razumevanje povredivosti. Da bi se podržao proces odlučivanja, neophodno je razviti inicijalnu bazu mera prilagođavanja, koja bi omogućila početne skupove za izbor prioriternih mera. Kao što je već navedeno u petom poglavlju, kroz dosadašnju praksu je razvijen veliki broj mera prilagođavanja koje se mogu koristiti direktno, ili kao modeli mera, u zavisnosti od konteksta u kome su kreirane i od konteksta u kome se primenjuju. U tom smislu, formiranje baze mera zasnovano je na pregledu literature. Na ovaj način formira se skup mera za odgovarajuće sektore. Jedan od zadataka modela za podršku odlučivanju jeste da formira sistematizovanu bazu mera koja omogućava jednostavnu pretragu mera u odnosu na zadate kriterijume. Za potrebe ovog modela kategorizacija mera u bazi se vrši u odnosu na sledeće kriterijume:

- *Sektorska određenost* – određuje u okviru kog sektora se određena mera može primeniti. Neke mere mogu biti relevantne za više od jednog sektora;
- *Definisanost mere u odnosu na posmatrani klimatski uticaj* – određuje za koji klimatski uticaj se mera može primeniti (požar, suše, poplave, olujni vetrovi, i sl.);
- *Tip mere* – određuje da li mera pripada skupu planskih, tehničkih, i sl;
- *Vrsta u odnosu na pristup prilagođavanju* – određuje da li mera pripada reaktivnom, proaktivnom (postepenom) ili transformativnom pristupu.

Za formiranje baze koristi se *Google Sheets* u okviru *GDrive*-a, zbog mogućnosti jednostavnog pristupa dokumentu od strane više korisnika. Za svaku od mera kreira se filter za svaki kriterijum. Ovako formatirana baza omogućava jednostavan odabir relevantnog skupa mera za konkretan kontekst planiranja prilagođavanja.

Za odabir skupova mera prilikom formiranja dijagrama uslovnih verovatnoća, za izbor prioriternih mera prilagođavanja, primenjuju se sledeći koraci:

Pregled postojećih razvojnih strategija (akcionih planova) – prilikom analize strategija i razvojnih mera utvrđeno je da postojeće strategije sadrže određeni broj mera koje imaju karakteristike mera prilagođavanja, ali nisu konceptualno definisane u kontekstu klimatskih promena. Pretpostavka je da su za implementaciju mera sadržanih u strategijama predviđeni potrebni uslovi u smislu ljudskih, tehničkih i institucionalnih kapaciteta. Shodno tome, prvi korak uključuje analizu mera u postojećim strategijama i akcionim planovima za opštinu ili drugi teritorijalno-upravljački nivo za koji se mera donosi. Ovim putem se utvrđuje da li u skupu postojećih mera postoji mera koja se primenjuje, a koja po svojim karakteristikama odgovara aspektu prilagođavanja koji se obrađuje. Afirmacija već postojećih mera doprinosi efikasnosti planiranja, smanjujući mogućnost za potencijalno dupliranje resursa i aktivnosti (problem planiranja prilagođavanja nezavisno od postojećih planova);

Katalog mera – ako u postojećim strategijama ne postoji odgovarajuća mera, selekcija mera se vrši pretragom baze;

Definisanje nove mere – u slučaju da za specifičan lokalni kontekst i posmatrani uticaj ne postoji odgovarajuća mera u bazi, definiše se nova mera u skladu sa potrebama, ili se odgovarajuća mera iz baze prilagođava. Novoj meri se dodeljuju atributi i učitava se u bazu. Na ovaj način se baza kontinuirano ažurira i prilagođava lokalnom kontekstu.

Postojeći planovi, baze i strategije mogu sadržati veliki broj mera, što može strukturu modela, i posledično proces odlučivanja, učiniti složenijim. Da bi se broj mera optimizovao, iz osnovnog skupa mera ekspertskom ocenom se određuje relevantnost mere za posmatrani kontekst. Stepenn relevantnosti se ocenjuje na skali od 0-2: 0 – mera nije relevantna, 1 – mera je delimično relevantna, 2 – mera je relevantna. Normalizacijom zbirnih ocena eksperata određuje se stepenn relevantnosti mera iz osnovnog skupa na skali od 0-1, i bira primarni skup mera.

Korak 5c. Određivanje težinskih faktora primenom AHP-a i formiranje tabela uslovnih verovatnoće

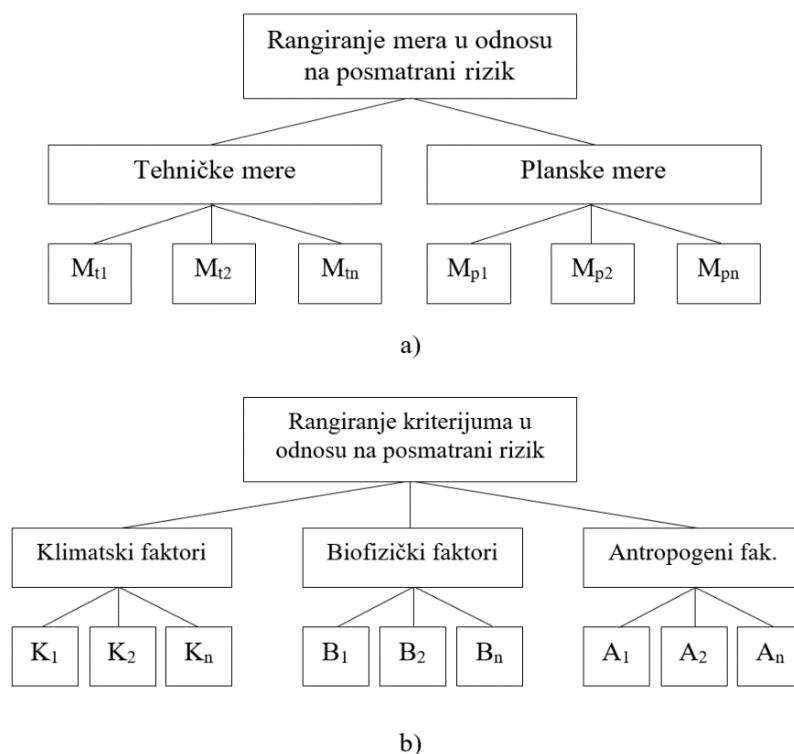
Važno je napomenuti da, u zavisnosti od specifičnosti lokalnog konteksta, broj mogućih mera prilagođavanja i kriterijuma rizika koji utiču na posmatranu povredivost, može biti veliki. Da bi se njihov broj optimizovao, potrebno je iz skupa odabrati najrelevantnije čiji će se zajednički uticaj ispitivati u mreži. Kako se povećava broj posmatranih kriterijuma koji utiču

na jedan događaj, povećava se i složenost izračunavanja vrednosti izlazne promenljive, jer se rešenje određuje kao jedna od svih mogućih kombinacija posmatranih kriterijuma (Velimirović et al. 2017). Da bi se problem broja kombinacija kod definisanja relacija između kriterijuma na mreži optimizovao prilikom određivanja uslovnih verovatnoća, za određivanje odnosa u tabelama uslovnih verovatnoća koristi se AHP. Ovaj korak uključuje određivanje specifičnih težina za odabrani skup relevantnih mera prilagođavanja iz baze u odnosu na pojedinačni doprinos smanjenju povredivosti za posmatrani klimatski uticaj. Takođe, potrebno je odrediti i specifične težine za skupove kriterijuma koji utiču na stepen rizika od posmatranog klimatskog uticaja. Dobijene specifične težine se koriste za formiranje tabela uslovnih verovatnoća za čvorove u Bajesovoj mreži.

Hijerarhijska struktura AHP stabla se određuje u odnosu na definisanu strukturu Bajesove mreže i međusobnih relacija kriterijuma, odnosno, mera. U slučaju određivanja težinskih koeficijenata za mere prilagođavanja, mere prilagođavanja se ocenjuju po prioritetima u odnosu na njihov doprinos smanjenju povredivosti na posmatrani rizik. U drugom slučaju, kada su u pitanju kriterijumi za rizik, alternative se ocenjuju po prioritetima u odnosu na njihov pojedinačni doprinos realizaciji posmatranog rizika (npr. rizik od poplava) (Slika 11.5). Izračunavanje težina se vrši u AHP kalkulatoru baziranom na MS Excel-u.

Korak 6. Analiza scenarija prilagođavanja-izbor skupa prioriternih mera

U prethodnom koraku selektovani su ulazni podaci za formiranje Bajesove mreže (vrednosti kriterijuma, skup relevantnih mera, i odgovarajući težinski faktori). Cilj ovog koraka jeste kreiranje mogućih scenarija smanjenja povredivosti na posmatrani rizik ispitivanjem različitih kombinacija mera prilagođavanja. Za razvoj dijagrama u ovom radu korišćen je program sa otvorenim pristupom OpenMarkov V 0.2.0 (Snapshot UNED 2008-2012). OpenMarkov je specijalizovani program za rad sa probabilističkim grafičkim modelima. Za kreiranje mreže u programskom paketu OpenMarkov mogu se koristiti tri tipa čvorova: čvorovi „prirode“ (*eng. nature node*) (pomoću njih se predstavljaju kriterijumi na koje donosilac odluka može direktno da utiče unošenjem odgovarajućih vrednosti), čvorovi „odluke“ (upravljačke promenljive) (*eng. decision node*), i čvorovi „vrednosti“ (koriste se za određivanje pravila za izbor optimalne odluke na mreži) (*eng. utility node*).



Slika 11.5. Primer hijerarhijske strukture odlučivanja za izračunavanje težinskih faktora (a) mera prilagođavanja i (b) kriterijuma za procenu uticaja

Postoji mogućnost dodeljivanja različite funkcije svakom od čvorova. Čvorovi mogu biti diskretnog ili neprekidnog tipa, u zavisnosti od tipa podataka za posmatrani kriterijum. U Bajesovoj mreži, u ovom modelu koriste se čvorovi „prirode“. Za svaki čvor na mreži se određuju se uslovne raspodele verovatnoća nastanka različitih stanja posmatranog sistema u odnosu na odabrani skup kriterijuma (Slika 11.6). Nakon definisanja svih elemenata dijagrama uticaja, u ovom koraku se ispituju mogući scenariji prilagođavanja. Analiza scenarija se vrši promenom parametara stanja u odgovarajućim čvorovima na mreži za određenu kombinaciju mera prilagođavanja, ili vrednosti za posmatrane kriterijume koji utiču na posmatrani rizik (npr. vrednosti predviđenih indeksa suše za određene vremenske intervale). Promena vrednosti stanja za jedan ili više kriterijuma ili mera, utiče na promenu vrednosti povredivosti, kao rezultat zajedničke raspodele verovatnoće nad svim kriterijumima i merama u mreži (Slika 11.7). Na ovaj način moguće je uvideti promenu povredivosti u skladu sa promenom stanja kriterijuma rizika za očekivane promene klimatskih uticaja u odnosu na klimatski scenario, i uticaj pojedinačnih mera ili skupa mera na povećanje kapaciteta prilagođavanja. Analizom scenarija mogu se odabrati mere koje najviše doprinose smanjenju povredivosti, odnosno, prilagođavanju posmatranom uticaju.

Node Potential: Rizik

Relation Type: Table Reorder variables

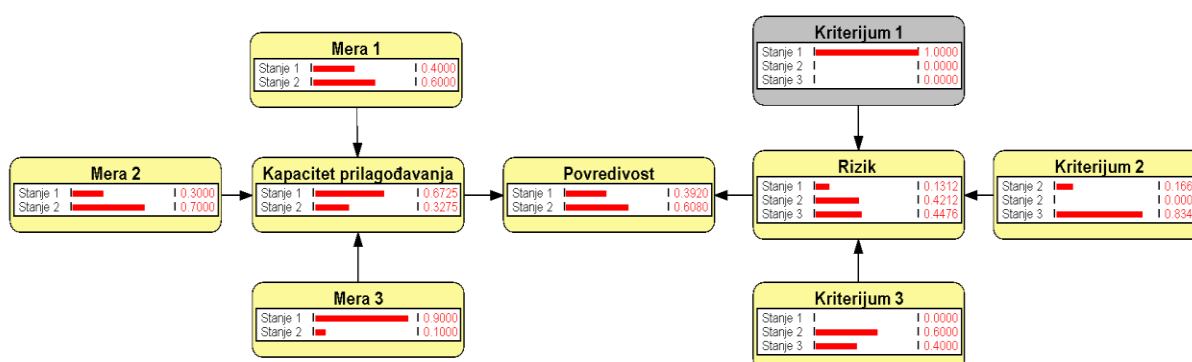
Kriterijum 1	Stanje 3	Stanje 3	Stanje 3	Stanje 3	Stanje 3	Stanje 3	Stanje 3	Stanje 3	Stanje 3	Stanje 2	Stanje 2
Kriterijum 2	Stanje 3	Stanje 3	Stanje 3	Stanje 2	Stanje 2	Stanje 2	Stanje 2	Stanje 2	Stanje 2	Stanje 3	Stanje 3
Kriterijum 3	Stanje 3	Stanje 2	Stanje 1	Stanje 3	Stanje 2	Stanje 1	Stanje 3	Stanje 2	Stanje 1	Stanje 3	Stanje 2
Stanje 1	0	0	0.702	0	0	0.702	0.2	0.2	0.902	0	0
Stanje 2	0	0.702	0	0.2	0.902	0.2	0	0.702	0	0.098	0.8
Stanje 3	1	0.298	0.298	0.8	0.098	0.098	0.8	0.098	0.098	0.902	0.2

< >

<<Double click to add/modify comment>>

☒ OK ☐ Cancel

Slika 11.6. Primer tabela uslovne verovatnoće u programu *OpenMarkov*



Slika 11.7. Prikaz konceptualnog dijagrama za izbor mera prilagođavanja programu *OpenMarkov*

Korak 7. Procena kapaciteta za implementaciju mera

U prethodnom koraku, analizom scenarija određuju se najmanje dve prioritete mere prilagođavanja. Pored izbora skupa prioriteta mera u mreži, jedan od važnih koraka prilikom odabira konačne mere prilagođavanja predstavlja analiza faktora rizika za implementaciju odabranih mera. Kriterijumi koji se koriste za procenu rizika implementacije se odnose na tehničke, planske i legislativne aspekte, koji ukazuju na kapacitet subjekta da implementira meru. Za te potrebe se u ovom koraku formira matrica u kojoj se izabrane mere ocenjuju u odnosu na kriterijume od važnosti za njihovu implementaciju. Osnovni kriterijumi i podkriterijumi izabrani su na osnovu preporuka iz literature (USAID 2016, JICA 2008) (Tabela 11.1).

Tabela 11.1. Izbor i obrazloženje kriterijuma za procenu rizika implementacije mera prilagođavanja

Kriterijum	Opis kriterijuma	Indikatori
Institucionalni resursi	Ukazuje da li nadležna institucija poseduje adekvatne resurse za implementiranje izabrane mere prilagođavanja.	<i>Profesionalni kapacitet</i> (potreban broj stručnog kadra sa adekvatnim profesionalnim znanjem neophodnim za uspešno implemenmtiranje mere prilagođavanja koja se posmatra) ocena - visok kapacitet – organizacija poseduje potreban kadar sa relevantnim profesionalnim znanjem za sprovođenje izabrane mere - nizak kapacitet - organizacija ne poseduje potreban kadar sa relevantnim profesionalnim znanjem za sprovođenje izabrane mere - potrebno je usavršavanje postojećih kadrova ili zapošljavanje novih kadrova <i>Organizacioni kapacitet</i> - postojanje urpavljačkog/organizacionog tela za sprođenje odabrane mere prilagođavanja (.npr. sektor za poljobrivredu, sector za vanredne situacije i sl.) ocena - visok kapacitet – za sprovođenje izabrane mere postoji organizaciono telo - nizak kapacitet – za sprovođenje izabrane mere ne postoji organizaciono telo <i>Tehnički kapacitet (opremljenost)</i> (za određene mere neophodna je thnička opremljenost čiji nedostatak/postojanje može olakšati/otežati sprovođenje mere prilagođavanja (IT infrastruktura, programski paketi, druga vrsta tehničke opreme) ocena - visok kapacitet – postojeći tehnički kapacitet može u potpunosti da podrži sprovođenje izabrane mere - nizak kapacitet - – postojeći tehnički kapacitet nije dovoljan / adekvatan da podrži sprovođenje izabrane mere
Planski aspekt	Ukazuje kako se planirana mera uklapa strateški u postojeće razvojne planove i strategije.	<i>Horiz. Integrisanost mere</i> (pretpostavka je da ako je izabrana mera već definisana u razvojnim strategijama/planovima u posmatranom kontekstu, to olakšava njenu dalju afirmaciju i implementaciju u kontekstu prilagođavanja) ocena - mera postoji u lokalnim strateškim/planskim dokumentima ili mera je delimično definisana (u planovima posoji slična mera koja se može dopuniti) - mera kao takva ne postoji u strateškim/planskim dokumentima

		<i>Sektorska određenost</i> (pretpostavka je da mere koje istovremeno imaju pozitivan uticaj na više sektora imaju veću verovatnoću obezbeđivanja potrebnih profesionalnih, tehničkih i finansijskih resursa, i posledično podrške za usvajanje i implementiranje). ocena - mera ima uticaj na više sektora - mera se odnosi na jedan sektor
		<i>Vertikalna integrisanost</i> (usklađenost mere sa odgovarajućim nacionalnim politikama. Da li je mera, ili problem integrisan u nacionalne, okružne regionalne planove u vidu cilja, preporuke i sl.) ocena - mera je integrisana sa planovima/strategijama višeg reda - mera nije integrisana sa planovima/strategijama višeg reda
Izvodljivost	Ukazuje na potencijalna ograničenja za sprovođenje mere.	<i>Autonomija odlučivanja</i> (odnosi se na autonomiju organizacije u donošenju odluka za implementaciju određene mere; odnosno odsustvo političkih/upravljačkih ograničenja) ocena - potpuna – organizacija ima potpunu nadležnost za sprovođenje izabrane mere - bez autonomije - organizacija nema jasno definisan mandat koji dozvoljava sprovođenje izabrane mere <i>Legislativna ograničenja</i> (odnosi se na zakonske regulative koje podržavaju ili /ograničavaju sprovođenje izabrane mere) ocena - Ne postoje – za sprovođenje izabrane mere ne postoje legalna ograničenja - Postoje - za sprovođenje izabrane mere postoje legalna ograničenja <i>Finansijski resursi</i> - odnosi se na finasijske kapacitete odgovornog subjekta da samostalno efikasno implementira određenu meru. ocena - zadovoljavajući – organizacija ima dovoljne finasijske rsurse za sprovođenje izabrane mere - nezadovoljavajući - organizacija nema dovoljne finasijske rsurse za sprovođenje izabrane mere

Identifikacija skupa ograničavajućih faktora za implementaciju mere ukazuje na neophodne uslove koji se moraju ispuniti da bi se smanjio rizik implementacije izabrane prioritetne mere. Step en kapaciteta za implementaciju se određuje na osnovu skupova kriterijuma koji uključuju sledeće aspekte:

-
- *Karakteristike institucionalnih resursa* – spremnosti nadležne institucije za implementaciju mere;
 - *Planiranje* – procena kako se predložene mere uklapaju u postojeće planske/razvojne aktivnosti;
 - *Upravljanje i zakonski okviri* – da li postoje ograničenja (i koje vrste) za implementaciju mere.

U prethodnom koraku su definisani kriterijumi za procenu rizika implementacije. Kako je predviđeno da se za ocenu vrednosti ovih kriterijuma u koristi binarno ocenjivanje (0, 1). Za potvrđan odgovor dodeljuje se vrednost 1, a za negativan 0. Zbir bodova ukazuje na trenutne kapacitete za implementiranje odabranih mera.

Korak 8. Izbor mere prilagođavanja

U koracima K6 i K7 su izabrane mere prvog prioriteta i ocenjen je rizik implementacije za svaku od odabranih mera. Na osnovu rezultata iz ovih koraka bira se primarna mera prilagođavanja, i eventualno skup aktivnosti za ostvarivanje potrebnih uslova za njenu implementaciju

Korak 9. Implementacija

Ovaj korak uključuje definisanje indikatora uspešnosti za praćenje implementacije izabrane mere prilagođavanja. Ovako definisan indikator se ugrađuje u Bajesovu mrežu u čvor za odabranu meru na mreži. Na ovaj način, struktura mreže ujedno omogućava praćenje implementacije izabrane mere. Promenom vrednosti indikatora uspešnosti, na mreži se automatski menja stepen povredivosti u skladu sa zajedničkom raspodelom verovatnoće. Ovakav mehanizam omogućava adaptivno upravljanje procesom izbora mera i prilagođavanja na određeni tip rizika od potencijalnih efekata klimatskih promena.

Korak 10. Nakon izabranih mera u mreži se dobija vrednost povredivosti za odabrani scenario prilagođavanja. Ovu vrednost unosimo u bazu atributa u GIS, kao novi precizniji kriterijum za procenu povredivosti na regionalnom nivou. Ovim postupkom se smanjuje neizvesnost u proceni povredivosti na regionalnom nivou.

Korak 11. Formirani model, i matrica ocenjivanja kapaciteta se nakon završetka procesa izbora mera unose u GIS bazu. Svaki vektor u GIS-u, koji predstavlja određenu opštinu, moguće je povezati sa određenim dokumentom na lokalnom serveru. Jednostavnim pozivanjem veze (*linka*), moguće je preuzeti modele za odgovarajuću opštinu. Na ovaj način omogućen je transparentni uvid u proces prilagođavanja i koji uključuje sve aspekte procesa odlučivanja.

12. PRIMENA MODELA

U ovom poglavlju prikazana je primena razvijenog modela u skladu sa predviđenim koracima opisanim u metodologiji.

12.1 Modul 1 – Izračunavanje indeksa povredivosti

12.1.1 Definisanje sektora, prostornog obuhvata, i primarnog klimatskog uticaja za koji se vrši opšta procena povredivosti

Verifikacija projektovanog modela je izvršena za sektor šumarstva. Model je primenjen za teritoriju Regiona Južne i Istočne Srbije i obuhvata četrdeset sedam opština.

Broj šumskih požara i površine zahvaćene požarima se iz godine u godinu povećava, što se povezuje sa mnogim činiocima među kojima su najvažniji učestalost i trajanje sušnih perioda, promena klime, povećana frekvencija ljudi u šumskim područjima (Đorđević, 2012). Na osnovu procene gubitaka usled šumskih požara u JP „Srbijašume”, u periodu 2000-2009. godine utvrđena je direktna šteta u iznosu od 36, 5 milijardi dinara (Aleksić & Jančić, 2009). Najveći broj požara se dogodio tokom marta, aprila, jula i avgusta (80%) (MZŽS, 2017). U poslednjih petnaest godina bilo je više kritičnih godina za šumske požare u Srbiji, naročito 2000., 2007., 2012., i 2013. godina. Najveća površina pod požarima zabeležena je u 2007 godini zbog velike suše (MZŽS, 2017). Klimatske projekcije predviđaju povećanje temperature i češće i duže sušne periode u budućnosti. Posledično moguće je očekivati povećanje broja šumskih požara i teritorije koja će biti zahvaćena požarima. S obzirom na to, kako se navodi u *Drugom izveštaju Republike Srbije prema UNFCCC*, pri planiranju mera prilagođavanja za sektor šumarstva treba voditi računa o činjenici da će nova pošumljavanja biti sve više otežana (MZŽS, 2017); posledično, očuvanje postojećih šuma predstavlja jedan od imperativa u procesu prilagođavanja.

U tom smislu, za potrebe primene modela posmatrano je potencijalno povećanje povredivosti šumskih područja na požare kao posledice predviđenih klimatskih uticaja - povećanja srednje godišnje temperature, smanjenja prosečne godišnje količine padavina i projekcija suše.

12.1.2 Definisanje osnovne grupe indikatora za procenu povredivosti za odabrani sektor

U skladu sa komponentama povredivosti, za potrebe izračunavanja indeksa povredivosti pregledom literature usvojeno je deset indikatora (Tabela 12.1). Funkcionalna

veza ukazuje na uticaj posmatranog indikatora na komponentu koju indikator meri: 1) pozitivna – povećanje vrednosti indikatora doprinosi povećanju vrednosti relevantne komponente (npr. povećana vrednost indeksa suše utiče na povećanje rizika od požara); 2) negativna – povećanje vrednosti indikatora doprinosi smanjenju vrednosti relevantne komponente (npr. veća prosečna godišnja količina padavina utiče na smanjenje rizika od požara).

Tabela 12.1. Indikatori za izračunavanje indeksa povredivosti opština na šumske požare u kontekstu projektovanih promena klime

Komponenta povredivosti	Indikatori	Fun. veza	Jed. mere	Izvor	Obrazloženje
Izloženost (projektovane vrednost)	Srednja godišnja temperatura vazduha	↑	°C	(Djurđević et. al., 2014; Djurđević & Krzic, 2014)	Smanjenje padavina i povišene temperature mogu povećati učestalost povoljnih uslova za šumske požare u smislu povećanja prirodnih uzroka požara, dužinu požarne sezone, intenziteta požara, prostornog i vremenskog obuhvata (EEA, 2016)
	Srednja godišnja količina padavina	↓	%	(Djurđević et. al., 2014; Djurđević & Krzic, 2014)	
	Indeks Suše (<i>FAI Forest Aridity Indeks</i>)	↑	Vrednost indeksa	(MZŽS, 2017)	Značajan doprinos smanjenju šumskog pokrivača daju intenzivni požari, čiji se povećani broj dovodi u vezu sa sušama (Varol, Ertugrul, 2016; MPZS, 2015; Alencar et al., 2015)
Osetljivost (trenutno stanje)	Populacija	↑	%	(RSZ, 2018)	Pretpostavka je da je ugroženost neke opštine veća ako ona ima više stanovnika, jer je veći broj ljudi koji potencijalno mogu biti ugroženi (MPZS, 2015).
	Prosečna zarada	↓	%	(RSZ, 2017)	Udeo nezaposlene populacije ima manje mogućnosti da odgovori određenim uticajima klimatskih promena, naročito ekstremnim prirodnim događajima, i posledično veći stepen osetljivosti (MPZS, 2015; Wisner et al., 2004).
	Stopa nezaposlenosti	↑	%	(RSZ, 2017)	

	Rizik od šumskih požara	↑	Ugroženost	Karta rizika od elem. nepogoda MUP RS sektor za vanredne situacije	Šumski požari su česta prirodna katastrofa u Evropi. Sa povećanjem temperature doći će do povećanja područja koja su podložna požarima i produžene sezone požara, i posledično povećanja moguće materijalne štete i ljudskih žrtava (EEA 2016a).
Kapacitet prilagođavanja (trenutno stanje)	Površina pod šumama	↑	%	(RSZ, 2014)	Šume pomažu u zaštiti zemljišnih i vodnih resursa, održavanje produktivnosti poljoprivrednih i ekoloških sistema. Šume takodje mogu da pruže zaštitu od klimatski indukovanih nepogoda kao sto su suše, poplave i oluje, direktno preko fizičkih barijera (Maiti, S. et al. 2015; Krishnamurthy, 2014; EAA, 2012). Šume povoljno utiču na mikroklimu, pretpostavka je da su područja sa više šuma u povoljnijem položaju nego ona koja zaostaju u tom pogledu (MPZS, 2015).
	Budžetski suficit/deficit po stanovniku	↑	EUR	(RSZ, 2016).	Pretpostavka je da razvijene o imaju veće mogućnosti za prilagođavanje (MPZS, 2015). Zaduženost opštine, može negativno uticati na investiranje u mere prilagođavanja koje su po prirodi dugoročne i zahtevaju ulaganja sa izvesnim stepenom neizvesnosti.
	Procenat savremenih puteva	↑	%	(RSZ, 2016)	Dobro povezana mreža puteva je od ključne važnosti za adekvatnu intervenciju nakon realizacije ekstramnih događaja (EEA 2014),

Za izračunavanje vrednosti klimatskih parametara korišćene su srednje godišnje projektovane vrednosti za 2011-2040. godinu, za A2 scenario (Djurđjević et. al., 2014; Djurđjević & Krzić, 2014). Za trenutne vrednosti srednje godišnje temperature i količine padavina korišćena je baza podataka CLIMATE-DATA¹². Za izračunavanje vrednosti indeksa

¹² <https://en.climate-data.org/info/sources/>

suše korišćeni su podaci iz *Drugog izveštaja Republike Srbije prema UNFCCC* (MZŽS, 2017). Za ostale indikatore korišćeni su zvanični podaci Republičkog zavoda za statistiku (RZS). Vrednosti indikatora su noramlizovane primenom *Min-Max* metode (Prilog 1). U skladu sa komponentama povredivosti (izloženost, osetljivost, kapacitet prilagođavanja) ekspertskom ocenom, primenom AHP metode, određene su specifične težine za svaki indikator (Prilog 2). Dobljene vrednosti su prikazane u Tabeli 12.2.

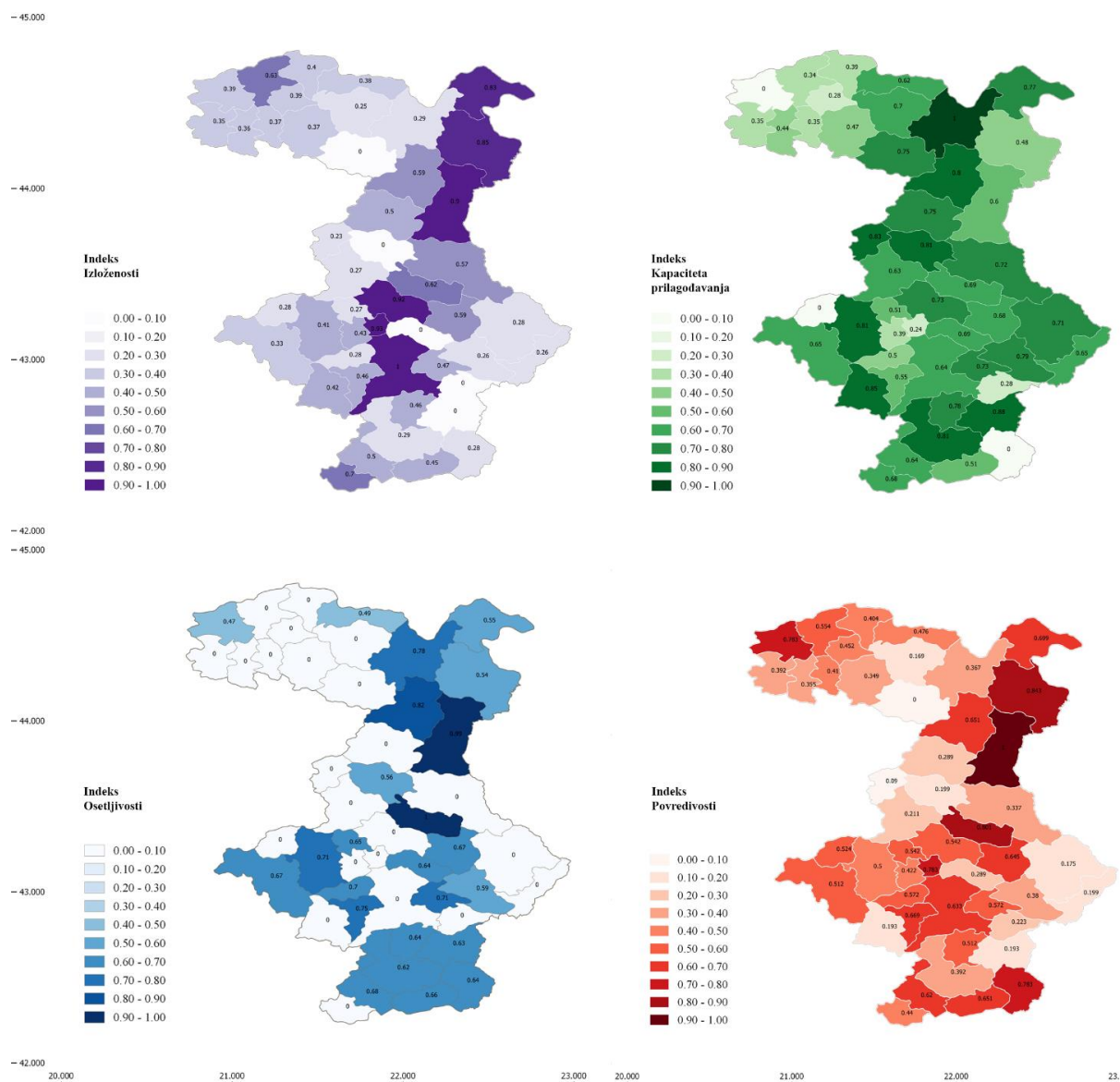
Tabela 12.2. Vrednosti specifičnih težina indikatora

Indikatori	Težina (w)
Srednja godišnja temperatura vazduha	0.164
Srednja godišnja količina padavina	0.170
Indeks suše	0.666
Populacija opštine	0.078
Stopa nezaposlenosti	0.189
Prosečna zarada	0.119
Rizik od požara	0.614
Površina pod šumama	0.400
Suficit/deficit opštine po stanovniku	0.400
Procenat savremenih puteva	0.200

12.1.3 Integrisanje osnovne grupe indikatora u GIS i agregacija osnovnih indikatora u indekse izloženosti, osetljivosti i kapaciteta prilagođavanja

Nakon određivanja specifičnih težina neophodnih za agregaciju pojedinačnih indikatora u odgovarajuće indekse, normalizovane vrednosti indikatora za odabrane opštine su integrisane u odgovarajuće attribute u QGIS 3.0.

Primenom metoda geometrijske agregacije, upotrebom alata *Field calculator* u GIS-u, konstruisani su indeksi osetljivosti, izloženosti i kapaciteta prilagođavanja. Na osnovu relacije osnovnih indeksa primenom izraza 5.2 izračunat je indeks povredivosti za posmatrane opštine mape (Slika 12.1).



Slika 12.1. Prikaz vrednosti indeksa povredivosti, osetljivosti, izloženosti, i kapaciteta prilagođavanja za opštine Regiona Južne i Istočne Srbije

Na osnovu dobijenih vrednosti indeksa može se zaključiti da opštine Zaječar, Negotin i Svrlijig, spadaju u kategoriju opština sa povećanim stepenom povredivosti od šumskih požara, sa vrednostima indeksa povredivosti iznad 0.8. Za simulaciju Modula 2, detaljnu analizu povredivosti i izbor mera prilagođavanja izabrana je opština Svrlijig.

12.2 Modul 2 - Izbor prioritetnih mera prilagođavanja

12.2.1 Definisanje dijagrama uticaja za izbor prioritetnih mera prilagođavanja primenom Bajesove mreže

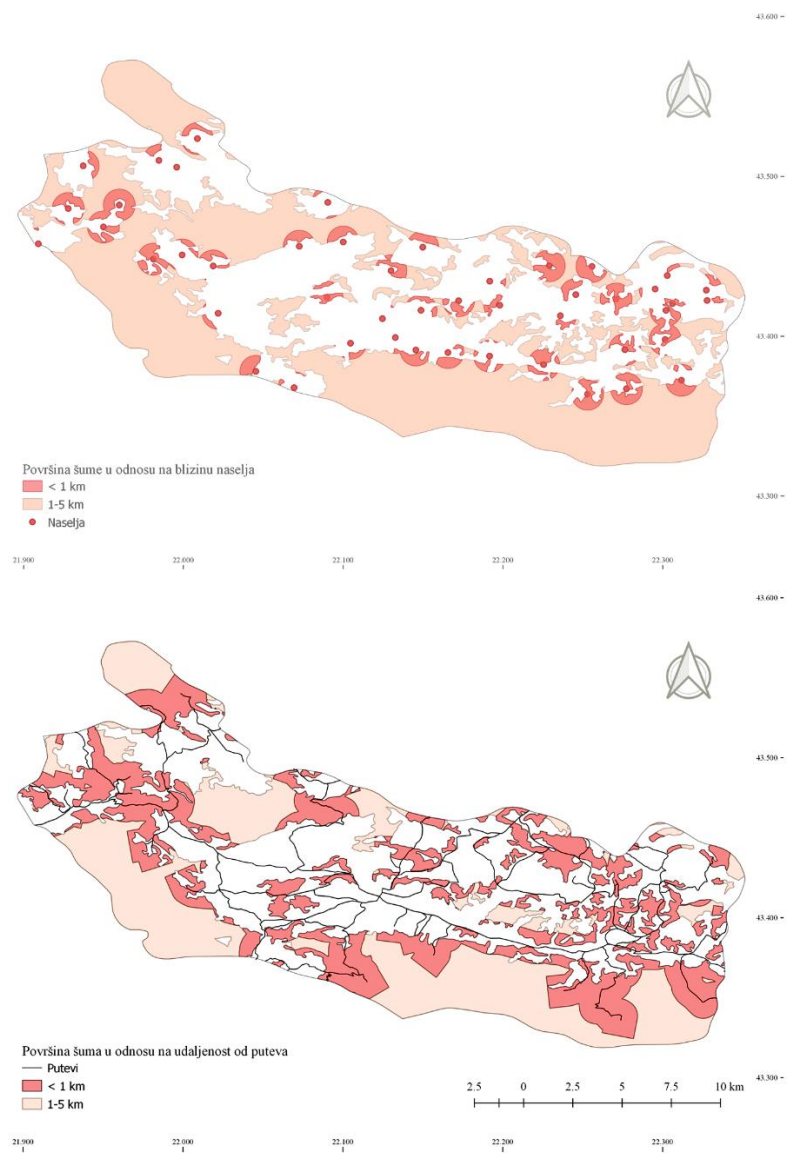
a) Definisanje kriterijuma za detaljnu procenu povredivosti

Za potrebe kreiranja dijagrama uticaja u ovom koraku su definisani specifični kriterijumi od značaja za sagledavanje rizika od šumskih požara. Šume i njihovo okruženje mogu se posmatrati kao jedan sistem koji je izložen dejstvu različitih faktora i događaja. Sinergijski uticaj unutrašnjih i spoljašnjih faktora koji između ostalog mogu uključivati povećanu temperaturu, vlažnost gorivog materijala, sušu, atmosfersko pražnjenje, otvoreni plamen i sl., mogu poremetiti stanje šumskog sistema (Đorđević 2012). Elementi koji utiču na ugroženost šuma od požara su mnogobrojni ali zbog jednostavnije primene u praksi za procenu ugroženosti predlaže se optimizacija usvajanjem samo onih koji najviše utiču na ugroženost šuma od požara (Đorđević, 2012). Neki od najznačajnijih elemenata koji utiču na ugroženost šuma od požara su vegetacija i gorivi materijal, prirodne pojave, antropogeni faktor, klima i klimatski faktori, podloga matičnog supstrata i tipa zemljišta, oreografija, uređenost šuma, i istorija požara. Uzevši u obzir obimnost i dostupnost podataka za ovo istraživanje uzet je u obzir skup klimatskih, bio-fizičkih i relevantnih antropogenih kriterijuma. Lista kriterijuma je prikazana u tabeli 12.3.

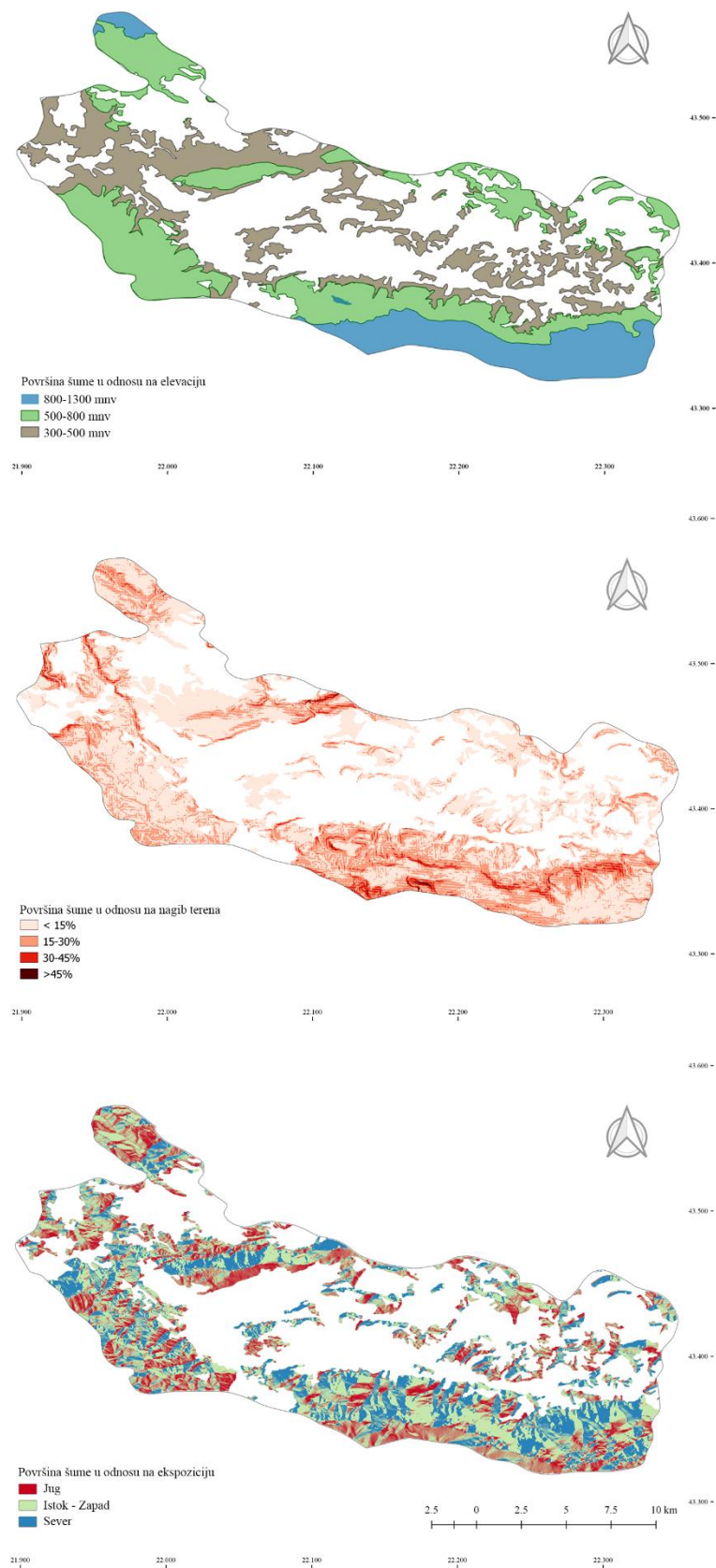
Kvantifikacija indikatora biofizičkih i antropogenih uticaja je izvršena je u QGIS 3.0 na osnovu digitalnog elevacionog modela (DEM) rezolucije 30m i Open Street Maps. Korišćen je DEM Američkog centra za geološka istraživanja (USGS) i *NASA Land Processes Distributed Active Archive Center* (LP DAAC). Za obračunavanje površina pod šumama korišćena je *Corine Land Cover European seamless vector database* (RELEASE v18_5). Primenom alata za prostornu analizu izračunata je distribucija posmatranih parametara (Slika 12.2 i 12.3). Za izračunavanje vrednosti klimatskih parametara korišćene su srednje godišnje projektovane vrednosti za tri vremenska perioda 2011-2040., 2041-2070., i 2071-2100. godine, za A2 scenario (Djurdjevic et. al., 2014; Djurdjevic & Krzic, 2014). Za trenutne vrednosti srednje godišnje temperature i količine padavina korišćena je baza podataka CLIMATE-DATA. Za izračunavanje vrednosti indeksa suše korišćeni su podaci iz *Drugog izveštaja Republike Srbije prema UNFCCC* (MZZŠ, 2017). Za gustinu naseljenosti korišćeni su zvanični podaci Republičkog zavoda za statistiku (RZS). Vrednosti kriterijuma prikazani su na slici 12.4.

Tabela 12.3. Kriterijumi od značaja za sagledavanje rizika od šumskih požara

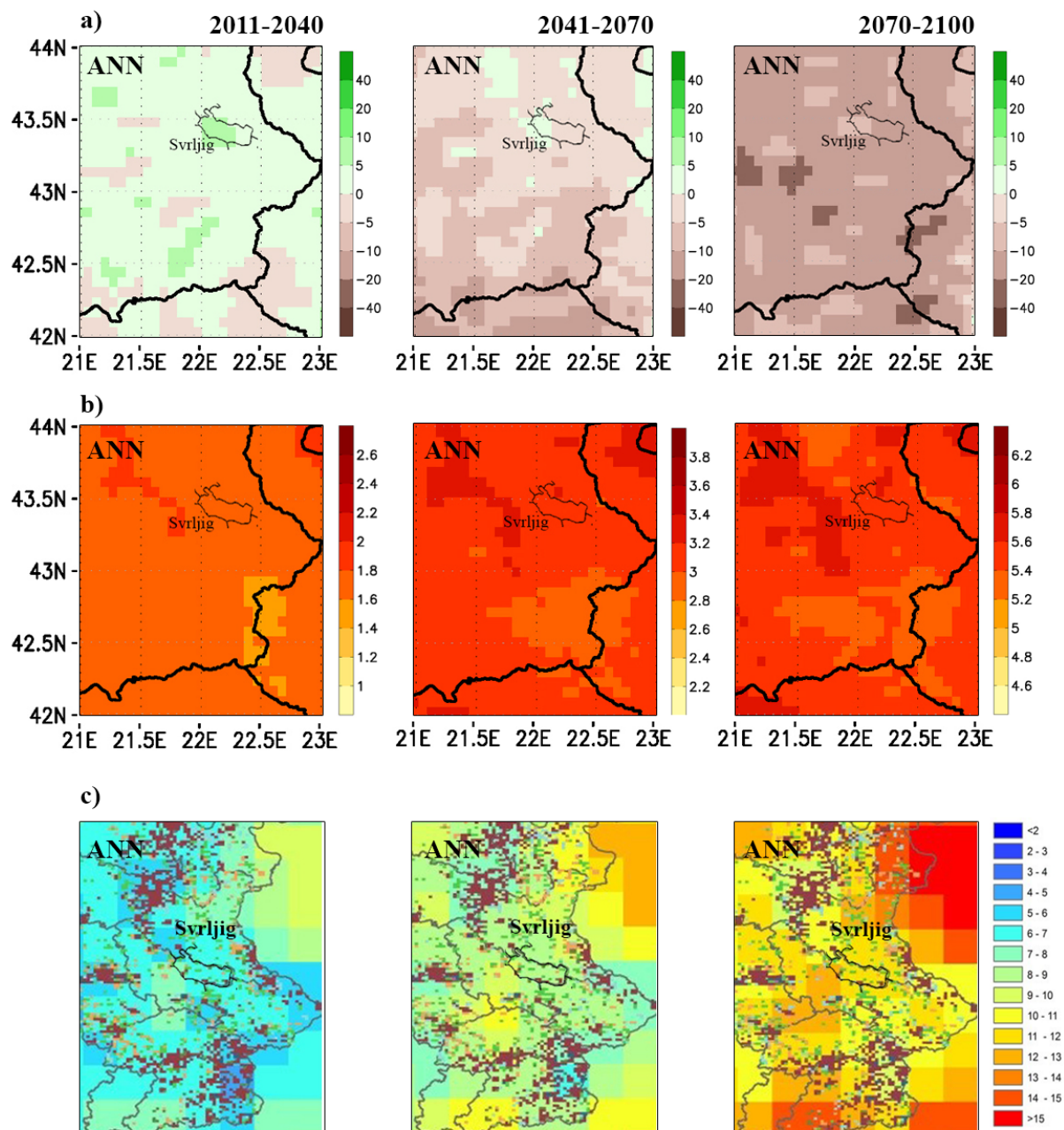
	Indikator	Vrednost	Izvor
<u>Klimatski faktori</u> Promene obrazaca padavina utiču na mnoge sisteme. Smanjenje količina padavina može voditi češćim i dužim sušama. Temperatura vazduha ima visoku korelaciju sa frekvencijom požara i područjima zahvaćenim požarima. Intenziviranje i broj požara se dovodi u vezu sa sušama (Đorđević, 2012. Varol & Ertugrul, 2016; MPZS, 2015; Alencar et al., 2015)	Srednja godišnja temperatura vazduha	Izrazito visoka >15° Visoka >12-15° Srednja 9-12° Niska <9°	(Djurdjevic et. al., 2014; Djurdjevic & Krzic, 2014)
	Prosečna godišnja količina padavina	Visoka > 1200mm Srednja 800-1200mm Niska < 800mm	(Djurdjevic et. al., 2014; Djurdjevic & Krzic, 2014)
	Indeks suše (FAI)	Visok > 15 Srednji 9-15 Nizak < 9	(MZŽS, 2017)
<u>Biofizički faktori</u> Prostorna raspodela požara se u velikoj meri može objasniti u odnosu na nadmorsku visinu (Bashari et al. 2016). Topografske karakteristike terena su se pokazale kao važan faktor za izbijanje i predviđanje požara (Dlamini, 2016; Đorđević, 2012; Maingi & Henry 2007).	Elevacija	<500 mnv 500–800 mnv >800 mnv	(DEM, rezolucija 30km)
	Nagib terena	Veliki 45% < Srednji 31-45% Mali 15-30%	(DEM, rezolucija 30km)
	Ekspozicija	Južna Istočna i zapadna Severna	(DEM, rezolucija 30km)
<u>Antropogeni faktori</u> U područjima veće gustine naseljenosti i sa intenzivnim antropogenim aktivnostima postoji veća mogućnost za neočekivano izbijanje požara, i shodno tome, postoji i povećan rizik (Adab et al. 2013; Zumbrunnen et al. 2012; Alencar et al. 2004).	Blizina naselja	Blizu < 0,5 km Srednja udalj. 1-5 km Daleko > 5 km	(DEM, rezolucija 30km; <i>Open street map</i>)
	Rastojanje od puteva	Blizu < 0,5 km Srednja udalj. 1-5 km Daleko > 5 km	(DEM, rezolucija 30km; <i>Open street map</i>)
	Gustina naseljenosti	<10 stan./km ² 10–100 stan./km ² >100 stan./km ²	(RSZ, 2016)



Slika 12.2. Prikaz vrednosti antropogenih faktora za opštinu Svrljig



Slika 12.3. Prikaz vrednosti biofizičkih faktora za opštinu Svrljig



Slika 12.4. Prikaz vrednosti klimatskih kriterijuma za periode 2041-2070 i 2070-2100 opštinu Svrlijig: a) projekcije srednje godišnje količine padavina, b) srednje godišnje temperature, c) indeks suše

(Izvor: Djurdjevic et. al., 2014; Djurdjevic & Krzic, 2014; MZŽS, 2017)

Kao što se može videti iz vrednosti projekcija klimatskih parametara, na teritoriji opštine Svrlijig se do kraja veka može očekivati povećanje srednje godišnje temperature u odnosu na projektovane vrednosti za 1.7°C za period 2011-2040. g., 3.1°C za 2041-2070. g., i 5.5°C za period 2070-2100. g., odnosno, srednja godišnja temperatura može dostići 16.1°C u poslednjem posmatranom periodu. U isto vreme očekuje se smanjenje prosečne godišnje

količine padavina do kraja veka i do -13%, dok će se vrednost indeksa suše povećati na prosečnu vrednost 9. Prostorna analiza površina šuma u odnosu na topografske karakteristike pokazuje da 36.8% površina šume ima južnu orijentaciju i 35.4% zapadnu ili istočnu, što ukazuje da preko 70% šume ima ekspoziciju koja doprinosi intenzivnijem osunčanju i posledično većem riziku od požara. Kada je reč o nadmorskoj visini, 41% šume se nalazi ispod 500 mnv, 39.% na visini između 500-800 mnv, i 19.5% na visini preko 800 mnv. I u pogledu ovog parametra možemo zaključiti da se veći deo površine nalazi u opsegu nadmorskih visina u kojima su veće verovatnoće za nastanak požara. U pogledu nagiba, samo 0.2% ukupne površine šume je na nagibu terena većem od 45%, dok se najveći deo nalazi na blagom terenu nagiba ispod 30%. Vrednosti indikatora antropogenih faktora pokazuju da se čitava teritorija pod šumama nalazi na rastojanju do 5km od naselja i puteva, dok se 48% nalazi na rastojanju manjem od 1km od puteva, i 12% se nalazi na rastojanju manjem od 1km od naselja.

b) Selekcija primarnog skupa mera prilagođavanja

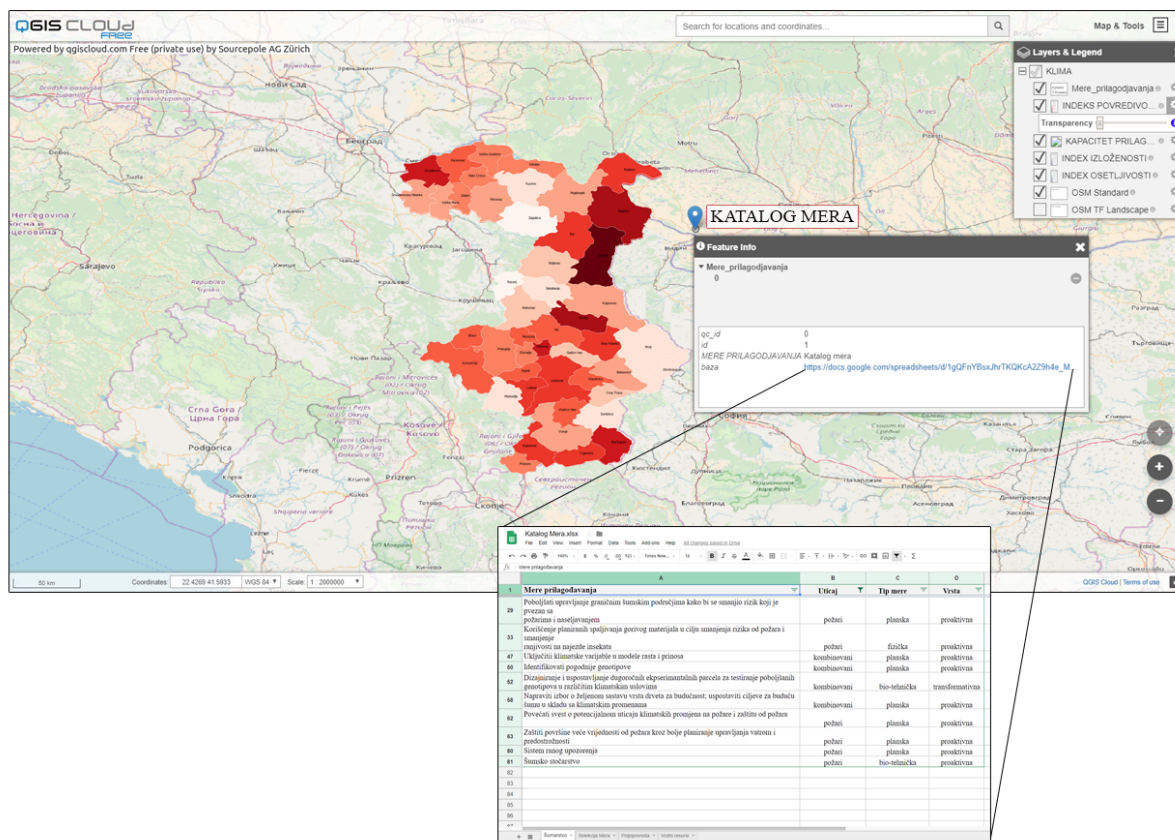
Katalog mera prilagođavanja za sektor šumarstva na klimatske promene kreiran je na osnovu publikacije Međunarodne asocijacije organizacija za istraživanja u oblasti šumarstva (International Union of Forest Research Organizations) *Adaptation of forests and People to climate change – a global assessment report* (Seppälä et al., 2009). Baza obuhvata osamdeset mera prilagođavanja. Za svaki od predviđenih kriterijuma određene su moguće vrednosti za kategorizaciju mera unutar baze (Tabela 12.4). Katalog mera je povezan linkom sa odgovarajućim vektorom u GISu, odnosno, QGISCloud *online* modulu (Slika 12.5).

Tabela 12.4. Kriterijumi za opis mera prilagođavanja u bazi

Kriterijum	Moguće vrednosti
Uticaj za koji se mera može primeniti	Požari / Suše / Bolesti
Tip mere	Planska / tehnička / bio-tehnička
Vrsta u odnosu na pristup prilagođavanju	Reaktivna, proaktivna, transformativna

Na osnovu konsultacije sa ekspertima iz oblasti upravljanja šumama, i upravljanja rizicima od šumskih požara, i pregledom Osnove gazdovanja šumama JP „Srbijašume“ šumskog gazdinstva Niš, za područje opštine Svrljig, i Strategije lokalnog održivog razvoja opštine Svrljig, selektovano je sedam mera prilagođavanja u funkciji smanjenja rizika od šumskih požara koje su već u primeni: sanitarna seča, uspostavljanje mreže protivpožarnih pruga, izbor i sadnja vrsta otpornijih na požare, prostorne barijere od sastojina manje gustine

sadnje i mozaika različitih sastojina, mere za borbu protiv potencijalnih izazivača šumskih požara, planiranje vodozahvata, sistem ranog upozorenja. Primenom odgovarajućih filtera u katalogu mera selektovano je deset dodatnih mera.



Slika 12.5. Prikaz pokretanja linka za katalog mera u GIS-u

Upoređivanjem dva skupa izvršena je konsolidacija mera (Slika 12.6). Redundantne mere, odnosno, mere iz baze koje su već sadržane u postojećim merama, obeležene „*“, nisu uzete u obzir za dalje razmatranje. Na primer, mere za borbu protiv izazivača šumskih požara uključuju meru poboljšavanja upravljanja graničnim šumskim područjima kako bi se smanjio rizik koji je povezan sa požarima. Nakon upoređivanja dva skupa mera utvrđene su dve nove mere koje nisu u trenutnoj upotrebi: korišćenje planiranih spaljivanja gorivog materijala u cilju smanjenja rizika od požara i smanjenje najezde insekata, i šumsko stočarstvo. Kako je reč o malom broju dodatnih mera iz baze mera, ekspertska ocena relevantnosti mera u ovom specifičnom slučaju ne bi imala pun smisao. Zbog toga je, nakon konsolidacije, za dalju razradu modela usvojeno svih devet mera koje su detaljnije objašnjene u tabeli 12.5.

Katalog Mera.xlsx				
File Edit View Insert Format Data Tools Add-ons Help Last edit was 5 days ago				
fx Mere prilagodavanja				
	A	B	C	D
1	Mere prilagodavanja	Uticaj	Tip mere	Vrsta
29	Poboljšati upravljanje graničnim šumskim područjima kako bi se smanjio rizik koji je pvezan sa požarima i naseljavanjem	požari	planska	proaktivna
33	Korišćenje planiranih spaljivanja gorivog materijala u cilju smanjenja rizika od požara i smanjenje ranjivosti na najezde insekata	požari	fizička	proaktivna
47	Uključiti klimatske varijable u modele rasta i prinosa	kombinovani	planska	proaktivna
50	Identifikovati pogodnije genotipove	kombinovani	planska	proaktivna
52	Dizajniranje i uspostavljanje dugoročnih ekpserimentalnih parcela za testiranje poboljšanih genotipova u različitim klimatskim uslovima	kombinovani	bio-tehnička	transformativna
58	Napraviti izbor o željenom sastavu vrsta drвета za budućnost; uspostaviti ciljeve za buduću šumu u skladu sa klimatskim promenama	kombinovani	planska	proaktivna
62	Povećati svest o potencijalnom uticaju klimatskih promjena na požare i zaštitu od požara	požari	planska	proaktivna
63	Zaštiti površine veće vrijednosti od požara kroz bolje planiranje upravljanja vatrom i predostrožnosti	požari	planska	proaktivna
80	Sistem ranog upozorenja	požari	planska	proaktivna
81	Šumsko stočarstvo	požari	bio-tehnička	proaktivna
+ Šumstvo Selekcija Mera Poljoprivreda Vodni resursi				
Katalog Mera.xlsx				
File Edit View Insert Format Data Tools Add-ons Help Last edit was 5 days ago				
fx Mere prilagodavanja				
	A	B	C	D
1	Mere prilagodavanja	Uticaj	Tip mere	Vrsta
2	Mere koje se već primenjuju			
3	Sanitarna seča	požari	fizička	proaktivna
4	Uspostavljanje mreža protivpožarnih pruga	požari	fizička	proaktivna
5	Uzgoj vrsta otpornijih na požare	požari	bio-tehnička	transformativna
6	Prostorne barijere od sastojina manje gustine sadnje i mozaika različitih sastojina	požari	bio-tehnička	transformativna
7	Planiranje vodozahvata za gašenje požara	požari	planska	proaktivna
8	Sistem ranog upozorenja	požari	planska	proaktivna
9	Mere za borbu protiv potencijalnih izazivača šumskih požara	požari	planska	
10	Mere preuzete iz baze			proaktivna
11	* Poboljšati upravljanje graničnim šumskim područjima kako bi se smanjio rizik koji je pvezan sa požarima i naseljavanjem	požari	planska	proaktivna
12	* Uključiti klimatske varijable u modele rasta i prinosa	kombinovani	planska	proaktivna
13	Korišćenje planiranih spaljivanja gorivog materijala u cilju smanjenja rizika od požara i smanjenje ranjivosti na najezde insekata	požari	fizička	proaktivna
14	* Identifikovati pogodnije genotipove u skladu sa klimatskim promenama	kombinovani	planska	proaktivna
15	* Dizajniranje i uspostavljanje dugoročnih ekpserimentalnih parcela za testiranje poboljšanih genotipova u različitim klimatskim uslovima	kombinovani	bio-tehnička	transformativna
16	* Napraviti izbor o željenom sastavu vrsta drвета za budućnost; uspostaviti ciljeve za buduću šumu u skladu sa klimatskim promenama	kombinovani	planska	proaktivna
17	* Povećati svest o potencijalnom uticaju klimatskih promena na požare i zaštitu od požara	požari	planska	proaktivna
18	* Zaštiti površine veće vrednosti od požara kroz bolje planiranje upravljanja vatrom i predostrožnosti	požari	planska	proaktivna
19	Šumsko stočarstvo	požari	bio-tehnička	proaktivna
20				
+ Šumstvo Selekcija Mera Poljoprivreda Vodni resursi				

Slika 12.6. Prikaz primene filtera i konsolidacije mera prilagodavanja

Tabela 12.5. Prioritetne mere prilagođavanja

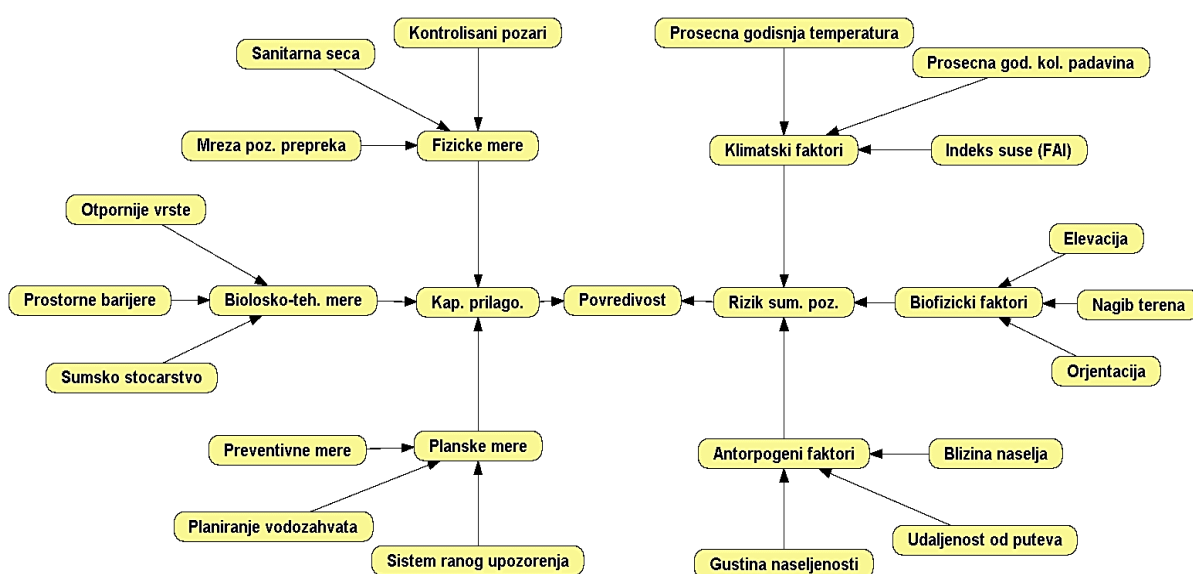
Skupovi mera	Opis mere
<u>Fizičke mere</u> mere koje se odnose na fizičke intervencije unutar šumskog područja	<i>Kontrolisani požari.</i> Spaljivanje je tehnika koja predstavlja kontrolisanu primenu vatre od vegetacije pod određenim uslovima. Kontrolisanim požarima se može smanjiti gorivi materijal u šumama i posledično smanjiti rizik od nekontrolisanih požara. Studija Khabarova et. al (2016), ukazuje da se ovom merom može smanjiti broj požara i do 70% od očekivanih požara do 2090 za A2 scenario na području Balkana (očekivano povećanje je od 150 do 560%) Silva et al. (2010)
	<i>Sanitarna seča.</i> Intenzitet požara je usko povezan sa količinom zapaljive fitomase (opterećenje goriva). Sanitranom sečom se uklanjaju mrtva ili oštećena stabla, koja predstavljaju povećan rizik od požara. Na taj način se smanjuje gorivi materijal u šumama (MZŽS 2017; FAO 2001).
	<i>Uspostavljanje mreže požarnih prepreka.</i> Požarne prepreke u strogom smislu predstavljaju linearne preke bez vegetacije ili sa niskim travnatim slojem. Prepreke ovog tipa sprečavaju širenje požara (FAO 2001).
<u>Biološko-tehničke mere</u> praksa kontrole uspostavljanja, rasta, sastava, zdravlja i kvaliteta šuma za zadovoljavanje različitih potreba i vrednosti	<i>Izbor vrsta otpornijih na požare.</i> Mešavina vrste otpornijih na požare omogućava smanjenje osetljivost šume na požare (MZŽS 2017; Seppälä et al., 2009).
	<i>Prostorne barijere od sastojina manje gustine sadnje i mozaika različitih sastojina.</i> Stvaranje prostornog diskontinuiteta u vidu mozaika različitih sastojina i različite gustine unutra velikih šumskih područja sprečava prodiranje vatre po dubini (FAO, 2001).
	<i>Silvo-pastoralism (šumsko stočarstvo).</i> Praksa korišćenja šumskih područja za kontrolisnu ispašu u cilju početnih čišćenja/održavanja nižih slojeva vegetacije u šumama (FAO, 2001).
<u>Planske mere</u> mere koje se odnose na mehanizme upravljanja šumama	<i>Mere za borbu protiv potencijalnih izazivača šumskih požara (šumski red, uređenje izletišta itd.).</i> Podizanje nivoa svesti korisnika šuma o rizicima od šumskih požara i potencijalnih šteta doprinosi prevenciji mogućih požara (Seppälä et al., 2009).
	<i>Planiranje vodozahvata za gašenje požara.</i> Voda je najefikasnije sredstvo za gašenje požara u šumi. U tom smislu, važan aspekt prevencije požara predstavlja planiranje vodozahvata (FAO, 2001).
	<i>Sistem ranog upozorenja.</i> Uspostavljanje ili unapređivanje sistema za rano upozorenje i brzi odgovor, zasnovanih na upotrebi savremenih medija i socijalnih medija, kao i na tradicionalnim kanalima komunikacije doprinosi smanjenju rizika od nastajanja i širenja šumskih požara (Seppälä et al., 2009).

U cilju formiranja kompaktnije strukture Bajesove mreže izabrane mere su u odnosu na svoje karakteristike grupisane u tri skupa kao što je prikazano u tabeli 12.5. Važno je napomenuti da je termin *planske mere* u ovom istraživanju korišćen u prošienom značenju i uključuje skup mera koje ne uključuju dirktne intervencije nad šumom.

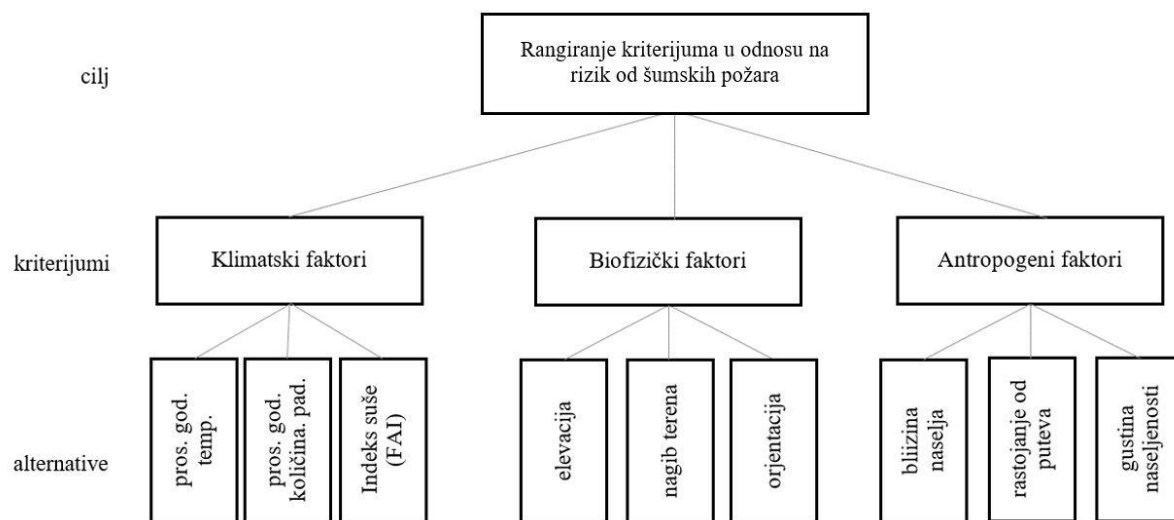
Nakon određivanja skupa kriterijuma i skupa primarnih mera prilagođavanja, za potrebe ispitivanja scenarija formirana je Bajesova mreža. Struktura mreže ima formu dvostrukog stabla u kojem je povredivost postavljena kao centralni čvor koji reflektuje zajedničku raspodelu verovatnoće uticaja faktora rizika od požara, s jedne strane, i mera prilagođavanja koje doprinose povećanju kapaciteta otpornosti šumskih područja na požare u, sa druge (Slika 12.7).

c) Određivanje težinskih faktora i formiranje tabela uslovnih verovatnoća

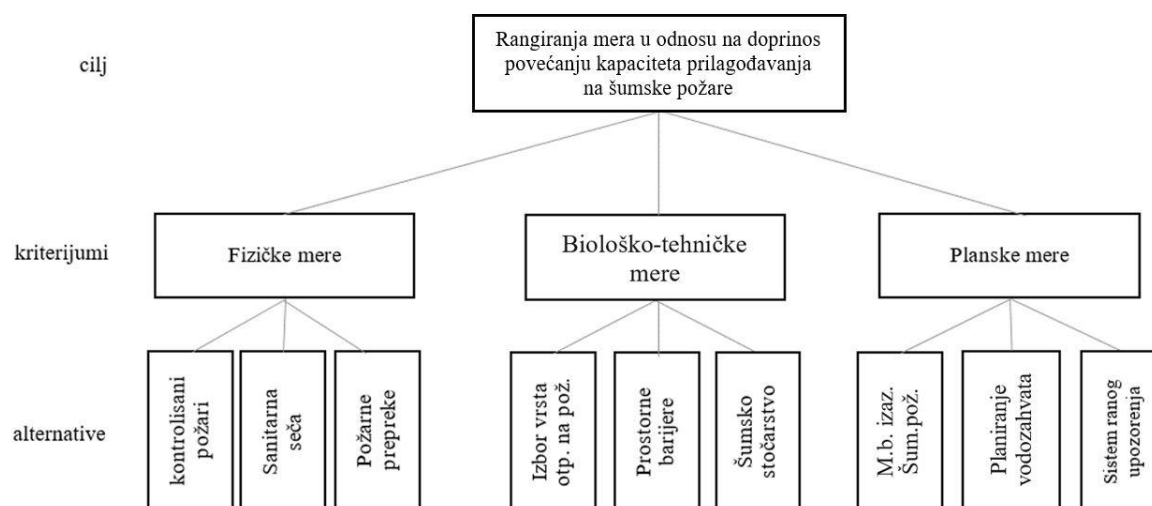
Za postavljene relacije između kriterijuma i mera na mreži potrebno je odrediti težinske vrednosti za potrebe formiranja tabela uslovnih verovatnoća. Za određivanje težinskih vrednosti korišćena je ekspertiska ocena primenom AHP metoda. Ocenjivanje kriterijuma su izvršili eksperti iz JP Srbijašume – Šumsko gazdinstvo Niš i Instituta za šumarstvo bugarske akademije nauka iz Sofije (Prilog 3). Na slikama 12.8 i 12.9 prikazane su strukture AHP stabla za ekspertsku ocenu kriterijuma i mera prilagođavanja, a u tabelama 12.6 i 12.7 dobijene težine za sve kriterijume i podkriterijume. Za čvor povredivost vrednosti su dobijene aritmetičkom sredinom ekspertiske ocene. Normalizovane vrednosti ocene su prikazane u tabeli 12.8 (Prilog 4).



Slika 12.7. Struktura Bajesove mreže



Slika 12.8. Hijerarhijska struktura rangiranja kriterijuma u odnosu na rizik od šumskih požara



Slika 12.9. Hijerarhijska struktura rangiranja mera u odnosu na doprinos povećanju kapaciteta prilagođavanja na šumske požare

Tabela 12.6. Težine ključnih kriterijuma

Kriterijumi	Težina (w)	Podkriterijumi	Težina (w)
Klimatski faktori	0.098	Prosečna sezonska temperatura	0.164
		Prosečna sezonska količina padavina	0.170
		Indeks suše	0.666
Biofizički faktori	0.200	Nadmorska visina	0.166
		Nagib terena	0.456
		Ekspozicija	0.378
Antropogeni faktori	0.702	Blizina naselja	0.231
		Udaljenost od puteva	0.226
		Gustina naseljenosti	0.543

Tabela 12.7. Težine mera prilagođavanja

Kriterijumi	Težina (w)	Podkriterijumi	Težina (w)
Fizičke mere	0.131	Kontrolisani požari	0.126
		Sanitarna seča	0.280
		Uspostavljanje mreže požarnih pruga	0.594
Biološko-tehničke mere	0.270	Pošumljavanje vrstama otpornijim na požare	0.334
		Prostorne barijere od sastojina manje gustine	0.461
		Šumsko stočarstvo	0.205
Planske mere	0.599	Mere protiv izazivača šumskih požara	0.144
		Planiranje vodozahvata	0.220
		Sistem ranog upozorenja	0.636

Tabela 12.8. Normalizovane vrednosti ekspertske ocene za čvor povredivost

Rizik od šumskih požara	Nizak	Nizak	Srednji	Srednji	Visok	Visok
Kapacitet prilagođavanja	Nizak	Visok	Nizak	Visok	Nizak	Visok
Povredivost	0.44	0	0.8	0.36	1	0.67

Dobijene težine su primenjene za kvantifikaciju definisanih kvalitativnih odnosa između kriterijuma rizika od posmatranog klimatskog uticaja i mera prilagođavanja, kroz odgovarajuće tabele uslovnih verovatnoća, a u funkciji određivanja raspodele uslovne verovatnoće za sve čvorove na mreži (Prilog 4). Na ovaj način, kroz zajedničku raspodelu verovatnoće, uspostavljene su relacije između svih posmatranih faktora na mreži, u funkciji određivanja specifične povredivosti, odnosno, primarnih mera prilagođavanja. U Tabeli 12.9 prikazan je primer tabele uslovnih verovatnoća za čvor „biofizički uticaj“.

Tabela 12.9. Prikaz tabele uslovnih verovatnoća za čvor *biofizički uticaj*

Faktori biofizičkog uticaja			Verovatnoće biofizičkog uticaja		
Elevacija	Nagib terena	Ekspozicija	Povoljni	Umereni	Nepovoljni
Nepovoljna	Mali	Sever	0.834	0	0.166
Nepovoljna	Mali	Istok-zapad	0.456	0.378	0.166
Nepovoljna	Mali	Jug	0.456	0	0.544
Nepovoljna	Srednji	Sever	0.378	0.456	0.166
Nepovoljna	Srednji	Istok-zapad	0	0.834	0.166
Nepovoljna	Srednji	Jug	0	0.456	0.544
Nepovoljna	Veliki	Sever	0.529	0	0.471
Nepovoljna	Veliki	Istok-zapad	0	0.378	0.622
Nepovoljna	Veliki	Jug	0	0	1
Umerena	Mali	Sever	0.834	0.166	0
Umerena	Mali	Istok-zapad	0.456	0.544	0
Umerena	Mali	Jug	0.456	0.166	0.378
Umerena	Srednji	Sever	0.378	0.622	0
Umerena	Srednji	Istok-zapad	0	1	0
Umerena	Srednji	Jug	0	0.622	0.378
Umerena	Veliki	Sever	0.378	0.166	0.456
Umerena	Veliki	Istok-zapad	0	0.544	0.456
Umerena	Veliki	Jug	0	0.166	0.834
Povoljna	Mali	Sever	1	0	0
Povoljna	Mali	Istok-zapad	0.622	0.378	0
Povoljna	Mali	Jug	0.622	0	0.378
Povoljna	Srednji	Sever	0.544	0.456	0
Povoljna	Srednji	Istok-zapad	0.166	0.834	0
Povoljna	Srednji	Jug	0.166	0.456	0.378
Povoljna	Veliki	Sever	0.544	0	0.456
Povoljna	Veliki	Istok-zapad	0.166	0.378	0.456
Povoljna	Veliki	Jug	0.166	0	0.834

12.2.2 Ispitivanje scenarija

Nakon uspostavljanja relacija na mreži, sprovedeno je ispitivanje scenarija prilagođavanja primenom različitih kombinacija mera prilagođavanja. U svakom scenariju pretpostavljeno je da su odabrane mere u potpunosti implementirane (vrednost 1). Da bi se ispitala promena stepena povredivosti u odnosu na promenu klimatskih parametara, u funkciji izbora mera u odnosu na najveću vrednost rizika, scenario prilagođavanja je ispitivan za tri vremenska perioda u skladu sa klimatskim scenarijima (2011-2040; 2041-2070; 2070-2100 godina). Konačni rezultati modelovanja pokazuju koje mere daju najveći doprinos smanjenju povredivosti u preseku sva tri posmatrana perioda. Vrednosti stepena povredivosti kao rezultata zajedničke raspodele verovatnoća u zavisnosti od posmatranog scenarija prilagođavanja za sva tri perioda prikazane su u Tabeli 12.10.

Tabela 12.10. Prikaz vrednosti povredivosti za posmatrane vremenske periode u odnosu na scenario prilagođavanja

Mere prilagođavanja													
M1. Kontrolisani požari M2. Uspostavljanje mreže protivpožarnih pruga M3. Sanitarna seča M4. Podizanje sastojina od vrsta otpornijih na požare M5. Podizanje sastojina manjih gustina							M6. Šumsko stočarstvo M7. Mere za borbu protiv izazivača šumskih požara M8. Planiranje vodozahvata M9. Sistem ranog upozorenja						
Klase povredivosti													
Niska < 0.333			Srednja/niska 0.333-0.500				Srednja/visoka 0.333-0.500				Visoka > 0.666		
Scenario	Mere prilagođavanja									Rezidualna povrdivost			
	Fizičke			Biološko-tehničke.			Planske						
										T ₀	T ₁	T ₂	T ₃
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	2018	2011-2040	2041-2070	2070-2100
S1	○	●	●	●	●	○	●	●	●	0.593	0.622	0.622	0.677
S2	○	●	●	●	●	○	●	●	●		0.394	0.394	0.431
S3	●	●	●	●	●	●	●	●	●		0.364	0.364	0.431
S4	●	●	●	●	●	○	●	●	●		0.596	0.596	0.652
S5	○	●	●	●	●	●	●	●	●		0.540	0.540	0.599
S6	○	●	●	●	●	○	●	●	●		0.472	0.472	0.534
S7	●	●	●	●	●	●	●	●	●		0.514	0.514	0.574
S8	●	●	●	●	●	○	●	●	●		0.446	0.446	0.509
S9	○	●	●	●	●	●	●	●	●		0.391	0.391	0.456
S10	○	●	●	●	●	○	●	●	●		0.379	0.379	0.463
S11	●	●	●	●	●	○	●	●	●		0.407	0.407	0.472
S12	●	●	●	●	●	○	●	●	●		0.432	0.432	0.496
S13	●	●	●	●	●	○	●	●	●		0.491	0.491	0.559
S14	○	●	●	●	●	○	●	●	●		0.497	0.497	0.589
S15	○	●	●	●	●	○	●	●	●		0.466	0.466	0.529

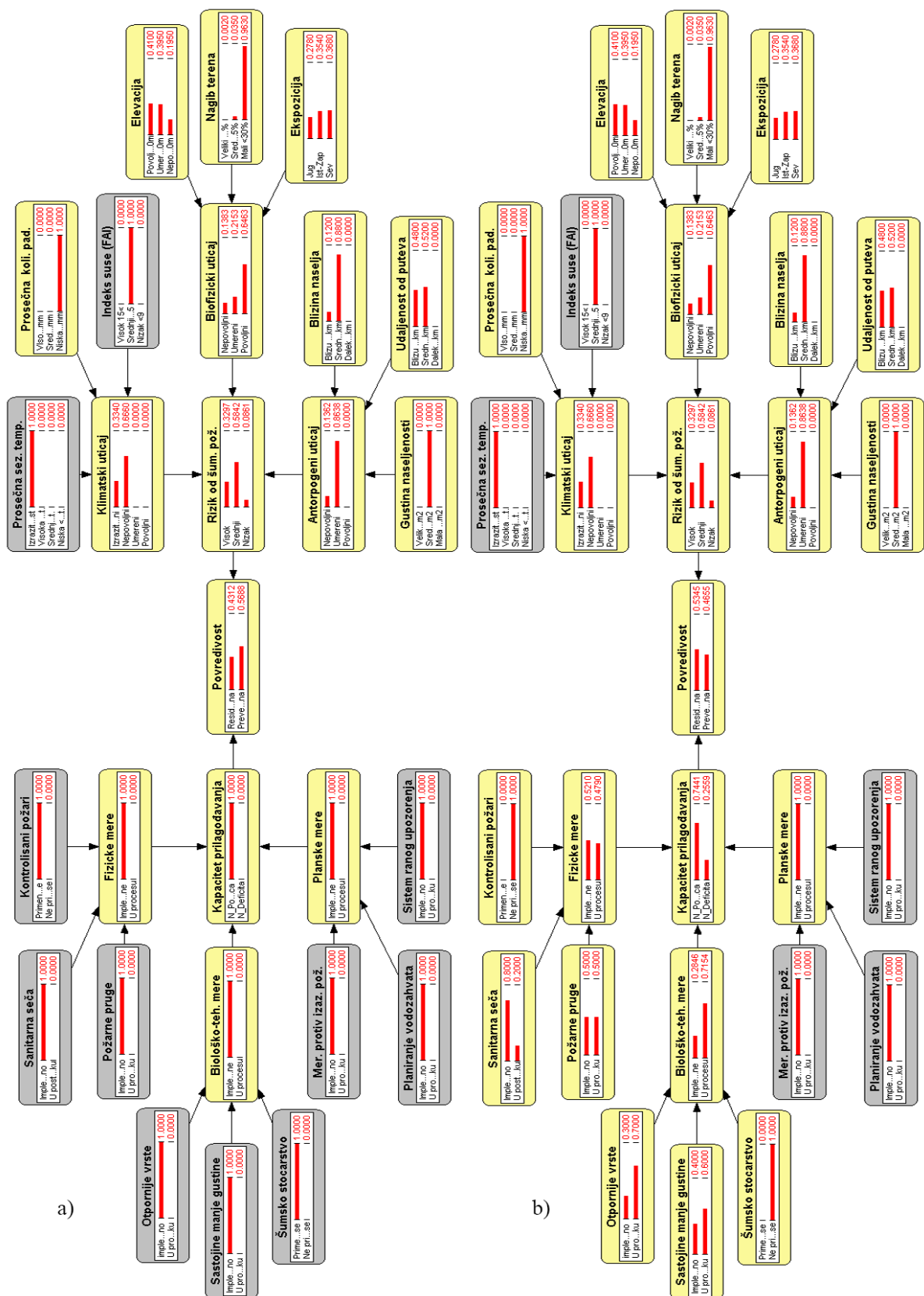
*S-Scenario / ● Mera je implementirana u potpunosti / ● Mera je u fazi implementacije iz stanja T⁰ / ○ Mera ne postoji u postojećoj praksi

Za sve mere koje se već primenjuju u praksi unete su vrednosti stanja implementacije na terenu dobijene od strane eksperata iz JP Srbijašume. Vrednosti su date u rasponu od 0 do 1 (npr. ako je implementirano 30% planirane mere u stanje implementacije je uneta vrednost 0.3). Ukupno je urađeno 15 scenarija za odabrane mere. Pretpostavljeno je da se trenutni stepen

implementacije postojećih mera u budućnosti neće smanjivati, odnosno, da efikasnost prilagođavanja neće padati ispod početnog nivoa. Na osnovu rezultata modelovanja, u svim scenarijima se očekuje povećanje rezidualne povredivosti do kraja veka, u rasponu od srednje/niske do visoke, u zavisnosti od scenarija. Zbog vrednosti indeksa suše i vrednosti prosečne godišnje temperature za opštinu Svrlijig koje za periode T_1 i T_2 ostaju u istom opsegu, i vrednosti povredivosti za ova dva perioda su iste. Vrednost za period T_0 je data samo za S1 (početni scenario) i predstavlja referentu vrednost za upoređivanje rezultata ostalih scenarija.

Scenario S1 predstavlja osnovni scenario koji uključuje dve pretpostavke: 1) efikasnost postojećih mera ostaje na istom nivou kroz sva tri posmatrana perioda; 2) dodatne mere prilagođavanja se ne primenjuju. Rezultati ovog scenarija ukazuju da je trenutno stanje rezidualne povredivosti srednje/visoko, da se za period T_1 i T_2 očekuje isto stanje, dok se za period T_3 očekuje visoka rezidualna povredivost (0.677). Scenario S2 predviđa potpunu implementaciju postojećih mera za sva tri posmatrana perioda. Na osnovu vrednosti rezidualne povredivosti, koje se kreću u rasponu od 0.364 do 0.460, proizilazi da potpuna implementacija postojećih mera može značajno doprineti smanjenju rezidualne povredivosti, i održati je na srednje/niskom nivou do kraja veka (Slika 12.10). Pretpostavka za S3 scenario je da su pored potpune implementacije postojećih mera uvedene i dve nove mere (M1 i M6) za koje se takođe predviđa potpuna implementacija kroz sva tri perioda. Ovaj scenario predstavlja najintenzivnije prilagođavanje, i shodno tome, rezidualne povredivost ostaje u domenu srednje/niske kao i u slučaju S2, sa nešto nižim vrednostima (Slika 12.11).

U scenarijima S4, S5 i S6 ispitivan je uticaj pojedinačnih skupova mera. U svakom od scenarija favorizovan je jedan od skupova (fizičke, biološko-tehničke ili planske mere) kroz pretpostavku da će sve mere kroz sva tri posmatrana perioda biti u stanju potpune implementacije, dok ostale mere ostaju u stanju T_0 . Upoređivanjem rezultata zaključeno je da dominacija fizičkih mera ima najmanji uticaj na smanjenje rezidualne povredivosti. U poslednjem periodu, za ovaj scenario, očekuje se mogući prelazak u stanje visoke rezidualne povredivosti. Sa druge strane, scenario S6 pokazuje da favorizacija planskih mera može smanjiti rezidualnu povredivost u sva tri posmatrana perioda u odnosu na rezidualnu povredivost za period T_0 . Slika 12.11.



Slika 12.11. Prikaz scenarija a) S3 za period T₃, b) S6 za T₃

U scenarijima S7, S8, i S9, ispitivani su uticaji udruženih skupova mera. U svakom od scenarija pretpostavljena je potpuna implementacija mera iz dva skupa (npr. iz skupova biološko-tehničkih i fizičkih mera), dok su ostale mere u stanju implementacije T_0 . Rezultati su pokazali da favorizovanje biološko-tehničkih i planskih mera može u periodu T_1 i T_2 doprineti smanjenju rezidualne povredivosti od preko 30% u odnosu na period T_0 (Slika 12.12).

U scenarijima S10-S14 ispitivane su kombinacije sa favorizovanjem najmanjeg broja mera koje mogu dati resultantnu vrednost rezidualne povredivosti ispod 0.5. Pretpostavka je, kao i u prethodnim slučajevima, da su ostale mere u stanju implementacije T_0 . U ovim scenarijima posebno su favorizovane mere M4 (Podizanje sastojina od vrsta otpornijih na požare) i M5 (Prostorne barijere od sastojina manje gustine sadnje) kao transformativne mere koje, dugoročno gledano, doprinose transformaciji šumskog sistema, odnosno, povećanju njegove sopstvene otpornosti na izmenjene klimatske uslove, bez obzira na doprinos ostalih mera. Najmanji broj mera koji zadovoljava ove uslove u sva tri posmatrana perioda je 5 (scenario S12), i uključuje mere M1, M4, M5, M8, M9, odnosno dva, scenario S14, za kombinaciju mera M8 i M9 koja zadovoljava ove uslove samo za T_1 i T_2 (Slika 12.11). U scenariju S15 ispitivana je kombinacija uticaja mera M4, M5 i M9 za period T_1 i T_2 . Ovaj scenario ukazuje da favorizovanje transformativnih mera u kombinaciji sa planskim merama takođe može smanjiti ranjivost i zadovoljiti uslove (rezidualna povredivost < 0.5) za kraći i srednji period.

12.2.3 Izbor skupa prioriternih mera i procena kapaciteta za njihovu implementaciju

Upoređivanjem rezultata utvrđeno je da su jedino mere M8 (planiranje vodozahvata) i mera M9 (sistem ranog upozorenja) prisutne u preseku svih scenarija u kojima je vrednost rezidualne povredivosti srednja/niska za prva dva ili sva tri posmatrana perioda. Na osnovu postavljenog modela, baziranog na ekspertskoj oceni, ove dve mere mogu dati najveći doprinos smanjenju povredivosti od šumskih požara na teritoriji opštine Svrljig. U tom smislu, ove dve mere su odabrane kao mere prvog prioriteta iz analiziranog skupa mera.

Za odabranu meru/skup mera ispitani su kapaciteti nadležne institucije, JP „Srbijašume“ Šumsko gazdinstvo Niš za potpunu implementaciju odabranih mera. Kapacitet je ocenjivan kroz matricu definisanu u K8. Matrica se bazira na oceni pojedinačnih kapaciteta na binarnoj skali (1, 0). Za potvrđan odgovor dodeljuje se vrednost 1, a za negativan 0. Zbir bodova ukazuje na trenutne kapacitete za implementiranje odabranih mera. Kapacitet implementacije je ocenjen od strane eksperta iz nadležne institucije (Tabela 12.11).

Tabela 12.11. Prikaz rezultata ocene kapaciteta implementacije za odabrane mere

		Kriterijum	Indikatori	M8	M9
INSTITUCIONALNI RESURSI	Da li nadležna institucija poseduje adekvatne resurse za implementiranje izabrane mere priлагоđavanja	<i>Profesionalni kapacitet</i> (potreban broj stručnog kadra sa adekvatnim profesionalnim znanjem neophodnim za uspešno implemenmtiranje mere prilagođavanja koja se posmatra)	• -visok kapacitet – organizacija poseduje potreban kadar sa relevantnim profesionalnim znanjem za sprovođenje izabrane mere	1	1
			• -nizak kapacitet - organizacija ne poseduje potreban kadar sa relevantnim profesionalnim znanjem za sprovođenje izabrane mere - potrebno je usavršavanje postojećih kadrova ili zapošljavanje novih kadrova		
		<i>Organizacioni kapacitet</i> - postojanje urpavljačkog/organizaciono g tela za sprovođenje odabrane mere prilagođavanja (.npr. sector za poljobrivredu, sector za vanredne situacije i sl.)	• -visok kapacitet – za sprovođenje izabrane mere postoji organizaciono telo	1	1
			• -nizak kapacitet – za sprovođenje izabrane mere ne postoji organizaciono telo		
		<i>Tehnički kapacitet</i> (opremljenost) -za određene mere neophodna je thnička opremljenost čiji nedostatak/postojanje može olakšati/otežati sprovođenje mere prilagođavanja (IT infrastruktura, programski paketi, druga vrsta tehničke opreme)	• -visok kapacitet – postojeći tehnički kapacitet može u potpunosti da podrži sprovođenje izabrane mere	1	
			• -nizak kapacitet - – postojeći tehnički kapacitet nije dovoljan / adekvatan da podrži sprovođenje izabrane mere		0
PLANSKI ASPEKT	Kako se planirana mera uklapa strateški u postojeće razvojne planove i strategije	<i>Horizontalna integrisanost mere</i> - pretpostavka je da ako je izabrana mera već definisana u razvojnim strategijama/planovima u posmatranom kontekstu, to olakšava njenu dalju afirmaciju i implementaciju u kontekstu prilagođavanja	• -mera postoji u lokalnim - strateškim/planskim dokumentima ili mera je delimično definisana (u planovima posoji slična mera koja se može dopuniti)	1	1
			• -mera kao takva ne postoji u strateškim/planskim dokumentima		
		<i>Sektorska određenost</i> (pretpostavka je da mere koje istovremeno imaju pozitivan uticaj na više sektora imaju veću verovatnoću obezbeđivanja potrebnih profesionalnnih, tehničkih i finansijskih resursa, i posledično podrške za usvajanje i implementiranje).	• -mera ima uticaj na više sektora		1
			• -mera se odnosi na jedan sektor	0	

IZVODLJIVOST		<i>Vertikalna integrisanost</i> (usklađenost mere sa odgovarajućim nacionalnim politikama. Da li je mera, ili problem integrisan u nacionalne, okružne regionalne planove u vidu cilja, preporuke i sl.)	• <i>-mera je integrisana sa planovima/strategijama višeg reda</i>	1	1
			• <i>-mera nije integrisana sa planovima/strategijama višeg reda</i>		
	Da li postoje ograničenja za sprovođenje mere	<i>Autonomija odlučivanja</i> - odnosi se na autonomiju organizacije u donošenju odluka za implementaciju određene mere; odnosno odsustvo političkih/upravljačkih ograničenja	• <i>-potpuna</i> – organizacija ima potpunu nadležnost za sprovođenje izabrane mere	1	1
			• <i>-bez autonomije</i> - organizacija nema jasno definisan mandat koji dozvoljava sprovođenje izabrane mere (npr. Srbija vode)		
		<i>Legislativna ograničenja</i> - odnosi se na zakonske regulative koje podržavaju ili /ograničavaju sprovođenje izabrane mere	• <i>-ne postoje</i> – za sprovođenje izabrane mere ne postoje legalna ograničenja	1	1
			• <i>-postoje</i> - za sprovođenje izabrane mere postoje legalna ograničenja		
		<i>Finansijski resursi</i> - odnosi se na finasijske kapacitete opštine da samostalno efikasno implementira određenu meru.	• <i>-zadovoljavajući</i> – organizacija ima dovoljne finasijske rsurse za sprovođenje izabrane mere	1	1
			• <i>-nezadovoljavajući</i> - organizacija nema dovoljne finasijske rsurse za sprovođenje izabrane mere		
	UKUPNO BODOVA			8	8

Ovim korakom je utvrđeno da nadležna organizacija poseduje ujednačen kapacitet za implementaciju izabranih mera.

Uzevši u obzir da je kapacitet za implementaciju za obe selektovane mere ujednačen, i rezultate scenarija koji ukazuju da izabrane mere daju doprinos smanjenju residualne povredivosti kroz sva tri posmatrana perioda kada se simultano primenjuju, obe mere (M8 i M9) su usvojene kao prioritetne mere.

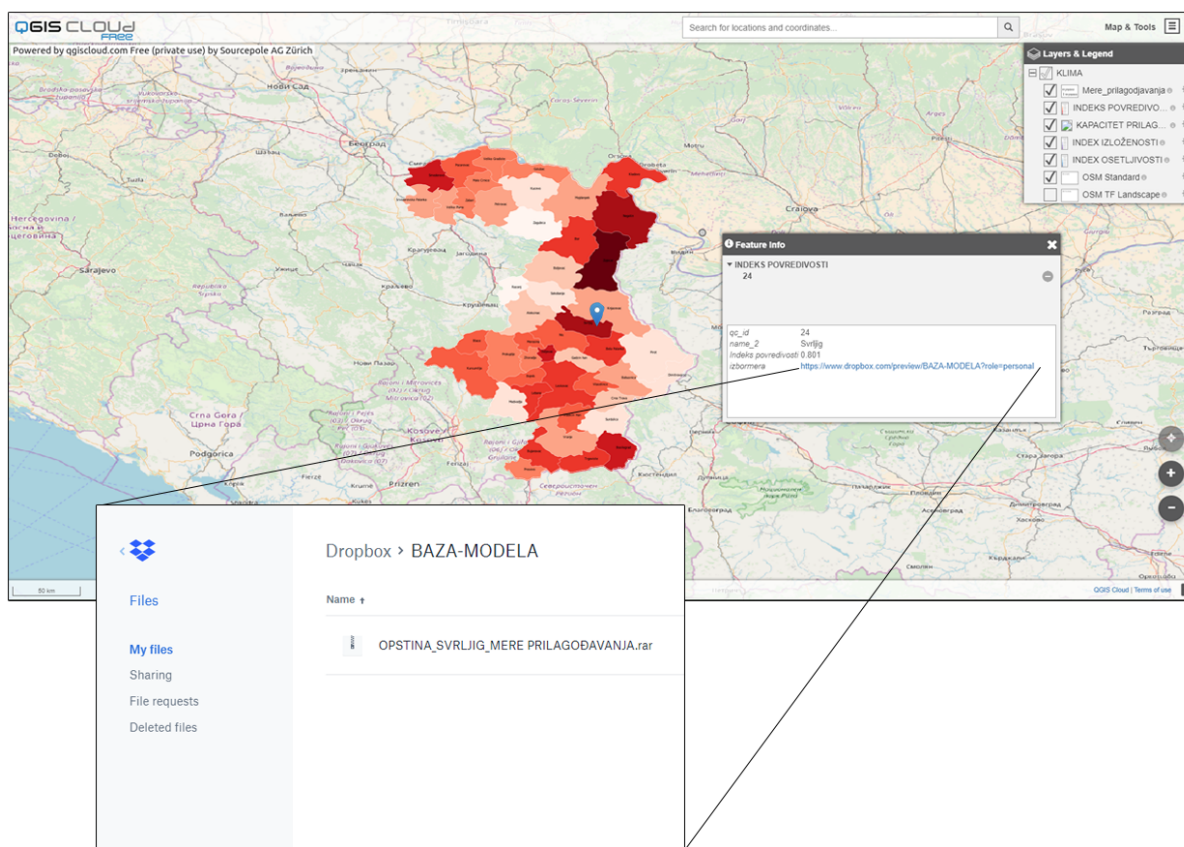
12.2.4 Integracija vrednosti specifične povredivosti i unos modela u GIS

Mera M8 – planiranje vodozahvata je već u primeni i u odnosu na postojeći plan stepen implementacije je približno 50% za planirani period. Što se tiče mere M9, sistem ranog upozorenja, ona se u trenutnoj formi bazira na povećanju stepena pripravnosti za reagovanje u slučaju nastanka šumsko požara nakon najave temperatura iznad proseka od strane Republičkog hidrometeorološkog zavoda (odnosno kada je na snazi meteo-alarm). U tom

smislu ona se u ovoj formi može definisati kao interno praktivna, jer se odnosi samo na rano upozorenje unutar organizacije. Postizanje pune efikasnosti ove mere svakako mora obuhvatiti razvijanje metoda za rano upozoravanje korisnika šume (lovaca, turista, sportista, sakupljača šumskih plodova i sl.) kao i stanovnika naselja u pograničnim područjima šuma.

Dobijena vrednost specifične povredivosti integriše se kao novi atribut u GIS bazu. Ovako dobijena vrednost se može koristiti za procenu povredivosti u Modulu 1 tek kada se sprovede procena povredivosti za posmatrani rizik od požara za sve teritorijalne jedinice posmatranog područja. Na ovaj način se uspostavlja veza između prostornih nivoa u procesu povredivosti. Dobijena vrednost smislenije reflektuje povredivost na posmatrani uticaj za posmatrani kontekst, jer uključuje detaljnu analizu lokalno-specifičnih kriterijuma za posmatrani rizik i daje mogućnost kontinuiranog ažuriranja u skladu sa napredovanjem procesa prilagođavanja. Na ovaj način se povećava preciznost procene povredivosti na regionalnom nivou.

Nakon izbora mere, u tabeli atributa u GIS-u je uneta vrednost „1“ za atribut „PRILAG“ koji označava aktivnost opštine u procesu prilagođavanja. Formirani model, scenario i tabela sa ocenjenim kapacitetima implementacije su postavljeni u dropbox (kao zamenu – simulaciju za lokalni server) i povezani putem linka sa odgovarajućim vektorom za opštinu Svrljig u QGISCloud online modulu. Nakon postavljanja modela i popunjavanja atributa aktivnosti, kompletni rezultati odlučivanja za izbor mere postaju dostupni svim akterima uključenim u proces upravljanja prilagođavanjem (npr. drugim opštinama, Nacionalnom savetu za klimatske promene, akademskoj zajednici i sl.). Pokretanjem upita moguće je prikazati samo one opštine koje su otpočele proces prilagođavanja za određeni sektor, i dodatnim pokretanjem veze preuzeti odgovarajuće modele za opštinu Svrljig (Slika 12.13). Preuzimanjem modela za opštinu moguće je steći uvid u izabrane mere prilagođavanja, fazu implementacije, i ograničavajuće faktore implementacije.



Slika 12.13. Prikaz opcije uza preuzimanje modela

12.3 Diskusija rezultata primene modela za integrisano upravljanje izborom mera prilagođavanja na lokalnom nivou

Rezultati primene modela ukazuju na činjenicu da je postizanje visokog kapaciteta prilagođavanja, odnosno, smanjenje residualne povredivosti na šumske požare, dugoročno gledano, moguće samo simultanom primenom više mera. U ovom slučaju su mere planiranja vodozahvata i sistem ranog upozorenja pokazale nešto značajniji uticaj od ostalih mera. Iako su izabrane mere proaktivne u odnosu na pristup prilagođavanju, važno je sagledati mogućnosti „agresivnijeg“ uključivanja transformativnih mera koje se tiču osnovnih uzroka povredivosti. U sadejstvu sa merama M4 i M5 koje kroz dugoročni pristup mogu voditi delimičnoj ili potpunoj transformaciji određenih šumskih područja, moguće je održati stepen povredivosti na prihvatljivom nivou kao što je pokazno u scenarijima. Svakako, analizom selektivnih mera mogu se razviti detaljniji programi na lokalnom nivou za povećanja njihove efikasnosti.

U prikazanom primeru selekcije mera, slučajnost je da je veliki broj mera već bio u primeni i da ekspertiska validacija relevantnosti mera nije imala punog smisla, što se može

smatrati specifičnim slučajem. Sa druge strane, ova koincidencija potvrđuje rezultate istraživanja koji ukazuju na činjenicu da u postojećim planovima i strategijama već postoje mere prilagođavanja koje nisu konceptualizovane u kontekstu potencijalnih promena klime i posledično sagledane na adekvatan načni (npr. ispitivanje simultanog uticaja sa drugim merama u odnosu na klimatske scenarije). Na taj način rezultati ukazuju da u ovom slučaju nije potrebno izdvajati dodatna finansijska sredstva i kreirati specijalne strategije da bi se otpočelo za procesom prilagođavanja. Efikasnija primena, odnosno, dopuna postojećih mera može imati zadovoljavajuće efekte.

Predloženi model Bajesove mreže za izbor mera za povećanje kapaciteta prilagođavanja šumskih područja na potencijalne povećane rizike od požara usled izmenjenih klimatskih uticaja može imati i dublju strukturu. Produbljivanje strukture može obuhvatiti dodavanje većeg broja mera, s jedne strane, ili dodeljivanje čvorova „doprinosa“ za određivanje dodatnih pravila za upoređivanje mera, sa druge (npr. odnos ulaganja i dobiti, cost-benefit, ili potencijalni ekološki rizik primene mera npr. u slučaju kontrolisanih požara). Takođe, mogu se uvesti i dodatni kriterijumi koji se koriste za ocenu rizika od požara kao što su vegetacija i gorivi materijal, podloga i matični supstrat, istorija požara, uređenost šuma i slično. Produbljivanje strukture mreže u bilo kom smislu bi svakako zahtevalo obimniju kvantifikaciju podataka i uslovilo eksponencijalno angažovanje donosioca odluka.

Postizanje robusnosti modela se može postići integracijom kvantitativne evaluacije mera prilagođavanja koje mogu uključivati rezultate dobijene metodama kao što su analiza ulaganja i dobiti (*eng. Cost-Benefit analysis*), modelovanje šumskih požara, modeliranjem razvoja šumskih ekosistema i sl. Međutim, obimnost, složenost kao i dostupnost ovakvih podataka prevazilazi domen ovog istraživanja. Svakako, uzevši u obzir prirodu modela, ovakve podatke je moguće uključiti u model u trenutku kada oni budu dostupni.

U medelu su primenjene trostepene i dvostepene skale u čvorovima zbog optimizovanja definisanja relacija između kriterijuma na mreži, odnosno, pojednostavljenja formiranja tabela uslovnih verovatnoća, kao i za ocenu institucionalnog kapaciteta. U oba slučaja je moguće uvesti dodatne nivoe što može dati precizniju ocenu stanja posmatanog sistema, odnosno, povredivosti. Svakako, uvođenje dodatnih nivoa za posledicu će imati usložnjavanje procesa odlučivanja.

13. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Prikazane analize klimatskih trendova ukazuju na to da se čitava teritorija Srbije suočava sa znatnim povećanjem temperature od sredine prethodnog veka. Studije ukazuju na učestale prirodne katastrofe u Srbiji, a na prvom mestu su poplave, suše i šumske požare. Projekcije klimatskih promena za Srbiju predviđaju nastavak osmotrenih trendova povećanja temperature za A1B i A2 scenario, smanjenje prosečne godišnje količine padavina do kraja veka i duže i češće sušne periode. Čak i u najblažem scenariju očekuje se značajan porast srednje godišnje temperature do kraja veka, u rasponu između 3.2-3.6°C. Očekivane promene će se različito reflektovati na različite regione, i zahtevati lokalno specifične strategije prilagođavanja. U tom smislu, sistemsko i pravovremeno sagledavanje procesa prilagođavanja je od suštinskog značaja za dugoročni održivi razvoj. U svrhu metodološkog i praktičnog doprinosa otpočinjanju procesa prilagođavanja u Srbiji, cilj istraživanja ove doktorske disertacije je bio razvoja modela za integrisano upravljanje izborom mera prilagođavanja na klimatske promene na lokalnom nivou, i ispitivanje mogućnosti njegove primene u našim uslovima. U kontekstu obrazloženja ostvarivanja predviđenog cilja, u nastavku su data zaključna razmatranja u skladu sa postavljenim osnovnim ciljem, predmetom istraživanja i polaznim osnovama i posebnih ciljeva za razvoj modela definisanih u sedmom poglavlju.

Usvajanjem Zakona o klimatskim promenama (u nastavku, Zakon) i donošenjem Nacionalne strategije stvoriće se pravno strateški okvir za otpočinjanje sistemskog delovanja na polju prilagođavanja efektima klimatskih promena na različitim prostornim i upravljačkim nivoima. U nacrtu Zakona o klimatskim promenama, aspekt prilagođavanja se tretira kroz sedam od ukupno osamdeset i šest članova ovog zakona. Znatno veća pažnja je posvećena upravljanju emisijama gasova sa efektom staklene bašte za čije smanjenje je Zakonom propisan vremenski okvir čiji prvi period otpočinje 2021. godine a završava se 2030.godine, kao i skup kaznenih odredaba. Aspekt prilagođavanja je sagledan kroz Program prilagođavanja (u nastavku, Program) koji uključuje listu potrebnih dokumenata i aktivnosti koje će nadležne institucije biti u obavezi da sprovode u periodu implementacije programa. Može se pretpostaviti da će vremenski okvir za prvi period primene biti isti kao i za redukciju emisije gasova staklene bašte, ali za sada on nije Zakonom definisan.

Prilagođavanje klimatskim promenama je kompleksan upravljački proces i zahteva odlučivanje u uslovima neizvesnosti koje podrazumeva sagledavanje velikog broja faktora, što sam proces odlučivanja čini složenijim. Iako će pravni i strateški okvir dati smernice i obaveze

za otpočinjanje aktivnosti u ovoj oblasti, za konzistentnu i efikasnu implementaciju Programa prilagođavanja neophodno je kreiranje jedinstvenog nacionalnog sistema za podršku odlučivanju za upravljanje projektima prilagođavanja na nacionalnom i subnacionalnom nivou. Nepostojanje jedinstvenog sistema može odložiti početak sinhronizovane aktivnosti prilagođavanja na svim prostorno-upravljačkim nivoima. U skladu sa prethodno navedenim, novi model koji je u okviru disertacije razvijen kao instrument za podršku odlučivanju prilikom izbora mera prilagođavanja, predstavlja praktični i metodološki doprinos razvoju jedinstvenog sistema za podršku odlučivanju na nacionalnom nivou. Model nudi metodološki okvir za procenu povredivosti na različitim prostornim nivoima i pruža mogućnost izbora mera prilagođavanja, što je u skladu sa prvim posebnim ciljem i predmetom istraživanja.

Iniciranje i finansiranje mera prilagođavanja na klimatske promene može zavisi od ostalih razvojnih prioriteta i kratkoročnih rizika u određenom kontekstu, pa posledično, otpočinjanje njihove implementacije može biti odloženo. Zakonom je predviđeno da se Programom definišu prioritetne mere, na osnovu kojih će nadležna institucija za sprovođenje Programa definisati listu specifičnih mera za implementaciju. Zakon predviđa donošenje predloga mera i listu prioriternih mera u okviru Programa, za koje nadležna institucija za sprovođenje Programa daje listu i opis specifičnih mera za implementaciju. U tom smislu, prilagođavanje u okviru određenog sektora se može realizovati na nivou jedne ili više mera, koje se mogu primeniti istovremeno ili u različitim vremenskim intervalima. To daje mogućnost postepenog uključivanja aktivnosti prilagođavanja u skladu sa drugim razvojnim prioritetima i kratkoročnim rizicima, kroz sukcesivnu implementaciju mera. Iako se mere mogu primenjivati sukcesivno, važno je razumeti njihov zbirni uticaj na kapacitet prilagođavanja posmatranog sistema u okviru sektora. U skladu sa tim, i u kontekstu drugog postavljenog posebnog cilja, projektovani model daje mogućnost integrisanog sagledavanja prilagođavanja kroz sinergijski uticaj skupa prioriternih mera i razumevanja udela pojedinačne mere na ukupnu povredivost. Ovaj mehanizam je omogućen simultanom primenom AHP metode i Bajesovih mreža koje pružaju mogućnost pretvaranja pretpostavki o uzrocima, odnosno, merama, u obrasce uslovnih zavisnosti i prikazivanja zajedničke raspodele verovatnoće ostvarivanja određenog cilja prilagođavanja. Pretpostavke u ovom kontekstu podrazumevaju stanje (fazu) primene pojedinačne mere i relativni odnos doprinosa verovatnoći ostvarivanja postavljenog cilja u odnosu na druge mere. Mehanizam sagledavanja promena u bilo kom čvoru na mreži (promenom vrednosti stanja određene mere kroz kombinovani efekat promena u svim čvorovima povezanim sa posmatranim čvorom, u skladu sa međusobnim odnosima definisanim u matricama uslovne zavisnosti), donosiocima odluka daje mogućnost

razumevanja uticaja svake pojedinačne mere. Ovakav mehanizam može doprineti afirmaciji iniciranja procesa planiranja prilagođavanja i na nivou jedne prioritetne mere, kao mikro-projekta.

Prethodna istraživanja ukazuju na nedostatak profesionalnih resursa na lokalnom nivou i zavisnost od spoljnih eksperata za iniciranje procesa strateškog planiranja, što za posledicu ima primenu različitih i međusobno neusklađenih metodologija. Nedostatak profesionalnih kapaciteta na lokalnom nivou može predstavljati problem za upravljanje procesom prilagođavanja. Takođe, nedostatak jedinstvene/konzistentne metodologije može sprečiti ili otežati transfer znanja kao i usložiti ili onemogućiti upoređivanje podataka, procenu i praćenje procesa prilagođavanja kroz promenu indeksa povredivosti na lokalnom i regionalnom nivou. Kako je definisano u nacrtu Zakona, Program će sadržati listu prioritetnih mera i institucija odgovornih za njihovo sprovođenje, dok će se kroz sektorske strategije definisati prostorni aspekt, način i metodologija monitoringa. Jedan od bitnih karakteristika alata za podršku odlučivanju jeste jednostavnost upotrebe kao i mogućnost doprinosa izgradnji kapaciteta.

U skladu sa trećim posebnim ciljem, može se zaključiti da projektovani model pruža integrisan metodološki okvir koji se može primenjivati na različitim prostornim nivoima i različitim sektorima. Takođe, daje mogućnost integrisanja dve ili više vrsta rizika koji se posmatraju, kao i agregaciju podataka za potrebe analize na različitim prostornim nivoima. Dodatno, model kroz svoju grafičku strukturu i eksplicitan prikaz svih kriterijuma i mera daje mogućnost transparentnog uvida u ključne aspekte razmatrane u procesu odlučivanja, dok se prostorna artikulacija vrednosti kriterijuma i faze primene mera prikazuje u GIS-u. Primenom odgovarajućih upita u GIS-u, moguće je pronaći opštine sa određenim stepenom povredivosti, ili opštine koje su otpočele proces prilagođavanja u određenom sektoru. Uvidom u modele Bejesovih mreža iz GIS baze za određenu opštinu, moguće je sagledati vrednosti kriterijuma za procenu rizika, skup mera koje se primenjuju i fazu njihove implementacije, kao i nadležne institucije i moguća ograničenja za implementiranje odabranog skupa mera (npr. postojanje profesionalnih ili tehničkih resursa). Transparentan pristup ključnim elementima odlučivanja doprinosi razumevanju procesa prilagođavanja koji su implementirani u okruženju i izgradnji sopstvenih kapaciteta. Formiranjem osnovnih modela od strane eksperata na nacionalnom nivou i primenom jedinstvene metodologije, smanjuje se zavisnost od spoljnih eksperata koje treba angažovati na lokalnom nivou u procesu izbora mera prvog prioriteta i praćenja implementacije. U tom smislu, projektovani model je u skladu sa predlozima Zakona i može doprineti realizaciji Programa.

U skladu sa Čanom 15. Zakona, nadležne institucije će biti u obavezi da svake četvrte godine izveštavaju o sprovedenim merama prilagođavanja. U okviru jednog sektora moguće je primeniti više mera koje imaju različite vremenske okvire implementacije. Na primer, sprovođenje treninga za operatora u GIS-u za mapiranje ugroženih šumskih područja od požara može trajati nekoliko meseci, dok će uspostavljanje nove sastojine otpornije na požare trajati deset i više godina. U tom smislu, jedinstvena platforma za uključivanje rezultata implementacije u procene povredivosti predstavlja celishodan pristup monitoringu.

U skladu sa prethodno navedenim okolnostima, i četvrtim i petim posebnim ciljem, može se zaključiti da primenom principa adaptivnog upravljanja projektima i povratne sprege, projektovani model pruža mogućnost praćenja životnog ciklusa svake pojedinačne mere i uticaja promene njenog stanja (faze implementacije) na ukupnu povredivost u sadejstvu sa drugim merama u okviru Bajesove mreže. Takođe, model je moguće proširiti novim merama ili kriterijumima kao i informacijama o njima (npr. upotrebom preciznijih indikatora uspešnosti implementacije) kada one budu dostupne. Na taj način, matematički aparat Bajesovih mreža pruža sveobuhvatni okvir za proces refleksivne evaluacije upravljačkih odluka u procesu prilagođavanja. Shodno tome, nove informacije dobijene procesom monitoringa, ili dodavanjem novih rezultata specifičnih procena povredivosti (npr. analize troškova i koristi) moguće je inkorporirati u model u vidu ažurirane vrednosti stanja kriterijuma, ili dodavanjem novih čvorova na mreži, i na taj način informisati nove odluke.

Jedan od apsekata procene povredivosti koji predstavlja poseban izazov jeste inkorporisanje rezultata procene između različitih prostornih nivoa. U odnosu na šesti posebni cilj, može se izvesti zaključak da projektovani model daje mogućnost indirektnog integrisanja kriterijuma i mera sa lokalnog nivoa u komparativnu procenu povredivosti na višim prostornim nivoima, integracijom kriterijuma povredivosti. Prilikom modelovanja poštovani su konceptualni elementi povredivosti. U tom smislu, centralni čvor na mreži je postavljen kao stepen povredivosti koji zavisi od kapaciteta prilagođavanja (formulisan kroz skup mera prilagođavanja), i izloženosti (formulisanih u formi klimatskih, biofizičkih i antropogenih kriterijuma). Nakon pune implementacije modela (npr. u toku prvog perioda realizacije Programa) za posmatrani teritorijalni obuhvat (izračunavanja povredivosti za sve lokalne prostorne jedinice – opštine), rezultujuće vrednosti povredivosti se, u vidu kompozitnog indikatora, mogu upotrebiti za procenu povredivosti na višim prostornim nivoima. Na ovaj način se povećava preciznost komparativne procene na višim prostornim nivoima i smislenije informišu nosioci novih politika prilagođavanja.

U odnosu na sedmi i osmi posebni cilj, i rezultatima analize alata za podršku odlučivanju, može se zaključiti da je model je projektovan kao integrativni i u direktnoj je funkciji izbora mere prilagođavanja. Zbog fleksibilnosti Bajesove mreže, model pruža mogućnost korišćenja različitih vrsta podataka, kako u pogledu tipova (kvalitativnih, kvantitativnih ili binarnih) tako i u pogledu rezolucije (stepena preciznosti). Svakako, stepen neizvesnosti u proceni povredivosti, odnosno, stepen doprinosa primenjenih mera smanjenju očekivanih rizika od posmatranog uticaja, je u direktnoj zavisnosti od karakteristika podataka korišćenih u čvorovima i preciznosti određivanja međusobnih zavisnosti promenljivih u mreži.

Kao što je prikazano u istraživanju mogućnosti i ograničenja za integraciju mera prilagođavanja u lokalne strategije, postojeće strategije lokalnog održivog razvoja sadrže određeni broj mera koje imaju karakteristike mera prilagođavanja, ali nisu konceptualno definisane kao takve. Pretpostavka je da se i u sektorskim strategijama može očekivati izvestan broj mera koje doprinose prilagođavanju ali nisu prepoznate na taj način. Druga pretpostavka je da su za implementaciju ovih mera (makar i delimično) već predviđeni potrebni resursi u smislu ljudskih, tehničkih i institucionalnih kapaciteta, i eventualno akcioni planovi za implementaciju. Afirmacija već postojećih mera doprinosi efikasnosti planiranja, jer, sa jedne strane, ubrzava otpočinjanje procesa prilagođavanja dok, sa druge, smanjuje mogućnost za potencijalno dupliranje resursa i aktivnosti.

U odnosu na deveti posebni cilj, ovi uslovi su zadovoljeni. Definisana metodologija upućuje na pregled postojećih strategija prilikom izbora mera prilagođavanja. U slučaju postojanja mere prilagođavanja u određenoj strategiji na lokalnom nivou, data mera se inkorporira u mrežu sa relevantnim informacijama (indikatorima uspešnosti) i na taj način doprinosi preciznosti početne procene povredivosti. Sa druge strane, stepen rizika implementacije mere će se reflektovati kroz ocenu kapaciteta na osnovu predviđenih kriterijuma (tehnički, profesionalni, finansijski kapaciteti, integrisanost i sl.). Na taj način, postojeće mere mogu (ako nisu prepoznate kao prioritetne) imati ulogu u smanjenju tzv. „deficita“ prilagođavanja, odnosno, prevazilaženja „mekog“ limita prilagođavanja, situacije u kojoj za mere prilagođavanja prvog prioriteta, koje bi mogle značajno da utiču na smanjenje povredivosti, trenutno ne postoje dovoljni kapaciteti za sprovođenje.

Iz prethodnog obrazloženja može se zaključiti da su potvrđene osnovna i posebne hipoteze doktorske disertacije. Primenom principa adaptivnog upravljanja, projektovani model može doprineti integrisanom upravljanju projektima prilagođavanja na lokalnom nivou kroz selekciju prioriteta mera na bazi njihovog sinergijskog doprinosa ukupnoj povredivosti.

Analizom selektivnih mera mogu se razviti detaljniji programi prilagođavanja na lokalnom i regionalnim nivou.

Zbog svojstva acikličnog grafa, na kojima je zasnovana struktura Bajesove mreže, jedno od ograničenja modela predstavlja nemogućnost uključivanja povratnih mehanizama u vidu petlje povratnih informacija unutar mreže. Istraživanja u ovoj oblasti preporučuju primenu dinamičkih Bajesovih mreža kao jedno od rešenja prevazilaženja ovog problema (Molina et al., 2013; Pollino i Henderson, 2010). Modelovanje dinamičkih Bajesovih mreža zahteva znatno više informacija za potrebe kvantifikacije vremenske dinamike, što upravljanje modelom čini eksponencijalno složenijim, i posledično smanjuje mogućnost efikasne upotrebe modela u praksi, u kontekstu potrebnih profesionalnih kapaciteta na lokalnom nivou. Delimično rešenje za prevazilaženje problema vremenske dinamike se može tražiti u modelovanju posmatranog aspekta povredivosti za relevantne vremenske intervale (npr. za različite periode klimatskih scenarija) i uključivanje kritičnih vrednosti u početni model, ili u dodavanju novih čvorova u mrežu, koji bi simulirali efekte povratnih informacija. Literaturne preporuke za rešavanje ovog problema takođe upućuju i na razlaganje složenog modela na manje, jednostavnije modele i rešavanje problema u iteracijama.

Procena povredivosti zahteva uključivanje heterogenih podataka, što onemogućava celishodnu validaciju modela. Ovaj aspekt je često diskutovan kao jedno od mogućih ograničenja Bajesovih mreža (Barton et al., 2008; Uusitalo et al., 2016). Analiza osetljivosti i kvantitativna validacija modela je ograničena samo na modele koji su zasnovani na empirijskim podacima. Sa druge strane, validacija modela sa heterogenim podacima je moguća samo u kontekstu ekspertske evaluacije i komparacije sa prethodnim istraživanjima. Povećanje homogenosti podataka uključivanjem empirijskih vrednosti dobijenih monitoringom implementacije mera prilagođavanja može da omogući robusniju validaciju modela tokom vremena.

Problem prostorne artikulacije podataka na mreži, koji se u teoretskim razmatranjima Bajesovih mreža takođe navodi kao jedno od ograničenja, prevaziđen je integracijom sa GIS-om koji se koristi za kvantifikaciju relevantnih čvorova i kriterijuma na mreži. Ovakav pristup je u skladu sa preporukama iz literature (Balbi et al., 2015; Gret-Regamey & Straub, 2006, Stelzenmüller et al., 2010). Ovaj metod omogućava integraciju i prostroni prikaz rezultata implementacije relevantnih mera.

Model je baziran na simultanoj primeni AHP i Bajesovih mreža. Osetljivost ovog pristupa u metodološkom smislu se može ogledati u fazi dodavanja ili oduzimanja kriterijuma ili čvorova na mreži u trenutku kada oni postanu relevantni/irelevantni, što je rezultat procesa

prilagođavanja. Ova faza zahteva ponovnu ekspertsku ocenu za potrebe ažuriranja tabela uslovnih verovatnoća. Ovo ograničenje se može smatrati prihvatljivim u metodološkom smislu ako se uzme u obzir vremenska dinamika procesa prilagođavanja, period za koji se model kreira (deset godina, u skladu sa Zakonom), i period evaluacije uspešnosti primenjenih mera.

Jedno od ograničenja modela jeste dostupnost i kompleksnost relevantnih baza podataka. Dostupnost u smislu digitalizovanih baza npr. šumskih sastojina, podloge i matičng supstrata, ili georeferenciranog katastra požara. Kompleksnost u smislu rezolucije ovakvih podataka za čije precizno i konzistentno mapiranje su potrebne poseben studije, koje prevazilaze domen ovog istraživanja. U trenutku kada novi podaci postanu dostupni, otvara se mogućnost za dalji razvoj modela. Predstavljeni model predstavlja osnovu za dalju kvalitativnu i kvantitativnu nadgradnju.

Unapređenje modela, između ostalog, može da obuhvati i sledeće pravce i aspekte: 1) istraživanje mogućnosti za integraciju prostorno-vremenske dinamike, 2) istraživanje mogućnosti automatizacije procesa procene prostorne povredivosti u GIS-u, na osnovu uslovnih zavisnosti promenljivih u Bajesovoj mreži, 3) razmatranje mogućnosti agregacije modela u intra i intersektorske modele radi procene višestrukog uticaja pojedinačnih mera prilagođavanja.

LITERATURA

- Abdollahzadeh, G., Damalas, C. A., Sharifzadeh, M. S., & Ahmadi-Gorgi, H. (2016). Selecting strategies for rice stem borer management using the Analytic Hierarchy Process (AHP). *Crop Protection*, 84: 27-36.
- Adab, H., Kanniah, K.D. & Solaimani, K. (2013). Modeling forest fire risk in the northeast of Iran using remote sensing and GIS techniques *Nat Hazards* 65: 1723-1743. <https://doi.org/10.1007/s11069-012-0450-8>
- Adger, N., Agrawala, S., Mirza, M., Conde, C., O'Brien, K., Pulhin, J., ... Takahashi, K. (2007). Assessment of adaptation practices, options, constraints and capacity. In M. L. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, Van, P. J. Der Linden, & C. E. Hanson (Eds.), *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 717–743). Cambridge: Cambridge University Press, UK.
- Adger, W. N. (2006). Vulnerability. *Global Environ Change.*, 16, 268–281.
- Agnes, R., Elazegui, C., Dulce, D. (2008). Role of Institutions in Managing Agriculture-Related Climate Risks: Angat Reservoir Case Study, Bulacan, Philippines. *Journal of Environmental Science and Management*, 11(1): 26-39.
- Aguilera, P.A., Fernandez, A., Fernandez, R., Rumí, R., Salmeron, A., 2011. Bayesian networks in environmental modelling. *Environ. Model. Softw.* 26: 1376 -1388.
- Aitkenhead, M. J., & Aalders, I. H. (2009). Predicting land cover using GIS, Bayesian and evolutionary algorithm methods. *Journal of Environmental Management*, 90(1): 236–250. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2007.09.010>
- Aleksic, P., & Jancic, G. (2011). Zaštita šuma od šumskih požara u Javnom preduzeću “Srbijašume.” *Šumarstvo*, 1(2): 95–110.
- Alencar, A.A., Brando, P.M., Asner, G.P., Putz, F.E., (2015). Landscape fragmentation, severe drought, and the new Amazon forest fire regime. *Ecological Applications*. 25 (6):1493-1505 <https://doi.org/10.1890/14-1528.1>
- Allenby, B.R., Richards, D.J., 1994. *The Greening of Industrial Ecosystems*. National Academy Press, Washington, DC.
- Allen, C. R., and L. H. Gunderson. 2011. Pathology and failure in the design and implementation of adaptive management. *Journal of Environmental Management* 92:1379-1384. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.10.063>

-
- Aliev, R. A., & Huseynov, O. H. (2014). *Decision Theory With Imperfect Information*. [Hackensack] New Jersey]: World Scientific.
- Analitis, A., Michelozzi, P., D'Ippoliti, D., De'Donato, F., Menne, B., Matthies, F., ... Katsouyanni, K. (2014). Effects of heat waves on mortality: Effect modification and confounding by air pollutants. *Epidemiology*, 25(1): 15–22. <https://doi.org/10.1097/EDE.0b013e31828ac01b>
- Anderson, J. L., R. W. Hilborn, R. T. Lackey, and D. Ludwig. 2003. Watershed restoration: Adaptive decision making in the face of un-certainty. In Wissmar, R. C., and P. A. Bisson (eds.) *Strategies for Restoring River Ecosystems: Sources of Variability and Uncertainty in Natural and Managed Systems*. Bethesda, MD: American Fisheries Society
- Anderson, G.B, & Bell, M.L. (2011). Heat waves in the United States: mortality risk during heat waves and effect modification by heat wave characteristics in 43 U.S. communities. *Environ Health Perspect.* 119(2):210-8. doi: 10.1289/ehp.1002313.
- Anđelković, G., Pavlović, S., Đurđić, S., Belij, M., & Stojković, S. (2016). Tourism climate comfort index (TCCI) – An attempt to evaluate the climate comfort for tourism purposes: The example of Serbia. *Global Nest Journal*, 18(3): 482–493.
- Apantaku, S. ., Seriki, I. ., Aromolaran, A. ., Apantaku, F. ., & Adebawo, O. . (2011). Climate change and rural households' health in Ijebu North East area of Nigeria. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 20(4): 302–308.
- Armitage, D., Berkes, F., Dale, A., Kocho-Schellenberg, E., Patton, E., 2011. Co-management and the co-production of knowledge: Learning to adapt in Canada's Arctic. *Global Environ. Change* 21: 995–1004. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.04.006>
- Ashworth, M.J., 1982. *Feedback Design of Systems with Significant Uncertainty*. Research Studies Press, Chichester, UK.
- Åström, C., Orru, H., Rocklöv, J., Strandberg, G., K, E., & Forsberg, B. (2013). Heat-related respiratory hospital admissions in Europe in a changing climate: A health impact assessment. *BMJ Open*, 3(1): e001842. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2012-001842>
- Balbi, S., Villa, F., Mojtahed, V., Hegetschweiler, K.T., Giupponi, C., (2015). A spatial Bayesian network model to assess the benefits of early warning for urban flood risk to people. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci. Discuss.* 3: 6615-6649.
- Balica, S. F., Write, N. G., & van der Meulen, F. (2011). A flood vulnerability index for coastal cities and its use in assessing climate change impacts. *Natural Hazards*, 64(1); 73–105.

-
- Baede, A. A. P. M., Ahlonsou, E., Ding, Y., & Schimel, D. (2001). Chapter 1, The Climate System: an Overview, in IPCC Working Group I Assessment Report. Preuzeto sa <https://www.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg1/pdf/TAR-01.PDF>
- Bajec, N. L. (2011). Integrating climate change adaptation policies in spatial development planning in Serbia - A challenging task ahead. *Spatium* 24: 1–8. <https://doi.org/10.2298/SPAT1124001L>
- Banuri, T., Weyant, 1., Akumu, G., Najam, A., Pinguelji, R.L., Rayner, S., Sachs, W., Sharma, R., & Yohe, G. (2001). Setting the Stage: Climate Change and Sustainable Development. In Metz et al. (Ed.), Summary for policymakers, Climate change 2001: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Third Assessment Report of the IPCC (75-114). Cambridge: Cambridge University Press.
- Barton, D.N., Saloranta, T., Moe, S.J., Eggestad, H.O., Kuikka, S., 2008. Bayesian belief networks as a meta-modelling tool in integrated river basin management - pros and cons in evaluating nutrient abatement decisions under uncertainty in a Norwegian river basin. *Ecol. Econ.* 66: 91-104.
- Barrutia, J.M., & Echebarria, C. (2011). Explaining and measuring the embrace of local agenda 21s by local governments. *Environment and Planning A*, 43(2): 451-469. Retrived from <http://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1068/a43338>
- Bashari, H., Smith, C., Bosch, O.J.H., 2009. Developing decision support tools for rangeland management by combining state and transition models and Bayesian belief networks, *Agricultural Systems*, 99 (2009): 23–34.
- Belton, V. & Stewart, T. J. 2002. Multiple criteria decision analysis - An integrated approach, Boston: Kulwer
- Berry, P. M., Brown, S., Chen, M., Kontogianni, A., Rowlands, O., Simpson, G., & Skourtos, M. (2014). Cross-sectoral interactions of adaptation and mitigation measures. *Climatic Change*, 128(3–4): 381–393. <https://doi.org/10.1007/s10584-014-1214-0>
- Bizikova, L. & Krcmar, E. 2015. Integrated scenario planning and Multi-Criteria Decision Analysis framework with application to forest planning. *Open Journal of Forestry*, 05: 139-153. doi:10.4236/ojf.2015.52014.
- Bierbaum, R., et.al, (2013). A comprehensive review of climate adaptation in the United States: More than before, but less than needed. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 18(3): 361–406. <https://doi.org/10.1007/s11027-012-9423-1>

-
- Bierbaum, R., Holdren, J., MacCracken, M., Moss, R., & Rave, P. (2007). Climate, Confronting Managing, Change: Avoiding the Unmanageable and the Unavoidable. A Sigma Xi Report., Tech. rep. Development.
- Birkmann, J. (2006). Measuring vulnerability to promote Frameworks, disaster-resilient societies: Conceptual and definition. In J. Birkmann (Ed.), *Measuring Vulnerability to Natural Hazards* (pp. 9–54). New Delhi, India: United Nations University.
- Bishop-Williams, K. E., Berke, O., Pearl, D. L., Hand, K., & Kelton, D. F. (2015). Heat stress related dairy cow mortality during heat waves and control periods in rural Southern Ontario from 2010–2012. *BMC Veterinary Research*, 11(1), 291. <https://doi.org/10.1186/s12917-015-0607-2>
- Blunsom, P. (2004). Hidden Markov Models. Lecture notes.
- Božić, V., Cvetkovic, S., & Zivkovic, B. (2015). Influence of renewable energy sources on climate change mitigation in serbia. *Thermal Science*, 19(2): 411–424. <https://doi.org/10.2298/TSCI100415066L>
- Brašanac-Bosanac, L., Ćirković-Mitrović, T., & Čule, N. (2011). Adaptation of forest ecosystems on negative climate change impacts in Serbia. *Sustainable Forestry* (Serbia), 63–64: 41–50.
- Brisson, N., Gate, P., Gouache, D., Charmet, G., Oury, F.-X., & Huard, F. (2010). Why are wheat yields stagnating in Europe? A comprehensive data analysis for France. *Field Crops Research*, 119(1): 201–212. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2010.07.012>
- Brooks, N., Adger, W., & Kelly, P. (2005). The determinants of vulnerability and adaptive capacity at the national level and the implications for adaptation. *Global Environmental Change*, 15: 151–163.
- Brandt P, Kvakić M, Butterbach-Bahl K, Rufino MC (2017). How to target climate-smart agriculture? Concept and application of the consensus-driven decision support framework target CSA. *Agric Syst* 151: 234-245.
- Brudermann, T., Sangkakool, T. (2017). Green roofs in temperate climate cities in Europe – An analysis of keydecision factors. *Urban Forestry & Urban Greening* 21: 224–234. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ufug.2016.12.008>
- Bustos, S.E., Diaz Vicuña, S., (2016). Decision making and adaptation processes to climate change. *Ambiente & Sociedade*, São Paulo XIX, 4: 215-234
- Burns, T., & Machado Des Johansson, N. (2017). Disaster Risk Reduction and Climate Change Adaptation—A Sustainable Development Systems Perspective. *Sustainability*, 9(2): 293. <https://doi.org/10.3390/su9020293>

-
- Burton, I. (2009). Deconstructing Adaptation ... and Reconstructing. In L. Schipper & I. Burton (Eds.), *The Earthscan Reader on Adaptation to Climate Change*. Earthscan, UK and USA.
- Burton, I., Huq, S., Lim, B., Pilifosova, O., & Schipper, L. (2002). From impacts assessment to adaptation priorities: the shaping of adaptation policy. *Climate Policy*, 2: 145–159.
- Cain, J., (2001), Planning improvements in natural resources management – Guidelines for using Bayesian networks to support the planning and management of development programmes in the water sector and beyond, British Library.
- Catenacci, M., Giupponi, C. (2009), Potentials of bayesian networks to deal with uncertainty in climate change adaptation policies. Centro Euro-Mediterraneo per i Cambiamenti Climatici, Division: Climate Impacts and Policies. An Economic Assessment, Issue RP0070 October 2009
- Catenacci, M., Giupponi, C., (2013). Integrated assessment of sea-level rise adaptation strategies using a Bayesian decision network approach. *Environ. Model. Softw.* 44: 87 - 100.
- CBD, Convention on Biological Diversity (2004) CBD guidelines: the ecosystem approach. ISBN: 92-9225-023-x .Accessed 22 May 2015.<https://www.cbd.int/doc/publications/ea-text-en.pdf>
- Chee, Y. E., Wilkinson, L., Nicholson, A. E., Quintana-Ascencio, P. F., Fauth, J. E., Hall, D., ... Rumpff, L. (2016). Modelling spatial and temporal changes with GIS and Spatial and Dynamic Bayesian Networks. *Environmental Modelling and Software*, 82: 108–120. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2016.04.012>
- Chen, I.-C., Hill, J. K., Ohlemüller, R., Roy, D. B., & Thomas, C. D. (2011). Rapid range shifts of species associated with high levels of climate warming. *Science*, 333(6045): 1024–1026. <https://doi.org/10.1126/science.1206432>
- Chen, Y., Liu, R., Barrett, D., Gao, L., Zhou, M., Renzullo, L., & Emelyanova, I. (2015). A spatial assessment framework for evaluating flood risk under extreme climates. *Science of the Total Environment*, 538: 512-523.
- Chevallier, P., Pouyaud, B., Suarez, W., & Condom, T. (2011). Climate change threats to environment in the tropical Andes: glaciers and water resources. *Regional Environmental Change*, 11(S1): 179–187. <https://doi.org/10.1007/s10113-010-0177-6>
- Ćirkovic-Mitrović, T., Popović, V., Brašanac-Bosanac, L., Rakonjac, L. J., & Lučić, A. (2013). The impact of climate elements on the diameter increment of austrian pine (*Pinus nigra* Arn.) In Serbia. *Archives of Biological Sciences*, 65(1): 161–170. <https://doi.org/10.2298/ABS1301161C>

-
- Ciscar, J.-C., Iglesias, A., Feyen, L., Szabó, L., Van Regemorter, D., Amelung, B., ... Soria, A. (2011). Physical and economic consequences of climate change in Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108(7): 2678–83. <https://doi.org/10.1073/pnas.1011612108>
- Ciscar, J. C., Feyen, L., Soria, A., Lavallo, C., Raes, F., Perry, M., ... Ibarreta, D. (2014). Climate Impacts in Europe: The JRC PESETA II Project. JRC Scientific and Policy Reports. <https://doi.org/10.2791/7409>
- Cook, C.N., Inayatullah, S., Burgman, M.A., Sutherland, W.J., Wintle, B.A., (2014). Strategic foresight: how planning for the unpredictable can improve environmental decision-making. *Trends in Ecology & Evolution*, 29(9): 531-541
- Cozannet, G.L. et al., (2013). An AHP-derived method for mapping the physical vulnerability of coastal areas at regional scales. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 13: 1209–1227. doi:10.5194/nhess-13-1209-2013
- Crnčević, T., & Marić, I. (2011). Strategic environmental assessment and climate change in the republic of Serbia – support to development and adjustment process. *SPATIUM International Review* (26), 14–19. <https://doi.org/10.2298/SPAT1126014C>
- Csoknyai, T., Hrabovszky-Horváth, S., Georgiev, Z., Jovanovic-Popovic, M., Stankovic, B., Villatoro, O., & Szendr, G. (2016). Building stock characteristics and energy performance of residential buildings in Eastern-European countries. *Energy and Buildings*, 132: 39–52. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.06.062>
- Cutter, S., Boruff, B., & Shirley, W. (2003). Social vulnerability to environmental hazards. *Soc Sci Q*, 84: 242–261.
- Cvetinovic, D., Stefanovic, P., Markovic, Z., Baki, V., Turanjanin, V., Jovanovi, M., ... Cevi, C. (2013). GHG (Greenhouse Gases) emission inventory and mitigation measures for public district heating plants in the Republic of Serbia. *Energy*, 57: 788–795. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2012.09.063>
- Čupić, M., Rao Tumala, B.M., Sukunović, M., (2001). Odlučivanje. Formalni pristup. Fakultet organizacionih nauka, Beograd.
- Daigneault, A., Brown, P., & Gawith, D. (2016). Dredging versus hedging: Comparing hard infrastructure to ecosystem-based adaptation to flooding. *Ecological Economics*, 122: 25–35. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.11.023>
- Davidović, B., (2016) Modeliranje i odlučivanje u logističkim procesima. Beograd-Zemun: AMG knjiga

-
- Dawson, R.J., 2015. Handling interdependencies in climate change risk assessment. *Climate* 3: 1079-1096.
- DeNicola, E., Aburizaiza, O. S., Siddique, A., Khwaja, H., & Carpenter, D. O. (2015). Climate Change and Water Scarcity: The Case of Saudi Arabia. *Annals of Global Health*, 81(3): 342–353. <https://doi.org/10.1016/j.aogh.2015.08.005>
- Delzon, S., Urli, M., Samalens, J.-C., Lamy, J.-B., H, L., Sin, F., ... Porté, A. J. (2013). Field evidence of colonisation by holm oak, at the northern margin of its distribution range, during the Anthropocene period. *PLOS ONE*, 8(11): e80443. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0080443>
- Diogo, V., Reidsma, P., Schaap, B., Andree, B. P. J., & Koomen, E. (2017). Assessing local and regional economic impacts of climatic extremes and feasibility of adaptation measures in Dutch arable farming systems. *Agricultural Systems*, 157: 216–229. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2017.06.013>
- Djordjevic, D. S., Secerov, V., Filipovic, D., Lukic, B., & Jeftic, M. R. (2016). The impact of climate change on the planning of mountain tourism development in Serbia: case studies of Kopaonik and Zlatibor. *Fresenius Environmental Bulletin*, 25(11): 5027–2034.
- Đorđević, G., (2012). Upravljanje rizikom u zaštiti šuma od požara. Doktorska disertacija. Fakultet bezbednosti, Beograd
- Djukic, A., Vukmirovic, M., & Stankovic, S. (2016). Principles of climate sensitive urban design analysis in identification of suitable urban design proposals. Case study: Central zone of Leskovac competition. *Energy and Buildings*, 115: 23–35. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.03.057>
- Djurdjevic, V., Krzic, A., & Pejanovic, G. (2014). High resolution downscaling of CMCC-CM 21st century data with nonhydrostatic regional NMMB model. Paper presented at: Milankovitch Anniversary UNESCO Symposium. Belgrade, Serbia. Preuzeto sa http://www.jcerni.org/images/stories/maus/Book_of_Abstracts_2014.pdf
- Djurdjevic, V., Krzic, A., (2014) Analysis of the downscaled CMCC-CM projections performed with the NMMB model, Project: A structured network for integration of climate knowledge into policy and territorial planning - ORIENTGATE, report: WP3 Mapping and Harmonising Data & Downscaling, http://www.seevccc.rs/ORIENTGATE/Dwnsc_CMCC-CM_NMMB.pdf
- Dlamini, W.M., (2010). A Bayesian belief network analysis of factors influencing wildfire occurrence in Swaziland, *Environmental Modelling & Software* 25: 199–208.

-
- Dlamini, W. M. (2011). Application of Bayesian networks for fire risk mapping using GIS and remote sensing data. *GeoJournal*, 76(3): 283–296.<https://doi.org/10.1007/s10708-010-9362-x>
- Dockerty, T., & Lovett, A. (2003). A Location-centred, GIS-based Methodology for Estimating the Potential Impacts of Climate Change on Nature Reserves. *Transactions in GIS*, 7(3): 345–370. <https://doi.org/10.1111/1467-9671.00150>
- Doll, P., Romero-Lankao, P., 2017. How to embrace uncertainty in participatory climate change risk management - a roadmap. *Earth's Futur* 5: 18 - 36.
- Dreissl L.D., Hessenauerl, J.M., Nathanl, L.R., O'Connorl, K.M., Liberatil, M.R., Klosterl, D.P., Barclayl, J.R., Vokounl, J.C., Morzillo1. A.T. (2017) Adaptive Management as an Effective Strategy: Interdisciplinary Perceptions for Natural Resources Management. *Environmental Management* 59: 218–229.
- Đuričin, S., Savić, S., Bodroža, D., Cvijanović, G., & Đorđević, S. (2016). Posledice klimatskih promena na menadžment voda u poljoprivredi: izazov za povećanje produktivnosti useva u Srbiji. *Ekonomika Poljoprivrede*, 63(4): 1333–1346.
- Dzenatovic, M., Knezic, T., & Cvetkov, M. (2013). Ekonomske implikacije prirodnih katastrofa sa posebnim osvrtom na stanje u Srbiji. *Ekologika*, XX(70): 116–121.
- Duncan, D., and B. A. Wintle. 2008. Towards adaptive management of native vegetation in regional landscapes. Pages 1-7 in C. Pettit, W. Cartwright, I. Bishop, K. Lowell, D. Pullar, and D. Duncan, editors. *Landscape Analysis and Visualisation. Spatial Models for Natural Resource Management and Planning*. Springer-Verlag GmbH, Berlin. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-69168-6_9
- Düspohl, M., Frank, S., Doll, P., 2012. A review of Bayesian networks as a participatory modeling approach in support of sustainable environmental management. *J. Sustain. Dev.* 5, 1.
- EC- European Commission (2009). White paper - Adapting to climate change: Towards a European framework for action. Brussels. Preuzeto sa https://ec.europa.eu/health/archive/ph_threats/climate/docs/com_2009_147_en.pdf
- EC. (2013). Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions — An EU Strategy on adaptation to climate change, COM(2013) 216 final of 16 April 2013.
- EC. European comission (2016). Action Plan on the Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030. Brussels

-
- EEA (2012). Urban adaptation to climate change in Europe Challenges and opportunities for cities together with supportive national and European policies (Report No 2/2012). Luxembourg: Publications Office of the European Union. Preuzeto sa <http://www.eea.europa.eu/publications/urban-adaptation-to-climate-change>
- EEA. (2013). Adaptation in Europe — Addressing risks and opportunities from climate change in the context of socio-economic developments, EEA Report No 3/2013,. Copenhagen.
- EEA (2014). National adaptation policy processes in European countries (Report No 4/2014). Luxembourg: Publications Office of the European Union. Preuzeto sa <http://www.eea.europa.eu/publications/national-adaptation-policy-processes>
- EEA. (2015). National monitoring, reporting and evaluation of climate change adaptation in Europe, EEA Technical report No 20/2015, European Environment Agency.
- EEA. (2016a). Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016 An indicator-based report. EEA Report No 1/2017. <https://doi.org/10.2800/66071>
- EEA. (2016b). Urban adaptation to climate change in Europe. Copenhagen: European Environment Agency. <https://doi.org/10.2800/41895>
- EEA. (2017). Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016 - An indicator-based report (Vol. 1/2017). Luxembourg: Publications Office of the European Union. <https://doi.org/citeulike-article-id:14262052> doi: 10.2800/534806
- EEA (2017). Country fact sheet. Land cover 2012. Serbia.
- Ellis, J. (2014). Climate Resilience Indicator Literature Review Prepared as part of “ Using Columbia Basin State of the Basin Indicators to Measure Climate Adaptation .” Preuzeto sa www.ctb.org
- Eckerberg, K., & Dahlgren, K. (2007). Project or process? Fifteen years’ experience with local agenda 21 in Sweden. *Ekonomiaz*, 64(1): 130-149. Retrieved form <https://ideas.repec.org/a/ekz/ekonoz/2007110.html>
- Eom, S., (2008). Decision Support Systems Research: Current State, Problems, and Future Directions. In: Collaborative Decision Making: Perspectives and ChallengesP. Zaraté et al. (Eds.) Amsterdam, Netherlands: IOS Press.
- Eriksen, S. H., & Kelly, P. M. (2007). Developing Credible Vulnerability Indicators for Climate Adaptation Policy Assessment. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 12(4), 495–524.
- EU. (2013). Decision No 1386/2013/EU of the European Parliament and of the Council of 20 November 2013 on a General Union Environment Action Programme to 2020 “Living well, within the limits of our planet”, OJ L 354, 28.12.2013.

-
- EURO4M. (2016). 2015: Joint warmest year on record in Europe, *Climate Indicator Bulletin* (25 January 2016).
- Ezzabadi JH, Saryazdi MD, Mostafaeipour A. (2015). Implementing fuzzy logic and AHP into the EFQM model for performance improvement: a case study. *Appl Soft Comput* 36:165–76.
- Failing, L., Horn, G., Higgins, P., (2004). Using expert judgment and stakeholder values to evaluate adaptive management options. *Ecol. Soc.* 9: 13.
- Faludi, A. (2000). The performance of spatial planning, *Planning Practice and Research*, 15(4), 299–318. doi: 10.1080/713691907
- FAO (2016). Climate change and food security: risks and responses. <http://www.fao.org/3/a-i5188e.pdf>
- FAO (2001). International handbook on forest fire protection. Technical guide for the countries of the Mediterranean basin.
- FAO. (2008). Climate change and food security: a framework document. Rome.
- Fekete, A. (2009a). Assessment of social vulnerability for river-floods in Germany. Doctoral dissertation, Bonn: United Nations University – Institute for Environment and Human Security (UNU-EHS)
- Fekete, A. (2009b). Validation of a social vulnerability index in context to river-floods in Germany. *Nat Hazards Earth Syst Sci*, 4: 393–403.
- Fekete, A., Damm, M., & Birkmann, J. (2010). Scales as a challenge for vulnerability assessment. *Natural Hazards*, 55(3); 729–747. <https://doi.org/10.1007/s11069-009-9445-5>
- Fernandez, P., Mourato, S., & Moreira, M. (2016). Social vulnerability assessment of flood risk using GIS-based multicriteria decision analysis. A case study of Vila Nova de Gaia (Portugal). *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 7(4): 1367–1389. <https://doi.org/10.1080/19475705.2015.1052021>
- Ferrise, R., Moriondo, M., & Bindi, M. (2011). Probabilistic assessments of climate change impacts on durum wheat in the Mediterranean region. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 5:1293–1302. <https://doi.org/10.5194/nhess-11-1293-2011>
- Filatova, T. (2014). Market-based instruments for flood risk management: A review of theory, practice and perspectives for climate adaptation policy. *Environmental Science and Policy*, 37: 227–242. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2013.09.005>
- Fischer, A., Travis, P., Mathew, C., Murphy, D., & Brenkert-Smith, H. (2013). Assessing Social Vulnerability to Climate Change in Human Communities near Public Forests and

-
- Grasslands: A Framework for Resource Managers and Planners. *Journal of Forestry*, 111(5); 357–365.
- Frankhauser, S., Burton, I., (2011). Spending adaptation money wisely. *Climate Policy*, 11(3): 1037–1049. doi: 10.1080/14693062.2011.582389
- Francesch-Huidobro, M., Dabrowski, M., Tai, Y., Chan, F., & Stead, D. (2017). Governance challenges of flood-prone delta cities: Integrating flood risk management and climate change in spatial planning. *Progress in Planning*, 114: 1–27. <https://doi.org/10.1016/j.progress.2015.11.001>
- Fritzsche, K., Schneiderbauer, S., Bubeck, P., Kienberger, S., Buth, M., Zebisch, M., & Kahlenborn, W. (2014). The Vulnerability Sourcebook. Bonn and Eschborn: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.
- Fussel, H. (2007). Vulnerability: A generally applicable Research, conceptual framework for climate change. *Global Environmental Change*, 17(2): 155– 167.
- Füssel, H. (2007). Adaptation planning for climate change: concepts, assessment approaches, and key lessons. *Sustainability Science*, 2: 265–275.
- Fussel, H., & Klein, R. (2006). Conceptual, assessments: an evolution of thinking. *Climatic Change*, 75(3): 301–329.
- (FCAC) The Future Cities Adaptation Compass – Guidance for developing climate-proof city regions (2013). <http://www.future-cities.eu/>
- Gardner, E., (2013) Adaptive Management in the Face of Climate Change and Endangered Species Protection. *Ecology Law Quarterly* 40: 229-270.
- Ghajari, E., Y., Alesheikh, A. A., Modiri, M., Hosnavi, R., Abbasi, M., & Sharifi, A. (2017). Urban vulnerability under various blast loading scenarios: Analysis using GIS-based multi-criteria decision analysis techniques. *Cities*, 72: 102–114. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2017.08.006>
- Gerber, L.R., J. Wielgus, E. Sala, 2007. A decision framework for the adaptive management of an exploited species with implications for marine reserves. *Conservation Biology* 21: 1594–1602.
- Glaas, E., Ballantyne, A. G., Neset, T.-S., & Linnér, B.-O. (2017). Visualization for supporting individual climate change adaptation planning: Assessment of a web-based tool. *Landscape and Urban Planning*, 158: 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.09.018>
- Gdoura, K., Anane, M., & Jellali, S. (2015). Geospatial and AHP-multicriteria analyses to locate and rank suitable sites for groundwater recharge with reclaimed water. *Resources, Conservation and Recycling*, 104: 19-30.

-
- GEF. (2016). Time to adapt: insights from the global environment facility's experience in adaptation to climate change.
- Ghahramani, Z. (2001). An introduction to Hidden Markov Models and Bayesian Networks. *International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence*. 15(1):9-42.
- Gill, J.C., Malamud, B.D., (2014). Reviewing and visualizing the interactions of natural hazards. *Rev. Geophys.* 52: 680 - 722. <http://dx.doi.org/10.1002/2013RG000445>
- Glavonjić, B. D. (2011). Consumption of wood fuels in households in Serbia - Present state and possible contribution to the climate change mitigation. *Thermal Science*, 15(3): 571–585. <https://doi.org/10.2289/TSCI1103571G>
- Graham, I. (1991). Uncertainty and Expert Systems. University of Bristol Press: Bristol
- Gregorio, M. Di, et al. (2017). Climate policy integration in the land use sector: Mitigation, adaptation and sustainable development linkages. *Environmental Science and Policy*, 67: 35–43. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2016.11.004>
- Gregory, R., Ohlson, D., & Arvai, J. (2006). Deconstructing adaptive management: criteria for applications to environmental management. *Ecological Applications* 16: 2411-2425. [http://dx.doi.org/10.1890/1051-0761\(2006\)016\[2411:DAMCFA\]2.0.CO2](http://dx.doi.org/10.1890/1051-0761(2006)016[2411:DAMCFA]2.0.CO2)
- Greiving, S., Lindner, C., Luckenkotter, J., & Flex, F. (2011). Change, A regional typology of climate Vulnerability. In ESPON Climate - Climate and, Change and Territorial Effects on Regions Local Economies. Final Scientific Report, ESPON IRPUD (pp. 146–159). U Dortmund.
- Gret-Regamey, A., Straub, D., 2006. Spatially explicit avalanche risk assessment linking Bayesian networks to a GIS. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 6: 911-926.
- Gutierrez, B.T., Plant, N.G., Thieler, E.R., (2011). A Bayesian Network to Predict Vulnerability to Sea-level Rise: Data Report. US Geological Survey.
- Hallegatte, S., 2009. Strategies to adapt to an uncertain climate change. *Global Environ. Change* 19, 240–247. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2008.12.003>.
- Harrison, P. A., Holman, I. P., Cojocaru, G., Kok, K., Kontogianni, A., Metzger, M. J., & Gramberger, M. (2013). Combining qualitative and quantitative understanding for exploring cross-sectoral climate change impacts, adaptation and vulnerability in Europe. *Regional Environmental Change*, 13(4): 761–780. <https://doi.org/10.1007/s10113-012-0361-y>
- Hamilton, S.H., ElSawah, S., Guillaume, J.H.A., Jakeman, A.J., Pierce, S.A., 2015. Integrated assessment and modelling: overview and synthesis of salient dimensions. *Environ. Model. Softw.* 64: 215 – 229

-
- Hammouri, N., & El-Naqa, A. (2008). GIS based hydrogeological vulnerability mapping of groundwater resources in Jerash area - Jordan. *Geofisica Internacional*, 47(2): 85–87.
- Hanewinkel, M., Cullmann, D. A., Schelhaas, M.-J., Nabuurs, G.-J., & Zimmermann, N. E. (2012). Climate change may cause severe loss in the economic value of European forest land. *Nature Climate Change*, 3(3), 203–207. <https://doi.org/10.1038/nclimate1687>
- Hansen, J., Ruedy, R., Sato, M., & Lo, K. (2010). Global surface temperature change. *Reviews of Geophysics*, 48(4): RG4004. <https://doi.org/10.1029/2010RG000345>
- Hansen, J., Sato, M., Kharecha, P., Beerling, D., Masson-Delmotte, V., Pagani, M., ... Zachos, J. C. (2008). Target Atmospheric CO₂ : Where Should Humanity Aim? *Open Atmospheric Science Journal*, 2: 217–231.
- Harrison, E., F. (1987). *The Managerial Decision-Making Process* (3rd edition). Houghton Mifflin Co., Boston
- Hasselman, L. (2016): Adaptive management; adaptive comanagement; adaptive governance: what's the difference?, *Australasian Journal of Environmental Management*, DOI: 10.1080/14486563.2016.1251857
- Hauge, Å. L., Almås, A. J., Flyen, C., Stoknes, P. E., & Lohne, J. (2016). User guides for the climate adaptation of buildings and infrastructure in Norway - Characteristics and impact. *Climate Services*, 6: 23–33. <https://doi.org/10.1016/j.cliser.2017.06.009>
- Harley, M., Horrocks, L., & Hodgson, N. (2008). Climate change vulnerability and adaptation indicators (No. 2008/9). Preuzeto sa http://acm.eionet.europa.eu/docs/ETCACC_TP_2008_9_CCvuln_adapt_indicators.pdf
- Heal, G., Millner, A., (2014). Uncertainty and Decision Making in Climate Change Economics. *Review of Environmental Economics and Policy*, 8 (1): 120–137 doi:10.1093/reep/ret023
- Hellriegel, D., Slocum, J. & Woodman, R. (1999) *Comportamiento organizacional*, 8. ed. México: International Thomson Editores, pp. 635
- Hess, J.J., McDowell, J.Z., Luber, G., (2012). Integrating Climate Change Adaptation into Public Health Practice: Using Adaptive Management to Increase Adaptive Capacity and Build Resilience. *Environmental Health Perspectives* 120(2): 171-179.
- Hinkel, J. (2011). Indicators of vulnerability and adaptive Sciencepolicy, capacity: Towards a clarification of the Interface. *Global Environmental Change*, 21(1): 198–208.
- Ho, W. (2008). Integrated analytic hierarchy process and its applications: a literature review. *European Journal of Operational Research*, 186(1): 211-228. DOI: 10.1016/j.ejor.2007.01.004

-
- Holsten, A. (2013). Climate change vulnerability assessments in the regional context by. Faculty of Mathematics and Natural Sciences at the University of Potsdam, Germany.
- Holling, C.S. (Ed.) 1978. Adaptive Environmental Assessment and Management. Wiley, Chichester, UK.
- Honkonen, T. (2017). Water Security and Climate Change: The Need for Adaptive Governance. *Potchefstroom Electronic Law Journal/Potchefstroomse Elektroniese Regsblad*, 20: 1. <https://doi.org/10.17159/1727-3781/2016/v19i0a1651>
- Horák, R., Borišev, M., Pilipović, A., Orlović, S., Pajević, S., & Nikolić, N. (2014). Drought impact on forest trees in four nature protected areas in Serbia. *Šumarski List*, 138(5–6): 301–308.
- Houet, T., Marchadier, C., Bretagne, G., Moine, M. P., Aguejdad, R., Viguié, V., ... Masson, V. (2016). Combining narratives and modelling approaches to simulate fine scale and long-term urban growth scenarios for climate adaptation. *Environmental Modelling and Software*, 86: 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2016.09.010>
- Huang, I. B., Keisler, J. & Linkov, I. 2011. Multi-criteria decision analysis in environmental sciences: Ten years of applications and trends. *The Science of the Total Environment*, 409: 3578-94. doi:10.1016/j.scitotenv.2011.06.022
- Huitema, D., Mostert, E., Egas, W., Moellenkamp, S., Pahl-Wostl, C., Yalcin, R., (2009). Adaptive water governance: assessing the institutional prescriptions of adaptive (co-) management from a governance perspective and defining a research agenda, *Ecology and Society* 14 (2009).
- Hughes, S. (2015). A meta-analysis of urban climate change adaptation planning in the U.S. *Urban Climate*, 14: 17–29. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2015.06.003>
- ICPDR. (2012). Danube Study – Climate Change Adaptation, International Commission for the Protection of the Danube River Final Report. Vienna, Austria.
- Inman, D., Blind, M., Ribarova, I., Krause, A., Roosenschoon, O., Kassahun, A., Scholten, H., Arampatzis, G., Abrami, G., McIntosh, B., (2011). Perceived effectiveness of environmental decision support systems in participatory planning: evidence from small groups of end-users. *Environ. Model. Softw.* 26, 302-309.
- IPCC. (2007). Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Core Writing Team, Pachauri, R.K. and Reisinger, A. (Eds.). Geneva.
- IPCC. (2014a). Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of

-
- the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. Preuzeto sa https://ipcc-wg2.gov/%0AAR5/images/uploads/WGIIAR5-PartA_FINAL.pdf.
- IPCC. (2014b). Climate Change 2014: Synthesis Report. R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.). Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, Geneva, Switzerland,. Preuzeto sa http://ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full_wcover.pdf
- Ishizaka, A., & Labib, A. (2011). Review of the main developments in the analytic hierarchy process. *Expert Syst. Appl.*, 38, 14336-14345. 10.1016/j.eswa.2011.04.143
- Ivanović-Sekularac, J., Cikić - Tovarović, J., & Sekularac, N. (2016). Application of wood as an element of façade cladding in construction and reconstruction of architectural objects to improve their energy efficiency. *Energy and Buildings*, 115: 85–93. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.03.047>
- Jacob, D., Petersen, J., Eggert, B., Alias, A., Christensen, O. B., Bouwer, L. M., ... Yiou, P. (2014). EURO-CORDEX: new high-resolution climate change projections for European impact research. *Regional Environmental Change*, 14(2), 563–578. <https://doi.org/10.1007/s10113-013-0499-2>
- Jacobs, K., Garfin, G., Lenart, M., 2005. More than just talk: connecting science and decision making. *Environment* 47 (9): 6–23.
- Jahangir A., M., & Mullick, R.A. (2014). Climate change effects upon massive land and housing development. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, 6(3): 315–331. <https://doi.org/10.1108/IJCCSM-11-2011-0039>
- Janic, M., Lalic, B., Mihailovic, D. T., & Jacimovic G. (2015). Impact of climate change and carbon dioxide fertilization effect on irrigation water demand and yield of soybean in Serbia. *Journal of Agricultural Science*, 153: 1365–1379. [doi.org/doi:10.1017/S0021859615000179](https://doi.org/10.1017/S0021859615000179)
- Janin R.U. (2010). Spatial units for EU territorial governance: Findings from a study on North-Western Italy, *European Planning Studies*, 18(2): 299–316. [doi:10.1080/09654310903491598](https://doi.org/10.1080/09654310903491598)
- JICA - Japan International Cooperation Agency Research Institute (2008). Capacity Assessment Handbook. Project Management for Realizing Capacity Development. Tokyo: JICA Research Institute

-
- Joseph, R., Proverbs, D., Lamond, J., & Wassell, P. (2014). Application of the concept of cost benefits analysis (CBA) to property level flood risk adaptation measures. *Structural Survey*, 32(2): 102–122. <https://doi.org/10.1108/SS-12-2012-0043>
- Kabir, G., Sadiq, R. & Tesfamariam, S. 2014. A review of multi-criteria decision-making methods for infrastructure management. *Structure and Infrastructure Engineering*, 10: 1176-1210. doi:10.1080/15732479.2013.795978.
- Karnatak, H. (2007). Multicriteria spatial decision analysis in web GIS environment. *Geoinformatica*, 11: 407–429.
- Kelly, R.A., Jakeman, A.J., Barreteau, O., Borsuk, M.E., ElSawah, S., Hamilton, S.H., Henriksen, H.J., Kuikka, S., Maier, H.R., Rizzoli, A.E., 2013. Selecting among five common modelling approaches for integrated environmental assessment and management. *Environ. Model. Softw.* 47: 159 - 181.
- Keith, D. A., T. G. Martin, E. McDonald-Madden, and C. Walters. 2011. Uncertainty and adaptive management for biodiversity conservation. *Biological Conservation*, 144:1175-1178. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2010.11.022>
- Keshtkar, H., & Voigt, W. (2016). Potential impacts of climate and landscape fragmentation changes on plant distributions: Coupling multi-temporal satellite imagery with GIS-based cellular automata model. *Ecological Informatics*, 32: 145–155. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2016.02.002>
- Khabarov et. al. (2016). Forest fires and adaptation options in Europe. *Reg Environ Change* 16:21–30, DOI 10.1007/s10113-014-0621-0
- Kim, K., Ha, S., & Kim, H. (2017). Using real options for urban infrastructure adaptation under climate change. *Journal of Cleaner Production*, 143: 40–50. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.152>
- Kirsch-Wood, J., Korreborg, J., and Linde AM., (2008). What humanitarians need to do. *Forced migration review – climate change and displacement*, 31: 40-44.
- Klinke, A., Renn, O., 2012. Adaptive and integrative governance on risk and uncertainty. *J. Risk Res.* 15: 273–292. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/13669877.2011.636838>
- Klein, R.J.T., Schipper, E.L.F., Dessai, S. (2005) Integrating mitigation and adaptation into climate and development policy: three research questions, *Environmental Science and Policy* 8, 579–588.
- Kovačević, A. (2010). Mesto i uloga Srbije u procesu klimatskih promena. In M. Simurdić (Ed.). *Klimatske promene, Studije i analize*. Beograd: Evropski pokret u Srbiji. Preuzeto sa <http://www.emins.org/sr/publikacije/knjige/10-klimatske-promene.pdf>

-
- Kolström, M., et al. (2011). Reviewing the science and implementation of climate change adaptation measures in European forestry. *Forests*, 2(4): 961–982. <https://doi.org/10.3390/f2040961>
- Korb, B., Nicholson, E. 2011. Bayesian Artificial Intelligence, 2th Edition, CRC Press, Boca Raton FL USA.
- Korres, N. E., Norsworthy, J. K., Burgos, N. R., & Oosterhuis, D. M. (2017). Temperature and drought impacts on rice production: An agronomic perspective regarding short- and long-term adaptation measures. *Water Resources and Rural Development*, 9: 12–27. <https://doi.org/10.1016/j.wrr.2016.10.001>
- Kotta, J., Aps, R., Orav-Kotta, H., Brebbia, C.A., Jovanovic, N., Tiezzi, E., 2010. Bayesian inference for predicting ecological water quality under different climate change scenarios. In: Second International Conference on Management of Natural Resources, Sustainable Development and Ecological Hazards, Ravage of the Planet II, The Cape, South Africa. WIT Press, pp. 173-184. December 2009.
- Kovačević, V., Kovačević, D., Pepo, P., & Marković, M. (2013). Climate change in Croatia, Serbia, Hungary and Bosnia and Herzegovina: Comparison the 2010 and 2012 maize growing seasons. *Poljoprivreda*, 19(2), 16–22.
- Köksalan, M. M., Wallenius, J., & Zionts, S. (2011). Multiple Criteria Decision Making: From Early History To The 21st Century. Singapore: World Scientific.
- Kragt, M.E., 2009. A Beginners Guide to Bayesian Network Modelling for Integrated Catchment Management. Landscape Logic.
- Kresovic, B., Matovic, G., Gregoric, E., Djuricin, S., & Bodroza, D. (2014). Agricultural Water Management Irrigation as a climate change impact mitigation measure: An agronomic and economic assessment of maize production in Serbia. *Agricultural Water Management*, 139: 7–16. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2014.03.006>
- Kristensen, K., Schelde, K., & Olesen, J. E. (2011). Winter wheat yield response to climate variability in Denmark. *The Journal of Agricultural Science*, 149(1): 33–47. <https://doi.org/10.1017/S0021859610000675>
- Krishnamurthy, P., Lewis, K., Choularton, R.J. (2014). A methodological framework for rapidly assessing the impacts of climate risk on national-level food security through a vulnerability index. *Global Environmental Change* 25: 121–132.
- Kuklicke, C., Demeritt, D., (2016) Adaptive and risk-based approaches to climate change and the management of uncertainty and institutional risk: The case of future flooding in England. *Global Environmental Change* 37: 56–68.

-
- Kumara, A., Sahb, B., Singhc, A.R., Denga, Y., Hea, X., Kumarb, P., Bansald, R.C. (2017). A review of multi criteria decision making (MCDM) towards sustainable renewable energy development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 69: 596–609
- Lalic, B., Mihailovic, D., & Podrascanin, Z. (2011). Future state of climate in Vojvodina and expected effects on crop production. *Ratarstvo i Povrtarstvo*, 48(2): 403–418. <https://doi.org/10.5937/ratpov1102403L>
- Lane, S.N., Odoni, N., Landström, C., Whatmore, S.J., Ward, N., Bradley, S. (2011). Doing flood risk science differently: an experiment in radical scientific method. *Trans. Inst. Br. Geographers* 36: 15–36. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1475-5661.2010.00410.x>
- Landis, W.G., Durda, J.L., Brooks, M.L., Chapman, P.M., Menzie, C.A., Stahl, R.G., Stauber, J.L., 2013a. Ecological risk assessment in the context of global climate change. *Environ. Toxicol. Chem.* 32: 79 – 92.
- Lamhauge, N., Lanzi, E., & Agrawala, S. (2011). Monitoring and Evaluation for Adaptation: Lessons from Development Co-operation Agencies (Environment Working Papers No. 38). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1787/5kg20mj6c2bw-en>
- Lazovic, Z., Djokic, V., & Bobic, A. (2014). Climate change gap: An overview of recent research in Serbia. In 14th International Multidisciplinary Scientific Geoconference and EXPO, SGEM 2014; Albena; Bulgaria; 17 - 26 June 2014; (pp. 473–480). Albena, Bulgaria.
- Lašević, R., Vassilev, V., Kis, A., Abdulla, F. & Milutinović, S. (2016). Water, Growth and Stability. Background document for the REC's World Café 2016 at WWW2016. Szentendre . Preuzeto sa http://documents.rec.org/publications/WGSIni_background_paper_final.pdf
- Lempert, R.J., Collins, M.T., 2007. Managing the risk of uncertain threshold responses: comparison of robust, optimum, and precautionary approaches. *Risk Anal.* 27: 1009–1026. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1539-6924.2007.00940.x>
- Leposavic, A., & Cerovic, R. (2009). Climate change and small fruits production in the Republic of Serbia. *Acta Horticulturae*, (838): 55–58.
- Lee, K. N. 1999. Appraising Adaptive Management. *Conservation Ecology* 3(2):3
- Lee, C., Schlemme, C., Murray, J., & Unsworth, R. (2015). The cost of climate change: Ecosystem services and wildland fires. *Ecological Economics*, 116, 261–269. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.04.020>

-
- Li, L., Wang, J., Leung, H., & Jiang, C. (2010). Assessment of catastrophic risk using bayesian network constructed from domain knowledge and spatial data. *Risk Analysis*, 30(7): 1157–1175. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2010.01429.x>
- Li, Y., Zhang, X., Zhao, X., Ma, S., Cao, H., & Cao, J. (2016). Assessing spatial vulnerability from rapid urbanization to inform coastal urban regional planning. *Ocean and Coastal Management*, 123: 53–65. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2016.01.010>
- Lilić, S. (Ur.) (2011). Klimatske promene pravni i ekonomski izazovi. Zbornik radova. Pravni fakultet Univerziteta u Beogradu Centar za izdavaštvo i informisanje. Preuzeto sa <http://www.slilic.com/Zbornik klimatske promene Final Nov 2011.pdf>
- Liu, D. L., Timbal, B., Mo, J., & Fairweather, H. (2011). A GIS-based climate change adaptation strategy tool. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, 3(2): 140–155. <https://doi.org/10.1108/17568691111128986>
- Liu, J., Chaminad, C., & Asheim, B. (2013). The Geography and Structure of Global Innovation Networks: A Knowledge Base Perspective, *European Planning Studies*, 20(9): 1456-1473. doi: 10.1080/09654313.2012.755842
- Liverman, D. (1990). Vulnerability to global environmental change. Understanding Global Environmental Change: *The Contributions of Risk Analysis and Management*, 27–44.
- Lienert, L., Belton, V. (2017). Structuring problems for Multi-Criteria Decision Analysis in Practice: A Literature Review of Method Combinations, *European Journal of Operational Research* doi: 10.1016/j.ejor.2017.04.041
- Lobell, D. B., Schlenker, W., & Costa-Roberts, J. (2011). Climate Trends and Global Crop Production Since 1980. *Science*, 333(6042): 616–620. <https://doi.org/10.1126/science.1204531>
- Lonsdale, K., Pringle, P., & Turner, B. (2015). Transformative adaptation: What it is, why it matters and what is needed. Oxford, UK: UK Climate Impacts Programme, University of Oxford,.
- Lotze, H. K., Lenihan, H. S., Bourque, B. J., Bradbury, R. H., Cooke, R. G., Kay, M. C., ... Peterson, C. H. and Jackson, J. B. C. (2006). Depletion, degradation, and recovery potential of estuaries and coastal seas. *Science*, 312(5781): 1806–1809. <https://doi.org/doi:10.1126/science.1128035>
- Lozanov-Crvenković, Z. (2012). Statistika, Novi Sad: Prirodno-matematički fakultet.
- Ludwig, R., Roson, R., Zografos, C., & Kallis, G. (2011). Towards an inter-disciplinary research agenda on climate change, water and security in Southern Europe and neighboring countries. *Environmental Science & Policy*, 14(7): 794–803.

-
- Luterbacher, J., Werner, J. P., Smerdon, J. E., Fernández- Donado, L., González-Rouco, F. J., Barriopedro, D., Ljungqvist, F. C., Büntgen, U., Zorita, E., Wagner, S., Esper, J., McCarroll, D., Toreti, A., Frank, D., Jungclaus, J. H., Barriendos, M., Berto, R. et al. (2016). European summer temperatures since Roman times. *Environmental Research Letters*, 11(2): 24001. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/2/024001>
- Ma, W., et al., (2015). The short-term effect of heat waves on mortality and its modifiers in China: An analysis from 66 communities. *Environment International*. 75: 103-109
- MAEP- Ministry of Agriculture and Environmental protection of republic of Serbia (2016). The first biennial updated report of Serbia to the United Nations Framework Convention on Climate Change (in Serbian). Belgrade: MAEP.
- MAEP (2015). First National Adaptation Plan to changed climate conditions for the Republic of Serbia. Belgrade: MAEP.
- Maiti, S. et al. (2015) Assessment of social vulnerability to climate change in the eastern coast of India. *Climatic Change* 131:287–306.
- Maingi, K.J. & Henry, M.C. (2007). Factors influencing wildfire occurrence and distribution in eastern Kentucky, USA. *International Journal of Wildland Fire* 16: 23–33 DOI: 10.1071/WF06007.
- Malczewski, J. (2006). GIS-based multi-criteria decision analysis: A survey of the literature. *Int. J. Geogr. Inf. Sci.*, 20; 703–726.
- Malone, E., & Engle, N. (2011). Evaluating regional Purposes, vulnerability to climate change: and methods. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 2(3): 462–474.
- Mardania, A, Zavadskasb, E.K., Khalifaha, Z., Zakuana,N., Jusoh, A., Nora, K. Md., Khoshnoudic, M., (2017). A review of multi-criteria decision-making applications to solve energy management problems: Two decades from 1995 to 2015. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 71: 216–256.
- Marić, I., Pucar, M., & Kovačević, B. (2016). Reducing the impact of climate change by applying information technologies and measures for improving energy efficiency in urban planning. *Energy and Buildings*, 115: 102–111. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.04.044>
- Margaritis, D. Learning Bayesian Network Model Structure from Data. Ph.D. Thesis, Department of Computer Science, Carnegie Mellon University, 2003.
- Marković, P. (2014). Stanje zaštite životne sredine na lokalnom nivou u Srbiji [Condition of environmental protection at the local level in Serbia]. Beograd: SKGO.

-
- Maruna, M. (2012). Regional adaptation strategies to climate change: Guidelines for urban planning in Serbia. *Arhitektura i Urbanizam*, (36): 50–56. <https://doi.org/10.5937/arhurb1236050M>
- Mat, A., & Jack, D. . (2011). A GIS-based Framework for Modelling and Global Design of Earth Systems. In T. P. Singh & P. K. Joshi (Eds.), *Geoinformatics for Climate Change Studies*. New Delhi: teri - The Energy and Resources Institute.
- McCallum, S. (2013). Support to the development of the EU strategy for adaptation to climate change: background report to the impact assessment – part I – problem definition, policy context and assessment of policy options. Vienna.
- McCarthy, J., Canziani, O., Leary, N., Dokken, D. & White, K. (2001), *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.
- McMichael, A. J. (2013). Globalization, climate change, and human health. *New England Journal of Medicine*, 368(14): 1335–1343.
- McFadden JE, Hiller TL, Tyre AJ (2011) Evaluating the efficacy of adaptive management approaches: is there a formula for success?. *J Environ Manage* 92: 1354–1359. doi:10.1016/j.jenvman.2010.10.038
- Melvin, C., Brown, T., Sparks, T., Marsh, T., Parr, T., & George, G. (2003). Review of U.K. Climate Change Indicators. Preuzeto sa <http://www.ecn.ac.uk/iccuk/>
- Metzger, M., & Schroter, D. (2011). Towards a spatially Assessment, explicit and quantitative vulnerability of environmental change in Europe. *Regional Environmental Change*, 6(4): 201–216.
- Miller, S., Sang, Y., & Bok-Keun, Y. (2013). Vulnerability Indicators of Adaptation to Climate change and Policy Implications for IDB Projects (Policy Brief No. IDB-PB-184). Preuzeto sa <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=37725582>
- Milošević, D. D., Savić, S. M., Marković, V., Arsenović, D., & Šećerov, I. (2016). Outdoor human thermal comfort in local climate zones of Novi Sad (Serbia) during heat wave period. *Hungarian Geographical Bulletin*, 65(2): 129–317. <https://doi.org/10.15201/hungeobull.65.2.4>
- Milutinović, S., & Zivković, S. (2014). Planning local sustainable development in Western Balkans. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 25(1): 19-29. doi: dx.doi.org/10.1108/MEQ-05-2013-0050
- Milutinović, S. (2010). Local sustainable development planning in Serbia achievements so far and future challenges. *Thermal Science*, 14(3): 579-592. doi:10.2298/TSCI091117004M

-
- Milutinović, S., & Radojević, D. (2009). Sustainable development strategy of the Republic of Serbia. Paper presented at 5th Dubrovnik Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems, Special Session "National Strategies for Sustainable Development. Dubrovnik, Croatia.
- Mintzberg, H 2007, Tracking strategies: toward a general theory, Oxford University Press, Oxford.
- Mladenović, P. (1995). Verovatnoća i statistika, VESTA – Beograd: Matematički fakultet.
- MŽSPP - Ministarstvo Životne Sredine i Prostornog Planiranja. (2010). Prvi izveštaj Republike Srbije prema Okvirnoj konvenciji Ujedinjenih nacija o promeni klime. Beograd.
- MŽŽS - Ministarstvo zaštite životne sredine (2017). Drugi izveštaj Republike Srbije prema Okvirnoj konvenciji Ujedinjenih nacija o promeni klime. Beograd. Preuzeto sa http://www.klimatskepromene.rs/wp-content/uploads/2017/12/Drugi-izvestaj-o-promeni-klime-SNC_Srbija.pdf
- MPŽŽS - Ministarstvo poljoprivrede i zaštite životne sredine. (2015). Prvi nacionalni plan adaptacije na izmenjene klimatske uslove za Republiku Srbiju Nacrt. Beograd.
- MPŽŽS - Ministarstvo poljoprivrede i zaštite životne sredine. (2014). Strategija poljoprivrede i ruralnog razvoja republike srbije za period 2014-2024 godine.
- Moser, S.C., 2005. Impact assessments and policy responses to sea-level rise in three US states: An exploration of human-dimension uncertainties. *Global Environmental Change* 15: 353–369.
- Molina, J.-L., Pulido-Velazquez, D., García-Arostegui, J.L., Pulido-Velazquez, M., (2013). Dynamic Bayesian networks as a decision support tool for assessing climate change impacts on highly stressed groundwater systems. *J. Hydrol.* 479, 113-129.
- Molina, J.-L., Zazo, S., Rodríguez-Gonzálvez, P., Gonzalez-Aguilera, D., (2016). Innovative analysis of runoff temporal behavior through bayesian networks. *Water* 8: 484.
- Moore, S.A., Wallington, T.J., Hobbs, R.J., Ehrlich, P.R., Holling, C.S., Levin, S., Lindenmayer, D., Pahl-Wostl, C., Possingham, H., Turner, M.G., (2009). Diversity in current ecological thinking: implications for environmental management. *Environ. Manag.* 43: 17 - 27.
- Morton, T.A., Rabinovich, A., Marshall, D., Bretschneider, P., (2011). The future that may (or may not) come: how framing changes responses to uncertainty in climate change communications. *Glob. Environ. Change.* 21: 103-109.

-
- MPZS - Ministarstvo poljoprivrede i zaštite životne (2015). Prvi nacionalni plan adaptacije na izmenjene klimatske uslove – nacrt. Beograd. Preuzeto sa <http://www.klimatskepromene.rs/wp-content/uploads/2017/04/NAP-UNDP-2015.pdf>
- Munich RE (2017). “NatCatSERVICE” (<http://www.munichre.com/natcatservice>) accessed 5 August 2017.
- Mukheibir, P. (2010). Water Access, Water Scarcity, and Climate Change. *Environmental Management*, 45(5): 1027–1039. <https://doi.org/10.1007/s00267-010-9474-6>
- Maxim, L., van der Sluijs, J.P. (2011) Quality in environmental science for policy: assessing uncertainty as a component of policy analysis, *Environmental Science and Policy* 14: 482–492.
- Müller, C., & Elliott, J. (2015). The Global Gridded Crop Model Intercomparison: Approaches, insights and caveats for modelling climate change impacts on agriculture at the global scale climate change and food systems: global assessments and implications for food security and trade. In A. Elbehri (Ed.), *Climate change and food systems: global assessments and implications for food security and trade*. (pp. 30–48). Fao, Rome. Preuzeto sa <http://www.fao.org/3/a-i4332e/i4332e02.pdf>
- Müller, N., Kuttler, W., & Barlag, A.B. (2014). Counteracting urban climate change: adaptation measures and their effect on thermal comfort. *Theoretical and Applied Climatology*, 115(1–2): 243–257. <https://doi.org/10.1007/s00704-013-0890-4>
- Myers, S. S., Smith, M. R., Guth, S., Golden, C. D., Vaitla, B., Mueller, N. D., ... Huybers, P. (2017). Climate Change and Global Food Systems: Potential Impacts on Food Security and Undernutrition. *Annual Review of Public Health*, 38(1): 259–277. <https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-031816-044356>
- Nadanami, F., Watanabe, T. (2017). Developing indicators for adaptation decision-making under climatechange in agriculture: A proposed evaluation model. *Ecological Indicators*, 366–375. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.12.012>
- Næs, L., Norland, I., Lafferty, W., & Aall, C. (2006). Data and processes linking vulnerability assessment to adaptation decision-making on climate change in Norway. *Global Environ Change*, 26: 221–233.
- Neapolitan, R.E. (2004), *Learning Bayesian Networks*, Pearson Prentice Hall, Series in artificial intelligence.
- Nechit, C., & Popa, I. (2012). The relationship between climate and radial growth for the oak (quercus robur l.) In the western plain of Romania. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 7(3): 137–144.

-
- Nguyen, T., & Nahavandi, S. (2016). Modified AHP for Gene Selection and Cancer Classification Using Type-2 Fuzzy Logic. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 24(2): 273-287.
- Norgaard, R. B., G. Kallis, & Kiparskya, M. (2009). Collectively engaging complex socio-ecological systems: reenvisioning science, governance, and the California Delta. *Environmental Science and Policy* 12: 644-652. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsci.2008.10.004>
- Ngondjeb, Y. D. (2013). Agriculture and Climate Change in Cameroon: An Assessment of Impacts and Adaptation Options. *African Journal of Science, Technology, Innovation and Development*, 5(1): 85–94. <https://doi.org/10.1080/20421338.2013.782151>
- NRC - National Research Council, (U.S.). (2009). Informing Decisions in a Changing Climate. Washington, DC: National Academies Press.
- O'Brien, K., Eriksen, S., Nygaard, L., & Schjolden, A. (2007). Why different interpretations of vulnerability matter in climate change discourses. *Climate Policy*, 1(2), 232–242.
- O'Brien, K., Leichenko, R., Kelkar, U., Venema, H., Aandahl, G., Tompkins, H., ... Nygaard, L. (2011). No Title. Vulnerability, Mapping Globalization, to Multiple Stressors: Climate Change and in India, 14(4), 303–313.
- O'Brien, K., Eriksen, S., Schjolden, A., Nygaard, L.P. (2004). What's in a word? Conflicting interpretations of vulnerability in climate change research. Working Paper 2004:04. Oslo, CICERO
- OECD. (2008). Handbook on constructing composite indicators -Methodology and user guide. OECD Statistics Working Papers. <https://doi.org/10.1787/533411815016>
- Ossadnik, W., Schinke, S., Kaspar, R.H. (2016). Group Aggregation Techniques for Analytic Hierarchy Process and Analytic Network Process: A Comparative Analysis. *Group Decision and Negotiation*, 25(2): 421–457.
- Păcurar, A. (2015). The climate change and its impact on international dimension of tourism. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 10(2): 281–292.
- Palchaudhuri, M., & Biswas, S. (2016). Application of AHP with GIS in drought risk assessment for Puruliya district, India. *Natural Hazards*, 84(3): 1905–1920. <https://doi.org/10.1007/s11069-016-2526-3>
- Pandey, R., & Jha, S. (2011). Climate vulnerability Index- measure of climate change communities: a case of rural Lower Himalaya, India. *Global, Mitigation and Adaptation Strategies for Change*, 17(5): 487–506.

-
- Pandey, R., et al. (2015). Socio-ecological Vulnerability of Smallholders due to Climate Change in Mountains: Agroforestry as an Adaptation Measure. *Change and Adaptation in Socio-Ecological Systems*, 2(1): 26–41. <https://doi.org/10.1515/cass-2015-0003>
- Pagan, P & Crase, L 2005, 'Property right effects on the adaptive management of australian water, *Australasian Journal of Environmental Management*, 12: 77–88.
- Pantic, L. S., Pavlović A, T. M., Milosavljević, D. D., Radonjić, I. S., Radović, M. K., & Sazhko, G. (2016). The assessment of different models to predict solar module temperature, output power and efficiency for Nis, Serbia. *Energy*, 109: 38–48. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.04.090>
- Parker, A. (2014). Comment to assessing sea level rise costs and adaptation benefits under uncertainty in Greece. *Environmental Science and Policy*, 38: 178–179. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2013.12.003>
- Patt, A., Dessai, S., (2005). Communicating uncertainty: lessons learned and suggestions for climate change assessment. *Comptes Rendus Geoscience* 337 (4): 425–441.
- Pearl, J., (2011). Bayesian Networks. UCLA. Dep. Stat.
- Peng, L., & Stewart, M. G. (2016). Climate change and corrosion damage risks for reinforced concrete infrastructure in China. *Structure and Infrastructure Engineering*, 12(4): 499–516. <https://doi.org/10.1080/15732479.2013.858270>
- Perch-Nielsen, S., & Beach. (2010). The vulnerability of tourism to climate change an index approach. *Climatic Change*, 103(4): 579–606.
- Perez-Minana, E., (2016). Improving ecosystem services modelling: Insights from a Bayesian network tools review, *Environmental Modelling & Software*, 85:184-201.
- Petts J, Eduljee G (1994) Environmental impact assessment for waste treatment and disposal facilities. John Wiley: Chichester
- Petrović, G., & Grujović, M. (2015). Ekonomske štete od elementarnih nepogoda u Srbiji i šumadijskom okrugu. *Ekonomski Signali: Poslovni Magazin*, (11): 99–107,. Preuzeto sa <http://scindeks-clanci.ceon.rs/data/pdf/1452-4457/2015/1452-44571502099P.pdf>
- Piekielek, N. B., Hansen, A. J., & Chang, T. (2015). Using custom scientific workflow software and GIS to inform protected area climate adaptation planning in the Greater Yellowstone Ecosystem. *Ecological Informatics*, 30: 40–48. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2015.08.010>
- Phillips-Wren, G., Hahn, E., Forgionne, G. (2008). Consensus Building in Collaborative Decision Making, In: Collaborative Decision Making: Perspectives and ChallengesP. Zarate et al. (Eds.) Amsterdam, Netherlands: IOS Press.

-
- PMI (2013) A guide to the project management body of knowledge, PMBoK guide, 5h edn. Project Management Institute Inc., Atlanta, Newtown Square
- Pollino, C.A., Woodberry, O., Nicholson, A., Korb, K., Hart, B.T., 2007. Parameterisation and evaluation of a Bayesian network for use in an ecological risk assessment. *Environ. Model. Softw.* 22: 1140-1152.
- Pollino, C.A., Henderson, C., 2010. Bayesian networks: a guide for their application in natural resource management and policy. Landsc. Log. Tech. Rep. 14.
- Popović, A., Babić, V., Kravić, N., Sečanski, M., & Prodanović, S. (2014). Mogući pravci oplemenjivanja i poljoprivredne mere u cilju prilagođavanja biljaka na klimatske promene u Srbiji. Selekcija i semenarstvo, XX(2). Preuzeto sa <http://scindeks-clanci.ceon.rs/data/pdf/0354-5881/2014/0354-58811402059P.pdf>
- Possingham, H.P., S.J. Andelman, B.R. Noon, S. Trombulak, H.R. Pulliam, 2001. Making Smart Conservation Decisions, in: Orians, G., Soule, M., (Eds.), Research Priorities for Conservation Biology. Island Press, Washington, DC, 1–18.
- Popper, K.R., (1968). The Logic of Scientific Discovery, second ed. Harper and Row, New York, NY.
- Prato, T. (2010). Sustaining ecological integrity with respect to climate change: a fuzzy adaptive management approach. *Environ Manage* 45(6):1344–1351.
- Preston, B., & Stafford-Smith, M. (2009). Framing vulnerability and adaptive capacity assessment: Discussion paper (Climate Adaptation Flagship Working paper No. 2).
- Prutsch, A., Felderer, A., Balas, M., König, M., Clar, C., & Steurer, R. (2014). Methods and Tools for Adaptation to Climate Change A HANDBOOK FOR PROVINCES ., Wien/Österreich: Environment Agency Austria.
- Puthucherril, T. G. (2015). Towards sustainable coastal development : institutionalizing integrated coastal zone management and coastal climate change adaptation in South Asia. Leiden, Netherlands: Brill Nijhoff
- Rademaekers, K., van der Laan, J., Boeve, S., Lise, W., & Kirchsteiger, C. (2011). Investment needs for future adaptation measures in EU nuclear power plants and other electricity generation technologies due to effects of climate change, EUR 24769.
- Radivojevic, A., Pavlovic, T., Milosavljevic, D., Djordjevic, A., Pavlovic, M., Filipovic, I., ... Punisic, M. (2015). Influence of climate and air pollution on solar energy development in Serbia. *Thermal Science*, 19(suppl. 2): 311–322. <https://doi.org/10.2298/TSCI150108032R>
- Radovic, V., Vitale, K., & Tchounwou, P. B. (2012). Health facilities safety in natural disasters: Experiences and challenges from South East Europe. *International Journal of*

-
- Environmental Research and Public Health*, 9(5): 1677–1686.
<https://doi.org/10.3390/ijerph9051677>
- Radulovic, S., Bobic, A., Cvejic, J., & Tutundzic, A. (2015). Growing cities in Serbia in the light of projected global warming: The situation in urban morphological zones. *Urban Forestry & Urban Greening*, 14(1): 99–106. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2014.12.002>
- Rajter Ćirić, D. (2013). Verovatnoća, treće izdanje, Novi Sad: Prirodno-matematički fakultet.
- Rajwade, Y. A., Swain, D. K., Tiwari, K. N., Mohanty, U. C., & Goswami, P. (2015). Evaluation of Field Level Adaptation Measures Under the Climate Change Scenarios in Rice Based Cropping System in India. *Environmental Processes*, 2(4): 669–687. <https://doi.org/10.1007/s40710-015-0115-1>
- Ranković, N., Stanišić, M., Nedeljković, J., Nonić, & D. (2016). Analiza strateških i zakonodavnih okvira u šumarstvu i povezanim sektorima: ublažavanje negativnih efekata klimatskih promena u evropskoj uniji i Srbiji. *Glasnik Šumarskog Fakulteta*, 99–132. <https://doi.org/10.2298/GSF1613099R>
- Regmi, M. B., & Hanaoka, S. (2011). A survey on impacts of climate change on road transport infrastructure and adaptation strategies in Asia. *Environmental Economics and Policy Studies*, 13(1): 21–41. <https://doi.org/10.1007/s10018-010-0002-y>
- Republička direkcija za vode. (2012). Preliminarna procena rizika od poplava za Republiku Srbiju, Značajna poplavna područja. Preuzeto sa <http://www.rdvode.gov.rs/lat/uredjenje-vodotoka-pp-rizika-poplava.php>
- Reinsberger, K., & Brudermann, T., Hatzl, S., Fleiß, E., Posch, A. (2015). Photovoltaic diffusion from the bottom-up: Analytical investigation of critical factors. *Applied Energy*. 159: 178-187. 10.1016/j.apenergy.2015.08.117.
- Rist, L., A. Felton L. Samuelsson, C. Sandström, and O. Rosvall. 2013. A new paradigm for adaptive management. *Ecology and Society* 18(4): 63. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-06183-180463>
- Roders, M., Straub, A., & Visscher, H. (2013). Evaluation of climate change adaptation measures by Dutch housing associations. *Structural Survey*, 31(4): 267–282. <https://doi.org/10.1108/SS-01-2013-0009>
- Root, T. L., Price, J. T., Hall, K. R., Schneider, S. H., Rosenzweig, C., & Pounds, J. A. (2003). Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature*, 421(6918): 57–60. <https://doi.org/10.1038/nature01333>

-
- Rød, J. K., Opach, T., & Neset, T.-S. (2015). Three core activities toward a relevant integrated vulnerability assessment: validate, visualize, and negotiate. *Journal of Risk Research*, 18:7: 877–895. <https://doi.org/10.1080/13669877.2014.923027>
- Ruckelshaus, M., Doney, S. C., Galindo, H. M., P, B. J., Chan, F., Duffy, J. E., ... Talley D., L. (2013). Securing ocean benefits for society in the face of climate change. *Marine Policy*, 40, 154–159. <https://doi.org/doi: 10.1016/j.marpol.2013.01.009>
- Ruml, M., Vuković, A., Vujadinović, M., Djurdjević, V., Ranković-Vasić, Z., Atanacković, Z., ... Petrović, N. (2012). On the use of regional climate models: Implications of climate change for viticulture in Serbia. *Agricultural and Forest Meteorology*, 158–159: 53–62. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2012.02.004>
- Ruhl, J.B, Fischman, r.l., (2010). Adaptive Management in the Courts, 95 MINN. L. REV. 424, 438
- RZS – Republički zavod za statistiku (2013). Popis poljoprivrede u Republici Srbiji 2012: Beograd.
- Saaty, T.L., 1980. The Analytic Hierarchy Process. McGraw- Hill, New York.
- Satterstrom, K.F., Linkov, I., Kiker G., Bridges, T., Greenberg, M. (2007) Adaptive Management. In: Macey G.P., Cannon J.Z. (eds) Reclaiming the Land. Springer, Boston, MA
- Savić. S, Stanković., M (2017). Teorija sistema i rizika. Beograd: RABEK
- Savage, L. J. 1954. The foundations of statistics. Wiley and Sons.
- Sadeghiravesh, M.H., Zehtabian, Gh.R., Khosravi, H. (2014). Application of AHP and ELECTRE models for assessment of dedesertification alternatives. *Desert* 19-2: 141-153.
- Saisana, M., & Tarantola, S. (2002). State-of-the-art report on current methodologies and practices for composite indicator development, EUR 20408 EN.
- Sánchez-Lozano, J. M., & Bernal-Conesa, J. A. (2017). Environmental management of Natura 2000 network areas through the combination of Geographic Information Systems (GIS) with Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods. Case study in south-eastern Spain. *Land Use Policy*, 63: 86–97. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.01.021>
- Sánchez-Lozano, J. M., García-Cascales, M. S., & Lamata, M. T. (2016). GIS-based onshore wind farm site selection using Fuzzy Multi-Criteria Decision Making methods. Evaluating the case of Southeastern Spain. *Applied Energy*, 171: 86–102. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.03.030>

-
- Sanneh, E.D., Hu, A.H., Hsu, C.W., Njie, M. (2014). Prioritization of climate change adaptation approaches in the Gambia. *Mitig Adapt Strateg Glob Change* 19:1 163–1178 DOI 10.1007/s11027-013-9465
- Santos, M., Río, L. del, & Benavente, J. (2013). GIS-based approach to the assessment of coastal vulnerability to storms. Case study in the Bay of Cádiz (Andalusia, Spain). *Journal of Coastal Research*, 65(65): 826–831. <https://doi.org/10.2112/SI65-140.1>
- Satterthwaite, D., Huq, S., Pelling, M., Reid, H. & Lankao, R.P. (2007). Adapting to climate change in urban areas: The possibilities and constraints in low- and middle income nations. London: International Institute for Environment and Development.
- Schauser, I. et al. (2010). Urban Regions: Vulnerabilities, Vulnerability Assessments by Indicators and Adaptation Options for Climate Change Impacts: Scoping Study (No. 2010/12 December 2010). Preuzeto sa http://acm.eionet.europa.eu/reports/docs/ETCACC_TP_2010_12_Urban_CC_Vuln_Adapt.pdf
- Schipper, L., & Burton, I. (2009). The Earthscan Reader on Adaptation to Climate Change. London, UK: Earthscan.
- Schipper, L. (2006). "Conceptual History of Adaptation in the UNFCCC Process". *Review of European Community & International Environmental Law*, (5)1: 82-92.
- Schoter, D. et al. (2005). Ecosystem service supply and vulnerability to global change in Europe. *Science*, 310(5752): 1333–1337.
- Sholarin, E.A., Awange, J.I., (2015) Environmental Project Management Principles, Methodology, and Processes. Springer: Switzerland
- Schulze, R.E., (2011) Approaches towards practical adaptive management options for selected water-related sectors in South Africa in a context of climate change. *Water SA* 37:5, 621-646
- Schweiger, O., Heikkinen, R. K., Harpke, A., T, H., Klotz, S., Kudrna, O., ... Settele, J. (2012). Increasing range mismatching of interacting species under global change is related to their ecological characteristics. *Global Ecology and Biogeography*, 21(1): 88–99. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2010.00607.x>
- Šećerov, I., Savić, S., Milošević, D., Marković, V., & Bajšanski, I. (2015). Development of an automated urban climate monitoring system in Novi Sad (Serbia). *Geographica Pannonica*, 19(4): 174–183.

-
- Sekulić, G., Dimović, D., Kalmar Krnjanski Jović, Z., & Todorović, N. (2012). Procena ranjivosti na klimatske promene - Srbija. Beograd: WWF (Svetski fond za prirodu), Centar za unapređenje životne sredine.
- Semenza, J. C., Herbst, S., Rechenburg, A., E, S. J., Hoser, C., Schreiber, C., & Kistemann, T. (2012). Climate change impact assessment of food- and waterborne diseases. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 42(8): 857–890. <https://doi.org/10.1080/10643389.2010.534706>
- Serbian Government (2014). Procena štete od poplava [Flood damage assessment report]. Serbian. Belgrade: Serbian Government.
- Seppälä, R., Buck, A., Katila, P., (eds.). (2009). Adaptation of Forests and People to Climate Change A Global Assessment Report. IUFRO World Series Volume 22. Helsinki: International Union of Forest Research Organizations (IUFRO) IUFRO World Series Volume 22. Helsinki.
- Settele, J., Scholes, R., Betts, R., Bunn, S., Leadley, P., Nepstad, D., ... Taboada, M. A. (2014). Terrestrial and inland water systems. In E. C.B. Field, V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea & L.L. White (Ed.), *Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: global and sectoral aspects*, pp. 271–359. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK, and New York, USA: Cambridge University Press
- Shan-Shan, Z., & Xiao-Ling, W. (2012). Decadal Variations of Extreme Tropical Cyclones Influencing China during 1949–2009. *Adv. Clim.Change Res. SP.J*, 3(3): 121-127 <https://doi.org/10.3724/SP.J.1248.2012.00121>
- Shekar, S., & Xiong, H. (2008). Encyclopedia of GIS. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-17885-1>
- Silva, J.S., Rego, F., Fernandes, P., Rigolot, E., (Eds.) (2010). Towards Integrated Fire Management – Outcomes of the European Project Fire Paradox. European Forest Institute Research Report 23
- Singer, M. C., & Parmesan, C. (2010). Phenological asynchrony between herbivorous insects and their hosts: Signal of climate change or pre-existing adaptive strategy? *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1555): 3161–3176. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0144>

-
- Singh, T. P., & Joshi, P. K. (2011). *Geoinformatics for Climate Change Studies*. New Delhi: The Energy and Resources Institute.
- Singh, R. P., & Nachtnebel, H. P. (2016). Analytical hierarchy process (AHP) application for reinforcement of hydropower strategy in Nepal. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 55: 43-58.
- Sivograkau, A. (2008). *Local Agenda 21 in Belarus: From Theory to Practice 1999-2006*. Minsk: Propilei.
- Shrestha, S., & Trang, B. T. T. (2015). Assessment of the climate-change impacts and evaluation of adaptation measures for paddy productivity in Quang Nam province, Vietnam. *Paddy and Water Environment*, 13(3): 241–253. <https://doi.org/10.1007/s10333-014-0434-2>
- Shanteau, J., Friel, B.M., Thomas, R.P., Raacke, J., Development of Expertise in a Dynamic Decision-Making Environmen (2005). In: Betsch, T., & Haberstroh, S. (Eds.) *The Routines of Decision Making*. Mahwah, N.J.: Psychology Press.
- Smit, B., & Wandel, J. (2006). Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. *Global Environmental Change*, 16: 282–292.
- Smith, J.B., Dickinson, T., Donahue, J.D.B., Burton, I., Haites, E., Dickinson, T., Klein, R.J.T., Patwardhan, A. (2011). Development and climate change adaptation funding: coordination and integration. *Climate Policy*, 11(3): 987–1000. doi:10.1080/14693062.2011.582385
- Sperotto, A., Molina, J.L., Torresan, S., Critto, A., Marcomini, A., (2017). Reviewing Bayesian Networks potentials for climate change impacts assessment and management: A multi-risk perspective, *Journal of Environmental Management*, 202: 320-331.
- Stanke, C., Murray, V., Amlôt, R., Nurse, J., & Williams, R. (2012). The effects of flooding on mental health: Outcomes and recommendations from a review of the literature. *Public Library of Science Currents Disasters*, 1. <https://doi.org/10.1371/4f9f1fa9c3cae>
- Stanojević, G., Stojilković, J., Spalević, A., & Kokotović, V. (2014). The impact of heat waves on daily mortality in Belgrade (Serbia) during summer. *Environmental Hazards*, 13(4): 329–342. <https://doi.org/10.1080/17477891.2014.932268>
- Stead, D. & Waterhout, B. (2008) Learning from the application of the ESDP: Influences on European territorial governance, *disP-The Planning Review*, 44(172): 21–34. doi:10.1080/02513625.2008.10557000
- Stewart, M. G., Wang, X., & Willgoose, G. R. (2014). Direct and Indirect Cost-and-Benefit Assessment of Climate Adaptation Strategies for Housing for Extreme Wind Events in

-
- Queensland. *Natural Hazards Review*, 15(4). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)NH.1527-6996.0000136](https://doi.org/10.1061/(ASCE)NH.1527-6996.0000136)
- Stojaković, M. (2013). Verovatnoća i slučajni procesi, Novi Sad: Fakultet tehničkih nauka.
- Stojanović, D., Levanič, T., Matović, B., & Bravo-Oviedo, A. (2015). Climate change impact on a mixed lowland oak stand in Serbia. *Annals of Silvicultural Research*, 39(2): 94–99. <https://doi.org/10.12899/ASR-1126>
- Stričević, R. J., Đurović, N. L., Vuković, A. J., Vujadinović, M. P., Ćosić, M. D., & Pejić, iB. S. (2014). Procena prinosa i potrebe šećerne repe za vodom u uslovima klimatskih promena na području Republike Srbije primenom AquaCrop modela. *Journal of Agricultural Science*, 59(3): 301–317.
- Stubbs M, Lemon M. 2001. Learning to network and networking to learn: facilitating the process of adaptive management in a local response to the UK's National Air Quality Strategy. *Environ Manage* 27(3): 321–334.
- Stupar, A., & Mihajlov, V. (2016). Climate change adaptation in Serbia: The role of information networks. *Metu Journal of the Faculty of Architecture*, 33(1): 37–59. <https://doi.org/10.4305/METU.JFA.2016.1.3>
- Stewart, T. J., French, S. & Rios, J. 2013. Integrating multicriteria decision analysis and scenario planning—Review and extension. *Omega*, 41: 679–688.
- Stelzenmüller, V., Lee, J., Garnacho, E., Rogers, S.I., 2010. Assessment of a Bayesian Belief Network-GIS framework as a practical tool to support marine planning. *Mar. Pollut. Bull.* 60, 1743–1754.
- Sund, K. J., A Test of Perceptual Accuracy and Overconfidence in a Strategic Issue Context (2016). In: Sund, K. J., Galavan, R. J., & Huff, A. S. (Eds.) *Uncertainty and Strategic Decision Making*. [Bingley]: Emerald Group Publishing Limited.
- Sutherland, W.J. and Woodroof, H.J. (2009) The need for environmental horizon scanning. *Trends Ecol. Evol.* 24, 523–527
- Štreimikiene, D., Šliogeriene, J., & Turskis, Z. (2016). Multi-criteria analysis of electricity generation technologies in Lithuania. *Renewable Energy*, 85: 148–156.
- Swart, R., & Raes, F. (2007). Making integration of adaptation and mitigation work: mainstreaming into sustainable development policies? *Climate Policy*, 7(4), 288–303. Preuzeto sa <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14693062.2007.9685657>
- Tate, E. (2011). Indices of social vulnerability to hazards: model uncertainty and sensitivity. University of South Carolina.

-
- Tate, E. (2012). Uncertainty analysis for a social vulnerability index. *Ann Assoc Am Geographers*, 103: 526–543.
- Taylor, M. A. P., & Philp, M. L. (2015). Investigating the impact of maintenance regimes on the design life of road pavements in a changing climate and the implications for transport policy. *Transport Policy*, 41: 117–135. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2015.01.005>
- Tighe, M., Pollino, C.A., Cuddy, S.M., Whitfield, S., (2007). A Bayesian approach to assessing regional climate change pressures on natural resource conditions in the central west of NSW, Australia, in: International Congress on Modelling and Simulation (MODSIM 2007), December. pp. 10-13.
- Thomas, F., Sabel, C. E., Morton, K., Hiscock, R., & Depledge, M. H. (2014). Extended impacts of climate change on health and wellbeing. *Environmental Science & Policy*, 44: 271–278. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2014.08.011>
- Toasm, M., & Mbih, R. (2015). Climate change, health, and sustainable development in Africa. *Climate Change, Health, and Sustainable Development in Africa*, 17(4): 787–800.
- Todić, D., & Dimitrijević, D. (2014). Priority goals in international co-operation of the Republic of Serbia in the field of environment and sustainable development. *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics*, 14(2): 163–179. <https://doi.org/10.1007/s10784-013-9207-4>
- Tompkins, E., Adger, N., Boyd, E., Nicholson-Cole, S., Weatherhead, K., & Arnell, N. (2010). Observed adaptation to climate change: UK evidence of transition to a well-adapting society. *Global Environmental Change*, 20(4): 215–242.
- Trondalen, Martin, J. (2009). Climate Changes, Water Security and Possible Remedies for the Middle East. Paris. Preuzeto sa <http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001818/181886e.pdf>
- Trnka, M., Rötter, R. P., Ruiz-Ramos, M., C, K. K., Olesen, J. E., Žalud, Z., & Semenov, M. A. (2014). Adverse weather conditions for European wheat production will become more frequent with climate change. *Nature Climate Change*, 4(7): 637–643. <https://doi.org/10.1038/nclimate2242>
- The World Bank. 2005. Study on economic benefits of RHMS of Serbia. Belgrade: The World Banks Study Group.
- UN. (2015). Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030. Geneva. Preuzeto sa https://www.unisdr.org/files/43291_sendaiframeworkfordrren.pdf
- UN. (2016). Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development, A/RES/70/1, General Assembly, 70th session.

-
- UNDP. (2007). Human development report 2007/2008: fighting climate change, human solidarity in a divided world. New York (NY).
- UNEP (2013). PROVIA Guidance on Assessing Vulnerability, Impacts and Adaptation to Climate Change. Consultation document. Nairobi: United Nations Environment Programme.
- UNEP. (2015). The Emissions Gap Report 2015, United Nations Environment Programme: Nairobi.
- UNFCCC (2015a). Paris Agreement Preuzeto sa https://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/english_paris_agreement.pdf
- UNFCCC. (2015b). Report of the Conference of the Parties on its twenty-first session, held in Paris from 30 November to 13 December 2015. Addendum. Part two: Action taken by the Conference of the Parties at its twenty-first session.
- USAID (2016). Global climate change (gcc) institutional capacity assessment. Facilitator's guide. Verion 1.0
- USEPA - Environmental Protection Agency (2009) Decision support framework research implementation plan. EPA/600/R-09/104. US Environmental Protection Agency, Office of Research and Development. <http://nepis.epa.gov/Adobe/PDF/P1005W10.pdf>. Accessed 22 May 2015
- Uusitalo, L., (2007), Advantages and challenges on Bayesian networks in environmental modelling, *Ecological Modelling*, 203(3-4): 312-318.
- Uusitalo, L., Korpinen, S., Andersen, J.H., Niiranen, S., Valanko, S., Heiskanen, A.-S., Dickey-Collas, M. (2016). Exploring methods for predicting multiple pressures on ecosystem recovery: a case study on marine eutrophication and fisheries. *Cont.Shelf Res.* 121: 48-60.
- Vaidya, O.S. and Kumar, S. (2006) Analytic Hierarchy Process: An Overview of Applications. *European Journal of Operational Research*, 169, 1-29. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2004.04.028>
- Van Rij, V. (2010) Joint horizon scanning: identifying common strategic choices and questions for knowledge. *Sci. Public Policy* 37: 7–18
- van der Voorn, T., Pahl-Wostl, C., Quist, J., (2011) Combining backcasting and adaptive management for climate adaptation in coastal regions: A methodology and a South African case study. *Futures* 44 (2012) 346–364

-
- Varol, T., Ertugrul, M. (2016). Analysis of the forest fires in the Antalya region of Turkey using the Keetch–Byram drought index. *J. For. Res.* 27(4): DOI 10.1007/s11676-016-02350
- Vasić, M., (1992). Šumski požari. Priručnik za šumarske inženjere i tehničare. Srbija Šume, Beograd i Šumarski fakultet univerziteta u Beogradu.
- Velimirovic, J., Janjic A., Velimirovic L., Vranic, P. (2017). Risk analysis based on Bayesian networks and a multi-criteria decision-making method – selection of Circuit-breakers for the 110kv substations.
- XIII international May conference on strategic management, Bor, May 19 - 21, 2017
- Villacreses, G., Gaona, G., Martínez-Gómez, J., & Jijón, D. J. (2017). Wind farms suitability location using geographical information system (GIS), based on multi-criteria decision making (MCDM) methods: The case of continental Ecuador. *Renewable Energy*, 109, 275–286. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.03.041>
- Vlada republike Srbije. (2010). Nacionalna strategija Za uključivanje republike srbije u mehanizam čistog razvoja kjoto protokola za sektore upravljanja otpadom, poljoprivrede i šumarstva (“Sl. glasnik RS”, br. 8/2010). Beograd.
- Vlada republike Srbije. (2014). Izveštaj o elementarnoj nepogodi – poplavi koja je zadesila republiku srbiju i merama koje su preduzete radi spasavanja stanovništva i odbrane ugroženih mesta od poplava. Beograd. Preuzeto sa <http://www.parlament.gov.rs/>
- Vo, TD., & Huynh, VK. (2014). Using a Risk Cost-Benefit Analysis for a Sea Dike to Adapt to the Sea Level in the Vietnamese Mekong River Delta. *Climate*, 2(2): 78–102. <https://doi.org/10.3390/cli2020078>
- Voskamp, I. M., & Van de Ven, F. H. M. (2015). Planning support system for climate adaptation: Composing effective sets of blue-green measures to reduce urban vulnerability to extreme weather events. *Building and Environment*, 83: 159–167. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.07.018>
- Voß, J.P., Bauknecht, D. Kemp, R. (2006) Reflexive Governance for Sustainable Development, Edward Elgar, Cheltenham UK/Northampton MA
- Voß, J.P., Kemp, R., (2005). Reflexive governance for sustainable development, Incorporating feedback in social problem-solving, in: ESEE Conference Lisbon
- Vuković, A., Vujadinović, M., Ruml, M., Pržić, Z., Ranković-Vasić, Z., Cvetković, B., ... Kržić, A. (2016). Climate change impact on grape growing in Serbia. *Acta Horticulturae*, 1139: 413–418. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2016.1139.72>

-
- Vranic P., Zhyanski M., Milutinovic S. (2016). A conceptual framework for linking urban green lands ecosystem services with planning and design tools for amelioration of micro-climate. *Journal of Integrative Environmental Sciences*, 13: 129-143 DOI:10.1080/1943815X.2016.1201516
- Vranić. P., Milutinović, S., (2016) From local sustainable development towards climate change adaptation: a case of Serbia. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 2016, 23(1): 71-82. DOI: 10.1080/13504509.2015.1070381
- Vranić. P., Nikolić, V., Milutinović, S., Velimirović, D.J. (2018). Local sustainable development – a Knowledge Base for adaptation planning. *European Planning Studies* 26(3): 502-525. doi.org/10.1080/09654313.2017.1420144
- Vranić, P., Glišović, S. (2018). Decision making support tools for adaptation to climate change - a mini review. *Facta Universitatis Series Working and Living Environment* (forthcoming).
- Vuković, A., Vujadinović, M., Ruml, M., Pržić, Z., Ranković-Vasić, Z., Cvetković, B., ... Kržić, A. (2016). Climate change impact on grape growing in Serbia. *Acta Horticulturae*, 1139, 413–418. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2016.1139.72>
- Yuan, XC., Wang, Q., Wang, K., Wang, B., Jin, JL., Wei, YM. (2015). China's regional vulnerability to drought and its mitigation strategies under climate change: data envelopment analysis and analytic hierarchy process integrated approach. *Mitig Adapt Strateg Glob Change*, 20:341–359 DOI 10.1007/s11027-013-9494-7
- Walters, C.J., (1986). *Adaptive Management of Renewable Resources*. McMillan, New York, NY, USA.
- Walther, G.-R., Post, E., Convey, P., Menzel, A., Parmesan, C., Beebee, T. J. C., ... Bairlein, F. (2002). Ecological responses to recent climate change. *Nature*, 416(6879): 389–395. <https://doi.org/doi:10.1038/416389a>
- Wang, B., Pan, S. Y., Ke, R. Y., Wang, K., & Wei, Y. M. (2014). An overview of climate change vulnerability: A bibliometric analysis based on Web of Science database. *Natural Hazards*, 74(3): 1649–1666. <https://doi.org/10.1007/s11069-014-1260-y>
- Wachsmuth, J. (2015). Cross-sectoral integration in regional adaptation to climate change via participatory scenario development. *Climatic Change*, 132(3): 387–400. <https://doi.org/10.1007/s10584-014-1231-z>
- Wamsler, C. (2016). From Risk Governance to City–Citizen Collaboration: Capitalizing on individual adaptation to climate change. *Environmental Policy and Governance*, 26(3), 184–204. <https://doi.org/10.1002/eet.1707>

-
- Wei, S., Jian, L., & Ru-Cong, Y. (2013). Corresponding Relation between Warm Season Precipitation Extremes and Surface Air Temperature in South China: Corresponding relation between warm season precipitation extremes and surface air temperature in South. *Advances in Climate Change Research*, 4(10), 160–165. <https://doi.org/10.3724/SP.J.1248.2013.160>
- Westen, C., & Kingma, N. (2009). Vulnerability assessment. In *Multi-hazard risk assessment Guide book*. (pp. 51–83). United Nations University, ITC School on Disaster Geoinformation Management.
- WHO. (2014). Quantitative risk assessment of the effects of climate change on selected causes of death, 2030s and 2050s WHO Library Cataloguing-in-Publication Data Quantitative risk assessment of the effects of climate change on selected causes of death. (H. Simon, K. Sari, Simon Lloyd, & Diarmid Campbell-Lendrum, Eds.), Risk Assessment. I. World Health Organization. Preuzeto sa www.who.int/about/licensing/copyright_form/en/index.html
- WHO, & PHE. (2013). Floods in the WHO European Region: Health effects and their prevention.
- Wisner, B., Blaikie, P., Cannon, T., & Davis, I. (2004). *At risk? natural hazards, people's vulnerability and disasters* (2nd ed.). London: Routledge.
- Williams, D.J., Risk and Decision Making (2007). In: Cook, M., Noyes, J. M., & Masakowski, Y. (Eds.). *Decision Making in Complex Environments*. Aldershot, England: CRC Press.
- Williams, B. K. 2011. Adaptive management of natural resources: framework and issues. *Journal of Environmental Management* 92:1346-1353. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.10.041>
- Williams BK, Brown E.D (2014) Adaptive management: from more talk to real action. *Environ Manage* 53:465–479. doi:10.1007/s00267-013-0205-7.
- Williams, P., Allen, A., Macalady, C.D., Griffin, A.K., Woodhouse, D., Meko, C.A., ... McDowell, N. G. (2013). Temperature as a potent driver of regional forest drought stress and tree mortality. *Nature Clim. Change*, 3(3): 292–297. Preuzeto sa <http://dx.doi.org/10.1038/nclimate169>
- Williams, B. K., R.C. Szaro, C.D. Shapiro, (2007). *Adaptive Management: The U.S. Department of the Interior Technical Guide*. Adaptive Management Working Group, U.S. Department of the Interior, Washington, D.C. WMO. (2002). *Introduction to climate change: lecture notes for meteorologists*. Geneva.
- Wisner, B., Blaikie, P., Cannon, T., Davis, I., 2004. *At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability and Disasters*. Routledge, London.

-
- WMO, & WHO. (2015). Heatwaves and health: guidance on warning-system development. Geneva.
- WMO. (2002). Introduction to climate change: lecture notes for meteorologists. Geneva.
- World Economic Forum. (2016). The Global Risks Report 2016 11th Edition. Geneva. Preuzeto sa http://www3.weforum.org/docs/GRR/WEF_GRR16.pdf
- WWF - World Wildlife Fund (2007) Wildlife and climate change: Species vulnerability assessments and adaptation strategies. World Wildlife Fund. <http://www.worldwildlife.org/pages/wildlife-andclimate> Accessed 22 May 2015
- Xia, A. C., & Pahl-Wostl, J. (2013). Climate change and water security: challenges for adaptive water management. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 5(6): 625–632. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2013.09.004>
- Xu, Y., Ren, C., Ma, P., Ho, J., Wang, W., Lau, K. K.-L., ... Ng, E. (2017). Urban morphology detection and computation for urban climate research. *Landscape and Urban Planning*, 167(November): 212–224. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2017.06.018>
- Yarnal, B. (2007). Vulnerability and all that jazz: addressing vulnerability in New Orleans after hurricane Katrina. *Technol Soc.*, 29: 249–255.
- Zanon, B. (2010). Planning Small Regions in a Larger Europe: Spatial Planning as a Learning Process for Sustainable Local Development, *European Planning Studies*, 18(12): 2050–2072. doi: 10.1080/09654313.2010.515822
- Zhang, X., Wang, Z., & Lin, J. (2015). GIS based measurement and regulatory zoning of urban ecological vulnerability. *Sustainability* (Switzerland), 7(8): 9924–9942. <https://doi.org/10.3390/su7089924>
- Zyoud, S.H., Fuchs-Hanusch, D. (2017). A bibliometric-based survey on AHP and TOPSIS techniques, *Expert Systems With Applications*, doi: 10.1016/j.eswa.2017.02.016
- Živojinović, I., & Wolfslehner, B. (2015). Social and Policy Aspects of Climate Change Adaptation in Urban Forests of Belgrade. *South-East European Forestry*. <https://doi.org/10.15177/seefor.15-20>
- Zumbrunnen, T., Menéndez, P., Bugmann, H. et al. (2012) Human impacts on fire occurrence: a case study of hundred years of forest fires in a dry alpine valley in Switzerland. *Reg Environ Change*, 12: 935. <https://doi.org/10.1007/s10113-012-0307-4>

PRILOZI

Prilog 1 – Lista indikatora za izračunavanje ndeksa povredivosti

KOMPONENTA	IZLOŽENOST						
	Vrednosti indikatora			Vrednosti indikatora nakon normalizacije			
OPŠTINA	Projektovana srednja godišnja temperatura vazduha 2011-2040	Projektovana srednja godišnja količina padavina 2011-2040	Indeks suše (Forest Aridity Index) 2011-2040	Projektovana srednja godišnja temperatura vazduha 2011-2040	Projektovana srednja godišnja količina padavina 2011-2040	Projektovana srednja godišnja količina padavina vrednosti nakon inverzije 2011-2040	Indeks suše (Forest Aridity Index) 2011-
Smederevo	13.70	672.40	6.50	1.00	0.76	0.24	0.33
Smederevska Pal.	13.30	692.90	6.50	0.90	0.87	0.13	0.33
Velika Plana	13.30	687.78	6.50	0.90	0.84	0.16	0.33
Požarevac	13.35	667.28	7.50	0.92	0.74	0.26	0.67
Žabari	13.20	678.55	6.50	0.88	0.79	0.21	0.33
Veliko Gradište	13.00	653.95	6.50	0.83	0.67	0.33	0.33
Malo Crniće	13.15	667.28	6.50	0.87	0.74	0.26	0.33
Petrovac	12.70	674.45	6.50	0.76	0.77	0.23	0.33
Golubac	13.00	654.98	6.00	0.83	0.67	0.33	0.17
Kučevo	12.50	671.38	6.50	0.71	0.76	0.24	0.33
Žagubica	11.80	693.93	5.50	0.55	0.87	0.13	0.00
Majdanpek	11.30	699.00	6.50	0.43	0.90	0.10	0.33
Kladovo	12.75	585.98	8.00	0.77	0.31	0.69	0.83
Negotin	13.10	582.08	8.00	0.86	0.29	0.71	0.83
Bor	11.60	656.60	7.50	0.50	0.68	0.32	0.67
Zaječar	12.90	621.18	8.50	0.81	0.50	0.50	1.00
Boljevac	12.30	659.08	7.00	0.67	0.69	0.31	0.50
Sokobanja	12.40	659.08	5.50	0.69	0.69	0.31	0.00
Knjaževac	12.90	620.13	7.00	0.81	0.49	0.51	0.50
Ražanj	12.50	679.58	6.00	0.71	0.80	0.20	0.17
Aleksinac	13.22	644.49	6.00	0.89	0.62	0.38	0.17
Svrljig	12.30	655.08	7.50	0.67	0.67	0.33	0.67
Merošina	13.30	636.53	6.00	0.90	0.58	0.42	0.17
Niš	13.55	620.31	8.50	0.96	0.49	0.51	1.00
Doljevac	13.60	615.00	8.50	0.98	0.47	0.53	1.00
Gadžin Han	13.10	609.88	5.50	0.86	0.44	0.56	0.00
Bela Palanka	12.90	597.13	7.00	0.81	0.37	0.63	0.50
Pirot	12.30	598.60	6.00	0.67	0.38	0.62	0.17
Babušnica	11.75	603.73	6.00	0.54	0.41	0.59	0.17
Dimitrovgrad	11.70	605.78	6.00	0.52	0.42	0.58	0.17
Blace	12.30	718.20	5.50	0.67	1.00	0.00	0.00
Kuršumlija	12.70	696.15	6.50	0.76	0.89	0.11	0.33
Prokuplje	12.90	645.49	6.50	0.81	0.62	0.38	0.33
Žitorađa	13.40	628.33	6.50	0.93	0.53	0.47	0.33
Bojnik	13.40	615.00	6.00	0.93	0.47	0.53	0.17
Medveđa	12.80	630.78	6.50	0.79	0.55	0.45	0.33
Lebane	13.30	580.16	6.50	0.90	0.28	0.72	0.33
Leskovac	13.50	559.25	8.50	0.95	0.18	0.82	1.00
Vlasotince	13.30	576.05	6.50	0.90	0.26	0.74	0.33
Crna Trava	9.50	612.95	5.50	0.00	0.45	0.55	0.00
Preševo	12.20	576.71	7.50	0.64	0.27	0.73	0.67
Bujanovac	13.00	583.00	7.50	0.83	0.30	0.70	0.67
Vranje	12.50	577.50	6.00	0.71	0.27	0.73	0.17
Vladičin Han	13.20	578.87	6.50	0.88	0.28	0.72	0.33

Trgovište	11.90	534.72	6.50	0.57	0.05	0.95	0.33
Bosilegrad	11.20	525.28	6.00	0.40	0.00	1.00	0.17
Surdulica	11.95	563.75	5.50	0.58	0.20	0.80	0.00

KOMPONENTA	OSETLJIVOST								
	Vrednosti indikatora				Vrednosti indikatora nakon normalizacije				
OPŠTINA	Populacija opštine	Stopa nezaposl.	Rizik od požara	Prosečna zarada	Populacija opštine	Stopa nezaposl.	Rizik od požara	Prosečna zarada - vrednosti nakon inverzije	Prosečna zarada
Smederevo	104987	6.2	1.00	50869	0.40	0.19	0.50	0.07	0.93
Smederevska Pal.	47221	7.7	0.00	33831	0.18	0.26	0.00	0.69	0.31
Velika Plana	38846	8.5	0.00	38246	0.15	0.30	0.00	0.53	0.47
Požarevac	60035	5.0	0.00	40874	0.23	0.14	0.00	0.43	0.57
Žabari	10097	3.4	0.00	28405	0.03	0.06	0.00	0.89	0.11
Veliko Gradište	16478	7.1	0.00	34017	0.06	0.23	0.00	0.68	0.32
Malo Crniće	10402	3.9	0.00	28440	0.04	0.09	0.00	0.89	0.11
Petrovac	28991	4.2	0.00	33209	0.11	0.10	0.00	0.71	0.29
Golubac	7668	5.8	1.00	33769	0.02	0.18	0.50	0.69	0.31
Kučevo	13851	4.4	0.00	35222	0.05	0.11	0.00	0.64	0.36
Žagubica	11708	2.1	0.00	38304	0.04	0.00	0.00	0.53	0.47
Majdanpek	17090	10.8	2.00	48795	0.06	0.40	1.00	0.14	0.86
Kladovo	19222	9.1	1.00	43022	0.07	0.32	0.50	0.35	0.65
Negotin	33911	7.3	1.00	43798	0.13	0.24	0.50	0.33	0.67
Bor	46379	11.2	2.00	50052	0.18	0.42	1.00	0.10	0.90
Zaječar	55987	11.5	2.00	41669	0.21	0.44	1.00	0.40	0.60
Boljevac	11761	8.2	0.00	37365	0.04	0.28	0.00	0.56	0.44
Sokobanja	14755	9.8	1.00	41606	0.05	0.36	0.50	0.41	0.59
Knjaževac	28896	11.0	0.00	33296	0.11	0.41	0.00	0.71	0.29
Ražanj	8323	8.1	0.00	31511	0.03	0.28	0.00	0.78	0.22
Aleksinac	48671	14.3	0.00	40447	0.18	0.56	0.00	0.45	0.55
Svrljig	13037	13.1	2.00	29065	0.05	0.51	1.00	0.87	0.13
Merošina	13301	15.2	1.00	35550	0.05	0.61	0.50	0.63	0.37
Niš	257393	2.1	0.00	39194	1.00	0.00	0.00	0.49	0.51
Doljevac	18059	9.0	0.00	34875	0.07	0.32	0.00	0.65	0.35
Gadžin Han	7317	15.8	1.00	28242	0.02	0.64	0.50	0.90	0.10
Bela Palanka	11214	15.4	1.00	28009	0.04	0.62	0.50	0.90	0.10
Pirot	55381	11.6	1.00	52705	0.21	0.44	0.50	0.00	1.00
Babušnica	10933	12.0	1.00	38144	0.04	0.46	0.50	0.53	0.47
Dimitrovgrad	9487	13.4	0.00	31575	0.03	0.53	0.00	0.77	0.23
Blace	10832	14.5	0.00	35256	0.04	0.58	0.00	0.64	0.36
Kuršumlija	18006	15.8	1.00	36396	0.07	0.63	0.50	0.60	0.40
Prokuplje	42068	15.4	1.00	35440	0.16	0.62	0.50	0.63	0.37
Žitorađa	15421	16.7	0.00	36840	0.05	0.68	0.00	0.58	0.42
Bojnik	10427	21.2	1.00	32363	0.04	0.89	0.50	0.74	0.26
Medveđa	6842	22.3	0.00	45246	0.02	0.94	0.00	0.27	0.73
Lebane	20333	23.2	1.00	31634	0.07	0.98	0.50	0.77	0.23
Leskovac	138132	12.3	0.00	36214	0.53	0.47	0.00	0.60	0.40
Vlasotince	28327	16.6	1.00	33355	0.11	0.67	0.50	0.71	0.29

Crna Trava	1339	15.0	0.00	29290	0.00	0.60	0.00	0.86	0.14
Preševo	29810	14.8	0.00	35328	0.11	0.59	0.00	0.64	0.36
Bujanovac	37867	12.5	1.00	33814	0.14	0.48	0.50	0.69	0.31
Vranje	72443	8.1	1.00	38982	0.28	0.28	0.50	0.50	0.50
Vladičin Han	19443	11.2	1.00	32174	0.07	0.42	0.50	0.75	0.25
Trgovište	4679	23.7	1.00	25390	0.01	1.00	0.50	1.00	0.00
Bosilegrad	7447	19.0	1.00	35514	0.02	0.79	0.50	0.63	0.37
Surdulica	19135	12.7	1.00	38555	0.07	0.49	0.50	0.52	0.48

KOMPONENTA	KAPACITET PRILAGOĐAVANJA					
	Vrednosti indikatora			Vrednosti indikatora nakon normalizacije		
OPŠTINA	Površina pod šumom	Budžetski suficit/deficit po stanovniku	Procenat savremenih puteva	Površina pod šumom	Budžetski suficit/deficit po stanovniku	Procenat savremenih puteva
Smederevo	3	-447	100	0.00	0.51	1.00
Smederevska Pal.	9	0	89.1	0.08	0.57	0.88
Velika Plana	15	-428	91.8	0.15	0.51	0.91
Požarevac	9	0	79.4	0.08	0.57	0.77
Žabari	9	1159	52.7	0.08	0.74	0.47
Veliko Gradište	13	-800	90.3	0.13	0.46	0.89
Malo Crniće	6	438	86.7	0.04	0.63	0.85
Petrovac	21	-898	77.2	0.23	0.45	0.74
Golubac	46	-1683	93.1	0.55	0.34	0.92
Kučevo	48	-887	83.1	0.58	0.45	0.81
Žagubica	53	-303	72.6	0.64	0.53	0.69
Majdanpek	68	2958	55.9	0.83	0.99	0.50
Kladovo	47	1409	54.1	0.56	0.77	0.48
Negotin	27	-1668	77.1	0.31	0.34	0.74
Bor	41	1766	73.2	0.49	0.82	0.70
Zaječar	28	44	78.6	0.32	0.58	0.76
Boljevac	50	92	69.2	0.60	0.59	0.65
Sokobanja	47	397	84.6	0.56	0.63	0.83
Knjaževac	36	759	83.3	0.42	0.68	0.81
Ražanj	39	1944	90.2	0.46	0.85	0.89
Aleksinac	37	-871	86.3	0.44	0.45	0.85
Svrljig	44	-582	80	0.53	0.49	0.78
Merošina	18	275	85.4	0.19	0.61	0.84
Niš	34	703	97.5	0.40	0.67	0.97
Doljevac	21	-3494	82	0.23	0.08	0.80
Gadžin Han	55	-1647	100	0.67	0.34	1.00
Bela Palanka	49	-403	59.1	0.59	0.52	0.54
Pirot	34	691	87.9	0.40	0.67	0.86
Babušnica	37	2672	63.4	0.44	0.95	0.59

Dimitrovgrad	31	2635	41.2	0.36	0.94	0.34
Blace	38	-4098	79	0.45	0.00	0.76
Kuršumlija	57	521	28.5	0.69	0.65	0.20
Prokuplje	41	2029	69.4	0.49	0.86	0.66
Žitorađa	11	130	88.2	0.10	0.59	0.87
Bojnik	20	-39	69.4	0.22	0.57	0.66
Medveđa	57	889	67.9	0.69	0.70	0.64
Lebane	31	89	45.9	0.36	0.59	0.39
Leskovac	35	60	66.7	0.41	0.58	0.63
Vlasotince	40	3047	38.7	0.47	1.00	0.31
Crna Trava	50	-3620	42.6	0.60	0.07	0.36
Preševo	42	-41	64.4	0.50	0.57	0.60
Bujanovac	40	-188	58.9	0.47	0.55	0.54
Vranje	81	0	43.71	1.00	0.57	0.37
Vladičin Han	60	1659	36.2	0.73	0.81	0.28
Trgovište	47	775	18.4	0.56	0.68	0.08
Bosilegrad	46	-338	11	0.55	0.53	0.00
Surdulica	57	1144	73.4	0.69	0.73	0.70

Prilog 2 – Rezultati ocenjivanja kriterijuma za konstrukciju indeksa povredivosti AHP metodom – konsolidovane vrednosti ekspertskih ocena

Tabela 1. Matrica poređenja alternativa u odnosu na kriterijum *izloženost*

	Srednja godišnja temperatura	Srednja godišnja količina padavina	Indeks suše (FAI)	Težine
Srednja godišnja temperatura	1	1	0.237	0.164
Srednja godišnja količina padavina	1	1	0.264	0.170
Indeks suše (FAI)	4.217	3.779	1	0.666
$\lambda_{\max} = 3.001$	CI = 0.0000		CR = 0.001 < 0.10	

Tabela 2. Matrica poređenja alternativa u odnosu na kriterijum *osetljivost*

	Populacija opštine	Stopa nezaposlenosti	Prosečna zarada	Rizik od požara	Težine
Populacija opštine	1	0.33	0.5	0.2	0.078
Stopa nezaposlenosti	3	1	2	0.2	0.189
Prosečna zarada	2	0.5	1	0.2	0.119
Rizik od požara	5	5	5	1	0.614
$\lambda_{\max} = 4.143$	CI = 0.0019			CR = 0.052 < 0.10	

Tabela 3. Matrica poređenja alternativa u odnosu na kriterijum *kapacitet prilagođavanja*

	Površina pod šumama	Budžetski prihod	% savremenih puteva	Težine
Površina pod šumama	1	1	2	0.400
Budžetski prihod	1	1	2	0.400
% savremenih puteva	0.5	0.5	1	0.200
$\lambda_{\max} = 3.000$	CI = 0.000		CR = 0.000 < 0.10	

Prilog 3 – Rezultati ocenjivanja kriterijuma za procenu rizika od šumskih požara i mera prilagođavanja AHP metodom - konsolidovane vrednosti ekspertskih ocena

Kriterijumi za procenu rizika od šumskih požara

Tabela 1. Matrica poređenja kriterijuma u odnosu na cilj

	Klimatski faktori	Biofizički faktori	Antropogeni faktori	Težine
Klimatski faktori	1	0.3815	0.178	0.098
Biofizički faktori	2.620	1	0.223	0.200
Antropogeni faktori	5.593	4.4814	1	0.702
$\lambda_{\max} = 3.0061$	CI = 0.0018		CR = 0.064 < 0.10	

Tabela 2. Matrica poređenja alternativa u odnosu na kriterijum *klimatski faktori*

	Prosečna sezonska temperatura	Prosečna sezonska količina padavina	Indeks suše (FAI)	Težine
Prosečna sezonska temperatura	1	1	0.237	0.164
Srednja sezonska količina padavina	1	1	0.264	0.170
Indeks suše (FAI)	4.217	3.779	1	0.666
$\lambda_{\max} = 3.001$	CI = 0.0000		CR = 0.001 < 0.10	

Tabela 3. Matrica poređenja alternativa u odnosu na kriterijum *biofizički faktori*

	Elevacija	Nagib terena	Ekspozicija	Težine
Elevacija	1	0.333	0.480	0.166
Nagib terena	3	1	1.101	0.456
Ekspozicija	2.080	0.908	1	0.378
$\lambda_{\max} = 3.008$	CI = 0.0002		CR = 0.008 < 0.10	

Tabela 4. Matrica poređenja alternativa u odnosu na kriterijum *antropogeni faktori*

	Blizina naselja	Udaljenost od puteva	Gustina naseljenosti	Težine
Blizina naselja	1	0.822	0.531	0.231
Udaljenost od puteva	1.216	1	0.333	0.226
Gustina naseljenosti	1.882	3	1	0.543
$\lambda_{\max} = 3.049$	CI = 0.0015		CR = 0.051 < 0.10	

Mere prilagođavanja

Tabela 1. Matrica poređenja kriterijuma u odnosu na cilj

	Fizičke mere	Biološko-tehničke mere	Planske mere	Težine
Fizičke mere	1	0.436	0.242	0.131
Biološko-tehničke mere	2.289	1	0.405	0.270
Planske mere	4.121	2.466	1	0.599
$\lambda_{\max} = 3.0011$	CI = 0.0003		CR = 0.011 < 0.10	

Tabela 2. Matrica poređenja alternativa u odnosu na kriterijum *fizičke mere*

	Kontrolisani požari	Sanitarna seča	Uspostavljanje mreže požarnih pruga	Težine
Kontrolisani požari	1	0.480	0.2	0.126
Sanitarna seča	2.080	1	0.5	0.280
Uspostavljanje mreže požarnih pruga	5	2	1	0.594
$\lambda_{\max} = 3.004$	CI = 0.0001		CR = 0.04 < 0.10	

Tabela 3. Matrica poređenja alternativa u odnosu na kriterijum *biološko-tehnološke mere*

	Pošumljavanje vrstama otpornijim na požare	Prostorne barijere od sastojina manje gustine	Šumsko stočarstvo	Težine
Pošumljavanje vrstama otpornijim na požare	1	0.693	1.709	0.334
Prostorne barijere od sastojina manje gustine	1.442	1	2.154	0.461
Šumsko stočarstvo	0.584	0.464	1	0.205
$\lambda_{\max} = 3.002$	CI = 0.0001		CR = 0.0002 < 0.10	

Tabela 4. Matrica poređenja alternativa u odnosu na kriterijum *planske mere*

	Mere protiv izazivača šumskih požara	Planiranje vodozahvata	Sistem ranog upozorenja	Težine
Mere protiv izazivača šumskih požara	1	0.69	0.21	0.144
Planiranje vodozahvata	1.44	1	0.37	0.220
Sistem ranog upozorenja	4.72	2.71	1	0.636
$\lambda_{\max} = 3.004$	CI = 0.0001		CR = 0.004 < 0.10	

Prilog 4 – Tabele uslovnih verovatnoća

Tabela uslovnih verovatnoća za čvor *klimatski uticaj*

Faktori klimatskog uticaja			Verovatnoće klimatskog uticaja			
Prosečna godišnja temperatura	Prosečna godišnja količina padavina	Indeks suše	Povoljni	Umereni	Nepovoljni	Izrazito nepovoljni
Niska	Niska	Nizak	0.830	0	0.170	0
Niska	Niska	Srednji	0.164	0.666	0.170	0
Niska	Niska	Visok	0.164	0	0.836	0
Niska	Srednja	Nizak	0.830	0.170	0	0
Niska	Srednja	Srednji	0.164	0.836	0	0
Niska	Srednja	Visok	0.164	0.170	0.666	0
Niska	Visoka	Nizak	1	0	0	0
Niska	Visoka	Srednji	0.334	0.666	0	0
Niska	Visoka	Visok	0.334	0	0.666	0
Srednja	Niska	Nizak	0.666	0.164	0.170	0
Srednja	Niska	Srednji	0	0.830	0.170	0
Srednja	Niska	Visok	0	0.164	0.836	0
Srednja	Srednja	Nizak	0.666	0.334	0	0
Srednja	Srednja	Srednji	0	1	0	0
Srednja	Srednja	Visok	0	0.334	0.666	0
Srednja	Visoka	Nizak	0.836	0.164	0	0
Srednja	Visoka	Srednji	0.170	0.830	0	0
Srednja	Visoka	Visok	0.170	0.164	0.666	0
Visoka	Niska	Nizak	0.666	0	0.334	0
Visoka	Niska	Srednji	0	0.666	0.334	0
Visoka	Niska	Visok	0	0	1	0
Visoka	Srednja	Nizak	0.666	0.170	0.164	0
Visoka	Srednja	Srednji	0	0.836	0.164	0
Visoka	Srednja	Visok	0	0.170	0.830	0
Visoka	Visoka	Nizak	0.836	0	0.164	0
Visoka	Visoka	Srednji	0.170	0.666	0.164	0
Visoka	Visoka	Visok	0.170	0	0.830	0
Izrazito visoka	Niska	Nizak	0	0.666	0	0.334
Izrazito visoka	Niska	Srednji	0	0	0.666	0.334
Izrazito visoka	Niska	Visok	0	0	0	1
Izrazito visoka	Srednja	Nizak	0	0.666	0.170	0.164
Izrazito visoka	Srednja	Srednji	0	0	0.836	0.164
Izrazito visoka	Srednja	Visok	0	0	0.170	0.830
Izrazito visoka	Visoka	Nizak	0	0.836	0	0.164
Izrazito visoka	Visoka	Srednji	0	0.170	0.666	0.164
Izrazito visoka	Visoka	Visok	0	0.170	0	0.830

Tabela uslovnih verovatnoća za čvor *biofizički uticaj*

Faktori biofizičkog uticaja			Verovatnoće biofizičkog uticaja		
Elevacija	Nagib terena	Ekspozicija	Povoljni	Umereni	Nepovoljni
Nepovoljna	Mali	Sever	0.834	0	0.166
Nepovoljna	Mali	Istok-zapad	0.456	0.378	0.166
Nepovoljna	Mali	Jug	0.456	0	0.544
Nepovoljna	Srednji	Sever	0.378	0.456	0.166
Nepovoljna	Srednji	Istok-zapad	0	0.834	0.166
Nepovoljna	Srednji	Jug	0	0.456	0.544

Nastavak tabele uslovnih verovatnoća za čvor <i>biofizički uticaj</i>					
Faktori biofizičkog uticaja			Verovatnoće biofizičkog uticaja		
Elevacija	Nagib terena	Ekspozicija	Povoljni	Umereni	Nepovoljni
Nepovoljna	Veliki	Sever	0.529	0	0.471
Nepovoljna	Veliki	Istok-zapad	0	0.378	0.622
Nepovoljna	Veliki	Jug	0	0	1
Umerena	Mali	Sever	0.834	0.166	0
Umerena	Mali	Istok-zapad	0.456	0.544	0
Umerena	Mali	Jug	0.456	0.166	0.378
Umerena	Srednji	Sever	0.378	0.622	0
Umerena	Srednji	Istok-zapad	0	1	0
Umerena	Srednji	Jug	0	0.622	0.378
Umerena	Veliki	Sever	0.378	0.166	0.456
Umerena	Veliki	Istok-zapad	0	0.544	0.456
Umerena	Veliki	Jug	0	0.166	0.834
Povoljna	Mali	Sever	1	0	0
Povoljna	Mali	Istok-zapad	0.622	0.378	0
Povoljna	Mali	Jug	0.622	0	0.378
Povoljna	Srednji	Sever	0.544	0.456	0
Povoljna	Srednji	Istok-zapad	0.166	0.834	0
Povoljna	Srednji	Jug	0.166	0.456	0.378
Povoljna	Veliki	Sever	0.544	0	0.456
Povoljna	Veliki	Istok-zapad	0.166	0.378	0.456
Povoljna	Veliki	Jug	0.166	0	0.834

Tabela uslovnih verovatnoća za čvor *antropogeni uticaj*

Faktori antropogenog uticaja			Verovatnoće antropogenog uticaja		
Blizina naselja	Udaljenost od puteva	Gustina naseljenosti	Povoljni	Umereni	Nepovoljni
Daleko	Daleko	Mala	1	0	0
Daleko	Daleko	Srednja	0.457	0.543	0
Daleko	Daleko	Velika	0.543	0	0.457
Daleko	Srednja udalj.	Mala	0.774	0.226	0
Daleko	Srednja udalj.	Srednja	0.231	0.769	0
Daleko	Srednja udalj.	Velika	0.231	0.226	0.543
Daleko	Blizu	Mala	0.774	0	0.226
Daleko	Blizu	Srednja	0.231	0.543	0.226
Daleko	Blizu	Velika	0.231	0	0.769
Srednja udalj.	Daleko	Mala	0.769	0.231	0
Srednja udalj.	Daleko	Srednja	0.226	0.774	0
Srednja udalj.	Daleko	Velika	0.226	0.231	0.543
Srednja udalj.	Srednja udalj.	Mala	0.543	0.457	0
Srednja udalj.	Srednja udalj.	Srednja	0	1	0
Srednja udalj.	Srednja udalj.	Velika	0	0.457	0.543
Srednja udalj.	Blizu	Mala	0.543	0.231	0.226
Srednja udalj.	Blizu	Srednja	0	0.774	0.226
Srednja udalj.	Blizu	Velika	0	0.231	0.769
Blizu	Daleko	Mala	0.769	0	0.231
Blizu	Daleko	Srednja	0.226	0.543	0.231
Blizu	Daleko	Velika	0.226	0	0.744
Blizu	Srednja udalj.	Mala	0.543	0.226	0.231
Blizu	Srednja udalj.	Srednja	0	0.769	0.231

Nastavak tabele uslovnih verovatnoća za čvor <i>antoropogeni uticaj</i>					
Faktori antoropogenog uticaja			Verovatnoće antropogenog uticaja		
Blizina naselja	Udaljenost od puteva	Gustina naseljenosti	Povoljni	Umereni	Nepovoljni
Blizu	Srednja udalj.	Velika	0	0.226	0.774
Blizu	Blizu	Mala	0.543	0	0.457
Blizu	Blizu	Srednja	0	0.543	0.457
Blizu	Blizu	Velika	0	0	1

Tabela uslovnih verovatnoća za čvor *rizik od šumskih požara*

Faktori rizika od šumskih požara			Verovatnoće rizika od šumskih požara		
Klimatski uticaj	Biofizički uticaj	Antoropogeni uticaj	Nizak	Srednji	Visok
Povoljni	Povoljni	Povoljni	1	0	0
Povoljni	Povoljni	Umereni	0.298	0.702	0
Povoljni	Povoljni	Nepovoljni	0.298	0	0.702
Povoljni	Umereni	Povoljni	0.800	0.200	0
Povoljni	Umereni	Umereni	0.098	0.902	0
Povoljni	Umereni	Nepovoljni	0.098	0.200	0.702
Povoljni	Nepovoljni	Povoljni	0.800	0	0.200
Povoljni	Nepovoljni	Umereni	0.098	0.702	0.200
Povoljni	Nepovoljni	Nepovoljni	0.098	0	0.902
Umereni	Povoljni	Povoljni	0.902	0.098	0
Umereni	Povoljni	Umereni	0.200	0.800	0
Umereni	Povoljni	Nepovoljni	0.098	0.200	0.702
Umereni	Umereni	Povoljni	0.702	0.298	0
Umereni	Umereni	Umereni	0	1	0
Umereni	Umereni	Nepovoljni	0	0.298	0.702
Umereni	Nepovoljni	Povoljni	0.702	0.098	0.200
Umereni	Nepovoljni	Umereni	0	0.800	0.200
Umereni	Nepovoljni	Nepovoljni	0	0.098	0.902
Nepovoljni	Povoljni	Povoljni	0.902	0	0.098
Nepovoljni	Povoljni	Umereni	0.200	0.702	0.098
Nepovoljni	Povoljni	Nepovoljni	0.200	0	0.800
Nepovoljni	Umereni	Povoljni	0.702	0.200	0.098
Nepovoljni	Umereni	Umereni	0	0.902	0.098
Nepovoljni	Umereni	Nepovoljni	0	0.200	0.800
Nepovoljni	Nepovoljni	Povoljni	0.702	0	0.298
Nepovoljni	Nepovoljni	Umereni	0	0.702	0.298
Nepovoljni	Nepovoljni	Nepovoljni	0	0	1
Izrazito nepovoljni	Povoljni	Povoljni	0	0.902	0.098
Izrazito nepovoljni	Povoljni	Umereni	0	0.551	0.449
Izrazito nepovoljni	Povoljni	Nepovoljni	0	0.200	0.800
Izrazito nepovoljni	Umereni	Povoljni	0	0.802	0.198
Izrazito nepovoljni	Umereni	Umereni	0	0.451	0.549
Izrazito nepovoljni	Umereni	Nepovoljni	0	0.100	0.900
Izrazito nepovoljni	Nepovoljni	Povoljni	0	0.702	0.298
Izrazito nepovoljni	Nepovoljni	Umereni	0	0.351	0.649
Izrazito nepovoljni	Nepovoljni	Nepovoljni	0	0	1

Tabela uslovnih verovatnoća za čvor *fizičke mere*

Skup fizičkih mera			Verovatnoće fizičkih mera	
Kontrolisani požari	Sanitarna seča	Požarne pruge	Zadovoljavajuće	Nezadovoljavajuće
Ne primenjuju se	Ne primenjuju se	Ne primenjuju se	1	0
Ne primenjuju se	Ne primenjuju se	Primenjuju se	0.406	0.594
Ne primenjuju se	Primenjuju se	Ne primenjuju se	0.720	0.280
Ne primenjuju se	Primenjuju se	Primenjuju se	0.126	0.874
Primenjuju se	Ne primenjuju se	Ne primenjuju se	0.874	0.126
Primenjuju se	Ne primenjuju se	Primenjuju se	0.280	0.720
Primenjuju se	Primenjuju se	Ne primenjuju se	0.594	0.406
Primenjuju se	Primenjuju se	Primenjuju se	0	1

Tabela uslovnih verovatnoća za čvor *biološko tehničke mere*

Skup biološko tehničkih mera			Verovatnoće biološko tehničkih mera	
Podizanje sastojina sa vrstama otpornijim na požare	Podizanje sastojina manje gustine	Šumsko stočarstvo	Zadovoljavajuće	Nezadovoljavajuće
Ne primenjuju se	Ne primenjuju se	Ne primenjuju se	1	0
Ne primenjuju se	Ne primenjuju se	Primenjuju se	0.795	0.205
Ne primenjuju se	Primenjuju se	Ne primenjuju se	0.539	0.461
Ne primenjuju se	Primenjuju se	Primenjuju se	0.334	0.666
Primenjuju se	Ne primenjuju se	Ne primenjuju se	0.666	0.334
Primenjuju se	Ne primenjuju se	Primenjuju se	0.461	0.539
Primenjuju se	Primenjuju se	Ne primenjuju se	0.205	0.795
Primenjuju se	Primenjuju se	Primenjuju se	0	1

Tabela uslovnih verovatnoća za čvor *planske mere*

Skup planskih mera			Verovatnoće planskih mera	
Mere protiv izazivača šumskih požara	Planiranje vodozahvata	Sistem ranog upozorenja	Zadovoljavajuće	Nezadovoljavajuće
Ne primenjuju se	Ne primenjuju se	Ne primenjuju se	1	0
Ne primenjuju se	Ne primenjuju se	Primenjuju se	0.364	0.636
Ne primenjuju se	Primenjuju se	Ne primenjuju se	0.780	0.220
Ne primenjuju se	Primenjuju se	Primenjuju se	0.144	0.856
Primenjuju se	Ne primenjuju se	Ne primenjuju se	0.856	0.144
Primenjuju se	Ne primenjuju se	Primenjuju se	0.205	0.795
Primenjuju se	Primenjuju se	Ne primenjuju se	0.636	0.346
Primenjuju se	Primenjuju se	Primenjuju se	0	1

Tabela uslovnih verovatnoća za čvor *kapacitet prilagođavanja*

Faktori kapaciteta prilagođavanja			Verovatnoće kapac.prilagođavanja	
Fizičke mere	Biološko tehničke mere	Planske mere	Nivo deficita	Nivo postignuća
Nezadovoljavajuće	Nezadovoljavajuće	Nezadovoljavajuće	1	0
Nezadovoljavajuće	Nezadovoljavajuće	Zadovoljavajuće	0.401	0.599
Nezadovoljavajuće	Zadovoljavajuće	Nezadovoljavajuće	0.730	0.270
Nezadovoljavajuće	Zadovoljavajuće	Zadovoljavajuće	0.131	0.869
Zadovoljavajuće	Nezadovoljavajuće	Nezadovoljavajuće	0.869	0.131
Zadovoljavajuće	Nezadovoljavajuće	Zadovoljavajuće	0.270	0.730
Zadovoljavajuće	Zadovoljavajuće	Nezadovoljavajuće	0.599	0.401
Zadovoljavajuće	Zadovoljavajuće	Zadovoljavajuće	0	1

Tabela uslovnih verovatnoća za čvor *povredivost*

Faktori povredivosti		Verovatnoće povredivosti	
Rizik od šumskih požara	Kapacitet prilagođavanja	Prevenirana	Residualna
Nizak	Nizak	0.56	0.44
Nizak	Visok	1	0
Srednji	Nizak	0.2	0.8
Srednji	Visok	0.64	0.36
Visok	Nizak	0	1
Visok	Visok	0.33	0.67

Vrednosti verovatnoće za čvor povredivost predstavljaju konsolidovane vrednosti ekspertске ocene. Konsolidacija je izvršena aritmetičkom sredinom pojedinačnih ocena eksperata. Konsolidovane vrednosti su normalizovane primenom *Min-Max* metode. Eksperti su ocenjivali povredivost na skali od 0 do 1, pri čemu je vrednost 0 predstavljala najmanji stepen povredivosti, a vrednost 1 najveći stepen povredivosti. Pojedinačne ocene eksperata su prikazane u tabeli u nastavku.

Matrica poređenja mogućeg nivoa povredivosti u donosu na moguća stanja rizika od šumskih požara i kapaciteta prilagođavanja

Rizik od šumskih požara		Nizak	Nizak	Srednji	Srednji	Visok	Visok
Kapacitet prilagođavanja		Nizak	Visok	Nizak	Visok	Nizak	Visok
Povredivost	Ekspert 1	0.7	0.4	0.8	0.6	0.9	0.8
	Ekspert 2	0.6	0.5	0.7	0.6	0.8	0.7
	Ekspert 3	0.4	0.1	0.8	0.4	0.95	0.6
	srednja vrednost	0.57	0.33	0.77	0.53	0.88	0.7
	normalizovna vrednost	0.44	0	0.80	0.36	1	0.67

BIOGRAFIJA AUTORA

Petar Vranić je rođen 1982. godine u Nišu. Završio je osnovne studije na Građevinsko-arhitektonskom fakultetu Univerziteta u Nišu, na odseku za arhitekturu, maja 2008. godine. Svoje dalje usavršavanje nastavio je u Stokholmu na Kraljevskom tehničkom institutu (*KTH Royal Institute of Technology*) na master programu za Održivo urbanističko planiranje i projektovanje. Master studije je završio 2012. godine, odbranom teze pod nazivom „*Structural Changes and Urban Transformations-Accidental Housing Revival, Case Study of Niš, Serbia*“ sa najvećom ocenom (*magna cum laude*). Iste godine je upisao doktorske studije na Fakultetu zaštite na radu u Nišu, na smeru za zaštitu životne sredine.

Petar Vranić je zaposlen u Matematičkom institutu SANU od 01.12.2016. godine. Marta 2017. godine izabran je za sekretara naučnog seminara „Odlučivanje – teorija, tehnologije i primena“. Član je organizacionog odbora Virtualne međunarodne konferencije „eNergetics“.

U periodu od 2014. do 2015. godine učestvovao je kao saradnik na izradi Akcionog plana adaptacije na klimatske promene sa procenom povredivosti za grad Beograd, u okviru projekta *Adaptacija na klimatske promene na području zapadnog Balkana*, koji je realizovan u saradnji gradske uprave grada Beograda i GIZ-a (Nemačke organizacije za međunarodnu saradnju). U periodu 2014-2017. godine učestvovao je kao mladi istraživač na projektu *COST FP1204 GreenInUrbs*. Tokom master i doktorskih studija usavršavao se kao polaznik više međunarodnih akademskih kurseva i seminara iz oblasti klimatskih promena, zaštite životne sredine i urbanog planiranja. Neki od njih uključuju: *Dealing with climate change impacts* (IASS Potsdam, Germany, Septembar 2016), *From Brownfields to Green Infrastructure and Urban Forests* (Ministarstvo životne sredine Nordrhein-Vestfalen, Nemačka, Oktobar 2016), *Implementation of green infrastructure approach to link environmental and social aspects in the research on urban forests* (Alpski istraživački centar Univerziteta Tuscia, Jul 2015). Organizator je dve međunarodne letnje škole iz oblasti urbanističkog projektovanja na kojima je učestvovao i kao predavač: u Srbiji, u saradnji sa Građevinsko-arhitektonskim fakultetom Univerziteta u Nišu (2012), i u Rusiji, u saradnji sa gradom Sočijem i Univerzitetom u Sočiju (2013).

U dosadašnjem naučno-istraživačkom radu Petar Vranić je objavio više naučnih radova iz oblasti prilagođavanja na klimatske promene, urbanističkog planiranja i održivog razvoja u istaknutim međunarodnim časopisima i na međunarodnim konferencijama.

IZJAVE AUTORA

ИЗЈАВА О АУТОРСТВУ

Изјављујем да је докторска дисертација, под насловом

РАЗВОЈ МОДЕЛА ЗА ИНТЕГРИСАНО УПРАВЉАЊЕ ИЗБОРОМ МЕРА ПРИЛАГОЂАВАЊА НА КЛИМАТСКЕ ПРОМЕНЕ НА ЛОКАЛНОМ НИВОУ

која је одбрањена на Факултету заштите на раду у Нишу Универзитета у Нишу:

- резултат сопственог истраживачког рада;
- да ову дисертацију, ни у целини, нити у деловима, нисам пријављивао/ла на другим факултетима, нити универзитетима;
- да нисам повредио/ла ауторска права, нити злоупотребио/ла интелектуалну својину других лица.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци, који су у вези са ауторством и добијањем академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада, и то у каталогу Библиотеке, Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Нишу, као и у публикацијама Универзитета у Нишу.

У Нишу, 18.06.2018. године

Потпис аутора дисертације:



Петар Д. Вранић

**ИЗЈАВА О ИСТОВЕТНОСТИ ШТАМПАНОГ И ЕЛЕКТРОНСКОГ ОБЛИКА
ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ**

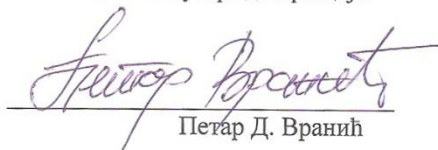
Наслов дисертације:

**РАЗВОЈ МОДЕЛА ЗА ИНТЕГРИСАНО УПРАВЉАЊЕ ИЗБОРОМ МЕРА
ПРИЛАГОЂАВАЊА НА КЛИМАТСКЕ ПРОМЕНЕ НА ЛОКАЛНОМ НИВОУ**

Изјављујем да је електронски облик моје докторске дисертације, коју сам предао за уношење у Дигитални репозиторијум Универзитета у Нишу, истоветан штампаном облику.

У Нишу, 18.06.2018. године.

Потпис аутора дисертације:



Петар Д. Вранић

ИЗЈАВА О КОРИШЋЕЊУ

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Никола Тесла“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Нишу унесе моју докторску дисертацију, под насловом:

РАЗВОЈ МОДЕЛА ЗА ИНТЕГРИСАНО УПРАВЉАЊЕ ИЗБОРОМ МЕРА ПРИЛАГОЂАВАЊА НА КЛИМАТСКЕ ПРОМЕНЕ НА ЛОКАЛНОМ НИВОУ

Дисертацију са свим прилозима предао сам у електронском облику, погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију, унету у Дигитални репозиторијум Универзитета у Нишу, могу користити сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons), за коју сам се одлучио.

1. Ауторство (CC BY)
2. Ауторство – некомерцијално (CC BY-NC)
3. Ауторство – некомерцијално – без прераде (CC BY-NC-ND)
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима (CC BY-NC-SA)
5. Ауторство – без прераде (CC BY-ND)
6. Ауторство – делити под истим условима (CC BY-SA)

У Нишу, 18.06.2018. године.

Потпис аутора дисертације:


Петар Д. Вранић