

# NARAVNE NESREČE 3



ZALOŽBA  
Z R C

## (NE)PRILAGOJENI

MATIJA ZORN  
BLAŽ KOMAC  
ROK CIGLIČ  
MIHA PAVŠEK





NARAVNE NESREČE 3  
(NE)PRILAGOJENI



ZALOŽBA  
Z R C



NARAVNE NESREČE 3

**(NE)PRILAGOJENI**

*Uredili:*

**Matija Zorn**  
**Blaž Komac**  
**Rok Ciglič**  
**Miha Pavšek**

LJUBLJANA 2014

NARAVNE NESREČE 3

**(NE)PRILAGOJENI**

**Matija Zorn, Blaž Komac, Rok Ciglič, Miha Pavšek**

© 2014, Geografski inštitut Antona Melika ZRC SAZU

*Uredniki:* Matija Zorn, Blaž Komac, Rok Ciglič, Miha Pavšek

*Recenzenti:* Rok Ciglič, Branko Dervodel, Andrej Gosar, Gregor Gregorič, Mauro Hrvatin, Blaž Komac, Marko Komac, Matjaž Mikoš, Karel Natek, Miha Pavšek, Primož Pipan, Janez Polajnar, Marko Polič, Milica Slokar, Boštjan Tavčar, Matija Zorn

*Izdajatelj:* Geografski inštitut Antona Melika ZRC SAZU

*Za izdajatelja:* Drago Perko

*Založnik:* Založba ZRC

*Za založnika:* Oto Luthar

*Glavni urednik:* Aleš Pogačnik

*Oblikovanje naslovnice:* Aleksander Kelnerič, s. p., Ptuj

*Računalniški prelom:* SYNCOMP d. o. o., Ljubljana

*Tisk:* Aleksander Kelnerič, s. p., Ptuj

*Naklada:* 250 izvodov



<https://doi.org/10.3986/9789612546762>

*Fotografija na naslovnici:*

Konec januar ja in v začetku februar ja 2014 je precejšnji del Slovenije zajel žled; posledice žledoloma v Postojni (foto grafija: Iztok Medja, <http://www.iztokmedja.com>).

UPRAVA  
REPUBLIKE  
SLOVENIJE



ZA ZAŠČITO IN REŠEVANJE

Izid publikacije je podprla Uprava Republike Slovenije za zaščito in reševanje.

---

CIP – Kataložni zapis o publikaciji  
Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

911.2:504.4(497.4)(082)(086.034.4)

(NE)PRILAGOJENI [Elektronski vir] / uredili Matija Zorn ... [et al.]. –  
Ljubljana : Založba ZRC, 2014. – (Knjižna zbirka Naravne nesreče /  
Geografski inštitut Antona Melika ZRC SAZU, ISSN 1855-8887 ; 3)

ISBN 978-961-254-676-2

1. Zorn, Matija

272347904

---

---

## VSEBINA

<i>Matija Zorn, Blaž Komac</i> Uvodnik: (Ne)prilagojeni .....	11
<i>Blaž Komac, Matija Zorn</i> (Ne)prilagojenost družbe na naravne nesreče .....	17
<i>Jošt Sodnik, Blaž Kogovšek, Matjaž Mikoš</i> Vodna infrastruktura v Sloveniji: kako do ocene realnega stanja? .....	29
<i>Peter Lamovec, Krištof Oštir, Matjaž Mikoš</i> Zaznavanje poplav z uporabo optičnih satelitskih posnetkov in strojnega učenja .....	41
<i>Mihaela Triglav Čekada</i> Sodelovanje javnosti pri pridobivanju posnetkov za določitev obsega poplav v novembru 2012 .....	53
<i>Matej Müller, Gašper Rak, Franci Steinman, Gorazd Novak</i> Katalog poplavnih scenarijev kot strokovna podlaga za načrte zaščite in reševanja ob poplavah .....	63
<i>Mojca Ravnikar Turk, Andrej Širca, Matjaž Četina, Andrej Kryžanowski, Nina Humar</i> Preventivni ukrepi za zagotavljanje varnosti pregrad .....	73
<i>Andrej Gosar</i> Ocena intenzitet potresa leta 1998 v Krnskem pogorju z uporabo <i>Environmental Seismic Intensity</i> lestvice (ESI 2007) .....	83
<i>Marjana Lutman, Iztok Klemenc, Polona Zupančič, Barbara Šket Motnikar,</i> <i>Primož Banovec, Matej Cerk, Julij Jeraj</i> Strokovne podlage za oceno potresne ogroženosti Mestne občine Ljubljana .....	95
<i>Luka Snoj, Blaž Repe, Julij Jeraj</i> Geoinformacijska podpora iskanju površin ugodnih za postavitvev začasnih bivališč v primeru potresa na območju Mestne občine Ljubljana .....	105
<i>Primož Banovec, Matej Cerk, Vesna Vidmar, Barbara Šket Motnikar,</i> <i>Marjana Lutman, Polona Weiss, Iztok Klemenc, Julij Jeraj</i> Orodja in spletne aplikacije za oceno potresne ogroženosti .....	115
<i>Jože Papež</i> Strategija prilagajanja na podnebne spremembe pri obvladovanju naravnih nesreč na območju Alp – priporočila Alpske konvencije .....	127

---



---

<i>Marko Polič, Barbara Lampič, Marko Krevs, Dušan Plut, Irena Mrak, Karel Natek, Darko Ogrin, Boštjan Bajec</i> Zavedanje vremenske in podnebne spremenljivosti pri prebivalcih Slovenije in njihova pripravljenost na ukrepanje .....	139
<i>Andreja Sušnik, Ajda Valher, Gregor Gregorič</i> Meteorološke analize kmetijskih suš v Sloveniji .....	153
<i>Tatjana Kikec</i> Kmetijska suša v Pomurju in možnosti za prilagoditve .....	163
<i>Manca Volk Bahun</i> Spremljanje in napovedovanje naravnih nesreč na območju Srednjih Karavank .....	173
<i>Marko Komac, Miloš Bavec, Magda Čarman, Jernej Jež, Matija Krivic</i> Zemeljski plazovi, drobirski in zrnski tokovi, podori, snežni plazovi in erozija: spletna aplikacija za uporabo na ravni občin .....	181
<i>Matija Zorn, Mauro Hrvatini</i> Škoda zaradi naravnih nesreč v Sloveniji .....	187
<i>Grega Milčinski, Nataša Đurić, Peter Lamovec, Peter Pehani, Krištof Oštir</i> Moč množic v primeru naravnih nesreč .....	207
<i>Julij Jeraj, Stanislav Lotrič</i> Teoretična vaja organov vodenja v okviru državne vaje Potres 2012 .....	217
<i>Boštjan Tavčar</i> Predstavitev posameznih rezultatov projekta MONET .....	229

---

---

**Posvečeno Bojanu Ušeničniku (1942–2002),**  
*nestorju preventivnega delovanja na področju naravnih nesreč,*  
*uredniku revije Ujma in dolgoletnemu direktorju Uprave*  
*Republike Slovenije za zaščito in reševanje.*

---



## UVODNIK: (NE)PRILAGOJENI

Konec januarja in v začetku februarja 2014 je precejšen del Slovenije zajela večja naravna ujma – žled (slika 1). V dnevnem časopisju smo v povezavi s »ponorelim vremenom« lahko prebrali (Kajfež Bogataj 2014, 5), da nas država: »... v mnogoterih pomenih prepušča glede podnebnih sprememb (pa tudi glede drugih okoljskih problemov) samim sebi. ... Z odsotnostjo primerne institucionalne organiziranosti in ukrepov za **prilagajanje** novemu podnebjju nam pove, da smo v ujmah, ki so že tu, tudi prepuščeni le lastni iznajdljivosti in srečnim naključjem.«

Če se pri tovrstnih vremenskih ujmah čutimo dokaj nemočne, pa je »politika gašenja posledic« in zanemarjanja preventive prisotna tudi tam, kjer bi politika lahko kaj ukrenila. Tozadeveno Natek (2011, 94) piše: »... Najprimernejši način **prilagajanja** naravnim danostim (tudi naravnim nesrečam) je ustrezno prostorsko načrtovanje ... Če sodobna družba ne zna prepoznati in pravilno razumeti naravnih nesreč kot sestavnega dela pokrajine, ostaja prostorsko načrtovanje shematično, **neprilagojeno** konkretnim pokrajinskim značilnostim ..., ki kljub velikim finančnim sredstvom ne zagotavljajo ustrezne stopnje varnosti ... Izogibanje območjem, kjer so naravni procesi posebno intenzivni in (za človeka) nevarni, je najpopolnejši način **prilagajanja** naravnim danostim, ... [kar], ... omogoča dolgoročni trajnostni razvoj ob minimalnih stroških 'urejanja' narave in preprečuje nastajanje morebitne škode ali celo človeških žrtev.«

Isti avtor tudi trdi (Natek 2002, 63), da je ključnega pomena pri **prilagajanju** naravnim nesrečam spoznanje, da so le-te »... sestavni deli naravnega dogajanja, ki ga človek praviloma ne more preprečiti, temveč se mu mora na čim ustrežnejše načine **prilagoditi** ...«. Dolgoročno sobivanje z naravnimi nevar-



MITJA PRELOŠEK

Slika 1: Konec januarja in v začetku februarja 2014 je precejšen del Slovenije prizadel žled; posledice v Postojni.



Slika 2: Pogled na Celje s Starega gradu ob poplavi 5. junija 1954 – sotočje Savinje (levo) in Voglajne (Melik 1954, 51).

nostmi lahko tako dosežemo le, če se »... jim bomo izognili, ne pa omejevali ali celo preprečevali naravni proces, saj je slednje pogosto ekonomsko in okoljsko nesprejemljivo.« (Komac, Zorn in Pavšek 2010, 9).

V sodobnih družbi govorimo o »**prilaganju**« pogosto le v povezavi s podnebnimi spremembami (Bela ... 2009; Kajfež Bogataj 2012), manj pogosto pa v povezavi z naravnimi nesrečami (Integral ... 2006; Komac in ostali 2011), čeprav so ravno te neposredni izraz podnebnih sprememb, ki učinkujejo tako na posameznike kot na širšo skupnost.

Ob poudarjanju pomena preventive oziroma kulture izogibanja naravnim nesrečam moramo narediti korak naprej v smeri predčasnega aktivnega delovanja. **Prilaganje** naravnim procesom, ki povzročajo naravne nesreče namreč temelji na dobrem poznavanju teh procesov in na dobrem poznavanju sposobnosti družbe za aktivno delovanje (Komac in ostali 2013). Slednje vključuje tako sposobnost posameznikov za **prilaganje** vsakokratnim razmeram, kot tudi sposobnost različnih družbenih sistemov, vključno gospodarskega, za obnovo in preseganje kriznih dogodkov.

Glavni poudarek posveta »Naravne nesreče v Sloveniji« leta 2011 je bil na (ne)odgovornosti (Komac in ostali 2011) ter sobivanju z naravnimi nesrečami. Ob letošnjem posvetu pa želimo izpostaviti **prilaganje**, saj moramo kot skupnost težiti k ustvarjanju okolja, v katerem bo mogoče dolgoročno doseči večjo odpornost družbe na naravne nesreče (Kuhlicke in ostali 2011).

Vsi družbeni sistemi morajo slediti hitremu razvoju v sistemu preventive in varstva pred naravnimi nesrečami, ki smo mu bili priča v zadnjih desetletjih. Posameznik, pa naj bo to gasilec, občinski uradnik ali »občan« se mora vedno znova prilagajati spreminjajočim se razmeram, enako velja za družbene strukture, vključno z državnimi.

Da bi se izognili stihijskemu razvoju, ki je nujna posledica individualizacije in gre le za sledenje spreminjajočim se zunanjim razmeram, bi morali ta proces pravilno usmerjati, predvideti možne prihodnje poti in stalno izpopolnjevati znanje na tem področju.

Dolgoročno je zelo pomembna ustreza zakonodaja, ki lahko nudi temelje **prilagojenemu** soočanju z naravnimi danostmi. Naš namen ni razpravljati o (ne)ustreznosti le-te, pač pa želimo opozoriti,

da leta 2014 praznujemo **dvajseto obletnico** krovnega zakona o naravnih nesrečah **Zakona o varstvu pred naravnimi in drugimi nesrečami** (Uradni list Republike Slovenije 64/1994; 51/2006). Za raziskovalno sfero je pomembno, da zakon med temeljnimi nalogami sistema varstva pred naravnimi nesrečami omenja v zadnjem času zaradi gospodarske krize po krivici zapostavljeno temo, to je »... *odkrivanje, spremljanje ter preučevanje nevarnosti naravnih in drugih nesreč*...« (2. člen), ter da so »... *raziskovalni in razvojni projekti varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami ... obvezna sestavina nacionalnega raziskovalnega programa* ...« (40. člen). Z vidika **prilagojenosti** je pomembno »načelo preventive« (12. člen), ki pravi: »*Država in lokalna skupnost pri zagotavljanju varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami, v skladu s svojimi pristojnostmi, prednostno organizirata izvajanje preventivnih ukrepov*.« S tem je med drugim povezano uveljavljanje ustreznih ukrepov pri urejanju prostora (60. člen). K sobivanju z naravnimi nesrečami pa pripomore tudi formalno izobraževanje na vseh stopnjah (109. člen).

Kako ranljiva in **neprilagojena** je človeška družba, nas v letu 2014 opozarja še nekaj obletnic. V Sloveniji »praznujemo« **60. obletnico poplav na Celjskem**. Te so bile med drugim povod za bolj sistematično preučevanje naravnih nesreč, saj je šlo pri njihovi obravnavi za prvo celovito študijo (Melik 1954) kakšne naravne nesreče pri nas (Natek 2002, 62). Celje je nastalo »... *na območju velikega celjskega sotočja* ...«, ki je »... *tipično poplavno ozemlje* ...« (Natek 2005, 49), zato ne preseneča, da so ga v preteklosti prizadele številne poplave (slika 2). Poleg neugodnih naravnih razmer so na poplave 4. in 5. junija 1954 vplivali tudi pretekli regulacijski posegi gorvodno, ki so povzročili še hitrejši dotok visokih voda v mesto (Kolbezen 1993, 84).

Da so nekatere naravne nesreče na določenih območjih stalnica, nas opozarja tudi **deseta obletnica potresa v Zgornjem Posočju** (12. julij 2004; M 4,9; slika 3). Zgornje Posočje se je s posledicami večjih potresov soočilo trikrat v dobrih tridesetih letih (poleg že omenjenega še 6. maja (M 6,5) in 15. septembra 1976 (M 6,1) ter 12. aprila 1998 (M 5,6)) (Vidrih 2008). Sosledje potresov je med drugim razkrilo nepravilnosti pri preteklih popotresnih obnovah, saj obnovljene zgradbe niso bile ustrezno prilagojene



Slika 3: Ob potresu v Zgornjem Posočju 12. julija 2004 je bil poškodovan zvonik cerkve svetega Antona Puščavnika v Čezsoči.

MATIJA ZORN



CENTRE FOR REMOTE IMAGING, SENSING AND PROCESSING, NATIONAL UNIVERSITY OF SINGAPORE

Slika 4: Posledice cunamija 26. decembra 2004 v mestu Lhoknga na zahodni obali indonezijskega otoka Sumatra. Leva slika prikazuje mesto januarju 2003, desna pa uničenje mesta po cunamiju konec decembra 2004.

prihodnjim potresom. Pri potresu leta 1998 se je pokazalo, da je bila »... obnova in ojačitev... zgradb [po potresih leta 1976, opomba avtorjev] pogosto slabo ali nepopolno izvedena...« (Godec in ostali 2006, 275). Podobno so ugotovili tudi po pretresu leta 2004 (Godec in ostali 2006, 275): »... Čeprav je bila sproščena energija potresa leta 2004 približno desetkrat manjša od tistega leta 1998, so bili poškodovani tudi objekti, ki so bili po potresu 1998 obnovljeni in ojačeni«.

Da lahko nekatere naravne nesreče povzročijo nepredstavljljive posledice, pa kaže **deseta obletnica uničujočega cunamija v jugovzhodni Aziji** (26. december 2004; slika 4), ki velja za eno najhujših naravnih nesreč v sodobni zgodovini, saj je terjala prek 200.000 žrtev (Zorn, Ciglič in Komac 2012, 72).

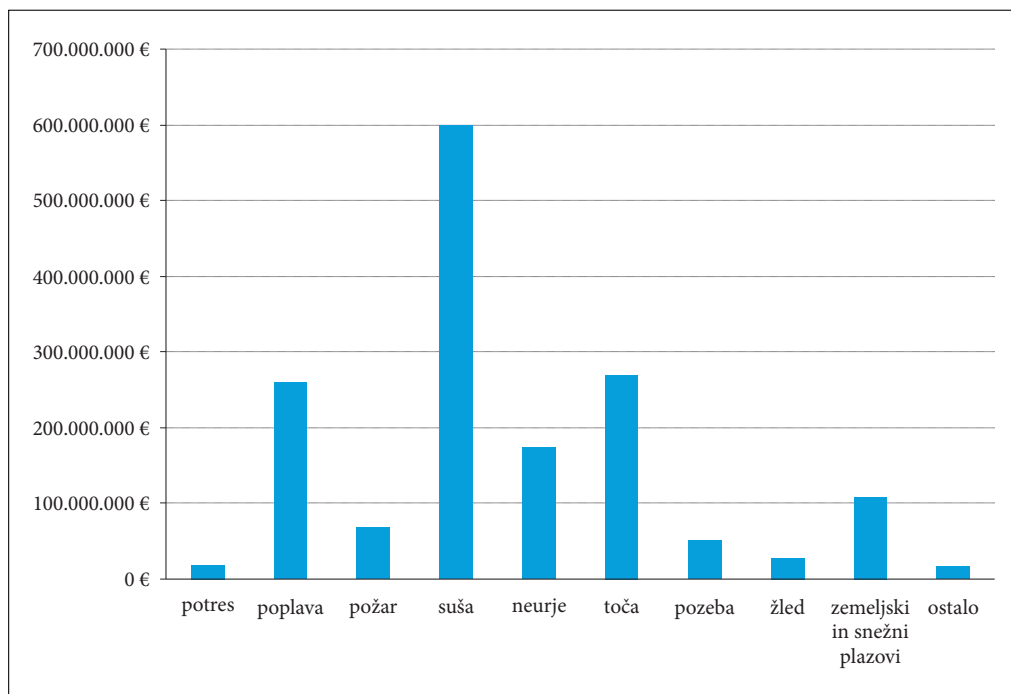
V luči povedanega je nujno medsebojno povezovanje vseh akterjev, ki delujejo na področju naravnih nesreč. To je poglavitni razlog za organizacijo že tretjega posveta »Naravne nesreče v Sloveniji«, 27. marca 2014. Dogodek smo poimenovali »Dan Bojana Ušeničnika«, v spomin na »nestorja naše preventive« (Gams 2010, 216), ki je, Ušeničnik namreč, že pred desetletji zaslužil, da je posebej za tako majhno (družbeni vidik) in izpostavljeno (naravni vidik) državo, kot je Slovenija, nujno povezovanje vseh deležnikov, ki delujejo na področju naravnih nesreč. Dokaz za njegovo držo je revija Ujma, ki že skoraj tri desetletja ohranja spomin na dogodke ter prinaša novice s področja preventive.

Nujnost povezovanja deležnikov ne izključuje odgovornosti vsakokratne vlade, da nameni večjo pozornost dolgoročni, »prekmandatni« skrbi za **prilagajanje** na prihodnje izzive na področju naravnih in drugih nesreč, posebej v sodelovanju s finančno podhranjenimi občinami, ki jim je zdaj v dobršni meri prepuščena skrb za varstvo pred naravnimi nesrečami (Gams 2010).

To poleg večje strokovne in gmotne podpore šibkim občinam vključuje skrb za izobraževanje (to je zdaj deloma urejeno le na osnovnošolski ravni; Andrejek 2010), raziskovalno dejavnost vključno s Slovensko platformo za naravne nesreče, predvsem pa podporo posameznikom in podjetjem v njihovem aktivnem prilagajanju spreminjajočim se razmeram (na primer sofinanciranje zavarovanj (kot je primer kmetijskih zavarovanj; Kmetijska ... 2014) in vpetost zavarovanj v mehanizme državne pomoči).

Le celostno naravnani ukrepi, ki bodo vključevali odgovornost in pripravljenost vseh subjektov, bodo pripomogli k večji odpornosti in **prilagojenosti** celotne slovenske družbe za naravne nesreče.

Ne nazadnje izgubimo zaradi neposredne škode ob naravnih nesreč po podatkih Statističnega urada Republike Slovenije povprečno okrog 90 milijonov evrov letno, v posameznih letih pa še znatno več.



Slika 5: Škoda zaradi naravnih nesreč v obdobju 1991–2008 po podatkih Statističnega urada Republike Slovenije (več v prispevku Zorna in Hrvatina 2014).

Poplave septembra 2007 so odnesle 233 milijonov evrov, poplave septembra 2010 prek 240 milijonov evrov, poplave jeseni 2012 373 milijonov evrov, žled in poplave pozimi 2014 pa 430 milijonov evrov. Samo škoda ob poplavih 1990 je obsegala več kot pol milijarde evrov, poplave leta 1998 pa so vzele 170 milijonov (Zorn in Komac 2011; 36; Kobold 2013, 51). V času samostojne države Slovenije (1991–2008) smo zaradi neposredne škode ob naravnih nesrečah izgubili najmanj milijardo in pol evrov (1,593 milijarde), največ zaradi suše (600 milijonov), poplav (260 milijonov) in toče (270 milijonov). Neurja so odnesla dobrih 170 milijonov evrov, plazovi (zemeljski in snežni) dobrih sto milijonov, pozebe dobrih 50 milijonov, požari 68 milijonov, žled 27 milijonov ter potresi pa 20 milijonov (slika 5).

Milijarda in pol evrov (!) neposredne škode je znesek, ob katerem zastržejo tudi ušesa, navajena na poročila o milijardnih bančnih luknjah (Černic 2013). Posebej če poudarimo, da je bila posredna škoda zaradi omenjenih naravnih nesreč še znano višja.

Če se komu še vedno zastavlja vprašanje o smiselnosti vlaganja v preventivo, je to vprašanje več kot očitno odveč. »Škoda« bi bilo, da bi zaradi neaktivnosti in **neprilagojenosti** tudi v prihodnje toliko izgubljali.

## Viri in literatura

Andrejek, O. 2010: Izbirni predmet Varstvo pred naravnimi in drugimi nesrečami. Ujma 24. Ljubljana. Bela knjiga: Prilaganje podnebnim spremembam: evropskemu okviru za ukrepanje naproti. COM(2009) 147 (1. 4. 2009). Bruselj. Medmrežje: [http://www.europarl.europa.eu/meetdocs/2009\\_2014/documents/com/com\\_com\(2009\)0147\\_/com\\_com\(2009\)0147\\_sl.pdf](http://www.europarl.europa.eu/meetdocs/2009_2014/documents/com/com_com(2009)0147_/com_com(2009)0147_sl.pdf) (17. 1. 2014).



- Černic, A. 2013: Bančna luknja je milijardni krater nacionalnega interesa. Reporter (20. 12. 2013). Medmrežje: <http://www.reporter.si/slovenija/ban%C4%8Dna-luknja-je-milijardni-krater-nacionalnega-interesa/21000> (17. 1. 2014).
- Gams, I. 2010: Varstvo pred naravnimi nesrečami – preventiva je boljša od kurative. Od razumevanja do upravljanja, Naravne nesreče 1. Ljubljana.
- Godec, M., Šket-Motnikar, B., Vidrih, R., Zupančič, P. 2006: Pregled poškodb ob potresih leta 1998 in 2004 v Zgornjem Posočju. Ujma 20. Ljubljana.
- Integral Natural Hazard Risk Management: Recommendations. Platform on Natural Hazards of the Alpine Convention. Bern, 2006. Medmrežje: [http://www.alpconv.org/en/organization/groups/WGHazards/Documents/20111221PLANALP\\_Hotspot\\_Paper.pdf](http://www.alpconv.org/en/organization/groups/WGHazards/Documents/20111221PLANALP_Hotspot_Paper.pdf) (17. 1. 2014).
- Kajfež Bogataj, L. 2012: Prilagajanje podnebnim spremembam. Ujma 26. Ljubljana.
- Kajfež Bogataj, L. 2014: Rdeči alarm. Večer 70-28, 3. 2. 2014. Maribor.
- Kmetijska zavarovanja v 2014. Ministrstvo za kmetijstvo in okolje. Ljubljana, 2014. Medmrežje: [http://www.mko.gov.si/si/medijsko\\_sredisce/novica/article//7085/5bddd90e8b8022c43089ce313f67579/](http://www.mko.gov.si/si/medijsko_sredisce/novica/article//7085/5bddd90e8b8022c43089ce313f67579/) (17. 1. 2014).
- Kobold, M. 2013: Poplave konec oktobra in v začetku novembra 2012. Ujma 27. Ljubljana.
- Kolbezen, M. 1993: Velike poplave in povodnji na Slovenskem. 3. Povodenj v porečju Savinje junija 1954. Ujma 7. Ljubljana.
- Komac, B., Lapuh, L., Nared, J., Zorn, M. 2013: Prožnost prostorskih sistemov v primeru kriznih dogodkov. Nove razvojne perspektive, Regionalni razvoj 4. Ljubljana.
- Komac, B., Pavšek, M., Zorn, M., Ciglič, R. 2011: Uvodnik: Neodgovorna odgovornost. Neodgovorna odgovornost, Naravne nesreče 2. Ljubljana.
- Komac, B., Zorn, M., Pavšek, M. 2010: Naravne nesreče – družbeni problem? Od razumevanja do upravljanja, Naravne nesreče 1. Ljubljana.
- Kuhlicke, C., Steinführer, A., Begg, C., Bianchizza C., Bründl, M., Buchecker, M., De Marchi, B., Di Masso Tarditti, M., Höppner, C., Komac, B., Lemkow, L., Luther, J., McCarthy, S., Pellizzoni, L., Renn, O., Scolobig, A., Supramaniam, M., Tapsell, S., Wachinger, G., Walker, G., Whittle, R., Zorn, M., Faulkner, H. 2011: Perspectives on social capacity building for natural hazards: Outlining an emerging field of research and practice in Europe. Environmental Science and Policy 14-7. Exeter.
- Melik, A. 1954: Vzroki in učinki povodnji v geografski luči. Geografski vestnik 26. Ljubljana
- Natek, K. 2002: Ogroženost zaradi naravnih procesov kot strukturni element slovenskih pokrajin. Dela 18. Ljubljana.
- Natek, K. 2011: Temeljni termini v geografiji naravnih nesreč. Dela 35. Ljubljana.
- Natek, M. 2005: Nekatere geografske zasnove in značilnosti pogostejših povodnji na območju Celja. Mesto v objemu voda: Poplave v Celju v 20. stoletju. Celje.
- Vidrih, R. 2008: Potresna dejavnost Zgornjega Posočja. Ljubljana.
- Zorn, M., Ciglič, R., Komac, B. 2012: Škoda in pokrajinski učinki večjih naravnih nesreč. Ujma 26. Ljubljana.
- Zorn, M., Hrvatin, M. 2014: Škoda zaradi naravnih nesreč v Sloveniji. (Ne)prilagojeni, Naravne nesreče 3. Ljubljana.
- Zorn, M., Komac, B. 2011: Škoda zaradi naravnih nesreč v Sloveniji in svetu med letoma 1995 in 2010. Acta geographica Slovenica 51-1. Ljubljana.

*Matija Zorn, Blaž Komac*

## **(NE)PRILAGOJENOST DRUŽBE NA NARAVNE NESREČE**

**dr. Blaž Komac, dr. Matija Zorn**

Znanstvenoraziskovalni center Slovenske akademije znanosti in umetnosti, Geografski inštitut Antona Melika,  
Novi trg 2, SI – 1000 Ljubljana, Slovenija

blaz.komac@zrc-sazu.si, matija.zorn@zrc-sazu.si

### IZVLEČEK

#### **(Ne)prilagojenost družbe na naravne nesreče**

Naravne nesreče so v sodobnem svetu pomemben družbeni dejavnik, ki na družbo učinkujejo tako materialno kot nematerialno. Dojemanje naravnih nesreč se je skozi zgodovino spreminjalo, spreminjala pa se je tudi prilagojenost in pripravljenost nanje. V prispevku je osvetljenih nekaj vidikov družbene (ne)prilagojenosti na naravne nesreče.

### KLJUČNE BESEDE

*naravne nesreče, prilagojenost, družba*

### ABSTRACT

#### **(Non)adaptation of society to natural disasters**

Natural disasters are an important social factor in modern world which affects society from both, material and immaterial perspective. The perception of natural disasters has changed throughout history, but also our adaptation and preparedness. The paper highlights some aspects of social (non)adaptation to natural disasters.

### KEY WORDS

*natural disasters, adaptation, society*

## 1 Uvod

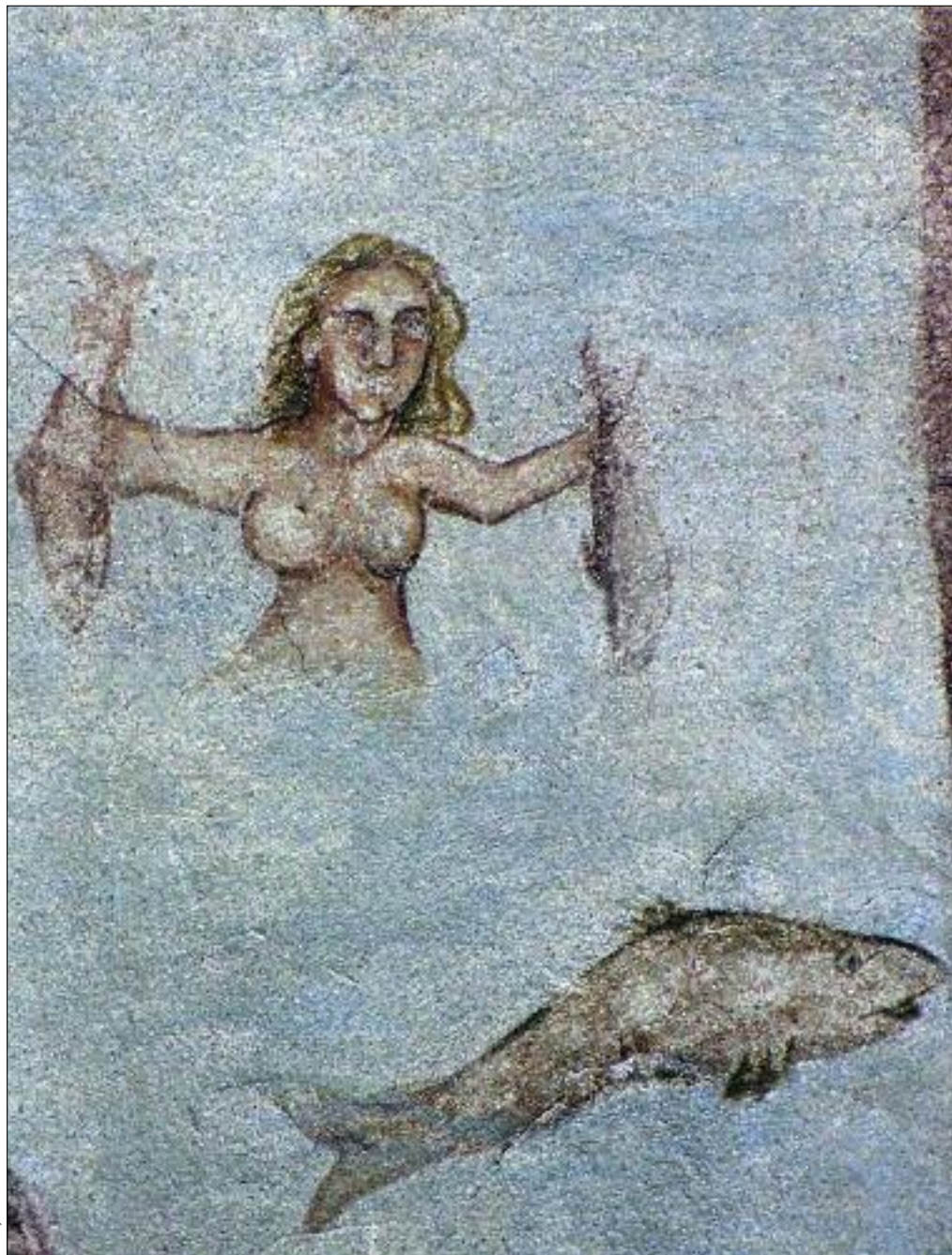
Naravne nesreče so tudi v sodobnem, od narave na videz odmaknjenem in tehniziranem svetu pomemben družbeni dejavnik (Wisner 1994; Komac, Zorn in Pavšek 2010). Ti sicer naravni procesi učinkujejo na družbo tako materialno kot nematerialno. Materialni učinki so običajno kratkoročni in obliki neposredne in posredne škode, nematerialni pa dolgoročni: – spremembe v doživljanju in ravnanju družbe. Dojemanje naravnih nesreč se je skozi zgodovino spreminjalo, posledično je prihajalo tudi do sprememb pri upravljanju naravnih nesreč, prilagojenosti in pripravljenosti nanje, s tem pa do razvoja odgovornosti (Komac in ostali 2011). Sodobna družba se pogosto kljub razmeroma veliki pogostosti naravnih nesreč ne prilagaja njihovemu prostorskemu in časovnemu obsegu, za zgodovinski razvoj pa je v grobem značilnih nekaj obdobj.

**Bog:** Prizadeti ob naravnih nesrečah so prvotno iskali odgovornost Boga oziroma nadnaravnih sil. Takšno razumevanje pokrajine in procesov v njej je na primer v krščanski tradiciji razvidno iz evangelijev, kjer se vrstijo poročila o tem, kako so naravni pojavi odvisni od Boga, na primer: »*In vstal je, zapretil vetru in rekel jezeru: »Utihni! Molči!« In veter se je polegel in nastala je globoka tišina*« (Krašovec 1996, Mr 4,39). V krščanskem svetu so dolgo le tako doživljali naravne nesreče (Creech 2013). Do večje spremembe je prišlo z renesanso, ko je prišlo do prenosa odgovornosti in s tem moči od Boga na državo (Machiavelli 2006) oziroma njene različne ustanove. Na videz nesprenmljiv, stalen svet, v katerem je vsakdo imel svoje mesto, se je spremenil v svet, v katerem so edina stalnica spremembe. Z vedno večjo individualizacijo je človek izgubil stalnost, pridobil pa večjo odgovornost.

V katoliškem izročilu (slika 1) poznamo celo vrsto priprošnjikov zoper naravne nesreče vseh vrst (Špelič 2014):

- papež Benedikt XIV. je leto dni po velikem libzonskem potresu razglasil sv. Franciška Borgio (1510–1572) za zavetnika zoper potrese (30. 9.);
- sv. Severin Noriški (–480) je zavetnik pred lakoto; prebivalce Faviana naj bi rešil pred lakoto tako, da je oznanjal evangelij bogati gospe, ki je odprla svoje žitnice, drugje pa je z molitvijo rešil pridelek na polju pred kobilicami (8. 1.).
- sv. Sholastika (480–542) je iz zgodbe, ki jo je zapisal sv. Gregor Veliki, znana kot priprošnjica zoper udar strele: »*Sholastika je prišla na obisk k svojemu bratu Benediktu. Ko se je stemnilo, se je Benedikt začel odpravljati. Sholastika je prosila Boga, naj še malo ostane in zunaj je nastal silovit vihar. Benedikt je vprašal Sholastiko, naj mu razloži, kaj je storila. Prosila sem te, da ostaneš, in mi nisi prisluhnil; to željo sem zaupala našemu dobremu Gospodu in on je mojo prošnjo uslišal.*« (10. 2.);
- sv. Florijan je znan kot zavetnik gasilcev (4. 5.);
- priprošnjica zoper nevihte je tudi sv. Valburga (710–777), po kateri je imenovano naselje na Gorenjskem. Na njeno priprošnjo naj bi potihnila nevihta na njeni morski poti v Nemčijo (25. 9.);
- sv. Jošt (u. 688; 13. 12.) je priprošnjik zoper nevihte in brodolome. Častijo ga v Angliji, Nemčiji, na Nizozemskem in v Skandinaviji;
- sv. Barnaba, ki ga omenjajo Apostolska dela (1. stoletje), je zavetnik zoper točo;
- sv. Genovefa Pariška (422–500) je priprošnjica zoper sušo. Vodila je pravo odpravo po reki Seni v iskanju hrane za sestradano ljudstvo in se vrnila s polno ladjo žita. Na njeno priprošnjo se je čudežno ustavila epidemija ergotizma, zastrupitve s plesnivimi rženimi rožički (3. 1.);
- 17. 11. goduje sv. Gregorij Čudodelnik (213–270), zavetnik zoper potrese in poplave. Sv. Makrina med drugim o njem pravi, da je v Kristusovem imenu spreminjal rečne tokove;
- sv. Brikcij, ena izmed njegovih cerkva je pod Nanosom, je zavetnik proti skalnim podorom.

Tudi na Slovenskem je razširjeno češčenje svetnikov, ki so povezani z vremenskimi pojavi. Vreme in z njim povezane naravne nesreče imajo mesto v številnih pregovorih in obredih; k obredju cvetne nedelje na primer sodi molitev v procesiji za lepo vreme in dobro letino. Znane so molitve in procesije, ki so nastale v zahvalo ali po zaobljubi ob različnih naravnih nesrečah. Tako poznamo v župnijah ljubljanske nadškofije zaobljubljeno »potresno pobožnost« v spomin na potres iz leta 1895, ki jo obha-



MATIJA ZORN

Slika 1: Upodobitev Ribe faronike na zvoniku cerkve Marijinega oznanjenja v Crngrobu. Ljudska pesem pravi: »Če bom jest z mojim repom zvila, ves svet potopljen bo; Če se bom jest na moj hrbt zvrnila, ves svet pogubljen bo.«

jajo ob veliki noči. Podobno potresno pobožnost imajo 5. junija v Mekinjah pri Kamniku in 12. aprila v Bovcu.

**Država:** Z vzpostavitvijo nacionalnih držav so prizadeti iskali odgovor(nost) države. Država je s prenosom odgovornosti pridobila tudi več moči, kar vključuje gmotna sredstva in znanje (Walker in ostali 2010). Tako so lahko državne ustanove na podlagi znanja o okolju in izkušnjah sčasoma ugotovile in kasneje določile, katera območja so primerna za bivanje in človekove dejavnosti, uredile infrastrukturo in tudi povrnile škodo zaradi naravnih nesreč (Komac in Zorn 2007).

Tak sistem odgovornosti in njenega prenosa do posameznikov deluje, dokler je na razpolago dovolj javnih sredstev oziroma dokler določenega ozemlja ne prizadene preveč večjih naravnih nesreč. V podobnem smislu deluje tudi zavarovalniški sistem (Friedman 1972).

V dobi prevlade držav je zahodnim državam uspelo razviti visoko tehnologijo, ki pomaga pri zmanjševanju učinkov naravnih nesreč, posebej tistih, ki so krajevno omejene. V zadnjem času se je izkazalo, da to ne velja za naravne nesreče velikih razsežnosti, ki so vedno pogostejše (Guha-Sapir, Hargitt in Hoyois 2004), in za nesreče kaskadnega tipa, kjer prihaja do povečevanja učinkov naravnih nesreč ob multiplikaciji naravnih (na primer potres, cunami) in družbenih (na primer jedrska elektrarna) prvin (Milošević in ostali 2013).

**Posameznik:** V zadnjem stoletju pa prihaja do prenosa odgovornosti od države do posameznika. Gre za razpršen proces, ki ni enak v vseh državah ali njih delih, niti ne velja enako za vse procese v pokrajini. Splošno gledano se v zadnji dobi zaradi vedno večje tehnizacije in individualizacije (Beck 1992), pa tudi zaradi gospodarske krize srečujemo z vedno večjo razpršenostjo odgovornosti (Wachinger in Renn 2010). Vedno večji del odgovornosti za končno sanacijo oziroma povrnitev škode prehaja na posamezne subjekte oziroma državna povračila škode obsegajo le manjši del škode (prim. Zelena ... 2013). Še več, država deloma povrne škodo le ob hkratni vključenosti subjektov v različna zavarovanja.

Sodobna družba je močno ranljiva na naravne nesreče, zaskrbljujoče pa je, da se bo ta, ob napovedanem trendu zviševanja pogostnosti (in morda jakosti) nevarnih naravnih procesov, le še povečevala (Building our nation's ... 2013; The international ... 2014).

Na področju naravnih nesreč se zrcalita dve temeljni težavi sodobne družbe. Prva je nepoznavanje, nerazumevanje in neupoštevanje jakosti in pogostosti naravnih procesov (Komac 2009). To v praksi pomeni neprilagojenost, ki se odseva v pogosti gradnji objektov na nevarnih območjih in v pomanjkanju hierarhične razvrstitve prednostnih območij sanacije oziroma preventivnih dejavnosti. Druga težava izhaja iz prve: to je popolna izoliranost vsakdanjega življenja prebivalcev od resničnih naravnih razmer (Kunreuther, Meyer in Michel-Kerjan 2009). Posledice te izoliranosti, ki povzročajo kratkoročno delovanje, vidimo pri vsaki večji naravni nesreči, ko prizadeti na eni strani kar nekaj časa ne dojamajo resničnih razsežnosti problema in zato ne ukrepajo pravočasno, na drugi strani pa vidimo težave pri komunikaciji posameznikov med seboj in z različnimi družbenimi (tudi državnimi) strukturami, ki nosijo del odgovornosti (Granger Morgan in ostali 2002; Fischhoff 2006; Höppner, Buchecker in Bründl 2010).

Cela vrsta dejavnosti sodobne družbe, ki imajo učinke v prostoru, na čelu s prostorskim načrtovanjem, ne sledi poznavanju naravnih procesov, temveč željam in potrebam potrošniške družbe. Zanj pa je značilno ravno to, da za uspešno delovanje v njej ne potrebujemo nikakršnega učenja o naravnih procesih, še manj pa priprav ali treninga kot preventivnih dejavnosti. Posledice neprilagojenosti na življenje v resnični pokrajini oziroma posledice življenja v takšni namišljeni pokrajini (Urbanc 2012) so vidne šele ob večjih naravnih nesrečah, ki prizadenejo infrastrukturo in nam tako pokažejo našo neposredno odvisnost od naravnih pojavov in procesov.

Prenos odgovornosti na posameznika torej ima pomembne geografske posledice. Prenosa odgovornosti namreč ni spremljal prenos moči, ki še vedno ostaja v strukturah, ki so povečini povezane z državo oziroma njenimi podrejenimi prostorskimi enotami. Posameznik tudi ne poseduje dovolj znanja z vseh področij za kompetentno delovanje v vedno bolj kompleksnem globalnem prostoru. Posameznik se zato sam ni zmožen soočati z naravnimi procesi in njihovimi posledicami. Ker je danes nujno sode-

lovanje različnih vrst in večjega števila deležnikov kot v preteklosti, je kljub sodobnim komunikacijskim medijem oteženo komuniciranje in odločanje o skupnih zadevah (Mythen 2005).

Za individualizirano in informatizirano družbo, v kateri se posameznik vsak dan sreča z množico novic z vsega sveta, je značilna izguba spomina oziroma izrazito kratkoročen spomin na naravne pojave, tudi tiste iz bližnje okolice. Po desetih letih se velikih naravnih nesreč iz domače pokrajine spominja le še približno polovica prebivalstva (Komac 2009).

## 2 Nekaj primerov

Pomembna posledica individualizacije je vedno večja občutena in tudi realna ogroženost posameznikov (Mythen 2005), ki so vedno manj prilagojeni naravnim procesom. Zaradi tega so učinki naravnih nesreč veliki zlasti v gosto poseljenih pokrajinah, kot so velika mesta. Iz zgodovine poznamo kar nekaj primerov uničenja večjih mest, celo civilizacij (Migoń 2013, 136). V Svetem pismu je opis uničenja Sodome in Gomore, mest ob jugovzhodni obali Mrtvega morja, katerega opis je verjetno spomin na močan potres, ob katerem so se utekočinili rečni nanosi, zemeljski plazovi pa so mesti »odplaknili« v Mrtvo morje (glej Zorn in Komac 2007, 100–102). Piroklastični tokovi so po izbruhu Vezuva leta 79 uničili Pompeje (slika 2) in Herculaneum, tokovi lave pa so v prvem stoletju uničili versko središče Cuicul na območju današnjega Ciudad de México (Migoń 2013, 136). Ognjeniški izbruh na otoku Santorin je v 15. stoletju pr. Kr. posredno (prek cunamija) prispeval k zatonu minojske civilizacije na Kreti (Haddingham 2008). Pripisujejo mu celo izginotje Atlantide kot »zibelke zahodne civilizacije« (Tschoegl 1972). Propad nekaterih kultur povezujemo s podnebnimi spremembami, na primer majevske (8.–11. stolet-



Slika 2: Verjetno najbolj znan primer uničenja mesta zaradi ognjeniškega izbruha je uničenje rimskega mesta Pompeji pod ognjenikom Vezuv v južni Italiji.

ROK CIGLIČ



MATIJA ZORN

*Slika 3: Značilna poškodba na hišah v Bovcu, nastala ob potresu leta 1998.*



MATIJA ZORN

*Slika 4: Drobirski tok v Logu pod Mangartom (desno: mesto sprožitve plazu Stovžje, levo: odloženo gradivo v Logu pod Mangartom; posnetek je nastal 25. avgusta 2001).*

je) v Srednji Ameriki ali vikiške (13.–14. stoletje) na Grenlandiji (Diamond 2007). Propadanje prve se povezuje tudi s pospešeno erozijo (Beach in ostali 2006).

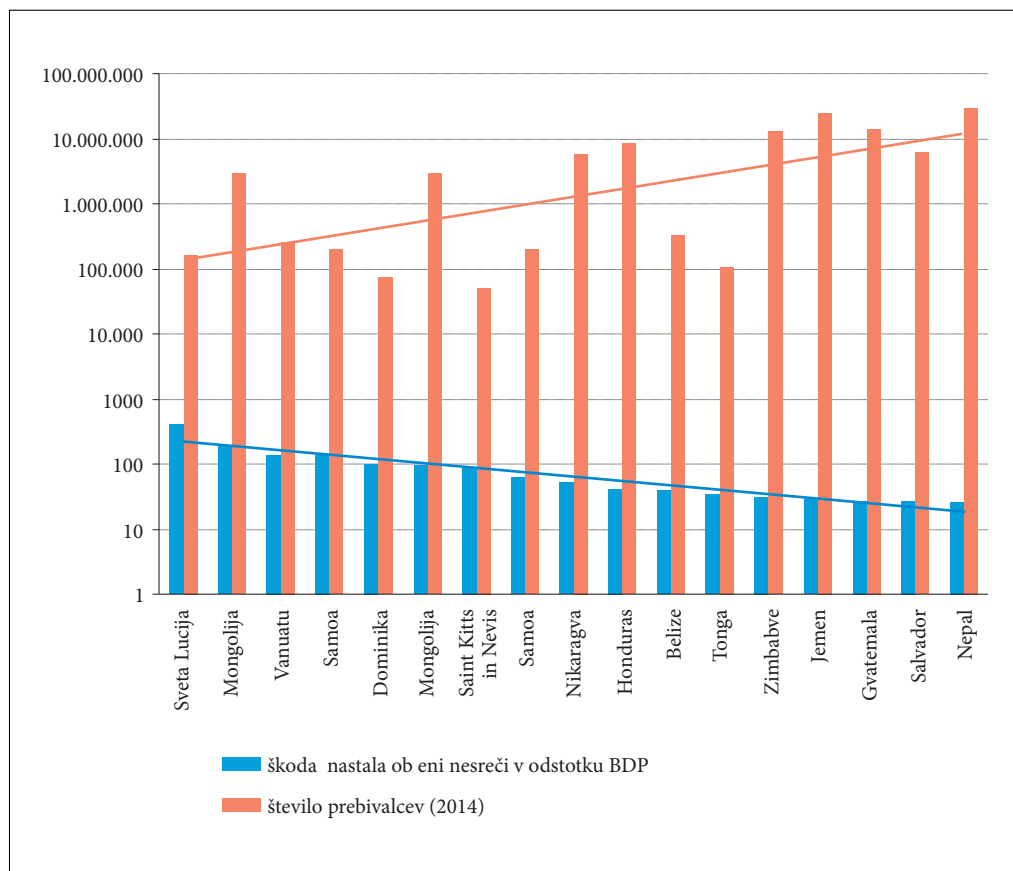
V sodobni pokrajini posledice naravnih nesreč opazujemo na ravni držav, izgube zaradi naravnih nesreč pa primerjamo z letnim bruto družbenim proizvodom. Za nekaj primerov smo tako zbrali podatke o škodi in vrednosti obnove. Zgornje Posočje so v zadnjih desetletjih prizadeli trije potresi (Kristan 2003; Vidrih 2008). Leta 1976 sta potresa z magnitudo 6,5 in 6,1 povzročila za 785 milijonov evrov škode. Obnova je bila ocenjena na 520 milijona evrov. Škoda zaradi potresa z magnitudo 5,6, ki je leta 1998 prizadel Zgornje Posočje (slika 3), je obsegala približno 15 milijonov evrov (Ocena ... 1998); 40 % sredstev za obnovo stavb so prispevali prebivalci in podjetja sami. Bovško je leta 2004 strel potres z magnitudo 4,9, ki je povzročil za skoraj 10 milijona evrov škode (Ocenjena ... 2010). Obnovo v višini 68 milijonov evrov je financirala država. Tudi italijansko mesto L'Aquila je leta 2009 strel potres z magnitudo 5,9, ki je povzročil za 12 milijonov evrov škode (Cecić in Godec 2010). Potres z magnitudo 9 na Japonskem leta 2011, ki mu je sledil cunami, pa je glede na prek dvesto milijardno dolarsko škodo največja naravna nesreča v zadnjih slabih dveh desetletjih na svetu (prim. Zorn in Komac 2011; Zorn, Ciglič in Komac 2012). Drobirski tok v Logu pod Mangartom novembra 2000 (slika 4; Komac 2001; Zorn in Komac 2002; Komac in Zorn 2007) je povzročil za 31,7 milijonov evrov škode. Obnova po nesreči je trajala celo desetletje, vaščani pa so v nesreči izgubili zaslužek dveh generacij (Komac in ostali 2013, 39).

Potresi v Sloveniji v letih 2004, 1998 in 1976 so prizadeli 3000, 10.000 oziroma 20.000 prebivalcev, potres v L'Aquili 66.000 in potres na Japonskem 150.000 prebivalcev. Škoda pri omenjenih potresih je obsegala 0,2–10 letnih dohodkov prizadetih prebivalcev, drobirski tok pa je letne dohodke prebivalcev Loga pod Mangartom presegal kar za 60-krat (Komac in ostali 2013, 39).

*Preglednica 1: Majhne (predvsem otoške) države so ranljive predvsem zaradi vremenskih neurij. Razmerje škod glede na BDP po izrednih dogodkih, kot jih kaže preglednica, močno vpliva na razvoj držav. Honduras naj bi zaradi orkana leta 1998 zaostal v razvoju za vsaj dvajset let (Guha-Sapir, Hargitt in Hoyois 2004, 43–44; The world ... 2014).*

država	leto	naravna nesreča	škoda v odstotku BDP preteklega leta	število prebivalcev (po podatkih za leto 2014)
Sveta Lucija	1988	orkan	413	162.781
Mongolija	1996	požar	192	2.912.192
Vanuatu	1985	tropski ciklon	139	261.565
Samoa	1991	tropski ciklon	138	195.476
Dominika	1979	orkan	99	73.286
Mongolija	2000	zimsko neurje	97	2.912.192
Saint Kitts in Nevis	1995	orkan	89	51.134
Samoa	1990	tropski ciklon	62	195.476
Nikaragva	1998	orkan	51	5.788.531
Honduras	1998	orkan	42	8.448.465
Belize	2000	orkan	39	334.297
Tonga	1982	tropski ciklon	34	106.322
Zimbabve	1982	suša	31	13.182.908
Jemen	1996	poplava	28	25.338.458
Gvatemala	1976	potres	27	14.373.472
Salvador	1986	potres	27	6.108.590
Nepal	1987	poplava	26	30.430.267



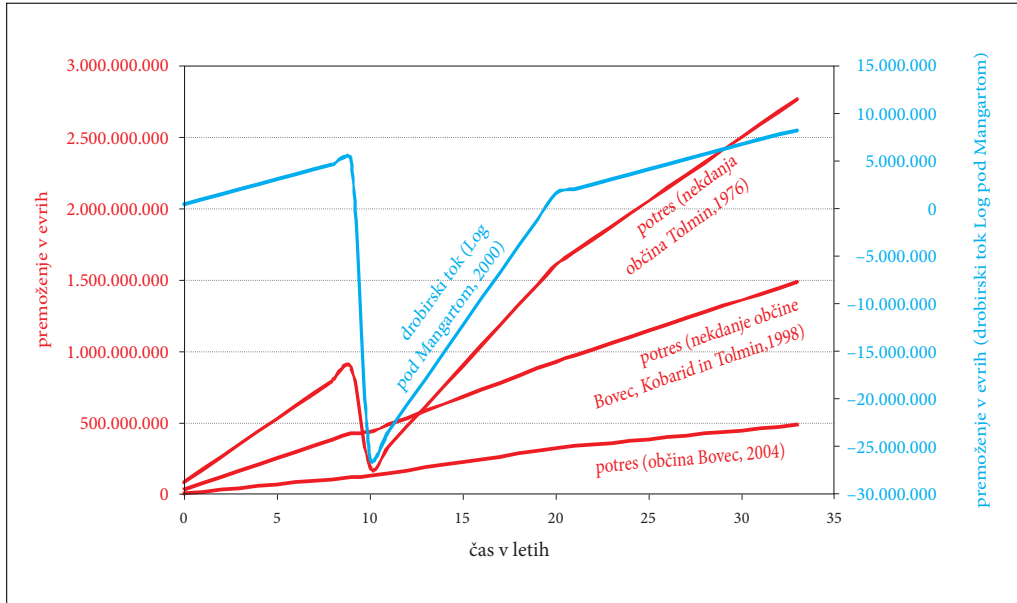


Slika 5: Nasprotna odvisnost med številom prebivalcev (velikostjo države) in deležem škode glede na BDP po izrednih dogodkih (na podlagi preglednice 1).

Teh nekaj primerov kaže, da majhne skupnosti v odročnih, gospodarsko manj razvitih krajih s šibko infrastrukturo same težko nosijo breme večjih naravnih nesreč (Simmie in Martin 2010). Podobno velja za manjše države (preglednica 1; slika 5). Takšne skupnosti so navznoter lahko zelo povezane, homogene in trdne, vendar se same ne morejo soočiti z naravnimi procesi, ki imajo nekajkrat večje učinke od njihove prožnosti.

### 3 Sklep

Sodobne pokrajine se srečujejo s hitrimi in nenadnimi, ter zato presenetljivimi spremembami (Kuhlicke 2013), ki vplivajo na zmožnost družbe (na primer Kuhlicke in ostali 2013), da se sooča s takšnimi izzivi. Tako imenovana prožnost družbe (Building ... 2013; Komac in ostali 2014) je nizka zaradi vedno večje stopnje individualizacije. V tem smislu so posebej izpostavljene majhne družbene skupne, ki so slabo povezane z večjimi, na primer odročni kraji v vzpetih pokrajinah. Na primerih iz Slovenije ugotavljamo, da je mejna nosilnost prostorskih sistemov v slovenskih alpskih pokrajinah približno 25 % letnih dohodkov (Komac in ostali 2013, 39).



Slika 6: Model, po katerem izbrano regijo po desetih letih s povprečnimi prihodki prizadene naravna nesreča – primer potresov v Zgornjem Posočju in drobirskega toka v Logu pod Mangartom, ki povzroči padec vrednosti premoženja, v naslednjem desetletju pa zaradi učinkov obnove sledi strmejša rast prihodkov. Na sekundarni osi z negativnimi vrednostmi izpostavljamo podatke za drobirski tok v Logu pod Mangartom. V modelu so uporabljeni podatki o povprečnih prihodkih ter vrednosti o škodi in desetletni obnovi.

Običajno pride v večjih pokrajinah (ob upoštevanju letnega zaslužka prebivalcev, škode in desetletje trajajoče obnove) ob zunanji pomoči do vzpostavitve enakega ali vsaj podobnega stanja, kot je bil pred nesrečo, že v nekaj letih, izjemoma v desetletji. V primeru drobirskega toka v Logu pod Mangartom bo do vzpostavitve stanja pred nesrečo kljub izdatni pomoči trajalo skoraj 20 let (slika 6; Komac in ostali 2013, 41).

Poškodbe ob naravnih nesrečah težko preprečimo, saj se naselji ne da enostavno prestaviti na varnejša območja. Najpogosteje se zato odločimo za varovalne gradbene ukrepe, s katerimi želimo zmanjšati ogroženost in ranljivost.

Mnogo zgodovinskih mest je na primer nastalo na potresno aktivnih območjih (na primer Carigrad, Atene, Ciudad de México, Kjoto, Cuzco, Katmandu) ali ob obalah, ki jih ogrožajo cunamiji (na primer jugovzhodna Azija, Japonska, Čile). Številna so nastala na plazovitih območjih ali na območjih poplav (Zorn in Komac 2014). V Sloveniji so ogrožena predvsem naselja v vzpetih pokrajinah (zemeljski plazovi, skalni podori) in naselja na poplavnih območjih.

Posledice naravnih nesreč lahko blažimo, a uničenja ne moremo povsem preprečiti (Migoñ 2013, 139–140). Poleg tega v prihodnje zaradi podnebnih sprememb pričakujemo povečanje števila ter intenzivnost vremensko pogojenih naravnih nesreč (Will in Meier 2007, 9; The international ... 2014). Za uspešnejše soočanje s prihodnjimi naravnimi nesrečami je pomembno, da dosledno izvajamo zakone na področju prostorskega načrtovanja ter dolgoročno skrbimo za zniževanje ranljivosti posameznikov in različnih družbenih skupin (večja povezanosti ljudi, skrb za ranljive skupine). Pri gradbenih in negradbenih ukrepih je nujen večji poudarek na preventivi, predvsem izobraževanju, raziskovanju in inovacijah.

## 4 Viri in literatura

- Beach, T., Dunning, N., Luzzadder-Beach, S., Cook, D. E., Lohse, J. 2006: Impacts of the ancient Maya on soils and soil erosion in the central Maya Lowlands. *Catena* 65-2. Amsterdam.
- Beck, U. 1992: *Risk Society: Toward a New Modernity*. London.
- Building Our nation's Resilience to Natural Hazards. Sydney, 2013. Medmrežje: <http://australianbusiness-roundtable.com.au/assets/documents/White%20Paper%20Sections/DAE%20Roundtable%20Paper%20June%202013.pdf> (28. 2. 2014).
- Cecić, I., Godec, M. 2010: Potres pri L'Aquili (srednja Italija) 6. aprila 2009. Ujma 24. Ljubljana.
- Creech, M. H. 2013: Natural Disasters: Does God Want our Attention? *The Christian post*. Medmrežje: <http://www.christianpost.com/news/natural-disasters-does-god-want-our-attention-97188> (5. 2. 2014).
- Diamond, J. 2007: Propad civilizacij: Kako družbe izberejo pot do uspeha ali propada. Tržič.
- Fischhoff, B. 2006: Risk perception and communication unplugged: twenty years of process. *Risk Analysis* 15-2. New York.
- Friedman, D. G. 1972: Insurance and the natural hazards. *International Journal for Actuarial Studies in Non-life Insurance and Risk Theory*. Amsterdam.
- Granger Morgan, M., Frischhoff, B., Bostrom, A., Atman, C. J. 2002: *Risk Communication – Mental Model Approach*. Cambridge.
- Guha-Sapir, D., Hargitt, D., Hoyois, P. 2004: Thirty years of natural disasters 1974–2003: The numbers. Bruselj.
- Hadingham, E. 2008: Did a tsunami wipe out a cradle of western civilization? *Discover Magazine* (4. 1. 2008). Medmrežje: <http://discovermagazine.com/2008/jan/did-a-tsunami-wipe-out-a-cradle-of-western-civilization#.UfGGIW1oXQs> (25. 7. 2013).
- Höppner, C., Buchecker, M., Bründl, M. 2010: Risk communication and natural hazards. Poročilo 5 projekta CapHaz-Net. Medmrežje: [http://caphaz-net.org/outcomes-results/CapHaz-Net\\_WP5\\_Risk-Communication2.pdf](http://caphaz-net.org/outcomes-results/CapHaz-Net_WP5_Risk-Communication2.pdf) (5. 2. 2014).
- Komac, B. 2001: Geografski vidiki nesreče. Ujma 14-15. Ljubljana.
- Komac, B. 2009: Družbenogeografski spomin in naravnogeografski spomin na naravne nesreče. *Acta geographica Slovenica* 49-1. Ljubljana.
- Komac, B., Lapuh, L., Nared, J., Zorn, M. 2014: Prožnost prostorskih sistemov v primeru kriznih dogodkov. Nove razvojne perspektive, Regionalni razvoj 4. Ljubljana.
- Komac, B., Pavšek, M., Zorn, M., Ciglič, R. 2011: Uvodnik: Neodgovorna odgovornost. Neodgovorna odgovornost, Naravne nesreče 2. Ljubljana.
- Komac, B., Zorn, M. 2007: Pobočni procesi in človek. *Geografija Slovenije* 15. Ljubljana.
- Komac, B., Zorn, M., Pavšek, M. 2010: Naravne nesreče – družbeni problem? Od razumevanja do upravljanja, Naravne nesreče 1. Ljubljana.
- Krašovec, J. (ur.) 1996: *Sveto pismo Stare in Nove zaveze, slovenski standardni prevod iz izvirnih jezikov*. Ljubljana.
- Kristan, M. 2003: *Sistemska ureditev reševanja posledic elementarnih nesreč v Sloveniji*. Diplomsko delo, Ekonomska fakulteta Univerze v Ljubljani. Ljubljana.
- Kuhlicke, C. 2013: Resilience: a capacity and a myth: findings from an in-depth case study in disaster management research. *Natural Hazards* 67. Dordrecht.
- Kuhlicke, C., Steinführer, A., Begg, C., Bianchizza C., Bründl, M., Buchecker, M., De Marchi, B., Di Masso Tarditti, M., Höppner, C., Komac, B., Lemkow, L., Luther, J., McCarthy, S., Pellizzoni, L., Renn, O., Scolobig, A., Supramaniam, M., Tapsell, S., Wachinger, G., Walker, G., Whittle, R., Zorn, M., Faulkner, H. 2011: Perspectives on social capacity building for natural hazards: Outlining an emerging field of research and practice in Europe. *Environmental Science and Policy* 14-7. Exeter.
- Kunreuther, H., Meyer, R., Michel-Kerjan, E. 2009: Overcoming decision biases to reduce losses from natural catastrophes. Medmrežje: [http://opim.wharton.upenn.edu/risk/library/C2009\\_HK,RJM,EMK.pdf](http://opim.wharton.upenn.edu/risk/library/C2009_HK,RJM,EMK.pdf) (5. 2. 2014).

- Machiavelli, N. 2006: Vlada. Ljubljana.
- Migoñ, P. 2013: Cultural heritage and natural hazards. Encyclopedia of Natural Hazards. Dordrecht.
- Milošević, Z., Vesković, M., Gavrilov, M. B., Lukić, T., Marković, S. B. 2013: Using natural disasters to instigate radical policy changes – the effect of Fukushima nuclear power plant accident on nuclear energy policies. Acta geographica Slovenica 53-1. Ljubljana.
- Mythen, G. 2005: Employment, individualization and insecurity: rethinking the risk society perspective. The Sociological Review 53-1. Oxford.
- Ocena škode po potresu 12. 4. 1998. Vlada Republike Slovenije, 19. 5. 1998. Medmrežje: [http://www.dz-rs.si/wps/portal/Home/deloDZ/zakonodaja/izbranZakonAkt?uid=C12563A400339077C125661A00396AC6&db=kon\\_zak&mandat=II&tip=doc](http://www.dz-rs.si/wps/portal/Home/deloDZ/zakonodaja/izbranZakonAkt?uid=C12563A400339077C125661A00396AC6&db=kon_zak&mandat=II&tip=doc) (6. 2. 2014).
- Ocenjena škoda, ki so jo povzročile elementarne nesreče. Statistični urada Republike Slovenije. Ljubljana, 2010. Medmrežje: [http://www.stat.si/pxweb/Databse/Okolje/27\\_okolje/05\\_Nesrece/27089\\_ocenjena\\_skoda/27089\\_ocenjena\\_skoda.asp](http://www.stat.si/pxweb/Databse/Okolje/27_okolje/05_Nesrece/27089_ocenjena_skoda/27089_ocenjena_skoda.asp) (17. 11. 2013).
- Simmie, J., Martin, R. 2010: The economic resilience of regions: towards an evolutionary approach. Cambridge Journal of Regions, Economy and Society 3. Cambridge.
- Špelič, M. (ur.) 2014: Magnificat 1-2. Ljubljana.
- The international disaster database. Bruselj, 2014. Medmrežje: <http://www.emdat.be> (27. 2. 2014)
- The World CIA Factbook. Medmrežje: <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/> (28. 2. 2014).
- Tschoegl, N. 1972: Atlantis: Cradle of western civilization. Engineering and Science 35-7.
- Urbanc, M. 2012: Reprezentacije kulturne pokrajine v besedilih o slovenski Istri. Annales, Series historia et sociologia 22-1. Koper.
- Vidrih, R. 2008: Potresna dejavnost Zgornjega Posočja. Ljubljana.
- Wachinger, G., Renn, O. 2010: Risk perception and natural hazards. Poročilo 3 projekta CapHaz-Net. Medmrežje: [http://caphaz-net.org/outcomes-results/CapHaz-Net\\_WP3\\_Risk-Perception2.pdf](http://caphaz-net.org/outcomes-results/CapHaz-Net_WP3_Risk-Perception2.pdf) (5. 2. 2014).
- Walker, G., Whittle, R., Medd, W., Watson, N. 2010: Risk governance and natural hazards. Poročilo 2 projekta CapHaz-Net. Medmrežje: [http://caphaz-net.org/outcomes-results/CapHaz-Net\\_WP2\\_Risk-Governance2.pdf](http://caphaz-net.org/outcomes-results/CapHaz-Net_WP2_Risk-Governance2.pdf) (5. 2. 2014).
- Will, T., Meier, H.-R. 2007: Cultural heritage and natural disasters: risk preparedness and the limits of prevention. Heritage at Risk: Cultural Heritage and Natural Disasters Risk Preparedness and the Limits of Prevention. Dresden.
- Wisner, B. 1994: At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability and Disasters. New York.
- Zelena knjiga o zavarovanju pred naravnimi nesrečami in nesrečami, ki jih povzroči človek. COM(2013) 213 (16. 4. 2013). Bruselj. Medmrežje: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2013:0213:FIN:SL:PDF> (17. 1. 2014).
- Zorn, M., Ciglič, R., Komac, B. 2012: Škoda in pokrajinski učinki večjih naravnih nesreč. Ujma 26. Ljubljana.
- Zorn, M., Komac, B. 2002: Pobočni procesi in drobni tok v Logu pod Mangartom. Geografski vestnik 74-1. Ljubljana.
- Zorn, M., Komac, B. 2007: Naravni procesi v svetih knjigah. Geografski vestnik 79-2. Ljubljana.
- Zorn, M., Komac, B. 2011: Škoda zaradi naravnih nesreč v Sloveniji in svetu med letoma 1995 in 2010. Acta geographica Slovenica 51-1. Ljubljana.
- Zorn, M., Komac, B. 2014: Naravne nesreče in kulturna dediščina. CAPACities 2. Ljubljana. (v tisku)



## VODNA INFRASTRUKTURA V SLOVENIJI: KAKO DO OCENE REALNEGA STANJA?

**mag. Jošt Sodnik**

Vodnogospodarsko podjetje d. d., Ulica Mirka Vadnova 5, SI – 4000 Kranj in Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Jamova cesta 2, SI – 1000 Ljubljana, Slovenija  
jost.sodnik@vgp-kranj.si

**Blaž Kogovšek, dr. Matjaž Mikoš**

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Jamova cesta 2, SI – 1000 Ljubljana, Slovenija  
blaz.kogovsek@gmail.com, matjaz.mikos@fgg.uni-lj.si

### IZVLEČEK

#### **Vodna infrastruktura v Sloveniji: kako do ocene realnega stanja?**

V prispevku so obravnavane poplave kot ena od vrst naravnih nesreč, ki se pojavljajo v Sloveniji in povzročajo gromotno škodo. Podana sta pregled škode na vodni infrastrukturi v preteklih poplavnih dogodkih in podatki o objektih vodne infrastrukture v Sloveniji. Na podlagi popisa infrastrukture na testnih odsekih dveh vodotokov je prikazano neskladje uradnih podatkov glede števila objektov in vrednosti vodne infrastrukture ter podana ocena realnega števila in vrednosti objektov vodne infrastrukture. Ker je vrednost infrastrukture praviloma osnova za določanje sredstev za vzdrževanje, je podan pregled sredstev za vzdrževanje v preteklem desetletju in izračunan predlog višine sredstev, določen na podlagi novega števila in vrednosti objektov vodne infrastrukture.

### KLJUČNE BESEDE

poplave, naravne nesreče, protipoplavni ukrepi, vzdrževanje, vodna infrastruktura, preventiva, Slovenija

### ABSTRACT

#### **Water infrastructure in Slovenia: how to estimate real situation?**

The article deals with flooding as one of the types of natural disasters that occur in Slovenia and is causing material damage. Reviews of damage to the water infrastructure in the past flood events and data on water infrastructure facilities in Slovenia are given. Based on the inventory of infrastructure on test sections of two watercourses an inconsistency of official data on the number of objects of and the value of water infrastructure is shown, and an assessment of the real number and the real value of water infrastructure facilities are given. Since the value of infrastructure is generally the basis for allocating resources for maintenance, an overview of resources for maintenance in the past decade is provided, and a proposal for future funding is provided taking into account the new number of and the value of water infrastructure facilities.

### KEY WORDS

floods, natural disasters, flood safety measures, maintenance, water infrastructure, prevention, Slovenia

## 1 Uvod

Slovenija se zaradi geografske lege in z njo povezanih podnebnih značilnosti sooča z različnimi naravnimi nesrečami, ki se dogajajo v različnih obdobjih leta. Hudourniške, rečne, dolinske, kraške in druge oblike poplav in z njimi povezana erozija so ena od izrednih naravnih dogodkov, ki so v zadnjem času pogosto prizadeli različne dele Slovenije. Poleg številnih večjih in lokalnih poplav v preteklosti smo od leta 2007 imeli več obsežnih katastrofalnih poplav, ki so prizadele istočasno več območij v Sloveniji. Poplave 18. septembra 2007 so močno prizadele območje Železnikov, Krope, Bohinja ter območje občin Cerkljeva in Idrija (Sodnik 2007; Mikoš 2007a; Rusjan s sodelavci 2009), leta 2009 so poplave 20. junija prizadele širše območje Celjskega in območje Zgornje Save, kjer je bilo najhujše na območju Javorniškega Rovta, decembra 2009 pa so t. i. božične poplave najbolj prizadele območje Bohinja in še enajst drugih gorenjskih občin. Poplave so med 17. in 20. septembrom 2010 prizadele tretjino Slovenije. Najhujše je bilo v njenem osrednjem delu oziroma na območju Ljubljane, Celja z Laškimi in v Zasavju. Posledice poplav so bile občutne tudi na območju Vipavske doline, v dolini spodnje Krke in na kraških poljih Dolenjskega krasa.

Novembra 2012 so poplave prizadele praktično celotno območje Slovenije. Najhujše bilo na porečju Drave, kjer je bilo tudi največ škod. Obsežne poplave so zajele območje reke Drave, Savinje v zgornjem toku, Meže, Mislinje, Soče, Save Bohinjke in Save Dolinke. Padavine, ki so v presledkih zajele Slovenijo en teden prej, med 26. 10. in 28. 10. 2012, so dodobra namočile tla, tako da so že manjše količine padavin povzročale visoke odtokove rek in marsikje tudi poplavljalne (ARSO 2012a).

S tem nizom izrednih dogodkov v preteklih nekaj letih se seveda poplave v Sloveniji ne bodo končale; najstarejši zapis poplav na Ljubljanskem Barju je nastal leta 1190 (Mikoš s sodelavci 2004).



Slika 1: Razdejanje v Kropi po poplavah septembra 2007.

Ob takih izrednih dogodkih se zaradi vedno bolj omejenih finančnih sredstev države in lokalnih skupnosti (občin) vedno znova pojavlja vprašanje ali je pomembneje krepiti sistem zaščite in reševanja ali vlagati v preventivo, kakovostno po-poplavno sanacijo in vzdrževanje vodotokov (Mikoš 2009).

Le s svojim neprekinjenim preventivnim delovanjem in pripravljenostjo na poplave in druge vrste izrednih naravnih dogodkov lahko dosežemo razmere, da ne bomo več neprilagojeni, ko se bomo naučili sobivati s poplavami, preobiljem voda in s sušami kot pomanjkanjem voda in se jim prilagajati na sprejemljiv način za gospodarski razvoj na eni strani in varstvo narave na drugi strani. Pomemben aktivni ukrep varstva pred poplavami sta gradnja in vzdrževanje vodne infrastrukture. Ker v obdobju nastajanja tega prispevka dobivamo s strani države pred sebo natančnejši popis vodne infrastrukture v Sloveniji, se v prispevku osredotočamo na nujnost njenega kakovostnega vzdrževanja z namenom ohranjanja obstoječe (še vedno ne dovolj visoke!) ravni varstva pred poplavami.

## 2 Poplave kot naravne nesreče

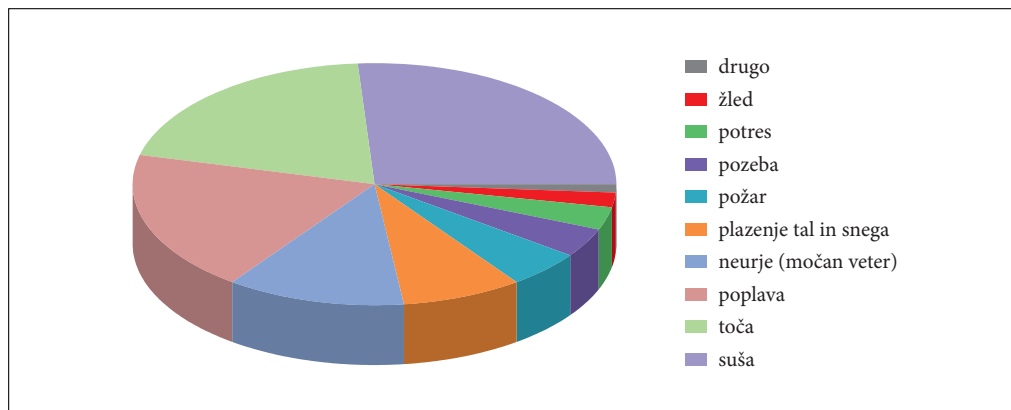
Poplave so naravna danost Slovenije (Mikoš s sodelavci 2004) in predstavljajo tisto vrsto naravnih nesreč, ki so v zadnjih letih zaradi večkratnega pojavljanja in svoje intenzivnosti stopile v ospredje in so pogosto tema razprav v strokovni in širši javnosti. Po podatkih Statističnega urada Republike Slovenije iz leta 2009 poplave predstavljajo 19 % delež nastale škode zaradi naravnih nesreč (v obdobju 1994–2008; slika 2).

Na sliki 3 je prikazan delež ocenje škode v primerjavi z bruto domačim proizvodom Slovenije za obdobje 1994–2008, pri čemer je posebej prikazan delež škode zaradi suše in poplav.

Glede na dogodke v obdobju od 2008 do 2013 (obdobje nastajanja tega prispevka), ko je bilo v Sloveniji več izrednih poplavnih dogodkov z obsežno škodo, lahko predvidevamo, da poplave predstavljajo še večji delež v primerjavi z ostalimi naravnimi nesrečami, kot pa je prikazano na sliki 3 za obdobje 1994–2008.

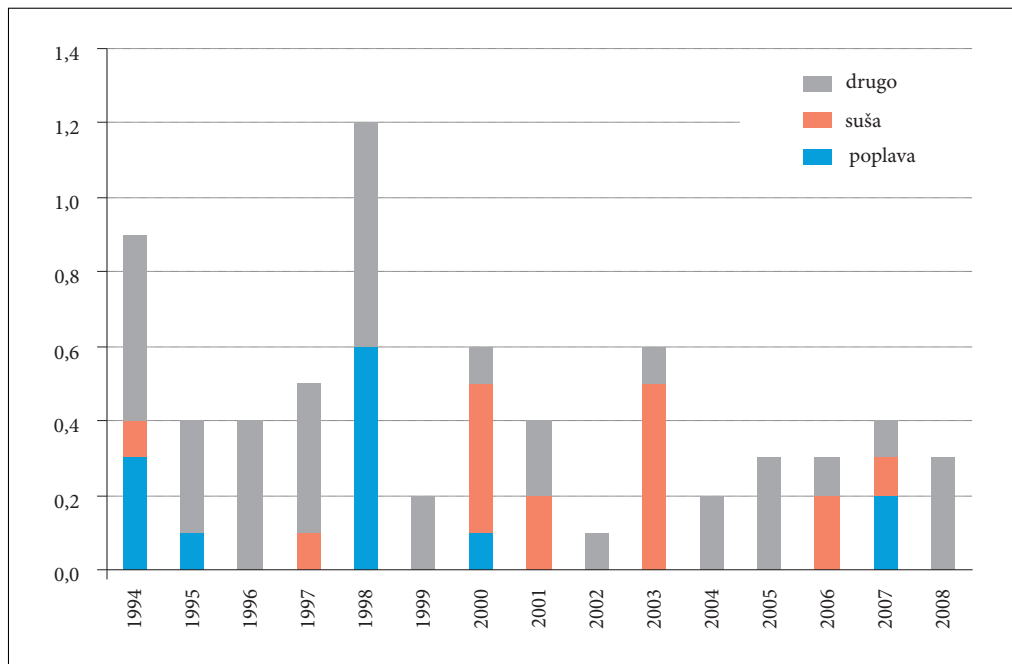
## 3 Poplave in škoda na vodni infrastrukturi

V nadaljevanju podajamo prikaz škode na vodni infrastrukturi in priobalnih zemljiščih v letih 2007 do 2012 zaradi poplav. Ob tem poudarjamo, da gre za podatke o škodi na vodni infrastrukturi in prio-



Slika 2: Delež posameznih naravnih nesreč glede na povzročeno škodo v Sloveniji za obdobje 1994–2008) (Medmrežje 2).





Slika 3: Primerjava ocenjene škode in BDP v Sloveniji (Medmrežje 1).

balnih zemljiščih in ne za podatke o celotni škodi, ki vključujejo tudi škodo na ostali infrastrukturi in zasebni lastnini, ter je zato še znatno večja.

*Preglednica 1: Ocena škode na vodni infrastrukturi ter vodnih in priobalnih zemljiščih (Kogovšek 2013 po ARSO 2012b; Brložnik 2012; Statistični ... 2012).*

leto	ocena poplavne škode na vodni infrastrukturi ter vodnih in priobalnih zemljiščih (€)	BDP (mio €)	delež BDP, ki ga zavzemajo poplavne škode (%)
2007	91.478.924	34.594	0,264
2009	23.257.975	35.556	0,065
2010	116.842.547	35.607	0,328
2012	194.526.745	35.700	0,545
<b>skupaj</b>	<b>426.106.191</b>		

## 4 Vodna infrastruktura v sloveniji

Vodna infrastruktura v Sloveniji ni povsem podrobno popisana oziroma se kataster vodne infrastrukture v skladu z zahtevami Zakona o vodah (2002) v letu 2013 še vedno dopolnjuje. Kljub temu je podana uradna ocena vrednosti, ki znaša 724.185.044 evrov (Globevnik 2012). Vodna infrastruktura v Sloveniji naj bi tako obsegala 9588 vodnih objektov, ki so glede na kategorizacijo podani v preglednici 2 (Globevnik 2012).

*Preglednica 2: Število kategoriziranih vodnih objektov v Sloveniji po evidenci Agencije Republike Slovenije za okolje iz leta 2007 (Globevnik 2012).*

vrsta kategoriziranega vodnega objekta	število kategoriziranih vodnih objektov
gibko obrežno zavarovanje	1782
togo obrežno zavarovanje	1622
zavarovanje v dnu struge	988
kanal	258
jez	169
hudourniška pregrada	157
jezbica	141
visokovodni nasip	114
drča	110
prag	107
fašina, umetno jezero, stabilizacijski objekt, prodni izpust, zagatna stena, izpust uporabljene vode, drenaža, valobran, črpališče	58
drugo	3122
brez klasifikacije	960
<b>skupaj</b>	<b>9588</b>

## 5 Popis vodne infrastrukture na testnem območju

Popis vodne infrastrukture in ocena njene vrednosti sta zelo pomembni, ko razmišljamo o višinah poplavne škode in o sredstvih, namenjenih za vzdrževanje te vodne infrastrukture.

Da bi naredili korak k realni oceni vrednosti vodne infrastrukture v Sloveniji, smo avgusta 2012 izvedli popis vodne infrastrukture na Selški Sori od športnega parka Rovn do Zalega Loga in na celotnem hudourniku Češnjica, levem pritoku Selške Sore v Železnikih. Popis vodne infrastrukture smo izvedli na način, ki se uporablja za vodenje katastra vodne infrastrukture v okviru izvajanja gospodarske javne službe na področju urejanja voda. Dejansko stacionažo in lokacijo infrastrukture (vodnih objektov) smo določili s pomočjo Atlasa okolja in s terenskim ogledom. Prav tako smo izmerili vse bistvene dimenzije objektov in določili njihove GPS koordinate.

Na obravnavanem odseku Selške Sore dolžine 9,31 km smo dokumentirali 111 objektov vodne infrastrukture; po posameznih tipih so objekti navedeni v preglednici 3. Največ je gibkih (podajnih) in togih zavarovanj, sledijo jim pragovi ter talni pragovi, nekaj je tudi drč in jezov. Skupna dolžina obrežnih zavarovanj je 8298 m, od tega je dolžina gibkih 4354 m in togih zavarovanj 3944 m. Izmed 23 pragov jih je 14 lesenih, ostali so kamniti oziroma kamnito-betonski.

V hudourniškem območju Češnjica, velikem 25 km<sup>2</sup>, je bila dolžina obravnavane hudourniške struge 4,33 km, evidentirali smo 138 objektov vodne infrastrukture (preglednica 4). Tu prednjačijo pragovi (velik vzdolžni padec hudournika, zato je nujno stopnjevanje in zmanjševanje padca), sledijo jim toga zavarovanja, talni pragovi in gibka zavarovanja; hudourniških pregrad je 6. Skupna dolžina obrežnih zavarovanj je 3892 m, od tega je dolžina gibkih 1706 m in togih 2186 m. Pragov in talnih pragov je skupaj 75, od tega 29 lesenih, ostali so kamniti oziroma kamnito-betonski.

Popis objektov na dveh odsekih izbranih hudourniških strug je pokazal, da je na skupaj 13,65 km strug vodotokov kar 249 vodnih objektov. To število objektov in dolžina obravnavanih vodotokov kaže na to, da uradne ocene o številu objektov v Sloveniji dejansko ne morejo držati oziroma so verjetno

Preglednica 3: Število vodnih objektov na obravnavanem odseku Selške Sore (Kogovšek 2013).

tipi vodnih objektov	število
gibko zavarovanje	43
togo zavarovanje	31
prag	23
talni prag	8
drča	3
jez	3
<b>skupaj</b>	<b>111</b>

Preglednica 4: Število vodnih objektov v hudourniškem območju Češnjica – v sami strugi hudournika Češnjica (Kogovšek 2013).

tipi vodnih objektov	število
prag	49
togo zavarovanje	32
talni prag	26
gibko zavarovanje	23
hudourniška pregrada	6
jez	1
vodni zbiralnik	1
<b>skupaj</b>	<b>138</b>

netočne. Popis vodnih objektov na testnem območju je pokazal, da je linearna gostota vodnih objektov skoraj 18,25 objekta/km, medtem ko ob upoštevanju uradnega števila vodnih objektov in dolžine rečne mreže stalnih vodotokov v Sloveniji, ki znaša 16.000 km, dobimo vrednost 0,59 objekta/km. Pri tej primerjavi se zavedamo dejstva, da sta oba popisana vodotoka v urbanem delu in je zato gostota objektov višja od povprečne. Kljub temu dejstvu je razlika med obema vrednostima prevelika, četudi privzamemo oceno, da je bilo v preteklosti urejanih le okoli 10 % dolžine slovenskih vodotokov, kar bi dalo na območju urejanja potem linearno gostoto približno 6 objektov/km. Na verjetno netočnost števila vodnih objektov v Sloveniji kaže tudi podatek, da je na območju zgornje Save, kjer je koncesionar *Vodnogospodarsko podjetje* iz Kranja, evidentiranih 251 zaplavnih objektov na hudournikih, na katerih se izvaja redni monitoring transporta plavin in na podlagi tega programa izvajamo čiščenje naplavin. Iz uradne evidence Agencije Republike Slovenije za okolje lahko razberemo, da je v celotni Sloveniji samo 157 zaplavnih pregrad. Podoben sklep lahko naredimo, če primerjamo škodo na vodni infrastrukturi v preteklih poplavnih dogodkih z njeno ocenjeno vrednostjo. Preglednica 1 pokaže, da je bil skupen znesek škode na vodni infrastrukturi v letih 2007 do 2012 več kot 425 milijonov evrov, kar je glede na celotno ocenjeno vrednost infrastrukture več kot polovica njene nove vrednosti. To razmerje ponovno kaže na količinsko in vrednostno podcenjenost uradne ocene obsega (števila objektov) in vrednosti vodne infrastrukture v Sloveniji.

Zgornje primerjave kažejo na netočnost uradnih podatkov, ali moda bolj realno zapisano, na še ne popoln popis vodne infrastrukture – verjamemo, da so tisti objekti, ki so bili popisani, dejansko korektno vnešeni v kataster objektov. Zakaj vidimo v nepopolnem katastru vodne infrastrukture sploh kakšen problem? Problem nepopolne ocene je v tem, ker se na podlagi števila objektov in njihove vrednosti

običajno določa višina sredstev za vzdrževanje, ki prav zato po našem prepričanju niso realno določena. Vse skupaj v daljšem časovnem obdobju vodi v zniževanje dosežene ravni varstva pred poplavami, hudourniki, plazovi in eroziji.

## 6 Sredstva za vzdrževanje vodne infrastrukture

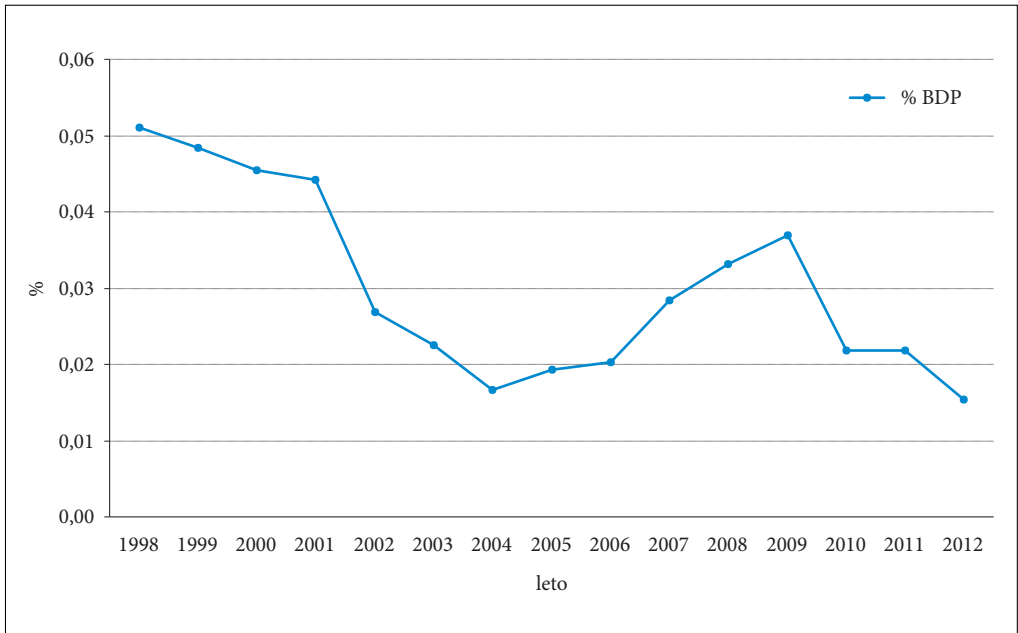
Sistem vzdrževanja vodne infrastrukture, potek izvajanja del in pomen teh del za poplavno varnost smo predstavili na prejšnjem posvetu o naravnih nesrečah leta 2011 (Sodnik in Mikoš 2011) in nato v prispevku na 1. kongresu o vodah Slovenije (Globevnik 2012). V nadaljevanju razpravljamo o vrednosti vodne infrastrukture v Sloveniji in o višini zagotovljenih sredstev za njeno vzdrževanje, saj ravno višina finančnih sredstev določa obseg vzdrževalnih del in s tem odmerja vpliv vzdrževanja obstoječih vodnih objektov na poplavno varnost.

Kot smo že omenili, naj bi bila vrednost vodne infrastrukture slabih 725 milijonov evrov. V preglednici 5 podajamo pregled sredstev namenjenih za vzdrževanje vodne infrastrukture v preteklih letih. Opazimo lahko trend zmanjševanja sredstev, z izjemo nekaterih let. V preglednici 5 je prikazan tudi znesek za sanacijske programe odprave posledic po poplavah septembra 2007, ki so se izvajali iz državnega proračuna preko postavke za vzdrževanje. Na tem mestu poudarjamo, da celoten znesek vzdrževanja ni namenjen izključno vzdrževanju vodne infrastrukture, saj vsebuje tudi vzdrževanje vodnih in priobalnih zemljišč, kot sta na primer čiščenje naplavin v strugah vodotokov in čiščenje obrežne zarasti.

*Preglednica 5: Pregled sredstev, ki so bila namenjena izvajanju javnih služb na področju urejanja voda (Kogovšek 2013 po ARSO 2012b).*

leto	redno vzdrževanje vodne infrastrukture (€)	sanacija poplave 2007 (€)	skupen znesek (€)
1998	9.908.124		9.908.124
1999	10.128.162		10.128.162
2000	9.850.703		9.850.703
2001	10.128.599		10.128.599
2002	6.586.479		6.586.479
2003	5.826.801		5.826.801
2004	4.545.154		4.545.154
2005	5.563.764		5.563.764
2006	6.295.959		6.295.959
2007	9.829.012		9.829.012
2008	12.320.659	10.200.000	22.520.659
2009	13.117.366	7.742.067	20.859.433
2010	7.761.067	5.000.000	12.761.067
2011	7.890.000	4.133.239	12.023.239
2012	5.491.555	1.440.490	6.932.045
<b>Skupaj</b>	<b>125.243.404</b>	<b>28.515.796</b>	<b>153.759.200</b>

Slika 4 prikazuje padec deleža BDP v Sloveniji, namenjenega za redno vzdrževanje vodne infrastrukture. Dvig deleža je največji po poplavah 2007, vendar je od leta 2009 trend ponovno izredno negativen.



Slika 4: Padec deleža BDP, namenjenega rednemu vzdrževanju vodne infrastrukture, v obdobju 1998–2012 (Kogovšek 2013).

## 7 Ocena vrednosti vodne infrastrukture

Na testnem odseku Selške Sore in Češnjice smo izvedli tudi vrednotenje vodnih objektov. Za vrednotenje smo uporabili obrazce in metode, ki se uporabljajo za popis škode po poplavah v okviru izvajanja gospodarske javne službe na področju urejanja voda. Za objekte, izvedene v bližnji preteklosti in za katere obstaja izvedbena dokumentacija, smo povzeli vrednost objekta na dan izgradnje.

Vrednost evidentiranih in ovrednotenih objektov na izbranem odseku Selške Sore in hudourniku Češnjica je prikazana v preglednici 7.

Pri vrednotenju obstoječe, predvsem starejše infrastrukture, se vedno postavlja vprašanje, kako primerno/ustrezno določiti vrednost starih objektov, saj je npr. 50 let staro obrežno zavarovanje v računovodsko-knjižnem smislu odslužilo svojemu namenu (nima več vrednosti, je polno amortizirano), v primeru porušitve takega objekta brez knjižne vrednosti pa je treba zgraditi novo zavarovanje, kjer pa gre za vrednost novega objekta. Višina sredstev za vzdrževanje bi se morala določati na vrednost novih objektov, saj sicer lahko ugotovimo, da veliko objektov vodne infrastrukture v Sloveniji zaradi svoje starosti in dotrajanosti ni vredna nič, zato je škoda ob poplavah zaradi ničelne vrednosti praktično enaka nič, posledično pa je strošek sanacije, ko je na več mestih nujno zgraditi praktično nove objekte, za mnoge nerazumljivo visok.

Tudi pri zavarovanju avtomobila (kasko zavarovanje) se višina premije določa glede na novo vrednost vozila, tudi če je vozilo staro že 15 let. Prav tako je treba pri vzdrževanju vedno, ne glede na starost vozila, vgrajevati nove (po možnosti originalne) dele in material in so stroški vzdrževanja starega avtomobila enaki vzdrževanju novega, kvečjemu večji.

Če pogledamo uradne ocene glede vrednosti vodne infrastrukture in podatke, pridobljene s popisom objektov na testnem območju, lahko hitro opazimo, da gre za velik razkorak med vrednostmi.

Preglednica 6: Značilne cene vodnih objektov, uporabljene pri vrednotenju vodnih objektov.

tipi vodnih objektov (po CC-SI klasifikaciji)	vodni objekt	enota mere	cena/ enoto mere (€)
gibko obrežno zavarovanje	kamnita zložba v suho	m <sup>3</sup>	156,16
	kamnita zložba v betonu	m <sup>3</sup>	190,07
	vzdolžna lesena zgradba – kašta	m <sup>3</sup>	294,80
	vrbov poplet	tm	75,85
togo obrežno zavarovanje	kamnito-betonski zid do višine 1,5 m	tm	751,19
	kamnito-betonski zid nad višino 1,5 m	tm	1.665,97
	armiranobetonski zid do višine 1,5 m	tm	751,19
	armiranobetonski zid nad višino 1,5 m	tm	1.665,97
prag	prag (kamen-les)	m <sup>3</sup>	329,54
	prag (kamen-beton)	m <sup>3</sup>	488,76
jezbica	jezbica (kašta)	m <sup>3</sup>	300,84
	jezbica (kamen)	m <sup>3</sup>	181,13
hudourniška pregrada	pregrada, višine do 3 m	tm	1.495,79
	pregrada, višine od 3 m do 5 m	tm	2.180,23
	pregrada, višine nad 5 m	tm	3.322,97
jez	jez na nižinskem vodotoku	tm	2.737,98

Preglednica 7: Skupno število popisanih objektov vodne infrastrukture in njihova vrednost (Kogovšek 2013).

	število vodnih objektov	ocenjena vrednost
porečje Češnjice	138	4.253.588 €
odsek Selške Sore	111	10.966.453 €
<b>skupaj</b>	<b>249</b>	<b>15.220.042 €</b>

Na dobrih 13,5 km strug vodotokov je bilo popisanih 249 objektov v vrednosti 15.220.042 evrov, kar predstavlja kar 2,1 % vrednosti celotne vodne infrastrukture v Sloveniji; popisana dolžina 13,5 km pa predstavlja samo 0,084 % dolžine rečne mreže stalnih vodotokov, ki v Sloveniji znaša približno 16.000 km. Na velik razkorak med realnim stanjem in uradnimi evidencami kaže tudi podatek, da je na območju zgornj Save, kjer je koncesionar VGP d. d., iz Kranja, evidentiranih 251 zaplavnih pregrad, kjer se redno izvaja monitornig zapolnjenosti zaplavnih prostorov, na podlagi katerih se pripravljajo letni plani za čiščenje naplavin. V preglednici 2 pa je navedeno, da je v Sloveniji 157 hudourniških pregrad. S to drugo primerjavo se podobne razmere, kot na testnem območju, pokažejo tudi na območju zgornje Save (katerega del je tudi naše testno območje), ki predstavlja približno 12 % hidrografske mreže Slovenije. Po tem ključu se namenjajo tudi sredstva za vzdrževanje vodne infrastrukture.

Za analitično primerjavo števila objektov in njihove vrednosti za celotno Slovenijo imamo pre malo podatkov in testno območje predstavlja premajhen delež, ki bi bil lahko pri analizi reprezentativen. Trenutno lahko na podlagi naših podatkov zaključimo le, da so uradne evidence o številu in vrstah objektov vodne infrastrukture pomankljive oziroma napačne.

Kljub temu si avtorji v smislu debate in pozitivne provokacije dovolimo naslednjo primerjavo. Hiter preračun pokaže, da če upoštevamo gostoto objektov na testnem območju in jo prenesemo na celotno

rečno mrežo dobimo oceno, da je v Sloveniji skoraj 300.000 objektov vodne infrastrukture z vrednostjo dobrih 18 milijard evrov. Če ponovno na to zelo visoko preračunano oceno dodamo že omenjeno oceno, da je bilo v preteklosti urejevanih približno 10 % vodotokov, je bolj realna ocena, da imamo v Sloveniji okoli 30.000 objektov vodne infrastrukture z novo vrednostjo nekaj manj kot 2 milijardi evrov. Zato realno pričakujemo, da bo popis vodne infrastrukture v prihodnjih letih počasi naraščal proti tej oceni.

Bolj kot primerjava testnega območja in celotne Slovenije z vidika števila objektov je na mestu primerjava povprečne vrednosti objektov vodne infrastrukture, ki ni neposredno vezana na število obravnavanih objektov. Uradna evidenca vodne infrastrukture govori o približno 10.000 vodnih objektih v vrednosti 725 milijonov evrov, je njihova povprečna vrednost dobrih 70.000 evrov. Naš terenski popis vodnih objektov pri vrednosti 15.220.042 evrov za 249 vodnih objektov izkaže vrednost posameznega vodnega objekta 61.125 evrov. Vrednosti so primerljive, nekoliko nižja vrednost objektov na testnem območju pa je posledica dejstva, da je del raziskave potekal tudi na manjšem hudourniškem vodotoku.

## 8 Razprava in sklep

Prikazana primerjava števila in vrednosti popisanih objektov in uradnih evidenc vodne infrastrukture kaže na močno neskladnost uradnih podatkov o vodni infrastrukturi s stanjem na terenu.

V prejšnjem odstavku je na podlagi števila in vrednosti popisanih objektov na testnem območju ter podatku iz evidenc števila zaplavnih objektov koncesionarja za območje zgornje Save podan pomislek o pravilnosti in točnosti uradne evidence vodne infrastrukture za celotno Slovenijo. Kljub vsemu na tem mestu poudarjamo, da smo v naši študiji obdelali dva vodotoka v relativno urbaniziranem delu, kjer je gostota objektov večja kot v povprečju. Poleg tega se vedno lahko postavi vprašanje metodologije vrednotenja objektov, predvsem starejših, dotrajanih objektov.

V nadaljevanju je prikazana še ocena potrebnih sredstev za vzdrževanje. Ob upoštevanju dejstva, da sta bila oba testna odseka vodotoka v urbaniziranem delu, ocenjujemo da je povprečna gostota vodnih objektov na slovenski rečni mreži stalnih vodotokov polovico manjša kot na testnem območju. To pomeni, da je ocena skupne vrednosti infrastrukture namesto 18 milijard »samo« 9 milijard evrov.

Če vrednost 9 milijard evrov uporabimo za določanje sredstev za vzdrževanje in upoštevamo, da bi bilo potrebno letno za vzdrževanje zagotoviti 1–2 % vrednosti objektov, ugotovimo, da bi morali v Sloveniji letno za vzdrževanje nameniti 90–180 milijonov evrov. Omenjena številka je seveda povsem nerealna, vendar zgornja primerjava vsekakor terja razmislek ali v Sloveniji vemo, koliko objektov infrastrukture je treba vzdrževati in predvsem koliko sredstev je potrebno za to nameniti. Ob predpostavki, da je vrednost infrastrukture v prejšnjem poglavju določeni 2 milijardi evrov, bi bil znesek potreben za vzdrževanje na letni ravni 20–40 milijonov evrov, kar pa je bolj realna vrednost.

Že hitra primerjava dejstev, da je uradna vrednost objektov 725.000.000 evrov, škode med zadnjimi poplavi (septembra 2007, decembra 2009, septembra 2010 in novembra 2012) pa je bilo za več kot 400.000.000 evrov. To pomeni, da je bilo v letih 2007 do 2012 poškodovane več kot polovica celotne vodne infrastrukture v Sloveniji, čeprav poplavne niso prizadele niti polovice površine Slovenije. Delež poškodovane infrastrukture na prizadetih območjih je bil večji kot 70 %.

Zgoraj navedeni podatki, primerjava in igra s številkami so namenjeni predvsem premisleku in kot podoba za nadaljnje analize in spremljanje stanja na tem področju.

Število objektov in njihova vrednost so namreč bistveni, ko govorimo o zagotavljanju sredstev za vzdrževanje. Kot je bilo navedeno že večkrat, cilj rednega vzdrževanja ni zagotavljanje poplavne varnosti, lahko pa dobro vzdrževani vodotoki in objekti vodne infrastrukture močno zmanjšajo škodljiv vpliv in gmotno škodo pri poplavnih dogodkih. Prav tako bi omenjen razmislek dal dodatno težo vsakokratnemu postavljanju vprašanj, ki se pojavljajo ob poplavih: Ali so za poplave krivi tudi nevdrževani vodotoki?

## 9 Viri in literatura

- ARSO 2012a: Hidrološko poročilo o poplavah med 5. in 6. novembrom 2012. Medmrežje: <http://www.arso.gov.si/vode/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/Poplave%205.%20-%206.%20november%202012.pdf> (6. 2. 2013).
- ARSO 2012b: Podatkovna baza in arhivi Urada za upravljanje z vodami. Osebna komunikacija (20. 11. 2012.)
- Brložnik, J. (ur.). 2012: Jesenska napoved gospodarskih gibanj 2012. Ljubljana. Medmrežje: [http://www.umar.gov.si/fileadmin/user\\_upload/napovedi/jesen/2012/JNGG\\_2012.pdf](http://www.umar.gov.si/fileadmin/user_upload/napovedi/jesen/2012/JNGG_2012.pdf) (6. 2. 2013.)
- Globevnik, L. 2012: Vzdrževanje vodne infrastrukture in vodotokov – pomen, realnost in perspective. 1. kongres o vodah Slovenije 2012. Ljubljana.
- Medmrežje 1: <http://www.stat.si/indikatorji.asp?id=20> (10. 12. 2012.).
- Medmrežje 2: [http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind\\_id=236](http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=236) (25. 7. 2013).
- Mikoš, M., Brilly, M., Ribičič, M. 2004: Poplave in zemeljski plazovi v Sloveniji. Acta hydrotechnica 22-37. Ljubljana.
- Mikoš, M. 2007: Upravljanje tveganj in nova Evropska direktiva o poplavnih tveganjih. Gradbeni vestnik 56-11. Ljubljana.
- Kogovšek, B. 2013: Primerjava vodarstva v Sloveniji in Avstriji. Diplomsko delo, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani. Ljubljana.
- Rusjan, S., Kobold, M., Mikoš, M. 2009: Characteristics of the extreme rainfall event and consequent flash floods in W Slovenia in September 2007. Natural Hazards and Earth System Sciences 9. Katlenburg-Lindau.
- Sodnik, J. 2007: Poplave v septembru 2007 – drobirski tok nad Kropo. Slovenski vodar 18. Ljubljana.
- Sodnik, J., Mikoš, M. 2011: Poplavna varnost v Sloveniji. Od razumevanja do upravljanja, Naravne nesreče 1. Ljubljana.
- Statistični urad Republike Slovenije: Bruto domači proizvod, letni podatki. Ljubljana, 2012.





# ZAZNAVANJE POPLAV Z UPORABO OPTIČNIH SATELITSKIH POSNETKOV IN STROJNEGA UČENJA

**dr. Peter Lamovec**

Znanstvenoraziskovalni center Slovenske akademije znanosti in umetnosti, Inštitut za antropološke in prostorske študije, Novi trg 2, SI – 1000 Ljubljana, Slovenija  
plamovec@zrc-sazu.si

**dr. Krištof Oštir**

Znanstvenoraziskovalni center Slovenske akademije znanosti in umetnosti, Inštitut za antropološke in prostorske študije, Novi trg 2, SI – 1000 Ljubljana, Slovenija in Center odličnosti Vesolje, znanost in tehnologije, Aškerčeva cesta 12, SI – 1000 Ljubljana, Slovenija  
kristof@zrc-sazu.si

**dr. Matjaž Mikoš**

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Jamova cesta 2, SI – 1000 Ljubljana, Slovenija  
matjaz.mikos@jgg.uni-lj.si

## IZVLEČEK

### **Zaznavanje poplav z uporabo optičnih satelitskih posnetkov in strojnega učenja**

V prispevku je predstavljen postopek prepoznavanja poplavljenih zemljišč iz optičnih satelitskih posnetkov z uporabo različnih algoritmov strojnega učenja. Za določitev poplavljenih zemljišč sta bila uporabljena pankromatski in multispektralni satelitski posnetek SPOT 5 na območju hudourniških poplav v Železnikih oziroma multispektralni satelitski posnetek RapidEye na območju kraških poplav na Ljubljanskem barju. Poleg optičnih satelitskih posnetkov sta bila uporabljena še digitalni model višin in mreža vodotokov. Vsi uporabljeni podatki so bili analizirani z uporabo različnih učnih vzorcev in različnih algoritmov strojnega učenja. Preizkušeni so bili algoritmi za izgradnjo odločitvenih dreves, klasifikacijskih pravil in množic odločitvenih dreves. Rezultat strojnega učenja je model za hitro in natančno klasifikacijo poplavljenih zemljišč na obeh obravnavanih območjih.

## KLJUČNE BESEDE

hidrologija, poplave, strojno učenje, odločitveno drevo, klasifikacija, satelitski posnetki

## ABSTRACT

### **Detecting flooded areas with optical satellite images and machine learning**

Detection of flooded areas from optical satellite images with different machine learning algorithms is presented in the paper. Panchromatic and multispectral satellite images SPOT 5 were used in the area of torrential floods in Železniki and multispectral satellite image RapidEye in the area of karst floods in Ljubljana Moor. Beside optical satellite images digital terrain model and river network were used. All data used were analysed using various machine learning algorithms of decision trees, classification rules and ensembles of decision trees. Algorithms were tested with different training samples of points and segments. The result of machine learning is classification model for fast and accurate detection of flooded areas.

## KEY WORDS

hydrology, floods, machine learning, decision tree, classification, satellite images

## 1 Uvod

Število evidentiranih naravnih nesreč na Zemlji narašča. V zadnjem desetletju je njihovo število preseglo 300 ali celo 400 velikih naravnih nesreč letno, ki so v povprečju letno prizadele preko 230 milijonov ljudi in zahtevale več kot sto tisoč smrtnih žrtev (The United ... 2011). Tudi v Sloveniji smo vedno pogosteje priča naravnim nesrečam z veliko materialno škodo. Med naravnimi nesrečami, ki zahtevajo največjo škodo, so suša, neurja z močnim vetrom in toča. V primeru večjih poplavnih dogodkov pa materialni stroški poplav hitro presežejo škodo preostalih naravnih nesreč (Ocenjena ... 2013). Od leta 2007 smo imeli več katastrofalnih poplav. Septembra 2007 so poplave močno prizadele Železnike, Kropo, Bohinj ter občini Cerkljeva in Idrija (Sodnik 2007; Rusjan s sodelavci 2009). V juniju leta 2009 so poplave prizadele širše celjsko območje in območje zgornje Save, decembra 2009 Bohinj in še 11 drugih gorenjskih občin ter septembra 2010 kar tretjino ozemlja Slovenije (Komac in Zorn 2011). Takrat je bilo najhuje v osrednji Sloveniji vključno z ljubljanskim območjem. Zgornje Posočje, Koroško, območja ob zgornjem toku Savinje, območja ob Dravinji ter ob Savi, predvsem v Zasavju in Posavju, pa so poplave ponovno prizadele tudi ob poplavih v začetku novembra 2012. Ob takšnih dogodkih se vedno znova pojavi vprašanje, ali je pomembneje krepiti sistem zaščite in reševanja ali pa je bolje več vlagati v preventivo, kakovostno poplavalno sanacijo in vzdrževanje vodotokov (Mikoš 2009). Pozitivni učinki pravilno izvedenih preventivnih ukrepov pred poplavami se zagotovo pokažejo v nižjih stroških zaščite in reševanja, vendar nas zaščitni ukrepi pred poplavami ne morejo nikoli povsem zaščititi, zato potrebujemo poleg preventivnih ukrepov za zmanjševanje njihovih posledic tudi dober sistem zaščite in reševanja.

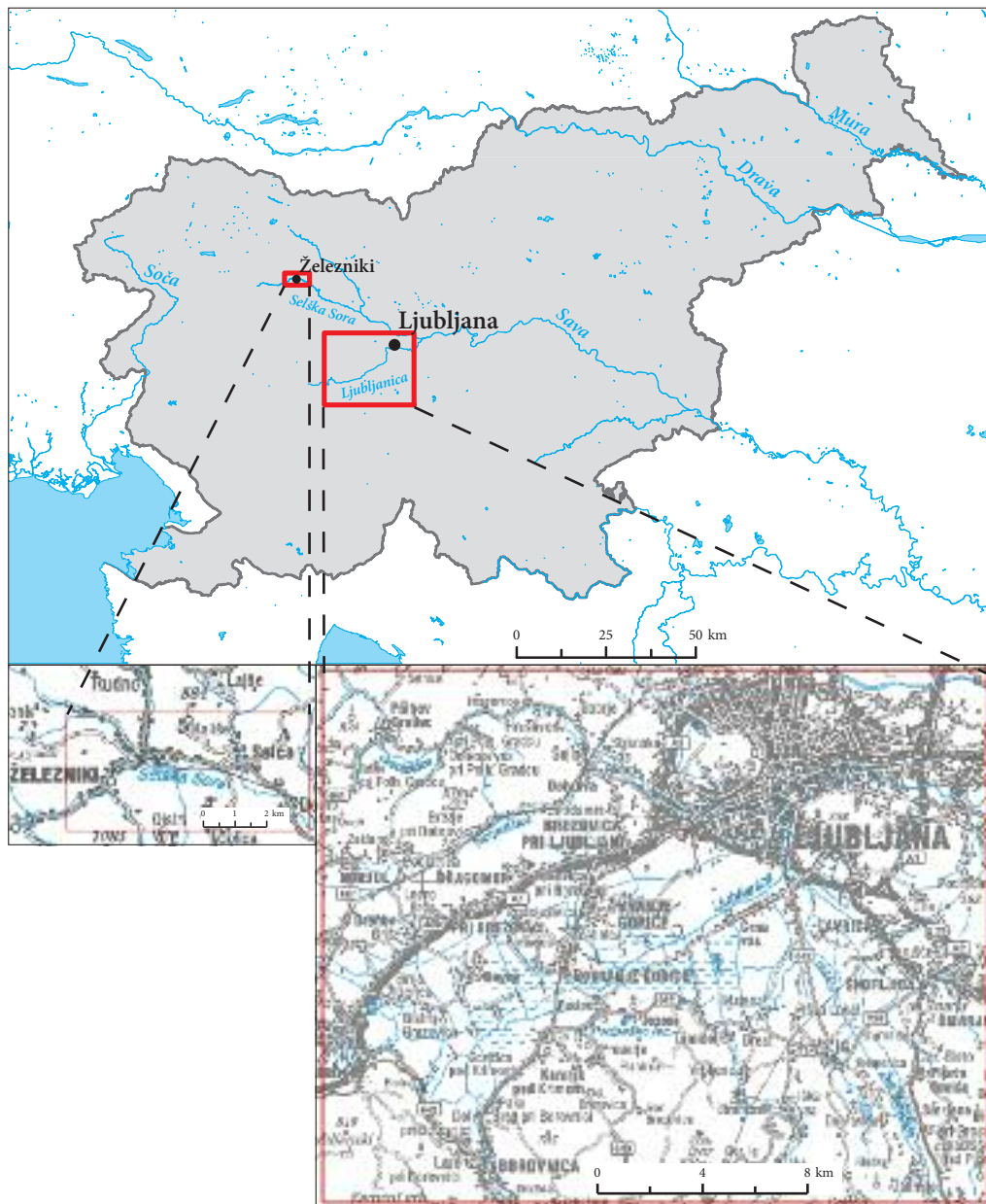
Prispevek predstavlja postopek prepoznavanja poplavljenih zemljišč iz satelitskih posnetkov s tehnikami strojnega učenja, ki omogoča hitrejšo oceno nastale škode, pomoč pri organizaciji reševanja na prizadetih območjih in natančnejšo poplavalno analizo. Dosedanji postopki so večinoma omejeni na ročno interpretacijo satelitskih posnetkov (Bach s sodelavci 2005). Predstavljen postopek kombinira uporabo satelitskih posnetkov z drugimi vrstami podatkov, ki so skupaj analizirani s tehnikami strojnega učenja, s katerimi iz učne množice podatkov pridobimo najpomembnejše informacije, ki vplivajo na zaznavo poplavljenih zemljišč. Postopek je izvedljiv na različnih območjih z možnostjo pojava poplav, kar omogoča izgradnjo modelov za klasifikacijo poplavljenih zemljišč na celotnem območju Slovenije.

## 2 Območje preučevanja

Prepoznavanje poplavljenih zemljišč je potekalo na dveh območjih: na območju Železnikov (2007) ter na Ljubljanskem barju (2010) (slika 1). V prvem primeru je bil obravnavan zgornji del Selške doline, to je območje naselij Železniki, Selca in Dolenja vas. V drugem primeru pa je bilo obravnavno celotno območje Ljubljanskega barja vključno z Ljubljano.

Območji preučevanja se po naravnih značilnostih med sabo precej razlikujeta. Selška dolina je dolga in ozka rečna dolina s hudourniškim značajem. V času močnejših padavin količina vode močno naraste in reka dobi veliko erozijsko moč. Obravnavane poplave na območju Selške doline so nastale 18. septembra 2007 (Rusjan, Kobold in Mikoš 2009; Lamovec in Oštir 2010). Na prizadetih območjih so poplavljalne številne reke in potoki, poškodovanih je bilo na stotine hiš, odplavljenih veliko mostov in avtomobilov, šest ljudi je umrlo.

Poplave, ki so nastale na Ljubljanskem barju septembra 2010, so imele značilnosti kraškega tipa poplav. Za območje so značilni številni kraški izviri, ki se pojavijo na stiku karbonatnih kamnin Krimskega hribovja in sedimentov Ljubljanskega barja (Urancar 2007). Voda je na Ljubljanskem barju počasi naraščala še več dni po deževju, preden se je pričela postopoma umikati iz poplavljenih zemljišč. Obilne padavine med 17. in 19. septembrom 2010 so povzročile obsežne poplave v večjem delu južne Slove-



Slika 1: Območje preučevanja: zgornji del Selške doline z Železniki in Ljubljansko barje z Ljubljano. Prikaz lege območij preučevanja v Sloveniji (zgoraj) ter podrobnejši pogled na državni pregledni karti DPK 250 (spodaj; Državna ... 2005).

nije, poleg Ljubljanskega barje še v porečjih Vipave, Idrije, Poljanske Sore, Savinje v spodnjem toku, Krke, Save v spodnjem toku ter na kraških poljih Notranjskega in Dolenjskega krasa (Agencija ... 2010a). V 48 urah, od petka 17. septembra do nedelje 19. septembra zjutraj, je padlo v povprečju 170–180 mm padavin, kar je največja količina v takšnem časovnem obdobju v zadnjih 60 letih (Agencija ... 2010b).

### 3 Podatki

V raziskavi smo uporabili satelitske posnetke, ki smo jih pridobili prek programa Vesolje in velike nesreče (*International Charter Space and Major Disaster*) ter progama SAFER (*Services and Applications For Emergency Response*), ki sta bila aktivirana naslednje jutro po hudourniških poplavih v Železnikih oziroma med poplavami na Ljubljanskem barju. Dodatno je bil za območje Ljubljanskega barja v okviru Centra odločnosti Vesolje-SI pridobljen še optični satelitski posnetek *RapidEye*.

Skupno je bilo na območju Železnikov posnetih 25 posnetkov, vendar so uporabnost vseh posnetkov preprečevale oblačnost, geometrijska nepravilnost ali slabša ločljivost (Pehani s sodelavci 2008). Prepoznavanje poplavljenih zemljišč je tako potekalo na dveh optičnih posnetkih satelitskega sistema SPOT 5, ki sta bila posneta ob istem času tri dni po poplavih. To sta bila pankromatski posnetek ločljivosti 2,5 m in večspektralni posnetek ločljivosti 10 m, iz katerega smo s postopkom izostritve (*pansharpening*) pridobili barvni posnetek ločljivosti 2,5 m. Do takrat se je oblačnost že umaknila, prav tako pa je bil mimo tudi glavni poplavni val, zaradi česar je klasifikacija poplavljenih zemljišč potekala na podlagi prepoznavanja razmočenega površja in naplavljenega gradiva.

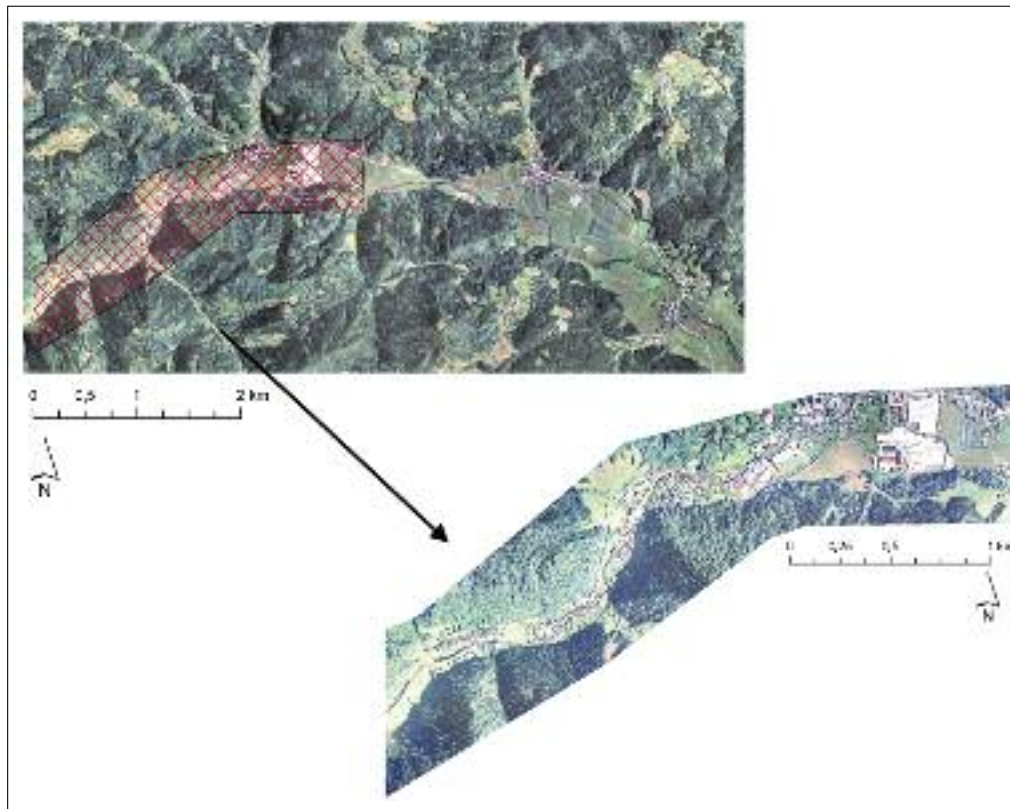
Prepoznavanje poplavljenih površin je na območju Ljubljanskega barja potekalo na optičnem večspektralnem posnetku satelitskega sistema *RapidEye*. Posnetek je nastal štiri dni po prenehanju obilnih padavin, ko je bilo poplavljenega še vedno večino prizadetega ozemlja. Za območje Ljubljanskega barja smo poleg posnetka *RapidEye* pridobili še satelitski posnetek Landsat TM5, ki pa je bil zaradi nižje ločljivosti uporabljen samo za izdelavo preglednega zemljevida poplavljenih zemljišč.

Za prepoznavanje poplavljenih zemljišč so bile iz satelitskih posnetkov uporabljene vrednosti spektralnih kanalov (preglednica 1), ki določajo količino odbitega elektromagnetnega valovanja v izbranem spektralnem območju. V spektralnih kanalih, kjer se večina elektromagnetnega valovanja odbije od vodne površine, so vode videti svetlejšje in v kanalih, kjer prihaja do večje absorpcije, so videti temnejše. Iz posameznih spektralnih kanalov so bili izračunani tudi indeksi: NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*; Burgan in Hartford 1996), NBI (*New Built-up Index*; Chen s sodelavci 2010) in NDBI (*Normalized Difference Built-up Index*; Zha s sodelavci 2003). Indeks NDVI pomaga pri prepoznavanju zelenih površin (raste). Indeksa NBI in NDBI pa sta pomembna za ločevanje pozidanih od ostalih površin.

Preostali uporabljene atributi so bili: nadmorska višina, naklon in usmerjenost, pridobljeni iz digitalnega modela višin (DMV) ter oddaljenost od vodotokov, izračunana iz sloja vode generalizirane

*Preglednica 1: Spektralni kanali uporabljenih satelitskih posnetkov SPOT 5 in RapidEye ter njihove valovne dolžine ( $\lambda$ ).*

kanali večspektralnega satelitskega posnetka:	SPOT 5	RapidEye
modra	/	440–510 nm
zelena	500–590 nm	520–590 nm
rdeča	610–680 nm	630–685 nm
rob rdeče	/	690–730 nm
bližnja infrardeča	780–890 nm	760–850 nm
kratkovalovna infrardeča	1580–1750 nm	/



Slika 2: Študijsko območje Železnikov na ortofoto posnetku (Ortofoto 2006). Zgoraj: celotno obravnavano območje zgornjega dela Selške doline, ki ga pokriva DMV ločljivosti 12,5 m. Spodaj: izsek manjšega območja, za katerega je na voljo tudi DMV 0,5 m.

kartografske baze 1 : 25.000 (GKB 25). Na območju Železnikov smo imeli poleg DMV 12,5, ki pokriva območje celotne Slovenije, za manjše območje na razpolago tudi DMV 0,5, ki je bil izdelan le za območje najbolj prizadetega zgornjega dela Selške doline. Zaradi boljših rezultatov klasifikacije, ki jih je zagotavljala uporaba DMV 0,5, smo v postopek določevanja poplavljenih zemljišč vključili le območje, ki ga pokriva DMV 0,5 (slika 2).

## 4 Postopki dela

Za prepoznavanje poplavljenih zemljišč iz satelitskih in drugih podatkov smo uporabili postopek, sestavljen iz osnovnih GIS metod in strojnega učenja, ki omogoča izgradnjo klasifikacijskega modela. Najprej smo z analizami prostorskih podatkov pripravili sloje, za katere smo predpostavljali, da so pomembni za prepoznavanje poplavljenih zemljišč. Pri tem smo uporabili operacije sosedstva, ki so nam omogočile določitev naklonov in usmerjenosti terena ter algoritem za izračun oddaljenosti posameznega območja od vodotokov. Sledila je določitev klasifikacijskih pravil, ki jih potrebujemo za uvrstitev posameznih primerov v ustrezen razred. Za določitev pravil za klasifikacijo poplavljenih zemljišč smo uporabili algoritme simboličnega induktivnega učenja, ki omogočajo iz množice podatkov z znanimi

razredi (učni vzorec), določiti splošna pravila, s katerimi lahko rešujemo nove primere. Na obeh študijskih območjih smo uporabili po dva učna vzorca, to sta učni vzorec sestavljen iz točk (pikslov) in učni vzorec sestavljen iz segmentov.

Piksel predstavlja eno rastrsko celico, ki je najmanjši del rastrskega podatkovne sloja in ga zato običajno obravnavamo kot točko. Podaja lastnost določenega dela površja izraženo s številčno vrednostjo. Segment predstavlja skupino pikslov, ki ga pridobimo v postopku segmentacije ob upoštevanju lastnosti določenega rastrskega podatkovnega sloja, v našem primeru ob upoštevanju spektralnih lastnosti satelitskega posnetka. Zavedati pa se moramo, da je pri visoki ločljivosti posnetka lahko velikost piksla premajhna in zato zaznamo preveč podrobnosti na zemeljskem površju. V teh primerih pikselo klasifikacijo nadomestimo z objektno usmerjeno klasifikacijo, pri kateri je enota klasifikacije namesto piksla segment. Prednost segmenta je, da že predstavlja zaključeno enoto na zemeljskem površju, določimo pa mu lahko tudi večje število atributov (poleg spektralnih lastnosti še geometrijske lastnosti in teksturo).

Za učenje na območju Železnikov, pri površini obravnavanega območja 250 ha, smo uporabili učni vzorec s 145 učnimi točkami (58 točk/100 ha) oziroma 143 učnimi segmenti (57 segmentov/100 ha). Za učenje na območju Ljubljanskega barja (površina obravnavanega območja 28.500 ha) pa smo uporabili učni vzorec z 201 učno točko oziroma 201 učnim segmentom (1 točka/segment na 140 ha). Pri izboru učnega vzorca s točkami smo pazili, da so bile točke enakomerno razporejene po vseh vrstah rabe tal. S tem smo v učni vzorec zajeli lastnosti obravnavanega območja z vsemi raznolikostmi. Učni vzorec s segmenti je bil izdelan s postopkom segmentacije satelitskega posnetka SPOT 5 (Železniki) oziroma *RapidEye* (Ljubljansko barje). Za učenje so bili izbrani segmenti, znotraj katerih ležijo tudi točke, ki smo jih uporabili pri učenju s točkami.

Oba učna vzorca s točkami in segmenti sta bila preizkušena z algoritmom odločitvenih dreves J48. Višja natančnost klasifikacije je bila dosežena ob učenju na učnem vzorcu sestavljenem iz točk, zato smo učni vzorec točk uporabili tudi za preizkus preostalih algoritmov.

Poleg že omenjenega algoritma J48 za tvorjenje odločitvenih dreves (*decision trees*) (Han in Kim 2008) smo uporabili še algoritem za tvorjenje klasifikacijskih pravil JRip (*classification rules*) (Boutsinas 2002),

*Preglednica 2: Algoritmi strojnega učenja, uporabljeni za klasifikacijo poplavljenih zemljišč na območju Železnikov in Ljubljanskega barja. Iz preglednice je razvidno študijsko območje in vrsta programa, ki smo ga uporabili za preizkus posameznega algoritma. Zadnja stolpca prikazujeta vrsto učnega vzorca v obliki točk oziroma segmentov, ki je bil uporabljen za izvedbo učenja.*

algoritem	oblika prikaza	Železniki	Ljubljansko barje	program	točke	segmenti
J48	odločitveno drevo	•	•	Weka	•	•
JRip	klasifikacijska pravila	•	•	Weka	•	
gozd ( <i>bagging</i> )	množica odločitvenih dreves	•	•	Weka	•	
naključni gozd ( <i>random forest</i> )	množica odločtenih dreves	•	•	Clus	•	
podporni vektorji ( <i>support vector machines</i> – SVM)	$f^*$		•	ENVI		•
najbližji sosed ( <i>nearest neighbor</i> – NN)	$f^*$		•	ENVI		•

\*Algoritma sta vgrajena v postopek klasifikacije z orodjem *Feature Extraction* v programu ENVI, ki ne omogoča vpogleda v zgradbo modela.

algoritma za izgradnjo množice odločitvenih dreves (gozd (*bagging*) in naključni gozd (*random forest*)), na območju Ljubljanskega barja pa sta bila preizkušena še algoritma podpornih vektorjev (*support vector machines*) in najbližjega sosedu (*nearest neighbor*), ki sta vključena v postopek klasifikacije z orodjem *Feature Extraction* v programu ENVI (preglednica 2). Vse metode omogočajo hitro in učinkovito prepoznavanje skupnih značilnosti posameznega razreda in izgradnjo modela za klasifikacijo vseh preostalih primerov v ustrezen razred poplavljenih oziroma nepoplavljenih zemljišč.

V primeru pikselske klasifikacije smo s strojnim učenjem pridobljene modele zapisali v programski jezik IDL in jih uporabili za klasifikacijo poplavljenih zemljišč celotnega obravnavanega območja. Pri pikselni klasifikaciji obravnavamo vsak posamezen piksel posebej, zato mora vsak piksel vsebovati vrednosti vseh atributov, ki nastopajo pri klasifikaciji. Vse podatkovne sloje je bilo tako potrebno prevzorčiti na enako število pikslov oziroma enako ločljivost, ki je bila določena s podatkovnim slojem najvišje ločljivosti. V primeru Železnikov so bili vsi podatkovni sloji prevzorčeni na ločljivost digitalnega modela višin DMV 0,5 m in v primeru klasifikacije poplav na Ljubljanskem barju na ločljivost satelitskega posnetka *RapidEye* 6,5 m.

V primeru dela s segmenti smo pridobljene modele za klasifikacijo poplavljenih zemljišč uporabili v programu *ArcMap* z orodjem *Select by Attributes*, ki segmente razvrsti v posamezne razrede glede na vrednosti atributov.

## 5 Rezultati

Predstavljeni so rezultati natančnosti klasifikacije z uporabo učnega vzorca sestavljenega iz točk oziroma segmentov ter ocene natančnosti klasifikacije z uporabo različnih algoritmov strojnega učenja. Poleg ocene natančnosti klasifikacije je bila opravljena tudi ocena natančnosti učenja, ki jo vključujejo postopki strojnega učenja.

Natančnost klasifikacije predstavlja stopnjo, do katere se podoba, pridobljena s klasifikacijo, ujema z resničnim stanjem (Campbell 1996). Običajno je natančnost klasifikacije predstavljena s klasifikacijsko matriko napak (*confusion matrix*), s pomočjo katere lahko izračunamo uporabnikovo, proizvajalčevo in skupno natančnost. V splošnem velja, da je klasifikacijska natančnost nad 90 % dobra, nad 80 % pa zadovoljiva (Oštir 2006). Za oceno natančnosti klasifikacije smo uporabili 100 testnih točk, ki so bile razporejene neodvisno od učnih točk po celotnem obravnavanem območju Železnikov oziroma Ljubljanskega barja.

Ocena natančnosti učenja je potekala po metodi 10-kratnega navzkrižnega preverjanja, pri kateri se vsako učenje izvede z desetimi ponovitvami. V vsaki ponovitvi je za učenje uporabljenih devet desetih podatkov, ena desetina podatkov pa je uporabljenih za oceno natančnosti. Po desetih ponovitvah je vsak primeri iz učne množice natanko enkrat vključen v testno množico. Skupna natančnost učenja je izračunana na podlagi vseh desetih ponovitev.

### 5.1 Rezultat učenja na vzorcu točk oziroma segmentov

Primerjava natančnosti klasifikacij z uporabo učnega vzorca točk in segmentov ob uporabi algoritma J48 je na območju Železnikov pokazala 95 % natančnost v primeru uporabe učnega vzorca s točkami in 91 % natančnost v primeru učnega vzorca s segmenti. Na območju Ljubljanskega barja je bila natančnost klasifikacije 89 % v primeru uporabe učnega vzorca s točkami in 85 % v primeru učnega vzorca s segmenti. Rezultat je pokazal, da uporaba učnega vzorca s segmenti ne pomeni izboljšanja klasifikacije poplavljenih zemljišč. Natančnost klasifikacije z uporabo učnega vzorca točk je bila na obeh območjih za 4 % višja kot v primeru uporabe učnega vzorca segmentov.

V primeru uporabe segmentov je klasifikacija potekala ob upoštevanju spektralnih atributov, ki jih lahko določimo tudi točkam, še z uporabo atributov, ki so določljivi izključno segmentom. To se pred-



vsem tekstura in prostorske lastnosti segmentov (na primer površina, dolžina, oblika), ki pa niso prispevali k točnejši klasifikaciji poplavljenih zemljišč. Segmentacija je bila na območju Železnikov opravljena na satelitskem posnetku, ki je nastal v času, ko je voda iz poplavljenega območja že odtekla. Zato smo si morali pri določanju poplavljenih zemljišč pomagati tudi s prepoznavanjem ob poplavah odloženega gradiva. Lastnosti tega so na satelitskem posnetku zelo podobne lastnostim nekaterih drugih zemljišč, zlasti kmetijskih. Na območju Ljubljanskega barja je višjo natančnost klasifikacije s segmenti preprečevala nižja ločljivost satelitskih posnetkov *RapidEye*, ki je bila 6,5 m in ni omogočala prepoznavne nekaterih ožjih poplavljenih zemljišč med koruznimi polji.

## 5.2 Ocena natančnosti klasifikacije z uporabo različnih algoritmov strojnega učenja

Različni algoritmi so bili preizkušeni na učnem vzorcu točk, saj je učenje s točkami zagotavljalo natančnejši rezultat klasifikacije od segmentov. Izjema sta bili le klasifikaciji na Ljubljanskem barju opravljeni v programu ENVI, kjer je klasifikacija potekala prek postopka segmentacije. Za vsako opravljeno klasifikacijo sta bili ocenjeni tako natančnost učenja kot natančnost klasifikacije. Poplavljenost testnih točk je bila za območje Železnikov določena s pomočjo vizualne interpretacije večspektralnega satelitskega posnetka SPOT 5. Na območju Ljubljanskega barja je bil atribut poplavljenosti testnim točkam določen s pomočjo infrardečih letalskih posnetkov, ki so nastali dan po koncu obilnih padavin 20. septembra in fotografske dokumentacije z dne 20. in 23. septembra (Triglav Čekada in Zorn 2012).

Najvišja natančnost klasifikacije je bila na obeh študijskih območjih dosežena z odločitvenim drevesom J48 (preglednica 3 in 4). Skupna natančnost klasifikacije, ki opisuje delež pravilno klasificiranih testnih točk, razporejenih tako na poplavljenem kot nepoplavljenem območju, je bila 95 % na območ-

*Preglednica 3: Natančnost določitve poplav z uporabo različnih algoritmov strojnega učenja na območju Železnikov.*

metoda	delež pravilno klasificiranih primerov	
	na podlagi učnih točk	na podlagi testnih točk
J48	88 %	95 %
JRip	86 %	85 %
gozd (10 dreves)	90 %	92 %
naključni gozd(10 dreves)	89 %	92 %

*Preglednica 4: Natančnost določitve poplav z uporabo različnih algoritmov strojnega učenja na območju Ljubljanskega barja.*

metoda	delež pravilno klasificiranih primerov	
	na podlagi učnih točk	na podlagi testnih točk
J48	95 %	89 %
JRip	96 %	88 %
gozd (10 dreves)	95 %	83 %
naključni gozd (10 dreves)	96 %	82 %
SVM*	/	83 %
NN*	/	82 %

\*Učenje je potekalo z učnim vzorcem segmentov (v ostalih primerih z učnim vzorcem točk).

ju Železnikov in 89 % na območju Ljubljanskega barja. Na Ljubljanskem barju smo podobno natančnost klasifikacije kot z algoritmom J48 dosegli še z uporabo algoritma JRip, pri katerem je bila natančnost 88 %. Natančnost vseh ostalih klasifikacij je bila občutno nižja. Višje natančnosti klasifikacij so bile pričakovane zlasti v primerih uporabe množic odločitvenih dreves, vendar tudi v teh primerih natančnosti klasifikacij ne presežejo natančnosti klasifikacij z uporabo odločitvenih dreves J48. Razlog za neučinkovitost klasifikacij z uporabo množic odločitvenih dreves je v količini podatkov, ki je bila premajhna za uporabo večjega števila klasifikatorjev, saj se njihova učinkovitost lahko pokaže šele pri večji količini podatkov (Dietterich 2000).

Za primerjavo natančnosti klasifikacije z uporabo strojnega učenja z ustaljenimi postopki klasifikacije, smo na območju Ljubljanskega barja izvedli še objektno klasifikacijo večspektralnega satelitskega posnetka *RapidEye* z orodjem *Feature Extraction* v programu ENVI. Ta glede na pikselo klasifikacijo z algoritmom J48 dosegla za 6 % nižjo natančnost ob uporabi algoritma podpornih vektorjev (*support vector machines* – SVM) oziroma za 7 % nižjo natančnost ob uporabi algoritma najbližjega soseda (*nearest neighbor* – NN) (preglednica 4).

Za najnatančnejši klasifikaciji na območju Železnikov in Ljubljanskega barja sta prikazani matriki napak (preglednici 5 in 6). Na območju Železnikov so bila prepoznana skoraj vsa poplavljenjena zemljišča; 9 % zemljišč, ki so bila klasificirana kot poplavljenjena, pa so bila v resnici nepoplavljenjena. Po drugi strani so bila na Ljubljanskem barju pravilno prepoznana skoraj vsa nepoplavljenjena zemljišča; 15 % zemljišč, ki so bila klasificirana kot nepoplavljenjena, pa so bila v resnici poplavljenjena.

Preglednica 5: Matrika napak za oceno natančnosti klasifikacije na območju Železnikov.

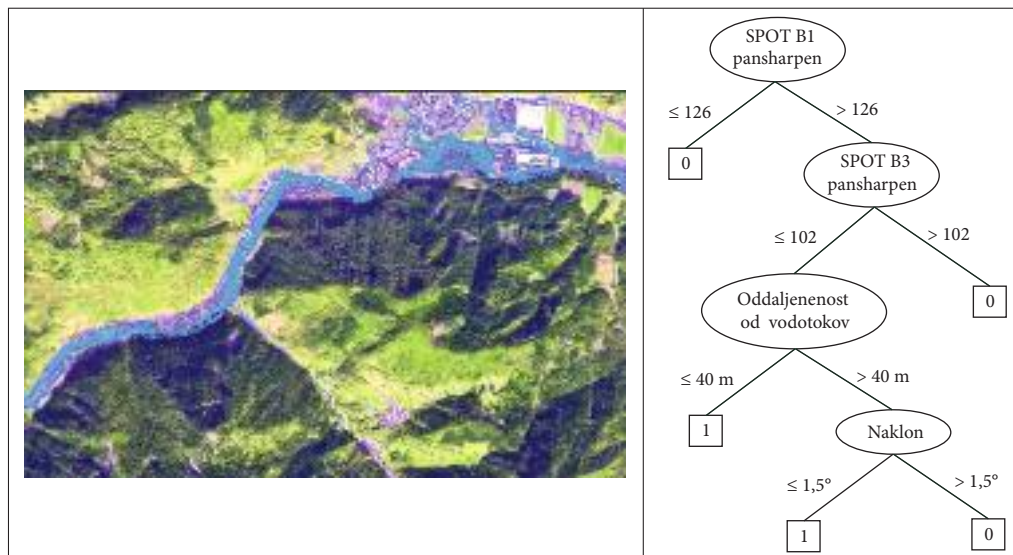
razred	poplavljenjeno	nepoplavljenjeno	klasificirane točke	natančnost (%)	
				izdelovalec	uporabnik
poplavljenjeno	40	4	44	98	91
nepoplavljenjeno	1	55	56	93	98
referenčne točke	41	59	100		

Preglednica 6: Matrika napak za oceno natančnosti klasifikacije na območju Ljubljanskega barja.

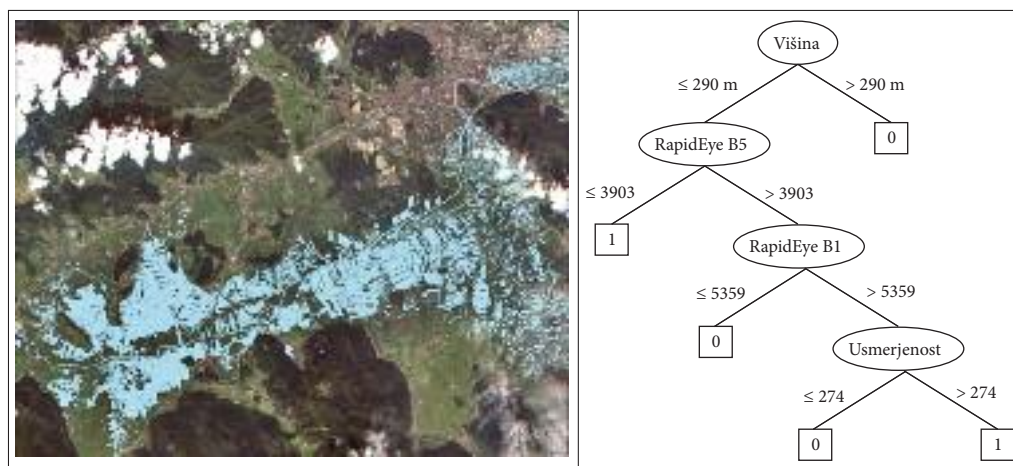
razred	poplavljenjeno	nepoplavljenjeno	klasificirane točke	natančnost (%)	
				izdelovalec	uporabnik
poplavljenjeno	42	3	45	84	93
nepoplavljenjeno	8	47	55	94	85
referenčne točke	50	50	100		

Za najnatančnejši klasifikaciji na obeh območjih sta bila izdelana zemljevida poplavljenjenjenih zemljišč (slika 3 in 4). Na slikah sta poleg obeh zemljevidov na desni strani prikazana tudi klasifikacijska modela v obliki odločitvenih dreves. Pri prepoznavanju poplavljenjenjenih zemljišč na območju Železnikov so največ težav povzročale podobne spektralne lastnosti na zemljiščih z odloženim gradivom, obdelovalnih kmetijskih zemljiščih in pozidanih zemljiščih. Vsa omenjena zemljišča se prikažejo v vijoličnih odtenkih, zaradi česar prihaja med njimi do pogostih zamenjav ter precenjene velikosti poplavljenjenjenih zemljišč.

Na območju Ljubljanskega barja je določitev poplavljenjenjenih zemljišč podcenjena, kar je posledica prenizke prostorske ločljivosti satelitskega posnetka *RapidEye* (6,5 m), ki ne omogoča natančne zaznave ozkih poplavljenjenjenih zemljišč med koruznimi polji. Koruzna polja, na katerih so bila poplavljenjena tla sicer



Slika 3: Kartiranje poplavljenih zemljišč v Železnikih z odločitvenim drevesom ob uporabi algoritma J48.



Slika 4: Kartiranje poplavljenih zemljišč na Ljubljanskem barju z odločitvenim drevesom ob uporabi algoritma J48.

prekrita s koruzo, voda pa ni segala prek koruze, so bila uvrščena v razred nepoplavljenih zemljišč, saj imajo ta območja na satelitskem posnetku vse lastnosti nepoplavljenega območja.

## 6 Sklep

Raziskava je pokazala, da je z uporabo strojnega učenja mogoče izboljšati hitrost in doseči višjo natančnost določitve poplavljenih zemljišč, kot jo zagotavljajo klasični postopki klasifikacije, ki potekajo zgolj

ob upoštevanju spektralnih lastnosti satelitskega posnetka. Najboljši model za klasifikacijo poplavljenih zemljišč tako na razgibanih območjih s hudourniškimi poplavami kot na območjih kraških poplav pridobimo s strojnem učenjem, ob uporabi učnega vzorca točk in algoritma za izgradnjo odločitvenih dreves J48. Razlika se pojavlja v atributih, ki usmerjajo klasifikacijo na obeh študijskih območjih. Na območju Železnikov sta najpomembnejša atributa vrednost odboja elektromagnetnega valovanja v zelenem in bližnjem infrardečem kanalu, pomembno vlogo pa igrata še atributa oddaljenosti od vodotokov in naklona. Vrednosti zelenega kanala so zaradi prevladujočega odboja zelenega dela vidne svetlobe na poplavljenih zemljiščih višje. Po drugi strani pa voda večji del bližnje infrardeče svetlobe absorbira, zaradi česar so vrednosti tega kanala nižje.

Na ravninskem območju Ljubljanskega barja z zelo razvejano mrežo vodotokov in vodnih kanalov je najpomembnejši atribut višina. Sledita atributa, ki določata vrednosti odbitega elektromagnetnega valovanja v bližnjem infrardečem in modrem kanalu. Vrednosti bližnjega infrardečega kanala so na poplavljenih zemljiščih nižje, vrednosti modrega kanala pa višje. V postopek klasifikacije je vključen še atribut usmerjenosti površja. Njegov vpliv na ravninskem območju Ljubljanskega barja je sicer nepričakovan, a se kaže na manjšem območju jugovzhodnega dela Ljubljanskega barja, po katerem teče reka Iščica, ki se izliva v Ljubljanico in ima pretežno usmerjenosti proti severozahodu.

Pričakovati je, da je zgradba modelov za prepoznavanje poplavljenih zemljišč na drugih območjih podvrženim hudourniškimi oziroma kraškimi poplavam podobna, vendar je za učinkovitost postopka na območju celotne Slovenije potrebna priprava večjega števila modelov, ki bodo omogočali določitev poplavljenih zemljišč na kateremkoli območju. Praktična vrednost predstavljenega postopka je predvsem lažja in hitrejša ocena ob poplavah nastale škode. Natančnost klasifikacije je bila v našem primeru zadostna za oceno škode zlasti na kmetijskih zemljiščih, kjer je nastalo škodo mogoče oceniti na podlagi vrste kmetijskih kultur. Za višjo natančnost klasifikacije, ki bi omogočila oceno škode tudi na pozidanih zemljiščih, bi potrebovali podatke z boljšo prostorsko ločljivostjo. Možnosti za izboljšanje postopka prepoznavanja poplavljenih zemljišč obstajajo tudi v uporabi še večjih količin različnih vrst podatkov in preizkusu drugih tehnik strojnega učenja, s čimer bi morda uspeli razlikovati tudi med različnimi zemljišči s podobnim odbojem elektromagnetnega valovanja. Največ se pričakuje od uporabe natančnejšega digitalnega modela višin (lidar) in novih satelitskih sistemov, ki ponujajo posnetke z boljšo spektralno, časovno in prostorsko ločljivostjo. Takšen primer je od konca leta 2012 delujoč sistem dveh visoko ločljivih satelitov *Pleiades*, ki delujeta v paru in omogočata snemanje katerega koli območja na površju Zemlje znotraj 24 ur s pankromatsko ločljivostjo 0,5 m in multispektralno ločljivostjo 2 m.

Razviti postopek klasifikacije poplavljenih zemljišč je le eden od korakov v postopku izdelave zemljevida poplavljenih zemljišč, ki se prične z opazovanjem prizadetega območja z različnimi satelitskimi sistemi in pripravo podatkov, nadaljuje s predobdelavo satelitskih posnetkov (geometrijski in radiometrični popravki), izračunom dodatnih podatkovnih slojev (na primer NDVI) ter konča s kartiranjem poplavljenih območij. Postopek bo zato vključen v okviru centra odličnosti Vesolje-SI v verigo za hitro kartiranje. Celoten sistem bo omogočal izdelavo zemljevidov poplavljenih zemljišč v nekaj urah po sprožitvi snemanja prizadetega območja z izbranim satelitskim sistemom, kar je bistveno hitreje od dosedanjih sistemov za hitro kartiranje, primer kakršnega je program SAFER (*Services and Applications For Emergency Response*) in ki omogočajo izdelavo zemljevidov v enem dnevu.

## 7 Viri in literatura

Agencija Republike Slovenije za okolje, Državna meteorološka služba: Poročilo o izjemno obilnih padavinah od 16. do 19. septembra 2010 (22. 9. 2010). Ljubljana, 2010b.

Agencija Republike Slovenije za okolje, Urad za hidrologijo in stanje okolja, Sektor za analize in prognoze površinskih voda: Hidrološko poročilo o povodnji v dneh od 17. do 21. septembra 2010 (21. 9. 2010). Ljubljana, 2010a.

- Bach, H., Appel, F., Fella, K., de Fraipont, P. 2005: Application of flood monitoring from satellite for insurances. IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS 2005. Seul.
- Boutsinas, B. 2002: Accessing data mining rules through experts systems. International Journal of Information Technology and Decision Making 1-4. Singapur.
- Burgan, R. E., Hartford, R. A. 1996: Live vegetation moisture calculated from NDVI and used in fire danger rating. 13th Conference on Fire and Forest Meteorology. Lorne.
- Campbell, J. B. 1996: Introduction to Remote Sensing. New York.
- Chen, J., Li, M., Liu, Y., Shen, C., Hu, W. 2010: Extract residential areas automatically by New Built-up Index. Geoinformatics, 18th International Conference. Peking.
- Dietterich, T. G. 2000: Ensemble methods in machine learning. Lecture Notes in Computer Science 1857. Berlin.
- Digitalni model višin Slovenije 12,5. Geodetska uprava Republike Slovenije. Ljubljana, 2005.
- Državna pregledna karta Republike Slovenije 1 : 250.000. Geodetska uprava Republike Slovenije. Ljubljana, 2005.
- Generalizirana kartografska baza 1 : 25.000. Geodetska uprava Republike Slovenije. Ljubljana, 1996.
- Han, S. W., Kim, J. Y. 2008: Rough set-based decision tree using a core attribute. International Journal of Information Technology and Decision Making 7-2. Singapur.
- Komac, B., Zorn, M. 2011: Geografija poplav v Sloveniji septembra 2010. Neodgovorna odgovornost, Naravne nesreče 2. Ljubljana.
- Lamovec, P., Oštir, K. 2010: Uporaba strojnega učenja za določitev poplavljenih območij – primer poplav v Selški dolini leta 2007. Geodetski vestnik 54-4. Ljubljana.
- Mikoš, M. 2009: Preventiva nenehno v senci kurative: prof. dr. Matjaž Mikoš, hidrolog. Delo 51-300. Ljubljana.
- Ocenjena škoda po vzroku elementarne nesreče, Slovenija, letno. Statistični urad Republike Slovenije. Ljubljana, 2013. Medmrežje: <http://www.stat.si/> (14. 8. 2013).
- Ortofoto. Geodetska uprava Republike Slovenije. Ljubljana, 2006.
- Pehani, P., Kokalj, Ž., Marsetič, A., Oštir, K. 2008: Uporaba satelitskih posnetkov za analizo poplav septembra 2007. Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 2007–2008. Ljubljana.
- Rusjan, S., Kobold, M., Mikoš, M. 2009: Characteristics of the extreme rainfall event and consequent flash floods in W Slovenia in September 2007. Natural Hazards and Earth System Sciences 9-3. München.
- Sodnik, J. 2007: Poplave v septembru 2007 – drobirski tok nad Kropo. Slovenski vodar 18. Ljubljana.
- The United Nations Office for Disaster Risk Reduction: Disasters in Numbers. 2011. Medmrežje: [http://www.unisdr.org/files/24692\\_2011disasterstats.pdf](http://www.unisdr.org/files/24692_2011disasterstats.pdf) (28. 11. 2012).
- Triglav Čekada, M., Zorn, M. 2012. Poplave septembra 2010 – obdelava nemerskih fotografij s fotogrametričnim DMR in lidarskimi podatki. Geodetski vestnik 56-4. Ljubljana.
- Urancar, K. 2007: Kras Krimskega hribovja in Rakitniške planote. Diplomsko delo, Oddelek za geografijo Filozofske fakultete Univerze v Ljubljani. Ljubljana.
- Zha, Y., Gao, J., Ni, S. 2003: Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery. International Journal of Remote Sensing 24-3. London.

## SODELOVANJE JAVNOSTI PRI PRIDOBIVANJU POSNETKOV ZA DOLOČITEV OBSEGA POPLAV V NOVEMBRU 2012

**dr. Mihaela Triglav Čekada**

Geodetski inštitut Slovenije, Jamova cesta 2, SI – 1000 Ljubljana, Slovenija

mihaela.triglav@gis.si

### IZVLEČEK

#### **Sodelovanje javnosti pri pridobivanju posnetkov za določitev obsega poplav v novembru 2012**

Med 5. in 6. novembrom 2012 so predvsem severni del Slovenije zajele obširne poplave. Na Geodetskem inštitutu Slovenije smo 6. novembra sprožili akcijo zbiranja posnetkov poplav s strani javnosti. V članku je najprej predstavljen odziv javnosti na poziv. Zbirali smo posnetke posnete z višjega stojišča (hriba, iz zraka), ki prikazujejo širša območja poplav ter je na njih vidnih vsaj nekaj cest. Od skupno pridobljenih 102 posnetkov in enega videa smo obdelali 21 % materialov. Z dolžino odsekov glavnih rek je najprej ocenjen obseg najobširnejših poplav. Posnetki, posredovani s strani javnosti, pokrijejo 12 % dolžine rek z najobširnejšimi poplavami. Potem smo rezultate primerjali še z uspešnostjo satelitskih kart GIO EMS, ki so bile na razpolago za iste poplave. Satelitske karte uspešno predstavijo 18 % dolžin rek z najobsežnejšimi poplavami. Na koncu smo obsege poplav, dobljene iz nemerskih posnetkov, primerjali še z opozorilnimi kartami poplav iz Atlasa okolja ARSO.

### KLJUČNE BESEDE

digitalni model reliefa, nemerske fotografije, poplave 2012, satelitske karte, sodelovanje javnosti

### ABSTRACT

#### **Public participation in flood delineation of November 2012 floods**

Between November 5 and 6, 2012 the Northern part of Slovenia was heavily affected by floods. On the Geodetic institute of Slovenia the action for volunteered imagery gathering of floods was triggered on November 6. First the response of public is presented. Images taken from higher stand-points (hill, aerial) showing broader flooded areas and also some roads were collected. We used 21% of gathered 102 images and one video for flood delineation. Then the most affected river sections are defined. The volunteered imagery covers 12 % of the most affected river sections. The results are also compared with the success of GIO EMS satellite mapping products, which successfully represent 18 % of the most affected river sections. At the end the volunteered imagery flood maps are compared with flood warning maps from Atlas okolja ARSO which were available prior to the flooding.

### KEY WORDS

digital terrain model, nonmetric images, floods 2012, satellite maps, the involvement of public

## 1 Uvod

Skoraj vsako leto prizadenejo Slovenijo poplave manjšega ali večjega obsega, ki so zaradi razgibane topografije praviloma manjšega obsega. Večinoma jih lahko pričakujemo v poznem poletnem času ali v jeseni (Rusjan s sodelavci 2009). V letu 2012 je močno deževje v dneh 4. in 5. novembra povzročilo obširne poplave, ki so zajele celotno severno polovico Slovenije 5. in 6. novembra 2012.

Obseg poplav in njene posledice ponavadi poskušamo ovrednotiti s pomočjo posebnih fotogrametričnih snemanj ter satelitskih optičnih ali radarskih podob (Oštir in sodelavci 2011; Veljanovski in sodelavci 2011; 2012). Posledice naravnih nesreč lahko spremljamo tudi s sodelovanjem javnosti, ki lahko poda opisne podatke ali fotografije posledic naravnih nesreč (Goodchild 2007). S pomočjo sodelovanja javnosti so spremljali poplave v Avstraliji med decembrom 2010 in februarjem 2011 (McDougall in Temple-Watts 2012), posledice potresa na Novi Zelandiji leta 2011 in cunami na Japonskem leta 2011 (McDougall 2012).

Na primerih obdelave posameznih amaterskih nemerskih posnetkov poplav 2010 smo ugotovili, da lahko tudi take posnetke uporabimo za določitev obsega poplav (Triglav Čekada in Zorn 2012a; 2012b). Zato smo 6. novembra 2012 na spletni strani in *Facebook* časovnici Geodetskega inštituta Slovenije sprožili poziv javnosti za zbiranje posnetkov poplav 2012 (Medmrežje 1). Prve rezultate javnega poziva smo na naši spletni strani predstavili že 22. novembra 2012. Istočasno smo akcijo preko TV Slovenija predstavili tudi širšemu krogu gledalcev. Prvo analizo akcije smo predstavili v začetku januarja 2013 (Triglav Čekada, Klanjšček in Zorn 2013). Članek predstavlja končno analizo uspešnosti akcije vključevanja javnosti pri zbiranju posnetkov poplav za potrebe določitve obsega poplav 2012.

## 2 Uporaba posnetkov, ki jih je posredovala javnost

Na javni poziv, ki smo ga objavili na naši spletni strani in *Facebook* časovnici se je skupno odzvalo 15 posameznikov, ki jih bomo imenovali prispevniki (preglednica 1). Od tega jih je pet posredovalo posnetke od nekoga drugega, katerih zaradi varstva avtorskih pravic nismo smeli uporabiti v raziskavi. Vzporedno smo vzpostavili stik še z avtorji nekaterih potencialno uporabnih posnetkov, ki smo jih našli na različnih spletnih albumih (*MojAlbum*, *YouTube*). Le en tako kontaktiran potencialni prispevnik je sodelovanje odklonil.

Skupno smo od vseh prispevnikov, ki so bili tudi avtorji slikovnega gradiva, prejeli 102 posnetka in en video. 45 % pridobljenega gradiva smo opredelili kot potencialno uporabnega za našo metodo obdelave. Uporabni posnetki so morali zadostiti osnovnemu pogoju, da je bilo na posnetku vidnih vsaj nekaj odsekov cest. Kar nekaj posnetkov je prikazovalo manjše dele poplav, na katerih ni vidnih dobrih orientirjev, zato takih nismo uporabili za obdelavo. Posebno pozornost pa smo posvetili tudi dejstvu, da zaradi varovanja zasebnosti ne smemo uporabljati posnetkov, na katerih so vidne osebe ali pa pri-

Preglednica 1: Število odzivov javnosti (število prispevnikov) na poziv za zbiranje posnetkov poplav 2012.

	število prispevnikov	brez dovoljenja za uporabo	lahko uporabimo
posredovanje <b>avtorskega</b> gradiva	10	0	10
posredovanje <b>neavtorskega</b> gradiva	5	5	0
kontaktiranje potencialnih prispevnikov na spletu dostopnega gradiva	6	1	5
<b>vsota</b>	<b>21</b>	<b>6</b>	<b>15</b>

kazujejo osebno lastnino od blizu (npr. bližnji posnetek dvorišča). Za končno obdelavo smo zato uporabili 21 % vseh posnetkov ali 22 posnetkov in 12 slik iz enega videa.

Nabor uporabnih posnetkov obsega posnetke, narejene iz bližnjih hribov ali iz zraka, ki so bili narejeni z različnimi fotoaparati in so bili shranjeni v različnih ločljivostih. Nekateri avtorji so nam posredovali podatke o približni lokaciji stojišča, drugi ne.

Za orientacijo posnetkov in trirazsežno izvrednotenje robov poplav smo uporabili interaktivno metodo orientacije posnetka na podlagi digitalnega modela reliefa (DMR) in vektorjev cest. Metoda je enoslukovna, kar pomeni da omogoča zajem 3D-podatkov samo iz enega posnetka. Metoda temelji na iskanju najbolj ujemajoče se projekcije točk DMR-ja na stanje na posnetku. Z iskanjem najboljšega ujemanja iščemo parametre zunanje orientacije posnetka. Po uspešno izvedeni zunanji orientaciji pa določamo 3D-koordinate točk na posnetku, s tem da izbiramo projicirane točke DMR-ja, ki se najbolj pokrivajo s podrobnostjo na posnetku, ki jo želimo zajeti. Uporabili smo DMR 5 m × 5 m, izdelan v okviru cikličnega aerofotografiranja Slovenije – CAS 2006.

Rob poplave zelo težko zajamemo kot sklenjeno črto, saj je velikokrat zakrit z rastjem. Deloma si lahko pomagamo, če zajamemo rob iz večjega števila posnetkov, vendar pa ti niso vedno na voljo. To pomanjkljivost lahko odpravimo naknadno ob GIS-analizi poplavljenih območij, ko vektorje robov poplav prekrijemo čez DMR. Sedaj lahko predpostavimo, da je na nekem zakritem odseku voda dosegla isto nadmorsko višino, kot tam, kjer smo jo videli, preden se je skrila v rastje. Na ta način smo povezali luknje v robovih poplav in izračunali površino celotnega poplavljenega območja (preglednica 2).

### 3 Obseg poplav

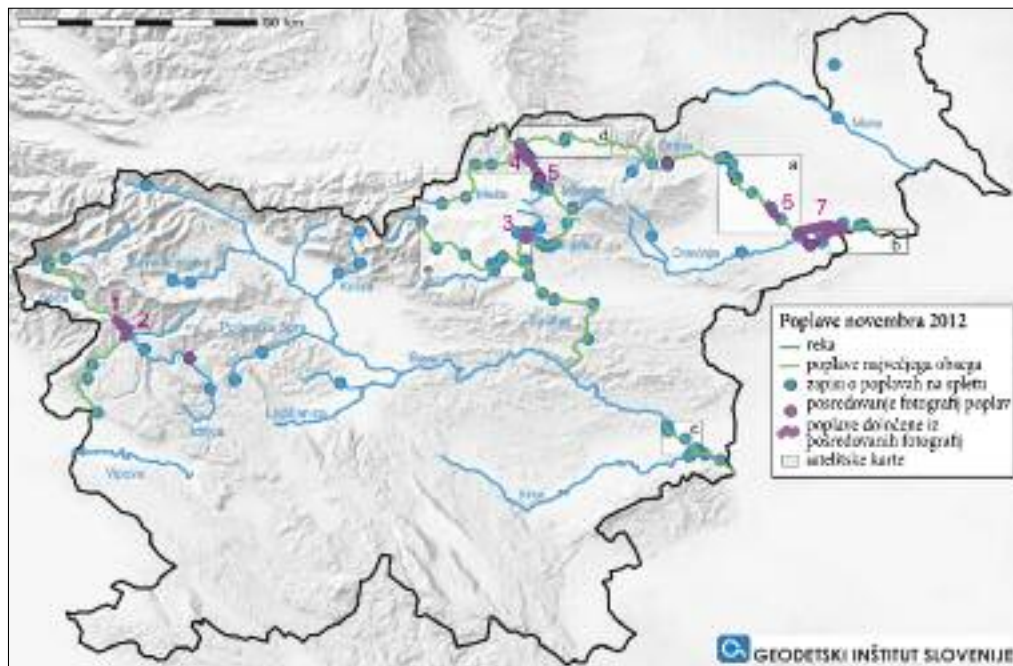
Kot smo že omenili, so poplave novembra 2012 zajele skoraj celotno severno polovico Slovenije. Da pa bi lahko ocenili uspešnost naše metode kartiranja poplav s pomočjo nemerskih posnetkov, ki nam jih je posredovala javnost, smo izrisali pregledno karto Slovenije na kateri so upodobljeni večji vodotoki in s svetlo modro označeni odseki rek, kjer so bile poplave ocenjene kot najboljše (slika 1). Pregledno karto smo izdelali s pomočjo pregleda spletnih virov šest mesecev po tem, ko so se poplave zgodile. Pri pregledu spletnih virov smo iskali omembe poplav v spletnih časopisih, slike na različnih portalih in videe. Vsak moder krožec na sliki 1 predstavlja najmanj eno omembo poplav na tej lokaciji. Rečne odseke z najboljše poplavami smo določili tako, da smo rekli, da so na tem rečnem odseku bili opisani vsaj trije dogodki poplav v spletnih virih. Na ta način dobimo skupno 400 km rečnih odsekov najboljše poplav na rekah Soča, Sava, Krka, Savinja, Paka, Meža, Mislinja in Drava. Tako dobljena ocena najboljše poplav se sklada z odseki rek, kjer je bil hidrološki odziv največji (Medmrežje 2).

V okviru naše akcije smo pridobili posnetke za Sočo v Tolminu in Mostu na Soči, Idrijco na Željenu, Pako in njene pritoke v Šoštanj, za Mislinjo od Pameč do Dravograda, za Dravo v Ožbaltu in od HE Zlatoliče do HE Formin (vijoličasti krožci na sliki 1). Skupno smo na teh območjih pokrili 48 km odsekov rek in 1439,4 ha poplavljenih območij (preglednica 2), kar je 12 % dolžine odsekov rek z najboljše poplavami.

Največje poplavljeno območje, ki smo ga kartirali s pomočjo posnetkov javnosti, je območje med Ptujskim jezerom in HE Formin (območje 7 na sliki 1, slika 7) in pokriva 900,5 ha ali 26 km dolg odsek reke Drave in kanala Formin. Območje smo pokrili s posnetke treh različnih prispevnikov. Kljub temu, da smo pokrili sorazmerno veliko območje pa deli poplav tudi na tem delu manjkajo, saj posnetkov poplave takoj za Ptujskim jezerom nismo mogli orientirati, ker so na njih manjkali orientirji.

Drugo najboljše poplavno območje je porečje Mislinje, kjer smo skupno pokrili 127,5 ha poplav in 7,7 km dolg odsek rek Mislinje in Meže med Pamečami in Dravogradom (območji 4 in 5 na sliki 1, slika 4, 5).





Slika 1: Opredelitev poplav največjega obsega, pokritost poplav s posnetki javnosti (od 1 do 7) in s satelitskimi kartami (od a do e).

Preglednica 2: Obseg poplav, izmerjen iz posnetkov, ki nam jih je posredovala javnost. V prvem stolpcu so odseki oštevilčeni enako kot na sliki 1.

kraj (ime reke)	dolžina odseka reke (km)	površina rečne struge (ha)	celotno poplavljeno področje (ha)
1 Tolmin (Soča)	2,7	72,0	81,8
2 Most na Soči (Soča)	2,4	24,0	38,5
3 Šoštanj (Paka, Toplica, Klančnica)	4,6	1,8	56,5
4 Pameče (Mislinja)	1,8	1,9	16,3
5 Bukovska vas – Dravograd (Mislinja, Meža)	5,9	8,1	111,2
6 HE Zlatoličje – Ptuj (Drava)	4,6	67,7	234,6
7 Ptujsko jezero – HE Formin (Drava, kanal Formin)	26,0	68,6	900,5
vsota	48,0	244,1	1439,4

#### 4 Primerjava s satelitskimi kartami poplav

Beli pravokotniki na sliki 1 predstavljajo območja, za katera smo imeli na razpolago še satelitske karte poplav (*GIO EMS Mapping products*) v merilih enakih ali večjih od 1 : 55.000, ki smo jih pridobili od Uprave Republike Slovenije za zaščito in reševanje. Poudariti moramo, da originalnih satelitskih posnetkov nismo imeli na voljo, le že izdelane vektorske karte poplav, ki so bile prikazane na starejših satelitskih posnetkih. Žal so bili satelitski posnetki posneti najmanj en do štiri dni po poplavih, zato nekateri prika-

zujejo zelo majhen obseg poplav t. j. tam, kjer so bile poplave v resnici zelo obširne. Na sliki 1 so območja satelitskih kart označena od a do e, padajoče glede na datum snemanja. Tako sta bili območji a (Ptuj) in b (Ormož) posneti en dan po poplavah, c (Krško) dva dni, d (Dravograd) tri dni in e (Ljubno) štiri dni po poplavah.

Satelitske karte pokrivajo 32 % odsekov rek z najobsežnejšimi poplavami. Če podrobno pogledamo vsebino satelitskih kart, ugotovimo, da ne prikazujejo pravilno poplav Meže, Mislinje ter Savinje, saj so bili na teh območjih satelitski posnetki posneti tri ali štiri dni po poplavah, ko se je večina vode že umaknila (satelitski karti d in e). Tako dobimo realno oceno uspešnosti satelitskih kart 18 % odsekov rek z najobsežnejšimi poplavami ali 75,8 km.

Rezultate pridobljene iz nemerskih posnetkov in iz satelitskih kart lahko primerjamo le na 9 km ali 2 % odsekov rek z najobsežnejšimi poplavami. Prekriva se območje 6 od HE Zlatoločje do Ptujja, kjer so se poplavljeni območja (brez vključene rečne struge) v enem dnevu zmanjšala iz 166,9 ha, kot je bilo izmerjeno iz nemerskih posnetkov, na 15,4 ha, kot je bilo prikazano na satelitskih kartah z dne 7. novembra 2012. Deloma pa se prekriva še zahodni del območja 7 med Malo vasjo in HE Formin, kjer se je voda, prav tako v enem dnevu, umaknila s 653,7 ha na 53,0 ha. V obeh primerih predstavlja obseg poplavljenih območij en dan po poplavah le 10 % ali manj obsega poplav ob največjem obsegu.

## 5 Primerjava z opozorilnimi kartami poplav

Na slikah v tem poglavju so na ortofotih z debelo svetlo modro črto prikazani robovi poplav izmerjeni iz nemerskih posnetkov javnosti. Sloji opozorilnih kart poplav – katastrofalne poplave – Atlasa okolja (Medmrežje 3) so prikazani s prosojno temno modro površino.



Slika 2: Robovi poplav Soče 5. 11. 2012 v Tolminu (levo) in v Mostu na Soči (desno).

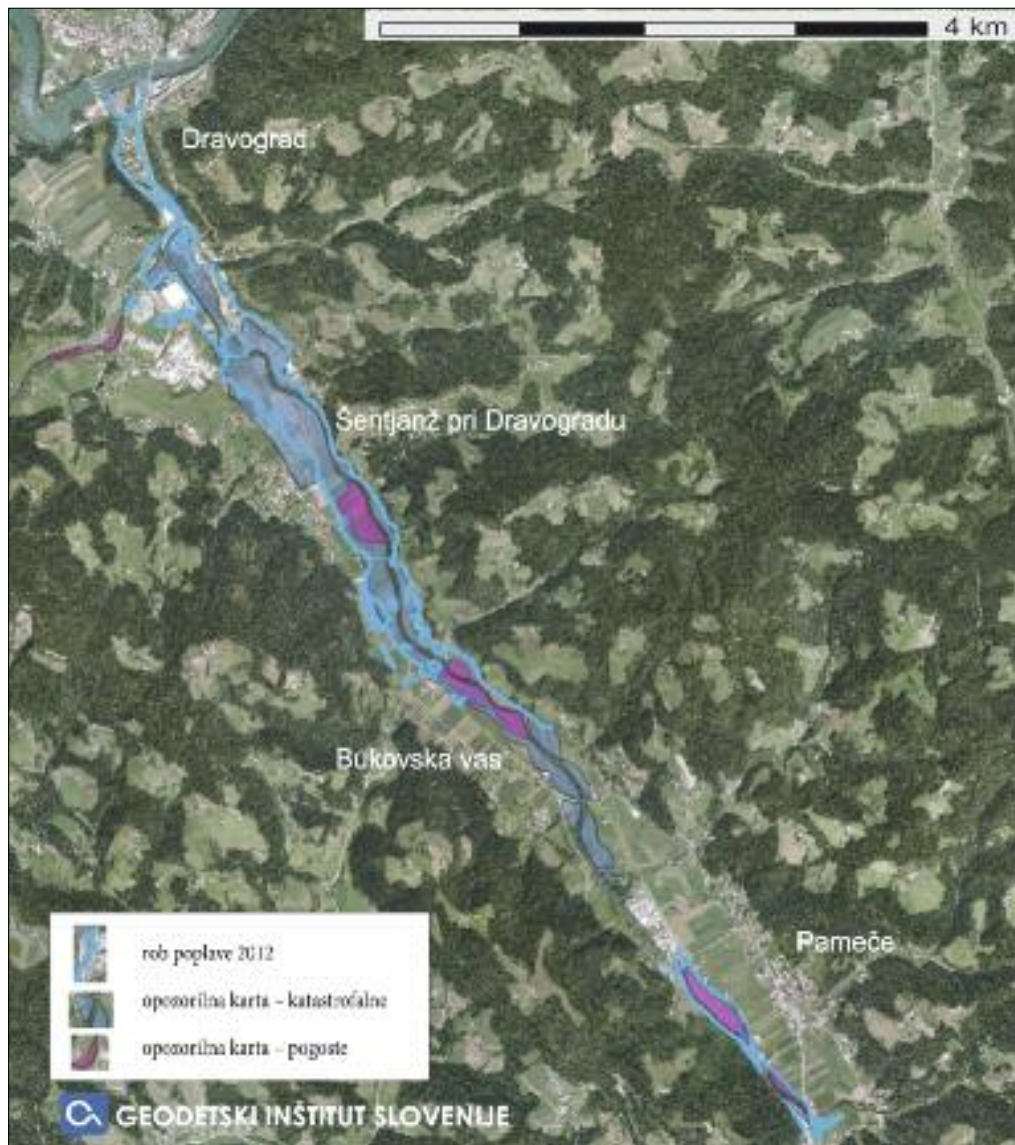


Slika 3: Robovi poplav Pake, Toplice in Klančnice 5. 11. 2012 v Šoštanju.

V Tolminu in Mostu na Soči je Soča zalila predele, ki se nahajajo na njeni poplavni ravnici (slika 2). V Tolminu (slika 2a) je voda narasla na obravnavanem odseku z običajne povprečne višine bregov struge 154,8 m na 160,8 m na levem in 158,8 m na desnem bregu gledano v smeri toka vode. Pomeni, da je voda ob največjem obsegu zalila območja, višja za 2 do 4 m od normalnega vodostaja. Poplava je zalila območje, kategorizirano kot območje katastrofalnih poplav na sloju opozorilne karte poplave.

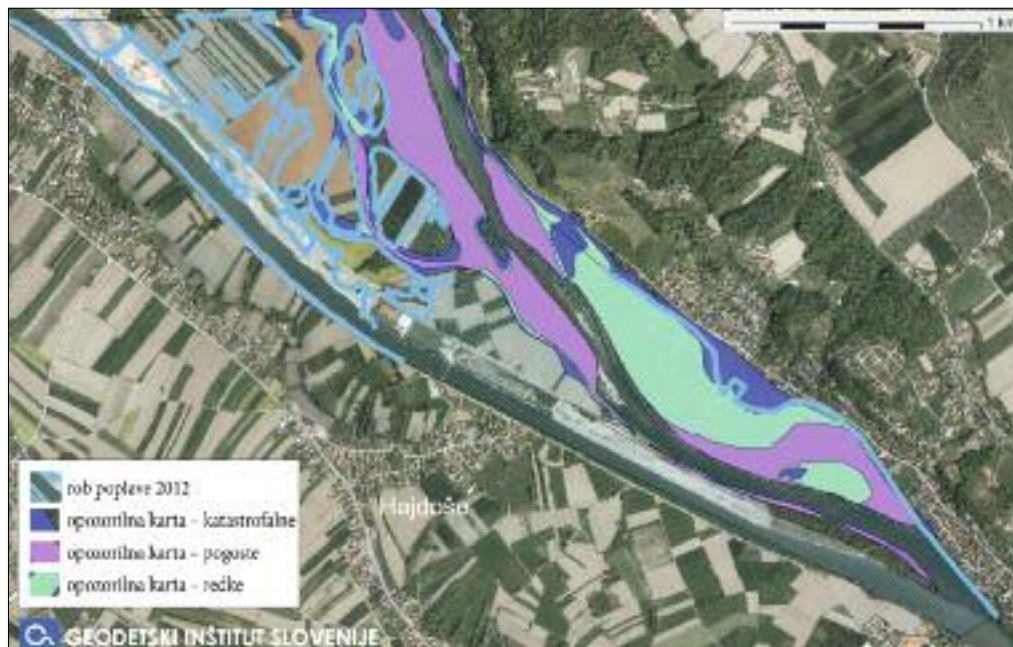
V Mostu na Soči se je Soča na desnem bregu razlila še za 20 do 80 m dlje po poplavni ravnici, kot je bilo predvideno na opozorilni karti katastrofalnih poplav (slika 2b). Povprečne višine vode so na obravnavanem odseku narasle z višine begov struge 150,4 m na 157,4 m na levem bregu in 157,1 m na desnem bregu. Pomeni, da je voda ob največjem obsegu poplav zalila področja, ki so kar 7 m višje kot ob normalnem vodostaju.

V Šoštanju (slika 3) poplavljenno območje ni bilo prikazano na nobeni od opozorilnih kart poplav (za redke, pogoste ali katastrofalne poplave). Potoka Toplica in Klančnica, ki sta povzročila večino poplavljenih površin, sta na obravnavanem območju narasla s povprečne širine struge 3 m na širino zalitih površin od 80 do 110 m. Na bolj položnem osrednjem delu, kjer je na severu vas Metleče, se je voda vseh treh pritokov dvignila s povprečne višine strug 350,4 m na povprečno višino robu poplave 352,2 m. Železniški nasip v sredini tega dela je bil očitna ovira za poplave.

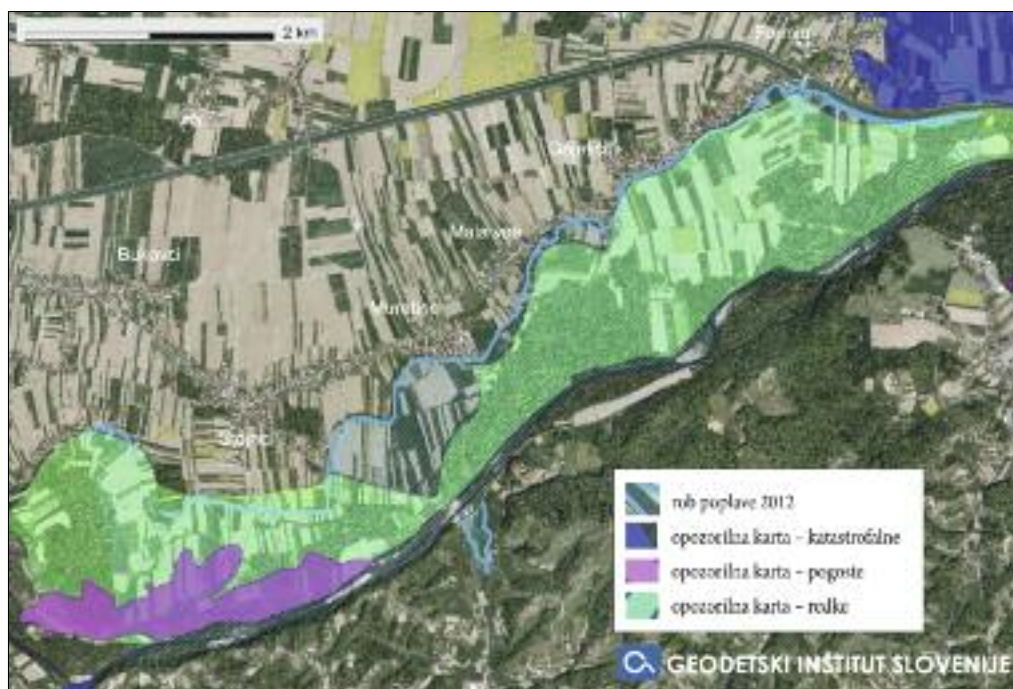


Slika 4: Robovi poplav reke Mislinje 5. 11. 2012 od Pameč do Dravograda.

Poplave na območju reke Mislinje so se prelele čez predvideno območje katastrofalnih poplav ponekod na obeh bregovih za 25 m, ponekod pa so zalile za prav toliko manj površine. Ker se je robove poplav zajemalo iz DMR 5 m × 5 m lahko rečemo, da so na tem območju dejansko stanje poplav ujema z opozorilnimi kartami. Tako je bil pojav katastrofalnih poplav že predviden za celotno industrijsko cono med Bukovsko vasjo in Otiškim vrhom. V poplavljenem bolj stanovanjskem delu od sotočja Mislinje in Meže naprej proti Dravogradu pa na opozorilnih kartah poplav ni bil predviden noben tip poplav, torej niti katastrofalne poplave ne.



Slika 5. Robovi poplave reke Drave od HE Zlatoličje do Ptuja.



Slika 6. Robovi poplave Drave 6. 11. 2012 od Ptujskega jezera do HE Formin.

Najobsežnejše pa je poplavljala 6. novembra reka Drava, ki je poplavljala vzdolž celotnega toka (slika 1). V naši akciji smo uspeli izmeriti obsege poplav v okolici Ptuja.

Na odseku med HE Zlatoličje in Ptujem se je Drava razlila v območje predvideno na opozorilnih kartah poplav kot pogoste poplave. Voda pa je bolj ali manj pokrila tudi celotno ravnico med strugo Drave in kanalom Zlatoličje (slika 5).

Na odseku med Ptujskim jezerom in HE Formin je Drava zalila širše območje, kot je bilo predvideno na opozorilni karti redkih poplav (slika 6). kanal Formin v zgornjem delu ni povzročil obsežnejših prelivanj. V Forminu si je Drava med poplava izdelala tudi dodatno strugo, ki je poškodoval odvodni kanal HE Formin. V Forminu je poplavljal tudi pritok Pesnica, ki seizivna v odvodni kanal HE Formin. V Dolanah pa je poplavljal tudi potok Bela, kar vidimo v osrednjem delu slike 6. Na območju med Muretinci in Forminom je Drava na levem bregu narasla iz povprečne višine struge 199,5 m na 206,0 m.

## 6 Sklep

Ob poplavah, ki so zajele celotno severno polovico Slovenije 5. in 6. novembra 2012, smo na Geodetskem inštitutu Slovenije sprožili akcijo zbiranja nemerskih posnetkov poplav od javnosti. Pridobljeni posnetki so omogočili določitev obsega poplav za naslednje odseke rek: Soča v Tolminu in Mostu na Soči, Pako in njene pritoke v Šoštanju, Mislinjo od Pameč do Dravograda in Dravo od HE Zlatoličje do HE Formin. Na obravnavanih območjih so poplave večinoma obsegale območja predhodno opredeljena v opozorilnih kartah poplav ARSO kot katastrofalne poplave. Med Ptujskim jezerom in HE Formin je Drava zalila območje opredeljeno kot redke poplave, v Šoštanj pa ni bil na tem območju predviden noben tip poplav.

Naknadno smo s pomočjo preučevanja različnih spletnih virov določili odseke rek z najboljšežnejšimi poplavami. Kljub sorazmerno majhni pokritosti odsekov rek z najboljšežnejšimi poplavami, ki smo jih pokrili z nemerskimi posnetki, le 12 %, predstavljajo ti posnetki bogat vir podatkov za preučevanje poplav. Z neposredno primerjavo na dveh območjih, kjer imamo satelitske karte poplav, ki temeljijo na satelitskih posnetkih narejenih en dan po poplavah, in kartami poplav izdelanimi iz nemerskih posnetkov, smo ugotovili, da enodnevna razlika pomeni okoli 90 % manj poplavljenih območij, saj je voda v tem času že odtekla. Lahko rečemo, da vključevanje javnosti v evidentiranje poplav v trenutku, ko se le-te zgodijo, predstavlja zelo pomemben vir podatkov. Te lahko uporabimo za določitev enkratnega obsega poplav in tudi za preučevanje dinamike odtekanja poplavne vode s poplavnih območij, če jih ob kombiniramo z drugimi viri (satelitski posnetki).

*Zahvala: Najlepše se zahvaljujemo vsem, ki so se odzvali na našo akcijo zbiranja slikovnega gradiva o poplavah 2012 ter so dovolili uporabo posnetkov v raziskovalne namene. Delo je bilo delno financirano v okviru podoktorskega projekta ARRS Z2-4182 Javne agencije za raziskovalno dejavnost Republike Slovenija (ARRS). Zahvaljujemo se še Geodetski upravi Republike Slovenija za digitalni model reliefa in ortofote, Upravi Republike Slovenije za zaščito in reševanje za satelitske karte »GIO EMS mapping products« ter Agenciji Republike Slovenije za okolje za javno dostopne opozorilne karte poplav.*

## 7 Viri in literatura

- Goodchild, M. 2007: Citizens as sensors: the world of volunteered geography. *GeoJournal* 69. Dordrecht.
- McDougall, K. 2012: An assessment of the contribution of the volunteered geographic information during recent natural disasters. Quebec.
- McDougall, K., Temple-Watts, P. 2012: The use of LIDAR and volunteered geographic information to map flood extents and inundation. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* 1-4. Melbourne.

- Medmrežje 1: <http://www.gis.si/sl/poplave-2012/#rezultati> (20. 8. 2013).
- Medmrežje 2: Hidrološko poročilo o poplavah v dneh med 4. in 6. novembrom 2012. ARSO. <http://www.arso.gov.si/vode/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/Poplave%205.%20-%206.%20november%202012.pdf> (25. 3. 2013).
- Medmrežje 3: Opozorilne karte poplav. Atlas okolja. Ljubljana. Medmrežje: [http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas\\_Okolja\\_AXL@Arso](http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso) (20. 4. 2013)
- Oštir, K., Kokalj, Ž., Veljanovski, T., Rakovec, J., Žagar, N. 2011: Uporaba satelitskega daljinskega zaznavanja za napovedovanje in opazovanje poplav. Raziskave s področja geodezije in geofizike 2010. Ljubljana.
- Rusjan, S., Kobold, M., Mikoš, M. 2009: Characteristics of the extreme rainfall event and consequent flash floods in W Slovenia in September 2007. Natural Hazards and earth System Sciences 9. Katlenburg-Lindau.
- Triglav Čekada, M., Klanjšček M., Zorn, M. 2013: Preučevanje poplav novembra 2012 na podlagi nemerskih posnetkov z vključevanjem javnosti. Raziskave s področja geodezije in geofizike 2011. Ljubljana.
- Triglav Čekada, M., Zorn, M. 2012a: Uporabnost nemerskih fotografij za preučevanje poplav – primer poplav na Dobropolju septembra 2010. Geografski informacijski sistemi v Sloveniji 2011–2012. Ljubljana.
- Triglav Čekada, M., Zorn, M. 2012b: Poplave septembra 2010 – obdelava nemerskih fotografij s fotogrametričnim DMR in lidarskimi podatki. Geodetski vestnik 56-4. Ljubljana.
- Veljanovski, T., Pehani, P., Kokalj, Ž., Oštir, K., 2011. Zaznavanje poplav s časovno vrsto radarskih satelitskih posnetkov ENVISAT in RADARSAT-2. Neodgovorna odgovornost, Naravne nesreče 2. Ljubljana.
- Veljanovski, T., Pehani, P., Lamovec, P., Oštir, K. 2012: Uporabnost podatkov satelitskega in letalskega daljinskega zaznavanja za opazovanje in kartiranje vodnih površin. Geodetski vestnik 56-4. Ljubljana.

# KATALOG POPLAVNIH SCENARIJEV KOT STROKOVNA PODLAGA ZA NAČRTE ZAŠČITE IN REŠEVANJA OB POPLAVAH

**Matej Müller, mag. Gašper Rak, dr. Franci Steinman**

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za mehaniko tekočin z laboratorijem,  
Hajdrihova 28, SI – 1000 Ljubljana, Slovenija  
matej.mueller@fgg.uni-lj.si, gasper.rak@fgg.uni-lj.si, franci.steinman@fgg.uni-lj.si

**dr. Gorazd Novak**

Inštitut za hidravlične raziskave, Hajdrihova 28, SI – 1000 Ljubljana, Slovenija  
gorazd.novak@hidroinstitut.si

## IZVLEČEK

### **Katalog poplavnih scenarijev kot strokovna podlaga za načrte zaščite in reševanja ob poplavah**

V katalogu poplavnih scenarijev so povezane vsebine kart razredov poplavne nevarnosti in načrtov zaščite in reševanja ob poplavah ter v okviru evropskega teritorialnega sodelovanja SI-AT, projekt DRA-MUR-CI, izdelani Katalog poplavnih scenarijev za vodno vozlišče Dravograd, na sotočju Meže z Mislinjo in Drave. Izdelava kart zahteva osnovne scenarije za tri pretoke. Drugi scenariji enostavnih (samo poplavljanje) ali sestavljenih dogodkov (vpliv plavja, nanosa hudournikov) so zanimivi za intervencije ob poplavah. Enostavni dogodki upoštevajo različno sovpadanje pretokov Drave, Meže in Mislinje, sestavljeni dogodki pa, kaj bi še lahko šlo narobe ob poplavah. S hidravličnim modeliranjem (orodje MIKE Flood) je določen obseg poplavljanja ter globine in hitrosti vode, z GIS orodji pa je prikazano, kaj je v območju poplavne nevarnosti. Katalog vsebuje 60 izbranih poplavnih scenarijev. Rezultati so bili preverjeni ob poplavah novembra 2012.

## KLJUČNE BESEDE

poplavni scenariji, poplavna nevarnost, enostavni in sestavljeni dogodki, načrti zaščite in reševanja, Meža, Mislinja, Drava, Slovenija

## ABSTRACT

### **Flood scenario catalogue as an expert document for the protection and rescue plans at flood events**

The Flood hazard maps were connected with the protection and rescue plans at flood events and within the framework of the European Territorial Cooperation SI-AT, project DRA-MUR-CI, a Flood scenario catalogue was established for the Water node Dravograd, where Meža and Mislinja flow into the Drava River. The production of the maps requires the basic scenarios for the three discharges. Other scenarios with simple (just flooding) or composite events (with the impact of floating debris, mudslides) are interesting for the intervention during floods. Simple events take into account the various coincidences of the Drava, Meža and Mislinja Rivers while the composite events take also into account what else could go wrong. The hydraulic modeling (MIKE Flood software) defines the extent of flooding, and the depth and speed of the water, while GIS tools are used to show what is in the area of flood hazard. This catalog contains 60 selected flood scenarios. The results have already been verified with the floods in November 2012.

## KEY WORDS

flood scenarios, flood hazard, simple and complex events, protection and rescue plans, Meža River, Mislinja River, Drava River, Slovenia



## 1 Uvod

Za ravnanje ob poplavah sta s katalogom povezana dva dokumenta, ki nastajata v Sloveniji – Karte razredov poplavne nevarnosti (KRPN) in Načrti zaščite in reševanja (NZiR). Prvi je pomemben za načrtovanje rabe prostora, drugi za aktivnosti Civilne zaščite. Da bi izboljšali osveščanje prebivalstva, uporabnikov prostora, ravnanje javne vodnogospodarske službe ob poplavah, pa tudi načrtovalcev rabe prostora in dejavnosti civilne zaščite, je bil v okviru evropskega teritorialnega sodelovanja SI-AT, projekta DRA-MUR-CI, izdelan Katalog poplavnih scenarijev za primer izlivnega območja Meže. Tri osnovne scenarije, t. j. poplavljanje iz vodotoka pri  $Q_{10}$ ,  $Q_{100}$  in  $Q_{500}$  zahteva izdelava KRPN. Drugi scenariji enostavnih dogodkov (poplavljanje vodotokov) ali sestavljenih dogodkov (ob poplavah se pojavi še zamašitev premostitev s plavjem, nanos hudourniškega materiala) pa so zanimivi predvsem za intervencije, zato je treba pripraviti NZiR v čim bolj pregledni obliki za operativno rabo.

Uporabnost novega pristopa s scenariji je prikazana na vodnem vozlišču Dravograd, kjer se Meža s pritokom Mislinjo izliva v Dravo (Müller s sodelavci 2012). V scenarijih so bile upoštevane različnega sovpadanja pretokov Drave, Meže in Mislinje, dodatno pa še sestavljeni dogodki, kot so zamašitev premostitev in njihovo prelivanje in dotok hudourniškega materiala. Od množice možnih je bilo obravnavanih le 60 najbolj kritičnih oz. najverjetnejših scenarijev. Zanje so bili s programskim orodjem MIKE Flood izračunani obsegi poplavljanja ter globine in hitrosti vode, ki bi lahko nastopile ob pojavu visokih voda. Uporabljeno orodje združuje 1D in 2D modeliranje, v strugi pa omogoča simuliranje toka skozi mostno odprtino, prelivanje čez mostno konstrukcijo. Obravnavano območje obsega sotočje, kjer lahko Drava zajezi pritoka in še približno 3 km odseka Meže ter del pritoka Mislinje gorvodno od sotočja, na katerega bi lahko vplivala Meža.

Enostavni dogodek ali sestavljeni (včasih imenovan tudi verižni) dogodek obravnava, »kaj in kako bi lahko šlo narobe«. Takšni sestavi dogodkov in procesov pravimo scenarij, in je izhodišče vsakih ukrepov za obvladovanje nevarnosti oz. vsako zmanjševanje tveganja. Predpostavke se navadno nanašajo na parametre dogodkov (intenziteta padavin), pričakovani oz. predpostavljeni potek dogodkov (potovanje poplavnega vala, čas in konica) in lastnosti izpostavljenih objektov, pri katerih pogojih pride do porušitve zaščitnih objektov (nasipa).

Katalog poplavnih scenarijev povezuje vsebine KRPN, ki so namenjene načrtovanju rabe prostora oziroma omejevanju posegov v območje poplavne nevarnosti, ter vsebine NZiR, namenjene neposrednemu izvajanju zaščite in reševanja ob poplavah. Zato obsega opisni tekstovni del, pretežno pa kartografsko gradivo s prikazom izračunanega obsega poplav in globinami vode, ki so pomembni podatki za intervencije. V obravnavanih scenarijih so bile upoštevane različne vrednosti možnih pretokov Drave, Meže in Mislinje, saj je dinamika poplav drugačna ob pojavu visokih voda v enem, drugem ali vseh vodotokih.

Ker visoke vode premeščajo plavje in plavine, je treba preveriti še dodatne scenarije, npr. kako se poveča obseg poplavljenosti, če se pojavi delna zamašitev mostne odprtine. Zato je za izdelavo najverjetnejših scenarijev dragoceno sodelovanje pripadnikov Civilne zaščite in informacije o preteklih dogodkih. Ko so na voljo izračuni, je treba z izvajalci intervencij v preteklosti opraviti razpravo, ali so rezultati verjetni, ali potrjujejo pretekla dogajanja, še posebej pa o presenetljivih potekih dogodkov, kot je hkraten dotok vode iz različnih smeri, nepričakovane globine vode. Z izboljšanim poznavanjem možne dinamike procesov, najbolj ogroženih območij, potrebnih zapor prometnic bo mogoče ustrezno ukrepati ob nastopu visokih voda. S tem bo zagotovljena boljša zaščita pred izrednimi visokovodnimi dogodki, možno pa je tudi dodatno analizirati načrtovane posege v prostor.

## 2 Lastnosti obravnavanega območja

Obravnavano območje leži blizu državne meje z Avstrijo (scenariji dotekanja visokih voda iz Avstrije) in obsega obvodni prostor sotočja Meže in Mislinje ter izliva Meže v Dravo. Obravnavani so bili naslednji odseki:

- Drava od akumulacije HE Dravograd do mostu pod izlivom Meže,

- Meža od izliva v Dravo do rečne stacionaže približno 4,400 km,
- Mislinja od izliva v Mežo do rečne stacionaže približno 2,200 km.

Na tem območju je mesto Dravograd s hidroelektrarno Dravograd, blizu sotočja Meže in Mislinje pa sta naselji Otiški vrh in Šentjanž pri Dravogradu. Pred poplavami novembra 2012 je bila za to območje na podlagi arhivskih podatkov izdelana Opozorilna karta poplav (ARSO 2012), prikazana na sliki 1. Obarvano območje kaže, kje naj bi bila prisotna poplavna nevarnost zaradi poplavljanja iz vodotoka. Po naši strokovni oceni naj bi bilo območje poplavne nevarnosti bistveno večje, dodatna nevarnost pa preti še zaradi premostitev, vtokov hudournikov in možnih zdrsov zemljine v vodotok.

Regijski načrt zaščite in reševanja ob poplavih na območju koroške regije opisuje vodne razmere na naslednji način: »Meža je v 3 km dolgem izlivnem odseku regulirana, nad tem odsekom pa teče po ozki dolini med cesto oz. železnico in strmim pobočjem na drugi strani. Potencialno nevarnost ogroženosti pred poplavami predstavljajo dotrajani in slabo vzdrževani objekti (jezovi, obrežni zidovi) in nanosi plavin hudourniških pritokov. Mislinja je pritok Meže in je urejena na 23 km dolgem izlivnem odseku. Struga prevaja visoke vode do  $Q_{10}$ . Problem poplavne ogroženosti nastopa predvsem v industrijskih predelih v Pamečah, Otiškem vrhu in Slovenj Gradcu.« (URSZR 2005, 6).

Glede nabiranja plavja na premostitvah je bilo ocenjeno, da povzročajo dodatno nevarnost številni neustrezni (poddimenzionirani) prepusti in mostovi, velika prodonosnost, neustrezno vzdrževani



Slika 1: Obravnavano območje (obkroženo) z obarvano površino, kot jo je v letu 2012 prikazovala Opozorilna karta poplav.



GORAZD NOVAK



GORAZD NOVAK

Slika 2: Plavje ob mostnem oporniku opuščena lesenega mostu gorvodno od sotočja Meže in Mislinje.

prodni zadrževalniki in v naseljih lokalno odlaganje naplavin in zarasti. Tudi zarast v strugi povečuje koeficient trenja ( $n_G$ ) in zmanjšuje pretočno sposobnost vodotoka, zaradi česar pri prekomerni zarasti voda prej prestopi bregove. Na izlivnem odseku Meže v Dravo in Mislinje v Mežo je poplavna nevarnost zaradi zajezitve pritoka ob visokih vodah Drave.

Primer potencialnega povečanja poplavne nevarnosti zaradi kopičenja plavja je prikazan na sliki 2. Opuščen in dotrajan, približno 3 m širok lesen most preko reke Meže na območju Podklanca, gorvodno od sotočja Meže in Mislinje, na svojem oporniku nabira plavje, kar zmanjšuje pretočnost v profilu mostu in povečuje poplavno nevarnost na gorvodnih delih reke. Gorvodno od omenjenega mostu vteka hudournika, ki bi lahko ob izrednem dogodku v Mežo prinesel še dodatno plavje. Tako vneseno plavje bi dodatno mašilo mostno odprtino tega ali katerega koli dolvodnega mostu.

Dolvodno od opuščena lesenega mostu je betonski cestni most, ki s svojima dvema stebroma posega v vodni tok Meže (slika 3). Podobno kot pri lesenem mostu bi se lahko ob visokih vodah na obeh stebrih betonskega mostu nabralo plavje, ki bi oviralo vodni tok in poslabšalo pretočnost struge oziroma povečalo poplavno nevarnost na gorvodnih območjih. Če bi se na gorvodnem lesenem mostu nabralo preveč plavja, bi se most lahko tudi porušil, plavje in odplavljeni material lesenega mostu pa bi lahko zamašila mostne odprtine na dolvodnih odsekih.



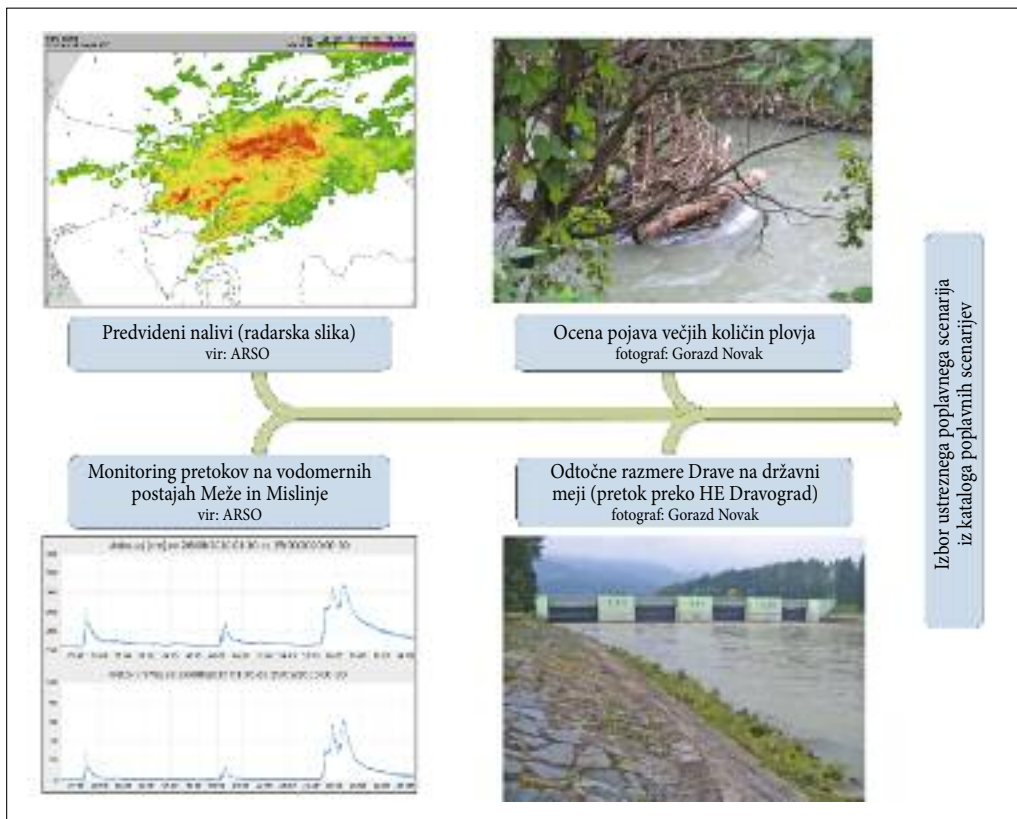
GORAZD NOVAK

Slika 3: Cestni most z oporniki na Meži pri Otiškem Vrhu.

### 3 Določitev in izbira poplavnih scenarijev

Za izdelavo nabora poplavnih scenarijev je bilo treba določiti vse dejavnike, ki lahko vplivajo na poplavno nevarnost ter vse možne kombinacije teh dejavnikov. Zaradi prevelikega časa hidravličnega izračuna je bilo treba množico vseh kombinacij zmanjšati na kritične/merodajne scenarije. Izbrani scenariji naj bi predstavljali situacije, ki se lahko najverjetneje pojavijo oziroma bi imeli največje posledice. Ko so bili opravljeni hidravlični izračuni, je bilo treba presoditi ali je izbrani scenarij res kritičen glede povečanja obsega poplavljanja in izračun dodati v katalog scenarijev za nadaljnjo obdelavo. Vzroke, ki lahko sprožijo nek scenarij lahko razdelimo v dve skupini:

- **Primarni vzroki** so problematični sami po sebi. Za dano območje jih lahko razdelimo na:
  - visoke vode vodotokov (različnega sovpadanja pretokov Drave, Meže in Mislinje) in
  - obratovanje HE Dravograd (mehanska okvara zapornic, zagozdeno plavje).
- **Sekundarni vzroki** so največkrat posledica primarnih in so problematični, saj dodatno poslabšajo razmer. Lahko jih razdelimo na:
  - zamašitev kanalizacije (ob nalivih),
  - blokirani mostovi (delno, v celoti),
  - blokirani prepusti,
  - erozija (naravnih) brežin, zdrs brega: zajezba in/ali preusmeritev (hudourniškega) toka in
  - erozija nasipov (cestnih in/ali železniških ter obstoječih protipoplavnih nasipov).



Slika 4: Izbira najverjetnejšega poteka poplav iz Kataloga poplavnih scenarijev (Müller in sodelavci 2012).

Če bi kombinirali vse vzroke, bi hitro lahko našli več 1000 kombinacij različnih vzrokov, pri tem bi vsaka kombinacija predstavljala določen scenarij. Zaradi poenostavitve so v tej študiji obravnavani samo tisti vzroki, za katere je bilo ocenjeno, da lahko privedejo do povečane poplavne nevarnosti na obravnavanem območju. Predpostavljeno je bilo, da je obseg poplav na obravnavanem območju v splošnem odvisen od naslednjih dejavnikov:

- dotoki Meže, Mislinje in Drave s povratno dobo večjo od dvoletnih visokih voda,  $Q_2$ ,
- zagazdeno plavje ob mostnih opornikih (zmanjšanje pretočnosti mostnih odprtin),
- hudourniški nanosi materiala v strugo (zmanjšanje pretočnosti v dolinskem odseku Meže).

V nadaljevanju so bili kot primarni vzroki upoštevani hidrološke razmere (različnega sovpadanja pretokov Drave, Meže in Mislinje), medtem ko so bili kot sekundarni vzroki upoštevani blokirani mostovi in prepusti.

Slika 4 prikazuje, kako je možno iz Kataloga poplavnih scenarijev in na podlagi informacij o poteku dogodka izbrati v naprej izračunani scenarij, ki bi najbolj opisal posledice za prihajajoči visokovodni dogodek. Glede na napovedi meteoroloških razmer, je možno oceniti, kakšen visokovodni dogodek (s kakšno povratno dobo) je mogoče pričakovati na vsaki od treh rek. Dejanski pretok Meže in Mislinje ter trende bo možno pridobiti iz vodomernih postaj gorvodno od sotočja, medtem ko je pretok Drave (odtočne razmere Drave na državni meji) mogoče povzeti glede na poplavne scenarije na avstrijskem delu porečja Drave, izdelane na podlagi napovedi visokovodnega vala, ki so jih izdelali avstrijski partnerji projekta DRA-MUR-CI (izdanih v posebni brošuri, glej [www.dramurci.eu](http://www.dramurci.eu)).

S strokovno oceno o možnosti pojava večjih količin plavja ob prihajajočem dogodku s pomočjo znanih hidroloških razmer, še posebej pa na podlagi poročanja opazovalcev s kritičnih lokacij na porečju, bo možno iz kataloga čim bolj primerno izbrati poplavni scenarij in oceniti pričakovano območje poplavljenosti v času nastopa visokovodnega vala ter operativno izvajati interventne ukrepe.

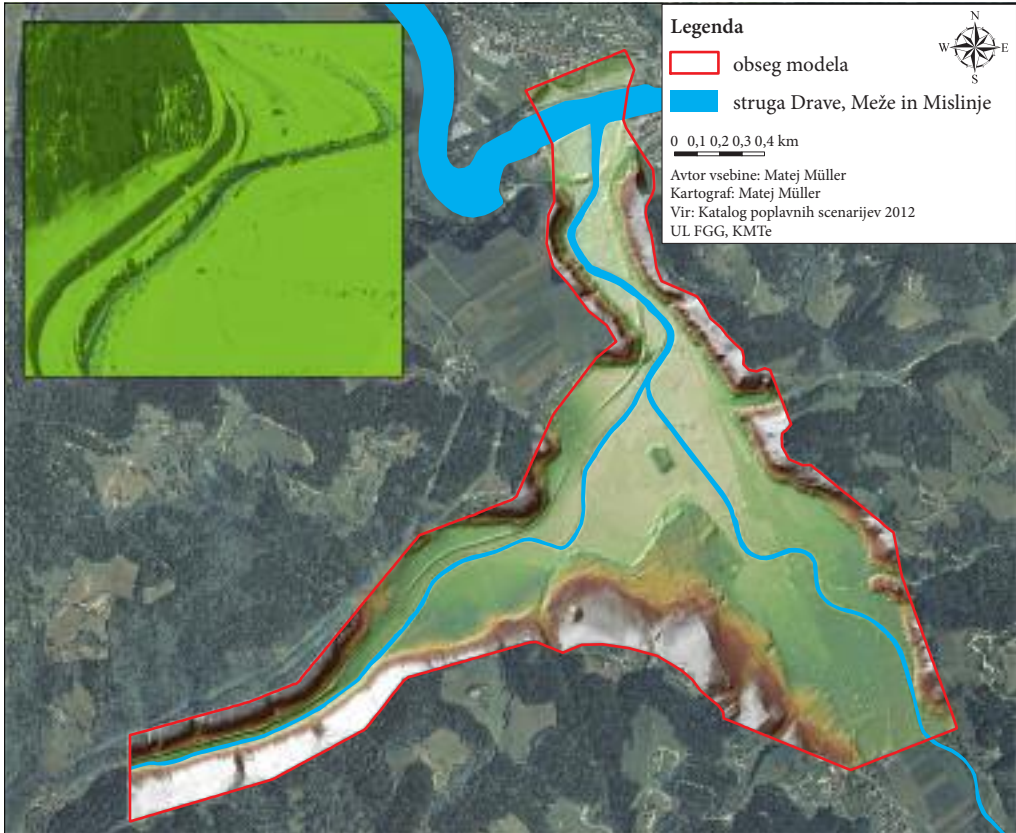
## 4 Hidravlično modeliranje razmer na vodnem vozlišču za izbrane scenarije

Za vzpostavitev hidravličnega modela in prikaz končnih rezultatov je potrebnih več različnih GIS podatkovnih slojev, kot so geometrija terena, geometrija struge (batimetrija), pokrovnost tal, lokacije objektov, trase cest in železnic. Iz geometrije struge in terena je bil izdelan digitalni model višin, podatke pokrovnosti tal smo uporabili za določitev hrapavosti tal, ki ima v hidravličnem modelu precej pomembno vlogo, lokacije objektov, cest in železnic pa so potrebni za upoštevanje objektov v vodnem toku in realnejši prikaz dejanskega stanja oziroma končnih rezultatov.

Za izračune je bil uporabljen hidravlični model *MIKE Flood*, ki v strugi, kjer prevladujejo hitrosti v vzdolžni smeri, tokovne razmere simulira z enodimenzijskim (1D) modelom, medtem ko je tok po poplavnih ravninah, kjer prevladujejo hitrosti v dveh horizontalnih smereh, modeliran z 2D modelom. Na ta način lahko združimo ekonomičnost 1D modelov (zaradi manjšega računskega časa) z večjo natančnostjo 2D modelov na obvodnem prostoru. Prav tako je mogoče v takšnem modelu lažje vključiti različne notranje robne pogoje, kot je mostna konstrukcija, ki je skupaj z mostnim stebrom oviro vodnemu toku in lahko bistveno vpliva na gorvodne razmere. Slika 5 prikazuje topografijo, ki je zajeta v hidravličnem modelu.

Geometrija v numeričnih hidravličnih modelih upoštevane topografije temelji na digitalnem modelu terena s velikostjo osnovne celice 4 m, ki je bil narejen z orodjem *ArcMAP* na podlagi pridobljenih lidar-skih podatkov o snemanju terena in dejanskih rečnih prečnih prereзов po zadnji geodetski izmeri. Prav tako so v modelih bili upoštevani mostovi z mostnimi stebri, ki imajo lahko pomemben vpliv na poplavno nevarnost obvodnega območja.

Model obsega reko Mežo od sotočja z Dravo, gorvodno približno do rečne stacionaže 4,4 km, Mislinjo od sotočja z Mežo do približno rečne stacionaže 2,2 km ter Dravo od pregrade HE Dravograd (upošte-



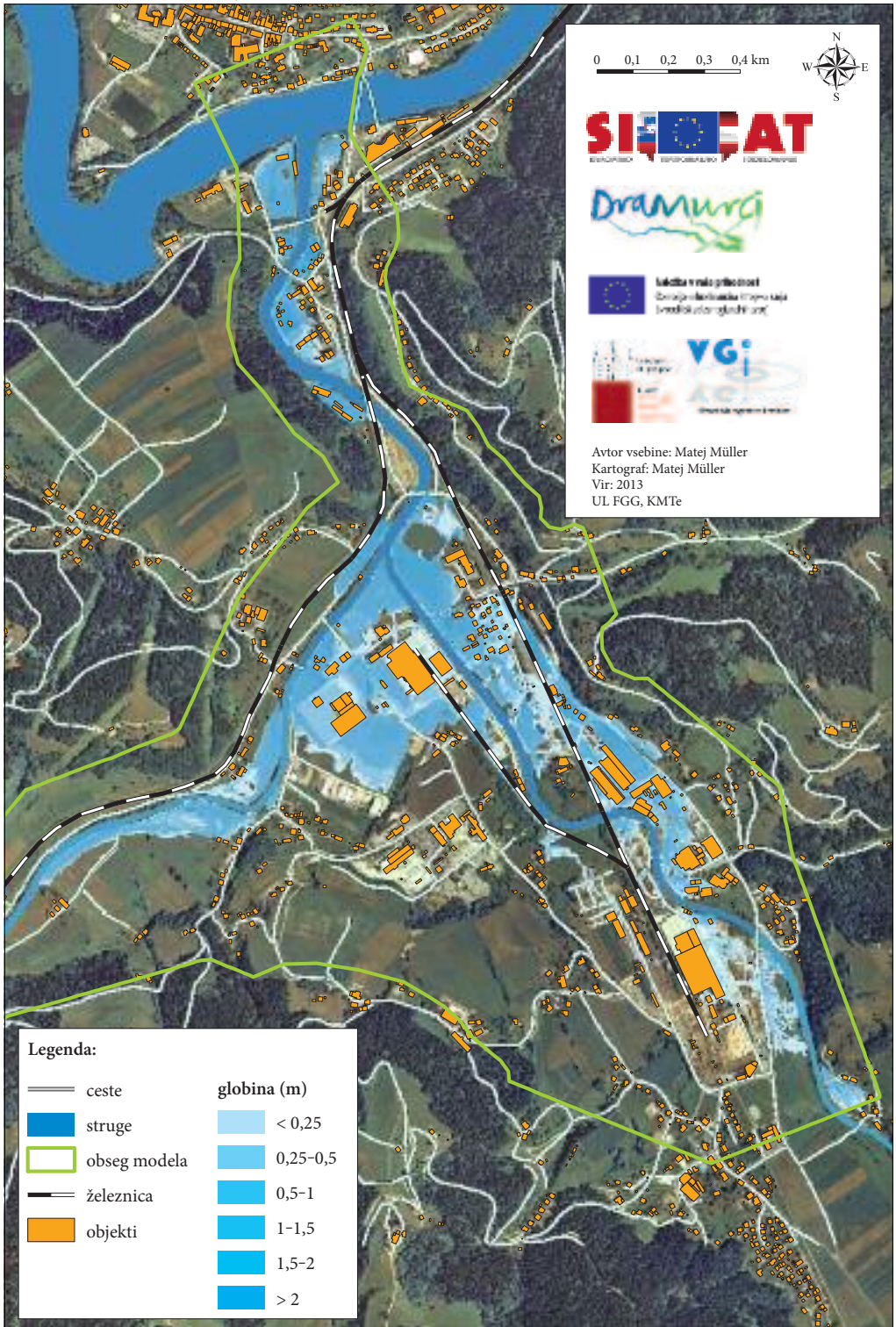
Slika 5: Prikaz izdelanega digitalnega modela terena, zgoraj levo še izrez za prikaz batimetrije.

van je profil tik dolvodno od pregrade) do mostu dolvodno od izliva Meže. Obseg modeliranega območja je prikazan na sliki 5 (rdeča črta).

Vhodni podatki za hidravlični model, s katerim so bili analizirani izbrani poplavni scenariji iz točke 2, so, razen geometrije obvodnega terena ter batimetrije struge, tudi hidrološki podatki, kot so vrednosti pretokov z različnimi povratnimi dobami, merjene gladine ob v preteklosti izmerjenih pretokih. Ti podatki so bili povzeti po »Hidrološki študiji Meže« (Kovačič in Burja 2005) ter po projektu »Zajezitvene gladine HE Vuhred« (Hojnik 2007).

Za umerjanje modelov so bili uporabljeni podatki za razmere visokih voda v letih od 2005 do 2010, povzeti iz Hidrološkega letopisa in Hidrološkega arhiva ARSO (Medmrežje 1). Ti podatki so bili uporabljeni, ker predstavljajo največje poplavne dogodke iz preteklih let in tudi zato, ker so bili na voljo podatki za določen dogodek tako za v. p. Otiški Vrh I – Meža kot tudi za v. p. Otiški Vrh I – Mislinja. V fazi umerjanja smo terenskim razmeram primerno spreminjali koeficiente hrapavosti ter koeficiente izgub na mostovih tako dolgo, dokler niso izračunane gladine na lokacijah obeh vodomernih postaj dovolj dobro sovpadale z izmerjenimi gladinami. Model je bil verificiran še s pomočjo preostalih merjenih gladin na lokaciji v. p. Otiški Vrh I-Meža, zbranih iz arhiva ARSO (Medmrežje 1), ki niso bile upoštewane v fazi umerjanja.

Slika 6: Prikaz poplavnega scenarija 36 iz kataloga poplavnih scenarijev. ► (str. 70)



## 5 Rezultati

Izračunanih je bilo 60 scenarijev, kjer so bile upoštevane različnega sovpadanja pretokov Meže, Mislinje in Drave, v katalog poplavnih scenarijev pa so bili dodani še scenariji, v katerih je upoštevana možna zamašitev mostnih konstrukcij. Kot delna zamašitev mostne odprtine s plavjem je bila upoštevana razširjena debelina mostnih stebrov za 3 m. S tem se je v povprečju vodna gladina gorvodno od mostu dvignila za 40 cm, kar pomeni, da se je pri istem pretoku toliko prej začelo poplavljanje obvodnega prostora.

Rezultati modela *MIKE Flood* obsegajo globine in doseg vode pri vsakem scenariju, po potrebi pa se lahko prikažejo še porazdelitev hitrosti po prostoru, strižnih sil (in s tem nevarnost erozije). Ker je treba rezultate izračunov obdelati še z GIS orodji, so glavne značilnosti posameznih poplavnih scenarijev predstavljene grafično. Na kartah so prikazani tudi objekti (stavbe, ceste.) ter obseg modeliranega območja (območje lidarskega posnetka oziroma modela *MIKE Flood*).

Obširni rezultati so predstavljeni na spletni strani projekta DRA-MUR-CI (Medmrežje 2), v knjižni obliki pa so rezultati prikazani v brošuri (Müller in sod. 2012). Tu je prikazana kot primer le slika 6, ki podaja razmere ob pojavu poplavnega dogodka, ki je v katalogu poplavnih scenarijev označen kot scenarij 36. Predstavlja poplavne razmere, ki bi se pojavile ob sočasnosti (različno sovpadanje) različnih statistično verjetnih pretokov: Meža  $Q_{50}$ , Mislinja  $Q_{50}$  in Drava  $Q_{10}$ .

Na sliki 7 sta prikazana izreza grafične predstavitev za dva izračunana scenarija, kjer so bili upoštevani isti pretoki vodotokov Meže  $Q_{20}$ , Mislinje  $Q_{20}$  ter Drave  $Q_{100}$ , vendar z vplivom mostu. Scenarija se razlikujeta v tem, da je pri desnem scenariju simulirana delna zamašitev mostne odprtine regionalne ceste. Iz primerjave je razviden vpliv delne zamašitve mostne odprtine, ki lahko nastane zaradi nabranega plavja na mostnih stebrih, saj je obseg poplavljenosti in porazdelitev globine vode v primeru slednjega scenarija večji.

## 6 Sklep

**Načrti zaščite in reševanja** (ZiR) so pomembna orodja, potrebna za učinkovito ukrepanje ob nesrečah. Njihov cilj je pripraviti podlage za zmanjšanje žrtev in škode, ki ju povzročajo nevarni dogodki,



Slika 7: Prikaz razlik poplavljenosti med dvema izračunanimi poplavnima scenarijema za pretok Meže  $Q_{20}$ , Mislinje  $Q_{20}$  in Drave  $Q_{100}$  za poplavljanje (levo) in za dodatni vpliv zamašitve mostne odprtine (desno).



izboljšati pripravljenost na odziv ob pojavu nevarnosti in dobrim ukrepanjem ob in po nevarnem dogodku. Izdelava načrtov ZiR je predpisana, posamezne vsebine pa so obravnavane, če je na pripadajočem območju zaznana ogroženost zaradi poplav. Načrti vsebujejo opise strategij in ukrepov, ki so pričakovane glede na specifične vire oziroma pojave nevarnosti. Vključujejo tudi načine opazovanje in poročanja stanja, oziroma opozorilne vrednosti (višina vodostaja), pri katerih se sprožijo načrtovane aktivnosti.

Karte razredov poplavne nevarnosti so namenjene za podporo prostorskemu in vodnogospodarskemu načrtovanju, manj pa za načrte ZiR, saj vsebujejo le informacijo o obsegu poplav pri treh pretokih ( $Q_{10}$ ,  $Q_{100}$ ,  $Q_{500}$ ). S katalogom poplavnih scenarijev, ki vsebuje scenarije z več različnimi pretoki in s padanjem pretokov glavnih vodotokov in pritokov ter z dodatnimi scenariji, kot so zamašitev mostnih odprtin, lahko bistveno izboljšamo načrte ZiR in s tem pripravljenost na takšne izredne dogodke.

Velika prednost uporabe scenarijev in predvsem kart, izdelanih za posamezne scenarije, je njihova sporočilnost, kar olajša odločanje. Pregleden način prikaza pričakovane situacije z zemljevidom in obsegom poplavljanja pri posameznem dogodku ter izpostavljenih objektov pomaga odločevalcem, da v kratkem času izberejo prave odločitve – hitro odločanje je potrebno predvsem v primeru hitro potekajočih nevarnih dogodkih. Predhodno pripravljen in analiziran nabor več scenarijev omogoča boljše pripravo na nevarne dogodke in tudi boljše ukrepanje ob dogodku, posebej če se iz poročanj opazovalcev aktualno dogajanje spreminja, pa se lahko med dogodkom spremeni pričakovani scenarij, ki pa je predhodno že analiziran kot eden izmed obravnavanih scenarijev. Prav tako je mogoče analizirati tudi lokacije iz mreže opazovalnih, da se prepoznajo ključne oziroma kritične točke glede na glavne (pričakovane) procese v posameznem scenariju, v času dogodka pa tudi ustrezneje postavljati opazovalce na čim ustreznejša mesta na terenu.

V običajnem postopku zaščite, reševanja in pomoči, se aktivnosti pogosto začnejo po tem, ko nevarni procesi že povzročajo škodo. Z uporabo informacij o verjetnih procesih in predvidenih ukrepih pa se lahko s pravočasnim in primernim ukrepanjem škodo zmanjša ali celo prepreči.

Katalog poplavnih scenarijev za vodno vozlišče Dravograd je bil na voljo za aktivnosti civilne zaščite že ob tamkajšnjih poplavah novembra 2012. Glede na podatke o tedanjem dejanskem stanju je bil dopolnjen le v nekaterih lokalnih podrobnostih.

Cilj tega prispevka je spodbuditi naročnike izdelave kart poplavne nevarnosti in načrtov ZiR, ki so pogosto isti, da bi obe vsebini povezali in vsebinsko nadgradili. Tako bi z dodatnimi izračuni, preko obsega, ki ga zahteva izdelava zemljevidov razredov poplavne nevarnosti, pridobili še podobne prikaze poplavne nevarnosti ob drugačnih poplavnih scenarijih. S poznavanjem najbolj ogroženih območij bo mogoče preventivno bolje načrtovati rabo prostora ter ustrezno ukrepati ob nastopu visokih voda.

## 7 Viri in literatura

- Hojnik, T. 2007: Zajezne gladine posameznih HE na Dravi. Elaborat, VGB Maribor. Maribor.
- Kovačič, I., Burja, D. 2005: Hidrološka študija Meže in Mislinje s Suhadolnico C-373. Ljubljana.
- Müller, M., Novak, G., Rak, G., Prešeren, T., Kompare, K., Kozelj, D. 2012: Katalog poplavnih scenarijev za izlivno območje Meže. Ljubljana.
- Medmrežje 1: <http://www.arso-gov.si> (4. 11. 2013).
- Medmrežje 2: <http://www.dramurci.eu/> (4. 11. 2013).
- Prešeren, T., Zupančič, G., Steinman, F., Papež, J., Kompare, K., Kozelj, D. 2012: Monitor II: nove metode povezovanja kartiranja nevarnosti in načrtovanja zaščite in reševanja. Ljubljana.
- Regijski načrt zaščite in reševanja ob poplavah na območju koroške regije – različica 2.0. Uprava Republike Slovenije za zaščito in reševanje. Slovenj Gradec, 2005.

## PREVENTIVNI UKREPI ZA ZAGOTAVLJANJE VARNOSTI PREGRAD

### **Mojca Ravnikar Turk**

Zavod za gradbeništvo Slovenije, Dimičeva cesta 12, SI – 1000 Ljubljana, Slovenija  
mojca.turk@zag.si

### **dr. Andrej Širca**

IBE, Hajdrihova ulica 4, SI – 1000 Ljubljana, Slovenija  
andrej.sirca@ibe.si

### **dr. Matjaž Četina, dr. Andrej Kryžanowski**

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Jamova cesta 2, SI – 1000 Ljubljana, Slovenija  
matjaz.cetina@fgg.uni-lj.si, andrej.kryzanowski@fgg.uni-lj.si

### **Nina Humar**

Hidrotehnik, Slovenčeva ulica 97, SI – 1000 Ljubljana, Slovenija  
nina.humar@hidrotehnik.si

### IZVLEČEK

#### **Preventivni ukrepi za zagotavljanje varnosti pregrad**

Jezovi spadajo med pomembne infrastrukturne objekte, katerih se komajda zavedamo, dokler ni z njimi nekaj narobe. Tretjina slovenskih pregrad, višjih od 15 metrov, se ne uporablja v hidroenergetske namene. Te tako imenovane velike pregrade, kot tudi večje število manjših vodnih zadrževalnikov, se uporabljajo predvsem za zadrževanje visokih voda in namakanje. Na ravni države ni bilo celovite evidence teh jezov in tudi ni bilo podatkov, v kakšnem stanju so, ali so ustrezno vzdrževani in ali se izvaja tehnično opazovanje. Na Upravi Republike Slovenije za zaščito in reševanje se zavedajo, da je pomanjkanje védenja o stanju pregrad in pomanjkanje nadzora nad vodnimi zadrževalniki nevarno, zato je bil v sklopu projekta VODPREG izveden celovit pregled teh pregrad, pripravljena pa so bila tudi navodila za prebivalce za ukrepanje v primeru porušitev le-teh.

### KLJUČNE BESEDE

zemeljske pregrade, stanje pregrad, porušitev pregrad, tehnično opazovanje, Slovenija

### ABSTRACT

#### **Preventive measures to provide safety of dams**

Dams are considered important engineering structures that we are scarcely aware of, until something goes wrong. Approximately one third of Slovenian large dams are not utilized for electricity production. These dams as well as a large number of small dams are used mainly for flood protection and irrigation. There was no evidence on the national level that these dams were adequately maintained and regularly monitored. The lack of knowledge and control over these dams has been identified by the Administration of the Republic of Slovenia for Civil Protection and Disaster Relief which ordered their extensive analysis. Within the VODPREG project a comprehensive survey of condition of these dams was performed and instructions for population downstream was prepared – that is how to react in the case of emergency.

### KEY WORDS

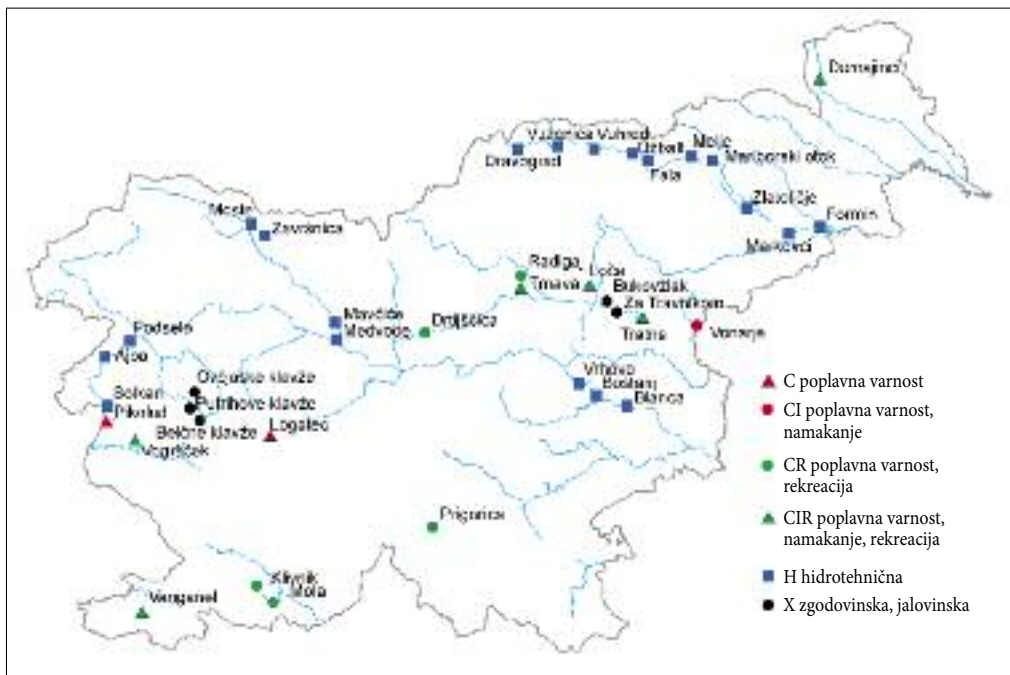
earth dams, dam condition, dam break, monitoring, Slovenia

## 1 Uvod

Zaradi podnebnih sprememb število ekstremnih vremenskih dogodkov narašča. Kljub izboljševanju protipoplavne varnosti, poplave še vedno vsako leto povzročajo škodo in ogrožajo prebivalstvo. Pomemben dejavnik pri zagotavljanju varnosti prebivalstva na poplavno ogroženih območjih predstavlja varnost pregrad in zadrževalnikov. Slovenski nacionalni komite za velike pregrade (SLOCOLD) združuje strokovnjake s področja gradbeništva in hidroenergetike ter predstavlja povezavo z Mednarodnim komitejem za velike pregrade (ICOLD).

Pri razvrščanju pregrad in jezov v Sloveniji sta v uporabi dve evidenci pregrad. Prva je javni dokument iz leta 2006 (Seznam obstoječe vodne infrastrukture; Uradni list ... 2006) in obsega pregrade in zadrževalnike, ki so namenjeni varstvu pred škodljivim delovanjem voda in so po določilih Zakona o vodah opredeljeni kot vodna infrastruktura. Drugo evidenco je pripravil Slovenski nacionalni komite za velike pregrade in je objavljena na spletni strani Slovenskega nacionalnega komiteja za velike pregrade – SLOCOLD (Medmrežje 1). Pri evidentiranju velikih pregrad obstaja več kriterijev (slovenska zakonodaja, kriteriji ICOLD), zato se število velikih pregrad glede na različne kriterije spreminja. Po evidenci SLOCOLD je v Sloveniji 41 velikih pregrad (14 vodnih pregrad, 22 energetskih pregrad, 3 zgodovinske pregrade in 2 jalovinski pregradi). Lokacije pregrad so prikazane na sliki 1. Lastnik vodnih pregrad in zadrževalnikov je država, upravlja jih ministrstvo, pristojno za okolje in za kmetijstvo. Za varnost in delovanje pregrad skrbijo koncesionarji, ki so na primer v primeru hidroelektrarn proizvajalci električne energije.

Slovenija ima bogato tradicijo izkoriščanja vodnih virov in gradnje vodnih pregrad. Najstarejše pregrade, ki stojijo v porečju Idrijce, so bile zgrajene v 18. oziroma 19. stoletju in so bile namenjene plavljenju lesa za potrebe rudnika v Idriji. V začetku 20. stoletja je razvoj elektrifikacije pospešil gradnjo pregrad in zadrževalnikov z namenom proizvodnje električne energije. V tem obdobju so bili začetni projekti ener-



Slika 1: Pregrade in jezovi v Sloveniji (Medmrežje 2).

getske izrabe velikih vodotokov (Drava, Sava, Soča), ki so dosegli višek v petdesetih letih prejšnjega stoletja. V sedemdesetih letih se je intenzivnost gradnje hidroenergetskih objektov zmanjšala, pričel pa se je tridesetletni razvojni cikel gradnje zemeljskih pregrad za vodnogospodarske namene. Prevladujoči namen zadrževalnikov, ki so bili zgrajeni v tem obdobju, je bila poplavna varnost in uravnavanje z rečnim režimom. Skoraj vsi zadrževalniki so bili zasnovani kot večnamenski, ki ob primarni rabi občasno omogočajo tudi druge rabe. V zadnjih dvajsetih letih pa je znova prevladovala gradnja hidroenergetskih objektov, gradnja zadrževalnikov za vodnogospodarske potrebe pa je bila tesno povezana s projektom izgradnje avtocestnega omrežja ter zadrževanja poplavnih valov za zaščito urbanih zemljišč.

## 2 Pregled vodnih zadrževalnikov

Ker poplave prizadenejo številno prebivalstvo, je Uprava Republike Slovenije za zaščito in reševanje pripravila strategijo zaščite prebivalstva pred ekstremnimi dogodki. V okviru te strategije se je v okviru projekta Zemeljske in betonske vodne pregrade strateškega pomena v Republiki Sloveniji (VODPREG) izvedel pregled vodnih zadrževalnikov v državi. Na podlagi pregleda vseh pregradnih objektov, ki so bili zavedeni v uradnih evidencah, je bil narejen poseben izbor objektov, ki so bili podrobneje analizirani. Analizirane so bile vodne pregrade in zadrževalniki, ki so v javni rabi, upravljanje pa je s koncesijo podeljeno upravljavcem, nosilcem javne vodnogospodarske službe. V okviru projekta VODPREG so bile iz nabora izločene energetske pregrade ter zgodovinske pregrade, vključeni pa sta bili tudi edini slovenski jalovinski pregradi v zasebni lasti Cinkarne Celje in sta namenjeni odlaganju industrijskih odpadkov. Analizirali smo 45 pregrad in jezov. Najprej smo opravili pregled vse razpoložljive arhivske dokumentacije o objektih, nato smo izvedli terenske ogledе, ki so zajemali vizualni pregled objektov ter večinoma tudi pregled strojne in elektro opreme ter podvodni potapljaški pregled. O vsakem pregradnem objektu smo izdelali poročilo. Ključne ugotovitve pregledov dokumentacije in stanja objektov so naslednje:

- arhiviranje dokumentacije o pregradah ni sistematično, predvsem pri starejših objektih je dokumentacija večkrat pomanjkljiva,
- vsi objekti so v obratovalnem stanju, ki pa je zelo odvisno od upravljavca objektov in finančnih sredstev za vzdrževanje objektov,
- praviloma so objekti, kategorizirani kot velike pregrade, v boljšem stanju kot male pregrade, kar izhaja iz strožjih zahtev nacionalne zakonodaje za področje velikih pregrad,
- monitoring stanja se praviloma izvaja v zelo omejenem obsegu, brez celovite analize rezultatov opazovanj,
- analize porušitve pregrad so narejene za vse velike pregrade, ki pa jih bi bilo treba zaradi zastarelosti metod računa ter sprememb v prostoru aktualizirati.

## 3 Posledice porušitev pregrad

Za varnost prebivalcev so predvsem pomembne posledice porušitev pregrad, ki bi morale biti čim bolj verodostojno ugotovljene na podlagi modeliranja poplavnih valov. Pred letom 1991 se je v Sloveniji uporabljala zakonodaja bivše Jugoslavije, ki je za račun porušitev imela veljaven predpis iz leta 1978. Ta je bil z današnjega vidika neustrezen in predvsem prestrog, saj je na primer upošteval popolno trenutno porušitev tudi zemeljskih pregrad. V letu 1996 je bil pripravljen predlog novega pravilnika z naslovom 'Navodilo za izdelavo ocen ogroženosti zaradi porušitve pregrad'. Predpis ni bil nikdar uradno sprejet, vendar se od leta 1996 neuradno uporablja pri vseh analizah porušitev, ki se izvajajo v Sloveniji.

V okviru projekta VODPREG je bil izveden pregled starejših arhivskih poročil z izračuni in ocenami hidravličnih posledic morebitnih porušitev pregrad za 16 referenčnih zemeljskih vodnih zadrževalni-

kov višine od 5 do 37 metrov. Za vse te pregrade, razen ene, so bili izračuni opravljeni pred letom 1996. Pripravljen je bil pregled potrebnih dopolnitev izračunov zaradi naslednjih pomanjkljivosti obstoječih izračunov:

- uporabljena računska metoda ni dovolj točna,
- relief je bila premalo natančno zajet,
- v poplavnem območju so se od časa izračuna do danes bistveno spremenile pokrajinske razmere (na primer pozidanost),
- način porušitve ni bil v skladu z Navodili (1996): predpostavljen je bil neustrezen način porušitve, niso bile upoštevane pregrade v nizu, začetni pretoki niso bili pravilno opredeljeni, izračuni niso bili izvršeni dovolj daleč dolvodno od pregrade, ni bila določena varna kota gladine v akumulaciji, manjkajo nekateri zahtevani rezultati (na primer hidrogrami v določenih prerezih, poplavna območja).

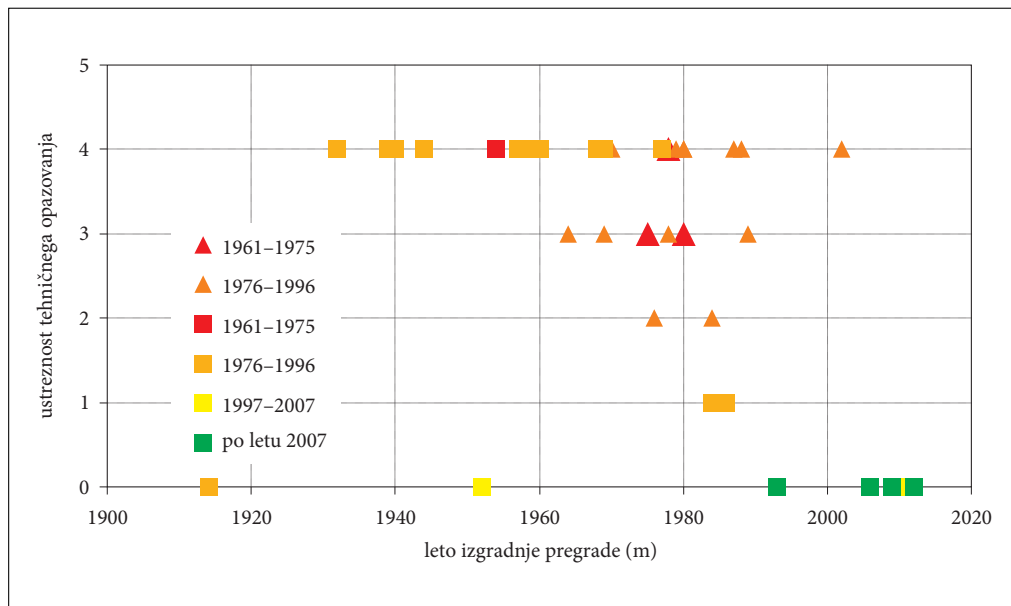
Na slikah 2 in 3 je prikazan pregled nujnosti ponovnega izračuna poplavnega vala za 38 pregrad v Sloveniji – referenčne vodne zadrževalnike in hidroenergetske pregrade. Vodne pregrade so označene s trikotniki, hidroenergetski objekti pa s kvadrati različnih barv glede na veljavno zakonodajo v času zadnjega izračuna poplavnega vala. Nujnost izračuna oziroma dopolnitev izračunov je ocenjena z 0 (računa ni treba ponoviti) do 4 (ponoven izračun je nujen). Na sliki 2 vidimo, da je bil izračun poplavnega vala za vse vodne zadrževalnike narejen pred letom 1997, čeprav so bili nekateri zadrževalniki dokončani kasneje. Ponovni izračuni ali dopolnitve izračunov so zato potrebne pri vseh obravnavanih vodnih pregradah. Sliki 2 in 3 kažeta, da je treba izračune ponoviti tudi za večino hidroenergetskih objektov, zaradi takratnih neustreznih predpisov in tudi metode izračuna. V večini primerov niso prikazana poplavna območja, v nekaterih primerih pa med rezultati manjkajo tudi časovne serije gladin v pomembnejših (karakterističnih) dolinskih prerezih. Do leta 1990 tudi niso bile dovolj razvite metode za modeliranje porušitvenih valov, zato se je uporabljala enodimenzijska metoda (*Lax-Wendroff*), ali pa poenostavljena dvodimenzijska metoda (*Xantopolous*). Ker imamo danes dovolj natančne in preverjene dvodimenzijske metode z upoštevanjem polnih enačb, so predvsem pri vseh pregradah, kjer porušitev lahko ogroža človeška življenja, nujni ponovni izračuni s polnimi dvodimenzijskimi metodami.

## 4 Pregled obstoječega sistema tehničnega opazovanja pregrad

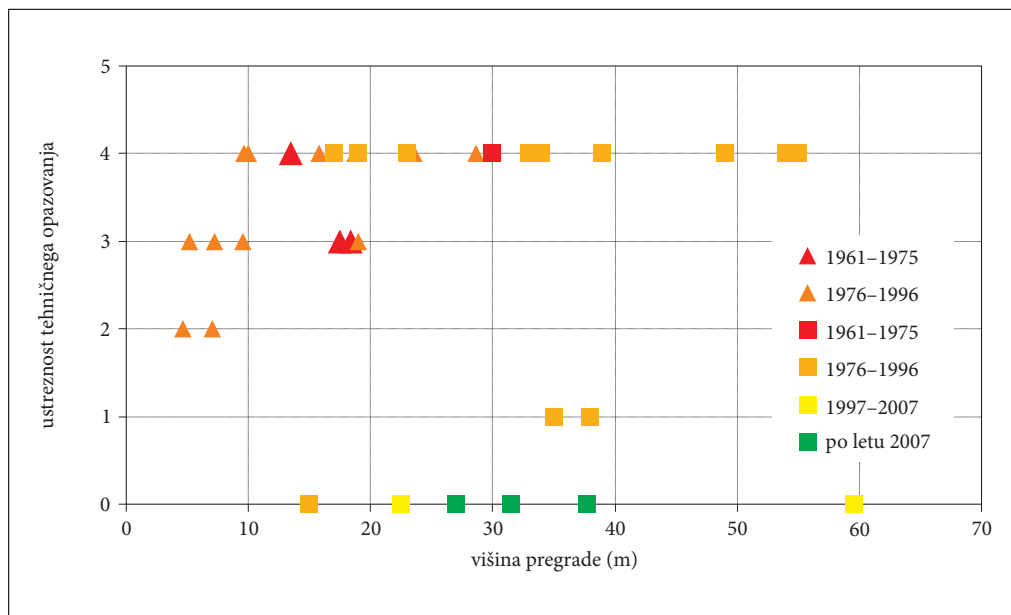
Evrokod 7 (Evrokod ... 2005) je vpeljal tri geotehnične kategorije za določitev zahtev in posledično varnosti geotehničnega projektiranja. Pregrade sodijo v geotehnično kategorijo 3, ker predstavljajo neobičajno velika tveganja. Poleg zadostnih preiskav tal in skrbnega projektiranja je treba za zagotovitev varnosti pregrad nadzorovati izvedbo in kakovost vgrajenih materialov ter opazovati obnašanje objektov kot celote. Po Evrokodu mora biti objekt vzdrževan, po Pravilniku o tehničnem opazovanju visokih jezov (Pravilnik ... 1966) zahteva, da se izvaja opazovanje pregradnih objektov, ki so višji od 15 m, v njihovi celotni življenjski dobi. Zato smo v sklopu projekta VODPREG pregledali tudi vzpostavljene sisteme opazovanja za 42 zemeljskih pregrad, od katerih jih je le osem višjih od 15 m. Za vse velike zemeljske pregrade je bilo v sklopu projektiranja predvideno tehnično opazovanje in v času gradnje oziroma po njej tudi vzpostavljeno. Običajno zajema: meritve navpičnih pomikov, meritve vertikalne inklinacije, meritve globine talne vode ter višinsko koto zajezbe. Vendar pa vzpostavljeni sistemi opazovanja pri nekaterih objektih niso bili ustrezno vzdrževani oziroma se meritve ne izvajajo redno. Pri manjših pregradah opazovanje običajno zajema le vizualne pregled vidnih delov, kar pa je ustrezno le za majhne jezove, katerih porušitev ne predstavlja večjega tveganja. Za 42 obravnavanih jezov višine od 2 m do 49 m smo ovrednotili ustreznost tehničnega opazovanja na podlagi dokumentacije, ki smo jo lahko pridobili. Ocenjevali smo naslednje segmente:

- popolnost projektne dokumentacije (načrti izvedenih del in zapisi o sanacijskih delih),
- ustreznost tehničnega opazovanja v letih 2011 in 2012,
- pogostost pregledov ali meritev,

## Preventivni ukrepi za zagotavljanje varnosti pregrad



Slika 2: Nujnost izračuna poplavnega vala za 38 pregrad v Sloveniji glede na leto izgradnje (trikotniki predstavljajo vodne pregrade in kvadrati hidroenergetske objekte).



Slika 3: Nujnost izračuna poplavnega vala za 38 pregrad v Sloveniji glede na višino objekta (trikotniki predstavljajo vodne pregrade in kvadrati hidroenergetske objekte).





Slika 5: Primer slabe in nevarne prakse: gosto zaraščene brežine pregrade.

telo pregrade, objekte na pregradi oziroma izvesti posege v akumulacijah ali dolvodnem prostoru. Postavke sanacijskih posegov lahko razvrstimo v šest glavnih skupin, ki se v različnih kombinacijah pojavljajo pri vseh pregradah:

- ureditev projektnih podlag (hidroloških, statičnih in dinamičnih analiz, analiz porušitev in namembnost),
- ureditev dokumentacije (arhiv, obratovalni pravilnik, načrt zaščite in reševanja, mapa pregrade),
- monitoring (tehnični in seizmološki),
- ukrepi na telesu pregrade (sanacije drenaž, tesnitve, površinski ukrepi),
- ukrepi na betonskih in zidanih objektih pregrade, to je prelivnih in izpustnih/zajemnih objektih,
- ukrepi v akumulaciji (na primer vzdrževanje brežin in akumulacijskega prostora).

Pri pripravi predloga sanacijskih ukrepov smo izključili le tiste pregrade, za katere je bilo zbranih premalo podatkov. Od skupnega števila obravnavanih zemeljskih pregrad tako nismo mogli oceniti potrebnih sanacijskih ukrepov na enajstih objektih, vendar bi bili sanacijski ukrepi na podlagi terenskih opažanj zanesljivo potrebni tudi na njih. Pripravljen je bil pregled ocenjenih stroškov za sanacije posameznih pregrad ter ocena skupnega trajanja sanacijskih posegov. Slednja vključuje tudi pripravljajno obdobje, v katerem se zberejo in uredijo tehnične podlage (1 leto za manjše in do 3 leta za večje pregrade).

Skupni finančni obseg predlaganih sanacijskih posegov je približno 13,6 milijona €. Pri tem poudarjamo, da gre le za izredno grobe ocene nujnih posegov, zato lahko pričakujemo, da so dejanske vrednosti tudi do 30 % višje. Velika večina stroškov odpade na šest večjih objektov, ki vsi zahtevajo več kot 0,5 milijonski vložek, skupaj pa je zanje potrebnih 8,7 milijona €, oziroma 64 % celotne vsote.

Struktura investicije je naslednja: od skupne vsote 13,6 milijona € je 12 % potrebnih za ureditev strokovnih in tehničnih podlag, 1 % za ureditev dokumentacije, 9 % za vzpostavitev ali sanacijo sistemov



monitoringa, 54 % za posege na telesih pregrad, 10 % za posege na betonskih in zidanih objektih ter 14 % za posege v akumulacijah in v dolvodnem prostoru.

## 6 Sklep

Pregrade in zadrževalniki, ne glede na višino ali velikost akumulacije, ne smejo biti kategorizirani kot nezahtevni objekti. Pregrade je treba vedno obravnavati kot zahtevne objekte in objekte geotehnične kategorije 3, ker je s tem zagotovljena večja varnost predvidoma tudi v razmerah, ki v času načrtovanja niso bile poznane. Slovenska zakonodaja je pomanjkljiva na področju projektiranja, vzdrževanja in spremljanja stanja (opazovanja) za male in tudi za velike pregrade. Področje pregrad je treba zakonodajno dosledno urediti in posodobiti tehnične specifikacije.

Hidroenergetske pregrade so redno vzdrževane, izvajajo se tehnično opazovanje, dokumentacija o pregradah pa je arhivirana pri upravljavcih objektov.

Vodnogospodarske pregrade so na splošno v zadovoljivem stanju. Dodatna tveganja, ki poslabšujejo stanje, izhajajo iz nenačrtovane dodatne rabe ali omejene funkcionalnosti zaradi nedokončanih projektov, neustreznih projektnih zasnov, nerednega vzdrževanja objektov, kot posledica pomanjkanja finančnih sredstev. Z upoštevanjem naštetih dejavnikov tveganja je stanje nekaterih zemeljskih pregrad lahko ocenjeno kot slabo. Zaskrbljujoče je tudi, da na nekaterih vodnih zadrževalnikih ni formaliziran odnos lastništva oziroma upravljavca. Temeljna dokumentacija o vodnih pregradah je razpršena in podatki o objektih so pomanjkljivi (ni dokumentacije o hidroloških, statičnih analizah, ni projektov izvedenih del).

Ureditev arhiva in dopolnitev projektne in obratovalne dokumentacije je prvi predpogoj, da se prične sistemsko urejanje področja varnosti pregrad. Tehnično opazovanje objektov je treba vzpostaviti oziroma posodobiti ter rezultate meritev in pregledov kritično analizirati.

Večina načrtov zaščite in reševanja temelji na zastarelih izračunih porušitvenih valov, ki so bili izdelani po navodilih izpred leta 1996, zato jih je treba novelirati. Sodobne računske metode omogočajo tudi bistveno boljše natančnost izračunov. S stališča alarmiranja prebivalstva je nujno, da se vzpostavi sistem obveščanja na vseh objektih, kjer se s študijo porušitve ugotavlja, da lahko posledice eventualne porušitve ali evakuacije poplavnih voda vplivajo na varnost poseljenih območij dolvodno.

Varnost pregrad je vključena v vse faze projektiranja, v čas izgradnje in v času uporabe pregrade, ki je v primerjavi z drugimi objekti zelo dolga. Varnost objekta je dolžan zagotavljati lastnik oziroma upravljavec, naloga države pa je, da to nadzira. Ena izmed prioritet vlade bi morala biti vzpostavitev celovitega sistema upravljanja in zagotavljanja varnosti pregradnih objektov in prebivalstva v njihovem vplivnem območju. Za povečanje varnosti velikih pregrad je treba uvesti bazo podatkov o pregradah, urediti zakonodajo in jo uveljaviti ter narediti ponovno oceno varnosti za veliko število pregrad.

## 7 Viri in literatura

Kryžanowski, A., Širca, A., Humar, N., Ravnikar Turk, M., Žvanut, P., Četina, M., Rajar, R., Detela, I., Polič, M. 2012: Zemeljske in betonske vodne pregrade strateškega pomena v RS VODPREG: končno poročilo. Zavod za gradbeništvo Slovenije. Ljubljana. Medmrežje: [http://www.sos112.si/slo/tdocs/naloga\\_97.pdf](http://www.sos112.si/slo/tdocs/naloga_97.pdf) (14. 2. 2014).

Evrokod 7, SIST EN 1997-1:2005 Geotehnično projektiranje – Del 1: Splošna pravila. Ljubljana.

Kryžanowski, A., Širca, A., Ravnikar Turk, M., Humar, N. 2013: The VODPREG Project: Creation of dam database, identification of risks and preparation of guidelines for civil protection, warning and rescue actions. 9th ICOLD European Club Symposium. Benetke.

Medmrežje 1: [http://www.slocold.si/pregrade\\_seznam.htm](http://www.slocold.si/pregrade_seznam.htm) (15. 10. 2013).

- Medmrežje 2: [http://www.slocold.si/knjiznica\\_predloge.htm](http://www.slocold.si/knjiznica_predloge.htm) (15. 10. 2013).
- Navodilo o pripravi ocen ogroženosti. Uradni list Republike Slovenije 39/1995. Ljubljana.
- Navodilo za izdelavo ocen ogroženosti zaradi porušitve pregrad. Osnutek 30. 7. 1996. Ljubljana.
- Pravilnik o tehničnem opazovanju visokih jezov. Uradni list SFRJ 7/1966. Beograd.
- Slovenski standard SIST EN 1997-1:2005 Evrokod 7: Geotehnično projektiranje – Del 1: Splošna pravila. Slovenski inštitut za standardizacijo. Ljubljana.
- Seznam obstoječe vodne infrastrukture. Uradni list Republike Slovenije 63/2006, 96/2006. Ljubljana.
- Uputstvo o izradi dokumentacije za određivanje posledica usled iznenadnog rušenja ili preliivanja visokih brana. Savezni Komitet za poljoprivredu, januar 1975. Beograd.
- Zakon o vodah. Uradni list Republike Slovenije 67/2002, 110/2002, 2/2004, 41/2004, 57/2008, 57/2012. Ljubljana.



## **OCENA INTENZITET POTRESA LETA 1998 V KRNSKEM POGORJU Z UPORABO ENVIRONMENTAL SEISMIC INTENSITY LESTVICE (ESI 2007)**

**dr. Andrej Gosar**

Agencija Republike Slovenije za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo, Dunajska cesta 47, SI – 1000 Ljubljana, Slovenija in Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za geologijo, Aškerčeva 12, SI – 1000 Ljubljana, Slovenija  
andrej.gosar@gov.si

### **IZVLEČEK**

#### **Ocena intenzitet potresa leta 1998 v Krnskem pogorju z uporabo Environmental Seismic Intensity lestvice (ESI 2007)**

Potres v Krnskem pogorju z največjo intenziteto VII–VIII po EMS-98 je povzročil obsežne učinke v naravnem okolju. Uporaba običajnih intenzitetnih lestvic, ki temeljijo predvsem na poškodbah objektov, je bila omejena, saj gre za redko poseljeno visokogorsko območje. Uvedba nove ESI 2007 lestvice je motivirala raziskavo z namenom oceniti njeno uporabnost za ta potres. Vsi okoljski učinki so opisani, razvrščeni in ocenjeni na podlagi terenskih raziskav, analize letalskih posnetkov in makroseizmičnih vprašalnikov. Izkazalo se je, da so le podori dovolj razširjeni za določitev intenzitete. Njihova porazdelitev je jasno definirala eliptično območje, razpotegnjeno vzdolž seizmogenega preloma, za katero je bila opredeljena intenziteta VII–VIII ESI 2007, ki je podobno EMS-98 izoseisti. Raziskave so pokazale, da je ESI 2007 lestvica učinkovito orodje za oceno intenzitet v redko poseljenih goratih območjih tudi za srednje močne potrese.

### **KLJUČNE BESEDE**

potres, intenziteta potresa, učinki potresa na naravno okolje, ESI 2007 lestvica, skalni podori, Krnsko pogorje

### **ABSTRACT**

#### **Intensity assessment for 1998 Krn Mountains earthquake using Environmental Seismic Intensity scale (ESI 2007)**

The Krn Mountains earthquake with a maximum intensity of VII–VIII on the EMS-98 scale caused extensive environmental effects. The application of intensity scales based mainly on damage to buildings was limited, because it is a high mountain sparsely populated area. The introduction of a new ESI 2007 scale motivated a research aimed to evaluate its applicability to this event. All environmental effects were described, classified and evaluated by a field survey, analysis of aerial images and macroseismic questionnaires. It was realized that only rockfalls are widespread enough to be used for intensity assessment. Their distribution has clearly defined an elliptical zone, elongated parallel to the strike of the seismogenic fault, for which the intensity VII–VIII ESI 2007 was assessed, which is similar to the EMS-98 isoseism. The ESI 2007 scale has proved to be an effective tool for intensity assessment in sparsely populated mountain regions also for moderate earthquakes.

### **KEY WORDS**

earthquake, seismic intensity, seismic effects on natural environment, ESI 2007 scale, rockfalls, Krn Mountains

## 1 Uvod

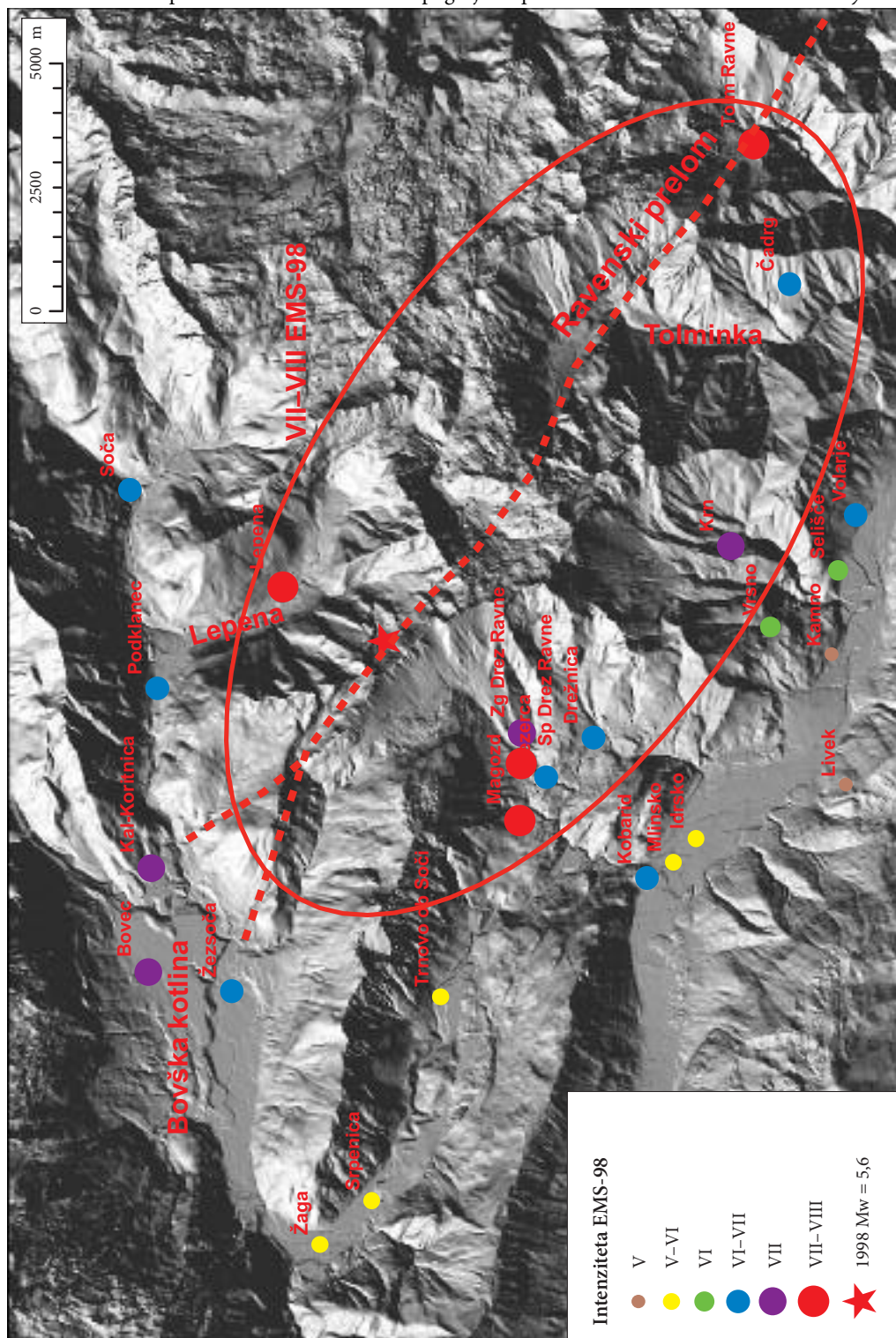
Potres 12. aprila 1998 z navorno magnitudo  $M_w = 5,6$  v Krnskem pogorju in največjo intenziteto VII–VIII EMS-98 (Zupančič s sodelavci 2001) je povzročil hude poškodbe objektov v Zgornjem Posočju ter imel obsežne učinke na naravno okolje v Julijskih Alpah. Prizadeto območje je zaradi goratosti razmeroma redko poseljeno. Pri oceni največje intenzitete potresa je bila zato uporaba običajnih intenzitetnih lestvic, ki temeljijo na analizi učinkov na ljudi, predmete in stavbe, omejena na samo nekaj naselij in vasi v nadžariščnem območju. Po drugi strani so bili učinki na naravno okolje (predvsem skalni podori) izraziti in zelo razširjeni. Opisani so bili kmalu po potresu (Vidrih in Ribičič 1999), na kar je sledila prva ocena njihove uporabnosti za določitev intenzitet po Evropski potresni lestvici EMS-98 (Vidrih s sodelavci 2001). V tej študiji se je pokazalo, da EMS-98 (Grünthal 1998) ni dovolj natančna v opisu in analizi učinkov potresov na naravno okolje. Posebej nedorečena je v kvantitativnem opisu učinkov, ki so značilni za posamezne intenzitetne stopnje. Uvedba povsem nove lestvice, ki temelji le na učinkih na naravno okolje – *Environmental Seismic Intensity Scale* (ESI 2007; Guerrieri in Vittori 2007) je predstavljala zato velik napredek pri makroseizmičnih analizah. Izraziti učinki potresa leta 1998 na naravno okolje ter nedavno predstavljena lestvica ESI 2007, sta predstavljala glavni motiv za izvedbo nove študije. Ta obsega podroben opis, klasifikacijo in analizo vseh učinkov tega potresa na naravno okolje, novo oceno največje intenzitete po ESI 2007 in primerjavo rezultatov z makroseizmično analizo, ki je temeljila predvsem na učinkih na stavbe (slika 1) skladno z EMS-98 (Cecić s sodelavci 1999). Ker gre za potres srednje moči, je bil cilj ovrednotiti uporabnost ESI 2007 tudi za tak potres, saj je znano da učinki na naravno okolje sicer prevladujejo pri močnih in zelo močnih potresih.

## 2 Učinki potresov na naravno okolje in intenzitetne lestvice

Različne dvanajstopenjske intenzitetne lestvice, ki so bile razvite tekom dvajsetega stoletja (MCS, MSK, EMS), so sicer temeljile na učinkih potresov na ljudi, predmete, stavbe in naravno okolje, vendar so bili slednji praviloma zelo pomanjkljivo obravnavani. Ta pomanjkljivost se je s časom še stopnjevala, verjetno zaradi kompleksnosti in spremenljivosti teh učinkov, ki zahtevajo posebna znanja in izkušnje, zato so imeli prednost učinki na ljudi in stavbe, ki jih je praviloma lažje ovrednotiti. Novejše študije pa so pokazale, da tudi koseizmični učinki na naravno okolje dajejo dokaj natančne podatke o intenzitetnem polju potresov in so komplementarni drugim makroseizmičnim podatkom (Guerrieri in Vittori 2007). Čeprav je novejša Evropska potresna lestvica EMS-98 sicer zelo izboljšala makroseizmične analize, pa so ostali učinki na naravno okolje razmeroma skopo opisani. Po tej lestvici so razdeljeni na: a) hidrološke učinke, b) pobočne premike (zemeljski plazovi, skalni podori), c) učinke na ravnih tleh (razpoke) in d) kompleksne učinke (likvefakcija). Eden od glavnih problemov je, da je posamezen učinek (razvrščen kot možen, tipičen ali diagnostičen) pripisan zelo širokemu razponu intenzitet. Zato so Vidrih s sodelavci (2001) predlagali, da se tudi pri skalnih podorih in zemeljskih plazovih, podobno kot pri stavbah, uporabi koncept ranljivosti terena ter pogostosti in stopnje poškodovanosti zaradi posameznih pojavov.

Nova *Environmental Seismic Intensity* lestvica (ESI 2007; Guerrieri in Vittori 2007) temelji, za razliko od predhodnih lestvic, le na učinkih potresov na naravno okolje, sledi pa osnovni strukturi dvanajstopenjskih lestvic in je namenjena za komplementarno rabo z njimi. Učinki so klasificirani v primarne in sekundarne. Primarni so površinske manifestacije seizmogenega tektonskega izvora in obsegajo površinske pretrge, dvige in ugreze. Mnogo številčnejši so sekundarni učinki, ki so posledica močnega tresenja

*Slika 1: Zemljevid intenzitet (EMS-98) potresa 12. aprila 1998 z izoseisto VII–VIII EMS-98 (Zupančič s sodelavci 2001). Prikazan je tudi potek seizmogenega Ravenskega preloma. ►*



tal: a) razpoke v tleh, b) pobočni premiki (skalni podori in zemeljski plazovi), c) likvefakcija, d) anomalni valovi (sejš), e) hidrogeološke anomalije in f) nihanje dreves. Za vsako vrsto učinka ESI 2007 opisuje njegove značilnosti in velikost kot diagnostični pojav za določen razpon intenzitet ter njegov geološki ali geomorfološki izraz. Za intenzitete manjše ali enake IX, je glavna naloga ESI 2007 lestvice, da učinke na naravno okolje vzporedi z drugimi indikatorji poškodb. Pri intenzitetah med X in XII pa postanejo učinki na naravno okolje najbolj diagnostični za oceno intenzitete, saj je večina stavb porušeni.

### 3 Uporabljene metode

Uporabili smo tri različne pristope: terenski ogled, analizo letalskih posnetkov in analizo makroseizmičnih vprašalnikov. Kmalu po potresu smo s terenskim delom sistematično kartirali in popisali vse podore in izdelali podatkovno bazo. Geodetska uprava Republike Slovenije je tri mesece po potresu izvedla že prej načrtovano ciklično letalsko snemanje tega dela Slovenije. To nam je zelo koristilo, saj smo brez dodatnih stroškov pridobili kvalitetne posnetke na katerih so sklani podori zelo dobro vidni. Posnetke smo analizirali kot stereo pare, kasneje, ko so bili pretvorjeni v digitalni ortofoto (DOF), pa še z GIS programskimi orodji. Na podlagi DOF-ov je bil izdelan tudi nov digitalni model višin (DMV) z ločljivostjo 25 m. Pred tem je bil v Sloveniji na voljo le 100 metrski DMV. Kljub temu je primerjava obeh DMV, ki kažeta relief pred in po potresu, omogočala izračun prostornine dveh največjih skalnih podorov (Gosar 2012).

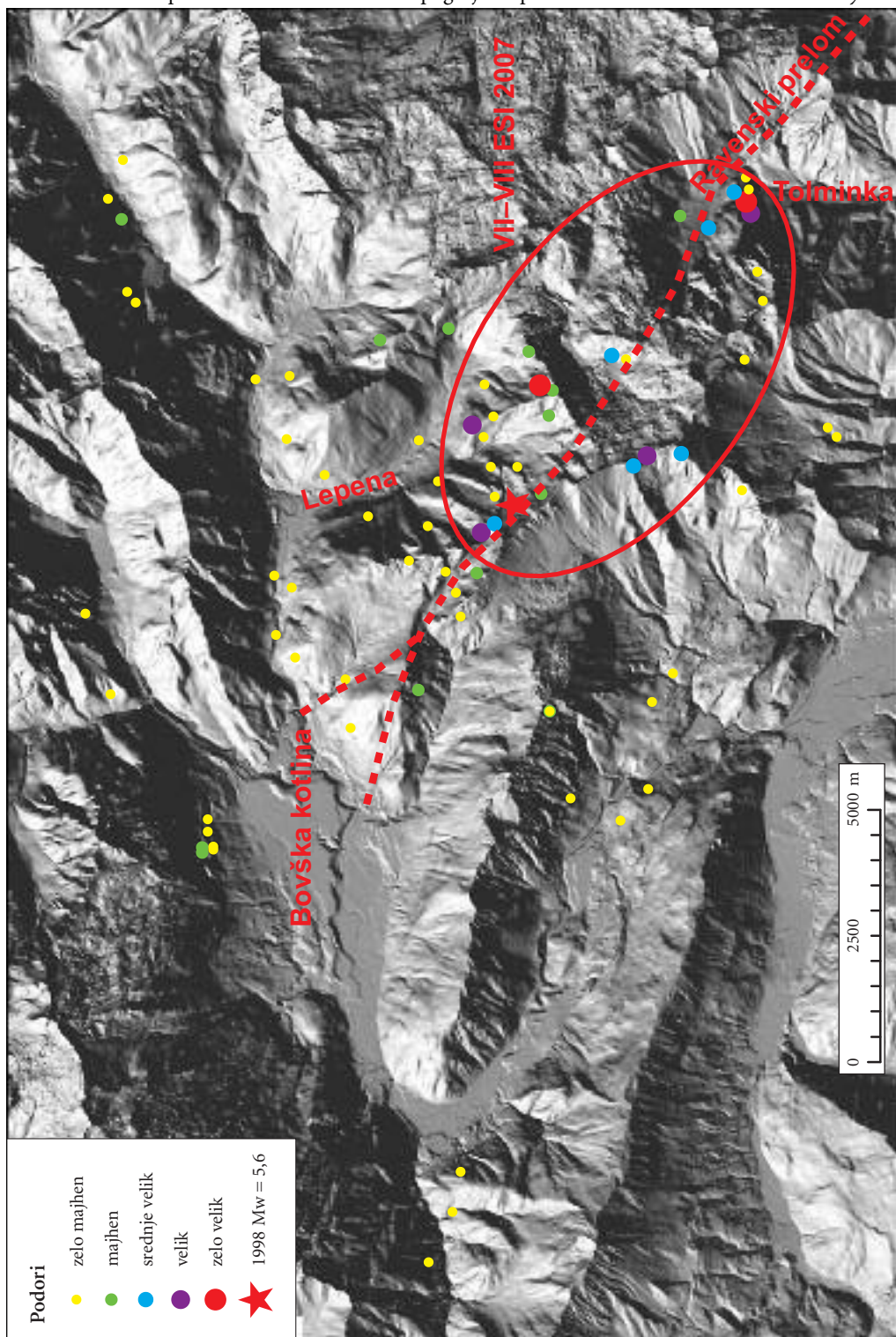
Po potresu smo na takratni Upravi Republike Slovenije za geofiziko razposlali makroseizmične vprašalnike vsem (4300) opazovalcem v Sloveniji, ki smo jih imeli v podatkovni bazi. Ti so vrnili 2900 izpolnjenih vprašalnikov (Cecić s sodelavci 1999). Vprašalnik vsebuje dve vprašanji o hidroloških učinkih, poleg tega pa so bili opazovalci naprošeni, da sporočijo tudi vse druge učinke na okolje, ki so jih opazili ob potresu.

### 4 Skalni podori in drugi učinki potresa

Podrobni terenski ogledi in analiza letalskih posnetkov so pokazali, da je potres povzročil 78 skalnih podorov (slika 2). Glede na njihovo ocenjeno prostornino smo jih klasificirali v pet skupin (preglednica 1). Celotno prizadeto območje na katerem so se pojavljali podori je bilo veliko približno  $15 \times 12$  km ( $180$  km<sup>2</sup>). Porazdelitev zelo majhnih podorov (skupaj 53), ki prevladujejo, je zelo neenakomerna. To je pričakovano, saj je odvisna predvsem od geološke zgradbe in naklona pobočij. Po drugi strani so srednje veliki, veliki in zelo veliki podori jasno porazdeljeni na območju, ki je 5 km široko in 9 km dolgo, ter razpotegnjeno v smeri severozahod–jugovzhod vzdolž seizmogenega Ravenskega preloma (slika 2). Tudi gostota podorov je neenakomerna, saj je odvisna od ranljivosti pobočij. Povprečno so bili trije podori na km<sup>2</sup>, razpon pa od enega do petih podorov na km<sup>2</sup>. Zanimivo je, da je rob pojavljanja podorov zelo oster proti jugozahodu, na območju doline Tolminke in bolj postopen proti severozahodu, zahodu in severu. Iz seizmoloških podatkov je znano, da je potres povzročil globinski pretrg ob Ravenskem prelomu med Bovško kotlino in izvirom Tolminke v dolžini 12 km. Vzdolž tega segmenta je nastalo tudi največ podorov.

Dva podora smo klasificirali kot zelo velika (preglednica 1). Največji je nastal na Velikem Lemežu nad Lepeno (slika 3a). S primerjavo obeh DMV-jev smo izračunali njegovo prostornino na  $15 \times 10^6$  m<sup>3</sup>. Največja debelina podora je bila 120 m. Drugi največji podor se je sprožil na Osojnci nad dolino Tolmin-

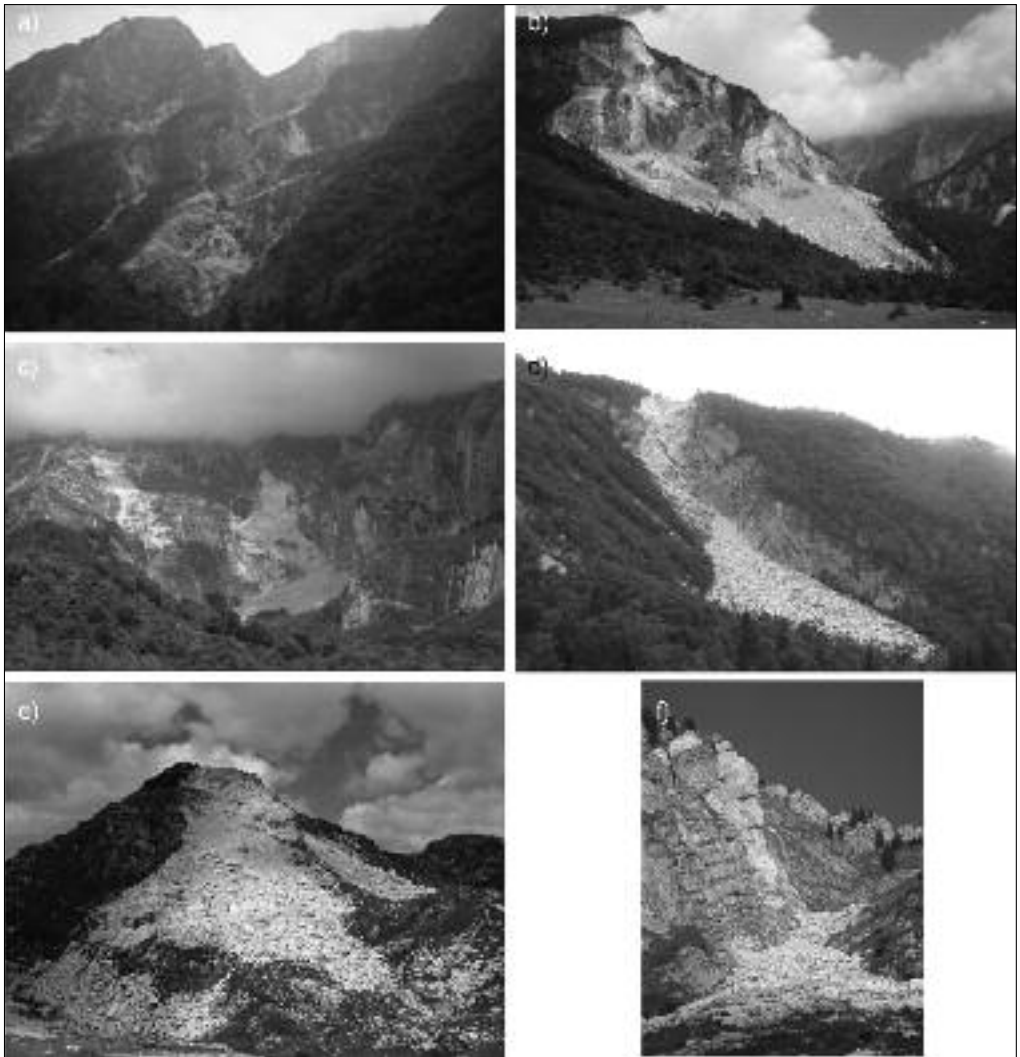
*Slika 2: Lokacije skalnih podorov, ki jih je povzročil potres 12. aprila 1998 z izoseisto VII–VIII ESI 2007 določeno na podlagi učinkov na naravno okolje. ►*



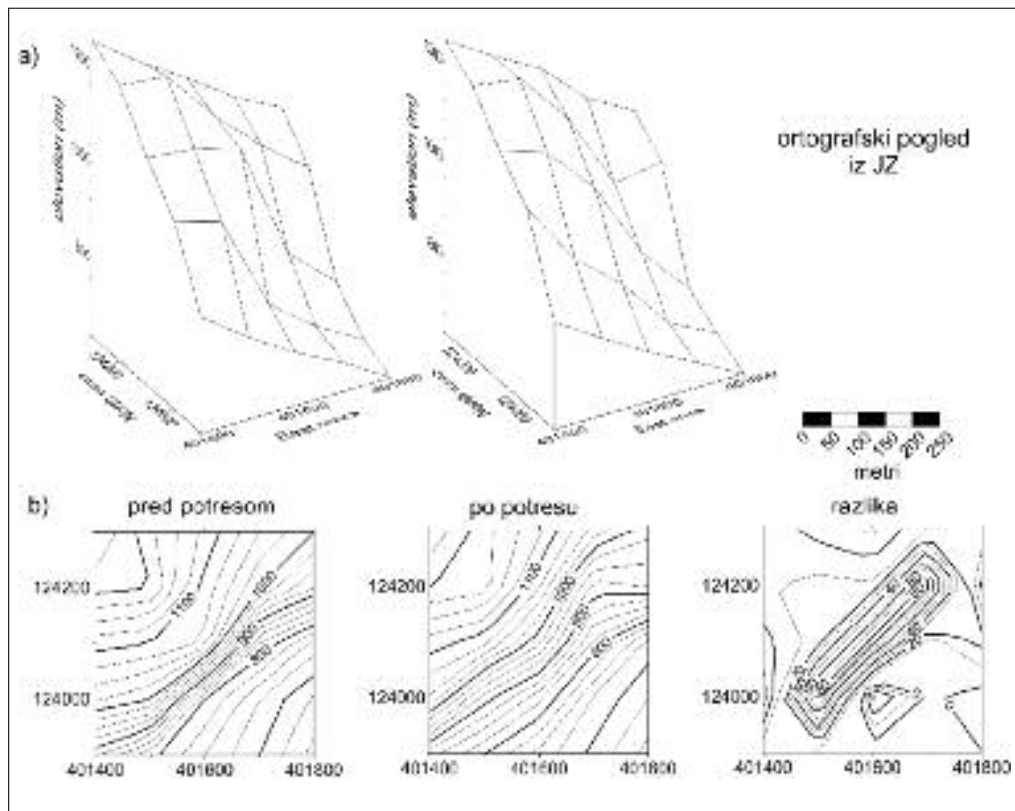


Preglednica 1: Porazdelitev skalnih podorov glede na njihovo velikost.

velikost podora	ocenjena prostornina (m <sup>3</sup> )	število
zelo majhen	10 <sup>2</sup>	53
majhen	10 <sup>3</sup>	13
srednje velik	10 <sup>4</sup>	6
velik	10 <sup>5</sup>	4
zelo velik	> 10 <sup>6</sup>	2



Slika 3: Izbor največjih podorov v Krnskem pogorju z ocenjenimi intenzitetami po ESI 2007 (v oklepaju): (a) Veliki Lemež (VIII), (b) Osojnica (VIII), (c) Krn (VII), (d) Škril (VII), (e) V. Šmohor (VI), (f) Lipnik (VII).

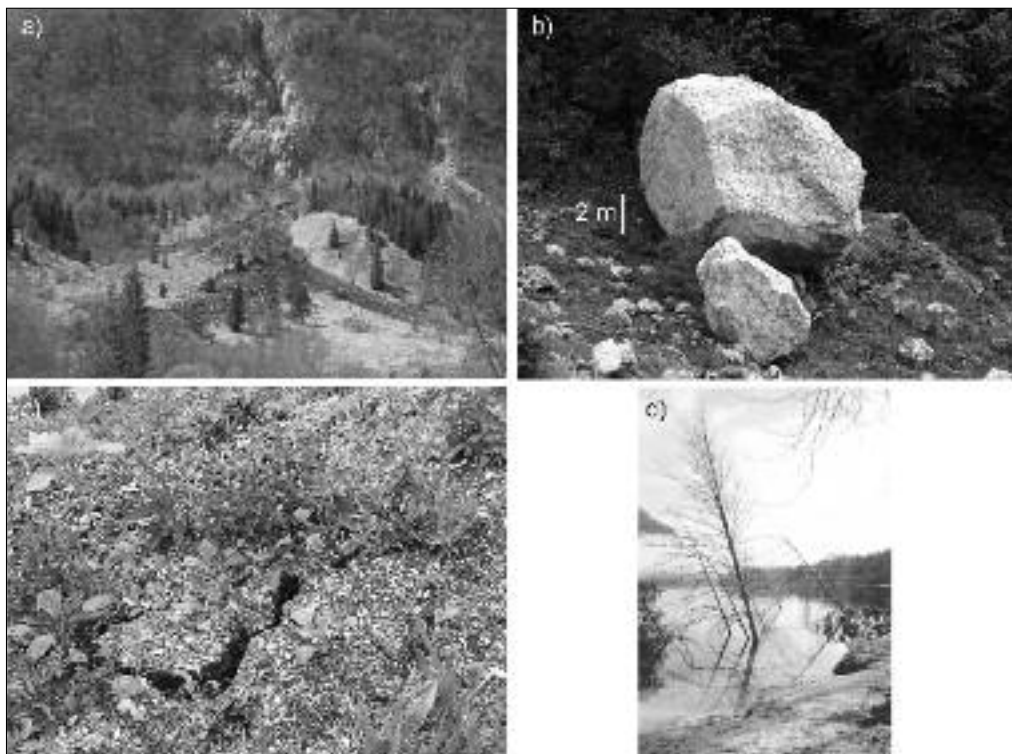


Slika 4: Digitalni model višin Osojnice nad dolino Tolminke, ki kaže površje pred in po potresu: (a) v perspektivi, (b) s konturami, skupaj z razliko med obema modeloma.

ke (slika 3b). S primerjavo DMV-jev je bila prostornino ocenjena na  $3 \times 10^6 \text{ m}^3$  (slika 4). Štiri podore smo klasificirali kot velike in šest kot srednje velike (sliki 2 in 3).

Poleg skalnih podorov je potres povzročil tudi druge učinke na pobočjih in ravnem površju. Zemeljski plazovi so bili redki, saj območje gradijo predvsem karbonatne kamnine, zato so nastali le na brežinah rek, v ledeniško-rečnih sedimentih in v flišu. Zanimiv je pojav drobirskega toka v Lepeni (slika 5a). V času potresa je bilo v gorah veliko novozapadlega snega, ki je bil dovzeten za plazenje. Drobirski tok je nastal kot mešanica drobirja in snega. Ko je dosegel ravno dno doline, se je drobir odložil v pahljačasti obliki. Po pobočjih se je valilo tudi veliko skalnih blokov, ki so zelo poškodovali gozd in celo uničili parkiran avto v dolini Soče. Največji skalni blok (slika 5b), ki se je sprožil pri podoru na Lipniku (slika 3f), je imel prostornino okoli  $200 \text{ m}^3$ . Poročila o razpokah v tleh so bila redka (slika 5c), v vseh primerih je šlo za sekundarni pojav. Del obale Bohinjskega jezera (slika 5d), ki je oddaljeno 25 km od nadžarišča potresa, je spozel v jezero. Ogljed je pokazal, da rečno-ledeniški grušč ni bil podvržen likvefakciji, ampak je šlo za zdrs.

Pogovori z domačini in analize makroseizmičnih vprašalnikov so pokazali, da je potres povzročil tudi nekatere hidrološke učinke, predvsem spremembe v barvi vode, vendar ni bilo mogoče ugotoviti ali je do njih prišlo že pri samih izvirih ali šele kasneje zaradi zemeljskih plazov in podorov. Jasnih poročil o spremembah pretokov ali nivojev vode v vodnjakih ni bilo. Je pa pred in po potresu močno deževalo in so bili zato pretoki razmeroma visoki.



Slika 5: Izbor drugih učinkov potresa na naravno okolje: (a) drobirski tok v dolini Lepene, (b) velik balvan v Doliču, (c) razpoke v tleh v Magozdu, (d) zdrs obale Bohinjskega jezera.

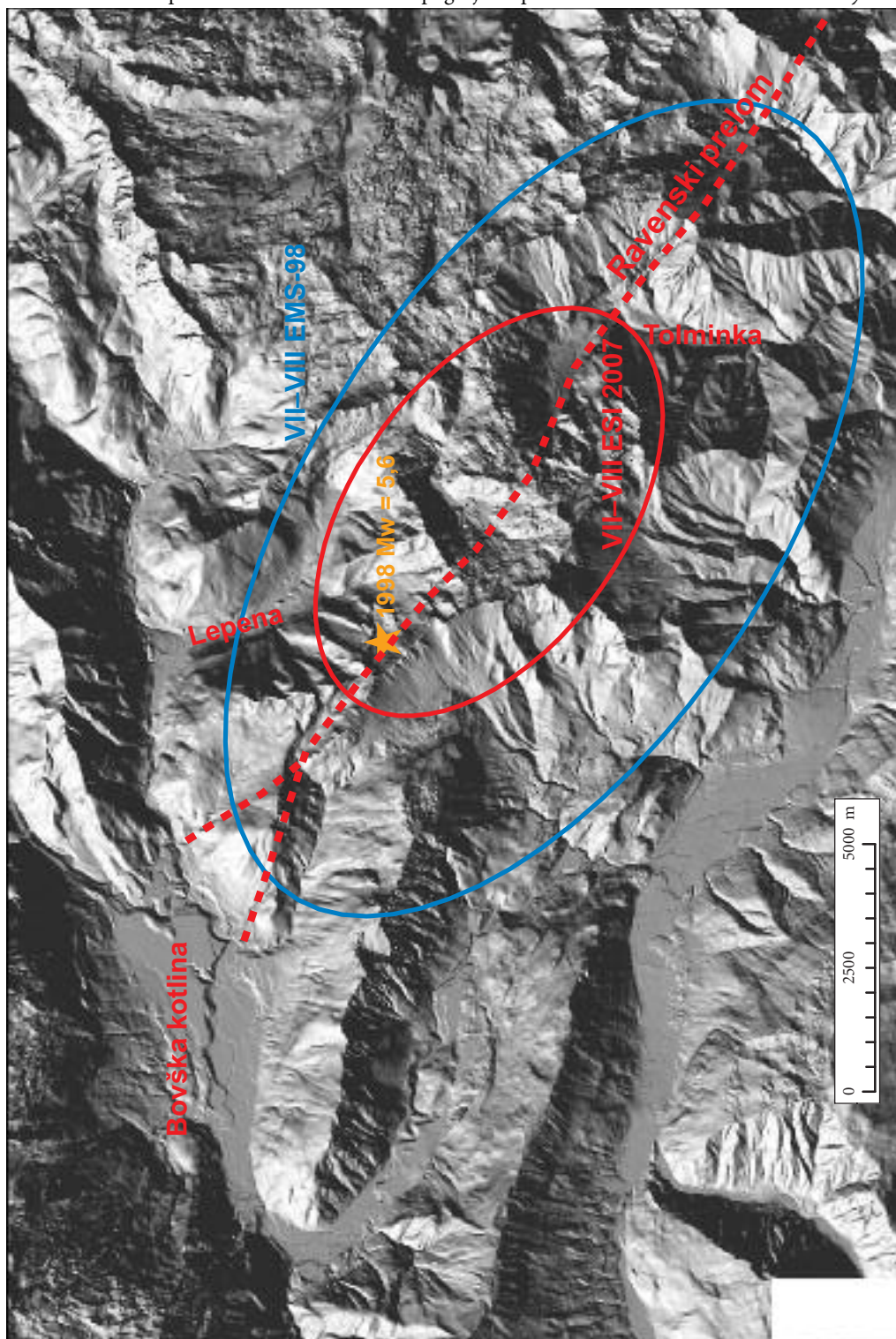
## 5 Določitev intenzitete potresa

Analiza vseh učinkov potresa na naravno okolje je pokazala, da so bili le skalni podori dovolj razširjeni, da jih lahko uporabimo za oceno intenzitete; poleg tega je bila indikator tudi velikost prizadetega območja. Po ESI 2007 ustreza redu velikosti prizadetega območja  $100 \text{ km}^2$  intenziteta VIII in redu velikost  $1000 \text{ km}^2$  intenziteta IX. Po tem kriteriju, bi bila lahko intenziteta tega potresa VIII.

Zdi se, da je ESI 2007 nekoliko pomanjkljiva pri kvantitativnem opisu pobočnih pojavov. Le za intenziteto VIII razlikuje med pričakovano prostornino za »razširjene« zemeljske plazove ( $10^3$ – $10^5 \text{ m}^3$ ) in »včasih velike« ( $10^5$ – $10^6 \text{ m}^3$ ) skalne podore. Za intenziteto VII je prostornina zemeljskih plazov in skalnih podorov kvalitativno in kvantitativno opredeljena skupaj kot »včasih pomembno« ( $10^3$ – $10^5 \text{ m}^3$ ). Enako velja za intenziteto IX pri kateri so lahko zemeljski plazovi in skalni podori »pogosto veliki« ( $10^5 \text{ m}^3$ ) in »včasih zelo veliki« ( $10^6 \text{ m}^3$ ). Pri intenziteti X so veliki ( $> 10^5$ – $10^6 \text{ m}^3$ ) zemeljski plazovi in skalni podori »pogosti« (Guerrieri in Vittori 2007). Prostornina in pogostost podorov torej nista enoznačno diagnostični za oceno intenzitete v razponu VII–IX, kar je sicer razumljivo, saj so pojavi odvisni tudi od ranljivosti pobočij.

Z upoštevanjem teh omejitev, smo se v primeru potresa 1998 odločili za delovno hipotezo, v kateri smo zelo velikim skalnim podorom pripisali VIII stopnjo, velikim VII, srednje velikim podorom pa

Slika 6: Primerjava dveh izoseist za potres 12. aprila 1998: izoseista VII–VIII EMS-98 dobljena iz makroseizmičnih podatkov in izoseista VII–VIII ESI 2007 dobljena iz analize učinkov na naravno okolje. ►



VI stopnjo po ESI 2007. Ocenili smo tudi, da majhnih in zelo majhnih podorov v tem primeru ne moremo uporabiti kot primerne za oceno intenzitete. Z upoštevanjem pogostosti skalnih podorov določenega velikostnega razreda smo izrisali izoseisto VII–VIII ESI 2007 (sliki 2 in 6). Ker sta se sprožila le dva zelo velika in štirje veliki skalni podori, intenziteta VIII ne bi bila opravičena, zato je smiselna vmesna intenziteta VII–VIII. Izoseisto smo narisali tako, da vključuje vse velike in zelo velike podore ter ima izrazito eliptično obliko razpotegnjeno vzdolž seizmogenega Ravenskega preloma. Dolžna elipse je 9,5 km in širina 5,5 km ter vključuje tudi vseh šest srednje velikih podorov. Na žalost se temu ni bilo mogoče izogniti, ker se slednji vsi nahajajo v bližini velikih in zelo velikih skalnih podorov. Pri tem potresu torej ni mogoče uporabiti srednje velikih skalnih podorov kot diagnostične za intenziteto VI, kot je izpostavljeno v hipotezi. Učinkov na naravno okolje samih tudi ni mogoče uporabiti za izris izoseiste VII ali nižjih intenzitetnih stopenj. Tudi kriterij velikosti celotnega prizadetega območja ni mogoče uporabiti samega za določitev največje intenzitete na VIII ESI 2007.

V predhodnih raziskavah (Cecić in sodelavci 1999) intenzitete po EMS-98 niso izrisali izoseist, so pa podali povprečne polmere in sicer 13 km za VII in 25 km za VI stopnjo, ne pa tudi polmera za največjo intenziteto VII–VIII (Zupančič in sodelavci 2001). To je sicer metodološko pravilno, saj se »vmesne« intenzitete praviloma ne izrisujejo. Za namen te raziskave smo to vseeno naredil in sicer tako da izoseista VII–VIII EMS-98 (sliki 1 in 6) vključuje vsa štiri naselja v nadžariščnem območju z intenziteto ocenjeno na VII–VIII. Tudi ta izoseista ima izrazito eliptično obliko in je 18 km dolga ter 9,5 km široka. Njena velikost je močno odvisna od ene same točke (Tolminske Ravne), ki leži precej daleč od ostalih proti jugozahodu. Upoštevati je treba tudi, da se Tolminske Ravne nahajajo na ledeniški moreni, kjer lahko pričakujemo lokalne vplive na potresne valove, ki zelo verjetno povečujejo intenziteto.

## 6 Sklep

Obe oceni intenzitete potresa 1998 v Krnskem pogorju (prva je temeljila na učinkih na ljudi, predmete in stavbe po EMS-98, druga pa na učinkih na naravno okolje (predvsem skalnih podorih) po ESI 2007), sta dali enako največjo intenziteto VII–VIII. Celotno prizadeto območje in dva zelo velika skalna podora bi sicer lahko kazala tudi na intenziteto VIII, vendar menimo, da samo ti kriteriji ne zadoščajo za pripis višje intenzitete. Raziskava je tudi potrdila, da ESI 2007 ne moremo uporabljati samostojno za intenzitete nižje od IX, temveč vedno v kombinaciji za drugimi lestvicami, predvsem EMS-98. Obe metodi sta dali jasno razpotegnjeno obliko izoseiste največje intenzitete (slika 6), ki je vzporedna seizmogenemu Ravenskemu prelomu. Območji, ki ju obsegata se sicer razlikujeta, vendar je izoseista VII–VIII EMS-98 močno odvisna od ene same točke, ki je dokaj oddaljena in kjer so verjetni lokalni vplivi, ki povečujejo intenziteto. Raziskave so tudi pokazale, da je ESI 2007 lestvica učinkovito orodje za oceno intenzitete v redko poseljenih goratih območjih ne le za zelo močne, temveč tudi za srednje močne potrese.

*Zahvala: Avtor je hvaležen Ini Cecić za makroseizmične podatke ter Mihaelu Ribičiču, Renatu Vidrihu, Marku Kočevarju in Tomažu Begušu za pomoč pri terenskem popisu skalnih podorov. Sliki 5c in 5d je posnel Renato Vidrih.*

## 7 Viri in literatura

- Cecić, I., Godec, M., Zupančič, P., Dolenc, D. 1999: Macroseismic effects of 12 April 1998 Krn, Slovenia, earthquake: An overview. XII General Assembly of the IUGG, Abstract Book B. Birmingham.
- Gosar, A. 2012: Application of Environmental Seismic Intensity scale (ESI 2007) to Krn Mountains 1998 Mw = 5.6 earthquake (NW Slovenia) with emphasis on rockfalls. Natural Hazards and Earth System Sciences 12-5. Katlenburg-Lindau.

- Grünthal, G. 1998: European Macroseismic Scale 1998. Luksemburg.
- Guerrieri, L., Vittori E. 2007: Intensity scale ESI2007. Memorie descrittive della Carta Geologica d'Italia 74. Rim.
- Vidrih, R., Ribičič, M. 1999: Slope failure effects in rocks at earthquake in Posočje on April, 12 1998 and European Macroseismic Scale (EMS-98). *Geologija* 41. Ljubljana.
- Vidrih, R., Ribičič, M., Suhadolc, P. 2001: Seismogeological effects on rocks during 12 April 1998 upper Soča Territory earthquake (NW Slovenia). *Tectonophysics* 330, 3–4. Amsterdam.
- Zupančič, P., Cecić, I., Gosar, A., Placer, L., Poljak, M., Živčič, M. 2001: The earthquake of 12 April 1998 in the Krn Mountains (Upper Soča valley, Slovenia) and its seismotectonic characteristics. *Geologija* 44-1. Ljubljana.



## STROKOVNE PODLAGE ZA OCENO POTRESNE OGROŽENOSTI MESTNE OBČINE LJUBLJANA

**mag. Marjana Lutman, dr. Iztok Klemenc**

Zavod za gradbeništvo Slovenije, Dimičeva ulica 12, SI – 1000 Ljubljana, Slovenija  
marjana.lutman@zag.si, iztok.klemenc@zag.si

**Polona Zupančič, dr. Barbara Šket Motnikar**

Ministrstvo za kmetijstvo in okolje, Agencija Republike Slovenije za okolje, Vojkova cesta 1b, SI – 1000 Ljubljana, Slovenija  
polona.zupančič@gov.si, barbara.sket-motnikar@gov.si

**dr. Primož Banovec, Matej Cerk**

Inštitut za vodarstvo, d. o. o., Hajdrihova ulica 28a, SI – 1000 Ljubljana, Slovenija  
matej.cerk@i-vode.si, primoz.banovec@i-vode.si

**Julij Jeraj**

Mestna občina Ljubljana, Oddelek za zaščito, reševanje in civilno obrambo, Zarnikova ulica 3, SI – 1000 Ljubljana, Slovenija  
julij.jeraj@ljubljana.si

### IZVLEČEK

#### **Strokovne podlage za oceno potresne ogroženosti Mestne občine Ljubljana**

Predstavljeno je ocenjevanje potresne odpornosti, ranljivosti in poškodovanosti stavb v Mestni občini Ljubljana. Za nearmirane opečne in betonske stolpnice v Ljubljani smo izdelali nelinearno analizo potresne odpornosti. Na podlagi dosedanjih ocen smo ugotovili zakonitosti med potresno ranljivostjo in osnovnimi lastnostmi stavb ter z njimi grobo ocenili potresno ranljivost stavb in njihovih prebivalcev. Osnovne lastnosti stavb smo povzeli iz Registra nepremičnin. Na podlagi ocen potresne ranljivosti, Evropske potresne lestvice in tipologije stavb smo ocenili poškodovanost stavb za razne scenarije potresa. Za ta namen je bila izdelana potresna mikro-rajonizacija za intenziteto, posodobljene pa so bile tudi relacije za oceno lastnega nihajnega časa stavb.

### KLJUČNE BESEDE

potres, ranljivost, potresna mikrorajonizacija, intenziteta, Evropska potresna lestvica, Ljubljana

### ABSTRACT

#### **Professional bases for seismic risk assessment of the Municipality of Ljubljana**

The seismic resistance, vulnerability and damage assessment of individual buildings in the Municipality of Ljubljana is presented. Nonlinear seismic resistance analysis of unreinforced brick and concrete skyscrapers in Ljubljana was performed. Correlations between seismic vulnerability and some basic data of buildings were found and used for a rough estimate of seismic vulnerability of all buildings and their inhabitants. Data of buildings were taken from the Real Estate Register. Based on these estimates and building typology damage of buildings according the European Macroseismic Scale was elaborated for different earthquake scenarios. Intensity microzonation and upgraded correlations for the estimation of fundamental frequency of buildings were prepared and used.

### KEY WORDS

earthquake, vulnerability, seismic microzonation, intensity, European macroseismic scale, Ljubljana



## 1 Uvod

Slovenija je potresom izpostavljena bolj kot večina evropskih držav. Skoraj povsod po Sloveniji lahko z 90 % verjetnostjo pričakujemo, da bo v 50 letih, kar ustreza povratni dobi 475 let, nastal potres intenzitete VII stopnje po EMS ali močnejši. Najmočnejše potrese pričakujemo na širšem ljubljanskem območju, ki je tudi območje največje poseljenosti, v Zgornjem Posočju in na širšem območju Brežic. To so območja s projektnim pospeškom tal 0,225 g in več na podlagi veljavnega zemljevida potresne nevarnosti iz leta 2001 (Lapajne s sodelavci 2001).

Glede na to, da sam potres ni tisti, ki povzroča žrtve, pač pa so te odvisne poškodovanosti stavb, je treba poznati potresno odpornost in ranljivost oziroma potencialno poškodovanost objektov zaradi pričakovanega potresa. Preglednost, dostopnost in ažurnost podatkov omogoča ustrezna baza, ki vsebuje splošne podatke o objektu, podatke o lokaciji objekta in geološko-seizmološke lastnosti lokacije, podatke o konstrukciji objekta, ocene potresne odpornosti in ranljivosti. Nadgradnja oziroma povezava te baze z Registrom nepremičnin (REN) in s Centralnim registrom prebivalstva predstavlja celovito bazo podatkov o potresni ogroženosti obravnavanega območja.

Za učinkovito ukrepanje neposredno po potresu, je posebej pomembno poznavanje potresne odpornosti in ranljivosti tistih objektov, v katerih se izvajajo aktivnosti civilne zaščite (centri obveščanja, gasilski domovi, poveljstva regijskih štabov), reševalnih in zdravstvenih objektov (bolnišnice, zdravstveni domovi, objekti z ambulantami) ter vseh tistih rezervnih objektov, kjer bi te aktivnosti lahko potekale zaradi povečanih potreb (domovi starejših občanov, študentski domovi, šole, vrtci).

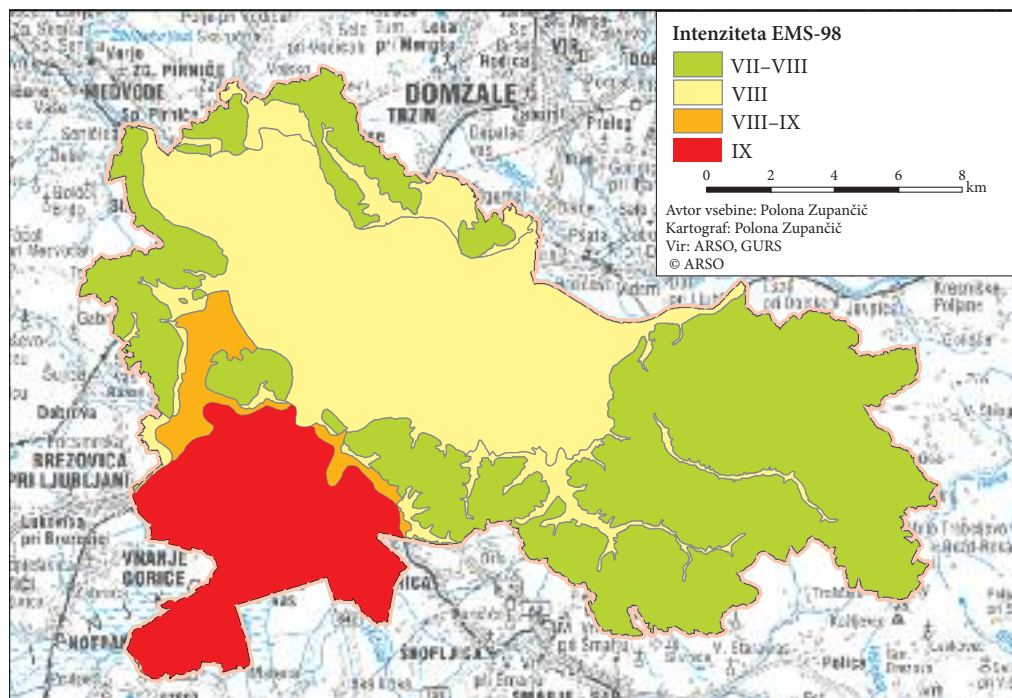
## 2 Potresna mikrorajonizacija

Na državnem zemljevidu potresne intenzitete s povratno dobo 475 let (Šket Motnikar in Zupančič 2011) je potresna nevarnost v Ljubljani ocenjena z intenziteto VIII EMS, kar je tudi najvišja vrednost. Ker zemljevid potresne intenzitete upošteva povprečna tla na območju, kjer so bili podatki o intenziteti pridobljeni, je treba za slabše ali boljše seizmogeološke razmere od povprečnih določiti prirastek intenzitete. Prirastek je lahko tudi negativen, če so dejanske razmere boljše. Na podlagi preteklih (Lapajne 1970; Zupančič s sodelavci 2004) in novejših raziskav (Jerše 2012) smo ocenili prirastek intenzitete na območju Mestne občine Ljubljana (MOL). Vrednosti prirastka intenzitete se gibljejo od minus 1/2 stopnje EMS na tleh tipa A po EC8, do plus ene stopnje EMS na tleh tipa S<sub>1</sub> po EC8. Končni zemljevid mikrorajonizacije MOL na podlagi intenzitete s povratno dobo 475 let, izdelan na Agenciji Republike Slovenije za okolje (ARSO), prikazuje slika 1.

Na največjem delu občine (44,7 %) smo ocenili intenziteto VII–VIII EMS. Najmanj zastopana je intenziteta VIII–IX EMS (3,0 %), najvišjo intenziteto IX EMS pa smo ocenili na 15,1 % območja MOL (preglednica 1).

*Preglednica 1: Površine območij z določeno potresno intenziteto glede na celotno območje Mestne občine Ljubljana.*

intenziteta EMS	površina (km <sup>2</sup> )	odstotek
VII–VIII	122,9	44,7
VIII	102,1	37,2
VIII–IX	8,3	3,0
IX	41,5	15,1



Slika 1: Mikrorajonizacija Mestne občine Ljubljana na podlagi intenzitete s povratno dobo 475 let.

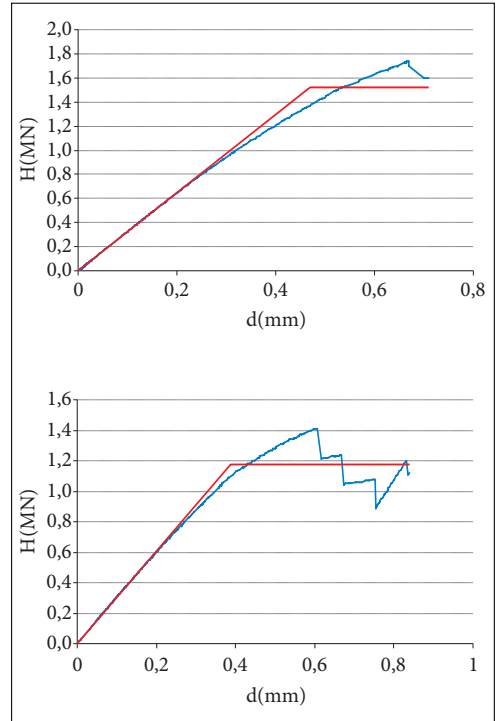
### 3 Potresna odpornost in ranljivost narmiranih stolpnic v MOL

#### 3.1 Značilnosti stolpnic

Pred uveljavitvijo prvega pravilnika (Pravilnik o začasnih ... 1964), ki je po 2. svetovni vojni na območju naše države reguliral projektiranje in gradnjo potresno odpornih objektov visoke gradnje, je bilo v Ljubljani v obdobju med 1959 in 1965 zgrajenih petnajst stolpnic. Stolpnice imajo eno ali dve kletni etaži, pritličje in 9 do 12 nadstropij, prvotna terasa je bila pri eni od njih kasneje zaprta in urejena v bivalno mansardno etažo. Zidovi so bili v kletnih etažah, v nekaterih primerih pa tudi v pritličju izdelani iz monolitnega betona, le nekateri od njih pa so minimalno armirani. V zgornjih etažah so bili za nosilne zidove uporabljeni trije različni tipi. Pri prvem tipu (A; na sliki 2 levo) so nosilni zidovi opečni, pri drugem tipu (B) so zidovi grajeni po sistemu ing. Umeka (betonski oziroma žlindrini votlaki z betonskim jedrom), pri tretjem tipu (C) pa gre za betonske zidove, od katerih so nekateri notranji slopi armirani do dveh tretjin višine stolpnice. Glede na dostopne projekte je bilo pri posamezni stolpnici uporabljeno 3 do 5 setov trdnostnih lastnosti vgrajenih materialov (polnih opečnih zidakov in malte pri prvem tipu ter betona pri drugem in tretjem tipu), tako da se trdnosti zidovja z vsako, vsako drugo ali vsako tretjo višjo etažo zmanjšujejo. Glede na pregledano projektno dokumentacijo imajo stolpnice z opečnimi zidovi na vogalih navpične vezi iz po dveh jeklenih palic premera 20 mm.

#### 3.2 Analiza potresne odpornosti in ocena potresne ranljivosti

Glede na veliko pričakovano ranljivost navedenih stolpnic in sorazmerno velikega števila prebivalcev v njih, ki prispeva k večji stopnji potresne ogroženosti, smo zanje izdelali točnejšo analizo potresne



Slika 2: Nearnmirana opečna zidana stolpnica v Ljubljani, tipa A (levo), in histerezni ovojnici za vzdolžno in prečno tlorisno smer (desno zgoraj in spodaj).

odpornosti (Lutman 2012). Uporabili smo na Zavodu za gradbeništvo Slovenije (ZAG) izdelan računalniški program NASK (Lutman 1996), ki uporablja metodo mejnih stanj in vsiljenih pomikov (*push-over analysis*), konstrukcijo stavbe pa modelira z več ravninskimi ali prostorskimi okviri, katerih navpični elementi so zidovi oziroma stene, vodoravni elementi pa prečke, ki jih sestavljajo nadokenske preklade, sodelujoči pasovi stropnih konstrukcij in parapeti. Okviri so med seboj povezani s medetažnimi ploščami, ki so toge v svoji ravnini in tako zagotavljajo medsebojno odvisnost pomikov posameznih okvirov. Program najprej izračuna začetne lastne nihajne čase konstrukcije, nato pa izračuna histerezno ovojnico stavbe v vsaki od obeh tlorisnih smeri (slika 2 desno).

Potresna odpornost je izražena z brezdimenzionalnim koeficientom potresne odpornosti  $SRC_{u-mp}$  (*seismic resistance coefficient*), ki predstavlja razmerje med vodoravno silo – idealizirano potresno odpornostjo in skupno težo stavbe. Koeficient potresne odpornosti lahko primerjamo s predpisanim koeficientom potresne obtežbe  $BSC_d$  (*base shear coefficient*) po Evrokodu 8 (SIST EN 1998-1:2005) oziroma VK po Pravilniku iz leta 1981 (Pravilnik o tehničnih ... 1981), ki je bil razveljavljen leta 2008.

Kritična tlorisna smer pri vseh treh tipih stolpnice je tista, v kateri je količina nosilnih zidov manjša od količine zidov v drugi smeri. Pri stolpnicah tipov A in C je to prečna smer (smer manjše tlorisne dimenzije), pri tipu B pa vzdolžna smer (smer večje tlorisne dimenzije). Pri tipu A znaša izračunana vrednost koeficienta potresne odpornosti v kritični smeri 0,033, pri tipu B 0,025, pri tipu C pa 0,032. Vse vrednosti so bistveno manjše od  $BSC_d$  po Evrokod 8 (0,357, 0,389 in 0,479 za tipe A, B in C) in bistveno manjše celo od VK po Pravilniku iz leta 1981 (0,157, 0,170 in 0,170 za tipe A, B in C). Glede na to, da so bile stolpnice tipov A, B in C projektirane le na minimalne vodoravne sile v višini 2 %, 3 % oziroma 5 % skupne teže, so izračunane nizke vrednosti koeficienta potresne odpornosti pričakovane.

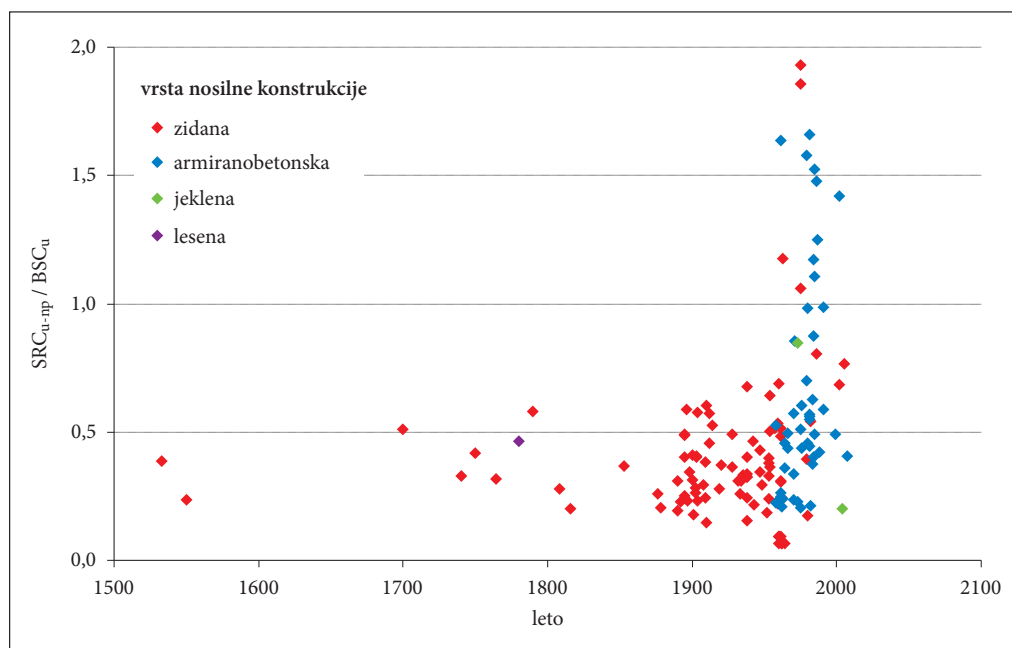
Opravljena analiza je potrdila pričakovano domnevo, da obravnavane stolpnice predstavljajo potresno zelo ranljivo skupino stavb v Mestni občini Ljubljana.

## 4 Baza ocen potresne odpornosti in ranljivosti stavb v območjih 0,225 g in 0,250 g – analiza baze in uporaba zakonitosti

### 4.1 Baza ZAG – baza ocen potresne odpornosti in ranljivosti

Na ZAG-u smo razvili metode za ocenjevanje potresne odpornosti in ranljivosti, prilagojene posameznim tipom gradbenih objektov. Metoda PO-ZID (Lutman s sodelavci 2001) je namenjena ocenjevanju potresne odpornosti zidanih stavb, metoda PO-AB (Lutman in Peruš 2002) ocenjevanju potresne odpornosti armiranobetonskih stavb, metoda RAN-Z (Peruš s sodelavci 1995) pa za ocenjevanje potresne ranljivosti zidanih stavb. Z različnimi metodami smo ocenili več skupin pomembnejših civilnih stavb v Mestni občini Ljubljana: stavbe ožjega mestnega jedra in drugih starejših karejev, stavbe zdravstvenih domov, gasilske domove, šolske stavbe in vrtce, skupine stanovanjskih stavb različnih starosti in stavbe javnih podjetij MOL. Z različnimi metodami smo ocenili 626 različnih stavb. Na podlagi ugotovitev, da so bile z istim ali zelo podobnim projektom zgrajene določene skupine stavb, smo posamezne ocene pripisali enakim oziroma zelo podobnim stavbam na različnih naslovih. Poleg tega smo ocene za stavbe, ki imajo več hišnih števil (večstanovanjski bloki) ali celo dva ali več naslovov (vogalne stavbe z vhodoma iz dveh ulic), pripisali vsem naslovom. Na ta način smo v bazi pridobili 1039 vpisov.

V zadnjih dveh letih pa smo s projektom POTROG (Lutman s sodelavci 2013) bazo ZAG posodobili in nadgradili z novimi individualnimi ocenami (slika 3), predvsem z ocenami stavb, ki se na zemljevidu



Slika 3: Stavbe, ocenjene v okviru projekta POTROG (Lutman s sodelavci 2013): razmerje med ocenjenim koeficientom potresne odpornosti (SR $C_{u,np}$ ) in koeficientom potresne obtežbe po Evrokod 8 (BSC $_u$ ) v odvisnosti od leta izgradnje stavbe.

potresne nevarnosti Slovenije nahajajo v območjih projektnega pospeška tal  $a_g = 0,225$  g in 0,250 g, nekaj stavb pa tudi izven navedenih območjih. V bazi ZAG so tudi ocene za kamnite stavbe v Posočju, ki so bile po zadnjih potresih utrjene in zato predstavljajo specifičen del baze. V bazi ZAG se trenutno nahaja 892 ocen potresne odpornosti in ranljivosti različnih stavb (od teh se 648 stavb nahaja v MOL). Iz že navedenega razloga enakih stavb in stavb z več naslovi ima ta baza dejansko 1354 vpisov (1082 za MOL).

Individualne ocene posameznih stavb predstavljajo bazo ocen potresne odpornosti, predstavljajo pa tudi ustrezno strokovno podporo pri odločanju o prioritetah prenov in utrditev stavb v določeni skupini. Pred projektiranjem prenove in protipotresne utrditve posamezne stavbe pa je treba opraviti podrobnejšo analizo stanja, ki vključuje podrobni pregled, preiskave nosilne konstrukcije in točnejšo analizo potresne odpornosti.

#### 4.2 Zakonitosti med ocenami potresne ranljivosti in osnovnimi lastnostmi stavb

Potresna odpornost in ranljivost stavb v bazi ZAG sta zelo raznoliki, med drugim tudi glede na naslednje osnovne lastnosti stavb:

- vrsta gradiva navpične nosilne konstrukcije:
  - kamnite zidane stavbe,
  - opečne zidane stavbe,
  - stavbe z armiranobetonsko navpično nosilno konstrukcijo,
  - stavbe s kombinirano navpično nosilno konstrukcijo (nosilni zidovi in armiranobetonski navpični elementi),
  - stavbe s kovinsko nosilno konstrukcijo;
- število nadstropij in
- leto izgradnje.

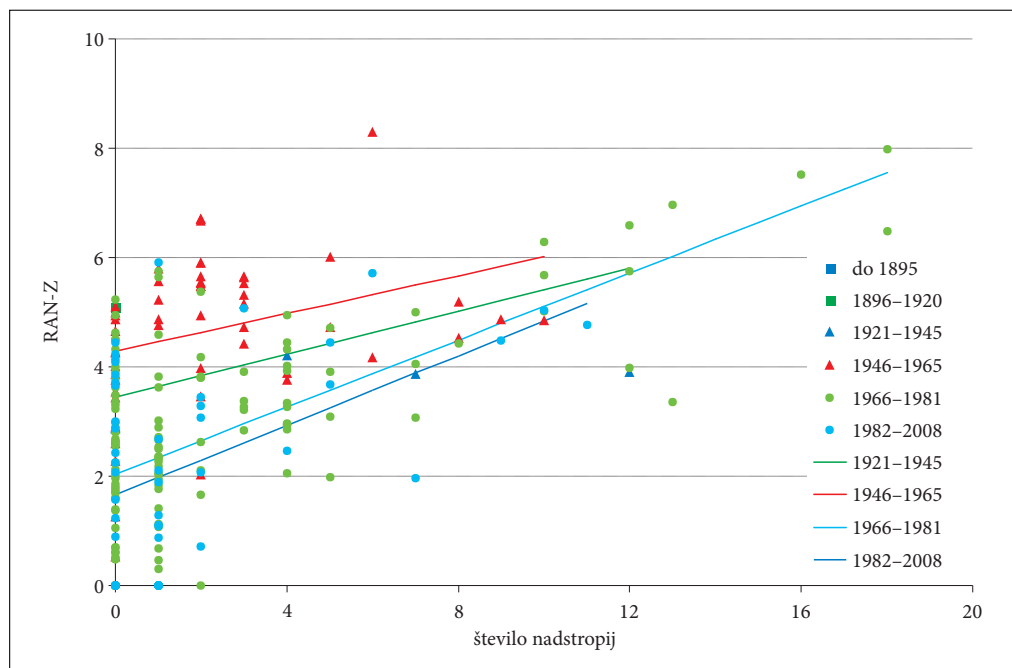
Na pretežnem delu baze ZAG ( $a_g = 0,225$  g in 0,250 g, brez Posočja) smo poiskali korelacije med številčno vrednostjo potresne ranljivosti RAN-Z ter tremi osnovnimi parametri stavb (vrsta materiala nosilne konstrukcije, leto izgradnje in število nadstropij), ki so praviloma vpisane v Registru nepremičnin (REN). Korelacije smo poiskali med vrednostjo potresne ranljivosti RAN-Z ter številom nadstropij, in sicer ločeno za kamnite zidane stavbe, opečne zidane stavbe, armiranobetonske stavbe ter stavbe s kombinirano nosilno konstrukcijo iz zidov in armiranobetonskih stebrov. Praviloma smo za vsako karakteristično obdobje (do 1895, 1896–1920, 1921–1945, 1946–1965, 1966–1981, 1982–2008) poiskali svojo korelacijo, v nekaterih primerih pa smo skupno korelacijo poiskali za več obdobji. Korelacije med oceno potresne ranljivosti RAN-Z in številom nadstropij za armiranobetonske stavbe so prikazane na sliki 4. Po pričakovanju so novejša stavba manj ranljiva, najbolj ranljive armiranobetonske stavbe v bazi ZAG pa so bile grajene v prvem obdobju po 2. svetovni vojni (rdeča premica).

#### 4.3 Razpršitev ocen na vse stavbe v območjih 0,225 in 0,250 g

Korelacije smo poiskali z namenom, da z njimi ocenimo, čeprav z manjšo zanesljivostjo, celotno populacijo stavb v REN v območjih  $a_g = 0,225$  g in 0,250 g, ki imajo v bazi REN naveden tip nosilne konstrukcije, število etaž in leto zgraditve. Pri tem se je treba zavedati, da je REN primerna baza za razpršitev individualnih ocen na vse stavbe v državi ob naslednjih predpostavkah:

- korelacije med potresno ranljivostjo RAN-Z in parametri baze REN so zanesljive,
- uporabljeni parametri v bazi REN so zanesljivi.

Zanesljivost parametrov baze REN smo za kamnite in opečne zidane stavbe preverili leta 2010 (Lutman s sodelavci 2010). Za vse ostale tipe konstrukcij bo zanesljivost parametrov v REN treba še preveriti. V nasprotnem primeru ne bomo vedeli, ali so ocene potresne ranljivosti, pridobljene z razpršitvijo ocen iz baze ZAG, sploh zanesljive.



Slika 4: Korelacija med oceno potresne ranljivosti RAN-Z in številom nadstropij za armiranobetonske stavbe (Lutman s sodelavci 2013).

Ob predpostavki, da sta zgornja pogoja izpolnjena, smo s korelacijami in podatki iz REN na grobo ocenili potresno odpornost in ranljivost vseh stavb v MOL, ki imajo v REN-u smiselne podatke o njihovih osnovnih lastnostih.

## 5 Ocena lastnega nihajnega časa stavb

Odziv stavb zaradi potresa je med drugim odvisen od lastnih nihajnih časov stavbe. Lastni nihajni časi so vključeni tudi v korelacije med potresno odpornostjo in potresno ranljivostjo (Lutman 2007) in jih potrebujemo pri oceni potresne ranljivosti na podlagi ocenjene potresne odpornosti. Nihajne čase lahko učinkovito ocenimo z meritvami in analizo mikrotremorjev. Te raziskave so hitre, poceni in zelo učinkovite. Pokazatelj lastnega nihajnega časa stavbe je razmerje spektrov obeh vodoravnih komponent med najvišjo in najnižjo etažo (Gosar s sodelavci 2010). Za oceno osnovnega lastnega nihajnega časa (povprečje v vzdolžni in prečni smeri) velike množice stavb iz REN-a pa je treba določiti parametre regresijskih enačb v odvisnosti od števila nadzemnih etaž in glede na tip nosilne konstrukcije; posebej za stanovanjske in nestanovanjske stavbe. V dveh nedavno zaključenih projektih ocenjevanja potresne ogroženosti za MOL (Šket Motnikar 2012) in Upravo Republike Slovenije za zaščito in reševanje (Lutman s sodelavci 2013), smo na ARSO nadaljevali z meritvami seizmičnega nemira in z ocenjevanjem regresijskih enačb. Najpomembnejše pridobitve so:

- povečali smo vzorec izmerjenih stavb (skupaj je v podatkovni bazi 310 stavb),
- ustreznost instrumentov *Tromino* smo preverili z zmogljivejšim instrumentom *City Shark*,
- analizirali smo novo obliko regresijske enačbe, ki je fizikalno ustrežnejša,
- bistveno smo povečali koeficient pojasnjenosti in s tem zanesljivost regresijskih enačb.






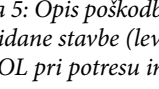
Dobljene regresijske enačbe so primerljive z objavljenimi enačbami iz drugih evropskih raziskav. Uporabljamo jih za oceno lastnega nihajnega časa in posledično za izračun projektna potresne obtežbe po predpisih (SIST EN 1998-1:2005 oziroma Pravilnik o tehničnih ... 1981) za opečne, armiranobetonske in kombinirane stavbe, ki imajo v REN-u podane: material nosilne konstrukcije, število nadzemnih etaž in namembnost (stanovanjske, nestanovanjske). Za kamnite stavbe relacije niso dovolj zanesljive, prav tako ne za nestanovanjske opečne stavbe.

## 6 Evropska potresna lestvica in ocena poškodovanosti stavb v MOL

Evropska potresna lestvica (EMS; Grünthal 1998) opredeljuje pet kategorij poškodb na zgradbah zaradi potresa: (1) zanemarljiva do majhna, (2) zmerna, (3) znatna do velika, (4) zelo velika in (5) uničenje, za nepoškodovane stavbe pa se uporablja kategorija (0). Glede na to, da so najpogostejše zidane in armiranobetonske stavbe, je v EMS opis poškodb podan le za ta dva tipa konstrukcije. Opis in slikovni prikaz poškodb za zidane stavbe sta podana na sliki 5 levo.

Za uporabnost stavb po potresu se lahko uporabi ena od treh barvnih oznak (Applied ... 1998): zeleno (uporabne stavbe – nepoškodovane in 1. kategorija poškodovanosti), rumeno (začasno neuporabne stavbe – 2. in 3. kategorija poškodovanosti) ali rdečo (neuporabne stavbe – 4. in 5. kategorija poškodovanosti). Po teh priporočilih se z zeleno označi varne stavbe, katerih konstrukcija ni ogrožena. Z rumeno se označi stavbe, ki so neuporabne do zaključene sanacije poškodb. Z rdečo pa se označi stavbe z ogroženo konstrukcijo, zato se jih ne sme uporabljati. Pri tem velja opozoriti, da te oznake ne opredeljujejo ekonomske upravičenosti ali neupravičenosti sanacije. V ta namen se po zaključeni fazi intervencije naredi dodatna tehnična ocena.

Vzpostavili smo povezavo med lestvico potresne ranljivosti po metodi RAN-Z in Evropsko potresno lestvico. S to povezavo smo omogočili modeliranje učinkov potresa oziroma kategorij poškodovanosti

UPORABNE		<b>0. kategorija:</b> Ni poškodb
		<b>1. kategorija:</b> Zanemarljiva do majhna poškodovanost (brez konstrukcijskih poškodb, majhne nekonstrukcijske poškodbe).
ZAČASNO UPORABNE		<b>2. kategorija:</b> Zmerna poškodovanost (majhne konstrukcijske poškodbe, zmerne nekonstrukcijske poškodbe).
		<b>3. kategorija:</b> Znatna do velika poškodovanost (zmerne konstrukcijske poškodbe, velike nekonstrukcijske poškodbe).
NE UPORABNE		<b>4. kategorija:</b> Zelo velika poškodovanost (velike konstrukcijske poškodbe, zelo velike nekonstrukcijske poškodbe).
		<b>5. kategorija:</b> Uničenje (zelo velike konstrukcijske poškodbe).

obdobje izgradnje etažnost	obdobje izgradnje					
	do 1895	od 1896 do 1920	od 1921 do 1945	od 1946 do 1965	od 1966 do 1981	od 1982 do 2008
0	1	1	1	1	0	0
1	2	2	2	1	0	0
2	3	3	2	2	0	0
3	3	3	3	3	1	0
4	3	3	3	3	1	
5	4	4	4	3	1	
6	4	4	4	4	2	
7				4		
8				4		
9				4		
10				5		

Slika 5: Opis poškodb in ocena uporabnosti pri posameznih kategorijah poškodovanosti po lestvici EMS za zidane stavbe (levo, po Grünthal 1998) in najverjetnejše kategorije poškodovanosti opečnih stavb v MOL pri potresu intenzitete VIII EMS (desno).

stavb po EMS na podlagi ocenjenih vrednosti RAN-Z, in sicer za različne intenzitete potresa. Ta del aktivnosti je potekal v sodelovanju med ARSO in ZAG in predstavlja pomembno nadgradnjo dosedanjega dela. Na tej podlagi smo za posamezne kombinacije osnovnih lastnosti stavb ocenili ranljivostne razrede po EMS ter posledično tudi najverjetnejše kategorije poškodovanosti (slika 5 desno). Ogroženost stavb in prebivalcev smo ocenili za različne intenzitete potresa po EMS, z upoštevanjem mikrorajonizacije v MOL pa tudi za potres s povratno dobo 475 let, ki ima na različnih območjih zaradi geološke raznolikosti različne intenzitete. Orodja in pripadajoče spletne aplikacije so predstavljene v Banovec s sodelavci (2014).

## 7 Sklep ter izhodišča za nadaljnje delo

Z razširjeno bazo individualnih ocen potresne odpornosti stavb smo pridobili večji vzorec, na katerem smo ugotovili določene zakonitosti, s katerimi ocenjujemo potresno ogroženost. Ugotovljene zakonitosti so bolj smiselne od dosedanjih, a določene vrste konstrukcij še niso dovolj dobro zastopane v bazi. Pri pregledovanju podatkov v bazi REN smo opazili, da vneseni podatki o vrsti konstrukcije v nekaterih primerih ne ustrezajo dejanskemu stanju. Za kamnite in opečne zidane konstrukcije na območju MOL smo zato leta 2010 preverjali ujemanje podatkov o vrsti materiala konstrukcije z dejanskim stanjem in ugotovili veliko stopnjo ujemanja. Preverjanje podatkov v bazi REN za ostale vrste konstrukcije pa še ni bilo narejeno. Zato menimo, da bi bilo potrebno zanesljivost hitrega ocenjevanja ob uporabi baze REN izboljšati z dopolnitvijo baze individualno ocenjenih stavb (baze ZAG) ter analizo zanesljivosti podatkov v bazi REN.

Zanesljiva določitev pričakovane potresne obtežbe je za oceno potresne ogroženosti stavb in prebivalcev ključnega pomena. Predpisano potresno obtežbo po Evrokod 8 se določi na podlagi tipa tal ter ocene lastnih nihajnih časov nosilne konstrukcije stavb. K boljši zanesljivosti teh dveh parametrov bi pripomogle dodatne meritve lastnih nihajnih časov in analize teh meritev ter izdelava kart mikrorajonizacije oziroma določitev tipa tal za vso Slovenijo.

*Zahvala: Raziskavo smo opravili v okviru raziskovalnega projekta Mestne občine Ljubljana (Lutman 2012) in raziskovalnega projekta POTROG: Potresna ogroženost v Sloveniji za potrebe Civilne zaščite, ki ga je financirala Uprava Republike Slovenije za zaščito in reševanje (Lutman s sodelavci 2013).*

## 8 Viri in literatura

- Applied Technology Council, Procedures for Postearthquake Safety Evaluation of Buildings. Applied Technology Council, Report ATC-20, 1989.
- Banovec, P., Cerk, M., Vidmar, V., Zupančič, P., Šket Motnikar, B., Lutman, M., Weiss, P., Klemenc, I., Jeraj, J. 2014: Orodja in spletne aplikacije za oceno potresne ogroženosti. (Ne)prilagojeni, Naravne nesreče 3. Ljubljana.
- Gosar, A., Rošar, J., Šket Motnikar, B., Zupančič, P. 2010: Microtremors study of site effects and soil-structure resonance in the city of Ljubljana (central Slovenia). Bulletin of Earthquake Engineering 8-3. Dordrecht.
- Grünthal, G. (ur.) 1998: European Macroseismic Scale 1998 (EMS-98). Luksemburg. Medmrežje: [http://media.gfz-potsdam.de/gfz/sec26/resources/documents/PDF/EMS-98\\_Original\\_englisch.pdf](http://media.gfz-potsdam.de/gfz/sec26/resources/documents/PDF/EMS-98_Original_englisch.pdf) (19. 11. 2013).
- Jerše, A. 2012: Makroseizmične raziskave vpliva geološke podlage na intenzitete nekaterih potresov na širšem območju Ljubljane. Diplomsko delo, Naravoslovnotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani. Ljubljana.
- Lapajne, J. 1970: Seizmična mikrorajonizacija Ljubljane. Geofizikalne raziskave 1969–1970. Poročilo, Geološki zavod Ljubljana. Ljubljana.



- Lapajne, J., Šket Motnikar, B., Zupančič, P. 2001: Karta potresne nevarnosti Slovenije – projektni pospešek tal in Tolmač. Ljubljana.
- Lutman, M. 1996: NASK – Nelinearna analiza stenastih konstrukcij – računalniški program in interni priročnik za uporabo. Zavod za gradbeništvo Slovenije. Ljubljana.
- Lutman, M., Peruš, I., Tomažević, M. 2001: Potresna odpornost objektov v Mestni občini Ljubljana. Poročilo, Zavod za gradbeništvo Slovenije. Ljubljana.
- Lutman, M., Peruš, I. 2002: Ocena potresne ogroženosti 12 objektov v Lek d. d. Poročilo, Zavod za gradbeništvo Slovenije, Ljubljana.
- Lutman, M. 2007: Ocenjevanje potresne odpornosti in ranljivosti objektov. Poročilo, Zavod za gradbeništvo Slovenije. Ljubljana.
- Lutman, M., Zupančič, P., Šket Motnikar, B., Plos, M., Gosar, A., Rošar, J., Mladenović, B. 2010: Zgodovina gradnje v Ljubljani – Pregled gradbenih lastnosti ter potresne odpornosti in ranljivosti objektov. Poročilo, Zavod za gradbeništvo Slovenije, Agencija Republike Slovenije za okolje. Ljubljana.
- Lutman, M. 2012: Ocena potresne ogroženosti Mestne občine Ljubljana – Dopolnitev baze ocen potresne odpornosti in ranljivosti. Poročilo, Zavod za gradbeništvo Slovenije. Ljubljana.
- Lutman, M., Weiss, P., Klemenc, I., Zupančič, P., Šket Motnikar, B., Banovec, P., Cerkl, M. 2013: POTROG Potresna ogroženost v Sloveniji za potrebe Civilne zaščite. Poročilo, Zavod za gradbeništvo Slovenije, Agencija Republike Slovenije za okolje, Inštitut za varstvo, Ljubljana.
- Peruš, I., Fajfar, P., Reflak, J. 1995: Potresna ogroženost in varstvo pred potresi. Poročilo št. 1: Metodologija za oceno potresne ranljivosti obstoječih gradbenih objektov: zidane in armiranobetonske konstrukcije stavb. Poročilo, IKPIR. Ljubljana.
- Pravilnik o začasnih tehničnih predpisih za grajenje na potresnih področjih. Uradni list SFRJ 39/1964. Beograd.
- Pravilnik o tehničnih normativih za graditev objektov visoke gradnje na seizmičnih območjih. Uradni list SFRJ 31/1981. Beograd
- SIST EN 1998-1:2005 – Evrokod 8 – Projektiranje potresno odpornih konstrukcij – 1. del: Splošna pravila, potresni vplivi in pravila za stavbe, slovenski standard. Slovenski inštitut za standardizacijo. Ljubljana, 2005.
- Šket Motnikar, B., Zupančič, P. 2011: Karta potresne intenzitete Slovenije. Ujma 25. Ljubljana.
- Šket Motnikar, B. 2012: Nove meritve potresnega nemira in posodobitev relacij za določitev lastne frekvence stavb, razdelek B v Ocena potresne ogroženosti za Mestno občino Ljubljana: Sklop 4 – Nadgradnja vsebin na področju potresne nevarnosti. Končno poročilo, Agencija Republike Slovenije za okolje. Ljubljana.
- Zupančič, P., Šket Motnikar, B., Gosar, A., Prosen, T. 2004: Karta potresne mikrorajonizacije Mestne občine Ljubljana. Potresi v letu 2002. Ljubljana.

# GEOINFORMACIJSKA PODPORA ISKANJU POVRŠIN UGODNIH ZA POSTAVITEV ZAČASNIH BIVALIŠČ V PRIMERU POTRESA NA OBMOČJU MESTNE OBČINE LJUBLJANA

**Luka Snoj**

Tacenska cesta 176, SI – 1133 Ljubljana Brod, Slovenija  
snojlu@gmail.com

**dr. Blaž Repe**

Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Oddelek za geografijo, Aškerčeva cesta 2, SI – 1000 Ljubljana, Slovenija  
blaz.repe@ff.uni-lj.si

**Julij Jeraj**

Mestna občina Ljubljana, Oddelek za zaščito, reševanje in civilno obrambo, Zarnikova ulica 3, SI – 1000 Ljubljana, Slovenija, julij.jeraj@ljubljan.si

## IZVLEČEK

### **Geoinformacijska podpora iskanju površin ugodnih za postavitve začasnih bivališč v primeru potresa na območju Mestne občine Ljubljana**

V prispevku smo poskušali identificirati in ovrednotiti prostorske dejavnike, ki so pomembni pri določanju ugodnih lokacij za postavitve začasnih bivališč ob potresu. Analiza je bila prostorsko omejena na območje Mestne občine Ljubljana. Vsak izbrani kriterij je bil glede na njegovo ugodnost razvrščen med dejavnike, omejitve in v nekaterih primerih celo med oboje. Omejitvene kriterije smo ovrednotili in prikazali s pomočjo Boolovih zemljevidov, medtem ko so bili ovrednoteni dejavniki prikazani s pomočjo kategoričnih zemljevidov in zemljevidov, izdelanih s pomočjo mehke standardizacije. Končni rezultat našega raziskovalnega dela je zemljevid ugodnosti za postavitve začasnih bivališč na območju Mestne občine Ljubljana. Rezultati so pridobljeni s pomočjo večkriterijskega odločanja. Končni zemljevid lahko služi kot pomoč posameznikom in institucijam, katerih delovna področja so naravne nesreče in z njimi povezane lokacije začasnih bivališč.

## KLJUČNE BESEDE

GIS, podpora odločanju, začasna bivališča, Mestna občina Ljubljana

## ABSTRACT

### **Spatial decision support for finding areas suitable for temporary accommodation in the case of earthquake in Municipality of Ljubljana**

In this paper, the spatial criteria which are significant for defining areas suitable for temporary accommodation in case of an earthquake are evaluated. Analysis which was made with GIS tools, was limited to the borders of the Municipality of Ljubljana. Every selected criterion was, according to its suitability, classified among constraints, factors or even both. The constraint criteria were assessed and represented in the form of Boolean maps, whereas the assessed factors were expressed by means of categorical or fuzzy »Byte« scale. Final product of this paper is Map of suitability for temporary accommodation in Municipality of Ljubljana. The results were achieved by multi-criteria evaluation. The final map can be used to help individuals or institutions whose working fields are natural hazards and temporary accommodation.

## KEY WORDS

GIS, decision support, temporary accommodation, Municipality of Ljubljana

## 1 Uvod

Potrese kot izjemne pojave v pokrajini uvrščamo med tiste naravne nesreče, katerih posledice se odražajo v največjem številu človeških žrtev in višini gmotne škode. Slovenijo zaradi lege na potresno dejavnem južnem robu Evrazijske litosferske plošče, kjer se stikajo geotektonske enote Alpidov, Dinaridov in Panonskega bazena, uvrščamo med države s srednjo potresno nevarnostjo (Vidrih 2002).

Iz ocen potresne ogroženosti Mestne občine Ljubljana (v nadaljevanju MOL) lahko razberemo, da bi bilo v primeru potresa VIII. stopnjepo EMS lestvici toliko stanovanjskih stavbpoškodovanih do take mere, da bi se prebivalci iz njih morali izseliti, ker bi bila v njih, zaradi popotresnih sunkov, ogrožena življenja ali pa bi bilo bivanje v njih zaradi obnove onemogočeno. Ocene o številu prebivalcev, ki bi jim bilo potrebno zagotoviti začasno bivališče, so različne. Starejše ocene se gibljejo med 20.000 in 50.000, novejše raziskave pa za potrese intenzitete VIII. stopnjepo EMS lestvici nakazujejo na še dosti hujše posledice. Zadnja raziskava potresne ogroženosti MOL-a, nakazuje, da bi utegnilo biti potrebno zaradi posledic potresa v začasna bivališča namestiti več kot 100.000 prebivalcev (Orožen Adamič 1995; Podlage za oceno potresne ogroženosti Mestne občine Ljubljana 2013).

Ocena ne nakazuje le na možnost katastrofalnih posledic, temveč zbuja tudi mnogo vprašanj, ki so neposredno povezana s preventivnimi dejavnostmi za pripravo na ukrepanje po potresu. Primarni preventivni ukrep je potresno varno gradnja novih stavb in protipotresna sanacija obstoječih stavb. Ker slednjega lastniki stavb žal, iz ekonomskih in drugih razlogov ne storijo, so v zakonodaji predvideni drugi ukrepi, ki so neposredno povezani s posledicami potresov. Tak ukrep je tudi določitev območij za postavitve začasnih prebivališč v prostorskih dokumentih lokalnih skupnosti. Na teh območjih se po potresu postavi začasna prebivališča in vanje namestiprebivalce, ki zaradi poškodovanosti stavb v katerih so njihova bivališča, v njih ne smejo bivati bodisi zaradi nevarnosti dodatnih porušitev ob popotresnih sunkih, bodisi zaradi izvajanja obnove stavbe ali pa jim je bivanje v njih prepovedano, ker njihovo stavbo ogroža porušitev sosednje stavbe, ali pa zaradi poškodovanosti sosednjih stavb ni mogoč varen dostop do njihovega bivališča.

V tem članku povzemamo temeljne ugotovitve diplomskega dela z naslovom Geoinformacijska podpora iskanju površin ugodnih za postavitve začasnih bivališč v primeru potresa na območju Mestne občine Ljubljana (Snoj 2013) v katerem smo s pomočjo geoinformacijskih sistemov oziroma z uporabo geoinformacijske podpore odločanju, relevantne strokovne literature in zakonodaje identificirali in ovrednotili več kot 20 prostorskih kriterijev. Ovrednotene kriterije smo združili v skupni zemljevid ugodnosti za postavitve začasnih bivališč ter izpostavili najugodnejše lokacije. Ugotavljali smo tudi ali tako ugotovljena območja sovpadajo s tistimi, ki jih ima MOL že določena za postavitve začasnih prebivališč in ali njihova površina ustreza ocenjenemu številu prebivalcev, ki bi potrebovali začasno nastanitev.

## 2 Temeljni pojmi s področja podpore odločanju in začasnih bivališč

**Geoinformacijska podpora odločanju** je splet sistemov, ki je oblikovan za pomoč pri reševanju prostorsko kompleksnih problemov. Sistemi za podporo prostorskemu odločanjuso se razvili iz orodij podpore odločanju ter geografskih informacijskih sistemov v 70. letih prejšnjega stoletja ter so do danes, predvsem zaradi razvoja računalniške tehnologije, močno napredovali (Sugumaran in Degroote 2011).

Danes ima kar nekaj sodobnih geoinformacijskih sistemov vgrajenih orodje za izvedbo geoinformacijske podpore odločanju. V tej raziskavi smo podporo odločanju, s pomočjo katere smo poskušali najti najugodnejše površine za postavitve začasnih bivališč na območju MOL-a, izvedli s pomočjo programske opreme *Idrisi Taiga* in *ArcGis 10.1*.

Za doseg določenega cilja moramo praviloma ovrednotiti več kriterijev. Postopek, pri katerem več različnih kriterijev združimo v en sam kriterij, imenujemo večkriterijsko odločanje. S pomočjo izračunanega kriterija lahko določimo območja, ki so najbolj ugodna z vidika vseh kriterijev (Eastman 2009).

Za potrebe naše raziskave smo ovrednotili več kot 20 prostorskih kriterijev in jih s pomočjo večkrite-rijskega odločanja združili v skupni zemljevid ugodnosti.

**Začasna bivališča** so bivališča, ki nastanejo kot posledica izrednih razmer, ko se skuša kar najhitreje in najenostavneje zagotoviti nastanitev za žrtve naravnih nesreč (potresov, plazov, poplav), antropoge-nih nesreč (jedrskih nesreč, tehnoloških nesreč, ekoloških nesreč) in žrtve vojnih razmer (Dalla Valle 1999). Načrtovana začasna bivališča v obliki naselij so le ena izmed oblik namestitve ljudi, katerih bivališča bi bila poškodovana ali uničena do takšne mere, da bi bilo bivanje v njih nemogoče ali nevarno. V prime-ru potresa bi se določen delež prizadetih prebivalcev preselil k sorodnikom in znancem ali pa bi se začasno preselil v sekundarno bivališče (Medmrežje 3). Začasna bivališča se po potresu lahko uporablja tudi več kot deset let. Prehodno obliko namestitve, pred vzpostavitvijo začasnih bivališč, predstavljajo zasil-na zatočišča, ki se vzpostavijo v športnih dvoranah in drugih objektih. V naši raziskavi smo se osredotočali na začasna bivališča, ki bi predstavljala prehodno obliko nastanitve za ljudi, ki bi v primeru potresa ostali brez bivališča ali pa bi bilo njihovo bivališče poškodovano do take mere, da bi bilo varno bivanje v njem onemogočeno sami pa bi ostali brez ostalih nastanitvenih alternativ. Takšna začasna bivališča je moč zagotoviti z organizacijo naselij, katerih osnovno bivalno enoto lahko predstavljajo šotori, bivalniki, bivalne prikolice in nekatere druge bivalne enote kot so trajnejši objekti za začasno bivanje.

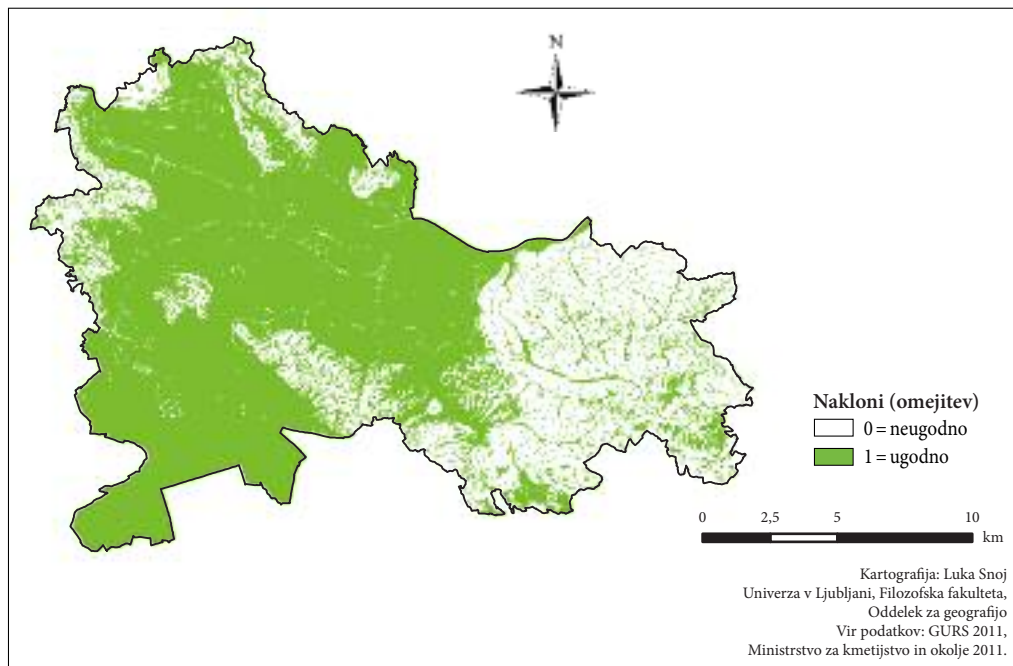
### 3 Metode dela

Za čim bolj kakovostno izvedbo geoinformacijske podpore odločanju je potrebno v prvi vrsti iden-tificirati in ovrednotiti relevantne prostorske kriterije, ki predstavljajo podlago za odločanje. Ločimo dve vrsti kriterijev:

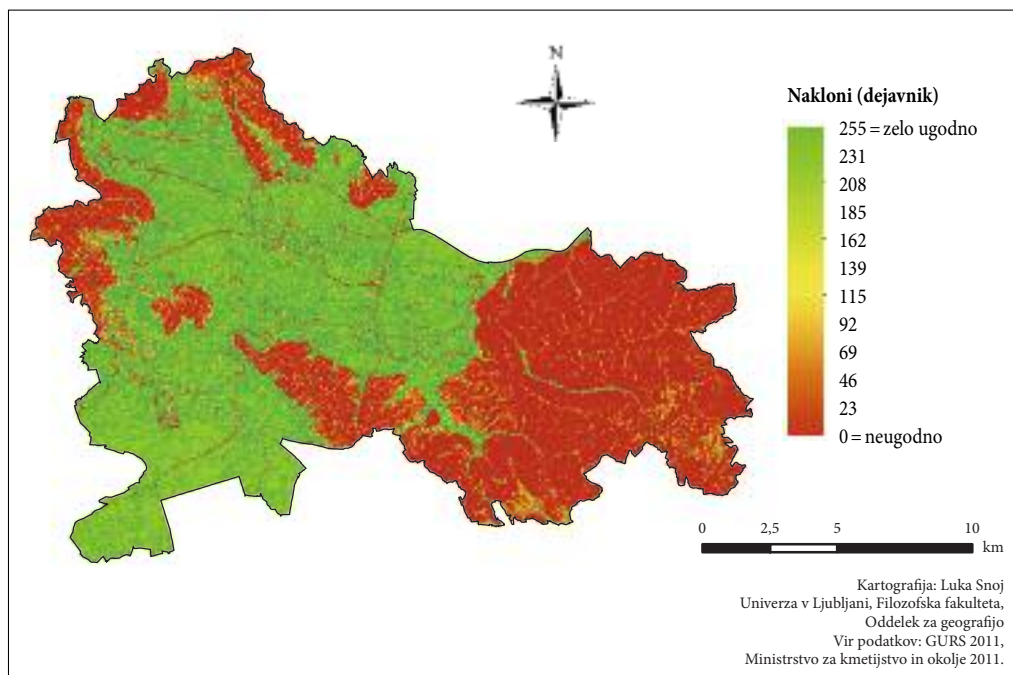
- Omejitve so kriteriji, uporabljeni za omejitev obravnavanih alternativ. So dihonomne oz. trde spre-menljivke, ki jih uporabimo za omejitev obravnavanih alternativ, kjer sta zastopani le dve vrednosti; ena vrednost (npr. vrednost 1) predstavlja ugodna območja, druga vrednost pa neustrezna območ-ja (npr. vrednost 0) (Eastman 2009). Kot omejitve za postavitve začasnih bivališč smo identificirali in ovrednotili: vodna telesa in vodovarstvena območja, naklon, rabo tal, cestno infrastrukturo, vodovod-no infrastrukturo, kanalizacijsko infrastrukturo, železniško infrastrukturo in energetska infrastrukturo.
- Dejavniki so kriteriji, ki povečujejo oziroma stopnjujejo ali zmanjšujejo primernost določene alter-native pri izvedbi podpore odločanju. Njihovo primernost najpogosteje prikazujemo s pomočjo zveznih merskih lestvic (Eastman 2009). Kot dejavnike smo evidentirali in ovrednotili: vodovarstvena območja, varovana območja naravnih kakovosti, naklon, prsti, raba tal, vestna infrastruktura, vodovodna infra-struktura, kanalizacijska infrastruktura, železniška infrastruktura, avtobusna infrastruktura, energetska infrastruktura, zdravstvene storitve in lastništvo parcel.

Nekatere kriterije smo uvrstili in ovrednotili hkrati med omejitve indejavnike, saj lahko različne kategorije znotraj nekega prostorska sloja predstavljajo različno stopnjo (ne)ugodnosti za postavitve začasnih bivališč. Območja, ki so nagnjena za  $15^\circ$  in več, smo na primer ovrednotili kot neugodna za postavitve začasnih bivališč, saj so gradbeni posegi za pripravo takšnih območij za začasno bivanje preobsežni, pre-dragi ter preveč zamudni. Ta območja predstavljajo omejitve za postavitve začasnih bivališč. Območja, nagnjena med  $0^\circ$  in  $15^\circ$  smo ovrednotili kot dejavnik pri čemer smo manjšim naklonom (med  $1^\circ$  in  $3^\circ$ ), ki so za postavitve začasnih bivališč najugodnejši (Medmrežje 1 in 2; Dalla Valle 1999), dodelili vred-nost 255, stopnja ugodnosti pa se z večanjem naklona zmanjšuje.

Omejitve in dejavnike smo standardizirali na enotno mersko lestvico. Pretvorba na enotno mersko lestvico je namreč pogoj za to, da so vrednosti primerljive (dejavnik naklona z mersko enoto v stopi-njah je nemogoče primerjati z dejavnikov oddaljenost od cest, ki se meri v metrih). Po standardizaciji dejavnikov na enotno mersko lestvico le ti postanejo med seboj primerljivi. Ker lahko pri binomski standardizaciji določimo samo dve vrednosti (ugodno/neugodno), smo omejitve prikazali v obliki Boo-lovih zemljevidov, kjer smo vrednost 0 dodelili območjem, ki so z vidika obravnavane alternative za



Slika 1: Ugodnost za postavitev začasnih bivaljšč z vidika naklona kot omejitve.



Slika 2: Ugodnost za postavitev začasnih bivaljšč z vidika naklonov kot dejavnika.

postavitev začasnih bivališč popolnoma neugodna, medtem ko smo ugodnim območjem dodelili vrednost 1. Dejavnike smo standardizirali na mersko lestvico *byte*, katera omogoča kategorično ali zvezno pripisovanje vrednosti, ki označujejo večjo ali manjšo primernost na merski lestvici 0–255 (Eastman 2009).

Združevanje vseh ovrednotenih in standardiziranih dejavnikov in omejitev smo izvedli s pomočjo obtežene linearne kombinacije (ang. *weighted linear combination* – *WLC*). Postopek obtežene linearne kombinacije s pomočjo obteženega povprečja združi podatkovne sloje, ki prikazujejo na enotno mersko lestvico standardizirane dejavnike (Eastman 2009). Rezultat omenjenega postopka je podatkovni sloj, na katerem celice zavzemajo vrednosti na razponu med 0 (neugodno) in 255 (zelo ugodno).

Ker si vplivi posameznih dejavnikov med seboj niso enakovredni in v fazi večkriterijskega vrednotenja nosijo bistveno različno težo, smo jih morali še primerno obtežiti. Obtežitev dejavnikov smo izvedli s pomočjo Saatyjeve metode, ki je integrirana v programsko opremo *Idrisi Taiga* (Eastman 2009). Pri dodeljevanju uteži oziroma pri primerjanju posameznih parov dejavnikov smo izhajali iz stroškovne ocene pomembnosti posameznega dejavnika v primerjavi z drugimi ter iz ocene relativne pomembnosti in nenadomestljivosti posameznega dejavnika pri določanju lokacij, primernih za postavitev začasnih bivališč.

*Preglednica 1: Obtežitev dejavnikov po Saatyjevi metodi.*

dejavnik	utež
raba tal	0,2507
naklon	0,1653
lastništvo parcel	0,1489
kategorizacija vodovarstvenih območij	0,0970
oddaljenost od cest	0,0705
kategorizacija prsti	0,0563
oddaljenost od električnih stebrov	0,0494
oddaljenost od vodovodnega omrežja	0,0484
kategorizacija varovanih območij naravnih kakovosti	0,0367
oddaljenost od kanalizacijskega omrežja	0,0279
oddaljenost od zdravstvenih domov	0,0218
oddaljenost od avtobusnih postaj	0,0151
oddaljenost od železniških postaj	0,0120

Po standardizaciji in obtežitvi smo izvedli postopek večkriterijskega vrednotenja z obteženo linearno kombinacijo. V modul smo vstavili osem omejitvenih kriterijev in 13 obteženih dejavnikov. Rezultat modula je skupni zemljevid ugodnosti za postavitev začasnih bivališč na območju MOL-a, ki vključuje vse ovrednotene omejitve (za postavitev začasnih bivališč neugodna območja) ter ovrednotene, standardizirane in ustrezno obtežene dejavnike (za postavitev začasnih bivališč bolj ali manj ugodna območja).

#### 4 Analiza ugodnih območij za postavitev začasnih bivališč

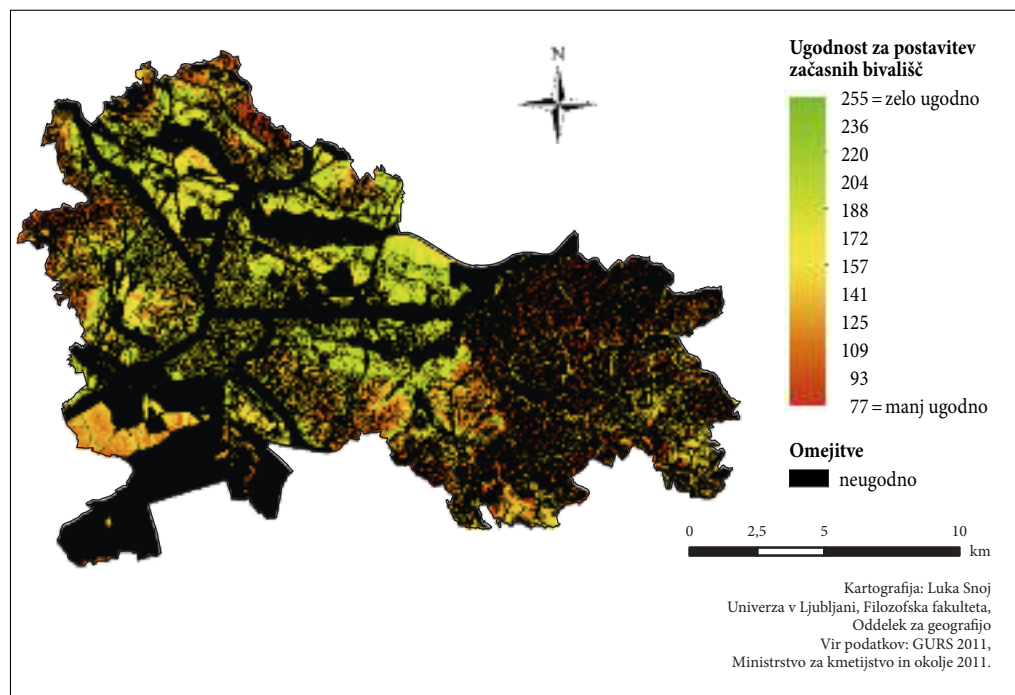
Najugodnejše večje sklenjene površine za postavitev začasnih bivališč ležijo v ravninskem suburbanem vzhodnem, zahodnem in severnem delu občine. Jugozahodni in jugovzhodni del občine sta za območje začasnih bivališč predvsem zaradi prevelikih naklonov, poplavnih površin in neugodne rabe tal, kot so na primer barjanski travniki, manj ugodna.

V urbaniziranem delu občine oziroma v samem mestnem jedru so predvsem manjše ugodne sklenjene površine. Takšna območja bi bila prav zaradi manjših površin ugodnejša za postavitev zasilnih kot začasnih bivališč.

Za postavitev začasnih bivališč je na območju MOL-a ugodnih 74 km<sup>2</sup> oziroma 27,01 % občine. Takšna površina bi, ob predpostavki, da površina 45 m<sup>2</sup> zadošča prostorskim potrebam enega človeka (vključno s pripadajočo infrastrukturo in objekti) (Medmrežje 1 in 2; Dalla Valle 1999), zadostila postavitvi začasnih bivališč za več kot milijon prebivalcev. Ta podatek dokazuje, da je glede na postopek in rezultate naše analize na območju MOL-a več kot dovolj površin za postavitev začasnih bivališč glede na potrebe, ki so ocenjene z analizami potresne ogroženosti.

Povprečna vrednost ugodnih površin (na merski lestvici 0–255) je 170, nobeno območje ne doseže vrednosti 255, najmanjša stopnja ugodnosti je 77 (če ne upoštevamo neugodnih površin, ovrednotenih z vrednostjo 0). Ker je namen naše raziskave poiskati »najugodnejše« površine za postavitev začasnih bivališč, v nadaljevanju izpostavljamo le tista območja, ki so ob primerni površini dosegla najvišje vrednosti ugodnosti.

Za potrebe našega raziskovalnega dela smo izpostavili štiri ugodne lokacije, kjer bi bilo glede na naš postopek dela in dobljene rezultate najbolje postaviti začasna bivališča. Pri določanju predstavljenih lokacij, smo si pomagali s podrobnim pregledom letalskih posnetkov. Izbrali smo območja, katerih minimalna vrednost ugodnosti ustreza razponu 200–252, upoštevali smo tudi velikost, geometrijsko obliko območja in lokacijo območja (iskali smo čim večja ugodna območja, ki so lahko sestavljena tudi iz več in prostorsko ločenih poligonov, prav tako smo se poskušali izogniti izboru preveč razčlenjenih območij). Odločili smo se za izpostavitev štirih, večjih ugodnih območij za postavitev začasnih bivališč, ki se nahajajo v prostorsko različnih delih občine. Pri ocenjevanju prostorskih kapacitet posameznega območja smo predpostavljali, da en prebivalec začasnega naselja potrebuje 45 m<sup>2</sup> bruto površine. Vsa-



Slika 3: Skupni zemljevid ugodnosti za postavitev začasnih bivališč na območju MOL-a.

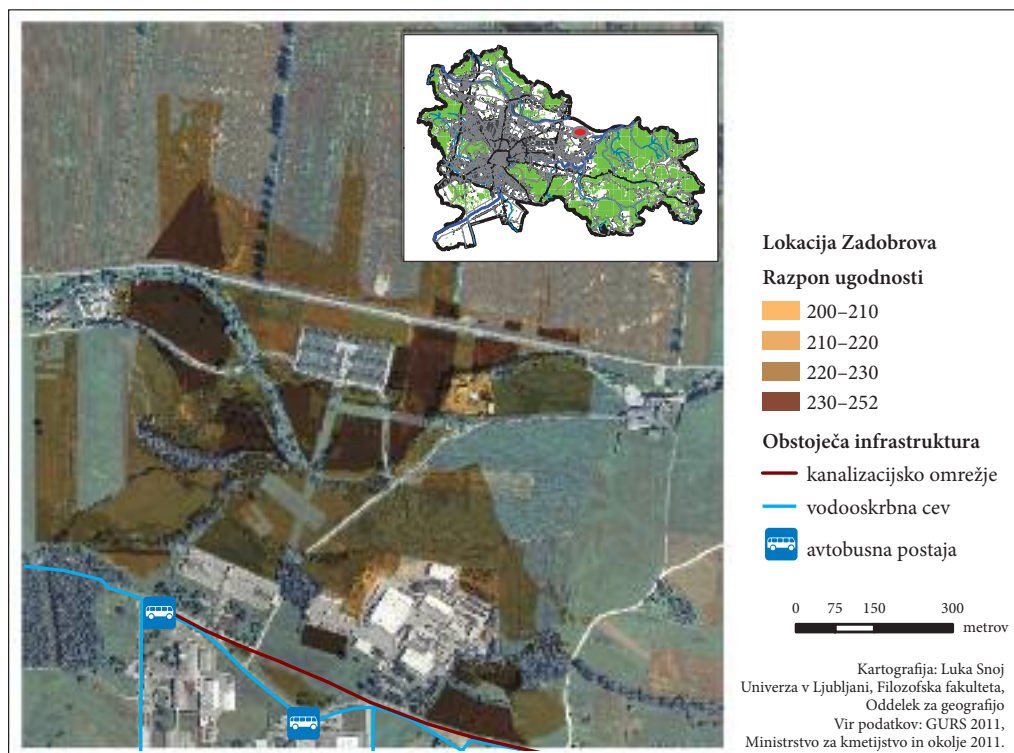
ka izpostavljena lokacija je sestavljena iz več ločenih območij, ki pa jih zaradi medsebojne bližine lahko obravnavamo kot celoto. Obravnavane lokacije smo preverili tudi na terenu. V nadaljevanju predstavljamo eno izmed potencialnih ugodnih lokacij za postavitve začasnih bivališč, ki se nahaja v okolici Zadobrove.

Izbrana lokacija se nahaja v vzhodnem delu MOL-a v okolici Zadobrove. Ima površino 479.478 m<sup>2</sup>, kar pomeni, da bi na tem območju v začasna bivališča lahko namestili 10.655 prebivalcev. Povprečna vrednost ugodnosti za postavitve začasnih bivališč tega območja je 220,9. 38,3 % površine območja je v javni lasti, kar je s pravno-formalnega vidika zelo ugodno, saj se o uporabi območja za začasno bivanje za ta del ne bilo potrebno predhodno dogovoriti z lastniki zemljišč. Obravnavana lokacija je dobro dostopna preko asfaltnih cest in avtobusnih povezav, na njeni južni meji je možna priključitev na vodovodno in kanalizacijsko omrežje.

Območje leži na obrečnih prsteh, ki so z vidika prepustnosti srednje ugodne. Povprečen naklon znaša 0,9°, kar še omogoča odtok padavinske vode, hkrati pa je omogočena postavitve vseh vrst začasnih bivališč, kot so npr. šotori in zabojniki. 79 % območja pokrivajo travnate površine, 14 % njive, ostali del območja pa spada med pašnike in neplodne površine. Ozemlje leži izven vodovarstvenih območij, kar je z vidika začasnih bivališč zelo ugodno.

Slabost območja je velika razčlenjenost, katero pa bi eventualno lahko izboljšali z večanjem razpona ugodnosti. S tem bi med ugodna območja vključili tudi vmesne njivske površine, ki jih model pri izbranem razponu ugodnosti izključuje. Tako bi izboljšali geometrijsko obliko območja in povečali razpoložljive kapacitete.

Območja, ki so v obstoječem Občinskem prostorskem načrtu MOL (Medmrežje 4) predvidena za postavitve začasnih bivališč so, poleg drugih prostorskih elementov zaščite in reševanja, prikazana na



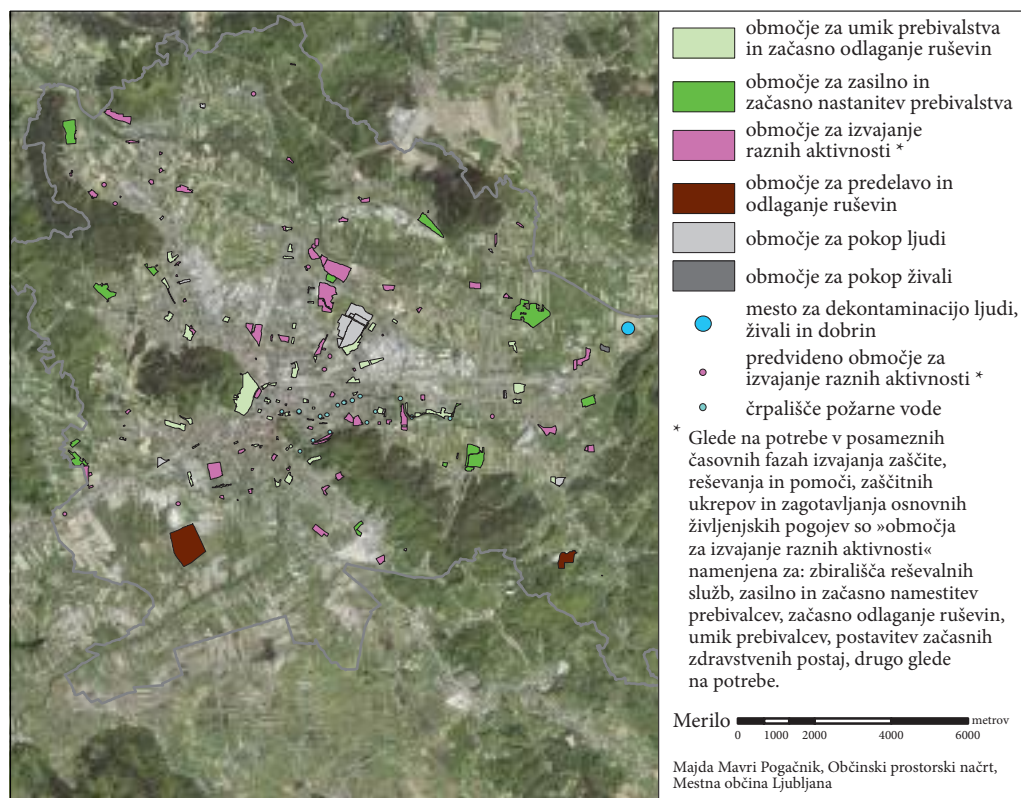
Slika 4: Potencialno območje za postavitve začasnih bivališč v okolici Zadobrove.



sliki 5. Skupna površina 15 območij, poimenovanih »območja za zasilno in začasno nastanitev prebivalstva«, je 1.400.000 m<sup>2</sup>. Upoštevajoč prej navedeni kriterij (45 m<sup>2</sup>/osebo) predvidena površina zagotavlja možnost namestitve nekaj več kot 30.000 oseb. To je skladno z dosedanjimi ocenami potreb po začasni namestitvi, je pa za 70.000 oseb premalo glede na predvidevanja v novih Podlagah za oceno potresne ogroženosti Mestne občine Ljubljana (2013). V praksi bi bilo morda dodatno potreben prostor mogoče zagotoviti še v predvidenih »območjih za izvajanje raznih aktivnosti«, ki so na sliki 5 označeni s svetlo zeleno barvo in katerih površina je nekaj več kot 2.000.000 m<sup>2</sup> ter v območjih, ki so predvidena za stanovanjsko gradnjo, a še niso pozidana. Primerjava med ugodnimi lokacijami, ki smo jih prikazali sliki 3 (Skupni zemljevid ugodnosti za postavitvev začasnih bivališč na območju MOL-a) in lokacijami, ki so predvidene v Občinskem prostorskem načrtu MOL (Medmrežje 4) in prikazane na sliki 5 kaže, da je večina že izbranih območij, ugodnih tudi po kriterijih, ki smo jih upoštevali pri naši analizi.

## 5 Sklep

Uporaba geoinformacijskih orodij za potrebe prostorskega planiranja stalno narašča, kljub temu iz razpoložljive literature ni bilo moč razbrati, da bi bila geoinformacijska orodja na področju naravnih nesreč in evakuacije uporabljena na takšen način in do te mere, kot smo jih uporabili za potrebe te razi-



Slika 5: Območja za potrebe zaščite in reševanja v Prostorskem planu MOL. Območja namenjena postavitvi začasnih bivališč so prikazana s temno zeleno barvo.

skave. S pomočjo razpoložljive literature, zakonodaje in prostorskih podatkov nam je uspelo z uporabo geoinformacijske podpore odločanju definirati relevantne prostorske kriterije, jih uvrstiti med dejavnike in omejitve, dejavnike primerno obtežiti, ter jih skupaj z omejitvami prikazati na skupnem zemljevidu ugodnosti za postavitve začasnih bivališč. Zemljevid ugodnosti za postavitve začasnih bivališč na območju MOL-a upošteva in prikazuje tako obravnavane in zakonsko določene omejitve kot ekspertno določene in primerno obtežene dejavnike. Menimo, da je skupni zemljevid ugodnih lokacij za postavitve začasnih bivališč na območju MOL-a, ki je med drugim tudi glavni rezultat našega dela lahko v pomoč posameznikom ali institucijam, katerih delovna področja so naravne nesreče in z njimi povezana začasna bivališča.

Kljub izredno zmogljivi in razširjeni uporabi geoinformacijskih sistemov, so rezultati, pridobljeni s pomočjo le-teh, močno vezani na kakovost vključenih podatkov in na časovno obdobje, ko so bili le ti zajeti. Urbano okolje je namreč izredno dinamičen prostor, ki se zaradi intenzivnosti in raznolikosti mestnih funkcij in potreb zelo hitro spreminja. Tako je tudi kakovost in verodostojnost naših rezultatov povsem vezana na čas in kakovost zajema analiziranih izvornih podatkov. Kljub temu, da smo za to raziskavo uporabili najnoveše razpoložljive prostorske podatke, je terenski pregled izbranih lokacij takoj pokazal razlike med dejanskim stanjem v prostoru in ovrednotenimi prostorskimi podatki.

Potresov žal ne moremo napovedati, kaj šele preprečiti, lahko se nanje ustrezno pripravimo. Z željo po nemotenem delovanju družbe kot celote je potrebno v vse sfere človekovega delovanja vključiti določene preventivne ukrepe, katerih ustreznost in učinkovitost potrjujejo pretekle izkušnje ter napredujoča tehnologija. Za primere preventivnih ukrepov, povezanih s potresi, je na prvem mestu zagotovo potresno varna gradnja. Na drugo mesto lahko umestimo ukrepe, povezane s posledicami potresov, med katere sodijo tudi primerno izbrane ugodne lokacije, kjer bi v primeru potresa za določeno časovno obdobje postavili začasna bivališča in s tem omogočili nadaljnje delovanje človeške družbe.

## 6 Viri in literatura

- Dalla Valle, S. 1999: Idejne rešitve za postavitve naselja za začasno bivanje. Ljubljana.
- Eastman, R. J. 2009: Idrisi Taiga Guide to GIS and Image Processing. Worcester.
- Medmrežje 1: <http://www.sphereproject.org/resources/download-publications/?search=1&keywords=&language=Slovenian&type=0&category=22> (10. 5. 2012).
- Medmrežje 2: [http://www.the-ecentre.net/resources/e\\_library/doc/han\\_Em.pdf](http://www.the-ecentre.net/resources/e_library/doc/han_Em.pdf) (10. 5. 2012).
- Medmrežje 3: [http://sheltercentre.org/sites/default/files/shelterafterdisasterguidelines2010\\_0.pdf](http://sheltercentre.org/sites/default/files/shelterafterdisasterguidelines2010_0.pdf) (5. 5. 2012)
- Medmrežje 4: [https://urbanizem.ljubljana.si/index3/files/OPN\\_MOL\\_SD\\_16b\\_nevarnosti.jpg](https://urbanizem.ljubljana.si/index3/files/OPN_MOL_SD_16b_nevarnosti.jpg) (6. 12. 2013).
- Orožen Adamič, M. 1995: Potresna ogroženost Ljubljane. Geografski zbornik 35. Ljubljana.
- Podlage za oceno potresne ogroženosti Mestne občine Ljubljana. Mestna občina Ljubljana. Ljubljana, 2013.
- Snoj, L. 2013: Geoinformacijska podpora iskanju površin ugodnih za postavitve začasnih bivališč v primeru potresa na območju Mestne občine Ljubljana. Diplomsko delo, Filozofska fakulteta Univerze v Ljubljani. Ljubljana.
- Sugumaran, R., DeGrotte, J. 2011: Spatial decision support systems. Principles and practices. Boca Raton.
- Vidrih, R. 2002: Potresi. Nesreče in varstvo pred njimi. Ljubljana.



## ORODJA IN SPLETNE APLIKACIJE ZA OCENO POTRESNE OGROŽENOSTI

**dr. Primož Banovec, Matej Cerk, Vesna Vidmar**

Inštitut za vodarstvo, Hajdrihova ulica 28a, SI – 1000 Ljubljana, Slovenija  
primoz.banovec@i-vode.si, matej.cerk@i-vode.si, vvidmar@gmail.com

**dr. Barbara Šket Motnikar**

Ministrstvo za kmetijstvo in okolje, Agencija Republike Slovenije za okolje, Vojkova cesta 1b, SI – 1000 Ljubljana, Slovenija, barbara.skot-motnikar@gov.si

**mag. Marjana Lutman, mag. Polona Weiss, dr. Iztok Klemenc**

Zavod za gradbeništvo Slovenije, Dimičeva ulica 12, SI – 1000 Ljubljana, Slovenija  
marjana.lutman@zag.si, polona.weiss@zag.si, iztok.klemenc@zag.si

**Julij Jeraj**

Mestna občina Ljubljana, Oddelek za zaščito, reševanje in civilno obrambo, Zarnikova ulica 3, SI – 1000 Ljubljana, Slovenija, julij.jeraj@ljubljana.si

### IZVLEČEK

#### **Orodja in spletne aplikacije za oceno potresne ogroženosti**

Predstavljeni so rezultati dveh projektov, katerih namen je bila izdelava strokovnih podlag in orodij, za pripravo organov Civilne zaščite na potres ter za njihovo delo v primeru potresa. Izdelali smo »Sistem za hitri odziv«, ki omogoča strokovnim službam pripravo hitre ocene o obsegu učinkov potresa, poškodovanosti stavb in ogroženih prebivalcih. Podporna aplikacija »Ali si čutil?« omogoča zajem podatkov o tem, kako so potres čutili prebivalci. Prenovili smo vprašalnike za popis poškodovanosti objektov in izdelali aplikacijo, ki predstavlja podporo za delo z njimi (vsebuje zemljevid območij, predizpolnjevanje vprašalnikov, zajem podatkov in hitro statistično analizo stanja na terenu). Za javnost smo izdelali spletno aplikacijo »Samoocenjevanje pričakovane poškodovanosti stavb ob potresu« in dodatne izobraževalne vsebine.

### KLJUČNE BESEDE

potres, sistem za podporo odločanju, sistem za hitri odziv, Ali si čutil potres?, samoocenjevanje

### ABSTRACT

#### **Tools and web applications for seismic risk assessment**

In the chapter results of two projects are presented, with the aim to develop a set of tools that will support the work of Civil Protection units in the case of earthquakes. Rapid response system was developed to support Civil Protection Services in obtaining rapid assessment of the extent of earthquake damage and affected population. Another application »Did you fell it?« captures data on the perception of earthquake effects by the population. Procedures for the rapid earthquake damage assessment of housings were upgraded and the application for comprehensive support of the assessment procedure was developed (forms prefiling, faster data entering and quick form results analysis which describes the state on the field). A web application supporting self-assessment of construction damage and brochures were made for enhancement of the general public earthquake preparedness.

### KEY WORDS

earthquake, decision support system, rapid response system, self-evaluation

## 1 Uvod

V članku predstavljamo rezultate dveh raziskovalnih projektov:

- Ocena potresne ogroženosti Mestne občine Ljubljana (Banovec s sodelavci 2012), ki ga je financirala Mestna občina Ljubljana in
- POTROG: Potresna ogroženost v Sloveniji za potrebe Civilne zaščite (Lutman s sodelavci 2013), katerega naročnik je bila Uprava Republike Slovenije za zaščito in reševanje (URSZR).

Pri obeh projektih smo sodelovali strokovnjaki iz Inštituta za vodarstvo (IzV), Urada za seizmologijo in geologijo Agencije Republike Slovenije za okolje (ARSO) in Zavoda za gradbeništvo Slovenije (ZAG). Glavni namen projektov je bila izdelava strokovnih podlag in aplikacij, ki bodo olajšale delo vsem enotam zaščite in reševanja (predvsem državnemu štabu, regijskim in občinskim štabom), da bi lahko čim hitreje in čim bolj učinkovito ukrepale v primeru potresa.

Z vsebinami projekta smo sodelovali tudi pri vaji enot zaščite in reševanja »Potres 2012« (24. in 25. septembra 2012; Jeraj in Lotrič 2014), ki je potekala na državni, regijski in občinski ravni in je vsebovala predpostavko, da je močan rušilni potres prizadel osrednjo Slovenijo. V vaji smo preverili dotedanji razvoj vsebin za podporo odločanju in pridobili nove izkušnje za aplikacije, ki podpirajo procese odločanja v primeru potresa.

Osrednja aplikacija, ki je bila razvita v okviru navedenih projektov, je sistem za hiter odziv enot zaščite in reševanja v primeru potresa. Aplikacija prepozna pomen hitrega odziva sil zaščite in reševanja, saj možnost njihovega uspešnega ukrepanja močno upada s časom, ki preteče od nastopa samega dogodka do trenutka, ko je prizadeti osebi omogočena ustrezna pomoč (Ramires in Peek-Asa 2005). Pri tem je pomoč mogoče ločiti na dve komponenti:

- pomoč v obliki reševanja zasutih in poškodovanih oseb in
- pomoč v obliki ukrepov blaženja posledic potresa.

Pri pomoči v obliki reševanja zasutih in poškodovanih je časovna komponenta aktivacije sil zaščite in reševanja ključna, kar izkazujejo tudi statistične raziskave preteklih potresnih dogodkov (Sever s sodelavci 2002). Ti kažejo, da je mogoče glede časa, potrebnega za reševanje, ločiti:

- 6 urno obdobje (poškodbe zaradi udarcev in porušitev),
- 5 dnevno obdobje (dehidracija, hipotermija) in
- v izjemnih primerih daljše časovno obdobje.

Z vidika blaženja posledic potresa je pomembno zagotavljanje ustrezne namestitve oseb, ki bi zaradi potresnega dogodka ostale brez domov (poškodovani ali porušeni domovi). To ukrepanje je predvsem odvisno od letnega časa in intenzitete potresa, saj lahko močan potres v vremensko neugodnem obdobju predstavlja večjo grožnjo prebivalstvu kot enako močan potres v vremensko ugodnejšem obdobju (Causton in Sanders 2006).

Za zagotovitev obeh oblik pomoči v čim krajšem času po nastopu potresnega dogodka je ključno oblikovanje sistema za hitri odziv (ang. *Rapid Response System*), saj se z uporabo takšnega sistema hitreje oblikuje ocena obsega dogodka ter samo aktiviranje nacionalnih in nadnacionalnih enot za pomoč prizadetim v potresu. »Sistem za hitri odziv« je okvirno predviden z opredelitvijo in načinom delovanja modulov civilne zaščite (Odločba ... 2004; 2007; 2008), ki so opredeljeni v okviru evropskega sistema za hitri odziv (Odločba ... 2004; 2007; 2008; Uradni ... 2010).

Ko se išče ustrezno nastanitev za ljudi, ki so ostali brez strehe nad glavo, je treba med drugim oceniti tudi, ali so stavbe na območju, ki ga je prizadel potres, še dovolj varne za bivanje, oziroma ali je treba za varnost stavb in njihove okolice predpisati začasne zaščitne ukrepe.

V okviru projekta smo analizirali pristope k ocenjevanju poškodovanih stavb:

- pristope, ki se uporabljajo v drugih potresno ogroženih državah in
- pristop, ki je predlagan v evropskem projektu STEP.

Na podlagi le-teh smo prenovili trenutno veljavni postopek.

Eden izmed ključnih ciljev projekta je bil dvig ozaveščenosti prebivalstva o pripravah na potres ter o posledicah potresa, kajti z ustreznim izobraževanjem in poznavanjem postopkov ukrepanja v primeru potresa lahko prebivalstvo veliko pripomore k hitremu ukrepanju ter usklajenemu reševanju. Zato smo pripravili izobraževalne vsebine s tega področja.

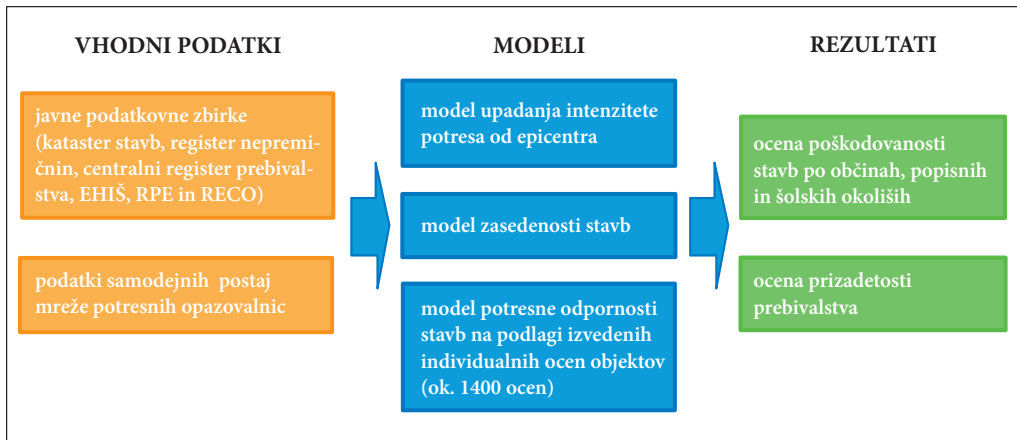
## 2 Sistem za hitri odziv

»Sistem za hitri odziv« je osnovna aplikacija, ki je namenjena analizi posledic posameznega potresa. V prvi vrsti je namenjen vsem ravnem štabov enot zaščite in reševanja. S pomočjo Sistema za hitri odziv lahko štab pridobi prve hitre ocene o učinkih potresa (poškodovanosti stavb in ogroženosti prebivalcev) že v nekaj minutah. Sistem povezuje podatke o stavbah v Republiki Sloveniji in druge podatke iz javnih evidenc z modelom potresne odpornosti stavb, modelom pojemanja intenzitete potresa ter kot rezultat podaja podatek o hitri oceni učinkov potresa določene intenzitete na določeni lokaciji na stavbe. V navezavi na stavbe je mogoče opredeljevati tudi število prebivalcev, ki so po Centralnem registru prebivalstva stalno ali začasno prijavljeni na določenem naslovu oziroma stavbi. Proces, ki mu sledi aplikacija, je prikazan na sliki 1.

Gre za spletno aplikacijo (slika 2), ki omogoča dostop in vrednotenje učinkov potresa prek medmrežja. Glede na to, da je namenjena uporabnikom v času kriznega dogodka – na primer močnejšega potresa, za njeno delovanje zadostuje potrditev lokacije ter prek magnitude opredelitev intenzitete potresa. Rezultat so podatki o pričakovanih učinkih potresa.

Potek vsake nesreče prikazuje slika 3: ukrepanje (ang. *intervention*), sanacija (*mitigation*), načrtovanje (*planning*) in pripravljenost (*preparedness*). Sistem za hitri odziv pokriva celoten cikel:

1. faza: ukrepanje nastopi takoj po potresu. Aplikacija služi za oceno stanja na terenu ter nudi podlago za načrtovanje potrebne količine enot zaščite in reševanja za neposredno reševalno ukrepanje. Na podlagi lokacije epicentra ter grobe ocene intenzitete potresa, ki jo že nekaj minut po potresu lahko poda dežurni seizmolog, sistem omogoča hiter izračun velikosti prizadetega območja ter poda oceno poškodovanih stavbah in ogroženih prebivalcev, kar je podlaga za hitro aktiviranje modulov evropske pomoči v primeru naravne nesreče – potresa velikega obsega.
2. faza: popotresna sanacije. Glede na model potresne odpornosti je mogoče izvesti oceno ali so se stavbe odzvale v skladu z modelom potresne odpornosti. Na podlagi tega je mogoče za posamezne stavbe izvesti izboljšane sanacijske programe in tudi povratno popraviti model.



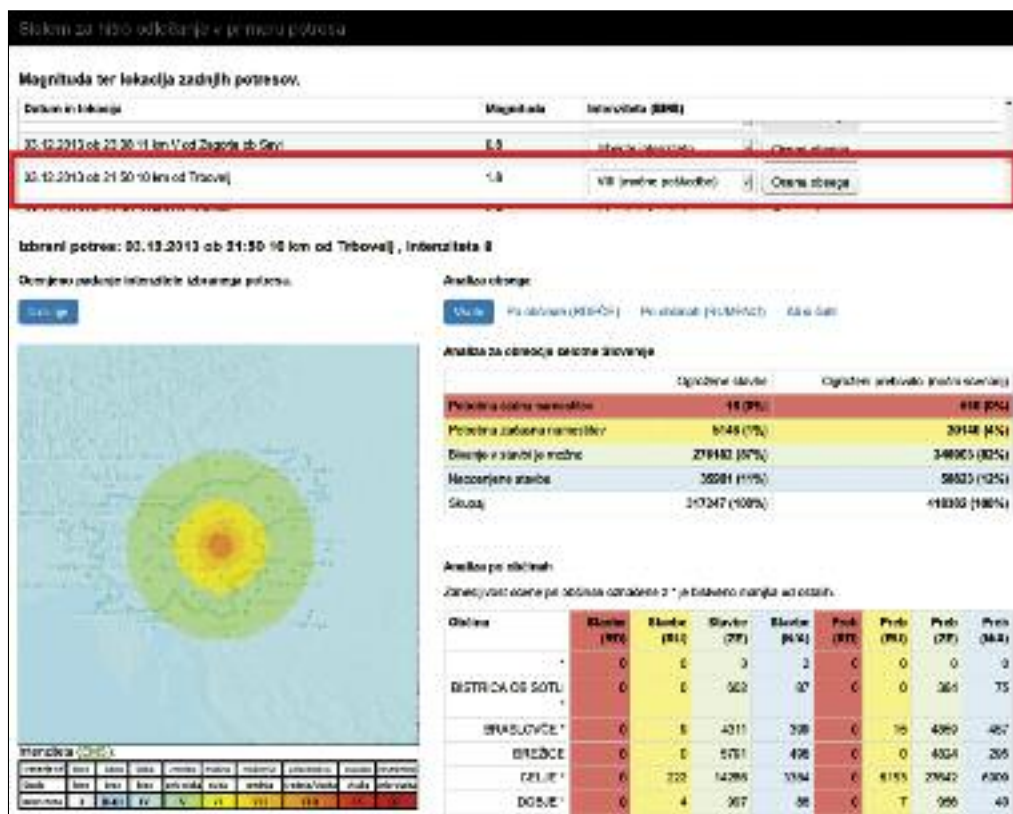
Slika 1: Prikaz procesa v Sistemu za hitri odziv.

3. faza: načrtovanje. Izdelati je mogoče ocene učinkov potresa glede na različne scenarije. V času vaje Potres 2012 je bila glede na model potresne odpornosti izdelana ocena učinkov potresa na pripadnike sil zaščite in reševanja, pri čemer se je izkazalo, da bi rušilni potres tako prizadel pripadnike sil zaščite in reševanja na območju Mestne občine Ljubljana, da bi bila prošnja za pomoč drugih enot nujna.
4. faza: pripravljenost. Aplikacijo se uporabi v trenažne namene: usposabljanje enot zaščite in reševanja in uporaba na zaščitno-reševalnih vajah. V teh primerih aplikacija služi za preverjanje različnih scenarijev potresov.

## 2.1 Model ocene ogroženosti

Sistem za hitri odziv je rezultat kompleksnega modela za oceno poškodovanosti stavb v primeru potresa. Sistem za hitri odziv ima tri sklope vhodnih podatkov:

1. baze javnih registrov (najbolj pomembni so: (1) Register nepremičnin, kjer so zbrani podatki o stavbah, (2) Centralni register prebivalcev, kjer so zbrani podatki o prebivalcih in (3) Register prostorskih enot, kjer so podatki o različnih prostorskih enotah kot so občine, naselja ali mestne četrti);
2. rezultati analiz ocen potresne ogroženosti individualnih stavb (okrog 1400 stavb), s pomočjo katerih je bil razvit model za razpršitev ocene na vse stavbe na območju, kjer je projektni pospešek tal na zemljevidu potresne nevarnosti Slovenije (Lapajne, Šket Motnikar in Zupančič 2001) večji ali enak 0,225 g;



Slika 2: Spletno okno Sistema za hitri odziv.

3. podatki o potresu, ki vsebujejo lokacijo žarišča potresa ter ocenjeno intenziteto.

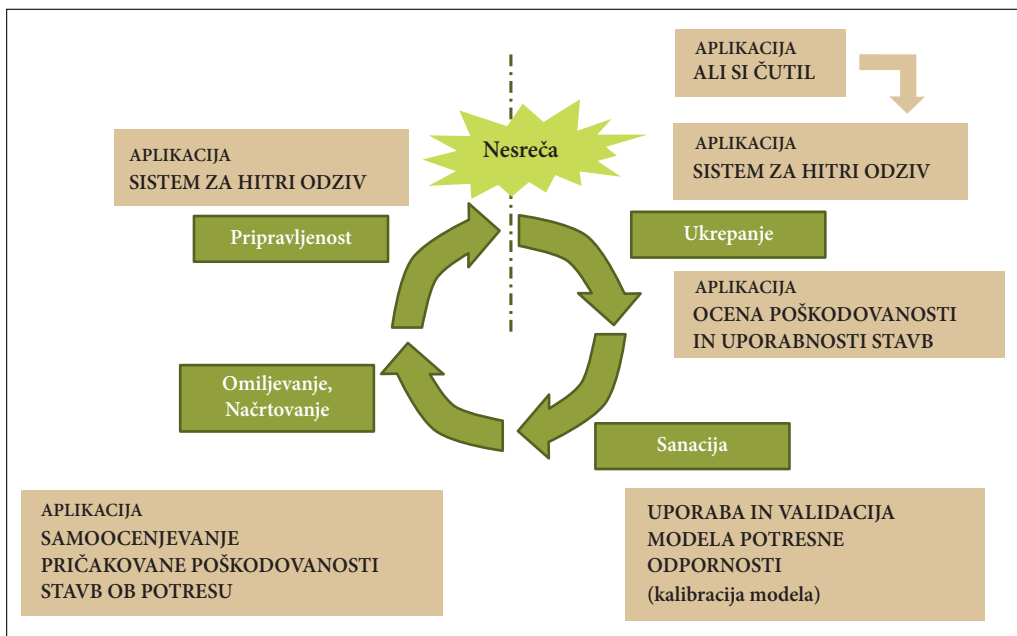
Ker smo potrebovali oceno lastnega nihajnega časa za velike množice stavb iz Registra nepremičnin, smo morali določiti potrebne parametre regresijskih enačb v odvisnosti od števila nadzemnih etaž in glede na tip nosilne konstrukcije (Lutman s sodelavci 2013). Individualne ocene potresne odpornosti stavb predstavljajo bazo ocen potresne odpornosti. Potresna odpornost in ranljivost stavb v bazi Zavoda za gradbeništvo Slovenije sta zelo raznoliki (glede na osnovne lastnosti stavb). Na podlagi teh parametrov smo poiskali korelacije med številčno vrednostjo potresne ranljivosti RAN-Z ter tremi osnovnimi parametri stavb (vrsta materiala nosilne konstrukcije, leto izgradnje in število nadstropij). Korelacije smo poiskali za vsako reprezentativno obdobje z namenom, da na podlagi Registra nepremičnin razpršimo individualne ocene na vse stavbe v območju, kjer je projektni pospešek tal enak ali večji 0,225 g (Lutman s sodelavci 2014).

Jedro Sistema za hitri odziv predstavlja model ocene ogroženosti v primeru potresa. Pri tem je bil poseben izziv hitro delovanje aplikacije, zaradi česar je bilo treba pri razvoju aplikacije izvesti posebne programske rešitve. Izdelane so bile podlage, kjer je izračunana potresna ogroženost za različne scenarije za primer potresa od VI do IX EMS ter scenarij v primeru potresa s povratno dobo 475 let (po zemljevidu mikrorajonizacije potresne intenzitete).

Aplikacija za vsak posamezni potres obdela vhodne podatke ter glede na podano intenziteto in lokacijo nadžarišča potresa za vsako stavbo izračuna (oceni) najverjetnejšo stopnjo poškodovanosti ter število prebivalcev, ki se v njej nahaja. Stavbe so razdeljene v šest razredov poškodovanosti: (0) nepoškodovane stavbe, (1) zanemarljiva do majhna poškodovanost, (2) zmerna poškodovanost, (3) znatna do velika poškodovanost, (4) zelo velika poškodovanost, (5) uničenje.

Za prikaz podatkov razdeli aplikacija rezultate v tri razrede:

1. zelena barva označuje stavbe, ki bodo po potresu referenčne intenzitete primerne za normalno bivanje,
2. rumena barva označuje stavbe, ki so po potresu začasno neuporabne ter jih je treba pregledati oziroma statično utrditi,



Slika 3: Cikel upravljanja z nesrečami.



3. rdeča barva označuje stavbe, ki po potresu najverjetneje ne bodo primerne za bivanje; za prebivalce je treba urediti namestitve za daljše časovno obdobje.

V okviru projekta smo izdelali nočni model ogroženosti prebivalstva prek odpornosti njihovih prebivališč na podlagi Centralnega registra prebivalstva.

Sistem za hitri odziv prikaže kot rezultat oceno ogroženih stavb in prebivalcev tabelarično (slika 4) in grafično na zemljevidu. Poda število ogroženih stavb in prebivalcev, za katere je potrebna stalna namestitev, začasna namestitev in stavb, ki so še naprej uporabne za bivanje.

Rezultati imajo tudi posebno kategorijo stavb – neocenjene stavbe, ki so označene z modro barvo, saj vseh stavb ni bilo mogoče oceniti na podlagi uporabljene metodologije. Poglavitna razloga za to sta:

**Analiza obsega**

Vsiote Po občinah (RDEČE) Po občinah (RUMENO) Ali si čuti

**Analiza za območje celotne Slovenije**

	Ogrožene stavbe	Ogroženi prebivalci (nočni scenarij)
Potrebna stalna namestitvev	18 (0%)	516 (0%)
Potrebna začasna namestitvev	5146 (1%)	20140 (4%)
Bivanje v stavbi je možno	276182 (87%)	346903 (82%)
Neocenjene stavbe	35901 (11%)	50823 (12%)
Skupaj	317247 (100%)	418382 (100%)

**Analiza po občinah**

Zanesljivost ocene pri občinah označene z \* je bistveno manjša od ostalih.

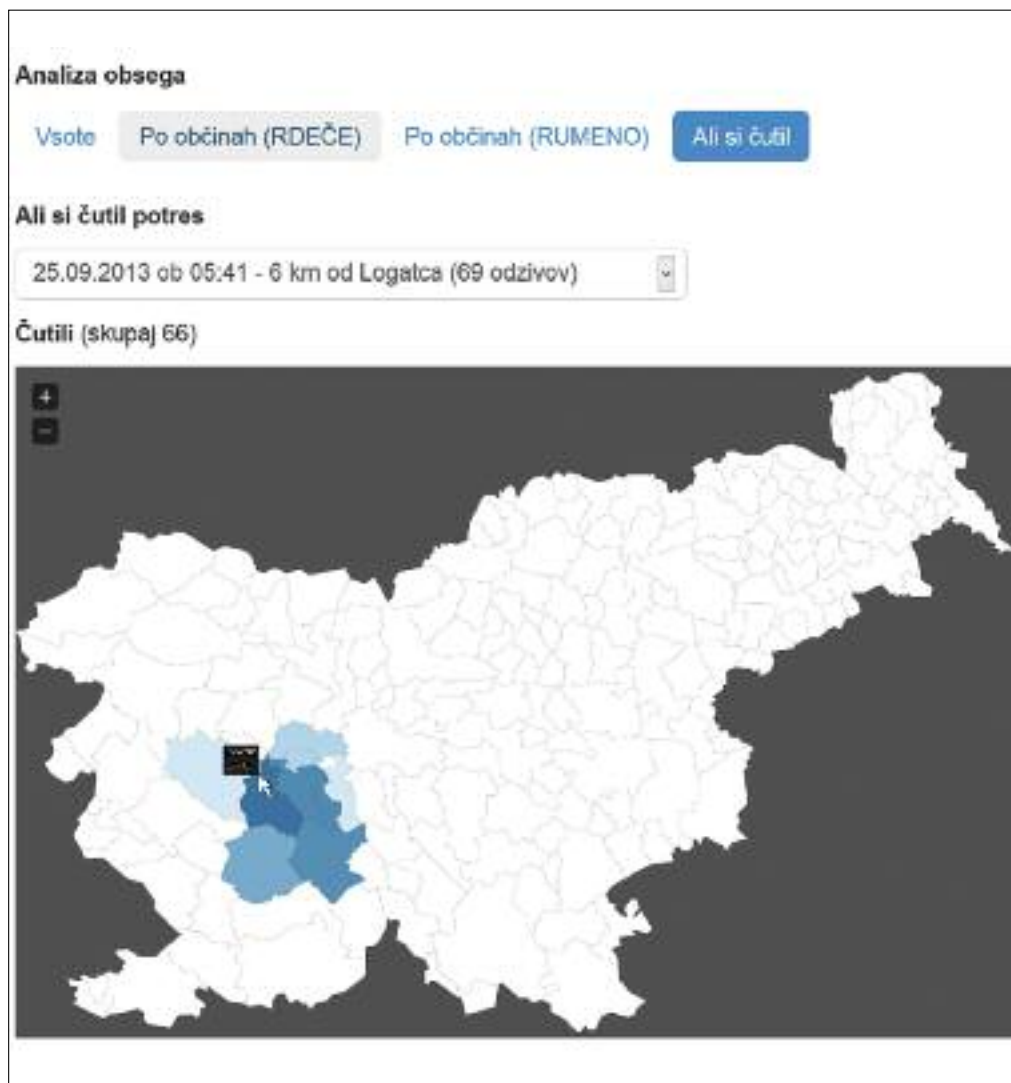
Občina	Stavbe (RD)	Stavbe (RU)	Stavbe (ZE)	Stavbe (N/A)	Preb (RD)	Preb (RU)	Preb (ZE)	Preb (N/A)
*	0	0	3	2	0	0	0	0
BISTRICA OB SOTLI *	0	0	602	87	0	0	384	75
BRASLOVČE *	0	9	4311	399	0	15	4859	457
BREŽICE	0	0	5791	498	0	0	4824	295
CELJE *	0	222	14266	3384	0	6153	27642	6909
DOBJE *	0	4	997	88	0	7	956	49
DOBREPOLJE *	0	0	0	1	0	0	0	0
DOBRNA *	0	1	1497	246	0	9	1863	253
DOL PRI LJUBLJANI	0	2	722	238	0	64	1183	270

Slika 4: Analiza obsega glede na ogrožene objekte in prebivalce po občinah.

- za določene tipe stavb je bilo ocenjeno premajhno število individualnih stavb in zato ni bilo mogoče najti korelacij za razpršitev na celotno populacijo stavb,
- javni registri so nepopolni ter v nekaterih primerih netočni; glavni razlog za neocenjene stavbe je pogosto netočnost v Registru nepremičnin (na primer število kletnih etaž večje od 20).

## 2.2 Modul za prikaz trenutnih potresov

Modul za prikaz trenutnih potresov črpa podatke o datumu in lokaciji potresa iz podporne aplikacije »Ali si čutil?«, ki poleg podatkov o zaznavanju potresa povezuje tudi podatke iz mreže avtomat-



Slika 5: Aplikacija »Ali si čutil?«: prikaz odziva prebivalcev na potres v bližini Logatca 25. septembra 2013. Skupno je bilo 69 spletnih odzivov iz devetih občin.

skih potresnih opazovalnic ARSO. Ker se aplikaciji nahajata na različnih strežnikih – Sistem za hitri odziv na strežnikih URSZR, aplikacija »Ali si čutil?« pa na strežnikih ARSO – smo morali zagotoviti tehnologijo za učinkovit prenos podatkov. Povezava se izvaja prek standardnih XML spletnih servisov, ki so implementirani v obeh aplikacijah. Prek te povezave modul za prikaz trenutnih potresov stalno črpa podatke o potresih iz strežnikov ARSO.

### 2.3 Modul za prikaz pojemanja intenzitete trenutnega potresa

Modul za prikaz pojemanja intenzitete trenutnega potresa računa pojemanje intenzitete ter nato rezultate grafično prikaže na zemljevidu Slovenije. Model predpostavlja, da se potres nastane na 10 km globine (ARSO 2010).

### 2.4 Modul za zajem dodatnih informacij o potresu

V sodelovanju z ARSO smo posodobili vprašalnik o potresih, da je primerljiv z evropskimi in ameriškimi aplikacijami (European-Mediterranean ... 2010; USGS 2011). Aplikacijo smo poimenovali »Ali si čutil?« po zgledu aplikacije USGS »Did you feel it?«.

Vprašalnik »Ali si čutil?« je osnova za določevanje intenzitete potresa oziroma učinkov na ljudi, živali, predmete, stavbe in naravno okolje na podlagi podatkov iz terena, kjer osebe poročajo o njihovi krajevni zaznavi in učinkih potresa. Učinki so merjeni z 12-stopenjsko Evropsko potresno lestvico EMS-98. Vprašalnik ima tri ravni, te pa so razdeljene glede na prve odgovore:

1. kratek (izpolnjevalec ni čutil potresa),
2. daljši (izpolnjevalec je čutil potres, vendar ni prišlo do poškodb na stavbah),
3. dolg (izpolnjevalec je čutil potres in nastale so poškodbe na stavbah).

Aplikacija »Ali si čutil?« zajete podatke sproti analizira ter jih grafično prikazuje na zemljevidu (slika 5). Grafični prikazi in statistike so na voljo v zaprtem delu aplikacije, ki zahteva avtorizacijo in je zaenkrat namenjena uporabnikom z ustreznim pooblastilom.

Aplikacija »Ali si čutil?« omogoča prenos grafičnih prikazov v Sistem za hitri odziv, kar omogoča štabom enot zaščite in reševanja dodatno in redundantno sliko o trenutni situaciji – učinkih potresa na terenu. Podatki se med aplikacijama prenašajo preko standardnih XML spletnih servisov.

## 3 Samostojna aplikacija ocene poškodovanosti in uporabnosti stavb

V okviru projekta so bili prenovljeni vprašalniki za oceno uporabnosti po potresu poškodovanih objektov. Aplikacija »Ocena poškodovanosti in uporabnosti stavb« (slika 6) predstavlja celovito podporo v procesu zajema podatkov o poškodovanosti stavb in prinaša veliko novosti in prednosti na področju popisovanja poškodovanosti stavb po potresu:

1. Omogočeno je hitro predizpolnjevanje vprašalnikov na podlagi obsežne baze podatkov Registra nepremičnin (za trenajzne namene se uporablja omejena testna baza, v primeru pravega potresnega dogodka pa se uporabnikom sporoči ključ, ki odklene kriptirano polno bazo). Vprašalniki, ki jih sestavi aplikacija, se shranijo v obliki .pdf dokumenta in nato natisnejo. Popisovalci na terenu imajo tako že izpolnjene ključne podatke o predmetu popisovanja (stavbi) in tako izpolnjujejo samo del obrazca, ki se nanaša na poškodovanost. Zemljevid popisnih območij je vključen v aplikacijo.
2. Omogoča hitro digitalizacijo izpolnjenih vprašalnikov na terenu. Digitalizacija je možna na dva načina: z ročnim bralnikom črtno kode (možen vnos kode objekta in ocene uporabnosti objekta) ali z ročnim vnosom kode objekta ter vnosom podatkov o poškodovanosti.
3. Aplikacija ima že vgrajene algoritme za osnovne statistične analize stanja na terenu.

- Možen je izvoz podatkov, tako da uporabnik lahko naredi bolj podrobne analize v drugih statističnih programih in združevanje podatkov iz različnih virov (na primer štabov).
- Možen je uvoz podatkov, kar omogoča digitalizacijo vprašalnikov na različnih lokacijah ter nato izdelavo hitre analize z aplikacijo za celotno popisano območje.

Pomembno je, da aplikacija »Ocena poškodovanosti in uporabnosti stavb« v primeru potresa ni informacijski otok, kajti vsebuje podatke iz javno dostopnih baz. Podatkovne baze se lahko integrira tudi v druge sisteme:

- regijski in občinski štabi izvozijo svoje podatke in jih posredujejo v državni štab, ki na podlagi zbranih podatkov dobi predstavo o celotni škodi ter
- možen je uvoz v sistem za ocenjevanje škode (AJDA).

## 4 Navodila prebivalcem

Za povečanje osveščenosti in pripravljenosti prebivalcev na potres smo izdelali nekatere strokovne podlage in orodja. Z njimi želimo povečati možnost preživetja, zmanjšati možnost telesnih poškodb in škode ter olajšati in skrajšati obdobje okrevanja po potresu. Pripravili smo vsebine za tiskano gradivo (zgibanke in plakate) ter gradivo v elektronski obliki: spletne strani, broščuro v .pdf obliki z obširnimi

The screenshot shows a web application window titled "Ocena poškodovanosti in uporabnosti stavb". The main content area is titled "TESTNI PODATKI" and contains a multi-step form. The current step is "KORAK 1" (Step 1: IDENTIFICATION DATA OF THE OBJECT). The form includes the following fields and values:

- Postal code (Kodna številka): 21404558
- City (Mesto): LJUBLJANA
- Cadastral parcel number (Parcelna številka): 10284708
- Street (Ulica): KOVČEV DVOR, ULICA
- Floor number (Hrana številka): 1
- Owner details (Podatki o lastniku): Name and ID fields are present but empty.
- Building type (Cimena št. objekta (ZPS) izvedenih v slovenski): 112
- Number of floors (Število nadstropij): 3
- Number of units (Število enot poseljenosti): 5

At the bottom of the form, there are buttons for "Nazaj" (Back), "Vnos novega vprašalnika" (New questionnaire), "Urejanje vprašalnika" (Manage questionnaire), "Izbris vprašalnika" (Delete questionnaire), and "Shrani" (Save).

Slika 6: Aplikacija »Ocena poškodovanosti in uporabnosti stavb« – podokno za vnos podatkov o stavbi.

navodili prebivalcem, vprašalnik, ki je izdelan kot samostojna spletna aplikacija za samoocenjevanje pričakovane poškodovanosti stavb ob potresu (poglavje 5). Izobraževalne vsebine naj bi vzbudile zanimanje občanov za tematiko in jih spodbudile k aktivnostim, s katerimi kot posamezniki lahko prispevajo k zmanjšanju potresnega tveganja.

Na podlagi razpoložljivih virov in dosedanjih izkušenj smo pripravili izhodiščno gradivo z vsebinami za povečanje pripravljenosti na potres. Navodila za ravnanje za prebivalce smo oblikovali tako, da smo zajeli vsa tri obdobja:

- obdobje pred potresom (priprave na potres in preventivne dejavnosti),
  - kratek čas trajanja potresa (pomemben takojšen odziv in pravilno ravnanje) ter
  - daljše obdobje okrevanja po potresu in vzpostavljanje normalnega stanja.
- Pripravili smo navodila za različne skupine prebivalcev ter različna komunikacijska orodja:
- vsebine za **zgibanko za gospodinjstva** z osnovnimi informacijami povezanimi s potresno nevarnostjo, ranljivostjo, pripravljenostjo in ukrepanjem,
  - vsebine za **zgibanko za otroke**, ki je prilagojena ravni dojemanja osnovnošolske mladine in je bil podlaga za izdelavo **tematskega plakata** za osnovne šole ter ostale vzgojne ustanove,
  - **e-brošura v .pdf obliki** s podrobnimi informacijami o preventivni dejavnosti, o ravnanju med potresom in o dejavnosti po potresu,
  - **spletne strani** z usmeritvijo v pregledno podajanje vsebin po principu drevesne strukture. Na vstopni strani so podane le najosnovnejše informacije, s kliki na ustrezna polja pa se uporabniki preusmerijo na podstrani s podrobnejšimi informacijami; na spletnih straneh bo za ogled ter tiskanje na voljo celovita e-brošura v .pdf obliki z navodili, kako se pripraviti in ukrepati pred, med in po potresu.

Z namenom ozaveščanja ljudi na področju zaščite pred potresi smo poskrbeli za prevod italijanskega izobraževalnega filma *Non Chiamarmi Terremoto* (Ne kliči me potres) v idejni zasnovi Romana Camassija in Elisabette Tola, v produkciji Formicablu in Ethnos. Ta igrani dokumentarni film govori o posledicah rušilnega potresa na območju mesta L'Aquila 6. aprila 2009. Skozi resnične izkušnje dvajsetletne deklice predstavi dogajanje v mestu med in po potresu, vzroke in okoliščine, ki lahko privedejo do katastrofalnih posledic ter pouči, kako se lahko pred posledicami potresa obvarujemo. Film je dostopen na zgoščenki in na spletnih straneh.

## 5 Spletna aplikacija: samoocenjevanje pričakovane poškodovanosti stavb ob potresu

Pomemben element za osveščanje prebivalstva predstavlja vprašalnik za samoocenjevanje pričakovane poškodovanosti stavb ob potresu, ki smo ga izdelali kot samostojno aplikacijo v *HTML* tehnologiji brez potrebe po strežniških tehnologijah ali podatkovnih bazah. To omogoča preprosto integracijo v spletno stran ali pa delovanje kot samostojna aplikacija – na primer zagon iz USB ključka. Aplikacija »Samoocenjevanje pričakovane poškodovanosti stavb ob potresu« (slika 7) temelji na rezultatih analize individualnih ocen potresne odpornosti in ranljivosti glede na splošne lastnosti stavb (vrsta gradiva navpične nosilne konstrukcije, število nadstropij in leto izgradnje).

Na podlagi vnesenih podatkov o obravnavani stavbi in intenziteti potresa se prikaže okvirna ocena o verjetnosti posameznih kategorij poškodovanosti stavbe po Evropski potresni lestvici EMS-98.

Model samoocenjevanja temelji na individualnih ocenah referenčnih stavb in ugotovljenih zakonitostih, ki so bile za ta model poenostavljene. Zaradi specifičnosti in omejenega števila referenčnih stavb ter določenih poenostavitev pri statistični obdelavi zakonitosti se je treba zavedati, da je informacija o pričakovani poškodovanosti stavb informativne narave in nikakor ne more biti nadomestek analize konstrukcije stavbe. Dejanska poškodovanost posamezne stavbe lahko namreč močno odstopa zaradi specifične zasnove, stanja ali preteklih posegov v stavbi, kot tudi slabega poznavanja konstrukcijskega sistema stavbe, stanja stavbe, ali pogojev na mikrolokaciji.

Nazaj Naprej

## Podatki o stavbi

Korak 1 / 9

**Leto zgraditve stavbe**  
1250

**Število kletnih etaž:**  
0  
Kletne etaže so tiste, ki so vsaj deloma vklopane.



**Število etaž nad pritličjem:**  
P + 2  
Pritličje je prva etaža, ki je v celoti nad rivojerno zemljišča. Meranda se šteje za nadstropje, če je nad njo pohodna stopnišna konstrukcija, sicer ne. Upoštevajte tudi nadstropja, ki prihivajo le del štorika.



Nazaj Naprej

Slika 7: Aplikacija »Samoocenjevanje pričakovane poškodovanosti stavb ob potresu« (prikazan je prvi izmed devetih korakov).

## 6 Sklep in izhodišče za nadaljnje delo

V sklopu obeh projektov je bila izvedena nadgradnja vseh dosedanjih analiz in podpornih orodij na področju modeliranja potresne ogroženosti v Republiki Sloveniji. Z aplikacijo je bilo povezano tudi obsežno dolgoletno delo na tem področju, predvsem z vidika ocenjevanja potresne odpornosti posameznih stavb. Podatki večine ocen potresne odpornosti, ki so bili do sedaj izdelani v Republiki Sloveniji, so bili v okviru projekta združeni in so služili kot podlaga za izdelavo modela potresne odpornosti.

Pri razvoju aplikacij in vsebin, ki so zajete v njih, smo se zgledovali po sodobnih rešitvah, ki so bile razvite v drugih državah ter te rešitve ustrezno nadgradili z znanjem in razpoložljivimi podatkovnimi zbirkami. Tako smo izdelali orodje, ki omogoča učinkovitejše upravljanje v vseh fazah cikla zaščite in reševanja. V nadaljevanju je bistvenega pomena uvajanje znanj in uporabe aplikacije na različnih ravneh strukture zaščite in reševanja, saj bo le stalno vzdrževana aplikacija v pripravljenosti na sicer redke potresne dogodke, ki predstavljajo na območju Slovenije potencialno naravno nesrečo velikega obsega.

Z vidika nadaljnjega dela menimo, da bi bilo treba v prihodnosti dodati v potresne scenarije še dnevni model zasedenosti stavb, kar bi izboljšalo oceno o številu prizadetih oseb in njihovi lokaciji v primeru, da se potres ne zgodi v nočnem času. V okviru projekta smo predlagali metodologijo, ki bi slonela na

identifikaciji oseb prek sistema mobilne telefonije kot osnovnega lokacijskega orodja na podlagi karakterističnega vzorca v določenem časovnem obdobju. Načini identifikacije prek sistema mobilne telefonije so različni, pri tem pa je v prvi vrsti za potrebe modeliranja splošne ogroženosti uporaben pristop grobega umeščanja prek lociranja mobilnega telefona oziroma njegovega uporabnika (Nikolaj 2002; Kyvotov 2003).

*Zahvala: Prispevek temelji na raziskovalnem projektu Mestne občine Ljubljana »Ocena potresne ogroženosti Mestne občine Ljubljana« ter raziskovalnem projektu Uprave Republike Slovenije za zaščito in reševanje »POTROG: Potresna ogroženost v Sloveniji za potrebe Civilne zaščite«.*

## 7 Viri in literatura

- ARSO. 2010. Medmrežje: [http://www.arso.gov.si/potresi/poro%c4%8dila%20in%20publikacije/potresi%20v%20letu%202010\\_I.pdf](http://www.arso.gov.si/potresi/poro%c4%8dila%20in%20publikacije/potresi%20v%20letu%202010_I.pdf) (14. 8. 2013).
- Banovec, P., Cerkl, M., Cilenšek, A., Šket Motnikar, B., Zupančič, P., Živčič, M., Godec, M., Cecić, I., Lutman, M., Klemenc, I. 2012: Ocena potresne ogroženosti MOL – zaključno poročilo (številka poročila 631-25/2011-1 (IZV številka 141/11). Agencija Republike Slovenije za okolje, Inštitut za vodarstvo, Zavod za gradbeništvo Slovenije. Ljubljana.
- Causton, A., Saunders, G. 2006: Responding to shelter needs in post-earthquake Pakistan: a self-help approach. Humanitarian Practice Network 34.
- European-Mediterranean Seismological centre. 2010. Medmrežje: <http://www.emsc-csem.org/#2> (20. 8. 2013).
- Jeraj, J., Lotrič, S. 2014: Teoretična vaja organov vodenja v okviru državne vaje Potres 2012. (Ne)prilagojeni, Naravne nesreče 3. Ljubljana.
- Kyvotov, V. A. 2003: Overview of User Location in Cellular Networks. Sofija.
- Lapajne, J., Šket Motnikar, B., Zupančič, P. 2001: Potresna nevarnost Slovenije: projektni pospešek tal. Ljubljana.
- Lutman, M., Klemenc, I., Zupančič, P., Šket Motnikar, B., Banovec, P., Cerkl, M., Jeraj, J. 2014: Strokovne podlage za oceno potresne ogroženosti Mestne občine Ljubljana. (Ne)prilagojeni, Naravne nesreče 3. Ljubljana.
- Lutman, M., Weiss, P., Klemenc, I., Zupančič, P., Šket Motnikar, B., Banovec, P., Cerkl, M. 2013: POTROG – Potresna ogroženost v Sloveniji za potrebe Civilne zaščite – zaključno poročilo (številka poročila P 904/610-2). Agencija Republike Slovenije za okolje, Inštitut za vodarstvo, Zavod za gradbeništvo Slovenije. Ljubljana.
- Nikolaj, D. 2002: Mobile Positioning Solutions for GSM. Stuttgart.
- Odločba Sveta 2004/277/EC. Bruselj.
- Odločba Sveta 2007/779/EC. Bruselj.
- Odločba Sveta 2008/73/EC. Bruselj.
- Ramires, M., Peek-Asa, C. 2005: Epidemiology of traumatic injuries from earthquakes Epidemiologic Reviews 27-1. Oxford.
- Sever, M. S., Ereğ, E., Vanholder, R., Ozener, C., Yavuz, M., Kayacan, S. M., Ergin, H., Apaydin, S., Cobanoglu, M., Donmez, O., Erdem, Y., Lameire, N. 2002: Lessons learned from the Marmara disaster: Time period under the rubble. Critical Care Medicine 30-11. Baltimore.
- Uradni list Evropske Unije 2010/481/EU. Bruselj.
- USGS. 2011. Medmrežje: <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/dyfi/> (16. 8. 2013).

## STRATEGIJA PRILAGAJANJA NA PODNEBNE SPREMEMBE PRI OBVLADOVANJU NARAVNIH NESREČ NA OBMOČJU ALP – PRIPOROČILA ALPSKE KONVENCIJE

mag. Jože Papež

Hidrotehnik Vodnogospodarsko podjetje, Slovenčeva ulica 97, SI – 1000 Ljubljana, Slovenija  
joze.papez@hidrotehnik.si

### IZVLEČEK

**Strategija prilagajanja na podnebne spremembe pri obvladovanju naravnih nesreč na območju Alp – priporočila Alpske konvencije**

V prispevku je predstavljena strategija prilagajanja na podnebne spremembe na področju obvladovanja naravnih nesreč na območju Alp delovne skupine Alpske konvencije Platforma za naravne nesreče PLANALP. Strategija, ki je v brošuri Alpske konvencije izšla v začetku leta 2013, obsega deset priporočil, ki so vsa ponazorjena s primeri dobrih praks izvajanja ukrepa:

1. pripravljenost za intervencijo v primeru izrednih razmer;
2. presoja odpornosti obstoječih varovalnih objektov in ureditev na predvidene vplive podnebnih sprememb;
3. vzpostavitev in optimizacija dolgoročnega opazovanja in sistema opozarjanja;
4. predvidevanje in obvladovanje novih tveganj;
5. prilagoditev postopkov določevanja in kartiranja nevarnosti in ogroženosti z vidika upoštevanja posledic sprememb podnebja;
6. izboljšanje koordinacije med prostorskim načrtovanjem in področjem obvladovanja naravnih nesreč;
7. vzpostavljanje kulture tveganja in uvajanje dialoga o tveganjih;
8. krepitev individualne pripravljenosti in previdnostnega delovanja;
9. izboljšanje baze znanja in prenos rešitev v prakso;
10. ohranjanje in izboljševanje funkcionalnosti varovalnih gozdov.

Čeprav ima Slovenija zelo razvit sistem varstva pred naravnimi nesrečami, je kljub temu z vidika pričakovanih vplivov podnebnih sprememb močno izpostavljena in ranljiva. Seznanjenost in aktivna mednarodna izmenjava znanja in izkušenj na tem področju je zelo pomembna.

### KLJUČNE BESEDE

Alpska konvencija, PLANALP, naravne nevarnosti, naravne nesreče, celovito preventivno obvladovanje ogroženosti pred naravnimi nesrečami, prilagajanje na podnebne spremembe

### ABSTRACT

**Alpine strategy for adaptation to climate change in the field of natural hazards – Recommendations of Platform on Natural Hazards of the Alpine Convention (PLANALP)**

This paper presents the Alpine strategy for adaptation to climate change in the field of natural hazards, prepared by Platform on Natural Hazards of the Alpine Convention PLANALP. This Strategy, published in early 2013, defines a common vision for climate change adaptation and recommends then adequate action options, which are illustrated by good practice examples from the Alpine countries:

1. Prepare for emergency intervention;
2. Review the climate change fitness of existing structural protection measures;
3. Set up and optimise long-term monitoring and warning;
4. Anticipate and cope with new risks;
5. Adapt hazard and risk mapping to a changing climate;
6. Enhance coordination between spatial planning and risk management;



7. *Establish a risk culture and introduce risk dialogue;*
8. *Strengthen individual preparedness and precaution;*
9. *Improve the knowledge base and transfer to practice;*
10. *Maintain and improve the functionality of protection forests.*

*Although Slovenia has a highly developed system of protection against natural disasters, however, in terms of the expected impacts of climate change in the field of natural hazards is highly exposed and vulnerable. Awareness and active international exchange of knowledge and experience in this field is very important, because climate change does not stop at national borders and adaptation is a new but common challenge for all countries in the alpine space.*

**KEY WORDS**

*Alpine Convention, PLANALP, natural hazards, natural disasters, integral natural hazard risk management, recommendations, climate change adaptation*

## 1 Uvod

Alpe so z vidika posledic podnebnih sprememb še posebej občutljivo območje. Višje povprečne temperature in spremenjeni vzorci časovnega in količinskega pojavljanja padavin bodo po pričakovanjih v naslednjih letih imeli pomemben vpliv na okolje, ekonomijo in družbene razmere. Za zagotovitev trajnostnega razvoja na območju Alp je treba izvajati blažilne in prilagoditvene ukrepe.

Ta ugotovitev je vodila pogodbenice Alpske konvencije, da je na 10. Alpski konferenci v Evianu v Franciji že leta 2009 sprejela Akcijski načrt o podnebnih spremembah na območju Alp. Vanj so ambiciozno zapisale, da naj bi bil alpski prostor tako primer izvajanja ukrepov za zmanjševanje emisij toplogrednih plinov kot primer izvajanja prilagoditvenih ukrepov na področjih zagotavljanja virov pitne vode, biodiverzitet, gorskih gozdov in kmetijstva, turizma, poseljevanja in infrastrukture.

Ker je ena izmed najbolj vidnih in grozečih negativnih posledic podnebnih sprememb povečevanje potenciala naravnih nevarnosti, je 11. Alpska konferenca, marca 2011 na Brdu, Slovenija naložila svoji delovni skupini Platformi za naravne nesreče PLANALP, da razvije posebno strategijo prilagajanja na podnebne spremembe na področju naravnih nesreč za območje Alp (v nadaljevanju: Strategija).

V začetku leta 2013 je PLANALP izpolnil svojo nalogo in izdal brošuro, v kateri je na podlagi pregleda stanja na področju podnebnih sprememb po posameznih članicah Alpske konvencije, vplivih teh sprememb na naravne nevarnosti in sisteme varstva pred naravnimi nesrečami, izoblikovala skupno prilagoditveno strategijo in pripravila priporočila za izvajanje različnih ukrepov. Strategija vzpostavlja prvi tovrstni skupni okvir za sodelovanje in usklajevanje med alpskimi državami in prispeva k izvrševanju skupnega Akcijskega načrta. Posamezna priporočila so ponazorjena s kratkim opisom dobrih praks iz alpskih držav. Vendar pa je treba poudariti, da Strategija – zaradi jasne osredotočenosti na naravne nevarnosti – pokriva samo eno izmed številnih področij, na katere vplivajo podnebne spremembe.

## 2 PLANALP

V okviru Alpske konvencije deluje platforma za naravne nesreče PLANALP, katere članica je tudi Slovenija. V platformi sodelujejo pristojne nacionalne ustanove s tega področja oziroma ustrezni strokovnjaki na predlog pristojnih državnih institucij. Kontaktna točka za platformo PLANALP za Slovenijo je Uprava Republike Slovenije za zaščito in reševanje.

V PLANALP-u, ki mu do 13. Alpske konference predseduje Avstrija, strokovnjaki iz vseh alpskih držav razpravljajo o boljših mehanizmih za obvladovanje naravnih nesreč. Konkretno delo je prednostno usmerjeno na prepoznavanje najboljših praks in čezmejno izmenjavo znanja in izkušenj med članicami, kar ne poteka samo na rednih delovnih srečanjih (dvakrat letno), temveč stalno tudi preko elektronske pošte in medmrežnih stikov.

Mandat Platforme za naravne nesreče (PLANALP) za obdobje 2013–2014 predvideva naslednje aktivnosti (Medmrežje 1), ki bodo izvedene ob upoštevanju del v Platformi za upravljanja voda v Alpah (Medmrežje 2):

- Ocena konceptov za celostno obvladovanje ogroženosti pred naravnimi nesrečami;
- Prenos znanja na primeru dobrih praks v alpskih državah ter
- Izdelava koncepta in izvajanje priporočil za naslednja področja:
  - Obvladovanje ogroženosti in podnebne spremembe (s posebnim poudarkom na vlogi obeh spolov);
  - izvajanje zaščitnih ukrepov pri naravnih nesrečah, povezano z življenjskimi cikli;
  - načrti obvladovanja ogroženosti pred visokimi vodami.

Strateški cilji in priporočila Strategije izhajajo iz koncepta celostnega obvladovanja ogroženosti pred naravnimi nesrečami, kar med drugim vključuje dolgoročno načrtovanje in sodelovanje vseh deležnikov.

### 3 Podnebje se spreminja, še posebej na območju Alp

Temperatura zraka se je na območju Alp od konca 19. do začetka 21. stoletja dvignila za povprečno 2 stopinji. To je več kot dvakraten dvig ugotovljene povprečne stopnje segrevanja severne poloble. Pri spremembah padavin je zaznati manj homogene trende. Kljub temu tudi na tem področju prevladujejo ugotovitve, da je zaznan šibak trend povečevanja padavin v severnih regijah Alp in zmanjševanje padavin v južnih alpskih regijah (EEA 2009). Scenariji razvoja podnebnih sprememb napovedujejo še nadaljnje segrevanje kot tudi nadaljnje spreminjaje padavinskih vzorcev. V zaključkih projekta Adapt-Alp je kljub ugotovljeni veliki negotovosti napovedovanja zapisano, da se lahko do leta 2050 pričakuje povprečno za 1,5 stopinj višje temperature in 3,5 stopinj višje temperature do leta 2100 (Greminger in Zischg 2011). Proti koncu 21. Stoletja naj bi se količina padavin pozimi povečala za 15 % (celo do četrtno na nekaterih območjih v osrčju Alp) in za 15 % zmanjšanje padavin v poletnih mesecih (tudi do 45 % v nekaterih sredozemskih območjih). Zaradi grozečih možnih negativnih posledic tovrstnih sprememb so v evropski beli knjigi o prilagajanju na podnebne spremembe gorska območja izpostavljena kot najbolj ranljiva območja v Evropi, posebej še Alpe (EC 2009).

### 4 Pričakovane posledice na naravne nevarnosti

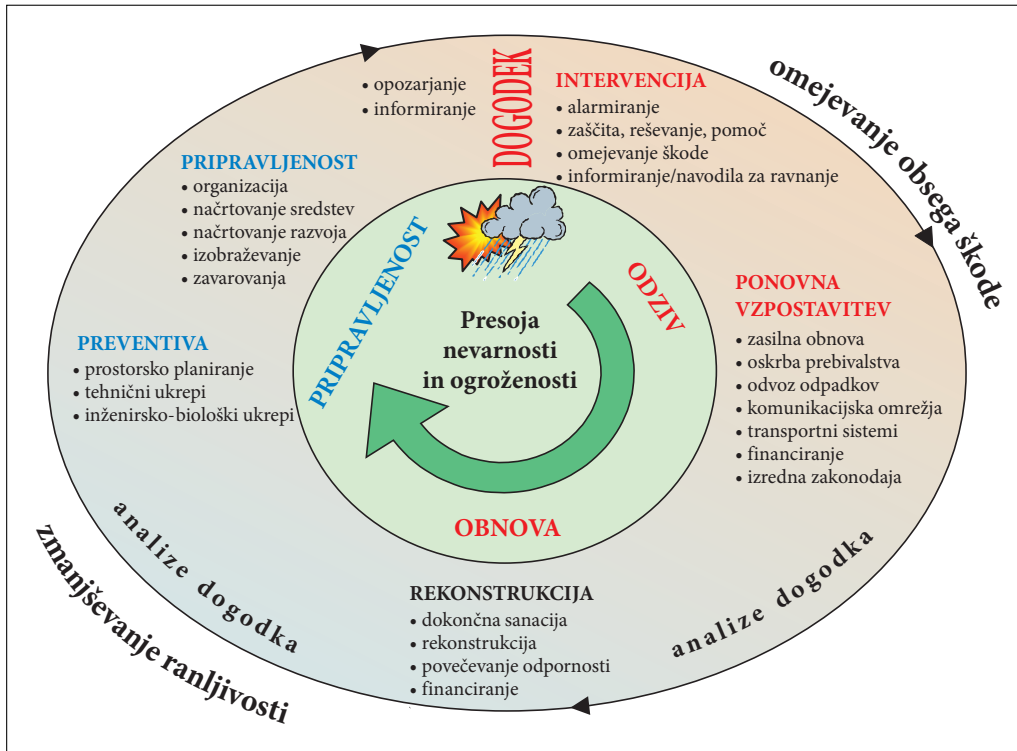
Med znanstveniki prevladuje konsenz, da bodo nadaljnje podnebne spremembe zagotovo vplivale na naravne nevarnosti na območju Alp. Obenem pa prevladuje tudi skupno prepričanje, da je napovedovanje zelo težavno in nezanesljivo. Zaradi velike topografske, geomorfološke in podnebne raznolikosti večina znanstvenikov poudarja pomen regionalne oziroma lokalne obravnave. Nekatera posebno občutljiva območja bodo tako lahko zelo prizadeta zaradi naravnih nevarnosti, medtem ko na nekaterih drugih območjih ne bo nobenih sprememb v primerjavi z današnjim stanjem – nekatere lege bodo zaradi razširitve varovalnih gozdov celo nekaj pridobile. Omenjena kompleksna heterogenost ter trenutne tehnične in znanstvene omejitve (nezanesljivost modeliranja podnebja, pomanjkanje znanja glede vpliva in ranljivosti) narekujejo pazljivost pri dokončnih ocenah stanja in posebnih ukrepov. Posploševanje in poenostavljanje učinkov podnebnih sprememb na naravne nevarnosti za zelo velika območja ali celo za celotno območje Alp zato ni primerno. Le tako se lahko izognemo napačnim odločitvam v sistemu varstva pred naravnimi nesrečami.

Strategija obravnava tiste naravne nevarnosti na območju Alp, ki so v prvi vrsti posledica meteoroloških procesov (poplave, drobirski tokovi, zemeljski plazovi, padajoče kamenje in snežni plazovi) ter gozdni požari. Za vsako od omenjenih nevarnosti je mogoče opisati generalni trend sprememb v prihajajočih letih. Čeprav je v veliki večini primerov dejanski vpliv podnebnih sprememb ob številnih katastrofalnih dogodkih na območju Alp v zadnjih dveh desetletjih nejasen, pa je pri nadaljnjih projekcijah treba upoštevati domnevo, da se bo pogostost in intenziteta takih dogodkov še povečevala. Vendar pa je z današnjim znanjem in stanjem tehnike nemogoče natančno napovedati konkretne posledice na lokalni ravni. Tehnične ovire v postopkih modeliranja sprememb podnebja in pomanjkanje regionalnih in krajevnih scenarijev so vzrok za veliko stopnjo negotovosti z vidika napovedovanja dejanskih posledic.

**Poplave:** V nekaterih regijah Alp je zaznati povečanje intenzitete in pogostnosti poplav. V zimskih mesecih v prihodnosti pričakujemo povečanje števila poplav, medtem ko dolinam grozijo zelo nizki vodostaji.

**Drobirski tokovi:** V zadnjih letih je na nekaterih območjih Alp opazen trend povečevanja števila drobirskih tokov na višjih nadmorskih višinah in upad na nižjih nadmorskih višinah. Povečane količine razpoložljivega materiala v bližini ledenikov in pojav zelo intenzivnih padavin lahko na določenih lokacijah zelo pospešijo nastanek drobirskih tokov.

**Ledeniška erozija:** Zmanjšanje stabilnosti ledenikov in povečevanje števila in velikosti ledeniških jezer, kot posledica umikanja ledenikov in zviševanja temperatur ledu, sta dve glavni posledici pod-



Slika 1: Koncept celostnega obvladovanja varstva pred naravnimi nesrečami (prirejeno po PLANALP 2010).

nebnih sprememb z vidika ledeniške erozije. Ogroženost zaradi nastanka nenadnih hudourniških izbruhov ne izvira samo iz ledeniških jezer temveč tudi zaradi težko nastajajočih, z vodo napolnjenih, votlin znotraj ledenika.

**Premiki pobočnih gmot:** Ob vročinskem valu leta 2003 je bilo na višjih nadmorskih višinah znatno povečano število pojavov padajočega kamenja. Razpadanje permafrosta na strmih pobočjih je glavni dejavnik pojavov nestabilnosti kamnitih pobočij in padajočega kamenja. Rast količine padavin in zviševanje meje sneženja lahko vodita do pogostejših in obsežnejših pojavov nestabilnosti pobočij.

**Gozdni požari:** Pogostejši intenzivni vročinski valovi in suše pomenijo še nadaljnje povečevanje verjetnosti nastanka gozdnih požarov. To se ne pričakuje samo na južnih pobočjih Alp in v suhih dolinah, ampak se to kot nov pojav pričakuje tudi na severnih pobočjih Alp.

**Snežna erozija:** Spremembe glede snežnih plazov v povezavi s podnebnimi spremembami so posebno negotove, čeprav se domneva, da bodo le te sledile spremembam značilnosti snežne odeje. Na nižjih in srednjih nadmorskih višinah se pričakuje zmanjšanje nevarnosti zaradi snežnih plazov, čeprav lahko zelo močne padavine ta trend povsem obrnejo v drugo smer.

## 5 Pričakovane posledice na sisteme varstva pred naravnimi nesrečami

Stalne in vse večje spremembe v naravnem okolju ter v socialnih in ekonomskih sistemih od sodobno zasnovanega, v prihodnost usmerjenega, trajnostnega sistema varstva pred naravnimi nesrečami

zahteva stalna prilaganja. To je še toliko bolj značilno za območje Alp, ki je vedno bilo in bo ostalo zelo občutljivo območje z vidika naravnih nevarnosti. Vsi akterji v sistemu varstva pred naravnimi nesrečami se morajo zato stalno seznanjati z najnovejšimi ugotovitvami na tem področju, z namenom prilagoditve na nove zahteve. Kljub vsem ukrepom so v zadnjih desetletjih naravne nesreče pogost pojav, zato se prebivalstvo vse bolj zaveda, da jih je nemogoče povsem preprečiti ampak se je treba prilagoditi na življenje z naravnimi nevarnostmi in določeno stopnjo ogroženostjo pred naravnimi nesrečami. To dejstvo je prispevalo k razvoju koncepta celostnega obvladovanja ogroženosti pred naravnimi nesrečami (slika 1), ki se z vidika vpliva podnebnih sprememb nič ne spreminja. Namreč, tudi če bodo dogodki postali bolj pogosti in bolj intenzivni princip celotnega sistema varstva pred naravnimi nesrečami ostaja enak. Fazi odziva sledi obnova in presoja vzrokov dogodka, nato sledi faza preventive, v kateri je ključna presoja nevarnosti in ogroženosti ter izvajanje vseh preventivnih ukrepov, ki lahko prispevajo k zmanjšanju ali odpravi nevarnosti. Enako pomembna je faza pripravljenosti, v kateri je pozornost usmerjena na preostalo ogroženost, ki je s preventivnim ukrepi nismo uspeli ali nismo mogli odstraniti.

## 6 Strategije prilaganja na podnebne spremembe na območju Alp

Za območje Alp še toliko bolj velja, da tudi znatno znižanje negativnega vpliva toplogrednih plinov, ne bo preprečilo posledic podnebnih sprememb, lahko jih zgolj ublaži. Zato je za to območje še toliko bolj vitalnega pomena, da se prilagodi neizogibnim vplivom. Da bi se aktivno in uspešno soočili z novimi izzivi, ki jih predstavljajo spremembe podnebja, se je večina alpskih držav lotila priprave celovitih strategij blaženja vplivov in prilaganja na te spremembe. Naravne nevarnosti imajo v teh nacionalnih strategijah pomembno vlogo. Francija in Nemčija so njuni strategiji sprejeli že v letih 2006 in 2008, tako da so tudi že pripravili in sprejeli akcijska načrta (2011) za njuno izvajanje. Avstrija in Švica sta svoji strategiji sprejeli leta 2012.

Za področje »naravne nevarnosti« Alpska konvencija naslavlja deset priporočil (Alpska ... 2013a; 2013b):

- *1 Pripravljenost za intervencijo v primeru izrednih razmer*

Ustrezen odziv in izvajanje intervencijskih ukrepov in obnove ob naravnih nesrečah zahteva neprekinjeno vzdrževanje in krepitev stopnje pripravljenosti (spretnosti, postopkov in virov) tako javnih kot zasebnih organizacij civilne zaščite. Še posebej je pomembna priprava ustreznih in ažuriranih načrtov zaščite in reševanja ter izvajanje vaj zaščite, reševanja in pomoči. Prebivalstvo mora biti o ukrepih v izrednih razmerah in intervencijah ustrezno seznanjeno.

Kot primer dobre prakse je v priporočilih opisana praksa izvajanja rednih vaj za lokalne gasilce in prebivalstvo za primer interventne zaščite protipoplavnih nasipov. V ta namen so na območju Rosenheima v Nemčiji postavili posebni vzorčni nasip, ki je namenjen za treninge interventnih ekip. Odločitev za tovrstni pristop je bila sprejeta na podlagi analize preteklih poplav. Izkazalo se je, da je za zaščito varovalnih objektov (v tem primeru protipoplavnih nasipov) med poplavo ključnega pomena hitra in učinkovita intervencija dobro izurjene ekipe (Medmrežje 3).

- *2 Presoja odpornosti obstoječih varovalnih objektov in ureditev na predvidene vplive podnebnih sprememb*

V alpskih državah so bili v zadnjih desetletjih zgrajeni številni objekti za zaščito pred naravnimi nevarnostmi. Da bi ohranili projektirano in doseženo raven varnosti, je ključno, da imamo na razpolago najnovejše informacije o stanju teh struktur in o njihovi funkcionalnosti in operativnosti z vidika spreminjajočih se podnebnih razmer. Pred sprejetjem odločitev o izvajanju vzdrževalnih ukrepov in rekonstrukcijskih del je treba izvesti kritično presojo statusa obstoječih varovalnih objektov in ukrepov.

Kot primer dobre prakse je v priporočilih opisan primer vzpostavitve sodobno zasnovane digitalne baze podatkov upravljanja in urejanja hudourniških območij v Avstriji, imenovan *WLK.DIGITAL* (Medmrežje 4). Temelj je geografski informacijski sistem in internetna platforma, ki omogoča dostop do informacijskega orodja iz vseh lokacij v državi. Baza med drugim vsebuje kataster vseh varovalnih

objektov in ukrepov z obsežnim naborom atributivnih podatkov, ki je odločevalcem v veliko pomoč pri načrtovanju, in izvajanju vzdrževalnih del.

Primer dobre prakse je tudi nov pristop pri projektiranju in izvajanju protipoplavnih ukrepov v Lih-tenštajnu. Na tem področju so uvedli sistemsko rešitev, ki od vseh vpletenih že med načrtovanjem zahteva upoštevanje preobremenjenosti varovalnih objektov in projektiranja blažilnih ukrepov, ki v takih primerih preprečijo porušitev objektov ali zmanjšajo poplavno ogroženost dolvodnih zemljišč. Kot primer tovrstnega pristopa je prikazana rešitev na vodnem zadrževalniku, ki v primeru poplavitve vključuje kontrolirano prelivanje (Medmrežje 5).

### • 3 Vzpostavitev in optimizacija dolgoročnega opazovanja in sistema opozarjanja

Poleg povišane povprečne temperature in sprememb v padavinah, ki z vidika podnebnih sprememb predstavljajo direktni vpliv na naravne nevarnosti, je moč v naravi zaznati tudi druge, na kratki rok manj opazne, vplivne dejavnike. Primer takih sprememb je sprememba toplotnih režimov na različnih nadmorskih višinah. Ker se tovrstne spremembe dogajajo skozi daljše časovno obdobje so težje prepoznavne, zato je izjemno pomembno, da se okoljske dejavnike opazuje in meri sistematično in neprekinjeno. Na območjih povečane stopnje ogroženosti je treba vzpostaviti ali nadgraditi sistem opozarjanja. Le ta predstavlja tudi podlago za načrtovanje in izvajanje pripravljavnih aktivnosti varstva pred naravnimi nesrečami.

Kot primera dobre prakse sta v priporočilih opisana dva projekta iz Slovenije – primer vzpostavitve video nadzora za zaščito pred požari na slovenskem Krasu (Medmrežje 6) in primer vzpostavitve prognostičnega modela Sava–Soča v okviru projekta BOBER (Medmrežje 7). Poleg tega je predstavljen še primer vzpostavitve opazovalnega sistema za zgodnje prepoznavanje nevarnosti zaradi sprememb v permafrostu na Južnem Tirolskem (provinca Bolzano) v Italiji (Medmrežje 8).

### • 4 Predvidevanje in obvladovanje novih tveganj

Vpliv podnebnih sprememb lahko neposredno ali posredno destabilizira alpsko okolje. Potencialna nova tveganja morajo biti prepoznana, preden se zaradi njih zgodi katastrofalni dogodek. Zato je treba posebno pozornost nameniti identifikaciji novih tveganj, njihovi vključitvi v planiranje in implementacijo ustreznih ukrepov. Ti ukrepi naj bi bili prilagodljivi, v skladu z vsakokratno nastalo situacijo ob pojavu nevarnosti, kar omogoča tudi upoštevanje spremenljivega vpliva sicer težko predvidljivih posledic podnebnih sprememb.

V zadnjih desetletjih se na celotnem območju Alp ledeniki s pospešeno hitrostjo zmanjšujejo in umikajo. Čeprav je večina ledenikov znatno oddaljena od naseljenih območij, pa lahko po drugi strani posledice izginjanja ledenikov sežejo zelo daleč. Na območjih nekdanjih ledenikov se lahko razvijejo rušilni hudourniški erozijski procesi, ki v dolino transportirajo ogromne količine erodiranega nevezanega materiala. Posebni problem so nova ledeniška jezera, ki so lahko potencialni vzrok hudourniškega izbruha.

Kot primer dobre prakse je podan primer sistematične analize in spremljanja nove nevarnosti zaradi ledeniške erozije v dolini Aosta, Italija. Strokovnjaki redno pregledujejo ledenike in spremljajo podatke o obstoječih ledeniških jezerih ter dokumentirajo pojav novih. Posebej skrbno spremljajo razvoj nevarnih procesov, ki ogrožajo naselja in infrastrukturo. Ugotovljene spremembe, ki nakazujejo razvoj dogodkov v neželeni smeri, so podlaga za sprejem eventualno potrebnih preventivnih ukrepov (Medmrežje 9).

Drugi primer dobre prakse je primer reševanja problematike povečane ogroženosti doline zaradi možnega nenadnega popolnega izlitja novo nastalega ledeniškega jezera (posledica topljenja ledenika) v vzhodju spodnjega ledenika Grindelwald v Švici. Zaradi presoje, da lahko nenadna porušitev privede do rušilnega poplavnega vala, so izvedli zelo zahtevni interventni ukrep dreniranja jezera prek 2,4 km dolgega predora, ki so ga izvrtali v živo skalo iz doline navzgor (400 m višinske razlike). Delo so končali v osmih mesecih in skupaj z vsemi ostalimi ukrepi zagotovili varnost doline. Primer je podrobno dokumentiran na internetu prek katerega je zainteresirana javnost lahko spremljala napredovanje del (Medmrežje 10).

- *5 Prilagoditev postopkov določevanja in kartiranja nevarnosti in ogroženosti z vidika upoštevanja posledic sprememb podnebja*

Zemljevidi nevarnosti in ogroženosti bistveno prispevajo k večjemu zaznavanju naravnih nevarnosti in so temelj za celostno obvladovanje naravnih nesreč. S tega vidika je izredno pomembno, da se redno osvežujejo in posodablajo (kot je zahtevano v evropski poplavni direktivi), ter da se pri tem upošteva vse spremembe v naravnem in spremenjenem okolju; v idealnih primerih pa tudi ugotovitve izboljšanih in natančnejših projekcij podnebnih sprememb in z njimi povezanimi potencialnimi vplivi.

Primer dobre prakse prihaja iz Lihtenštajna, kjer so na podlagi Zakona o gozdovih že leta 1995 na celotnem območju države začeli z izdelavo zemljevidov nevarnosti za poplave, zemeljske in snežne plazove ter padajoče kamenje. Delo so končali leta 2001, ko so obdelali vso državo, tudi neposeljena območja. Bazo podatkov redno posodablajo, zlasti po obsežnih nevarnih naravnih dogodkih. Ob takih primerih je namreč mogoče preizkusiti natančnost zemljevidov in narediti popravke (Medmrežje 11).

- *6 Izboljšanje koordinacije med prostorskim načrtovanjem in področjem obvladovanja naravnih nesreč*
- Zaradi omejenega razpoložljivega prostora za poselitev velikokrat prihaja do navzkrižja interesov zlasti na področjih poseljevanja, infrastrukture, turizma in preventivnega ukrepanja pred naravnimi nevarnostmi. Vplivi podnebnih sprememb bodo lahko povzročili povečano ranljivost posameznih elementov prostora in nove konflikte. Da bi našli trajnostno rešitev, je treba izboljšati koordinacijo med prostorskim načrtovanjem in sistemom varstva pred naravnimi nesrečami. Zlasti v postopkih regionalnega in lokalnega prostorskega načrtovanja je treba upoštevati potencialne spremembe v različnih scenarijih ogroženosti, pri čemer morajo sodelovati vsi prizadeti sektorji in deležniki.

Kot primer dobre prakse je izpostavljen evropski projekt *CLISP* (Prilaganje podnebnim spremembam z orodji prostorskega načrtovanja), ki izhaja iz projekta *ClimChAlp*. Projekt naj bi prispeval k sprejemanju podnebnih sprememb z zagotavljanjem »podnebno-varnih« prostorskih rešitev. *CLISP* se zavzema za umestitev prostorskega načrtovanja, kot ključnega akterja za prihodnji trajnostni razvoj z vidika upoštevanja podnebnih sprememb (Medmrežje 12).

Primer dobre prakse je tudi preselitev prebivalcev zaradi ogroženosti pred naravnimi nevarnostmi v naselju Brienz, (Švica). Tudi zaradi tega dejstva so ljudje v veliki meri marsikje zanemarili zgodovinsko vedenje in izkušnje o potencialnih nevarnostih, naselja so pomaknili bliže k rekam in hudournikom in tako marsikje poselili območja izpostavljena naravnim nevarnostim. Avgusta 2005 je v hudourniku Glyssibach nastal drobirski tok, ki je v območju odlaganja zasul velik del vasi Brienz. Analiza dogodka je pokazala, da je zaradi povečevanja pogostosti in intenzivnosti nevarnih naravnih dogodkov, najverjetneje zaradi podnebnih sprememb, potrebno iskati bolj dolgoročneje in trajnostne rešitve kot zgolj tehnične varovalne objekte. Izpostavilo se je vprašanje ali naj obnovijo deset povsem uničenih stanovanjskih objektov in jih ustrezno zaščitijo pred podobnimi dogodki ali pa prebivalce teh stavb preselijo in s tem pridobijo več prostora za vodotok in za bolj racionalne varovane ukrepe. Po presoji različnih možnosti so se odločili za kombinacijo različnih ukrepov, tako v povirju, kot na hudourniškem vršaju in za preselitev desetih družin. To je bil prvi znan primer tega velikostnega reda v Švici, ko se je zaradi naravnih nevarnosti rajši izbralo preselitev, kot drage varovalne ukrepe (Medmrežje 13).

- *7 Vzpostavljane kulture ogroženosti in uvajanje dialoga o ogroženosti*

Sprejemanje odločitev na podlagi ocene ogroženosti pred naravnimi nevarnostmi in načrtovanje ustreznih varovalnih ukrepov od odločevalcev zahteva miselni preskok od zamisli o popolni zaščiti pred naravnimi nevarnostmi do ideje o vzpostavitvi kulture ogroženosti oziroma sobivanja z določeno stopnjo ogroženosti. To zahteva dodatne napore na področju povečevanja ozaveščenosti prebivalstva, na področju ciljnega komuniciranja in izmenjave informacij, na področju izobraževanja na vseh teritorialnih ravneh in v vseh prizadetih sektorjih. Uspeh je mogoč samo ob ustrezni vključenosti

vseh akterjev v t. i. dialog o ogroženosti, od policije, uradnikov, poslovnežev, zavarovalništva in prebivalstva.

Primer dobre prakse je projekt švicarske platforme za naravne nesreče PLANAT, ki je na podlagi akcijskega načrta in osmih podprojektov pristopila k vzpostavljanju in podpori učinkovitega dialoga o ogroženosti na ravni države. Posebna pozornost je usmerjena na lokalno raven, kjer prihaja do neposrednega naslavljanja prebivalstva. V ta namen je bil razvit poseben delovni pripomoček, ki v obliki obrazcev in vprašanj pomaga voditi učinkovit dialog med več različnimi deležniki (Medmrežje 14).

- *8 Krepitev individualne pripravljenosti in previdnostnega delovanja*

Pripravljenost prebivalstva za prevzem delne osebne odgovornosti za obvladovanje ogroženosti pred naravnimi nevarnostmi še vedno ni zadostna. Prizadevati si je treba za povečanje ozaveščenosti javnosti, da bi ljudje bolje razumeli potrebo po obvladovanju ogroženosti kot skupno nalogo. Določene primere ogroženosti, s katerimi se soočajo posamezniki in njihove materialne dobrine se lahko zmanjša z lokalno strukturno zaščito, na primer prilagojena zasnova stavbe in vzpostavitev struktur sodelovanja in javno-zasebna partnerstva.

Avstrija je izdala poučno publikacijo »Živeti z naravnimi nevarnostmi« (Medmrežje 15), s katero je spodbudila javnost, posebej pa še lastnike stavb, župane, da bi prevzeli določen del napora za zmanjševanje ogroženosti in izvedli priporočljive preventivne ukrepe, ki lahko bistveno zmanjšajo ranljivost njih samih, in njihove lastnine na bodoče ekstremne dogodke. Pri pisanju publikacije so sodelovali prostorski načrtovalci, strokovnjaki za naravne nevarnosti, arhitekti in gradbeni inženirji. Na enem mestu so zbrali znanje in praktične nasvete, kako okrepiti in zaščititi svojo ogroženo lastnino. Informacije se nanašajo tako na gradnjo novih objektov kot na prilagoditev že dokončanih objektov.

Iz Avstrije je tudi drugi primer dobre prakse, ki prikazuje sodelovanje prebivalstva na področju upravljanja in urejanja voda. Podlaga za ustanavljanje neke vrste vodnih posvetovalnih teles je v avstrijskem zakonu za vode iz leta 1959 (Medmrežje 16).

- *9 Izboljšanje baze znanja in prenos rešitev v prakso*

Konkretnih posledic podnebnih sprememb na procese naravnih nevarnosti na krajevni ravni ni mogoče natančno predvideti. Nujen je velik napor za izboljšanje znanstvenih podlag, zagotavlja bolj lokalno in regionalno diferenciranih informacij in za prenos tega znanja po prilagojenih pristopih za posamezne ciljne skupine. Analiza stroškov in koristi prilagoditvenih možnosti pripomore k lažjemu določevanju prioritete ter bistveno podpira postopek odločanja v negotovih pogojih. Izmenjava in sodelovanje med alpskimi državami obljublja jasno dodano vrednost v vseh teh pogledih.

Primer dobre prakse sta klimatološka študija snežnih plazov v zadnjih 50 letih na območju francoskih Alp (Eckert s sodelavci 2012) ter mednarodni projekt *PermaNET* (2008–2011): Dolgoročni sistem opazovanja območij permafrosta (Medmrežje 17).

- *10 Ohranjanje in izboljševanje funkcionalnosti varovalnih gozdov*

Na dolgi rok bo povečanje temperature, pogostejše in intenzivnejše suše in širjenje škodljivcev in bolezni vplivalo na varovalne gozdove z drevesnimi vrstami, ki se ne morejo prilagoditi na takšne razmere. Ker varovalni in zaščitni gozdovi marsikje igrajo ključno vlogo pri zmanjševanju ogroženosti, ki jo povzročajo naravne nevarnosti, je ključno, da vzdržujemo in ohranjamo njihovo stabilnost in funkcionalnost, če se izkaže potreba pa izvajati izboljšave. Prožni varovalni gozdovi zahtevajo prilagodljive rešitve za njihovo upravljanje in izvajanje nege. Ti ukrepi lahko vključujejo izboljšanje strukture sestojev, spodbujanje ustreznega deleža posameznih rastlinskih vrst, spodbujanje naravne pomladitve, preprečevanje gozdnih požarov in zatiranje škodljivih organizmov in bolezni.

Primer dobre prakse je nemška iniciativa o gorskem gozdu iz leta 2007 (Medmrežje 18).



## 7 Sklep

Čeprav ima Slovenija zelo razvit sistem varstva pred naravnimi nesrečami, je kljub temu z vidika pričakovanih vplivov podnebnih sprememb močno izpostavljena in ranljiva. Tako kot večina držav z območja Alp pristopa k oblikovanju in izvajanju blažilnih in prilagoditvenih ukrepov na podnebne spremembe. Aktivna mednarodna izmenjava znanja in izkušenj v okviru Alpske konvencije je na tem področju zelo pomembna in dobrodošla. Deset priporočil sicer ne prinaša revolucionarno novih idej in pristopov, predstavlja pa logičen okvir za nadaljnje poglobljeno mednarodno sodelovanje in iskanje optimalnih poti do bolj vzdržnega ravnanja z okoljem in večje varnosti prebivalcev.

## 8 Viri in literatura

- Alpska konvencija 2013a: PLANALP. Medmrežje: <http://www.alpconv.org/sl/organization/groups/WGHazards/default.html/> (2. 9. 2013).
- Alpska konvencija 2013b: Mandat Platforme za naravne nesreče za obdobje 2013–2014. Medmrežje: [http://www.alpconv.org/sl/organization/groups/WGHazards/Documents/mandate2013-2014\\_PLANALP\\_sl.pdf/](http://www.alpconv.org/sl/organization/groups/WGHazards/Documents/mandate2013-2014_PLANALP_sl.pdf/) (2. 9. 2013).
- Eckert, N., Keylock, C. J., Castebrunet, H., Lavigne, A., Naaim, M. 2012: Temporal trends in avalanche activity in the french Alps and subregions: from occurrences and runout altitudes to unsteady return periods. *Journal of Glaciology* 59. Cambridge.
- EC European Commission 2009: White Paper. Adapting to climate change: Towards a European framework for action, Medmrežje: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2009:0147:FIN:EN:PDF/> (24. 12. 2013).
- EEA European Environment Agency 2009: Regional climate change and adaptation. The Alps facing the challenge of changing water resources. Copenhagen. Medmrežje: <http://www.eea.europa.eu/publications/alps-climate-change-and-adaptation-2009/> (2. 9. 2013).
- Greminger, P., Zischg, A. 2011: AdaptAlp WP6 Final Report. Risk management and risk prevention. Medmrežje: [http://www.adaptalp.org/index.php?option=com\\_docman&task=doc\\_view&gid=501&tmpl=component&format=raw&Itemid=79/](http://www.adaptalp.org/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=501&tmpl=component&format=raw&Itemid=79/) (24. 12. 2013).
- Medmrežje 1: <http://www.alpconv.org/sl/organization/groups/WGHazards/default.html/> (2. 9. 2013).
- Medmrežje 2: <http://www.alpconv.org/sl/organization/groups/WGWater/default.html/> (2. 9. 2013).
- Medmrežje 3: <http://www.wwa-ro.bayern.de/> (2. 9. 2013).
- Medmrežje 4: <http://www.lebensministerium.at/> (2. 9. 2013).
- Medmrežje 5: [http://www.llv.li/amtsstellen/llv-abs-sicherheit\\_in\\_liechtenstein.htm/](http://www.llv.li/amtsstellen/llv-abs-sicherheit_in_liechtenstein.htm/) (2. 9. 2013).
- Medmrežje 6: <http://www.sos112.si/slo/page.php?src=rd13.htm/> (2. 9. 2013).
- Medmrežje 7: <http://www.arso.gov.si/o%20agenciji/EU%20sofinancira/> (2. 9. 2013).
- Medmrežje 8: <http://www.aineva.it/> (2. 9. 2013).
- Medmrežje 9: <http://www.fondazionemontagnasicura.org/> (2. 9. 2013).
- Medmrežje 10: <http://www.gletschersee.ch/> (2. 9. 2013).
- Medmrežje 11: <http://www.gdi.liv.li/> (2. 9. 2013).
- Medmrežje 12: <http://www.clisp.eu> (2. 9. 2013).
- Medmrežje 13: <http://www.planat.ch/de/bilder-detailansicht/datum/2011/03/16/murgaenge-brienz-2005/> (2. 9. 2013).
- Medmrežje 14: <http://www.planat.ch/de/risikodialog/> (2. 9. 2013).
- Medmrežje 15: [http://www.lebensministerium.at/publikationen/wasser/leben\\_mit\\_naturgefahren.html/](http://www.lebensministerium.at/publikationen/wasser/leben_mit_naturgefahren.html/) (2. 9. 2013).
- Medmrežje 16: <http://www.wg-schmittenbach.at/> (2. 9. 2013).
- Medmrežje 17: <http://www.permanet-alpinspace.eu/> (24. 12. 2013).

Medmrežje 18: <http://www.forst.bayern.de>, <http://www.hswt.de>, <http://arcgisserver.hswt.de/Winalp/> (24. 12. 2013).

PLANALP 2010: Integral natural hazard risk management: recommendations, Medmrežje: [http://www.alpconv.org/en/organization/groups/WGHazards/Documents/20111221PLANALP\\_Hotspot\\_Paper.pdf](http://www.alpconv.org/en/organization/groups/WGHazards/Documents/20111221PLANALP_Hotspot_Paper.pdf) (2. 9. 2013).

PLANALP 2013: Alpine strategy for adaptation to climate change in the field of natural hazards; Medmrežje: [http://www.alpconv.org/it/organization/groups/WGHazards/Documents/PLANALP\\_Alpine\\_strategy.pdf](http://www.alpconv.org/it/organization/groups/WGHazards/Documents/PLANALP_Alpine_strategy.pdf) (2. 9. 2013).



## ZAVEDANJE VREMENSKE IN PODNEBNE SPREMENLJIVOSTI PRI PREBIVALCIH SLOVENIJE IN NJIHOVA PRIPRAVLJENOST NA UKREPANJE

**dr. Marko Polič**

Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Oddelek za psihologijo, Aškerčeva cesta 2, SI – 1000 Ljubljana, Slovenija  
marko.polic@guest.arnes.si

**dr. Barbara Lampič, dr. Marko Krevs, dr. Dušan Plut, dr. Irena Mrak, dr. Karel Natek, dr. Darko Ogrin**

Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Oddelek za geografijo, Aškerčeva cesta 2, SI – 1000 Ljubljana, Slovenija  
barbara.lampic@ff.uni-lj.si, marko.krevs@ff.uni-lj.si, dusan\_plut@t-2.net, irena.mrak@ff.uni-lj.si, karel.natek@guest.arnes.si, darko.ogrin@ff.uni-lj.si

**dr. Boštjan Bajec**

Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Oddelek za psihologijo, Aškerčeva cesta 2, SI – 1000 Ljubljana, Slovenija  
bostjan.bajec@ff.uni-lj.si

### IZVLEČEK

#### **Zavedanje vremenske in podnebne spremenljivosti pri prebivalcih Slovenije in njihova pripravljenost na ukrepanje**

Prispevek obravnava odnos prebivalcev Slovenije do vremenske in podnebne spremenljivosti, od zavedanja, do zaznave njihovih vzrokov in posledic ter njihovo pripravljenost na ukrepanje. Vremenska in podnebna spremenljivost zajemata vse oblike izrednih vremenskih in podnebnih razmer, ki imajo različen časovni in krajevni obseg, kar otežuje njihovo ustrezno zaznavo. To se kaže tudi v pogosto napačnem razumevanju njihovih vzrokov. Izsledki, pridobljeni na podlagi odgovorov 1311 anketirancev, podpirajo ugotovitve, da se prebivalci Slovenije zavedajo vremenskih in podnebnih sprememb, ki jih pripisujejo predvsem človeški dejavnosti ter so zaradi njih tudi zaskrbljeni. Mnogi že izvajajo različne ukrepe, s katerimi neposredno in posredno blažijo njihove posledice. Ugodna slika pa na državni ravni zbledi ob v naši družbi že večkrat izkazanem dejstvu, da smo na deklarativni ravni pripravljeni marsikaj narediti, dejansko pa gre vse mnogo počasneje.

### KLJUČNE BESEDE

vremenska spremenljivost, podnebna spremenljivost, zaznavanje, globalno segrevanje ozračja, ukrepi

### ABSTRACT

#### **Weather and climate change awareness among the inhabitants of Slovenia and their preparedness to react**

The paper discusses the relation of inhabitants of Slovenians towards weather and climate change – from the awareness, to perception of the causes and consequences as well as their preparedness to respond. Weather and climate change encounter all the forms of exceptional weather and climate conditions which have various time and spatial extent that negatively impact their proper perception. This is usually reflected in the often misunderstood causes of the change. The preliminary results based on the responses of the 1311 questionnaires show that Slovenians are aware of the weather and climate change which they recognize as being caused by human activities. The changes also concern them and many are already implementing various

*measures in order to directly or indirectly alleviate the consequences. On the other hand in the national politics and policies the reaction is much slower which confirms the fact that mostly on a declarative level we are prepared to act.*

**KEY WORDS**

*weather variability, climate changes, perception, global warming, measures*

## 1 Uvod

Človekovo zaznavanje sprememb v okolju je pomemben vzvod tako za njegovo uspešno prilagajanje spremembam kot tudi za blaženje njihovih posledic. Raziskava zaznavanja vremenskih in podnebnih sprememb med prebivalci Slovenije, razumevanje njihovih vzrokov in posledic, dosedanje in načrtovano odzivanje prebivalstva, je interdisciplinarna in povezuje psihologijo in geografijo, ki proučujeta tako način odzivanja človeka kot zapletene naravne in antropogene procese v okolju.

Kot je zapisano v poročilu Ameriškega psihološkega združenja o podnebnih spremembah (Swim in sodelavci 2009), so v preteklem stoletju človekove dejavnosti spremenile podnebje na Zemlji čez temperaturni okvir, v katerem se je v zadnjih 10.000 letih (po zadnji ledeni dobi) razvijalo človeštvo. Podnebne spremembe, ki so bile sprva bolj domena obravnavanja znanstvenikov, vse bolj zanimajo tudi širšo javnost. To se kaže tudi v povečanem številu psiholoških raziskav, povezanih z njimi, še posebej po letu 1980. Njihovo število se je bistveno povečalo v zadnjem desetletju, tudi zaradi vse večjega zavedanja strokovne in širše javnosti o njihovi pomembnosti za preživetje človeštva. Tako je tudi več uglednih psiholoških združenj (npr. Ameriško psihološko združenje, Avstralsko psihološko združenje, združenje Psihologi za socialno odgovornost in druga) s svojimi aktivnostmi opozorilo na psihološka spoznanja povezana s podnebnimi spremembami in na nujnost aktivnosti za njihovo preprečevanje oziroma blažitev posledic.

Ta spoznanja so pomembna, saj so vremenske in podnebne spremembe tako posledica notranje spremenljivosti v vremenskem in podnebnem sistemu kot tudi zunanjih vplivov. Ti so lahko naravni in antropogeni. V zadnjih desetletjih so v ospredju predvsem slednji, ki se kažejo v naraščanju koncentracije toplogrednih plinov v atmosferi, ki spreminjajo njene prenašalske lastnosti in, kakor vse kaže,



DARKO OGRIN

*Slika 1: Padavinski scenariji za bodoče podnebje pri nas so bolj negotovi. Po vsej verjetnosti bo več ekstremnih padavinskih dogodkov, na eni strani daljših padavinskih obdobj z obilnimi padavinami in povečano poplavno ogroženostjo, na drugi strani pa daljših sušnih obdobj. Na sliki je poplavljen Ljubljansko barje ob poplavah septembra 2010.*

povzročajo postopno naraščanje globalne temperature (Ogrin 2005). Mnogi vplivi so prostorsko specifični zaradi geografskih razlik v učinkih in odzivi nanje utegnejo zahtevati pomembne kulturne premike.

Večina klimatologov in meteorologov po svetu je prepričanih, da je antropogeno spreminjanje globalnega podnebja realnost. Povezujejo ga predvsem z naraščanjem koncentracije toplogrednih plinov v atmosferi, predvsem ogljikovega dioksida (Kajfež Bogataj 2001; Fagan 2005) in s tem povezanim povečanim toplogrednim učinkom, ki se kaže v postopnem globalnem segrevanju ozračja. Koncentracija ogljikovega dioksida je bila leta 2012 že 394 ppm (Kajfež Bogataj 2012, 56), kar je okoli 40 % nad koncentracijo pred industrijsko dobo. Ozračje pri tleh se je v zadnjih 100 letih segrelo za okoli 0,8 °C (Stališče SMD o podnebnih spremembah, 8), večina tega trenda odpade na segrevanje po letu 1980. S segrevanjem ozračja na globalni in lokalni ravni se spreminjajo tudi druge vremenske in podnebne razmere ter pokrajinske značilnosti. Izpostaviti velja naraščanje gladine svetovnega morja, zakisovanje morij, spreminjanje padavinskega režima in povečevanje sušnosti, taljenje gorskih ledenikov in polarnih ledenih pokrovov ter spremembe v biosferi, kot so izumiranje in migriranje vrst (Ogrin 2012). Večina strokovnjakov tudi meni, da se bodo sedanji trendi nadaljevali vsaj prvi dve tretjini 21. stoletja, spremembe povezane z njimi bodo bistveno inpravioma negativno vplivale na globalne ekosisteme, ogrožale opravljanje življenjsko pomembnih ekosistemskih funkcij, zmanjšale biotsko raznovrstnost, oteževale materialno dejavnost človeštva in proizvodnjo hrane ter poslabšale bivalne pogoje. V primeru nadaljevanja dosedanjih trendov se bodo emisije toplogrednih plinov do konca 21. stoletja podvojile (Yamin in Depledge 2004).

Prav tako podnebne spremembe ljudje težko opazijo zaradi njihove dolgoročnosti, razmeroma počasnega razvoja in raznolikosti pojavnih oblik. So zapleten in pester pojav, ki ga je možno presojati z različnih vidikov. Ljudje namreč ne doživljamo podnebnih sprememb zgolj neposredno, ampak tudi prek informacij v medijih ter z izobraževanjem. Osebna izkušnja je pogosto posredna in zato delna ter kot taka lahko tudi zavajajoča. Podnebne spremembe so tudi pomembni gonilniki mnogih naravnih nesreč. Swim in sodelavci (2009) obravnavajo človeške razsežnosti podnebnih sprememb na podlagi ugotovitev Ameriškega psihološkega združenja. Podnebne spremembe tako vključujejo zaznavo tveganja, psihološko blagostanje, medskupinske odnose, ranljivost različnih skupin, njihovo sposobnost prilagajanja in tudi različna etična vprašanja. Ukrepi se lahko srečujejo tudi z odpori, tako na individualni kot na višjih ravneh, tudi državnih.

V prispevku predstavljamo, kako prebivalci Slovenije razumejo podnebne spremembe, kje vidijo njihove vzroke, katere so pojavne oblike in posledice ter kaj so sami pripravljene storiti za njihovo blažitev oziroma preprečevanje.

## 1.1 Teoretična izhodišča zaznavanja

Teorij, ki bi nam lahko pomagale razumeti odzive ljudi na podnebne spremembe, od njihovega razumevanja do vedenja, je več. Do podnebnih sprememb se mnogi ljudje ne vedejo dosledno, kar lahko razlagamo s tem, da podnebne spremembe zaznavajo kot psihološko oddaljeno zadevo, ki prizadeva druge kraje in druge ljudi ter zadeva predvsem prihodnost. Teorija sestavljenih ravni (*Construal level theory*), ki sta jo razvila Liberman in Trope (2008), govori o štirih ključnih razsežnostih psihološke razdalje: prostorski ali geografski razdalji, časovni razdalji, razdalji med opazovalcem in socialno tarčo (drug posameznik ali skupina) in negotovosti (kolikšna je verjetnost, da se bo nek dogodek zgodil). Podnebne spremembe naj bi bile v zaznavah oddaljene na vseh razsežnostih (Spence in sodelavci 2012). Po tej teoriji naj bi bila psihološka razdalja do nekega objekta ali dogodka neposredno povezana z načinom, na katerega si ga ljudje zamislijo. Psihološko oddaljeni dogodki so zastopani z abstraktnimi konstrukti na visoki ravni, ki jih sestavljajo splošne dekontekstualizirane lastnosti. Psihološko bližnji dogodki so zastopani s konkretnimi konstrukti na nizki ravni in jih sestavljajo posebne kontekstualne podrobnosti. Obojni dražljaji so zastopani v podobnem miselnem prostoru, vse razsežnosti razdalje so prepletene tako, da vpliv na enem vidiku razdalje lahko vpliva na vse druge. Pomembna razlika med abstraktnimi in konkretnimi predstavami je v njihovi čustveni moči in vplivu. Kot pišejo Swim in sode-

lavci (2009), abstraktne in časovno oddaljene posledice nimajo konkretnih asociacij s sedanostjo in bližino, zato ne vzbujajo toliko strahu. Ugotovitve (Spence in sodelavci 2012) kažejo, da so podnebne spremembe na različnih razsežnostih lahko tako psihološko oddaljene kot bližnje.

Več raziskovalcev je opozorilo na vpliv kulture na zaznavo tveganja. Douglas in Wildavsky (1982) razlikujeta pet različnih »kultur« (hierarhično, individualistično, egalitarno, fatalistično in puščavniško), ki se razlikujejo po vzorcih medosebnih odnosov tako, da to vpliva na zaznavo tveganja. Hierarhično urejene skupine zaznavajo industrijska in tehnološka tveganja kot priložnosti in tako manj nevarna, egalitarne skupine pa jih zaznavajo kot grožnjo svojemu socialnemu ustroju. Leiserowitz (2006) je s svojimi raziskavami ta pogled podprl.

Upoštevati je treba tudi poglede Slovica (1987) in drugih, ki so se ukvarjali z zaznavo tveganja ter proučevali tudi razlike med strokovnjaki in laiki. Presoje slednjih pogosto zajemajo širše vidike, strokovne pa se omejujejo na statistične podatke. Neredko se lahko vprašamo, zakaj se ljudje včasih takoj odzovejo na opozorilo, drugič pa sploh ne in se celo ne zmenijo za opozorila o resni nevarnosti. Na ta vprašanja sta odgovorila predvsem Fischhoff in Slovic s sodelavci (1986). Iz njihovih raziskav izhaja, da je bojazen pred neko nevarnostjo večja, če:

- je izpostavljenost neprostovoljna (jez, zgrajen nad naseljem);
- je neenako razpršena (nekateri imajo korist, drugi škodo);
- je neizogibna;
- izhaja iz neznanega ali novega vira;
- jo povzroča človek;
- povzroča skrito in nepovratno škodo (bolezen, ki izbruhne več let po izpostavljenosti);
- še posebej ogroža majhne otroke in nosečnice in prihodnje generacije;
- oblika smrti vzbuja posebno grozo;
- poškoduje znane osebe in ne neznanih žrtev;
- jo znanost slabo razume;
- odgovorni vir(i) ponuja(jo) protislovne trditve.

Posamezni dejavniki so med seboj odvisni. Lahko jih uporabimo tudi pri napovedi zaznave nevarnosti.

Omenili smo že, da je od osemdesetih let 20. stoletja dalje zanimanje za psihološke vidike podnebnih sprememb vse bolj naraščalo. Poročilo o podnebnih spremembah (Eurobarometer 2011) kaže različne vidike odnosa prebivalstva do podnebnih sprememb v evropskih državah. Rezultati kažejo, da evropska javnost podnebne spremembe vidi kot drugi največji svetovni, lahko rečemo tudi globalni problem (takoj za revščino in lakoto ter pomanjkanjem pitne vode).

Raziskave (na primer Swim in sodelavci 2012) so opozorile tudi na mnoge druge značilnosti zaznave podnebnih sprememb, od njihovega napačnega povezovanja z ozonsko luknjo, mešanja pojmov 'vreme' in 'podnebje', vplivov politične pripadnosti na njihovo zaznavo (v ZDA jih konzervativni republikanci v večji meri pojmujejo kot naraven proces, liberalni demokrati pa za povzročen po ljudeh), medkulturnih razlik v zaznavi vloge zaupanja v znanstvenike, medijskih prikazov.

## 2 Metoda

V raziskavi je sodelovalo 1311 oseb, ki so predstavljale kvotni vzorec prebivalcev vseh slovenskih statističnih regij. Spolno je bil vzorec izenačen (51,1 % žensk in 48,9 % moških), stari so bili od 18 do 90 let, s povprečno starostjo 43,79 let (SD = 16,08 let). Večina (40 %) je dokončala srednjo šolo, 30,4 % visoko ali univerzo, 19,6 % poklicno in 9,3 % osnovno šolo ali manj. Večina (51,7 %) je bila zaposlenih, 17,3 % je bilo študentov, 15,7 % upokojujencev, 9,4 % samozaposlenih in 5,8 % brezposelnih. Vzorec ni povsem reprezentativen za prebivalce Slovenije, saj je skušal predvsem v zadostnem številu zajeti prebivalce vseh regij. Pri izboru smo bili posebej pozorni na zastopanost anketiranih, ki se ukvarjajo



s kmetijstvom, saj lahko pričakujemo, da ta del populacije drugače, bolj neposredno, dojema podnebne spremembe, v primerjavi z ljudmi drugih poklicev.

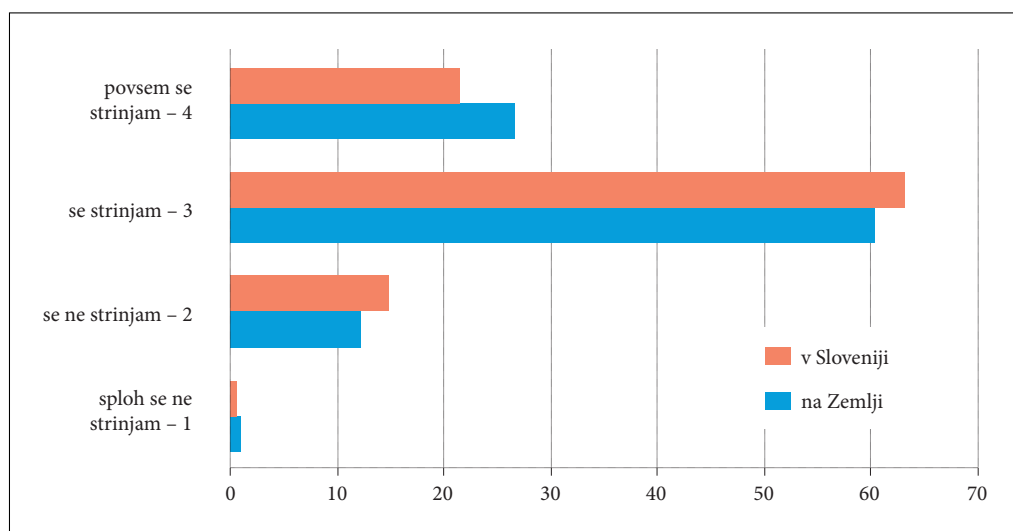
Za namene raziskave smo uporabili vprašalnik, narejen na osnovi več tujih raziskav (Spence in sodelavci 2012), predhodno izvedenega poglobljenega intervjuja o podnebnih spremembah, opravljenega s 17 osebami različnih poklicev ter različnih drugih teoretičnih in praktičnih izhodišč (Ajzenova teorija načrtovanega vedenja, teorija sestavljenih ravni, teorija miselnih modelov, zanimanje za odnos kmečkega prebivalstva do podnebnih sprememb). Ob osnovnih podatkih o anketirancih so vprašanja zajemala stališča do obstoja podnebnih sprememb, njihovih vzrokov in posledic ter možnih protiukrepev, prisotnost različnih vedenj povezanih z blažitvijo oziroma preprečevanjem posledic.

Anketiranje je bilo izvedeno osebno, na domu anketirancev od januarja do junija 2013. Izvedli so ga študenti geografije Filozofske fakultete Univerze v Ljubljani in Univerze v Mariboru, študenti Visoke šole za varstvo okolja iz Velenja in študenti Fakulteta za turistične študije Univerze na Primorskem. Vsi so bili predhodno seznanjeni z anketnim vprašalnikom, prejeli so tudi navodila glede izbora udeležencev na terenu. V vzorec smo zajeli prebivalce iz vseh slovenskih statističnih regij. Za vnos podatkov smo uporabili spletno orodje, ki je omogočilo učinkovitejše sodelovanje anketarjev iz različnih delov Slovenije. Statistične analize smo izvedli s pomočjo programa SPSS.

### 3 Rezultati in razprava

Mnenja anketirancev o obstoju vremenskih in podnebnih sprememb smo preverjali z vprašanjem, ali se je v zadnjih 100 letih podnebje na Zemlji spremenilo. Večina udeležencev se z obstojem teh sprememb strinja (58,9 %) oziroma zelo strinja (27,4 %) (slika 2). Le 13,7 % se jih s tem bolj ali manj ne strinja. Podatki podpirajo dosedanje ugotovitve (Eurobarometer 2011; Toš in sodelavci 2013), da se prebivalci Slovenije zelo zavedajo podnebnih sprememb.

Ženske se podnebnih sprememb zavedajo nekoliko bolj kot moški (srednja ocena 3,16 nasproti 3,01), ni pa statistično pomembnih razlik med različno izobraženimi. Nasploh so ženske nekoliko bolj občutljive za podnebne spremembe.



Slika 2: Strinjanje s trditvama, da se je v zadnjih 20 letih bistveno povečalo število vremenskih ujm na Zemlji in v Sloveniji.

Večina udeležencev se strinja s trditvijo, da se je število ujm v zadnjih 20 letih povečalo, tako na Zemlji kot v Sloveniji. Ženske so v to nekoliko bolj prepričane kot moški (3,19 nasproti 3,06 in 3,11 nasproti 3,00), izobrazba pa statistično pomembno na to trditev ne vpliva.

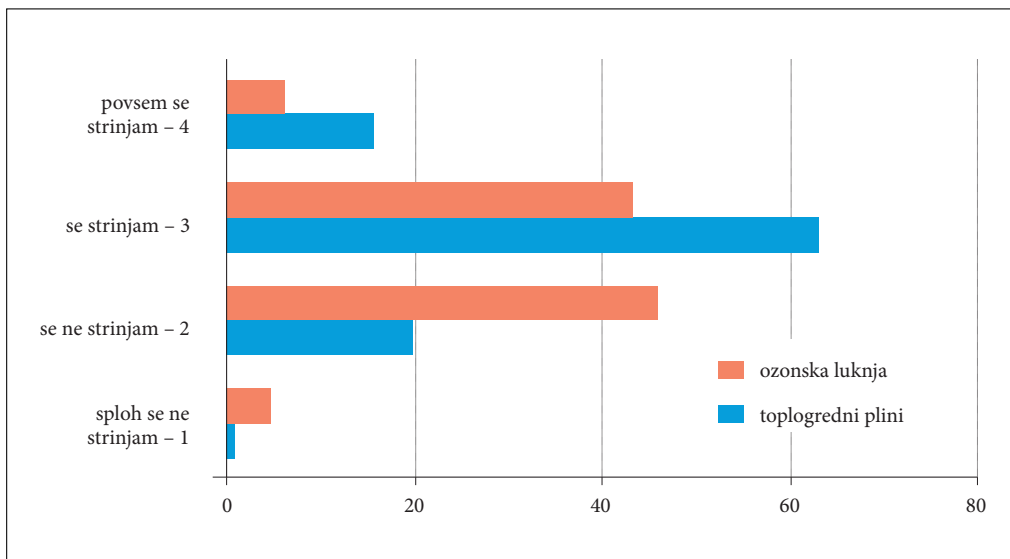
Zanimivi so odgovori na vprašanje o vzrokih podnebnih sprememb. Velika večina (69,2%), se bolj ali manj strinja s stališčem, da je za podnebne spremembe odgovoren človek s svojim delovanjem, več kot tretjina (36,9%) pa se strinja z mnenjem, da gre za naravni proces (slika 3). Ženske v nekaj večji meri kot moški menijo, da je za podnebne spremembe kriv človek (2,88 nasproti 2,80). Zgolj v primeru, da bodoljudje prepričani, da gre za proces, ki ga povzroča človek, se bodo lotili ukrepanja.

Zastavlja se tudi vprašanje, kako ljudje neposredno zaznavajo vzroke podnebnih sprememb.

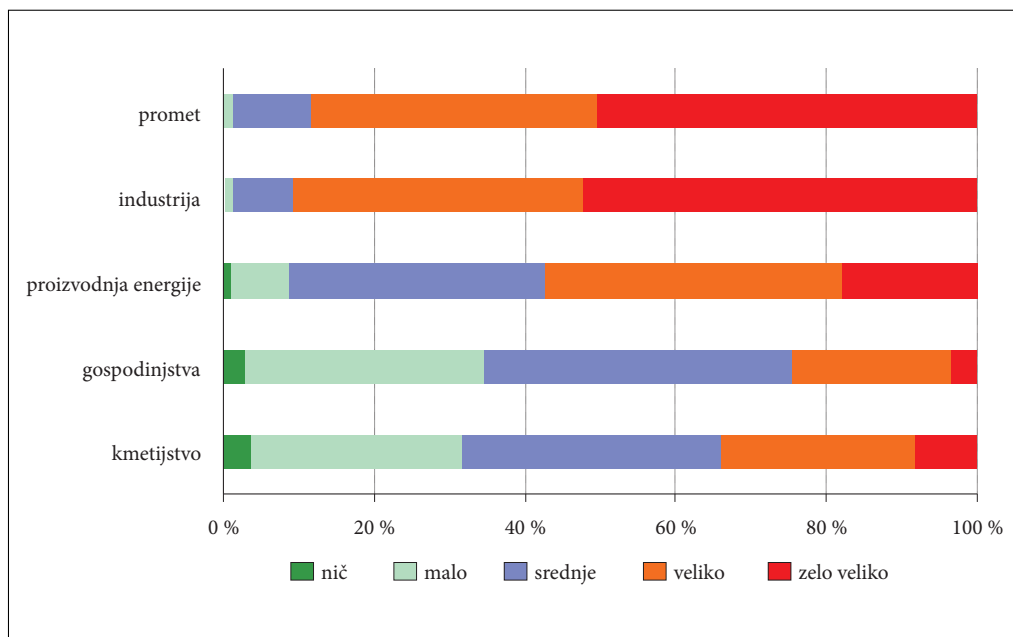
Večina (79%) meni, da podnebne spremembe povzročajo predvsem zgostitev toplogrednih plinov v ozračju kot posledica uporabe fosilnih goriv. Toda skoraj polovica (49,3%) udeležencev je prepričanih, da podnebne spremembe povzročajo predvsem ozonska luknja. Ta napačna trditev je doživela nadpolovično podporo že v raziskavah slovenskega javnega mnenja leta 1993 in 2000 (Toš in sodelavci 2013). Skupno pojavljanje in skupna zaskrbljenost zaradi obeh pojavov (podnebnih sprememb in ozonske luknje) ter pomanjkljiva znanja so najbrž v ozadju tega prepričanja. Povezovanje podnebnih sprememb z ozonsko luknjo se je pokazalo tudi v ugotovitvah drugih raziskav (Sundblad in sodelavci 2009). Napačno razumevanje vzrokov lahko vodi v zavračanje pravih in podpiranje oziroma izvajanje napačnih ukrepov.

Pomemben dejavnik razumevanja antropogeno pogojenih podnebnih sprememb in pripravljenosti na ukrepanje je poznavanje glavnih virov onesnaževanja ozračja (slika 4). Anketirani so morali oceniti (od 1 – nič do 5 – zelo veliko), koliko k podnebnim spremembam na Zemlji pripomorejo različne človekove dejavnosti.

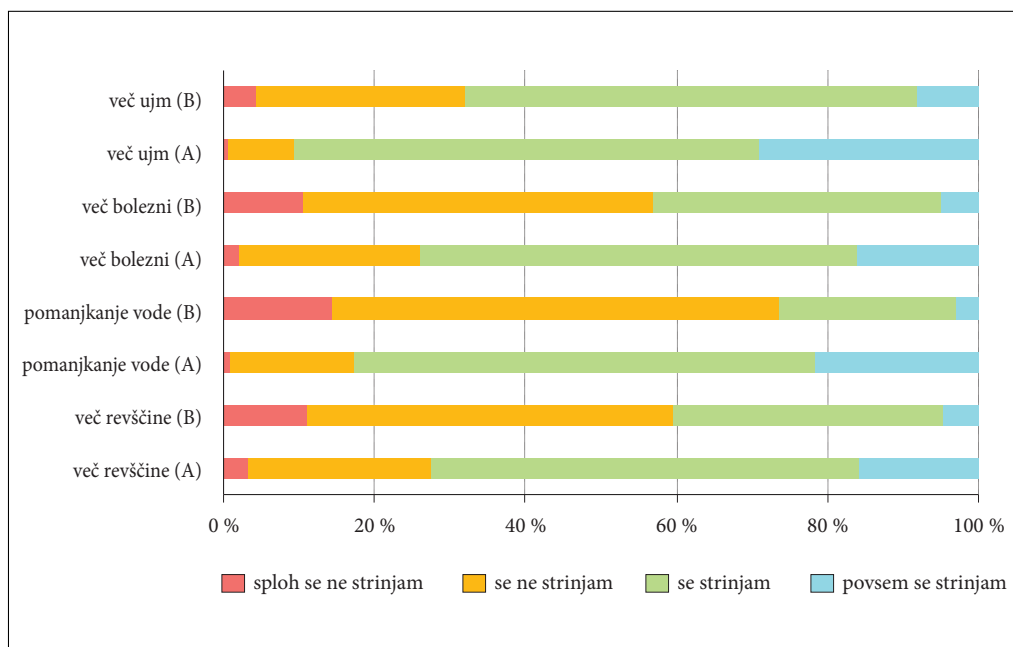
Glavna onesnaževalca sta po mnenju vprašanih predvsem industrija in promet, v precej manjši meri pa kmetijstvo in gospodinjstva. Tak pogled ne odraža dejanskega prispevka teh dveh dejavnosti k onesnaževanju ozračja. Anketiranci izhajajo iz napačne predpostavke, da nivečje razlike med prispevkom posameznih dejavnosti k povečanju lokalnih emisij onesnaženega ozračja in k povečanju emisij toplogrednih plinov, ki povzročajo globalne podnebne spremembe. Podatki namreč kažejo, da največ globalnih emisij toplogrednih plinov povzročajo proizvodnja energije.



Slika 3: Mnenje o vzrokih podnebnih sprememb.



Slika 4: Ocene virov onesnaževanja ozračja.



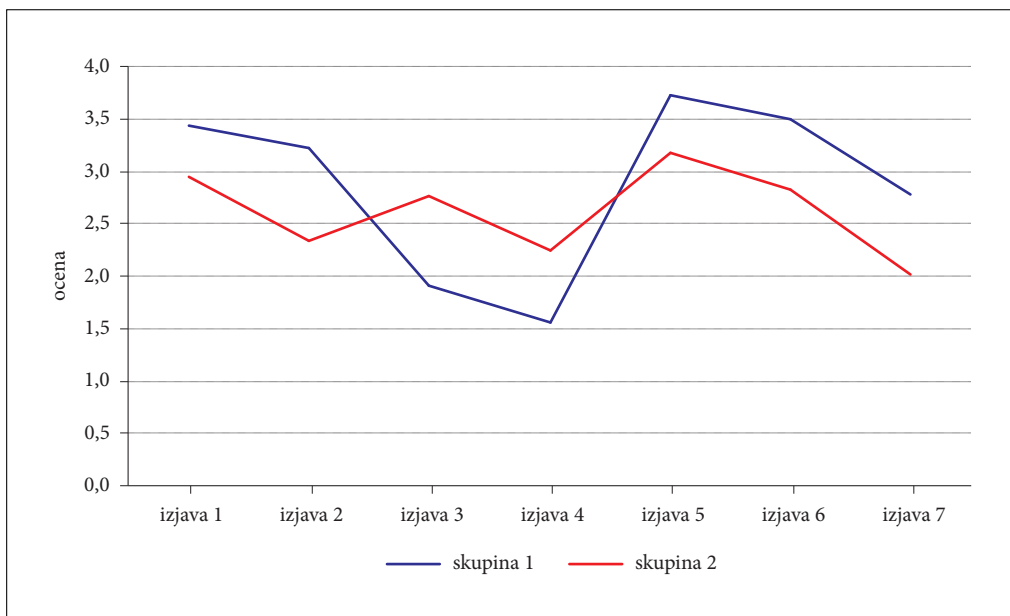
Slika 5: Strinjanje z možnimi posledicami podnebnih sprememb nasplah (A – Zemlja) in lokalno (B – doma).

Pomemben del raziskave se osredotoča na mnenja anketirancev o posledicah podnebnih sprememb (slika 5). Povsem očitno je, da so udeleženci prepričani, da se hude posledice podnebnih sprememb pojavljajo predvsem drugje na Zemlji, kot pa lokalno, da so bolj prizadeti ljudje na drugih območjih, kot pa oni sami v svojem domačem okolju. To je povsem v skladu s teorijo sestavljenih ravni in ugotovitvami Spencea in sodelavcev (2012).

Zanimivo je, da se oceni pogostosti ujm na Zemlji in v Sloveniji ne razlikujejo v tolikšni meri. Seveda dramatični medijsko poročanje o orkanih in tornadnih, hudih sušah in poplavah ter siromaštvu in bedi na različnih krajih Zemlje prispevajo k takim ocenam, ne glede na spremembe v prisotnosti in značilnostih ujm v Sloveniji.

Možne in zaznane posledice vremenskih in podnebnih sprememb lahko povzročajo zaskrbljenost, saj so nekatere dejansko hude in razmeroma pogoste. Nekateri anketiranci vendarle menijo, da se s prikazovanjem problema podnebnih sprememb pretirava (slika 6). Na tem mestu bi spet lahko omenili težnjo medijev po uravnoteženju različnih pogledov.

Kar 66,4 % udeležencev je zaskrbljenih zaradi podnebnih sprememb, 37,7 % pa meni, da se z njihovo resnostjo pretirava. Bolj zaskrbljene so ženske kot moški (ocena 2,89 nasproti 2,72), izobrazba pa na zaskrbljenost ne vpliva, le tisti z nižjo izobrazbo se nekaj bolj strinjajo s trditvijo, da se z resnostjo vremenskih in podnebnih sprememb pretirava.



Slika 6: Analiza izjav o stanju, zaskrbljenosti in ukrepanju z metodo voditeljev (K-means).

Opomba:

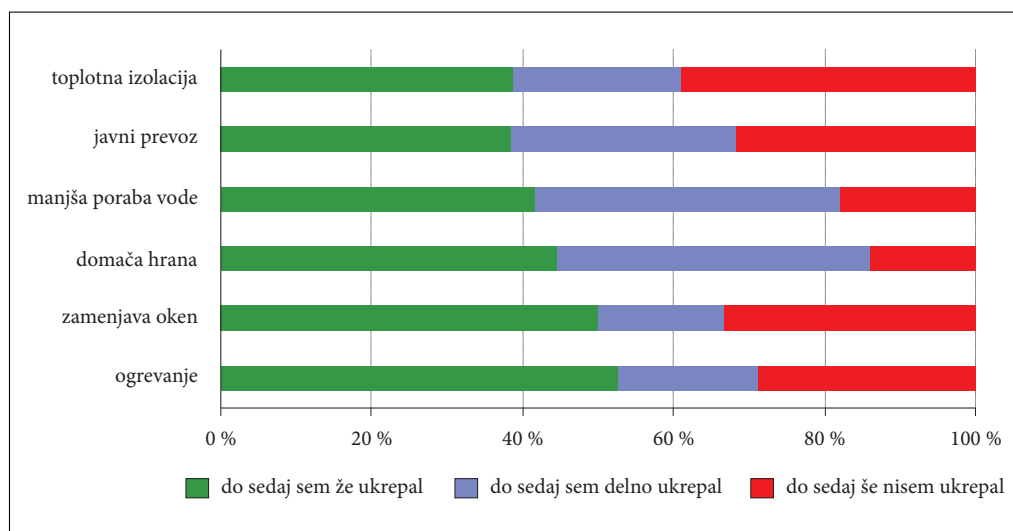
1. V zadnjih sto letih se je podnebje na Zemlji zelo spremenilo.
2. Zelo sem zaskrbljen zaradi podnebnih sprememb.
3. Z resnostjo podnebnih sprememb se pretirava.
4. Nič ne moremo narediti, da bi preprečili podnebne spremembe na Zemlji.
5. Vse države sveta bi morale sodelovati pri odpravljanju vzrokov za podnebne spremembe.
6. Slovenija mora zmanjšati emisije toplogrednih plinov ne glede na to, kaj bodo storile druge države.
7. Uvesti je potrebno poseben davek na fosilna goriva, ki bi spodbudil ljudi k manjši uporabi osebnih avtomobilov.

Analiza z metodo voditeljev (*K-means*), s katero iščemo skupke oseb ali spremenljivk, ki se čim bolj razlikujejo, nam pokaže dve skupini oseb, ki se v svojih odgovorih statistično pomembno razlikujejo. Tisti, ki se bolj zavedajo vremenskih in podnebnih sprememb, so tudi bolj zaskrbljeni zaradi njih. Veliko manj se strinjajo s trditvama, da se z njimi pretirava in da se ne da nič narediti ter se v veliko večji meri strinjajo, da bi pri ukrepanju morale sodelovati vse države, torej da bi tudi Slovenija morala zmanjšati emisije toplogrednih plinov. Očitno so različna stališča in pogledi med seboj povezani in mora zato kakršnokoli komuniciranje z javnostjo ter ukrepanje to tudi upoštevati.

Podnebne spremembe, posebej če so posledica človeškega vedenja, zahtevajo ukrepanje. Večina udeležencev se ne strinja s trditvami, da se glede podnebnih sprememb ne da ukrepati (83,2 %), da njihovi učinki niso zanesljivo znani (69,7 %) in da naj Slovenija zmanjša emisije toplogrednih plinov le, če bo tako sklenila EU (78,1 %). Vsi pa se zelo strinjajo s trditvama, da mora Slovenija zmanjšati emisije (86,6 %) in, da bi morale pri odpravljanju podnebnih sprememb sodelovati vse države sveta (95,9 %). Ti odgovori kažejo na visoko stopnjo ozaveščenosti javnosti, kar pomembno razširja spoznanja Eurobarometra (2011) o visoki stopnji zavedanja problema posledic podnebnih sprememb v Sloveniji v primerjavi z večino držav članic EU 27.

Ukrepi za blaženje vremenskih in podnebnih sprememb pa se ne tičejo samo držav in vlad, ampak tudi slehernega posameznika. Gospodinjstva so odgovorna za približno 20 % emisij toplogrednih plinov v Evropski uniji, še 10 % emisij prispeva uporaba osebnih vozil. Vsak od nas ima možnost vplivati na emisije, skupno lahko posamezniki dosežemo bistveno zmanjšanje emisij toplogrednih plinov. Načinov je precej, govorimo o drobnih korakih za blaženje podnebnih sprememb kot npr. boljše izolacija stanovanjskih objektov, znižana temperatura v prostorih, ugašanje luči, hlajenje z zračenjem in ventilatorjem, uporaba pralnega in pomivalnega stroja samo, kadar sta polna, uporab sušilnega stroja le, če je to nujno, prhanje namesto potratnega kopanja v kopalni kadi, kupovanje lokalno pridelane hrane, zmanjšanje količine odpadkov, njihovo ločevanje in recikliranje, hoja in kolesarjenje ali raba javnega prevoza za dostop v službo, šolo, izogibanje vožnji na kratke razdalje, če je možno, potovanje z vlakom namesto z avtom ali letalom (Evropska komisija 2007; v: Kajfež Bogataj 2008, 125–126).

Zanimalo nas je, kaj o tem menijo udeleženci, in kaj so dejansko pripravljene narediti za zmanjšanje ali blažitev posledic. Kar precej jih je že tako ali drugače ukrepalo, kar kaže, da se njihovo zavedanje in zaskrbljenost v določenem obsegu prelivata tudi v konkretno ukrepanje.



Slika 7: Samoporočano ukrepanje za prilagajanje na podnebne spremembe.

Posamezne ukrepe je lažje izvajati (kupovanje doma pridelane hrane, ali zmanjševanje porabe vode), drugi spet pa zahtevajo velika vlaganja (zamenjava oken, toplotna izolacija stavbe), ali pa so povezani s kakovostjo javnih uslug (javni prevoz). Deloma so s tem povezani tudi odgovori udeležencev, saj je največji delež tistih (skoraj 40 %), ki še niso ukrepali na področju izboljšanja toplotne izolacije doma. Na drugi strani pa je zamenjava oken tudi precejšnja investicija, izvedlo pa jo je kar 50 % anketirancev. Predvsem je očitno ukrepanje prebivalcev na področju kupovanja lokalno pridelane hrane, zmanjšanja porabe vode in načina ogrevanja.

## 4 Sklep

Velika večina strokovnjakov na osnovi številnih empiričnih podatkov sodi, da so antropogene vremenske in podnebne spremembe dejstvo, ki zahteva prilagajanje in preprečevanje oziroma njihovo blaženje. Odnos do podnebnih sprememb, od njihovega zavedanja pa do ukrepanja, pa se kaže kot zelo zapleten proces, na katerega vplivajo mnogi dejavniki. Zaradi prepletenosti različnih dejavnikov ga je potrebno obravnavati celovito, če želimo doseči najširšo podporo okolju bolj prijaznemu ravnanju.

Slovenci se po podatkih Eurobarometra (2011) uvrščamo med države, ki podnebne spremembe kot globalni problem uvrščamo med bolj pomembne, vendar smo ena redkih evropskih držav, kjer se je zaskrbljenost zaradi njih v obdobju od leta 2009 do 2011 zmanjšala. Tudi izvedena anketa zaznava podnebnih sprememb med prebivalci je pokazala, da se velika večina zaveda njihove prisotnosti (86 %), kar 66,4 % vprašanih pa je zaradi njih tudi zelo zaskrbljenih. Pokazalo se je tudi, da smo prepričani, da se hude posledice vremenskih in podnebnih sprememb bolj pojavljajo drugje na Zemlji kot pri nas (pred-



KAREL NATEK

*Slika 8: Podnebne spremembe so lahko gonilniki mnogih naravnih nesreč. Odzivnost prebivalstva pri izvajanju predvsem preventivnih ukrepov pa je v praksi pogosto skromna. Zemeljski plaz je 12. 7. 2009 za las 'zgrešil' stanovanjsko hišo v Lokovici pri Soštanju.*

vsem pojav lakote, bolezni in pomanjkanje vode), kar lahko v določeni meri pripišemo tudi oblikovanju mnenj na podlagi informacij v medijih.

Kljub izkazanemu zanimanju in skrbi zaradi podnebnih sprememb in njihovih posledic, pa so odgovori na vprašanja opozorila tudi na razmeroma slabo poznavanje dejanskih vzrokov (npr. ozonska luknja) in tudi slabše poznavanje vloge posameznih človekovih dejavnosti pri onesnaževanju ozračja.

Predvsem so pomembne ugotovitve glede samega ukrepanja v kontekstu zmanjševanja učinkov podnebnih in vremenskih sprememb. Zelo pozitivna je ugotovitev, da visok delež (prek 83 %) udeležencev verjame, da je možno ukrepanje, ki bo zmanjšalo negativne posledice podnebnih sprememb. Glede dejanskega ukrepanja se je pokazalo, da smo na nekaterih področjih že zelo odzivni (pazljivost pri porabi vode (86 %), načrtno kupovanje lokalno pridelane hrane (82 %), spremembe pri ogrevanju (71 %)). Žal zapisano zbledi ob v naši družbi že večkrat izkazanem dejstvu, da smo na deklarativni ravni marsikaj pripravljeni narediti, v praksi pa se nič ne premakne ali gre vse zelo počasi. Še posebej velja to v primerih, ko okrepi pomenijo poseg v naše ustaljeno stanje, ravnanje, razmišljanje ali blagostanje.

Ugotavljamo, da na področju oblikovanja politik ostaja še precej odprtih možnosti za vplivanje na javno mnenje in posledično povečanje odzivnosti prebivalstva pri izvajanju ukrepov za preprečevanje antropogenih vplivov na okolje in blaženje posledic vremenskih in podnebnih sprememb.

*Zahvala: Rezultati interdisciplinarne raziskave so nastali v okviru temeljnega raziskovalnega projekta Vzorci prilagajanja človekovih dejavnosti spremembam v okolju po zadnjem glacialnem maksimumu v Sloveniji (J6–4016), ki se izvaja pod vodstvom Oddelka za geografijo Filozofske fakultete Univerze v Ljubljani kot vodilna inštitucija in ga financira Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenija.*

## 5 Viri in literatura

- Douglas, M., Wildavsky, A. 1982: Risk and Culture. Berkeley.
- Etkin, D., Ho, E. 2007: Climate change: Perception and discourses of risk. Journal of Risk Research 10-5. London.
- Eurobarometer 2011: Climate change. Medmrežje: [http://ec.europa.eu/public\\_opinion/archives/ebs/ebs\\_372\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/public_opinion/archives/ebs/ebs_372_en.pdf) (15. 8. 2013).
- Evropska komisija 2007: Green Paper from the Commission to the Council. The European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions – Adapting to Climate Change in Europe – options for EU action. Bruselj.
- Fischhoff, B., Lichtenstein, S., Slovic, P., Derby, S. L., Keeney, R. L. 1981: Acceptable Risk. Cambridge.
- Kajfež Bogataj, L. 2001: Klimatske spremembe in njihove posledice – dejstva in predvidevanja. Gozdarski vestnik 59-4. Ljubljana.
- Kajfež Bogataj, L. 2008: Kaj nam prinašajo podnebne spremembe? Ljubljana.
- Kajfež Bogataj, L. 2012: Vroči novi svet. Ljubljana.
- Leiserowitz, A. A. 2006: Climate change risk perception and policy preferences: the role of affect, imagery and values. Climatic Change 77. Dordrecht.
- Liberman, N., Trope Y. 2008: The psychology of transcending the here and now. Science 322. New York.
- Ogrin, D. 2005: Spreminjanje podnebja v holocenu. Geografski vestnik 77. Ljubljana.
- Ogrin, D. 2012: Podnebni trendi po letu 1850. Geografija v šoli 21, 1-2. Ljubljana.
- Slovic, P. 1986: Informing and educating the public about risk. Risk Analysis 6. New York.
- Spence, A., Poortinga, W., Pidgeon, N. 2012: The psychological distance of climate change. Risk Analysis 32-6. New York.
- Stališče SMD o podnebnih spremembah 2011. Vetrnica 3-11. Ljubljana.

- Sundblad, E. L., Biel, A., Garling, T. 2009: Knowledge and confidence in knowledge about climate change among experts, journalists, politicians, and laypersons. *Environment and Behavior* 41-2. Thousand Oaks.
- Swim, J., Clayton, S., Doherty, T., Gifford, R., Howard, G., Reser, J., Stern, P., Weber, E. 2009: *Psychology & Global Climate Change: Addressing a Multi-faceted Phenomenon and Set of Challenges. A Report of the APA. Task Force on the Interface Between Psychology and Global Climate Change.* Medmrežje: <http://www.apa.org/about/publications/climate-change.aspx> (18. 8. 2013).
- Swim, J. K., Markowitz, E. M., Bloodhart, B. 2012: *Psychology and climate change: beliefs, impacts, and human contributions.* The Oxford Handbook of Environmental and Conservation Psychology. Oxford.
- Toš, N., Mlinar, Z., Markič, B., Trampuž, C., Gantar, P., Malnar, B., Hafner-Fink, M., Uhan, S., Kurdija, S., Štebe, J., Švara, S., Miheljak, V., Bernik, I., Kovačič, M., Falle, R., Broder, Ž., Vovk, T., Zajšek, Š. 2013: *Stališča do okolja, ISSP, Environment: 1993, 2000, 2010. Vrednote v prehodu VII: Slovenija v mednarodnih in medčasovnih primerjavah SJM – ISSP 1991–2012.* Ljubljana.





## METEOROLOŠKE ANALIZE KMETIJSKIH SUŠ V SLOVENIJI

**mag. Andreja Sušnik, Ajda Valher, dr. Gregor Gregorič**

Agencija Republike Slovenije za okolje, Vojkova cesta 1b, SI – 1000 Ljubljana, Slovenija  
andreja.susnik@gov.si, ajda.valher@gov.si, gregor.gregoric@gov.si

### IZVLEČEK

#### **Meteorološke analize kmetijskih suš v Sloveniji**

Suša je normalna sestavina podnebja in se pojavlja v skoraj vseh podnebnih pasovih. V Sloveniji povzročata največ težav spomladanska in poletna kmetijska suša zaradi podpovprečne vsebnosti vode v tleh, kar povzroča škodo na kmetijskih rastlinah. Stopnja prizadetosti rastlin je odvisna od številnih dejavnikov. Del spremenljivosti škod zaradi suše lahko pojasnimo s pomočjo analize površinske vodne bilance oziroma analize časovne in prostorske razporeditve količine padavin in evapotranspiracije. V prispevku je opisana metodologija in dva primera njene uporabe za suši v letih 2012 in 2013.

### KLJUČNE BESEDE

kmetijska suša, evapotranspiracija, vodna bilanca, Slovenija

### ABSTRACT

#### **Analysis of meteorological data during agricultural droughts in Slovenia**

Drought is normal climate component; it is present in almost all climate zones. Agricultural drought, caused by spring and summer dry periods, is one of most damaging disasters in Slovenia. Impacts on crops are caused by numerous factors; however large part of their variability can be explained by analysis of surface water balance, i.e. analysis of spatial and temporal distribution of precipitation and evapotranspiration accumulation. Methodology and application on droughts in years 2012 and 2013 are presented in this article.

### KEY WORDS

agricultural drought, evapotranspiration, water balance, Slovenia

## 1 Uvod

Sušo lahko opredelimo kot pogosto, ponavljajočo se značilnost podnebja, ki se pojavlja v vseh podnebnih pasovih, vendar se njene značilnosti spreminjajo iz regije v regijo. Je naraven pojav z izrazito počasnim razvojem, izhaja pa iz primanjkljaja količine padavin v določenem časovnem obdobju. Kaže se kot pomanjkanje vode za različne aktivnosti, skupine oziroma okoljske sektorje. *Kmetijsko sušo* lahko opredelimo kot nezadostno količino vode v tleh, potrebne za normalen razvoj kmetijskih rastlin. Predstavlja kombinacijo meteorološke in hidrološke suše. Kadar nastopi v času intenzivne rasti in razvoja kmetijskih rastlin (kritična fenološka – razvojna obdobja), je pridelek zmanjšan ali pa celo popolnoma uničen.

Sušar zaradi svoje kompleksnosti nima splošno sprejete definicije (Szalai 2012). Najpogosteje uporabljane so definicije, prilagojene posameznemu primeru pojava suše. Prvi med vzroki za zmedo je različno pojmovanje suše med strokovnjaki – glede na njihovo strokovno področje (meteorologija, hidrologija, vodni viri, ekonomija, kmetijstvo). Druga težava je močna povezanost definicije suše z geografskimi, hidrološkimi, geološkimi, zgodovinskimi in kulturnimi značilnostmi določenega območja. Kot tretje pa je treba omeniti težavno spreminjanje sedanjega izrazoslovja v skladu s spoznanji in priporočili sodobnih raziskav.

Naravni in človeški sistemi so praviloma prilagojeni razpoložljivim vodnim virom ter njihovi prostorski in časovni razporeditvi. Pomanjkanje vode doseže mejo sušnosti, ko se že poznajo vplivi na sicer prilagojene življenjske procese in ko se pojavi občutnejša škoda. Velikost in trajanje škodljivega negativnega odstopanja razpoložljivosti vode je odvisna od sovpadanja s procesi v tistem obdobju, obdobja v letu in geografske lege. Vse te različne spremenljivke onemogočajo natančno določitev definicije suše.

Glede na dolžino trajanja obdobja brez padavin lahko pri suši v splošnem ovrednotimo tri prevladujoče vidike:

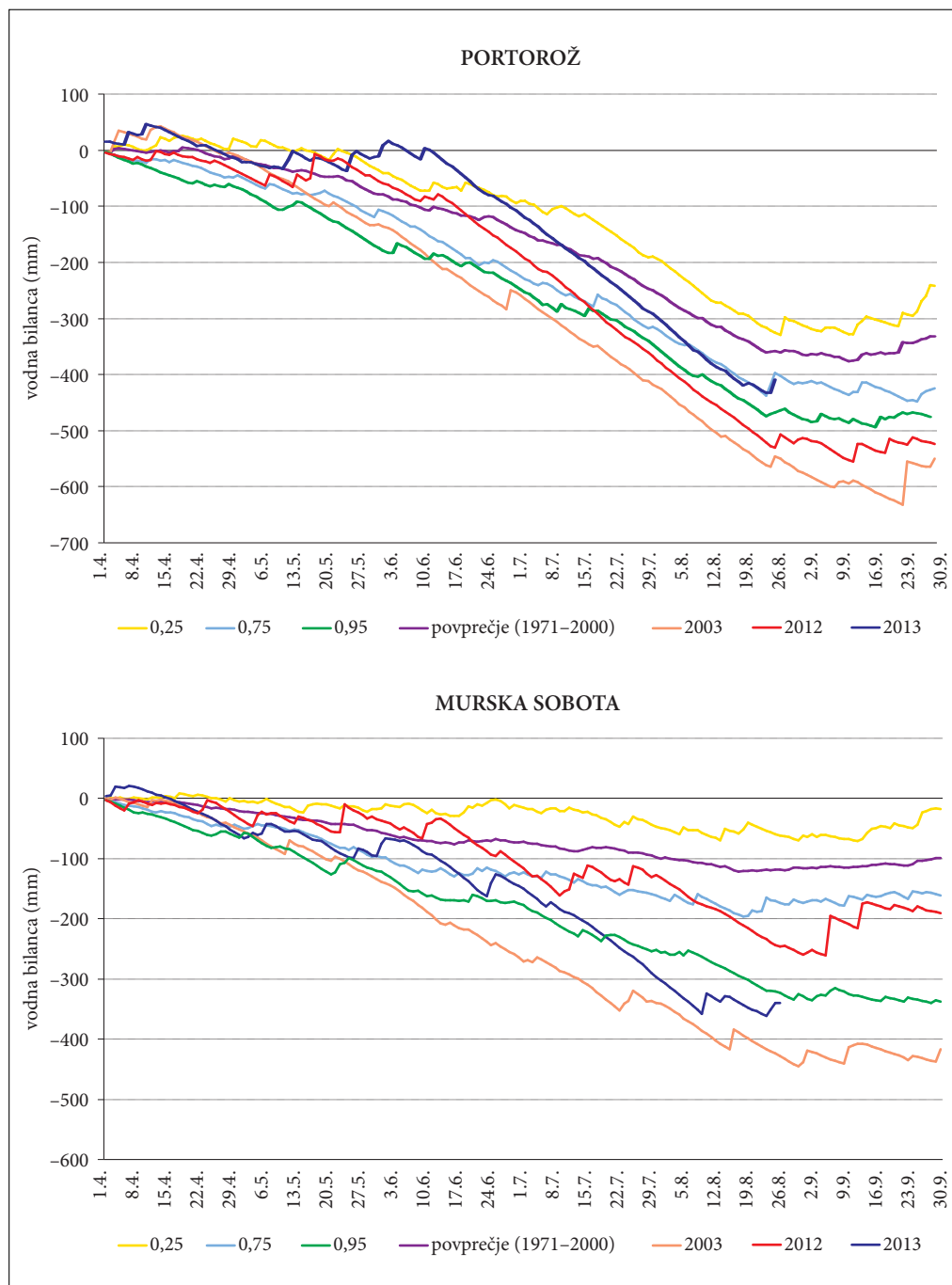
- *meteorološki vidik*, ki ga opisujemo kot podaljšano obdobje s pomanjkanjem padavin in ga pogosto opredelimo kot zmanjšanje števila dni s padavinami v primerjavi z (»normalnim«) referenčnim obdobjem;
- *hidrološki vidik*, ki ga opisujemo kot zmanjšanje količine vode v rekah, jezerih in znižanje gladine podzemne vode;
- *kmetijski vidik*, ki predstavlja nezadostno količino vode v tleh, ki jo kmetijske rastline potrebujejo za normalen razvoj. Kadar nastopi v času intenzivne rasti in razvoja kmetijskih rastlin, je pridelek zmanjšan ali celo popolnoma uničen.

Sušar postaja del ekstremnih vremenskih dogodkov, ki povzročajo težave tudi slovenski ekonomiji. Slovenija je sicer bogata z vodnimi viri, k čemur pripomore predvsem velika količina padavin – v Sloveniji pade v povprečju od 800 mm padavin na leto na skrajnem severovzhodu do prek 3000 mm na zahodu. Dejstvo, da je letno povprečje okoli 8000 m<sup>3</sup> vode na prebivalca, uvršča Slovenijo med najbolj vodnate države – ne le v Evropi, temveč na svetu. To je v preteklosti sprožalo razprave o njeni dejanski ogroženosti zaradi suše. Vendar podatki kažejo, da postaja zaradi pomanjkanja padavin in njihove neugodne časovne razporeditve suša problem ter pomeni vse večjo nevarnost tudi v Sloveniji.

## 2 Metodologija

### 2.1 Meteorološka vodna bilanca

Količina padavin v izbranem obdobju ni zadovoljliva informacija o stanju oskrbe rastlin z vodo, zato iščemo drugačne načine za določanje sušnih obdobj, ki vključujejo tudi druge spremenljivke. Z meteorološko vodno bilanco na dokaj enostaven način, pa vendar objektivno, določamo sušno obdobje. Je primerna osnova za prvo oceno pojava kmetijske suše. Pomeni razliko med izmerjeno količino padavin in izračunano potencialno evapotranspiracijo (izhlapevanje iz tal in rastlin v idealnih pogojih razvoja



Slika 1: Vodna bilanca vegetacijskih sezon za postaji Portorož in Murska Sobota (po podatkih Agencije Republike Slovenije za okolje).

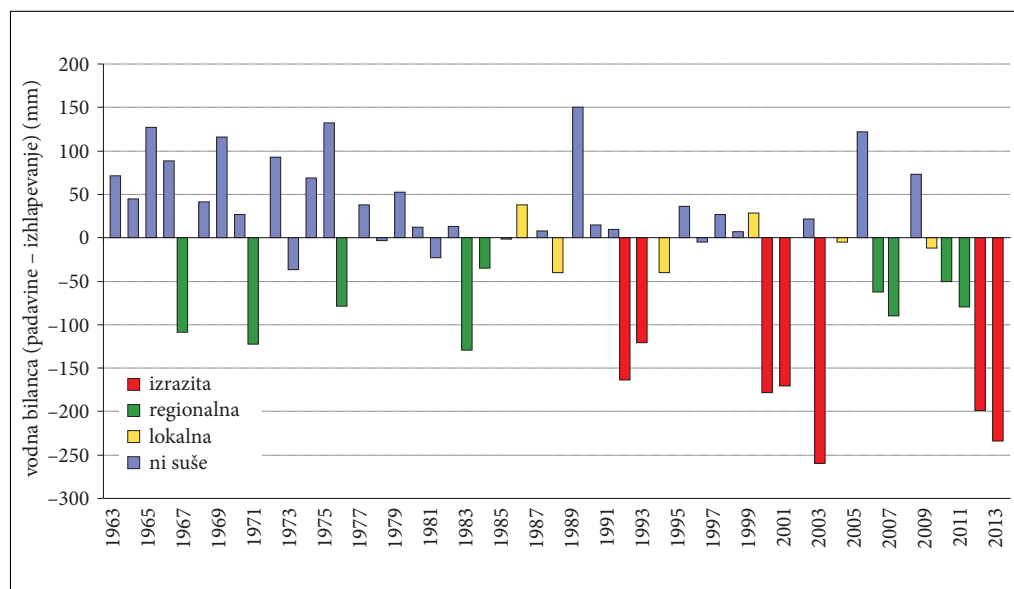
rastline) v izbranem časovnem obdobju. Ključna je razporeditev padavin ter tudi razmerje med količino padavin in količino izhlapele vode. Če za obdobje uporabimo vegetacijsko obdobje (1. april do 30. september), nam na najbolj enostaven način ponazori razmerje med padavinami in izhlapelo vodo v vegetacijski sezoni. Meteorološka vodna bilanca ocenjuje količine neto dotoka ali odtoka vode na površini tal na določenem območju v določenem časovnem obdobju. Za izračun meteorološke vodne bilance potrebujemo tudi podatke o potencialni evapotranspiraciji, ki jih izračunavamo po Penman-Monteithovi metodi (Allen in sodelavci 1998), ki upošteva naslednje meteorološke spremenljivke: temperaturo zraka, relativno zračno vlago, hitrost vetra in sončno sevanje.

Uporabnost rezultatov katerekoli vodne bilance temelji na razpoložljivosti in zanesljivosti podatkov iz dolgoletnih meritev ter opazovanj in analiz procesov v hidrosferi. V rezultatih nacionalne vodne bilance se zrcali tudi stabilnost delovanja nacionalne hidrološke in meteorološke službe. Referenčna vodna bilanca je bilanca za referenčno rastlino, brez upoštevanja lastnosti tal in ostalih tokov vode. Privzeta referenčna rastlina je aktivno rastoča trava, ki popolnoma prekriva tla, z globino koreninskega sistema do 15 cm in je zadostno preskrbljena z vodo ter ima višino 12 cm. Za klimatološke analize kmetijske suše se uporablja podatke o površinski vodni bilanci, izračunani z uporabo podatkov klimatoloških in padavinskih postaj v meteorološki mreži Agencije Republike Slovenije za okolje.

S kumulativno vodno bilanco v izbranem vegetacijskem obdobju lahko ugotavljamo začetek, potek in konec kmetijske suše na različnih lokacijah. Dolgoletni nizi podatkov o meteorološki vodni bilanci omogočajo, da s pomočjo statističnih metod prek statističnih pragov ugotovimo tudi jakost suše.

Na podlagi meteorološke vodne bilance lahko preučevanemu letu iščemo analogna leta in na tak način predvidevamo razvoj suše. Primer: suša leta 2003 se je v Portorožu začela zgodaj spomladi, podobno pa je bilo tudi leta 2012 (slika 1). Na tak način je bilo mogoče sklepati oziroma pripraviti prve ocene poškodovanosti rastlin leta 2012.

Vodno bilanco (VB) lahko računamo za poljubno obdobje: na dnevni ravni, za posamezne mesece, vegetacijsko sezono, rasto sezono specifičnih kultur ali pa za sušna obdobja.



Slika 2: Izrazite, regionalne in lokalne suše v devetih slovenskih regijah v obdobju 1963–2013, določena podlagi povprečnega primanjkljaja vode v poletnem obdobju (po podatkih Agencije Republike Slovenije za okolje).

Za interpretacijo kumulativne vodne bilance smo uporabili percentilno analizo (v analizi je privzeto, da predstavlja 75. percentil stanje izjemne sušnosti). Percentili sušnosti predstavljajo oceno verjetnosti (izraženo v odstotkih), da vrednost anomalije v določenem obdobju ni bila presežena. Na primer, 75. percentil nam pove, da v 75 % predhodnih let določena vrednost ni bila prekoračena oziroma, da v stoletnem obdobju lahko pričakujemo 25 let, v katerih bo ta vrednost večja.

Povprečni kumulativni primanjkljaji vode za kmetijske rastline v poletnem obdobju (od junija do konca avgusta) v devetih glavnih kmetijskih regijah Slovenije, ki je bil večji od 100 mm, je v zadnjih petdesetih letih (1963–2013) kar 18-krat povzročil težave s kmetijsko sušo lokalnih (vsaj v dveh regijah), regionalnih (v treh do petih regijah) ali nacionalnih (v šestih do devetih regijah) razsežnosti in sicer v letih: 1967, 1971, 1976, 1983, 1984, 1988, 1992, 1993, 1994, 2000, 2001, 2003, 2006, 2007, 2010, 2011, 2012 in 2013 (slika 2). Primanjkljaj vode, večji od 100 mm, se je največkrat, 43-krat pojavil na Primorskem, petnajstkrat v Prekmurju, po enajstkrat v Podravju in na Goriškem, v ostalih regijah pa od šest do osemkrat. Leta 2013 se je pojavil tako visok primanjkljaj tudi na Koroškem, kar v preteklosti ni bilo pogosto zabeleženo. Velika škoda se je pojavila dvanajstkrat po letu 1990, od tega kar devetkrat po letu 2000.

Suše so v letih 2000, 2001, 2003, 2006, 2007, 2012 in 2013 dosegle razsežnosti naravne nesreče. Ocenjena neposredna škoda je preseгла 0,3 promile načrtovanih prihodkov državnega proračuna, s čimer je bil dosežen predpisani prag za pomoč v skladu z Zakonom o odpravi posledic naravnih nesreč.

Med najbolj perečimi je bilo leto 2003, ko je prek 60 % državnega ozemlja prizadela ekstremno huda suša. Značilnost kmetijskih suš je, da so pogostejše in intenzivnejše v zadnjih desetih letih. Pojavnost pa je tako časovno kot regionalno od leta do leta raznolika. Dejstvo je, da poleg najbolj ranljivih regij severovzhodne in jugozahodne Slovenije prizadene tudi druge dele Slovenije.

## 2.2 Prostorska interpolacija podatkov vodne bilance ob pojavu kmetijske suše

Pri prostorski analizi suše pristojni resorni organ najpogosteje zahteva pripravo zemljevidov, ki bi orisali prostorske razsežnosti posameznih stopenj suše. Pri interpretaciji zemljevidov kumulativne vodne bilance se je treba zavedati, da je na zemljevidu predstavljena le meteorološko določena stopnja suše v obliki ocene primanjkljaja vode v tleh. Pri tem ni upoštevan vpliv različne tehnologije pridelave, posledic sušnega in vročinskega stresa na rastline in njihove fiziologije, pogostnosti in intenzivnosti padavin, površinskega odtoka vode ob kratkotrajnih poletnih nevihtah, bližine namakalnih sistemov ter številnih drugih dejavnikov, ki lahko vplivajo na preskrbljenost rastlin z vodo.

Prostorsko analizo kumulativne vodne bilance je mogoče narediti na več načinov. Smiselna je uporaba geostatistične metode »kriging«, ki jo sicer v klimatološki praksi najpogosteje uporabljajo (Boer in sodelavci 2001). Veliko izkušenj z njeno uporabo imamo tudi v Sloveniji (Kastelec in Dolinar 2003). Če je podatkov malo (na primer da je za celotno Slovenijo na razpolago manj kot 20 točkovnih podatkov) pa je bolj smiselna uporaba preprostejše metode interpolacije z zleпки (*spline interpolation*; Hancock in Hutchinson 2006). Primer zemljevida vodne bilance izdelane s pomočjo metode *kriging*, je na sliki 3.

Ponavadi sama prostorska analiza meteorološke vodne bilance ne zadostuje za prostorsko informacijo o intenzivnosti kmetijske suše. Med pomembnejšimi dejavniki je tudi količina vode, ki jo tla lahko zadržijo pred pronicanjem v globlje sloje. Zato je treba v analizo vključiti tudi ustrezne pedološke značilnosti oziroma uporabiti ustrezne digitalne zemljevide (Zupan in sodelavci 2007). Razlike med različnimi tipi tal glede vpliva suše najboljše pojasni razlika med poljsko kapaciteto tal in točko venenja, t. i. efektivna poljska kapaciteta (EPK). EPK predstavlja količino padavin v  $l/m^2$ , ki jo (ob dani globini) tla lahko zadržijo. Zato je smiselno, da ob izračunu vodne bilance primanjkljaj uravnotežimo z EPK – najpreprosteje tako, če privzamemo, da so bila ob začetku suše tla optimalno namočena in EPK-ju prištejemo vrednosti vodne bilance. Na sliki 4 je primer takšne analize za leto 2013.

### 2.3 Značilnosti kmetijskih suš v letih 2012 in 2013

Značilnost kmetijske suše leta 2012 je bilo pomanjkanje padavin, ki je bilo najbolj akutno na Obali in se je začelo že oktobra 2011. V obdobju od 20. junija do 20. avgusta 2012, ki je bilo razglašeno za sušno obdobje, je na Obali padlo le 7 % dolgoletnega povprečja padavin; na Goriškem 33 %, v osrednji Sloveniji 57 %, na Dolenjskem 43 %, na Celjskem 48 %, v Podravju 69 % in v Prekmurju 78 %. Zato je bilo to obdobje tudi privzeto za prostorsko predstavitev suše (slika 4). Pomanjkanje padavin je bilo ponekod v avgustu 2012 rekordno, le na severovzhodu in na severu je bilo v preteklih desetletjih še nekaj podobnih ali bolj sušnih poletnih obdobj. Stopnjevanje suše je bilo regionalno zelo raznoliko zaradi neenakomerno razporejenega dežja v obravnavanem obdobju. Razmere so bile najslabše v avgustu. Kljub marsikje ugodni vsoti padavin v vegetacijski sezoni, pa je bila za sušni stres problematična razporeditev padavin in sovpadanje s fenološkim razvojem. Slabe učinke sušnega stresa je stopnjeval še močan vročinski stres, ki so mu bile zaradi visokih temperatur zraka rastline izpostavljene vse od konca druge dekade junija. Kmetijska suša leta 2012 je prizadela okoli 106.000 ha zemljišč, ocenjena škoda pa je preseгла bila 56 milijonov evrov.

Značilnost kmetijskih suš v zadnjem desetletju je tudi sovpadanje sušnega obdobja z vročinskimi valovi. V letu 2013 smo zabeležili tri vročinske valove. Število vročih dni se po letu 1990 povečuje. Povprečna poletna (junij–avgust) temperatura zraka se je začela občutno dvigati v osemdesetih letih 20. stoletja. Hkrati je začelo strmo naraščati povprečno število toplih in vročih dni. Poletne temperaturne razmere analiziramo s pomočjo temperaturnih pragov: če je najvišja dnevna temperatura 25 °C ali več, tak dan označimo kot tople dan, v primeru, da najvišja dnevna temperatura doseže ali preseže 30 °C, pa kot vroč dan. Leta 2013 je bilo v Ljubljani od aprila do avgusta 35 vročih dni. Čeprav se to število ne more primerjati s številom vročih dni leta 2003, ko jih je bilo kar 51, pa smo se zelo približali izenačitvi rekorda v številu zaporednih vročih dni.

Izbrano obdobje od 11. junija do 10. avgusta 2013 najbolj odraža kritično obdobje pri nastanku škode na kmetijskih rastlinah zaradi suše in vročinskega stresa. Kot osnovo za prostorsko oceno smo pripravili zemljevid površinske vodne bilance. Prostorsko razporeditev količine padavin smo pripravili s pomočjo geostatističnih metod za interpolacijo. Za uporabo enake metode pri potencialni evapotranspiraciji je bilo na voljo premalo podatkov, zato je bila uporabljena preprostejša metoda z zlepkami. Površinski vodni bilanci prištejemo tudi efektivno poljsko kapaciteto tal ob predpostavki, da so bila tla ob začetku suše popolnoma namočena. Upoštevamo pa samo območja, ki so opredeljena kot kmetijska zemljišča.

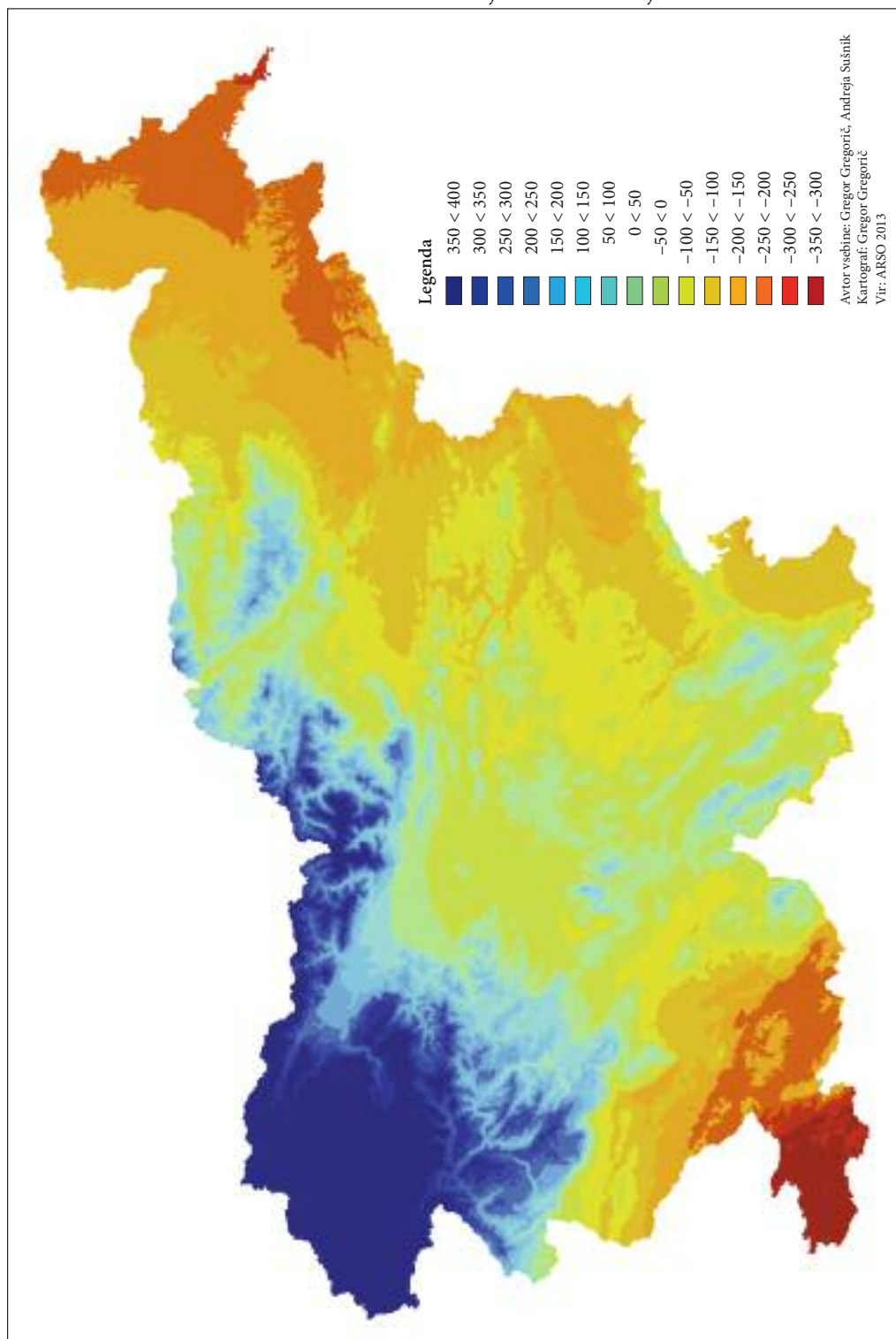
Za lokacije kmetijskih zemljišč je bila uporabljena baza GERK 2010. Iz rastra vodne bilance so bile izločene tiste mrežne točke, ki ne sovpadajo z enotami GERK-kov. Zemljevid vodne bilance je na sliki 4. Iz analize kmetijske suše leta 2013 (Sušnik in sodelavci 2013) je razvidno, da so bila tla ob začetku suše nasičena z vodo, ter da globoka tla z veliko poljsko kapaciteto lahko deloma kompenzirajo deficit v površinski vodni bilanci za relativno kratkotrajne intenzivne poletne suše, kakršna je bila tudi suša leta 2013.

## 3 Sklep

V obdobju po letu 1990 so številna območja Slovenije, najbolj pa kmetijska, imela težave z negativno vodno bilanco. Zabeležili smo daljša sušna obdobja in močnejše suše, ki so se pojavljale tudi več let zapored. Časovna in prostorska razporeditev padavin je ključna za pojav suše v Sloveniji. Odraža se odraža v kmetijstvu ter v razpoložljivih količinah površinskih in podzemnih voda. Posledice suše smo lahko občutili na vseh področjih gospodarstva.

*Slika 3: Kmetijska suša v obdobju od 20. junija do 20. avgusta 2012 – predstavljena je površinska vodna bilanca za referenčno rastlino, izračunana iz razlike med padavinami in potencialno evapotranspiracijo v milimetrih (po podatkih Agencije Republike Slovenije za okolje). ►*

## Meteorološke analize kmetijskih suš v Sloveniji





Statistični podatki kažejo da pripada suši največji delež škode, ki ga povzročijo različne naravne nesreče (Zorn in Hrvatina 2014). Škoda, ki jo povzroči toča je v primerjavi s sušo vsaj za polovico manjša. Zaradi podnebnih sprememb postaja suša v kmetijstvu trajen ali pa vsaj vse bolj pogost pojav (Sušnik 2010), zato je treba škodo v kmetijstvu, ki je posledica suše, obravnavati kot del kmetijske politike. Temeljna naloga za zmanjševanje tveganj zaradi suše (Sušnik in sodelavci 2010) je izdelava strategije ter programa varstva pred sušo in vremenskimi ujmami v kmetijstvu ter ureditvi predpisov na področju načrtovanja in urejanja prostora. Še posebej pomembna je metodologija za ocenjevanje škode po enotnih merilih, za zagotavljanje sredstev državne pomoči. Ob tem je pomembno preventivno delovanje ter odgovornost za upravljanje s tveganjem in zavarovanjem pred sušo.

Slovenska zakonodaja ter ostali pravni akti (Nacionalni program varstva pred naravnimi nesrečami 2002, v nadaljevanju ZVNNDN), ki urejajo področje preprečevanja ter odprave posledic suše, le-to opredeljujejo kot naravno nesrečo v širšem pomenu ter določajo preventivne ukrepe za ublažitev oziroma za preprečitev njenih posledic. ZVNNDN v 1. členu določa, da morajo država, občine in druge lokalne skupnosti organizirati varstvo pred naravnimi in drugimi nesrečami kot enoten in celovit državni sistem. Določeno je tudi, da bi bilo treba izdelati posebne strategije varstva, ki bi vključevale dolgoročne in kratkoročne cilje varstva, konkretne preventivne ukrepe ter priporočila za pripravljenost in ukrepanje ob nesreči. Določeno je, da je treba področno zakonodajo dopolniti z ukrepi za preprečevanje nesreč oziroma zmanjšanje njihovih posledic. V skladu s 46. členom ZVNNDN je za izdelavo državnih načrtov zaščite in reševanja v sodelovanju z drugimi ministrstvi pristojna Uprava Republike Slovenije za zaščito in reševanje. Vlada Republike Slovenije je v Uredbi o vsebini in izdelavi načrtov zaščite in reševanja (2012) določila primere nesreč, za katere se izdelajo državni načrti za ukrepanje – med temi suša ni predvidena.

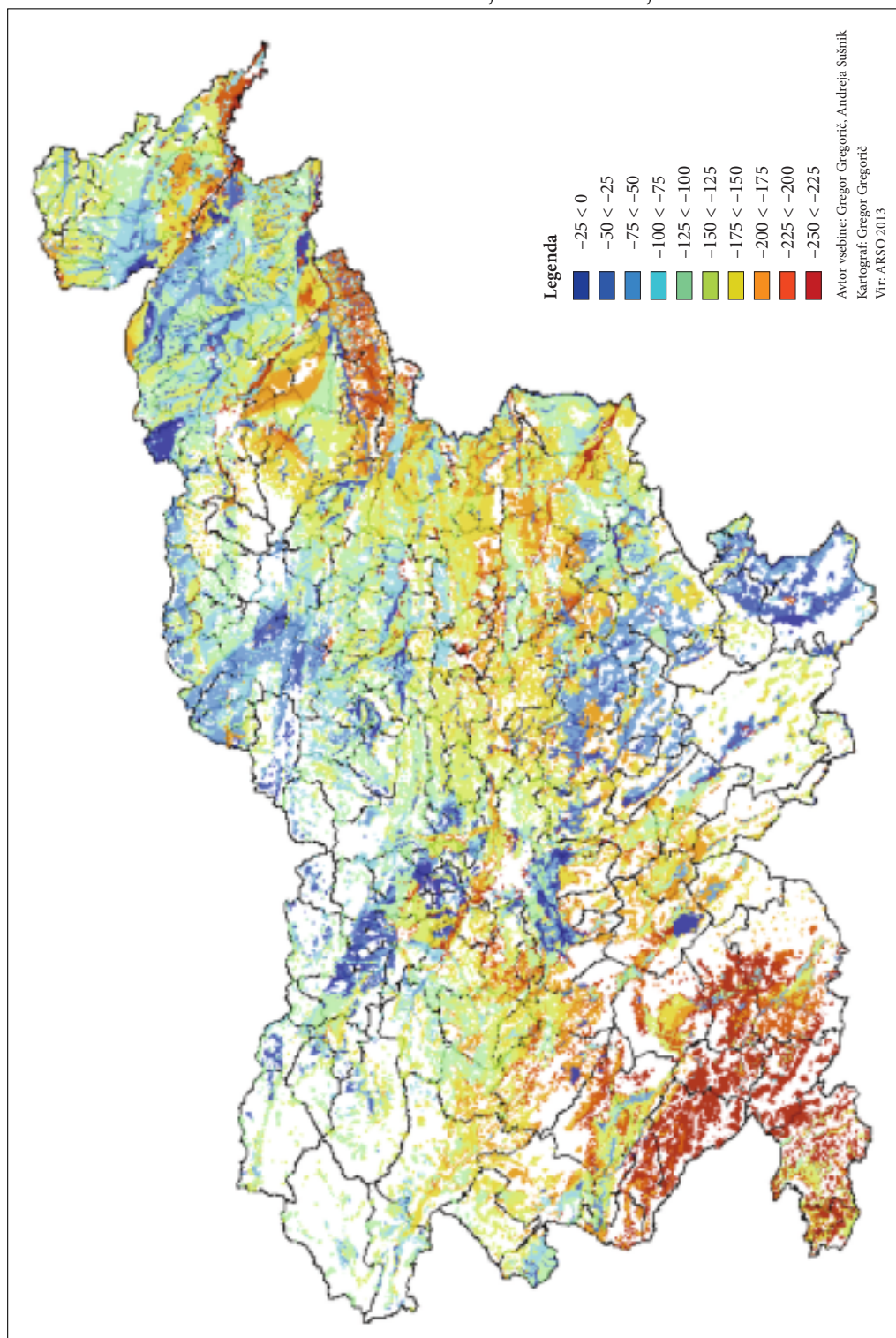
Republika Slovenija na ravni ukrepov za ublažitev posledic suše še nima enotne strategije za preprečevanje oziroma zmanjševanje posledic suš, ima pa monitoring zgodnjega obveščanja o suši. Problem suš rešujemo razpršeno, tako vsebinsko (meteorološki, hidrološki, kmetijski vidik) kot institucionalno. Do podobne ugotovite je prišlo tudi Računsko sodišče v Revizijskem poročilu o smotrnosti ravnanja Republike Slovenije pri preprečevanju in odpravi posledic suše v kmetijstvu (2007), kjer so kot prednostne naloge za ublažitev posledic suše izpostavljene:

- priprava celovitega kratkoročnega in dolgoročnega programa za ublažitev posledic suše,
- oblikovanje stalnega medresorskega organa za sušo, ki bi usmerjal, usklajeval in nadziral aktivnosti, povezane s problemom suš ter smiselno povezoval vpletene institucije, ter
- vzpostavitev informacijskega sistema za zgodnje napovedovanje suše ter obveščanje.

Slovenija je leta 2006 sprejela mandat za organizacijo dela Centra za upravljanje suše v jugovzhodni Evropi (DMCSEE). Center je bil oblikovan in definiran v okviru Konvencije Združenih narodov za boj proti dezertifikaciji in suši (UNCCD) in Svetovne meteorološke organizacije (WMO). Predstavniki držav so ob tem, ko so mandat za delovanje centra zaupali Sloveniji oziroma njeni meteorološki službi, ki deluje v okviru Agencije Republike Slovenije za okolje, sprejeli »Okvirni načrt delovanja DMCSEE«, v katerem so navedene funkcije, ki jih mora DMCSEE izvajati. Konvencija UNCCD predvideva pripravo akcijskega načrta za upravljanje s sušo. Akcijski načrt za upravljanje s sušo v Sloveniji, ki je trenutno v pripravi, bo vseboval trenutne dokumente sušne tematike, pregled zakonodaje in primerov dobre prakse v Sloveniji in svetu. Raziskovalna skupina analizira stanja nacionalnih akcijskih načrtov po svetu, ki so že na voljo; preučuje odgovornosti za upravljanje z vodnimi viri in sušo v Sloveniji ter podrobno pregleduje stanje sušne problematike v jugovzhodni Evropi. Namen nacionalnega akcijskega načrta je, da vzpostavimo postopkovnik, ki opredeli procese v upravljanju suše in akcije na ravni upravljanja suše. Sklepno poročilo bo vsebovalo predlog načrta upravljanja s sušo ter kakovostnejši zakonodajni okvir sušne tematike oziroma izdelanepredloge za boljše upravljanje. Prispevek priprave nacionalnega akcijskega načrta slovenske politike je velik, saj bo predstavljal pomemben del politike prilagajanja

*Slika 4: Površinska vodna bilanca za obdobje 11. junij–10. avgust 2013 s prišteto efektivno poljsko kapaciteto na kmetijskih zemljiščih (v mm). ►*

## Meteorološke analize kmetijskih suš v Sloveniji



podnebnim spremembam, kar je trenutno prioriteta Evropske unije na področju varovanja okolja. Raziskovalno delo poteka na Biotehniški fakulteti Univerze v Ljubljani in je financirano iz proračunskih sredstev.

Da bi torej v Sloveniji lahko izkoristili možnosti, ki se ponujajo na področju upravljanja s sušo, moramo zagotoviti ustrezne podatke, ki so pridobljeni na osnovi preverjenih metodoloških postopkov s čim večjo natančnostjo ter možnost njihovega sledenja v času in prostoru.

## 4 Viri in literatura

- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., Smith, M. 1998: Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56.
- Boer, P. J., de Beurs, K., Hartkamp, A. D. 2001: Kriging and thin plate splines for mapping climate variables. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 3. Enschede.
- Hancock, P. A., Hutchinson, M. F. 2006: Spatial interpolation of large climate data sets using bivariate thin plate smoothing splines. *Environmental Modelling and Software* 21. Oxford.
- Kastelec, D., Dolinar, M. 2003: Spatialisation of extreme precipitation in complex terrain. *Proceedings of the International Conference on Alpine Meteorology*. Brig.
- Nacionalni program varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami. Uradni list Republike Slovenije 44/2002. Ljubljana.
- Revizijsko poročilo o smotrnosti ravnanja Republike Slovenije pri preprečevanju in odpravi posledic suše v kmetijstvu (številka 1207-3/2006-22, 24. julij 2007). Računsko sodišče Republike Slovenije. Ljubljana, 2007. Medmrežje: [http://www.rs-rs.si/rsrs/rsrs.nsf/I/K99638A13FF506FB3C1257322003D-2E6B/\\$file/Susa\\_RSP00-06.pdf](http://www.rs-rs.si/rsrs/rsrs.nsf/I/K99638A13FF506FB3C1257322003D-2E6B/$file/Susa_RSP00-06.pdf) (28. 1. 2014).
- Sušnik, A. 2010: Podnebne spremembe v kmetijstvu. *Okolje se spreminja* 93-105. Ljubljana.
- Sušnik, A., Pogačar, T., Žust, A., Gregorič, G. 2010: Zmanjševanje tveganja suše v kmetijstvu: novi pristopi agrometeorološkega monitoringa vodne bilance za zmanjševanje tveganja suše v kmetijstvu. *Okolje se spreminja* 106–117. Ljubljana.
- Sušnik, A., Uhan, J., Kobold, M., Polajnar, J. 2013: Spremenljivost suš v slovenskem prostoru in analiza suše 2013. Agencija Republike Slovenije za okolje. Ljubljana.
- Szalai, S. 2012: Definitions of drought. Drought Management Centre for South-East Europe. Ljubljana.
- Uredba o vsebini in izdelavi načrtov zaščite in reševanja Uradni list Republike Slovenije 24/2012. Ljubljana.
- Zorn, M., Hrvatin, M. 2014: Škoda zaradi naravnih nesreč v Sloveniji. (Ne)prilagojeni, Naravne nesreče 3. Ljubljana.
- Zupan, M., Ruprecht, J., Lobnik, F., Tič, I. 2007: Pedološka karta. *Sodobno kmetijstvo* 40-2. Ljubljana.

## KMETIJSKA SUŠA V POMURJU IN MOŽNOSTI ZA PRILAGODITVE

**Tatjana Kikec**

Ulica Juša Kramarja 19, SI – 9000 Murska Sobota, Slovenija  
tatjana.kikec@gmail.com

### IZVLEČEK

#### **Kmetijska suša v Pomurju in možnosti za prilagoditve**

Pomurje spada med najbolj ogrožene pokrajine v Sloveniji zaradi pojava suše, ki pogosto povzroča veliko škodo zlasti v kmetijstvu. Suša je pogojena s podnebnimi značilnostmi, predvsem višino padavin oziroma njihovim izostankom. Na njeno prostorsko razširjenost in intenzivnost na preučevanem območju vplivajo še: litološka podlaga, tip prsti in njihova sposobnost zadrževanja vode, raba tal ter reliefne značilnosti. Ker gre za naravni pojav, ga ne moremo preprečiti, lahko pa se mu na različne načine prilagodimo in tako zmanjšamo njegove negativne posledice. Pripravili smo nabor možnih preprostih prilagoditev, s katerimi bi kmetovalci lahko omilili intenzivnost suše na najbolj prizadetih območjih.

### KLJUČNE BESEDE

kmetijska suša, dejavniki suše, ogroženost zaradi suše, vodna bilanca, prilagoditve, Pomurje

### ABSTRACT

#### **Agricultural drought in Pomurje region and possibilities of adaptation**

Among Slovene regions, Pomurje is one, which is most threatened by drought causing great damage in agriculture. Drought is influenced by climate characteristics, specially level of rainfall, and its lack. In the analyzed area, the regional spread and intensity of drought is influenced by lithology, type of soil and its capability to withhold water, land use, and relief. As drought is a natural phenomenon, it can't be stopped but there are several ways to get adjusted to it and to decrease its negative influences. The paper introduces some easy adjustments to drought, which could help farmers to minimize its intensity in the most threatened areas.

### KEY WORDS

agricultural drought, drought factors, drought risk, water balance, adjustments, Pomurje region

## 1 Uvod

Območje Pomurja je zaradi ugodnih naravnih pogojev za kmetovanje (uravnano površje, rodovitna prsti in ugodne podnebne značilnosti) še vedno v precejšnji meri kmetijsko usmerjena pokrajina. Hkrati spada območje med najmanj namočena območja Slovenije, zato se v poletnih mesecih pogosto pojavi manko površinske vodne bilance glede na referenčno evapotranspiracijo. Na območjih z razmeroma plitvimi peščeno-prodnimi prstmi z majhno vodno kapaciteto se pri določenih rastlinah že ob nekoliko daljšem izostanku padavin pojavi sušni stres. Ta se sicer v omejenem obsegu pojavlja skorajda vsako leto. Težave pa nastopijo takrat, ko se pojavi izrazitejši presežek evapotranspiracije nad količino padavin, kar privede do uničenja dobršnega dela pridelka na poljih. Ko nastala škoda preseže tri promile državnih prihodkov, je suša razglašena za naravno nesrečo. Po podatkih Statističnega urada Republike Slovenije je bila v Pomurski regiji v zadnjih petnajstih letih kar v desetih letih zabeležena večja ali manjša škoda zaradi suše (Podatki ... 2013). Zadnja hujša kmetijska suša je bila leta 2013. Ker predstavlja kmetijstvo kar desetini tukajšnjega prebivalstva glavni vir dohodka, je suša velik problem, ki zahteva ustrezne ukrepe. Da pa so lahko ti učinkoviti, je treba poznati dejavnike pojava suše na tem območju.

## 2 Opredelitev pojma suša in metodologija dela

S sušo se ukvarjajo različne stroke, ki jo tudi različno definirajo. Večina v ospredje postavlja različne posledice pomanjkanja vode. O njej govorimo takrat, ko pride do »... tolikšnega negativnega odstopanja od normalne količine in razporeditve padavin, da le-te ne zadoščajo za uspevanje naravnega in kulturnega rastja ter za normalni potek površinskega in podzemeljskega odtekanja vode, kar povzroča motnje v delovanju človeške družbe in s tem določeno škodo.« (Natek 1983, 94). Samo tako definirana suša pomeni naravno nesrečo, ki je »... sestavni del naravnega dogajanja, ki ga človek praviloma ne more preprečiti, temveč se mu mora na čim ustrežnejše načine prilagoditi.« (Natek 2002, 63). Suša je torej normalna, ponavljajoča se značilnost podnebja, ki ima regionalni značaj. Gre za zelo kompleksen pojav, saj nanj vplivajo različni naravni dejavniki, dodatno pa ga pospešujejo oziroma potencirajo antropogeni dejavniki. Značilno je stopnjevanje pojava. Primanjkljaj padavin v določenem obdobju glede na dolgoletno povprečje pomeni nastop *meteorološke suše*. O *kmetijski suši* govorimo takrat, ko prične primanjkovati vode v tolikšni meri, da sta onemogočena normalna rast in razvoj kulturnih rastlin. Posledično se zmanjša pridelek, ki je tudi slabše kakovosti. Ko se zaradi dolgotrajnejšega izpada padavin zmanjšajo pretoki vodotokov, dotoki v akumulacije in jezera ter se zniža gladina vode v vodonosnikih, govorimo o *hidrološki suši*. Ta časovno zaostaja za meteorološko in kmetijsko sušo (NDMC 2008).

Za analizo podnebnih značilnosti smo uporabili podatke Agencije Republike Slovenije za okolje (ARSO) o temperaturi zraka, višini padavin in potencialni evapotranspiraciji za meteorološke postaje: Murska Sobota, Veliki Dolenci, Lendava, Jeruzalem, Gornja Radgona in Blaguš, in sicer za obdobje 1961–2010; za meteorološko postajo Jeruzalem do leta 2008, Gornjo Radgono do leta 2001 in Blaguš do leta 1992. Podatki o potencialni evapotranspiraciji so bili s strani ARSO izračunani po Penman-Monteithovi metodi. Na podlagi dnevni vrednosti smo izračunali dekadne, mesečne in letne vrednosti ter vrednosti za čas vegetacijske dobe; osnovno statistiko smo nadgradili z izračuni linearnih trendov.

Osnova za analizo prostorske razširjenosti pojava so bili: geološki in pedološki zemljevid, reliefni zemljevidi (nadmorska višina, naklon in ekspozicija) in zemljevid rabe tal. Reliefne zemljevide smo izrisali na podlagi podatkov, pridobljenih s strani Geodetske uprave Republike Slovenije, geološki zemljevid smo pridobili na Geološkem zavodu Slovenije, pedološki zemljevid pa na Centru za pedologijo in varstvo okolja Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Vsi zemljevidi so bili izrisani s pomočjo programa ArcGIS 9.2.

### 3 Vzroki pojava suše v Pomurju

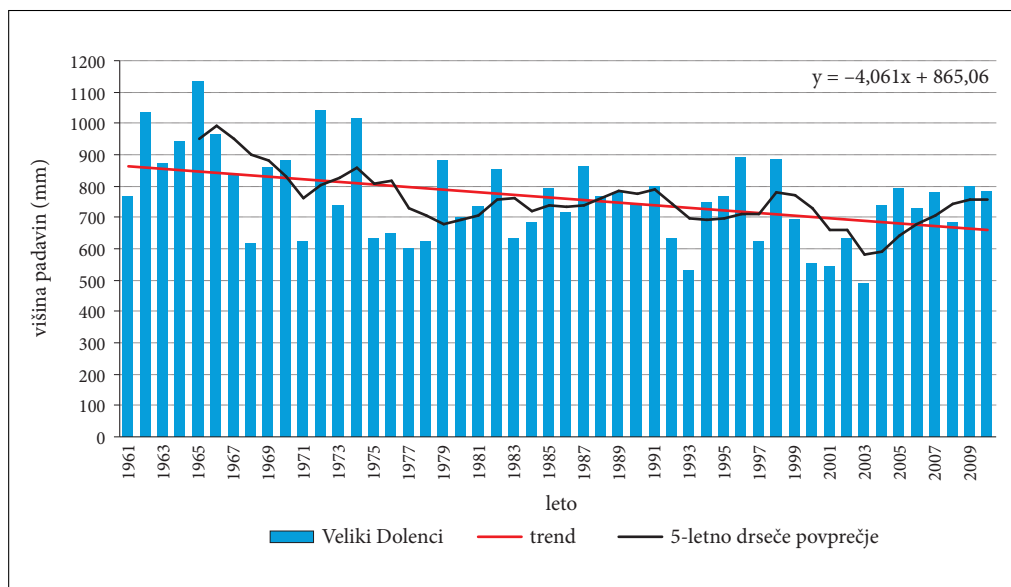
#### 3.1 Podnebna pogojenost pojava

Meteorološka suša je pogojena s podnebnimi značilnostmi, predvsem s količino padavin oziroma njihovim izostankom. Območje Pomurja ima zmerno celinsko ali subpanonsko podnebje, ki se od ostale Slovenije loči predvsem po večji stopnji kontinentalnosti.

Srednja letna temperatura zraka je razmeroma visoka (med 9,3 °C in 10,4 °C). V času vegetacijske dobe beleži najvišjo temperaturo najbolj vzhodno ležeča meteorološka postaja Lendava (16,8 °C), s pomikom proti zahodu pa se ta postopno znižuje in je najnižja na najbolj zahodni meteorološki postaji Blaguš (15,8 °C); zaradi lege v termalnem pasu izstopa z nekoliko višjo povprečno temperaturo 16,5 °C meteorološka postaja Jeruzalem.

Izračunani linearni trendi za obdobje 1961–2010 kažejo, da se bo temperatura najbolj povišala v zimskih (decembra v povprečju za 0,4 °C in januarja v povprečju za 0,7 °C v desetih letih) in poletnih mesecih (julija in avgusta v povprečju za 0,5 °C v desetih letih), in sicer najbolj v osrednjem nižinskem delu regije na meteorološki postaji Murska Sobota in na Goričkem na meteorološki postaji Veliki Dolenci.

V Pomurju pade letno povprečno med 947,2 mm padavin na zahodu (na meteorološki postaji Jeruzalem) in 761,5 mm padavin na skrajnem severovzhodu (na meteorološki postaji Veliki Dolenci). Njihova razporeditev prek leta je sicer razmeroma ugodna, saj pade največ padavin (34,9 %) v poletnih mesecih, vendar so te običajno v obliki kratkotrajnejših ploh in izdatnejših nalivov ter imajo le kratkotrajen pozitiven učinek. Padavine padejo v nekaj več kot 100 dneh; če upoštevamo dneve, ko pade vsaj 1 mm padavin, je takih dni okoli 90 (Ogrin 2009, 72). Najdaljša obdobja brez padavin se pojavljajo v poznih jesenskih in zimskih mesecih, v poletnih mesecih jih prekinjajo krajevne nevihte, ki pa kljub precejšnjim količinam padavin le redko prekinjejo kmetijsko sušo (Kikec 2014). V času vegetacijske dobe pade v povprečju 526,5 mm (61,4 %) padavin, vendar višina iz leta v leto zelo niha, kar je poglaviti vzrok pojava suše.



Slika 1: Spremenljivost letne višine padavin na meteorološki postaji Veliki Dolenci v obdobju 1961–2010 (Klimatski ... 2013).

Višina padavin se bo glede na izračunane linearne trende za obdobje 1961–2010 v prihodnje najbolj znižala v spomladanskih (april, maj) in poletnih mesecih (julij), medtem ko se bo v jesenskih mesecih minimalno povejšala. Znižanje višine padavin v desetih letih v povprečju ne bo presežlo 8,0 mm in bo nekoliko večje v zahodnem delu regije.

Evapotranspiracija je pojav prehoda tekoče vode s površine zemlje v atmosfero in je sestavljena iz izhlapevanja in transpiracije skozi listne reže rastlin. Letna potencialna evapotranspiracija je na območju Pomurja med 684,8 mm in 785,6 mm; od tega v času vegetacijske dobe evapotranspirira v povprečju 589,2 mm vode, kar pomeni v povprečju 80,3 % letne vrednosti.

Glede na vse višjo temperaturo se bo višala tudi potencialna evapotranspiracija, in sicer glede na izračunane linearne trende za analizirano obdobje 1961–2010 najbolj v spomladanskih (maja v povprečju za 2,7 mm v desetih letih) in poletnih mesecih (junija, julija, avgusta v povprečju med 1,8 mm in 2,4 mm v desetih letih). Povečanje potencialne evapotranspiracije bo največje na meteoroloških postajah Veliki Dolenci in Murska Sobota.

### 3.2 Neodporne oziroma slabo odporne prsti proti suši

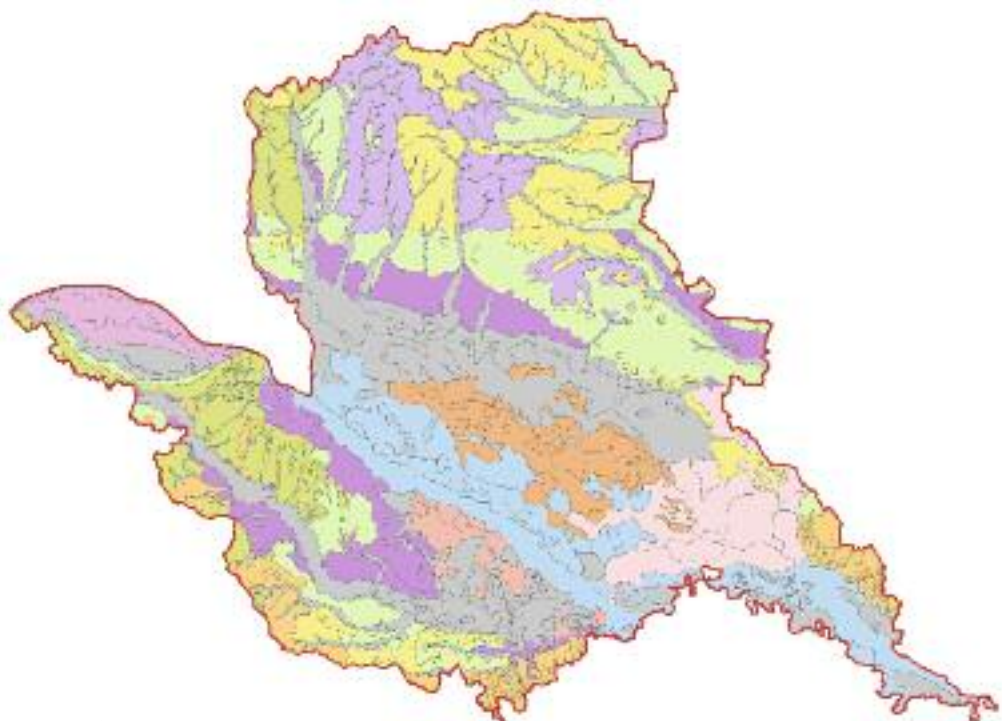
Zlasti v osrednjem ravninskem delu Pomurja sta pomembna dejavnika stopnjevanja posledic suše: tip prsti in njihova sposobnost zadrževanja vode. Med najbolj neodporne prsti proti suši spadajo distrične rjave prsti in distrični ranker na produ in pesku, peščeno ilovnate teksture in zelo plitve prsti s humusnim horizontom debeline 15–30 cm, ki hitro prehaja v nekonsolidiran prod (Stepančič 1984, 12); nahajajo se v osrednjem delu Murske ravani jugovzhodno od Murske Sobote. Med prsti z majhno sposobnostjo zadrževanja vode spadajo tudi obrečne distrične prsti, plitve do srednje globoke, na ilovnatih nanosih v osrednjem in severnem delu Apaškega polja, v osrednjem delu Murskega polja, ob reki Muri in na njenem levem bregu v pasu med Petanjci in Mursko šumo. To so lahke prsti z ilovnato peščeno teksturo, ki so dobro zračne in prepustne za vodo, njihova debelina pa se povečuje z oddaljevanjem od reke Mure (Stepančič 1984, 14). Med srednje odporne prsti proti suši spadajo evtrične rjave prsti na pliocenskih sedimentih na položnejših pobočjih na osrednjem in vzhodnem Goričkem in v vzhodnih Slovenskih goricah, ter distrične rjave prsti na pliocenskih sedimentih na strmejših pobočjih na območju Goričkega. Klub večji globini teh prsti in ilovnati (ponekod peščeno ilovnati) teksturi, kar povečuje njihovo odpornost proti suši, zaradi večjih naklonov voda hitreje odteče in se ob daljšem izostanku padavin vrhni horizonti prav tako izsušijo; suša nastopi nekoliko kasneje kot na najbolj občutljivih prsteh v ravninskih območjih (Kikec 2014). Posamezne tipe prsti smo na podlagi njihove mehanske sestave, teksture in globine, njihove sposobnosti zadrževanja vode oziroma propustnosti ter upoštevanja rabe tal, kot pomembnega pokazatelja hidromorfnosti prsti, združili v 12 tipov glede na njihovo različno odpornost proti suši. Prsti tipa 1 spadajo med zelo neodporne prsti proti suši, prsti od tipa 2 do 4 med neodporne, prsti tipa 5 in 6 med srednje odporne, prsti od tipa 7 do 9 med odporne in prsti od tipa 10 do 12 med zelo odporne prsti proti suši.

### 3.3 Litološke in reliefne značilnosti













Poleg kamninske podlage je za pojav suše pomembna predvsem njihova prepustnost za vodo. Na prepustnejših kamninah je namreč verjetnost pojava suše večja. Med najbolj prepustne kamnine na območju Pomurja prištevamo silikatni prod in pesek, ki ga je v pleistocenu nanosila reka Mura, in sicer v osrednjem ravninskem delu regije ter na večjem delu Apaškega ter Murskega polja. Prav tako za vodo dobro prepustna sta pesek in prod, ki ga je v holocenu na poplavnih območjih vzdolž svojega toka odlagala Mura. Na osrednjem in vzhodnem Goričkem se na posameznih območjih pojavlja pliocenski kremenov prod, ki je prav tako dobro prepusten za vodo zaradi česar se prsti na njem hitreje izsušijo (Pleničar 1970; Mioč in Žnidarčič 1987; Mioč in Marković 1998).

*Slika 2: Tipizacija prsti na območju Pomurja glede na odpornost proti suši. ►*

## Kmetijska suša v Pomurju in možnosti za prilagoditve



### Legenda

-  TIP 1: distrične rjave prsti in distrični ranker na produ in pesku v osrednjem delu Murske ravnani
-  TIP 2: obrečne distrične prsti, plitve do srednje globoke na ilovnatem aluviju v osrednjem in severnem delu Apaškega polja
-  TIP 3: obrečne distrične prsti, plitve do srednje globoke na ilovnatem aluviju v osrednjem delu Murskega polja
-  TIP 4: obrečne distrične prsti, plitve do srednje globoke na ilovnatem aluviju ob reki Muri in na njenem levem bregu v pasu med Petanjci in Mursko šumo
-  TIP 5: evtrične rjave prsti na pliocenkih sedimentih na položnejših pobočjih na Goričkem, v Vzhodnih Slovenskih gorica ter na peščeni glini na Genterovskem pretržju
-  TIP 6: distrične rjave prsti na pliocenkih sedimentih na strmejših pobočjih na Goričkem
-  TIP 7: psevdoglej, distrični, srednje globok in srednje izražen na spodnjih delih pobočij gričevij
-  TIP 8: psevdoglej, distrični, srednje globok in srednje izražen na pleistocenskih terasah
-  TIP 9: hipoglej, distrični in evtrični, mineralen, srednje močan in obrečna distična in evtrična, zmerno do globoko oglejena prst na ilovnatem aluviju v rečnih dolinah, na S delu Ravenskega, J delu Apaškega polja ter J delu Murskega polja
-  TIP 10: evtrična rjava prst z otoki distrične rjave prsti na miocenskem peščenem laporju na Zahodnem Goričkem, v Radgonsko-Kapelskih gorica ter v Vzhodnih Slovenskih gorica
-  TIP 11: distrična rjava prst, ponekod psevdoglejena, na pliocenski glini, pesku in drobnem produ v Lendavskih in Vzhodnih Slovenskih gorica
-  TIP 12: distrični hipoglej in amfiglej, mineralen, močan v osrednjem in vzhodnem delu Dolinskega

\* Odpornost prsti za sušo narašča od prvega proti dvanajstemu tipu.



Avtorica in kartografinja: Tatjana Kikec

Kartografska podlaga: Pedološka karta 1 : 25.000, Biotehniška fakulteta, Center za pedologijo in varstvo okolja



Obrobna gričevja v Pomurju ne dosegajo večjih nadmorskih višin in naklonov, zato je vpliv reliefa na pojav suše razmeroma majhen. Še največji vpliv ima ekspozicija, ki pomembno vpliva na toplotne razmere v prsteh ter s tem na izsuševanje prsti. Največ sončnega obsevanja prejmejo južne, jugovzhodne in jugozahodne ekspozicije ter ravninske lege, zato je na teh območjih verjetnost pojava suše večja. S povečevanjem naklona se povečuje občutljivost območja za sušo, vendar se nakloni  $12^\circ$  in več pojavljajo le na 7,6 % površine regije. Vpliv nadmorske višine na sušo je največji na nadmorski višini nad 290 m, ki zajema slemena gričevij, kjer je prst tanjša in voda hitreje odteče (Kikec 2014).

### 3.4 Neprilagojenost rabe tal

Raba tal je pomemben vplivni dejavnik zlasti pri njivah, saj lahko z neprimernim izborom kulturnih rastlin (slabo odporne proti suši) in neustrezno obdelavo zemljišč (na primer globoko oranje) sušo nehote izzovemo ali jo še dodatno potenciramo. Največ intenzivno obdelovanih njivskih zemljišč je v osrednjem nižinskem delu regije jugovzhodno od Murske Sobote ter na Apaškem in Murskem polju, kjer so prsti razmeroma plitve, z majhno sposobnostjo zadrževanja vode. Suša se na teh območjih v blažjih oblikah pojavlja skoraj vsako leto, vsakih nekaj let pa se pojavi huda kmetijska suša, ki uniči večino pridelka. Na teh območjih je škoda zaradi pojava suše prepegosta in prevelika, da bi bilo intenzivno kmetovanje še rentabilno, kar zahteva hitre in učinkovite ukrepe.

Pri pojavu kmetijske in hidrološke suše imajo torej zelo pomembno vlogo tudi preostali naštetih dejavniki, ki delujejo kot modifikatorji meteorološke suše v smislu njene intenzivnosti in prostorske razširjenosti.

## 4 Značilnosti vodne bilance in potrebe kulturnih rastlin po vodi

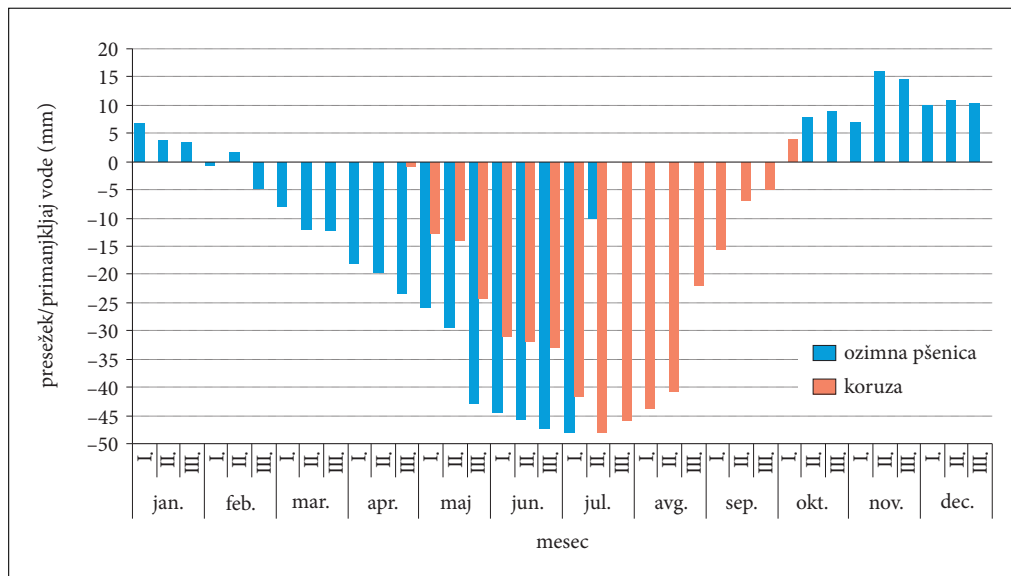
Na območju Pomurja je povprečna vodna bilanca površine tal glede na referenčno evapotranspiracijo negativna v II. dekadi marca in od I. dekade aprila do II. dekade avgusta, torej večji del vegetacijske dobe, ko je potreba rastlin po vodi največja. Primanjkljaj vode v tleh je največji julija, ko primanjkuje v I. dekadi v povprečju 10,4 mm in v III. dekadi v povprečju 11,2 mm vode v tleh. V času vegetacijske dobe je primanjkljaj vodne bilance glede na referenčno evapotranspiracijo v povprečju 59,6 mm vode. Primanjkljaj je manjši v zahodnem delu, kjer znaša v povprečju 21 mm, na Prekmurski strani pa se poveča na v povprečju 98,3 mm.

Izračunani trendi kažejo, da se bo primanjkljaj vode v tleh v prihodnje še povečal, in sicer bolj na levem kot na desnem bregu Mure. Povečanje primanjkljaja bo največje julija, ko je primanjkljaj že tako največji.

Pomanjkanje talne vode najbolj ogroža rastline, ki ob doživljanju vodnega stresa ne morejo normalno rasti in se razvijati. Najbolj so prizadete tiste, ki so največje porabnice vode. Med pomurskimi kmetovalci najbolj priljubljene kulture, kot so krompir in oljne buče, potrebujejo največ vode med III. dekado junija oziroma I. dekado julija ter I. oziroma II. dekado avgusta, torej v času, ko le-te najbolj primanjkuje. Prednost bi zato bilo treba dati ozimnim žitom, ki jim vode primanjkuje le v drugi polovici rastne dobe, polja pa običajno zapustijo še pred največjim primanjkljajem vode julija. Glede na vse zgodnejši začetek vegetacijske dobe bo smiselno dati prednost zgodnejšim vrstam krompirja in zelenjave, ki v času največjega primanjkljaja vode že preidejo najbolj občutljivejšo razvojne faze (Kikec 2014).

## 5 Kako naprej? Se znamo in zmoremo prilagoditi?

Glede na linearne trende podnebnih dejavnikov se bo suša pojavljala tudi v prihodnje, najverjetneje celo pogosteje ter bo dosegala vse večje razsežnosti. Zato bodo nujno potrebne različne prilagoditve kmetijske dejavnosti, s katerimi bomo zmanjšali ali vsaj omilili njene posledice.



Slika 3: Presežek/primanjkljaj vode za ozimno pšenico in koruzo, izračunan na podlagi potrebe kulturne rastline po vodi\* in stanja vodne bilance na meteorološki postaji Murska Sobota v obdobju 1961–2010 (\*izračun po priporočilih FAO (Irrigation... 1986), pri čemer so uporabljeni podatki o potencialni evapotranspiraciji in podatki o fenoloških fazah).

Predlagane prilagoditve izhajajo iz opredeljenih dejavnikov suše na območju Pomurja, na katere lahko vplivamo. To je predvsem raba tal, do določene mere pa lahko vplivamo tudi na značilnosti prsti. V prihodnje bo v boju proti suši treba več pozornosti nameniti:

- izboru kultur, ki preidejo najobčutljivejše razvojne faze ali zapustijo polja še pred pojavom največjega primanjkljaja vode v tleh meseca julija; pred koruzo in oljnimi bučami bo treba dati prednost ozimnim žitom, oljni ogrščici, zgodnjemu krompirju in zgodnji zelenjavi;
- izboru proti suši odpornejših vrst in tistih, ki imajo večje regenerativne sposobnosti po krajših sušnih obdobjih;
- časovni prilagoditvi setve: vse zgodnejši nastop temperaturnih pragov bo omogočil zgodnejšo setev oziroma sajenje, hkrati bo omogočena setev različnih strniščnih posevkov, ki bodo izkoristili podaljšano vegetacijsko dobo jeseni;
- zagotavljanju optimalne prehrane rastlin z ustreznim gnojenjem, s čimer bomo rastlinam omogočili, da lažje prenašajo vročinski in vodni stres;
- spremembam v uporabi in apliciranju sredstev za varstvo rastlin: višje temperature bodo namreč ugodno vplivale na razvoj rastlinskih boleznin in škodljivcev, hkrati pa bodo rastline zaradi doživljanja stresa veliko bolj dojemljive za njih (Hardi 2008, 20);
- prilagojenemu načinu obdelave tal, kot je plitvo oranje, zapiranje brazd, pogostejše rahljanje in plitvo okopavanje, s čimer bomo povečali sposobnost prsti, da vpijejo čim več vode in jo tudi zadržijo, rastlinam pa omogočili boljše rast, ter hkrati zmanjšali izgube vode z izhlapevanjem (Kapun 2003, 20);
- povečanju humusa v tleh z gnojenjem z organskimi gnojili živalskega in rastlinskega izvora, žetvenimi ostanki in strniščnimi dosevki za zelen podor, s čimer bomo vplivali na oblikovanje strukturnih agregatov in na kapaciteto prsti za zrak in vodo (Kapun 2003, 20);
- sprotnemu mehanskemu zatiranju plevelov med posevki s plitvim okopavanjem, ki zaradi lastnih potreb odzema vodo gojenim rastlinam;

- zasaditvi dodatnih mejic in vetrozaščitnih pasov vzdolž meja njiv, kolovozov in vodotokov, ki ugodno vplivajo na mikroklimatske značilnosti v njihovi neposredni bližini, predvsem pa zmanjšujejo hitrost vetra in s tem evapotranspiracijo;
- namakanju, ki je sicer najbolj zanesljiv in učinkovit ukrep, vendar se pojavljajo številni pomisleki glede upravičenosti, potencialnih vodnih virov in velikih stroškov izgradnje ter vzdrževanja namakalnih sistemov. Namakanje je smiselno le v rastlinjakih in na manjših zemljiščih intenzivne pridelave (zlasti za zelenjavo in sadje), ki so najbolj prizadeta zaradi suše. V času hidrološke suše odvzemanje vode iz vodonosnika za namene namakanja ni dopustno; potencialni vodni vir predstavlja le reka Mura (Kikec 2014);
- zbiranju deževnice s stanovanjskih in drugih objektov s pomočjo večjih ali manjših rezervoarjev ter lagun, ki jo uporabimo za zalivanje vrtov ter namakanje v rastlinjakih, v manjšem obsegu tudi na njivah v neposredni bližini lagun.

Nekoliko zahtevnejši ukrep, ki zahteva skrbno načrtovanje in strokovno izvedbo ter večji finančni vložek, predstavlja revitalizacija vodotokov. Gre za ponovno postopno vrnitev rečnih strug v prvotne oblike z meandri, pragovi, vodno in obrežno vegetacijo, kar bi pomembno povečalo zadrževanje vode tako v rečni strugi kot tudi v okoliški pokrajini.

Najpomembnejši korak v procesu prilagajanja suši bo nedvomno osveščanje, izobraževanje in svetovanje, v okviru katerih bodo prebivalci, zlasti kmetovalci, pridobili potrebno znanje za učinkovito prilagajanje. Ob tem se moramo zavedati, da en sam ukrep v boju proti suši še ne bo prinesel zelenih učinkov, potrebne bodo kombinacije različnih oblik prilagajanj, rezultati pa bodo vidni šele čez čas (Kikec 2014). Pri tem bo zelo pomembno vlogo imela lokalna kmetijska svetovalna služba pri Kmetijsko gozdarskem zavodu Murska Sobota, ki ima potrebno strokovno znanje in najbolje pozna razmere. To znanje bo morala čim prej in čim bolj učinkovito prenesti na lokalne kmetovalce, ki ga bodo lahko uporabili v praksi. Težav s sušo pa nikakor ne bodo rešile subvencije s strani države za nastalo škodo zaradi pojava suše, saj dejanskega problema ne rešujejo. Kmetovalcem sicer omogočajo preživetje, vendar jih hkrati spodbujajo, da kmetujejo naprej na način, kot so to počeli do sedaj. Podoben učinek imajo tudi različne oblike zavarovanj kmetijskih posevkov, ki si jih manjši kmetje, ki na preučevanem območju prevladujejo, finančno niti ne morejo privoščiti.

## 6 Sklep

Glede na naravogeografske značilnosti Pomurja in prihodne podnebne trende se bo suša pojavljala tudi v prihodnje. Dolgoročno so zato v boju proti suši najprimernejša rešitev različne prilagoditve pojavi. Na podlagi poznavanja dejavnikov pojava suše v Pomurju smo pripravili nabor možnih prilagoditev, ki jih kmetovalci lahko izvajajo brez zahtevnejših dodatnih znanj ali večjih finančnih vložkov. Najpomembnejši korak v boju proti suši pa bo nedvomno sprememba miselnosti ljudi. Dosedanji način kmetovanja z obstoječimi kulturami v prihodnosti najverjetneje ne bo več ekonomsko vzdržen, ker bo škoda zaradi suše pre pogosto prevelika. Upajmo, da bodo kmetovalci to čim prej spoznali in ustrezno ukrepali.

## 7 Viri in literatura

Hardi, Z. (ur.) 2008: Tehnološka priporočila za zmanjšanje občutljivosti kmetijske pridelave na sušo: poljedelstvo, travništvo, zelenjadarstvo in hmeljarstvo. Ljubljana. Medmrežje: [http://www.arsktrp.gov.si/fileadmin/arsktrp.gov.si/pageuploads/Aktualno/Aktualno/2013/Tehnoloska\\_priporocila\\_za\\_zmanjsanje\\_obcutljivosti\\_na\\_suso.pdf](http://www.arsktrp.gov.si/fileadmin/arsktrp.gov.si/pageuploads/Aktualno/Aktualno/2013/Tehnoloska_priporocila_za_zmanjsanje_obcutljivosti_na_suso.pdf) (22. 7. 2013).

Irrigation Water Management: Irrigation water needs. FAO.1986. Medmrežje: <http://www.fao.org/docrep/S2022E/S2022E00.htm> (28. 8. 2013).

- Kapun, S. 2003: Tehnološki ukrepi za zmanjševanje posledic suše; suša in pomursko kmetijstvo. Kaj storiti z zmanjšanje posledic suše v kmetijstvu? Gornja Radgona.
- Kikec, T. 2014: Geografska tipizacija Pomurja glede na sušo in možnosti za prilagoditve pojavu. Doktorsko delo v pripravi, Oddelek za geografijo Filozofske fakultete Univerze v Mariboru. Maribor.
- Klimatski podatki za izbrane meteorološke postaje na območju Pomurja. Agencija Republike Slovenije za okolje. Ljubljana, 2013.
- Mioč, P., Markovič, S. 1998: Osnovna geološka karta SFRJ 1 : 100.000, tolmač lista Čakovec. Zvezni geološki zavod. Beograd.
- Mioč, P., Žnidarčič, M. 1987: Osnovna geološka karta SFRJ 1 : 100.000, tolmač lista Maribor in Leibnitz. Zvezni geološki zavod. Beograd.
- Natek, K. 1983: Ogroženost Slovenije zaradi suše. Naravne nesreče v Sloveniji kot naša ogroženost. Ljubljana.
- Natek, K. 2002: Ogroženost zaradi naravnih procesov kot strukturni element slovenskih pokrajin. Dela 18. Ljubljana.
- NDMC 2008: What is Drought? Understanding and Defining Drought. Medmrežje: <http://drought.unl.edu/whatis/concept.htm#top> (27. 8. 2013).
- Ogrin, D. 2009: Slabitev celinskih podnebnih značilnosti v zadnjih desetletjih. Pomurje: Geografski pogledi na pokrajino ob Muri. Murska Sobota.
- Pedološka karta Pomurja. Center za pedologijo in varstvo okolja Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Ljubljana, 2007.
- Pleničar, M. 1970: Osnovna geološka karta SFRJ 1 : 100.000, tolmač lista Goričko. Zvezni geološki zavod. Beograd.
- Podatki o ocenjeni škodi po vzroku elementarne nesreče po statističnih regijah. Medmrežje: <http://www.stat.si> (27. 8. 2013).
- Stepančič, D. 1984: Osnovna pedološka karta SFRJ, komentar lista Murska Sobota. Ljubljana.



## SPREMLJANJE IN NAPOVEDOVANJE NARAVNIH NESREČ NA OBMOČJU SREDNJIH KARAVANK

**Manca Volk Bahun**

Znanstvenoraziskovalni center Slovenske akademije znanosti in umetnosti, Geografski inštitut Antona Melika,  
Novi trg 2, SI – 1000 Ljubljana, Slovenija  
manca.volk@zrc-sazu.si

### IZVLEČEK

#### **Spremljanje in napovedovanje naravnih nesreč na območju Srednjih Karavank**

Karavanke so znane po ekstremnih vremenskih dogodkih. Vzrok zanje so sredozemski cikloni, ki s seboj običajno prinesejo močne padavine. Vremenske ujme so zato na tem območju že stalnica. Zaradi redke meteorološke opazovalne mreže je bilo doslej težje preučevati izjemne dogodke, hkrati pa je bilo močno oteženo tudi njihovo napovedovanje.

V preteklih letih je bila v okviru projekta Naravne nesreče brez meja, ki ga sofinancira Operativni program Slovenija-Avstrija, v Srednjih Karavankah vzpostavljena mreža mobilnih meteoroloških postaj, ki v krajših časovnih razmikih merijo trenutne vremenske razmere, podatke pa samodejno pošiljajo na splet. Z njimi je bil narejen velik preskok v razumevanju in točnejšem napovedovanju različnih naravnih nesreč na območju Srednjih Karavank.

### KLJUČNE BESEDE

geografija naravnih nesreč, meteorološka opazovalna mreža, snežni plazovi, Karavanke

### ABSTRACT

#### **Natural Hazard Monitoring and Forecasting in Central Karavanks**

The Karavanks are well known for extreme weather events due to Mediterranean cyclones that bring heavy precipitation. Thus extreme weather events are not rare. Poor meteorological observation network in this area is the main reason for the lack of knowledge about extreme meteorological events and their precise forecasting.

Within the Natural Hazards Without Frontiers project, financed by Operational Programme Slovenia-Austria, a new observation network has been established in the last few years. In the Central Karavanks a few mobile weather stations were built, and its data is automatically transferred to the internet. Understanding and forecasting of the natural disasters in the Central Karavanks became better and much more accurate.

### KEY WORDS

geography of natural hazards, meteorological observation network, avalanches, the Karavanks

## 1 Naravne nesreče v Karavankah

Naravne nesreče v Alpah so pogost, izrazit in zelo zapleten pojav. Pojavljajo se v različnih oblikah in razsežnostih, od snežnih in zemeljskih plazov do poplav, drobirskih tokov, podorov in vetrolovov. Njihove posledice so nepredvidljive in marsikdaj tudi usodne tako za človeka kot tudi za njegovo imetje in infrastrukturo. Pokrajina se nenehno spreminja, zato nas naravni procesi spremljajo na vsakem koraku, ko povzročijo škodo ali žrtve, pa lahko govorimo o naravni nesreči (Volk 2010).

Vedno večja pogostost naravnih nesreč v slovenskih Alpah je verjetno posledica podnebnih sprememb, ki so na obrobju Alp še posebej izrazite. Te se kažejo z vedno pogostejšimi in intenzivnejšimi padavinami, ki jih k nam prinašajo sredozemski cikloni. Karavanke so takšnim vremenskim situacijam še posebej izpostavljene zaradi svoje lege, saj slemenitev glavnega karavanškega grebena poteka v smeri vzhod-zahod in tako prepreže vlažne zračne gmote.

O pogostosti naravnih nesreč na območju slovenskih Alp pričajo različni dogodki, ki so se zgodili v zadnjem desetletju. Tu mislimo na številne, tudi rušilne snežne plazove, ki so samo od leta 2003 do 2013 v Sloveniji vzeli 25 življenj (od tega nekaj tudi v Karavankah), močno poškodovali planinsko kočo na Doliču, poškodovali žičniške naprave na Kaninu, zasuli številne ceste in smučarske proge ter podrli na stotine kubičnih metrov gozdov (na primer na Begunjščici leta 2006) (Volk 2010). Poleg naštetih ujm se pojavljajo tudi poplave, ki so v tem obdobju največ škode povzročile leta 2010 v Železnikih.

Na vznožju Karavank največ težav povzroča karavanški fen, ki je novembra 2013 povzročil veliko škodo v tamkajšnjih vaseh, ingozdovih (Agencija ... 2013).

V zadnjem desetletju so se v gorskem svetu zgodili številni tudi večji in manjši podori in skalni odlo-mi (Begunjščica, soteska Čepa, Košuta) (Oberlechner in Schöttl 2013).

Za boljše razumevanje in lažje napovedovanje takšnih dogodkov so potrebni kakovostni podatki, ki pripomorejo k večji natančnosti napovedi in posledično tudi boljši analizi.

Tega raziskovalnega področja smo se na območju Srednjih Karavank lotili v okviru meddržavnega projekta Naravne nesreče brez meja (NH-WF), ki ga sofinancira Operativni program Slovenija-Avstrija 2007–2013 in poteka od oktobra 2011 do septembra 2014. Ker na izbranem pilotnem območju največ-jo grožnjo predstavljajo snežni plazovi, je velik del projekta usmerjen prav v njihovo preučevanje in na opozarjanje pred njimi.

## 2 Mreža meteoroloških postaj v Karavankah

Poznavanje vremenskih razmer in napovedovanje posameznih vremenskih pojavov v gorskem svetu je še posebej zahtevno, saj pogosto temelji na posrednem, bolj subjektivnem sklepanju in ne na dejanskih meritvah. Opisi podnebja in vremenskih pojavov gorskih predelov so precej nepopolni tudi zato, ker je povsod po svetu dolgoletnih meteoroloških meritev vremenskih spremenljivk v višje ležečih krajih zelo malo. Tudi v Sloveniji je malo visokogorskih meteoroloških postaj. Z najdaljšim obdobjem merjenja se lahko pohvalijo na Kredarici (2514 m), kjer meritve potekajo že od leta 1955 (Vrhovec, Kastelec in Petkovšek 2006). Poleg tega se meritve izvajajo tudi na Voglu, Domu na Komni, na Krvavcu, na Planini pod Golico, v Šmartnem na Pohorju, na Gomancah pod Snežnikom, nižje med gorami pa še v Ratečah, Bovcu, Stari Fužini, Kamniški Bistrici in Slovenj Gradcu (Vrhovec, Kastelec in Petkovšek 2006). Kot lahko razberemo iz naštetega so Karavanke precej slabo zastopane v meteorološki merilni mreži.

Ker doslej na tem območju praktično ni bilo opazovalne mreže, je bilo napovedovanje in razumevanje vremenskih pojavov precej omejeno in posplošeno. Zato smo poleti 2012, na čezmejnem območju Karavank postavili štiri nove mobilne meteorološke postaje. Z nekaj 100 metrov oddaljenega sedla smo na novo lokacijo prestavili obstoječo postajo na Zgornjem Plotu nad Zelenico, ki smo jo opremili tudi novimi merilnimi napravami in kamero. Povsem na novo smo postavili vremensko postajo pri koči pod Košuto (Avstrija), vremensko postajo pri koči na Zelenici in vremensko postajo na vrhu Stola. Poleg

novih postaj smo v opazovalno mrežo vključili še nekatere obstoječe postaje na avstrijski strani Karavank – Ljubelj, Ojstrc in Železna Kapla. Z gostejšo mrežo postaj bomo tako pridobili točnejše podatke o vremenskih in podnebnih razmerah na območju Srednjih Karavank.

Postaje na Stolu, na Zgornjem Plotu in pri koči pod Košuto so povsem samooskrbne in se napajajo s sončno energijo, podatke pa v različnih časovnih intervalih pošiljajo v dolino prek mobilnega signala. Merilne naprave se od postaje do postaje razlikujejo. Na Stolu merimo temperaturo, zračno vlago, ter jakost in smer vetra. Na Zgornjem Plotu so poleg meritev temperature, zračne vlage, jakosti in smeri vetra dodani še instrumenti za merjenje sončnega obsevanja in količine padavin. Poleg omenjenih meritev smo postajo opremili še s kamero, ki poleg vremenskih razmer na območju Zelenice beleži tudi snežne plazove na severni strani Begunjsčice. Vremenska postaja pri koči pod Košuto je opremljena z merilniki temperature, zračne vlage, jakosti in smeri vetra, sončnega obsevanja, količine padavin in višine snega.

Vremenska postaja pri koči na Zelenici je za razliko od ostalih, prav zaradi bližine koč, neposredno priključena na električno in internetno omrežje. Poleg meritev temperature, zračne vlage in sončnega obsevanja na tej postaji spremljamo še višino snega in količino padavin. Omenjene meritve smo dopolnili še s t. i. analizatorjem snežne odeje (ang. *snow pack analyzer*), ki beleži gostoto snega ter delež vode in ledu v snegu.

Postaje so v prostor umeščene z željo po čim večji lokacijski raznolikosti. Tako ležijo na različnih nadmorskih višinah ter različnih legah (vrh grebena, dolina), kar nam omogoča vpogled v dogajanje na različnih območjih.

Vse postaje so postavljene v gorskem svetu, kjer so vremenske razmere neugodnejše, kot v dolini, posamezni pojavi pa še bolj izraziti. Nanje delujejo močnejše sile in so motnje v njihovem delovanju toli-



GREGA BAHUN

Slika 1: Snežni plaz na Begunjsčici 26. 1. 2013, ki je vzela eno življenje.



MANCA VOLK BAHUN

Slika 2: Postavitev vremenske postaje na Stolu, 8. 10. 2012.



ko pogostejše. Zaradi tega so neizogibne tudi najrazličnejše poškodbe. Tako je zaradi nizkih temperatur, ivja in močnega vetra v obih zimskih sezonah (2012/2013 in 2013/2014) polomilo in poškodovalo vremensko postajo na Stolu.

### 3 Spremljanje snežne odeje in poskusni krajevni lavinski bilten

Za pripravo poskusnega krajevnega lavinskega biltena za Srednje Karavanke smo začeli pozorno spremljati snežne razmere. Pri tem so nam bili v veliko pomoč podatki vremenskih postaj, ki so nam pomagali predvsem pri zaznavanju sprememb v snežni odeji, ki posledično vplivajo na pojavljanje snežnih plazov. Neposredne informacije o dogajanju v snežni odeji smo dobili na terenu s prerezom snežne odeje in preizkusom trdnosti.

Prerez snežne odeje je opazovanje razporejenosti in lastnosti posameznih plasti v snežni odeji. Tako lahko zaznamo šibke plasti, spremljamo spremembe, ki nastajajo v različnem časovnem obdobju, in posledično lažje napovemo nevarnost za pojavljanje snežnih plazov (McClung in Schaerer 2006). Z izdelavo prereza snežne odeje dobimo podatke o temperaturi na posameznih globinah, o trdoti posameznih plasti, obliki in velikosti kristalov ter vlažnosti in gostoti posameznih plasti. Z dodatnim preizkusom trdnosti snežne odeje dobimo še podatek o tem, kakšna obremenitev je potrebna za sprožitev snežnega plazov in katera plast je še posebej nevarna. Vse to je pri napovedovanju nevarnosti izredno pomembno, saj vsaj delno zmanjša subjektivnost ocene nevarnosti.

Kot primer smo v nadaljevanju predstavili enega izmed prerezov in ga povezali s podatki iz postaj.

V začetku januarja 2013 je nastopila precejšnja ohladitev, saj so temperature zraka v enem dnevu iz skoraj 5 °C padle pod 0 °C. V naslednjih dneh se je ohladitev še nadaljevala. Temperaturne spremembe so vplivale tudi na snežno odejo. Daljše obdobje hladnejšega vremena namreč snežno odejo lahko osuši, kar se je zgodilo tudi v tem primeru. Gostota snega se je tako v nekaj dneh iz gostote nekaj več kot 275 kg/m<sup>3</sup> zmanjšala na 250 kg/m<sup>3</sup>. Prerez snežne odeje, ki je bil narejen konec tedna, je pokazal podobne rezultate. Zgornji sloji snežne odeje so bili zaradi večjega mraza precej podhlajeni, globlje pa so bile temperature višje, kot je običajno zaradi vplivov toplejše podlage. Najboljši pokazatelj sprememb je bila oblika kristalov.

Zaradi višjih temperatur pred ohladitvijo se je snežna odeja preobrazala. Ohladitev je vezi med kristali posušila, zato so dobili robato obliko. Ker so se vezi med kristali pretrgale, je bil sneg sipek, zaradi česar se je povečala nevarnost za proženje snežnih plazov.

Podobne nagle spremembe so pogoste, vse pa vplivajo na dogajanje v snežni odeji in posledično na nevarnost pojava snežnih plazov. Poznavanje takšnih situacij je izjemno pomembno za napovedovanje izrednih dogodkov.

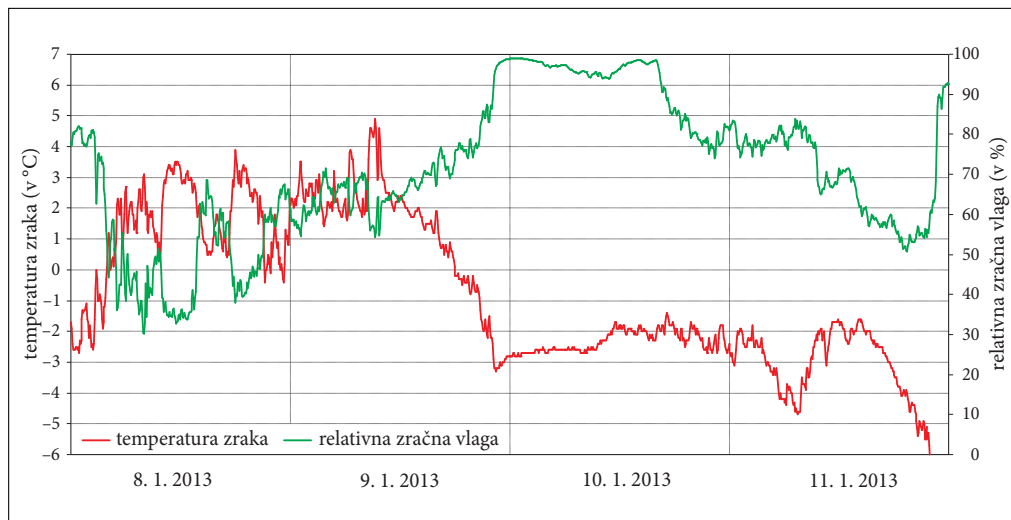
S pomočjo vremenskih postaj in rednih terenskih opazovanj smo v zimski sezoni 2012/2013 uspeli izdelati 67 *Poskusnih krajevnih lavinskih biltenov za Srednje Karavanke*, v sezoni 2013/2014 pa smo nadaljevali z delom. Izkušnje, znanja in poznavanje lokalnih razmer, ki smo jih pridobili v tem času, nam omogočajo nenehne izboljšave in vedno boljše napovedi za pilotno območje. Bilteni izhajajo trikrat tedensko, ob izrednih razmerah pa tudi pogostejše. Dostopni so na domači strani projekta <http://www.natural-hazards.eu/> (NH-WF 2014) in družabnem omrežju Facebook (Geografski ... 2014). Posredno ga objavljajo tudi nekatere druge spletne strani. S tem se trudimo dopolnjevati državni lavinski bilten, ki ga izdaja Agencija Republike Slovenije za okolje (Agencija ... 2014).

Prvo sezono izdajanja *Poskusnih krajevnih lavinskih biltenov za Srednje Karavanke* smo začeli 6. decembra 2012 in jo končali 3. maja 2013. V tem času smo izdelali 67 biltenov. Od tega je bila ocena stanja v sredogorju dvaintridesetkrat 1., enaindvajsetkrat 2., štirinajstkrat 3., 4. in 5. stopnja pa za sredogorje nista bili uporabljeni. V visokogorju je bilo stanje štirikrat ocenjeno s 1. stopnjo, osemindvajsetkrat z 2. stopnjo, sedemindvajsetkrat s 3. stopnjo in osemkrat s 4. stopnjo. 5. stopnja ni bila uporabljena (slika 6).

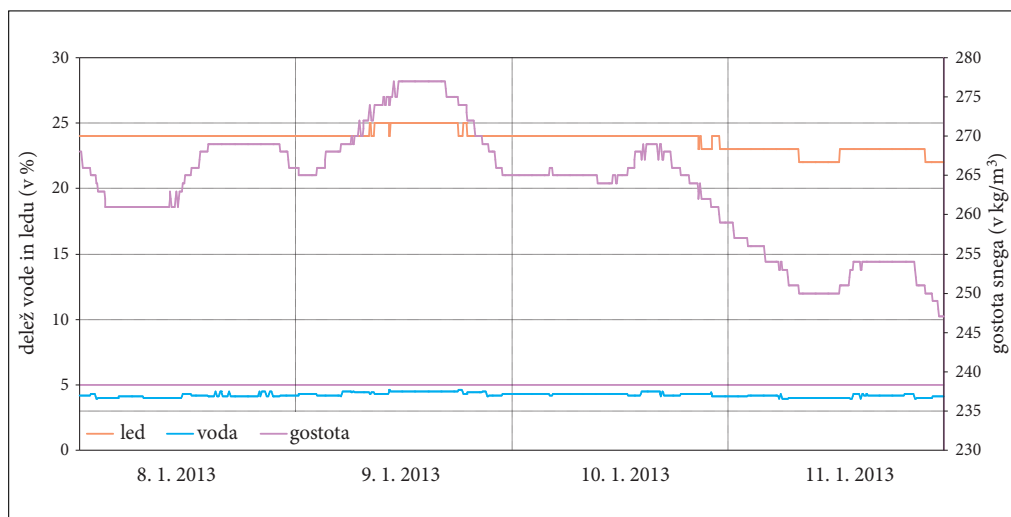
V napovedi smo za sredogorje devetnajstkrat napovedali 1., štiriintridesetkrat 2., trinajstkrat 3. in nikoli 4. ali 5. stopnje. Za visokogorje pa je bila le dvakrat uporabljena 1., petnajstkrat 2., šestintridesetkrat 3. in štirinajstkrat 4. stopnja. 5. stopnja tudi v napovedih ni bila uporabljena.

Vidimo lahko, da je bila za sredogorje največkrat uporabljena 1., v napovedi pa 2. stopnja nevarnosti. V visokogorju smo največkrat stanje ocenili z 2. in 3. stopnjo, napovedali pa 3. stopnjo. Iz tega lahko vidimo, da smo v napovedih nekajkrat precenili dejansko stanje nevarnosti.

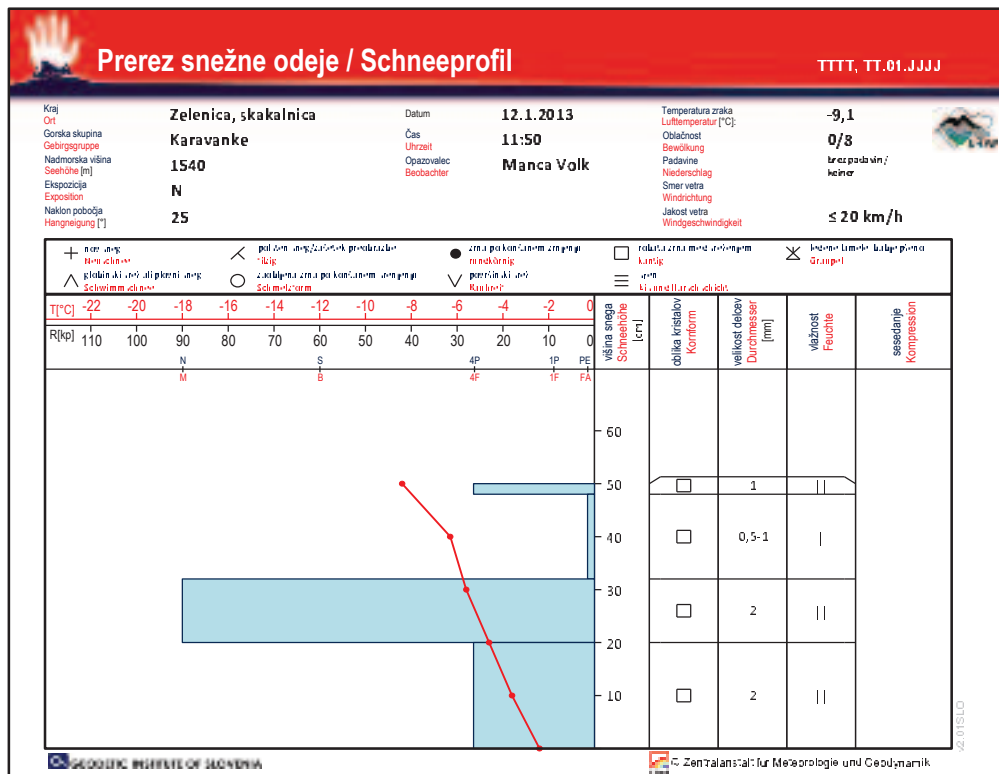
Bilteni so bili dobro sprejeti tudi v širši javnosti in so večkrat pomagali tudi pri zahtevnih odločitvah. Zaradi razglašene visoke stopnje nevarnosti (4. stopnja) je bila tako od 17. do 20. januarja 2013 zaprta planinska koča na Zelenici. 2. februarja 2013 je bilo zaradi povečanja nevarnosti na 4. stopnjo



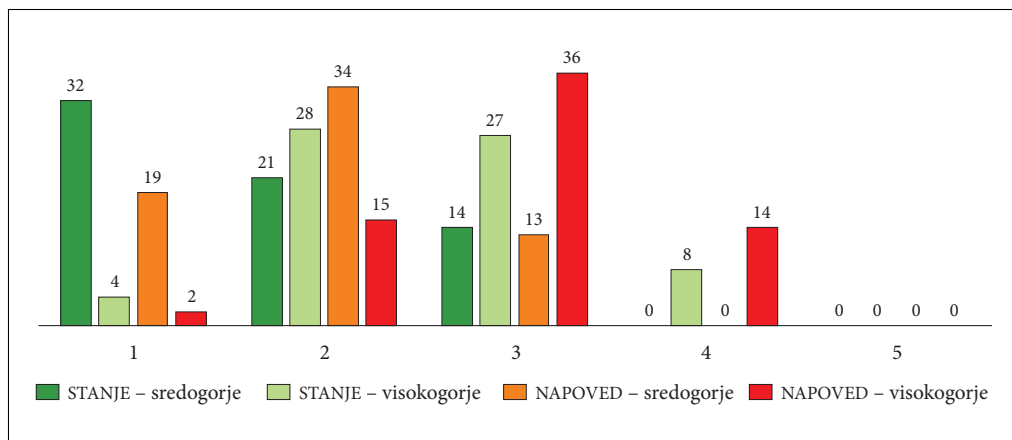
Slika 3: Temperatura in relativna zračna vlaga od 8. 1. do 11. 1. 2013.



Slika 4: Stanje snežne odeje od 8. 1. do 11. 1. 2013.



Slika 5: Prerez snežne odeje, izdelan 12. 1. 2013.



Slika 6: Izbrana stopnja nevarnosti za stanje in napoved po evropski petstopenski lestvici v zimski sezoni 2012/2013.

skupini planincev svetovan sestop iz doma na Zelenici v dolino Završnice, saj je bila pot plazovom manj izpostavljena, kot pa tista proti Ljubelju. Istega dne pa je bil zaradi razmer odpovedan tudi Tečaj varnega gibanja v gorah za planince.

Vsi ti primeri so dober pokazatelj potrebe in pomembnosti dobrih krajevnih napovedi.

Pri visokih stopnjah ogroženosti so se zgodili tudi številni lavinski dogodki. 26. januarja 2013 se je zgodila edina lavinska nesreča v Karavankah v sezoni 2012/2013, v kateri je življenje izgubil turni smučar. Stopnja nevarnosti je bila ta dan 3. stopnje. 27. februarja 2013 je prav tako pri 3. stopnji snežni plaz zasul cesto Tržič–Jelendol. Prav tako pri 3. stopnji pa so s pobočja Begunjščice prišli številni mokri talni plazovi.

#### 4 Varstvo pred naravnimi nesrečami

Območja s podobnimi naravnimi razmerami so izpostavljena pojavu podobnih naravnih nesreč, zato jih do neke mere lahko predvidimo. Točnega časa in škode pa žal ne moremo napovedati.

Največ, kar lahko storimo, je, da v ljudeh vzbudimo zavedanje, da se naravne nesreče dogajajo tudi v njihovem okolju in da se nanje tudi pripravijo. Vedno večja je nujnost po preventivnih in prilagoditvenih ukrepih za naravne nesreče, ki bi poleg naravnih značilnosti upoštevali tudi značilnosti družbe oziroma odgovornost posameznika (Komac, Zorn in Ciglič 2011).

Preventiva in izobraževanje sta se izkazala pomembna prav pri snežnih plazovih. Ti so v zadnjem času postali še posebej problematični, saj se število zimskih obiskovalcev gora nenehno povečuje, kar je mogoče opaziti tudi na terenu. Vedno več je tudi nesreč, njihove posledice pa so pogosto tudi usodne.



GREGA BAHUN

Slika 7: Terensko delo na delavnici »Snežni plazovi brez meja«, Zelenica, 16.–17. 2. 2013.

Prav zato se v sklopu projekta trudimo čim več storiti prav na področju preventive. Redno izdajanje lavinskih biltenov smo dopolnili tudi z dvodnevni delavnicami varstva pred snežnimi plazovi. Prva je potekala v februarju 2013, druga pa bo v začetku marca 2014. Prav tako smo s svojim znanjem pomagali tudi pri izvedbi drugih tovrstnih delavnic na območju Zelenice. Delavnice so bile med ljudmi dobro sprejete in vedno polno zasedene.

## 5 Sklep

Karavanke ogrožajo številne naravne nesreče. Zaradi pomanjkanja (kakovostnih) podatkov je bilo procese na tem območju v preteklosti težko napovedati, otežena pa je bila tudi njihova interpretacija. Nove vremenske postaje so nam omogočile stalno spremljanje vremena, hkrati pa tudi k razumevanju različnih vremenskih situacij. Tega zaradi pomanjkanja podatkov prej ni bilo mogoče. Veliko natančnejše so tudi napovedi, izboljšalo pa se je tudi opozarjanje pred različnimi naravnimi nesrečami. Boljša obvestila in številne preventivne delavnice dvigujejo raven ozaveščenosti posameznikov in boljšo varnost. Zato je izdajanje krajevnih lavinskih biltenov za Srednje Karavanke primer dobre prakse, ki ga kaže nadaljevati tudi po končanem projektu Naravne nesreče brez meja.

*Zahvala: Članek je nastal v okviru projekta »Naravne nesreče brez meja« v okviru Operativnega programa Slovenija-Avstrija 2007–2013.*

## 6 Viri in literatura

- Agencija Republike Slovenije za okolje 2013: Močan veter in obilne padavine od 9. do 11. novembra 2013. Medmrežje: [http://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/text/sl/weather\\_events/veter-padavine\\_9-11nov2013.pdf](http://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/text/sl/weather_events/veter-padavine_9-11nov2013.pdf) (31. 1. 2014).
- Agencija Republike Slovenije za okolje 2014: Snežne razmere. Medmrežje: <http://www.meteo.si/met/sl/weather/bulletin/mountain/avalanche/> (31. 1. 2014).
- Geografski inštitut Antona Melika ZRC SAZU, Facebook 2014. Medmrežje: <https://www.facebook.com/pages/Geografski-in%C5%A1titut-Antona-Melika-ZRC-SAZU/435778073176687> (31. 1. 2014).
- Komac, B., Zorn, M., Ciglič, R. 2011: Izobraževanje o naravnih nesrečah v Evropi. Georitem 18. Ljubljana.
- McClung, D., Scheerer, P. A. 2006: The Avalanche Handbook. Seattle.
- NH-WF 2014. Medmrežje: <http://www.natural-hazards.eu/avalanche-bulletin-karavanks.html> (31. 1. 2014).
- Oberlechner, M., Schöttl, S. 2013: Analyse der Felssturzereignisse »Loibl oktober 2011« und »Koschuta Juli 2012« anhand von meteorologischen Messdaten. Medmrežje: [http://www.natural-hazards.eu/wordpress/wp-content/uploads/2013/09/Seminar\\_Arbeit\\_Oberlechner\\_Sch%C3%B6ttl.pdf](http://www.natural-hazards.eu/wordpress/wp-content/uploads/2013/09/Seminar_Arbeit_Oberlechner_Sch%C3%B6ttl.pdf) (31. 1. 2014).
- Volk, M. 2010: Snežni plazovi v Karavankah. Diplomsko delo, Fakulteta za humanistične študije Univerze na Primorskem. Koper.
- Vrhovec, T., Kastelec, D., Petkovšek, Z. 2006: Vreme in podnebje v gorah. Ljubljana.

## **ZEMELJSKI PLAZOVI, DROBIRSKI IN ZRNSKI TOKOVI, PODORI, SNEŽNI PLAZOVI IN EROZIJA: SPLETNA APLIKACIJA ZA UPORABO NA RAVNI OBČIN**

*dr. Marko Komac, dr. Miloš Bavec, dr. Magda Čarman, dr. Jernej Jež, Matija Krivic*

*Geološki zavod Slovenije, Dimičeva ulica 14, SI – 1000 Ljubljana, Slovenija*

*marko.komac@geo-zs.si, milos.bavec@geo-zs.si, magda.carman@geo-zs.si, jernej.jez@geo-zs.si,*

*matija.krivic@geo-zs.si*

### **IZVLEČEK**

#### ***Zemeljski plazovi, drobirski in zrnski tokovi, podori, snežni plazovi in erozija: spletna aplikacija za uporabo na ravni občin***

*Ministrstvo za kmetijstvo in okolje je v letih 2011–2012 financiralo pilotni projekt izdelave prostorske baze podatkov in spletnega informacijskega sistema geološko pogojenih nevarnosti zaradi procesov pobočne-ga premikanja, erozije ter snežnih plazov. Izdelani zemljevidi za štirinajst izbranih občin so pomemben korak k sistemskemu izvajanju varstva pred erozijo, snežnimi plazovi ter zemeljskimi plazovi, skalnimi podori, drobirskimi in zrnskimi tokovi na občinski ravni ter izvajanju in spoštovanju omejitev rabe prostora na ogroženih območjih. V ta namen je izdelana spletna GIS aplikacija, ki je namenjena vizualizaciji rezultatov projekta in predstavlja vstopno točko za dostop do podatkov. Z uporabniku prijazno zasnovano omogoča enostavno uporabo in je namenjena vsem, ki pri svojem delu potrebujejo informacijo o obravnavanih vrstah geoloških in geomorfoloških nevarnosti.*

### **KLJUČNE BESEDE**

*zemeljski plaz, drobirski tok, zrnski tok, skalni podor, erozija, snežni plaz, občina, spletna aplikacija*

### **ABSTRACT**

#### ***Landslides, debris and grain flows, rockfalls, avalanches and erosion: a web application for use at the municipal level***

*The Slovenian Ministry of Agriculture and the Environment has financed in 2011–2012 a pilot project in which a spatial database and maps on mass movements (landslides, debris flows and rockfalls), erosion and avalanches susceptibility were prepared for 14 selected municipalities. In these municipalities the methodology was tested and scrutinized to get the best possible results that could be effectively used for the purpose of the municipal land-use management. Results are presented through a web application.*

### **KEY WORDS**

*landslide, debris flow, grain flow, rockfall, erosion, avalanche, municipality, web application*

## 1 Uvod

Geološki zavod Slovenije je v sodelovanju s podizvajalci v letih 2011 in 2012 izvedel pilotni projekt »Izdelava prostorske baze podatkov in spletnega informacijskega sistema geološko pogojenih nevarnosti zaradi procesov pobočnega premikanja, erozijskih kart ter kart snežnih plazov« (Bavec s sodelavci 2012a). Poznavanje, upoštevanje, nadzor in ublažitev posledic naštetih pojavov je temelj za trajnostno gospodarjenje s prostorom. Rezultati projekta (baza pojavov, zemljevidi, spletna aplikacija) so lahko neposredno uporabni kot osnova za prostorsko načrtovanje na ravni občin in države. Temeljijo na razumevanju odnosov vplivnih dejavnikov na erozijo, na nastanek zemeljskih plazov, skalnih podorov, drobirskih in zrnških tokov ter snežnih plazov.

V okviru pilotnega projekta je bilo v preglednem merilu, namenjenemu predvsem uporabi na ravni občin, preučeni štirinajst slovenskih občin. Občine so bile izbrane po ključu geografskih, geoloških in hidroloških raznolikosti. V preglednici 1 so predstavljene izbrane občine in preučeni pojavi po občinah.

*Preglednica 1: Seznam občin in tematskih slojev preučeni v okviru projekta.*

občina	zemeljski plazovi, skalni podori, drobirski in zrnški tokovi	erozija	snežni plazovi
Bovec	•	•	•
Kranjska Gora	•	•	•
Krško	•	•	
Laško	•	•	
Maribor	•	•	
Piran	•	•	
Slovenj Gradec	•	•	•
Šentilj	•	•	
Kungota	•		
Trbovlje	•	•	
Velenje	•	•	
Železniki	•	•	•
Gornja Radgona	•		
Puconci	•		

## 2 Metodologija posameznih tematskih slojev

### 2.1 Zemljevidi in baze podatkov geološko pogojenih nevarnosti zaradi procesov pobočnega premikanja v merilu 1 : 25.000 in 1 : 5000

Zemljevid geoloških nevarnosti zaradi procesov pobočnega masnega premikanja v merilu 1 : 25.000 prikazuje obstoječe, predvsem pa predvidene pojave zemeljskih plazov, skalnih podorov, drobirskih in zrnških tokov (Bavec s sodelavci 2012b). Metodologija je bila razvita v okviru znanstvenoraziskovalnega projekta na Geološkem zavodu Slovenije (GeoZS) leta 2003 (Bavec s sodelavci 2005; Komac 2005). Namenjena je oceni geoloških nevarnosti zaradi procesov pobočnega masnega premikanja na ravni občin v merilu 1 : 25.000 in predstavlja enega osnovnih podatkov v procesu priprave občinskih prostorskih načrtov. Poleg verifikacijskih terenskih pregledov in detajlnega kartiranja izbranega območja, temelji zemljevid na arhivskih podatkih GeoZS. Izdelava temelji na štirih zaporednih fazah:

1. sinteza obstoječih kartografskih arhivskih geoloških podatkov in verifikacijskih terenskih pregledov v fazni zemljevid geoloških nevarnosti zaradi pobočnih masnih premikov v merilu 1 : 25.000,
2. izdelava verjetnostnega statističnega modela geoloških nevarnosti zaradi procesov pobočnega premikanja v merilu 1 : 25.000,
3. izdelava zemljevida geoloških nevarnosti zaradi procesov pobočnega premikanja v merilu 1 : 25.000 na podlagi sinteznega faznega zemljevida (1) in verjetnostnega modela (2) v merilu 1 : 25.000 z izločitvijo najbolj problematičnih območij ter
4. detajlno kartiranje stabilnostno bolj problematičnih območij v merilu 1 : 5000 ali 1 : 10.000 (odvisno od razpoložljive kartografske podlage) ter izdelava detajlnih načrtov geoloških nevarnosti zaradi procesov pobočnega premikanja za ta območja.

## 2.2 Izdelava zemljevidov in baze podatkov erozijskih območij v merilu 1 : 25.000 in 1 : 5000

Zemljevidi erozijskih nevarnosti opisujejo obstoječe in tudi potencialne pojave erozijskih procesov na določenem območju (na primer erozija vodotokov, erozijska žarišča, melišča, površinska erozija) (Durjava s sodelavci 2012). Metodologija je razvita kot nadgradnja metodologije, uporabljane v letih 2007 do 2011 za izdelavo opozorilnih erozijskih in poplavnih zemljevidov za nekatera povodja in območja Gorenjske (v okviru javne vodnogospodarske službe koncesionarja VGP Kranj d. d.), katerih rezultati so se izkazali za zelo uporabne. Zemljevidi so namenjeni oceni erozijskih nevarnosti zaradi erozijskih procesov na ravni občin v merilu 1 : 25.000 oziroma 1 : 5000 in omogočajo pomoč pri izdelavi občinskih prostorskih načrtov. Za obravnavano občino so bili izdelani trije opozorilni zemljevidi in sicer opozorilni zemljevid nevarnosti obstoječe erozije v merilu 1 : 25.000; opozorilni zemljevid nevarnosti pojavljanja erozije v merilu 1 : 25.000 ter podrobni opozorilni zemljevid nevarnosti erozije v merilu 1 : 5000 oziroma 1 : 10.000.

Za izdelavo **opozorilnega zemljevida nevarnosti obstoječe erozije** je uporabljena neposredna (izkustvena) metoda geomorfološkega kartiranja erozijskih pojavov. Erozijska območja in pojavi so določeni na podlagi analize naravnih danosti in razmer na razpoložljivih zemljevidih, raznovrstnih arhivskih podatkov in gradiva ter predvsem na podlagi temeljitega terenskega pregleda, kartiranja in fotografiranja. Faze izdelave opozorilnih zemljevidov nevarnosti obstoječe erozije so:

1. priprava delovnih zemljevidov za terensko in kabinetno delo (temeljna topografski zemljevid z digitalnim ortofotoposnetkom območja, z dopolnjeno hidrografske mrežo in vodnogospodarskimi objekti, geološkimi podatki ter oznako prednostnih območij za terensko kartiranje);
2. terensko kartiranje in pridobivanje podatkov – kartirani in evidentirani so bili sledeči pojavi: struge vodotokov, stanje erodiranosti strug, območja hudourniških vršajev, območja prodišč in sipin, območja zastajanja plavin, melišča, erozijska žarišča, območja antropogene erozije;
3. analiza in obdelava podatkov ter dokončna izdelava opozorilnega zemljevida nevarnosti obstoječe erozije.

Izdelava **opozorilnega zemljevida nevarnosti pojavljanja erozije** temelji predvsem na daljinskem zajemu podatkov in računalniškem modeliranju ter terenskem preverjanju. Faze izdelave opozorilnega zemljevida nevarnosti pojavljanja erozije so:

1. reklasifikacija geoloških in ostalih prostorskih podatkov,
2. modeliranje ter stalna vzporedna terenska verifikacija modela,
3. končna obdelava podatkov z vključitvijo območij obstoječe erozije ter dokončna izdelava opozorilnega zemljevida nevarnosti pojavljanja erozije.

**Podroben (detajlni) opozorilni zemljevid nevarnosti erozije** (za izsek občine) se izdela na podlagi prej izdelanih opozorilnih zemljevidov nevarnosti obstoječe in potencialne erozije.

V končni fazi se kot skupni rezultat izdelave vseh zemljevidov – geoloških nevarnosti pobočnega premikanja, erozijske nevarnosti ter nevarnosti zaradi pojavov snežnih plazov – izdela prostorska baza podatkov oziroma vključitev v spletni informacijski sistem ter adaptacija na občinski GIS.



### 2.3 Izdelava zemljevidov in baze podatkov območij, ogroženih s snežnimi plazovi v merilu 1 : 25.000 in 1 : 5000

Zemljevid nevarnosti snežnih plazov je bila izdelana s pomočjo GIS-ov (Ferk s sodelavci 2012; Pavšek s sodelavci 2013). Na Geografskem inštitutu Antona Melika Znanstvenoraziskovalnega centra Slovenske akademije znanosti in umetnosti je na voljo obsežna zbirka podatkov v digitalni obliki, ki omogoča zbiranje, vnos, obdelavo in predstavitev podatkov ter njihovo ažuriranje s pomočjo izbrane strojne in programske opreme ter zbirke podatkov. V tem okviru obstaja tudi podatkovna zbirka o snežnih plazovih, v katerih so lokacijski in atributni podatki, ki podrobneje predstavljajo in opredeljujejo posamezno popisano enoto – do sedaj znane in popisane snežne plazove.

Zemljevid nevarnosti snežnih plazov temelji na dveh prvinah, in sicer na podatkih podatkovne zbirke snežni plazovi (lavinski kataster), ki so bili pridobljeni in posodobljeni s pomočjo terenskega dela v izbranih občinah ter na podlagi nekaterih drugih podatkovnih slojev v GIS-ih, ki niso bili izdelani posebej za namene tega projekta.

Za preučevanje snežnih plazov so bile uporabljene predvsem tiste podatkovne zbirke, ki se nanašajo na naravnogeografske značilnosti površja, ter prikazujejo relief, rabo tal in značilnosti snežne odeje:

1. relief – naklon in ekspozicija (usmerjenost) pobočja,
2. raba tal,
3. največja višina snežne odeje,
4. število dni s snežno odejo in
5. povprečna višina novozapadlega snega.

Za izdelavo je bila uporabljena logaritemska metoda indeksiranja. To je statistična metoda, pri kateri se različni vplivni dejavniki primerjajo s pojavnostjo dejanskih snežnih plazov. Modeliranje je potekalo s pomočjo GIS-ov, ki omogočajo hkratno računanje z različnimi podatkovnimi sloji. Temeljna predpostavka je, da se lahko na podlagi snežnih plazov, ki so se sprožili v preteklosti, ugotavlja, kje je večja ali manjša verjetnost za njihov nastanek v prihodnosti. Pri tej metodi se s pomočjo različnih vplivnih dejavnikov ugotavlja sorodnost območij in na tej podlagi se sklepa o plazovitosti. Za vsak vplivni dejavnik se izdelata delni zemljevid, ki za vsak razred vplivnega dejavnika prikazuje izračunane uteži. Uteži se izračunajo s pomočjo naravnega logaritma, tako da logaritem gostote snežnih plazov v določenem razredu izbranega vplivnega dejavnika primerjamo z logaritem gostote snežnih plazov na preučevanem območju. Izračunani rezultati imajo pozitivne in negativne vrednosti. Pozitivne vrednosti imajo območja, kjer je gostota snežnih plazov nadpovprečna, negativne vrednosti pa območja, kjer je gostota snežnih plazov podpovprečna. Iz teh podatkov se nato izdelata zemljevid območij proženja snežnih plazov, ki se mu določijo razrede (kategorije).

### 2.4 Spletni informacijski sistem

Spletna GIS aplikacija je namenjena vizualizaciji rezultatov projekta in je uporabljena kot vstopna točka za dostop do vseh podatkov. Z uporabniku prijazno zasnovo omogoča enostavno uporabo in je namenjena vsem uporabnikom, ki pri svojem delu potrebujejo informacije o obravnavanih vrstah geoloških in geomorfoloških nevarnosti.

Spletni pregledovalnik je (trenutno) v beta različici dostopen na spletnem naslovu: <http://akvamarin.geo-zs.si/geohazard> (slika 1).

Uporabniku preko orodij nudi enostavno določitev zelene lokacije v prostoru. Vsak uporabnik ima možnost prilagoditve vsebine prikaza iz treh različnih sklopov podatkov (pobočni masni premiki, erozija, snežni plazovi), po katerih uporabnik poišče bodisi po lokaciji ali parcelni številki. Sistem sam skrbi za dinamično spreminjanje vsebine glede na merilo prikaza. Vanj je vgrajena omejitev povečave, ki onemogoča grafično povečavo prikazov prek ravni natančnosti podatka. Premikanje po zemljevidu je omogočeno s standardnimi funkcijami kot so: povečava, premik, povečava/pomanjšava za faktor, prikaz v izbranem merilu.



Slika 1: Spletna aplikacija z zemljevidi nevarnosti za pobočne premike, erozijo in snežne plazove – primer za nevarnost snežnih plazov.

### 3 Sklep

Izdelani zemljevidi za štirinajst izbranih občin predstavljajo pomemben korak k sistemskemu izvajanju varstva pred erozijo, snežnimi plazovi in pobočnimi masnimi premiki na občinski ravni ter izvajanju in spoštovanju omejitve rabe prostora na nevarnih območjih.

Pri izdelavi projekta smo imeli v mislih dolgoročne cilje, kot so pokritje celotnega ozemlja Republike Slovenije z enovito, kvalitetno bazo podatkov, vzpostavitev sistema odločanja glede na geološke nevarnosti zaradi zemeljskih plazov, skalnih podorov, drobirskih in zrnskih tokov tako na državni in regionalni kot tudi na krajevni ravni, izdelava detajlnih zemljevidov za vsa problematična območja v Sloveniji, vključitev spletnega informacijskega sistema geoloških nevarnosti zaradi zemeljskih plazov, skalnih podorov, drobirskih in zrnskih tokov v celovit informacijski sistem, ki bo zajemal vse geološke in geomorfološke nevarnosti (potresi, procesi pobočnega masnega premikanja – zemeljski plazovi, skalni podori, masni tokovi sedimentov, erozija) in vzpostavitev enovite kvalitetne in žive baze podatkov o obravnavanih naravnih nevarnostih.

Neposredni rezultati projekta na ravni izbranih občin so izdelani zemljevidi (prostorska baza podatkov) geoloških nevarnosti zaradi zemeljskih plazov, skalnih podorov, drobirskih in zrnskih tokov, erozijskih procesov in snežnih plazov v merilu 1 : 25.000 ter detajlni zemljevidi izbranih problematičnih območij v merilu 1 : 5000 ali 1 : 10.000 (odvisno od razpoložljive kartografske podlage). Vsi rezultati so predstavljeni v obliki spletnega informacijskega sistema oziroma spletne aplikacije.

### 4 Viri in literatura

Bavec, M., Budkovič, T., Komac, M. 2005: Geohazard – geološko pogojena nevarnost zaradi procesov pobočnega premikanja. Primer občine Bovec. Geologija 48-2. Ljubljana.

- Bavec, M., Rižnar, I., Čarman, M., Jež, J., Krivic, M., Kumelj, Š., Požar, M., Šinigoj, J., Jurkovšek, B., Trajanova, M., Poljak, M., Celarc, B., Demšar, M., Milanič, B., Mahne, M., Otrin, J., Čertalič, S., Štih, J., Durjava, D., Ribičič, M., Galič, R., Lajevec, D., Papež, J., Klabus, A., Jeršič, T., Černivec, J., Lipovšek, A., Korošec, R., Debeljak, P., Ferk, M., Komac, B., Ortar, J., Pavšek, M., Volk, M., Zorn, M. 2012a: Izdelava prostorske baze podatkov in spletnega informacijskega sistema geološko pogojenih nevarnosti zaradi procesov pobočnega premikanja, erozijskih kart ter kart snežnih plazov. Poročilo, arhiv Geološkega zavoda Slovenije. Ljubljana.
- Bavec, M., Rižnar, I., Čarman, M., Jež, J., Krivic, M., Kumelj, Š., Požar, M., Šinigoj, J., Jurkovšek, B., Trajanova, M., Poljak, M., Celarc, B., Demšar, M., Milanič, B., Mahne, M., Otrin, J., Čertalič, S., Štih, J. 2012b: Izdelava prostorske baze podatkov in spletnega informacijskega sistema geološko pogojenih nevarnosti zaradi procesov pobočnega premikanja, erozijskih kart ter kart snežnih plazov – Procesi pobočnega premikanja. Poročilo, arhiv Geološkega zavoda Slovenije. Ljubljana.
- Durjava, D., Ribičič, M., Galič, R., Lajevec, D., Papež, J., Klabus, A., Jeršič, T., Černivec, J., Lipovšek, A., Korošec, R., Debeljak, P. 2012: Izdelava prostorske baze podatkov in spletnega informacijskega sistema geološko pogojenih nevarnosti zaradi procesov pobočnega premikanja, erozijskih kart ter kart snežnih plazov – Erozijski procesi. Poročilo, arhiv Geološkega zavoda Slovenije. Ljubljana.
- Ferk, M., Komac, B., Ortar, J., Pavšek, M., Volk, M., Zorn, M. 2012: Izdelava prostorske baze podatkov in spletnega informacijskega sistema geološko pogojenih nevarnosti zaradi procesov pobočnega premikanja, erozijskih kart ter kart snežnih plazov – Snežni plazovi. Poročilo, arhiv Geološkega zavoda Slovenije. Ljubljana.
- Komac, M. 2005: Verjetnostni model napovedi nevarnih območij glede na premike pobočnih mas – primer občine Bovec. Geologija 48-2. Ljubljana.
- Pavšek, M., Komac, B., Volk, M., Ortar, J., Zorn, M., Ciglič, R., Ferk, M. 2013: Zemljevidi nevarnosti za snežne plazove na Gorenjskem. Gorenjska v obdobju globalizacije. Ljubljana.

## ŠKODA ZARADI NARAVNIH NESREČ V SLOVENIJI

**dr. Matija Zorn, Mauro Hrvatin**

Znanstvenoraziskovalni center Slovenske akademije znanosti in umetnosti, Geografski inštitut Antona Melika,  
Novi trg 2, SI – 1000 Ljubljana, Slovenija  
matija.zorn@zrc-sazu.si, mauro@zrc-sazu.si

### IZVLEČEK

#### **Škoda zaradi naravnih nesreč v Sloveniji**

V prispevku je predstavljena analiza podatkov o škodi zaradi naravnih nesreč v Sloveniji. Podatke je sistematično zbiral Statistični urad Republike Slovenije v obdobju 1991–2008 in sicer za štirinajst kategorij elementarnih nesreč: potres, poplava, požar, suša, neurje, toča, pozeba, žled, drsenje tal in snega, epidemija, epizootija, škoda zaradi različnih škodljivcev in bolezni, ekološke nesreče ter druge elementarne nesreče. Po statističnih regijah so na voljo podatki za obdobje 1992–2008, podatki po občinah in upravnih enotah pa za obdobje 1992–2005. Analiza je pokazala, da je bila v obdobju 1991–2008 neposredna škoda zaradi naravnih nesreč povprečno 0,48 % letnega BDP oziroma v povprečju 45 evrov na prebivalca na leto.

### KLJUČNE BESEDE

geografija, naravne nesreče, škoda, Slovenija

### ABSTRACT

#### **Damage caused by natural disasters in Slovenia**

This paper presents an analysis of data on the damage caused by natural disasters in Slovenia. The data were systematically collected by the Statistical Office of the Republic of Slovenia for the period 1991–2008, for fourteen categories of disasters: earthquake, flood, fire, drought, storm, hail, frost, sleet, landslides and avalanches, epidemic, epizootic, the damage caused by different pests and diseases, ecological disasters and other natural disasters. By statistical regions (NUTS 3), data are available for the period 1992–2008, while data by municipalities (LAU 2) and administrative units (LAU 1) are available for the period 1992–2005. Analysis of data has shown that in the period 1991–2008 direct damage caused by natural disasters amounted to an average of 0.48% of annual GDP, or an average of 45 euros per person per year.

### KEY WORDS

geography, natural disasters, damage, Slovenia

## 1 Uvod

Naravne nesreče in škoda so neločljivo povezane, saj imamo dogajanje v naravi, če ne pride do prizadetosti družbe (škoda ali žrtev), le za običajen naraven proces. Ob pojavu naravne nesreče je škoda, poleg zaščite in reševanja, med osrednjimi temami javnega diskurza (Komac in Zorn 2011, 74).

Neposredna škoda nastane ob sami nesreči (na primer poškodbe stavb in infrastrukture, uničen pridelek), posredna škoda pa nastane na drugih območjih in področjih ter je lahko mnogo višja od neposredne škode (na primer izpad dohodka zaradi prekinitev v industrijski proizvodnji, kmetijstvu, trgovini, energetiki). Pri žledni ujmi konec januarja in v februarju 2014 je bila neposredna škoda ocenjena na 430 milijonov evrov (brez DDV; Vlada ... 2014), prve ocene posredne gospodarske škode pa so bile manj kot teden dni po začetku ujme ocenjene na 35 milijonov evrov na dan (Odmevi ... 2014). Nekateri avtorji (Guha-Sapir, Hargitt in Hoyois 2004, 39) poznajo še sekundarno škodo, ki je povezana z izpadom proračunskih sredstev, spremembami obrestnih mer in zadolževanjem.

Škoda zaradi naravnih nesreč po svetu narašča (McBean 2004, 177; Löw in Wirtz 2010, 47; Zorn in Komac 2011, 33), a ne zaradi morebitne večje pogostosti nesreč, pač pa zaradi večje ranljivosti družbe, kar je nazorno opisal Gams (1983, 11): »... *En sam dragocen aparat, ki ga v laboratoriju vrže potres na tla in uniči, pomeni večjo škodo, kot jo je v dobi, ko so bile hiše večidel še lesene, potres povzročil celemu kraju ...*«. Večja ranljivost družbe je povezana s hitrim naraščanjem prebivalstva, poseljevanjem do nedavnega neposeljenih nevarnih območij, pogostejšimi zgostitvami prebivalstva ter večjim deležem mestnega prebivalstva. Na večjo ranljivost družbe vplivajo še naraščajoče cene zemljišč in nepremičnin, bolj razvejena, modernejša in dražja infrastruktura, predvsem pa človekova odtujenost od naravnega okolja ter s tem nepoznavanje, zanikanje ali celo omalovaževanje naravnih procesov (Zorn in Komac 2011, 33).

V svetovnem merilu je bila škoda zaradi naravnih nesreč v petdesetih letih preteklega stoletja v povprečju okrog 3,9 milijarde ameriških dolarjev letno (Riebeek 2005). Sledilo je skokovito naraščanje zabeležene škode, ki je v zadnjem desetletju in pol v povprečju vsako leto dosegla skoraj 100 milijard ameriških dolarjev (Zorn in Komac 2011, 35). Takšno naraščanje najpogosteje pripisujejo podnebnim spremembam, vendar so tu še drugi vzroki (Münchner ... 1998; 1999):

- rast števila in gostote prebivalstva ter urbanizacija (v petdesetih letih preteklega stoletja je manj kot 30 % svetovnega prebivalstva živel v urbanih naseljih, danes pa prek 50 %),
- rast vrednosti zemljišč, objektov, infrastrukture,
- poseganje na nevarna območja,
- večja občutljivost industrijske družbe na naravne nesreče in
- uničevanje naravnega okolja.

Pri navajanju globalnih podatkov o škodi moramo biti previdni, saj v preteklosti škode mnogih nesreč niso bile zabeležene in je bila zato skupna škoda podcenjena (Guha-Sapir, Hargitt in Hoyois 2004, 38). Po drugi strani pa predvsem pri državah v razvoju prihaja do pretiravanj glede navajanja višine škode, saj si s tem želijo zagotoviti večjo mednarodno pomoč (Raschky 2008, 631). Poleg tega globalno zbiranje podatkov ni ne sistematično, ne metodološko poenoteno. Prevladujejo podatki o neposredni škodi (Guha-Sapir, Hargitt in Hoyois 2004, 39) in tudi v Sloveniji ni mnogo drugače.

V Sloveniji je podatke o škodi zaradi naravnih nesreč sistematično zbiral Statistični urad Republike Slovenije (SURS; Ocenjena ... 2010). Zbrani so podatki o škodi od leta 1991 do leta 2008 in sicer za štirinajst kategorij »*elementarnih nesreč*« (potres, poplava, požar, suša, neurje (močan veter), toča, pozeba, žled, drsenje tal (plaz in usad) in snega, epidemija nalezljivih bolezni pri ljudeh, epizootija (živalske bolezni), škoda zaradi različnih škodljivcev in bolezni, ekološke nesreče ter druge elementarne nesreče), izmed katerih v nadaljevanju natančneje obravnavamo prvih devet. Največ podatkov je iz obdobja 1992–2005, za katerega so podatki zbrani na ravni takratnih občin. Ker se je število občin v tem obdobju pogosto spreminjalo, smo podatke združili in jih primerjali po upravnih enotah. V analizo po upravnih enotah nismo vključili leta 1991 ter obdobja 2006–2008, saj obstajajo v prvem primeru podatki le na ravni države, v drugem pa le na ravni statističnih regij. SURS novejših podatkov o škodi ni zbiral.

Ker smo delno analizo po dvanajstih slovenskih statističnih regijah že predstavili (Zorn in Komac 2011), smo se tokrat osredotočili na nižjo upravno raven, ki obsega 58 upravnih enot.

Uporabljeni podatki niso popolni, saj vsi podatki o naravnih nesrečah SURS-u niso bili posredovani. Nepopolnost baze lahko pokažemo na primeru potresa v Zgornjem Posočju leta 1998 (Vidrih 1998), pri katerem se podatki SURS-a od drugih uradnih podatkov o škodi (Ocena ... 1998) razlikujejo za dva-kratno vrednost, po posameznih upravnih enotah pa so te razlike še večje (preglednica 1).

Kljub tej pomanjkljivosti smo pri izračunih v nadaljevanju upoštevali izključno podatke SURS-a, saj drugih sistematično zbranih podatkov nimamo.

*Preglednica 1: Neposredna škoda zaradi potresa 12. 4. 1998 na podlagi podatkov SURS-a ter podatkov takratnega ministrstva pristojnega za okolje (Ocena ... 1998).*

upravna enota	vir: SURS (€)	vir: Ocena ... 1998 (€)	razlika v %
Idrija	1.642.092,31	1.102.543,16	67,14
Jesenice	748.531,13	96.129,65	12,84
Radovljica	878.818,23	617.595,86	70,28
Škofja Loka	796.912,03	827.095,82	103,79
Tolmin	4.786.571,52	14.741.001,80	307,97
VSA ŠKODA	8.852.925,22	17.384.366,29	196,37

## 2 Škoda na ravni države

O škodi, ki jo povzročajo naravne nesreče v Sloveniji, največkrat zasledimo podatek, da predstavlja od 0,6 do 3 % letnega BDP, v kolikor tisto leto ni bilo večje nesreče. Ob večjih nesrečah je delež višji, tako naj bi bila na primer škoda zaradi potresov v Posočju leta 1976 približno 7 % BDP (Orožen Adamič 1998, 123), ob poplavah v porečju Savinje leta 1990 pa celo prek 20 % BDP (Plut 2003, 10). Te številke so dokaj visoke in vključujejo tako neposredno kot tudi posredno škodo (Rupnik 2009).

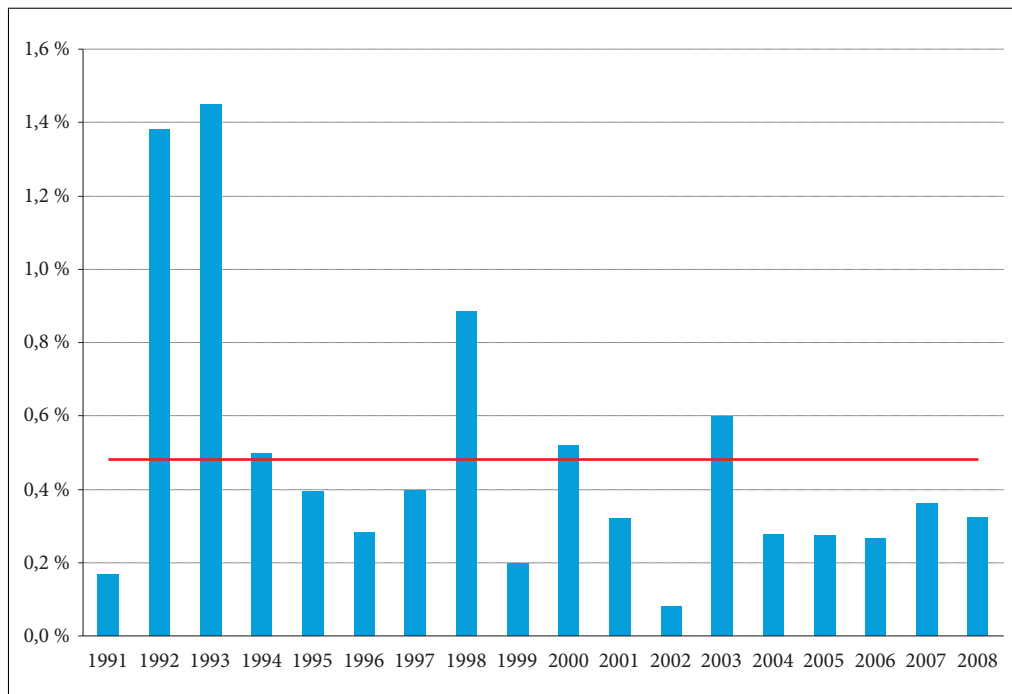
Neposredna škoda zaradi naravnih nesreč je v obravnavanem obdobju (1991–2008) na podlagi podatkov SURS-a znašala povprečno 0,48 % letnega BDP (slika 1) oziroma v povprečju 45 evrov na prebivalca na leto (slika 2; preglednica 2).

Med letoma 1991 in 2008 sta bila na območju Slovenije dva močnejša **potresa**: leta 1998 (Orožen Adamič in Hrvatinić 2001; Vidrih, Ribičič in Suhadolc 2001) in 2004 (Vidrih 2008). Ker sta oba nastala v Zgornjem Posočju, je razumljivo, da je bila škoda tam največja. V Sloveniji kot celoti sta potresa povzročila 18 % (leta 1998) oziroma 13 % (leta 2004) vse škode zaradi naravnih nesreč v državi.

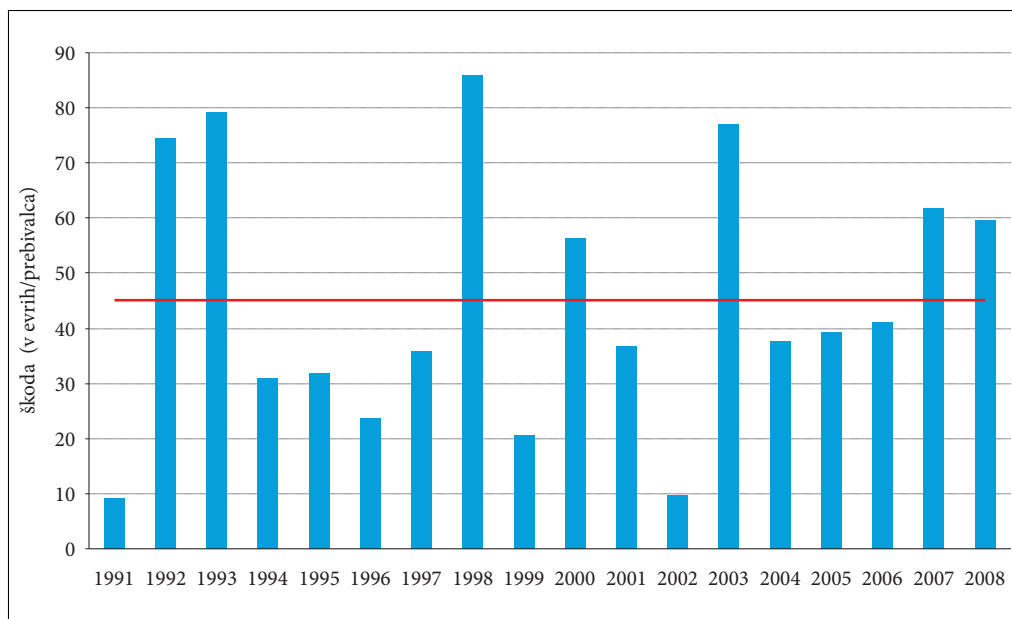
V obravnavanem obdobju so **poplave** (Komac, Natek in Zorn 2008) povprečno povzročile dobrih 15 % vse škode zaradi naravnih nesreč v državi (slika 3). Izstopajo leta: 1991 (38 % vse škode zaradi naravnih nesreč), 1994 (31,3 %; Anzeljc in ostali 1995), 1995 (18,1 %; Gams 1996; Klabus 1996; Vovk 1996), 1998 (51,9 %; Horvat in Papež 1999; Polajnar 1999; Šipec 1999), 1999 (12,1 %), 2004 (15,2 %) in 2007 (64,8 %; Sušnik in ostali 2007; Kobold 2008).

**Požari** so v obravnavanem obdobju povprečno povzročili dobrih 5 % vse škode zaradi naravnih nesreč v državi. Večja škoda je bila v letih 2002 (18,1 %) in 2004 (24,5 %). Pri podatkih o požarih je treba vedeti, da ne gre le za požare, ki so nastali po naravni poti, pač pa so zajeti vsi požari v naravnem okolju, ne glede na izvor.

**Suša** je v obravnavanem obdobju povzročila največ neposredne škode zaradi naravnih nesreč v Sloveniji (dobrih 27 %). Izstopajo leta: 1992 (81,2 %; Cegnar 1993), 1993 (89,5 %; Matajč 1994; Zupančič 1994), 1997 (16,3 %), 2000 (70,2 %; Matajč 2000/2001; Žiberna 2000/2001), 2001 (56,7 %; Matajč 2002),



Slika 1: Neposredna škoda zaradi naravnih nesreč v Sloveniji v obdobju 1991–2008 izražena z deležem letnega BDP; rdeča črta označuje povprečje.



Slika 2: Neposredna škoda na prebivalca Slovenije v obdobju 1991–2008; rdeča črta označuje povprečje.

Preglednica 2: Neposredna škoda po izbranih naravnih nesrečah v Sloveniji v obdobju 1991–2008: skupaj (Ocenjena ... 2010) in relativno na prebivalca (Število ... 2014).

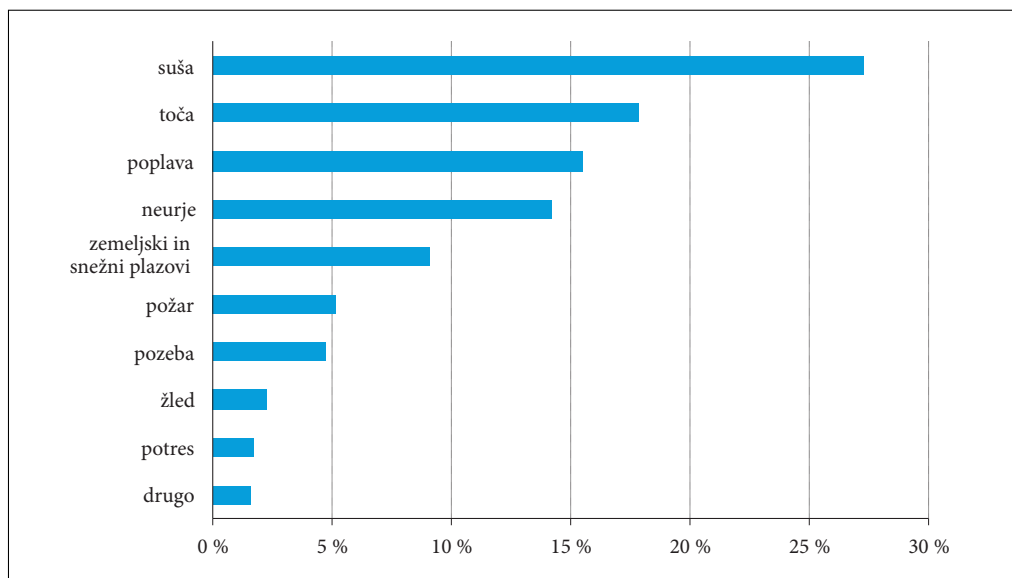
	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999									
	v 1000€	€/preb.	v 1000€	€/preb.	v 1000€	€/preb.	v 1000€	€/preb.	v 1000€									
potres	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
poplava	6885	3,4	11.544	5,8	3522	1,8	19.272	9,7	11.492	5,8	4357	2,2	2621	1,3	88.441	44,6	4928	2,5
požar	100	0*	749	0,4	990	0,5	3755	1,9	1531	0,8	2157	1,1	3009	1,5	2591	1,3	1298	0,7
suša	0	0	121.735	61,0	141.063	70,9	5630	2,8	138	0,1	338	0,2	11.580	5,8	159	0,1	2959	1,5
neurje	6338	3,2	3745	1,9	1853	0,9	16.053	8,1	23.756	12,0	4465	2,2	9815	4,9	11.980	6,0	10.808	5,4
toča	85	0*	2758	1,4	6704	3,4	10.139	5,1	10.345	5,2	5855	2,9	12.360	6,2	8104	4,1	4715	2,4
pozeba	2543	1,3	0	0	0	0	0	0	38	0*	2704	1,4	19.129	9,6	1335	0,7	4	0,0
žled	1	0*	130	0,1	0	0	0	0	5116	2,6	15.110	7,6	0	0	325	0,2	255	0,1
zemeljski in snežni plazovi	2003	1,0	5584	2,8	2835	1,4	6272	3,2	10.144	5,1	10.624	5,3	4732	2,4	23.932	12,1	13.049	6,6
skupaj**	18.114	9,0	148.664	74,5	157.658	79,2	61.552	30,9	63.366	31,9	47.363	23,8	70.986	35,7	170.318	85,9	40.715	20,5

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008									
	v 1000€	€/preb.	v 1000€	€/preb.	v 1000€	€/preb.	v 1000€	€/preb.	v 1000€									
potres	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
poplava	8709	4,4	396	0,2	2132	1,1	359	0,2	11.380	5,7	2216	1,1	213	0,1	80.858	40,0	3101	1,5
požar	4494	2,3	1982	1,0	3551	1,8	12.540	6,3	18.369	9,2	300	0,1	8162	4,1	2199	1,1	272	0,1
suša	78.651	39,5	41.579	20,9	288	0,1	128.384	64,3	300	0,2	-	-	49.958	24,9	16.382	8,1	-	-
neurje	8567	4,3	1423	0,7	3063	1,5	1849	0,9	2571	1,3	24.649	12,3	2925	1,5	15.822	7,8	23.672	11,7
toča	1373	0,7	8776	4,4	4035	2,0	5917	3,0	29.052	14,5	43.570	21,8	19.054	9,5	6417	3,2	90.914	44,9
pozeba	0	0	17.288	8,6	1657	0,8	2921	1,5	0	0	2821	1,4	-	-	-	-	-	-
žled	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-
zemeljski in snežni plazovi	9639	4,8	1577	0,8	3489	1,7	1394	0,7	3100	1,6	3989	2,0	2270	1,1	2391	1,2	2467	1,2
skupaj**	112.022	56,3	73.381	36,8	19.629	9,8	154.131	77,2	75.050	37,6	78.438	39,2	82.766	41,2	124.713	61,8	120.861	59,8

\* <0,1 €/prebivalca; \*\* Seštevek ne ustreza seštevkem navedenim naravnih nesreč, saj so tu zajete še druge »elementarne nesreče«.





Slika 3: Delež neposredne škode, ki so jo povzročile posamezne naravne nesreče v Sloveniji v obdobju 1991–2008.

2003 (83,3 %; Sušnik in Kurnik 2003/2004), 2006 (60,4 %; Sušnik 2007) in 2007 (13,4 %; Sušnik in Matajc 2008).

**Neurja** so v obravnavanem obdobju povprečno povzročila dobrih 14 % vse škode zaradi naravnih nesreč v državi. Izstopajo leta: 1991 (35 %), 1994 (26,1 %), 1995 (37,5 %), 1997 (13,8 %), 1999 (26,6 %), 2002 (15,6 %; Bertalanič 2003/2004), 2005 (31,4 %; Bertalanič 2006), 2007 (12,7 %; Bertalanič 2008) in 2008 (19,6 %; Bertalanič 2009).

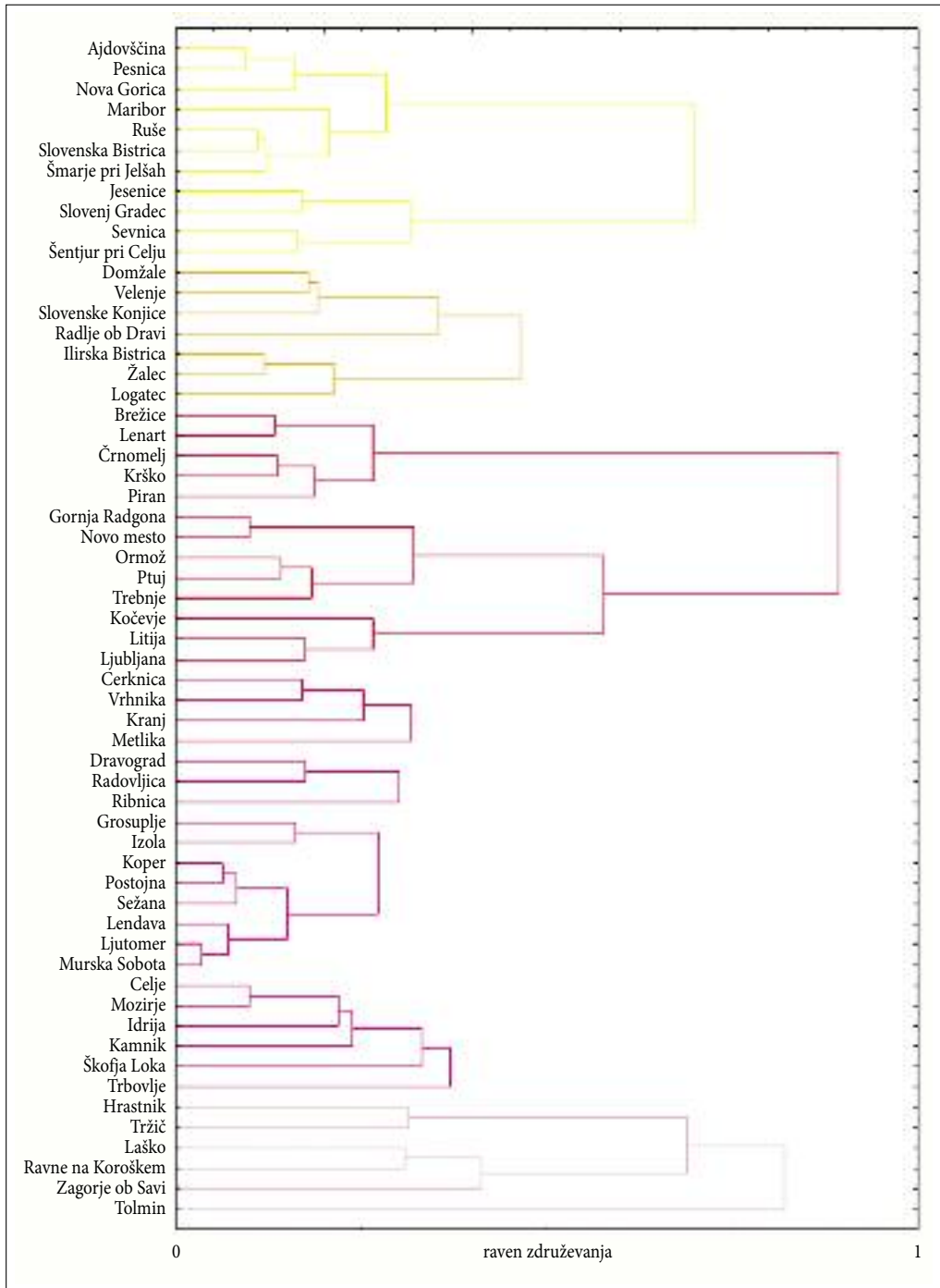
**Toča** je v obravnavanem obdobju na drugem mestu po povzročni škodi (slabih 18 %). Izstopajo leta: 1994 (16,5 %), 1995 (16,3 %; Plut 1996), 1996 (12,4 %), 1997 (17,4 %), 1999 (11,6 %; Žust 2000/2001), 2001 (12 %; Dolinar 2002), 2002 (20,6 %; Dolinar 2003/2004), 2004 (38,7 %; Dolinar 2005; Sušnik in Žust 2005), 2005 (55,6 %), 2006 (23 %) in 2008 (75,2 %; Sušnik in Pogačar 2009).

Manj problematična glede škode sta bila v obravnavanem obdobju **pozeba** (nekaj manj kot 5 %) in **žled** (nekaj več kot 2 %). Pri pozebi izstopajo leta: 1991 (14 %; Zrnec 1992), 1997 (27 %) in 2001 (23,6 %; Žust 2003/2004), pri žledu pa leto 1996 (37,6 %; Jakša 1997; Ogrin 1997). Pomen slednjega se bo zaradi ujme v začetku leta 2014 okrepil (Odmevi ... 2014).

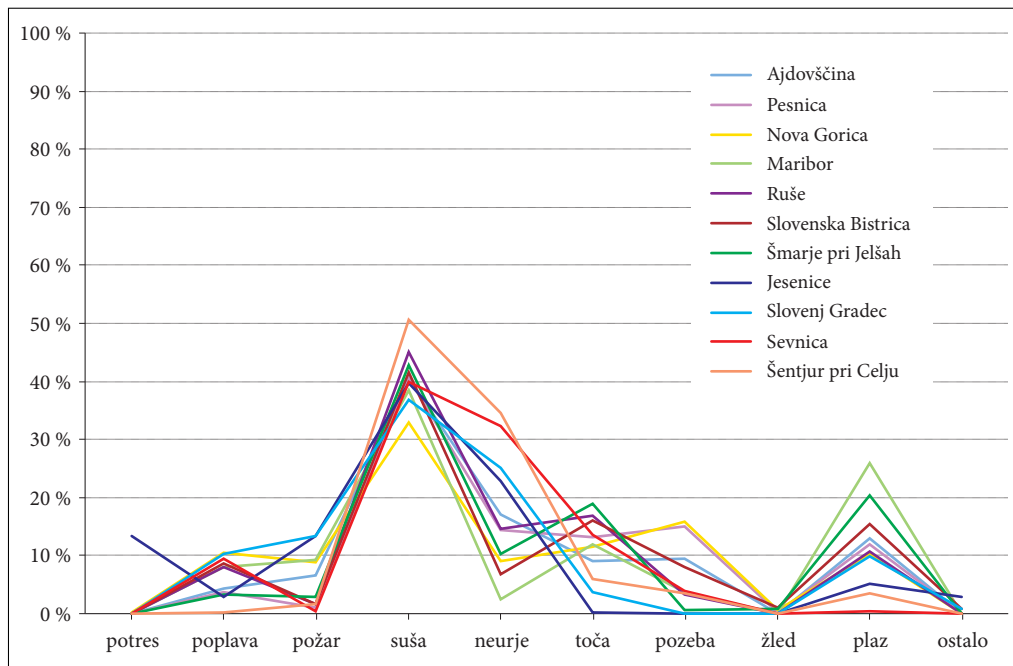
SURS je žal podatke o škodi zaradi **zemeljskih** (Zorn in Komac 2008) in **snežnih plazov** (Pavšek 2002) zbiral skupaj (»*drsenje tal in snega*«). Glede na to, da snežni plazovi v tem obdobju niso povzročali posebno velike škode, domnevamo, da gre pretežno za škodo zaradi zemeljskih plazov. Po teh podatkih so zemeljski in snežni plazovi v obravnavanem obdobju povzročili 9 % vse škode zaradi naravnih nesreč. Izstopajo leta 1991 (11,1 %), 1994 (10,2 %), 1995 (16 %), 1996 (22,4 %), 1998 (14,1 %), 1999 (32,1 %) in 2002 (17,8 %).

### 3 Škoda na ravni upravnih enot in statistična obdelava podatkov

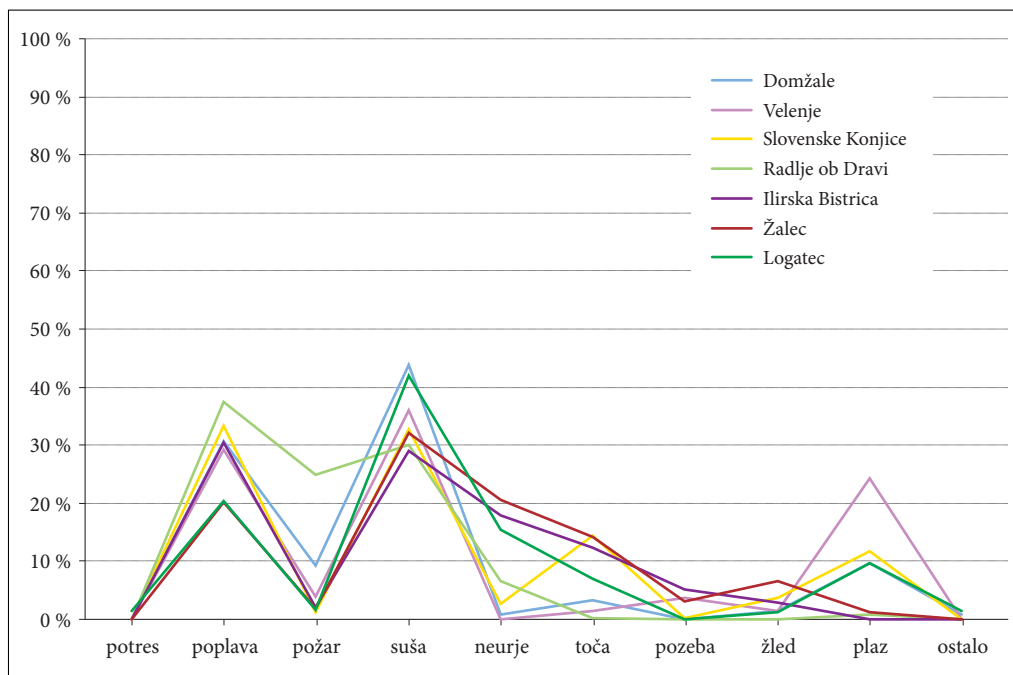
Sestava škode zaradi naravnih nesreč se med posameznimi upravnimi enotami precej razlikuje. Običajno prevladujeta suša in poplava, sestava in delež preostalih naravnih nesreč pa se zelo spreminja. Kljub



Slika 4: Dendrogram združevanja upravnih enot glede na sestavo škode zaradi naravnih nesreč.

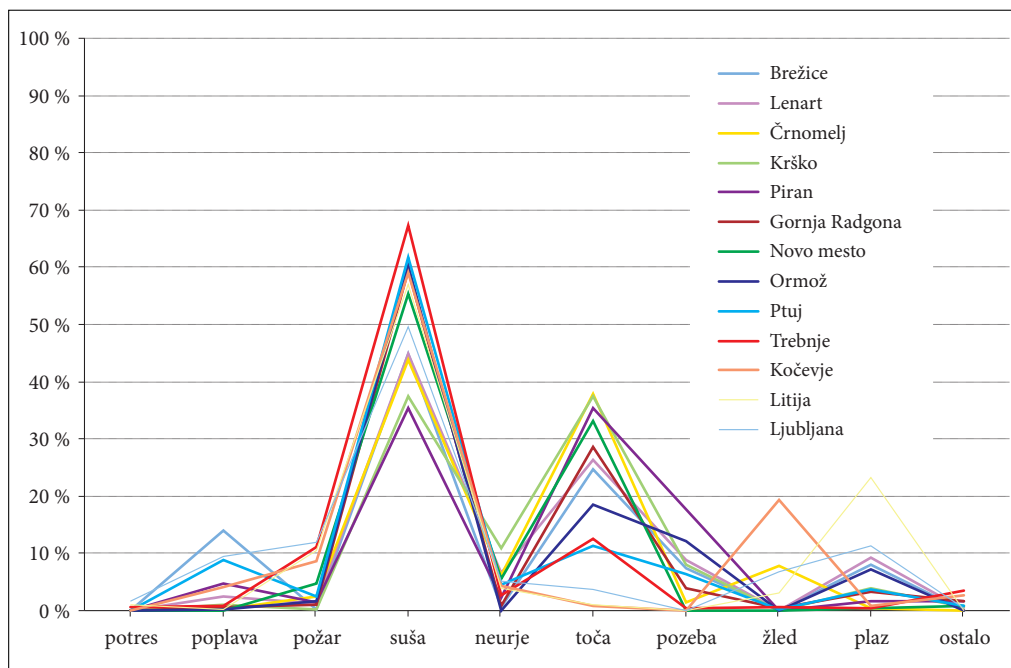


Slika 5: Porazdelitev škode zaradi naravnih nesreč v prvi skupini.

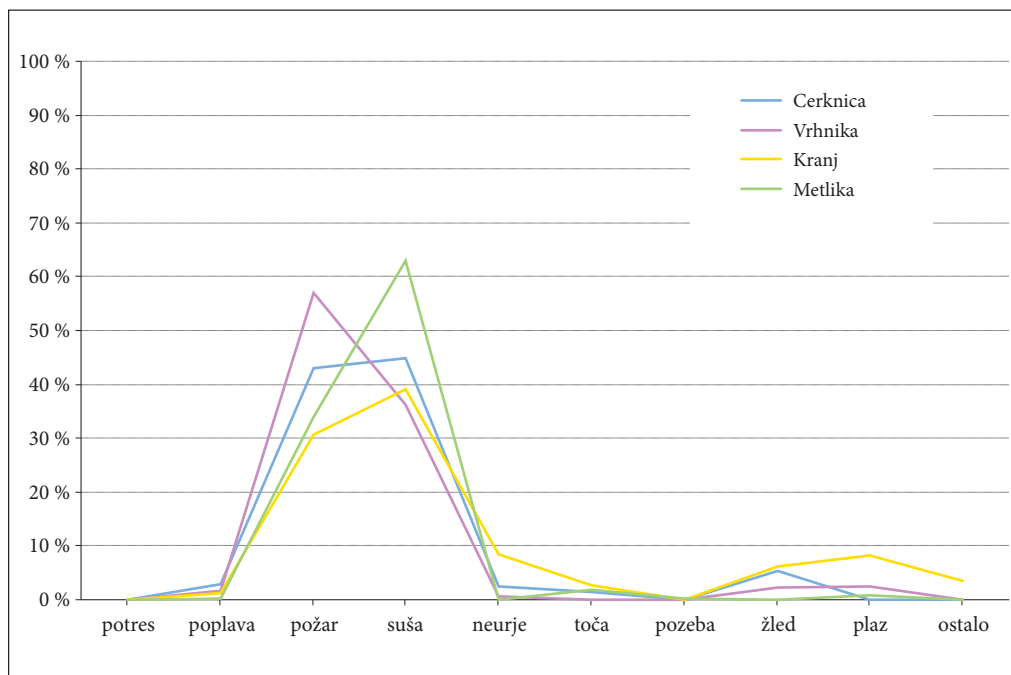


Slika 6: Porazdelitev škode zaradi naravnih nesreč v drugi skupini.

## Škoda zaradi naravnih nesreč v Sloveniji



Slika 7: Porazdelitev škode zaradi naravnih nesreč v tretji skupini.



Slika 8: Porazdelitev škode zaradi naravnih nesreč v četrti skupini.

temu obstajajo v množici upravnih enot takšne, ki so si glede na sestavo škode bolj ali manj podobne. Da bi tovrstne skupine odkrili, smo upravne enote razvrstili v skupine na temelju hierarhične metode. Ta je priljubljena zato, ker od uporabnika ne zahteva, da vnaprej opredeli končno število skupin iskane razvrstitve, hkrati pa je možno rezultat postopnega združevanja zelo nazorno grafično predstaviti z drevsom združevanja (Ferligoj 1989).

Statistično razvrščanje v skupine vključuje naslednje korake (Ferligoj 1989):

1. izbira objektov,
2. določitev množice spremenljivk,
3. računanje podobnosti med objekti,
4. uporaba ustrezne metode razvrščanja v skupine,
5. ocena dobljene rešitve.

Objekti razvrščanja so bile slovenske upravne enote, množica spremenljivk pa je obsegala odstotne deleže posameznih naravnih nesreč od skupne škode. Upoštevali smo naslednje naravne nesreče: potres, poplavo, požar, sušo, neurje, točo, pozebo, žled, plaz (zemeljski in snežni plazovi skupaj) ter ostalo (epidemije, epizootije, škodo zaradi škodljivcev in bolezni ter ekološke in druge elementarne nesreče). Ker so bile vse upoštewane spremenljivke istovrstne, jih ni bilo potrebno standardizirati.

Podobnost med objekti smo računali na temelju evklidskih razdalj, pri katerih se razlike med spremenljivkami pred seštevanjem še kvadrirajo.

Pri razvrščanju v skupine smo dosegli najboljši rezultat ob uporabi Wardove metode. Na splošno velja Wardova metoda za zelo učinkovito, med slabostmi pa ji največkrat očitajo oblikovanje premajhnih skupin.

Postopno združevanje objektov v skupine smo grafično ponazorili z dendrogramom (slika 4). Višina točke, ki jo imenujemo raven združevanja, je sorazmerna meri različnosti med skupinama (Ferligoj 1989).

Na temelju hierarhičnega razvrščanja v skupine smo določili osem skupin s podobno sestavo škode zaradi naravnih nesreč. Kar pri šestih skupinah je najpomembnejša naravna nesreča suša, petkrat v kombinaciji še z eno izmed preostalih kategorij naravnih nesreč, v šesti skupini pa kar sama. Bistveno odstopata zadnji dve skupini, v sedmi prevladuje poplava, v osmi skupini pa so zbrane upravne enote, v katerih prevladujejo druge naravne nesreče, predvsem potres, neurje in plaz.

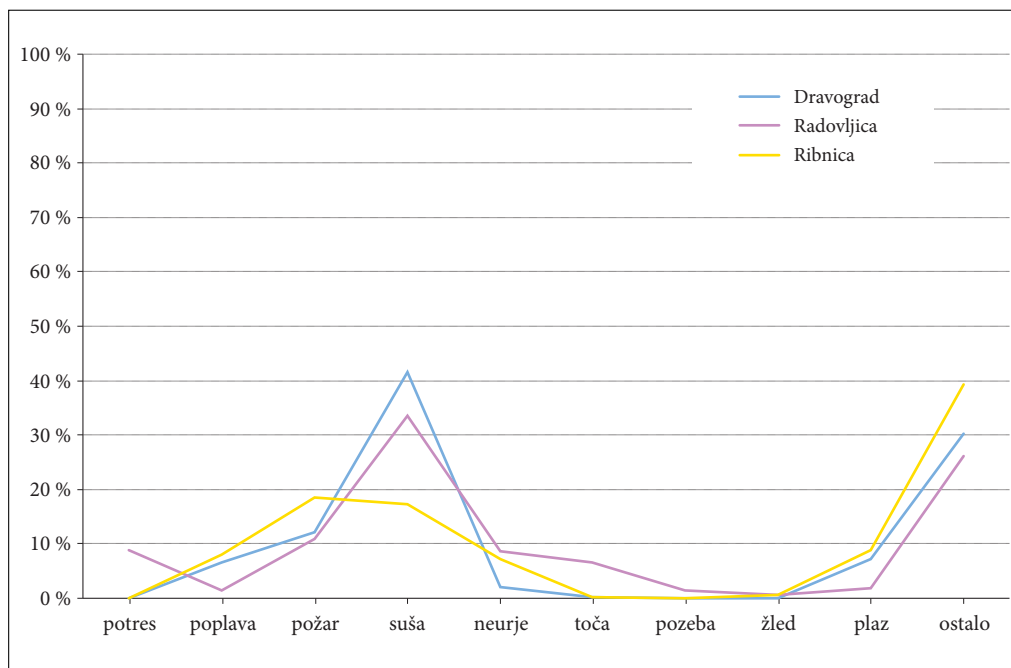
Prvo skupino (slika 5) sestavljajo upravne enote Ajdovščina, Pesnica, Nova Gorica, Maribor, Ruše, Slovenska Bistrica, Šmarje pri Jelšah, Jesenice, Slovenj Gradec, Sevnica in Šentjur pri Celju. V tej skupini je glede na škodo najpomembnejša naravna nesreča suša s 33 do 51 % deležem, v posameznih upravnih enotah pa so precejšnje škode povzročila še neurja (več kot 30 % v Šentjurju pri Celju in Sevnici, od 20 do 30 % v Slovenj Gradcu in Jesenicah), plazovi (nad 20 % v Mariboru in Šmarju pri Jelšah) in toča (več kot 15 % v Šmarju pri Jelšah, Rušah in Slovenski Bistrici).

Drugo skupino (slika 6) sestavljajo upravne enote Domžale, Velenje, Slovenske Konjice, Radlje ob Dravi, Ilirska Bistrica, Žalec in Logatec. Tudi v tej skupini je najpomembnejša naravna nesreča suša z 29 do 44 % deležem skupne škode, precej škode pa so povzročile tudi poplave (od 20 do 37 % delež). Nekatere upravne enote so utrpeli visoko škodo zaradi požara (25 % v Radljah ob Dravi) in plazov (24 % v Velenju).

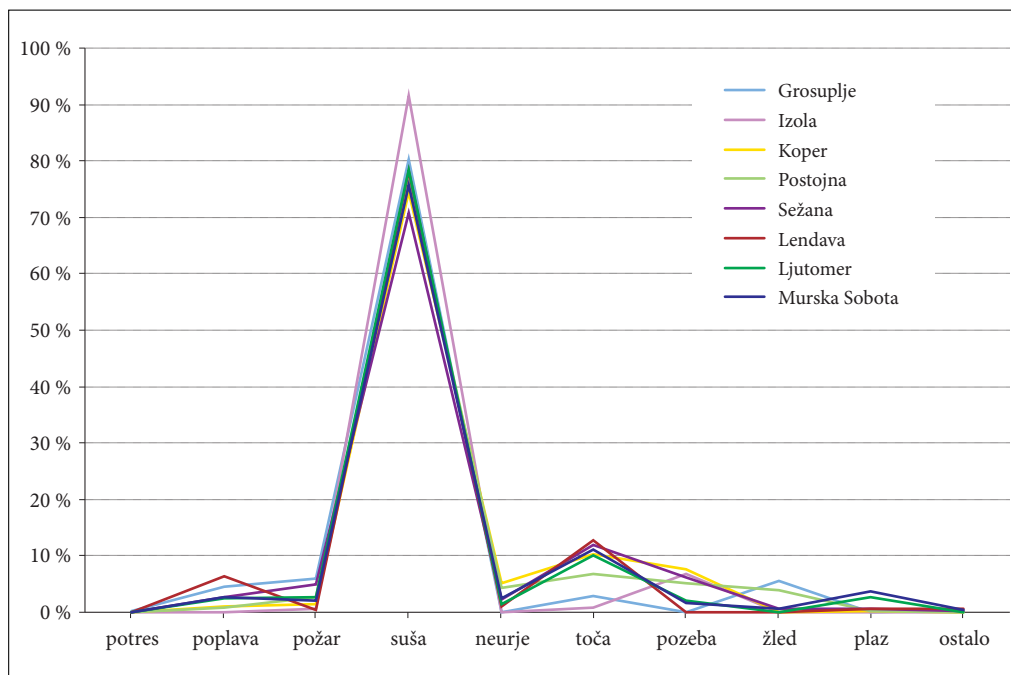
Tretjo skupino (slika 7), ki je največja in hkrati tudi najbolj heterogena, sestavljajo upravne enote Brežice, Lenart, Črnomelj, Krško, Piran, Gornja Radgona, Novo mesto, Ormož, Ptuj, Trebnje, Kočevje, Litija in Ljubljana. Najpomembnejša naravna nesreča je tudi v tej skupini suša s 35 do 67 % deležem skupne škode, poleg tega pa so mnoge upravne enote iz te skupine utrpeli visoko škodo zaradi toče (več kot 30 % v Črnomlju, Krškem, Piranu in Novem mestu, od 20 do 30 % v Gornji Radgoni, Lenartu in Brežicah). V Litiji so 23 % škode zakrivali plazovi, v Kočevju pa 19 % žled.

Četrto skupino (slika 8) sestavljajo upravne enote Cerknica, Vrhnika, Kranj in Metlika. Tudi v tej skupini je najpomembnejša naravna nesreča suša s 36 do 63 % deležem skupne škode, zelo visok pa je tudi delež škode zaradi požarov (od 31 do 57 %). Nobena preostala kategorija ne dosega 10 %.

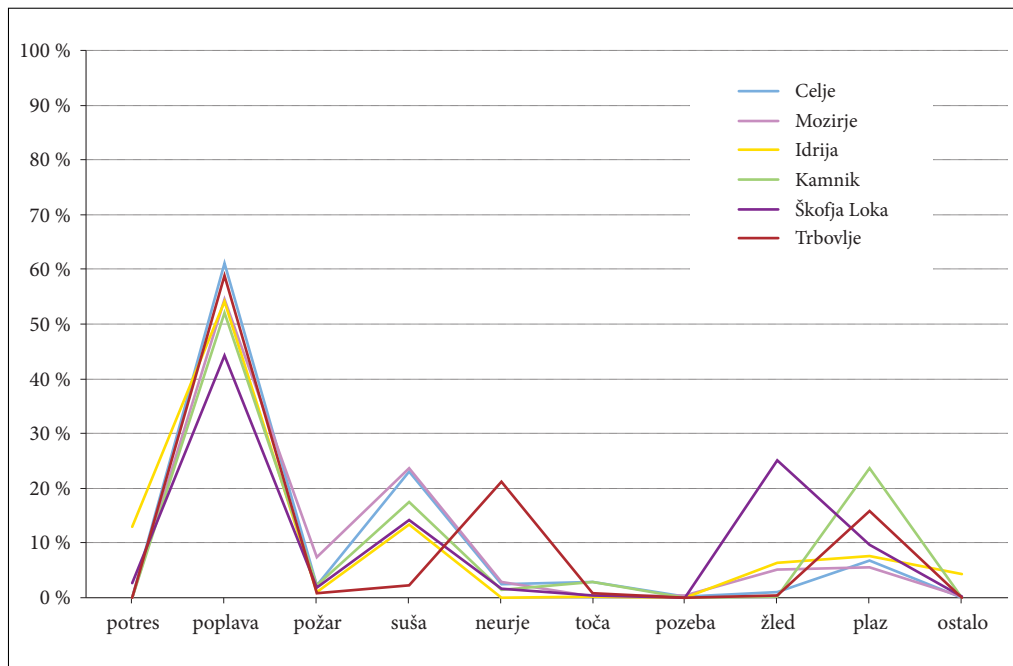
## Škoda zaradi naravnih nesreč v Sloveniji



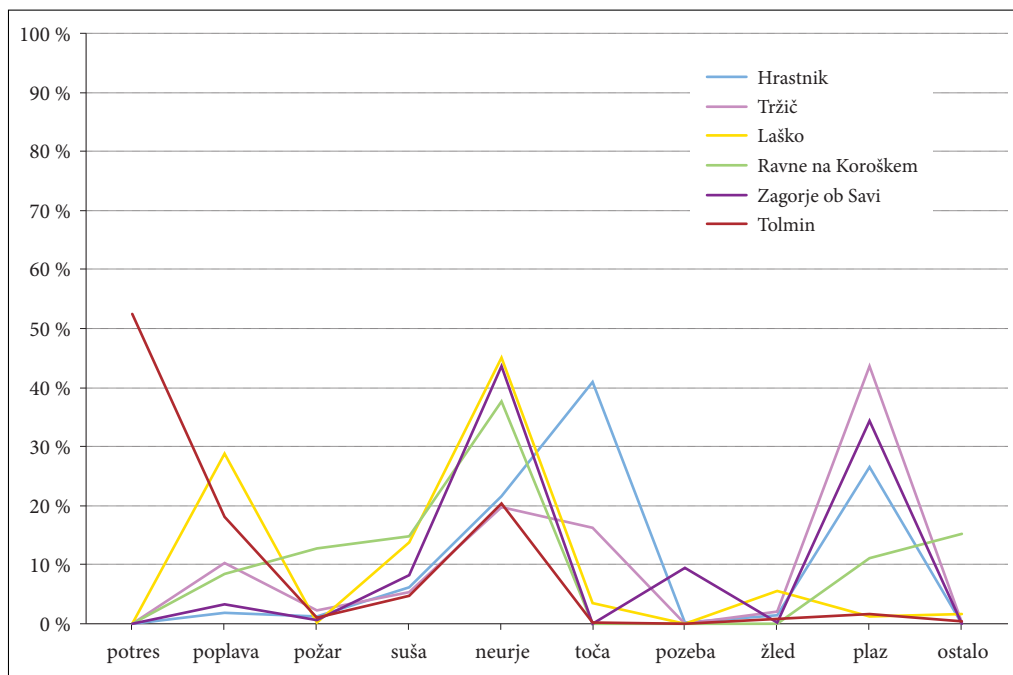
Slika 9: Porazdelitev škode zaradi naravnih nesreč v peti skupini.



Slika 10: Porazdelitev škode zaradi naravnih nesreč v šesti skupini.



Slika 11: Porazdelitev škode zaradi naravnih nesreč v sedmi skupini.



Slika 12: Porazdelitev škode zaradi naravnih nesreč v osmi skupini.

Peto, najmanjšo skupino (slika 9) sestavljajo upravne enote Dravograd, Radovljica in Ribnica. Poleg prevladujoče suše z deležem med 17 in 42 % skupne škode so v tej skupini najpomembnejše nesreče, ki so združene v kategoriji ostalo in vključujejo epidemije, epizootije, težave s škodljivci ter ekološke in druge nesreče.

Šesto, najbolj homogeno skupino (slika 10) sestavljajo upravne enote Grosuplje, Izola, Koper, Postojna, Sežana, Lendava, Ljutomer in Murska Sobota. Med vsemi skupinami predstavlja izjemo, saj je edina z izrazito prevlado ene same naravne nesreče in sicer suše. Delež suše v skupni škodi zaradi naravnih nesreč se v tej skupini giblje med 71 in 92 %, nad 10 % pa segajo le še deleži škode zaradi toče v upravnih enotah Lendava, Sežana, Murska Sobota, Koper in Ljutomer.

Sedmo skupino (slika 11) sestavljajo upravne enote Celje, Mozirje, Idrija, Kamnik, Škofja Loka in Trbovlje. V tej skupini je glede na škodo najpomembnejša naravna nesreča poplava s 44 do 61 % deležem, v posameznih upravnih enotah pa so precejšnje škode povzročili še žled (25 % v Škofji Loki), suša (24 % v Mozirju in 23 % v Celju), plazovi (24 % v Kamniku) in neurja (21 % v Trbovljah).

Osmo skupino (slika 12) sestavljajo upravne enote Hrastnik, Tržič, Laško, Ravne na Koroškem, Zagorje ob Savi in Tolmin. V tej skupini so zbrane tiste upravne enote, ki glede na sestavo škode zaradi naravnih nesreč ne spadajo k nobeni od prvih sedmih skupin. V upravni enoti Tolmin so največji delež k skupni škodi prispevali potresi (53 %), v Laškem neurja (45 %) in poplave (29 %), v Zagorju ob Savi neurja (44 %) in plazovi (34 %), v Tržiču plazovi (44 %) in neurja (20 %), v Hrastniku toča (41 %), plazovi (26 %) in neurja (22 %) ter na Ravnah na Koroškem neurja (38 %).

Poleg sestave škode po posameznih naravnih nesrečah nas je zanimala tudi razporeditev skupne škode zaradi naravnih nesreč po upravnih enotah med letoma 1992 in 2005, ki jo predstavljamo na treh tematskih zemljevidih (slike 13–15).

Prvi tematski zemljevid (slika 13) prikazuje skupno škodo zaradi naravnih nesreč po upravnih enotah v obdobju med letoma 1992 in 2005. Že na prvi pogled je opazno, da so najvišjo škodo zabeležile upravne enote severovzhodne Slovenije (Murska Sobota, Lendava, Gornja Radgona, Maribor in Ptuj) in vzhodne Slovenije (Šmarje pri Jelšah, Krško, Brežice, Žalec in Laško). V zahodnem delu Slovenije sta se v najvišji razred uvrstili le upravni enoti Škofja Loka in Nova Gorica. Glede na to, da je bila v izbranem obdobju najpomembnejša naravna nesreča suša (slika 3), je tovrstna razporeditev škode po kmetijsko najpomembnejših upravnih enotah pričakovana. Zmerno visoko škodo beležijo upravne enote osrednjega dela Slovenije (na primer Ljubljana, Kranj in Kamnik), najmanjšo pa alpska in dinarska območja, kjer je poljedelstvo le dopolnilna gospodarska dejavnost.

Drugi tematski zemljevid (slika 14) prikazuje skupno škodo zaradi naravnih nesreč na km<sup>2</sup> upravne enote v obdobju med letoma 1992 in 2005. Tudi ta zemljevid, morda še bolj kot predhodni, izpostavlja škodo zaradi suše na poljedelsko najpomembnejših območjih države. Skoraj v vseh upravnih enotah severovzhodne in vzhodne Slovenije je škoda presegala 100.000 evrov na km<sup>2</sup> površine. V zahodni Sloveniji sta v istih razredih le površinsko majhni upravni enoti Izola in Piran, sicer pa je večji del zahodne in osrednje Slovenije zabeležil škodo pod 60.000 evrov na km<sup>2</sup> površine. Najnižje vrednosti, pod 20.000 evrov na km<sup>2</sup> površine, imajo nekatere upravne enote alpskega (Jesenice, Radovljica in Ruše) in dinarskega sveta (Postojna, Ilirska Bistrica, Cerknica, Ribnica in Kočevje).

Tretji tematski zemljevid (slika 15) prikazuje skupno škodo zaradi naravnih nesreč na prebivalca po upravnih enotah v obdobju med letoma 1992 in 2005. Tudi v tem primeru so v najvišjih razredih s škodo nad 1000 evrov na prebivalca uvrščene številne upravne enote severovzhodne Slovenije (Murska Sobota, Lendava, Gornja Radgona, Ljutomer, Pesnica, Lenart, Ptuj in Ormož) in vzhodne Slovenije (Šmarje pri Jelšah, Brežice, Krško, Sevnica, Trbovlje in Žalec). Na zemljevidu so dodatno izpostavljena

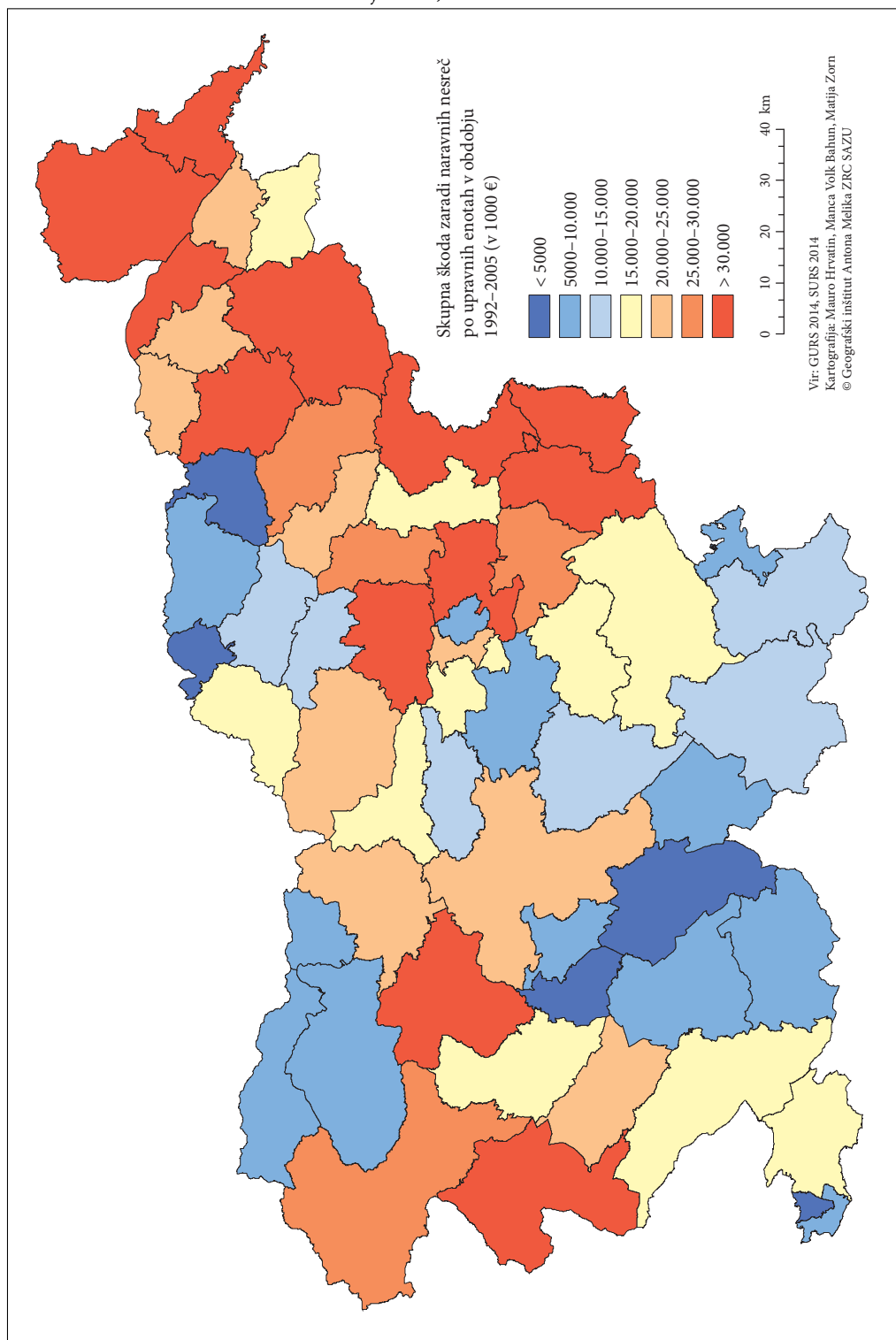
*Slika 13: Skupna škoda zaradi naravnih nesreč po upravnih enotah v obdobju 1992–2005. ► (str. 200)*

*Slika 14: Skupna škoda zaradi naravnih nesreč na km<sup>2</sup> upravne enote v obdobju 1992–2005. ► (str. 201)*

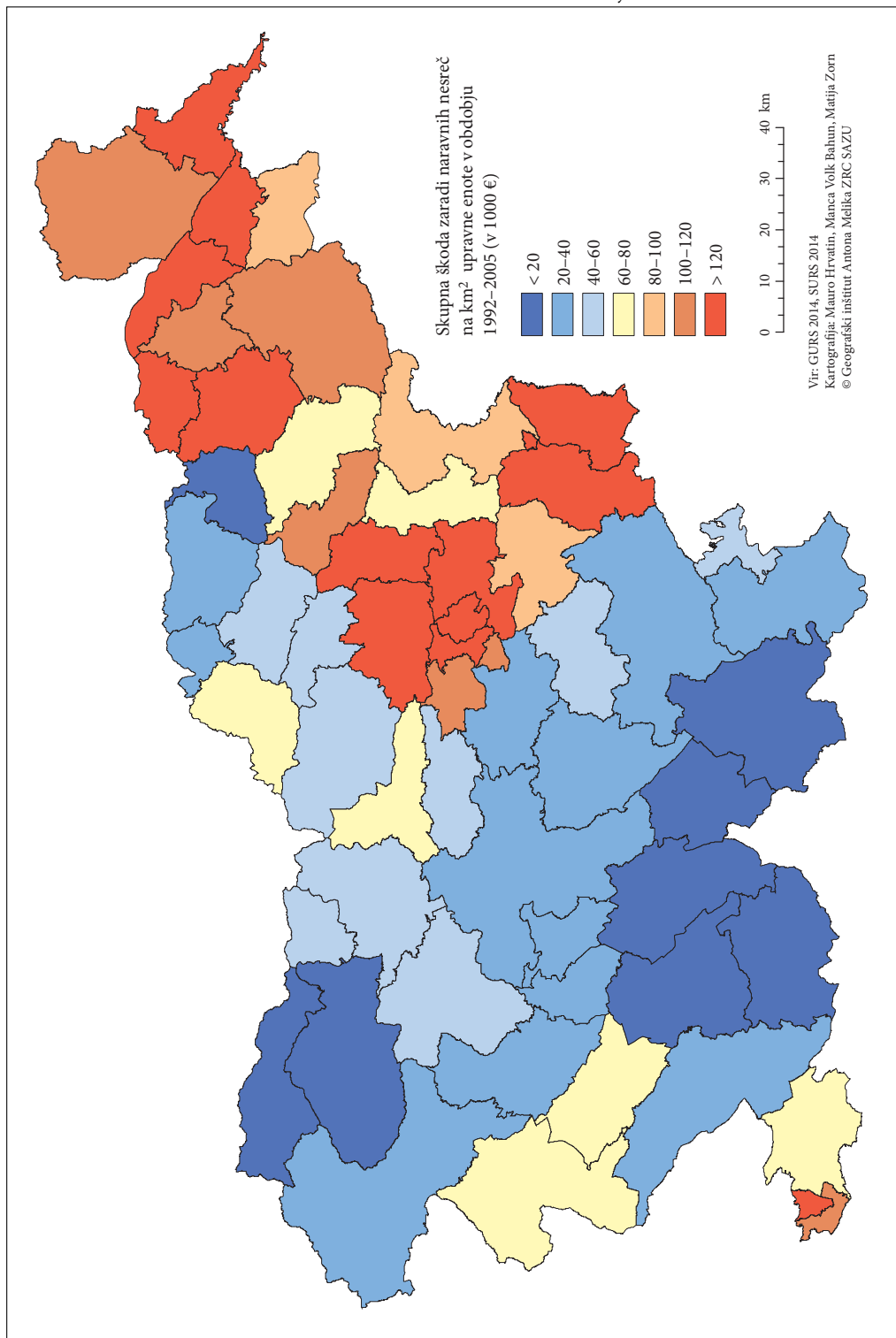
*Slika 15: Skupna škoda zaradi naravnih nesreč na prebivalca po upravnih enotah v obdobju 1992–2005.*

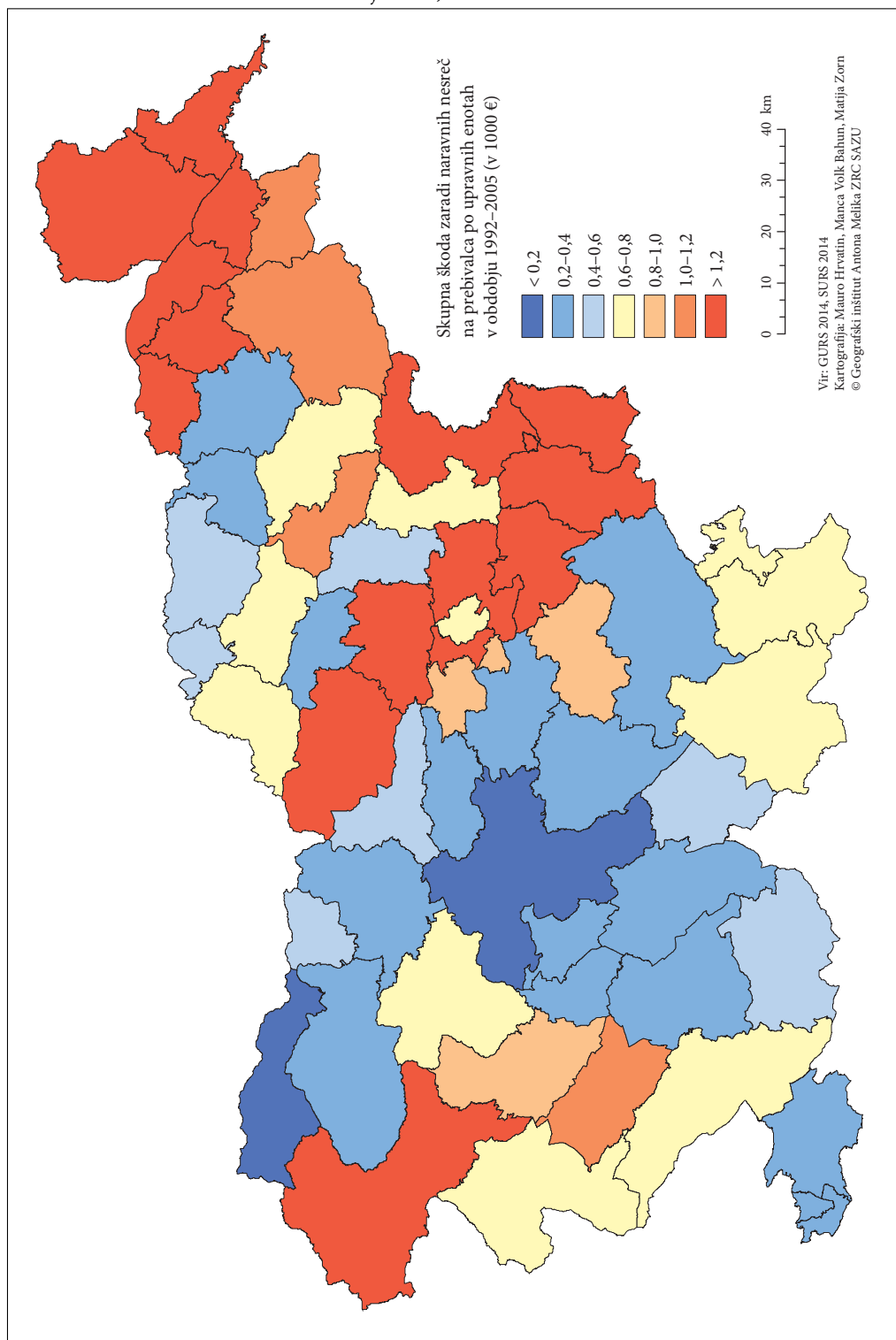
*► (str. 202)*



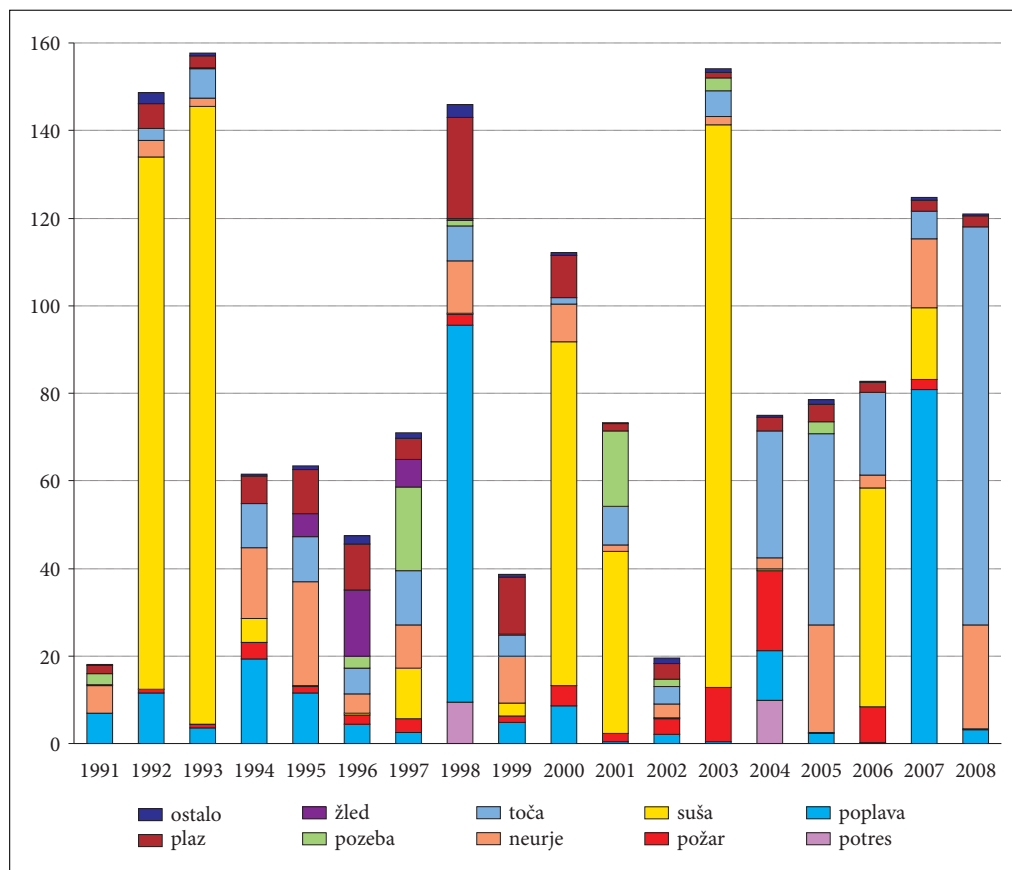


## Škoda zaradi naravnih nesreč v Sloveniji





## Škoda zaradi naravnih nesreč v Sloveniji



Slika 16: Neposredna škoda v milijonih evrov zaradi naravnih nesreč v Sloveniji v obdobju 1991–2008 po nesrečah.

Preglednica 3: Koefficienti variacije višine škode po izbranih naravnih nesrečah v Sloveniji.

naravna nesreča	standardni odklon	aritmetična sredina	koefficient variacije
potres	3112,1	1069,1	2,9108
žled	3863,2	1517,6	2,5457
pozeba	5731,0	2802,5	2,0449
poplava	25.618,7	14.446,2	1,7734
suša	49.770,9	33.285,8	1,4953
toča	21.726,9	15.006,0	1,4479
požar	4765,9	3775,1	1,2624
plaz	5539,4	6038,4	0,9174
neurje	8075,1	9630,8	0,8385
ostalo	772,4	944,4	0,8178

nekatera redkeje poseljena območja, ki jih ni najbolj prizadela suša, temveč druge naravne nesreče. Značilni tovrstni primeri so Tolmin (potres), Mozirje (poplava) in Laško (neurje). V najnižji razred s škodo pod 200 evrov na prebivalca sta zaradi zmerne škode in precejšnje gostote poselitve uvrščeni upravni enoti Ljubljana in Jesenice.

Diagram neposredne škode zaradi naravnih nesreč v Sloveniji v obdobju 1991–2008 (slika 16) kaže, da se višina in sestava škode med posameznimi leti močno spreminja. V izjemnih letih, ko Slovenije ni močnejše prizadela nobena naravna nesreča, je višina škode komaj dosegla vrednost 20 milijonov evrov. Tako je bilo na primer leta 1991 in leta 2002. Precej pogostejša so leta, ko vsaj ena od naravnih nesreč nekoliko izstopa in tedaj škoda koleba med 20 in 80 milijoni evrov. Slovenijo v teh primerih najpogosteje prizadenejo naravne nesreče zmerne intenzitete, ki so omejene na posamezne pokrajine. Med tovrstne nesreče se najpogosteje uvrščajo toča, neurje in pozeba. Največ škode, ponavadi med 80 in 160 milijonov evrov, pa povzročajo naravne nesreče, ki prizadenejo celotno državo ali njen večji del. V izbranem obdobju je Slovenija utrpela največjo škodo zaradi suše (leta 1992, 1993, 2000 in 2003) in poplav (leta 1998 in 2007).

S pomočjo koeficienta variacije višine škode po posamezni naravni nesreči (preglednica 3) smo analizirali, katere naravne nesreče povzročajo relativno podobno višino škode skozi leta in so na ta način bolj predvidljive ter katere se pojavljajo sporadično in zato predstavljajo posebej neprijetno presenečenje. Med letoma 1991 in 2008 je bila najbolj predvidljiva škoda zaradi neurij in plazenja, saj se je pojavljala prav vsako leto, nikoli pa ni dosegala izjemno visokih vrednosti. Za stopnjo bolj nepredvidljiva je bila škoda zaradi požarov, toče in suše. Te nesreče se sicer pojavljajo skoraj vsako leto, njihova intenziteta pa zelo izrazito koleba. V posameznih letih lahko povzročijo tudi več deset milijonov evrov škode. Še nekoliko manj predvidljive so poplave in pozebe, ki so lahko več let zapored skromne in manj pomembne, v določenih letih pa hudo prizadenejo obsežna območja. Naravni nesreči z največjo variacijo sta žled in potres. Tako žledne ujme kot tudi močnejši potresi se pojavljajo precej redko, ko pa do njih pride, so posledice hude in terjajo dolgotrajno sanacijo.

## 4 Sklep

Naravne nesreče so geografska stalnica v številnih pokrajinah (Komac 2009; Zorn in Komac 2010). Čeprav niso nepričakovane, se z njimi ukvarjamo šele, ko nastopijo. Temu primerna je tudi škoda.

Globalno so naravne nesreče v zadnjem desetletju in pol povzročile za okrog 100 milijard ameriških dolarjev škode na leto. V Sloveniji so v zadnjem četrletju neposredne škode zaradi naravnih nesreč predstavljale povprečno 0,48 % letnega BDP.

V sodobnem svetu, kjer ima kapital odločilno vlogo, je poznavanje škode ključno pri zagovarjanju preventive. Svetovna banka in Ameriški geološki zavod (USGS) sta izračunala, da bi lahko bila v devdesetih letih preteklega stoletja globalna ekonomska škoda zaradi naravnih nesreč za 280 milijard ameriških dolarjev nižja, če bi predhodno 40 milijard ameriških dolarjev vložili v preventivo ter pripravljenost na naravne nesreče (Guha-Sapir, Hargitt in Hoyois 2004, 38, 45). Za Slovenijo smo na primer izračunali, da bi lahko celotno državo pokrili z zemljevidi nevarnosti zaradi zemeljskih plazov s finančnimi sredstvi, ki ustrezajo le dobrim 4 % škode, ki so jih ti povzročili v zadnjega četrta stoletja (prim. Zorn, Komac in Kumelj 2012, 109).

Statistični urad Republike Slovenije je v obdobju 1991–2008 zbiral podatke o škodi nastali zaradi naravnih nesreč. Na teh podatkih tudi temelji pričujoči prispevek, v katerem izpostavljam škodo po upravnih enotah. Glede skupne škode izstopajo predvsem enote severovzhodne in vzhodne Slovenije. Z letom 2009 je SURS zbiranje tovrstnih podatkov opustil. Zaradi pomanjkanja ustreznih podatkov lahko v bodoče pričakujemo upad ustreznih analiz, brez analiz pa težko ustrezno ukrepamo. Stroški zbiranja in analize podatkov predstavljajo neznamenit strošek v primerjavi s škodo, ki jo vsako leto povzročijo naravne nesreče, zato sta zbiranje podatkov o škodi zaradi naravnih nesreč ter njihova analiza nujna.

## 5 Literatura

- Anzeljc, D., Burja, D., Fazarinc, R., Rojnik, F. 1995: Neurja junija in julija 1994 na območju Laškega, v povodju Boljske, v Zasavju in na območju Litije. Ujma 9. Ljubljana.
- Bertalanič, R. 2003/2004: Viharni vetrovi v Sloveniji leta 2002. Ujma 17-18. Ljubljana.
- Bertalanič, R. 2006: Viharni vetrovi v Sloveniji leta 2005. Ujma 20. Ljubljana.
- Bertalanič, R. 2008: Viharni vetrovi v Sloveniji leta 2007. Ujma 22. Ljubljana.
- Bertalanič, R. 2009: Viharni vetrovi v Sloveniji leta 2008. Ujma 23. Ljubljana.
- Cegnar, T. 1993: Sušno obdobje v juliju in avgustu 1992. Ujma 7. Ljubljana.
- Dolinar, M. 2002: Neurja s točo leta 2001. Ujma 16. Ljubljana.
- Dolinar, M. 2003/2004: Obilne padavine leta 2002. Ujma 17-18. Ljubljana.
- Dolinar, M. 2005: Spremenljivost pogostosti neviht in toče v obdobju 1961–2004. Ujma 19. Ljubljana.
- Ferligoj, A. 1989: Razvrščanje v skupine. Metodološki zvezki 4. Ljubljana.
- Gams, I. 1996: Ujma v povirju Suhadolce in Velunje 9. Avgusta 1995. Ujma 10. Ljubljana.
- Guha-Sapir, D., Hargitt, D., Hoyois, P. 2004: Thirty Years of Natural Disasters 1974–2003: The Numbers. Bruselj.
- Horvat, A., Papež, J. 1999: Vodna ujma na hudourniških območjih jeseni 1998. Ujma 13. Ljubljana.
- Jakša, J. 1997: Posledice snegoloma in žledoloma v gozdovih leta 1996. Ujma 11. Ljubljana.
- Klabus, A. 1996: Neurja na hudourniških območjih Selške in Poljanske Sore septembra 1995. Ujma 10. Ljubljana.
- Kobold, M. 2008: Katastrofalne poplave in visoke vode 18. septembra 2007. Ujma 22. Ljubljana.
- Komac, B. 2009: Social memory and geographical memory of natural disasters. Acta geographica Slovenica 49-1. Ljubljana.
- Komac, B., Natek, K., Zorn, M. 2008: Geografski vidiki poplav v Sloveniji. Geografija Slovenije 20. Ljubljana.
- Komac, B., Zorn, M. 2011: Geografija poplav v Sloveniji septembra 2010. Neodgovorna odgovornost, Naravne nesreče 2. Ljubljana.
- Löw, P., Wirtz, A. 2010: The year in figures. TOPICS GEO – Natural catastrophes 2010: Analyses, assessments, positions. München. Medmrežje: [http://www.munichre.com/publications/302-06735\\_en.pdf](http://www.munichre.com/publications/302-06735_en.pdf) (17. 8. 2011).
- Matajč, I. 1994: Suša v kmetijstvu v letu 1993. Ujma 8. Ljubljana.
- Matajč, I. 2000/2001: Značilnosti in posledice kmetijske suše leta 2000 v Sloveniji. Ujma 14-15. Ljubljana.
- Matajč, I. 2002: Suša leta 2001. Ujma 16. Ljubljana.
- McBean, G. 2004: Climate change and extreme weather: A basis for action. Natural Hazards 31-1. Dordrecht.
- Münchner Rückversicherungs-Gesellschaft. Press Release (20. 12. 1999). München, 1999.
- Münchner Rückversicherungs-Gesellschaft. Press Release (29. 12. 1998). München, 1998.
- Ocena škode po potresu 12. 4. 1998. Vlada Republike Slovenije, 19. 5. 1998. Medmrežje: [http://www.dz-rs.si/wps/portal/Home/deloDZ/zakonodaja/izbranZakonAkt?uid=C12563A400339077C125661A00396AC6&db=kon\\_zak&mandat=II&tip=doc](http://www.dz-rs.si/wps/portal/Home/deloDZ/zakonodaja/izbranZakonAkt?uid=C12563A400339077C125661A00396AC6&db=kon_zak&mandat=II&tip=doc) (6. 2. 2014).
- Ocenjena škoda, ki so jo povzročile elementarne nesreče. Statistični urada Republike Slovenije. Ljubljana, 2010. Medmrežje: [http://www.stat.si/pxweb/Database/Okolje/27\\_okolje/05\\_Nesrece/27089\\_ocenjena\\_skoda/27089\\_ocenjena\\_skoda.asp](http://www.stat.si/pxweb/Database/Okolje/27_okolje/05_Nesrece/27089_ocenjena_skoda/27089_ocenjena_skoda.asp) (17. 11. 2013).
- Odmevi. Televizija Slovenije, 6. 2. 2014 (4268). Ljubljana. Medmrežje: <http://ava.rtvsllo.si/predvajaj/odmevi/ava2.174260010/> (6. 2. 2014).
- Ogrin, D. 1997: Ob pozebi oljk v slovenski Istri decembra 1996. Ujma 11. Ljubljana.
- Orožen Adamič, M. 1998: Žrtve naravnih nesreč v Sloveniji. Množične smrti za Slovenskem. Ljubljana.
- Orožen Adamič, M., Hrvatina, M. 2001: Geographical characteristics of earthquakes in the Soča River Region. Geografski zbornik 41. Ljubljana.
- Pavšek, M. 2002: Snežni plazovi v Sloveniji. Geografija Slovenije 6. Ljubljana.

- Plut, D. 2003: Vodni viri Slovenije. Geografski obzornik 50, 3-4. Ljubljana.
- Polajnar, J. 1999: Visoke vode v Sloveniji leta 1998. Ujma 13. Ljubljana.
- Polajnar, J. 2002: Visoke vode. Nesreče in varstvo pred njimi. Ljubljana.
- Raschky, P. A. 2008: Institutions and the losses from natural disasters. Natural Hazards and Earth System Sciences 8. Katlenburg-Lindau.
- Riebeek, H. 2005: The rising costs of natural hazards, NASA Earth Observatory (28. 3. 2005). Medmrežje: <http://earthobservatory.nasa.gov/Features/RisingCost/printall.php> (17. 11. 2010).
- Rupnik, J. 2009: Ocenjena škoda po elementarnih nesrečah. Agencija Republike Slovenije za okolje. Ljubljana. Medmrežje: [http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicatorandind\\_id=236](http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicatorandind_id=236) (23. 11. 2010).
- Sušnik, A. 2007: Vzroki in posledice kmetijske suše 2006. Ujma 21. Ljubljana.
- Sušnik, A., Kurnik, B. 2003/2004: Katastrofalna kmetijska suša leta 2003. Ujma 17-18. Ljubljana.
- Sušnik, A., Matajč, I. 2008: Kmetijska suša v Sloveniji leta 2007. Ujma 22. Ljubljana.
- Sušnik, A., Pogačar, T. 2009: Spremembe pri preprečevanju toče in ravnanju ob neurjih s točo v kmetijstvu: izkušnja leta 2008. Ujma 23. Ljubljana.
- Sušnik, A., Žust, A. 2005: Neurja s točo leta 2004 in škoda v kmetijstvu. Ujma 19. Ljubljana.
- Sušnik, M., Robič, M., Pogačnik, N., Ulaga, F., Kobold, M., Lalič, B., Vodenik, B., Štajdohar, M. 2007: Visoke vode in poplave v septembru 2007. 18. Mišičev vodarski dan. Maribor.
- Šipec, S. 1999: Poplave in zemeljski plazovi jeseni leta 1998. Ujma 13. Ljubljana.
- Število prebivalcev in naravno gibanje prebivalstva, Slovenija, letno. Statistični urad Republike Slovenije. Ljubljana, 2014. Medmrežje: [http://pxweb.stat.si/pxweb/Database/Dem\\_soc/05\\_prebivalstvo/05\\_osnovni\\_podatki\\_preb/10\\_05A20\\_prebivalstvo\\_letno/10\\_05A20\\_prebivalstvo\\_letno.asp](http://pxweb.stat.si/pxweb/Database/Dem_soc/05_prebivalstvo/05_osnovni_podatki_preb/10_05A20_prebivalstvo_letno/10_05A20_prebivalstvo_letno.asp) (6. 2. 2014).
- Vidrih, R. 2008: Potresna dejavnost Zgornjega Posočja. Ljubljana.
- Vidrih, R., Ribičič, M., Suhadolc, P. 2001: Seismogeological effects on rocks during the 12 April 1998 upper Soča Territory earthquake (NW Slovenia). Tectonophysics 330, 3-4. Amsterdam.
- Vlada se je seznanila s končno oceno neposredne škode zaradi posledic poplav, visokega snega in žleda med 30. januarjem in 27. februarjem 2014. Sporočilo za javnost, 28. 3. 2014. Vlada Republike Slovenije. Ljubljana. Medmrežje: [http://www.vlada.si/medijsko\\_sredisce/sporocila\\_za\\_javnost/sporocilo\\_za\\_javnost/article/vlada\\_se\\_je\\_seznanila\\_s\\_koncno\\_oceno\\_neposredne\\_skode\\_zaradi\\_posledic\\_poplav\\_visokega\\_snega\\_in\\_z/](http://www.vlada.si/medijsko_sredisce/sporocila_za_javnost/sporocilo_za_javnost/article/vlada_se_je_seznanila_s_koncno_oceno_neposredne_skode_zaradi_posledic_poplav_visokega_snega_in_z/) (29. 3. 2014).
- Vovk, A. 1996: Poplave v dolini Dravinje septembra 1995. Ujma 10. Ljubljana.
- Zorn, M., Komac, B. 2008: Zemeljski plazovi v Sloveniji. Georitem 8. Ljubljana.
- Zorn, M., Komac, B. 2010: The history of Acta geographica Slovenica. Acta geographica Slovenica 50-1. Ljubljana.
- Zorn, M., Komac, B. 2011: Naravne nesreče v Sloveniji. Idrijski razgledi 56-1. Idrija.
- Zorn, M., Komac, B., Kumelj, Š. 2012: Mass movement susceptibility maps in Slovenia: The current state. Geografski vestnik 84-1. Ljubljana.
- Zrnec, C. 1992: Spomladanska pozeba 1991. Ujma 6. Ljubljana.
- Zupančič, B. 1994: Suša v letu 1993. Ujma 8. Ljubljana.
- Žiberna, I. 2000/2001: Suša leta 2000 v severovzhodni Sloveniji in njeni učinki na kmetijske rastline. Ujma 14-15. Ljubljana.
- Žust, A. 2000/2001: Neurje s točo v Logatcu 22. julija 1999. Ujma 14-15. Ljubljana.
- Žust, A. 2003/2004: Spomladanska pozeba v Primorju 8. aprila 2003. Ujma 17-18. Ljubljana.

## MOČ MNOŽIC V PRIMERU NARAVNIH NESREČ

### **Grega Milčinski**

*Sinergise d. o. o., Teslova ulica 30, SI – 1000 Ljubljana, Slovenija in Center odličnosti Vesolje, znanost in tehnologije, Aškerčeva cesta 12, SI – 1000 Ljubljana, Slovenija*  
grega.milcinski@sinergise.com

### **Nataša Đurić**

*Center odličnosti Vesolje, znanost in tehnologije, Aškerčeva cesta 12, SI – 1000 Ljubljana, Slovenija*  
natasa.dzuric@space.si

### **dr. Peter Lamovec**

*Znanstvenoraziskovalni center Slovenske akademije znanosti in umetnosti, Inštitut za antropološke in prostorske študije, Novi trg 2, SI – 1000 Ljubljana, Slovenija*  
peter.lamovec@zrc-sazu.si

### **Peter Pehani, dr. Krištof Oštir**

*Znanstvenoraziskovalni center Slovenske akademije znanosti in umetnosti, Inštitut za antropološke in prostorske študije, Novi trg 2, SI – 1000 Ljubljana, Slovenija in Center odličnosti Vesolje, znanost in tehnologije, Aškerčeva cesta 12, SI – 1000 Ljubljana, Slovenija*  
peter.pehani@zrc-sazu.si, kristof@zrc-sazu.si

### IZVLEČEK

#### **Moč množic v primeru naravnih nesreč**

*V primeru naravnih nesreč je hitro, učinkovito in kakovostno obveščanje služb, pristojnih za zaščito in reševanje, ključnega pomena. Prostorski podatki pridobljeni na različne načine, služijo za določitev obsežnosti naravne nesreče, hkrati pa lahko pripomorejo k učinkovitejšemu reševanju ter načrtovanju ukrepov za odpravo škode in sanacijo prizadetih območij. Obstoječi sistemi za zbiranje podatkov so bodisi zaradi kompleksnosti prostorskih podatkov bodisi togosti sistemov za obdelavo in prikaz le delno učinkoviti. Podatki so poleg tega največkrat dostopni prepozno za doseganje njihovega prvotnega namena. Prispevek obravnava optimizacijo celovitega sistema zbiranja podatkov in obveščanja v času naravnih nesreč ter vremenskih pojavov. V večji meri se osredotoča na mobilno aplikacijo MočMnožic – Volba, katere glavni namen je ozaveščanje in informiranje širše javnosti o naravnih nesrečah ter spodbujanje uporabnikov pametnih telefonov k odzivnemu in aktivnemu vključevanju v procese hitrega množičnega obveščanja ter stanju prizadetosti okolja na lokalni ter prek tega tudi na državni ravni.*

### KLJUČNE BESEDE

*množični zajem podatkov, mobilna aplikacija, spletni GIS, spletni servis, vremenski pojavi, naravne nesreče*

### ABSTRACT

#### **Power of crowds in the case of natural disasters**

*In the case of natural disasters fast, effective and reliable informing of the civil protection and rescue services is of a significant importance. Spatial data obtained in a variety of ways, serves for determining the extent of a disaster, can contribute to more effective rescue operations and to action planning for damage mitigation and reconstruction of affected areas. Existing data collection systems are only partially effective, mostly due to complexity of spatial data or due to stiffness of processing systems. Additionally, data are in most cases available too late to achieve its original purpose.*



*This paper deals with optimization of an integrated information system for data collection during natural disasters and weather phenomena. It focuses on the mobile application called MočMnožic – Volba, which main purpose is to raise awareness and inform the general public about natural disasters and to encourage smartphone users to responsive and active involvement in processes of mass media informing about weather phenomena and state of damage of the environment on the local and at the state level.*

**KEY WORDS**

*crowdsourcing, mobile platform, web GIS, web service, weather phenomena, natural disasters*

## 1 Uvod

Po podatkih Statističnega urada Republike Slovenije iz leta 2005 (Medmrežje 1) znaša škoda, povezana z naravnimi in drugimi nesrečami v povprečju več kot 2 % bruto domačega proizvoda na leto, v posameznih letih pa je škoda, ki jo povzročijo te nesreče, še znatno večja (Medmrežje 2). Dejstvo je, da naravne nesreče vsako leto prizadenejo vedno več ljudi, vzroki za to pa so tako v širjenju poselitve kot tudi neupoštevanju omejitev, ki jih postavlja narava. Med naravnimi nesrečami s svojo pogostostjo, vplivi na okolje ter povzročeno škodo gotovo izstopajo poletna neurja s točo, poplave, suša, požari in zemeljski plazovi.

Za naravne nesreče je značilna negotovost udeležencev na prizadetih območjih na eni ter nujna dobra obveščenaost služb za ukrepanje in reševanje na drugi strani, zato je hitrost pretoka informacij s tere na v center za obveščanje in nazaj izrednega pomena. Fleksibilnost sistema za obveščanje in njegovo prilagodljivost spremenljivim karakteristikam pojavnosti vremenskih pojavov in naravnih nesreč lahko v veliki meri zagotovimo tudi z uporabo vedno bolj uporabljenih tehnologij pametnih telefonov ter spletnih servisov za množično zbiranje podatkov.

Aktivna udeležba množic pri skupnem reševanju izbranega problema, za katerega se v angleškem jeziku uporablja izraz *crowdsourcing*, temelji na decentraliziranem sistemu operacij ter usklajenemu delovanju posameznikov v množici (Vaidyanathan 2010). V okviru aktivnosti Centra odličnosti Vesolje, znanost in tehnologije (v nadaljevanju CO Vesolje-SI) je bil množičen zajem prostorskih podatkov o vremenskih pojavih in z njimi povezanih ujm, realiziran z uporabo mobilne aplikacije na pametnem telefonu. Množice podatke zajemajo hitro, obširno in prostorsko točno. Zavedati pa se je treba, da v nasprotju s podatki v obstoječih sistemih za obveščanje o naravnih in drugih nesrečah, velika količina podatkov zahteva drugačne pristope obdelave ter kontrole istovetnosti.

## 2 Obstoječi sistemi za obveščanje o naravnih nesrečah

Različne organizacije, ki delujejo na področjih povezanih z naravnimi nesrečami, imajo različne notranje ali zunanje sisteme za zbiranje in distribucijo podatkov. V Sloveniji za upravljanje podatkov o naravnih in drugih nesrečah ter vremenskih pojavov skrbita dve instituciji – Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO) ter Uprava Republike Slovenije za zaščito in reševanje (URSZR). Slednja upravlja z informacijskim sistemom SPIN – Sistem za poročanje o intervencijah in nesrečah. V SPIN se vpisujejo vsi dogodki, ki so povezani z naravnimi in drugimi nesrečami, pri katerih ni nujno, da so jih aktivirane sile za zaščito, reševanje in pomoč. Sistem je osredotočen na same dogodke in ne beleži vseh ostalih podatkov, ki so povezani z dogodki, kot so na primer fotografije, meritve, natančna geolokacija ali podroben opis dogodka. Obveščanje uporabnikov o dogodkih je omogočeno preko spletnega prikazovalnika ter tudi prek storitve RSS, za katero obstajajo odjemalci na pametnih mobilnih napravah.

Sistem Agencije Republike Slovenije za okolje je osredotočen na poročanje o vremenu, a je ta zaradi robustnosti in velikega števila uporabnikov narejen tako, da omogoča najbolj pogoste poizvedbe, ne pa tudi prikaza vseh podatkov, ki so za uporabnika na posamezni lokaciji pomembni. Težnja in potreba po bolj personaliziranem sistemu je izrazita tudi pri zbiranju nekaterih podatkov na terenu, kot so podatki o neurjih in snežnih plazovih, kar pa je izven standardnih nalog vremenske službe ARSO.

Nepogrešljiv prispevek k opazovanju prizadetosti okolja v primeru naravnih nesreč predstavljajo daljinsko pridobljeni podatki, kot so na primer posnetki optičnih in radarskih satelitskih sistemov. Radarski sistemi so zelo uporabni v primeru poplav, saj se njihova prednost pred optičnimi posnetki kaže predvsem v neodvisnosti od sonca kot vira svetlobe, kar omogoča opazovanje tudi ponoči, ter zmožnost opazovanja skozi oblake, ki so v času obilnih padavin prisotni (Veljanovski s sodelavci 2011). Radarski posnetki so bili uspešno uporabljeni za namen opazovanja in kartiranje dinamike obsežnejših poplav v Sloveniji septembra 2010, vendar pa so bile ob tem razkrite tudi nekatere pomanjkljivosti in omeji-

tve tako radarskih posnetkov kot tudi Programa Vesolje in velike nesreče, v sklopu katerega so bili posnetki pridobljeni. Tekom aktivacije Programa za pridobitev satelitskih posnetkov se je definiralo več potreb, med drugim tudi večji vpliv izvajalca kartiranja na določitev območij opazovanj ter izbire časovne vrste posnetkov, hitrejšega prenosa zemljevidov do končnega uporabnika in večja pogost podatkov. Vse pomankljivosti bi v večji meri lahko odpravili z lastnim samodejnim postopkom obdelave satelitskih posnetkov kot tudi z lastnim satelitskim sistemom, za katerega se prizadeva CO Vesolje-SI, vsekakor pa delno tudi z uporabo množičnega zbiranja podatkov z mobilno aplikacijo na terenu.

Zgoraj opisane lastnosti obstoječih sistemov kažejo na nujnost integracije več sistemov oziroma nadgradnjo in dopolnitev obstoječih sistemov. Množično zbiranje podatkov z uporabo mobilne aplikacije predstavlja le del predlagane rešitve, katere osnovni namen je optimizacija postopkov obveščanja in hitrega kartiranja v primeru naravnih nesreč (nekaj ur po nesreči) ter beleženja podatkov o vremenskih pojavih. Drugi del sistema tvori spletna aplikacija za zajem podatkov in pripravo modelov (fizikalnih modelov pojavov oziroma napovedovanja nadaljnjih dogodkov, na primer razširjanje poplavnega območja, definiranje obsega poplavnega območja oziroma druge naravne nesreče, napovedovanje suše; slika 1). Rešitev, ki je bila razvita v okviru CO Vesolje-SI zajema:

- združevanje podatkov, zajetih na terenu, s podatki, pridobljenimi iz različnih spletnih servisov (podatki o vetru, padavinah, temperaturah, oblačnosti, gostoti prometa), ter podatki s satelitskih sistemov, do katerih bo CO Vesolje-SI dostopal prek lastne zemeljske postaje ter prek tujih ponudnikov satelitskih posnetkov,
- priprava modelskih analiz nad podatki in napovedovanje nadaljnjih dogodkov,
- prikaz rezultatov analiz na pametnih telefonih,
- prikaz, analiza in distribucija podatkov za namen načrtovanja odprave posledic naravnih nesreč za državne organe (na primer URSZR, ARSO).

Opisan sistem temelji na Geopediji, že obstoječi platformi za hranjenje in prikaz prostorsko umeščenih podatkov.

V nadaljevanju so podrobneje opisane: delovanje ter funkcionalnosti mobilne aplikacije MočMnožic, ter spletne aplikacije za prikaz in obdelavo podatkov.

### 3 Mobilna aplikacija za terensko zbiranje podatkov in prikaz rezultatov

Mobilna aplikacija, imenovana »MočMnožic – Volba«, ki omogoča skupinsko zbiranje podatkov o vremenskih pojavih ter prikazovanje naravnih nesreč na območju Slovenije, trenutno podpira hitri vnos za neurja ter podatke o stanju vodotokov in morja. Izdelana je za naprave, ki jih poganja operacijski sistem Android in je dostopna najširšemu krogu uporabnikov. Uporabniku je zato na voljo brezplačno, potrebna pa sta vsaj različica *Androida 3.0* in registracija na portalu Geopedia. Osnovno poročanje je omogočeno tudi uporabnikom drugih mobilnih platform (*iOS, Windows Mobile, BlackBerry*).

Podatke, fotografije in poročila o neurjih, toči, nalivih, stanju vodotokov, stanju morja in/ali o onesnaženju voda uporabnik vnaša preko enostavnega uporabniškega vmesnika (slika 2). Aplikacija dostopa do večjega števila internih senzorjev mobilne naprave (GPS, giroskop, kompas, fotoaparatus) ter tako omogoča enostaven vnos novih podatkov. Glavni moduli, ki sestavljajo aplikacijo so:

- modul za zajem fotografije z vsemi potrebnimi metapodatki (lokacija, naklon aparata, smer aparata, čas, podatki o ekspoziciji),
- modul za posredovanje podatkov strežniški platformi,
- modul za vizualizacijo in interakcijo podatkov/rezultatov na mobilni platformi,
- modul za delo brez podatkovne povezave (angl. *off-line*), saj mora sistem delovati tudi na območjih brez signala GSM ali WiFi; tako zbrani podatki se bodo v centralni sistem prenesli, ko bo signal na voljo.

Ob vnosu poročila se shrani lokacija uporabnika, ki je določena glede na signal GPS ali na podlagi mobilnega omrežja. V kolikor uporabljamo hitri način vnašanja podatkov, se zapis takoj sinhronizira



Slika 1: Struktura sistema za zajem, prikaz in obdelavo množično pridobljenih podatkov, ki ga razvija CO Vesolje-SI.



Slika 2: Uporabniški vmesnik za napreden zajem podatkov na platformi Android (a), poseben uporabniški vmesnik za hiter zajem podatkov (b) ter prikaz lokacije na zemljevidu (c) za primer neurja.

Splošno Geometrija

Oznaka lokacije \*

Stanje vodotoka \*

Vodostaj (cm) \*

Časovni potek višine vode

Vodni tok

Nosil vejevje in debla (plavje)

Vodotok premešča sedimente (plavine)

Poplavljenost ocesta

Poplavljeni objekti

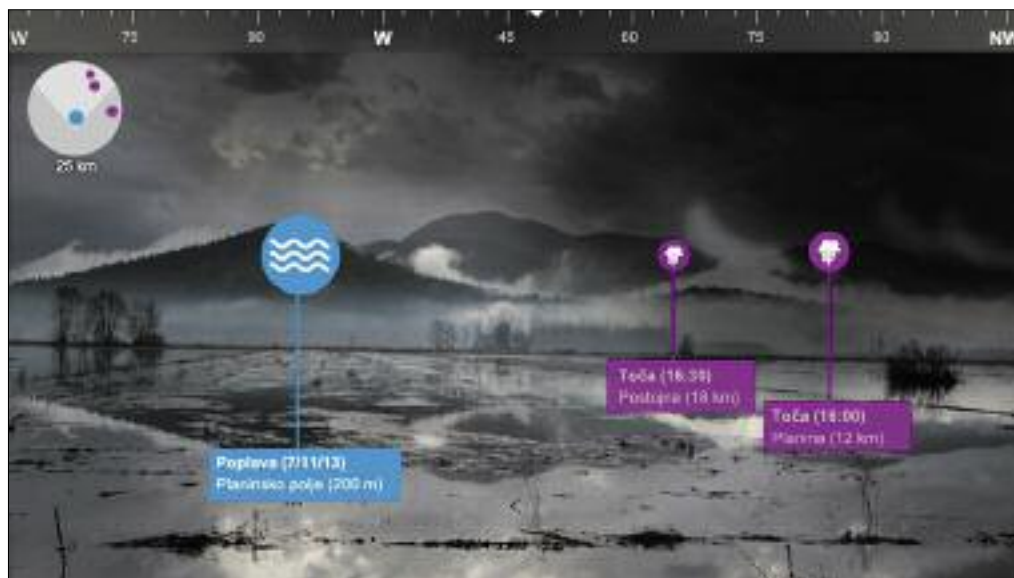
Vodotok zajezjen

Erozija brežin

Dodaten opis

Previd

Slika 3: Vpis atributov v sloj Poročilo o stanju vodotoka v platformi spletne Geopedije. Tako kot podatke zapisujemo in zajemamo prek mobilne aplikacije lahko podobno storimo v spletni GIS platformi Geopedia. Pogoj za vnos podatkov je opravljena registracija.



Slika 4: Prikaz poplav in toče na mobilni platformi v načinu nadgrajene resničnosti.

s strežnikom, v primeru naprednega vnosa pa se sinhronizacija s strežnikom izvede šele z ročnim pritiskom na gumb za sinhronizacijo.

Podatki, ki jih uporabnik lahko vnese v aplikacijo za primere neurja, stanja vodotoka, onesnaženosti morja in stanja morja, so raznovrstni. Nekateri atributi, ki jih na primer lahko pripišemo stanju vodotoka, so vidni na sliki 3.

Ko podatki z mobilne aplikacije prispejo na strežnik, operaterji preverijo kakovost podatkov ter jih organizirajo v obliko, ki uporabniku omogoča povratno informacijo o prisotnosti in razsežnosti vseh poročanih naravnih nesreč.

Prikaz rezultatov analiz je na pametnih telefonih predstavljen z uporabo tehnologij nadgrajene resničnosti (*augmented reality*). Ta del aplikacije je trenutno še v fazi razvoja in je na voljo zaprti skupini testnih uporabnikov. Pri takšnem načinu prikaza so relevantni podatki združeni s trenutnim pogledom. Tako lahko uporabnik s pomočjo naprave gleda realni teren, na katerem pa so prikazani podatki, ki prihajajo iz strežnika (na primer podatki o prekinjenih komunikacijah, poškodovanih območjih) (slika 4). Ti podatki so pridobljeni na podlagi zajema uporabnikov ali iz drugih virov.

#### 4 Spletna aplikacija za zajem podatkov, aplikacija za obdelavo podatkov in modeliranje

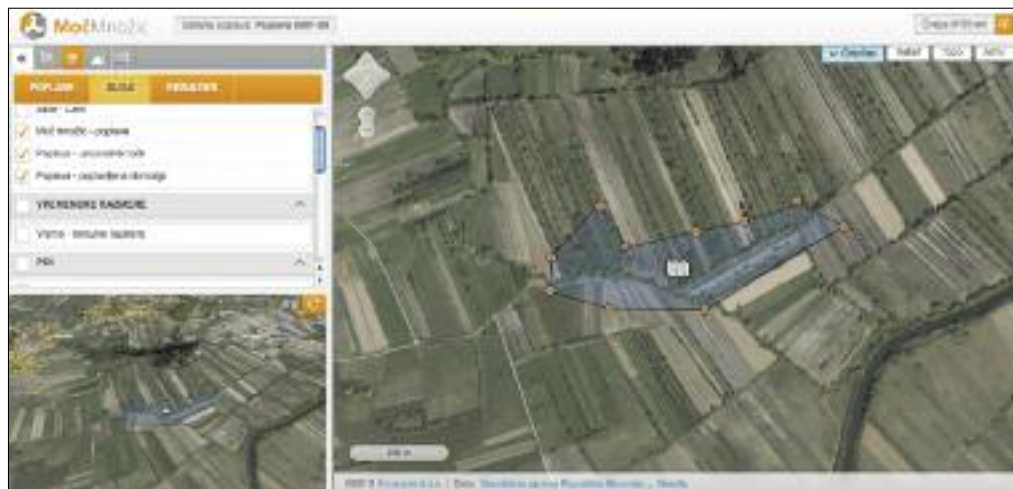
Vsi podatki, ki jih zajemamo s pomočjo mobilne aplikacije, se zapišejo v izbran vektorski sloj, ki je viden in javno dostopen tudi na Geopediji (slika 5). Tak način prikazovanja podatkov predstavlja kartiranje obsežnosti vremenskega pojava ali naravne nesreče v skoraj realnem času.

Medtem, ko je spletni pregledovalnik podatkov, ki omogoča tudi vnos novih zapisov, namenjen predvsem uporabnikom, pa je bila za potrebe kontrole kvalitete podatkov, organizacije prispelih podatkov, izdelave končnih rezultatov ter modelske analize naravnih nesreč razvita tudi aplikacija za obdelavo podatkov, ki jo uporabljajo eksperti (slika 6). Izbor naravnih nesreč, ki bi jih lahko modelirali, je izredno velik. Kot testni primer so bile izbrane poplave.

Pri izdelavi kakovostnega modela oziroma avtomatske določitve poplavljenega območja je pomembno, da operater oceni kakovost podatkov, saj je ta ključnega pomena za vse nadaljnje postopke. Postopek avtomatske določitve poplavljenega območja je bil razvit v programskem jeziku IDL. Vhodni podatek



Slika 5: Spletna aplikacija za vizualizacijo podatkov temelječa na Geopediji.



Slika 6: Orodje za zaris poplavljenega območja v aplikaciji za obdelavo podatkov.

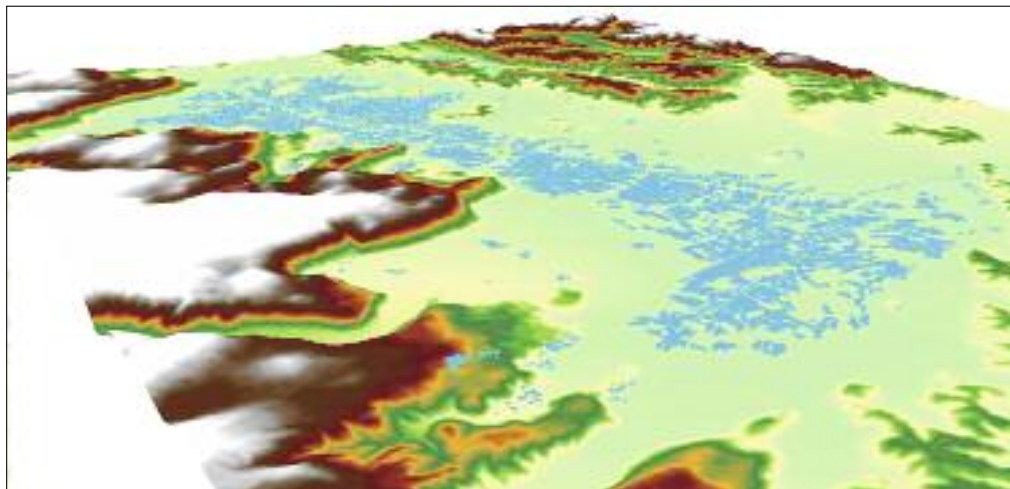
predstavljajo digitalni model višin (DMV 12,5) ter točke z znanimi koordinatami (X, Y, Z) in znano višino vode. Program na temelju točk z znano višino vode določi ploskev gladine vode, na podlagi katere predvideva poplavljenost ostalih zemljišč. Poplavljena so vsa zemljišča, na katerih gladina vode sega nad višino površja (slika 7).

## 5 Sklep

V okviru projekta MočMnožic je bil na primeru naravnih nesreč pripravljen večplastni sistem oziroma več aplikacij za končne uporabnike, ki združuje uporabo vesoljskih tehnologij (sateliti, zemeljska postaja), raziskav (modeliranje vremena in naravnih pojavov) ter zemeljskih informacijskih tehnologij (prostorski informacijski sistem, mobilna aplikacija).

Namen mobilne aplikacije »MočMnožic – Volba« ter drugih komponent sistema za prikazovanje in kartiranje, je izboljšati napoved izbranih vremenskih pojavov in z njimi povezanih naravnih nesreč ter preprečevanje njihovih posledic. Čeprav bosta dejanska vrednost in prednost hitrega pretoka podatkov s terena v kontrolni center z uporabo mobilne aplikacije vidna šele ob delovanju pri večji naravni nesreči oziroma izrazitem nevšečnem vremenskem pojavu, uporaba aplikacije zagotovo pomeni prihranek na času, ki je potreben, da informacije pridejo do oseb, ki načrtujejo ukrepe ter do reševalcev na terenu. Zavedati se moramo, da je pogoj za prenos informacij z uporabo aplikacije, kljub omogočenemu shranjevanju in zajemu podatkov brez podatkovne povezave, vzpostavljeno komunikacijsko omrežje, ki pa lahko v primeru velikih naravnih in drugih nesreč tudi odpove. Potrebo po hitrejšem in učinkovitejšem zbiranju terenskih podatkov so izrazile tudi različne pristojne službe Agencije Republike Slovenije za okolje. S pridobljenimi podatki bi lahko podprli obstoječe informacije in postopke za spremljanje, analiziranje naravnih pojavov in procesov v pokrajini ter zmanjševanje ogroženosti ljudi.

Za uspešno delovanje sistema so ključni uporabniki pametnih telefonov, ki so ob vremenskih pojavih ali naravni nesreči, najboljši vir informacij. Dodatno je treba zagotoviti ustrezne elemente kontrole kakovosti množično pridobljenih podatkov, saj se v nasprotnem primeru razpon med številčnostjo in ažurnostjo podatkov na eni ter kakovostjo podatkov na drugi strani večja. Prihodnost pri spremljanju naravnih nesreč je v tako imenovanih prognostično-opozorilno-odzivnih sistemih, kjer pa so kakovostni podatki nujnost.



Slika 7: Prikaz poplavljenih zemljišč (modro) na digitalnem modelu višin (primer: Ljubljansko barje).

*Zahvala: Aplikacija je bila razvita v okviru projekta razvoja e-storitev in mobilnih aplikacij, sofinanciranega s strani Ministrstva za izobraževanje, znanost in šport ter Evropskega sklada za regionalni razvoj. Center odličnosti Vesolje, znanost in tehnologije je operacija, ki jo delno financirata Evropska unija, Evropski sklad za regionalni razvoj, ter Ministrstvo za izobraževanje, znanost in šport Republike Slovenije. Za uporabnost rezultatov je bilo ključno sodelovanje strokovnjakov Urada za meteorologijo in Urada za hidrologijo in stanje okolja iz Agencije Republike Slovenije za okolje.*

## 6 Viri in literatura

Medmrežje 1: [http://www.stat.si/novice\\_poglej.asp?ID=761](http://www.stat.si/novice_poglej.asp?ID=761) (25. 9. 2013).

Medmrežje 2: <http://www.sos112.si/slo/page.php?src=ogl.htm> (25. 9. 2013).

Vaidyanathan, A. 2010: Proactive crowd-sourcing for Location Based Services. Doktorsko delo, University of Canterbury, Christchurch.

Veljanovski, T., Pehani, P., Kokalj, Ž., Oštir, K. 2011: Zaznavanje poplav s časovno vrsto radarskih satelitskih posnetkov ENVISAT in RADARSAT-2. Neodgovorna odgovornost, Naravne nesreče 2. Ljubljana.





## TEORETIČNA VAJA ORGANOV VODENJA V OKVIRU DRŽAVNE VAJE POTRES 2012

**Julij Jeraj**

Mestna občina Ljubljana, Oddelek za zaščito, reševanje in civilno obrambo, Zarnikova ulica 3, SI – 1000 Ljubljana, Slovenija  
julij.jeraj@ljubljana.si

**Stanislav Lotrič**

Uprava Republike Slovenije za zaščito in reševanje, Vojkova cesta 61, SI – 1000 Ljubljana, Slovenija  
stanislav.lotric@urszr.si

### IZVLEČEK

#### **Teoretična vaja organov vodenja v okviru državne vaje Potres 2012**

V članku predstavljamo eno od praktičnih uporab rezultatov raziskovalnih projektov o potresni nevarnosti, ranljivosti in ogroženosti v Sloveniji. V raziskovalnih projektih ugotovljeno oceno poškodovanosti stavb ob potresu smo uporabili za pripravo in izvedbo teoretične vaje organov vodenja, ki je bila izvedena kot ena od aktivnosti v državni vaji »Potres 2012«. Na podlagi ocenjene poškodovanosti posameznih stavb zaradi potresa so sodelujoči analizirali posledice potresa za območje svoje pristojnosti in preizkušali procese in organizacijo vodenja reševanja ter zagotavljanje osnovnih življenjskih pogojev za prizadeto prebivalstvo.

### KLJUČNE BESEDE

potres, civilna zaščita, teoretična vaja, potres, ranljivost, poškodovanost stavb

### ABSTRACT

#### **National table-top exercise »Earthquake 2012«**

In the article one of several practical applications of research projects on earthquake hazard, vulnerability and risk in Slovenia is presented. Research projects results were used to prepare and conduct table-top exercise for civil protection command staff which was part of national exercise »Earthquake 2012«. Estimates on possible consequences of an earthquake for each individual building – as the outcome of several research projects – were used as a data base for trainees to evaluate earthquake consequences on their area of responsibility and upon that to test their management processes and organisation regarding rescue and re-establishing basic living conditions.

### KEY WORDS

earthquake, civil protection, table-top exercise, earthquake, vulnerability, damage to buildings

## 1 Uvod

Prispevek sodi ob bok sorodnim prispevkov v tej publikaciji (glej Banovec s sodelavci 2014; Lutman s sodelavci 2014; Snoj, Repe in Jeraj 2014), ki temeljijo na projektih:

- POTROG: Potresna ogroženost v Sloveniji (Lutman s sodelavci 2013) in
- Podlage za oceno potresne ogroženosti Mestne občine Ljubljana (Banovec s sodelavci 2012).

Oba projekta ter predhodna prizadevanja, so skupaj vodili k sedanjim rezultatom – oceni posledic potresa na posamezno stavbo Sloveniji. Do nedavna razpoložljivi podatki in ocene ogroženosti zaradi potresa namreč niso omogočale opredeljevanja posledic na stavbo natančno. Razlogov za to je bilo več. Prvi je bil v tem, da je Statistični urad Republike Slovenije zavračal posredovanje podatkov o letu izgradnje, materialu nosilne konstrukcije in podobnem za posamične stavbe, ki so jih zbrali s popisi. Šele z oblikovanjem Registra nepremičnin na Geodetski upravi Republike Slovenije je bilo mogoče pridobiti enotne podatke o stavbah. Drug razlog je bilo znanje o posledicah potresa na stavbe. Tega vprašanja se je lotila Mestna občina Ljubljana leta 1998, ko je prek Zavoda za gradbeništvo Slovenije pričela ocenjevati potresno odpornost in ranljivost stavb. Do leta 2011 je bilo zbranih dovolj podatkov, znanja in pripravljenosti, da se je lahko pričel državni projekt POTROG, ki je povezal informacije o stavbah iz javnega Registra nepremičnin, podatke o potresni odpornosti in ranljivosti analiziranih stavb, seizmološko in geološko znanje ter ustrezne informacijske tehnologije in tako postregel z objektivizirano oceno poškodovanosti vseh (z izjemo tistih, za katere v registru ni bilo podatkov) stavb. Bogastvo analiz in ugotovitev, ki jih je mogoče dobiti iz takšnih individualnih podatkov, je veliko. Tako je bila pot domišljiji, iznajdljivosti in strokovnosti pripravljavcev vaje in sodelujočih na široko odprta.

## 2 Vaja Potres 2012

Vaja Potres 2012 je bila zasnovana drugače, kot je bilo to običajno za vsakoletne državne vaje. To ni bil enkratni dogodek, ena vaja reševalnih enot, ampak celovit, povezan skupek aktivnosti na področju raziskovanja, odnosov z javnostmi, vaj enot in organov vodenja. Na raziskovalnem področju sta sodila v ta okvir že omenjena projekta. Na področju odnosov z javnostmi oziroma informiranja in usposabljanja prebivalcev so bile to medijske vsebine za mesec varstva pred požarom za leto 2012, katerega osrednja tema je bila 'Po potresu lahko tudi zagori!' in za katerega je Uprava Republike Slovenije za zaščito in reševanje v sodelovanju z Gasilsko zvezo Slovenije ter Slovenskim združenjem za požarno varstvo pripravila zgibanko, plakat in telop. Poleg tega je Uprava Republike Slovenije za zaščito in reševanje na podlagi rezultatov projekta POTROG za potrebe Civilne zaščite pripravila brošuro in plakat za otroke »Potres! Kako ravnati?«, brošuro za odrasle »Ste pripravljeni na potres?« ter didaktično igrice za otroke »Potres« (Oktober ... 2013). Posamezne vaje so se vrstile skozi vse leto 2012 tako na državni kot na občinskih ravneh. Mestna občina Ljubljana je na primer izvedla preverjanje usposobljenost ekip prve pomoči Civilne zaščite, Rdečega križa in prve nujne medicinske pomoči, pa tudi 14. mednarodno vajo vodnikov reševalnih psov, v kateri so preverjali usposobljenost vodnikov in njihovih reševalnih psov za iskanje oseb v ruševinah, organiziranje reševalnih aktivnosti in procese štabnega dela po načelih *Incident Command System*. Na državni ravni je bila vaja uporabljena tudi za preverjanje uporabnostirešitev, opredeljenih v priročniku »Priprava države gostiteljice za sprejem mednarodne pomoči«, ki ga je pripravila Uprava Republike Slovenije za zaščito in reševanje, ter preverjanje vodstvenih struktur pri uporabi enot mednarodne pomoči in izvajanje iskanja oseb v ruševinah. Tudi 18. državno preverjanje ekip prve pomoči Civilne zaščite in Rdečega križa je bilo organizacijsko in tematsko del vaje Potres 2012, na njem pa je svojo usposobljenost prikazala tudi Enota za iskanje in reševanje v urbanih okoljih (MUSAR – *Medium Urban Search and Rescue*). V državni teoretični vaji organov vodenja Civilne zaščite pa smo vadili in preverjali pripravljenost za hitro ugotavljanje posledic potresa, postopke poročanja o posledicah potresa, postopke usklajevanja organov vodenja na vseh ravneh ter uporabo služb, enot in drugih

sestavov, ki so določeni z načrti zaščite in reševanja, postopke obveščanja javnosti, postopke sprejemanja pomoči, način spremljanja razmer in aktivnosti. Sestavni del procesa priprav na teoretično vajo so bili posveti in pripravjalne konference, na katerih so predstavniki sodelujočih pridobivali informacije o vaji ter izkušnje iz tujine o organizaciji in procesih vodenja ob velikih nesrečah (Sklep ... 2012).

### 3 Organizatorji in sodelujoči

Organizatorji vaje so bili Ministrstvo za obrambo, Uprava Republike Slovenije za zaščito in reševanje z izpostavami Kranj, Ljubljana in Trbovlje, Mestna občina Ljubljana, Ministrstvo za zdravje, Ministrstvo za notranje zadeve ter Inšpektorat Republike Slovenije za varstvo pred naravnimi in drugimi nesrečami Ministrstva za obrambo.

Sodelujoči na vaji so bili, poleg organizatorjev in njihovih organizacijskih enot, še poveljnik Civilne zaščite Republike Slovenije s štabom, Generalštab Slovenske vojske, Generalna policijska uprava, Ministrstvo za zunanje zadeve, Ministrstvo za finance, Ministrstvo za delo, družino in socialne zadeve, Ministrstvo za infrastrukturo in prostor, Ministrstvo za izobraževanje, znanost, kulturo in šport, Agencija Republike Slovenije za okolje, Urad Vlade Republike Slovenije za komuniciranje, poveljniki in namestniki poveljnikov Civilne zaščite za Gorenjsko, Ljubljansko regijo, Severno Primorsko, Notranjsko, Dolenjsko, Zasavje, Zahodno Štajersko, Koroško, Podravje, Vzhodno Štajersko s štabi v operativni sestavi, ter poveljniki in namestniki poveljnikov Civilne zaščite občin Borovnica, Brezovica, Cerklje na Gorenjskem, Dobrova - Polhov Gradec, Dol pri Ljubljani, Domžale, Grosuplje, Hrastnik, Ig, Komenda, Kranj, Litija, Log - Dragomer, Mengeš, Moravče, Radovljica, Škofja Loka, Šmartno pri Litiji, Trbovlje, Vodice, Vrhnika in Zagorje ob Savi (Sklep ... 2012). V gradivu za vajo so bile opredeljene tudi naloge za poveljnike enot občinske javne gasilske službe, za krajevne štabe Civilne zaščite, župana, organe občinske uprave, zdravstvene domove, vrtce in osnovne šole, izvajalce občinskih javnih služb za preskrbo s pitno vodo, odstranjevanje odpadkov, pokopališko dejavnost in vzdrževanje lokalnih cest. Občine so tako imele možnost v vajo vključiti večino organov in organizacij iz svoje pristojnosti.

Z vajo je bila uvedena še tudi novost. Sodelujočim, predvsem občinam, je bilo namreč sodelovanje v vaji ponujeno kot možnost za usposabljanje, za katero se lahko odločijo sami. Tovrstne prostovoljnosti sodelovanja do sedaj nismo uporabljali. Za sodelovanje se je odločilo 23 občin iz osrednje Slovenije. V vaji je sodelovalo 43 različnih organov (Analiza ... 2012), a ta številka ne vključuje sodelujočih, ki so jih v vajo vključile občine.

### 4 Podatkovna podlaga vaje

Želja organizatorjev je bila pripraviti delo na čim bolj realističnih in podrobnih podatkih o posledicah potresa na objekte, ljudi in pomembne javne storitve. V času priprav na vajo so bile v raziskovalnih projektih ocene poškodovanosti sicer še v začetni obliki, vendar so podatki nudili odlično podlago za vajo. Tako so poveljniki in štabi Civilne zaščite (in seveda tudi vsi ostali sodelujoči) prvič imeli na voljo objektivizirane ocene posledic potresa VIII. stopnje po Evropski potresni lestvici (EMS) na posamezno stavbo natančno. Vsaki stavbi je bil pripisan eden od treh glavnih razredov poškodovanosti ali pa je bilo navedeno, da poškodovanost ni znana. Glavni razredi so bili razdeljeni še na tri podrazrede. V zeleni razred so bile razporejene stavbe z naslednjimi lastnostmi:

- nepoškodovana stavba; ni vidnih poškodb;
- poškodovana stavba, vendar brez poškodb konstrukcije: razpoke v ometu, odpadanje ometa, zdrs in padec dela kritine, delne poškodbe čelnih zidov na podstrešju in poškodbe dimnikov;
- manjše razpoke na konstrukciji, delno porušeni dimniki in čelni zidovi na podstrešju, zdrs in padec večjega dela strešne kritine.

V rumeni razred so sodile:

- stavbe z lažjimi poškodbami konstrukcije: razpoke v navpičnih nosilnih elementih (zidovih, medokenskih slopih, armirano betonskih stebrih, prečkah in stenah), težke poškodbe dimnikov, čelnih zidov in zidov na podstrešju, zdrs in padec kritine;
- stavbe s srednje težkimi poškodbami konstrukcije: delno rušenje predelnih sten, večje razpoke v navpičnih nosilnih elementih (zidovih, medokenskih slopih, armirano betonskih stebrih, prečkah in stenah);
- stavbe s težjimi poškodbami konstrukcije: velike razpoke v navpičnih nosilnih elementih, zdobljenost in trganje delov teh elementov, delno do popolno rušenje predelnih sten, manjše dislokacije nosilnih elementov in stavbe kot celote.

Rdeči razred so tvorile:

- težko poškodovane stavbe: težko poškodovani in dislocirani konstrukcijski elementi, konstrukcijski elementi zdobljeni v velikem obsegu, velike dislokacije stavbe kot celote, močnejše izraženi nagibi stropov;
- delno porušene stavbe: zelo zdobljeni konstrukcijski elementi, delno porušeni konstrukcijski elementi, zelo dislociran in delno porušena stavba;
- porušene stavbe: zelo velik del ali celotna stavba porušen (Teoretična ... 2012).

Podatek o poškodovanosti stavbe je predstavljal izhodišče za vse ostale aktivnosti v vaji. Podatku o posledicah na stavbi je bil dodan podatek iz Centralnega registra prebivalstva (CRP) o številu stalno in začasno prijavljenih oseb v stavbi. V ta podatek je bila, zaradi varovanja osebnih podatkov, vgrajena sistemska napaka, ki se je na ravni občine izravnala. Podatki so bili podani v obliki natisnjenih zemljevidov (v merilu 1 : 2000 (za urbana območja) in 1 : 5000 (za podeželska naselja)) velikosti A3, zemljevidov v elektronski obliki ter v obliki preglednic. V preglednici so bili, poleg že omenjenih, za vsako stavbo navedeni še: naslov, število etaž nad zemljo in število podzemnih etaž, leto izgradnje, material nosilne konstrukcije (opeka, beton, kamen, les, kombinacija, kovina, montažna gradnja, drugo), podatek ali ima stavba dvigalo, kakšna je vrsta ogrevanja, ali ima priklop na vodovod, kanalizacijo, elektriko, telefon, plin, tip stavbe (samostojna, dvojček, vrstna), raba stavbe (stanovanjska, nestanovanjska), v kateri popisni in šolski okoliš sodi stavba, za območje Mestne občine Ljubljana pa še krajevno pristojno gasilsko društvo in štab Civilne zaščite. Ti podatki so z uporabo preprostega razvrščanja v programu *MS Excel* omogočali izvedbo vrste nalog od določanja in organiziranja sektorjev delovanja (statistični in šolski okoliši), prek ugotavljanja potreb za nastanitev prebivalcev (število oseb v stavbah s stanovanjsko rabo in z razredom poškodovanosti rumena in rdeča) in stavb, v katere jih je mogoče nastaniti (stavbe z razredom poškodovanosti zelena), do ugotavljanja potreb po številu in vrsti reševalnih ekip (reševanje potrebno v stavbah z razredom poškodovanosti rdeča; v stavbah z nosilno konstrukcijo tip beton in razredom poškodovanosti rdeča je potrebna tehnično reševalna enota, v tistih z nosilno konstrukcijo tip opeka pa katerakoli gasilska enota). Sodelujoči so opise vseh svojih nalog (matrika aktivnosti) ter gradivo za izvedbo dobili predhodno, v elektronski obliki na zgoščenki in prek spletne aplikacije *Wuala*, zemljevide pa tudi v tiskani obliki.

Drugi del gradiva je bil nabor domače in tuje literature o načinu izvedbe posameznih vadbenih nalog, ki je vseboval gradivo o: organizaciji in postopkih vodenja ob velikih nesrečah v ZDA, Avstriji, Nemčiji in na Švedskem, vodenju delovnih zemljevidov, določanju prioritet (triaziranje) v skupinah poškodovanih objektov, izvajanju zasilne in začasne namestitve, organizaciji ravnanja z ruševinami in drugimi odpadki, načelni dela z javnostmi, organizaciji in izvajanju evakuacije iz objektov, ocenjevanju potreb po različnih vrstah reševalnih enot in njihovem številu.

Tretji del gradiva je podpiral proces dela sodelujočih in je vseboval različne poročevalske obrazce, navodila in načrte.

Tako obsežna priprava gradiva, vnaprejšnja razdelitev nalog in gradiva za njihovo izvedbo, ki je omogočala pripravo sodelujočih na vajo, ter uporaba spletnih rešitev za dostop do dokumentacije je tudi ena od novosti, ki smo jih uporabili v tej vaji. Kako obsežno pripravljalo delo je bilo opravljeno in kako

bogato gradivo je bilo izdelano za sodelujoče, govorijo podatki, da je bilo skupaj natisnjenih skoraj 5000 zemljevidov velikosti A3, katerih elektronska različica je zasedala skoraj 7 GB ter da je elektronsko gradivo za enega sodelujočega (literatura, baza podatkov, skupaj 108 datotek na zgoščenki) doseglo velikost 97 MB.

## 5 Podmena vaje

Vaja »Potres 2012« je bila pripravljena na podmeni, da je območje osrednje Slovenije 25. septembra 2012, v zgodnjih jutranjih urah, stresel zelo močan potres. Potres z lokalno magnitudo 5,9 je trajal 10 sekund, žarišče potresa pa je bilo 9 kilometrov pod površjem in je dosegel intenziteto VIII. stopnje po EMS potresni lestvici. Da bi vse sodelujoče občine lahko izvajale enake vadbene naloge, ni bilo navedeno žarišče in nadžarišče potresa, temveč je navedena intenziteta veljala za območja vseh sodelujočih občin. Poleg posledic potresa na stavbah, ki so bile navedene v bazi stavb, so bila opredeljena še nekatera druga izhodišča za delo:

- poškodovani so mostovi na državnih in občinskih prometnicah, viadukti na dolenski avtocesti; ponekod je vprašljiva varnost teh objektov, zlasti tistih, grajenih pred letom 1981;
- utrgalo se je več zemeljskih plazov; nekaj zemeljskih plazov kot posledica potresa se je utrgalo tudi na železniško progo med Ljubljano in Zidanim Mostom;
- potres je poškodoval cisterne za kurilno olje, zaradi česar je le to začelo iztekati v podtalnico in bližnje vodotoke; od večjih vodotokov so ogrožene predvsem reke Ljubljanica, Gradaščica, Sora, Kokra, Kamniška Bistrica in Sava;
- telekomunikacije v posameznih delih države ne delujejo;



ARHIV ODDELKA ZA ZAŠČITO, REŠEVANJE IN CIVILNO OBRAMBO MESTNE OBČINE LJUBLJANA

Slika 1: Gradivo za vajo Potres 2012. Na sliki so vidne mape z zemljevidi, zgoščenka z zemljevidi in bazo podatkov ter zgoščenka z literaturo, obrazci in matriko aktivnosti za sodelujoče.

- ponekod je prišlo do hujših poškodb starejših vodov vodovodnega omrežja; kanalizacijske vode in vode iz poškodovanega vodovodnega sistema so poplavile več objektov; v več naseljih je poškodovan kanalizacijski sistem, zato so nekatere ulice onesnažene in poplavljene;
- prekinjena je oskrba z električno energijo;
- ulice v večjih mestih, zlasti v starih mestnih jedrih, so ponekod zaradi ruševin neprevozne in nedostopne ali pa je promet prekinjen ali otežen zaradi predmetov na cesti;
- zaradi nedelovanja semaforjev, ruševin na cestah ter zaradi povečanega prometa je v večjih mestih prometni kaos;
- v več stavbah je poškodovana plinska napeljava, zaradi česar obstaja velika nevarnost eksplozij;
- v večjih mestih, zlasti v starih mestnih jedrih, je na več lokacijah prišlo do požarov na objektih;
- poškodovanih ali poginulih je več domačih živali;
- potresu sledijo številni popotresni sunki;
- razmere dodatno otežuje hladno in deževno vreme.

Drugod po Sloveniji potres ni povzročil posebne gnotne škode, če izvzamemo nastanek manjših lasastih razpok na posameznih starejših objektih. Na teh območjih ni potrebna intervencija sil za zaščito, reševanje in pomoč (Teoretična ... 2012).

## 6 Vadbene naloge

Različne vrste sodelujočih so imele večji del nalog enakih, manjši del nalog pa je bil pripravljen glede na posebnosti posameznega sodelujočega. Pri vsaki nalogi je bil naveden cilj vadbe, katero aktivnost



ARHIV ODDELKA ZA ZAŠČITO, REŠEVANJE IN CIVILNO OBRAMBO MESTNE OBČINE LJUBLJANA

Slika 2: Zemljevid s podatki o posledicah potresa za območje Mestne občine Ljubljana v vaji Potres 2012.

je treba izvesti, način izvedbe aktivnosti, vrsta postopka, pripadajoče gradivo (z aktivno povezavo na vsako datoteko gradiva) in kaj je pričakovan rezultat oziroma izdelek pri posamezni nalogi. Naloge, podatki in gradivo so bili oblikovani tako, da noben nadrejeni organ ni bil odvisen od poslanih podatkov nižje ravni vodenja, temveč je lahko samostojno izdelal vse potrebne analize in predvidene dokumente ter poročila.

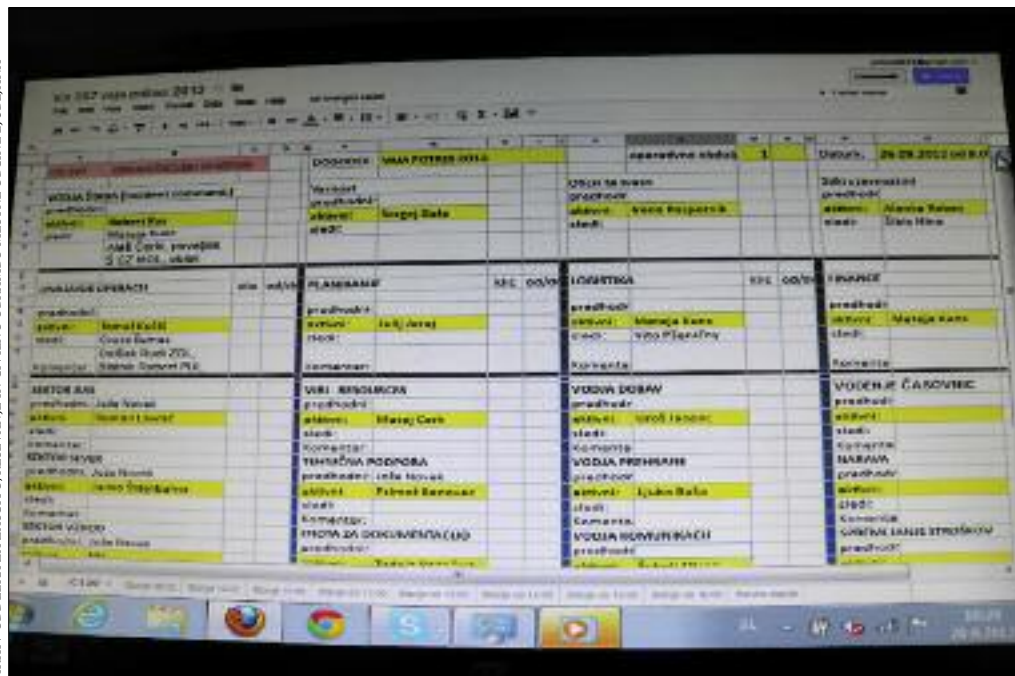
Vsi sodelujoči so morali najprej ugotoviti stanje objekta, v katerem so delovali. Za to so uporabili podatek o poškodovanosti objektov iz prej omenjene baze ali pa so s pomočjo priloženih vprašalnikov sami izvedli oceno poškodovanosti. Če so ugotovili preveliko stopnjo poškodovanosti, so morali za svoje nadaljnje delovanje določiti drug objekt.

Naloga, ki je sledila, je bilo ugotavljanje, koliko članov določenega organa (na primer štaba Civilne zaščite, ministrstva, gasilske enote, javne službe) bi bilo na voljo za delo po potresu. To so ugotavljali tako, da so v bazi poiskali oceno poškodovanosti njihovih bivališč. Temu je sledilo ugotavljanje, koliko objektov in koliko osebja bo po potresu na voljo za delo. Občinska raven je tako ugotavljala, koliko objektov za izvajanje javnih služb v občinski pristojnosti (na primer zdravstveni domovi, vrtci, osnovne šole, gasilska služba, občinska uprava, ravnanje z odpadki in odplakami, preskrba s pitno vodo) in koliko osebja bo po potresu na razpolago. Ministrstva in druge službe so to ugotavljale za svoje področje pristojnosti na območju celotne države.

Sledilo je ugotavljanje, kaj se je na območju pristojnosti zgodilo z vsemi preostalimi stavbami in ljudmi v njih.

Iz teh nalog so sodelujoči dobili vpogled v posledice ter dobili informacijo o lastni sposobnosti za delovanje po potresu.

Naslednji sklop nalog je bil namenjen vaji organizacije reševanja in zagotavljanja osnovnih življenjskih pogojev ter vaji procesov vodenja. Tako so morali sodelujoči izdelati shemo prostorske organizacije povelj-



ARHIV ODDELKA ZA ZAŠČITO, REŠEVANJE IN CIVILNO OBRAMBO MESTNE OBČINE LJUBLJANA

Slika 3: Funkcionalna delitev vodenja v skladu z Incident Command System in kadrovska popolnitev funkcionalnih področij v štabu Civilne zaščite Mestne občine Ljubljana je bila ves čas posodobljena in prikazana na posebnem ekranu pri vhodu v štabne prostore.



niškega mesta, organizacijsko shemo vodenja reševanja, prostorsko organizacijo dela (na primer štaba Civilne zaščite), voditi delovni zemljevid, delovodnike, izdelovati poročila in zaprosila ter odredbe, vse v skladu z izbranim procesom dela.

Zadnji sklop nalog je bil namenjen izvedbi posameznih elementov reševanja in zagotavljanja osnovnih življenjskih pogojev. Tako so morali sodelujoči na občinski ravni: izvesti triažo skupine objektov prek fotografij poškodovanih objektov, izdelati taktično skico reševanja na skupini objektov, določiti mesta začasno odlaganje ruševin, za umik ljudi, začasno namestitvev, ter namestitvev ekip pomoči, izdelati skico prostorske organizacije zasilne namestitve v objektu, izdelati opis ravnanja z ruševinami in drugimi odpadki, izdelati opis mesta za preskrbo z vodo iz hidranta ter določiti število oskrbnih mest. V tem sklopu so se sodelujoči na regijski in državni ravni posvetili vnaprej določenim nalogam upravljanja in vodenja, ki so predvidene z državnim načrtom zaščite in reševanja ob potresu. Za regijske štabe Civilne zaščite v tistih regijah, ki jih potres ni prizadel (vse regije, razen Ljubljanske in Gorenjske), je bilo težišče na zagotavljanju pomoči (ugotavljanje in analiza namestitvenih zmogljivosti, organiziranje dodatnih sil in sredstev za reševalno pomoč prizadetim regijam). Ministrstva so iskala rešitve za nastanitev in oskrbo prizadetega prebivalstva, zagotovitev gradbenih in drugih zmogljivosti za reševanje, zavarovanje prizadetih območij in vzdrževanje javnega reda, zdravstveno oskrbo poškodovanih oseb, sodelovanje s tujimi diplomatsko-konzularnimi predstavništvi in pripravo sporočil za javnost ter zaprosanje za mednarodno pomoč.

## 7 Izvedba vaje

Vaja je bila napovedana in je potekala dva dni, 25. in 26. septembra 2012, v delovnem času. Potekala je na več ravneh hkrati. Prvo raven so tvorili poveljniki, vodje in predstojniki v gasilskih enotah in organizacijah, ki izvajajo občinske in državne javne službe. Na naslednji, občinski ravni, so delovali župani, občinski poveljniki in štabi Civilne zaščite ter predstojniki občinskih upravnih organov. Na regijski ravni so bili v vajo vključeni regijski poveljniki in štabi Civilne zaščite, policijske uprave, bolnišnice, na državni ravni pa poveljnik Civilne zaščite Republike Slovenije s štabom in ministrstva. Vsak sodelujoči je samostojno nadzoroval ritem vadbe in določal, kako natančno želi in zmore izvesti posamezno nalogo. Tudi to je bila ena od novosti vaje. Namen vaje ni bil preverjati, kako posamezniki prenašajo časovni pritisk in stres ter vaditi delo v stresnih pogojih, pač pa vaditi organizacijo, procese dela, preverjati obstoječe rešitve v načrtih zaščite in reševanja ter spoznavati prej manj poznane načine izvajanja nalog prek posredovanega gradiva. Prav tako ni bil namen vaje preizkušati komunikacijo in komunikacijska sredstva. Sodelujoči so prek elektronske pošte svoje izdelke posredovali nadrejenim organom vodenja in operativni skupini za vodenje vaje, ki je prek njih spremljala izvajanje aktivnosti in potek vaje.

## 8 Analiza vaje

Analiza vaje je bila sklepna faza vaje in je bila razdeljena na dve ravni. Neposredno po vaji so sodelujoči prek posebnega vprašalnika izvedli delno analizo vaje, v kateri so izrazili svoja stališča do priprav na vajo, gradiva in izvedbo – organizacijo, dinamiko, doseganje ciljev. Delne analize vaje je Upravi Republike Slovenije za zaščito in reševanje v pisni obliki posredovalo 27 sodelujočih. Njihova stališča so bila pozitivna. Drugo raven je predstavljala sklepna analiza vaje, kjer so bili prisotni predstavniki sodelujočih organizacij, ocenjevalcev in izvajalcev vaje. Strinjali so se, da je izbira oziroma določitev letne tematike (na primer potres, poplave) pozitivna rešitev za angažiranje širše skupnosti na vseh ravneh upravljanja v državi in dobra priložnost za preverjanje pripravljenosti sistema varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami ter odgovornih na področju zaščite, reševanja in pomoči. Menili so, da:

- so teoretične vaje koristne za preverjanje pripravljenosti in usposobljenosti organov vodenja (štabi Civilne zaščite) in javne uprave, a ne smejo biti prepogoste – na primer v obdobju treh let (priprava, izvedba, realizacija predlogov za odpravo pomanjkljivosti),
- so teoretične vaje dobro orodje za preizkušanje operativnih elementov vodenja (proces odločanja, organizacija, podpora) in usposabljanje organov vodenja (štabi Civilne zaščite, delovne skupine), kar zmanjšuje improvizacijo ob nesrečah,
- so pomembne za zavedanje o nevarnostih naravnih in drugih nesreč ter hkratni odgovornosti vodilnih na lokalni in državni ravni in zato ključne za dobro pripravljenost in učinkovit odziv ob nesrečah. Predlagali so, da (Teoretična ... 2012):
- je na področju zaščite, reševanja in pomoči treba urediti sistem vodenja v državi ter izdelati temeljni dokument in/ali postopkovnik,
- je treba v izogib bodoči nezainteresiranosti oziroma nesodelovanju (na primer ravnateljev osnovnih šol ali direktorjev javnih zavodov) izvajati obveščanje vseh potencialnih sodelujočih,
- naj se pripravijo navodila/priporočila/usmeritve v povezavi s problematiko žrtev (patologija, postopki, standardi, hranjenje, pokop),
- naj se nadgradi obstoječo aplikacijo (SPIN) oziroma razvije novo aplikacijo, ki bo ob večji nesreči povezovala organe (odziv), omogočala spremljanje stanja (vključenost vseh prizadetih) in podpirala enoten sistem poročanja (enotni obrazci),
- se na območjih potresne ogroženosti vzpostavi pogoje za vodenje evidence posledic na objektih (enotna kartica s podatki iz obstoječih baz, evidentiranje posledic na objektih in ocenjevanje škode),
- se za občine in regije pripravijo digitalni zemljevidi z možnostjo uporabe podatkov iz obstoječih podatkovnih baz ter izdelata (enotno) navodilo za delo z zemljevidi,



ARHIV ODDELKA ZA ZAŠČITO, REŠEVANJE IN CIVILNO OBRAMBO MESTNE OBČINE LJUBLJANA

Slika 4: Člani funkcionalnega področja »operativa« v štabu Civilne zaščite Mestne občine Ljubljana rešujejo nalogo »triaža skupine objektov«.

- naj se redno zbira in spremlja podatke o dnevni migraciji prebivalstva, kar bo omogočalo izdelavo podrobnejših ocen ogroženosti ob potresu za javne objekte,
- naj se na podlagi ogroženosti sistemsko in načrtno opremlja ter usposablja sile zaščite, reševanja in pomoči ter s skupnimi vajami izboljša koordinacijo med njimi,
- naj se pripravi tipizacijo/model za štabni prostor (operativna soba za delo štaba Civilne zaščite),
- naj se pripravi analiza stanja tehnično-reševalnih enot in izdela predlog za njihovo preoblikovanje,
- je treba izdelati podlago za zagotavljanje dela štabov Civilne zaščite (tudi uporaba tuje literature).

## 9 Sklep

Državna vaja organov vodenja »Potres 2012« je bila pripravljena na rezultatih raziskovalnih projektov, predvsem projekta POTROG – Potresna ogroženost v Sloveniji (Lutman s sodelavci 2013). Po dolgih letih načrtnih raziskovalnih prizadevanj je bilo mogoče oblikovati oceno poškodovanosti po potresu z intenziteto določene stopnje za vsako posamezno stavbo, za katero so bili v Registru nepremičnin na razpolago ustrezni podatki. Ta podatek je snovalcem vaje omogočil uvedbo mnogih novosti. Za vsakega sodelujočega je bilo mogoče pripraviti podatke o ocenjeni poškodovanosti (na zemljevidih in v bazi podatkov) za vsako stavbo na njegovem območju. Na podlagi tega podatka so organi vodenja lahko izvajali niz analiz: ali je stavba, v kateri delujejo, po potresu res na voljo za njihovo delovanje, v kolikšni meri bo moštvo organa vodenja – glede na ocenjeno poškodovanost njihovih domov – na voljo za



Slika 5: Člani funkcionalnega področja »načrtovanje« v štabu Civilne zaščite Mestne občine Ljubljana analizirajo podatke o posledicah in v sodelovanju z drugimi funkcionalnimi področji v štabu, pripravljajo predloge ukrepov za poveljnika Civilne zaščite Mestne občine Ljubljana.

izvajanje nalog, v kolikšni meri bodo za operativno rabo na voljo objekti in moštvo izvajalcev javnih služb iz njihove pristojnosti, koliko prebivalcev bo potrebovaločasno namestitvev in koliko trajno, v koliko stavbah bo potrebno reševanje, koliko enot za reševanje izpod ruševin bo potrebnih in koliko izmed teh mora biti sposobnih reševanja v armiranobetonskih stavbah ter koliko v zidanih. Rezultati teh samostojnih analiz so bili temelj za nove vadbene naloge: vzpostavitev prostorske, funkcionalne in procesne organizacije reševanja in zagotavljanja osnovnih življenjskih pogojev za prizadeto prebivalstvo. Sledile pa so še izvedbene naloge, kjer so sodelujoči izdelovali različne dokumente, poročila, taktične skice. Izvajanje vadbenih nalog je bilo podprto z obširno literaturo in procesnimi obrazci ter podatkovno bazo. Tudi v didaktičnem smislu je vaja prinesla vrsto novosti. Interaktivnost med vadbenimi ravnmi ni bila pomembna, ker so sodelujoči na vseh ravneh razpolagali z enako podatkovno osnovo. To je omogočilo, da je vsak sodelujoči sam izbral dinamiko sodelovanja in poglobljenost izvajanja nalog ter izločil časovni pritisk. Del sodelujočih se je lahko samostojno odločil, ali bo v vaji sodeloval ali ne, in ali bo v vajo vključil še izvajalce iz svoje pristojnosti. S tem je bila dana možnost izbire, ki je do sedaj na tak način nismo uporabljali. S tem je bila deloma izločena težnja po delovanju po liniji najmanjšega odpora ter povečana participativnost in odgovornost. Naloge in gradivo so bili na voljo vnaprej, kar je sodelujočim omogočalo pripravo na vajo. Bogata priložena literatura je omogočala širjenje znanja o problematiki ter prispevala h kritičnemu odnos do obstoječih organizacijskih in procesnih rešitev v načrtih zaščite in reševanja. Ker je bil pri vsaki nalogi podan opis pričakovanega rezultata, ki ga je bilo treba poslati operativni skupini za vodenje vaje, sodelujoči niso mogli biti nedejavni, operativno vodstvo vaje pa je lahko primerjalo dobljene izdelke s pričakovanimi rezultati. S tem je bil ustvarjen predpogoj za kvalitetno, natančno in poglobljeno delo. Večina sodelujočih je pri izvedbi nalog sledila danim usmeritvam in navodilom ter pozornost usmerila v pripravo kvalitetnih izdelkov, ki so, gledano v celoti, izpolnili pričakovanja. Skozi proces izvajanja nalog so pričeli vzpostavljati zavedanje tudi o lastni ranljivosti in ugotavljali pomanjkljivosti v načrtih zaščite in reševanja ter evidencah, poleg tega pa so pričeli pripravljati učinkovitejše rešitve za ukrepanje ob potresu. Tako zastavljena teoretična vaja organov vodenja v okviru državne vaje »Potres 2012« je bila ne le pravi izziv za vse sodelujoče, sprožila je tudi kritičen miselni proces o naši potresni ranljivosti, sposobnosti in pripravljenosti za soočanje s posledicami potresa, kar je prineslo vrsto ugotovitev, ki zahtevajo čim prejšnjo obravnavo.

## 10 Viri in literatura

- Analiza teoretične vaje (številka poročila 843-68/2011-165, z dne 20. 2. 2013). Uprava Republike Slovenije za zaščito in reševanje. Ljubljana, 2012.
- Banovec, P., Cerk, M., Cilenšek, A., Šket Motnikar, B., Zupančič, P., Živčič, M., Godec, M., Cecič, I., Lutman, M., Klemenc, I. 2012: Ocena potresne ogroženosti MOL – zaključno poročilo (številka poročila 631-25/2011-1 (IZV številka 141/11). Agencija Republike Slovenije za okolje, Inštitut za vodarstvo, Zavod za gradbeništvo Slovenije. Ljubljana.
- Banovec, P., Cerk, M., Vidmar, V., Šket Motnikar, B., Lutman, M., Weiss, P., Klemenc, I., Jeraj, J. 2014: Orodja in spletne aplikacije za oceno potresne ogroženosti. (Ne)prilagojeni, Naravne nesreče 3. Ljubljana.
- Lutman, M., Klemenc, I., Zupančič, P., Šket Motnikar, B., Banovec, P., Cerk, M., Jeraj, J. 2014: Strokovne podlage za oceno potresne ogroženosti Mestne občine Ljubljana. (Ne)prilagojeni, Naravne nesreče 3. Ljubljana.
- Lutman, M., Weiss, P., Klemenc, I., Zupančič, P., Šket Motnikar, B., Banovec, P., Cerk, M. 2013: POTROG – Potresna ogroženost v Sloveniji za potrebe Civilne zaščite – zaključno poročilo (številka poročila P 904/610-2). Agencija Republike Slovenije za okolje, Inštitut za vodarstvo, Zavod za gradbeništvo Slovenije. Ljubljana.
- Oktober – mesec požarne varnosti. Uprava Republike Slovenije za zaščito in reševanje. Ljubljana, 2013. Medmrežje: <http://www.sos112.si/slo/page.php?src=sv114.htm> (12. 9. 2013).

Sklep o pripravi in izvedbi vaje »Potres 2012« (številka: 84300-5/2012/5, z dne 7. 6. 2012). Vlada Republike Slovenije. Ljubljana, 2012.

Snoj, L., Repe, B., Jeraj, J. 2014: Geoinformacijska podpora iskanju površin ugodnih za postavitve začasnih bivališč v primeru potresa na območju Mestne občine Ljubljana. (Ne)prilagojeni, Naravne nesreče 3. Ljubljana.

Teoretična vaja »Potres 2012«, gradivo. Uprava Republike Slovenije za zaščito in reševanje. Ljubljana, 2012.

## **PREDSTAVITEV POSAMEZNIH REZULTATOV PROJEKTA MONET**

**Boštjan Tavčar**

*Ministrstvo za obrambo, Uprava Republike Slovenije za zaščito in reševanje, Vojkova cesta 61, SI – 1000 Ljubljana, Slovenija*

*bostjan.tavcar@urszr.si*

### **IZVLEČEK**

#### ***Predstavitev posameznih rezultatov projekta MONET***

*Namen projekta MONET je bil raziskati možnosti uporabe obstoječih komunikacijskih naprav v bodočih zankastih omrežjih. Za »hrbtenico« zankastega omrežja smo izbrali tehnologijo brezžičnih računalniških omrežij WiFi. Naša naloga je bila določiti modele za izračun pokrivanja terena z radijskim signalom. Opravili smo številne meritve na različnih območjih države. Najbolj obetavne rezultate smo dobili v predorih.*

### **KLJUČNE BESEDE**

*MONET, zankasta omrežja, radijske komunikacije, komunikacije v predorih*

### **ABSTRACT**

#### ***Presentation of some results of the project MONET***

*Purpose of the project MONET was to explore the possibility of using existing communication systems in the future mesh networks. For the backbone of the mesh network technology of the wireless networks WiFi was chosen. Our task was to define models for the calculation of the coverage of the terrain with a radio signal. We made a number of measurements in different parts of the country. The most promising results were obtained in the tunnels.*

### **KEY WORDS**

*MONET, mash networks, radio communications, communications in tunnels*

## 1 Uvod

Naravne in druge nesreče v svoji razdiralnosti pogosto poškodujejo tudi sodobne telekomunikacijske sisteme. Najbolj so na udaru javni sistemi fiksne in mobilne telefonije pa tudi profesionalni sistemi radijskih zvez. Ob nesrečah večjih razsežnosti je popravilo poškodovane infrastrukture lahko dolgotrajno. Za reševalne ekipe je najpomembnejše, da imajo ves čas poteka reševalnih akcij zagotovljene kakovostne medsebojne komunikacijske povezave. Te naj bodo kar se da neodvisne od obstoječe zemeljske infrastrukture. Bodoči koncept komunikacijskega omrežja za potrebe reševalnih akcij zato temelji na tako imenovanih zankastih omrežjih, ki se sama vzpostavijo med reševalci na določenem območju.

MONET je ime evropskega projekta, katerega namen je bilo raziskati in praktično preizkusiti mehanizme za optimizacijo in povezovanje zankastih radijskih in satelitskih omrežij v skupno univerzalno komunikacijsko omrežje za potrebe reševalnih akcij. Uprava Republike Slovenije za zaščito in reševanje je v letih od 2010 do 2012 sodelovala v projektu skupaj s petimi partnerji iz različnih evropskih držav. Projekt MONET je bil financiran v 7. okvirnem programu Evropske komisije. Glavni izziv je bil medsebojno povezati različne standardne komunikacijske sisteme v skupno zankasto omrežje ter zagotoviti ustrezen domet radijskih zvez in kakovost storitev. Naša naloga je bila preizkusiti domet radijskih zvez v različnih okoljih in na podlagi izmerjenih rezultatov določiti ustrezen matematični model.

## 2 Zankasta radijska omrežja

V pripravi je standard tretje generacije profesionalnih radijskih zvez, ki bodo temeljila na tehnologiji zankastih omrežij. To so omrežja, ki se samodejno vzpostavijo med uporabniki radijskih terminalov na določenem območju in se prek satelitskih povežejo z drugimi omrežji. Standard je še v nastajanju, zato tehnologija še ni dokončno izbrana. Upoštevajoč spektralno učinkovitost obstoječih primernih tehnologij lahko ocenimo, da bo ta pri sistemih MESA (Projekt MESA 2005) okoli 1,5 Mbit/s/MHz/ce-



Slika 1: Zankasto omrežje.

lico. To pomeni, da lahko pričakujemo prenosne hitrosti do okoli 2 Mbit/s. Seveda bo ta hitrost odvisna od velikosti območja pokrivanja – celice in števila uporabnikov v celici. Tehnologija zankastega omrežja inobčutno večja hitrost prenosa podatkov bo največja prednost omrežij MESA pred dosedanjimi omrežji profesionalnih radijskih zvez. Združila bo dosedanje ločene omrežne in neposredne zveze med radijskimi postajami. Občutno višje hitrosti prenosa podatkov bodo omogočile prenos večjih količin podatkov in predvsem tudi multimedijskih vsebin.

Pri projektu MONET smo za »hrbtenico« zankastega omrežja izbrali tehnologijo brezžičnih računalniških omrežij *WiFi*, ki na omrežni ravni uporablja internetni protokol (IP). Tehnologija vzpostavljanja omrežja in usmerjanja prometa je temeljila na internetnih tehnologijah IPv4 in IPv6 (Tavčar, Podberšič in Banovec Juroš 2012). Za povezovanje z obstoječimi prizemnimi in satelitskimi radijskimi sistemi smo razvili ustrezne vmesnike.

Največja izziva sta bila razvoj učinkovitih algoritmov za samodejno vzpostavljanje omrežja in usmerjanje prometa v omrežju ter izbor modelov za modeliranje pokritosti terena z radijskim signalom. Za določitev slednjih je bilo treba opraviti številne meritve na različnih območjih. Z analizo izmerjenih rezultatov smo določili ključne parametre modelov tako, da so se izračunani rezultati kar najbolje ujemali z izmerjenimi.

### 3 Meritve na podeželju

V splošnem lahko razširjanje radijskega signala opišemo z analitičnim modelom slabljenja signala z razdaljo (ang. *Log-distance path loss*; Tavčar, Podberšič in Švab Tavčar 2013):

$$P(d) = P_0(d_0) - N \cdot 10 \cdot \log\left(\frac{d}{d_0}\right) - X_\sigma \quad (1)$$

- $P(d)$  slabljenje na razdalji  $d$
- $P_0(d_0)$  slabljenje na referenčni razdalji  $d_0$
- $N$  eksponent naraščanja izgub z razdaljo
- $d$  razdalja
- $d_0$  referenčna razdalja
- $X_\sigma$  zvezna slučajna spremenljivka Gaussove gostote verjetnosti

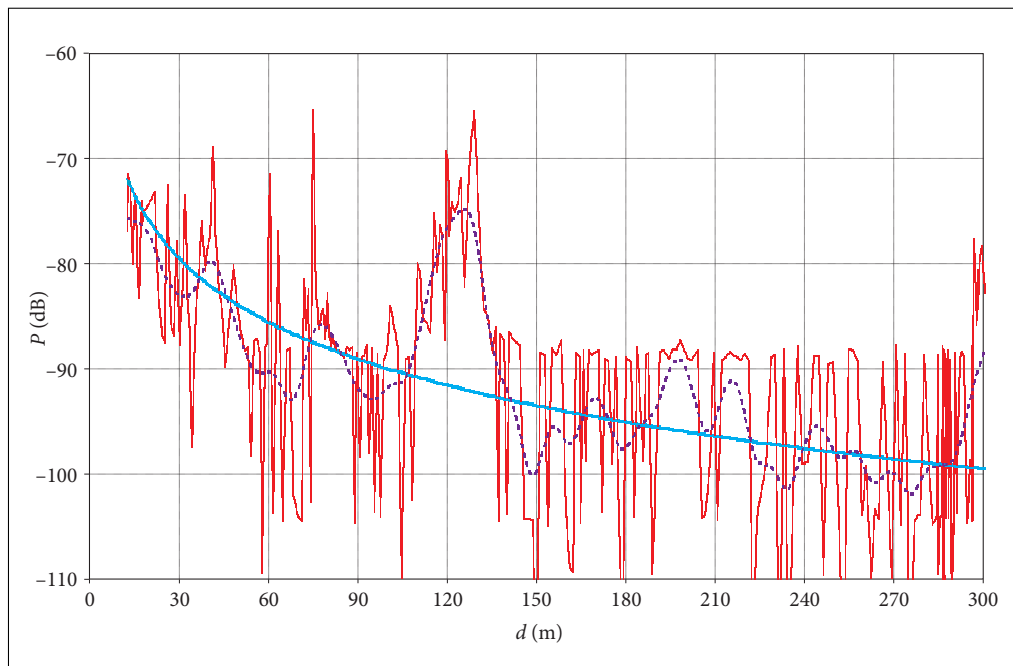
Faktorja  $N$  in  $X_\sigma$ , ki predstavljata padanje jakosti radijskega signala z razdaljo in presih, je bilo treba določiti s pomočjo meritev radijskega signala na terenu. V ta namen smo izdelali poseben računalniški program, ki je sproti zbiral izmerjene rezultate in izločal merilne napake.

Na sliki 2 so izmerjene vrednosti signala označene z rdečo, izračunane pa z modro. Na sliki je vidno nihanje izmerjenega signala okoli srednje vrednosti, kar je posledica hitrega in počasnega presiha. Hitri presih, ki je posledica senčenja radijskega signala na njegovi poti, smo modelirali z logaritemsko normalno statistično porazdelitvijo vzorcev signala, ki se je izkazala za točnejšo od običajno uporabljene Rayleighjeve porazdelitve (Tavčar, Podberšič in Švab Tavčar 2013).

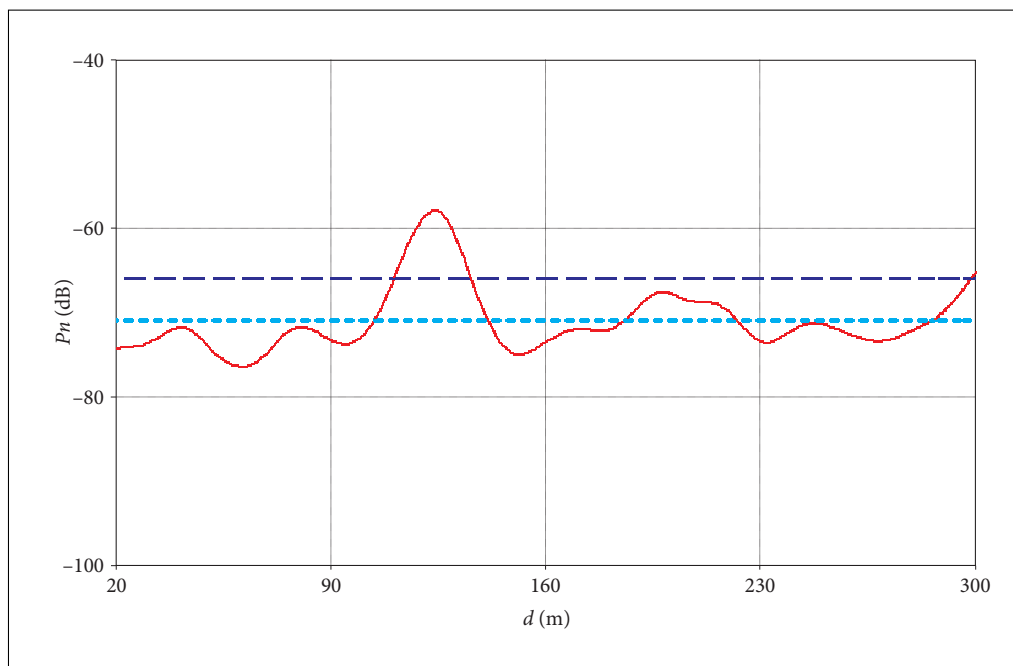
$$CDF_n(r) = \frac{1}{2} \left( 1 + \operatorname{erf} \left( \frac{r - \mu}{\sigma_n \cdot \sqrt{2}} \right) \right) \cdot 100 \quad (\%)$$

- $CDF_n(r)$  zbirna gostota verjetnosti jakosti signala
- $r$  izbrana jakost signala
- $\mu$  jakost signala v mediani
- $\sigma_n$  standardna deviacija





Slika 2: Primerjava izmerjenih in izračunanih vrednosti radijskega signala na podeželju.



Slika 3: Pribitek signala zaradi počasnega presiha – razlika med pikčasto in črtkano črto.

Iz zbirne funkcije verjetnosti izračunamo potreben pribitek signala tako, da je verjetnost, da bo signal zaradi počasnega presiha na robu območja pokritega r radijskim signalom padel pod zadovoljivo vrednost, manjša ali enaka 10 % (slika 3).

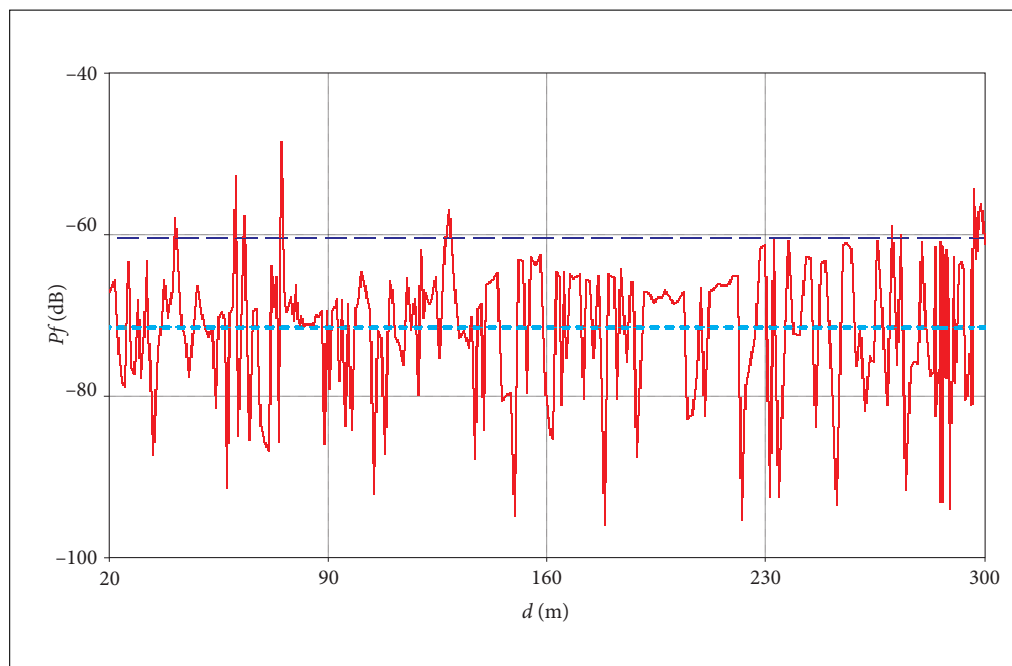
Isti model se je pokazal kot najprimernejši tudi za izračun potrebnega pribitka signala zaradi hitrega presiha (slika 4).

Verjetnost pokritosti celotnega območja z radijskim signalom smo izračunali iz izbranega modela razširjanja radijskega signala in modela presiha (Tavčar, Podberšič in Švab Tavčar 2013):

$$F_u = \frac{1}{2} \left[ 1 - \operatorname{erf}\left(\frac{r}{\sigma \cdot \sqrt{2}}\right) + e^{-\left(\frac{1-2ad}{b^2}\right)} \cdot \left( 1 - \operatorname{erf}\left(\frac{1-\sigma \cdot b}{b}\right) \right) \right]$$

$$a = \frac{r - \mu}{\sigma \cdot \sqrt{2}}, \quad b = \frac{10 \cdot N \cdot \log(e)}{\sigma \cdot \sqrt{2}}$$

- $F_u$  zbirna gostota verjetnosti jakosti signala na območju
- $r$  izbrana jakost signala
- $\mu$  jakost signala v mediani
- $\sigma$  standardna deviacija
- $N$  eksponent naraščanja izgub z razdaljo



Slika 4: Pribitek signala zaradi hitrega presiha – razlika med pikčasto in črtno črto.

V preglednici 1 so prikazane meritve in izračunane vrednosti radijskega signala za tipično podeželsko okolje. Ob uporabi standardne WiFi opreme lahko pričakujemo domet okoli 140 m.

Preglednica 1: Rezultati meritev in izračunov radijskega signala na podeželju.

---

**izgube:**

---

$N_x = 2$	eksponent naraščanja izgub z razdaljo (/)
$X_\sigma = 10$	zvezna slučajna spremenljivka Gausove gostote verjetnosti (dB)
$d_0 = 20$	referenčna razdalja (m)
$P_0(d_0) = -46,065$	jakost signala na referenčni razdalji (dBm)
$P_s = -71,606$	srednja moč signala (dBm)
$RMSE^2 = 9,86$	kvadrat srednje vrednosti napake (/)

---

**hitri presih – Log-normalna porazdelitev:**

$\sigma_n = 8,541$	deviacija (dB)
$\Delta P = 10,95$	meja presiha (dB)
$V = 90$	verjetnost pokritosti roba območja (%)
$P_{n,h}(\mu + \Delta P) = 90,009$	izračunana verjetnost pokritosti roba območja (%)
$F_u(x_0, N_x) = 94,998$	izračunana verjetnost pokritosti območja (%)

---

**počasni presih – Log-normalna porazdelitev:**

$\sigma_{n,p} = 3,805$	deviacija (dB)
$\Delta P_p = 4,88$	meja presiha (dB)
$V_p = 90$	verjetnost pokritosti roba območja (%)
$P_{n,p}(\mu_p + \Delta P_p) = 90,017$	izračunana verjetnost pokritosti roba območja (%)

---

**domet radijske zveze:**

$P_i := 20$	moč oddajnika (dBm)
$P_{sp} = -85$	zahtevana moč signala na vhodu sprejemnika (dB)
domet ( $P_{sp}$ ) = 140,727	domet radijskega signala (m)

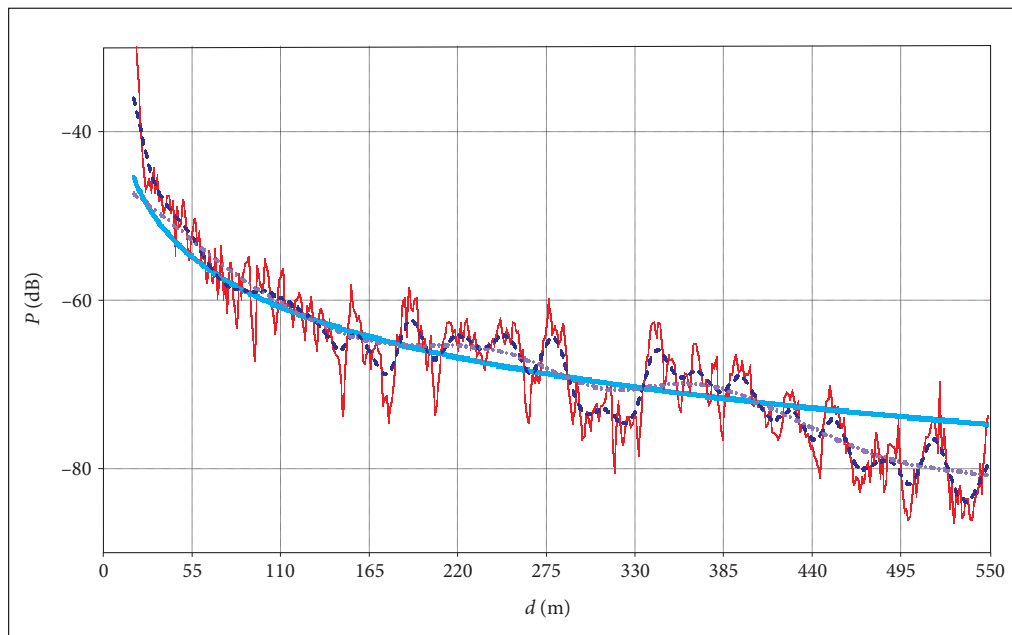
---

## 4 Meritve v predoru Valeta pri Strunjanu

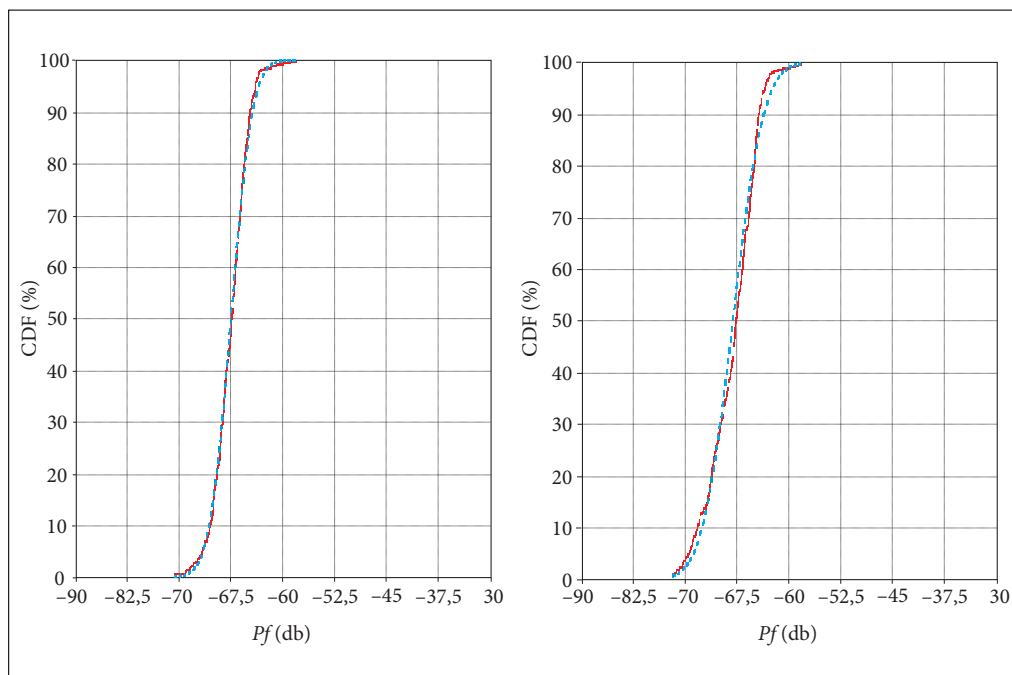
Za meritve v predorih smo se odločili po ohrabrujočih rezultatih simulacij razširjanja radijskega signala. Te smo opravili že leta 2006, v sodelovanju z Inštitutom Jožef Stefan v okviru projekta CRP raziskovalna naloga M2-0026 – profesionalni sistem mobilnih komunikacij za MORS (Javornik in Horvat 2010), da bi ocenili možnost uporabe neposrednih komunikacij med reševalci s klasičnimi radijskimi postajami v primeru odpovedi predorskega radia. Predori so se izkazali kot zelo ugodni za razširjanje radijskega signala, saj se predvsem pri višjih frekvencah obnašajo kot valovodi. Na sliki 5 se vidijo periodična nihanja signala, ki so posledica valovodnega učinka. Ta bi bil izrazitejši, če bi bile stene predora obložene s kovinsko armirno mrežo, kot je to primer v večini drugih cestnih predorov (Tavčar 2007).

Izračunana srednja vrednost moči radijskega signala se dobro ujema z meritvami.

Izmerjene vrednosti počasnega in hitrega presiha se skoraj popolnoma ujemajo z izračunanimi, kar potrjuje pravilnost izbire logaritemsko normalne statistične porazdelitve vzorcev signala (slika 6).



Slika 5: Primerjava izmerjenih in izračunanih vrednosti radijskega signala v predoru Valeta.



Slika 6: Izmerjeni in izračunani statistični porazdelitvi počasnega in hitrega presiha.

V preglednici 2 so prikazane meritve in izračunane vrednosti radijskega signala za predor Valeta. Ob uporabi standardne WiFi opreme lahko pričakujemo doomet okoli 760 m.

*Preglednica 2: Rezultati meritev in izračunov radijskega signala v predoru Valeta.*

**izgube:**

$N_x = 2$	eksponent naraščanja izgub z razdaljo ( $l$ )
$X_\sigma = 0$	zvezna slučajna spremenljivka Gausove gostote verjetnosti (dB)
$d_0 = 20$	referenčna razdalja (m)
$P_0(d_0) = -46,065$	jakost signala na referenčni razdalji (dBm)
$P_s = -67,667$	srednja moč signala (dBm)

**hitri presih – Log-normalna porazdelitev:**

$\sigma_n = 2,45$	deviacija (dB)
$\Delta P = 3,14$	meja presiha (dB)
$V = 90$	verjetnost pokritosti roba območja (%)
$P_{n,h}(\mu + \Delta P) = 90,001$	izračunana verjetnost pokritosti roba območja (%)
$F_u(x_0, N_x) = 97,845$	izračunana verjetnost pokritosti območja (%)

**počasni presih – Log-normalna porazdelitev:**

$\sigma_{n,p} = 3,476$	deviacija (dB)
$\Delta P_p = 4,46$	meja presiha (dB)
$V_p = 90$	verjetnost pokritosti roba območja (%)
$P_{n,p}(\mu_p + \Delta P_p) = 90,027$	izračunana verjetnost pokritosti roba območja (%)

**doomet radijske zveze:**

$P_t := 20$	moč oddajnika (dBm)
$P_{sp} = -75$	zahtevana moč signala na vhodu sprejemnika (dB)
doomet ( $P_{sp}$ ) = 763,177	doomet radijskega signala (m)

Podatke in izkušnje pridobljene pri meritvah in simulaciji radijskih komunikacij v predorih smo uporabili na vajah Ljubelj 2012 in Karavanke 2013 za neposredni prenos slike iz predorov.



Slika 7: Montaža opreme v predoru Ljubelj.



Slika 8: Prenos slike iz predora Karavanke.

## 5 Sklep

Meritve in rezultati simulacij razširjanja radijskega signala na različnih območjih so pokazali, da z opremo brezžičnih računalniških omrežij *WiFi* ni mogoče doseči zelenih rezultatov. Doseg radijske zveze je premajhen za uspešno organizacijo zvez na terenu. Izjema so zveze v predorih, kjer je s profesionalno opremo mogoče zagotoviti neodvisen prenos podatkov in slike iz predora na razdaljah tudi do 5 km.

## 6 Viri in literatura

- Tavčar, B., Podberšič, M., Banovec Juroš, K. 2012: Radio Coverage Measurement and Models – MONET report. Ljubljana
- Tavčar, B., Podberšič, M., Švab Tavčar, A. 2013: Gradniki telekomunikacijskih sistemov 1. Ljubljana.
- Tavčar, B. 2007: Organizacija radijskih zvez v predorih. Ujma 21. Ljubljana.
- Javornik, T., Horvat, A. 2008: CRP Znanje za varnost in mir 2006–2010 – Načrtovanje sodobnega digitalnega sistema TETRA za MORS. Ljubljana.
- Project MESA 2005: Service specification group – services and applications, Medmrežje: <http://www.projectmesa.org/> (15. 10. 2013).



### **Geografski inštitut Antona Melika ZRC SAZU**

Naslov: Gosposka ulica 13, 1000 Ljubljana, Slovenija

E-pošta: [gi@zrc-sazu.si](mailto:gi@zrc-sazu.si)

Medmrežje: <http://giam.zrc-sazu.si>

Inštitut je leta 1946 ustanovila Slovenska akademija znanosti in umetnosti in ga leta 1976 poimenovala po akademiku dr. Antonu Meliku (1890–1966). Od leta 1981 je sestavni del Znanstvenoraziskovalnega centra Slovenske akademije znanosti in umetnosti. Leta 2002 sta se inštitutu priključila Inštitut za geografijo, ki je bil ustanovljen leta 1962, in Zemljepisni muzej Slovenije, ustanovljen leta 1946. Ima oddelke za fizično geografijo, humano geografijo, regionalno geografijo, naravne nesreče, varstvo okolja, geografski informacijski sistem in tematsko kartografijo, zemljepisno knjižnico ter zemljepisni muzej. V njem je sedež Komisije za standardizacijo zemljepisnih imen Vlade Republike Slovenije.

Njegovi raziskovalci se ukvarjajo predvsem z geografskimi raziskavami Slovenije in njenih pokrajin ter pripravo temeljnih geografskih knjig o Sloveniji. Sodelujejo pri številnih domačih in mednarodnih projektih, organizirajo znanstvena srečanja, izobražujejo mlade raziskovalce, izmenjujejo znanstvene obiske. Inštitut izdaja znanstveno revijo *Acta geographica Slovenica*/Geografski zbornik ter znanstveni knjižni zbirki Geografija Slovenije in Georitem. V sodih letih izdaja knjižno zbirko GIS v Sloveniji, v lihih letih knjižno zbirko Regionalni razvoj, vsako tretje leto pa knjižno zbirko Naravne nesreče.



Uprava Republike Slovenije za zaščito in reševanje opravlja zlasti naslednje upravne in strokovne naloge varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami:

- izdeluje predloge raziskovalnih in razvojnih projektov varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami;
- izdelava predlog nacionalnega programa in načrta varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami;
- skrbi za organiziranje in delovanje sistema opazovanja, obveščanja in alarmiranja;
- skrbi za načrtovanje, izgradnjo, delovanje in vzdrževanje enotnega informacijsko komunikacijskega sistema na področju varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami ter določa tehnične pogoje za vključevanje drugih sistemov v ta sistem;
- izdeluje ocene ogroženosti in druge strokovne podlage za načrtovanje zaščite, reševanja in pomoči ter usmerja in usklajuje ukrepe za preprečevanje ter zmanjševanje posledic naravnih in drugih nesreč v sodelovanju z drugimi ministrstvi;
- spremlja in razglša nevarnost naravnih in drugih nesreč ter daje napotke za ravnanje;
- izdeluje državne načrte zaščite in reševanja v sodelovanju z ministrstvi in vladnimi službami;
- organizira, opremlja in usposablja državne enote in službe Civilne zaščite ter druge sile za zaščito, reševanje in pomoč ter zagotavlja pogoje za delo poveljnika, Štaba Civilne zaščite Republike Slovenije ter državne in regijske komisije za oceno škode;
- spremlja in usklajuje organiziranje Civilne zaščite ter drugih sil za zaščito, reševanje in pomoč;
- pripravlja programe in organizira ter izvaja izobraževanje in usposabljanje za zaščito, reševanje in pomoč;
- skrbi za tipizacijo sredstev za zaščito, reševanje in pomoč;
- oblikuje in vzdržuje državne rezerve materialnih sredstev za primer naravnih in drugih nesreč;
- skrbi za usklajen razvoj sil za zaščito, reševanje in pomoč na območju države.



**ŽIVLJENJA REŠUJEMO SKUPAJ**

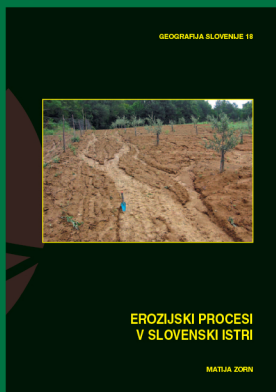
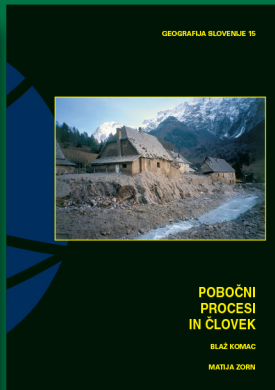
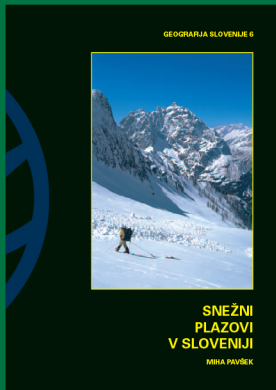
[www.urszr.si](http://www.urszr.si)

[www.sos112.si](http://www.sos112.si)





# GEOGRAFSKI INŠTITUT ANTONA MELIKA ZRC SAZU IN ZALOŽBA ZRC PREDSTAVLJATA



*Sedež založbe/poštni naslov:*  
Založba ZRC, Novi trg 2, p. p. 306,  
1001 Ljubljana  
Tel.: 01/470 64 74  
Faks: 01/425 77 94  
*E-pošta:* založba@zrc-sazu.si  
*Spletna stran:* <http://založba.zrc-sazu.si>

*Prodaja:*  
Gosposka ulica 13/II, Ljubljana  
Tel.: 01/470 64 64  
Faks: 01/425 77 94  
GSM: 040 641 705

*Sedež Geografskega inštituta  
Antona Melika ZRC SAZU:*  
GIAM ZRC SAZU,  
Gosposka ulica 13, 1001 Ljubljana  
Tel.: 01/470 63 50  
Faks: 01/425 77 93  
*E-pošta:* gi@zrc-sazu.si  
*Spletna stran:* <http://giam2.zrc-sazu.si/>

*Oddelek za naravne nesreče:*  
*Spletna stran:* <http://giam.zrc-sazu.si/onn>

