

# OCENA PRIČAKOVANE ŠKODE PRI POPLAVAH Z UPORABO METODE KRPAN

## THE ASSESSMENT OF EXPECTED DAMAGE CAUSED BY FLOODS – THE USE OF THE KRPAN METHOD

### **Klaudija Sapač**

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Jamova cesta 2, Ljubljana, klaudija.sapac@fgg.uni-lj.si

### **Katarina Zabret**

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Jamova cesta 2, Ljubljana, katarina.zabret@fgg.uni-lj.si

### **Andrej Vidmar**

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Jamova cesta 2, Ljubljana, andrej.vidmar@fgg.uni-lj.si

### **Petra Pergar**

Ljubljanski urbanistični zavod d. d., Verovškova ulica 64, Ljubljana, petra.pergar@luz.si

### **Andrej Kryžanowski**

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Jamova cesta 2, Ljubljana, andrej.kryzanowski@fgg.uni-lj.si

#### Povzetek

V prispevku je na dveh testnih primerih predstavljena uporaba dopolnitve metode za oceno koristi gradbenih in negradbenih ukrepov za zmanjšanje poplavne ogroženosti. Metoda je vključena v uporabniku prijazno računalniško aplikacijo KRPAN, razvito v okviru ciljnega raziskovalnega projekta. Uporaba aplikacije ne zahteva posebnega računalniškega znanja prostorskih analiz v okolju GIS in hkrati omogoča razmeroma hitre izračune pričakovanih letnih škod. Aplikacija pomeni pomoč tako projektantom protipoplavnih ukrepov kot tudi pripravljavcem investicijske dokumentacije. Rezultati in ekonomsko-finančne primerjave variantnih rešitev so v podporo odločevalcem glede ekonomske izvedljivosti načrtovanih ukrepov zmanjševanja poplavne ogroženosti in pri utemeljitvah projektov. Izračune pričakovane letne škode smo na testnih območjih porečij Gradaščice in Dravinje opravili za stanje pred izvedbo predlaganih protipoplavnih ukrepov ter po njej. Testni primeri so pokazali ustreznost nadgrajene metode z zahtevami naročnika. Pri tem velja poudariti dejstvo, da so osnovna kot tudi nadgrajena metoda in računalniška aplikacija razvite za uporabo v vsej Sloveniji, zato so nekateri vhodni podatki posplošeni. Izpis podrobnega rezultata po posameznih oškodovancih v preglednici omogoča preproste nadaljnje analize, na podlagi katerih je mogoče dodatno pojasniti in/ali upravičiti pomembnost ukrepa za razvoj ter varnost obravnavanega območja.

#### Abstract

In this paper, the application of the unified method of estimation of benefits of constructional and non-constructional measures for flood risk reduction is presented in two case studies. The method is included in the KRPAN application which was developed within the scope of the project. The program is user-friendly, since it does not require any special computer knowledge, and the calculation procedure of the expected damages is relatively fast. The aims of the KRPAN application are to help designers and those preparing investment documentation, and to support decision-makers on the feasibility of planned flood risk mitigation measures in the economic and financial justification of projects. The expected annual damages were calculated for sections of the Gradaščica and Dravinja river catchments. In each case study, the calculations were made for the situation before and after the implementation of flood protection measures. The calculations confirmed that the updated method is in accordance with the requirements of the contracting authority. However, it should be emphasized that the basic and upgraded method, as well as the computer program, were developed for the whole territory of Slovenia, so some of the input data had to be generalized. Nevertheless, the output of the detailed results in a spreadsheet allows more detailed analyses, on the basis of which it is possible to further clarify and/or justify the importance of the measure for the development and flood risk reduction of the area.

## Uvod

Naravne nesreče, povezane z vodo, v svetovnem merilu predstavljajo kar 90 odstotkov vseh naravnih nesreč. Po podatkih Urada ZN za zmanjšanje tveganja nesreč so poplave v obdobju 1995–2015 predstavljale skoraj polovico z vodo povezanih naravnih nesreč, ki so prizadele več kot dve milijardi ljudi, več kot 150.000 jih je izgubilo življenje, škoda pa je bila več kot pol bilijona ameriških dolarjev (UNISDR, 2015). V Sloveniji so v obdobju 2007–2018 poplave povzročile za približno 1,2 milijarde evrov škode, kar pomeni v povprečju približno 100 milijonov evrov na leto. Dodatno je skrb vzbujajoč podatek, da so se v tem obdobju poplave s škodo, višjo od dveh milijonov evrov, zgodile v kar devetih letih, od tega je bila v petih letih škoda precej višja od 100 milijonov evrov (Sapač, 2014; Zorn in Hrvatina, 2015; NZPO, 2017; Vidmar in sodelavci, 2019a).

Leta 2007 je EU sprejela tako imenovano poplavno direktivo (Direktiva 2007/60/ES), katere glavni namen je zmanjšanje škodljivih posledic poplav na zdravje ljudi, okolje, kulturno dediščino in gospodarstvo v vseh državah članicah EU. Določbe poplavne direktive so bile prenesene v slovensko zakonodajo. Med drugim je bila sprejeta Uredba o vsebini in načinu priprave podrobnejšega načrta zmanjševanja ogroženosti pred poplavami (Uradni list RS, št. 7/10), s katero je določena tudi vsebina načrtov zmanjševanja poplavne ogroženosti (NZPO). Po tej uredbi je treba v načrtih zmanjševanja poplavne ogroženosti upoštevati tudi vidike stroškov in koristi ukrepov. Podatki, pridobljeni na podlagi ocenjevanja poplavnih škod, so namreč bistvenega pomena za odločevalce in oblikovalce politik za učinkovito obvladovanje poplavne ogroženosti (Merz in sodelavci, 2010).

Načinov, kako upoštevati stroške in koristi, je več. Inštitut za vode RS je leta 2014 razvil metodo (IzVRS, 2014) za izračun pričakovanih letnih škod pred izvedbo ukrepa in po njej, pri čemer razlika med pričakovanima letnima škodama predstavlja korist ukrepa. Metoda je bila upoštevana pri obravnavi 61 območij pomembnega vpliva poplav (OPVP). Za ta območja je pristojno ministrstvo pripravilo načrt zmanjševanja poplavne ogroženosti za obdobje 2017–2021, ki ga je 27. julija 2017 sprejela Vlada RS. Ocena stroškov predvidenih ukrepov za zmanjševanje poplavne ogroženosti le na območjih pomembnega vpliva poplav v Sloveniji v obdobju 2017–2021 je približno 540 milijonov evrov (NZPO, 2017).

Leta 2017 je Ministrstvo za okolje in prostor izkazalo potrebo po preveritvi ter nadgradnji predlagane metode IzVRS (2014) z vključitvijo novejših razpoložljivih podatkov o popisanih škodah ter z nadgradnjo metode s poudarkom na določanju pričakovane škode na kulturni dediščini in javni infrastrukturi ter upoštevanju negradbenih ukrepov. Drugi del naloge je zahteval razvoj in pripravo računalniške aplikacije, ki bi tudi

uporabnikom brez znanja priprave prostorskih analiz v okolju GIS omogočala izračune pričakovanih letnih škod na podlagi posodobljene metodologije. V prispevku je na dveh praktičnih primerih prikazan primer uporabe razvitega računalniškega orodja za ocenjevanje škod KRPAN in pripravljena sta prikaz ter analiza rezultatov.

## Metode

Pri nadgradnji metodologije in razvoju računalniške aplikacije KRPAN (**K**umulativni **R**ačun **P**oplavnih škod in **A**nalize) so poleg Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani, ki je bila nosilec naloge, sodelovali še Inštitut za prostorski razvoj – razvojna enota Ljubljanskega urbanističnega zavoda d. d., Vodnogospodarsko podjetje Drava Ptuj in Ekonomska fakulteta Univerze v Ljubljani. Delo pri nalogi je temeljilo na šestih izhodiščnih točkah oziroma pogojih:

- metoda za izračun pričakovanih škod mora biti enotno uporabna v vsej Republiki Sloveniji in omogočati prikaz rezultatov po posameznih področjih. Računski parametri so določeni tako, da ne favorizirajo posameznih lokalnih entitet;
- metoda in računalniška aplikacija uporabljata bistvene podatke, ki so prosto dostopni ali so jih pridobila pristojna ministrstva. Uporaba vseh podatkov mora biti skladna s Splošno uredbo EU o varstvu podatkov, z navodili in zahtevami posredovalcev podatkov;
- izhajajoč iz zahteve varstva podatkov in etičnih pomislekov, v analizo stroškov in koristi ni vključena kategorija zdravja ljudi, kot je bilo prvotno predvideno v metodi IzVRS (2014);
- vrednosti po posameznih gradnikih prostora so večinoma določene na podlagi razpoložljivih podatkov o popisanih škodah v preteklih poplavnih dogodkih, pri čemer so bili upoštevani že analizirani podatki popisanih poplavnih škod in pridobljeni novi podatki neposredno iz sistema AJDA, ki je v pristojnosti Uprave RS za zaščito in reševanje (Jakšič, 2010). Vrednosti za gradnike, ki se ne popisujejo, so določene na podlagi statističnih podatkov ali razpoložljive literature. Del vrednosti je bil povzet po izhodiščnih vrednostih v metodi IzVRS (IzVRS, 2014);
- ocena pričakovane škode je objektivna. Ne glede na to se dopušča možnost individualne analize posameznega primera, če se tako pokaže pomembnost predlaganega protipoplavnega ukrepa za razvoj in varnost območja. Pri tem so tistim, ki so veščiči, da opravijo prostorske analize v okolju GIS, kot rezultat izračuna z aplikacijo KRPAN na voljo tudi prostorske datoteke shp za dodatne analize in prostorske prikaze;
- računalniška aplikacija KRPAN, razvita na podlagi nadgrajene metode, predstavlja skupino podpornih orodij za strokovnjake, ki odločajo o ustreznosti predlaganih protipoplavnih ukrepov v postopkih priprave ekonomskega in finančnega poročila

skladno z Uredbo o enotni metodologiji za pripravo in obravnavo investicijske dokumentacije na področju javnih financ (Uradni list RS, št. 60/06, 54/10 in 27/16).

Pričakovana škoda (PŠ) pri poplavih s povratno dobo pretoka  $Q_T$  na nekem območju se za posamezni gradnik prostora (okolje, stavbe, omrežje gospodarske javne infrastrukture, kot so ceste, elektroenergetsko, kanalizacijsko in vodovodno omrežje ipd.) izračuna po linearni enačbi:

$$PŠ(Q_T) = \text{jakost} \times \text{razsežnost} \times \text{izpostavljenost} \times \text{ranljivost} \times \text{vrednost} \quad (1)$$

Jakost dogodka je opredeljena na primer z globino ali hitrostjo vode ali njunim produktom, razsežnost pa določa obseg, število ali velikost gradnikov na izbranem območju. Izpostavljenost definira verjetnost prisotnosti gradnikov prostora, tako imenovanih ogroženec, vrednost pa ekonomska vrednost gradnikov na izbranem območju, določena na podlagi analiz popisov preteklih škod zaradi poplav ter drugih statističnih podatkov in vrednosti v literaturi (na primer Komac in sodelavci, 2013). Ranljivost je strukturna poškodovanost posameznih gradnikov prostora ob nastopu nevarnega dogodka z določeno jakostjo (IzVRS, 2012).

Skupna pričakovana škoda pri poplavih s povratno dobo pretoka  $Q_T$  je vsota pričakovane škode vseh škodnih elementov. Pričakovana letna škoda (PLŠ) se poenostavljeno izračuna kot površina pod linearnima povezavama, ki poteka skozi tri točke, ki predstavljajo pričakovano škodo za različne povratne dobe pretokov oziroma verjetnost dogodka (slika 1). Izbrane so razmere pri treh pretokih  $Q_{500}$ ,  $Q_{100}$  in  $Q_{10}$ , za katere je v Sloveniji predpisano, da se za njih pripravljajo karte poplavne nevarnosti. Izračun pričakovane letne škode se opravi dvakrat, in sicer prvič za stanje pred izvedbo ukrepa ter drugič za stanje po njegovi izvedbi. Razlika obeh izračunanih pričakovanih letnih škod pomeni korist predlaganega ukrepa.

Aplikacijo KRPAN sestavlja pet modulov, ki se med seboj ločijo po tipu vhodnih podatkov, vrstah ogroženec,

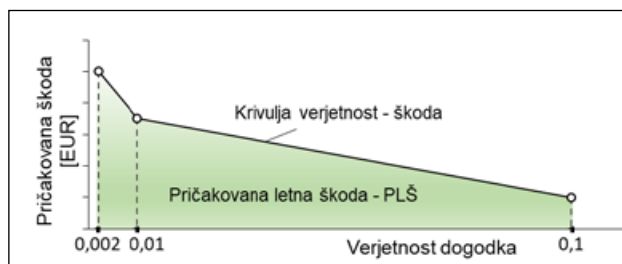
za katere se računajo pričakovane poplavne škode, tj. za linijske grafične elemente (modul KrpaL), točkovne grafične elemente (modul KrpaT) in poligonske grafične elemente (modul KrpaP). Ločena modula se zaradi posebnosti izračuna uporabljata za izračun pričakovane škode na kulturni dediščini (modul KrpaK) in vodotokih (modul KrpaV). Uporabnik lahko za izračun pričakovane škode uporablja zbirni modul, torej vse module hkrati, ali vsakega posebej.

Nadgrajena metoda in aplikacija KRPAN vsebujeta skupaj 74 enačb za izračun pričakovane škode za posamezne vrste ogroženec. Šest enačb se uporablja za izračune pričakovane škode na linijskih elementih (omrežja gospodarske javne infrastrukture, kot so ceste, vodovodno, kanalizacijsko in elektroenergetsko omrežje), 18 za izračune pričakovane škode na poligonih (na primer njive, stanovanjske stavbe, industrijske in poslovne stavbe) in deset za izračune pričakovane škode na točkovnih elementih (na primer centri stanovanjskih, industrijskih in poslovnih stavb). Za izračun škode na vodotokih in kulturni dediščini se uporablja skupaj 40 enačb, izračun pa se opravi na linijskih elementih ali poligonih. Vse enačbe in njihove vrednosti so vključene v aplikacijo ter so na voljo uporabniku.

Aplikacija KRPAN temelji na geografskih informacijskih sistemih (GIS), vsi podatki za izračun (enačba 1), razen razsežnosti poplavljenosti, pa so že vključeni v aplikacijo. Za vnos informacije o razsežnosti in končni izračun pričakovane škode z aplikacijo uporabnik potrebuje podatke o dosegu poplave (na primer integralne karte poplavne nevarnosti – iKPN). Za izračun pričakovane letne škode so potrebne karte z dosegi poplav za (vsaj) tri povratne dobe pretokov, in sicer za stanje pred izvedbo ukrepa ter po njej. Za izračun pričakovane škode lahko uporabnik z uporabo osnovnih orodij GIS izbere oziroma določi poljubno območje v Sloveniji oziroma ustrezno določeno območje pridobi od pripravljavca kart poplavne nevarnosti. Določitev računskega območja, ki je vhodni podatek za aplikacijo, in priprava območja v ustreznem formatu predstavljata prvega od dveh korakov izračuna pričakovane škode zaradi poplav.

Ko uporabnik pripravi območje v ustreznem formatu, kot je opisano v navodilih za uporabo aplikacije (Vidmar in sodelavci, 2019a), sledi izračun pričakovane škode. Pri tem velja poudariti posebnost, da aplikacija na območjih, za katera je znana globina poplavne vode, uporabi tako imenovane škodne krivulje, torej škodo v odvisnosti od višine vode. Na območjih, kjer podatek o globini ni na voljo, aplikacija upošteva izračunano povprečno poplavno škodno globino vode za Slovenijo 0,62 metra. Povprečna škodna globina je bila določena na podlagi škodne krivulje, ki ustreza povprečju izračunane škode na podlagi integralnih kart globin (iKG100) za vso Slovenijo.

Izračun z aplikacijo poteka ločeno za vsak modul posebej, in sicer linije, poligone, točke, elemente kulturne



Slika 1: Shematski prikaz poenostavljenega izračuna pričakovane letne škode  
Figure 1: Schematic representation of the simplified expected annual damage calculation

KRPAN - Izračun PLŠ, verzija 1.7, februar 2019

ULIO | Inštitut za oblikovanje in gradbeništvo | DRAVA | Ministrstvo za prostorski razvoj

Računsko območje: Vpili lokacije! Ocenjeno število ogroženecv: 0 0 1.553

| OGROŽENO   | Škoda_Q100(€)  | Škoda_Q100(€)    | Škoda_Q500(€)     | PLŠ(€)         |
|--|----------------|------------------|-------------------|----------------|
| KULTURNA DEDIŠČINA - Arheološka dediščina                        | 25.530         | 60.746           | 105.263           | 4.546          |
| KULTURNA DEDIŠČINA - Memorialna dediščina                        | 0              | 0                | 13.528            | 54             |
| KULTURNA DEDIŠČINA - Naselbinska dediščina                       | 0              | 0                | 0                 | 0              |
| KULTURNA DEDIŠČINA - Profana stavbna dediščina                   | 0              | 0                | 15.072            | 60             |
| KULTURNA DEDIŠČINA - Sakralna stavbna dediščina                  | 0              | 16.448           | 16.448            | 872            |
| KULTURNA DEDIŠČINA - Sakralno profana stavbna dediščina          | 0              | 0                | 0                 | 0              |
| KULTURNA DEDIŠČINA - Vrtinoharizkturna dediščina                 | 0              | 0                | 0                 | 0              |
| KULTURNA DEDIŠČINA - Kulturna krajina                            | 1              | 11               | 27                | 1              |
| KULTURNA DEDIŠČINA - Zgodovinska krajina                         | 0              | 0                | 0                 | 0              |
| KULTURNA DEDIŠČINA - Ostalo                                      | 0              | 0                | 0                 | 0              |
| INFRASTRUKTURA - Državne ceste                                   | 0              | 0                | 67.211            | 269            |
| INFRASTRUKTURA - Lokalne ceste                                   | 0              | 1.720            | 79.413            | 402            |
| INFRASTRUKTURA - Gozdne ceste                                    | 0              | 0                | 0                 | 0              |
| INFRASTRUKTURA - Elektroenergetsko podzemno omrežje              | 0              | 5.134            | 184.545           | 989            |
| INFRASTRUKTURA - Vodovodno omrežje                               | 3.816          | 13.168           | 112.946           | 1.269          |
| INFRASTRUKTURA - Kanalizacijsko omrežje                          | 0              | 2.123            | 99.410            | 502            |
| KMETIJSTVO - Njiva   | 13.117         | 45.398           | 85.136            | 3.167          |
| KMETIJSTVO - Posevki z njiva                                     | 9.380          | 32.465           | 63.024            | 2.265          |
| KMETIJSTVO - Travniki  | 1.962          | 7.826            | 15.944            | 596            |
| KMETIJSTVO - Posevki, travniki                                   | 6.122          | 24.200           | 49.291            | 1.658          |
| KMETIJSTVO - Gozd  | 1.140          | 2.621            | 6.713             | 207            |
| GRAJENE POVRŠINE - Čiščenje in dekontaminacija                   | 9.199          | 41.578           | 633.943           | 4.987          |
| GRAJENE POVRŠINE - Osebnna vozila                                | 14.004         | 63.291           | 964.957           | 7.591          |
| STAVBE - Konstrukcija, kmetijska oprema in mehanizacija          | 0              | 52.559           | 183.746           | 3.310          |
| STAVBE - Konstrukcija stanovanjske stavbe                        | 4.465          | 22.977           | 6.288.489         | 26.481         |
| STAVBE - Oprema stanovanjske stavbe                              | 2.569          | 13.300           | 3.626.003         | 15.271         |
| STAVBE - Konstrukcija industrijske in poslovne                   | 0              | 67.179           | 1.167.594         | 7.962          |
| STAVBE - Konstrukcija druge stavbe, pomožne                      | 8.096          | 26.764           | 639.420           | 4.233          |
| OKOLJE - Estetska vrednost, biodiverzitet                        | 34.993         | 116.365          | 238.913           | 8.232          |
| PROMET - Osebnna vozila  | 0              | 0                | 987.283           | 3.949          |
| STANOVANJA - Prebivalci nadomestnočasno bivanje                  | 0              | 0                | 933.965           | 3.728          |
| IND. IN POSL. SUBJEKTI - Oprema, stroji in zaloge_mikro družbe   | 0              | 0                | 190.400           | 762            |
| IND. IN POSL. SUBJEKTI - Oprema, stroji in zaloge_majhna družba  | 0              | 0                | 178.000           | 704            |
| IND. IN POSL. SUBJEKTI - Oprema, stroji in zaloge_srednja družba | 0              | 0                | 41.200            | 165            |
| IND. IN POSL. SUBJEKTI - Oprema, stroji in zaloge_velika družba  | 0              | 0                | 0                 | 0              |
| IND. IN POSL. SUBJEKTI - Izpad prihodkov_mikro družba            | 0              | 0                | 47.600            | 190            |
| IND. IN POSL. SUBJEKTI - Izpad prihodkov_majhna družba           | 0              | 0                | 123.200           | 493            |
| IND. IN POSL. SUBJEKTI - Izpad prihodkov_srednja družba          | 0              | 0                | 62.800            | 251            |
| IND. IN POSL. SUBJEKTI - Izpad prihodkov_velika družba           | 0              | 0                | 0                 | 0              |
| VODE - Vodotoki  | 334.888        | 1.644.910        | 5.070.627         | 115.953        |
| <b>Skupno (€)</b>  | <b>469.302</b> | <b>2.260.763</b> | <b>22.291.111</b> | <b>221.059</b> |
| <b>Nepredvidene škode 30% (€)</b>                                | <b>46.930</b>  | <b>226.076</b>   | <b>2.229.111</b>  | <b>22.106</b>  |
| <b>SKUPNA PRIČAKOVANA LETNA ŠKODA (zaokroženo na 000 €)</b>      | <b>516.000</b> | <b>2.487.000</b> | <b>24.520.000</b> | <b>243.000</b> |

Priloga 02P - 12-173 (2) odločena določila agencije za okolje in vodovarstveno agencijo Republike Slovenije v skladu s 17. členom priložnice k 17. členu Zakona o vodah (Uradni list RS, št. 201-18/2018)

Slika 2: Primer izpisa rezultatov pričakovane škode in pričakovane letne škode z aplikacijo KRPAN v MS Excelu  
Figure 2: Output example of expected damage and expected annual damage with KRPAN software in MS Excel

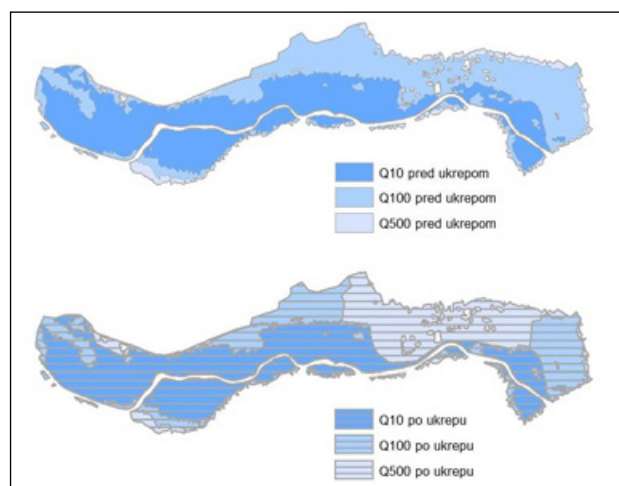
dediščine ter vodotoke. Rezultati izračuna so v preglednici, v kateri je za vsakega obravnavanega ogroženca predstavljena pričakovana škoda. Vrste ogroženecv je 40, v splošnem pa jih lahko združimo v 11 kategorij, in sicer kulturna dediščina, ceste, gospodarska javna infrastruktura, kmetijstvo, stanovanjske stavbe, okolje, osebna vozila, poslovni subjekti, vodotoki, nadomestno bivanje in čiščenje naselij. Kategorija osebna vozila je v izračunu upoštevana dvakrat, pri čemer je v metodi upoštevano, da je polovica vozil na območju pripisana stanovanjskim stavbam, polovica vozil pa razpršeno znotraj urbaniziranih površin. Primer izračuna je prikazan na sliki 2. Več o metodi in uporabi računalniške aplikacije KRPAN lahko bralci najdejo v poročilu projekta Vidmar in sodelavci (2019a) ter prispevku Vidmar in sodelavci (2019b).

V nadaljevanju so predstavljeni primeri uporabe nadgrajene metodologije z aplikacijo KRPAN za dve testni poplavni območji v Sloveniji. Prvo je del porečja Gradaščice in obsega območje ob Gradaščici med Polhovim Gradcem in Šujico (IZVO-R, 2010), drugo pa del porečja Dravinje in obsega naselja Mlače ter Zbelovo (DHD, 2017). Za vsako od teh območij smo opravili dva izračuna, in sicer pred izvedbo ukrepa ter po njej, nato pa smo izračunali razliko med njima, kar pomeni korist

ukrepa. Rezultate smo analizirali glede na skupno spremembo pričakovane letne škode in podrobneje po posameznih škodnih elementih oziroma kategorijah. Za vhodni podatek smo uporabili grafične podatke opravljenih poplavnih študij.

## Primer uporabe

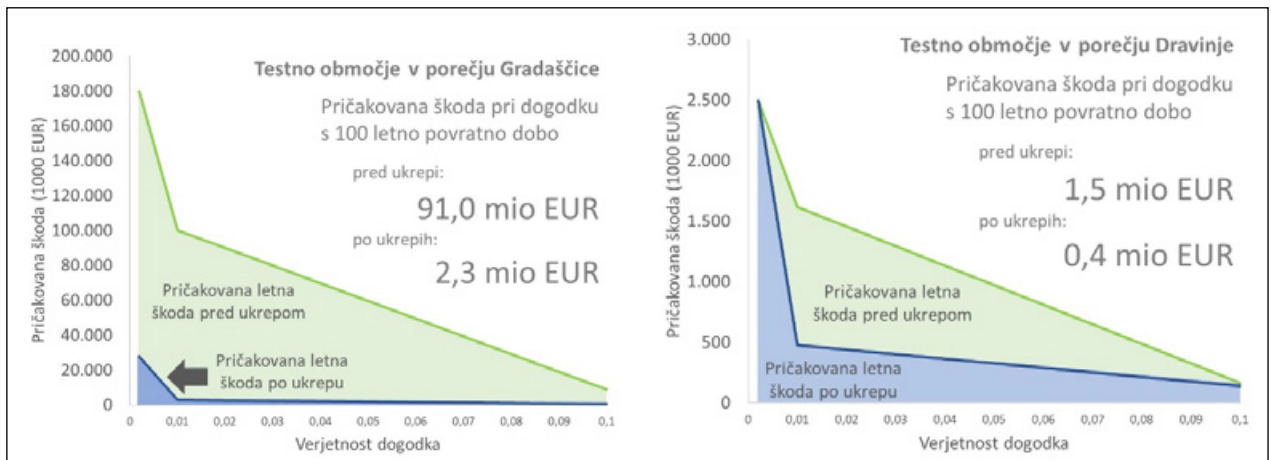
Za izračun pričakovane letne škode na testnih območjih smo uporabili javno objavljene karte z dosegom pretokov  $Q_{10}$ ,  $Q_{100}$  in  $Q_{500}$  za stanje pred izvedbo ukrepa ter po njej (slika 3). Karte smo pripravili skladno z navodili za uporabo aplikacije KRPAN (Vidmar in sodelavci, 2019a), kar obsega ustrezno poimenovanje in obliko zapisa, ter jih shranili v za to pripravljen računski direktorij aplikacije.



Slika 3: Območje dosega poplav za pretoke s povratnimi dobami 10, 100 in 500 let v porečju Dravinje (odsek Dravinje) pred izvedbo ukrepa (zgoraj) ter po njej (spodaj). Struga vodotoka ni obarvana.

Figure 3: The flooded area for discharges with a 10, 100 and 500 year return period in the area of the Dravinja river catchment (Dravinja river section) before (above) and after measure implementation (below). The watercourse is not shown in colour.

Nato je sledil izračun z aplikacijo, ki poteka samodejno s klikom na ustrezno ikono. Tako smo omogočili uporabniku prijazno uporabo, ki ne zahteva posebnega računalniškega znanja. Poleg tega je aplikacija zasnovana kot konzolni program, zaradi česar je računski čas tudi za najbolj kompleksna območja krajši, kot bi bil pri grafičnem uporabniškem vmesniku (na primer Mauro, 2018). Izračun najprej poteka za stanje pred izvedbo predvidenega ukrepa, sledi pa izračun glede na načrtovano stanje predvidenega ukrepa. V obeh primerih si shranimo rezultat iz aplikacije (slika 2) in ga uporabimo za analizo ter interpretacijo rezultatov. Rezultati obeh testnih območij so predstavljeni v nadaljevanju prispevka.



Slika 4: Razlika med pričakovano letno škodo pred izvedbo ukrepov in po njej na območju Gradaščice (levo) in Dravinje (desno)

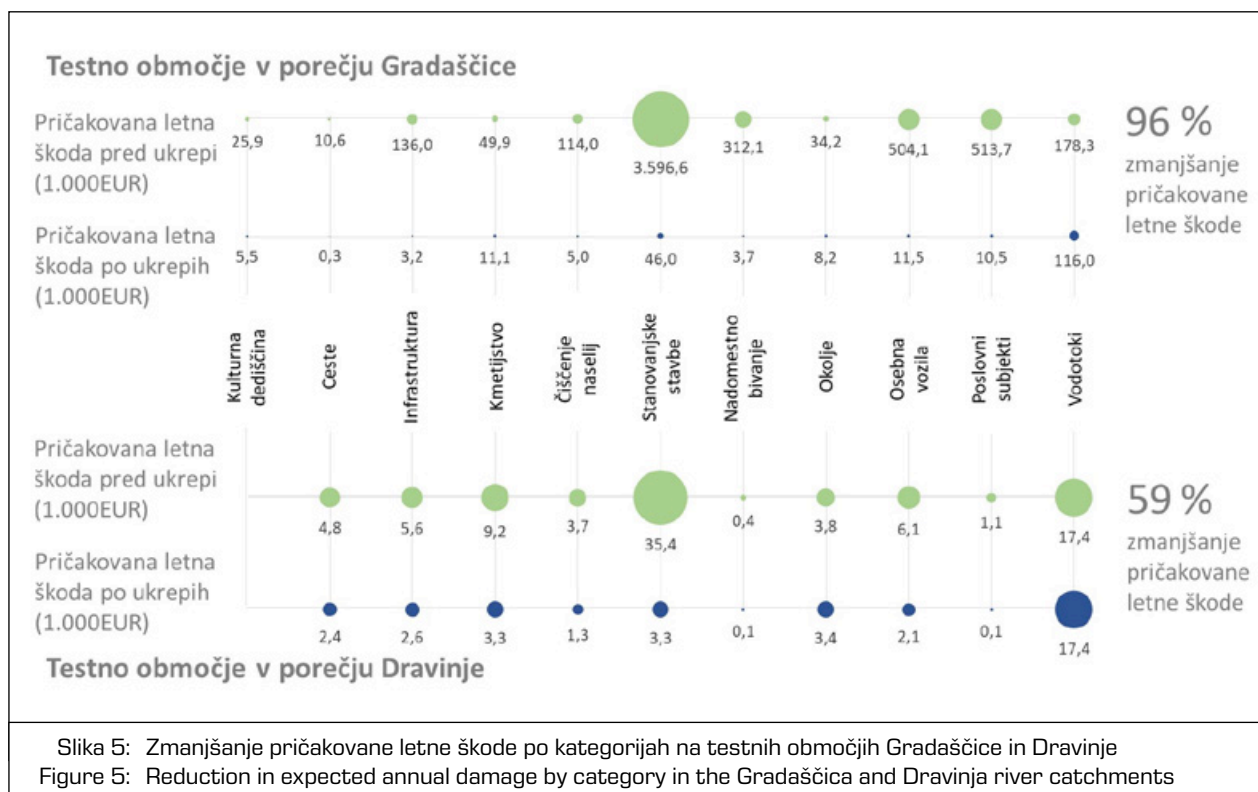
Figure 4: Difference between the expected annual damage before and after the measure implementation in the Gradaščica (left) and Dravinja river catchments (right)

Najprej smo primerjali skupno pričakovano škodo za posamezne dosege poplav s pretoki  $Q_{10}$ ,  $Q_{100}$  in  $Q_{500}$  pred izvedbo ukrepa ter po njej. Skupne zneske pričakovane škode, ki poleg izračunanih pričakovanih škod za škodne elemente upoštevajo tudi desetodstotno odstopanje zneskov zaradi morebitnih nepredvidenih ali neupoštevanih škod, smo prikazali združene na grafu. Točke smo med seboj linearno povezali, območje pod krivuljo pa predstavlja pričakovano letno škodo (slika 4). Pri Gradaščici (slika 4, levo) se je na podlagi zmanjšanja območja poplav zaradi ukrepa, predvidenega in upoštevanega v integralni karti poplavne nevarnosti, škoda pri poplavah s pretokom  $Q_{500}$  zmanjšala s predhodnih 180 milijonov evrov na 27,5 milijona evrov, pri  $Q_{100}$  s 100 milijonov evrov na 2,9 milijona evrov in pri  $Q_{10}$  z devet milijonov evrov na 600.000 evrov. Skupna izračunana pričakovana letna škoda pred ukrepom je znašala dobrih šest milijonov evrov, po izvedbi ukrepa pa bi znašala 280.000 evrov. Pri porečju Dravinje (slika 4, desno) smo pri izračunu za stanje pred izvedbo ukrepa izračunali pričakovano škodo pri pretoku  $Q_{500}$  v višini 2,5 milijona evrov, pri  $Q_{100}$  1,6 milijona evrov in pri  $Q_{10}$  160.000 evrov. Pri Gradaščici smo za vse povratne dobe pretokov zaznali občutno zmanjšanje pričakovane škode, na območju Dravinje pa ob katastrofalnih poplavah  $Q_{500}$  pričakovana škoda po izvedbi ukrepa ostaja enaka kot pred njo. Do zmanjšanja pride pri  $Q_{100}$  in  $Q_{10}$ , pri katerih se pričakovana škoda zmanjša na 470.000 oziroma 140.000 evrov. Izračunana pričakovana letna škoda se pri Dravinji zmanjša s 96.000 evrov na 56.000 evrov, kar pomeni, da je koristi ukrepa 40.000 evrov. Precejšnje zmanjšanje pričakovane letne škode je razvidno pri Gradaščici, pri kateri se ta zmanjša za približno 95 odstotkov, in sicer s šest milijonov evrov na 280.000 evrov. Območji, ki sta na sliki 4 obarvani z zeleno barvo, predstavljata korist ukrepa.

Zakaj pride do tako velikih relativnih razlik pri pričakovani letni škodi med območjema oziroma kateri

škodni elementi predstavljajo najvišji delež škode, smo preverili na podlagi podrobnejše analize rezultatov po ogrožencih oziroma kategorijah, v katere smo uvrstili posamezne ogrožence. V porečju Gradaščice so bile pred izvedbo ukrepa zastopane vse kategorije, v katere so razvrščeni ogroženci, v porečju Dravinje pa ni bilo ogrožencev iz kategorije kulturna dediščina (slika 5). Na območju Gradaščice so k zmanjšanju pričakovane letne škode v deležu od 90 do 100 odstotkov prispevale kategorije ceste, gospodarska javna infrastruktura, stanovanjske stavbe in poslovni subjekti, osebna vozila, nadomestno bivanje ter čiščenje naselij. Pričakovana letna škoda se je najmanj, in sicer za 35 odstotkov, zmanjšala na vodotokih, škoda na kulturni dediščini, kmetijstvu in okolju pa se je zmanjšala za nekaj manj kot 80 odstotkov. Na območju Dravinje je najvišji delež zmanjšanja škode prav tako na stanovanjskih stavbah, poslovnih subjektih in nadomestnem bivanju za več kot 80 odstotkov, pričakovana letna škoda na cestah, gospodarski javni infrastrukturi, kmetijstvu, čiščenju naselij in osebnih vozilih pa se je zmanjšala od 50 do 66 odstotkov. Škoda na okolju se je zmanjšala za dobrih deset odstotkov, pričakovana letna škoda na vodotokih pa je ostala nespremenjena glede na stanje pred izvedbo ukrepa. Med pridobljenimi vhodnimi podatki namreč ni bilo dovolj podatkov za oceno zmanjšanja pričakovane škode na vodotokih, ki se nekoliko razlikuje v primerjavi z drugimi izračuni zaradi posebnih značilnosti, saj je vodotok vedno na poplavnem območju.

Podrobnejša analiza je pokazala, da so na obeh območjih v stanju pred izvedbo ukrepa najvišji delež pričakovane letne škode predstavljale stanovanjske stavbe. Na območju Gradaščice so po velikosti deležev sledile kategorije poslovni subjekti, osebna vozila in nadomestno bivanje (slika 5, zgoraj), na območju Dravinje pa vodotoki in kmetijstvo (slika 5, spodaj). Ukrepov v okviru naloge nismo podrobno proučevali, saj je namen



Slika 5: Zmanjšanje pričakovane letne škode po kategorijah na testnih območjih Gradaščice in Dravinje  
Figure 5: Reduction in expected annual damage by category in the Gradaščica and Dravinja river catchments

metode splošna in enotna uporaba, ukrepi pa so edinstveni ter imajo različne učinke na različnih območjih, zato menimo, da bi bilo v primerih majhnega zmanjšanja škode glede na stanje pred izvedbo ukrepa primerno podrobneje preveriti tudi ukrepe. Če se ukrepi nanašajo na urejanje vodotokov, lahko pričakujemo dodatno zmanjšanje škode tudi v tej kategoriji.

## Sklepne misli

Namen nadgradnje metode za oceno koristi gradbenih in negradbenih ukrepov za zmanjšanje poplavne ogroženosti ter razvoja računalniške aplikacije KRPAN je pomoč projektantom in pripravljavcem investicijske dokumentacije kot podpora pri odločanju o izvedljivosti načrtovanih projektov zmanjševanja poplavne ogroženosti pri ekonomsko-finančnih utemeljitvah ukrepov. Metoda in aplikacija KRPAN sta bili razviti za enotno uporabnost v vsej Sloveniji, kar je zahtevalo posplošitev nekaterih vhodnih podatkov. Posledično je, kot je razvidno tudi iz predstavljenih testnih primerov, pri natančnih analizah treba opraviti še analizo na ravni

posameznih kategorij ogroženosti, saj lahko rezultati natančne analize pomembno vplivajo na izvedljivost naložbe. Glede na izhodiščne podatke in postopek izračunov uporabnost aplikacije ocenjujemo kot dolgoročno. Morebitni predmet sprememb bi lahko bili prostorski podatki, do katerih pa vsaj z vidika novogradenj stanovanjskih in poslovnih stavb, ki najbolj prispevajo k pričakovani letni škodi, ne bi smelo prihajati, saj Zakon o vodah prepoveduje posege v prostor na poplavnih območjih, ki bi imeli ob poplavi škodljiv vpliv na vode, vodna ali priobalna zemljišča ali bi povečali poplavno ogroženost območja. Ne glede na to praksa zadnjih let kaže dopuščanje izjem ob upoštevanju ustreznih protipoplavnih ukrepov.

## Zahvala

Ciljni raziskovalni projekt V2-1733 Razvoj enotne metode za oceno koristi gradbenih in negradbenih ukrepov za zmanjšanje poplavne ogroženosti sta financirala Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS ter Ministrstvo za okolje in prostor.

## Viri in literatura

1. DHD, 2017. Vodnogospodarske ureditve na poplavnem območju Mlače-Zbelovo, Hidrološko hidravlični elaborat, 3766/2017, št. 236, izdelal DHD d. o. o., december 2017, dop. maja 2018, naročnik Občina Slovenske Konjice.
2. Direktiva 2007/60/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 23. oktobra 2007 o oceni in obvladovanju poplavne ogroženosti.
3. IZVO-R, 2010. Izdelava kart poplavne nevarnosti za območje DPN za zagotavljanje poplavne varnosti JZ dela Ljubljane, študija, A71-FR/09, izdelal IZVO-R, d. o. o., 2010, naročnik Ministrstvo za okolje in prostor, Dunajska 48, Ljubljana.
4. IzVRS, 2012. Razvrstitev poplavno ogroženih območij in določitev območij pomembnega vpliva poplav v Sloveniji, maj 2012, Inštitut za vode Republike Slovenije.
5. IzVRS, 2014. Priprava ekonomskih vsebin načrtov zmanjševanja poplavne ogroženosti (Poročilo o realizaciji naloge I/2/3). Inštitut za vode Republike Slovenije.
6. Jakšič, A., 2010. Aplikacija za ocenjevanje škode na kmetijskih pridelkih in stvareh – AJDA. Ujma 24, 292–300.
7. Komac, B., Zorn, M., Kušar, D., 2013. Uporaba evidence vrednosti nepremičnin za ocenjevanje škode zaradi naravnih nesreč v Sloveniji. Ujma 27, 153–158.
8. Mauro, A., 2018. CLI vs. GUI for VMware Admins. StarWind Blog. <https://www.starwindsoftware.com/blog/cli-vs-gui-for-vmware-admins>, 26. 2. 2019.
9. NZPO, 2017. Načrt zmanjševanja poplavne ogroženosti 2017–2021.
10. Sapač, K., 2014. Stroški varstva pred poplavami v Sloveniji. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 89 str.
11. Uredba o vsebini in načinu priprave podrobnejšega načrta zmanjševanja ogroženosti pred poplavami, Uradni list RS, št. 7/10.
12. Uredba o notni metodologiji za pripravo in obravnavo investicijske dokumentacije na področju javnih financ, Uradni list RS, št. 60/06, 54/10 in 27/16.
13. Vidmar, A., Zabret, K., Sapač, K., Bezak, N., Kryžanowski, A., Pergar, P., Klemen, K., Ivanuša, B., Kešeljević, A., Spruk, R., 2019a. Razvoj notne metode za oceno koristi gradbenih in negradbenih ukrepov za zmanjšanje poplavne ogroženosti: končno poročilo ciljnega raziskovalnega projekta V2-1733. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 214 str.
14. Vidmar, A., Zabret, K., Sapač, K., Pergar, P., Kryžanowski, A., 2019b. Aplikacija KRPAN kot podpora za ocenjevanje in primerjavo koristi načrtovanih gradbenih in negradbenih protipoplavnih ukrepov. V: Zbornik referatov, 30. Mišičev vodarski dan 2019, Maribor, 26–31.
15. Zorn, M., Hrvatini, M., 2015. Škoda zaradi naravnih nesreč v Sloveniji med letoma 1991 in 2008. Ujma 29, 135–148.