

# OCENA POPLAVNE ŠKODE NA OBMOČJU MESTA PIRAN ZARADI NARAŠČAJOČE GLADINE MORJA

Mark Bryan Alivio, mag. inž. ok. grad., Univerza v Ljubljani,  
Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo in IHE Delft

izr. prof. dr. Andrej Kryžanowski, univ. dipl. inž. grad., Univerza v Ljubljani,  
Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

viš. pred. dr. Andrej Vidmar, univ. dipl. inž. grad., Univerza v Ljubljani,  
Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

doc. dr. Simon Rusjan, univ. dipl. inž. vod. in kom. inž., Univerza v Ljubljani,  
Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

## Povzetek

V prispevku so predstavljeni rezultati analize vpliva spremenjene pojavnosti poplav morja ob upoštevanju različnih scenarijev dviga srednje gladine morja ter posledičen obseg poplavne škode na območju mesta Piran. Ocena izpostavljenosti prebivalstva in raznih prostorskih elementov znotraj mesta Piran je bila izvedena s prekrivanjem hidrološko povezanih poplavnih površin z različnimi nabori prostorskih podatkov. Obsegi poplavljanja in porazdelitve globine vode na poplavnih območjih so bili uporabljeni kot vhodni podatki v model KR PAN za oceno poplavne škode za različne scenarije dviga srednje gladine morja. Ocene škode so bile izvedene z upoštevanjem različnih povratnih dob poplav morja in nadalje uporabljene za izdelavo verjetnostnih škodnih krivulj. Rezultati študije so pokazali, da se bo pogostost pojavljanja sedanjih ekstremnih poplav morja na slovenski obali drastično povečala za približno faktor 2 na vsakih 10 cm dviga morske gladine. Pričakovana letna škoda (PLŠ) v primeru dviga morske gladine za 30 cm do leta 2100 je ocenjena na 2,4 milijona

EUR/leto, 60-70% škode je vezano na stanovanjske objekte. PLŠ naraste na 10,2 milijona evrov/leto v primeru upoštevanja kritičnih scenarijev dviga morske gladine. **Rezultati jasno kažejo, da bo poplavna škoda na območju mesta Piran zaradi dviga morske gladine vse večja in da se bo lokalna skupnost morala neizbežno soočiti z vse večjimi posledicami naraščajoče gladine morja.**

## Uvod

V svetovnem merilu je zaznano dvigovanje srednje gladine morja (SGM) s pospešeno hitrostjo 5 mm/leto v petletnem obdobju 2014 do 2019 (WMO, 2019), kar je bistveno hitreje od povprečne stopnje 3,2 mm/leto, zabeleženo v obdobju med letoma 1993 in 2010. Posledice dviga morske gladine zaradi podnebnih sprememb se že in se bodo v bližnji prihodnosti še očitneje odražale v naraščajoči pogostosti in intenzivnosti poplav morja s številnimi negativnimi vplivi na socialne, gospodarske in ekološke razmere. Prav tako je pričakovana povečana pogostost ekstremnih poplavnih

dogodkov s povratnimi dobami 100 let ali več, ki se bodo letno ali celo pogosteje pojavljali v obdobju do leta 2100 po scenariju RCP 8.5 (IPCC, 2019). Glede na ugotovitve študije, ki so jo izvedli Vousdoukas in sod. (2020) bi se lahko izognili do 90% gospodarske škode zaradi poplav morja, če se bodo na območju EU izvedli ustrezni ukrepi za prilagajanje rabe obalnih območij z ustrezno protipoplavno zaščito.

Podatki o nivojih gladin morja na slovenski obali iz obdobja 1960-2015 kažejo, da se je srednja gladina morja zviševala s stopnjo 1,7 mm/leto ter da znaša skupen dvig SGM v tem obdobju pribl. 10 cm (Strojan in Robič, 2016). Izrazitejši pozitiven trend naraščanja gladine morja je zaznan od 90. let prejšnjega stoletja in sicer pribl. 5 mm/leto (Ličer, 2019). Podrobnejše projekcije prihodnjega dviga SGM vzdolž slovenske obale zaradi podnebnih sprememb niso na voljo, prav tako pa tudi njihov vpliv do sedaj ni bil podrobneje raziskan. Nekateri avtorji podpirajo razmeroma enoten trend zviševanja gladine morja na območju severnega Jadrana morja (Ličer, 2019; Zanchettin et al., 2020), pričakovani dvig SGM naj bi do leta 2100 znašal vsaj 30 cm (Ličer, 2019). Glede na scenarij RCP4.5 se predvideva, da se bo Jadransko morje dvignilo za 30 do 40 cm, kar bo ob koncu 21. stoletja povečalo pogostost poplavljanja morja vzdolž jadranske obale za faktor 26 do 50 (Strojan in Robič, 2016).

Za Slovenijo je obalno območje izjemno pomembno za delovanje in razvoj številnih gospodarskih dejavnosti, z vidika ohranjanja kulturne in stavbne dediščine ter obstoj in ohranitev naravnih zavarovanih območij. Praktično vse dejavnosti, ki se izvajajo v obalnem pasu se bodo morale neizbežno soočiti s posledicami dvigovanja morske gladine ter pogostejšimi poplavami. Območje, ki je na slovenski obali najbolj izpostavljeno poplavljanju morja, je staro jedro mesta Pirana (Vahar, 2006), ki je zaradi karakteristične umestitve v obalni pas izpostavljeno plimovanju morja ter ostalim vremenskim dejavnikom (npr. močni vetrovi, valovanje), ki povzročajo škodo na javni infrastrukturi in pogosto onemogočajo normalno rabo mestnih površin. Z vidika načrtovanja bodoče rabe prostora ter načrtovanja protipoplavnih ukrepov na območju mesta Piran je nujno opraviti oceno potencialne škode zaradi poplav, ki jo lahko pričakujemo zaradi dviga morske gladine. Pretekli poplavni dogodki ter nekatere redke, že opravljene študije jasno kažejo kritično poplavno ogroženost mesta Piran. Analize pričakovane škode zaradi poplav na območju mesta Piran bodo nudile ključne informacije, ki jih bodo deležniki na različnih ravneh upravljanja (od občinske do državne ravni) potrebovali pri iskanju najprimernejših rešitev za izboljšanje poplavne varnosti.

## Metode

Analiza pojavnosti poplav morja v prihodnosti ter nadaljnja analiza pričakovane letne škode (PLŠ) je bila izvedena ob upoštevanju različnih scenarijev dviga SGM glede na scenarije napovedane s strani IPCC (Preglednica 1). Za vsak scenarij so bile statistično iz vrednotene poplave morja z 2-, 5-, 10-, 100-, 500- in 1000-letno povratno dobo. Kot osnovni vhodni topografski podatek je bil upoštevan uradni digitalni model reliefa Slovenije, izdelan na osnovi uradnega Lidar snemanja. Izvrednoteni nivoji gladine morja za različne kombinacije scenarijev dviga gladine morja ter povratne dobe poplavnih dogodkov so bili uporabljeni v GIS orodju za določitev poplavnih poligonov. Pri tem je bil uporabljen statičen model poplavljanja morja. V nadaljnji analizi PLŠ zaradi poplavljanja morja je bilo upoštevanih 42 kombinacij vhodnih podatkov v programskem orodju **KRPAN (Kumulativni Računi Poplavnih škod in Analize)** (FGG, 2019), ki je bil izdelan v okviru ciljnega raziskovalnega projekta za razvoj enotne metode za oceno koristi gradbenih in negradbenih ukrepov za zmanjšanje poplavne ogroženosti. Orodje KRPAN je bilo v osnovi zasnovan za analizo škode zaradi poplav celinskih voda. Za analizo škode zaradi poplav morja so bile narejene prilagoditve modela z upoštevanjem prilagojenih škodnih krivulj na podlagi priporočil iz različne literature. Na ta način smo zajeli vplive poplavljanja morske vode, ki lahko v posameznih segmentih povzroči večji obseg škode (zaradi vdora soli v konstrukcijo objekta, električne inštalacije, čiščenje urbanih površin itd.).

Scenarij	Upoštevan dvig srednje gladine morja [m]
<b>S1</b>	<b>0.1</b>
<b>S2</b>	<b>0.2</b>
<b>S3</b>	<b>0.3</b>
<b>S4</b>	<b>0.4</b>
<b>S5</b>	<b>0.5</b>
<b>S6</b>	<b>0.84</b>
<b>S7</b>	<b>1.46</b>

Preglednica 1: Upoštevani scenariji dviga srednje gladine morja.

S pridobljenimi poplavnimi poligoni smo prekrili prostorske podatke, vključene v programsko orodje KR PAN, kot: podatke iz katastra stavb, centralnega registra prebivalcev, zbirnega katastra gospodarske javne infrastrukture, poslovnega registra Slovenije, registra kulturne dediščine itd. Rezultat uporabe programskega orodja KR PAN je bila razčlenitev škode za vsako prostorsko entiteto. Glede na specifične lastnosti mesta Piran so bile v analizi poudarjeni predvsem vidiki škode na stanovanjskih nepremičninah, ogroženosti kulturne dediščine, javne gospodarske infrastrukture, gospodarskih dejavnosti ter morebitni stroški čiščenja in ureditve začasnih nastanitev. Ob upoštevanju trapeznega pravila (Olsen et al., 2015) ter verjetnosti nastopa posameznih poplavnih dogodkov je bila izračunana PLŠ zaradi poplav morja na območju mesta Piran za različne scenarije dviga morske gladine.

## Rezultati in razprava

Rezultati statistične analize nivojev gladin morja ob upoštevanju različnih scenarijev dviga SGM kažejo, da bi zvišanja gladine morja bistveno vplivalo na pogostost pojava poplav morja (Preglednica 2). Do sedaj najvišja zabeležena gladina morja 394 cm iz novembra 1969, katere povratna doba je ocenjena na pribl. 200 let, bi se v primeru dviga SGM za 10 cm spremenila v dogodek s povratno dobo pribl. 100 let. Glede na to, da obstaja sorazmerno velika verjetnost dviga gladine morja do leta 2100 za 30 cm (Ličer, 2019), se bo ob takšnem scenariju povratna doba ekstremnega dogodka iz leta 1969 skrajšala na približno 25 let, kar je štirikratno povečanje pogostosti pojavljanja, 5-letni dogodek pa bi z vidika verjetnosti pojavljanja postal vsakoletni dogodek do leta 2100. Znatne spremembe se bodo zgodile tudi v verjetnosti pojava ekstremnih poplavnih dogodkov. Poplava morja s 500-letno povratno dobo se bi ob upoštevanju

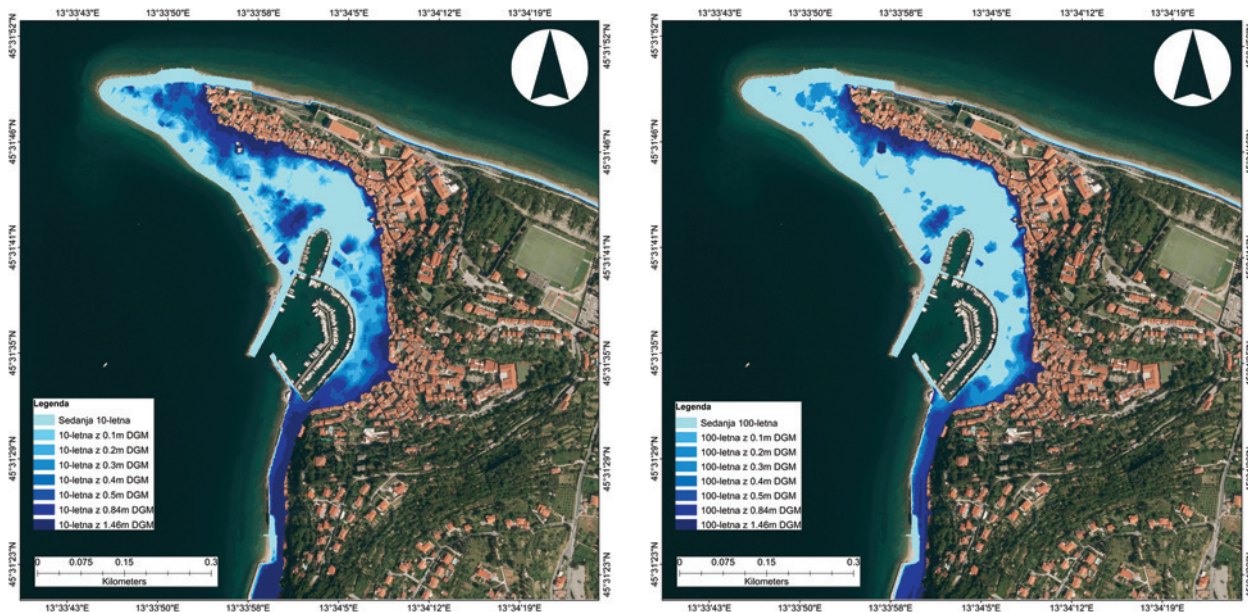
scenarijev dviga morja S1-S5 skrajša na 13-235 let, poplava s 1.000-letno povratno dobo pa na 25-458 let. **Na splošno lahko ugotovimo, da povečanje verjetnosti poplavnih dogodkov morja sledi trendu, pri katerem se 10 cm prirasta v nivoju SGM odrazi v pribl. 50% zmanjšanju povratne dobe dogodka oz. podvojeni verjetnosti pojava poplav morja.**

## Določitev obsega poplavljanja za različne scenarije dviga gladine morja

Vse večja izpostavljenost obalnih območij bo zahtevala dobro opredelitev pričakovane prostorske razsežnosti poplav morja ter podatke o globinah poplavnih voda. Prostorske razsežnost poplav morja, ob upoštevanju poplavnega dogodka z 10- in 100-letno povratno dobo za različne scenarije dviga SGM na območju mesta Piran, so prikazane na Sliki 1. Iz slike 1 je razvidno, da morje izrazito preplavi predvsem nižje ležeče obalna območja, prostorska razsežnost razlivanja poplavnih voda pa je odvisna od upoštevanega scenarija dviga SGM. Razvidno je, da bo naraščajoča pojavnost poplav izrazito ogrozila staro mestno jedro Pirana, kjer je prisotna velika gostota pozidave s spremljajočo urbano infrastrukturo, gospodarskimi dejavnostmi ter objekti kulturne dediščine (Vahtar, 2006). V primeru pojava poplavnih dogodkov s kratkimi povratnimi dobami (npr. 2- do 5-letno), so najnižje ležeča obalna območja že sedaj močno izpostavljena poplavljanju morja. V primeru upoštevanega 10 cm dviga SGM se bo obseg poplavljenih območij, glede na sedanje stanje, povečal za 43% pri 2-letnem dogodku ter 36% pri 5-letnem dogodku, kar bo seveda predstavljalo bistveno povečanje poplavne ogroženosti za številne ostale pomembne urbane elemente mesta Piran.

Povratna doba poplave morja [leta]	Nivo gladine morja [m]	Povratna doba poplave morja [leta]						
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
2	328,00	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
5	343,07	2,5	1,2	<1	<1	<1	<1	<1
10	353,05	5,2	2,5	1,2	<1	<1	<1	<1
100	384,29	49,7	24,1	11,7	5,6	2,7	<1	<1
500	405,73	235,0	113,8	55,1	26,7	12,9	1,1	<1
1.000	414,96	458,4	222,1	107,6	52,1	25,3	2,1	<1

Preglednica 2: Povratne dobe poplavnih dogodkov ob upoštevanju različnih scenarijev dviga SGM na območju slovenske obale.



Slika 1: Prikaz območij poplavljanja morja na območju mesta Piran za primer dogodka z 10- in 100- letno povratno dobo ob upoštevanju različnih scenarijev dviga SGM.

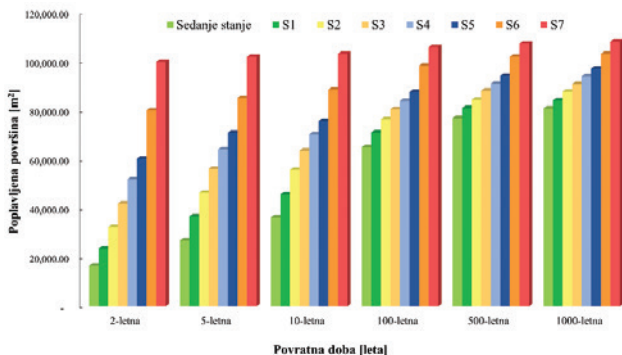
Slika 2 prikazuje naraščanje obsega poplavnih površin glede na upoštevanj scenarij naraščanja SGM, v odvisnosti od povratne dobe poplavnega dogodka. Dinamika povečanja površine poplavljenih območij je najizrazitejša v primeru poplavnih dogodkov z 2-, 5-, 10- letno povratno dobo, kar je pogojeno s specifičnimi topografskimi karakteristikami obravnavanega obalnega območja. Morje seveda najprej preplavi nižje ležeča priobalna območja, v razponu nivojev gladin do pribl. 10- letne povratne se obseg poplavljenih površin poveča za pribl. 9.000 m<sup>2</sup> za vsakih 10 cm dviga morske gladine. V primeru višjih povratnih dob poplav ter nadaljnega zviševanja gladin morja se širitev obsega poplavljenih površin upočasnjuje. Nadaljnje povečanje obsega poplavljenih območij znaša pribl. 4.000 m<sup>2</sup> za vsakih 10 cm dviga morske gladine kar je povezano z izrazitim dvigom nadmorske višine kopnega v neposrednem zaledju nižje ležečega obalnega območja. V primeru 30 cm dvi-

ga SGM do leta 2100 se predvideva, da bodo izredno ekstremni poplavni dogodki povsem poplaveli pribl. 20% obravnavane površine mesta Piran, vsa nižje ležeča območja bodo povsem preplavljena.

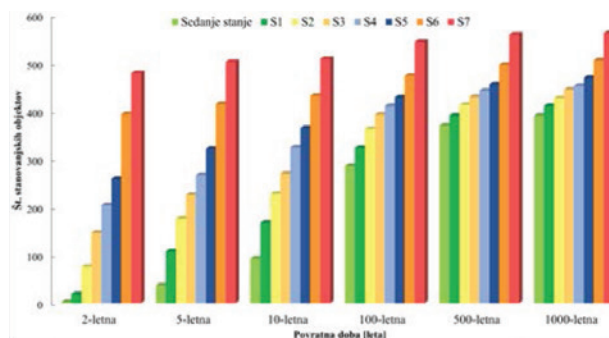
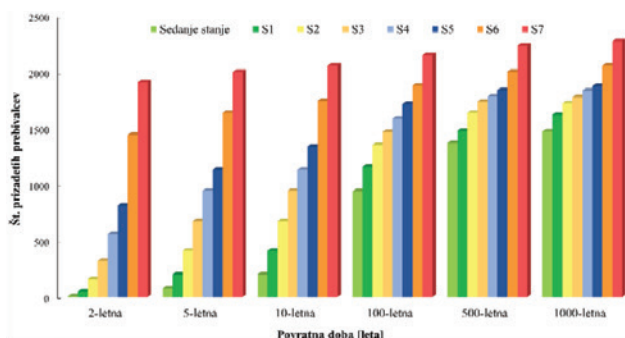
Omeniti velja tudi dejstvo, da majhni poplavni dogodki povratnih dob do pribl. 10 let, ob upoštevanju sedanjih srednjih gladin morja, povzročijo sorazmerno omejen obseg negativnih vplivov. Nedvomno pa bo izrazito povečanje pojavnosti poplav ob dvigovanju SGM v povsem običajne poplavne dogodke, ki se bodo zgodili večkrat letno, povzročilo veliko dodatnih težav za normalno delovanje in uporabo urbanih površin mesta Piran, prebivalce mesta, številne gospodarske dejavnosti ter elemente kulturne dediščine.

## Analiza ranljivosti in ogroženosti

Določitev območij poplavljanja morja ob upoštevanju različnih kombinacij scenarijev dviga SGM in povratnih dob poplavnih dogodkov, ki smo jih predstavili v prejšnjem poglavju, smo uporabili kot vhodni podatek za nadaljnjo analizo izpostavljenosti, ranljivosti in ogroženosti različnih gradnikov prostora na območju mesta Piran, ki so upoštevanj v različnih prostorskih podatkovnih slojih vključenih v programsko orodje KR PAN (FGG, 2019). Pri tem so bili z vidika lokalne problematike in lastnosti grajenega okolja mesta Piran podrobneje obravnavani vidiki poplavne ogroženosti naslednjih glavnih elementov poplavne ranljivosti: število ogroženih prebivalcev, število ogroženih stanovanjskih in nestanovanjskih objektov, prisotnost različnih vrst gospodarske



Slika 2: Spremenljivost obsega poplavljenih površin v mestu Piran ob upoštevanju različnih scenarijev dviga SGM ter različnih povratnih dob poplav.



Slika 3: (levo) Število ogroženih prebivalcev in (desno) število poplavljenih stanovanjskih objektov na območju mesta Piran v odvisnosti od upoštevanega scenarija dviga SGM in povratne dobe poplavnega dogodka.

javne komunalne infrastrukture ter število objektov kulturne dediščine.

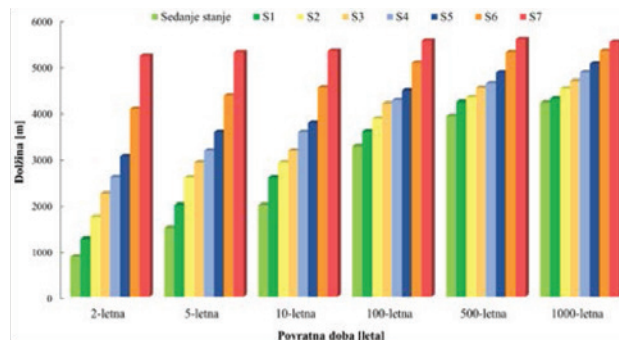
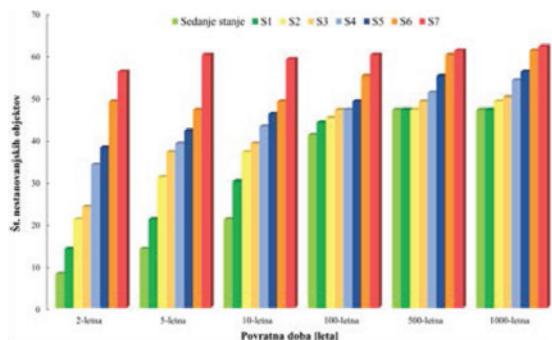
Rezultati analize poplavne ranljivosti in ogroženosti na območju mesta Piran so prikazani na slikah 3 in 4 in kažejo na izrazitejšo naraščanje izpostavljenih elementov ranljivosti, predvsem v primeru scenarijev dviga SGM med 10 in 50 cm. V primeru dviga SGM za več kot 50 cm se število ranljivostnih elementov pri celotnem razponu upoštevanih povratnih dob poplavnih dogodkov sicer bistveno poveča, hkrati pa so v primerih takšnih ekstremnih dvigov SGM razlike med številom ogroženih ranljivostnih elementov pri različnih povratnih dobah poplavnih dogodkov manjše.

Rezultati analize izpostavljenosti prebivalcev mesta Piran poplavam morja (Slika 3(levo)) kažejo, da pride do izrazitega povečanja števila izpostavljenih prebivalcev pri poplavnem dogodku s 100-letno povratno dobo že ob upoštevanih sedanjih nivojih SGM, kar kaže na nujnost ureditve protipoplavnih ukrepov. Ob tem velja poudariti, da bo povratna doba poplav s 100- oz. 1.000-letno povratno dobo, ob upoštevanju sedanji srednji gladini morja, v primeru 30 cm dviga SGM do leta 2100 skrajšana na poplavni dogodek s pribl. 10- oz. 100-letno povratno dobo (Preglednica 2).

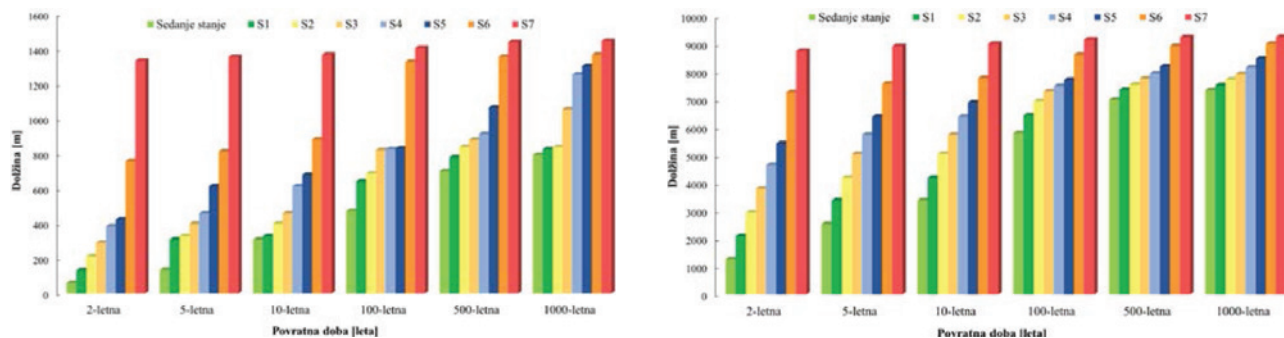
Na sliki 3(desno) je prikazano število poplavljenih stanovanjskih objektov za posamezne scenarije dviga SGM in povratne dobe poplavnih dogodkov.

Stanovanjski objekti so prostorski elementi, ki so na obravnavanem območju mesta Piran najbolj poplavno izpostavljeni. V primeru dviga gladine morja na rdečo opozorilno mejo 350 cm, določeno s strani ARSO-a, je poplavljenih 93 stanovanjskih objektov in 21 nestanovanjskih objektov. V primeru dviga SGM za 30 cm do leta 2100, bo pri poplavi z 2-letno povratno dobo poplavljenih 14% stanovanjskih objektov, v primeru ekstremnejših poplavnih dogodkov bo poplavam morja izpostavljenih več kot 40% stanovanjskih objektov. Število nestanovanjskih objektov na obravnavanem območju je precej manjše od števila stanovanjskih objektov. Ocenjen delež nestanovanjskih objektov je glede na razpoložljive podatke iz katastra nepremičnin 17%. Večina poplavljenih nestanovanjskih objektov (Slika 4(levo)) je namenjenih raznim turističnim storitvam in dejavnostim.

Podatki o gospodarski javni infrastrukturi so bili v analizi upoštevani na osnovi baze podatkov iz zbirnega katastra gospodarske javne infrastrukture. Gospodarska javna infrastruktura mora biti v primeru poplav obravnavana kot kritična infrastruktura, saj nedelovanje ali moteno delovanje tovrstne infrastrukture predstavlja grožnjo za javno zdravje, varnost in delovanje številnih gospodarskih dejavnosti (Arrighi et al., 2021). Na obravnavanem območju mesta Piran, ki ga ogrožajo poplave morja potekajo številni vodi javne komunalne infrastrukture. Podatki o dolžinah



Slika 4: (levo) Število poplavljenih nestanovanjskih objektov in (desno) dolžina poplavljenih cestne infrastrukture na območju mesta Piran v odvisnosti od upoštevanega scenarija dviga SGM in povratne dobe poplavnega dogodka.



Slika 5: (levo) Dolžine vodov elektroenergetskega omrežja in (desno) dolžina sistema za odvodno odpadnih in padavinskih voda znotraj poplavljenih območij ob upoštevanju različnih scenarijev dviga SGM in povratne dobe poplavnega dogodka.

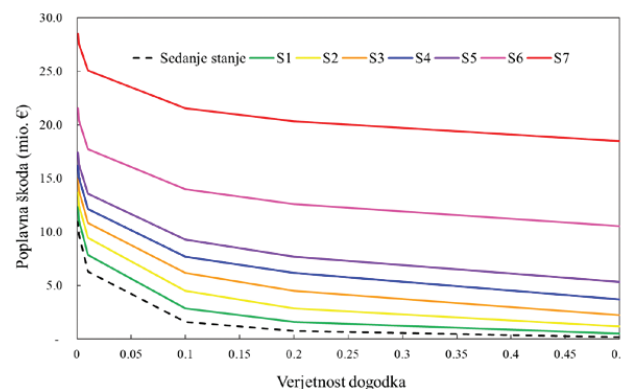
poplavljenih cestne infrastrukture na območju mesta Piran, ob upoštevanju različnih scenarijev dviga SGM in različnih povratnih dobah poplav so predstavljeni na sliki 4(desno). Na sliki 5(levo) so prikazane dolžine vodov elektroenergetskega omrežja, na sliki 5(desno) pa dolžine sistema za odvodno odpadnih in padavinskih voda znotraj poplavljenih območij. Prav sistem za odvodno odpadnih in padavinskih voda je na poplave morja izjemno ranljiv. V preteklosti je že večkrat prišlo do vdorov morske vode v odvodni kanalizacijski sistem, kar posledično lahko privede do razlivanja onesnaženih odpadnih voda po mestnih površinah in motnje pri čiščenju odpadnih voda na čistilni napravi. Številne objekte vodne gospodarske javne infrastrukture na območju mesta Piran bo treba v bližnji prihodnosti posodobiti in nadgraditi, če se bodo želeli doseči cilji prihodnjega turističnega razvoja mesta Piran. Analize izpostavljenosti vodov gospodarske javne infrastrukture poplavam morja, ob upoštevanju dviga SGM, kakršna je bila opravljena v tej raziskavi, bodo torej predstavljali ključne vhodne podatke za prihodnje načrtovanje tovrstne infrastrukture.

Dodatno velja izpostaviti, da so številni stanovanjski in nestanovanjski objekti kot tudi mnogi drugi sestavni deli urbanih površin mesta Piran zaščitni kot objekti kulturne dediščine. Na podlagi rezultatov analize obsega razlivanja poplav morja smo znotraj poplavnih območij identificirali 65 stavb in spomenikov, ki so uvrščeni na seznam kulturne dediščine.

## Ocena škode zaradi poplav

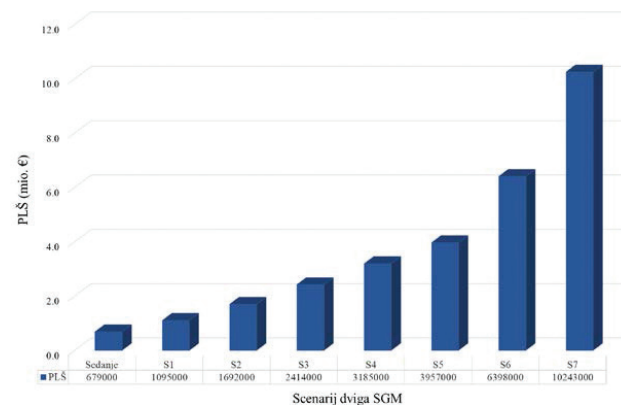
Ocenjena poplavna škoda za različne elemente poplavne ranljivosti na območju mesta Piran predstavlja predvsem neposredno materialno škodo, katere obseg v veliki meri definira obseg poplavljanja morja ter dosežene globine poplavnih voda. Slika 6 prikazuje povezavo med verjetnostjo pojava poplavnega dogodka in izračunano škodo za različne scenarije dviga SGM. Razviden je bi-

stven vpliv upoštevanega dviga SGM na skupen obseg škode pri isti verjetnosti poplavnega dogodka.



Slika 6: Povezava med verjetnostjo poplavnega dogodka in skupnim obsegom poplavne škode za različne scenarije dviga SGM.

Ocenjene vrednosti PLŠ zaradi poplav na območju mesta Piran za različne scenarije dviga SGM so prikazane na sliki 7. Jasno je razviden izrazit dvig obsega PLŠ v odvisnosti od upoštevanega scenarija dviga SGM. Dvig SGM namreč povzroči izrazito povečanje površine pod krivuljami, ki predstavljajo povezavo med povratno dobo dogodka in obsegom poplavne škode (slika 6).



Slika 7: Ocenjene vrednosti pričakovane letne škode na območju mesta Piran za različne scenarije dviga SGM.

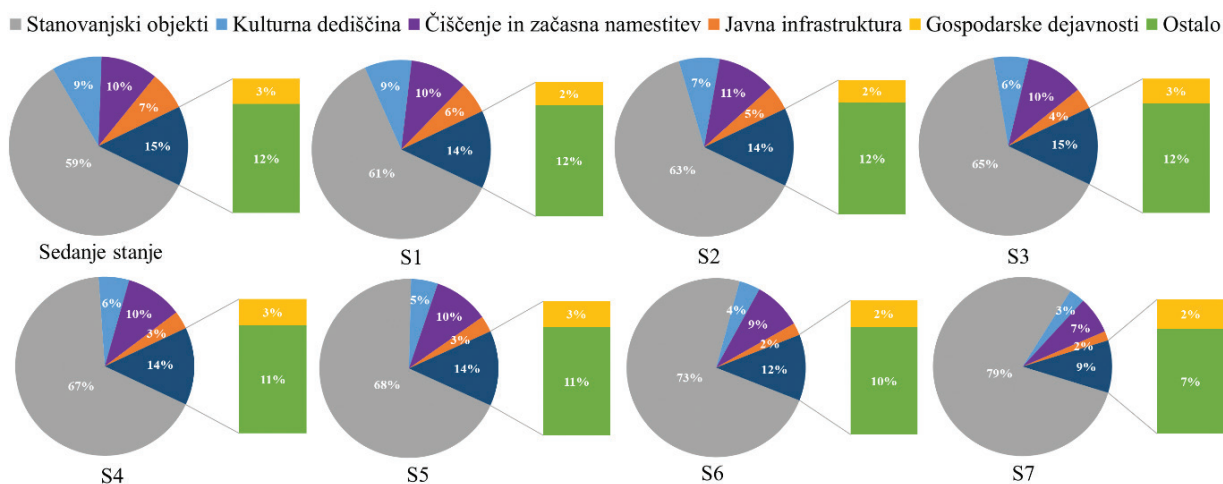
Izračuni PLŠ kažejo, da se skupni stroški škode zaradi poplav ob upoštevanju sedanjih srednjih gladin morja gibljejo okoli 0,68 milijona EUR/leto. Ob tem velja poudariti, da bi v primeru naraščanja gladine morja skladno z najbolj črnogledim scenarijem, ki predvideva dvig SGM za 1,42 m, PLŠ narasla na kar 10,2 milijona EUR/leto. Analiza PLŠ kaže, da bo za vsakih 10 cm prirasta SGM v razponu od 30 cm do 50 cm prirast v PLŠ dokaj konstanten in bo znašal približno 0,76 milijona EUR/leto. Če sledimo večkrat omenjenemu scenariju dviga SGM za vsaj 30 cm do leta 2100 Ličer (2019), bi v takšnih razmerah mesto Piran utrpelo PLŠ 2,4 milijona EUR/leto. V primeru ekstremnih scenarijev dviga SGM S6 oz. S7 in poplavnih dogodkov z majhno verjetnostjo pojava, bodo PLŠ bistveno večje od sedanjih vrednosti, in sicer za faktor približno 9,4 oz. 15,1.

Natančnejša razčlenitev škode po posameznih prostorskih elementih, prikazana na sliki 8, razkriva, da ima škoda na stanovanjskih objektih, ki vključuje stroške gradbenih konstrukcij in notranje opreme, prevladujoč delež v ocenjeni skupni PLŠ za vse scenarije dviga SGM in sicer od 59 do 79%. Sledi kumulativni prispevek škode na premični lastnini (npr. vozilih). Na obravnavanem območju mesta Piran prevladujejo strnjene urbane površine, ki se večinoma uporablja za bivanje, predvideva se, da bodo stroški čiščenja po poplavnem dogodku inčasne nastanitve za prizadeti prebivalci znašali 7 do 10 % zneskov celotne PLŠ. Delež škode na kulturni dediščini bo po ocenah sorazmerno omejen (3 do 9%), ob tem pa velja poudariti dejstvo, da je škodo na objektih kulturne dediščine zelo težko materialno ovrednotiti ob osnovni predpostavki, da so pomembni objekti kulturne dediščine praktično neprecenljivi. Kljub turističnemu značaju mesta Piran ima poslovna kategorija najmanjši delež v ocenjenih vrednostih PLŠ, čeprav je večina turističnih dejavnosti skoncentriranih v poplavno najbolj ranljivih delih

starega mestnega jedra. Zaradi spomeniškega varstva starega mestnega jedra Pirana so večinoma prisotna le mikro in manjša podjetja, katerih delovanje je izrazito pogojeno s turistično sezono. Škoda na gospodarskih dejavnostih je v primeru naše analize najverjetneje podcenjena, saj naša analiza ni upoštevala posredne škode za različne gospodarske dejavnosti. Enako bi lahko ugotovili tudi za element gospodarske javne infrastrukture. Neposredna škoda, povzročena na gospodarski javni infrastrukturi znaša le 2 do 7 % ocenjene vrednosti PLŠ, seveda pa lahko posredna škoda lahko predstavlja bistveno večji delež v primeru npr. nedelovanja določene gospodarske javne infrastrukture, kar bi posledično vplivalo na številne druge kategorije škode.

Poleg tega analiza deležev škode v primeru dogodkov z višjimi verjetnostmi pojavljanja (npr. povratnih dob krajših od 10 let) jasno kaže, da lahko precejšen delež škode v PLŠ pripišemo prav dogodkom, ki že ob obstoječi srednji gladini morja sorazmerno pogosto preplavijo najnižje ležeče predele mesta Piran. Že majhen dvig SGM bo povzročil, da bodo ti nižje ležeči predeli Pirana poplavljeni še bistveno pogosteje.

Rezultati analiz predstavljenih v predhodnih odstavkih so pomembni z vidika načrtovanja protipoplavnih ukrepov, saj je iz njih razviden obseg škode glede na verjetnost pojava poplavnega dogodka. Na podlago tovrstnih podatkov lahko ugotovimo obseg škode, tako pri pogostejših poplavnih dogodkih z manjšim obsegom poplavljanja, kot tudi v primeru ekstremnih poplavnih dogodkov z bistveno manjšo verjetnostjo pojava, katerih posledice pa so zaradi obsega poplavnih površin katastrofalne (Foudi et al., 2015). Tovrstne informacije so ključne z vidika upoštevanja ustrezne povratne dobe poplavnega dogodka v procesu izdelavo analize stroškov in koristi pri načrtovanju protipoplavnih ukrepov (Ward et al., 2011).



Slika 8: Deleži PLŠ po posameznih prostorskih elementih v odvisnosti od upoštevanega scenarija dviga SGM.

## Zaključek

V pričujoči raziskavi smo analizirali vpliv pričakovanega dviga SGM na obseg poplavne škode na območju mesta Piran, najbolj poplavno ogrožena dela slovenske obale. Statistična analiza povratnih dob poplavnih dogodkov v primeru različnih scenarijev dviga gladine morja je razkrila, da se bo pogostost poplavnih dogodkov v povprečju povečala za faktor 2 za vsakih 10 cm dviga SGM, ob tem pa ni bil upoštevan vpliv vremenskega dogajanja, katero naj bi bilo glede na številne napovedi bolj burno in bo v kombinaciji z dvigovanjem gladine morja nedvomno predstavljalo še dodatno grožnjo za pogostejše poplavljanje območja mesta Piran.

**Ocenjena PLŠ zaradi poplav morja v Piranu kaže izrazit naraščajoč trend s predvidenim naraščanjem SGM, in sicer z ocenjene vrednosti 0,68 milijona EUR/leto ob upoštevanju sedanjih razmer na vse do pribl. 10,2 milijona EUR/leto v primeru upoštevanja najbolj ekstremnega scenarija dviga SGM.** Analiza je pokazala, da so najbolj izpostavljene stanovanjske nepremičnine, ki bodo utrpeli največjo škodo zaradi poplav. **Ne glede na upoštevan scenarij dviga gladine morja je torej očitno, da bo odpravljanje škode zaradi poplav na območju mesta Piran v bližnji prihodnosti predstavljalo vse večji finančni zalogaj za prebivalce in lokalno skupnost. Nujno je torej čim prej pristopiti k celostnemu načrtovanju protipoplavnih ukrepov s katerimi bi bilo mogoče obseg poplavne škode bistveno omejiti.**

## Literatura

- Arrighi, C., Pregnotato, M., & Castelli, F. (2021). Indirect flood impacts and cascade risk across interdependent linear infrastructures. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 21(6), 1955–1969. doi:10.5194/nhess-21-1955-2021
- Azevedo de Almeida, B., & Mostafavi, A. (2016). Resilience of Infrastructure Systems to Sea-Level Rise in Coastal Areas: Impacts, Adaptation Measures, and Implementation Challenges. *Sustainability*, 8(11), 1115. Doi:10.3390/su8111115
- Chisolm, E. I., & Matthews, J. C. (2012). Impact of Hurricanes and Flooding on Buried Infrastructure. *Leadership and Management in Engineering*, 12(3), 151–156. Doi:10.1061/(asce)lm.1943-5630.0000182.
- FGG, 2019. Razvoj enotne metode za oceno koristi gradbenih in negradbenih ukrepov za zmanjšanje poplavne ogroženosti. Končno poročilo projekta.
- Foudi, S., Osés-Eraso, N., & Tamayo, I. (2015). Integrated spatial flood risk assessment: The case of Zaragoza. *Land Use Policy*, 42, 278–292.
- IPCC. (2019). IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K.

- Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)). In press.
- Kolega, Nataša. (2006). Slovenian coast sea floods risk. *Acta Geographica Slovenica-geografski Zbornik - ACTA GEOGR SLOV.* 46. 143-167. 10.3986/AGS46201.
- Ličer, M. (2019). Podnebne spremembe in naraščanje gladine morja v Severnem Jadranu (Climate change and sea level rise in the North Adriatic). National Institute of Biology – Marine Biological Station Piran.
- Olsen, A., Zhou, Q., Linde, J., & Arnbjerg-Nielsen, K. (2015). Comparing Methods of Calculating Expected Annual Damage in Urban Pluvial Flood Risk Assessments. *Water*, 7(12), 255–270. Doi:10.3390/w7010255
- Strojan, I. and Robič, M. (15 September 2016). Sea level. Slovenian Environment Agency.
- Ward, P. J., de Moel, H., & Aerts, J. C. J. H. (2011). How are flood risk estimates affected by the choice of return-periods?. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 11(12), 3181–3195. Doi:10.5194/nhess-11-3181-2011
- World Meteorological Organization (WMO). 2019. The Global Climate in 2015 – 2019. Geneva, Switzerland.
- Vahtar M. (2006). Institute for Integral Development and Environment. Eurosion case study on the Slovenian coast, Eurosion project.
- Vousdoukas, M.I., Mentaschi, L., Hinkel, J. et al. (2020). Economic motivation for raising coastal flood defenses in Europe. *Nat Commun* 11, 2119.
- Zanchettin, D., Bruni, S., Raicich, F., Lionello, P., Adloff, F., Androssov, A., ... Zerbini, S. (2020). Review article: Sea-level rise in Venice: historic and future trends. Doi:10.5194/nhess-2020-351