

CELOSTNI PRISTOP K VKLJUČEVANJU MODRO-ZELENE INFRASTRUKTURE ZA ZMANJŠEVANJE URBANIH POPLAV: ORODJE ZA OCENO RANLJIVOSTI IN NAČRTOVANJE UKREPOV

dr. Nataša Sirnik, univ. dipl. inž. grad.,

IMZI – Inštitut za modro-zelena infrastrukturo, Vinje pri Moravčah 1, 1251 Moravče

Kristina Klemen, univ. dipl. inž. vod. in kom. inž.,

IMZI – Inštitut za modro-zelena infrastrukturo, Vinje pri Moravčah 1, 1251 Moravče

Petra Pergar, univ. dipl. inž. vod. in kom. inž.,

FGG – Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Jamova 2, 1000 Ljubljana

Povzetek

Študija predstavlja celosten postopek za oceno tveganja pred poplavami, ki vključuje tudi oceno učinkovitosti modro-zelene infrastrukture (MZI) kot strategije za blažitev posledic podnebnih sprememb. Predlagana metodologija je bila razvita v okviru projektov BULDSpace in CLIMRES ter zajema tri ključne sestavine: (i) prostorsko oceno poplavne ogroženosti, ki temelji na arhivskih in senzorskih podatkih, modeliranju odtoka in kartiranju kritičnih območij, (ii) taktično načrtovanje upravljanja poplav z možnostjo upoštevanja scenarijev z ukrepi MZI in (iii) priporočila za mestna okolja, usmerjena v povečanje odpornosti na poplave. Postopek vključuje identifikacijo območij, ki so posebej ogrožena zaradi poplav, ukrepe za zaščito prebivalcev in objektov, uporabo projekcij podnebnih sprememb, zbiranje podatkov in vključevanje možnih ukrepov MZI. Cilj je zagotoviti jasne in uporabne informacije deležnikom na ravni mestnih četrti in posameznih stavb. Dve pilotni

študiji – Ljubljana (Slovenija) in Senigallia (Italija) – prikazujeta uporabo tega pristopa v različnih urbanih okoljih z različnimi okoljskimi izzivi. Izvedba v pilotnih mestih prinaša pomembne vpoglede v integracijo MZI v upravljanje s poplavami, pomen sprotne obdelave podatkov in potrebo po uporabniku prijaznih orodjih za podporo odločanju, namenjenih raziskovalcem, urbanistom in oblikovalcem smernic.

Uvod

V prispevku opisujemo aplikacijo za urbane poplave, ki je bila razvita v okviru projektov BULDSpace in CLIMRES. Cilj aplikacije je podati oceno učinka zadrževanja padavinskih voda s pomočjo MZI ter tako podpreti ciljno usmerjeno načrtovanje ukrepov, vključevanje MZI v strateške načrte in povečanje odpornosti urbanih območij na podnebne spremembe.

Izzivi upravljanja urbanih poplav

Urbane poplave so rezultat kompleksne interakcije med naravnimi dejavniki (padavine, topografija, prepustnost tal) in človekovimi vplivi (urbanizacija, neprepustne površine, kanalizacijski sistemi). V številnih evropskih mestih, tudi v Ljubljani in drugod po Sloveniji, obstoječa kanalizacijska infrastruktura ni bila zasnovana za ekstremne vremenske dogodke, kar vodi do lokalnih poplavnih dogodkov, poškodb infrastrukture in ogroženosti prebivalstva. Reševanje te problematike zahteva celovit pristop, ki vključuje prostorsko načrtovanje, uporabo primernih orodij za simulacijo in predvidevanje poplav ter izvedbo ustreznih rešitev odvodnjavanja padavinskih vod.

Dokazano je, da podnebne spremembe povečujejo pogostost in intenzivnost ekstremnih poplav v urbanih območjih [1]. To povzroča potrebo po hitrem in dobro usklajenem odzivu občin, načrtovalcev in drugih relevantnih zainteresiranih strani, vključno s prebivalci ogroženih območij [2], [3]. Kot podajajo raziskovalci in Evropska agencija za okolje [3], [4], se dejavniki, ki vplivajo na poplavno tveganje v urbanih območjih, lahko razvrstijo v naslednje kategorije: (i) poplavna nevarnost in širjenje poplav, ki sta odvisna od lege urbanega območja in vrste poplavne nesreče (npr. rečne poplave, padavinske poplave, obalne poplave); (ii) fizična ranljivost, ki vključuje značilnosti grajenega okolja in njegovo infrastrukturo; (iii) izpostavljenost in socialna ranljivost, ki se nanašata na prebivalstvo in vrednost premoženja, na katerega lahko vplivajo posledice poplav, ter vključujeta tudi značilnosti posameznega ogroženega uporabnika in odziv prebivalstva v primeru nesreče.

Metode in orodja za oceno poplavne nevarnosti morajo upoštevati kompleksnost medsebojnega delovanja teh dejavnikov na različnih ravneh (npr. stavbe, infrastruktura, odprti prostori, skupnost) [5]. Za zaščito pred poplavami se v urbanih območjih lahko izvajajo različni gradbeni in negradbeni ukrepi, katerih namen je zmanjšanje poplavnega tveganja z blažitvijo učinkov ekstremnih dogodkov na grajeno okolje in njegove uporabnike [6] [7] [8]. Gradbeni posegi predstavljajo inženirske posege, ki prispevajo k zmanjšanju obsega poplav in zaščiti urbanih območij. Negradbeni posegi pa ne vključujejo fizičnih posegov v prostor, temveč so usmerjeni v izobraževanje, ozaveščanje, pripravljenost na izredne razmere ter odziv ob izrednih dogodkih, pri tem pa je pomembno tudi usklajevanje med deležniki, kar lahko vpliva na grajeno okolje preko prostorskega načrtovanja. Gradbeni posegi imajo torej neposredni vpliv na zmanjšanje obsega poplav, v kombinaciji z negradbenimi posegi pa lahko dodatno bistveno izboljšamo odpornost okolja na poplave [4].

Ukrepi MZI za zmanjšanje obsega urbanih poplav

Med gradbenimi posegi se MZI pojavlja kot rešitev za povečanje odpornosti urbanih območij in blažitev posledic podnebnih sprememb. Cilj implementacije MZI je ustvariti bolj naraven odziv okolja na poplave, s čimer se hidravlični odzivi grajenega okolja približajo stanju v času pred urbanizacijo na tem območju [9]. Dokazano je, da je ustrezna ozelenitev urbanih območij pogosto učinkovita strategija za ublažitev vpliva urbanizacije na vodni krog [10]. Primeri iz prakse kažejo, da ima MZI ključno vlogo pri zmanjšanju poplavne škode, in sicer preko: (i) zmanjšanja količine meteorne vode na kritičnih območjih; (ii) zmanjšanja hitrosti pretoka vode na poplavljenih območjih; in (iii) počevanja zmožnosti retenzije prostora za vodo [8]. MZI torej prinaša številne koristi za vodni krog v mestih in ekosistemske storitve, ki so s tem povezane. Kljub temu pa je učinkovitost MZI pogosto težko izmeriti, saj je odvisna od številnih dejavnikov.

Za določitev vpliva MZI na obseg poplav lahko uporabimo poenostavljene modele na ravni mesta, ki temeljijo na kartiranju kritičnih območij, pri tem pa je potrebno upoštevati odpornost stavb na poplave z in brez upoštevanja MZI. Z ustrezno analizo je mogoče identificirati območja, ki so zaradi morfologije zemljišč in lastnosti mikrolokacije najbolj dovzetna za poplave [11]. Lokalno znanje o poplavno ogroženih območjih ali preteklih poplavah se prav tako lahko vključi v modele, npr. preko kartiranja preteklih poplavnih dogodkov na območjih; pri tem lahko sodelujejo upravljavci prizadete infrastrukture, prebivalci ogroženih območij in civilna zaščita ter drugi zainteresirani posamezniki [11]. Pri tem pa si je potrebno prizadevati za pospešitev procesa ocene poplavne nevarnosti iz celostne perspektive in vključitev proaktivne analize učinkovitosti strategij za zmanjševanje tveganja. Pomembno je upoštevati tudi možnosti implementacije MZI kot ustreznih protipoplavnih ukrepov. Za ta namen je potrebno poleg že uveljavljenih konceptov preučiti tudi primere uporabe ter pri tem upoštevati tako mnenja odločevalcev, kot tudi končnih uporabnikov prostora.

Aplikacija za urbane poplave, ki upošteva ukrepe MZI

V okviru projektov BUILDSPACE in CLIMRES, financirana iz sklada EU Horizon Europe, skupaj s partnerji iz tujine razvijamo aplikacijo za povečanje odpornosti na urbane poplave na pilotnem območje Ljubljane. Cilj je razviti orodje, ki podpira napredne strategije odpornosti mest na poplave, pri čemer vključuje tudi možnosti implementacije ukrepov MZI. Aplikacija je namenjena podpori lokalnim oblastem in urbanistom pri načrtovanju in vrednotenju ukrepov za zmanjševanje ranljivosti na urbane poplave. Temelji na povezovanju različnih virov prostorskih in vremenskih podatkov ter uporabi modeliranja za napovedovanje odziva urbanega območja na različne scenarije ekstremnih padavin. Orodje bo v pomoč odločevalcem na ravni mesta pri identificiranju ranljivih območij in ocenjevanju učinkovitosti različnih ukrepov MZI. Na ravni stavb bo identifikacija ranljivih območij omogočila določitev prednostnih ukrepov in priporočil za prilagajanje podnebnim spremembam ter načrtovanje ustreznih ukrepov.

Poleg aplikacije za urbane poplave se v okviru projektov BUILDSPACE in CLIMRES kot del celostnega prilagajanja na podnebne spremembe na pilotnih območjih v drugih državah razvijajo tudi aplikacije za zaščito pred požari, potresi in vročinskimi valovi.

Celostna metodologija za upravljanje poplav

Aplikacija za urbane poplave vsebuje 3 dele, ki so prikazani na **Sliki 1**: (i) prostorsko oceno poplavne ogroženosti, ki temelji na arhivskih in senzorskih podatkih, modeliranju odtoka in kartiranju kri-

tičnih območij, (ii) taktično načrtovanje upravljanja poplav z možnostjo upoštevanja scenarijev z ukrepi MZI in (iii) priporočila za mestna okolja, usmerjena v povečanje odpornosti na poplave.

Prvi del aplikacije za urbane poplave je namenjen določanju poplavno ogroženih območij zaradi rečnih in padavinskih poplav. Omogoča naslednje funkcionalnosti in podatke:

- uporaba že naloženih kart rečnih poplav za različne povratne dobe,
- podatkovne knjižnice in podatke meritev, ki se izvajajo na pilotnih območjih,
- rezultate hidrološko-hidravličnega modeliranja površinskega odtoka v primeru padavinskih poplav,
- analizo sposobnosti infiltracije stavbe z okolico in površinskega odtoka z območja na podlagi metode SCS-CN (v prihodnjih mesecih bo aplikacija nadgrajena z možnostjo uporabe Hortonove metode infiltracije),
- možnost upoštevanja ukrepov MZI in njihovega vpliva na površinski odtok,
- dinamično oceno ogroženosti prebivalcev na ravni posameznih stavb,
- analizo poplavnih škod na podlagi nacionalne metode ocene [12] (v nadaljevanju projekta CLIMRES bo metoda nadgrajena tudi z upoštevanjem ekonomike ukrepov MZI).

Drugi del aplikacije za urbane poplave je namenjen načrtovanju implementacije MZI in drugih vrst protipoplavnih ukrepov na urbanih območjih. Vsebuje naslednje funkcionalnosti in podatke:

- katalog modro-zelenih ukrepov, ki jih lahko implementiramo za zmanjšanje ogroženosti pred poplavami,
- različne scenarije podnebnih sprememb, ki se upoštevajo pri določanju obsega poplav,
- vnaprej izračunane karte poplavne ogroženosti za padavinske poplave na pilotnih območjih.



Slika 1: Aplikacija za urbane poplave sestoji iz 3 delov, ki so ključni za celostno upravljanje urbanih poplav: (i) kartiranje območij urbanih poplav, (ii) načrtovanje ukrepov za urbane poplave in (iii) nasveti in priporočila za zmanjšanje obsega urbanih poplav.

Tretji del aplikacije za urbane poplave je namenjen implementaciji sodobnih smernic trajnostnega prilagajanja na podnebne spremembe ter svetovanju končnim uporabnikom. Vsebuje naslednje funkcionalnosti in podatke:

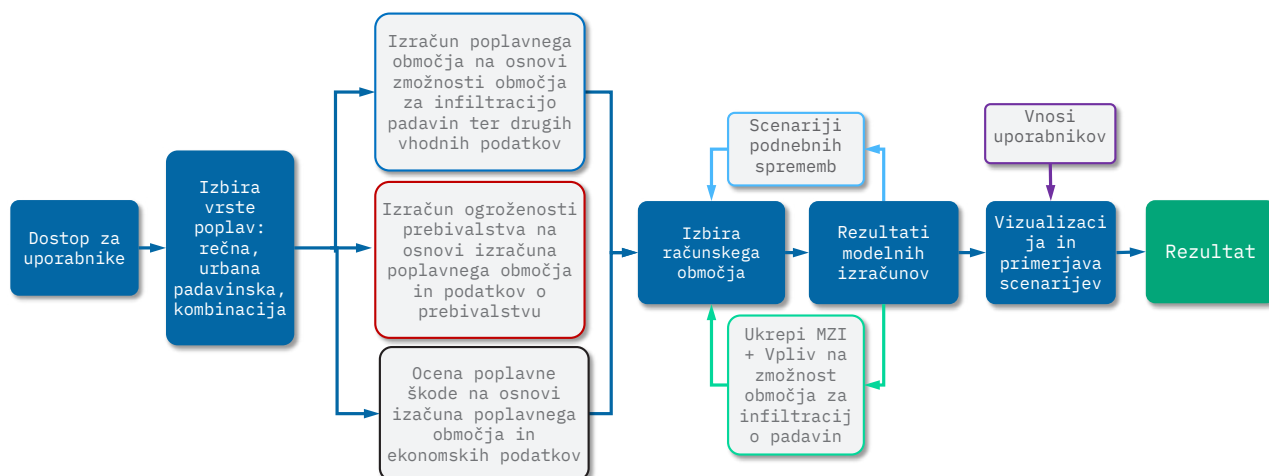
- vnos podatkov s strani uporabnikov: uporabniki prostora lahko vnesejo historične podatke o stopnji poplavljenosti posameznih območij in stavb,
- vnos historičnih podatkov o intervencijah gasilcev na ravni območij in posameznih stavb,
- predlogi za uporabnike prostora in druge ciljne skupine glede možnosti prilagajanja na podnebne spremembe na ravni območij in stavb,
- upoštevanje scenarijev podnebnih sprememb pri načrtovanju prilagajanja na podnebne spremembe,
- srednje- in dolgoročno načrtovanje protipoplavnih ukrepov v prostoru.

V prvem delu se rezultati hidrološko-hidravličnih modelov uporabijo za identifikacijo območij, ki so najbolj izpostavljena poplavam. Izračun temelji na različnih virih podatkov, vključno z evropskimi satelitskimi podatki, zgodovinskimi podatki in podatki senzorjev, kot so: Urban Atlas Cover, podatki o pokritosti tal, urbanistični načrti, katastri stavb, meteorološki podatki, zgodovinski poplavni dogodki s statistično analizo in podatki o neprepustnosti. Poleg tega so vključeni scenariji podnebnih sprememb, ki prilagajajo meteorološke podatke, da odražajo pričakovane spremembe do konca 21. stoletja. V tej fazi se ocenijo različni ukrepi MZI, ki ponujajo možne rešitve za zmanjšanje poplavne nevarnosti. Nazadnje se opravi ocena poplavne škode, ki zagotavlja gospodarski pregled potencialnih vplivov predvidenih scenarijev poplav. Vsi rezultati se lahko izračunajo in vizualizirajo na ravni soseske/mesta in na ravni stavbe, kar aplikacijo naredi primerno za podporo pri urbanističnem načrtovanju in pri izdelavi strategij prilagajanja stavb na podnebne spremembe. Drugi del

vključuje katalog ukrepov MZI, ki se lahko izvedejo za povečanje varnosti pred poplavami na modeliranem območju. Poleg tega so v tej delu vnaprej izračunani in shranjeni različni scenariji simulacij ekstremnih dogodkov. Tretji del je odgovoren za shranjevanje spoznanj, nasvetov in priporočil za obnovo stavb, pa tudi strategij prilagajanja podnebnim spremembam in dolgoročnih razvojnih načrtov.

Metodologija za oceno poplavne nevarnosti je zasnovana tako, da je prilagodljiva in prilagojena razpoložljivosti podatkov. Postopek določitve območij poplavne nevarnosti je prikazan na **Sliki 2** in poteka po naslednjih korakih:

- 1) Podatkovna knjižnica: podatkovni nizi za pilotna območja so vnaprej naloženi in dostopni različnim ciljnim skupinam. Uporabniki lahko v aplikacijo naložijo svoje podrobnejše podatke za namene modeliranja.
- 2) Izbira primera uporabe: na podlagi razpoložljivih podatkov in posebnih zahtev uporabniki izberejo primer uporabe, ki je najbolj ustrezen za njihovo situacijo.
- 3) Hidrološko-hidravlično modeliranje: izračun infiltracije padavin in površinskega odtoka za izbrano območje. Pri tem se upoštevajo različni meteorološki scenariji, napovedi podnebnih sprememb in potencialni vpliv ukrepov MZI. Za modeliranje padavin in odtoka se uporablja računalniški model EPA SWMM [13].
- 4) Ocena ogroženosti: rezultati modeliranja se uporabijo za izdelavo kart s prikazom kritičnih območij za poplavno tveganje.
- 5) Ocena ranljivosti: na osnovi podatkov o prebivalstvu se določi stopnja ranljivosti prebivalstva na ogroženih območjih.
- 6) Ocena škode zaradi poplav: na osnovi ocene ranljivosti se oceni gospodarski vpliv posledic poplav: ekonomska ocena škode zaradi poplav.



Slika 2: Shema poteka izračuna v aplikaciji za urbane poplave.

- 7) Sprememba scenarija: uporabniki lahko spremenijo vhodne podatke in ponovno zaženejo izračun, kar jim omogoča vizualizacijo in primerjavo rezultatov različnih scenarijev.

Opisani pristop omogoča prilagajanje ocene poplavne nevarnosti posebnim potrebam vsakega posameznega primera, saj ponuja več možnosti modeliranja in možnost primerjave različnih rezultatov. Metodologija vključuje uporabo podnebnih projekcij, historične in senzorske podatke ter simulacije realnega stanja, kar omogoča natančno oceno tveganj in oceno učinkovitosti posameznih ukrepov MZI. Na **Sliki 3** je prikazan primer izračuna ocene škode zaradi poplav za izbrano računsko območje [14].

Vključevanje MZI

MZI vključuje na naravi temelječe rešitve za zadrževanje in ponikanje padavinskih voda. Viri navajajo [1] [8], da implementacija ukrepov MZI vodi do izboljšane poplavne odpornosti in hkrati prispeva k izboljšanju mestne mikroklimе, izboljšanju biotske raznovrstnosti ter kakovosti bivanja. V trenutni verziji aplikacije za povečanje odpornosti na urbane poplave so ukrepi MZI preko določenega koeficienta infiltracije [15] zaenkrat vključeni preko treh različnih scenarijev: uporaba zelenih streh na stavbah, uporaba nabora ukrepov MZI na travnatih površinah, zamenjava neprepustnih tlakovanih površin z naborom ukrepov MZI na nivoju terena. V nadaljevanju razvoja bomo v aplikacijo vključili tudi druge ukrepe MZI, ki jih je možno implementirati v urbanih območjih. Nadgradili bomo tudi metodologijo za oceno poplavnih škod, ki bo

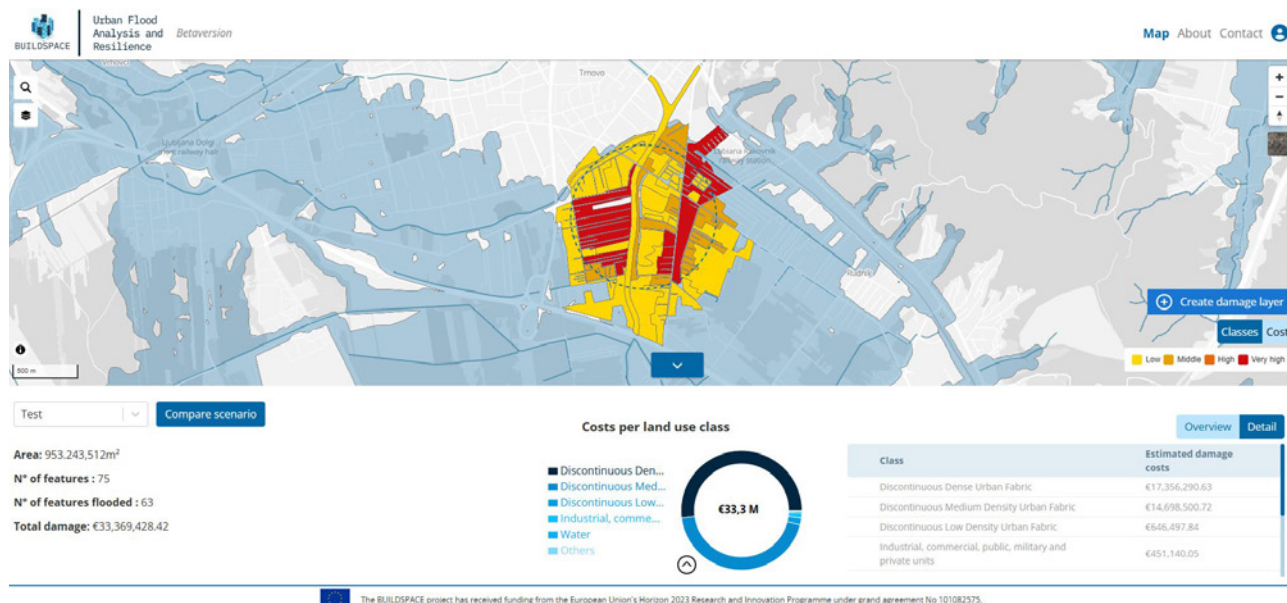
po novem vsebovala tudi ekonomske stroške in koristi izvedenih ukrepov MZI na poplavnih območjih.

Pilotni območji: Ljubljana in Senigallia (Italija)

V okviru projekta CLIMRES sta posebej obravnavani dve pilotni območji: Vič v Ljubljani in mesto Senigallia v Italiji.

Kljub izgradnji različnih gradbenih protipoplavnih ukrepov se Ljubljana še naprej sooča s pogostimi poplavnimi dogodki, nazadnje v letih 2010, 2014 in 2023. Zaradi znatne rasti mest v zadnjih 25 letih, zmanjšane prepustnosti površin in zmanjšane odvodne zmogljivosti je območje še vedno poplavno ogroženo, tako zaradi ekstremnih nalivov kot zaradi dviga vodostaja v bližnjih vodotokih. Med pilotnimi dejavnostmi bodo vzpostavljena različna merilna mesta, na katerih bodo izvedeni različni ukrepi MZI: zelena streha, zelena stena in deževni vrt. Podatki se bodo zbirali z obstoječimi in dodatnimi senzorji, med katerimi so najpomembnejši: dežemer, senzor vlažnosti zemljine in merilniki pretoka. Na osnovi meritev bomo določili učinkovitost posameznih ukrepov MZI ter njihov dejanski vpliv na odtok in infiltracijo padavin. Zbrani podatki bodo uporabljeni za modeliranje vpliva ukrepov MZI na obseg poplav na ravni soseske in stavb.

Drugi pilotni projekt poteka v občini Senigallia v italijanski regiji Marche. Gre za mesto na obali Jadranskega morja s približno 44.000 prebivalci; povprečna gostota prebivalstva znaša 375/km². Mestno območje prečkajo tri glavne reke, od katerih je najpomembnejša reka Misa, in številni sekundarni vodni kanali, ob katerih potekajo umetni



Slika 3: Primer uporabe aplikacije za izračun poplavne škode.

nasipi. Voda se med poplavami razširi kot v odprtem kanalu in poplavi območja med strugami. Za središče mesta je značilna gosta pozidanost z omejeno prepustnostjo talnih površin. Zgodovinsko mestno jedro leži na poplavni ravnici na ustju reke Misa. Poleg stalnih prebivalcev mesto skozi vse leto gosti mnoge turiste in konferenčne obiskovalce. Senigallio so obsežne poplave prizadele v letih 2014 in 2022, v njih je bila prizadeta skoraj četrtina prebivalstva, zahtevale pa so tudi 16 smrtnih žrtev. Poplavni dogodki so povzročili tudi skoraj 200 milijonov evrov škode. V okviru projekta CLIMRES bo posebna pozornost za pilotno območje Senigallie namenjena razvoju sistema zgodnjega opozarjanja in načrtovanju evakuacije. Ključne meritve bodo obsegale spremljanje hidrodinamičnih spremenljivk in dinamično prebivalstva na ogroženih območjih (snemanje s kamerami) [16].

Pilotni območji sta si različni, različne so tudi strategije ukrepanja proti poplavam. Na območju Ljubljane se osredotočamo predvsem na možnosti izvedbe MZI in določanje njihovega vpliva na obseg poplav. V Senigallii pa izboljšanje odpornosti okolja na poplave poteka preko negradbenih ukrepov: spremljanja hidrološko-hidravličnih spremenljivk v realnem času, hitrega informiranja prebivalstva in priprave na ustrezen odziv v primeru ekstremnih dogodkov. Zaradi svoje različnosti pilotna primera končnim uporabnikom aplikacije omogočata, da za svoj primer analize poplavne ogroženosti izberejo ustrezen vzorčni primer z najpomembnejšimi lastnostmi za dano problematiko.

Prilagodljivost metodologije v različnih okoljih

Pomemben vidik razvite metodologije je njena prenosljivost in prilagodljivost. V času razvoja aplikacije poudarjamo pomen enostavno uporabnih orodij, ki so dostopna različnim uporabnikom – od raziskovalcev in urbanistov do odločevalcev in prebivalcev.

Študija poudarja pomen metodologije, ki je prilagodljiva in jo je možno uporabiti v različnih urbanih kontekstih. Iz povratnih informacij ustreznih zainteresiranih strani je razvidno, da je potrebno zmogljivosti aplikacije nenehno izpopolnjevati. To velja zlasti v zvezi s prilagajanjem na podnebne spremembe in ustreznostjo aplikacije za različne ciljne skupine. Razvoj aplikacije je trenutno v fazi izvajanja pilotnih meritev in izpopolnjevanja metodologije za oceno tveganja in analizo ranljivosti. Naslednji koraki vključujejo izboljšanje zmogljivosti modeliranja, nadaljnji razvoj uporabniškega vmesnika, vključitev informacij s strani uporab-

nikov in civilne zaščite, zbiranje povratnih informacij ciljnih skupin preko testiranja, prilagajanje aplikacije posebnim potrebam pilotnih območij in vključevanje rešitev za zgodnje opozarjanje ter komunikacijo za obvladovanje poplavne nevarnosti.

Dosedanje ugotovitve s pilotnih območij kažejo na ključno vlogo visokoločljivih podatkov v realnem času za izboljšanje natančnosti modelov in končnih rezultatov. Poudarja se pomen skupnega ustvarjanja rešitev z lokalnimi zainteresiranimi posamezniki in ciljnim skupinami, da se zagotovi uporabnost in razumljivost razvitega orodja. Med najpomembnejšimi izzivi sta prilagajanje modelnega pristopa večjim urbanih območjem s kompleksnimi hidrološkimi pogoji in ustrezna raven kompleksnosti za širšo uporabo orodja [17]. Poleg tega različne upravne strukture in regulativni okviri med pilotnimi mesti (in v nadaljevanju razvoja aplikacije državami) poudarjajo potrebo po prilagodljivi in robustni metodologiji.

Pri razvoju aplikacije je posebna pozornost namenjena širitvi uporabe aplikacije za oceno poplavne varnosti v drugih urbanih območjih, ki se soočajo s podobnimi izzivi kot pilotni območji. Ključ do uspešne ponovne uporabe je v prilagodljivosti okvira aplikacije različnim podatkovnim nizom, geografskim kontekstom in potrebam zainteresiranih strani. Z vzdrževanjem prilagodljive podatkovne zbirke in zagotavljanjem vključitve lokalnih napovedi podnebnih sprememb se aplikacija lahko uporabi v različnih urbanih okoljih s primerljivimi dejavniki tveganja zaradi poplav. Kjer je možno in ustrezno, so kot vhodni podatki uporabljeni geosovski sloji, ki obsegajo območje celotne Evropske unije ali tudi širše območje. Pri razvoju aplikacije pa posebno pozornost namenjamo tudi uporabniku prijaznim metodam in vmesniku, s čimer želimo zagotoviti, da bo orodje uporabno za čim širši krog uporabnikov.

Zaključek

Pristop in izkušnje iz projektov BUILDSPACE in CLIMRES predstavljajo pomemben prispevek k razvoju strategij prilagajanja mest na podnebne spremembe in krepitvi odpornosti urbanih območij v prihodnosti. Metodologija, razvita v okviru obeh omenjenih projektov, omogoča celovit, prilagodljiv in večnivojski pristop k upravljanju s poplavami v urbanih območjih. Z vključevanjem MZI omogoča ne samo oceno tveganja za poplave, temveč tudi aktivno upravljanje z ranljivostjo in načrtovanje dolgoročne odpornosti mest. Za učinkovito upravljanje s poplavnimi tveganji v urbanih območjih je nujen celosten pristop, ki povezuje naravne rešitve, inženirske pristope in sodelovanje

deležnikov. Poseben poudarek je namenjen odprtokodnim rešitvam in promociji uporabe orodja v praksi. Ustvarjalci aplikacije pa si želimo tudi, da bi orodje pripomoglo k hitrejši prilagoditvi zakonodaje za lažje vključevanje MZI v projektantsko in načrtovalsko prakso.

Viri

- [1] Q. Zhou, G. Leng, J. Su, and Y. Ren, "Comparison of urbanization and climate change impacts on urban flood volumes: Importance of urban planning and drainage adaptation," *Science of The Total Environment*, vol. 658, pp. 24–33, Mar. 2019, doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.12.184.
- [2] A. Milman and B. P. Warner, "The interfaces of public and private adaptation: Lessons from flooding in the Deerfield River Watershed," *Global Environmental Change*, vol. 36, pp. 46–55, Jan. 2016, doi: 10.1016/j.gloenvcha.2015.11.007.
- [3] S. Mannucci et al., "Flood Resilience and Adaptation in the Built Environment: How Far along Are We?," *Sustainability*, vol. 14, no. 7, p. 4096, Mar. 2022, doi: 10.3390/su14074096.
- [4] L. Wang et al., "A review of the flood management: from flood control to flood resilience," *Heliyon*, vol. 8, no. 11, p. e11763, Nov. 2022, doi: 10.1016/j.heliyon.2022.e11763.
- [5] N. Prashar, H. S. Lakra, R. Shaw, and H. Kaur, "Urban Flood Resilience: A comprehensive review of assessment methods, tools, and techniques to manage disaster," *Progress in Disaster Science*, vol. 20, p. 100299, Dec. 2023, doi: 10.1016/j.pdisas.2023.100299.
- [6] UNISDR, "UNISDR Terminology on Disaster Risk Reduction," 2009.
- [7] Kozelj, D., Kozelj, K., Steinman, F., Gosar, L. (2008): Poplavna ogroženost in posledice dogodkov preostalega tveganja. UJMA 22.
- [8] M. Khodadad, I. Aguilar-Barajas, and A. Z. Khan, "Green Infrastructure for Urban Flood Resilience: A Review of Recent Literature on Bibliometrics, Methodologies, and Typologies," *Water (Basel)*, vol. 15, p. 523, 2023, doi: 10.3390/w15030523.
- [9] D. Green et al., "Green infrastructure: the future of urban flood risk management?," *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, vol. 8, no. 6, p. e1560, 2021, doi: 10.1002/wat2.1560.
- [10] J. Carril Ferreira, D. dos Santos, and L. Campos, "Blue-green infrastructure in view of Integrated Urban Water Management: A novel assessment of an effectiveness index," *Water Res*, vol. 257, p. 121658, 2024, doi: 10.1016/j.watres.2024.121658.
- [11] T. Walczykiewicz and M. Skonieczna, "Rainfall Flooding in Urban Areas in the Context of Geomorphological Aspects," *Geosciences (Basel)*, vol. 10, p. 457, 2020, doi: 10.3390/geosciences10110457.
- [12] Petelin, Š., Pergar, P., Kirn, T., s sod. (2014): Priprava strokovnih podlag za izvajanje poplavne direktive (2007/60/ES): Priprava ekonomskih vsebin načrtov zmanjševanja poplavne ogroženosti. Inštitut za vode Republike Slovenije.
- [13] L. A. Rossman, Simon, M.A. (2022): Storm Water Management Model (SWMM) Version 5.2 User's Manual. Cincinnati, OH.
- [14] Nazka Mapps s sod. (2025): <https://buildspace.nazkamapps.com/>
- [15] Shade, C., Kremer, P., Rockwell, J. S., in Henderson, K. G. (2020): The effects of urban development and current green infrastructure policy on future climate change resilience. *Ecology and Society*, 25(4), str. 1–11.
- [16] Bernardini, G., Ferreira, T.M., Julia, P.B., Eudave, R.R., Quagliarini, E. (2024): Assessing the spatiotemporal impact of users' exposure and vulnerability to flood risk in urban built environments. *Sustainable Cities and Society* 100 1–16.
- [17] Pergar, P., Sirnik, N., Klemen, K., Maes, T., Bernardini, G., Quagliarini, E. (2025): From Flood Risk Assessment to Blue-Green Infrastructure Evaluation in Urban Built Environments: A Holistic Workflow Definition. *MetroLive Conference 2025*.