PROJEKT FRISCO1, ZMANJŠEVANJE POPLAVNE OGROŽENOSTI MEJNIH REK – KONČNI REZULTATI PROJEKTA

Jure Mlačnik, univ. dipl. inž. grad., Inštitut za hidravlične raziskave, Hajdrihova 28, Ljubljana

dr. Martin Bombač, univ. dipl. inž. grad., Inštitut za hidravlične raziskave, Hajdrihova 28, Ljubljana

Staša Vošnjak, univ. dipl. inž. grad., Inštitut za hidravlične raziskave, Hajdrihova 28, Ljubljana

dr. Tanja Prešeren, univ. dipl. inž. grad., Inštitut za hidravlične raziskave, Hajdrihova 28, Ljubljana

dr. Sašo Petan, univ. dipl. inž. grad., Agencija RS za okolje, Vojkova 1b, Ljubljana

Anja Vihar, univ. dipl. inž. vod. in kom. inž., Agencija RS za okolje, Vojkova 1b, Ljubljana

Marjan Moderc, univ. dipl. inž. vod. in kom. inž., Agencija RS za okolje, Vojkova 1b, Ljubljana

Barbara Potočnik, univ. dipl. pol., Republika Slovenija, Ministrstvo za okolje in prostor, Dunajska cesta 48, Ljubljana

Marta Žagar Kopitar, univ. dipl. inž. grad., Direkcija RS za vode, Hajdrihova 28c, Ljubljana

Povzetek

Projekt Čezmejno usklajeno slovensko-hrvaško zmanjševanje poplavne ogroženosti – strateški projekt 1 – negradbeni ukrepi (s kratico FRISCO1) je bil izveden v okviru bilateralnega programa sodelovanja Interreg V-A Slovenija – Hrvaška. Projekt vsebinsko obravnava negradbene ukrepe za zmanjšanje poplavne ogroženosti in izboljšanje sistema obvladovanja poplavnega tveganja na porečjih Dragonje, Kolpe, Sotle, Bregane in na delih porečij Drave in Mure. Tako zagotavlja potrebne strokovne podlage in dokumentacijo za predlog in izbor čezmejno usklajenih gradbenih ukrepov za zmanjšanje poplavne ogroženosti, ki se bodo izvedli v drugem koraku – skozi skupino projektov FRISCO2 na porečjih Kolpe, Sotle, Drave in Mure. Projekt je izvedlo osem projektnih partnerjev iz obeh držav med letoma 2016 in 2019. Rezultati projekta obsegajo podatkovne zbirke, hidrološke, hidravlične in ekonomske študije obstoječega stanja ter predlaganih ukrepov za zmanjšanje poplavne ogroženosti, hidravlične modele, izboljšane modele za napovedovanje poplav, karte poplavne nevarnosti in karte poplavne ogroženosti vseh obravnavanih območij vzdolž slovensko-hrvaške meje.

Uvod

Cilj čezmejnega projekta FRISCO1 je zmanjšati poplavno ogroženost na ciljnih območjih z izvajanjem nestrukturnih ukrepov. Rezultati projekta za vseh šest ciljnih območij so zajeti v skupnih orodjih, modelih in kartah ter tehnični dokumentaciji za pripravo gradbenih projektov za drugo fazo skupine projektov FRISCO.

Slika 1: Prikaz obravnavanih mejnih porečij in delov porečij ; vir: FRISCO1

Podatkovne zbirke v podporo celostnemu upravljanju s poplavnimi tveganji

Prva projektna aktivnost, ki je predstavljala osnovo za izvedbo vseh nadaljnjih projektnih aktivnosti, je bila priprava podatkovnih zbirk (na projektu imenovanih kot skupna orodja 1) v podporo celostnemu upravljanju s poplavnimi tveganji na šestih čezmejnih porečjih. Agencija RS za okolje (ARSO) je bila zadolžena za pripravo podatkovnih zbirk na Sotli, Muri in Dragonji, Državni hidrometeorološki zavod (DHMZ) pa za podatkovne zbirke na Dravi, Kolpi in Bregani.

Podatkovne zbirke vsebujejo podatke iz obstoječih relevantnih virov in opravljenih izmer rečnih profilov v času projekta. Podatki so urejeni v treh sklopih, ki jih dopolnjujejo številni kartografski prikazi. Prvi sklop tvorijo topografski podatki iz geodetskih izmer, ki so bile opravljene v čezmejnih porečjih med septembrom 2016 in junijem 2017: prečni profili, posnetki mostov, pregledne karte in izdelani prostorski sloji. Izmera v porečju Drave se ni izvedla, saj so bili na razpolago podatki iz številnih nedavnih geodetskih izmer. Podrobnosti o meritvah rečnih profilov navajajo Moderc in sod. (2017), skupaj z analizo višinske natančnosti podatkov laserskega aerosnemanja terena (LIDAR) na študiji primera geodetske izmere rečnih profilov Sotle. V prvi sklop podatkov sodita še digitalni model višin in seznam razpoložljivih spletnih servisov v podporo upravljanju s poplavnimi tveganji. Drugi sklop podatkov vsebuje hidrološke in meteorološke časovne vrste iz dolgoletnih meritev v opazovalnih mrežah ARSO in DHMZ skupaj z metapodatki. Tretji sklop sestavljajo zbrani vektorski in rastrski GIS podatkovni sloji v podporo upravljanju s poplavnimi tveganji, skupaj s seznamom vseh zbranih podatkovnih slojev in šifranti za njihovo interpretacijo.

Za vsako podatkovno zbirko je bil kot krovni dokument izdelan hidrografski atlas obravnavanega porečja, ki povzema splošne značilnosti porečja, zgodovinske vire o poplavnih območjih, pregled hidroloških in podnebnih značilnosti ter poplavne ogroženosti. Posamezni deli podatkovnih zbirk so objavljeni v pregledovalniku rezultatov na spletni strani projekta (http://frisco-project.eu, Rezultati, Pregledovalnik), celotne podatkovne zbirke za Sotlo, Muro in Dragonjo pa so na voljo za pregledovanje in prenos na naslednjih povezavah: Sotla – https://bit.ly/33MVJFj, Mura – https://bit.ly/31CQUgF, Dragonja – https://bit.ly/2P1b7Kl.

Hidrološko-hidravlične in ekonomske študije

Za vsako čezmejno porečje oz. obravnavani mejni del porečja je izdelana študija celovitega čezmejnega obvladovanja poplavne ogroženosti, vključno s študijo izvedljivosti, ki upošteva tudi mednarodni značaj vodotoka. Študija porečja vsebuje:

- hidrološko, hidravlično, ekološko in tehnično-ekonomsko preverjanje stroškov in koristi negradbenih in gradbenih ukrepov za zmanjševanje poplavne ogroženosti na ravni čezmejnega porečja,
- analizo obstoječega stanja in cilje za dolgoročno zmanjševanje poplavne ogroženosti na porečju,
- celovite ocene za določitev optimalnih rešitev za kratkoročne in dolgoročne ukrepe za zmanjševanje poplavne ogroženosti – analiza, ocena in primerjava alternativnih rešitev in določitev optimalne kombinacije negradbenih in gradbenih protipoplavnih ukrepov,
- opredelitev ključnih območij za naravno zadrževanje oz. razlivanje visokih voda kot tudi analizo potencialnih, ekonomsko in iz drugih vidikov upravičenih, možnih ukrepov zelene infrastrukture.

Študije predstavljajo strokovno podlago za pripravo gradbeno-tehnične dokumentacije za gradbene ukrepe v drugi fazi projekta – FRISCO2.

Hidravlični modeli

Hidravlični modeli predstavljajo osnovno orodje za izvedbo primerjave in optimizacijo načrtovanih ukrepov za zmanjšanje poplavne nevarnosti na obravnavanih porečjih ter za izdelavo kart poplavne nevarnosti in poplavne ogroženosti. Izdelani so v programskem okolju MIKE FLOOD (DHI) z uporabo fiksne mreže celic. Velikost računskih celic je prilagojena konfiguraciji in velikosti posameznega ciljnega območja ter razpoložljivim podatkom o konfiguraciji modeliranega območja.

Kot podlaga za izdelavo strug obravnavanih vodotokov so služili obstoječi in v okviru projekta FRISCO1 dodatno izmerjeni rečni profili vodotokov,

za izdelavo površin terena izven struge pa razpoložljivi geodetski, prvenstveno LIDAR, podatki. Na območjih, kjer slednji niso bili na voljo, so bili uporabljeni podatki iz obstoječega digitalnega modela višin.

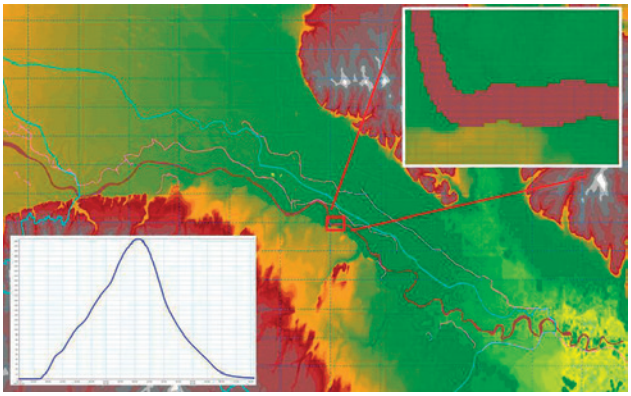
Hidrološki podatki za hidravlične modele so bili zagotovljeni v okviru hidroloških študij ciljnih porečij oz. delov porečij, izdelanih v okviru projekta. V študijah so bili določeni projektni statistični pretoki s povratnimi dobami 10, 25, 50, 100, 500 in 1000 let, v katerih so zajete vse s pravnimi predpisi določene merodajne količine v obeh državah partnericah.

Hidravlični modeli skozi aktivno izmenjavo toka kombinirajo enodimenzijski (1D) tok po strugi vodotoka z dvodimenzijskim (2D) tokom po poplavnih površinah. Hidravlični modeli, izdelani v okviru projekta FRISCO1 obravnavajo le fluvialne poplave, se pravi poplave, ki so posledica toka po obravnavanih vodotokih in njihovih pritokih, pri čemer niso zajete poplave zaradi preboja ali pronicanja protipoplavnih nasipov in poplavljanje podtalnice. Zaradi velikosti obravnavanih območij so nekateri vodotoki razdeljeni na več rezultatsko soodvisnih hidravličnih modelov.

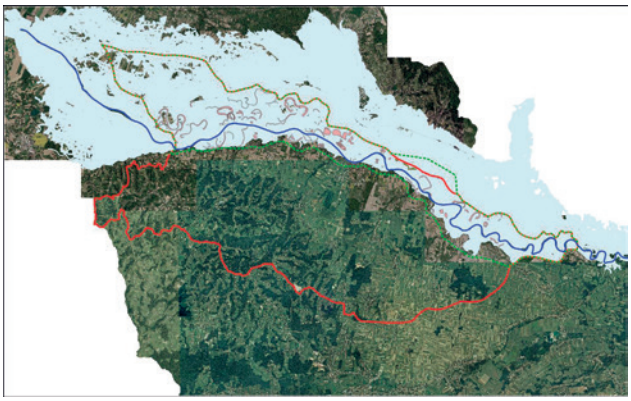
Slika 2: Hidravlični model porečja Sotle – razdelitev na tri modele ; vir: FRISCO1

Osnovo skupnega hidravličnega modela vodotoka in pripadajočih poplavnih površin vsakega porečja predstavlja enodimenzijski model struge vodotoka. Ta sega v primeru Drave in Mure gor- in dolvodno daleč preko meja ciljnega odseka vodotoka, na ostalih porečjih pa od izvira do izliva obravnavanega vodotoka. V 1D modele vodotokov so vgrajeni tudi vsi mostovi, ki lahko vplivajo na tok vodotoka. Hidravlično pomembni pritoki so modelirani kot stranske veje 1D modela glavnih vodotokov, zelo majhni pritoki, ki nimajo opaznega hidravličnega vpliva, pa zgolj kot geometrijski element zemeljskega površja. Na pritokih in poplavnih površinah so v modele vgrajeni tudi vsi pomembni cestni in ostali prepusti.

Dvodimenzijski modeli zajemajo vse potencialno poplavne površine ciljnih območij pri najekstremnejšem obravnavanem pretoku Q_{1000}. Sestavljeni so iz celic digitalnega modela zemeljskega površja, katerih velikost je prilagojena velikosti modeliranega območja, Večje modele sestavlja tudi več kot 5 milijonov računskih celic. V 2D modele so vgrajeni vsi pomembni točkovni in linijski objekti (ceste, železnice, nasipi...), mostovi, prepusti in drugi pomembni elementi. Na dolvodnih koncih modelov so vzpostavljeni izstopni robni pogoji, ki narekujejo vzpostavitev primerne gladine toka za dani pretok. Vstopne robne pogoje v modele predstavljajo vtočni hidrogrami za dane



Slika 3: 2D model Mure – modelirano območje, detajl modela in vstopni hidrogram; vir: FRISCO1

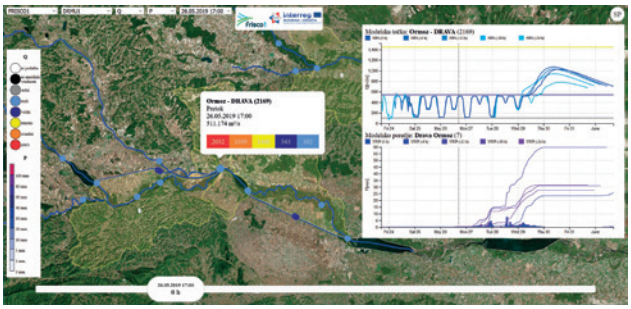


Slika 4: Območje hidravličnega modela Mure, ciljno območje (rdeče, delno prekrito z OVR) in območje veljavnosti rezultatov (zeleno) FRISCO1 ter izračunani doseg poplave Q_{1000} (sv. modro), ki v primeru Mure sega daleč izven ciljnega območja; vir: FRISCO1

pretoke, določeni na podlagi hidroloških študij, izdelanih v okviru projekta FRISCO1. Ti so v model vgrajeni glede na lokacije vtokov s prispevnih površin in pritokov, ki v ciljno območje pritekajo od zunaj.
Hidravlični modeli so ustrezno umerjeni in verificirani, s čimer je zagotovljena velika stopnja zaupanja v rezultate modelov.
Rezultati hidravličnih modelov Kolpe, Sotle, Drave, Mure, Dragonje in Bregane so podatki o gladinah in hitrostih vodnega toka za vsako točko modeliranega področja, tako struge vodotoka, kot tudi poplavnih površin pri visokovodnih dogodkih s povratno dobo 10, 25, 50, 100, 500 in 1000 let.

Izboljšani modeli za napovedovanje poplav

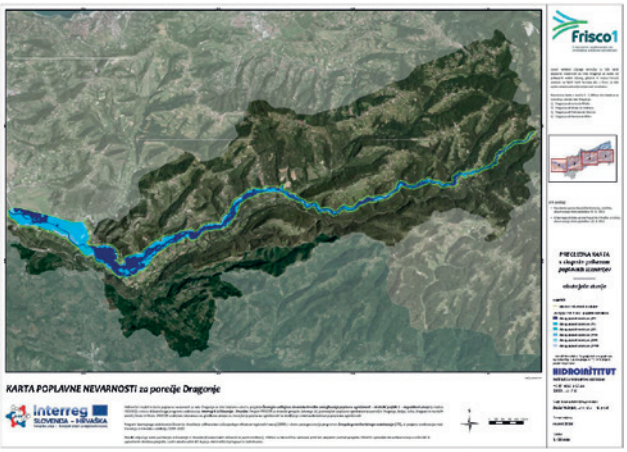
Izboljšani modeli za napovedovanje poplav (na projektu imenovanih kot skupni modeli 2) temeljijo na obstoječih hidroloških prognostičnih sistemih (HPS) v Sloveniji (Petan in sod., 2016) in na Hrvaškem. Nalogo izboljšanja modelov v porečjih Mure, Drave in Dragonje je na projektu prevzela ARSO, na porečjih Sotle, Kolpe in Bregane pa DHMZ.
Glavni komponenti HPS, hidrološki in hidrodinamični modeli, so bili nadgrajeni in dopolnjeni na podlagi izdelanih podatkovnih zbirk v podporo celostnemu upravljanju s poplavnimi tveganji in izboljšanih hidravličnih modelov glavnega vodotoka v porečjih. Obe komponenti sta bili podrobno nastavljeni in povezani v enotno modelsko postavitev porečja. Z namenom operativnega delovanja modelskih postavitev je bilo vzpostavljeno sistemsko delovanje strežnikov in programske opreme, ki so bili pridobljeni s projektnimi sredstvi. Ogrodje HPS oz. procesi priprave vhodnih podatkov, nastavitve simulacijskih datotek, obdelave in razpošiljanja rezultatov simulacij so bili optimizirani in prilagojeni na novo programsko okolje ter danosti ostalih sistemov, ki so ključni za procese hidrološkega modeliranja oz. napovedovanja. Izboljšan je bil tudi obstoječi protokol podatkovne izmenjave med DHMZ in ARSO, ki poteka v stvarnem času. S tem so bile odpravljene vrzeli v časovnih nizih hidrometeoroloških podatkov, ki se uporabljajo pri simulacijah modelskih postavitev porečij.
Po izhodiščnem testiranju in navezavi vseh potrebnih podatkovnih virov je bilo vzpostavljeno samodejno opravljanje simulacij modelskih postavitev. Najpomembnejši rezultati modelskih simulacij so pretoki in vodostaji v modelskih točkah ter parametri stanja v modelskih porečjih (nasičenost tal in vodni ekvivalent snežne odeje) za obdobje analize (za preteklih 48 ur) in napovedi (za prihodnjih 144 ur). Simulacije se samodejno izvedejo 4-krat na dan, pri tem pa se upoštevajo najnovejši hidrometeorološki podatki iz avtomatskih postaj in aktualne napovedi meteoroloških modelov ALADIN ECDA in ECMWF.
Rezultati modelskih simulacij so na voljo strokovnim službam s področja hidrološkega napovedovanja in upravljanja z vodami v Sloveniji in na Hrvaškem preko spletne aplikacije *hfsvis* – https://gea.arso.gov.si/hfsvis, ki smo jo na ARSO namensko vzpostavili za vizualizacijo rezultatov izboljšanih modelov. Aplikacija ponuja prostorsko-dinamični prikaz podatkov in informacij v izbranih modelskih točkah in porečjih na kartografski podlagi, grafično-dinamični in tabelarični prikaz časovnih nizov modelskih spremenljivk za različne čase simulacij (slika 5). V aplikaciji so na voljo tudi poročila o razvoju izboljšanih modelov za napovedovanje poplav s podrobnim opisom modelskih komponent, modelskih postavitev porečij, samodejnega izvajanja simulacij in spletne aplikacije *hfsvis*.



Slika 5: Prikaz rezultatov modelskih simulacij v spletni aplikaciji hfsvis – primer porečja Drave; vir: FRISCO1

Izboljšane karte poplavne nevarnosti

Skupne izboljšane karte poplavne nevarnosti so bile v projektu FRISCO1 izdelane s ciljem, da bi obe državi imeli edinstvene in usklajene karte poplavne nevarnosti na območju celotne meje med državama.

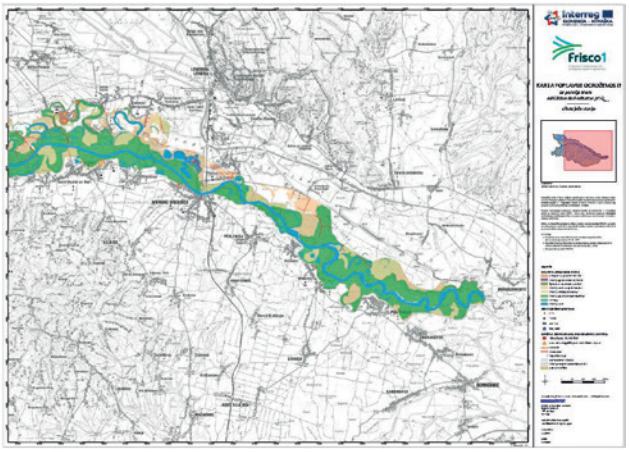


Slika 6: Karte poplavne nevarnosti – pregledna karta porečja Dragonje v M 1:20000; vir: FRISCO1

Ker Hrvaška nima zakonskih aktov, ki bi predpisovali obliko in vsebino kart poplavne nevarnosti, so bile pri oblikovanju kart poplavne nevarnosti v celoti upoštevane zahteve Pravilnika o metodologiji za določanje območij, ogroženih zaradi poplav in z njimi povezane erozije celinskih voda in morja, ter o načinu razvrščanja zemljišč v razrede ogroženosti (Ur. l. RS št. 60/07). Dodan je bil le četrti razred globin na kartah globin, ki posebej prikazuje globine med 1,5 in 2,5 m ter, zaradi prikazovanja večjega števila poplavnih scenarijev, kot jih zahteva pravilnik, ustrezno prilagojena barvna lestvica na kartah dosegov poplav. Skupek digitalnih kart poplavne nevarnosti zajema vse scenarije za merodajne statistično določene visokovodne dogodke s povratno dobo 10, 25, 50, 100, 500 in 1000 let, ki so prikazani v različnih slojih na ustreznih grafičnih podlagah (ki se uporabljajo v Sloveniji in na Hrvaškem), ter prikazuje dosege, globine in hitrost vode na poplavnih območjih. Zaradi obravnavanja zelo velikih območij so bile izdelane tudi pregledne karte poplavne nevarnosti v pomanjšanem merilu, ki prikazujejo dosege poplav na celotnih ciljnih območjih hkrati. Skupaj je bilo na projektu FRISCO1 izdelanih več kot 3000 listov kart poplavne nevarnosti.

Izboljšane karte poplavne ogroženosti

Podobno, kot za karte poplavne nevarnosti, velja tudi za karte poplavne ogroženosti (KPO). Karte zajemajo celotna ciljna območja projekta FRISCO1 in prikazujejo podatke o rabi poplavno ogroženih zemljišč, številu ogroženega prebivalstva, ogroženih lokacijah (šole, bolnišnice, IED in SEVESO objekti oz. naprave, odlagališča, naravna zaščitena območja, kulturna dediščina, itd.) in ogroženi linijski infrastrukturi (ceste, železnice). Podlaga za izdelavo KPO so bili podatki iz v projektu izdelanih podatkovnih zbirk, po potrebi dopolnjeni tudi iz drugih virov.



Slika 7: Karte poplavne ogroženosti – Mura, odsek od Hotize do Novakovca pri Q100; vir: FRISCO1

Način prikazovanja rezultatov za KPO niti v Sloveniji, niti na Hrvaškem še ni natančno določen s pravnimi akti, zato je bil izbran način prikaza, ki je nekoliko bliže že uporabljenemu doslej na Hrvaškem in je izčrpnejši ter preglednejši od doslej v Sloveniji uporabljenih prikazov. Vsekakor pa so v kartah zajeti vsi podatki, ki so zahtevani v slovenskih, hrvaških in evropskih pravnih podlagah.

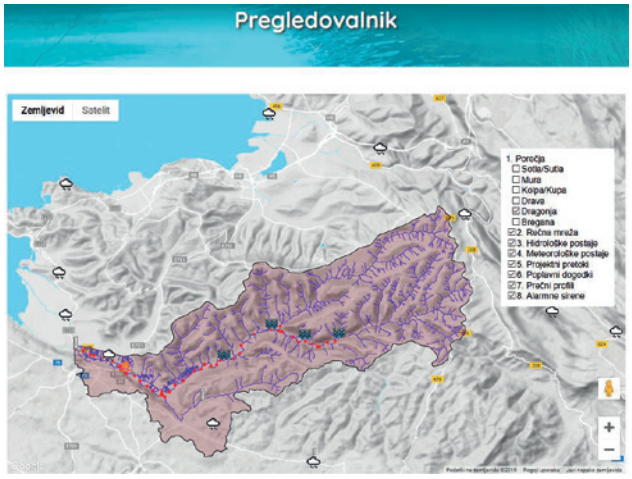
Sistemi zgodnjega opozarjanja

Za zagotavljanje poplavne varnosti prebivalstva je pomembno tudi pravočasno opozarjanje prebivalstva na ogroženih območjih pred nastopom poplavne nevarnosti. Za ta namen so bile z usklajenim pristopom in dogovorjenimi skupnimi kriteriji za vsa porečja v več korakih izvedene aktivnosti za izboljšanje sistema za opozarjanje in alarmiranje. V prvi fazi projekta je bila narejena analiza obstoječega stanja po porečjih - pregled obstoječih zmogljivosti po posameznih porečjih, tehničnih značilnosti in stanja opreme ter pregled območij, kjer bi bilo treba te sisteme izboljšati. V drugi fazi projekta so bile skupaj določene lokacije za postavitev novih siren v Sloveniji in na Hrvaškem (kriteriji za izbor: poplavna ogroženost, naseljenost, akustična pokritost, zmogljivost za upravljanje siren, obstoječa infrastruktura za montažo siren ter zakonska podlaga). Tako je bilo skupaj postavljenih na Hrvaškem 9 in v Sloveniji 17 novih opozorilnih sistemov za opozarjanje pred nastopom poplavne nevarnosti.

Ozaveščanje o poplavni ogroženosti

Za različne ciljne skupine so bile na vseh šestih porečjih tako na slovenski kot hrvaški strani izvedene številne ozaveščevalne delavnice in dogodki na temo predstavitve projekta in predstavitve ukrepov za zmanjševanje poplavne ogroženosti. Posebna pozornost je bila namenjena najmlajši populaciji (osnovne šole). Predvsem za najmlajše so bili v okviru projekta pripravljeni tudi različni interaktivni pripomočki – računalniška igrica in kviz, makete, pobarvanka in druge brošure o samozaščiti pred poplavami. Izvedene so bile tudi 4 delavnice za strokovno javnost in projektne partnerje, ki so pripomogle h krepitvi zmogljivosti oz. razvoju dodatnih znanj posameznih institucij, ki so pristojne za upravljanje voda oz. zmanjševanje poplavne ogroženosti.
Za lažje komuniciranje z javnostmi je bila v sklopu projekta izdelana tudi spletna stran (www.frisco-projekt.eu), kjer so se sproti objavljale informacije (splošne informacije, novice, dogodki, rezultati) o projektu. V okviru spletne strani je narejen tudi

pregledovalnik prostorskih podatkov, ki se nanašajo na poplavno ogroženost (poenotene in optimizirane baze podatkov), na spletni strani so tudi po zaključku projekta na voljo rezultati projekta FRISCO1.



Slika 8: Spletni pregledovalnik projekta FRISCO1; vir: FRISCO1

Priprava gradbenih projektov za drugo fazo projekta FRISCO

Pomemben del aktivnosti projekta FRISCO1 je priprava novih in dopolnitev obstoječih strokovnih podlag in dokumentacije za izvedbo čezmejno usklajenih gradbenih ukrepov na skupnih porečjih, ki bodo izvedeni v projektu FRISCO2 na porečjih Kolpe, Sotle, Drave in Mure v okviru istega čezmejnega programa sodelovanja Slovenija – Hrvaška za programsko obdobje 2014–2020. V okviru projekta je bila izdelana potrebna tehnična dokumentacija in po potrebi pridobljena gradbena dovoljenja za naslednje projekte:

– Projekt FRISCO2.1 zajema izvedbo modernizacije in nadgradnje pregrade Vonarje na reki Sotli s ciljem zmanjšanja poplavne nevarnosti na območju Sotle na obeh straneh meje. Projekt skupaj izvajata partnerja iz Slovenije in Hrvaške. Na spletni povezavi https://frisco21-project.eu/sl/projekt-frisco-2-1-prehaja-v-zakljucno-fazo/ je mogoče sproti spremljati napredek projekta.
– Projekt FRISCO 2.2 zajema izvedbo dveh gradbenih ukrepov na reki Muri in sicer izvedbo nasipa med Ledavo in visokovodnim nasipom ob Muri pri Benici v Sloveniji in rekonstrukcijo nasipa Sv. Martin na Muri na Hrvaškem. Za ta projekt je prav tako na povezavi https://www.gov.si/novice/2019-10-09-za-ucinkovito-zascito-pred-poplavami-reke-mure-moramo-sosedje-stopiti-skupaj/ omogočeno spremljanje napredka izvedbe.
– Projekt FRISCO 2.3. zajema izvedbo štirih gradbenih ukrepov na rekah Dravi in Kolpi. Na Dravi bosta izvedena dva ukrepa in sicer na desnem bregu reke Drave izvedba rokava pri Mali vasi na območju Republike Slovenije in izvedba nasipa za obrambo pred visokimi vodami Otok Virje - Brezje na ozemlju Republike Hrvaške. Na reki Kolpi bosta izvedena dva ukrepa in sicer izvedba zaščitnega zidu na levi brežini reke Kolpe v vasi Kuželj na območju Republike Slovenije in izvedba zaščitnega zidu na desni brežini reke Kolpe na območju naselja Hrvatsko v republiki Hrvaški. Spletna povezava http://dv.arhiv-spletisc.gov.si/si/medijsko_sredisce/novica/5865/index.html omogoča spremljanje del tudi na teh projektih.

Zaključek

Mednarodni projekt FRISCO1, s ciljem zmanjšati poplavno ogroženost na porečjih Dragonje, Kolpe, Sotle, Bregane in na delih porečij Drave in Mure, je bil zasnovan zelo široko, pa vendar z zelo konkretnimi in otipljivimi cilji. Med izvedbo projekta se je bilo potrebno izogniti mnogim nevarnostim, ki bi ga lahko ogrozile, tudi takih, ki izvirajo iz mednarodne politike, kar je bilo uspešno izvedeno. Glede na to, da so rezultati projekta prispevali vrsto podlag za nadaljnje delo na področju zaščite pred poplavami na praktično celotni slovensko-hrvaški meji, ki se že uporabljajo pri izvajanju novih protipoplavnih ukrepov, ga smatramo za zelo uspešnega.

Viri

Vse gradivo, izdelano v okviru projekta FRISCO1.

Moderc, M., Kolenc, R., Petan, S., 2017: Natančnost lidarskih podatkov z vidika hidravličega modeliranja površinskih voda. Acta hydrotechnica 30/53 (2017), 121–130, Ljubljana.

Petan, S., Golob, A., Moderc, M., 2016.: Hidrološki prognostični sistem Agencije Republike Slovenije za okolje. Acta hydrotechnica 28/49 (2015), 119-131, Ljubljana.