

RAZVOJ ORODIJ ZA UPRAVLJANJA VODA V SAVSKEM BAZENU V IZREDNIH RAZMERAH – WACOM

dr. Davor Kvočka, univ. dipl. inž. grad., Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Univerza v Ljubljani, Jamova cesta 2, Ljubljana

Andreja Žerjav, univ. dipl. inž. vod. in kom. inž., Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Univerza v Ljubljani, Jamova cesta 2, Ljubljana

doc. dr. Primož Banovec, univ. dipl. inž. grad., Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Univerza v Ljubljani, Jamova cesta 2, Ljubljana

Povzetek

Projekt WACOM, ki je sofinanciran iz programa Interreg Donavskega transnacionalnega programa (DTP), se je začel 1. julija 2020 in bo trajal 30 mesecev (do decembra 2022). Vodilni partner projekta je Univerza v Ljubljani, ostali partnerji pa so institucije odgovorne za upravljanje voda, plovbo in civilno zaščito iz Slovenije, Hrvaške, Bosne in Hercegovine in Srbije, ter Mednarodna komisija za Savski bazen (Savska komisija). Ključni izziv projekta WACOM predstavlja pomanjkanje usklajenega odziva na izredne razmere v primeru izrednega onesnaženja in poplav na čezmejnih vodotokih na povodju reke Save. Glavni cilj projekta WACOM je zmanjšanje čezmejnih vplivov okoljskih tveganj povezanih z onesnaženjem zaradi nesreč in poplavami, ki bo temeljilo na izboljšanjem sodelovanju ključnih akterjev v projektu in razvoju skupnega operativnega sistema za aktivacijo odzivnih protokolov v primeru onesnaženja zaradi nesreč ali poplav. V prispevku bodo predstavljeni rezultati testiranja dvodimenzijskega modela propagacije naftnih derivatov na vodotokih, ki deluje

na osnovi predizračunane hidravlike rečnega odseka. Z modelom bodo izdelane simulacije potencialnih razlitij naftnih derivatov, ki bodo predstavljale osnovo za izvajanje postopkov opredeljenih s Protokolom o varstvu pred poplavami (Ur.l. RS 64/2015) in Protokolom o izrednih situacijah, ki je v končni redakciji.

Uvod

Julija 2020 se je začel projekt WACOM, ki je sofinanciran iz programa Interreg Donavskega transnacionalnega programa (DTP). Vodilni partner projekta je Univerza v Ljubljani (Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo in Naravoslovnotehniška fakulteta), medtem ko ostale partnerje predstavljajo institucije odgovorne za upravljanje voda, plovbo in civilno zaščito iz štirih držav (Slovenija, Hrvaška, Bosna in Hercegovina, Srbija) in Mednarodna komisija za Savski bazen (Savska komisija). Namen projekta WACOM predstavlja prepoznano pomanjkanje usklajenega odziva v izrednih razmerah v primeru onesnaženja zaradi nesreč ali

zaradi poplav na čezmejnih vodotokih v Savskem bazenu. Takšne situacije ogrožajo ljudi, okolje in vse vrste rabe voda v porečju, zato jih je treba reševati z izboljšanjem zmogljivosti čezmejnega obvladovanja situacij. Projekt WACOM bo umeščen v postopkovni okvir dela Savske komisije in omogočil razvoj odzivnih mehanizmov, pri čemer so nekatere komponente sicer že uvedene (npr. Sistem za napovedovanje in opozarjanje pred poplavami v Savskem bazenu), medtem ko odzivna komponenta še vedno ni na voljo.

V okviru projekta WACOM bodo zato dodatno razvita in izboljšana tudi orodja za možnost hitrega operativnega odziva, kar bo privedlo do usklajenih odzivnih ukrepov in izboljšane interoperabilnosti vseh vključenih institucij, kar bo nadgrajevalo horizontalno sodelovanje med pristojnimi institucijami upravljanja z vodami, civilne zaščite in plovbe. Postopki usklajenega odziva in nabor operativnih orodij razvitih znotraj projekta WACOM bodo v zaključnih fazah projekta preverjeni v seriji pilotnih preizkusov, ki bodo omogočili validacijo orodij in postopkov ter njihovo operativno implementacijo v redne postopke, ki so opredeljeni s protokoli Savske komisije. Z implementirano strategijo bo postavljena platforma za izboljšano sodelovanje, ki bo hkrati usklajena z drugimi sporazumi in postopki Evropske Unije, npr. mehanizmom EU za civilno zaščito.

Cilji projekta WACOM temeljijo na obstoječem principu čezmejnega sodelovanja na področju usklajenega odziva v primeru onesnaženja in poplav v porečju Save, ki temelji na dvostranskih protokolih o sodelovanju med organi civilne zaščite (Komatina in Grošelj, 2015). Ti protokoli so povezani z delujočimi operativnim platformami (npr. Sava GIS, Sava HIS, Savski sistem za napovedovanje in opozarjanje na poplave). Projekt WACOM bo omogočil spremembo obstoječih dvo- in večstranskih protokolov v enoten in usklajen meddržavni operativni sistem, ki bo temeljil na aktivaciji in izboljšani učinkovitosti trenutnih protokolov s poudarkom na dinamičnem situacijskem zavedanju vseh deležnikov vključenih v projekt.

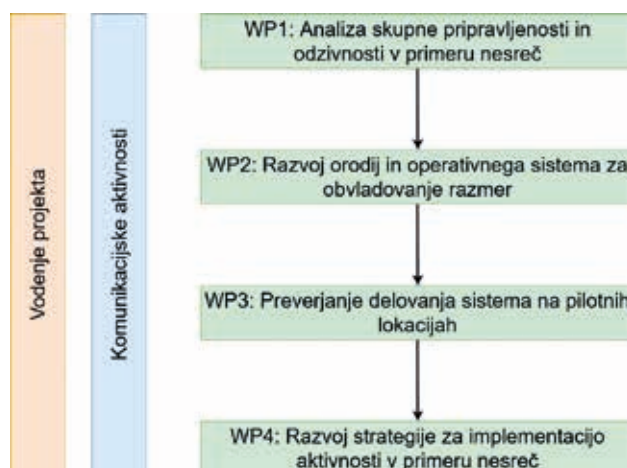
Eno izmed ključnih komponent v razvoju operativnega sistema predstavlja numerično modeliranje propagacije na vodotokih, saj razlitje naftnih derivatov, konkretno frakcije dizel (blizu mu je lahko kurilno olje), ki se pogosto pojavljata v prometu, industriji in transportu. V prispevku bodo predstavljeni rezultati testiranja dvodimenzijskega (2D) modela OilFlow2D s katerim modeliramo propagacijo razlitja dizelskega goriva na vodotokih, ki deluje na osnovi rezultatov 2D hidravličnega modela RiverFlow2D. S pomočjo rezultatov simulacij razlitja naftnega derivata se bo lahko ocenil potovalni čas razlitnega madeža, kar bo omogočilo pravočasno aktivacijo odzivnih protokolov in izvedbo primernih ukrepov za zaježitev nadaljnjega širjenja razlitja.

Metoda projekta

Projekt WACOM je razdeljen na štiri tehnične delovne sklope, ki si zaporedno sledijo in pokrivajo naslednja področja:

1. analiza skupne pripravljenosti in odzivnosti v primeru nesreč,
2. razvoj orodij in operativnega sistema za obvladovanje razmer,
3. preverjanje delovanja sistema na pilotnih lokacijah,
4. razvoj strategije za implementacijo aktivnosti v primeru nesreč.

Vzporedno z omenjenimi štirimi tehničnimi sklopi bodo ves čas projekta potekali tudi delovni sklopi vezani na upravljanje projekta in komuniciranje z deležniki in javnostjo. Projekt je načrtovan tako, da rezultati posameznega delovnega sklopa predstavljajo podlago za nadaljnje delo v naslednjem delovnem sklopu, kar bo omogočilo povezanost in soodvisnost posameznih delovnih sklopov. Na tak način se bo vzpodbudilo močnejše sodelovanje vseh ključnih akterjev v projektu ter omogočilo deležnikom aktivno vlogo pri razvoju skupnega operativnega sistema za aktivacijo odzivnih protokolov v primeru nesreč ali poplav.



Slika 1: Diagram metode projekta

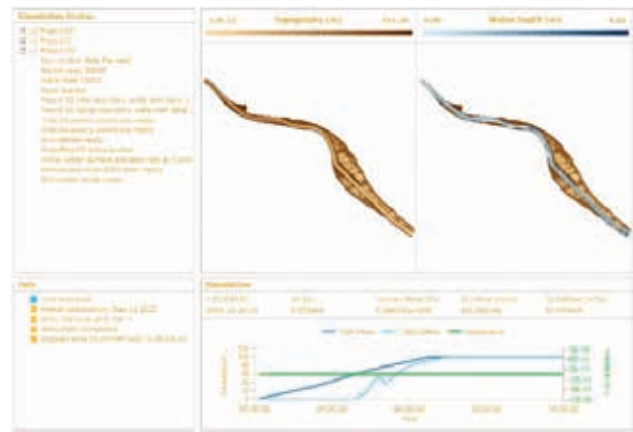
Razvoj operativnega sistema – testiranje numeričnega modela za propagacijo razlitja naftnih derivatov na vodotokih

Numerično modeliranje propagacije razlitja naftnih derivatov na vodotokih v porečju Save se bo izvajalo s pomočjo 2D modela OilFlow2D, ki ga je razvilo podjetje Hydronia LLC. OilFlow2D je numerični model, ki simulira širjenje derivatov na kopnem in propagacijo ter staranje naftnih derivatov v vodi (Hydronia LLC, 2020). Simulacija propagacije derivatov na vodotokih z modelom OilFlow2D temelji na predizračunani dvodimenzijski hidrav-

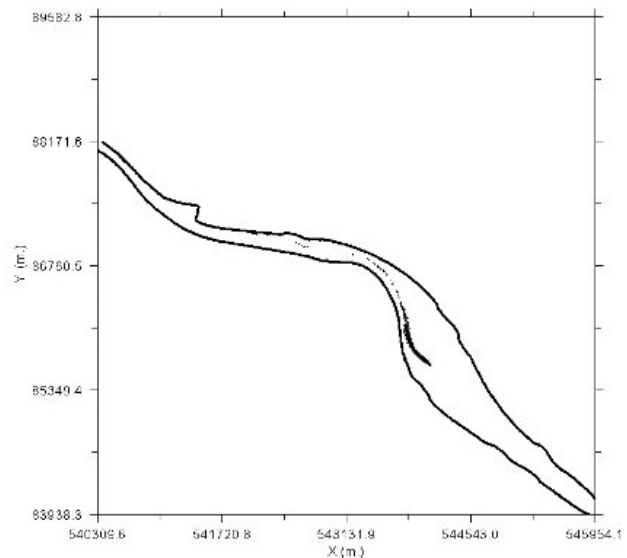
liki rečnega odseka, ki se izračuna z modelom RiverFlow2D (Segura-Beltrán in sod., 2016), in Mackayevi enačbi za širjenje naftnih derivatov v vodi (Mackay in sod., 1980). Model uporablja prilagodljivo numerično mrežo (t. i. flexible mesh), ki omogoča enostavno postavitve modela tudi v primeru najbolj zahtevnih terenov in posledično enostaven izračun glavnih lastnosti toka okoli kompleksnih geometrijskih oblik. Poleg samega mehanskega širjenja naftnih derivatov na površini vodotoka, model OilFlow2D upošteva tudi kemijske in fizikalne procese staranja razlitih naftnih derivatov, kot so izhlapevanje, emulzifikacija in odlaganje derivatov na obalo (Spaulding, 2017). Testni model propagacije naftnih derivatov po vodotoku v porečju Save je bil postavljen za približno 7,3 km dolg rečni odsek Save med pregrado Nuklearne elektrarne Krško (NEK) in hidroelektrarno Brežice (HE Brežice) (slika 2). Za testni dogodek je bil izbran primer nenadnega izlivanja 30 m^3 francije dizel v bližini NEK, ki se je zgodilo pri nizkem pretoku Save, tj. $100 \text{ m}^3/\text{s}$. Propagacijo razlitnega naftnega derivata smo modelirali za dva različna primera: (i) razlitje goriva v rečni strugi (stanje pred postavitvijo HE Brežice, brez vpliva akumulacije) in (ii) razlitje goriva v akumulaciji (stanje po postavitvi HE Brežice, vpliv akumulacije). Za Manningov koeficient trenja je bila izbrana vrednost 0,045 (Chow, 1959). V okviru projekta WACOM se bodo obravnavala predvsem potencialna razlitja pri nizkih pretokih. Izvajanje fizičnih ukrepov za zaustavitev širjenja razlitja naftnih derivatov (npr. postavitve baraž) je lahko pri visokih pretokih izjemno nevarno za izvajalce na terenu, zato se ti ukrepi pri visokih pretokih redko izvajajo. Poleg same propagacije goriva so bili upoštevani tudi procesi staranja (izhlapevanje in emulzifikacija) in proces odlaganja derivata na obalo.



Slika 2: Rečni odsek Save med pregrado NEK in HE Brežice (Google Zemljevidi)



Particle Trajectories
TIME: 0000:13:12:00 DDDD:HH:MM:SS



Slika 3: Izračun rečne hidravlike z modelom RiverFlow2D (zgoraj) in izračun propagacije derivata (dizel) z modelom OilFlow2D (spodaj)

Na Sliki 4 so prikazani modelni rezultati propagacije razlitja goriva na odseku Save med pregrado NEK in HE Brežice. OilFlow2D omogoča spremljanje širjenja razlitja s pomočjo metode sledenja delcem, kjer se z določenim številom delcev ponazorijo propagacija razlitja vzdolž vodotoka in odlaganje derivata na obalo. S pomočjo sledenja razlitju se lahko oceni potovalni čas jedra razlitja med dvema referenčnima točkama (npr. točko razlitja in vnaprej predvideno lokacijo izvajanja zaježitve širjenja razlitja), kar odzivnim ekipam pove koliko časa imajo na voljo za aktivacijo odzivnih protokolov in vzpostavitev ukrepov za preprečevanje širjenja onesnaženja. Informacija o predvidenih lokacijah odlaganja naftnega derivata na obalo je prav tako izjemno pomembna, saj se lahko na podlagi modelnih rezultatov določi prioritete glede lokacij čiščenja razlitja.



Slika 4: Modelni rezultati širjenja naftnega madeža in odlaganja razlitja naftnega derivata na obalo: brez vpliva akumulacije (zgoraj) in z vplivom akumulacije (spodaj).

Modelni rezultati za primer širjenja razlitja brez upoštevanja vpliva akumulacije HE Brežice (Slika 4 levo) so pokazali, da je razlitje potovalo približno dve uri od točke razlitja pri pregradi NEK do zapornic HE Brežice. Razlitje se je raztegnilo v smeri vzdolž vodotoka, toda kljub temu je ostalo relativno kompaktno in je v dokaj strnjeni obliki prispelo do lokacije HE Brežice.

Po drugi strani pa so modelni rezultati za primer širjenja razlitja z upoštevanjem akumulacije HE Brežice (Slika 4 desno) pokazali, da se je potovalni čas bistveno podaljšal, saj je razlitje potovalo več kot 24 ur od točke razlitja pri pregradi NEK do zapornic HE Brežice. Razlitje je s časom postajalo vse bolj razpršeno in je zavzemalo vse manjšo površino, kar nakazuje, da so se že pričeli procesi raztapljanja in usedanja razlitega naftnega derivata. Kljub temu, da je potovalni čas v tem primeru daljši, bi se odzivne službe morale odzvati zelo hitro, saj vse večja razpršenost naftnega madeža vodi v vse težje čiščenje razlitja in v vse večjo nevarnost za okolje.

V okviru projekta WACOM se bo modeliranje propagacije naftnih derivatov izvajalo na velikih rečnih odsekih (npr. celotna reka Sava, deloma s

pritoki). Cilj modeliranja je vzpostavitev niza predizračunanih modelov razlitij za razpon sušnih do nizkih srednjih pretokov, ki bodo zajemali celotno rečno infrastrukturo (npr. pristanišča, pregrade ipd.) in bi lahko v času potrebnem za sprejemne operativnih odločitev podal informacije, kje na celotnem rečnem odseku bi bilo najprimerneje začeti z ukrepi za zaježitev širjenja naftnega madeža in katere deležnike je potrebno vključiti v skupno intervencijo (npr. zapiranje zapornic na hidroelektrarnah na podlagi informacij gorvodno ipd.). Takšen operativni model bi poenostavil in poenotil odzivne ukrepe ter s tem občutno pripomogel k bolj učinkovitemu odzivu v primeru razlitja naftnih derivatov na vodotokih v porečju Save.

Zaključek

Projekt WACOM bo pripomogel k zmanjšanju čezmejnih vplivov okoljskih tveganj povezanih z onesnaženjem zaradi nesreč in poplavi, ki bo temeljilo na krepitvi meddržavnega in medsektorskega sodelovanja med vladnimi institucijami odgovornimi za upravljanje z vodami, odzivom na poplave in civilno zaščito, tj. ključnimi institucijami, ki so odgovorne za pripravo odzivnih mehanizmov in njihovo uporabo v primeru onesnaženja zaradi nesreč ali poplav.

Nedavne ekstremne poplave v Srbiji (2014) (Tošič in sod., 2017) in onesnaženje na reki Spreči (2018) so dokazale veliko potrebo po učinkovitem usklajenem odzivu podprtem s čezmejnimi protokoli, ki jih je razvila Savska komisija. Poleg obstoječih protokolov je potreben tudi razvoj podrobnih načrtov, operativnih orodij in izvedbene strategije, kar bi omogočilo izboljššan, učinkovitejši in uspešnejši odziv v primeru naravnih nesreč (poplave) in nesreč za katere je odgovoren človek (onesnaženje). Razvoj orodij, ki operativno omogočajo izboljšanje sodelovanja in izboljšane procese odločanja v primeru izrednih stanj je pogosto zanemarjena komponenta v splošnem konceptu odziva v primeru naravnih oz. drugih nesreč, saj samo sprejeti dogovori (protokoli) o sodelovanju sami po sebi ne še omogočajo učinkovitega in uspešnega odziva na nesrečo. S sodelovanjem pri pomembnih vprašanjih, kot sta razvoj postopkov in orodij za usklajen odziv v primeru onesnaženja in poplav, bo projekt WACOM razvil tudi demonstracijski primer za druga porečja v porečju reke Donave in širše.

V sklopu projekta WACOM bodo:

- izboljšana pripravljenost in odzivnost (oz. sposobnost spopadanja) vseh deležnikov projekta v primeru onesnaženja in poplav, ki bo vključevala izboljšano opredelitev vlog posameznih organov in dodelitev odzivnih nalog;
- okrepljena zmogljivosti in meddržavni dialog deležnikov, ki so vključeni v skupno operativno okolje;

- razvita interaktivna orodja, ki bodo omogočila bolj učinkovito in posledično boljše meddržavno pripravljenost, odzivnost in sodelovanje v primeru onesnaženja in poplav;
- zapolnjene vrzeli med delovanjem dveh stebrov institucij, ki so odgovorne za odziv v primeru onesnaženja in poplav, tj. med institucijami za upravljanje z vodami in institucijami za varstvo pred naravnimi in drugimi nesrečami (npr. civilna zaščita).

Eno izmed ključnih komponent v razvoju operativnega sistema predstavlja numerično modeliranje propagacije naftnih derivatov na vodotokih. Modelni rezultati širjenja razlitih naftnih derivatov (frakcija dizel) in odlaganja derivatov na obalo bodo uporabljeni za določitev okvirnega časa potovanja razlitja med dvema referenčnima točkama in določitev potencialnih področij odlaganja derivatov na obalo. Modelne informacije bodo služile kot osnova za aktivacijo odzivnih protokolov in primernih ukrepov za zaježitev širjenja razlitja in odstranjevanja njegovih posledic.

Viri

- CHOW, V. T. 1959. *Open Channel Hydraulics* McGraw-Hill. New York, 26-27.
- HYDRONIA LLC. 2020. *OilFlow2DModel for Oil Spills on Water and Land* [Online]. Available: https://www.dropbox.com/sh/hmbny8vmoriutln/AADcu5suPNUiSCQbNmzlwaN-sa?dl=0&preview=OilFlow2D_ReferenceManual_EN.pdf.
- KOMATINA, D. in GROŠELJ, S. 2015. Transboundary Water Cooperation for Sustainable Development of the Sava River Basin. In: MILAČIĆ, R., ŠČANČAR, J. in PAUNOVIĆ, M. (eds.) *The Sava River*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- MACKAY, D., BUIST, I., MASCARENHAS, R. in PATERSON, S. 1980. Oil spill processes and models. *Environmental Protection Service, Canada*.
- SEGURA-BELTRÁN, F., SANCHIS-IBOR, C., MORALES-HERNÁNDEZ, M., GONZÁLEZ-SANCHIS, M., BUSSI, G. in ORTIZ, E. 2016. Using post-flood surveys and geomorphologic mapping to evaluate hydrological and hydraulic models: The flash flood of the Girona River (Spain) in 2007. *Journal of Hydrology*, 541, 310-329.
- SPAULDING, M. L. 2017. State of the art review and future directions in oil spill modeling. *Marine pollution bulletin*, 115, 7-19.
- TOŠIĆ, I., UNKAŠEVIĆ, M. in PUTNIKOVIĆ, S. 2017. Extreme daily precipitation: the case of Serbia in 2014. *Theoretical and Applied Climatology*, 128, 785-794.