doc. dr. Primož BANOVEC *
Matej CERK*
Ajda CILENŠEK*

SISTEM ZA HITRI ODZIV V PRIMERU RAZLITJA NAFTNIH DERIVATOV NA VODOTOKIH

POVZETEK

Orodja za podporo odločanju v primeru razlitja onesnaževal v vodotoke so dokaj pogosta, saj omogočajo boljše programiranje odziva sil zaščite in reševanja v primeru razlitja, hkrati pa tudi sam odziv. V okviru razvojnega projekta smo izdelali integralno orodje, ki presega samo modeliranje širjenja onesnaževala, ampak omogoča tudi integracijo ostalih ključnih elementov, ki so pomembni za upravljanje z odzivom. Glavni cilj projekta je bil tako razvoj orodja, ki bi vključevalo vse komponente, ki so potrebne pri odzivu na dogodek razlitja naftnih derivatov. Enote zaščite in reševanja doslej namreč niso imele na razpolago orodja, ki bi v nekaj minutah podalo odgovore na bistvene neznanke na podlagi katerih se organizira in nato vodi reševanje. Potrebno je bilo razviti ustrezno metodologijo, ki bi pokrila vsa vidike, ki jih je potrebno upoštevati (določiti ustrezna mesta za baraže, oceniti hitrost madeža onesnažila, določiti lokacijo in število razpoložljivih baraž, izdelati model izvedljivosti postavitve baraže). Razvita je bila aplikacija Razlitje, ki združuje vse naštete potrebne vidike in je bila tekom projekta testirana na različnih terenskih vajah.

UVOD

Sistem za hitri odziv v primeru razlitja naftnih derivatov na vodotokih je namenjen izboljšanju operativnega ukrepanja v primeru razlitij in postavljanja zaščitnih baraž. Osnova za identifikacijo možnosti za izboljšanje je analiza preteklih dogodkov razlitij. Povprečno se zgodi v celotnem območju Republike Slovenije 440 nezgod z nevarnimi oz. okolju škodljivimi snovmi. Če vzamemo pod drobnogled obdobje treh let (2000 - 2003) večjih nesreč z nevarnimi snovmi (Četina in ostali, 2012), ugotovimo, da je bil vodotok onesnažen v približno 100 primerih (Preglednica 1).

Preglednica 1: Okoljske nesreče na območju Republike Slovenije (vir: URSZR, povprečje 3 let)

Nesreče z nevarnimi snovmi brez vpliva na okolje	103
Nesreče z nevarnimi snovmi – onesnaženje okolja	48
Nesreče z nevarnimi snovmi v industriji	13
Nesreče z nevarnimi snovmi v cestnem prometu	151
Nesreče z nevarnimi snovmi v železniškem prometu	5
Ekološke nesreče – divja odlagališča, pogini rib, izlivi kurilnega olja,…	3
Iz gospodinjstev	94
Druge nesreče z nevarnimi snovmi	23
SKUPAJ	440

Vsaka izmed teh nezgod lahko povzroči trenutno ali dolgoročno ekološko škodo v okolju oz. na celinskih vodah ter ogrozijo zdravje ljudi in živali. Največ onesnaženj vodnega okolja v praksi se pripeti z naftnimi derivati pri čemer gre res najpogosteje za razlitja manjšega obsega, ki ne prizadenejo širšega območja.
Leta 2010 je bilo na območju Torovo v občini Vodice večje onesnaženje, saj se je po uradnih podatkih izlilo več kot 18.000 litrov kurilnega olja. Hiter odziv gasilcev je bil ključnega pomena, saj je v bližini

* doc. dr. Primož BANOVEC univ. dipl. inž. grad., Matej CERK univ. dipl. inž. grad., Ajda CILENŠEK univ. dipl. inž. VKI, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Jamova cesta 2, 1000 Ljubljana

izliva vodovarstveno območje in je obstajala nevarnost, da bi kurilno olje glede na količino prišla do zajetja pitne vode.
Osnovni cilj projekta je bil razviti metodologijo in orodje (Banovec in Cerk, 2013), ki bi pomagalo pri izvajanju interventnih ukrepov na celinskih vodah, ki so v pristojnosti služb, določenih po predpisih o varstvu pred naravnimi in drugimi nesrečami. Ključna vprašanja, na katera je bilo potrebno odgovoriti: (1) po prejemu sporočila o dogodka, kje in s koliko človeške posadke organizirati postavitev baraž in (2) katera gasilska enota ima na razpolago zadostno količino ustreznih baraž, namenskih sredstev in potrošne opreme.

METODOLOGIJA

Zaradi obsežnosti in kompleksnosti projekta je bilo potrebno razviti več vsebin za različne delovne sklope, ki bodo predstavljene v tem poglavju.

IDENTIFIKACIJA LOKACIJ VIROV ONESNAŽENJA

V Sloveniji smo opredelili naslednje vire potencialnih izrednih onesnaženj: (1) velika skladišča (glede na kriterije SEVESO), (2) majhna skladišča (tudi individualne cisterne naftnih derivatov za ogrevanje s kurilnim oljem), (3) procesni naftni derivati (kemična industrija), (4) prevozna sredstva za naftne derivate (kamioni in cisterne), (6) prevozna sredstva s pogonom na naftne derivate in (7) drugi viri (npr. ilegalno odlaganje izrabljenih naftnih derivatov). Opredeljene vire potencialnega onesnaženja smo vnesli v GIS okolje, pri čemer je mogoče izpostaviti odsotnost sistemske evidence individualnih cistern naftnih derivatov.
Vir onesnaženja je lahko znan, se pa pogosto pripeti v praksi, da je vir onesnaženja ter potek dogodkov, ki je pripeljal do tega, neznan.

IDENTIFIKACIJA LOKACIJ ZA BARAŽE

V sklopu projekta je bila izdelana identifikacija možnih lokacij za postavitev baraž s katerimi je mogoče preprečevati širjenje naftnih derivatov po vodotokih. Doslej tovrstni pregled še ni bil narejen. Metodološko smo navedene lokacije identificirali po naslednjih kriterijih: (1) širina vodotoka večja od 5 metrov, (2) možnost prečkanja vodotoka in (3) analiza lokacije glede na njen pomen za preprečevanje širjenja onesnaženja (ustreznost glede preliminarne ocene hitrosti vodnega toka in globine, ustreznost glede dostopnosti lokacije, pomena glede na zaščito dolvodnih odsekov vodnega toka, pomena glede na potencialne vire onesnaženja gorvodno).
Obravnavane lokacije so se razdelile na podlagi vseh kriterijev v pet kategorij (glede na ocenjeno primernost hitrosti vodnega toka, glede na oceno ustreznosti dostopa do lokacije, glede na oceno pomena lokacije za preprečevanje širjenja onesnaženja). Poleg navedenih kategorij so bile opredeljene dodatne lokacije, ki so posebnega pomena z vidika upravljanja s čezmejnimi vplivi širjenja onesnaženja z naftnimi derivati in se pojavljajo na odsekih, kjer vodotok prihaja iz tuje države (npr. Mura, Drava) ali prehaja v tujo državo (npr. Sava, Soča). Lokacije so bile deloma verificirane s strani izvajalcev gasilske službe širšega pomena (GEŠP), vendar lahko prepoznamo, da je na tem področju potrebnega še več dela, saj bi bilo še posebej za opredeljenih ključnih 48 lokacij, ki se nahajajo dolvodno od večjih aglomeracij ali na območju križanja vodotokov z državno mejo potrebno navedene lokacije še bolje opremiti, na primer s stalnimi sidrišči.

OBDELAVA STATISTIKE VODOMERNIH POSTAJ IN UPARJANJE PODATKOV Z REČNIMI ODSEKI

ARSO ima trenutno 214 postaj za izvajanje hidrološkega monitoringa. Analiza je zajela 190 aktivnih postaj, ki imajo narejeno statistično obdelavo izmerjenih podatkov na spletni ARSO. Vseh vodomernih postaj, ki so ustrezale vsem kriterijem je bilo na koncu 48. Upoštevala se je statistika za celotno merjeno obdobje, ki je bilo na razpolago za posamezno merilno postajo. Izveden je bil pregled rečne mreže projekta Baraže (širše od 5 m) in vsakemu odseku se je pripisalo referenčno merilno mesto in izbrali so se ključni pretoki za vsako merilno mesto (Q_{np} – najmanjši pretok, Q_s – srednji pretok in Q_{vp} –

največji pretok) na podlagi katerega so se izračunali referenčni pretoki za posamezne odseke. Vsak odsek ima definiranih 5 kategorij, v katerih se nahaja pretok, ki je še primeren za postavljanje baraž. Za delovanje in uporabo internetne aplikacije Razlitje je izredno pomembna povezava ažuriranih podatkov s posameznimi rečnimi odseki. Rečna mreža in vsi odseki so bili ponovno ročno pregledani in vsem odsekom je bilo določeno referenčno merilno mesto, ki je najbližje obravnavanemu rečnemu odseku. Za rečne odseke, ki nimajo avtomatskih merilnih naprav so bila izdelane korelacijske analize na podlagi katerih se je za te odseke izdelala ocena pretoka. Predpostavi se, da je na podlagi redno ažuriranih podatkov (ARSO, 2013), kategorija pretoka na izbranem odseku enaka kot je kategorija pretoka na merilnem mestu, ki pripada izbranemu rečnemu odseku ali določena na podlagi koreliranih vrednosti.

REČNI ODSEKI

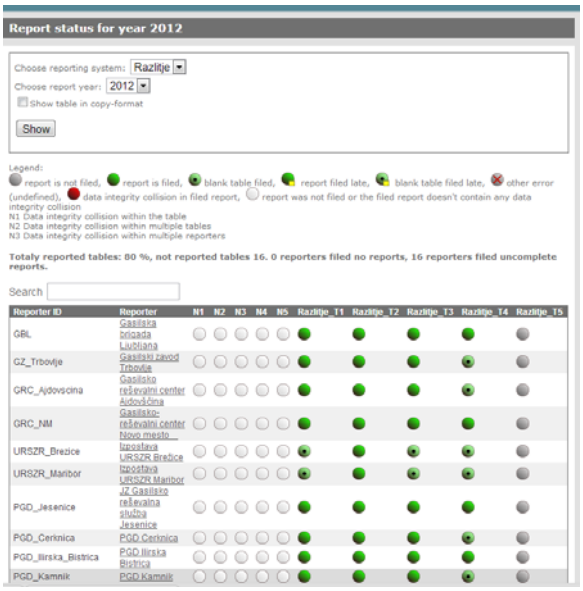
Izhodišče za izdelavo rečnih odsekov je bila rečna mreža v merilu 1:25.000. iz celotne rečne mreže so bili ročno izločeni odseki, ki so bili ožji od 5 m. V naslednjem koraku je bilo narejeno ročno umerjanje mreže in določitev smeri toka ter topološka uskladitev hidrološkega omrežja (mrežo je bilo potrebno topološko urediti ter preveriti ujemanje vsakega odseka z naslednjim). Identifikacija vseh vodotokov je bila opravljena ročno. Višinske točke začetka in konca odsekov so bile pripisane iz javnih baz GURS (DMV 12.5). Ročno je bila opredeljena karakteristična, poenostavljena geometrija odsekov vodotoka in določen Manningov koeficient na podlagi poznavanja rečnega odseka in ocene vegetacije iz ortofoto posnetkov.

MODEL POSTAVITVE BARAŽ IN RAZLIČNI SCENARIJI

Model postavitve baraž je bil izveden in validiran na generični lokaciji. Model ponazarja delujoče sile na baraže v vodnem toku in za izračun je bil uporabljen model gibalne količine vodnega toka na baražo. Prvotna naloga je, da se izračuna število potrebnih baraž ter preveri sile v baražah. Kontrolirati je tudi potrebno silo v posamezne sidrišču in silo na skupno sidrišče. Izračuna se potrebno dolžino baraž in silo v vrvi baražnega sklopa ter sile na sidrišče posameznega sklopa. Enačbe za izračun so podane v končnem poročilu Študija učinkovite uporabe vodnih baraž – OCV, 2012. Model omogoča identifikacijo topologije postavitve baraž, ki glede na ključne parametre (dolžina baraže, kot postavitve, hitrost vodnega toka, tip baraže) še omogoča postavljanje.

INTEGRACIJA PODATKOV O RAZPOLOŽLJIVI OPREMI ZA PREPREČEVANJE ŠIRJENJA ONESNAŽENJA

Za učinkovit in uspešen odziv v primeru razlitja je ključnega pomena informacija o tem kje in koliko specifične opreme je na razpolago. Za zajem in čiščenje vodnih površin se uporablja različna oprema: (1) različni tipi baraž, (2) namenska oprema (čoln z motorjem, črpalka za nevarne snovi, vozilo s potrebno opremo za ukrepanje ob nesrečah z nevarnimi snovmi idr.) in (3) potrošna sredstva. Doslej še ni obstajal centralni register vse intervencijske opreme, ki se nahaja na različnih lokacijah v Sloveniji, zato se je v okviru projekta razvil poseben poročevalski sistem za namene poročanja. Sistem je zasnovan tako, da bodo enote, s statusom gasilskih enot širšega pomena (GEŠP) in koncesionirani izvajalec javne službe preprečevanja širjenja onesnaženja (VGP DRAVA Ptuj d.d.), zavezani k poročanju o zalogi sredstev, kar bo omogočalo boljši pregled in hitrejše angažiranje v primeru večjih onesnaženj (Slika 1).



Slika 1:Spletno okno aplikacije Razlitje s prikazom poročevalskega sistema po posameznih enotah

Na podlagi razvitega poročevalskega sistema je bilo možno oceniti sposobnost oziroma opremljenost slovenskih enot zaščite in reševanja v primeru razlitij naftnih derivatov. Pričakuje se, da bi v primeru večjega izlitja naftnih derivatov na pomembnejši reki bile aktivirane praktično vse razpoložljive enote, zato je celovit pregled nad njihovo opremo toliko bolj pomemben.

HIDRAVLIČNI MODEL PROPAGACIJE ONESNAŽENJA PREKO DOLOČENEGA ODSEKA

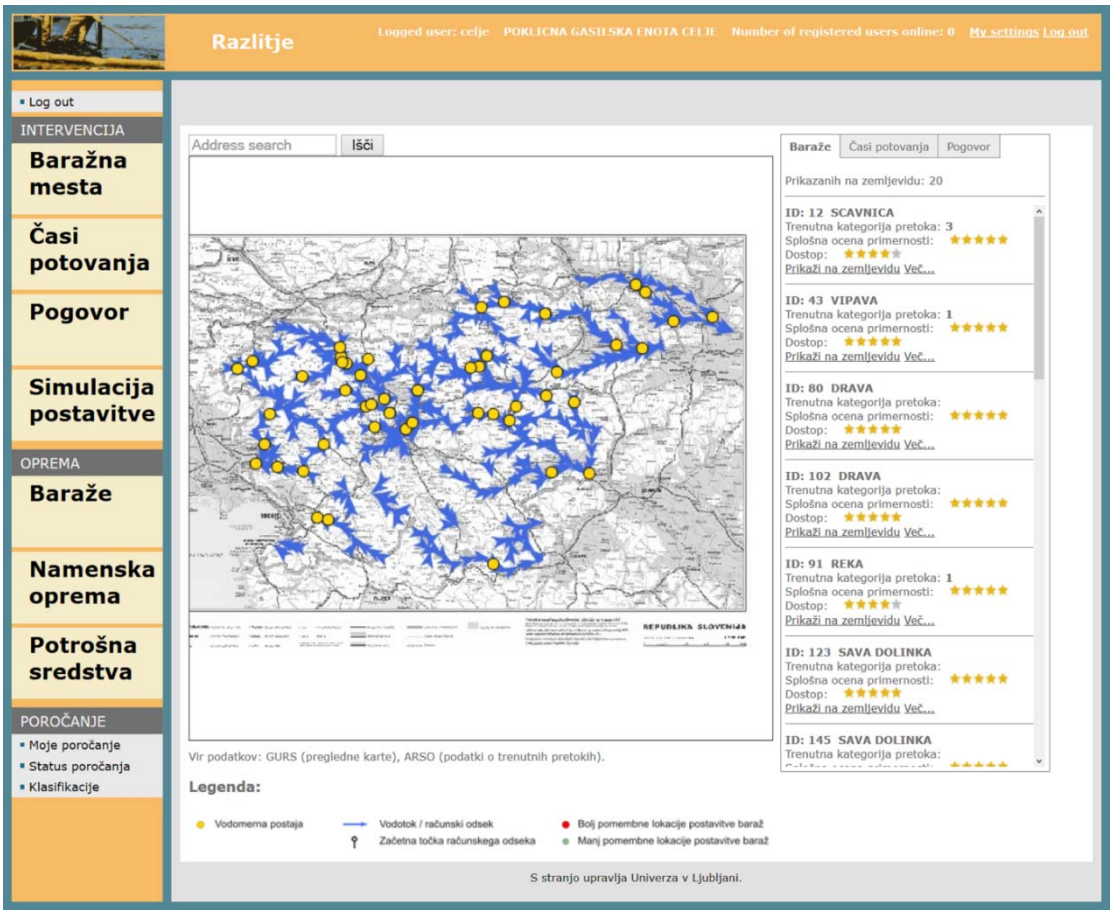
Za vsak odsek rečne mreže je bil izveden izračun hitrosti širjenja naftnega madeža za pet karakterističnih razredov pretokov (v območju sušnih do srednjih pretokov), za katere smo ocenili, da je ukrepanje z namenom preprečevanja širjenja onesnaženja še smiselno. Podrobneje je razvoj modela je opisan v objavah (Četina M., Sirnik N.).

REZULTATI

Podrobneje bodo predstavljene funkcije aplikacije Razlitje in njihova uporabnost, kjer je bil cilj, da po prejetem dogodku uporabniku aplikacija omogoči odgovor na kje in s koliko človeške posadke organizirati postavitev baraž ter katera gasilska enota ima na razpolago ustrezen material.

INTERAKTIVNO OKNO APLIKACIJE RAZLITJE

Interaktivno okno aplikacije Razlitje je integracija več delovnih sklopov: (1) obdelava statistike vodomernih postaj in uparjanje podatkov z odsekom, (2) identificiranih lokacij za postavitev baraž in (3) rečnih odsekov (Slika 2).



Slika 2: Prikaz interaktivnega okna aplikacije Razlitje.

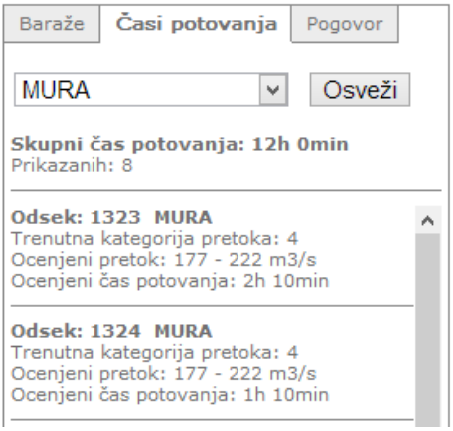
Slika 2 prikazuje vodotoke (modra barva), ki so širši od 5 m. Označena je začetna točka vodotoka in smer vodnega toka. Rumene pike označujejo aktivne vodomerne postaje, za katere se podatki osvežujejo na vsakih 5 minut (oznaka (1) in (3)).
Oznaka (2) prikazuje podroben opis mesta za baraže: (1) ID mesta za baraže, (2) informacijo o trenutni kategoriji pretoka (pretoki so kategorizirani v 5 razredov, 1 je najnižji pretok, 5 predstavlja najvišji pretok), (3) splošna ocena primernosti mesta za postavitev baraže (označena je z zvezdicami, 5 zvezdic pomeni, da je mesto zelo primerno za postavitev baraže, 1 zvezdica pa pomeni, da je manj primerno za postavitev baraže), (4) informacijo o dostopnosti lokacije označena je z zvezdicami, 5 zvezdic pomeni, da je mesto zelo dobro dostopno za postavitev baraže, 1 zvezdica pa pomeni, da je slabše dostopno za postavitev baraže) in (5) dodatne informacije (prikaz lokacije na zemljevidu, Vrstica Več… - odpre novo okno, kjer so na razpolago dodatne informacije o izbranem baražnem mestu - Slika 3).



Slika 3: Dodatne informacije o izbranem mestu za postavitev baraže.

ČASI POTOVANJA (OCENA)

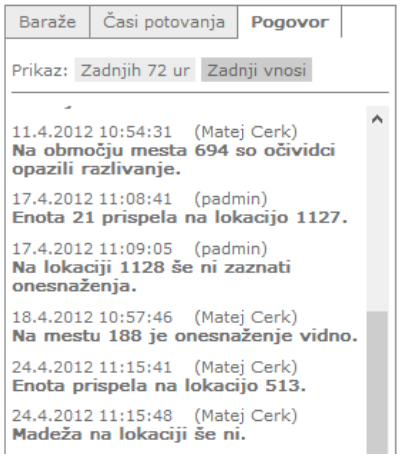
Zavihek »Časi potovanja« podaja informacijo o ocenjenem času potovanja, ki ga potrebuje madež naftnih derivatov, da prepotuje razdaljo od začetne točke odseka do končne točke odseka. Časi potovanja so končni rezultat modela SIPOREK, ki je podrobneje opisan v literaturi (Širca in ostali, 1994; Rajar in ostali, 1994; Širca in ostali, 1997; Sirnik in ostali, poslano v objavo v revijo Acta hydrotehnica). Rezultati modela so bili integrirani v aplikacijo za hitri odziv, ki omogoča pregledno identifikacijo časov potovanja naftnega madeža preko niza rečnih odsekov in na ta način ustreznejše načrtovanje ukrepov za preprečevanje širjenja naftnih madežev. Skupni čas potovanja skozi daljši odsek se določi kot vsota ocenjenega potovalnega časa vseh odsekov (Slika 4).



Slika 4: Prikaz ocenjenega časa potovanja za več odsekov

POGOVOR

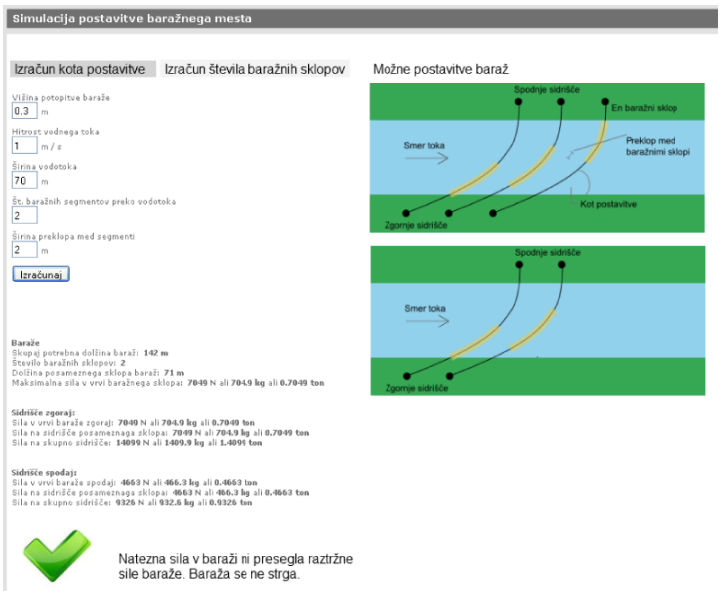
Zavihek »Pogovor« je bil razvit glede na izkušnje pri sodelovanju s silami zaščite in reševanja ob poplavah 2010, ko se je izkazal pomen hkratnega obveščanja več udeležencev preko ustreznega informacijskega sistema. Namen tega modula je podpora odločanju in ustrezno obveščanje velikega števila udeležencev, ki bodo predvidoma sodelovali v primeru razlitja večjega obsega. S tem bodo prejeli vsi uporabniki aplikacije naenkrat informacijo o dogodku, hkrati omogoča širok in natančno razviden potek reševalne akcije oziroma dogodka.



Slika 5: Zavihek Pogovor

SIMULACIJA POSTAVITVE BARAŽE

Modul Simulacija postavitve baraže vsebuje model postavitve baraž in je namenjen uporabi v primeru intervencije in za trenažne namene v primeru usposabljanja. V primeru razlitja naftnih derivatov na določeni lokaciji, mora ekipa na terenu oceniti naslednje vhodne podatke: (1) višina potopitve baraže [m], (2) hitrost vodnega toka [m/s], (3) širina vodotoka, (4) število baražnih segmentov preko vodotoka in (5) širina preklopa med segmenti.
Aplikacija Razlitje, na podlagi vseh integriranih komponent, izračuna sledeče rezultate (Slika 6): (1) celotno potrebno dolžino baraž, (2) število baražnih sklopov, (3) dolžino posameznega sklopa baraž, (4) maksimalno silo v vrvi baražnega sklopa, (5) silo v vrvi baraže zgoraj, (6) silo na sidrišče posameznega sklopa, (7) silo na skupno sidrišče, (8) silo v vrvi baraže spodaj, (9) silo na sidrišče posameznega sklopa in (10) silo na skupno sidrišče.



Slika 6: Simulacija postavitve baražnega mesta.

Simulacija postavitve baraže predstavlja z vidika računskega modela precej poenostavljeno orodje za določanje sil v nosilnih elementih in predvsem v sidriščih, a je ne glede na to pomembno vodilo, ki lahko v času intervencije poda osnovno informacijo o dejanski možnosti postavitve baraž in podaja vsaj usmeritve s katerimi se lahko preprečuje vsaj izrazito napačne odločitve, ko bi zaradi prevelikih sil na sistem baraž prišlo do odtrganja posameznih elementov in potencialno s tem poleg izgube sredstev tudi do ogrožanja osebja, ki izvaja intervencijo.

ZAKLJUČKI

V sklopu projekta je bila izvedena vaja »Baraže Bled 2012«(URSZR, 2012). Namen in cilj vaje je bil v urjenju učinkovite rabe vodnih baraž ob razlitju naftnih derivatov v Savo Bohinjko ter preverjanju uporabnosti rešitev v novi aplikaciji Razlitje. Končni zaključki po izpeljanem projektu so sledeči: (1) v praksi najbolj verjetne lokacije postavitve baraž bi bilo potrebno še terensko obdelati (fotografirati, spremljati stanje ob različnih vodostajih) in vsaj minimalno spremljati, saj se stanje na navedenih lokacijah lahko s časom tudi spreminja, (2) načrtovati redno usposabljanje ekip za rokovanje s plavajočimi pregradami in aplikacijo »Razlitje«, (3) glede na izvedene vaje na določenih lokacijah pripraviti podrobnejše scenarije ukrepanj, (4) bazo z opremo bi bilo potrebno vsaj na letni ravni redno posodabljati in (5) narediti nadgradnjo samega sistema s hitrejšim internet vmesnikom ter pripraviti mobilno aplikacijo za uporabo na telefonu.
Aplikacija že omogoča izboljšani odziv enot zaščite in reševanja v RS, hkrati pa je že požela prve odzive iz tujine, kjer se predvsem pristojne službe zaščite in reševanja sosednjih, dolvodnih držav zavedajo, da je učinkovito ukrepanje v Sloveniji pomembno tudi za njih.

ZAHVALA

Vsebine so rezultat razvojno raziskovalne naloge Študija učinkovite postavitve baraž – OCV, naročnik je bil Uprava za zaščito in reševanje, 2012.

LITERATURA

Banovec, P., Cerk, M. 2013. Oil Spill Management Rapid Response System, Sava Newsflash (ISRBC), Zagreb.

Četina, M., Banovec, P., Fesel, M., Cerk, M., Cilenšek, A., Sirnik, N., Džebo, E. 2012. Študija učinkovite uporabe vodnih baraž – OCV, končno poročilo, Ljubljana.

Rajar, R., Širca, A., Četina, M., Steinman, F., Žagar, D.1994. Matematični model za simulacijo širjenja nafte in procesov ob razlitju polutantov v površinskih vodah. Del. 2, Enodimenzionalni model za simulacijo širjenja nafte in polutantov v rekah, FAGG, Oddelek za gradbeništvo in geodezijo, Laboratorij za mehaniko tekočin,Ljubljana.

Sirnik, N., Vilhar, G., Širca, A., Rajar, R., Žagar, D., Četina, M. Poslano v objavo v revijo Acta hydrotehnica. SIPOREK: Program za hitro oceno onesnaženosti vodotoka v primerih razlitij nevarnih snovi, Ljubljana.

ARSO. Dostopno na spletu: http://www.arso.gov.si/vode/podatki/amp/ (4.10.2013.)

URSZR. Dostopno na spletu: http://www.sos112.si/slo/clanek.php?catid=27&id=5920#leaf (20.12.2012)

Širca, A., Rajar, R., Četina, M. 1994. SIPOREK – program za hitro oceno onesnaženja v vodotokih ob morebitnih razlitjih. Mišičev vodarski dan, Maribor.

Širca, A., Rajar, R. 1997. SIPOR - program za brzu prognozu rasprostiranja polutanata u rijekama. Vodoprivreda,Sarajevo.