



v sodelovanju z



via – vita

Strokovni posvet
CESTE IN POPLAVE



ZBORNIK
Maribor, 10. 10. 2013

via – vita

Strokovni posvet
CESTE IN POPLAVE



ZBORNİK

Maribor, 10. 10. 2013



CESTE IN POPLAVE

10. oktober 2013

Univerza v Mariboru

Fakulteta za gradbeništvo

Organizator

Društvo za ceste severovzhodne Slovenije

v sodelovanju z

Inženirsko zbornico Slovenije

UREDNIKA

Katja Hanžič

Silvo Cesnik

Izdajatelj: Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo

Oblikovanje: Katja Hanžič

Naklada : 150 elektronskih izvodov

ISBN 978-961-248-411-8



CIP - Kataložni zapis o publikaciji

Univerzitetna knjižnica Maribor

625.7/.8:504.4(082)

STROKOVNI posvet Ceste in poplave (2013 ; Maribor)

Zbornik [Elektronski vir] / Strokovni posvet Ceste in poplave, Maribor, 10. 10. 2013;[organizator] Društvo za ceste severovzhodne Slovenije v sodelovanju z Inženirsko zbornico Slovenije ; [urednika Katja Hanžič, Silvo Cesnik]. - Maribor : Fakulteta za gradbeništvo, 2013

ISBN 978-961-248-411-8

1. Hanžič, Katja 2. Društvo za ceste severovzhodne Slovenije 3. Inženirska zbornica Slovenije

COBISS.SI-ID 75760641



strokovni posvet CESTE IN POPLAVE

Maribor, 10. 10. 2013

Program posvetovanja

9.00 – 9.30	Prijava udeležencev
9.30 – 12.00	Pozdravni nagovori organizatorjev in pokroviteljev Ocena škode na državnih cestah v Sloveniji po poplavah v letu 2012 in posledice za prebivalstvo zaradi zapor cest na poplavljenih območjih Ljiljana Herga, <i>Ministrstvo za infrastrukturo in prostor, Direkcija Republike Slovenije za ceste</i> Nevezane plasti cest in voda – večna a nevšečna sopotnika dr. Ana Petkovšek, <i>Univerza v Ljubljani, Fakulteta za Gradbeništvo in geodezijo</i> Razmejitev pristojnosti med upravljavci cest in voda ter kako doseči povečanje poplavne varnosti pri projektiranju dr. Franci Steinman, <i>Univerza v Ljubljani, Fakulteta za Gradbeništvo in geodezijo</i> Problemi iz prakse pri zasnovi in projektiranju poplavne varnosti in odvodnje cest dr. Uroš Krajnc, <i>Institut za ekološki inženiring Maribor</i> Razprava
12.00 – 13.00	Novinarska konferenca in odmor
13.00 – 15.00	Vrednotenje umestitve državne cestne infrastrukture v prostor z vidika poplavne ogroženosti mag. Luka Štravs, <i>Ministrstvo za kmetijstvo in okolje</i> Ceste in varnost pred poplavami dr. Mitja Brilly, Maruša Špitalar in mag. Andrej Vidmar, <i>Univerza v Ljubljani, Fakulteta za Gradbeništvo in geodezijo</i> Poplave podzemne vode – hidrogeološka izhodišča in prikaz praktičnih primerov dr. Mihael Brenčič, <i>Univerza v Ljubljani, Naravoslovno-tehniška fakulteta in Geološki zavod Slovenije, Oddelek za hidrogeologijo</i> dr. Jože Ratej, <i>IRGO consulting</i> Zagotovitev poplavne varnosti na porečju Savinje – lokalni ukrepi Branko Skutnik, Vesna Metelko Skutnik in Urša Žibert, <i>Hidrosvet d.o.o. Projektiranje in tehnično svetovanje</i> Poplavna varnost skozi problematiko križanja cest z vodotoki Agata Suhadolnik in Blaž Ivanuša, <i>DRAVA vodnogospodarsko podjetje Ptuj</i> Razprava in zaključki





Spoštovani,

Poplave so nazadnje prizadele večji del Slovenije v novembru 2012. Najhuje je bilo v Podravju, na mariborskem območju pa v Melju, Malečniku in naprej proti Dupleku. Zalivalo je hiše, voda je vdrla v poslovne objekte, deroča voda je odnašala polja, ceste, mostove, prožili so se plazovi in mulj je prekril dvorišča.

Poplave in povodnji po vsem svetu spadajo med najhujše in hkrati najpogostejše naravne katastrofe. Največji fizični in čustveni stres pri poplavah vedno doživimo ljudje, še posebej ogroženi so otroci, starejši, invalidne osebe in nosečnice.

Pri vsem tem moramo opozoriti tako na nevarnost deroče vode, kakor tudi na okužbe in pretrganje logističnih povezav. Med in po poplavah je najbrutalnejša prepeka nedostopnost nujne medicinske pomoči in drugih reševalnih služb do ponesrečencev, pa seveda uničenje vodovodnih in kanalizacijskih sistemov ter transportnih sistemov v smislu dobave hrane in zdravil .

Zaradi poplav, vdorov in plazov so popolnoma zaprte številne ceste, mostovi, prelazi in železniške povezave, velikokrat izpade elektrika in s tem internetna povezava.

Program strokovnega posvetovanja 'Društva za ceste Severovzhodne Slovenije' na temo 'Ceste in poplave' me navdaja z upanjem, da bosta strokovna in laična javnost na področju Republike Slovenije našli skupni jezik in stične točke glede vodotokov in cest, ter da bosta z zaključki posvetovanja aktivno in praktično prispevali k varovanju, upravljanju ter projektiranju cest in voda.

Srčno upam, da bodo svoje poglede, znanja in izkušnje dodali tudi predstavniki lokalnih skupnosti, državnih organov, fakultet, posamezni projektanti, upravljavci, vzdrževalci, gasilci, bolničarji, študenti ter ostale javnosti. Šele sinergija vseh naštetih deležnikov in njihovih izkušenj lahko namreč pripelje do celovitega reševanja prihodnosti sobivanja s poplavami.

Strokovna javnost za te hidrogeografske značilnosti in posege že uporablja izraz ekoremediacije, kar pomeni način, kako ukrotiti vodo tako, da ne škodimo niti naravi niti ljudem.

Uspešen posvet želim organizatorjem in udeležencem!

dr. Andrej Fištravec
župan Mestne občine Maribor



Spoštovani udeleženci posvetovanja,

Z zadovoljstvom vas pozdravljam v imenu sodelavcev Fakultete za gradbeništvo Univerze v Mariboru, ki je kot pomembna znanstveno-pedagoška ustanova sprejela častno pokroviteljstvo letošnjega strokovnega posvetovanja na temo CESTE IN POPLAVE v organizaciji Društva za ceste severovzhodne Slovenije in Inženirske zbornice Slovenije.

Nahajamo se v obdobju hitro spreminjajočih se družbeno gospodarskih razmer, spreminjajo se številne zadeve, tudi zavest o posledicah naših preteklih odločitev in dejanj. Potrebujemo nove vizije in pristope, zato smo v naše izobraževalne programe s področij gradbeništva, prometa in arhitekture, vključili najsodobnejša spoznanja. Umno in strokovno gospodarjenje s prostorom, prometno infrastrukturo in z vodami je pogoj za zagotavljanje našega obstoja in trajnostnega razvoja.

V zaostrenih pogojih gospodarjenja s prostorom in prometno infrastrukturo, ko so narušeni sistemi financiranja ukrepov na področju vzdrževanja infrastrukture in zmanjševanja škodljivega delovanja voda, je tudi ohranjanje društvenih strokovnih aktivnosti, organiziranje različnih posvetovanj in sprotno izobraževanje zaposlenih in članov različnih društev, zelo pomembno.

Tokratno aktualno posvetovanje je vezano na obvladovanje gradnje in vzdrževanja cest ter okolja na poplavnih območjih v Republiki Sloveniji. Organizirano je ob pravem trenutku, saj nas splošno pomanjkanje finančnih sredstev, neugodni vremenski pojavi v naravi in vse pogostejše poplave z velikimi posledicami za okolje, ljudi, gospodarstvo in prometno infrastrukturo opozarjajo, da moramo tej temi in ustreznim ukrepom, v prihodnje posvetiti še več pozornosti. Dobro poznavanje problematike in procesov izvajanja določene dejavnosti je namreč osnova za organizacijo in optimizacijo organizacijskih struktur, ki te dejavnosti izvajajo in tudi potrebnih proračunskih sredstev. Aktualni prispevki strokovnjakov s področij gradbeništva, prometa in vodnega gospodarstva so nam zagotovo v veliko pomoč.

Vsem udeležencem posveta želim uspešno delo, plodno izmenjavo strokovnih znanj in izkušenj ter sprejem za vse nas koristnih zaključkov.

prof. dr. Miroslav Premrov
dekan Fakultete za gradbeništvo
Univerza v Mariboru



Spoštovane dame in gospodje,

Zaradi obveznosti dekana FGG imam prijetno dolžnost, da namesto njega pozdravim udeležence posvetovanja. Naša fakulteta izobražuje tako prometne kot vodarske strokovnjake, zato smo z veseljem podprli današnje posvetovanje, ki obravnava pomembne probleme današnjega časa.

Slovenija je na gosto preprejena z mrežo prometnic in mrežo vodotokov. Zato se prometnice in vodotoki pogosto stikajo, križajo, pa tudi omejujejo. Za oboji so artikulirani javni interesi, ki pa so lahko skladni ali nasprotujoči. Gotovo vsak pozna primere za posege, kjer potekajo številna usklajevanja pri umeščanju v prostor ali vzdrževanju ali posodabljanju. Inženirji imajo pomembno nalogo, ker različice ovrednotijo z merljivimi parametri, nemerljive pa skušajo posredno določiti. Seveda si vsi želimo, da bi odločitve pristojnih slonele na ustreznih strokovnih podlagah. »Ampak« – ta beseda vedno znova najavlja zadrege – pomembna je interpretacija, katere podlage so »ustrezne«. Tu pa ima svojo vlogo IZS in strokovna društva. Največ nesporazumov nastaja zato, ker uporabljamo iste besede za različne pojme ali pa različne besede za iste pojme. Strokovna posvetovanja pomembno prispevajo, da se bolje razumemo na svojem področju in da nas bi bolje razumeli drugi.

Voda je povsod okoli nas in v nas. Torej se ji tudi prometnice ne morejo izogniti. Presoja vpliva na (vodno) okolje je vse bolj utečen instrument za varstvo voda. Presoja vpliva vode na antropogene posege v vsaki fazi življenjskega cikla gradbenih objektov pa zahtevna naloga inženirjev. Da je presoja vpliva vode na prometnice naloga, ki jo je treba dobro opraviti v procesu dokazovanja o izpolnjenih sedmih bistvenih zahtevah pri gradnjah, pa bo razvidno iz zanimivega programa današnjega posvetovanja.

Želim vam uspešen dan, z veliko razprave in pobudami, kako izboljšati stanje. Tudi naši študenti se bodo veliko naučili iz vsebin današnjih referatov.

prof. dr. Franci Steinman
Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Univerza v Ljubljani



Spoštovane kolegice in kolegi,

Društvo za ceste SV Slovenije je bilo ustanovljeno že leta 1982, takrat še kot Društvo za ceste Maribor, z namenom združevanja tistih članov, ki jih zanima področje cest in prometa v vseh svojih oblikah, od planiranja, projektiranja, gradnje in vzdrževanja, ter tudi prometne politike v celoti, tako na nivoju našega mesta kot regije.

Zaradi širitve članstva in s tem povezanega medsebojnega sodelovanja članov tudi z drugih območij, od Koroške do Prekmurja, se je društvo leta 2008 preimenovalo v DCM Društvo za ceste severovzhodne Slovenije.

V vseh letih našega delovanja skrbimo za izobraževanje članov, bodisi v obliki posvetovanj, kot je današnje, ali v obliki strokovnih ekskurzij, tako doma kot v tujini. Vsak od teh dogodkov pomeni hkrati tudi priložnost za druženje članov, za srečanje poslovnih partnerjev, kolegov iz šol in fakultet, pa tudi priložnost za nova znanstva in poslovne stike.

Za današnje posvetovanje z naslovom CESTE IN POPLAVE smo v upravnem odboru društva dobili idejo ob lanskih katastrofalnih poplavah na našem koncu Slovenije, ki so poleg škode v kmetijstvu, na gospodarskih objektih in urbanem okolju povzročile ogromno škodo tudi na objektih cestne infrastrukture.

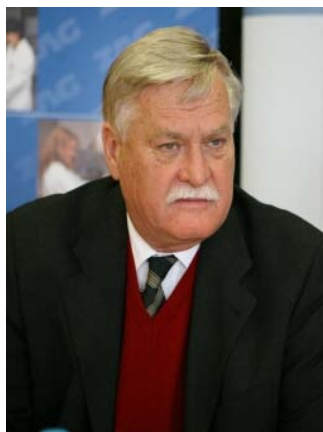
Poplave so v zadnjih letih že kar stalnica v slovenskem prostoru in ko voda odteče, se škoda meri kar v desetinah ali celo stotinah milijonov evrov.

Na drugi strani pa se je že zgodilo, da se je pojavila kakšna manjša lokalna poplava po izgradnji neke nove ceste. Če je ob tem poplaval kakšno hišo, je bil revolt prizadetih stanovalcev upravičen.

Seveda takšno posvetovanje, kot je današnje, ne more preprečiti poplav, tudi ne zavarovati posameznih območij pred poplavami, lahko pa da usmeritve, in to je seveda naš cilj, kako ceste projektirati, graditi, obnavljati in vzdrževati, da bodo posledice čim manjše.

Boris Stergar

predsednik Društva za ceste severovzhodne Slovenije



Cenjene kolegice, spoštovani kolegi!

Neprestano zmanjševanje sredstev za razvoj in vzdrževanje cestnega omrežja glavnih in regionalnih cest, kot tudi lokalnih cest, težave pri zagotavljanju zadostnih sredstev za vračilo prekomerno najetih posojil za uresničitev nacionalnega programa izgradnje avtocest kot tudi za nadaljnji razvoj in vzdrževanje avtocestnega omrežja, zastoji in zakasnitve pri naložbah v železniško infrastrukturo, v luko Koper in osrednje letališče, kot tudi vsesplošno pomanjkanje razumevanja, volje in energije za reševanje izzivov, s katerimi smo soočeni, vodijo razvoj in ohranjanje prometnih dejavnosti kot tudi pridobljenega znanja v hitro nazadovanje in nepremostljiv zaostanek za ostalimi evropskimi državami.

V takšnih razmerah je ohranjanje strokovnih aktivnosti društev za ceste in promet neprecenljive vrednosti. Med te prav gotovo spada tudi vsebinsko bogato posvetovanje CESTE IN POPLAVE v organizaciji Društva za ceste SV Slovenije še posebej, ker nas sama narava neprestano opozarja, da moramo tej temi v prihodnje posvetiti več pozornosti. Naj izrazim takšno prepričanje tudi v imenu članov ostalih cestnih društev, da so takšna srečanja tudi v prihodnje več kot potrebna in zaželena.

Vendar pa v sedanji krizi ni mogoče prezreti nujnosti, da strnemo svoje moči in znanje v prizadevanjih za zagotovitev namenskih sredstev za pospešitev razvoja prometne infrastrukture, kot je že bila to uspešna praksa pri gradnji avtocest v drugi polovici devetdesetih let prejšnjega stoletja. Gre za uresničitev predlogov 10. in 11. nacionalnega cestnega kongresa in še nekaterih strokovni srečanj naših društev v polpreteklem obdobju, da ponovno uvedemo zbiranje namenskega denarja od domačih in tujih uporabnikov avtocest – bencinskega centa. Ta pobuda je bila pred kratkim podprta tudi s strani državne uprave pristojne za ceste, dolgoletna praksa zbiranja namenskih sredstev za ceste pa je uspešna tudi v sosednji Hrvaški in v še nekaterih drugih evropskih državah.

Pozivam kolegice in kolege vseh generacij, ki so s svojim delom povezani s cestnim gospodarstvom ali z drugimi prometnimi dejavnostmi, da se združimo in usklajeno zahtevamo od pristojnih v državni upravi zagon novega investicijskega ciklusa v prometno infrastrukturo. Po oceni mnogih bo oživitev graditeljstva pomembno prispevala k hitrejšemu izhodu Slovenije iz sedanje krize.

Društvu za ceste SV Slovenije kar se da uspešno delo tudi v prihodnje.

Matija Vilhar

Družba DRC d.o.o.



KAZALO

LJILJANA HERGA

OCENA ŠKODE NA DRŽAVNIH CESTAH V SLOVENIJI PO POPLAVAH V LETU 2012 IN POSLEDICE ZA PREBIVALSTVO ZARADI ZAPOR CEST NA POPLAVLJENIH OBMOČJIH.....	13
---	----

DR. ANA PETKOVŠEK

NEVEZANE PLASTI CEST IN VODA – VEČNA A NEVŠEČNA SOPOTNIKA	19
---	----

DR. FRANCI STEINMAN

RAZMEJITEV PRISTOJNOSTI MED UPRAVLJAVCI CEST IN VODA TER KAKO DOSEČI POVEČANJE POPLAVNE VARNOSTI PRI PROJEKTIRANJU	27
--	----

DR. UROŠ KRAJNC

PROBLEMI IZ PRAKSE PRI ZASNOVI IN PROJEKTIRANJU POPLAVNE VARNOSTI IN ODVODNJE CEST.....	31
---	----

MAG. LUKA ŠTRAUS

VREDNOTENJE UMESTITVE DRŽAVNE CESTNE INFRASTRUKTURE V PROSTOR Z VIDIKA POPLAVNE OGROŽENOSTI.....	39
--	----

DR. MITJA BRILLY, MARUŠA ŠPITALAR IN MAG. ANDREJ VIDMAR

CESTE IN VARNOST PRED POPLAVAMI	45
---------------------------------------	----

DR. MIHAEL BRENCIČ IN DR. JOŽE RATEJ

POPLAVE PODZEMNE VODE – HIDROGEOLOŠKA IZHODIŠČA IN PRIKAZ PRAKTIČNIH PRIMEROV	49
---	----

BRANKO SKUTNIK, VESNA METELKO SKUTNIK IN URŠA ŽIBERT

ZAGOTOVITEV POPLAVNE VARNOSTI NA POREČJU SAVINJE – LOKALNI UKREPI	57
---	----

AGATA SUHADOLNIK IN BLAŽ IVANUŠA

POPLAVNA VARNOST SKOZI PROBLEMATIKO KRIŽANJA CEST Z VODOTOKI.....	63
---	----

ZAHVALA	69
---------------	----



Ljiljana Herga

Ministrstvo za infrastrukturo in prostor, Direkcija Republike Slovenije za ceste

Ocena škode na državnih cestah v Sloveniji po poplavih v letu 2012 in posledice za prebivalstvo zaradi zapor cest na poplavljenih območjih

POVZETEK

V letu 2012 sta skoraj celotno Slovenijo zajeli izredno močno deževje in sneženje, ki sta med 26. in 28. oktobrom 2012 ter med 3. in 5. novembrom 2012 povzročili ogromno gospodarsko škodo, ki je bila ocenjena na skoraj 311 milijonov evrov. Tudi na glavnih in regionalnih cestah, ki jih upravlja Direkcija RS za ceste, je bila povzročena izjemno velika škoda, ki se je pokazala predvsem kot obilni nanosi materiala na vozišča, porušitve podpornih konstrukcij cest in zdrsi zemeljskih plazov na ceste. Poškodbe so odpravljali predstavniki vseh sedmih koncesionarjev vzdrževalcev in nadzornega inženirja. Med samo ujmo je bilo na glavnih in regionalnih cestah postavljenih 33 popolnih in 43 delnih zapor cest. Ocenjena škoda na glavnih in regionalnih cestah po umiku vodotokov v struge je presegla 16 milijonov evrov, odpravljala pa se bo v treh letih, in sicer od leta 2012 do leta 2014.

UVOD

Močno deževje in sneženje med 26. in 28. oktobrom 2012, ki sta na posameznih območjih trajali vse do 3. novembra 2012, sta povzročili veliko škodo predvsem na novogoriškem območju. Od 4. do 5. novembra pa je še obilnejše deževje zajelo večji del Slovenije, ki mu je sledilo silovito naraščanje vodostaja potokov in rek po vsej državi. Poleg tega je obilno deževje presenetilo tudi posamezne dežele Italije, Avstrije in Madžarske, ki so z rečnimi potmi povezane s Slovenijo. Besnenje in razlitja potokov in rek so ustvarili poplave, ki so povzročile veliko gospodarsko škodo, ogromna škoda pa je nastala tudi na glavnih in regionalnih cestah, ki so v upravljanju Direkcije RS za ceste. Poplave so zajele 11 regij, 112 slovenskih občin, škoda je bila povzročena 7982 oškodovancem, njena skupna vrednost pa je bila ocenjena na 310.908.750,01 evra (brez DDV). Ocenjevanje škode na državnih cestah je usklajevalo Ministrstvo za infrastrukturo in prostor, izvedli pa so ga Direkcija RS za ceste, DRI upravljanje investicij, d. o. o., Ljubljana in vseh sedem koncesionarjev vzdrževalcev državnih cest: GGD Kranj, d. d., CPG Nova Gorica, d. d., Cestno podjetje Ptuj, d. d., VOC Celje, d. d., CGP Novo mesto, d. d., Cestno podjetje Murska Sobota, d. d., in CPK Koper, d. d. Narejenih je bilo 452 ocenjevalnih zapisnikov ugotovljene škode na državnih cestah.

Dežurne skupine vseh sedmih koncesionarjev vzdrževalcev in nadzornega inženirja za redno vzdrževanje državnih cest so se takoj ob naraščanju voda ter ob pojavljanju prvih ovir na voziščih in zaznanih poškodbah državnih cest lotile izvajanja ustreznih tehničnih ukrepov, kot so zavarovanje cest, zapore cest in preprečitev nastanka še večje škode. Škoda na državnih cestah je nastala zaradi obilnih nanosov grušča, melja, blata in naplavljenih dreves na poplavljenih delih vozišč, obsežnih poškodb cest ob strugah vodotokov, porušitve podpornih konstrukcij in obrežnih delov premostitvenih objektov, zdrsov zemeljskih plazov na ceste in trganja cestne konstrukcije.

PREDPISANI UKREPI IN NADZOR OB ELEMENTARNIH DOGODKIH

V okviru veljavnih koncesijskih pogodb za redno vzdrževanje (zimsko in letno) in varstvo glavnih in regionalnih cest mora vsak koncesionar vzdrževalec ob vsakokratnem elementarnem dogodku, pri katerem je ogrožena prometna varnost, ali ob zapori prometa z vzpostavitev delne ali popolne zapore državne ceste po prejetju obvestila Policije ali občanov ali ob evidentiranju takega dogodka v okviru nadzora nad stanjem državnih cest izvesti te dejavnosti:

- koncesionar vzdrževalec si takoj po prejemu obvestila ogleda prizadeto območje na kraju samem in postavi ustrezno začasno prometno signalizacijo v skladu s Pravilnikom o prometni signalizaciji in prometni opremi na javnih cestah (Uradni list RS, št. 46/2000) in strokovnotehnično zavaruje obravnavani odsek ceste. Ob popolni zapori ceste se po možnosti v čim manjšem obsegu označi varen obvoz;
- takoj po ugotovitvi obsega elementarnega dogodka in njegovega vpliva na promet koncesionar vzdrževalec telefonsko obvesti odgovorno osebo naročnika (Direkcijo RS za ceste), nadzornega inženirja rednega vzdrževanja državnih cest (DRI, d. o. o., Ljubljana) ter Center za upravljanje in vodenje prometa DRSC v Dragomlju. Če se je elementarni dogodek zgodil na večjem območju, ki sega čez meje območja vzdrževanja enega koncesionarja, obvesti tudi koncesionarja sosednjega območja. Ob resnejši ogroženosti prometa o elementarnem dogodku telefonsko obvesti tudi pristojno policijsko upravo;
- koncesionar vzdrževalec mora najpozneje v štirih urah po evidentiranju elementarnega dogodka o tem pisno po telefaksu ali elektronski pošti obvestiti odgovorno osebo naročnika in nadzornega inženirja. Obvestilo mora vsebovati podatke o lokaciji, številki ceste, številki odseka, stacionaži, vrsti in obsegu elementarnega dogodka ter o vrsti

vzpostavljene začasne prometne ureditve (delna ali popolna zapora ceste);

- v 24 urah po evidentiranju elementarnega dogodka je treba nadzornemu inženirju dostaviti v potrditev natančno shemo začasne prometne ureditve s kratkim poročilom o nastali škodi ter ocenjenem času, potrebnem za vzpostavitev prevoznosti ceste. V shemi začasne prometne ureditve je treba natančno prikazati obstoječo in začasno prometno signalizacijo, ki ju je treba smiselno uskladiti. Koncesionar vzdrževalec vpiše v svoje poročilo tudi ime in priimek odgovorne osebe ter telefonsko številko, na kateri je ta oseba dosegljiva;
- v izjemnih primerih, ko so poškodbe večje, mora koncesionar vzdrževalec odgovorni osebi naročnika in nadzornega inženirja poslati podrobno poročilo z oceno stroškov za vzpostavitev prevoznosti najpozneje v treh dneh, v 24 urah po nastanku pa kratko poročilo o dogodku;
- ob manjših elementarnih dogodkih koncesionar vzdrževalec takoj izvede le nujno potrebne ukrepe za vzpostavitev prevoznosti in o tem v 24 urah obvesti odgovorno osebo naročnika in nadzornega inženirja;
- naročnik na podlagi predloga nadzornega inženirja predlagano stanje začasne prometne ureditve potrdi ali predlaga njegovo dopolnitev, in sicer v 24 urah po prejetju. O usklajeni in potrjeni okoliščini začasne prometne ureditve naročnik obvesti pooblaščenega koncesionarja vzdrževalca, pristojno policijsko upravo, Prometni inšpektorat Republike Slovenije in izvajalca obveščanja o stanju državnih cest in prometu na njih;
- naročnik si skupaj z nadzornim inženirjem v 24 urah po prejemu obvestila o elementarnem dogodku oziroma čim prej, če narava elementarnega dogodka ne dopušča oglada v postavljenem roku, strokovno ogleda prizadeto območje in poškodovani del ceste. Na ogledu se oceni najmanjši obseg zahtevanega popravila, ki je potreben za vzpostavitev prevoznosti ceste. Vodja vzdrževanja koncesionarja vzdrževalca po ogledu pripravi pisno oceno stroškov za vzpostavitev prevoznosti in oceno stroškov trajnega popravila ter ga pošlje naročniku. Po potrditvi potrebnega obsega del in okvirnega predračuna, ki ga pripravi nadzorni inženir, se začnejo popravila za vzpostavitev prevoznosti ceste;
- po dokončanem popravilu, vzpostavitvi vsaj najnujnejše prevoznosti ceste in ogledu na kraju samem koncesionar vzdrževalec v 24 urah pisno obvesti naročnika in nadzornega inženirja. Če je po končani izvedbi del promet še vedno oviran ali je začasna prometna ureditev glede na prvotno spremenjena, je treba obvestilu priložiti tudi novo stanje začasne prometne ureditve. Naročnik ga potrdi in o spremembi obvesti pristojno policijsko upravo, Prometni inšpektorat Republike Slovenije in

izvajalca obveščanja o stanju državnih cest in prometu na njih.

TAKOJŠNJI INTERVENCIJSKI OGLEDI IN UKREPI ZA VZPOSTAVITEV PREVOZNOSTI CEST

Predstavniki vseh sedmih koncesionarjev vzdrževalcev, ki vzdržujejo glavne in regionalne ceste na devetih koncesijskih območjih, in predstavniki nadzornega inženirja so se že med začetnim poplavnim valom nemudoma odpravili na kraj sam in opravljali prve ogleda in hitre ocene povzročene škode, ki je nastajala ob vse silovitejšem pritoku voda na vozišča cest ter druge cestne objekte. Ob tem so sprejemali že tudi prve odločitve in zavarovali nevarna mesta in preusmerili promet zaradi poškodb državnih cest ter vzpostavljali prevoznost tam, kjer je bilo mogoče. Na tem mestu je zato treba poudariti visoko strokovno usposobljenost vseh predstavnikov koncesionarjev vzdrževalcev in nadzornega inženirja ter njihovo odločno ter hitro in premišljeno odločanje o tem, kateri ukrep je potreben na posameznem odseku ceste nemudoma izvesti zaradi vzpostavitve prevoznosti posamezne cestne povezave ali zavarovanja prometa in udeležencev v njem.

Povsod, kjer so bile državne ceste le poplavljenе, so bile delne ali popolne zapore odstranjene takoj, ko ni bilo več nevarnosti za udeležence v prometu. Povsod, kjer so bile poškodbe cest večje, a obvladljive, so bile takoj popravljene, da je bila mogoča zasilna prevoznost ceste. Nekatere poškodbe so bile odpravljene takoj; 6. novembra, to je le dva dni po poplavih, pa so koncesionarji vzdrževalci že popravili veliko večino poškodovanih odsekov cest. Posamezni odseki cest, ki so jih ogrožali zemeljski plazovi, so bili ocenjeni kot zelo zahtevni za popravilo, ker je bilo na takih mestih zelo težko oceniti stopnjo nevarnosti. Do pridobitve strokovnih mnenj geologov in geomehanikov so vsi taki odseki cest ostali zaprti za ves promet; če pa je bilo mogoče, so bili takoj določeni najkrajši mogoči obvozi. Do 7. novembra je bila prevozna velika večina ogroženih odsekov glavnih in regionalnih cest.

POPLAVE PO POSAMEZNIH OBMOČJIH

Celjsko območje

Močno povečanje vodotokov v Podravju je povzročilo deževje 5. novembra. Zaradi poplavljenih vozišč so bile zaprte glavne ceste na območju Hrastnika, Zidanega Mostu, Celja, Šmarjete, Rimskih Toplic, Jurkloštra, Šempetra, Latkove vasi, Črnove, Arje vasi, Nove cerkve, Socke in Vitanja. Na tem območju so bile postavljene popolne zapore cest na 11 odsekih, delne zapore pa na 22 odsekih cest. Na cesti Hrastnik–Zidani Most so bile zaradi udrtih bankin postavljene protipoplavne ovire. Poškodbe, ki so nastale ob tokratnih poplavih, so bile predvsem zaradi udorov vozišč ter udorov na voziščih in pod vozišči, udorov brežin, plazov nad cesto, zasutih vozišč, odplavljeno je bilo vozišče, nastale so poškodbe podpornih zidov, poškodovani pa so bili tudi mostovi.

Novogoriško območje

Na novogoriškem območju so bile poplave predvsem v Zgornjem Posočju. Zaprte so bile glavne ceste med Novo Gorico in Tolminom, med Tolminom in Idrijo, med Tolminom in mejnim prehodom Robič ter regionalne ceste okrog Bovca. Na cesti Trenta–Bovec je bil obsežni udor vozišča, Soča je odnesla približno 30 metrov ceste.

Na dveh regionalnih cestah sta se sprožila zemeljska plazova, bili pa so tudi obsežni hudourniški nanosi na vozišča ter poškodovane bankine ob cestah. Zaradi vsega navedenega so bile na novogoriškem območju postavljene tri zapore cest, ena popolna in dve delni.

Gorenjsko območje

Gorenjsko območje sicer ni imelo številnih elementarnih dogodkov, so bili pa tisti trije, ki so se zgodili, toliko obsežnejši. Bili sta dve popolni in ena delna zapora ceste. Nanosi in poškodbe opornih in podpornih zidov, odtrgani robovi vozišč in uničeni sistemi odvodnjavanja cest ter poškodovan most so bili posledica lanske vodne ujme. Na cesti Mojstrana–Vrata je bilo porušeno vozišče v dolžini 40 metrov. Zemeljski plaz v dolžini 100 metrov je ogrožal cesto Javornik–Gorje.

Ljubljansko območje

Poplavljen vozišča, zemeljski plazovi, hudourniški nanosi, udori cest ter udori bankin so povzročili dve popolni in sedem delnih zapor cest. Odstranjevanje plazov in nanosov je bilo intenzivno ves ponedeljek, 5. novembra, tako da so bile do večera vse ceste vsaj delno prevozne.

Mariborsko območje s Koroško

Poplave so najprej zajele območje vse Koroške, nato pa so se razširile še po vsej Dravski dolini in po območju Pohorja. Zaprta je bila večina cest, na odseku Pesek–Oplotnica pa je voda odnesla cesto do globine 6 metrov v dolžini več kot 100 metrov. Bilo je 12 popolnih zapor cest in 11 delnih zapor cest. Posledice poplav so bile vidne predvsem kot nanosi blata, zdrsi brežin, zdrsi plazov, porušitve obstoječih podpornih zidov, poškodovane brežine, zasuti obcestni jarki ter zamašeni cestni prepusti. Pri odstranjevanju posledic poplav na državnih cestah so na tem območju sodelovali tudi gasilci in civilna zaščita.

Območje Ptuj

Zaradi poplavljenih vozišč ob strugah rek Drave in Dravinje so bile postavljene tri popolne zapore državnih cest, prav tako sta bila v celoti zaprta dva mostova, in sicer na cesti med Spuhljo in Zavrčem ter na cesti pri Ormožu.

Območje Novo mesto

Visoki vodostaji reke Kolpe ter Krke in Save v spodnjem toku so povzročili, da je bilo treba postaviti dve popolni zapori, ker pa se je gladina vseh treh rek počasi dvigovala in prav tako počasi spuščala, vozišča cest na tem območju niso bila pretirano poškodovana. V oceno škode tega elementarnega dogodka se šteje tudi snegolom, ki je med 26. in 27. oktobrom 2012 na regionalni cesti Dragarji–Medvedjek–Draga povzročil za 215.000 evrov škode.

Območje Murske Sobote

Temu območju se je uspelo izogniti najhujšemu, je pa poplavljanje reke Mure povzročilo postavitev popolne zapore ceste med Črenšovci in Razkrižjem na območju poplav.

K sreči na **območju Kopra** ceste niso bile poškodovane in zaprte.

Vse ceste, poškodovane zaradi poplav, so bile predvsem zaradi visoke strokovne usposobljenosti

inženirjev in tehnikov, nadzornega inženirja in koncesionarjev vzdrževalcev ponovno prevozne zelo hitro, v pičlih treh dneh.

OCENA ŠKODE

Ocenjena škoda na glavnih in regionalnih cestah po poplavah v Sloveniji v letu 2012 je bila 16.000.000 evrov. Med nujnimi intervencijami je Direkcija RS za ceste iz svojih finančnih sredstev iz postavke Elementar porabila 1.039.189,64 evra finančnih sredstev za intervencijsko postavljanje zapor cest, izvajanje najnujnejših tehničnih ukrepov za zaščito cest in ponovno vzpostavljanje prevoznosti cest po poplavah. Na podlagi programa, ki je bil predložen Vladi Republike Slovenije, je bilo v 1. fazi odpravljanja posledic poplav porabljenih 4.000.000 evrov, v 2. fazi pa še 7.000.000 evrov. Zadnja faza, to so dolgoročni investicijski projekti, bo končana do konca leta 2013 in v letu 2014. Za to fazo so bili pripravljeni ustrezni projekti, objavljeni so bili oziroma še bodo javni razpisi, sklenjene bodo ustrezne izvajalske pogodbe in izvedeni vsi potrebni ukrepi za trajno zaščito cest pred škodo, ki jo ustvarijo narasle vode.

Med poplavami, ki so hudo prizadele cestno infrastrukturo in tudi druge cestne objekte, je bila onemogočena skoraj vsa gospodarska dejavnost na prizadetih območjih, bivanje ljudi na teh območjih je bilo praktično onemogočeno, marsikje pa je podivjana masa vode rušila tudi domove in gospodarska poslopja. Gasilci in drugi organi Civilne zaščite Republike Slovenije so imeli ves teden polne roke izčrpavajočega neprekinjenega dela. Reševati je bilo treba ljudi, živino in imetje, kolikor je bilo mogoče. Kot ob vsaki naravni ali drugi katastrofi so izjemno vlogo odigrali prostovoljni gasilci iz mnogih, dobro organiziranih prostovoljnih gasilskih društev, nenehno pa so jim pomagali poklicni gasilci.

Največja škoda je, kot je bilo že navedeno, nastala v Podravju, zanjo pa bodo, upamo, po uspešno končanih pravnih postopkih odgovornost morali prevzeti tudi na avstrijski strani, ker niso pravočasno dvignili zapornic avstrijskih hidroelektrarn na reki Dravi. Še enkrat se je pokazalo, da pohlep in sebičnost ne poznata državnih meja in da kapital tudi na tem področju življenja podira medčloveške odnose, ki jih z zgodovino pletejo navadni mali ljudje, ko si prizadevajo za dostojno življenje sebe in svojih potomcev. Škoda je nastala tudi na Dolenjskem, kjer je reka Krka prestopala bregove vzdolž svoje struge. Ob tem je treba jasno predstaviti tudi to, da se v Sloveniji v zadnjih letih povsem zanemarljivo vzdrževanje vodotokov, zaradi česar reke s svojo silovitostjo spodjedajo podporne zidove državnih in lokalnih cest. Škoda je nastala tudi na Goriškem, kjer so hudourniki, ki so drli z gora, rušili vse pred seboj.

ZAKONODAJNI OKVIR

Vlada Republike Slovenije svoje predloge za obravnavo, sklepe in druge ukrepe ob takih elementarnih dogodkih, kot so bile poplave v Sloveniji v novembru 2012, sprejema na podlagi 93. člena Zakona o varstvu pred naravnimi in drugimi nesrečami (Uradni list RS, št. 51/2006 – uradno prečiščeno besedilo in 97/2010) in na podlagi 35. člena Zakona o odpravi posledic naravnih nesreč (Uradni list RS, št. 114/2005 – uradno prečiščeno besedilo, 90/2007, 102/2007 in 40/2012 – ZUJF). Vlada RS se je s sklepom št. 843-29/2012-1 z dne 8. 11. 2012

že seznanila s prvim poročilom o poplavih v Sloveniji v novembru 2012. Nato se je Vlada RS 17. 12. 2012 na svoji seji seznanila še z oceno neposredne škode na stvareh zaradi posledic poplav med 4. in 5. novembrom 2012. Vlada RS je vsem ministrstvom in njihovim organom v sestavi naložila pripravo programa odprave posledic neposredne škode.

Sklep Ministrstva za obrambo, Uprave Republike Slovenije za zaščito in reševanje št. 844-17/2012-4-DGZR z dne 7. 11. 2012 je bil pravna podlaga za začetek ocenjevanja škode na stvareh zaradi poplav med 4. in 7. novembrom 2012 na prizadetih odsekih državne cestne infrastrukture.

Državna komisija za ocenjevanje škode po naravnih in drugih nesrečah je oceno neposredne škode potrdila 12. 12. 2012.

Ker je skupna ocena neposredne škode presegla mejo za zaprosilo sredstev pri Evropskem solidarnostnem skladu, je Republika Slovenija dala vlogo za pridobitev sredstev Evropskega solidarnostnega sklada. Predvidena pridobljena sredstva do konca leta 2013 bodo kot priliv sredstev v proračun RS usmerjena v odpravo škode na cestni infrastrukturi. Na državnih cestah bodo sredstva porabljena za popravilo poškodb, ki so nastale ali precej napredovale ob poplavih in obilnih padavinah med 4. in 7. novembrom 2012.

S programom so na podlagi 13. člena Zakona o odpravi posledic naravnih nesreč določeni:

- odseki cestne infrastrukture z oceno višine stroškov popravila cestne infrastrukture, če so potrebne zaradi posledic naravne nesreče ali njene ponovitve,
- nosilci posameznih nalog.

Direkcija RS za ceste opravlja vse svoje dejavnosti ob elementarnih dogodkih v skladu z veljavno zakonodajo, zato se dela pri odpravi elementarnih dogodkov lahko opravljajo v skladu s tretjim odstavkom 1. člena Zakona o graditvi objektov (Uradni list RS, št. 110/2002), ki navaja: »Določbe Zakona o graditvi objektov ne veljajo za gradnjo objektov, ki so potrebni zaradi neposredno grozečih naravnih in drugih nesreč ali zato, da se preprečijo oziroma zmanjšajo njihove posledice, za objekte za zaščito, reševanje in pomoč ob naravnih in drugih nesrečah in za gradnjo vojaških inženirskih objektov, zaklonišč in drugih zaščitnih objektov med izrednim ali vojnim stanjem.« Direkcija RS za ceste pa ob tem upošteva tudi materialne predpise, to so Zakon o cestah, Pravilnik o graditvi cest, ob elementarnih dogodkih pa še posebej Pravilnik o prometni signalizaciji in prometni opremi na javnih cestah, ter seveda vse druge tehnične specifikacije in tehnične predpise, ki se nanašajo na gradnjo, vzdrževanje, upravljanje in varstvo cest v Republiki Sloveniji.

FINANČNI OKVIR

Ocenjena škoda na državnih cestah po poplavih od 4. do 7. novembra 2012 je znašala 15.710.077,82 evra. Direkcija RS za ceste je za odpravo posledic poplav nemudoma zagotovila 1.039.000 evrov lastnih finančnih sredstev za takojšnjo vzpostavitev prevoznosti najbolj poškodovanih odsekov. Prvi sklep Vlade RS za popravilo državnih cest po poplavih v dneh od 4. do 7. novembra 2012, št. 41000-9/2012/3, je bil izdan 1. 12. 2012, z njim pa je bilo zagotovljenih 4.000.000 evrov finančnih sredstev iz rezerv Republike Slovenije, s katerimi se prav tako zagotovi vzpostavitev prevoznosti

na poškodovanih odsekih državne cestne infrastrukture že v letu 2012.

Celotna odprava posledic neposredne škode na državni cestni infrastrukturi, ki je bila posledica poplav med 4. in 7. novembrom 2012, pa je in bo potekala takole:

- leto 2012: 1.039.189,64 evra (takojšnja prevoznost – lastna sredstva Direkcije RS za ceste),
- leto 2012: 4.000.000 evrov (takojšnja prevoznost – sredstva iz rezerv RS),
- leto 2013: 7.000.000 evrov (prevoznost – sredstva iz rezerv RS),
- leto 2014: 3.962.530,68 evra (prevoznost – lastna sredstva DRSC ali sredstva iz rezerv RS).
- SKUPAJ: 16.001.720,32 evra

Na vseh drugih poškodovanih odsekih državne cestne infrastrukture, na katerih so bile z delnim programom odpravljene posledice že opravljenega začasnega popravila v višini 1.039.189,64 in 4.000.000 evrov zaradi zagotovitve takojšnje prevoznosti teh cestnih odsekov, bo nujno potrebna njihova nadgradnja do dokončnega in trajnega popravila navedenih cestnih odsekov, kar bo uporabnikom cest zagotovilo uporabnost cest na ravni, kakršna je bila pred poplavi, za kar pa je potrebna funkcionalna celota cestne infrastrukture in prometne varnosti v skladu z veljavnimi predpisi. Za ta namen je iz rezerv RS predvidenih še 7.000.000,00 evrov, pripravljen je program izvedbe del, dela pa so bila ali še bodo oddana na podlagi javnih razpisov.

Po posameznih koncesijskih območjih po poplavih v dneh od 4. do 7. novembra 2012 je stanje opravljenih del tako:

Št. konc. območja	Koncesionar	Že narejeno	Še potrebno narediti	Skupaj
1	VOC Celje	731.892,46	496.489,55	1.228.382,01
2	CGP Nova Gorica	321.062,75	126.937,25	448.000,00
4	GGD Kranj	451.479,65	50.000,00	501.479,65
5	Ljubljana	134.949,03	74.366,32	209.315,35
6	VOC Celje	258.652,86	320.484,86	579.137,72
6	CP Murska Sobota	263.414,97	105.722,75	369.137,72 v celoti izvedeno
6	CP Ptuj	312.569,97	96.567,76	409.137,73 v celoti izvedeno
9	CP Ptuj	104.974,04	30.435,78	135.409,82
	INŽENIR, NADZOR	0,00	120.000,00	120.000,00
	SKUPAJ	2.578.995,73	1.421.004,27	4.000.000,00

SKLEP

Ob poplavah, ki so novembra 2012 ogrozile tretjino Slovenije, se je vsekakor treba spoprijeti s kar nekaj neprijetnimi dejstvi. V cestni infrastrukturi nikakor ne moremo spregledati, da se za redno vzdrževanje državnih cest v zadnjih 20 letih namenja daleč premalo finančnih sredstev, s katerimi bi lahko glavne in regionalne ceste vzdrževali tako, da bi ob poplavnih udarih, kakršen je bil ob koncu leta 2012, čim bolj preprečili rušenje podpornih zidov, drsenje plazov, spodjedanje brežin, odnašanje celotne konstrukcije cest in druge poškodbe cest po Sloveniji, ki ob takih elementarnih dogodkih hudo prizadenejo cestno in drugo infrastrukturo ter uničujejo domove ljudi in ogrožajo njihova življenja. Redno in strokovno vzdrževanje strug hudourniških vodotokov, ki pa ni v pristojnosti Direkcije RS za ceste in sedmih koncesionarjev vzdrževalcev, bi bistveno prispevalo k zmanjšanju škode, ki je bila povzročena zaradi tokratnega elementarnega dogodka – obsežnih poplav po vsej Sloveniji.

Pohvaliti pa moramo predane strokovnjake in inženirje vseh sedmih cestnih podjetij in nadzornega inženirja, ki so s svojim znanjem, izkušnjami ter poznavanjem lokalnih geografskih, geoloških in drugih prostorskih posebnosti v prvi vrsti izjemno hitro vzpostavili ponovno prevoznost glavnih in regionalnih cest, v nadaljevanju pa preprečili povečevanje škode, ki je bila zaradi samih poplav že tako dovolj velika.

Viri in literatura

1. Fotoarhiv in poročila vseh sedmih koncesionarjev vzdrževalcev in nadzornega inženirja DRI upravljanje investicij, Družba za razvoj infrastrukture, d. o. o., Kotnikova ulica 40, SI-1000 Ljubljana, www.dri.si.
2. Poročilo DRI upravljanje investicij, d. o. o., Ljubljana, št. 402-9/12-RČ z dne 6. 11. 2012.
3. Poročilo Direkcije RS za ceste št. 37166-7/2012 z dne 6. 11. 2012.
4. Sklep Ministrstva za obrambo, Uprave Republike Slovenije za zaščito in reševanje št. 844-17/2012-4-DGZR z dne 7. 11. 2012.
5. Sklep Vlade RS št. 843-29/2012-1 z dne 8. 11. 2012 o seznaniitvi glede posledic poplav – predlog za obravnavo.
6. Sklep Vlade RS o oceni neposredne škode na stvareh zaradi poplav med 4. in 5. novembrom 2012, predlog za obravnavo, št. 843-29/2012-26, z dne 17. 12. 2012.
7. Poročilo Direkcije RS za ceste o porabi sredstev za izvajanje zimske službe do 31. 1. 2013 in izvedenih delih po elementarnem dogodku na celotnem območju RS (poplave od 4. 11. do 7. 11 2012), št. 37166-23/2013/RČ z dne 6. 2. 2013.
8. Program Ministrstva za gospodarski razvoj in tehnologijo za odpravo posledic škode v gospodarstvu po poplavah v Sloveniji v novembru 2012 – predlog za obravnavo, št. 844-1/2012/370, z dne 22. 4. 2013.
9. Sklep Vlade RS o Programu odprave posledic neposredne škode na cestni infrastrukturi zaradi posledic poplav med 4. in 7. novembrom 2012 z izhodišči za izvedbo v letu 2013, št. 41008-9/2013/3, z dne 26. 6. 2013.



Nevezane plasti cest in voda – večna a nevšečna sopotnika

POVZETEK

Prispevek obravnava vpliv poplav na nevezane plasti voziščnih konstrukcij. Še dolgo potem, ko se vode po poplavi umaknejo v struge, ostanejo materiali v cestnem telesu popolnoma zasičeni. Zaradi visoke zasičenosti se znižajo togosti in trdnosti nevezanih plasti in nosilnost vozišč. Po poplavi lahko stanje v vozišču v določeni meri primerjamo s stanjem ob nastopu odjuge, lahko pa je celo slabše. Dreniranje vode iz zasičenih plasti poteka počasi. Omejitev prometa v času, ko se vzporedno z dreniranjem, trdnost materialov v nevezanih plasteh vrača v projektno stanje, oziroma v stanje pred poplavo, je bistveno za ohranitev načrtovane življenjske dobe vozišča. Z zaščito vozišč pred dolgoročnimi škodljivimi vplivi poplav je treba začeti že v fazi načrtovanja novih ali rekonstrukcij obstoječih cest. Z ustrezno pripravo podlage, s pravilno izbiro materialov za nevezane plasti, z ustreznimi debelinami plasti, ki se dobro drenirajo in z dobrimi ukrepi odvodnje ceste lahko na dolgi rok dosežemo izjemne rezultate in velikanske prihranke. Vendar se moramo skritih pasti, ki jih predstavljajo zasičeni materiali v vozišču po poplavi pravočasno zavedati. Ali se jih?

Ključne besede: cesta, deformabilnost, mehčanje, nevezane plasti, odvodnja, retencijska krivulja, saturacija, stabilnost, sukcijska, togost, trajnost, trdnost, zasičenost

Uvod

Poplave prizadenejo ceste na različne načine. Nekatere posledice poplav so direktne in jih na cestah občutimo takoj, druge zaznamo takoj, ko voda odteče, nekatere pa ostajajo prikriti, akumulirane v plasteh voziščne konstrukcije in vplivajo na pospešeno propadanje ceste tudi potem, ko smo na poplavo že zdavnaj pozabili.

Po poplavi, potem ko poplavna voda odteče, ostanejo materiali v cestnem telesu in v voziščni konstrukciji popolnoma zasičeni (saturirani). Zaradi popolne saturacije se znižata trdnost in togost vseh nevezanih plasti v vozišču in posledično nosilnost vozišča. Potreben je določen čas, da se materiali v vozišču osušijo in da se vsem plastem v vozišču povrnejo začetne trdnosti in togosti. Čas, ki je potreben, da se plasti v vozišču vrnejo v stanje pred poplavo, je odvisen od številnih dejavnikov, med katerimi so najpomembnejši: konstrukcija vozišča, vrsta materialov v vozišču in podlagi, stanje objektov za odvodnjevanje, letni čas, v katerem je prišlo do poplave, pa tudi od tega, kakšni ukrepi so bili sprejeti v zvezi s prometom takoj po poplavi. Zimske poplave so za vozišče bolj neugodne od poletnih, saj je v zimskem času zmanjšana evaporacija. Saturacija/desaturacija nevezanih plasti poteka dobro skrita pred očmi pristojnih služb, prebivalcev in medijev, zato se njenega pomena za trajnost cest vse premalo zavedamo.

Omejitev prometa po poplavi, v času, ko se plasti v vozišču sušijo in vračajo v stanje pred poplavo, je odločilnega pomena za obnašanje ceste po poplavi. To še posebej velja za ceste, projektirane za nizke prometne obremenitve, kjer nevezane plasti igrajo pomembno strukturno vlogo. Na posledice poplav so zelo občutljive tudi stare, dotrajane ceste, v katerih so prvotni materiali, vgrajeni v nevezane nosilne plasti, že močno obogateni s finimi zrni ter vse ceste, kjer na splošno vladajo neugodni hidrološki pogoji (npr. ceste z nivoletno v plitvih vkopih ali v ravnini malo prepustnih tal).

Številna vozišča se po poplavi nikoli več ne vrnejo v stanje pred poplavo, tudi ko drugih poškodb na območju

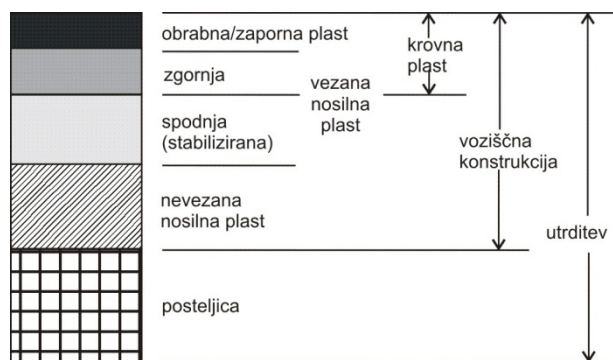
cestnega telesa ni videti. Zato se po poplavi prične njihovo pospešeno propadanje. Dolgoročna škoda je še večja, če zaradi neznanja ali pomanjkljivih raziskav ne prepoznamo dejanskih vzrokov pospešenega napredovanja poškodb in poskušamo slabo stanje ceste reševati samo z ukrepi preplastitve.

Ta prispevek govori o vplivih saturacije materialov ob poplavi na obnašanje nevezanih plasti cest. Glede na namen posvetovanja, bomo opisali najpomembnejše zakonitosti v sistemu nevezani material – stopnja saturacije – inženirska lastnost in pokazali, kako lahko z enostavnimi ukrepi izboljšamo raven zaščite vozišč pred posledicami poplav. Za obravnavo bolj znanstveno naravnanih podrobnosti pa bomo izkoristili kako drugo priložnost.

NEVEZANE PLASTI V VOZIŠČNI KONSTRUKCIJI

Nevezane nosilne plasti (NNP)

Nevezane plasti so vse plasti iz zrnatih materialov, v katerih so trdnost, togost in hidravlične lastnosti odvisne izključno od lastnosti zrn, njihove strukture in stopnje saturacije. Nevezane nosilne plasti (NNP) ali v žargonu »tamponske plasti« so strukturne plasti v vozišču, katerih lastnosti so natančno predpisane. Materiali za NNP morajo biti opremljeni s CE znakom, proizvajalec pa jamči za kvaliteto z EC izjavo o skladnosti, ki jo izda na osnovi EC certifikata kontrole proizvodnje, tega pa izda imenovani certifikacijski organ.



Slika 1: Značilna utrđitev sodobnega vozišča (prirejeno po Žmavc, 2007)

Strukturna vloga NNP ni enaka na vseh vrstah cest. Na cestah za težke in zelo težke prometne obremenitve ima NNP predvsem vlogo zaščitne in drenažne plasti, saj se glavna napetost »akumulira« v vezanih asfaltnih ali cementno betonskih nosilnih plasteh. Na cestah za lažje prometne obremenitve in s tanjšimi vezanimi plastmi je akumulacija skupnih obremenitev v vozišču sicer manjša, vendar pa je specifična obremenitev na NNP neprimerno večja. NNP je na takih cestah tudi pomembna strukturna plast.

Strukturne zahteve za NNP so prikazane v razpredelnici 1. Velike večine parametrov, naštetih v razpredelnici 1 ne merimo niti v okviru raziskav za potrebe certificiranja kamenega agregata, niti v okviru izvajanja kontrolnih raziskav med gradnjo. Vse pa so v taki ali drugačni povezavi s tokom vode skozi plast, vsebnostjo vlage in stopnjo saturacije plasti.

Razpredelnica 1: Strukturne zahteve za nevezano nosilno plast (NNP)

Lastnost (obnašanje)	Zahteva
Togost	- omejene elastične deformacije plasti - ustrezen prenos obtežbe iz vezanih plasti na podlago - omejen vpliv porne vode na togost plasti - omejen vpliv temperatur na togost plasti
Trdnost	Zadostna: - odpornost na kompresijo - strižna odpornost - odpornost na vlago - odpornost na zmrzal - odpornost proti kemikalijam in soli - trajnost
Deformacije	Omejene: - permanentne deformacije - krčenje - nabrekanje
Hidravlične lastnosti	- ustrezna drenažna sposobnost - omejen kapilarni dvig - omejena možnost tvorjenja ledenih leč
Homogenost	- horizontalna in vertikalna homogenost - preprečena migracija finih zrn

Kamnita posteljica

Kamnita posteljica je prehodna plast med strukturnimi plastmi vozišča in geološko podlago ali nasipom (sl.1). Materiali za kamnito posteljico v Sloveniji nimajo nedvoumno opredeljenega statusa. So nekje vmes med kamenim agregatom za NNP in nevezljivimi zemljinami. Delno je to posledica zgodovinskih danosti, deloma pa nedorečene in neusklajene terminologije. Za materiale za kamnito posteljico se v dosednji praksi ni zahteval CE znak, zelo verjetno pa se bo to v prihodnje spremenilo.

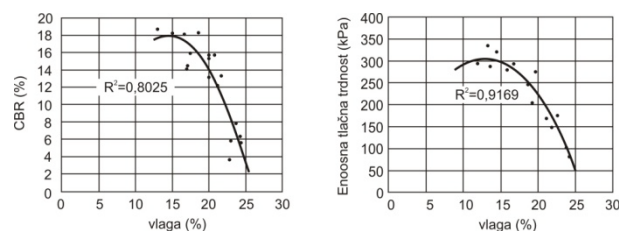
S kamnito posteljico zagotavljamo potrebno debelino zmrzlinosko varnih plasti v vozišču ter eliminiramo vplive mehke podlage na NNP.

V pravilno načrtovanih voziščih sta tako kamnita posteljica kot NNP v nesaturirani coni.

Podlaga

Podlaga so vse plasti pod utrjenimi plastmi vozišča. To so lahko naravna geološka tla ali umetno zgrajeni nasipi. Pri dimenzioniranju vozišč bi morali lastnosti podlage vselej opredeliti z meritvami v saturiranem stanju.

Danes so v Sloveniji v široki rabi različni terenski penetracijski testi, s pomočjo katerih lahko z različnimi empiričnimi koeficienti »izmerimo in opredelimo« skoraj vse, od CBR nosilnosti do dinamičnih deformacijskih in strižnih modulov. Tak pristop ni pravilen in je celo škodljiv, če ni podprt z ustreznimi laboratorijskimi preiskavami, saj ne daje vpogleda v deformacijsko obnašanje materiala v času močenja in sušenja. Zato so vozišča, dimenzionirana na parametre, izmerjene v nesaturirani podlagi, poddimenzionirana in veliko bolj občutljiva na zapoznele učinke uravnave vlage z okoljem po zimski odjugi ali ob in po poplavi.



Slika 2: CBR vrednosti in enosna tlačna trdnost zgoščene gline v odvisnosti od vlage (iz Petkovšek et al, 2003).

Mehanske lastnosti nevezanih plasti – vplivi

Vse nevezane plasti: NNP, kamnita posteljica in plasti v podlagi, pridobijo mehanske lastnosti z zgoščanjem pri ustrezni vlagi. Do enake stopnje zgoščenosti (DPR) utrjene plasti imajo zelo različne mehanske in hidravlične lastnosti in se pod spremenljivimi vplivi okolja tudi zelo različno obnašajo. Na lastnosti in obnašanje nevezanih plasti pomembno vplivajo fizikalne lastnosti in mineralna sestava zrn, stanje porne vode med zrnji ter struktura zrn.

Med fizikalnimi lastnostmi zrn so najpomembnejši:

- mineralna sestava zrn
- oblika zrn
- hrapavost površine zrn.

Na stanje porne vode vplivajo:

- tlak porne vode v saturirani coni
- tenzija porne vode (sukcija) v nesaturirani coni
- adsorpcija porne vode na mineralna zrna.

Na strukturo zgoščenih zrn pomembno vplivajo:

- velikost zrn in stopnjevanost zrnave sestave
- pakiranje zrn, ki pa je posledica vseh predhodno že naštetih parametrov v povezavi z načinom zgoščanja.

Efektivne napetosti v zasičenih in delno zasičenih nevezanih plasteh

Edini vir mehanskega odpora v nevezanih plasteh je medzrnski kontakt. Na sliki 3 je prikazana struktura zrn v nevezani plasti. Če na nevezano plast deluje zunanja normalna napetost (σ), se bo le-ta prenesla na zrna preko medzrnskega kontakta. Kadar je ves porni prostor

zapolnjen z vodo, se bo del napetosti prenesel na medzrnski kontakt, del pa na vodo v porah (u). V NNP pravilno načrtovanega vozišča je prepustnost dovolj visoka, porne vode pa je premalo, da bi prišlo do popolnega zasičenja agregata. V nezasičenem agregatu je voda vezana kapilarno in preko membranskih sil vodne površine povezuje zrna. Z višanjem saturacije narašča radij meniska porne vode, zmanjšuje pa se površina stika med vodno membrano in pornim zrakom. Ko stopnja saturacije naraste nad določeno vrednost, se pozitivni prispevki sukcije k trdnosti znižajo in pri sukciji, ki je manjša od sukcije pri točki vstopa zraka, izničijo. V z vodo zasičeni plasti se pod prometom pojavi presežni porni tlak, ki vpliva na znižanje efektivnih napetosti med zrnji, zaradi česar se zmanjša trdnost plasti. Čim večji je presežni porni tlak, tem večji je upad trdnosti in togosti plasti.

Dejanski efektivni tlak med zrnji (σ') po Terzaghiju zapišemo z izrazom (1). Če pa je v pornem prostoru poleg vode tudi zrak, moramo v izrazu za efektivno napetost upoštevati še vpliv sukcije. V tem primeru lahko po Bishopu izraz za efektivno napetost med zrnji zapišemo z izrazom (2).

$$\sigma' = \sigma - u \quad (1)$$

$$\sigma' = (\sigma - u_a) + \chi(u_a - u) \quad (2)$$

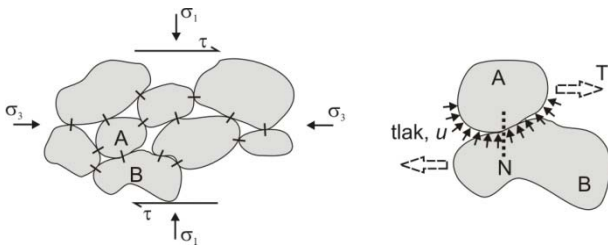
kjer pomenijo: σ - totalna normalna napetost, σ' - efektivna normalna napetost, u - tlak porne vode, u_a - tlak zraka v porah in χ - empirični koeficient, 1 za saturirane in 0 za suhe zrnate materiale.

Strižna odpornost nevezane plasti (τ) je tako direktno odvisna od efektivne napetosti in odpornosti, ki ga proti prestrigu nudi medzrnski kontakt (en.3). Enačbo (3) lahko napišemo tudi v obliki (3a).

$$\tau = c' + \sigma' \tan \phi' \quad (3)$$

$$\tau = c' + (\sigma - u_a) \tan \phi' + \text{prispevek sukcije} \quad (3a)$$

kjer je: τ - strižna napetost, c' - navidezna kohezija, ϕ' - kot notranjega trenja med zrnji.



Slika 3: Shematski prikaz medzrnskih sil v nevezani plasti (porni tlak, slika desno, seveda deluje tudi na zrnje B). Prirejeno po Dawson (2008)

Mehansko obnašanje nevezanih plasti v voziščnih konstrukcijah moramo obravnavati iz najmanj treh vidikov: trdnosti, togosti in trajnih deformacij. Trdnost je na prvi pogled še najmanj pomembna, saj se vozišča le redko porušijo zaradi posamezne (monotone) obremenitve, temveč se praviloma porušijo zaradi akumulacije trajnih deformacij in/ali utrudijo zaradi učinkov ponavljajočih se obremenitev. Normalne in strižne napetosti, ki jim je nevezana plast izpostavljena, lahko povzročijo povratne (elastične) in trajne (plastične) deformacije. Trajne deformacije v nevezanih plasteh so posledica različnih dogajanj ali njihovih kombinacij: nepovratnih zdrskov med zrnji, obrabe (obrusa, drobljenja) med sosednimi zrnji ali celo nepovratnega

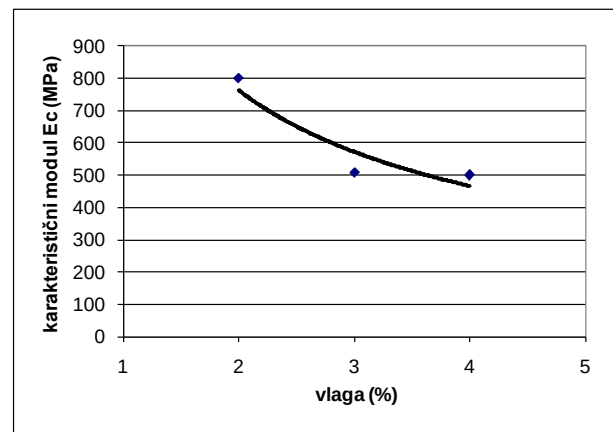
kolapsa strukture. Vse te spremembe vplivajo na trdnost, togost in prepustnost nevezanih plasti.

Trdnost je za našo današnjo obravnavo razumevanja vplivov vode na obnašanje nevezanih plasti pomembna iz dveh vidikov:

- je v posredni zvezi s togostjo in trajnimi deformacijami
- merjenje trdnosti je enostavnejše kot merjenje togosti in trajnih deformacij pri vsiljenih pogojih sukcije in/ali presežnega pornega tlaka.

Z izrazom (1) smo pokazali, da tlak v porni vodi v zasičenih nevezanih plasteh zmanjšuje efektivno napetost med zrnji, z izrazom (3) pa, da z naraščajočimi efektivnimi tlaki med zrnji narašča strižni odpor medzrnskega kontakta, pri čemer igra sukcija pomembno vlogo.

Ko se v nevezanih nesaturiranih plasteh, v katerih vladajo določene normalne in strižne napetosti, zaradi poplave vzpostavi stanje popolne saturacije, bo prišlo pod prometom do izničenja pozitivnih učinkov sukcije, nato pa, če se bo promet odvijal po cesti z zasičenimi nevezanimi nosilnimi plastmi, do presežnega pornega tlaka. Oba učinka bosta zmanjšala efektivno napetost med zrnji, zato se bo zmanjšala strižna odpornost, povečale se bodo deformacije in zmanjšala togost. In obratno. V času sušenja se plast drenira, narašča negativni porni tlak, kar prispeva k efektivnim napetostim med zrnji in tako povečuje strižno trdnost. Ta fenomen se sočasno odraža tudi na togosti plasti pod ponavljajočo se obtežbo (sl. 4) in na permanentnih deformacijah. Med gradnjo cest ta fenomen izkoriščamo tako, da dokazne meritve togosti (Ev1, Ev2 ali EVD) izvedemo z enodnevnim zamikom po valjanju ali pa tako, da materiale vgrajujemo na suhi strani Proctorjeve krivulje. Slednje ima lahko tudi negativne posledice.



Slika 4: Odvisnost resilient modula E_c od vlage - preiskave v dinamičnem triosnem aparatu (RLT) (iz Petkovšek, Brenčič in Pavšič, 2008)

Konflikt interesov med zahtevami za mehanske in zahtevami za hidravlične lastnosti nevezanih plasti

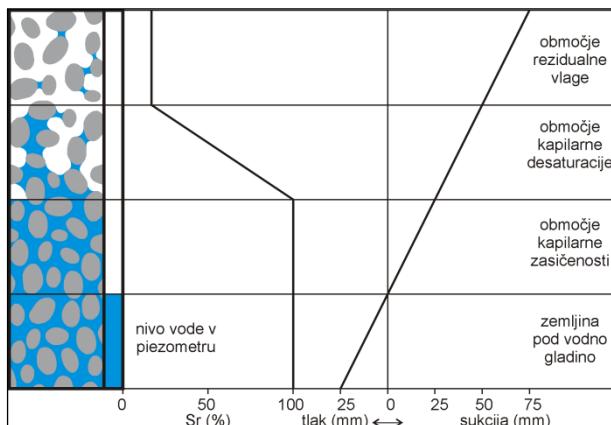
Nevezane nosilne plasti in kamnita posteljska imajo poleg strukturne pomembno drenažno vlogo. Dobro dreniranje je zagotovljeno z materiali z odprto strukturo in z velikimi, medsebojno dobro povezanimi porami.

Dobre mehanske lastnosti plasti pa lahko izkazujejo le goste strukture, z majhnimi porami, v katerih se lahko razvije sukcija. Tako pridemo do konflikta dveh vlog v nevezanih nosilnih plasteh: strukturne in hidravlične.

Večina granuliranih materialov za NNP (in za kamnito posteljico) ima takšno zrnastostno sestavo, da je poroznost plasti (n) po zgoščanju le redko večja od 20%, pore pa so še vedno dovolj majhne, da se v njih lahko razvije sukcija zaradi kapilarnih učinkov.

Z vidika sukcije je v nevezani plasti nek optimalni delež vlage, ki pa je nižji od optimalne vlage na Proctorjevi krivulji. Optimalna vlaga na Proctorjevi krivulji je za kamene agregate za NNP točka z relativno nizko sukcijo. Med vgrajevanjem zrnatih materialov v nevezane plasti je zaželeno, da se ti vgrajujejo pri nizki sukciji, saj se na ta način zmanjšuje odpor zrnja proti zgoščanju. Po zgoščanju, ko je dosežena maksimalna oz. zahtevana gostota, pa je zaželeno, da se nevezana zgoščena plast dodatno osuši (zdrenira) in tako dodatno pridobi na sukciji.

V dobro načrtovanih voziščih se v NNP vzpostavi neko trajno uravnoteženje vsebnosti vlage, to je stanje, pri katerem sta vlažnost in stopnja saturacije nevezane plasti uravnoteženi s hidrogeološkim okoljem. Plast niti ne sprejema, niti ne oddaja vlage (sl.5).



Slika 5: Shematski prikaz na različne načine zadrževane vode (sukcije) v homogenem stolpcu iz nevezanega zrnatega materiala

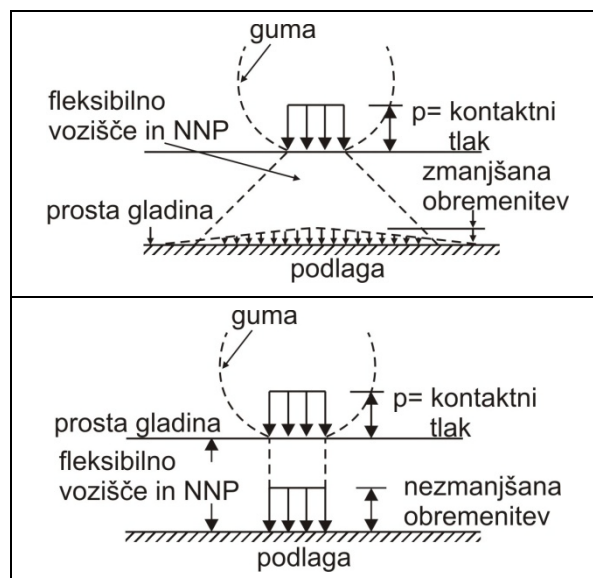
V slabo načrtovanih voziščih se po izgradnji vlaga v nevezanih plasteh poveča, v skrajnem primeru se pod prometom pojavi presežni porni tlak. Pod težko prometno obremenitvijo se zaradi zasičene nevezane plasti zniža strižna odpornost, ki se lahko tudi popolnoma izniči. Material se utekočini. Značilne posledice nižanja strižne odpornosti zaradi naraščanja vlage in saturacije v NNP in podlagi so udarne jame in kolesnice, pa tudi »špricanje« blata skozi razpoke.

V realnosti je stanje nekje vmes. Tudi v dobro načrtovanih voziščih se v času odjuge lahko pojavi stanje povišane saturacije. Vendar pa meritve vlage in togosti na pravilno dimenzioniranih voziščih kažejo, da so spremembe vlage v NNP ob odjugu zanemarljivo majhne.

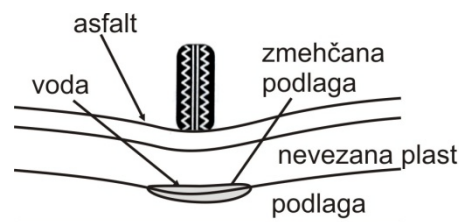
Poplava pomeni tako za dobro načrtovana, kot za slabo načrtovana ali dotrajana vozišča »urgentno« stanje, ko so vse nevezane plasti polno saturirane, kar pomeni, da je potrebno v načrtih upravljanja s cesto po poplavi, to upoštevati.

Na slikah 2 in 3 smo že pokazali, kako naraščanje vlage vpliva na trdnost in togost plasti. Zaradi naraščajočih deformacij, ki se akumulirajo v podlagi zaradi zmanjšane togosti, se prične v podlagi in v nevezanih plasteh trajno nabirati voda, ki pospešuje nadaljnje mehčanje podlage in prispeva k migraciji finih delcev iz podlage v kamnito

posteljico in NNP. Učinkom trajno znižane trdnosti in togosti plasti se pridružijo še učinki strukturnih sprememb v nevezani nosilni plasti, ki prispevajo k njeni manjši prepustnosti in povečanju zmrzilske nevarnosti (sl. 6, 7, 8, 9, 10 in 11).

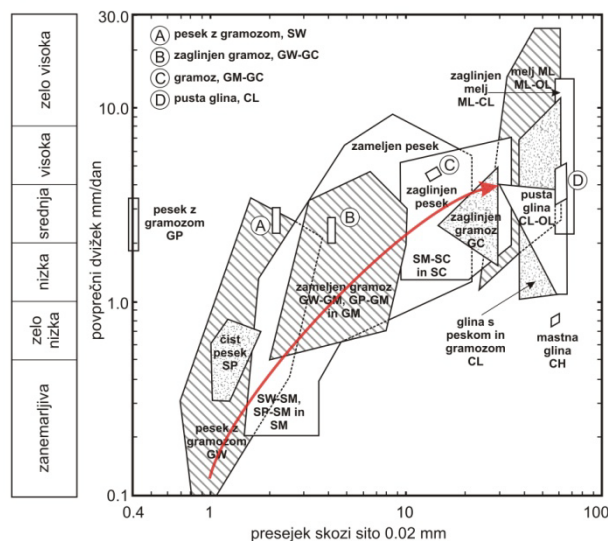


Slika 6: Poenostavljen prikaz razporeditve napetosti v dobro dreniranem in v zasičenem vozišču (prirejeno po Cedergreen, 1967).



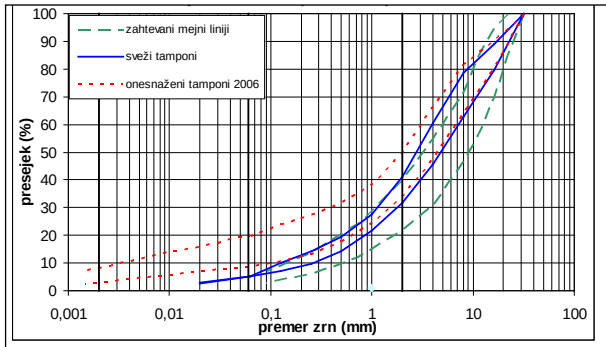
Slika 7: Trajne deformacije nevezanih nosilnih plasti in podlage – shema

klasifikacija
občutljivosti
na zmrzal

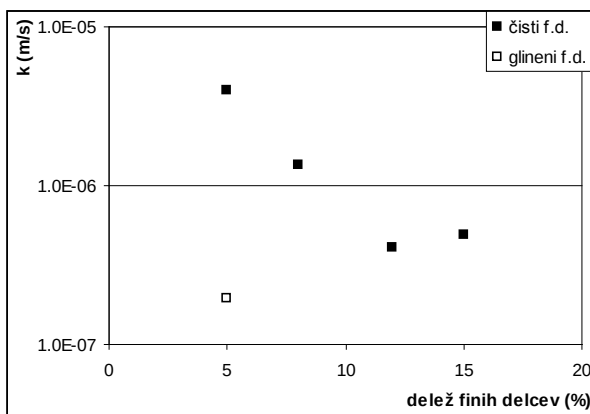


Slika 8: Shematski prikaz spreminjanja zmrzilske nevarnosti nevezanih plasti zaradi bogatenja z drobnimi

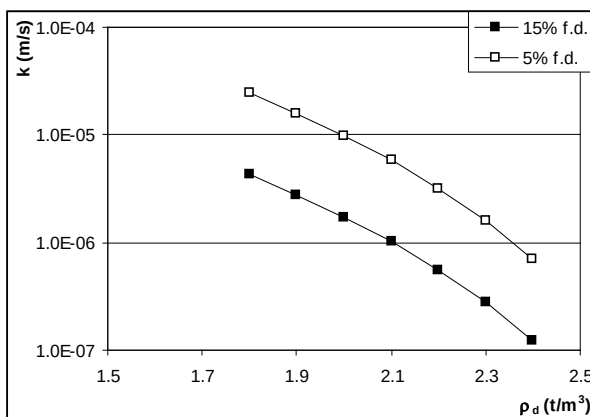
zrni iz podlage (prikaz v diagramu za oceno zmrzlinke občutljivosti materialov po USACE).



Slika 9: Sprememba zrnastosti sestave NNP zaradi migracije finih delcev iz podlage



Slika 10: Koeficient prepustnosti tamponskega materiala z različno vsebnostjo finih delcev



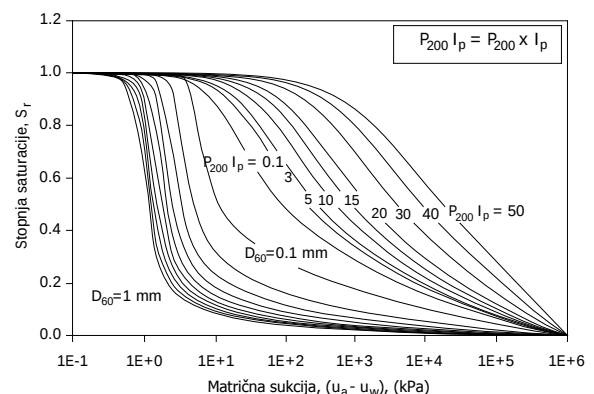
Slika 11: Koeficient prepustnosti tamponskega materiala za različne stopnje zgoščenosti – primerjava vpliva finih delcev

OBNAŠANJE NEVEZANIH PLASTI V LUČI KOMPLEKSNIH UČINKOV ZGOŠČENOSTI, SATURACIJE IN SUKCIJE - RETENCIJSKE KRIVULJE

Retencijska krivulja je funkcija, ki opisuje zvezo med sukcijo (napetostjo) in vsebnostjo vode v zemljini. Ta zveza kaže, kako se bo porozni medij – zemljina ali kameni agregat – obnašal v času sušenja (desaturacije) in v času močenja (saturacije).

Na retencijski krivulji lahko količino vode podajamo kot gravimetrično vlago (w), volumetrično vlago (θ) ali stopnjo zasičenja (S_r). Na sliki 5 smo shematsko že prikazali različne načine zadrževanja medzrnske vode (sukcije) v prerezu homogenega poroznega sloja pod in nad gladino podzemne vode. Na sliki 12 so ta stanja prikazana v obliki retencijskih krivulj, izdelanih za materiale na osnovi njihovega premera zrn (D_{60}), presejka na situ (P_{200} , to sito ustreza velikosti zrn 0,075 mm) in indeksa plastičnosti (IP). V čistih peščenih materialih (krivulja $D_{60} = 1$ mm) se kapilarni tok vode prekine že pri sukciji okoli 1 kPa (1 cm). V zemljini z $D_{60} = 0,1$ mm se kapilarni tok vode prekine pri sukciji ca 60 kPa. Pri zelo visoko plastičnih materialih ($P_{200} \times IP$) pa bo zemljina 100 % saturirana še pri sukciji 1000 kPa ali več. Za materiale z retencijskimi krivuljami, ki se nahajajo levo od krivulje $D_{60} = 0,1$ mm lahko rečemo, da so dobro prepustni in ugodni za gradnjo cest, saj je količina kapilarne vode med točko vstopa zraka in točko vstopa v območje rezidualne vlage majhna. Bolj kot se pomikamo desno od krivulje $D_{60} = 0,1$ mm, bolj je zemljina občutljiva na spremembe vlage.

Izkušnje kažejo, da so drobno zrnate zemljine, ki imajo ob nabijanju, pri optimalni vlagi sukcije nad 800 kPa zelo občutljive na volumske spremembe. Te se lahko pokažejo kot kolaps ali kot nabrekanje ob saturaciji. V naših klimatskih razmerah se sukcija v drobno zrnatih, plastičnih zemljinah v nasipih in v podlagi cest običajno trajno uravnovesi z okoljem v območju pod 200 kPa, kar ustreza zasičenemu stanju za zgoščen material. Iz tega sledi, da bi morali vozišča vedno dimenzionirati na pogoje zasičene podlage, kar je tudi sicer splošno in staro hidrološko pravilo (Cedergren, 1967).



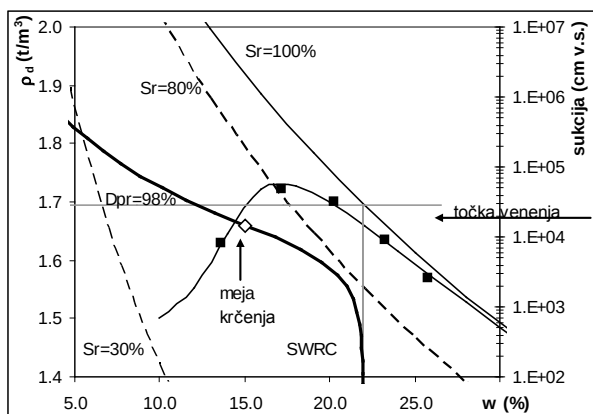
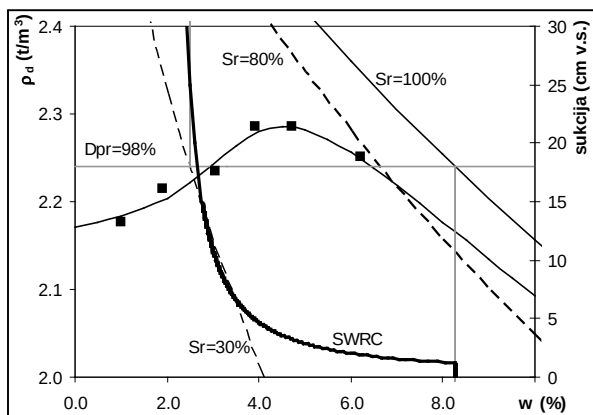
Slika 12: Retencijske krivulje za značilne materiale (prirejeno po Zapata et al., 2005)

Na sliki 13 so prikazane zveze med vlago, suho gostoto, retencijsko krivuljo in stopnjo saturacije v Proctorjevem diagramu. V diagramu zgoraj vidimo, da je optimalna vlaga kamenega agregata za NNP dosežena pri saturaciji, ki je precej pod 80 %. V času mirovanja tamponske plasti se bo delež porne vode še nekoliko zmanjšal, zato bo NNP po nabijanju nekoliko pridobila na trdnosti oz. togosti.

Na sliki spodaj vidimo, da je stopnja saturacije glin pri optimalni vlagi nekoliko nad 80 %, prispevek sukcije pa je že pri tej vlagi zelo visok. Če bi glino vgrajevali pri vlagi, nižji od optimalne, bi bil prispevek sukcije k trdnosti materiala še neprimerljivo večji. Točka venenja ustreza v agronomiji sukciji pri 1500 kPa. Tej sukciji ustreza na retencijski krivulji delež vlage ali saturacija, ki jo imenujemo tudi točka rezidualne vlage ali točka rezidualne saturacije, a le pri zrnatih materialih. Pri

vrednostih višjih sukcij je tok vode možen v pornem prostoru samo z vodnimi hlapi. V času vlaženja podlage, zgoščene v območju tako visokih sukcij, bi tako komprimirana plast utrpela velike volumske deformacije in močno mehčanje.

Spodnji diagram na sliki 13 nazorno kaže, kako nevarno in kratkovidno je vgrajevanje glin na suhi strani Proctorjeve krivulje, zato da bi v času gradnje Inženirju dokazovali, da smo plast podlage utrdili po zahtevah tehničnih predpisov. Gline bi morali dosledno vgrajevati pri saturacijah okoli 85 %. Če pri teh stopnjah saturacije ni moč izkazati ustrezne togosti (CBR nosilnosti), je treba ali povečati debeline kamnite posteljice ali pa se odločiti za kemično stabiliziranje podlage.



Slika 13: Retencijske krivulje v povezavi s Proctorjevo krivuljo in krivuljami saturacije. Sr- stopnja saturacije, SWRC – retencijska krivulja. Diagram zgoraj za NNP, diagram spodaj za glino iz podlage. Oba primera sta iz konkretnih cestnih gradbišč v Sloveniji

ZAŠČITA VOZIŠČ PRED ŠKODLJIVIMI VPLIVI POPLAV NA NNP

Najučinkovitejša zaščita vozišč pred škodljivimi posledicami poplav je omejitev prometa v času, ko se nevezane plasti v vozišču po umiku poplavne vode sušijo.

Za učinkovito in hitro sušenje vozišč po poplavah pa je treba poskrbeti že v fazi načrtovanja in gradnje cest. Glavne skupine ukrepov so:

- učinkovito odvodnjevanje (NNP in kamnita posteljica morata ležati v nesaturirani coni)
- nosilne plasti vozišča je treba dimenzionirati na parametre saturirane podlage

- med fino zrnato podlago in kamnito posteljico je treba vgrajevati filtrske plasti iz naravnih materialov ali iz geosintetkov, da se prepreči migracija finih delcev v NNP
- kadar so zemljine v podlagi pri optimalni vlagi in 85 % zasičenosti premalo nosilne, jih ne »popravljamo« s sušenjem, temveč s stabiliziranjem z vezivi ali pa povečamo debelino kamnite posteljice
- za nevezane nosilne plasti in kamnito posteljico je treba na poplavno ogroženih lokacijah izbirati materiale - kamene agregate s čim bolj odprto, skeletno strukturo
- odpraviti je treba zastarelo miselnost, da so kamni agregati za NNP za ceste za lažje prometne obremenitve lahko slabše kakovosti kot kamni agregati za avtoceste. Velja ravno obratno
- med gradnjo cest bi se morali dosledno držati načel glede potrebne ravnosti planuma, zagotavljanja minimalnih zahtevanih padcev v smeri proti odvodnikom, predvsem pa bi morali paziti, da ne pride že med gradnjo do onesnaženja kamenega agregata v NNP ali do zmanjšanja učinkovitosti debelin NNP zaradi vtiskanja kamenih zrn v mehko podlago
- izboljšati bi morali mrežo trajnih opazovalnih točk za meritve sezonskih sprememb vlage v voziščih, zlasti na tistih, ki se pogosto znajdejo v vplivnem območju poplavne vode.

ZAKLJUČEK

Poplave puščajo na cestah vidne in nevidne posledice. Med nevidnimi posledicami ne bi smeli prezreti pomena popolne saturacije nevezanih plasti v vozišču in s tem povezane zmanjšane togosti in nosilnosti vozišča v času od trenutka, ko poplavna voda odteče iz vozišča do trenutka, ko se nevezani materiali vrnejo v stanje pred poplavami. V slabo načrtovanih ali v zelo dotrajanih voziščih se nevezani materiali po poplavi ne vrnejo več v prvotno stanje in ostanejo trajno visoko zasičeni. Zato po poplavah v takih primerih ceste pospešeno propadajo, tudi če poškodovane asfaltna površina vozišča prekrijemo z novimi asfaltnimi prevlekami.

Zaščita vozišča pred negativnimi učinki morebitnih poplav se zato začne že v fazi načrtovanja, z ustrezno izbiro zrnatih materialov za nevezane nosilne plasti, z ustreznimi debelinami in geometrijo planumov posameznih plasti, predvsem pa z načrtovanjem takih ukrepov odvodnjevanja, da bo omogočen hiter odtok vode iz nevezanih strukturnih plasti po umiku poplavne vode.

ZAHVALA

Skice in diagrame sta izrisala sodelavca na UL FGG, dr. Matej Maček in J. Smolar. Hvala.

Viri in literatura

1. Brandl, H. 2008. Freezing-thawing behaviour of soils and unbound road layers. *Slovak Journal of Civil engineering*, 4-12
2. Cedergren, H.R. 1977. *Seepage, Drainage and Flow Nets*, Wiley and sons, New York, 534 str.
3. Cedergren, H.R. 1974. *Drainage of Highway and Airfield Pavements*. Wiley, New York, 285 str.
4. Dawson, A. (eds.). 2008. *Water in Road Structures*. Springer.
5. Dawson et al., Dawson, A.R. Paute, J.L. Thom, N.H. 1996. Mechanical Characteristics of Unbound Granular Materials as a Function of Condition.: *Flexible Pavements*, ed. A. Gomes Correia, pp 35-45.
6. Perrera, Y.Y., Zapata, C.E., Houston, W.N. 2005- Predicting equilibrium moisture conditions under pavement. In *Internationa Workshop on Water in Pavements*, 1-10, Madrid.
7. Pavšič, P. 2006. Influence of water on mechanical behaviour of soils and aggregates. *Active geotechnical design in infrastructure development*, ed. Logar, J., Gaberc, A., and Majes, B., Slovensko geotehniško društvo, Ljubljana, 2, pp. 109-111.
8. Petkovšek, A., Brenčič, M., Pavšič, P. 2008. Vpliv vlažnosti na mehanske lastnosti zmesi zrn in posledično na obstojnost voziščnih konstrukcij. RRN, končno poročilo raziskovalnega projekta DARS, UL FGG, GEOZS in ZAG. 125 str. Ljubljana.
9. Petkovšek, A., 2005. Vpliv sezonskih nihanj vlage na nosilnost asfaltnih vozišč. 10. kolokvij o asfaltnih in bitumnih. Kranjska gora. Str. 199 -208.
10. Petkovšek, A., Kokot, D., Leben, B. & Pavšič, P. 2003. Sezonski vplivi spreminjanja vlage in temperature v nevezanih plasteh na nosilnost in deformabilnost voziščne konstrukcije: razvojno raziskovalna naloga, (2000 – 2003), končno poročilo razvojno raziskovalnega projekta, Gradbeni inštitut ZRMK, Zavod za Gradbeništvo Slovenije, Ljubljana.
11. PTP 1989. Posebni tehnični pogoji za zemeljska dela, SCS, Ljubljana.
12. Thom, N.H. Brown, S.F., 1987. Effect of moisture on the structural performance of a crushed-limestone road base. *Transportation Research Record*. vol. no. 1121. pp 50-56.
13. TSC 06.100:2003 Kamnita posteljica in povozni plato, RS MP, Ljubljana
14. TSC 06.200:2003 Nevezane nosilne plasti, RS MP, Ljubljana
15. TSC 06.512:2003 Projektiranje, klimatski in hidrološki pogoji
16. USACE 1984. *Pavement design for frost conditions*. US Army Corps of engineers, EM 1110-3-138
17. Zapata, C. E., Andrei, D., Witczak, M. W., Houston, W. N. 2005. Incorporation of environmental effects in pavement design. *International Workshop on Water in Pavements-wip 2005*. Madrid.
18. Žmavc, J. 2007. Gradnja cest – voziščne konstrukcije. UL FGG in DRC. 357 str.



Razmejitev pristojnosti med upravljavci cest in voda ter kako doseči povečanje poplavne varnosti pri projektiranju

POVZETEK

Slovenski prostor je prepleten z vodami in cestami. Zato obvodni prostor prečkajo številne ceste, v ozkih rečnih dolinah je običajno prostor za reko in cesto, a praviloma ne ob visokih vodah. Umeščanje posegov v vodni prostor je postala prava umetnost. Vzdrževanje vodotokov in vodnogospodarske infrastrukture pa dramatična zgodba o upravljanju in gospodarjenju. Prepletanje cestnih in vodnih teles zahteva skrbno usklajevanje ciljev in dogovor o javnih interesih – skladnih ali nasprotujočih. Poplave, kot eden od stresnih testov družbe, pokažejo tudi skladnost ali neskladnost pri dejavnostih upravljalcev (državne ali lokalne) infrastrukture. Razmere se razlikujejo kadar gre za vzdolžni stik vode in cest, ali za prečkanje ali za vplivanje vode na ceste ali ceste na vode. Iz poznavanja procesov oz. z vodo povezanih nevarnosti izhaja načrtovanje, tako ukrepov za zmanjšanje nevarnosti kot za povečanje vodoodpornosti oz. vodotesnosti, tj. prilagojenosti na razmere ob visokih vodah. Iz določitve kategorije poplavne nevarnosti in stopnje ogroženosti izhajajo PPU (protipoplavni ukrepi), za katere je ključna določitev projektnih pretokov, na katere se dimenzionira varovanje posameznega območja, in rezervnega scenarija ob nastopu ujme, tj. višje sile. Ker je izvedba PPU dolgoročen proces, je treba izvajati tudi na škodljivo delovanje voda odpornejše objekte in konstrukcije, kjer ukrepi izhajajo iz ocene tveganja. Le-to je treba opraviti tako za naravno kot antropogeno povzročeno škodljivo delovanje voda.

Ključne besede: gospodarjenje, upravljanje, vodni prostor, cestni svet, poplavna nevarnost, protipoplavni ukrepi

Uvod

Stik prometnice in vodotoka je v prostoru praktično neizbežen. V ozkih dolinah je običajno prostor za vodotok in prometnico – ob pojavu visokih voda pa je velikokrat vse le vodni koridor. Na poplavnih ravnicah, kjer že ime pove, kako so nastale, pa je z izračunom dosega visokih voda in ob znanih niveletah prometnice mogoče določiti, katere prometnice oz. odseki bodo poplavljeni. Seveda se je z ustreznim vodenjem trase mogoče izogniti poplavljenosti, pogosto pa bi takšno telo prometnice preveč izstopalo v krajini ali pa bi bila investicija glede na kategorijo prometnice predraga. V takšnih primerih je torej že takoj pri izgradnji prevzeto tveganje, da bo prometnica poplavljena, zato je treba razmisliti, kako povečati odpornost konstrukcije prometnice na škodljivo delovanje voda, tj. na obremenitve, ki nastanejo zaradi vodnega toka, erozije, plavlja, zdrs brežine ipd.

Hidrografska mreža Slovenije obsega več kot 27.000 km vodotokov, od tega je 1/3 hudourniških strug, ki so praviloma večji del leta suhe. Seveda pa je topografija tako razgibana, da ob visokih padavinah nastaja še množica vodnih tokov po številnih grapah, ki v mrežo vodotokov še dodatno dovajajo sedimente in plavje. Dokaj razpršena poselitev Slovenije pa je zahtevala tudi velik obseg gradnje prometnic. V nadaljevanju ne bomo obravnavali železniških povezav, saj jih je razmeroma malo v primerjavi s cestnim omrežjem. Smo pa v preteklih letih zaradi specifičnosti železniškega prometa pripravili metodologijo za oceno ogroženosti železniških odsekov (EU projekt ParaMOUNT) in jo testirali na soški železnici glede na nevarnost snežnih plazov in padajočega kamenja, saj je nevarnost poplavljanja železniške proge v naših krajih redek pojav.

Cestna telesa, s funkcionalno povezanimi objekti (podporni in oporni zidovi, premostitve ipd.), so tako v neposrednem stiku z vodotoki in s tem v dosegu neprestanega delovanja voda. V presoji vpliva na (vodno) okolje se ocenjuje vpliv posega na vode, treba pa je opraviti še presoj o vpliva vode na človekov poseg (prometnico).

Presoja vpliva vode na premostitev:

- Projektni pretok ?
- Erozijske obremenitve ?
- Možen dotok plavlja, količine ?
- Trdnost in stabilnost pri različnih pretokih ?
- idr.

Presoja vpliva mostu na vodotok:

- ni prekomernega vpliva, saj ima most gradbeno dovoljenje (?)



Slika 1: Preizkus odpornosti mostu na procese v vodotoku ob pojavu visoke vode (foto: M. Kogoj)

Pri umeščanju posegov v vodni oz. obvodni prostor se srečamo z »vodnimi zemljišči«. Gre po eni strani za »funkcionalna vodna zemljišča«, ki jih našteva Zakon o vodah (ZV-1, 2002), ki so: neposredna območja izvirov, erozijska žarišča, plazljiva zemljišča, plazovita območja, struge vodotokov s pripadajočim priobalnim pasom, zaplavne in ožje poplavne površine, ter z razvojnimi načrti določeni varstveni, vodni in zaplavni rezervati. Na drugi strani pa imamo »katastrska vodna zemljišča«, ki so kot takšna evidentirana v (digitalnem) katastrskem načrtu (Grajfoner in Mueller, 2010). Za razliko od katastrskih vodnih zemljišč, ki so pogosto v lasti oseb javnega prava, pa so funkcionalna vodna zemljišča v večini v lasti oseb zasebnega prava, kar je zaradi omejitev lastninskih pravic v praksi vir nezadovoljstva. Na vodnem zemljišču namreč ni dovoljeno posegati v prostor, razen v primerih, ki so naštet v 37. členu ZV-1. Ena od izjem je tako tudi: gradnja objektov javne infrastrukture, torej tudi javnih cest. Pri tem pa se pojavi prepletanje dveh infrastruktur – naravne hidrografske mreže z več ali manj vodnimi zgradbami in javnih cest. Gre za stik dveh teles, vodnega in cestnega telesa. Cestno telo je del javne ceste, ki ga sestavlja cestišče z nasipi in vkopi, za sestavni del javne ceste pa se štejejo tudi zemljišča, objekti in naprave, ki jih je investitor v javno cesto pridobil ali zgradil za opravljanje rednega vzdrževanja ceste ali za opravljanje spremljajočih dejavnosti ob cesti. Definicija za vodno telo pa je mnogo ohlapnejša. Po nekaterih tolmačenjih Vodne direktive je vodno telo celotno porečje z vsemi pritoki, po drugih pa obsega rečno strugo in poplavni prostor ob nastopu stoletnih visokih voda (Q100). Na stiku cestnega in vodnega telesa se vedno znova postavlja vprašanje kje je meja med njima. Razmejitev bi seveda olajšala izvajanje javne gospodarske službe – vodne oz. cestne. Eden od pristopov bi bil, določiti primarnega titularja zemljišča, drugim pa dodeliti služnost. Tak pristop so uporabili pri izgradnji železniške proge Dunaj – Trst, ko so vodi, kot osnovnemu naravnemu elementu, dodelili vodno parcelo, vsem drugim rabam pa so dodelili služnost. Tako pri prečkanju reke železniška proga na katastrskem vodnem zemljišču ni dobila »ločene zazidljive parcele pod mostnim opornikom«, temveč le pravico gradnje na vodnem zemljišču. S tem so razmejili tudi obveznosti upravljavcev – vodotok se je obravnaval kot enovito vodno telo, posamezni uporabniki so vzdrževali svoje objekte in spremljajoče ureditve. V novejših časih so znani različni poskusi, kako bi razmejili posamezne upravljavce infrastrukture, npr. z »delilnimi načrti« (npr. avtoceste in vode, glej Klaneček, 2007), ali

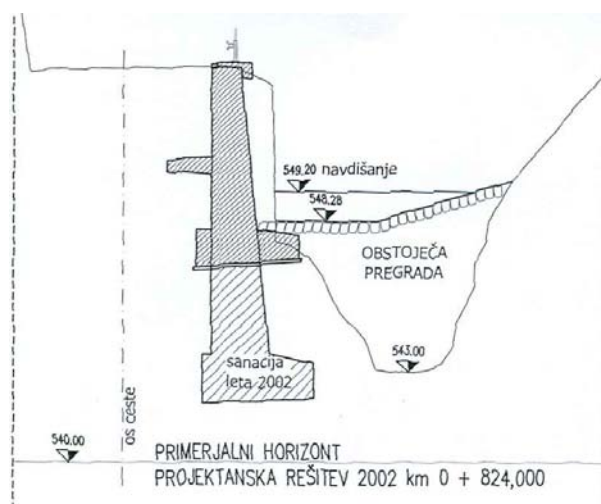
z dogovori med državnimi resorji (npr. glede na uporabnike koristnega volumna zadrževalnikov) idr. Razen razumljivih razprav o novih finančnih obveznostih zaradi izgradnje novih objektov pa je treba upoštevati še posebnost vodnih tokov – gre za nestalne, vedno spremenljive procese in posledično preoblikovanje vodnih teles. Tako se tudi stik med fiksno, jasno določljivo razsežnostjo npr. prometne infrastrukture (dimenzijo cestnega telesa) in vodnim telesom pogosto spreminja.

Pri umeščanju v prostor je treba uskladiti časovno in prostorsko dinamiko vodotokov ter zahteve prometne infrastrukture. Pogoji pa so različni pri križanjih obeh (tj. premostitvah - most, prepušt) in pri vzdolžnem stiku cestnega in vodnega telesa (brežine, podporni zidovi, prečne zgradbe, tj. pragovi, stopnje idr.). Pri prečkanju so ureditve vezane na ožjo lokacijo, pri vzdolžnem stikovanju pa so na voljo različne rešitve. Na odsekih z manjšimi nakloni vodotoka gre praviloma za odločitev med vzdolžnimi in prečnimi vodnimi zgradbami (Slika 3), pri večjih padcih vodotoka pa pride v poštev še kombinacija prečnih zgradb za znižanje padca in vzdolžnih zgradb, ki pa imajo manjše gabarite zaradi manjše brežine. Pogosto je mogoče doseči sinergijske učinke, če združimo cestne in vodne gradnje. Na sliki 2 je shematično prikazan primer, ko bi bilo mogoče z rekonstrukcijo obstoječe pregrade v vodotoku bistveno zmanjšati gabarite podporne konstrukcije vzdolž daljšega odseka ob prometnici.

Primer:

Če se poruši poškodovana pregrada, se zaradi povečanega vzdolžnega padca vodotoka dno struge poglablja, ob tem pa se pojavi intenzivni transport sedimentov.

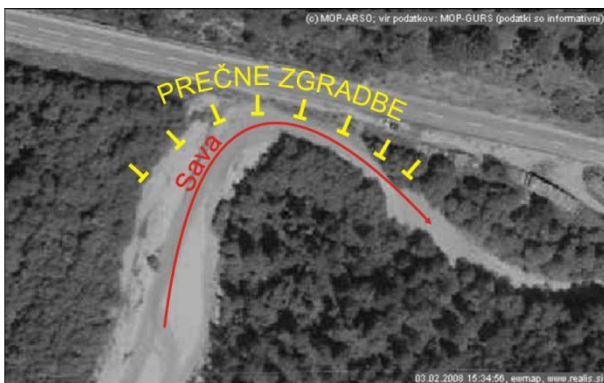
Podporna zgradba ceste mora biti temeljena pod nivo struge (ki se s povečano erozijo lahko še naprej poglablja) – lahko pa je bistveno manjši objekt, če s pregrado dosežemo stabilizacijo struge.



Slika 2: Celostni ukrep: povezati rečno pregrado in podporno zgradbo. (risba: Markič, 2008)

V krivinah se hitrost vode poveča ob zunanjem bregu, njena erozijska moč v bočni smeri pa postane občutno večja kot na premih odsekih, zato se pojavi močna bočna erozija, zaradi spiralnega toka vode v krivini pa tudi vertikalno erodiranje. Poškodbe so odvisne od trajanja in jakosti vodnega pretoka: spodkopavanje

brežine (struge/prometnice) ali obrežnega zavarovanja, odplavljanje nasipa, porušitev zavarovanja, nastanek zajed, ki se povečujejo, odnašanje telesa prometnice, dolvodne posledice zaradi odlaganja erodiranega materiala. Treba je upoštevati, da so obrežna zavarovanja vodotokov občutljiva na poglobljanje nivelete struge, zato jih je treba varovati z ustalitenimi pragovi.



Slika 3: Strokovna odločitev: vzdolžna ali prečne zgradbe? (shematični prikaz: Markič, 2008)

Problematika premostitev se vedno znova pokaže pri visokih vodah. Običajno gre za nenadno, preostro spremembo pretočnega prereza struge, kar lahko povzroči zastajanje plavin pred vtokom ali pa močno erodiranje ogroženega dela brežine in spodkopavanje opor mostu. Treba je odpraviti vzroke, kot so premajhne dimenzije odprtin, neustrezni kot križanja, neustrezna izvedba natočnih razmer oziroma urediti prestrezanje plavin in plavja. Če pa to ni možno, je treba predvideti scenarij zamašitve premostitve in za ta primer zagotoviti bistvene zahteve za mehansko odpornost in stabilnost objekta, na katerega je ujeta plavje in plavine, ter zagotoviti prelivanje vodne mase na primeren način.

Pri premostitvah je potreben razmislek, ali je mogoče zagotoviti dodatne proti erozijske ukrepe za zmanjšanje transporta plavin in lovilne objekte za plavje gorvodno, saj sicer premostitev ne bo funkcionirala. Takšni ukrepi se nato upoštevajo kot nepogrešljivi objekti za varno in dolgoročno funkcioniranje ceste/premostitve. Če pa to ni izvedljivo, je treba za premostitev analizirati tudi scenarij, ko pride do polne ali delne zamašitve pretočnih odprtin in predvideti primerne ukrepe. Že sedaj bi namreč bilo treba analizirati, kaj se zgodi oz. kako bo voda odtekala pri razmerah, ko so pretoki višji od projektnega pretoka (npr. Q100 ali Q20 + 0,5 m, oz. + 1,0 m pri hudournikih varnostnega nadvišanja). S slabšanjem gozdnega reda se ob visokih vodah pojavlja vse več plavja, ki hitro preseže varnostno nadvišanje, še posebej pri izrazito

hudourniških vodotokih, ki transportirajo tudi plavine večjih dimenzij (debla idr.), za kar je praktično nemogoče predvideti dovolj velike odprtine premostitev.

Primer:

Pod avtocestnim mostom je postavljen rečni prag. Prelivni curek vodnega toka Save je povzročil obsežno bočno erozijo, ki je porušila tudi izlivni odsek kanalizacije z avtoceste.

Spremembe v vodotoku torej vplivajo tudi na (fiksne) objekte drugih uporabnikov obvodnega prostora. Levo je vidna težka zaščita brežine, da se prepreči erozija v smeri energetske infrastrukture.



Slika 4: Sava dolvodno od avtocestnega mostu v Šentjakobu (Foto: J. Papež)

UPOŠTEVANJE POPLAVNE VARNOSTI PRI PROJEKTIRANJU PROMETNIC

Na področju poplavne varnosti se je po sprejemu Poplavne direktive pojavil pomemben premik – ne govori se več o »varnosti«, temveč o zmanjševanju nevarnosti in ogroženosti. Pri tem se ločeno obravnava vir nevarnosti (npr. kaj je vzrok za poplavo) in ranljivost človeka, objektov oz. dejavnosti (slednja se običajno izraža kot pričakovana škoda oz. škodni potencial). Iz obeh segmentov se določi ogroženost – torej: ogroženi smo, kadar se nahajamo na območju nevarnosti, pa nismo zaščiteni (in zato ranljivi). Če govorimo o poplavih, je treba najprej razjasniti vire nevarnosti (vzrok za poplavljanje).

Na področju poplavne varnosti se je po sprejemu Poplavne direktive pojavil pomemben premik – ne govori se več o »varnosti«, temveč o zmanjševanju nevarnosti in ogroženosti. Pri tem se ločeno obravnava vir nevarnosti (npr. kaj je vzrok za poplavo) in ranljivost človeka, objektov oz. dejavnosti (slednja se običajno izraža kot pričakovana škoda oz. škodni potencial). Iz obeh segmentov se določi ogroženost – torej: ogroženi smo, kadar se nahajamo na območju nevarnosti, pa nismo zaščiteni (in zato ranljivi). Če govorimo o poplavih, je treba najprej razjasniti vire nevarnosti (vzrok za poplavljanje).

Delitev na lastne, zaledne in tuje vode je pomembna tudi na drugih področjih – npr. pri odvodnji padavinskih voda z avtocest se je za analizo zadrževalnikov upoštevala le količina lastne vode, tj. odtok z utrjenih površin, ne pa dotok zalednih voda po brežinah vkopov.



Slika 5: Viri poplavne nevarnosti. Protiukrepi so učinkoviti, če poznamo vzroke poplavljanja.

Vidimo, da so vzroki lahko naravnega ali antropogenega izvora. V preteklosti smo za načrtovanje uporabljali strokovne smernice o stopnji varovanja pred poplavami glede na pomembnost rabe prostora oz. objekta (pri cestah npr. glede na računsko hitrost vožnje). Po pričetku veljavnosti Poplavne direktive (Pravilnik, 2007) smo v Sloveniji najprej začeli določati poplavno nevarnost zaradi poplavljanja iz vodotokov (tuje vode). Le v nekaterih primerih so bila določena poplavna območja zaradi zalednih voda (npr. razpršen dotok s hribov neposredno v urbana območja). Strokovno delo pa gre še v smeri poplavljanja urbaniziranih površin zaradi prenapolnjenosti kanalizacijskih sistemov, ter poplav zaradi napak v obratovanju (npr. HE) oz. porušitve akumulacij.

Hkrati so se pričele raziskave, ki bi omogočile določanje pričakovane poplavne škode. Sedanji predpisi (Uredba, 2008) namreč predvidevajo, da se bo po določitvi območij poplavne nevarnosti določila še ogroženost teh območij in glede na to še dovoljena raba (poplavnega) prostora. Da bi pa lahko določili ranljivost, pa potrebujemo ocene škode – na nepremičninah in dejavnostih. Neposredno materialno škodo na prometni infrastrukturi je mogoče določiti tudi na podlagi preteklih škodnih dogodkov, škodo zaradi prekinitve prometa pa je mogoče ovrednotiti le posredno, npr. kot strošek obvoza, zamud ipd. Slovenija je že določila 61 pomembnih poplavnih območij na podlagi kriterijev kot so število prebivalcev, kulturnih spomenikov, Seveso zavezancev, pomembnih gospodarskih subjektov idr. Samo za slednje bo država v srednjeročnem obdobju izdelala Karte poplavne nevarnosti, karte ogroženosti in program ukrepov za zmanjševanje ogroženosti. Subjekti oz. objekti izven teh območij se bodo verjetno v tem času odločali za samozaščitne ukrepe. Malo je verjetno, da bodo lahko zmanjšali obseg nevarnosti (npr. z izgradnjo zadrževalnika), zato jim preostanejo ukrepi za povečanje odpornosti na škodljivo delovanje voda. To pa obsega ali ukrepe za preprečitev vdora vode ali ukrepov za vodoodpornost, ko voda poplavi objekt ali pa kombinacijo obeh. Glede na veliko dolžino prometnic različnih kategorij lahko pričakujemo uporabo materialov oz. tehnik gradnje prometnic, ki bosta zmanjšala obseg pričakovane poplavne škode, seveda prilagojene lokalnim razmeram – območju višjih hitrosti vodnega toka, območju zastajanja vode idr. Z zmanjšanjem hudourniških dejavnosti in slabšim gozdnim redom je žal treba pričakovati še več težav s plavjem in transportom sedimentov, s tem pa potrebo po odločitvi za s prometnicami funkcionalno povezane objekte – zadrževalnike plavin in lovilce plavja.

ZAKLJUČKI

Prikazani primeri, ko se cestno in vodno telo stikata ali pa križata, kažejo, da je treba združevati posamezne cilje, da bi izboljšali skupno rešitev ter zmanjšali investicijske in vzdrževalne stroške. Razmere ob poplavah pogosto pokažejo, da posamezni cilji niso doseženi. Zato je treba, razen dokazovanja kaj se dogaja pri projektnih pretokih, analizirati tudi stanje, ko so projektni pretoki preseženi. Dodatno težavo pri premostitvah prinaša še transport plavin in precejšnje količine plavja, zato je treba ali urediti sistem zadrževanja plavja in plavin gorvodno od premostitev, če gre kot del cestne infrastrukture, ali pa urejati pretočne razmere tudi za pogoje, ko se pretočnost premostitvenih odprtin bistveno zmanjša.

Načrtovanje poplavne varnosti se razlikuje v posameznih fazah načrtovanja. Kot planska kategorija se upoštevajo okvirne vrednosti projektnih pretokov (npr. Q20, Q100). Ko pa se bližamo izvedbeni fazi, se vedno bolj upošteva razmerje stroški – koristi, tj. relacija »pričakovana poplavna škoda – vrednost investicije«. Zato ni pričakovati, da bi se v splošnem dvignila stopnja poplavne varnosti, pričakujemo pa lahko selektivno uvajanje protipoplavnih ukrepov po območjih, ki jih na zahtevo Poplavne direktive država določi kot območja pomembnih poplav. Zanje bo izdelan program ukrepov, ki se bo izvajal v 6 letnih cikliih. Zato je potrebno izvajanje ukrepov, ki bodo zmanjšali škodni potencial, tj. s katerimi se bo povečala odpornost na škodljivo delovanje voda, oz. podpirala uporaba materialov in gradnje, ki bo bolje prilagojena obremenitvam konstrukcij ob visokih vodah. Hkrati pa bo projektiranje analiziralo več scenarijev možnega razvoja dogodkov, od običajnega, preko izrednega do ekstremnega stanja ob ujmah.

Viri in literatura

1. Grajfoner B., Müller M., 2010: Razlika med katastrskimi in funkcionalnimi vodnimi zemljišči, Mišičev vodarski dan, VGB, Maribor.
2. Klaneček M., 2007: Presoja vodnogospodarske urejenosti povodja, UL FGG, Ljubljana.
3. Markič T., 2008: Stabilizacijski objekti v vodotokih, UL FGG, Ljubljana.
4. Pravilnik o vodenju vrst rabe zemljišč v zemljiškem katastru, Ur. l. SRS št. 41/1982, Ur. l. RS št. 52/2000 – ZENDMPE, 47/2006- ZEN,
5. Pravilnik 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. 60/2007,
6. Uredba o pogojih in omejitvah za izvajanje dejavnosti in posegov v prostor na območjih, ogroženih zaradi poplav in z njimi povezane erozije celinskih voda in morja (Ur. l. RS št. 89/2008)
7. ZV-1, 2002: Zakon o vodah, Ur. l. RS št. 67/2002, z dopolnitvami in spremembami.

dr. Uroš Krajnc

Institut za ekološki inženiring Maribor

Problemi iz prakse pri zasnovi in projektiranju poplavne varnosti in odvodnje cest

POVZETEK

Zadnje poplave v letih 2012 v Sloveniji ter leta 2013 v Centralni Evropi so prizadele ceste in mesta. V Sloveniji predstavlja ključno zakonodajo na področju odvodnjavanja in čiščenja padavinskih vod iz javnih cest Uredba o emisiji snovi pri odvajanju padavinske vode z javnih cest. Vsi naši odseki javnih cest so projektirani v skladu s Pravilnikom o projektiranju cest. Ta zelo načelno obravnava odvodnjavanje. Naslednji dokument predstavljajo tehnične specifikacije za javne ceste, ki obravnavajo odvodnjavanje cest. Osnutek TSC iz aprila 2004 ni pa bil uradno sprejet. Junija 2010 je bila pripravljena nova tehnična specifikacija TSC 03.380 Odvodnjavanje cest, dopolnitve po recenziji so bile izdelane leta 2012, tudi ta verzija Tehničnih specifikacij še ni uzakonjena. V zadnjih letih smo priče močnim nallivom, katere kanalizacije ne odvodnjava. Takrat odteka padavinska voda po površini, Kritična mesta so požiralniki na cesti, robniki v mešanih sistemih kanalizacije ter propusti na naravnih povodjih Problem, ki ga projektanti cestne kanalizacije praviloma slabo rešujejo, je prevera zadnje točke kanalizacije, na primer izpust v jarek, potok ali reko glede visokih voda.

Uvod

Zadnje poplave v letih 2012 (v Sloveniji so bile katastrofalne poplave v porečju Drave novembra) ter leta 2013 v Centralni Evropi kažejo, kako so poplave prizadele ceste in mesta. In zanimivo skoraj nikjer železniških prog! V članku želim prikazati praktične probleme pri projektiranju odvodnje cest in povezavo preplavitev cest z visokimi vodami v površinskih odvodnikih.



Slika 1: Poplave Slovenj Gradec november 2012



Slika 2: Poplave Duplek november 2012



Slika 3: Usti nad Labo 4. junij 2013



Slika 4: Passau 3. junij 2013

ZAKONODAJNI OKVIR

Da gre pri odvajanju in čiščenju padavinskih vod iz cest za zelo kompleksno področje kaže dejstvo, da Evropska unija za to vrsto odpadne vode nima ustrezne zakonodaje, ima pa za odpadne vode iz naselij in za vse vrste odpadnih vod iz industrije. Evropska unija financira preko Evropske znanstvene fundacije projekt COST 351 – Voda v cestni zgradbi. Projekt je razdeljen na tri tematske sklope: voda v cestni zgradbi, vpliv

vlačnosti na mehanske lastnosti in trajnost voziščne konstrukcije ter Okoljski vidiki vode v cestni zgradbi [1].

V Sloveniji predstavlja ključno zakonodajo na področju odvodnjavanja in čiščenja padavinskih vod iz javnih cest Uredba o emisiji snovi pri odvajanju padavinske vode z javnih cest, objavljena v Uradnem listu RS 47/2005 z dne 13. 5. 2005. Z Uredbo smo želeli enotno urediti vse javne ceste in ne samo avtoceste, glede na njihovo prometno obremenitev, geološke pogoje, varovana območja ter prejemnikov padavinske vode s ceste. Probleme pri realizaciji te uredbe smo predstavili na Cestarskem kongresu v Portorožu leta 2012 [2].

Slovenski projektanti cest že v času skupne države nismo imeli nekega posebnega predpisa ali smernic, ki bi celovito obravnavali odvodnjavanje cest. Logična in obvezna je bila uporaba JUS standardov, med katerimi jih je nekaj obravnavalo odvodnjavanje cest. Z Zakonom o javnih cestah [3] in Navodilom o pripravljanju in izdajanju tehničnih specifikacij za javne ceste [4] je Direkcija za ceste Republike Slovenije dobila možnost in obvezo za pripravo tehničnih specifikacij za javne ceste.

Na osnovi javnega razpisa, je izdelavo tehnične specifikacije za odvodnjavanje javnih cest leta 2003 dobilo podjetje BPI. V aprilu 2004 je bil osnutek TSC 03.380 Odvodnjavanje cest predan naročniku, ki pa ga nikoli ni ne zavrnil in ne potrdil. Vsebina osnutka je bila podrobno opisana v referatu na 7. Kongresu o cestah in prometu v oktobru 2004 [5,6], Strokovna javnost je osnutek sprejela kot ustrezen in ga ne glede na to, da ni bil nikoli uradno potrjen, kot pripomoček uporablja še danes. V oktobru 2005, je Direkcija RS za ceste pripravila, Minister za promet pa potrdil Pravilnik o projektiranju cest [7], v katerem 43. Člen v zelo skromni obliki obravnava odvodnjavanje cest. Namesto, da bi Pravilnik o projektiranju cest predpisoval samo splošna določila, podaja popolnoma z osnutkom TSC neusklajeno določilo, kako naj se dimenzionirajo elementi odvodnjavanja [8].

DRSC je v začetku leta 2010 pripravila projektno nalogo in naročil dopolnitev osnutka TSC iz leta 2004. Zelo natančno smo obdelali poglavje o požiralnikih, ki so sila pomembne člen odvodnje. Predvsem gre za lociranje in dimenzioniranje požiralnikov. Novi osnutek TSC so še v istem letu recenzirali zelo eminentni strokovnjaki s tega področja, dopolnjen osnutek TSC je v juliju 2011 naročnik sprejel predlog za sprejem. Danes predlog TSC še vedno ni sprejet in potrjen. Predlagali smo še dopolnitev tehničnih specifikacij s poglavjem o propustih, ki se praviloma v praksi slabo rešujejo, vendar tudi ta predlog ni bil sprejet. Propusti so največkrat najšibkejši člen odvodnje. Zanimiva je primerjava dimenzij propustov na cestah in železniških progah.

Vsi naši odseki javnih cest so projektirani v skladu s Pravilnikom o projektiranju cest [7] (UR.l. RS št. 91/2005). Ta zelo načelno obravnava odvodnjavanje cest. Za različne kategorije cest predpisuje pogostost in jakost naliva kot parametra za dimenzioniranje elementov odvodnjavanja, vendar je zaradi raznolikosti podatkov o padavinah na različnih območjih Slovenije boljše upoštevati podatke v Tehničnih specifikacijah za odvodnjavanje cest TSC 03.380 (predlog 2004, predlog 2010), ki pa žal s strani Ministrstva za promet še niso predpisane, projektanti pa jih koristno uporabljamo [9].

Slovenska stroka je že do sedaj organizirala več posvetovanj na temo odvodnje cest:

- Vode in ceste (Slovensko društvo za hidravlične raziskave, DRI) Novo mesto 10. Maj 1996
- Projektiranje in gradnja sistemov za odvodnjavanje cestnih površin (DRC, Društvo za ceste Maribor), MEGRA 200, Gornja Radgona 12. april 2000
- Odvodnjavanje cest (DRC), Ljubljana 3. November 2009

kot tudi na slovenskih kongresih o cestah in prometu v Portorožu (na primer 6. Kongres oktober 2004, 9. Kongres 22-24 oktober 2009, 11. Kongres 24-25. Oktober 2012).

HIDRAVLIČNI IZRAČUN CESTNE KANALIZACIJE

Cilj hidravličnega izračuna je izračun merodajnega pretoka, ki nastane zaradi naliva v določeni točki trase ceste ter potem izbor ustrezne cevi, kanalete ali jarka, ki je sposoben to vodo odvesti.

Klasična enačba za določitev merodajnega pretoka, imenovana tudi racionalna formula, glasi

$$Q = A \cdot \phi \cdot i$$

Q – merodajni pretok [l/s]

A – prispevna površina [ha]

Φ – odtočni koeficient

I – računski naliv [l/s.ha]

Prispevna površina predstavlja površino ceste, ki prispeva padavinsko vodov v prerezu trase ceste, ki jo dimenzioniramo

Cestno kanalizacijo dimenzioniramo na tako imenovani računski naliv. Pri tem se zavedamo, da lahko nastopijo tudi močnejši nalivi, vendar iz načela gospodarnosti dopuščamo, da sistemi sicer zelo redko ne delujejo.

Že Uredba [10] je uvedla pojme:

- lastne vode so padavinske vode, ki padejo na utrjene površine javne ceste,
- zaledne vode so padavinske vode, ki padejo na druge površine ja
- zunanje (tuje) vode so padavinske vode oz. druge vode, ki nastajajo izven površin javne vne ceste, ceste, pa so v stiku s cestnim svetom oziroma jih trasa javne ceste prečka,
- sprejemnik padavinske vode z javnih cest, ki se zbira z napravami za odvodnjavanje javne ceste, so lahko tla, površinske vode ali javna kanalizacija.

Delitev padavinske vode po mestu nastanka (Steinman 2003) je sledeča:

- lastne vode, so padavinske vode, ki padejo na utrjene površine javnih cest. Glede na lokalne danosti, prometno obremenitev in predpisane kriterije je za lastne vode urejeno zbiranje, odvodnja in po potrebi še obdelava padavinskih odpadnih voda.

- zaledne vode, so padavinske vode, ki padejo na neutrjene površine javnih cest, kot so na primer zatravljene površine pobočij na odsekih v vkopu, in se razpršeno stekajo proti cestnemu telesu. Zaledne vode niso v stiku z vodami s cestišča, zato se praviloma posebej zbirajo in odvajajo ločeno od lastnih voda.
- zunanje (tuje) vode so vode, ki nastajajo drugje, pa so samo v posrednem stiku s cestnim svetom, saj sicer dotekajo z gorvodnih, z javnimi cestami nepovezanih področij po vodotokih ali pa razpršeno in je zanje posebej urejeno le križanje s cestnim telesom, na primer v prepuštu.

ZAŠČITE URBANIZIRANIH OBMOČIJ, OGROŽENIH ZARADI POPLAV

V zadnjih nekaj letih smo priča pogostim in večkrat celo preplavitvam urbaniziranih naselij, ko so povzročile veliko materialno škodo. Avtor smatra, da gre za tri skupine problemov [11]:

- Ogroženost zaradi neposredne bližine površinskih odvodnikov, ki poplavlja (zunanje vode).
- Problem površinskih odvodnikov, ki prečkajo urbanizirana naselja (tuje vode).
- Problem kanalizacije naselij (lastne vode).

Slovenija mora kot članic Evropske Unije spoštovati evropsko zakonodajo. Standard EN752 »Drain and sewer systems outside buildings« iz julija 1996 je prevzel Urad RS za standardizacijo in meroslovje Ljubljani po metodi razglasitve decembra 1996. Del 2 tega standarda z naslovom Performance requirements priporoča povratne dobe računskih nalivov, s katerimi projektiramo kanalizacijska omrežja.

Tabela 1: Pogostnosti računskih nalivov za preračune kanalizacije po EN 752

Pogostost nalivov ¹ (1x v "n" letih)	Lokacija	Pogostost poplav (1x v "n" letih)
1 v 1	Podeželje	1 v 10
1 v 2	Stanovanjska območja	1 v 20
1 v 2 1 v 5	Mestni centri, industrijska in obrtna območja: – s preskusom poplavljanja – brez preskusa poplavljanja	1 v 30 –
1 v 10	Podzemna železnica, podvozi	1 v 50

¹ Pri nalivih ne sme priti do preobremenitve.

Torej ključna je zahteva, da moramo preveriti sistem tudi za močnejše nalive s povratnimi dobami 10 -50 let in preveriti, kakšne so posledice teh poplav.

Povsem drugačen problem pa je zaščita urbaniziranih površin pred poplavami zunanjih voda. Za urbanizirana območja zahtevamo običajno varnost pred stoletnimi poplavami. Tako je že prisoten prvi konflikt različne izbire protipoplavne varnosti. Naslednji problem pa je, če se zaledni potoki priključijo na mestno kanalizacijo, katera ni bila projektirana v ta namen. Tako je sedaj prispevna površina te kanalizacije bistveno večja.

Zato moramo poudariti, da je kanalizacijski sistem, če je tako načrtovan ali pa ne, dvojni sistem, ki obsega:

- podzemni del dežne kanalizacije – MINOR sistem (cevi, požiralniki, jaški),
- površinski del kanalizacije MAJOR sistem (ulice, parki, kleti)

Za nalive povratnih dob, za katere je dimenzioniran kanalizacijski sistem (na primer do 2 letali do 10 let povratne dobe) deluje sistem minor, ko pa nastopijo nalivi večji ali znatno večji od hidrogramov, merodajnih za dimenzioniranje cevni sistemov, je dominanten sistem major. Meja delitve na ta dva sistema je niz kontrolnih objektov, kot so požiralniki na cesti, robniki v mešanih sistemih kanalizacije ter propusti na naravnih povodjih [12].

V letih 2008 in 2009 smo imeli v Mariboru nalive takšnih intenzitet, da so preplavile posamezne mestne predele. Padavine konec maja 2009 so povzročile preplavitev mariborske kanalizacije na več odsekih: Stražunski kanal pod prečkanjem z energetskim kanalom hidroelektrarne Zlatoličje, območje Trznice na Taboru ter območje Razvanja. Po podatkih meritev padavin na centralni čistilni napravi Maribor so dosegle padavine dne 22.5.2009 36.5 mm ter dne 26.5.2009 88.5 mm. Naslednji intenzivni naliv je bil 4.8.2009. Služba za zaščito, reševanje in obrambno načrtovanje pri Mestni upravi je ob tem nalivu črpala vodo iz kleti 46 objektov.

Primerjava padavin v maju podatki CČN Dogoše in povratne dobe ARSO pove, da so bile 22.5. bile 10 letne padavine a 26.5 so bile več kot 250 letne. Primerjava padavin v maju podatki Maribor – Letališče in povratne dobe ARSO pove, da so 22.5. bile manj kot 1 letne a 26.5 so bile 50 letne.

Povečane vode Potoka izza Kalvarije ne morejo odteči v kanalizacijo in odtečejo po ulici (Ribniška, Trubarjeva, Strossmayerjeva) [13].



Slika 5: Maribor, Ribniška ulica 4. 8. 2009



Slika 6: Maribor, Trubarjeva ulica 4. 8. 2009



Slika 8: Požiralniki ob robniku vozišča regionalne ceste Celje – Zidani most v Laškem



Slika 7: Požiralniki ob robniku pločnika Koroške ceste pri tržnici v Mariboru

Povsem drugače so nameščeni požiralniki v primeru cestnega podvoza v Laškem.



ZALEDNE VODE

Ključni problem so vode, ki jih imenujemo zaledne, torej ne sodijo v cestno kanalizacijo, posebno v primeru, da moramo padavinske vode čistiti, ker povečujejo čistilne objekte. Vendar moramo za to ločitev izvesti fizične ukrepe, ki to vodo vodijo direktno v odvodnik. Te ukrepe striktno izvajamo na avtocestah in hitrih cestah, na cestah nižjega reda pa velikokrat služi obcestni jarek tako odvodnji cestišča kot zaledja.

ZUNANJE VODE

Zunanje vode so problem poplav celotne ceste z okolico.



Slika 9: Poplave Savinje v Celju



Slika 10: Poplava Muretinci



Slika 11: Poplave Polhov Gradec



Slika 12: Poplava Soče

Tehnične specifikacije so določile povratne dobe (pogostnost) računskih nalirov v odvisnosti od:

- kategorije ceste
- konstrukcije ceste

Tabela 2: Povratne dobe za računske nalive pri dimenzioniranju kanalizacije cest (po predlogu TSC)

Kategorija ceste	Avtoceste, Hitre ceste	Ceste G2, Ceste R1	Kategorizirane lokalne ceste	Ceste R3 Turistične ceste	Javne poti
Konstrukcija ceste	Ceste G1	Ceste R2			
Nasip (razpršeno odvodnjavanje)	Lastne in zaledne vode povratna doba 2 leti ($T = 2$ leti $n = 0,5$)	Lastne in zaledne vode povratna doba 1 leto ($T = 1$ leto $n = 1$)	Lastne in zaledne vode povratna doba 1 leto ($T = 1$ leto $n = 1$)	Lastne in zaledne vode povratna doba 0,2 leta ($T = 0,2$ leta $n = 5$)	Lastne in zaledne vode povratna doba 0,2 leta ($T = 0,2$ leta $n = 5$)
Nasip (točkovno odvodnjavanje) in vkop	Lastne in zaledne vode povratna doba 20 let ($T = 20$ leti $n = 0,05$)	Lastne in zaledne vode povratna doba 10 let ($T = 10$ leti $n = 0,1$)	Lastne in zaledne vode povratna doba 5 let ($T = 5$ leti $n = 0,2$)	Lastne in zaledne vode povratna doba 2 leti ($T = 2$ leti $n = 0,5$)	Lastne in zaledne vode povratna doba 1 leto ($T = 1$ leto $n = 1$)
Depresija	Lastne in zaledne vode povratna doba 50 let ($T = 50$ leti $n = 0,02$)	Lastne in zaledne vode povratna doba 20 let ($T = 20$ leti $n = 0,05$)	Lastne in zaledne vode povratna doba 5 let ($T = 5$ leti $n = 0,2$)	Lastne in zaledne vode povratna doba 2 leti ($T = 2$ leti $n = 0,5$)	Lastne in zaledne vode povratna doba 1 leto ($T = 1$ leto $n = 1$)
Zunanje (tuje) vode	Povratna doba 100 let+0,5 m ($T = 100$ let $n = 0,01$)	Povratna doba 20 let+0,5 m ($T = 20$ leti $n = 0,05$)	Povratna doba 5 let+0,5 m 5 let ($T = 5$ leti $n = 0,2$)	Povratna doba 2 let+0,5 m ($T = 2$ leti $n = 0,5$)	Povratna doba 1 let+0,5 m ($T = 1$ leto $n = 1$)

Žal tehnične specifikacije še niso uzakonjene.

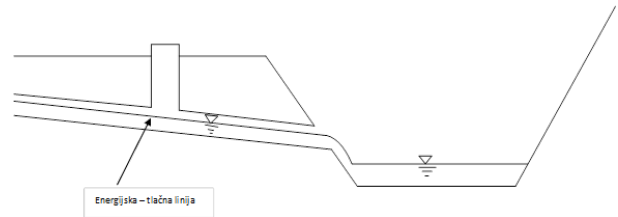
OVIRAN IZTOK KANALIZACIJE

Nadaljnji ključni problem, ki ga projektanti cestne kanalizacije praviloma slabo rešujejo, pa je prevera zadnje točke kanalizacije, na primer izpust v jarek ali potok glede visokih voda [13].

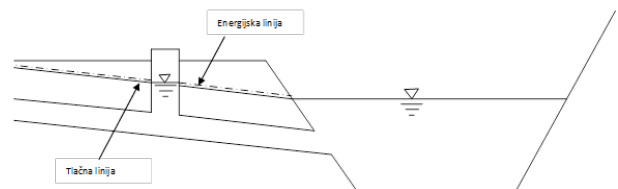
Modeli praviloma upoštevajo enakomerni tok.

Hidravlični izračuni tudi z matematičnimi modeli veljajo samo za primer, da iztok vode v odvodnik ni oviran glede gladine vode v odvodniku. V kolikor pa je energijska linija vode v odvodniku višja od energijske linije vode v zadnji točki kanalizacije, nastane hidravlični pojav, ki ga imenujemo neenakomerni tok.

Običajna projektantska praksa je namestitev protipoplavne lopute na iztoku kanalizacije. S tem skušamo preprečiti vdor vode iz površinskega odvodnika v kanalizacijski sistem ceste. To je primerna rešitev, ko na cesti ne dežuje. Edini problem je podatek o gladinah odvodnika za visoke vode povratne dobe 5, 10, 20 ali 100 let. Za te podatke je zadolžena Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO), vendar obstajajo podatki le za večje reke v Sloveniji, čeprav Ministrstvo za okolje in prostor v zadnjih letih izvaja pospešene aktivnosti, da bi pridobilo čim več teh podatkov.



Slika 13: Energijska in tlačna linija v cevovodu pri prostem odtoku v odvodnik



Slika 14: Energijska in tlačna linija v cevovodu pri oviran odtoku v odvodnik

Problem istočasne visoke vode na cesti in odvodniku pa je hidrološki problem. Poglejmo primer: izpust cestne kanalizacije v reko Savo pod Zidanim mostom ali izpust cestne kanalizacije izpust v Radvanjski potok v Mariboru ob Lackovi cesti. Pri prvem primeru se pogosti primeri močnih nalirov pri nizkih vodostajih Save in visokih gladinah Save brez padavin na prispevnem območju ceste. Gre za dve različno veliki povodji in poenostavljeno lahko rečemo, za dva neodvisna pojava. V drugem primeru pa isti dež polni Radvanjski potok in cestno kanalizacijo recimo Zahodne obvoznice v Mariboru, prispevni površini sta istega velikostnega razreda. V tem primeru p moramo preveriti koincenco obeh pojavov glede oviranega iztoka cestne kanalizacije v odvodnik in hidravlični podolžni profil cestne kanalizacije. S hidravličnim podolžnim profilom razumemo podolžni profil do končnega odvodnika z gladinami odvodnika vred. To zahtevo smo že zasledili v

projektih nalogah investitorja DARS, vendar se projektanti temu večinoma izogibajo predvsem zaradi problemov pri podatkih o gladinah visokih voda odvodnika [13,14].



Slika 15: Poplave na novozgrajenem odseku Lackove ceste v Mariboru



Slika 16: Poplave na novozgrajenem odseku Lackove ceste v Mariboru

Visoke vode Drave novembra 2012 so povzročale poplave v Melju zaradi oviranega odtoka zaledne vode Potoka iz Zokove grabe ter potoka Počehovec v Dravo.



Slika 17: Poplave Drave pod Jezom v Melju



Slika 18: Poplave Meljske ceste 5. 11. 2012

ZAKLJUČEK

Zaradi intenzivnega razvoja cestnega prevoza v zadnji dekadi je potrebno skladno z usmeritvami prometne politike Slovenije in Evropske skupnosti večjo vlogo pri nadaljnjem razvoju transportnega sektorja dati železniškemu podsistemu. Ustrezen nivo kakovosti železniške infrastrukture je osnovni pogoj, ki omogoča nadaljnji razvoj železnic.

Viri in literatura

1. Mihael Brenčič, Primož Pavšič : Voda v cestni zgradbi – evropski projekt COST 351, ., 8. SLOVENSKI KONGRES O CESTAH IN PROMETU, Portorož, 25.-27. oktobra 2006
2. KRAJNC, Uroš, STERGAR, Boris, PAVČIČ, Metka. Poti in stranpoti slovenske zakonodaje na področju odvodnjavanja in čiščenja padavinskih vod iz javnih cest. V: 11. slovenski kongres o cestah in prometu = 11th Slovenian Road and Transport Congress, Portorož, 24.-25. oktobra 2012. Referati. Ljubljana: DRC, Družba za raziskave v cestni in prometni stroki Slovenije, 2012, str. 3-9. [COBISS.SI-ID 72296193]
3. Zakon o javnih cestah (Ur.l. RS št. 29/97)
4. Navodilo o pripravljanju in izdajanju tehničnih specifikacij za javne ceste (Ur.l. RS št. 69/98)
5. Tehnična specifikacija za odvodnjavanje cest, Boris Stergar, Uroš Krajnc, referat na 6. slovenskem kongresu o cestah in prometu, Zbornik referatov, Portorož, oktober 2004
6. Odvodnja padavinskih voda s cest – predlog zakonske ureditve problematike, Mihael Brenčič, Uroš Kranjc, Andrej Ločniškar, Metka Pavčič, Franci Steinman, referat na 6. slovenskem kongresu o cestah in prometu, Zbornik referatov, Portorož, oktober 2004
7. Pravilnik o projektiranju cest (Ur.l. RS št. 91/2005)
8. Boris Stergar, Uroš Krajnc : Tehnična specifikacija za odvodnjavanje cest, , referat na 6. slovenskem kongresu o cestah in prometu, Zbornik referatov, Portorož, oktober 2004
9. Republika Slovenija, Ministrstvo za promet: Tehnična specifikacija za javne ceste TSC 03.380 (osnutek, junij 2010) Odvodnjavanje cest
10. Uredba o emisiji snovi pri odvajanju padavinske vode z javnih cest (U.l. RS 47/2005 z dne 13. 5. 2005
11. Uroš Krajnc: Sanitarna hidrotehnika v funkciji zaščite urbaniziranih območij, ogroženih zaradi poplav, 20. Mišičev vodarski dan 2009
12. Jovan Despotović : Kanalisiranje kišnih voda , Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd 2009
13. Uroš KRAJNC, Boris STERGAR: . Odvodnja in čiščenje odpadnih voda z avtocest. V: VUKELIČ, Željko (ur.). Gospodarjenje z vodami : zbornik 7. dneva inženirjev. Ljubljana: IZS - Inženirska zbornica Slovenije, 2007, str. 27-32. [COBISS.SI-ID 62214657]
14. KRAJNC, Uroš. Protipoplavna varnost levega brega Maribora = Floow safety of the left bank in Maribor. Ekolist, dec. 2009, [Št.] 6, str. 29-34, ilustr. [COBISS.SI-ID 257701888]



mag. Luka Štravs

Ministrstvo za kmetijstvo in okolje

Vrednotenje umestitve državne cestne infrastrukture v prostor z vidika poplavne ogroženosti

POVZETEK

Za potrebe izvajanja Uredbe o pogojih in omejitvah za izvajanje dejavnosti in posegov v prostor na območjih, ogroženih zaradi poplav in z njimi povezane erozije celinskih voda in morja (Uradni list RS, št. 89/08) v zvezi s pripravo za državo prioriteten državnih prostorskih načrtov je bilo na podlagi sklepa Vlade RS z dne 14.06.2012 treba pripraviti navodilo za vrednotenje variant z vidika poplavne ogroženosti v postopku priprave državnih prostorskih načrtov. Ocenjuje se, da se bo na podlagi ekspertnega mnenja s področja poplavne ogroženosti, ki se ga bo pripravilo v fazi študije variant v procesu priprave državnega prostorskega načrta, prihranilo precej časa in javnega denarja, saj bo ekspertno mnenje baziralo na že obstoječih in že plačanih evidencah.

Uvod

Vlada je na seji, dne 14. 06. 2012, sprejela ukrepe za skrajšanje postopkov in zmanjšanje administriranja pri umeščanju objektov v prostor. Vlada RS se je seznanila s poročilom Ministrstva za infrastrukturo in prostor o problematiki in dinamiki priprave državnih prostorskih načrtov, potrdila aktivnosti in nadaljnjo dinamiko priprave državnih prostorskih načrtov, in potrdila ukrepe za pospešitev priprave le-teh.

Vlada je med drugim tudi ugotovila, da so nekateri razlogi za zastoje v preteklih letih že odpravljeni, za hitrejšo in učinkovitejšo odvijanje postopkov priprave DPN pa je med ostalim potrebno sprejeti navodila povezanih s pripravo strokovnih podlag in vrednotenjem variant s področij urejanja voda, kmetijskih zemljišč, kulturne dediščine, ohranjanja narave in čezmejnih presoj vplivov na okolje. Med ta navodila, ki jih je treba pripraviti, je bilo uvrščeno tudi Navodilo za vrednotenje variant z vidika poplavne ogroženosti v postopku priprave državnih prostorskih načrtov, s katerimi se dandanes večinoma prostor umeščajo tudi ceste.

Navodilo za vrednotenje variant z vidika poplavne ogroženosti v postopku priprave državnih prostorskih načrtov je bilo uveljavljeno v avgustu leta 2013 v okviru splošnih smernic s področja upravljanja voda za pripravo prostorskih aktov in predvsem zahteva od pripravljavca državnega prostorskega načrta, da v fazi študije variant pripravi ti. ekspertno mnenje s področja poplavne ogroženosti.

EKSPERTNO MNENJE V FAZI ŠTUDIJE VARIANT UMEŠČANJA CESTNE INFRASTRUKTURE V PROSTOR Z DPN-JEM

V praksi priprave državnih prostorskih načrtov bo izvajanje tega navodila torej pomenilo, da se v fazi študije variant (faza CPVO) namesto hidrološko hidravličnih študij za vsako izmed variant pripravi eno ekspertno mnenje, ki z vidika poplavne ogroženosti (in potencialno tudi z vidika posledic morebitnih omilitvenih ukrepov na ekonomski vidik) obravnava vse variante, pri tem pa se uporabi vse razpoložljive podatkovne vire, ki že obstojijo in so javno objavljeni.

Ekspertno mnenje po tem navodilu vsebuje zlasti:

- opis posamične variante načrtovane ureditve;
- prikaz obstoječega stanja razredov poplavne nevarnosti na podlagi uporabe podatkovnih virov, navedenih v tem navodilu, in v skladu s tem navodilom za vsako izmed variant;
- strokovno oceno vsake izmed variant z vidika poplavne ogroženosti;
- navedbo, kratek opis, približno lokacijo in grobo oceno stroškov zasnove in izvedbe omilitvenih ukrepov, če se predvideva, da bodo le-ti ob izbiri te variante potrebni;
- opis in strokovno oceno vpliva vsake izmed variant z vidika poplavne ogroženosti po izvedbi vsake variante in izvedbi potrebnih omilitvenih ukrepov, pri čemer se za oceno vpliva uporabijo velikostni razredi iz predpisa, ki določa okoljsko poročilo in podrobnejši postopek celovite presoje vplivov izvedbe planov na okolje;
- primerjavo vseh variant, predlog vseh sprejemljivih variant in predlog najbolj ugodne sprejemljive variante z vidika poplavne ogroženosti;
- informacijo, da za posamične dele ali celotno območje posamezne variante podatkov o poplavljanju v podatkovnih podlagah iz drugega odstavka tega navodila ni, obstoji pa velika verjetnost, da je območje izpostavljeno poplavljanju.

Ključna novost pri pripravi ekspertnega mnenja je, da se kategorije iz posameznih poplavnih podatkovnih podlag prevede v razrede poplavne nevarnosti, ki so (v skladu s poplavno uredbo) ključni za umeščanje v prostor. Pogoji in omejitve za izvajanje posegov v prostor na poplavnih območjih so namreč sorazmerni razredu poplavne nevarnosti. Za prevedbo v razrede poplavne nevarnosti se v fazi vrednotenja variant pri pripravi DPN (in samo v tem primeru!) uporabi že obstoječe podatkovne podlage, in sicer v naslednjem prioritetenem zaporedju:

1. integralna karta razredov poplavne nevarnosti (**iKRPn Si**);
2. opozorilna karta poplav (**OpKP Si**);
3. geolocirani podatki in javno objavljeni posnetki o obsegu zabeleženih poplavnih dogodkov za leta 1980, 1987, 1990, 1998, 2007, 2009 in 2010 (evidenca poplavnih dogodkov – **ePoDo Si**).

Prioritetnost v praksi pomeni, da se za območje trase ali lokacije najprej preveri ali obstoji podatek iz prve točke (torej ti. integralna karta razredov poplavne nevarnosti), in, če obstoji, se ga uporabi. Če ne obstoji, se za isto traso ali lokacijo pogleda v podatkovno zbirko iz druge točke (torej v opozorilno karto poplao), in, če obstoji, se ga uporabi. Nazadnje se vpogleda še v podatkovno zbirko pod točko 3 in, če obstoji, se za vrednotenje variante uporabi ta podatek o poplavni ogroženosti načrtovane trase ali lokacije variante.

Če se trasa ali lokacija variante načrtovane prostorske ureditve ne nahaja v okviru nobene izmed zgoraj navedenih podatkovnih podlag in če je ta varianta tudi izbrana oz. potrjena, potem za to potrjeno varianto seveda ni treba izdelati ti. hidrološko hidravlične študije niti v fazi priprave potrjene variante (faza PVO). Obstaja pa izjema v primeru, če izdelovalec ekspertnega mnenja v okviru študije variant za kasneje potrjeno varianto ugotovi, da za posamične dele ali celotno območje te variante podatkov o poplavljanju ni, obstoji pa informacija ali vsaj zelo velika verjetnost, da je območje izpostavljeno poplavljanju.

V zvezi s tem zadnjim torej obstoji še manjša varovalka iz naslova morebitne neaktualiziranosti podatkovnih podlag in dejanskega poznavanja poplavne ogroženosti območja, na katerem se umešča cestna infrastruktura. V fazi potrjene variante je treba določiti razrede poplavne nevarnosti (torej izdelati hidrološko hidravlično študijo), če izdelovalec ekspertnega mnenja v okviru študije variant za kasneje potrjeno varianto ugotovi, da za posamične dele ali celotno območje te variante podatkov o poplavljanju ni, obstoji pa informacija ali vsaj zelo velika verjetnost, da je območje izpostavljeno poplavljanju. Izdelovalec ekspertnega mnenja informacijo, da za posamične dele ali celotno območje posamezne variante podatkov o poplavljanju v obstoječih podatkovnih podlagah, obstoji pa velika verjetnost, da je območje izpostavljeno poplavljanju, seveda poda v ekspertnem mnenju.

Ocena stroškov priprave projektov in izvedbe morebitnih omilitvenih ukrepov se izvede na podlagi ekspertne ocene izdelovalca študije, ki lahko temelji na npr. podatkih o stroških preteklih investicij gradbenih in negradbenih ukrepov za zmanjševanje poplavne ogroženosti. Večina stroškov izvedbe gradbenih (in tudi nekaterih negradbenih) ukrepov preteklih investicij v RS je evidentirana in povprečena v študiji Finančne posledice določitve območij pomembnega vpliva poplav (odgovorna nosilka naloge dr. Lidija Globevnik, Ljubljana, 2011, IzVRS), ki je javno objavljena na spletnih straneh Inštituta za vode RS.

Kot rezultat ekspertnega mnenja se torej predvsem pričakuje, da se oceni katera izmed predlaganih variant je z vidika poplavne ogroženosti najmanj 'problematična'. Variante se z vidika poplavne ogroženosti rangira in oceni. Če je katera izmed variant takšna, da je v skladu z razredi poplavne nevarnosti neizvedljiva brez izvedbe omilitvenih ukrepov, mora pripravljavec ekspertnega

mnenja oceniti kakšni in kateri omilitveni ukrepi so v takem primeru potrebni ter tudi oceniti stroške izvedbe takih omilitvenih ukrepov.

KLJUČNE PRAVNE PODLAGE

Zakon o umeščanju prostorskih ureditev državnega pomena v prostor (Uradni list RS, št. 80/10, 106/10 popr. in 57/12 – v nadaljevanju: ZUPUDPP)

ZUPUDPP določa prostorske ureditve državnega pomena, ureja vsebino in postopek priprave državnega prostorskega načrta, ter določa način, kako se ta postopek vodi skupaj s postopkom celovite presoje vplivov na okolje in postopkom presoje vplivov na okolje v skladu s predpisi, ki urejajo varstvo okolja, ter postopkom presoje sprejemljivosti v skladu s predpisi, ki urejajo ohranjanje narave.

S prvim in drugim odstavkom 24. člena ZUPUDPP je določeno, da se prostorske ureditve, ki so predmet državnega prostorskega načrta, ob upoštevanju smernic, podatkov, strokovnih podlag in predlogov javnosti praviloma načrtujejo v variantah, tako glede njihove lokacije, kot glede tehnično-tehnoloških rešitev. Variante se ovrednotijo in primerjajo s prostorskega, varstvenega, funkcionalnega in ekonomskega vidika ter ocenijo z vidika sprejemljivosti v lokalnem okolju v študiji variant. Študija variant poda obrazložen predlog najustreznejše variante s predlogom območja. Če se prostorske ureditve ne načrtujejo v variantah, je treba razloge za to posebej utemeljiti. V tem primeru se v študiji variant za predvideno prostorsko ureditev pripravi utemeljena rešitev s predlogom območja, ki se jo ovrednoti po prostorskih, varstvenih, funkcionalnih in ekonomskih vidikih.

V četrtem odstavku 13. člena ZUPUDPP pa je ministrstvo, pristojno za vode, določeno kot varstveni državni nosilec prostora, kar pomeni, da je treba vsako izmed variant vrednotiti tudi z vidika upravljanja z vodami, kar med ostalim pomeni vrednotenje variant tudi z vidika poplavne ogroženosti v okviru varstvenega vidika. Vrednotenje variant z vidika poplavne ogroženosti pa po navadi pomeni tudi predvidevanje protipoplavnih ukrepov, ki pa v svoji posledici pomenijo tudi eksterne stroške načrtovane variante, kar pomeni, da je vrednotenje variant z vidika poplavne ogroženosti vezano tudi na vrednotenje z ekonomskega vidika.

Uredba o pogojih in omejitvah za izvajanje dejavnosti in posegov v prostor na območjih, ogroženih zaradi poplav in z njimi povezane erozije celinskih voda in morja (Uradni list RS, št. 89/08 – v nadaljevanju: poplavna uredba)

Poplavna uredba določa pogoje in omejitve za posege v prostor in izvajanje dejavnosti na območjih, ogroženih zaradi poplav in z njimi povezane erozije celinskih voda in morja, za posege v okolje, ki v primeru poplav in z njimi povezane erozije lahko ogrožajo vodno okolje, ter za načrtovanje rabe prostora in preventivnih ukrepov za zmanjševanje poplavne ogroženosti.

Pogoji in omejitve za izvajanje posegov v prostor ter pogoji in omejitve za izvajanje dejavnosti na poplavnih območjih so v skladu s 4., 5., 6., 7. in 8. členom poplavne uredbe vezani na razrede poplavne nevarnosti.

Pravilnik 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 (Uradni list RS, št. 60/07 – v nadaljevanju: pravilnik)

Pravilnik določa za območja, ogrožena zaradi poplav in z njimi povezane erozije celinskih voda in morja način določanja poplavnih in erozijskih območij, način razvrščanja zemljišč v razrede poplavne in erozijske ogroženosti, merila za določanje razredov poplavne in erozijske ogroženosti in tudi način priprave kart poplavnih in z njimi povezanih erozijskih območij in enotne oznake vsebin, ter s tem povezane naloge.

V pravilniku je določeno, da je opozorilna karta poplav in erozije karta natančnosti merila 1:50.000 ali manjšem, ki z različnimi grafičnimi znaki opozarja na poplavne in erozijske razmere na določenem območju na podlagi prve ocene poplavne nevarnosti. Nadalje je določeno tudi, da je karta razredov poplavne in erozijske nevarnosti detajlna karta v merilu 1:5.000 ali večjem, ki prikazuje notranja območja poplavne in erozijske nevarnosti in je izdelana na podlagi meril za razvrščanje poplavne in erozijske nevarnosti v razrede glede na moč naravnega pojava. Razred poplavne nevarnosti pa je določen z verjetnostjo nastanka poplavnega dogodka in njegovo močjo.

V 11. členu pravilnika so določena merila za določitev razredov poplavne nevarnosti. Območja poplavne nevarnosti se na podlagi meril, ki razvrščajo moč poplavnega toka pri enaki verjetnosti nastanka dogodka, razvrstijo v razrede poplavne nevarnosti, pri čemer je odločujoče tisto merilo, ki izkazuje največji razred nevarnosti. Na podlagi meril iz drugega odstavka 11. člena pravilnika se določijo razredi poplavne nevarnosti, in sicer:

- razred velike nevarnosti, kjer je pri pretoku $Q(100)$ ali gladini $G(100)$ globina vode enaka ali večja od 1,5 m oziroma zmnožek globine in hitrosti vode enak ali večji od 1,5 m²/s,
- razred srednje nevarnosti, kjer je pri pretoku $Q(100)$ ali gladini $G(100)$ globina vode enaka ali večja od 0,5 m in manjša od 1,5 m oziroma zmnožek globine in hitrosti vode enak ali večji od 0,5 m²/s in manjši od 1,5 m²/s oziroma, kjer je pri pretoku $Q(10)$ ali gladini $G(10)$ globina vode večja od 0,0 m,
- razred majhne nevarnosti, kjer je pri pretoku $Q(100)$ ali gladini $G(100)$ globina vode manjša od 0,5 m oziroma zmnožek globine in hitrosti vode manjši od 0,5 m²/s, in
- razred preostale nevarnosti, kjer poplava nastane zaradi izrednih naravnih ali od človeka povzročenih dogodkov (npr. izredni meteorološki pojavi ali poškodbe ali porušitve proti poplavnih objektov ali drugih vodnih objektov).

Integralna karta razredov poplavne nevarnosti (iKRPN Si)

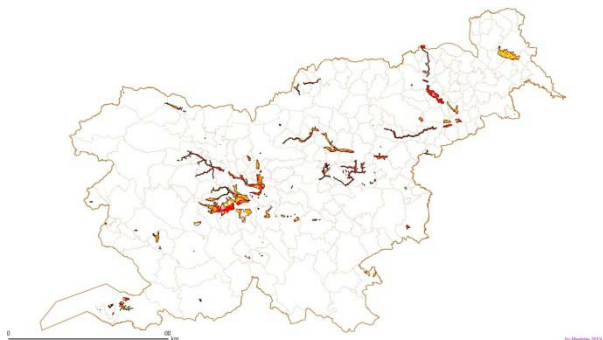
Integralna karta razredov poplavne nevarnosti je podatkovni sloj iz katerega so razvidni razredi poplavne nevarnosti, ki so bili izrednoteni v okviru ti. hidrološko hidravličnih študij, ki so jih naročili načrtovalci v okviru priprave tako državnih kot tudi občinskih prostorskih aktov in investitorji v okviru priprave projektov za pridobitev gradbenega dovoljenja. Večina teh študij je bila v okviru postopkov s področja urejanja prostora in graditve objektov potrjena oz. verificirana na IzVRS.

Merila za razvrščanje v razrede poplavne nevarnosti so določena v drugem odstavku 11. člena 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 (Uradni list RS, št. 60/07). Določeni so naslednji razredi poplavne nevarnosti:

- razred velike nevarnosti, kjer je pri pretoku $Q(100)$ ali gladini $G(100)$ globina vode enaka ali večja od 1,5 m oziroma zmnožek globine in hitrosti vode enak ali večji od 1,5 m²/s,
- razred srednje nevarnosti, kjer je pri pretoku $Q(100)$ ali gladini $G(100)$ globina vode enaka ali večja od 0,5 m in manjša od 1,5 m oziroma zmnožek globine in hitrosti vode enak ali večji od 0,5 m²/s in manjši od 1,5 m²/s oziroma, kjer je pri pretoku $Q(10)$ ali gladini $G(10)$ globina vode večja od 0,0 m,
- razred majhne nevarnosti, kjer je pri pretoku $Q(100)$ ali gladini $G(100)$ globina vode manjša od 0,5 m oziroma zmnožek globine in hitrosti vode manjši od 0,5 m²/s, in
- razred preostale nevarnosti, kjer poplava nastane zaradi izrednih naravnih ali od človeka povzročenih dogodkov (npr. izredni meteorološki pojavi ali poškodbe ali porušitve proti poplavnih objektov ali drugih vodnih objektov).

Integralna karta razredov poplavne nevarnosti je karta, ki se redno dopolnjuje in jo je potrebno redno nadgrajevati z rezultati najnovejših študij. Trenutno (avgust 2013) je na razpolago karta, v katero so vneseni rezultati cca. 100 hidrološko hidravličnih študij, ki so bile izdelane v zadnjih letih. Integralna karta razredov poplavne nevarnosti je dostopna na Atlasu okolja v okviru spletne strani Agencije RS za okolje:

http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso



Slika 1: Prikaz pokritosti območja RS z razredi poplavne nevarnosti (stanje avgust 2013 – vključeni rezultati cca 100 hidrološko hidravličnih študij) – iKRPN Si.

Prevedba razredov iz integralne karte razredov poplavne nevarnosti v razrede poplavne nevarnosti, ki se uporabijo pri vrednotenju variant v okviru študije variant, je nepotrebna oz. se za razred posamezne poplavne štejejo razred iz (integralne) karte razredov poplavne nevarnosti.

Integralna karta razredov poplavne nevarnosti	Približna ocena razreda poplavne nevarnosti (se uporablja samo za potrebe vrednotenja v okviru študije variant v postopku priprave DPNjev)
velika	Velika
srednja	Srednja
majhna	Majhna
preostala	Preostala

Opozorilna karta poplav (OpKP Si)

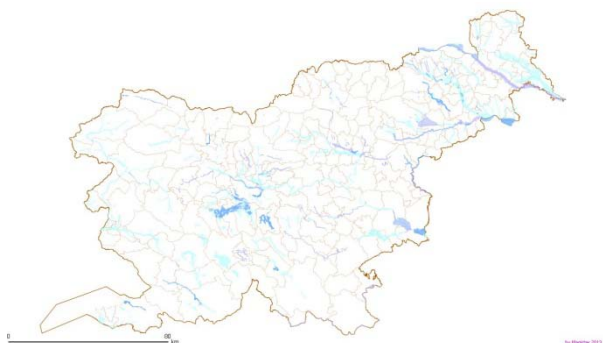
Opozorilna karta poplav je karta natančnosti merila 1:50.000 ali manjšem, ki z različnimi grafičnimi znaki opozarja na poplavne in erozijske razmere na določenem območju.

Kategorije (atributni podatek) na opozorilni karti poplav:

- pogoste poplave (v ta razred se uvrščajo poplave pri pretokih s povratno dobo 2 do 5 let)
- redke poplave (v ta razred se uvrščajo poplave pri pretokih s povratno dobo 10 do 20 let)
- zelo redke (katastrofalne) poplave (v ta razred se uvrščajo poplave pri pretokih s povratno dobo 50 let in več)

Opozorilna karta poplav je dostopna na Atlasu okolja v okviru spletne strani Agencije RS za okolje:

http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso



Slika 2: Opozorilna karta poplav – OpKP Si.

V zvezi z opozorilno karto se opravi naslednja prevedba med kategorijami poplav in razredi poplavne nevarnosti, in sicer, da se območja, ki so na opozorilni karti poplav označena s kategorijo:

- pogoste poplave štejejo kot območja v razredu velike poplavne nevarnosti;
- redke poplave štejejo kot območja v razredu srednje poplavne nevarnosti;
- zelo redke poplave (katastrofalne) štejejo kot območja v razredu majhne poplavne nevarnosti.

Opozorilna karta poplav	Približna ocena razreda poplavne nevarnosti (se uporablja samo za potrebe vrednotenja v okviru študije variant v postopku priprave DPNjev)
Pogoste	Velika
Redke	Srednja
zelo redke (katastrofalne)	Majhna

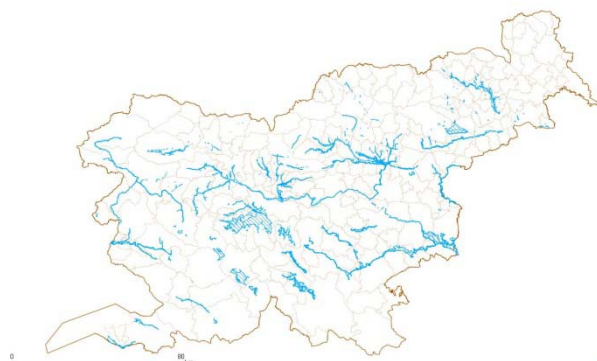
Geolocirani podatki in javno objavljeni podatki o obsegu poplav zabeleženih poplavnih dogodkov za leta 1980, 1987, 1990, 1998, 2007, 2009 in 2010 (ePoDo Si)

Na Inštitutu za vode RS so se v sodelovanju z območnimi izpostavami Agencije RS za okolje dolga leta zbirali podatki o zabeleženih dosegih oz. prostorskih razsežnostih posameznih večjih poplavnih dogodkov v zadnjih letih. Sedaj so na razpolago tudi v elektronski obliki za naslednje večje poplavne dogodke v RS za obdobja oz. datume:

- 09. 10. 1980;
- 15. 06. 1987;
- 05. 08. 1987;
- 01. - 02. 11. 1990;
- 05. - 08. 10. 1998;
- 18. - 19. 09. 2007;
- 30. 03. 2009;
- 03. - 04. 08. 2009;
- 23. 12. 2009;
- 25. 12. 2009;
- 17. - 20. 09. 2010.

Evidenca poplavnih dogodkov je dostopna na Atlasu okolja v okviru spletne strani Agencije RS za okolje:

http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso



Slika 3: Evidenca poplavnih dogodkov – ePoDo Si.

Podatkovni vir za posamezni poplavni dogodek morda ne predstavlja vseh območij, ki so bila poplavljen v

okviru posameznega poplavnega dogodka, so pa najboljši približek le-temu in podajajo pomembno informacijo do kam so vode v okviru poplavnih dogodkov različnih jakosti v zadnjih 30 letih segle.

V zvezi s podatki o obsegu poplav za poplavne dogodke med leti 1980 in 2010 se opravi naslednja prevedba med območji obsega poplav v okviru posameznih poplavnih dogodkov in razredi poplavne nevarnosti, in sicer, da se vsa območja, ki so bila poplavljenjena v okviru teh poplavnih dogodkov, štejejo za območja razreda majhne poplavne nevarnosti.

Karta obsega poplavljanja v okviru posameznih poplavnih dogodkov	Približna ocena razreda poplavne nevarnosti (se uporablja samo za potrebe vrednotenja v okviru študije variant v postopku priprave DPNjev)
območje poplavljanja	Majhna

Prikaz konkretnega primera (primer priprave državnega prostorskega načrta za državno cesto od priključka Šentupert na avtocesti A1 Šentilj - Koper do priključka Velenje-jug)

Potek trase načrtovane cestne infrastrukture:



Prikaz iKRPN Si za območje načrtovanega umeščanja:



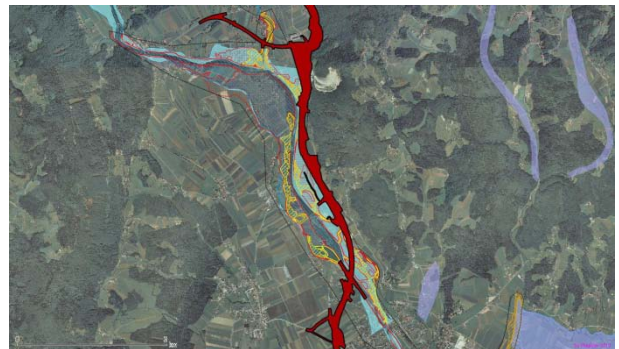
Prikaz OpKP Si za območje načrtovanega umeščanja:



Prikaz ePoDo Si za območje načrtovanega umeščanja:



Prikaz vseh treh poplavnih evidenc za območje načrtovanega umeščanja:



Na konkretnem primeru se vidi, da je za območje načrtovanega umeščanja večinoma že izdelana iKRPN Si (kar v praksi seveda pomeni, da se na tem območju OpKP Si in ePoDo Si ne uporabita), ki že vsebuje razrede poplavne nevarnosti.. Torej se, namesto da bi se od načrtovalca v fazi študije variant zahtevalo pripravo (nove) hidrološko-hidravlične študije (z izdelavo LIDAR posnetka, hidrologije, hidravličnih modelov, itd...), v ekspertnem mnenju izvede vrednotenje in rangiranje te trase z vidika poplavne ogroženosti na podlagi že obstoječih in objavljenih podatkov. Na ministrstvu ocenjujemo, da bo to bistveno pripomoglo k časovni in stroškovni optimizaciji umeščanja za državo pomembnih ureditev v prostor.



dr. Mitja Brilly, Maruša Špitalar in mag. Andrej Vidmar

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za Gradbeništvo in geodezijo

Ceste in varnost pred poplavami

POVZETEK

Raziskave smrtnih žrtev pri pojavu poplav v Sloveniji so nakazale izreden pomen prometa. Namreč vse več smrtnih žrtev je med vozniki, ki so pripravljene zapeljati svoje vozilo skozi poplavljenno vozišče. Zelo hitro se pa le-to spremeni v plovilo, ki polagoma potone s katastrofalnimi posledicami za voznika. V ZDA, na primer je 60% žrtev voznikov in potnikov ujetih na poplavljenih cestah. Žal pa na ta pojav nismo dovolj pozorni pri ocenjevanju tveganja pri poplavih.

Ugotavljanje vpliva podnebnih sprememb, ki smo izpeljali za potrebe poplav porečju reke Save, so pokazale, da bodo v bodoče pojavi s stoletno povratno dobo postali pojavi z desetletno povratno dobo. To kar imamo danes sprejeto kot območja redkih poplav bodo postala območja pogostih poplav. Omenjen pojav pomeni določen izziv in zahteva spremembo obstoječe prakse. Sodobno urejanje vodotokov zahteva več prostora za vodo in višjo varnost pred poplavi za ceste.

V članku bomo podali tudi rezultate več raziskav, ki smo jih pri dosegli projektih EU in drugih raziskavah. Vključili bomo tudi raziskave javnega mnenja ekspertov v zvezi s sodobnim pristopom pri upravljanju s tveganji pri poplavih.

Uvod

Vodotoki so ena od osnovnih naravnih karakteristik, ki zaznamujejo prostor. Cest so pa značilna antropogena prvina prostora, so osnovni linijski objekti tako urbanega prostora kakor tudi podeželja. Kot take izredno vplivajo na zbiranje vode po površini in oblikovanje površinskega odtoka. Po drugi strani pa vodotoki predstavljajo oviro v prostoru. Skozi zgodovino se je oblikoval zanimiv odnos med cestami in vodotoki pogojen tudi razpoložljivimi sredstvi za gradnjo cest, njihovim pomenom in lastnostmi vodotoka.

Nekoč so bila za ceste pomembna brodišča, pri katerih se je dalo vodotok pri nizkih pretokih prebroditi. Mostovi so bili v preteklosti zelo zahtevni objekti, ki so se gradili na mestih naravnih zožitev struge, kjer se je dalo zgraditi krajše premostitve. Gradnja mostov je danes že tako napredovala, da gradnja mostov ne predstavlja večjih težav.

V širšem prostoru se ceste bolj ali manj uspešno izmikajo cestam. Izjema so ozke doline, ki jih je oblikovala voda za svoje potrebe in je komaj prostora za pretoke poplavnih voda. Tu se režim voda zelo tesno prepleta s cestami.

Po drugi strani pa tudi ceste kot linijski objekti spreminjajo in preusmerjajo tokove voda, ki se zbirajo po površini. Pri tem pomembno vplivajo na vodni režim gozdne in podeželske ceste, ki zbirajo in usmerjajo tokove voda, ki potem tudi rušijo naravna ravnovesja in povzročajo pojave plazov in drobirskih tokov.

V urbanem okolju, kjer je vodotokom odvzet skoraj ves prostor, pa ceste prevzemajo vlogo rečnih strug pri prevajanju večjih količin vode.

Vsekakor je odnos med cestami in vodotoki zahteven in zapleten, pogojen za naravnimi danostmi in zahtevami družbe po varnem in hitrem transportu.

MOSTOVI

Ureditve vodotokov so se od davnih časov do konca dvajsetega stoletja izvajale tako, da je bilo vodi prepuščeno čim manj prostora. Prostor je bil dragocen in potreben predvsem za kmetijstvo in poselitev. Ozke regulirane struge so tudi omogočale gradnjo mostov z veliko manjšimi razponi, kot bi jo pa naravni režim voda zahteval. Pogosto so se mostovi gradili z dodatnim zoževanjem struge in s čim nižjo niveleto. Ob pojavu poplav, takšne premostitve povzročajo dodatne hidravlične upore in dvigujejo gladino vode pred mostom zaradi zajeze, ki se pa lahko vpliva tudi na dvig gladine na daljšem odseku. Pri tem so bili stebri mostov izpostavljeni dodatnim obremenitvam in eroziji. Posledica so porušitve mostov. Tako je bilo pri poplavi leta 1990 uničeno 96 in poškodovano 213 mostov (Orožen Adamič 1991). V trenutku, ko se gladina vode dotakne spodnjega roba mostu, se začne na mostni konstrukciji nabirati plavje, ki potem zmanjša odprtino mostu in poveča zajeze. Plavje lahko tudi popolnoma zapre mostno odprtino in povzroči prelivanje cestišča ter njegovo erozijo, kot pri mostu na Ljubnici leta 1990. Pri poplavih postanejo oboki mostu usmeritveni objekti, ki preusmerijo tok vode in povzročijo erozijo dol vodno od mostu. 1990.

Pri lesenih mostovih, pa tudi starejših kamnitih ali betonskih mostovih je bilo temeljenje preveč plitvo. Erozijska, ki se pojavi ob stebrih mostov in se povečuje s pretokom povzroča lahko spodkopavanje stebra mostu in njegovo porušitev. Z globokim temeljenjem na pilotih se je ta nevarnost v zadnjem obdobju zmanjšala.

MESTNE CESTE

Ceste v urbanem okolju pogosto postanejo vodotoki ob redkih pojavih izrednih padavin z daljšo povratno dobo. Cestna kanalizacija je praviloma projektirana za pojave s krajšo povratno dobo in ne more sprejeti celotnih količin vode pri večjih pojavih. Problem je tudi v tem, da se naša inženirska praksa zgleduje po nemških in drugih srednje evropskih standardih. V naših krajih, ki so pod močnim mediteranskim vplivom nemški standardi niso ustrezni. Lito železne rešetke na jaških niso sposobne privzeti vso količino vode, ki jo intenzivne padavine prinesejo na cestišče.

Voda se zbira na cestišču in odteka v smeri vzdolžnega padca cestišča. Če bi bilo cestišče ustrezno projektirano, bi lahko voda odtekla v smeri izven mesta ali na, v ta namen predvidene zelene površine, slika 1. V Železnikih je voda v mestu prišla prej po cestišču kot strugi vodotoka, slika 2. Praktično se pa voda zbira v podvozih in križiščih kot v Ljubljani leta 2010. Ljubljana bi bila tako, ob izrednih nalivih (stoletna povratna doba), prerezana na dva dela z železniško progo. Prevozno so samo nadvozi, ki so daleč od središča mesta in Kliničnega centra.



Slika 1: Prečni prerez ceste načrtovane kot vodotok pri poplavi



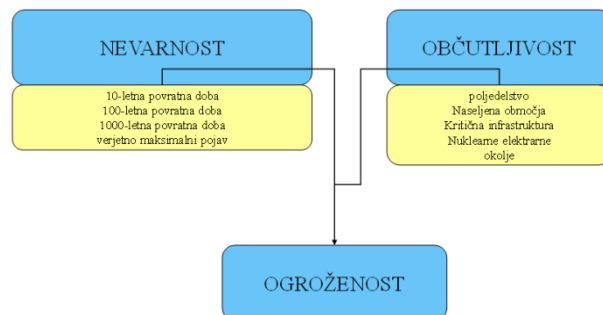
Slika 2: Prelivanje vode s ceste v vodotok, Železniki 2007

Poseben problem je prekrivanje vodotokov zaradi izkoriščanja prostora. Vse skupaj je ekološko izredno neprimerno pa tudi živa voda izginja iz okolja, ki bi ga pa lahko samo bogatila. Tu spada tudi prekrivanje mlinščic in manjših potokov na podeželju oziroma gradnja cest po strugi vodotoka, ki je v tem primeru delna ali pa popolnoma prekrit (Trboveljščica v Trbovlju ali mlinščice v Domžalah in Trziču). Namreč, ko vode narastejo nimajo kam in se razlijejo po cestišču.

Z dvigom gladine vode v reki se dviguje tudi podtalnica, ki lahko zalije podvoze ali nižje ležeče dele cestišča oddaljene od vodotoka.

OGROŽENOST PRED POPLAVAMI IN CESTE

Ko združimo nevarnost in občutljivost dobimo pregled nad ogroženostjo. Sodoben pristop izpostavlja celovito obravnavo tako nevarnosti kakor občutljivosti v vsej svoji razsežnosti, slika 3. Upoštevati moramo nevarnost tudi pri pojavu verjetno največjega pojava, namreč če območje ali dejavnost ni izpostavljeno pri pojavu s stoletno povratno dobo to še ne pomeni, da smo problem rešili.

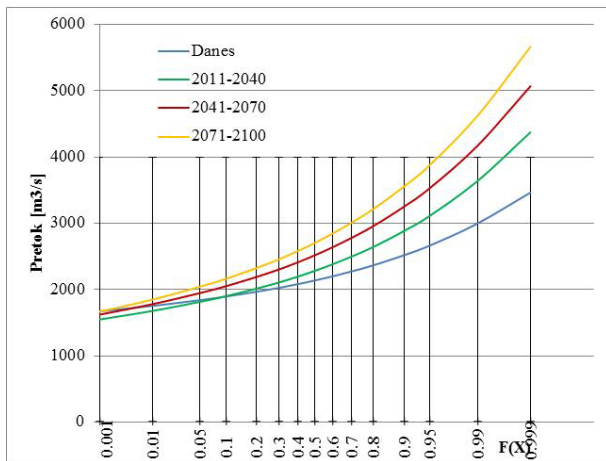


Slika 3: Celovita obravnava ogroženosti

Ranljivost je odvisna od vrste dejavnosti v okolju. Predvsem se ju tu ranljiv človek in njegove dejavnosti. Pri tem obravnavamo celoten prostor. Pri tem so bolj pomembne dejavnosti, pri katerih lahko prihaja do žrtv ali do škode, ki jo ne moremo povrniti. Kritična infrastruktura, kamor spadajo tudi ceste je pomembna ker poškodbe cestišča lahko prizadenejo človeka in njegove dejavnosti v širšem prostoru.

Ko imamo nevarnost in občutljivost opredeljene analiziramo izpostavljenost in ugotavljamo ogroženost. Pri tej integraciji ne gre samo za enostavno prekrivanje območij nevarnosti in občutljivosti s pomočjo orodij Geografskih informacijskih sistemov, temveč za upoštevanje vplivov v širšem prostoru. Omejitve v prometu namreč prizadenejo širše območje, kot pa ga pokriva območje nevarnosti. Podobno je tudi z oskrbo z vodo, plinom ali električno energijo.

Pri postopku določanja ogroženosti moramo upoštevati tudi daljšo bodočo časovno perspektivo. Pri nevarnosti, tako upoštevamo podnebne spremembe. Izračuna vpliva podnebnih sprememb na poplave v porečju reke Save so pokazale, da bojo pojavi s stoletno povratno dobo postali pojavi z desetletno povratno dobo (Brilly, 2013), slika 4. Pri občutljivosti pa moramo upoštevati bodoči razvoj, pomen dejavnosti in demografska gibanja. Ranljivost kakršno poznamo danes ni ranljivost, ki jo bo oblikoval bodoči razvoj.



Slika 4: Verjetnostne porazdelitve visokih pretokov reke Save na vodomerni postaji Čatež

Pri iskanju rešitev se po navadi obravnava celotno ogroženo območje brez posebne analize posameznih dejavnosti ali objektov. Sodoben pristop zahteva, da dejavnosti v prostoru, ki so posebnega pomena obravnavamo z ustrezno pozornostjo. Predvsem iščemo rešitve, ki bodo omogočale zaščito brez žrtv. V naslednji fazi lahko izvedemo tudi analizo stroškov in koristi. V vsakem primeru morajo rešitve biti usklajene s prostorskim načrtovanjem.

Analiza vzrokov za žrtve v Sloveniji, ki smo jo opravili na katedri za splošno hidrotehniko je pokazala velik vpliv cest in prometa pri pojavu žrtv, preglednica 1. Že pri veliki poplavi leta 1933 je bilo # žrtv zaradi porušitve mostu na reki Gradaščici. Leta 2004 smo imeli prvo žrtv, ki se je z vozilom zapeljala v deročo reko Gradaščico. Dejansko imamo skoraj ob vsakem večjem dogodku v Sloveniji smrtne žrtve in pri tem vsaj eno osebo, ki je izgubila življenje v vozilu. Pojav ni nov, saj je po podatkih v ZDA, leta 2011 60% vseh smrtnih žrtv pri poplavih med vozniki ali potniki v vozilih, preglednica 2. Vozila so v zadnjih letih postala vse večja, težja, močnejša in dajejo voznikom in potnikom vtis lažne varnosti. Večina vozil se v vodi hitro spremeni v plovilo, sliki 5 in 6. V trenutku, ko voda potegne vozilo z cestišča, je usoda voznika prepuščena vodni ujmi. Vozilo se polagoma potopi, zaradi hidrostatskega tlaka vrata ni možno odpreti. V strugi, kjer se ob poplavi gramoz giblje kot kalni delci je vozilo hitro uničeno slika. Že po nekaj deset metrih v strugi ob poplavi od vozila osten samo ne prepoznavna razbitina, sliki 7 in 8.

Preglednica 1: Žrtve zaradi poplav v Sloveniji

Leto	Žrtve	Zaradi prometa	vzrok	% od celotnega števila
1926	10			
1933	17	10	Porušitev mostu	59
1954	21			
1990	2			
1998	2			
2000	7			
2004	1	1	vozilo	100
2007	6	1	vozilo	17
2010	5	3	vozilo	60

Preglednica 2: Preglednica 2. Podatki NOAA o smrtnih žrtvah v ZDA¹

Leto	Št. žrtv	Zaradi prometa	% od celotnega števila
2012	29	16	55
2011	113	68	60
2010	103	50	49

Water Depth: 1.5 feet

- Width: 5.5 feet
- Length: 14 feet
- Clearance: 10 inches
- Weight: 3,400 pound
- Net Depth = 0.67 feet

Net Weight : 3,400 lbs - 3,220 lbs = 180 lbs
 Friction Force: 0.4 x 180 lbs = 72 lbs
 72 lbs is less than the 473 lbs of stream force, so the vehicle moves downstream

Osebo vozilo

Something a Little Bigger

- Width: 6 feet
- Length: 18 feet
- Ground Clearance: 18 inches
- Weight: 5,040 pounds

1 foot of water displaced by this vehicle weighs:
 (6' x 18' x 1' x 62.4 lbs/cu. ft.) = 6,739 pounds

Tovornjak

Slika 5: Globina vode do katere se lahko potopi vozilo, Eve Gruntfest, predstavitev 2005



Slika 6: Ostanki vozil po poplavi v Železnikih



Slika 7: Ostanki vozil po poplavi v Železnikih

V nobenem navodilu proizvajalca ni podatkov o globini vode na cestišču po kateri bo vozilo še ostalo na cesti, niti podatka o globini vode, ko vozilo postane plovilo. V motni vodi ni videti poškodb zaradi erozije. Voda hitro odplavi asfaltno prevleko, lahko jo tudi zvije in odnese kot preprogo na daljšem odseku. Namesto cestišča imamo pod vodo erozijski kanal po katerem dere voda. Voznike tudi ne seznanjamo s to vrsto nevarnosti. Med poplavo, prometna policija ni vključena v dogajanje in vozniki so bolj ali manj prepuščeni sami sebi.

Pri ocenjevanju škode zaradi poplav na cestišču ne smemo mimo škode v prometu. Neposredna škoda, ki jo z erozijo in naplavinami povzročajo poplave je relativno enostavno določiti. Posredna škoda težje določamo. Gre za škodo, ki jo trpi promet, ker je prometnica zaprta, obvoz pa omogoča bolj upočasnjeno in dalj časa trajajočo vožnjo. Pogosto posredna škoda, še posebej če gre za avtocesto krepko presega neposredno škodo.

Tud pri oceni občutljivosti se cestam in prometu ne daje ustrežna pozornost. Pred poplavo varna cesta omogoča delovanje služb za zaščito in reševanje, zdravstvena nege in oskrbe ter ne nazadnje varno evakuacijo prizadetih prebivalcev.

SODOBEN RAZVOJ UREJANJA VODOTOKOV IN CESTE

Sodoben razvoj pri urejanju vodotokov danes je zahteva po povečanju prostora za vode oziroma vrnitev vsaj dela prostora, ki ga je vodotok nekoč že imel. Pomemben evropski projekt na tem področju se izvaja na Nizozemskem z naslovom »room for the river« <http://www.ruimtevoorderivier.nl/meta-navigatie/english/room-for-the-river-programme/>. Projekt je usmerjen v odstranjevanje ovir, prepuščanju večjega prostora vodi, poglobljanju strug, odstranjevanju ali pomikanju nasipov, povečevanju zadrževalnikov in zniževanju poplavnih območij, sliki 8 in 9.



Slika 8: Odstranjevanje ovir



Slika 9: Premikanje nasipov

PRIPOROČILA IN ZAKLJUČKI

V primeru cest gre predvsem za odstranjevanje ovir, ki jih povzročajo mostovi in projektiranje mostov, tako da ne povzročajo dodatno nevarnost pri poplavih, slika #. Mostove bi morali graditi vsaj v dvakratni širini kot je pa inženirska praksa v Sloveniji. Vzrok ni samo v zaščiti pred poplavami, temveč tudi v upoštevanju Direktive o politiki do voda, ki zahteva doseganje dobrega ekološkega stanja voda in remediacije oziroma deregulacije vodotokov. Vodotoke moramo razširiti toliko, da omogočajo varne prevajanje poplavnih vod in ekološko primerno zarast brežin. Razširjena in ponekod deregulirana struga vodotoka, da bi lahko svobodno preoblikovala morfologijo svoje struge, potrebuje dodaten prostor.

Glede varnosti mostov in njihovega nadvišanja je bilo že dovolj govora v prispevku objavljenem leta 1996, (Brilly in Mikoš, 1996). Pri projektiranju mostov moramo upoštevati zadostno nadvišanje za prepuščanje plavja. Pri tem moramo upoštevati tudi pomen ceste in možne posledice zaježitve. V vsakem primeru se kriteriji varnosti morajo povečati.

Pri obravnavi imajo ceste poseben pomen glede nevarnosti kakor tudi ranljivosti in zahtevajo posebno obravnavo. Avtoceste, na primer, bi morali obravnavati podobno kot obravnavamo nuklearko in jo ščitimo pred največjim možnim pojavom. Regionalne hitre ceste bi morali ščiti pred pojavi s 1000 letno povratno dobo in to ne glede ali potekajo skozi naseljeno področje ali ne naseljeno pokrajino. Podobno obravnavo bi zahtevali tudi drugi ključni objekti v prostoru

Viri in literatura

1. Brilly Mitja in Mikoš Matjaž, 1996, Kriteriji za nadvišanje nad kritične vrednosti gladin vode pri hidravličnem dimenzioniranju nekaterih objektov, Voda in ceste, strokovno posvetovanje, Novo mesto, Slovensko društvo za hidravlične raziskave in Družba za raziskave v cestni in prometni stroki Slovenije.
2. Mitja Brilly, Mojca Šraj, Andrej Vidmar, Miha Primožič in Maja Koprivšek, 2013, Climate change impact on flood hazard in the Sava River Basin, Springer, v objavi
3. Orožen Adamič Milan .O., 1991, Škoda ujme 1990 v Sloveniji, Ujma 1991

dr. Mihael Brenčič

Univerza v Ljubljani, Naravoslovno-tehniška fakulteta in Geološki zavod Slovenije, Oddelek za hidrogeologijo

in

dr. Jože Ratej

IRGO consulting

Poplave podzemne vode – hidrogeološka izhodišča in prikaz praktičnih primerov

POVZETEK

Prispevek obravnava vprašanje poplav podzemnih vod. Te so v Sloveniji pogost pojav zlasti v primeru globljih posegov pod koto tal, v zimskem obdobju 2012/2013 pa so se poplave podzemnih vod pojavile tudi na Ptujskem polju in v Pomurju. Prikazana so osnovna teoretična izhodišča za obravnavo visokih gladin podzemne vode, tako s stališča izračuna in podajanja povratnih dob visokih gladin podzemne vode, kot tudi s stališča prisotnosti trendov v nihanju gladin podzemne vode. Teoretični premislek je nadgrajen s primerom iz prakse, kjer je prikazan pristop k oceni visokih gladin podzemne vode na območju podvozov pod železniško progo Pragersko – Hodoš. Prispevek se sklene z odprtimi vprašanji in problemi.

Ključne besede: ceste, podzemna voda, poplava, poplava podzemnih vod, povratne dobe

Uvod

Poplave so pojav, ki v vsakdanjem življenju povzročajo veliko materialno škodo, pogosto pa imajo za posledico tudi velike materialne izgube ter v najbolj ekstremnih primerih tudi človeške žrtve. Slovenija je država, ki je zaradi svoje lege na stiku alpskega in mediteranskega prostora in zaradi relativno visokih ter intenzivnih padavin poplavam zelo podvržena. V različnih predelih države se poplave pojavljajo skoraj vsako leto. Zaradi dolgoročnih sprememb klime in pogosto nepremišljenih posegov v prostor pa se nakazuje, da se v nekaterih predelih države pogostost in obseg poplav s časom povečuje. Vsi ti problemi družbo in državo postavljajo pred številne probleme in dileme, ki jih bolj ali manj uspešno rešujemo.

Poplava je dogodek, ko se na nekem območju, ki je običajno suho, pojavi voda in se tam zadrži neko časovno obdobje. V ožjem pomenu pa je poplava ekonomska kategorija, ker človek poplave razume predvsem kot naravni proces, ki omejuje rabo prostora za pridobivanje ekonomskih koristi v najširšem pomenu.

Poplave so dobro znan pojav, ki je predmet različno zasnovanih analiz in presoje že odkar se človek tega problema zaveda. Stroke, ki se ukvarjajo s hidrološkimi naravnimi nesrečami, so v desetletjih in stoletjih svojega razvoja pridobile obsežno zakladnico znanja. Tako kot pri vseh naravnih pojavih je tudi pri poplavah še vedno veliko odprtih vprašanj in problemov. Med te probleme sodijo tudi poplave podzemne vode, ki so za razliko od poplav površinske vode zelo slabo preučene. Celo več, trdimo lahko, da je vprašanje tega pojava povsem zanemarjeno, tako v znanosti, kot tudi v inženirskih strokah. Pozornost zbudijo le občasno, ko vplivajo na objekte vkopane v tla, ali pa v primerih, ko podzemna voda doseže ekstremno visoke gladine, kot je bil to primer na Ptujskem polju konec leta 2012 in v začetku leta 2013.

V članku so v poglavju 2 predstavljena teoretična izhodišča za obravnavo poplav podzemnih vod. V nadaljnjem poglavju sledi prikaz primera iz prakse pri načrtovanju gradnje podvozov vzdolž trase železniške proge Pragersko Hodoš. V poglavju 5 so prikazane smernice za varovanje podvozov pred visokimi vodami podzemne vode. V sklepih so podana odprta vprašanja, ki se navezujejo na obravnavo poplav podzemnih voda tako s stališča teorije, kot tudi ustreznih postopkov v praksi.

TEORETIČNA IZHODIŠČA

Do poplave podzemne vode pride takrat, ko gladina podzemne vode doseže ali preseže kritično koto izražene z nadmorsko višino, ki jo opredelimo kot visoko gladino podzemne vode. Dvigi podzemne vode praviloma ostajajo pod koto tal in zaradi tega prikriti za neposredno opazovanje, opazimo jih le v opazovalnih vrtnah ali pa preko bolj ali manj posrednih vplivov na gospodarsko infrastrukturo (npr. globoke kleti, temelji, spodnji ustroji cest in železnic, podvozi, globoki vkopi, ponikalni sistemi ipd.). Podzemna voda ob poplavah podzemne vode le redko izdanja na površini. Njena izdanjanja opredelimo kot izdanke podzemne vode na naravnih površinah ali izdanke na umetnih površinah, kjer je človek posegel v tla. Izdanjanja na naravnih površinah so posledica vdora podzemne vode v naravne kotanje ali poglobitve. Poseben primer izdanjanja podzemne vode na naravnih površinah so izviri in mokrišča. Slednja se zelo pogosto napajajo prav s podzemno vodo.

Na izdankih podzemne vode na umetnih površinah se podzemna voda pojavi zaradi tega, ker človek z različnimi posegi poseže pod površino tal. Pri tem bi lahko govorili o trajnih poplavah podzemne vode in občasnih poplavah podzemne vode. Trajne poplave so tiste, kjer objekt trajno sega pod gladino podzemne

vode. V inženirski praksi se jih rešuje bodisi z aktivnimi ukrepi, med katere sodi aktivna odvodnja (npr. črpališčni sistemi, drenažni sistemi) ali s pasivnimi ukrepi, kjer se objekti, ki segajo pod koto tal izvedejo v vodotesni izvedbi (npr. gradnja v vodotesni kesonski izvedbi). Kljub temu vsakdanja inženirska praksa trajnih poplav podzemne vode ne obravnava kot poplave, ker gre za trajno stanje, na katerega se objekt prilagodi že ob njegovem projektiranju in kasnejši gradnji. Kot poplave podzemne vode se v praksi obravnavajo le občasne poplave, pri čemer gre za redke in izjemne dogodke, ki na objekt vplivajo le izjemoma. Za presojo vpliva takšnih poplav je ključna opredelitev njihove kritične kote in posledic, ki jih takšna poplava povzroči. V nadaljevanju obravnavamo le občasne poplave podzemne vode.

Čas trajanja poplave podzemne vode je obdobje, v katerem podzemna voda sega preko kritične kote. Značilnost poplav podzemne vode je, da gre v primerjavi s poplavami površinskih vod za dogodke z daljšim trajanjem. Poplave površinski vod trajajo največ nekaj dni, med tem ko poplave podzemnih vod lahko trajajo tudi po nekaj mesecev. Tako kot pri površinskih vodah, tudi v primeru podzemnih vod čas trajanja poplav opredelimo s krivuljami trajanja poplave ali s krivuljami trajanja poplave preko kritične meje (t.i. POT modeli – angleško Point Over Threshold). V primerjavi s površinskimi vodami so krivulje trajanja podzemnih vod položnejše in bolj sploščene.

V inženirski praksi se je uveljavil koncept povratne dobe, s pomočjo katerega ocenimo kako pogosto se nek pojav dogodi. Tako se tudi pri poplavah podzemne vode zastavlja vprašanje, kako pogosto se lahko dogodi posamezna poplava. Povratna doba je recipročna vrednost verjetnosti dogodka, izraženega z (empirično) funkcijo gostote verjetnosti v določenem časovnem obdobju. V javnosti najbolj poznan je koncept stoletnih povratnih dob, to je verjetnost dogodka enkrat na sto let, v praksi pa uporabljamo tudi druge različne dolge povratne dobe (npr. 1, 2, 5, 10, 20 in 50 let; redkeje povratne dobe daljše od 100 let). Ocenov povratnih dob uporabljamo na zelo različnih inženirskih področjih, kot je na primer zaščita pred negativnimi učinki potresov, negativnimi učinki vetra in drugih meteoroloških pojavov ter podobno. Koncept povratnih dob se najpogosteje uporablja prav na področju zaščite pred hidrološkimi ujmami.

V sodobni inženirski paradigmi zaščite pred naravnimi nesrečami igra koncept povratne dobe ključno vlogo. Višjo povratno dobo kot ima dogodek, večja je potencialna škoda, ki jo lahko povzroči. Vprašanje inženirske in ekonomske presoje pa je, do kakšne povratne dobe bomo objekt še šteli, preko katerega dogodka pa te zaščite ne bomo več izvajali, ker je ta ekonomsko in družbeno nesprejemljiva. Čeprav neposrednega pravila, kako zaščito objektov glede na posamezne povratne dobe izvajati, ne obstaja, pa velja pravilo, da se na najnižje povratne dobe štiti manj pomembne objekte, na visoke povratne dobe pa pomembnejše objekte, katerih odpoved delovanja ima lahko trajne posledice na družbo in okolje. Ta presoja bi morala biti rezultat presoje tveganj, nevarnosti in posledic, a najpogosteje temu ni tako. Odločitev o tem, na katero povratno dobo bomo objekte šteli, je deloma prepuščena tehnični zakonodaji (pravinikom in obveznim standardom), deloma pa presoji. Tako imamo pravne dokumente, ki določajo zaščito nekaterih objektov pred poplavami padavinskih in površinskih vod (npr. odvodnja cest, naselij), splošno sprejetih pravil pa

ni. Tudi v zakonodaji so zaščite na posamezne povratne dobe določene na podlagi izkušenj, ali pa so preprosto privzete kar iz literature ali tujih primerljivih zakonodaj. Prav pri poplavah podzemne vode se pokaže, da prakse in zahtev na tem področju ni in da se je pri projektiranju zaščite objektov pred vplivi poplav podzemne vode potrebno odločati vedno znova in sproti.

Pri določanju povratne dobe izhajamo iz opazovanj pojava, katerega pojavnost in frekvence želimo določiti. Na podlagi zapisov meritev pojava določimo frekvence posameznih vrednosti in nato izrišemo frekvenčni diagram. Najbolj znana oblika takšnega diagrama je histogram. Nato s pomočjo različnih postopkov, katerih metodologija presega okvire tega zapisa, izberemo teoretično porazdelitev – funkcijo gostote verjetnosti, ki jo imenujemo tudi verjetnostni model opazovanega pojava, ki je seveda izražen z enačbo. V statistiki najpogostejši uporabljeni model je normalna ali Gaussova porazdelitev. Pri analizi hidroloških ujm pa se izkaže, da ta porazdelitev zaradi nesimetrične empirične porazdelitve frekvence pojavov ni primerna. Tako pri teh analizah uporabljamo porazdelitve kot so gama, Pearson III, logPearson III, lognormalna, Gumbelova, dvojna ekstremna porazdelitev in tudi nekatere druge, ki pa niso uporabljene tako pogosto, kot prej naštetje. Ko določimo verjetnostni model se lotimo določanja vrednosti pojava v odvisnosti od njegove frekvence – pogostosti. Ker imamo sedaj na voljo enačbo, lahko določimo katero koli zeleno frekvenco, tudi frekvence, ki so zelo nizke, in s tem zelo visoke povratne dobe. Seveda pa je vprašanje, kako natančne in ustrezne so te določitve, če je dolžina naših opazovanj krajša od povratne dobe, ki jo določamo.

Določanje povratne dobe temelji na predpostavki, da je pojav, katerega frekvence opazujemo in s tem tudi njegova funkcija gostote verjetnosti časovno stabilen. V statistiki takšno lastnost imenujemo stacionarnost in ergodičnost. Preprosto povedano to pomeni, da se značilnost funkcije gostote verjetnosti s časom ne spreminja. Ko se ozremo na realne časovne vrste hidroloških podatkov, s pomočjo katerih določamo povratne dobe, ugotovimo, da so v teh časovnih vrstah prisotni različni trendi (npr. naraščanje ali zmanjševanje letnega povprečja). Odsotnost trendov pa je temeljna zahteva, s pomočjo katere opredelimo stacionarnost časovne vrste. V primeru prisotnosti trendov analizirano časovno vrsto opredelimo kot kvazi stacionarno ali pa ji z nekaterimi računskimi postopki vsilimo stacionarnost in ergodičnost.

Določanje povratne dobe je v osnovi ekstrapolacijski postopek. Ker so časovne vrste, s katerimi operiramo pri analizi časovnih ujm, redko daljše od 30 let, le izjemoma 50 let in več, so povratne dobe daljše od 30 let le modelni izračuni, ki so odvisni od kvalitete podatkov in izbranega verjetnostnega modela. Pri tem velik problem predstavljajo časovne vrste, ki so podvržene številnim trendom. Če med seboj primerjamo nihanja pretočnih višin in pretokov v površinskih vodotokih z nihanji gladin podzemne vode, opazimo veliko razlik. Nihanja v površinskih vodotokih so zelo hitra in spremenljiva, nihanja gladin podzemne vode pa so počasna in dolgotrajna. Prav tako so različni tudi časovni trendi, v podzemni vodi so spremembe počasne, a v daljšem časovnem obdobju zelo izrazite, pri površinskih vodah so spremembe hitrejšje.

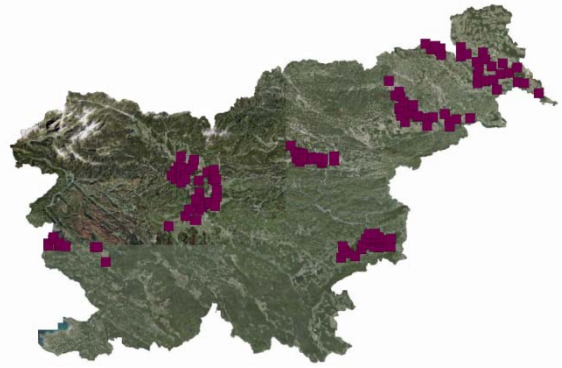
Do sprememb v nihanju gladin podzemne vode in dolgoročnih trendov prihaja zaradi številnih razlogov. Kako se te spremembe odražajo v daljšem časovnem obdobju, je odvisno od tipa vodonosnika (npr. odprt ali zaprt vodonosnik), režima padavin in infiltracije, predvsem pa od robnih pogojev. Vsak vodonosnik je del širšega regionalnega sistema toka podzemne vode, kar vpliva na porazdelitev in kroženje podzemne vode v širšem prostoru. Če spremenimo pogoje na robovih vodonosnika, se s časom spremeni porazdelitev podzemne vode v celotnem sistemu med seboj povezanih vodonosnikov. Tak primer predstavljajo posegi v reke in večje vodotoke. Če se zaradi regulacij ali naravnih spremenjijo pretočne višine rek te spremembe za seboj potegnejo spremembe v vseh povezanih vodonosnikih. Zelo poučna primera teh sprememb sta vrezovanje reke Mure v Pomurju in spremembe pretočnih višin in vrezovanja reke Save na Ljubljanskem polju. Še večji vpliv na robne pogoje predstavlja gradnja hidroelektrarn, ki lahko povsem spremenijo hidrološke razmere v prostoru. Časovne spremembe robnih pogojev vodonosnika je skorajda nemogoče napovedati, hkrati pa iz tega sledi, da je zelo težko napovedati, kako se bo v odvisnosti od sprememb robnih pogojev v času spreminjala gladina podzemne vode. Ker je določanje povratnih dob ekstrapolacijski postopek, bi poleg postopka ekstrapolacije iz obstoječih meritev podzemne vode morali upoštevati trende, ki so posledica procesov na robovih, kar pa je skorajda nemogoče. Ko analiziramo povratne dobe visokih gladin podzemne vode v vodonosnikih, kjer so zabeleženi trendi v spremembah gladin podzemne vode, se tako zastavlja vprašanje, kako te trende upoštevati in kako jih odstraniti. Matematični postopki za takšne izračune so na voljo, toda ali tudi odražajo naravno stanje, predvsem pa razvoj vodonosnega sistema na robovih v prihodnosti?

Nihanje gladin podzemne vode je prostorski pojav vezan na široka območja, ki po svojih prostorskih dimenzijah presegajo nihanja v koritih vodotokov. Enačbe nestacionarnega toka podzemne vode so za numerično modeliranje sicer enostavnejše kot nestacionarne enačbe toka vode s prosto gladino, toda zaradi prostorske razprostranjenosti podzemne vode in heterogenosti vodonosnikov, je mnogo težje napovedovati spremembe toka podzemne vode, kot spremembe toka v koritih vodotokov. Dodaten problem predstavlja tudi dejstvo, da so meritve podzemne vode vedno točkovne, posamezna opazovalna mesta pa so med seboj zelo oddaljena, kar povzroča zelo velike probleme pri interpolaciji dinamike podzemne vode med posameznimi opazovalnimi mesti. Vse naštetu povzroča, da imamo pri napovedovanju gladin podzemne vode opraviti z zelo visoko stopnjo nedoločnosti napovedi.

PRIMER IZ PRAKSE

V praksi se je pri opredelitvi dinamike nihanja podzemne vode na območjih podvozov v življenjski dobi objektov potrebno soočiti s številnimi problemi. V nadaljevanju so predstavljeni nekateri tovrstni izzivi, na katere smo naleteli pri določanju maksimalnih nivojev podzemne vode za potrebe gradnje in obratovanja izven-nivojskih križanj železniške proge Pragersko - Hodoš. Pri tem bo prikazano predvsem vprašanje vpliva nivoja podzemne vode na konstrukcijo podvozov, ne pa tudi druga inženirska vprašanja, ki so bila pri tem projektu obravnavana, kot so: zaščita podzemne vode, ponikanje, vtoki podzemne vode v gradbene jame in drugi procesi

pri gradnji, ki so povezani s podzemno vodo in ki bodo predstavljali velik tehnični in finančni izziv.



Slika 1: Karta opazovalnih mest ARSO - hidrološki monitoring podzemnih voda - Slovenija (vir: Atlas okolja)

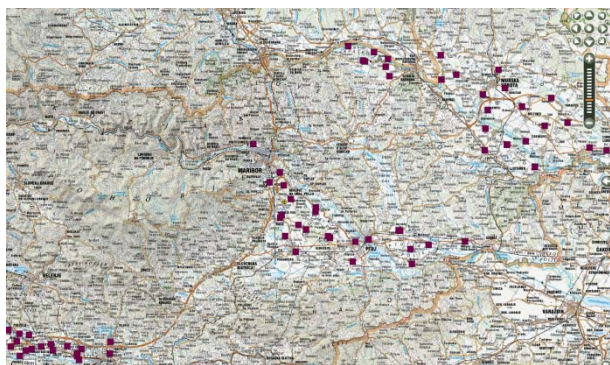
Razpoložljivost podatkov o nivojih podzemne vode

Opredelitev dinamike podzemne vode temelji na analizi obstoječih rezultatov meritev nivojev. Tako je v prvi fazi potrebno zbrati vse razpoložljive in hidrogeološko relevantne podatke znotraj istega hidravličnega polja. V Sloveniji z največjo mrežo opazovalnih mest količinskega stanja podzemne vode razpolaga Agencija RS za okolje. Ta obsega podatke o nivojih iz aktualnih in opuščeni merskih mest iz 22 območij vodnih teles podzemne vode in je v času priprave tega prispevka v fazi širitve. Pokrita območja, ki jih lahko združimo v 6 hidrogeološko bolj ali manj zaključenih celot različnih kompleksnosti, so vezana izključno na območja aluvialnih vodonosnikov.

Verjetnost poplav podzemne vode je največja na območjih, kjer se le-ta nahaja stalno ali občasno v majhnih globinah pod površjem v zelo dobro prepustnem poroznem mediju. To velja predvsem za poplavljanje cest in podvozov, medtem ko je v primerih predorov kritična globina podzemne vode lahko tudi dosti večja, odvisno od poteka predora. Tipičen primer kritičnih območij so z nekaterimi izjemami (širše Ljubljansko polje) ravno aluvialni vodonosniki, zato lahko zaključimo, da takšna pokritost točk ARSO vendarle dokaj dobro sovпада z lego problematičnih območij.

Seveda pa je posamezen poseg v podzemno vodo v prvi vrsti lokalni inženirski problem, zato je potrebno poznavanje hidrogeoloških razmer na sami lokaciji. Tako pri pregledu posameznega polja v večjem merilu vidimo, da so razdalje med posameznimi točkami razmeroma velike. Tako v primeru severovzhodne Slovenije (Slika 3) znašajo razdalje med merskimi mesti:

- v srednji Savinjski dolini od 1 do 2 km
- na Dravskem polju od 2,5 do 6 km in
- na Murskem polju od 3 do 7 km



Slika 3: Karta opazovalnih mest ARSO - hidrološki monitoring podzemnih voda - SV Slovenija (vir: Atlas okolja)

Meritve ARSO tudi ne obsegajo vedno enako dolgih časovnih nizov meritev: najdaljši nizi, ki so v našem primeru še lahko bili uporabljeni, so dolgi v povprečju 30 let, sicer pa so tudi bistveno krajši. Poleg tega je tu problem sočasnosti meritev, saj se razpoložljivi podatki z različnih merskih mest pogosto ne prekrivajo, kar je posledica več merskih kampanj. Tako so na voljo 5 - 20 letni nizi podatkov iz 60-ih do 80 ih let prejšnjega stoletja, ki so bili nato prekinjeni.

Interpolacija/ekstrapolacija nivojev v prostoru

S hidrogeološkega vidika predstavljene medsebojne oddaljenosti merskih mest in s tem razpoložljivih podatkov precej otežujejo interpretacijo razmer na lokaciji posameznega podvoza. Tipične vrednosti naravnih hidravličnih gradientov se namreč v povprečju gibljejo med vrednostmi 1 do 3 ‰, na Dravskem polju celo do 1%. Pri takšnem hidravličnem polju lahko tako razlike v nivojih med posameznimi sosednjimi merskimi mesti znašajo tudi več kot 10 m, s povečanim razponom pa se povečuje tudi negotovost interpolacije v vmesnem prostoru. Običajno uporabimo linearno metodo interpolacije in občasno tudi ekstrapolacije za določitev nivojev na posamezni lokaciji, pri čemer največkrat ne vemo ali so v prostoru med merskim mestom in podvozom prisotni:

- hidrološki elementi, ki lahko bistveno vplivajo na porazdelitev nivoja podzemne vode (npr. vodotoki, kanali, akumulacije, ipd.),
- litološke meje in/ali
- razlike v prepustnostih.

Preko teh meja linearna interpolacija nivojev podzemne vode namreč ni ustrezna.

Za določitev položaja posameznega podvoza v hidravličnem polju je potrebno določiti razliko v nivojih podzemne vode med merskim mestom in na območju podvoza. To je bilo v obravnavanem primeru izvedeno s pomočjo razpoložljivih hidrogeoloških kart gladin podzemne vode. Te so slika interpolacije nivojev v nekem trenutnem stanju, ko je bila meritev izvedena na čim širšem naboru merskih točk. Pri razpoložljivih kartah gladin podzemne vode število in lokacija uporabljenih merskih točk pogosto nista dokumentirana, kakor tudi ne uporabljena interpolacijska metoda, ki je pogosto kombinacija statistične metode s hidrogeološko interpretacijo. Tako preprosta oblika kart gladin podzemne vode ne kaže nujno tudi na preprosto hidravlično polje, temveč prej na majhno gostoto ali opustitev posameznih merskih točk.

Največkrat so meritve nivojev podzemne vode za izdelavo kart gladin izvedene v času srednjih do visokih vodnih stanj, redko pa v času najvišjih vodnih stanj, ki so predmet preiskav za določitev varnosti podvozov pred poplavamami podzemne vode. Zaradi dinamike toka podzemne vode razlike v nivojih med merskim mestom in lokacijo podvoza prav tako v resnici niso nujno enake v nizkih, srednjih, visokih in najvišjih vodnih stanjih, kljub temu pa jih v izračunu privzamemo kot enake. Navedene podrobnosti lahko privedejo do odstopanja med stanjem na kartah in stanjem v naravi, iz česar izhaja bistvena negotovost predstavljenega izračuna.

Meritve nivojev podzemne vode na lokaciji podvozov

Predstavljene negotovosti kažejo na pomembnost izvajanja meritev na sami lokaciji predvidenega podvoza, saj se ni mogoče izogniti napakam, ki izhajajo iz heterogenosti vodonosnega sistema.

V primerih, ko je na voljo dovolj sredstev za gradnjo zelo varnih rešitev, zadošča tudi po 1 piezometer na lokaciji posameznega podvoza. Pri želeni optimizaciji kesonov pa je potrebno vložiti več navora pri terenskih preiskavah za pravilno in zanesljivo določitev današnjih in napoved bodočih hidrogeoloških razmer. V okoli 200 m dolgih podvozih lahko ob gradientu gladine podzemne vode 1 ‰ tipična razlika v nivojih na obeh najbolj oddaljenih koncih znaša do okoli 20 cm. Ta številka se morda lahko zdi zanemarljiva, a lahko, kot bo predstavljeno v nadaljevanju, predstavlja razliko med izbranimi tehničnimi rešitvami. V takšnih primerih je zato potrebno izvajati vsaj po 2 piezometra na lokacijo.

Na piezometru je v fazi raziskav mogoče izvajati trenutne do največ kratkotrajne zvezne meritve nivojev podzemne vode, kar je povezano s terminskim planom izdelave projektne dokumentacije. Dolgotrajne zvezne meritve nivojev znotraj npr. faze izdelave PDG tako niso mogoče, so pa seveda možne v celotnem času med končanjem IDZ in PZI. Vseeno zelo pogosto do izvajanja takih meritev iz različnih razlogov ne pride.

Ob pogosti odsotnosti dolgotrajnih zveznih meritev je potrebno zato uporabiti naslednjo najboljšo razpoložljivo vrsto informacij - kratkotrajne, a zvezne meritve nivojev. S temi lahko bolje ugotovljamo povezanost med merskim mestom ARSO z dolгим opazovalnim nizom in lokacijo podvoza. Pri tem je potrebno opazovati povezanost ne le nivojev, temveč dinamike podzemne vode na splošno preko spremljanja tudi drugih parametrov, kot so amplitude nihanja, hitrost napajanja-odtekanja, odzivnost na različne vrste dogodkov kot so padavine, napajanje iz reke, idr. glede na njihovo trajanje. Pri izvajanju meritev je torej ključno, da zagotovimo vsaj tako dolg opazovalni niz nivojev, da zajamemo nizke, srednje, visoke in po možnosti zelo visoke nivoje podzemne vode, kar je praviloma mogoče doseči že v enem hidrološkem letu. V nekaterih primerih je mogoče osnovne značilnosti pridobiti že z opazovanji vsaj npr. jesenskega ali pomladnega padavinskega vala.

Rezultati

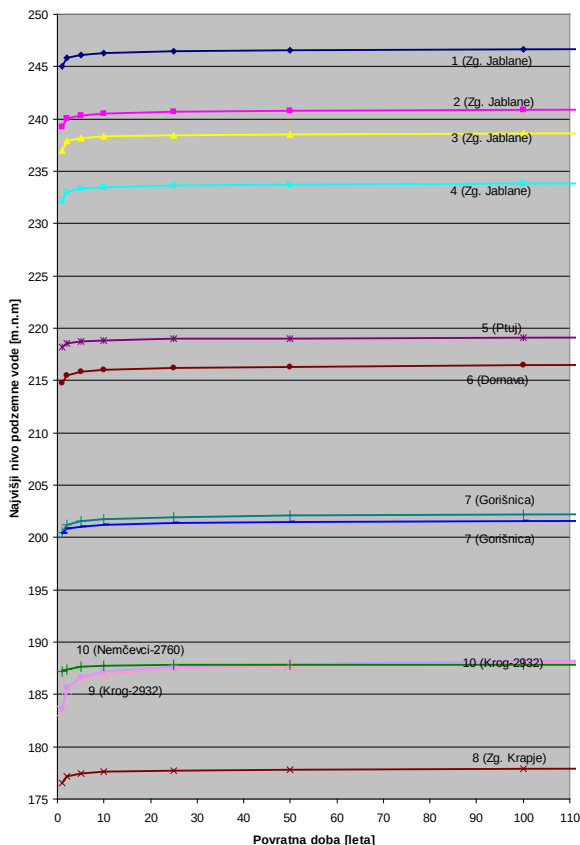
Po predstavljeni metodologiji je bilo za 10 obravnavanih podvozov na aluvialnih vodonosnikih uporabljenih 7 merskih mest ARSO, pri čemer je bilo za 4 podvoze potrebno uporabiti isto mersko mesto, le v enem primeru pa je bilo mogoče za 1 podvoz uporabiti 2 merski mesti. Merska mesta ARSO so od predvidenih podvozov oddaljena med 150m in več kot 5000 m, v povprečju pa med 1500 in 3500 metri (Tabela 1).

Tabela 1: Uporabljena merska mesta ARSO in njihova oddaljenost od obravnavanih podvozov

Podvoz	Podvoz	Mersko mesto ARSO	Oddaljenost, smer	Interval podatkov
Stražgonjca	1	Zg. Jablane	2392m E	1982-2010
Jablane 2	2	Zg. Jablane	263m W	
Cirkovce	3	Zg. Jablane	1530 W	
Strnišče	4	Zg. Jablane	5240 W	
Ptuj	5	Ptuj	147m SE	
Dornava 2	6	Dornava	750m NE	1990-2010
Osluševci	7	Gorišnica	3120m SW	
Grlava 1	8	Zg. Krapje	1711m	1972-2010
MS 1-podhod	9	Krog (2932)	2535m	1990-2010
MS- Panonska	10	Krog (2932); Nemčevci (2760)	2750m, 2706m	1990-2010 1953-1980

V povprečju obsegajo meritve ARSO na obravnavanem delu Dravskega in Prekmurskega polja obdobje po letu 1956, na Murskem polju pa potekajo meritve od leta 1972 naprej. Pri merskih mestih z Dravsko – Ptujkega polja smo zaradi izgradnje hidroelektrarne Zlatoličje (1969) in Formin (1978) upoštevali podatke po tem obdobju, ko se je vzpostavilo stabilno stanje dinamike podzemne vode.

Povratne dobe maksimalnih nivojev podzemne vode so bile nato določene na podlagi sintetičnega nivograma in izračuna po logPearsonovi III porazdelitvi. Gladino podzemne vode za izbrano povratno dobo (h_T) smo izračunali na podlagi večletnih dnevnih meritev gladin podzemne vode.

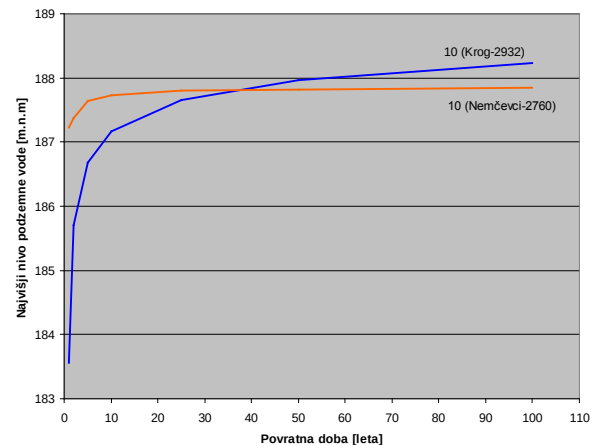


Slika 4: Prikaz najvišjih nivojev pri različnih povratnih dobah za obravnavane podvoze (v oklepajih so navedena merska mesta ARSO).

Rezultate najvišjih pričakovanih nivojev pri različnih povratnih dobah za posamezno lokacijo po predstavljeni metodologiji podaja Slika 4. Razlike med najvišjimi nivoji pri različnih povratnih dobah znašajo tudi po več metrov. Tako so razlike med 1-letnim in 100-letnim maksimumom med 0,6 m in 4,7 m. Višje razlike so vezane na območja, kjer je dinamika podzemne vode v vodonosniku bolj povezana z nivoji vode v površinskih

vodah, kot je primer pri merskem mestu Krog. Nižje razlike so vezane na območja v notranjosti vodonosnikov, kakršen je primer merskega mesta Nemčevci.

Na negotovosti v zvezi s prostorsko interpolacijo nivojev kaže primer, ko dobimo različne rezultate napovedanih najvišjih gladin na območju podvoza pri uporabi različnih merskih mest. V primeru podvoza 10 smo določili najvišje nivoje pri različnih povratnih dobah iz dveh praktično enako oddaljenih merskih mest ARSO (Krog in Nemčevci, oba oddaljena nekaj več kot 2,5 km). Ker se dinamika v vodonosniku spreminja se tudi napovedi bistveno razlikujejo. Mersko mesto Krog (2932) je namreč locirano v bližini reke Mure, medtem ko je mersko mesto Nemčevci (2760) locirano v osrednjem delu vodonosnika Prekmurskega polja. Iz tega razloga imamo na obeh mestih opravka z različnimi hidrogeološkimi razmerami, ki se odražajo predvsem v različnih amplitudah nihanja nivoja podzemne vode. Ker na območju podvoza 10 ne razpolagamo niti s kratkotrajnimi zveznimi meritvami nivojev, ni mogoče zanesljivo oceniti, s kakšnimi hidrogeološkimi razmerami imamo opravka na tem območju. Kot ocena razmer je bilo zato privzeto ponderirano povprečje med obema merskima mestoma ARSO.



Slika 5: Napovedani najvišji nivoji za podvoz 10 pri različnih povratnih dobah

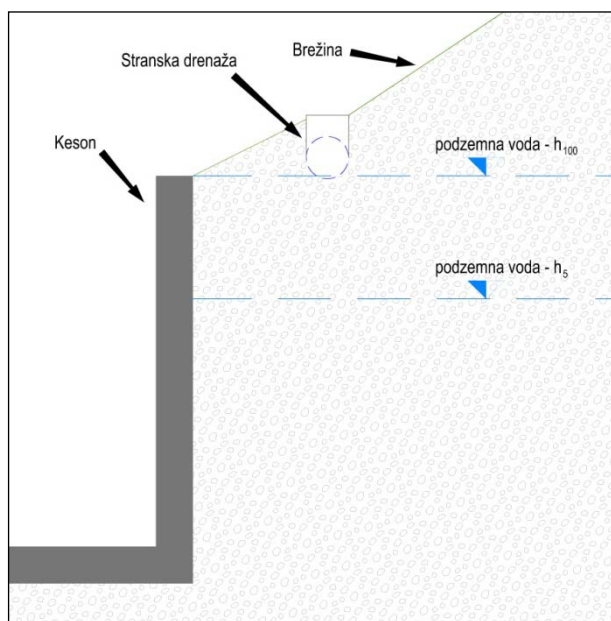
Za določitev najvišjih nivojev podzemne vode za povratne dobe, daljše od dolžine opazovanega obdobja, ki v večini uporabljenih primerov znaša 30 let, je potrebno logPearsonov III porazdelitev ekstrapolirati. Daljše kot je obdobje ekstrapolacije glede na opazovano obdobje, večja je tudi negotovost, ki jo vnesemo v izračun. Zanesljive podatke o najvišjih nivojih je tako mogoče določiti za do 40-letne povratne dobe, medtem ko je podatke pri daljših povratnih dobah potrebno obravnavati z ustreznimi varnostnimi količniki.

VAROVANJE PODVOZOV PRED POPLAVAMI PODZEMNIH VOD

Pri varovanju bodočih podvozov pred poplavami podzemne vode je naslednje vprašanje za investitorja, na katero povratno dobo želi objekt varovati. V splošnem velja, da nižje kategorije cest terjajo nižjo stopnjo varovanja, kar v praksi pomeni, da bo tak podvoz pogostejše zalit zaradi dviga podzemne vode. Vendarle pa v pravnih podlagah in tehničnih smernicah za gradnjo podvozov točnejših sklepov o povezavah med kategorijo

cest in zahtevano povratno dobo za varovanje ni. Tako mora do sprejetja tovrstnih sklepov projektant sam določiti povratno dobo in vrsto varovanja objekta. V primeru projekta Pragersko - Hodoš je bil tako sklenjen konsenz sodelujočih na projektu, da se gradbene jame varuje na najvišje gladine s 5-letno povratno dobo, podvoze pa na najvišje gladine s 100-letno povratno dobo.

Vrsta varovanja podvoza pred poplavi je lahko izvedena bodisi v obliki tesnilnih ukrepov (kesoni) bodisi v obliki drenažnih ukrepov (bočne drenaže vzdolž podvoza) ali oboje. Pri drenažnih ukrepih je potrebno posebno pozornost nameniti določitvi pričakovanih vtokov v drenaže pri določenem dvigu podzemne vode ter, kadar je to mogoče, tudi z določitvijo pričakovanega časa trajanja vodostaja nad kesonom in/ali stranskimi drenažami. Drenažni ukrepi varovanja so najbolj smiselni in uspešni v primerih srednjih in nižjih prepustnosti vodonosnikov, saj vedno zahtevajo dodatno prečrpavanje vode na iztok iz drenaž.



Slika 6: Skica koncepta dreniranja podzemnih vod, višjih od roba kesona.

Izveden je bil okvirni izračun vtokov v drenažne cevi $\Phi 300$ za vsakih 10 cm dviga podzemne vode preko roba kesona ob upoštevanju prepustnosti in obsega posameznega podvoza. Ker so podvozi večjih površin, so lahko dotoki v zelo dobro prepustnem peščeno prodnatem vodonosniku zelo visoki že pri majhnih dvigih nad zgornji rob kesona. Tako bi pri podvozu 10 pri zgolj 10 cm dviga nad rob kesona dotok v podvoz znašal že 75 l/s. Pri tem je potrebno upoštevati tudi, da se lahko nivoji podzemne vode na višjih kotah zadržijo po več dni, kar lahko pomeni zelo visoke konične in kumulativne količine potrebnega črpanja.

Tabela 2: Povečanje vtoka v podvoz za vsakih 10 cm dviga nad zgornjo koto kesona

Podvoz	Povečanje vtoka [l/s/10 cm dviga]
1	0,3
2	34
3	44
4	91
5	2,3
6	33
7	10
8	65
9	6,5
10	75

ZAKLJUČEK

Podzemna voda je na območju Slovenije pomemben dejavnik, vendar pri tem ne gre le za podzemno vodo kot vir pitne vode, temveč tudi za pomembno komponento okolja, ki lahko vpliva na številne človekove dejavnosti v prostoru. V zimskem obdobju 2012/2013 smo bili na območju Ptujkega polja priča poplavam, ki jih je povzročila podzemna voda. Za razliko od poplav površinskih vod so poplave podzemnih vod dolgotrajne in lahko trajajo tudi nekaj mesecev. Seveda pa to ni bil prvi primer poplavljanja podzemne vode. S to problematiko se pogosto srečamo pri gradnji objektov, ki posegajo v tla. V takšnih primerih se zastavljajo vprašanja, kako takšne objekte zaščititi pred vplivom visoke podzemne vode.

Visoko podzemno vodo opredelimo kot poplavo podzemne vode. Če je metodologija določanja poplav površinskih voda dobra in ne pušča več veliko odprtih vprašanj, pa je pri poplavah podzemne vode drugače. Ta pojav je slabo raziskan, tako s stališča znanstveno metodoloških pristopov, kot tudi s stališča praktičnih inženirskih postopkov, ki so namenjeni reševanju problemov v prostoru. V članku smo predstavili nekatere pristope in odprte probleme. Pri tem je potrebno poudariti zlasti naslednje.

Pri gradnji objektov pod gladino podzemne vode ali v območju njenega nihanja je zelo pomembno in bistveno poznavanje hidrogeoloških razmer na ožjem območju objekta in tudi v širšem prostoru. Zgolj interpolacija podatkov iz ene točke, ki je oddaljena od objektov tudi po več kot 1 km, je nezadostna in lahko vodi k neustreznim rezultatom, ki imajo lahko za posledico višje stroške gradnje, pogosto pa tudi zelo dolgotrajne zastoje pri gradnji, ki imajo tudi širše posledice. V fazi projektiranja na ravni idejnih zasnov je potrebno načrtovati tudi raziskave, ki so namenjene projektiranju zaščite pred poplavi podzemne vode. Le na podlagi skrbno načrtovanih raziskav in kasneje tudi njihove kvalitetne izvedbe je možno pričakovati tudi kvalitetne odgovore.

Pri napovedovanju visokih gladin podzemne vode se odpira tudi veliko število teoretičnih in metodoloških vprašanj. Mednje sodijo vprašanja verodostojnih verjetnostnih modelov in izbire ustreznih modelnih porazdelitvenih krivulj. Dosedanje izkušnje kažejo, da teoretične porazdelitve, ki se uporabljajo v študijah hidroloških ujm površinskih vod, niso najbolj primerne.

Prav tako je zelo pomembno vprašanje spremenljivosti in trendov ter njihove ekstrapolacije v času in prostoru.

Podzemna voda je, tako kot površinske vode, dinamičen sistem, katerega dinamika pa se od slednjih zelo razlikuje. Navkljub temu, da je podzemna voda zelo dušen sistem, so zaradi negotovosti, ki jih vnaša geološko okolje, napovedi podvržene mnogo večji nedoločenosti kot je nedoločenost napovedovanja obnašanja površinskih vod. Izračuni so podvrženi zelo velikim napakam. Zaradi tega so zagotovitev merodajnih napovedi obnašanja podzemne vode nujno potrebne meritve nihanja gladin podzemne vode na opazovalnih objektih, ki se nahajajo v neposredni bližini načrtovanih objektov. Z meritvami nihanja gladin podzemne vode je potrebno pričeti v najbolj zgodnjih fazah projekta in jih nadaljevati vse do konca gradnje objekta. Tam kjer je to potrebno pa je potrebno z njimi nadaljevati tudi v času življenjske dobe objekta. Rezultati teh meritev morajo biti ves čas projekta osnova za sprejemanje odločitev in prilagajanje tako projektnih rešitev, kot tudi izvedbe.

In nenazadnje, morda ključno vprašanje. Ali je koncept zaščite inženirskih objektov na podlagi koncepta povratnih dob primeren za opredelitev kriterijev zaščite tudi v primeru poplav podzemni vod? Tak pristop ima veliko pozitivnih strani, nenazadnje gre za utečen koncept, ki ga praksa zelo dobro razume in uporablja, hkrati pa skriva tudi veliko pasti, saj imajo podzemne vode povsem drugačno dinamiko kot površinske vode. Nahajajo pa se tudi v prostoru, ki je po svoji naravi povsem drugačen, kot je območje vodotokov. Prav zato je zelo pomembno, da bi se opredelili tudi do vprašanja, pri katerih povratnih dobah in s kakšno metodologijo morajo biti le te določene, da bo zaščita inženirskih objektov ustrezno projektirana in izvedena. Ker so v Sloveniji ti problemi pogosto izraženi, se mora stroka teh problemov čim prej lotiti.



Branko Skutnik, Vesna Metelko Skutnik in Urša Žibert

Hidrosvet d.o.o. Projektiranje in tehnično svetovanje,.

Zagotovitev poplavne varnosti na porečju Savinje – lokalni ukrepi

POVZETEK

V prispevku so na primerih projekta Zagotovitev poplavne varnosti na porečju Savinje – lokalni ukrepi prikazani načini združevanja problematike cest in problematike zagotavljanja poplavne varnosti, ki v končni fazi prinašajo za okolje in prostor bolj sprejemljive rešitve.

Ključne besede: poplavna varnost, protipoplavni zid kot betonska varnostna ograja (BVO), nadvišanje ceste – protipoplavni nasip, mobilne zagatne stene, pregrada suhega zadrževalnika - 3. pas avtoceste

Uvod

V maju 2012 se je začela izvedba projekta »Zagotovitev poplavne varnosti na porečju Savinje – lokalni ukrepi«. V okviru projekta je predvidena izvedba ukrepov za zmanjševanje ogroženosti poseljenih površin pred škodljivim delovanjem voda na območju mestne občine Celje, občine Laško, občine Vojnik in občine Luče.

Predvidena je izvedba ukrepov za zagotavljanje poplavne varnosti ob Savinji skozi Celje, Laško in Luče ter na njenih večjih pritokih na teh območjih: Ložnica, Voglajna, Hudinja, Koprivnica, Sušnica, Podsevnica, Vzhodna Ložnica, potok s Tomaža, ki je pritok Hudinje v Vojniku, in Lučnica, ki je pritok Savinje v Lučah. V okviru projekta je predvidena tudi izgradnja petih suhih zadrževalnikov na pritokih Savinje: SZ Sušnica – jug na Sušnici, SZ Ljubečna na Vzhodni Ložnici in SZ Podsevnica na Podsevnici nad Celjem ter SZ Tomaž 1 in SZ Tomaž 2 na potoku s Tomaža nad Vojnikom.

Vrednost projekta je 45,5 milijonov evrov, od katerih jih je 85% predvidenih iz kohezijskega sklada Evropske unije. Izvajanje projekta je predvideno v letih od 2012 do 2015.

ZAGOTAVLJANJE POPLAVNE VARNOSTI NA POREČJU SAVINJE – LOKALNI UKREPI

PROJEKT ZAGOTAVLJANJE POPLAVNE VARNOSTI NA POREČJU SAVINJE – LOKALNI UKREPI

- OBMOČJE OBDELAVE:
 - OBČINA LUČE
 - MOC
 - OBČINA VOJNIK
 - OBČINA LAŠKO

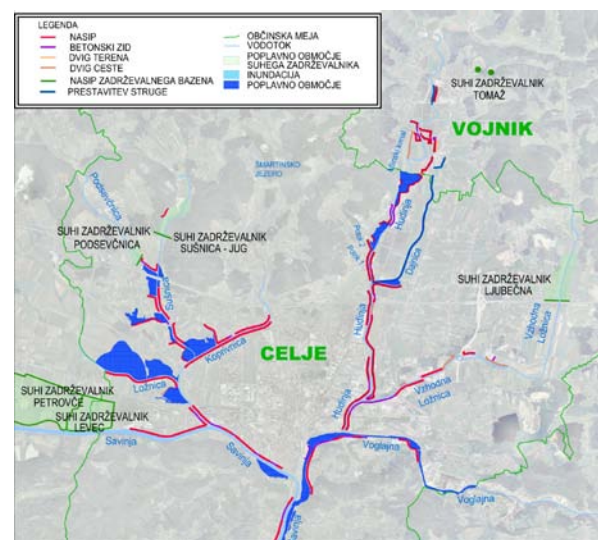


SODELUJOČI:

- INVESTITOR: RS, MKO
- IZVAJALEC: NIVO EKO d.o.o.
- PROJEKTANT: HIDROSVET d.o.o.
- ODKUP PARCEL: TERRA IN d.o.o.
- INŽENIR: Projekt d.d. Nova Gorica, Navor d.o.o.,
- HIDROSVET DRI Upravljanje investicij d.o.o.

Slika1: Prikaz območja obdelave projekta »Zagotavljanje poplavne varnosti na porečju Savinje – lokalni ukrepi« (1. faza celovitih ukrepov)

V okviru projekta je predvidena izvedba protipoplavnih ukrepov na ca 28 km rečnih strug, 5 suhih zadrževalnikov in zamenjava 6 obstoječih mostov na območju Mestne občine Celje, Občine Vojnik, Občine Laško in občine Luče.



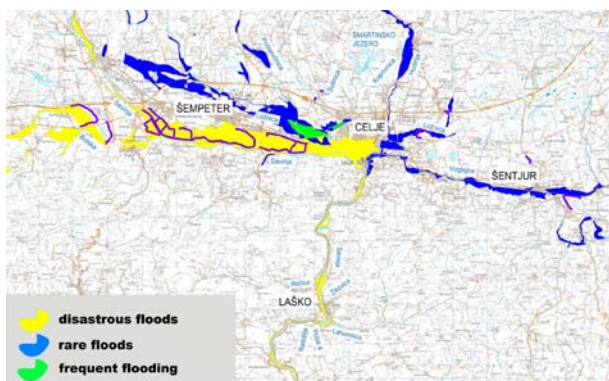
Slika 2: Sedanje stanje poplavnih površin in po izvedbi lokalnih ukrepov

Projekt predstavlja prvo fazo potrebnih ukrepov za zagotavljanje celovitega varstva pred škodljivim delovanjem voda na porečju Savinje. Kot izhaja že iz samega naslova projekta, gre za lokalne ukrepe, ki se bodo izvedli na obravnavanih ogroženih območjih.

Predvideno je varovanje pred visokimi vodami Savinje do kote visokih vod iz leta 2007 z 80 cm varnostnega nadvišanja, kar predstavlja ca 20 cm varnosti pri visokih vodah s povratno dobo 100 let. Po izgradnji celovitih ukrepov v spodnji Savinjski dolini (izgradnja serije suhih zadrževalnikov) pa se bo poplavna varnost še bistveno povečala (znižanje gladin za ca 80 cm).

Protipoplavni ukrepi na pritokih Savinje pa so dimenzionirani na pretoke visokih voda s povratno dobo 100 let z varnostnim nadvišanjem 50 cm ob upoštevanju neugodnih robnih pogojev na sotočjih.

Z izvedbo druge, oz. nadaljnjih faz projekta, ki so predvidene v naslednjih finančnih perspektivah in obsegajo predvsem izgradnjo deset suhih zadrževalnikov v spodnji Savinjski dolini nad Celjem (osem na Savinji in dva na njenem pritoku Bolska), bo tako večini ogroženih območij zagotovljeno varstvo pred škodljivim delovanjem voda pred visoko vodo s povratno dobo 100 let z ustrežno stopnjo varnosti (varnostno nadvišanje).



Slika 3: Prikaz načrtovanih suhih zadrževalnikov v spodnji Savinjski dolini (nadaljnje faze celovitih ukrepov)

VODA IN CESTE

Kot pri praktično vseh tovrstnih projektnih se tudi pri tem ni bilo moč izogniti dejstvu, da ceste potekajo neposredno ob vodotokih, da so premostitve hidravlično neugodne, s premajhnimi pretočnimi prerezi ali neustrezno postavljenimi mostnimi oporniki. Posledično se z načrtovanimi ukrepi ni bilo možno izogniti posegom v ceste. Pri iskanju najbolj učinkovitih rešitev smo izhajali iz predpostavke, da je urbani prostor zelo dragocen in je potrebno vse posege vanj načrtovati premišljeno. Kjer je bilo možno, smo iskali rešitve, ki načrtovanim ukrepom omogočajo večnamensko delovanje: za potrebe varstva pred škodljivim delovanjem voda in za potrebe cestne infrastrukture.

V nadaljevanju prispevka je prikazanih nekaj primerov takih rešitev.

Protipoplavni ukrepi ob Savinji: Protipoplavni zid kot betonska varnostna ograja (BVO)

Opis stanja: Na območju Savinje dolvodno od sotočja z Voglajno do centralne čistilne naprave Celje na desnem bregu Savinje poteka cesta Celje – Laško, na levem bregu pa sta speljani lokalna cesta in železniška proga. Na dolvodnem zaključku obravnavanega odseka se na levem bregu nahaja Centralna čistilna naprava Celje (CCN Celje). Območje CCN Celje je dvignjeno nad koto stoletne vode Savinje, medtem ko je ostali prostor med

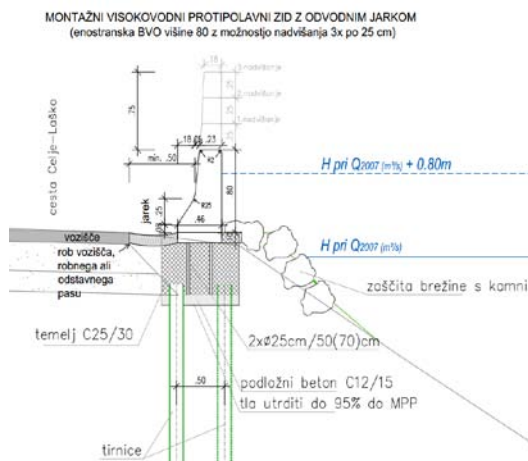
Savinjo in železniško progo do sotočja z Voglajno namenjen preplavljanju. Na desnem bregu Savinje je prostor precej utesnjen, glavna cesta I. reda Celje – Zidani most poteka tik ob desni brežini Savinje, zahodno od ceste pa se nahaja naselje Polule, ki je poplavno močno ogroženo.



Slika 4: Savinja – odsek 1: Sedanje stanje poplavnih površin in po izvedenih ukrepih

Rešitev: Predvideno je varovanje naselja Polule na desnem bregu Savinje, neposeljeni levi breg do železniške proge, ki je ob nastopu visokih vod že sedaj poplavljen, pa se ohranja za razlivanje visoke vode Savinje.

Na odsekih, kjer so prostorske možnosti najbolj omejene, je na vodni strani ob cesti predvidena izgradnja montažnega armiranobetonskega zidu, ki istočasno deluje kot betonska varnostna ograja (element BVO). Nameščen je v varovalnem pasu ceste z minimalnim odmikom od vozišča (50 cm) in minimalno višino (vsaj 80 cm), skladno s tehničnimi specifikacijami št. TSC 02.210:2010. Dejanska nadzemna višina elementov BVO bo med 80 in 130 cm, glede na gladine visokih voda Savinje ob poplavi septembra 2007 in potrebno varnostno nadvišanje (80 cm).



Slika 5: Protipoplavni zid kot betonska varnostna ograja (BVO)

Dolžina elementov BVO je $L=4.0$ m. Potek montaže pa je naslednji:

- v obstoječ teren se najprej zabijejo tirnice v globino cca 2 m
- po zabitju se na pripravljeno podlago izvede podložni beton C12/15 v debelini 10 cm
- na element se montirajo podstavki ("jahači") višine 50 cm oz. 70 cm, v razmiku 50 cm, na katerih bo element postavljen pred izvedbo temelja
- po izravnavi elementov se zabetonira temelj iz betona C25/30
- tesnjenje stikov med elementi
- zaledna stran oz. brežina se zavaruje z lomljencem
- impregnacija površine elementov (cestna stran)
- zaključna dela.

Elementi se v večjem delu polagajo na robu strme brežine, ki se zelo hitro spušča proti Savinji, zato je na vodni strani predvidena zaščita z lomljencem.

Med cesto in zidom je potrebno izvesti cestno kanalizacijo, ki bo na ca. vsakih 20 m do 30 m preko cestnih požiralnikov speljana v Savinjo. Na iztokih je predvidena namestitev nepovratnih zaklopk ($\gg$ tide flex $\ll$).

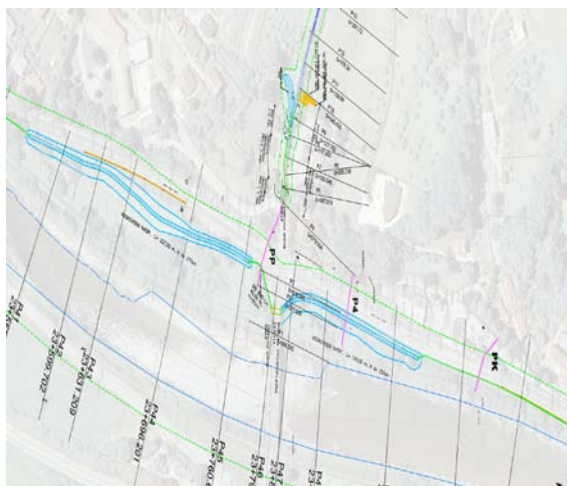
S tako rešitvijo je zagotovljena poplavna varnost naselja Polule in same ceste. Omogoča prevoznost ceste proti Laškemu tudi ob visokih vodah, kar do sedaj ni bilo možno, je pa v času poplav lahko odločilnega pomena.

Protipoplavni ukrepi ob Savinji: Varovanje z mobilnimi zagatnimi stenami

Opis stanja: Na območju naselja Polule preko Savinje poteka lokalna cesta, ki povezuje Polule z naseljem Zagrad na levem bregu vzhodno od železnice in omogoča povezavo z mestnim jedrom po levem bregu. Lokalna cesta prečka Savinjo preko Polulskega mostu. Mostna konstrukcija je hidravlično neugodna. Prenizka svetla odprtina mostu in mostni oporniki v strugi onemogočajo neoviran pretok visokih voda in plavin pod mostno konstrukcijo in povzročajo gorvodno zaježbo. Visoke vode Savinje preplavijo most in preko ceste naselje Polule.

Rešitev: Najbolj učinkovita rešitev bi bila seveda zamenjava obstoječega mostu s hidravlično ugodnejšo konstrukcijo, vendar to v okviru tega projekta ni bilo predvideno, niti ni zagotovljenih potrebnih sredstev, da bi bilo to možno izvesti v bližnji prihodnosti. Zamenjava mostu se bo po vsej verjetnosti izvedla v eni od nadaljnjih faz potrebnih ukrepov za zagotavljanje celovitega varstva pred škodljivim delovanjem voda. V okviru tega projekta pa smo predvideli varovanje v območju mostu z mobilnimi zagatnimi stenami, ki omogoča obratovanje mostu v normalnih pogojih, v času visokih voda pa preprečuje prelivanje vode preko ceste v naselje Polule.

Na lokaciji Polulskega mostu in prepusta čez Polulski potok je tako predvidena izvedba monolitnega armiranobetonskega zidu tik ob pločniku. Oblika armirano betonskega zidu na voziščni strani je oblikovana kot betonska varnostna ograja (BVO), zid se naveže na mostno konstrukcijo čez Polulski potok in poteka po robu pločnika do Polulskega mosta čez Savinjo. Dolžina zidu je ca 33 m, višina do 100 cm. Na mestu med obema zidoma je ob Polulskem mostu čez cesto predvidena namestitev mobilnih zagatnih sten. Nad Polulskim mostom je ob pločniku predviden 9 m dolg zid, ki se vpne v nasip nad Polulskim mostom. Elementi zagatnih sten so skladiščeni ob mostu in se namestijo po potrebi, pred napovedanimi visokimi vodami.



Slika 6: Savinja – odsek1: Varovanje v območju Polulskega mostu in mobilne zagatne stene

Taka rešitev zagotavlja poplavno varovanje poseljenih površin, prevoz preko mostu pa v času visokih voda na žalost ni omogočen.

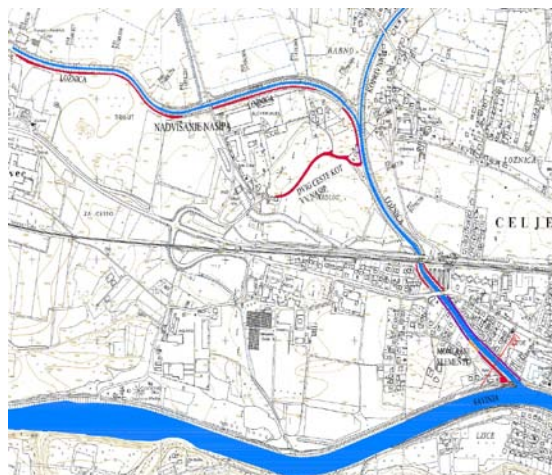
Za učinkovitost take rešitve z mobilnimi zagatnimi stenami je odločilnega pomena, da so pristojnosti, dolžnosti in odgovornost upravitelja mobilnih zagatnih sten (gasilci, civilna zaščita, izvajalec javne službe urejanja voda, ...) jasno določene in opredeljene.

Protipoplavni ukrepi ob Ložnici: Nadvišanje občinske ceste – protipoplavni nasip

Opis stanja: Obravnavamo območje Ložnice na sotočju s Koprivnico, kjer Ložnica ob visokih vodah poplavi kmetijske površine na desnem bregu. Te površine se v pretežni meri ohranjajo za razlivanje visokih voda Ložnice tudi po izvedbi protipoplavnih ukrepov. Ker pa te vode ogrožajo stanovanjske objekte in objekte Slovenijales v gorvodni smeri, je potrebno preprečiti poplavljanje teh poseljenih površin z izgradnjo visokovodnega nasipa.

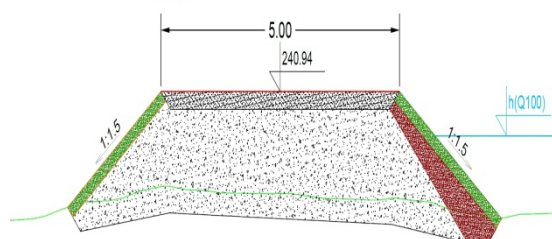
Rešitev: Za preprečitev poplavljanja stanovanjskih objektov in objektov Slovenijales je namesto izvedbe prečnega nasipa, s katerim bi dodatno posegli v kmetijske površine, predviden dvig lokalne ceste od Joštovega mлина do hiše Funtek v dolžini 333 m. Dvig ceste se izvede do kote visoke vode Ložnice s povratno

dobro 100 let ob upoštevanju 50 cm varnosti. Nadvišanje ceste se izvede s kamnitim materialom granulacije do 64 mm in glinenim jedrom na vodni strani nasipa. Širina ceste v kroni je 5 m skupaj z robniki, sam vozni pas pa je širok 3,5 m. Nasipne brežine so predvidene v naklonu 1:1,5, kjer prostorske možnosti dopuščajo pa v naklonu 1:2. Površina ceste pa se izvede v prečnem naklonu 4%.



Nadvišanje dostopne ceste do stanovanjskega objekta na koti 240,94 m n.m.

- odziv humusa in obstoječe poti do globine 30 cm
- vgraditev kamnitega materiala granulacije do 64 mm
- zaključni sloj debeline 20 cm s kamnitim materialom granulacije 0-16 mm
- izvedba dostopne ceste širine 5,0 m
- vgradnja glinenega naboja na vodni strani nasipa
- humusiranje in zatrtitev brežin



Slika 7: Ložnica: Situacija in prečni prerez nadvišanja lokalne ceste

S tako rešitvijo je ob minimalni porabi dodatnega prostora zagotovljena poplavna varnost poseljenih površin in omogočena prevoznost ceste tudi v času visokih voda, kar je v času poplav lahko odločilnega pomena.

Suhi zadrževalnik Ljubecna: Pregrada suhega zadrževalnika - 3. pas avtoceste

Opis stanja: Vzhodna Ložnica je levi pritok Hudinje, v katero se izliva v mestu Celje. Njena osnovna smer spodnjega odseka vodotoka je vzhod - zahod, vse dokler pri prehodu v osrednji del vodotoka (naselje Začret) ne naredi ostrega ovinka proti severu. Osrednji del vodotoka poteka po dokaj široki neposeljeni dolini, površine ob vodotoku se uporabljajo v kmetijske namene. Območje, ki je predvideno za zadrževanje visokih voda, je ob nastopu večjih pretokov Vzhodne Ložnice že sedaj poplavno območje. Dolino osrednjega toka Vzhodne Ložnice prečka avtocesta Ljubljana – Maribor, katere telo se tudi zaradi poplavne varnosti nahaja v nasipu.

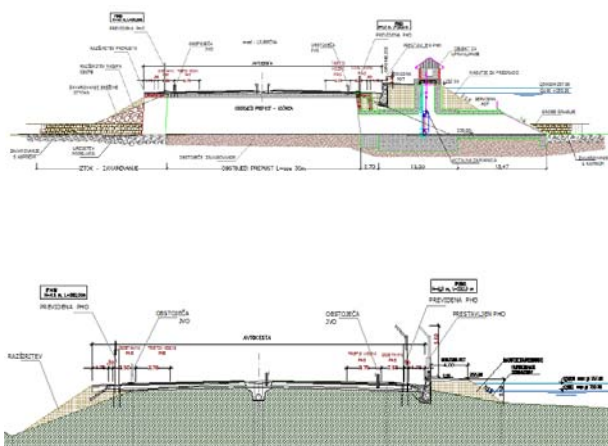
Z izgradnjo zemeljske pregrade za suhi zadrževalnik Ljubečna in kontroliranega izpusta preko osnovnega vodotoka, se ob nastopu visokih vod za pregrado začasno ustvari poplavljen zaplavni prostor, s čimer dosežemo znižanje visokovodnega vala dolvodno od pregrade in s tem povečanje poplavne varnosti dolvodno ležečih naselij (Začret, Trnovlje, Celje, ...). Ker samo z zadrževanjem visokih voda območjem dolvodno ni možno zagotoviti poplavne varnosti pred visoko vodo s povratno dobo 100 let, je še vedno potrebno izvesti protipoplavne nasipe, oz. zidove ob vodotoku in zamenjati dva mostova, vendar so ti nasipi, oz. zidovi ob izgradnji suhega zadrževalnika Ljubečna lahko bistveno nižji (za ca 80 cm), prav tako pa tudi mostova, ki sta predvidena za zamenjavo.

Po idejnem projektu je bila izgradnja pregrade za suhi zadrževalnik Ljubečna predvidena na kmetijskih površinah gorvodno od avtoceste, izven varovanega pasu avtoceste. Ker zaradi nasprotovanja lastnikov zemljišč, kjer je bila predvidena gradnja suhega zadrževalnika, prihaja do težav pri pridobivanju zemljišč za gradnjo, smo razvili idejo o izgradnji pregrade neposredno ob obstoječi avtocesti Ljubljana – Maribor, na kateri se v prihodnosti načrtuje razširitev še na tretji vozni pas v obe smeri vožnje.



Slika 8: Suhi zadrževalnik Ljubečna - varianta ob avtocesti Maribor – Ljubljana

Rešitev: Konstrukcija pregradnega telesa suhega zadrževalnika Ljubečna temelji na ideji, da se obstoječi avtocestni nasip razširi za dodatni vozni pas v obe smeri vožnje (3. pas avtoceste), ki se izvede v vodotesni izvedbi in hkrati deluje kot pregradno telo suhega zadrževalnika.



Slika 9: Prečni prerez pregrade – 3. pas avtoceste (obstoječe stanje – zelena barva; razširitev za 3. pas – rjava barva)

Karakterističen prerez pregrade:

- širina krone nasipa je 4,0 m
- na strani avtoceste je predviden podporni zid
- na vodni strani je naklon brežine 1:1,5, razen pod samim zaporničnim objektom, kjer je z vmesno bermo širine 2,5 m predvidena za servisno pot
- z ozirom na lego okoliškega terena je ob nožici nasipa predviden odvodni jarek za odvod meteornih vod, ki je speljan v Ložnico
- material za vgradnjo v pregrado je vodo neprepusten material

Po usklajevanju možnih tehničnih rešitev z upravljalcem avtoceste (DARS d.d.) je potrebno izvesti naslednje ukrepe:

- izgradnja 3. voznega pasu in odstavnega pasu v območju predvidenega suhega zadrževalnika
- ker niveleta avtoceste Ljubljana – Maribor pada v smeri proti Ljubljani, je potrebno izvesti oporni zid, na katerega se bo namestila protihrupna ograja, ki bo istočasno služila kot element suhega zadrževalnika
- po kroni nasipa suhega zadrževalnika je predvidena tudi servisna dovozna cesta za potrebe vzdrževanja suhega zadrževalnika in za potrebe vzdrževanja avtoceste (dvonamenski objekt)
- preliv za visoke vode je sestavni del objektov suhega zadrževalnika in omogoča varen odvod visokih voda s povratno dobo 5000 let
- dimenzije obstoječega prepusta Vzhodne Ložnice pod avtocesto omogočajo odvod visokih voda s povratno dobo 5000 let; dograditi pa bo potrebno ustrezno podslapje na južni strani avtoceste
- z izvedbo ustreznega temeljenja manipulacijskega objekta v kombinaciji z objektom za evakuacijo visokih voda – varnostni preliv (dimenzije ca 30 m x 6 m) bo potrebno izvesti predhodne geološko-geomehanske raziskave in na osnovi rezultatov raziskav predvideti ustrezno temeljenje objektov
- za varno delovanje suhega zadrževalnika bo predvidena naslednja manipulacija z zapornicami:
 - o daljinsko upravljanje iz območnega centra vodenja preko GSM
 - o ročno upravljanje na objektu samem
 - o osnovni vir napajanja je električna energija iz elektro omrežja, v primeru izpada elektrike iz omrežja pa je predviden dizel agregat, ki bo nameščen na objektu samem
- predvidena je vgradnja opreme za spremljanje stanja glavin nad in pod objektom suhega zadrževalnika (obratovalni monitoring); na osnovi teh podatkov se bo lahko učinkovito upravljalo z zaporničnim objektom.

S tako rešitvijo se v pretežni meri uporabi prostor, ki je z izgradnjo same avtoceste že degradiran. Zato je poseg z okoljskega, kot tudi s prostorskega vidika po naši oceni bolj sprejemljiv.

ZAKLJUČEK

Ceste ponekod potekajo neposredno ob vodotokih, nekatere premostitve so hidravlično neugodne, s premajhnimi pretočnimi prerezi ali neustrezno postavljenimi mostnimi oporniki. Utesnjenost prostora pri načrtovanju posegov zahteva premišljene rešitve, ki istočasno služijo za potrebe cestne infrastrukture in za potrebe varstva pred škodljivim delovanjem voda. V prispevku so prikazani primeri reševanja te problematike v okviru projekta »Zagotovitev poplavne varnosti pa porečju Savinje – lokalni ukrepi«.

Viri in literatura

1. Zagotavljanje poplavne varnosti na porečju Savinje – lokalni ukrepi Protipoplavni ukrepi ob Savinji – odsek 1 (št. proj.: 122/12-I-11-2; PGD; Hidrosvet d.o.o. Celje; november 2012)
2. Zagotavljanje poplavne varnosti na porečju Savinje – lokalni ukrepi Protipoplavni ukrepi ob Savinji – odsek 1 (št. proj.: 122/12-I-11-3; PZI; Hidrosvet d.o.o. Celje; maj 2013)
3. Zagotavljanje poplavne varnosti na porečju Savinje – lokalni ukrepi Protipoplavni ukrepi ob Ložnici (št. proj.: 122/12-I-11-21; PGD; Hidrosvet d.o.o. Celje; december 2012)
4. Zagotavljanje poplavne varnosti ob Vzhodni Ložnici na območju MOC (št. proj.: 144/09; IDP; Hidrosvet d.o.o. Celje; november 2009)
5. Zagotavljanje poplavne varnosti na porečju Savinje – lokalni ukrepi Suhi zadrževalnik Ljubečna (št. proj.: 122/12-I-11-82-1a; IDZ; Hidrosvet d.o.o. Celje; oktober 2012)

Agata Suhadolnik in Blaž Ivanuša

DRAVA vodnogospodarsko podjetje Ptuj

Poplavna varnost skozi problematiko križanja cest z vodotoki

POVZETEK

Lanskoletne poplave so povzročile veliko poškodb tudi na cestni infrastrukturi, predvsem na objektih, ki potekajo po poplavnih področjih, kjer je ob širjenju poplave prihajalo do erozijskih poškodb ali popolnih porušitev. Križanje ceste z vodotokom predstavlja potencialno nevarno točko glede pretočnosti struge in poplavne varnosti območja, kakor tudi stabilnosti premostitve.

Ključne besede: poplava, premostitev, prepust, pretočnost

POPLAVE V NOVEMBRU 2012

V novembru 2012 smo bili na porečju Drave priča poplavnemu dogodku izjemnih razsežnosti. Pretoki Drave so dosegli približno 500-letno povratno dobo, nekateri njeni pritoki, kot so Mislinja, Suhadolnica, Oplotnica in Radoljna pa 100-letno povratno dobo. Medtem, ko so izjemno visokim vodostajem na Dravi verjetno botrovale tudi napake pri upravljanju z zapornicami hidroelektrarn v Avstriji, so bili pretoki pritokov Drave izključna posledica ekstremnih padavin na širšem območju Pohorja.

Posledice poplav so bile zelo hude, največje škode so se pojavljale na premoženju ljudi (hiše, stanovanja, avtomobili) in na infrastrukturi (ceste, hidroelektrarne, vodovodno in kanalizacijsko omrežje) ter na kmetijskih zemljiščih (erozija rodovitne plasti in odlaganje kontaminiranega peska in mulja).

Poplave na reki Dravi so dosegle neobvladljive razsežnosti in pretoke, na katere se običajno ureditve ne dimenzionirajo, razen hidroenergetskih objektov. Najmanj poškodb je bilo na jezovih hidroelektrarn in na objektih za varovanje naselij (nasipi, zidovi), ki so bili zgrajeni ob gradnji HE. Največjo škodo so povzročile narasle vode pri porušitvi brežine odvodnega kanala HE Formin, zaradi česar je bila elektrarna poškodovana in zaustavljena, sanacija pa draga in dolgotrajna.

Zelo veliko poškodb je bilo tudi na cestni infrastrukturi, predvsem na objektih, ki potekajo po poplavnih področjih, kjer je ob širjenju poplave prihajalo do erozijskih poškodb ali popolnih porušitev. Na reki Dravi škode zaradi neustreznih mostov ni bilo, saj se je reka od nekdaj obravnavala s posebno pozornostjo – kot vodotok prvega reda, ki ga prečkajo pomembnejše prometnice. Reka je namreč prevelika, da bi lahko bila gradnja premostitev prepuščena lokalnim skupnostim ali posameznikom. Kljub temu, da so bili npr. na Ptuj v času poplave zaradi varnosti zaprti trije od štirih mostov preko reke Drave, ni prišlo do večjih poškodb nobenega od njih.



Slika 1: Ptuj v času konice visokovodnega vala, 5./6.11.2013 (foto: Blaž Ivanuša)

Na cestah so se ob zadnjih poplavah pojavile številne poškodbe tudi zaradi prelivanja cestišč, ko na dolvodni strani ceste pride do spiranja materiala iz cestnega telesa in do postopne porušitve. Cesta v teh primerih deluje kot preliv. Na območju Zgornjega Dupleka in Trčove je npr. prišlo do porušitve celotne ceste preko poplavnega področja Drave, na številnih drugih odsekih pa do večjih ali manjših poškodb.



Slika 2: Prelivanje cestišča pod Vurbergom in poškodbe na dolvodni strani ceste (foto: Agata Suhadolnik)

V nadaljevanju bi želeli opozoriti ne nevarnosti, ki se pri križanjih cest z vodotoki, najpogosteje pojavljajo v praksi in pomembno vplivajo na poplavno varnost, kot tudi stabilnost objektov.

PROBLEMATIKA KRIŽANJ CEST Z VODOTOKI

Na vsakem križanju ceste z vodotokom se običajno pojavi premostitev, bodisi s cevjo ali mostno konstrukcijo (če pri tem zanemarimo redke primere prehodnih ramp, ki se pojavljajo pretežno na manjših vodotokih in poljskih poteh). Največji problem pri tem predstavljajo neustrezne velikosti pretočnih odprtin, bodisi zaradi premajhnega prereza cevi, neustrezne umestitve na nivoeto dna, ali pa v pretočni profil postavljenih bočnih mostnih opornikov, prenizkega zgornjega roba mostne konstrukcije ali vmesnih opornikov. Vse to pomembno vpliva na pretočnost struge vodotoka in s tem na poplavne razmere ob vodotoku. Vsako tako premostitev je potrebno ustrezno hidravlično dimenzionirati, s čimer preprečimo škodljiv vpliv na poplavne razmere obvodnega prostora.

Zelo pomembno pa je ob gradnjo mostov tudi ustrezno globoko temeljenje mostnih opornikov. V primeru, da oporniki segajo v pretočni profil, vedno pride do spremembe tokovne slike in do poglobljanja dna ob in pod oporniki. Pogoste so tudi poglobitve dna zaradi izvajanja regulacijskih del, zato je globoko temeljenje opornikov zelo pomembno tudi na še neurejenih vodotokih.

Vsekakor pa ne smemo pozabiti na ustrezno protierozijsko zaščito v primeru približanja ceste k

vodotoku, saj erozijske poškodbe ob naraslih vodah lahko močno ogrozijo stabilnost ceste ali celo povzročijo njeno porušitev.

Dimenzioniranje mostnih odprtin glede pretočnosti je pri nas ustrezno rešeno v primeru gradnje avtocest in državnih cest. Razmere na drugih cestah in manjših vodotokih pa so pogosto precej drugačne. Načrtovanje premostitev (mostov in cevnih prepustov) je na njih večinoma prepuščeno lokalnim skupnostim ter posameznikom in v preteklosti so se tukaj dogajale številne nepravilnosti. Neustrezno dimenzionirane odprtine in neustrezna protierozijska zavarovanja so povzročila že številne težave – od porušitev mostov in prepustov, do poškodbe konstrukcij ali vsaj začasne neuporabnosti v času naraslih vod, najpogosteje pa do povečanja obsega poplav. Pri tem ne smemo zanemariti vpliva neustreznih premostitev na poplavno varnost širšega področja. Premajhne mostne odprtine namreč povzročijo dvig vodne gladine na gorvodni strani, razlivanje vode iz strug vodotokov in s tem poplavljanje bližnjih objektov, zamašitve s plavljenim materialom (les, trava, vejčje, debela) in v končni fazi tudi njihovo porušitev.



Slika 3: Most s premajhnimi mostnimi odprtinami in poškodovana cesta zaradi prelivanja vode ob mostu (foto: Boris Kmetec, Zdenko Zorič)

Posebno nevarne so premajhne mostne odprtine na hudourniških vodotokih, na katerih narasla voda s sabo nosi večje količine plavljenega materiala, ki lahko takšno odprtino povsem zamaši. Na vodotokih z večjimi vzdolžnimi padci, kjer voda odteka v deročem režimu, je zelo pomembno, da premostimo celoten profil do najvišje pričakovane gladine vode brez vseh ovir, saj nam zožitev struge lahko povzroči spremembo režima toka in preskok v mirni režim toka, kar pa ima za

posledico močan dvig gladine (sprememba kinetične energije v potencialno).



Slika 4: Poškodovana cesta zaradi zamašitve prepusta in prelivanja vode (foto: Blaž Ivanuša)

Glede pretočnosti in vpliva na poplavno varnost je zelo zaželeno, da mostovi nimajo vmesnih opornikov, še posebej ne na manjših vodotokih. Oporniki namreč izrazito vplivajo na tokovno sliko in razpored hitrosti vode po prerezu ter s tem na pretočnost, dodatno pa predstavljajo nevarnost v primeru lovljenja plavljenega materiala. Prav tako imajo pomemben vpliv infrastrukturni vodi, ki prečkajo ali segajo v pretočni profil mostu oz. prepusta. Nabiranje vejevja in drevja na mostnih opornikih in infrastrukturnih vodih lahko namreč skoraj povsem zamaši strugo vodotoka, ob tem pa je ogrožena tudi stabilnost mostu.



Slika 5: Ovirana pretočnost zaradi infrastrukturnih vodov (foto: Blaž Ivanuša)

Najpogosteje naletimo na zožitve struge v primeru mostov z bočnimi oporniki, ki s tem zaprejo tudi do 1/3 pretočnega profila in pri cevni prepusti zaradi vgraditve cevi s premajhnim prerezo. Če imamo na razpolago zadostno globino struge pa se lahko zgodi, da tudi zožitev struge nima negativnih posledic na poplavno varnost. Kolikšna je dejanska potrebna velikost mostne odprtine, je potrebno ugotoviti s hidravličnim izračunom, pri čemer je potrebno upoštevati pričakovane vodne količine in režim toka, globino struge, nevarnost zamašitve s plavjem, pomembnost objekta, rabo obvodnega prostora in potencialno škodo, ki bi se lahko pojavila.



Slika 6: Neustrezna premostitev na potoku Grajena – bočna zožitev



Slika 7: Ustrezna premostitev Grajene (foto: Agata Suhadolnik)



Slika 8: Neustrezna premostitev tako glede zožitve prereza kot umestitve na nivoletu na Grajeni (foto: Agata Suhadolnik)



Slika 9: Premostitev, ki zožuje pretočni profil na Grajeni (foto: Agata Suhadolnik)



Slika 10: Preplavljen prenizek most na Dravinji v Slapah (foto: Agata Suhadolnik)



Slika 11: Odloženo plavje na mostu v Slapah (foto: Agata Suhadolnik)

Za stabilnost objekta premostitve in same ceste pa tudi brežine vodotoka, je zelo pomembno tudi ustrezno zavarovanje brežin v območju mostu in stabilizacija dna. Pri premostitvah se najpogosteje za zavarovanje brežin vodotoka uporabljajo poševna krila in zavarovanje s kamnom ter betonom. Za stabilizacijo dna uporabljamo prečne objekte, kot so različni stabilizacijski pragi (bodisi v leseni, kamniti ali betonski izvedbi), ki jih lociramo nekoliko pod premostitvijo ali pa zgolj obloge dna iz kamna in betona na območju mostov.



Slika 12: Spodjedanje mostu in dovoza (foto: Zdenko Zorič)

ZAKLJUČEK

Križanje ceste z vodotokom predstavlja potencialno nevarno točko, tako kar se tiče pretočnosti struge in poplavne varnosti območja, kakor tudi stabilnosti premostitve. Zaradi številnih težav, ki se na mestih križanj lahko pojavijo, je zelo pomembno skrbno načrtovanje rešitev in prav tako skrbna izvedba del. Predvsem je potrebno ustrezno načrtovanje rešitev prenesti na vse vrste posegov, tudi na lokalnem nivoju in tudi v primeru premostitev, ki jih načrtujejo in izvajajo zasebniki, saj imajo lahko napačne odločitve škodljive posledice za širši prostor. Univerzalne rešitve pri dimenzioniranju pretočnih odprtin ne obstajajo, zato je vsak primer potrebno obravnavati posebej. Pri tem je nujno dobro poznavanje razmer na terenu, kakor tudi strokovno znanje in izkušnje s tovrstnim delom.

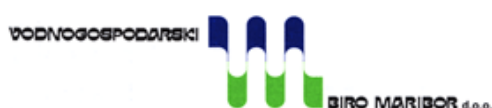


Zahvala

Pri izvedbi posveta so nam pomagali:



sgp pomgrad





Posvet sta organizirala:



in



Vsem sponzorjem, donatorjem in referentom se iskreno zahvaljujemo.

STROKOVNI ODBOR: dr. Uroš Krajnc, dr. Jože Ratej, mag. Smiljan Juvan

ORGANIZACIJSKI ODBOR: Boris STERGAR – predsednik, mag. Barbara BRATINA, mag. Stanislav TOMINC, Silvo CESNIK, Katja HANŽIČ, Samo Peter MEDVED, Karla LOBNIK



CESTE IN POPLAVE

Maribor, 10. 10. 2013

