

Hranice inundačného územia Torysa od zaústenia do Hornádu po Prešov

Prof. Ing. Jozef Kamenský, PhD., Katedra hydrotechniky SvF STU Bratislava

Ing. Martin Mišík, PhD., DHI Slovakia, s.r.o., Bratislava

Anotácia:

Príspevok informuje o postupe pri stanovení hraníc inundačného územia na toku Torysa v úseku od zaústenia do Hornádu pod Košicami po sútok s významným ľavostranným prítokom Sekčvom na okraji mesta Prešov pri povodni s kulminačným prietokom Q_{100} . Uvádzame tu podklady, z ktorých sme pri výpočte kulminačnej hladiny vychádzali a popisujeme súčasný stav toku a objektov na ňom. Úloha bola riešená aplikáciou 1D matematického modelu a príspevok informuje stručne o jeho zostavení, kalibrácii, vykonaných výpočtoch a ich výsledkoch.

1. Úvod

Hranice inundačného územia na uvedenom toku boli určené v rámci riešenia úlohy „Určenie hladín a hraníc inundačného územia (záplavových plôch) na toku Torysa v úseku rkm 0,0 – 57,5 pri prietoku Q_{100} “ pre Slovenský vodohospodársky podnik, štátny podnik, odštepny závod Košice. Túto úlohu riešil kolektív pracovníkov Katedry hydrotechniky Stavebnej fakulty STU v Bratislave v spolupráci s firmou DHI Slovakia s.r.o. Impulzom pre riešenie tejto úlohy boli úvahy o výstavbe troch priemyselných parkov, ktoré majú byť umiestnené v údolí toku Torysa medzi krajskými mestami Košice a Prešov v blízkosti diaľnice, ktorá ich spája.

2. Podklady

Základom pre riešenie tejto úlohy boli podklady o geomorfológii toku, jeho inundačných území a údolia ako celku, údaje o charaktere povrchu záujmového územia vedúce k prvým odhadom drsnosti, údaje o tvare objektov na toku a ich lokalizácii a hydrologické údaje o toku Torysa a jeho prítokoch Sekčov a Delňa a údaje o toku Hornád, do ktorého Torysa zaúšťuje.

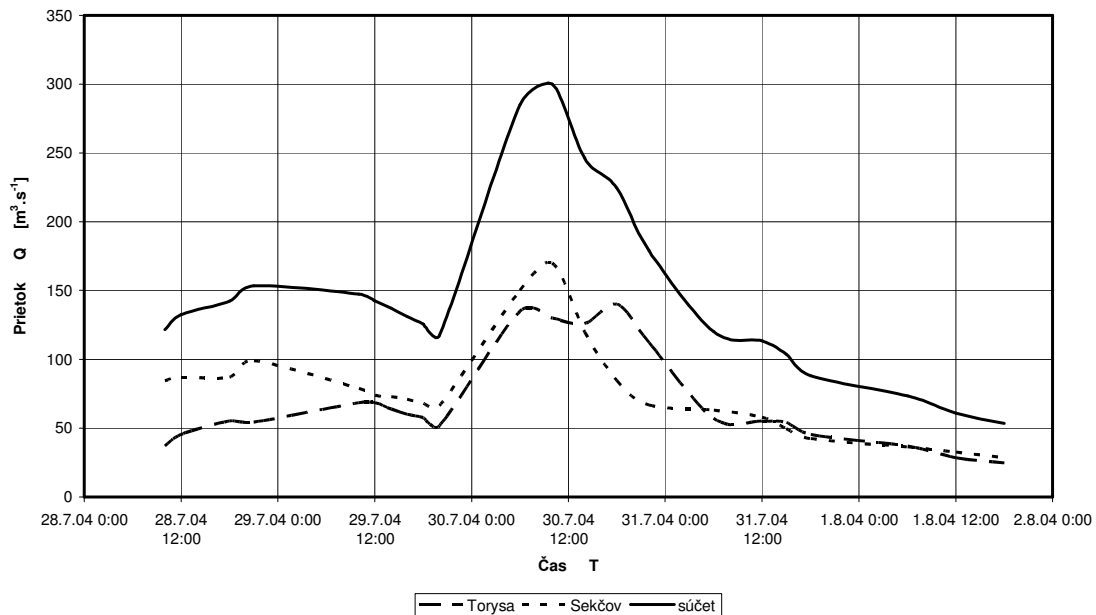
Geomorfológia toku, jeho blízkeho okolia a objektov na ňom bola pomerne dobre popísaná v Geodeticko – hydrografickom pasporte toku Torysa, ktorý bol vyhotovený v rokoch 1997 – 2000. Základné údaje o Hornáde ako dolnej okrajovej podmienke boli získané zo staršieho Geodeticko – hydrografického pasportu rieky Hornád z roku 1972. Základné údaje o širšom území – údolí toku a komunikáciách v ňom sme prevzali z mapových listov v mierke 1 : 10 000, ktoré sme v záverečnej fáze prác používali i v digitálnej forme. Podrobná prehliadka údolia toku a všetkých relevantných objektov v ňom, spolu s vyhotovením a analýzou fotodokumentácie umožnila urobiť si obraz o drsnosti toku a inundačných území na oboch jeho brehoch.

Hydrologické podklady slúžili ako informácia o toku vo vybratých profiloch a tiež ako informácia o povodňovej situácii, ktorá na Toryse a ďalších riekach v regióne prebiehala koncom júla a začiatkom augusta 2004. Z údajov patriacich do prvej skupiny podkladov boli použité merné krivky Torysy v staniách Prešov a Košické Olšany, Sekčova v stanici Solivar a Hornádu v stanici Ždaňa. Prvé tri museli byť pre potreby riešenia problému extrapolované na väčšie hodnoty prietokov. Do tejto skupiny údajov patria tiež údaje o N – ročných vodách pre 6 profilov toku Torysa a dva profily na toku Hornád. Druhá skupina podkladov týkajúca sa povodňovej situácie v roku 2004 obsahovala údaje o kulminačných hladinách a prietokoch a o čase výskytu týchto kulminácií z pozorovaní SHMÚ a SVP OZ Košice. Dôležitými boli tiež údaje o časovom vývoji vodných stavov a prietokov, z ktorých bola zostavená prietoková vlna v profile na sútoku Torysy so Sekčovom. Táto prietoková vlna (obr. 1) spolu s údajmi o fixovaných kulminačných hladinách na mostoch tvorili veľmi dobrý materiál na kalibráciu matematického modelu neustáleného prúdenia na záujmovom úseku toku.

3. Popis toku Torysa

Tok Torysa v úseku od sútoku s Hornádom po prítok Sekčova preteká pomerne urbanizovaným územím s hustou sieťou infraštruktúry. Celková dĺžka skúmanej časti toku Torysa je podľa pasportných údajov 56,041 km (údaj podľa vodohospodárskej mapy – 57,5 km). Vlastné koryto možno charakterizovať ako prevažne prirodzený tok s miestnymi úpravami v malom rozsahu. Tok prirodzene meandruje a jeho brehy sú lemované vo veľkej časti príbrežnou vegetáciou. V záujmovom úseku do Torysy zaúst'uje 37 prítokov, z ktorých za vodohospodársky významnejšie možno považovať ľavostranné prítoky Delňa s plochou povodia 51,289 km² a Sekčov s plochou povodia 355,429 km².

Prietoky na sútoku Torysy a Sekčova v období od 28.7.2004 do 1.8.2004



Obr. 1 Prietoková vlna na sútoku Torysy a Sekčova
povodňová situácia z konca júla 2005

Inundačné územie a údolie toku Torysy je pomerne husto osídlené. Údolím toku sú vedené cestné komunikácie, diaľnica a železničná trať. Inundačné územia sú tvorené zväčša lúkami a občasne obrábanou poľnohospodárskou pôdou. Údolie v príbrežnej zóne je zalesnené len ojedinele. Ochranné protipovodňové hrádze sú len v oblasti Zdoby, Kendíc a Hanisky.

Torysa je v záujmovom území pomerne často križovaná cestnými komunikáciami železnicou a vedeniami. Na toku je 38 premostení, z toho je 20 mostov na štátnych cestách a miestnych komunikáciách, 4 diaľničné mosty, 4 železničné mosty, 3 lávky pre peších, 6 premostení pre plynovodné potrubie a 1 premostenie pre vodovodné potrubie.

4. Matematický model

Na modelovanie neustáleného prúdenia povodňových prietokov Torysy bol použitý simulačný prostriedok MIKE 11. Je to jednorozmerný matematický model pre simulovanie neustáleného prúdenia, kvality vody a pohybu splavenín v otvorených korytách a inundačných územiach. Použitý bol hydrodynamický modul, ktorý simuluje neustálené prúdenie pomocou numerického riešenia Saint Venantových rovníc. Model dokáže vystihnúť podmienky riečného aj bystrinného prúdenia pomocou výpočtovej schémy ktorá sa adaptuje

podľa miestnych podmienok prúdenia v čase a v priestore. Model popisuje aj prúdenie cez hydraulické objekty a mosty.

Horný okraj modelu bol na sútoku Torusy a Sekčova (staničenie podľa pasportu – rkm 56,041). Aby bol správne modelovaný celý úsek Torusy až po ústie, dolný okraj modelu bol umiestnený na tok Hornádu do profilu limnigrafickej stanice SHMÚ Ždaňa (staničenie podľa pasportu – rkm 123,280), 5 km pod ústím Torusy. Úsek Hornádu bol modelovaný po rkm 129,800 (ústie Torusy je na rkm 128,200), aby bola adekvátne vystihnutá oblasť sútoku Torusy a Hornádu.

Celý výpočtový model teda pozostával z dvoch vetiev, vetvy Torusy v rozsahu rkm 0,0 – 56,041 a vetvy Hornádu v rozsahu rkm 123,280 – 129,800, celková dĺžka modelu bola 62,5 km. Riečne korytá a inundačné územia riek boli schematizované pomocou 230 priečných profilov na Toryse a 14 priečných profilov na Hornáde.

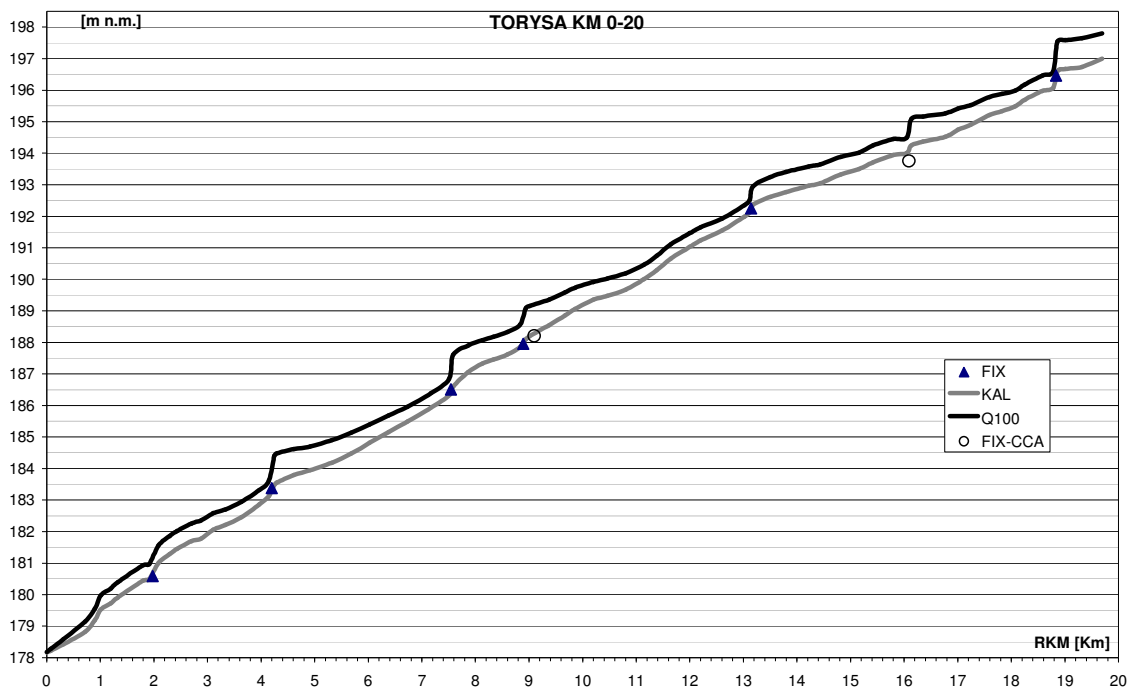
Na modelovanom úseku bolo v modeli zahrnutých 31 mostných objektov, z ktorých 5 bolo schematizovaných formou zvýšeného hydraulického odporu, 26 mostov bolo detailne modelovaných ako objekt s reálnymi rozmermi a kótami mostnej konštrukcie, vrátane pilierov. V závislosti od prietoku a hydraulických podmienok sa prúdenie cez profil mosta automaticky modelovalo ako prúdenie s voľnom hladinou, tlakové prúdenie pod mostovkou, alebo kombinácia tlakového prúdenia a prepadu cez širokú korunu v prípade preliatia mosta.

Okrajovými podmienkami pre model boli:

- Prietok Torusy na hornom okraji modelu (rkm 56,041), zadaný ako časový rad prietoku (súčet prietokov Torusy a Sekčova) v profile ústia Sekčova (obr.1)
- Prítok Delne, zadaný ako časový rad prietoku Delne, zaústňujúci do Torusy v rkm 55,230
- Prietok Hornádu nad Torysou, na rkm 129,800, zadaný ako časový rad
- Výška hladiny na dolnom okraji modelu na Hornáde v profile Ždaňa, rkm 123,280, zadaná pre kalibračnú povodeň 2004 ako časový rad zaznamenatej výšky hladiny a pre návrhovú povodeň Q_{100} definovaná pomocou mernej krivky prietokov

Hydraulické odporové súčinitele (vo forme Manningovho n) boli v modeli zadávané zvlášť pre oblasť hlavného koryta a zvlášť pre inundačné územia. Model bol kalibrovaný nastavením odporových súčiniteľov pozdĺž záujmového úseku, pričom sa dbalo na to, aby hodnoty súčiniteľov nevybočili z odborne akceptovaného rozsahu zodpovedajúcemu miestnym hydraulickým podmienkam podľa rekognoskácie toku a jeho údolia. Model bol kalibrovaný tak, aby správne vystihoval výšku kulminačnej hladiny povodne z prelomu júla

a augusta 2004. Simulovaný priebeh kulminačnej hladiny pre hydrologické podmienky z povodne 2004 bol porovnaný so zameranými výškami značiek pozorovanej kulminačnej hladiny v teréne.



Obr. 2 Pozdĺžny profil Torysy na úseku rkm 0 – 20, vypočítaná hladina Q_{100} a kulminačná hladina kalibračnej povodne 2004

Celkovo bolo k dispozícii 22 zameraných značiek povodňovej hladiny, spravidla na mostných objektoch (2 značky na Hornáde a 20 na Toryse). Kalibráciou sa podarilo dosiahnuť zhodu medzi pozorovanou a vypočítanou výškou hladiny v prijateľnom rozsahu. Porovnanie vypočítanej a pozorovanej kulminačnej hladiny povodne z r. 2004 je graficky znázornené na obrázku 2. Na väčšine lokalít so zameranými značkami sa podarilo dosiahnuť zhodu medzi pozorovanou a vypočítanou hladinou v rozsahu do +/- 20 cm. Na 14 lokalitách boli odchýlky do 10 cm, na 5 lokalitách v rozmedzí 15 – 25 cm a na troch menej významných lokalitách 35 – 45 cm. Kalibračné výpočty potvrdili, že v modeli sú správne vystihnuté hydraulické vplyvy mostných objektov, výrazne zreteľné v pozdĺžnom profile hladiny. Dobrú zhodu simulovanej a pozorovanej hladiny sa podarilo dosiahnuť aj v profile limnigrafickej stanice SHMÚ Košické Olšany (podľa pasportu rkm 13,144). Simulovaná kulminačná hladina bola oproti pozorovanej nižšie o 4 cm. Dobre sa zhoduje aj hodnota kulminačného prietoku v tejto stanici, keď kulminačný prietok podľa údajov SHMÚ dosiahol $310 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, transformovaný simulovaný kulminačný prietok v tomto profile dosiahol $291 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Výsledky a závery

Pre uvedenú návrhovú povodeň Q_{100} bol na predmetnom úseku Torysy zistený priebeh kulminačnej hladiny. Pozdĺžny profil hladiny Q_{100} je znázornený na obr. 2. Na tejto prílohe je zobrazený i kalibračným výpočtom stanovený priebeh hladiny pri povodni v roku 2004 a tiež hladiny fixované povodím (FIX) a hladiny približne určené z prehliadky toku (FIX-CCA).

Výsledky výpočtu priebehu hladiny pri prietoku povodňovej vlny s kulminačným prietokom Q_{100} boli premietnuté na jednotlivé premostenia. Zo vzájomnej relácie týchto kót hladiny KH, dolnej hrany mostovky DHM a hornej hrany mostovky HHM vyplynuli nasledovné režimy prúdenia cez objekt:

- podtekaný most alebo konštrukcia, ak platí vzťah

$$KH < DHM$$

čo charakterizuje stav kedy povodňový prietok preteká pod premostením a teda konštrukcia premostenia nie je ovplyvňovaná modelovou povodňou a je relatívne bezpečná, ak nedôjde k upchatiu prietokového prierezu plávajúcimi predmetmi,

- zatopený most alebo konštrukcia, ak platí vzťah

$$DHM < KH < HHM$$

čo charakterizuje stav kedy vzniká na vtoku do premostenia tlakové prúdenie – zatopený výtok pod konštrukciou a konštrukcia premostenia je namáhaná hydrodynamickým účinkom prúdiacej vody a hrozí aj následné upchatie prierezu,

- prelievaný most alebo konštrukcia, ak platí vzťah

$$KH > HHM$$

čo charakterizuje stav kedy je konštrukcia premostenia alebo most vrchom prelievaná a vzniká na nej superpozícia hydraulických javov – prepadu a výtoku.

Hranice inundačného územia sú vyznačené červenou čiarou na jednotlivých mapových listoch v mierke 1 : 10 000. Toto ohraničenie zátopových plôch bolo konštruované z priesečníkov vypočítanej hladiny pri prietoku Q_{100} s terénom v jednotlivých profiloch a údolných profiloch.

Zátopová čiara v miestach kedy sa prietok vody dostáva popod prekážky (napr. diaľnica, železnica a pod.) cez priepusty bola konštruovaná na základe konfigurácie terénu s tým, že napĺňanie týchto inundačných území bolo odhadnuté na základe výsledkov hydrodynamického modelu.

Výsledkom riešenia tejto úlohy sú zátopové čiary v údolí toku Torysa v úseku od sútoku s Hornádom po prítok Sekčova. Tieto čiary, ktorými je vymedzená predpokladaná

zátopová plocha, boli stanovené na základe matematickej simulácie neustáleného prúdenia modelovej povodňovej vlny s kulminačným prietokom rovným Q_{100} . Sú zobrazené na 13 – tich mapových listoch v mierke 1 : 10 000.

Na základe zhody, ktorú sa podarilo dosiahnuť medzi zameranými a simulovanými výškami povodňových hladín, možno predpokladať, že miera presnosti vypočítaných nadmorských výšok hladiny Q_{100} je na väčšine záujmového úseku Torusy v rozsahu +/- 30 cm, miestne +/- 50 cm, za predpokladu súčasného stavu koryta a inundačných území Torusy.

Presnosť výškopisu dostupných vrstevnicových máp v mierke 1 : 10 000, ktoré boli použité aj na znázornenie záplavových čiar, dosahuje však len +/- 2,5 – 3,5 m. Pre kvalitné povodňové mapovanie by bolo potrebné pracovať s digitálnym modelom terénu (DTM) s podstatne lepšou presnosťou, ktorá by zodpovedala presnosti hydrodynamických výpočtov. Presné povodňové mapovanie by potom bolo možné urobiť aplikáciou špecializovaných softvérov. Ako spracovatelia tejto úlohy odporúčame, vzhľadom na pripravovanú využiteľnosť územia a tým rastúce požiadavky na pomerne presné vodohospodárske údaje, tieto možnosti využiť.

Vhodným spôsobom vytvorenia dostatočne presného DTM je letecká fotogrametria. Odporúča sa snímkovanie v mimovegetačnom období v mierke 1:6000 (dá sa dosiahnuť výšková presnosť DTM cca $M_z = 0,17$ m), alebo 1:8000 (dá sa dosiahnuť výšková presnosť DTM cca $M_z = 0,25$ m). V prípade snímkovania vo vegetačnom období, presnosť vytvoreného DTM spravidla výrazne klesá.

Vypočítané výšky návrhovej hladiny Q_{100} platia pre súčasný stav koryta a inundačných území Torusy. V prípade úprav v koryte, alebo záplavovom území, treba výpočet návrhovej povodňovej hladiny a mapy zátopových čiar aktualizovať. Vplyv prípadných úprav na prechod veľkých vôd a na hladinový režim na nadväzných riečnych úsekoch je potrebné preveriť hydraulickým výpočtom.

Literatúra:

Kamenský, J., Mišík, M.: Určenie hladín a hraníc inundačného územia na toku Torysa v úseku rkm 0,0 – 57,5 pri prietoku Q_{100} . Záverečná správa. STU Stavebná fakulta, DHI Slovakia, Bratislava, 2005.