ACTA HYDROLOGICA
SLOVACA

Ročník 16, Tematické číslo, 2015, 124 - 131

HYDROTECHNICKÉ POSÚDENIE KAPACITY KORYTA JURSKÉHO POTOKA

Peter Spál, Peter Rusina

Pri výskyte významnejších zrážkových udalostí v povodí Jurského potoka, dochádza v určitých úsekoch toku k jeho lokálnemu vybreženiu, nakoľko priečny profil koryta je po dĺžke značne premenlivý, najmä v časti kde preteká intravilánom mesta Svätý Jur. V týchto miestach koryto striedavo prechádza z otvoreného priečneho profilu do uzavretého, pričom v otvorených častiach je lokálne prekryté rôznymi priepustmi a premosteniami, ktoré miestami pomerne výrazne ovplyvňujú jeho prietokovú kapacitu. Z uvedeného dôvodu bolo na tomto hydraulicky komplikovanom úseku toku vykonané posúdenie kapacity koryta a určenie jeho problematických úsekov. Za týmto účelom bol na záujmovom úseku zostavený 1D matematický hydrodynamický model prostredníctvom nástroja HEC-RAS, pričom výsledky z modelovania pre rôzne prietokové scenáre sú publikované v predkladanom príspevku.

KĽÚČOVÉ SLOVÁ: matematické hydrodynamické modelovanie, HEC-RAS, prietoková kapacita

HYDRAULIC ASSESSMENT OF THE JURSKÝ STREAM BED CAPACITY. At the occurrence of more significant rain events in the Jurský Stream catchment, there happens the local inundation of flood water in certain sections mainly in the part where it flows through the urban area of the town Svätý Jur. In these points the river bed alternately comes through the open cross section to the closed one, while in the open parts it is locally covered by different culverts and objects which here and there relatively significantly affect its flow capacity. Therefore, the assessment of river bed capacity and determination of its problematic sections was performed in this complicated stream section. For this reason the 1D mathematical hydro-dynamical model was constructed in this part through the HEC-RAS tool, while the modelling results for different flow scenarios are published in the submitted paper.

KEY WORDS: mathematical hydro-dynamical modelling, HEC-RAS, flow capacity

Úvod

Horské a podhorské malé vodné toky na Slovensku pretekajú takmer vždy cez mestá a obce. V týchto malých povodiach je taktiež najväčšia pravdepodobnosť výskytu prívalových dažďov a následne aj povodní. Avšak korytá takýchto vodných tokov väčšinou nie sú schopné kapacitne takéto prietoky bezpečne previesť bez vybreženia. Ide o extrémne situácie, kedy sa z intenzívnych zrážkových udalostí veľké percento vody rýchlo formuje do povrchového odtoku a jeho bezpečné odvedenie by zabezpečila iba kumulácia do retenčného priestoru. Takéto protipovodňové opatrenie síce zabezpečuje vysoký stupeň ochrany, avšak ekonomicky je veľmi nákladné. Mnohokrát by sa však takéto povodňové prietoky dali pomerne bezpečne a bez väčších povodňových škôd previesť cez intravilány príslušných miest a obcí, za podmienky rešpektovania vodného toku a jeho priľahlého priestoru a nestavania umelých prekážok do potenciálnej prietokovej plochy toku, spolu s vhodnou úpravou priečneho profilu a jeho následnou údržbou.

Popis záujmového územia

Jedným z takýchto podhorských vodných tokov je aj **Jurský potok**, ktorý pramení v Malých Karpatoch, preteká mestom Svätý Jur a je zaústený do Šúrskeho kanála, ktorý odvádza vody privádzané potokmi z juhovýchodných svahov Malých Karpát do ramena Malého Dunaja. Dĺžka potoka je 3,9 km. Približne v rkm 2,2 a rkm 3,4 priberá bezmenné ľavostranné prítoky. Plocha povodia je cca 7,7 km^2 (Kuchár a kol., 1979). Dĺžka záujmového úseku, ktorý bol predmetom štúdie je 2,9

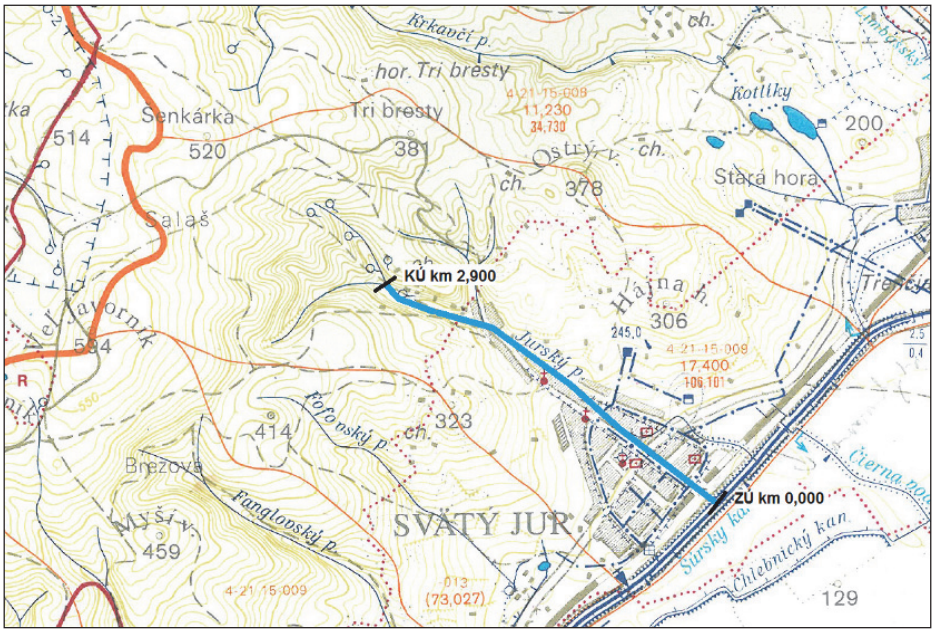
km a jedná sa o úsek pretekajúci intravilánom mesta Svätý Jur (obr.1).
Záujmový úsek Jurského potoka, v ktorom bol analyzovaný hladinový režim pri rôznych prietokových situáciách, bol rozdelený na 3 samostatne riešené celky, jednak kvôli odlišným sklonovým pomerom a priečnym profilom koryta, ako aj odlišnými vstupnými údajmi, ktoré boli použité na jednotlivých úsekoch.

Metodika práce

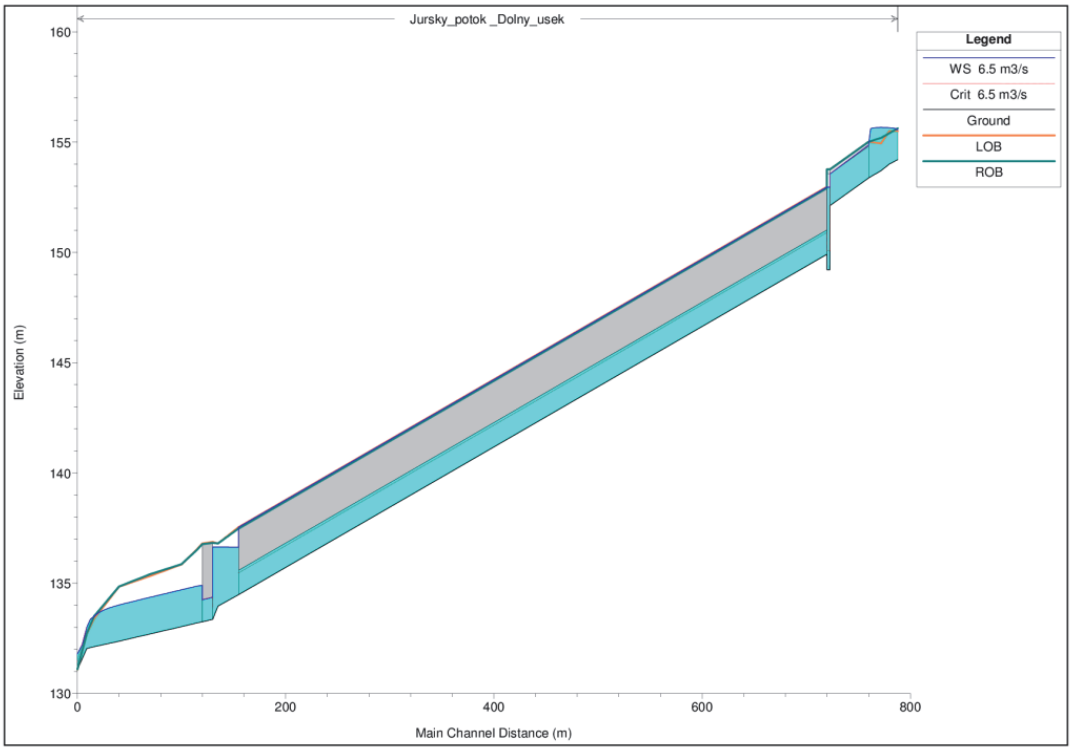
Po zhromaždení a spracovaní vstupných údajov získaných či už z geodetického zamerania alebo z dustupných projektových dokumentácií bol vytvorený model koryta vodného toku. K tomuto účelu bol použitý softvérový nástroj HEC-RAS, ktorý umožňuje vykonávať 1D matematické hydrodynamické modelovanie (HEC-RAS River Analysis System - User's manual, Singh et al., 1999, Deka et al., 2011). Pre každý úsek bol vytvorený samostatný model koryta, do ktorého boli vložené všetky na ňom nachádzajúce sa objekty (potrubia a priepusty so zameranými rozmermi, mostíky a rôzne premostenia križujúce tok).
Po vytvorení modelu koryta záujmového úseku vodného toku, vložení objektov nachádzajúcich sa na ňom a definovaní hydraulickej drsnosti jednotlivých úsekov, boli zvolené okrajové podmienky simulácie. Vzhľadom na to, že stanovenie hladinového režimu bolo vykonané prostredníctvom simulovania ustáleného nerovnomerného prúdenia, hornou okrajovou podmienkou modelu bola veľkosť prietoku, tzn. simulácie boli vykonané pre hodnoty prietoku 0,2 $m^3.s^{-1}$; 0,5 $m^3.s^{-1}$ a pre hodnoty 1 až 8 $m^3.s^{-1}$ s krokom 1 $m^3.s^{-1}$. Nakoľko sa na danom toku nenachádza žiadny profil s vodomernou stanicou, kde by bolo možné meranému prietoku priradiť príslušnú výšku vodného stavu, resp. neexistuje validovaná konzumčná krivka v záverečnom profile, hodnota priemerného pozdĺžneho sklonu daného úseku bola zvolená ako dolná okrajová podmienka modelu (Szymkiewicz, 2010, Popescu, 2014).
Uvedeným prístupom boli následne vykonané simulácie ustáleného nerovnomerného prúdenia pre jednotlivé veľkosti prietokov pre všetky 3 záujmové úseky, pričom výsledkom zo simulácie bol priebeh vodnej hladiny zobrazený v pozdĺžnom profile daného úseku. Za prietokovú kapacitu profilu koryta bola považovaná taká hodnota prietoku, pri ktorej výška hladiny bola po úroveň brehovej čiary koryta.

Zhodnotenie výsledkov

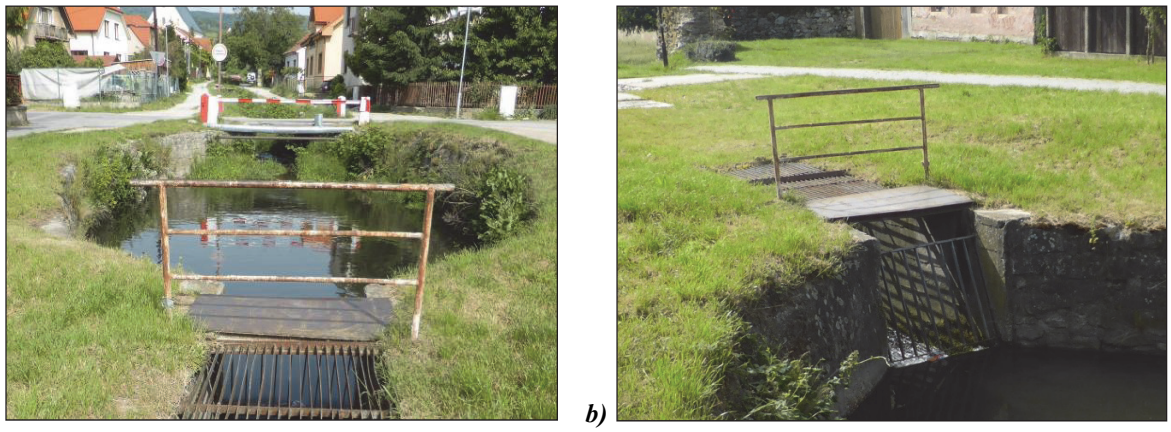
Vzhľadom na dosiahnuté výsledky možno konštatovať nasledovné:
Dolný úsek toku v súčasnom stave má prietokovú kapacitu približne na úrovni **6,5 $m^3.s^{-1}$**, pričom za kritické miesto na tomto úseku možno označiť vtok do uzavretého profilu (obr. 3a, b), nakoľko tu dochádza k zúženiu priečneho profilu (vtok zo sedimentačnej nádrže). Kapacita vtoku je na úrovni cca. **3 $m^3.s^{-1}$**, ktorú významne ovplyvňujú hrablice osadené na vtoku do krytého profilu, nakoľko znižujú v tomto mieste efektívnu prietokovú plochu profilu. Súčasná prietoková kapacita na tomto úseku sa od projektovanej (7,5 $m^3.s^{-1}$, t.j. Q_{100} z r. 1969) (Pôdohospodársky projektový ústav, 1969) významne nelíši, avšak pre súčasnú hodnotu Q_{100} = 10,0 $m^3.s^{-1}$ (z r. 2013 podľa SHMÚ) už nepostačuje.



Obr. 1. Situácia Jurského potoka s vyznačením záujmového úseku.
Fig. 1. Situation of the Jurský Stream with marking the section concerned.



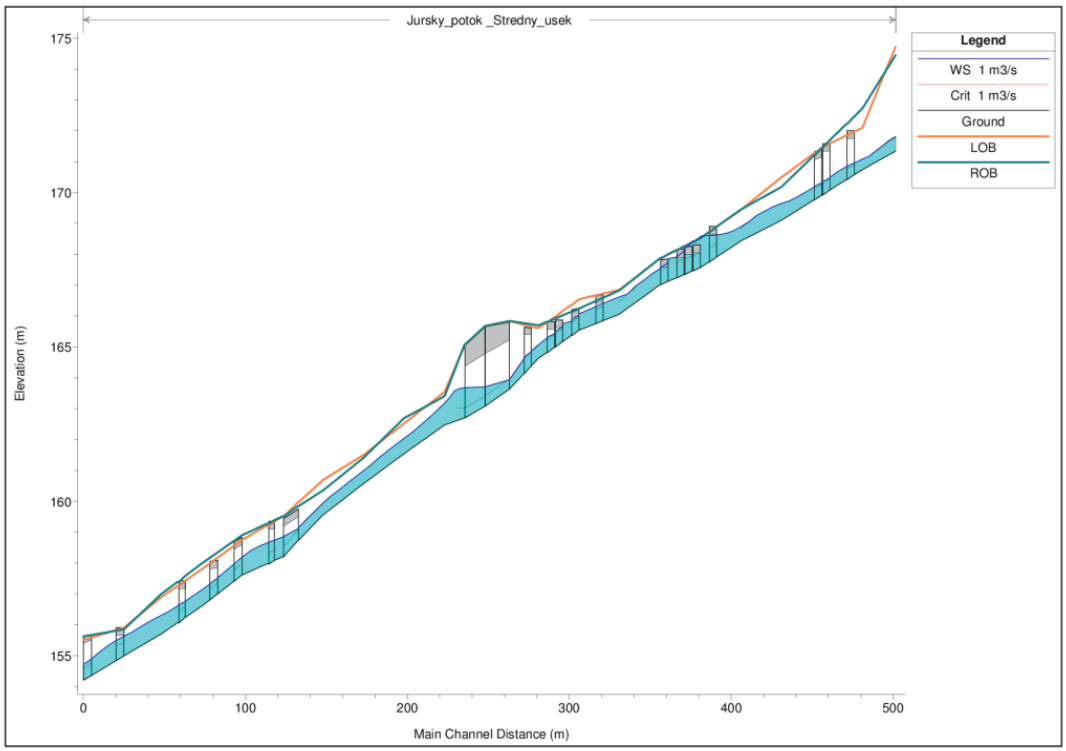
Obr. 2. Simulovaný priebeh hladiny na dolnom úseku pri prietoku 6,5 $m^3.s^{-1}$.
Fig. 2. Simulated water level at lower section with the flow 6,5 $m^3.s^{-1}$.



a) ***b)***

Obr. 3ab Vtok zo sedimentačnej nádrže do uzavretého profilu.
Fig. 3ab Inflow from the sedimentation reservoir into the closed profile.

Stredný úsek toku má v súčasnosti kapacitu **do 1 $m^3.s^{-1}$** (obr. 4), tzn. pre súčasnú hodnotu Q_{100} (10,0 $m^3.s^{-1}$) je značne nepostačujúca. Po odstránení premostení (obr. 5 a, b) by bolo možné uvažovať s kapacitou koryta približne **2 $m^3.s^{-1}$** (obr. 6), avšak je taktiež značne pod úrovňou hodnoty Q_{100}. Po uskutočnení plánovej úpravy na tomto úseku možno uvažovať s kapacitou koryta asi **8 $m^3.s^{-1}$** (obr. 7), čo bola stanovená hodnota Q_{100} na danom úseku v r.2007, t.j. v čase prípravy projektovej dokumentácie na úpravu toku [8]. Limitujúcim miestom danej úpravy je premostenie približne v strede úseku, nakoľko samotný upravený tvar koryta toku by pri pravidelnej údržbe bol schopný previesť prietok až do 10 $m^3.s^{-1}$ (súčasná hodnota Q_{100}).



Obr. 4. *Simulovaný priebeh hladiny na strednom úseku pri prietoku 1,0 $m^3.s^{-1}$.*
Fig. 4. *Simulated water level at middle section with the flow 1,0 $m^3.s^{-1}$.*

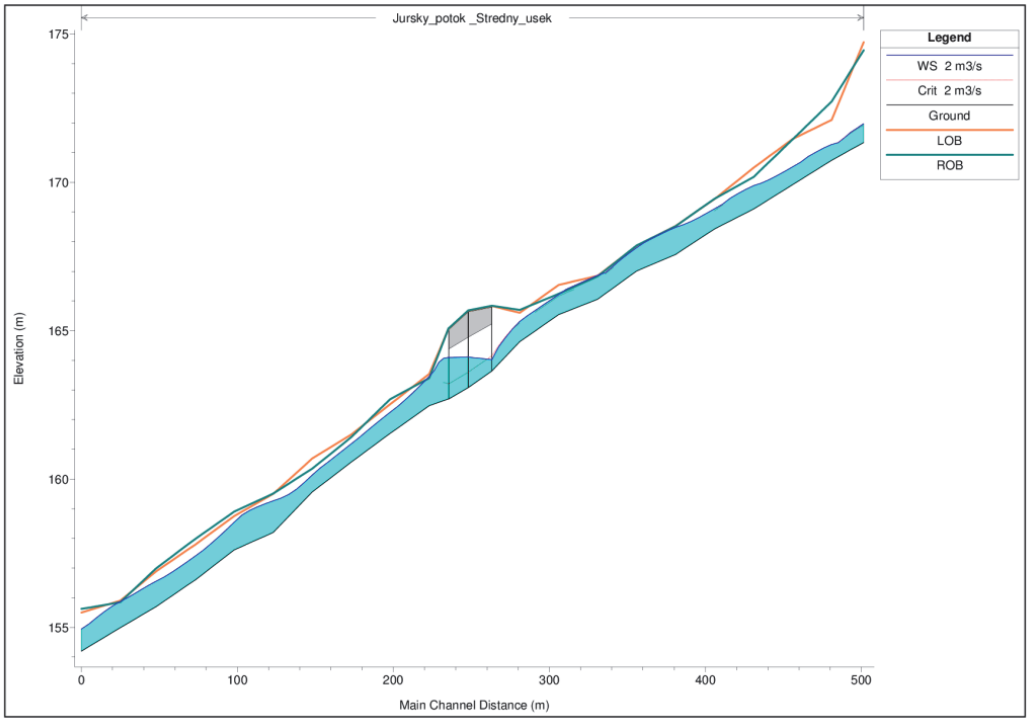
a)



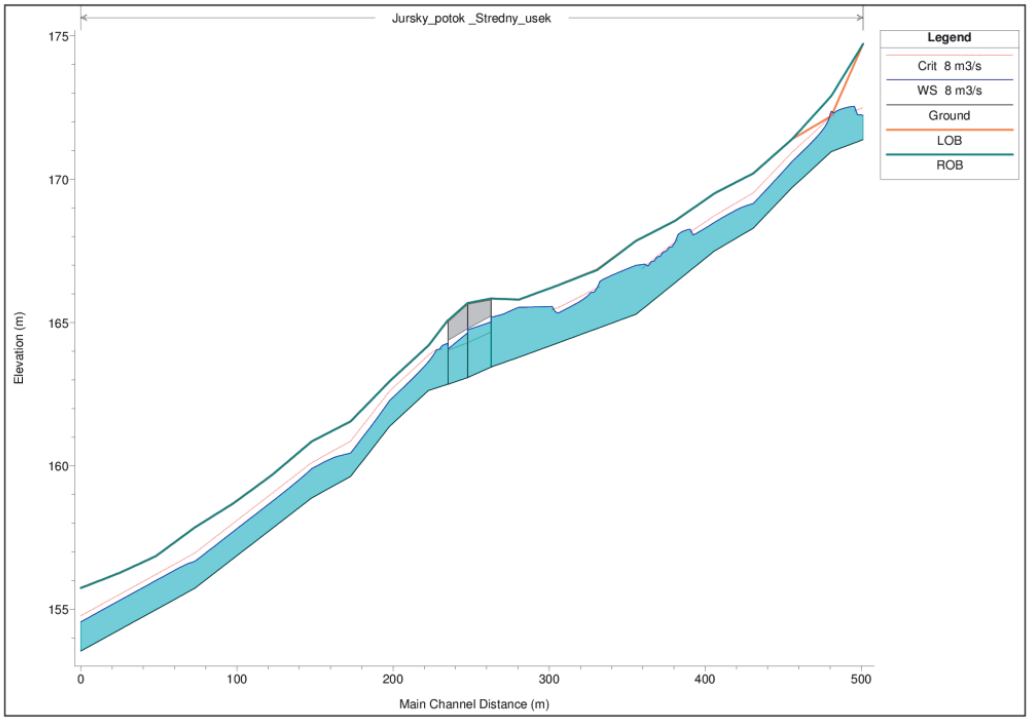
b)



Obr. 5ab *Premostenia nachádzajúce sa na strednom úseku toku.*
Fig. 5ab *Objects located in the middle part of the water course.*



Obr. 6. Simulovaný priebeh hladiny na strednom úseku pri prietoku 2,0 $m^3.s^{-1}$ po odstránení premostení.
Fig. 6. Simulated water level at middle section with the flow 2,0 $m^3.s^{-1}$ after removal of the objects.

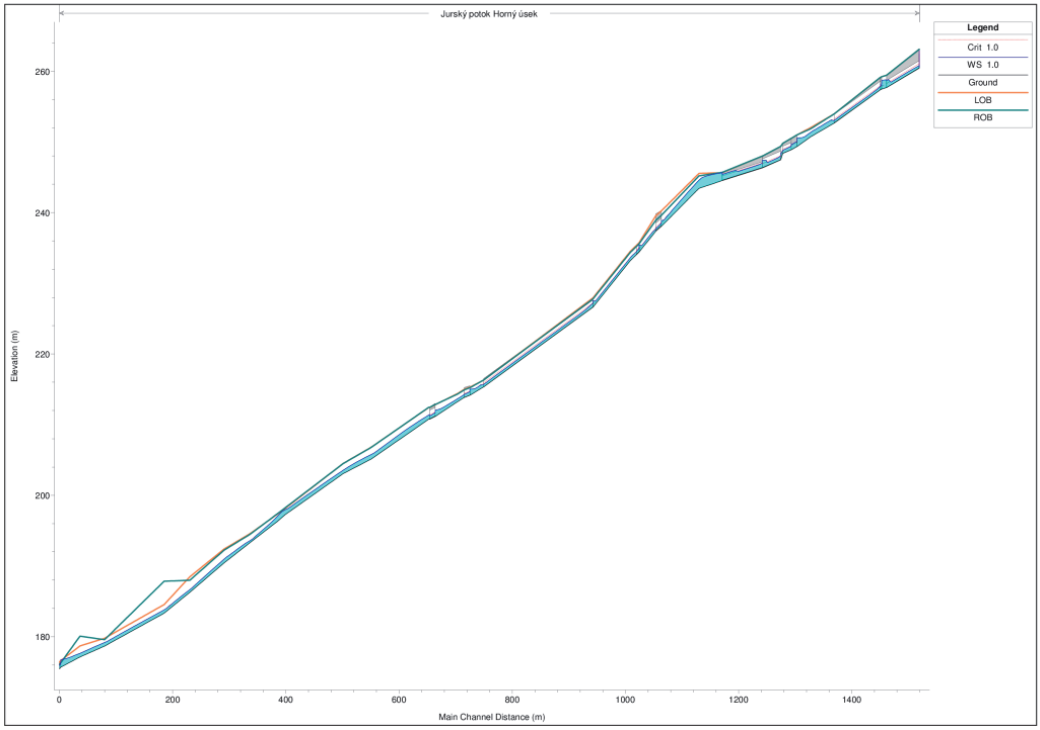


Obr. 7. Simulovaný priebeh hladiny na strednom úseku pri prietoku 8,0 $m^3.s^{-1}$ po realizovaní plánovanej úpravy.
Fig. 7. Simulated water level at middle section with the flow 8,0 $m^3.s^{-1}$ after stream regulation.

Horný úsek toku je v rámci celého záujmového úseku hydraulicky najzložitejší, nakoľko dochádza k častému striedaniu uzavretého priečneho profilu s otvoreným, najmä v jeho vrchnej časti, pričom uzavretý profil je tvorený zväčša kruhovým potrubím, ktoré má v rôznych úsekoch rôzne priemery (obr. 8 a, b). Prietokovú kapacitu tohto úseku významne ovplyvňuje fakt, že miestami sa priemery týchto potrubí po dĺžke v smere prúdenia nezväčšujú, ale naopak zmenšujú, čo spôsobuje lokálne zahltenie vtokov a zavzdutie vodného toku. Uvedená skutočnosť má za následok, že súčasná kapacita v hornej časti tohto úseku je na úrovni **1 $m^3.s^{-1}$**, pričom dolná časť tohto úseku, ktorá nie je obmedzená lokálnym zmenšením priečneho profilu, je schopná previesť prietok približne **3 až 4 $m^3.s^{-1}$**. Aj keď návrhová hodnota Q_{100}, by v tomto úseku bola menšia ako v dolnom úseku, súčasná kapacita nie je vyhovujúca pre potreby protipovodňovej ochrany intravilánu mesta Svätý Jur.



Obr. 8ab Príklady striedania sa uzavretého kruhového priečneho profilu s otvoreným na hornom úseku.
Fig. 8ab Examples of changing the round closed cross section with the open one at the upper section.



Obr. 9. Simulovaný priebeh hladiny na hornom úseku pri prietoku 1,0 $m^3.s^{-1}$.
Fig. 9. Simulated water level at upper section with the flow 1,0 $m^3.s^{-1}$

Treba pripomenúť, že výsledky z modelovania sú ovplyvnené rôznymi neistotami a zjednodušeniami, ktoré sa do modelu vkladajú (zjednodušenie priečnych profilov a interpolácia trasy koryta medzi nimi, odhad hydraulickej drsnosti koryta, ktorá je odlišná v jednotlivých ročných obdobiach, ako aj neistota hydrologických údajov, napr. odhad Q_{100}, nakoľko sa jedná o vodný tok, kde sa nezaznamenávajú žiadne empirické pozorovania, nemožnosť verifikácie modelu s reálnymi pozorovaniami). Napriek týmto neistotám však uvedená hydraulická analýza dáva približný obraz o prietokových možnostiach daného toku a identifikuje hlavné kritické miesta, s ktorými je potrebné sa v budúcnosti zaoberať a podrobiť ich dôkladnejšej analýze.

Záver

Na základe výsledkov, ktoré boli dosiahnuté prostredníctvom 1D matematického hydrodynamického modelovania možno konštatovať, že kapacita koryta Jurského potoka v súčasnom stave nevyhovuje požiadavkám na prevedenie Q_{100} (podľa SHMÚ: 8,1 $m^3.s^{-1}$, pre r. 2007; resp. 10,0 $m^3.s^{-1}$, pre r. 2013). Medzi najkritickejšie miesta možno označiť stredný úsek koryta, nakoľko v súčasnosti je jeho kapacita na úrovni približne 1 $m^3.s^{-1}$. Odstránením premostení, ktoré sú na tomto úseku vybudované svojpomocne miestnymi obyvateľmi, by sa síce zvýšila súčasná kapacita približne na 2 $m^3.s^{-1}$, ale toto opatrenie nie je dostačujúce. Realizovaním úpravy toku na tomto úseku podľa projektovej dokumentácie z r. 2008, by sa zvýšila kapacita tohto úseku asi na 8 $m^3.s^{-1}$, čo je hodnota Q_{100} z r. 2007. Ďalším kritickým miestom možno označiť vrchnú časť horného úseku, nakoľko sa tu v rôznych úsekoch a dĺžkach vyskytuje kruhový uzavretý profil rôznych priemerov. Väčšina týchto potrubí nemá vhodné rozmery a umiestnenie, nakoľko potrubia s väčším priemerom sú zaúsťované do potrubí s menším priemerom. Už tak nízku kapacitu v týchto miestach znižuje zanesenie vtokov sedimentmi a rôznym náplavovým materiálom.
Prietokovú kapacitu je možné zvýšiť jednak prečistením koryta a následne jeho pravidelnou údržbou, ako aj úpravami priečneho profilu (zmena tvaru a veľkosti priečneho profilu toku). Vzhľadom na obmedzené priestorové možnosti by muselo dôjsť k dohode s miestnymi obyvateľmi, nakoľko tok veľakrát preteká cez ich súkromné pozemky. Taktiež by pomohlo zmeniť niektoré zatrubnené časti toku za potrubia s väčším priemerom, resp. kde je možnosť, vytvoriť odľahčenie prostredníctvom obtokových ramien a pod. Pre prípad zachytávania povodňových vôd ešte pred vstupom do intravilánu mesta by bolo potrebné vypracovať štúdiu, ktorá zanalyzuje priestorové a geologické pomery v hornej časti povodia toku pre potenciálne vybudovanie vhodných lesotechnických opatrení na toku a v povodí, resp. vybudovanie retenčného priestoru.
Na záver je potrebné zdôrazniť, že v horných záujmových častiach Jurského potoka sa v minulosti nachádzali výlučne pozemky určené na rekreačné účely, t.j. nachádzala sa tu najmä chatová a záhradkárska oblasť. V čase výskytu povodňových prietokov teda nedochádzalo k veľkým povodňovým škodám na majetku obyvateľov, aj keď potok pretekal cez ich pozemky. Časom sa však tieto pozemky preklasifikovali na stavebné pozemky a došlo k výstavbe rodinných domov bez zabezpečenia vhodnej úpravy toku a jeho priľahlých pozemkov. V súčasnosti je teda problematické v týchto miestach robiť akékoľvek protipovodňové opatrenia a úpravy toku, nakoľko tu nevedie vhodná prístupová komunikácia (iba nespevnený chodník pre peších) a tok je častokrát prekrytý rôznymi stavbami ako garáže, prístrešky, resp. záhradné domčeky.
Z uvedeného vyplýva, že v minulosti neboli vždy takéto zmeny v územných plánoch miest a obcí (ak boli vôbec vypracované) prerokované s príslušným vodoprávnym orgánom a miestni obyvatelia častokrát uskutočňovali stavebnú činnosť (či už vedome alebo nevedome) nad vodným tokom, alebo v jeho tesnej blízkosti bez toho, aby o tom upovedomili príslušné orgány a úrady. V budúcnosti je preto v takýchto prípadoch potrebné zabezpečiť vhodnú odbornú úpravu toku a jeho okolia spolu s orgánmi, ktoré budú zabezpečovať kontrolu stavebnej činnosti na týchto úsekoch toku.

Literatúra

Deka Ch. P., Bekele N., Abete Z. B. (2011): GIS Based HEC-HMS and HEC-RAS Modeling. A study of Woldiya Watershed in Ethiopia. Lambert Academic Publishing.

HEC-RAS River Analysis System, User's manual, Version 4.1, January 2010, [cit. 2015-07-09] http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/

Kuchár, O. a kol. (1979): Technický pasport vodného toku. Šúrsky kanál. Vodohospodárska výstavba, š.p., Bratislava.

Popescu I. (2014): Computational Hydraulics. Numerical methods and modelling. IWA Publishing. London. United Kingdom.

Pôdohospodársky projektový ústav (1969): Úprava Staromlynského potoka I., PD: konečné štádium riešenia.

Singh, P. V., Seo W.I., Sonu H. J. (1999): Hydraulic modeling. Seoul National University. Seoul. Korea.

Sviteková, J. (2008): Úprava Jurského potoka. Dokumentácia pre stavebné povolenie. Hydroconsult Bratislava.

Szymkiewicz R. (2010): Numerical Modeling in Open Channel Hydraulics. Faculty of Civil and Environmental Engineering. Gdansk University Of Technology. Gdansk. Poland.

HYDRAULIC ASSESSMENT OF THE JURSKÝ STREAM BED CAPACITY

Following the results which were achieved through the 1D mathematical hydro-dynamical modelling, we can say that the Jurský Stream bed capacity currently does not meet the requirements for Q_{100} accumulation. The most critical spot is the central section of stream bed, since currently its capacity is approximately 1 $m^3.s^{-1}$. Removal of the objects located there will increase the current capacity approximately to 2 $m^3.s^{-1}$. The stream regulation according to the project documentation of the year 2008 would increase the capacity of this section approximately to 8 $m^3.s^{-1}$ which is the value Q100 of the year 2007. Next critical point can be the top part of the upper section, since here the round closed profile of different diameters occurs in different sections and lengths. Most of these pipes does not have suitable dimensions and location, since the pipes with longer diameter are inflowed into the pipes with shorter diameter. Low capacity in these places is even lowered by clogging the intake structure with sediments and different alluvial materials. Flow capacity can be increased by cleaning the river bed and its regular maintenance as well as the river profile adjustment. Regarding the limited space options, this is possible to implement after the agreement with local inhabitants, since the water course touches their private land in many cases.

Finally it is necessary to stress that in upper parts of the Jursky Stream there was mainly cottage and garden area in the past. Therefore, there were no big flood property damages recorded by inhabitants at the time of high flood discharge occurrence. As the time passed, this land was re-classified to building lands and the construction of family houses started without the suitable stream area adjustment. In the past such changes in land use were not often negotiated with relevant bodies and local inhabitants commonly built a house just right above a water course of in its vicinity without permission.

In the future it is necessary in such cases to adjust the water course and its surroundings professionally and cooperate with the bodies responsible for building supervision in these water course sections.

Spál Peter, Ing., PhD.
Rusina Peter, Ing.
Slovenský vodohospodársky podnik, š.p.
Odštepný závod Bratislava
Karloveská 2
842 17 Bratislava
Tel.: +4212 60 292 342 (471)
E-mail: peter.spal@svp.sk
peter.rusina@svp.sk