NÁVRH PROTIPOVODŇOVÝCH OPATRENÍ MESTA LEVICE

Stanislav KELČÍK, Andrej ŠOLTÉSZ, Tomáš VARGA

Abstrakt: Za posledné obdobie sú nížinné oblasti Slovenska ohrozované povodňami. Na extrémne hydrologické podmienky doplácajú aj obce okresu Levice. Na základe geografických, hydrologických, geologických a klimatických pomerov bol zhodnotený súčasný stav prietokového režimu na toku Podlužianka, ktorý preteká okresom Levice a bol spracovaný návrh protipovodňových opatrení v tomto území.

KĽÚČOVÉ SLOVÁ: protipovodňové opatrenia, numerické modelovanie, poldre, protipovodňová ochrana

DESIGN OF FLOOD PROTECTION MEASURES IN LEVICE DISTRICT. Slovak lowlands have been suffering from floods recently. The floods are formed in connection with rainfalls, arising water in rivers rising groundwater up above the terrain. Levice district pays the price for suffering from extreme hydrological conditions, as well. River which passes this district is the Podlužianka River with right-bank tributaries Čajkovský stream and Rybnický stream. This area is often naturally flooded from all rivers during floods. Present conditions of the flood protection in the Levice district area are not sufficient. It was necessary to analyze the river flow regime which was evaluated based on hydrological, geological and meteorological data.

KEY WORDS: Flood protection measures, numerical simulation, detention reservoirs, flood protection

Úvod

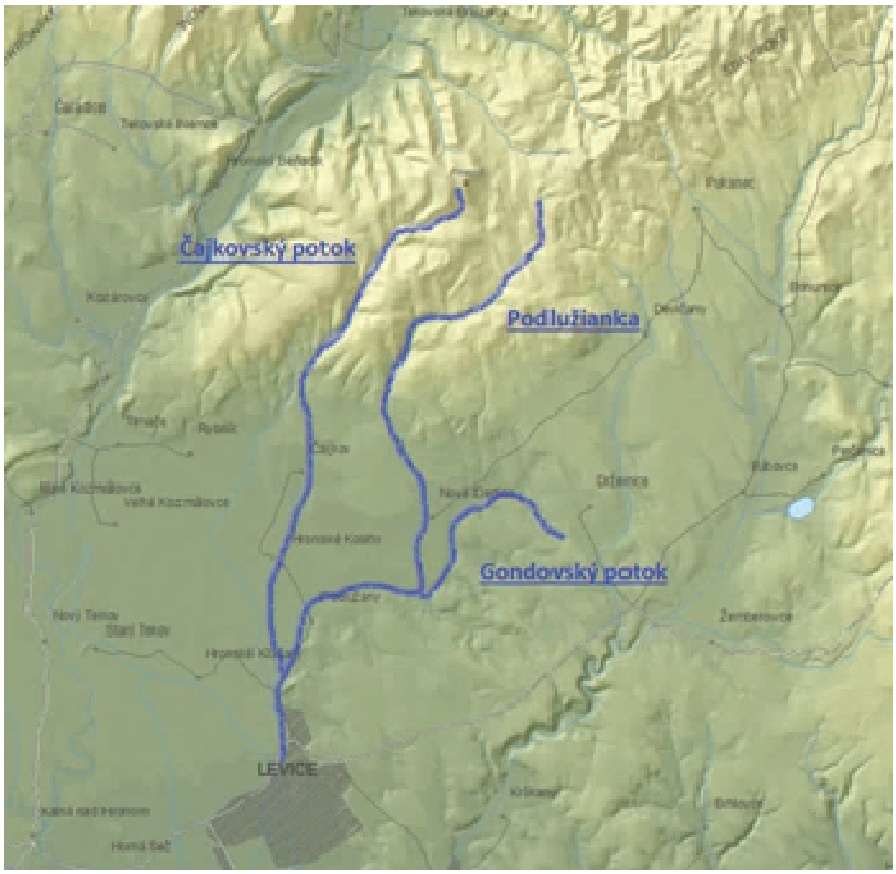
Protipovodňové opatrenia sú veľmi dôležitou prevenciou pred samotnými záplavami. Vzniku povodní sa nedá úplne zabrániť, dá sa iba zmierniť ich výsledný dopad na majetok a životy obyvateľov.
Článok sa zaoberá problematikou protipovodňovej ochrany mesta Levice a návrhu opatrení na toku Podlužianka. Vo všeobecnosti sa návrh protipovodňových opatrení tohto záujmového územia dá definovať ako snaha vytvoriť podmienky zabezpečujúce nepresiahnutie kapacity koryta toku Podlužianka, ktorá dosahuje 45 $m^3.s^{-1}$ (SVP, 2007). V prípade nerealizovania protipovodňových opatrení v danej lokalite je isté, že povodňové prietoky by sa ďalej vybrežovali, a tým by spôsobovali škody na zatápaných plochách s miestnou zástavbou minimálne rovnakého, alebo aj väčšieho rozsahu ako doposiaľ.
V rámci riešenia tejto problematiky bol vykonaný podrobný terénny prieskum jednotlivých lokalít vhodných na realizáciu protipovodňových opatrení.

Charakteristika záujmového územia

Okresné mesto Levice je situované v širokej údolnej nive rieky Hron, na okraji západných výbežkov Štiavnických vrchov. Mestom preteká tok Podlužianka a kanál Perec, ktorý privádza vodu z Hrona na vylepšenie vodohospodárskych pomerov v meste a v celom povodí. V minulosti bolo mesto ohrozené záplavami nie len z toku Podlužianka a jej prítokov, ale aj zo samotného Hrona. Výstavbou ochranných hrádzí na Hrone sa vylúčilo ohrozenie záplavami od Hrona, zostal však problém s tokom Podlužianka a s jeho prítokmi.
Tok Podlužianka s plochou povodia 135 km^2 vejárovitého tvaru môžeme rozdeliť na dva hlavné úseky (obr.1). V hornej časti má charakter horskej bystriny, ďalej sa spád zmenšuje a od sútoku s Gondovským potokom tečie Podlužianka takmer v rovine s miernym spádom a terénom bez prirodzeného ohraničenia (nemá vlastnú údolnicu) a je súčasťou údolia Hrona.
Režim odtoku Podlužianky je dažďovo-snehový od decembra do februára a najvyššiu vodnatosť má od marca do apríla. Najvyššie prietoky sa vyskytujú v marci, najnižšie v septembri (SVP, 2007).
Meranie prietokov je v povodí Podlužianky zabezpečené limnigrafickou stanicou v Hronských Kľačanoch (rkm 17,970) a v obci Podlužany pomocou vodočtu rkm 19,871 (SHMÚ).

Súčasný stav

Podlužianka je tok s veľkou rozkolísanosťou prietokov. V čase dlhšieho trvajúceho suchšieho obdobia je prietok na toku len niekoľko litrov, ale už len pri vzniku lokálnej búrkovej situácie, sa prietok rýchlo zvýši aj na niekoľko desiatok metrov kubických za sekundu. Rozkolísanosť prietoku je veľmi nepriaznivý faktor pri návrhu protipovodňových opatrení.



Obr. 1. Podlužianka, vodohospodárska mapa 1:50 000 (www.mapserver.geology.sk)
Fig. 1. Podlužianka River, The water management map 1:50 000 (www.mapserver.geology.sk)

Úpravy toku Podlužianka, ktoré boli doteraz v povodí rieky realizované majú charakter čiastkových úprav. Analýzou odtokových pomerov bolo zistené, že úpravy vo vzťahu k protipovodňovej ochrane záujmového územia nie sú v súčasnosti postačujúce. Na základe tejto skutočnosti je nevyhnutné sa touto problematikou zaoberať. Koryto toku Podlužianka, ako aj jej prítokov, je upravené na prietok Q_5-Q_{10}, čo je v súčasnosti nepostačujúce. Vyššie prietoky vybrežujú a zatápajú rovinaté územie v okolí tokov. Pri Q_{100} prietoku (Q_{100}= 65$m^3.s^{-1}$) sú až 2/3 prietoku vybrežené mimo korýt a tečú paralelne s tokmi po takmer rovinatom území povodia v šírke niekoľko desiatok až stoviek metrov. Vybrežené vody sú len čiastočne usmernené cestným a železničným násypom, ktoré sú vybudované v tomto záujmovom území. Medzi riečnym kilometrom (rkm) 4 až 9 preteká Podlužianka intravilánom mesta Levice. V tomto úseku je koryto upravené a v rkm 6,398 až 7,653 v dĺžke 1250 m boli v roku 2004 ukončené úpravy, ktoré riešili protipovodňovú ochranu mesta Levice ochrannými múrmi po brehoch koryta s tým, že v miestach prerušenia ochranných línií cestnými mostami sa vybudovalo zosúvateľné hradenie. Záverečná správa ČU 02 „Výskum odtokových pomerov vo vzťahu k protipovodňovej ochrane územia“ uvádza, že je nesmierne dôležité určiť, akou mierou sú jednotlivé časti územia mesta Levíc ohrozované prípadným zaplavením. Podľa súčasného stavu výpočtami v programe HEC-RAS, ktorý umožňuje modelovanie aj prelievanie mostov, bol vypočítaný rozdiel priebehu hladín a kapacity koryta s ochrannými múrikmi. Z uvedených skutočností vyplýva nutnosť zredukovať 100 - ročný povodňový prietok Q_{100}= 65 $m^3.s^{-1}$ až na 45 $m^3.s^{-1}$ ešte pred intravilánom mesta Levice (VÚVH, 2002). Nekontrolovateľné vybreženie povodňových prietokov na toku Podlužianka ohrozuje aj intravilán obce Podlužany (obr. 2), pričom najkritickejší úsek je hlavne úsek nad cestným mostom v obci Podlužany – pravostranne.



Obr. 2. Intravilán obce Podlužany
Fig. 2. Podlužianka River in the village of Podlužany

Protipovodňové opatrenia Levíc

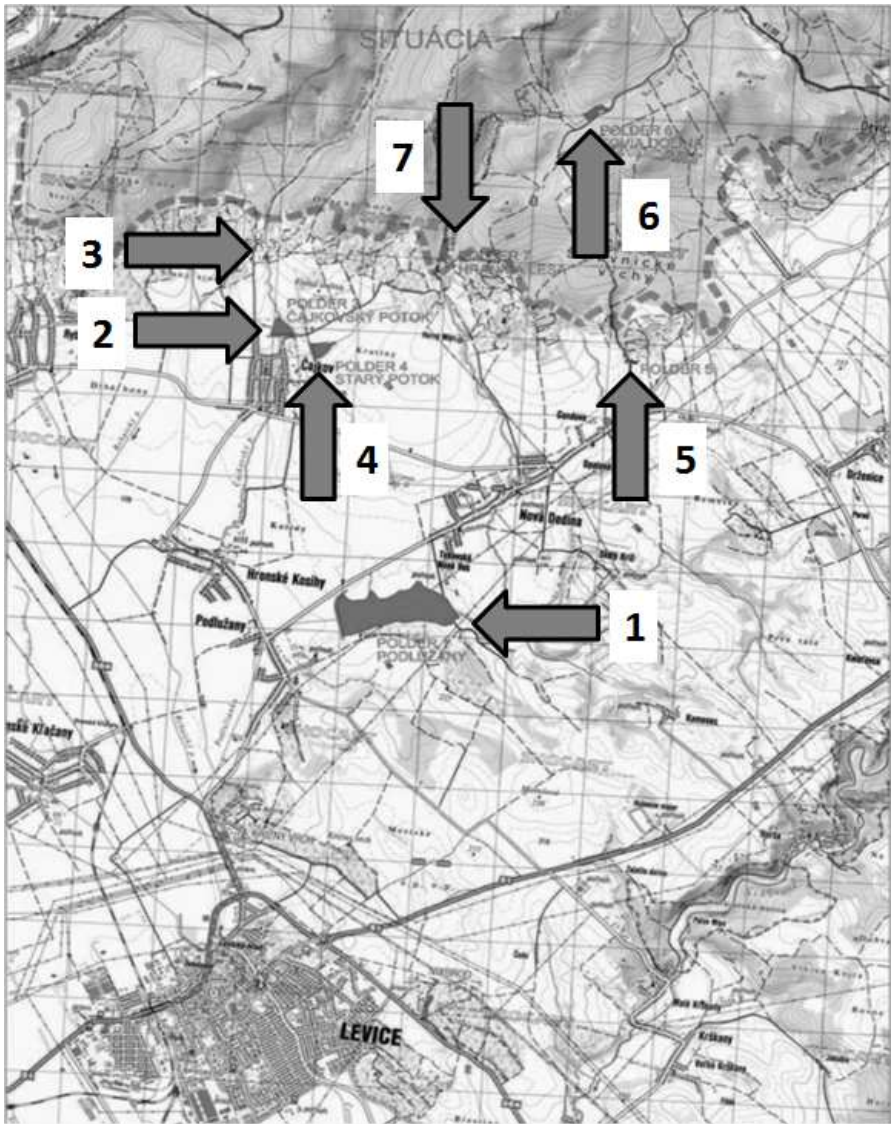
Počas povodní je celé územie často prirodzene zatápané zo všetkých troch tokov, Podlužianky, ako aj jej prítokov Čajkovského a Rybnického potoku.
Tok Podlužianka patrí vzhľadom k jej ploche povodia a prietoku ku stredným tokom s hodnotou Q_{100}= 65,0 $m^3.s^{-1}$. Snahou protipovodňových opatrení je dosiahnuť Q_{RED}= 45,0 $m^3.s^{-1}$. V intraviláne mesta Levice sa nachádza 11 premostení Podlužianky (obr. 3), ktoré plnia dopravnú funkciu. Na zabezpečenie dostatočnej ochrany mesta je potrebné zabezpečiť nasledovné:
Navýšenie kapacity koryta toku
Súčasný stav koryta je značne zúžený po oboch bermách, dno je zanesené naplaveninami, ako aj komunálnym odpadom. Po odstránení bude pravdepodobne nutné opraviť aj kamennú dlažbu, čoho následkom bude aj zlepšenie odtokových pomerov v intraviláne a zlepší sa aj estetickosť toku v centre mesta.
Odstránenie prekážok z koryta toku
Jedná sa hlavne o nevhodné križovania inžinierskych sietí a komunikácii, ktoré znižujú prietočnú plochu toku. Po vhodnom preložení by nemuselo dôjsť k vzdutiu pri lávkach a mostoch.



Obr. 3. Podlužianka intravilán Levice, povodeň 2013 HN (www.hn.online.sk)
Fig. 3. Podlužianka River in the town of Levice, the flood situation in 2013 HN (www.hn.online.sk)

Úprava brehov

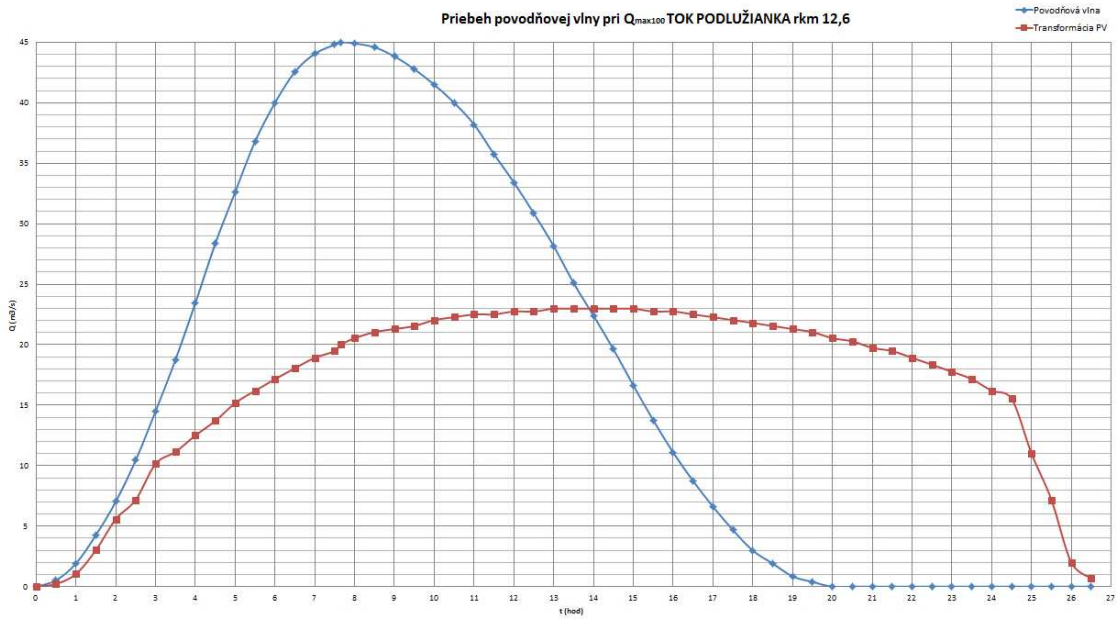
V tomto bode je dôležité zabezpečiť súvislosť pozdĺžneho opevnenia toku, odstrániť nežiaduci porast (vypílenie krovín) v okolí toku, zvyšujúci drsnosť koryta. Do budúcnosti by bolo vhodné zlepšiť starostlivosť o trávnaté, stromovité a kerovité porasty v okolí toku, pomocou kosenia 1-2 krát ročne.
V rámci riešenej problematiky boli zrealizované terénne merania, počas ktorých boli preskúmané územia vhodné na zachytenie povodňových prietokov v poldroch. Vzhľadom k tomu, že sme k hydraulickým výpočtom potrebovali poznať kapacitu koryta pod navrhnutými protipovodňovými opatreniami, premerali sme v niekoľkých profiloch kapacitu koryta toku Podlužianka. Na základe návrhových povodňových vĺn, ktoré poskytol Slovenský hydrometeorologický ústav (SHMÚ), sa pristúpilo ku konštrukcii sploštenia jednotlivých povodňových vĺn. Samotný výpočet prebiehal na 7 vytipovaných územiach (obr. 4.), z podkladov, ktoré boli dodané Slovenským vodohospodárskym podnikom (SVP) a tiež vyplynuli z terénnych meraní.
Na základe podkladov sa stanovili:
Zachytený objem poldrov v programe ArcGis, vďaka čomu sa ďalej stanovila čiara zatopených plôch a objemov. V programe Flowmaster sme vypočítali kapacity koryta pod navrhnutými protipovodňovými opatreniami. Vytvorila sa metodika na hydraulický návrh poldrov a skonštruovalo sa sploštenie povodňových vĺn z návrhových povodňových vĺn, ktoré dodalo SHMÚ.
Vzhľadom na rozsah článku ako príklad uvádzame len návrh poldra č.1 na toku Podlužianka v rkm 12,6.



Obr. 4. Situácia uvažovaných poldrov k ochrane Levíc a priľahlých obcí pred povodňami, umiestnenie poldrov (Šoltész a kol., 2014)
Fig. 4. Situation of the location of designed detention reservoirs (Šoltész a kol., 2014)

Hydraulický výpočet návrhu poldra č.1 na toku Podlužianka, rkm 12,6

Ako už bolo v článku spomenuté súčasné koryto Podlužianky je upravené na prietok Q_5 – Q_{10}, čo je nepostačujúce. Vyššie prietoky vybrežujú z koryta a zaplavujú rovinné územie okolo tokov. Vzhľadom k tomu, že sme potrebovali k hydraulickým výpočtom poznať kapacitu koryta pod navrhnutými protipovodňovými opatreniami, premerali sme v niekoľkých profiloch kapacitu Podlužianky.
Pri hydraulickom výpočte návrhu poldra č.1 na Podlužianke sme vychádzali z nasledovných predpokladov:
z parametrov návrhovej povodňovej vlny z podkladov SHMÚ v danom profile toku Podlužianka, z geodetického zamerania územia nad daným profilom, vďaka čomu sme stanovili čiaru zatopených objemov a čiaru zatopených plôch pre plniaci sa polder počas povodne. Zachytený objem sa vypočítal pomocou programu Arc-Gis z morfologického obmedzenia výšky poldra (štátna cesta z Novej Dediny do Podlužian) a z kapacity koryta Podlužianky pod profilom poldra.
Samotný výpočet vychádzal zo známej bilančnej rovnice $(Q_p\text{-}Q_o)\Delta t = \pm V$, kde Q_p je prítok do poldra v čase, Q_o je odtok z poldra v čase a V je objem vody v poldri. Na základe riešenia tejto rovnice sa stanovila výška hladiny v poldri a zároveň hĺbka navrhnutého výtokového otvoru pod hladinou. Tento bol navrhnutý variantne tak, aby spĺňal základný predpoklad hydraulickej účinnosti poldra - sploštenie návrhovej povodňovej vlny pri Q_{100} (45 $m^3.s^{-1}$) na neškodný prietok v koryte pod profilom poldra. Podľa kapacitných meraní bol tento prietok stanovený na nie vyšší ako 24 $m^3.s^{-1}$. Pri výpočte sme uvažovali hydraulický výpočet priepustu a nie výtok otvorom, ako je to väčšinou zaužívané a často aj tým pádom zjednodušené. Rozdiel je najmä v tom, že pri vtoku do priepustu uvažujeme s väčšími hydraulickými stratami, z čoho vyplýva aj rozmerovo väčší funkčný výtokový otvor.
Tvar návrhovej povodňovej vlny je uvedený na obr. 5. Z nej vyplýva, že jej trvanie je 20 hodín a jej objem bol stanovený na 1,6 mil. m^3.
Keď porovnáme kapacity koryta Podlužianky pod profilom navrhovaného poldra v rkm 12,6, zistíme, že v obci je kapacita koryta podstatne vyššia (34 $m^3.s^{-1}$), čo zodpovedá prietokom medzi Q_{20} – Q_{50}, zatiaľ čo v extraviláne pred obcou je kapacita koryta na úrovni 24 $m^3.s^{-1}$, čo zodpovedá prietoku približne na úrovni Q_{10}.



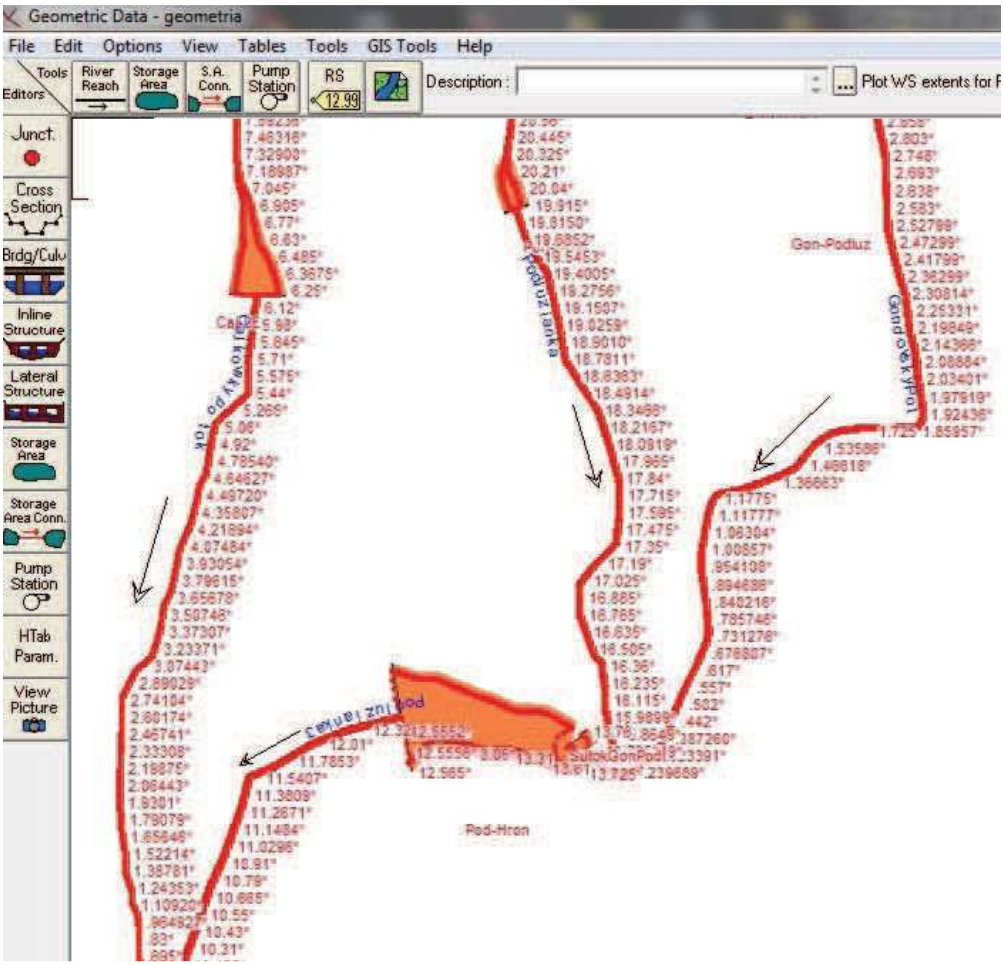
Obr. 5. Priebeh sploštenia návrhovej povodňovej vlny pre Q_{100} poldrom č.1 na Podlužianke
Fig. 5. Progress of flattening the flood wave by detention reservoir No. 1.

Z daného výpočtu a jeho grafického znázornenia vyplývajú nasledovné závery:

- požadovaná výška poldra po bezpečnostný priepad je 4,54 m.
- maximálny odtok z poldra cez výpustný objekt o rozmeroch 2 x 1,6 m je 22.98 $m^3.s^{-1}$.
- návrhová povodňová vlna Q_{100}= 45 $m^3.s^{-1}$ bola poldrom sploštená na uvedený neškodný prietok pod profilom poldra.
- objem poldra, ktorý zabezpečí zadržanie povodňovej vlny o objeme 1,6 mil. m^3 a zredukuje kulminačný prietok z hodnoty Q_{100} = 45 $m^3.s^{-1}$ na neškodný prietok 22,98 $m^3.s^{-1}$ bol výpočtom stanovený na hodnotu 670 506 m^3.

Overenie hydraulických výpočtov pomocou programu HEC- RAS

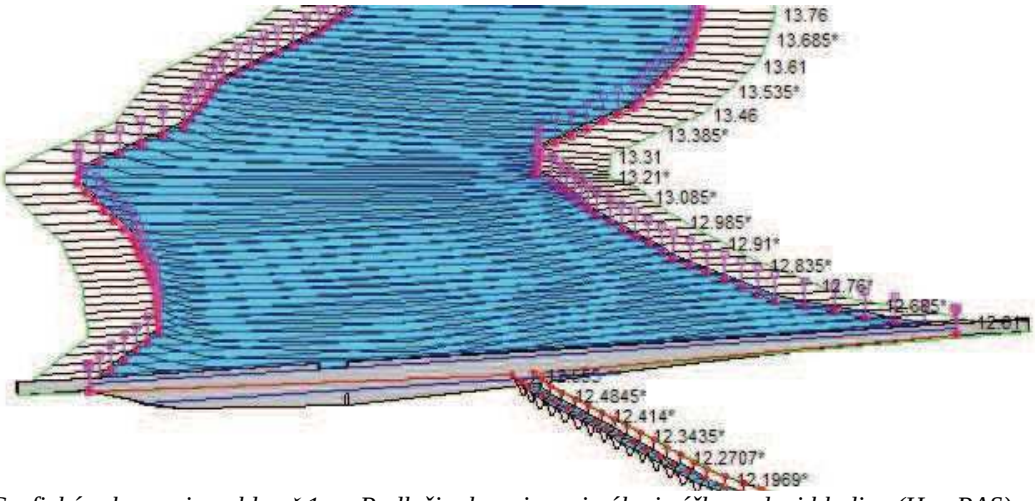
Na základe hydraulických výpočtov bolo vyhodnotené ako najefektívnejšie riešenie použitie poldra č.1 (ale ďalej aj poldra č.2 a poldra č.7, ktoré v článku nie sú uvedené). Pomocou priečnych profilov, ktoré boli dodané SVP bol vytvorený hydraulický model, v ktorom sa pomocou neustáleného prúdenia overila schopnosť zachytiť požadovaný objem vody a zabezpečiť neškodný prietok v intraviláne mesta Levice.
Po vytvorení geometrického modelu toku sa nastavili podmienky pre neustálené prúdenie pomocou návrhovej povodňovej vlny.



Obr. 6. Grafické zobrazenie záujmového územia s modelom poldrov (Hec-RAS)
Fig. 6. Graphic presentation of the area of interest including situation of Rivers and reservoirs (Hec-RAS)

Podlužianka polder č.1

Výška poldra č.1 bola navýšená o 0,5 m, nakoľko pri navrhnutej výške 4,54 m dochádzalo k odtoku vody Q_o= 6.31 m^3. s^{-1} bezpečnostným priepadom, pri šírke bezpečnostného priepadu 20 m a výške prepadajúcej vody 0,37 m. V ďalšej simulácii bola navýšená hrádza o 0,5 m. Pri tomto zvýšení nedochádzalo k pretekaniu bezpečnostným priepadom a polder dokázal zachytiť až 760 000 m^3, čo je o 160 000 m^3 viac ako pri výške 4,54 m.



Obr. 7. Grafické zobrazenie poldra č.1 na Podlužianke pri maximálnej výške vodnej hladiny (Hec-RAS)
Fig. 7. Graphic presentation of the detention reservoir No. 1 at the maximum water level (Hec-RAS)

Záver

Na základe podkladových materiálov od SHMÚ, SVP a terénnych meraní boli analyzované odtokové pomery okresu Levice, ktorý dopláca na extrémne hydrologické podmienky. Bolo zistené, že protipovodňové opatrenia záujmového územia nie sú v súčasnosti postačujúce. Na zabezpečenie dostatočnej ochrany okresu mesta Levice by bolo potrebné zabezpečiť navýšenie kapacity koryta toku Podlužianka, odstránenie prekážok z koryta toku, úpravu brehov a zachytenie povodňových prietokov v poldroch. V prekladanom článku je spracovaný návrh protipovodňových opatrení v danom území, konkrétne zachytením povodňových prietokov v poldroch. Situácia uvažovaných poldrov k ochrane Levíc a priľahlých obcí pred povodňami je zobrazená na obrázku č. 4. Podrobnejšie sme sa v článku venovali popisu návrhu poldra č.1. na toku Podlužianka, a popisu výsledkov z hydraulických výpočtov. Pri výpočte sme uvažovali výpočet priepustu a nie výtok otvorom, ako je to väčšinou zaužívané, a často aj tým pádom zjednodušené. Z podkladových materiálov sa zistilo, že v profile Podlužianky (rkm 12,6), kde bol navrhnutý profil poldra, je Q_{100} o hodnote 45 $m^3.s^{-1}$. Keď sme porovnali kapacity koryta Podlužianky pod profilom navrhovaného poldra, zistili sme, že v obci je kapacita koryta podstatne vyššia (34 $m^3.s^{-1}$), zatiaľ čo v extraviláne pred obcou je kapacita koryta na úrovni 24 $m^3.s^{-1}$ Na základe riešenia bilančnej rovnice sa stanovila výška hladiny v poldri a zároveň hĺbka navrhnutého výtokového otvoru pod hladinou. Otvor bol navrhnutý tak, aby spĺňal základný predpoklad hydraulickej účinnosti poldra, síce sploštiť návrhovú povodňovú vlnu pri Q_{100} (45 $m^3.s^{-1}$) na neškodný prietok v koryte pod profilom poldra (obr. 5.). Podľa kapacitných meraní bol neškodný prietok stanovený na nie vyšší ako 24 $m^3.s^{-1}$. Hydraulické výpočty boli overené pomocou programu Hec-RAS. Výška navrhovaného poldra bola navýšená o 0,5 m, nakoľko pri navrhnutej výške 4,54 m dochádzalo k odtoku vody Q_o= 6.31 $m^3.s^{-1}$ bezpečnostným priepadom, pri šírke bezpečnostného priepadu 20 m a výške prepadajúcej vody 0,37 m. Pri tomto zvýšení nedochádzalo k pretekaniu bezpečnostným priepadom a polder dokázal zachytiť až 760 000 m^3, čo je o 160 000 m^3 viac ako pri výške 4,54 m.

Poďakovanie

Tento článok vznikol na základe finančnej podpory projektu grantovej agentúry VEGA 1/1011/12.

Literatúra

Aplikácia prehľadné geologické mapy, dostupné na internete http://mapserver.geology.sk/pgm/
http://hn.hnonline.sk/slovensko-119/od-banoviec-po-levice-voda-ohrozuje-slovensko-foto-545908
KOLEKTÍV AUTOROV SVP: Podklady pre vypracovanie štúdie Podlužany – Gondovo, ochranné opatrenia na toku Podlužianka – poldre, september 2013
MAZÚR, E., LUKNIŠ, M. (1980). Geomorfologické jednotky. In Mazúr, E., ed Atlas Slovenskej socialistickej republiky. Bratislava (SAV a SÚGK).
OBVODNÝ ÚRAD LEVICE, Odbor civilnej ochrany a krízového riadenia, Výpis z analýzy územia okresu Levice z hľadiska vzniku možných mimoriadnych udalostí, r. 2011.
PODKLADY dodané Slovenským Hydrometeorologickým ústavom, r. 2014
PROGRAM ArcGis

PROGRAM Flowmaster, Hydraulic Analysis and Design Software for Open Channels, Pipes, Weirs, and Orifices, United States
PROGRAM HEC-RAS Hydrologic Engineering Centers River Analysis System
SLOVENSKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV (SHMÚ), údaje dostupné na internete http://www.shmu.sk/sk/?page=1&id=hydro_vod_bb
SLOVENSKÝ VODOHOSPODÁRSKY PODNIK, š. p., Odštepný závod Banská Bystrica Odbor inžinierskych činností – oddelenie morfologického monitoringu, Banská Bystrica : Levice ochranné opatrenia na toku Podlužianka – Polder, Posudzovanie vplyvov na životné prostredie, r.2007.
ŠOLTÉSZ, A a kol.: Podlužany– Gondovo Ochranné opatrenia v povodí toku Podlužianka – poldre, 2014
VÝSKUMNÝ ÚSTAV VODNÉHO HOSPODÁRSTVA Projekt: Výskum vplyvu antropogénnych faktorov na vodné systémy, ČU 02 Výskum odtokových pomerov vo vzťahu k protipovodňovej ochrane územia (2002)
ZÁKON č. 666/2004 Z. z. o ochrane pred povodňami

DESIGN OF FLOOD PROTECTION MEASURES IN LEVICE DISTRICT

On base of given hydro-meteorological, morphological and hydraulic data run-off situation in the Levice district was analysed. It was found out that flood protection measures in the given locality is recently not sufficient. The proposed contribution a design of flood protection measures – detention reservoirs have been introduced in the hydraulic analysis. Situation of these reservoirs is given in Fig.4. More detailed hydraulic analysis was focused on detention reservoir No.1 (Podlužianka River, rkm 12,6) where the Q_{100} value was determined as 45 $m^3.s^{-1}$. Hydraulic dimensioning of basic hydraulic structures of such detention reservoir (outlet, spillway) was verified using Hec-RAS modelling software. Results of these calculations are presented in the contrubution. According to realisation of flood protection measures on Podlužianka River the design flood wave maximum value was reduced to harmless discharge Q = 24 $m^3.s^{-1}$ (Fig. 5). The volume of the detention reservoir No.1 was determined to be 160 000 m^3.

Informácie o autoroch:

Stanislav Kelčík, Ing., PhD.
Andrej Šoltész, prof. Ing., PhD.
Tomáš Varga, Ing.
Stavebná fakulta STU v Bratislave, katedra hydrotechniky
Radlinského 11, 810 05 Bratislava
E-mail: skelcik@gmail.sk
Tel.: +421 2 592 74 693
E-mail: andrej.soltesz@stuba.sk