



VÝSLEDKY ANALÝZY ZRANITEĽNOSTI MESTA POPRAD VOČI POVODNI

RESULTS OF POPRAD TOWN FLOOD VULNERABILITY ANALYSIS

Andrea Majlingová^{1,2}, Zuzana Lubinská³

SUMMARY:

The paper presents the results of flood vulnerability assessment which was performed for Poprad town. The vulnerability was assessed based on three approaches. One of them was represented by the evaluation of flood impact (Q_{100} and Q_{500}) on the city. For this purpose the flood modelling in HEC-RAS and GIS environment was used. Another was based on the UNESCO – IHE methodology, which was modified for conditions of Poprad town and data available. And the last one was based on ETA risk analysis. Applied methodology, and in particular its modified version, was used in conditions of the Slovak Republic for the first time. And based on the preliminary result, it should be broadly applied in the system of risk and crisis management in Slovakia.

KEYWORDS: ETA, Flood, GIS, HEC-RAS, Poprad, risk management, vulnerability

ÚVOD

Povodňová aktivita, ktorú bolo možné pozorovať na sklonku prvého polroku roku 2010 patrila medzi historicky najväčšie povodne svojho druhu na Slovensku za posledných 40 rokov. V súčasnosti sa čoraz viacej dostáva do popredia, v súvislosti so zvýšenou povodňovou aktivitou nielen na Slovensku, ale aj v celej Európe, otázka vplyvu klimatickej zmeny na vývoj danej situácie. Dopady klimatickej zmeny sa stávajú čoraz zrejmejšie, ich intenzitu pociťujeme už aj na lokálnej úrovni.

Vychádzajúc z prognóz vývoja klimatickej zmeny je nevyhnutné do budúcnosti uvažovať a pripraviť sa na čoraz častejší výskyt extrémneho počasia, od veľkého sucha až po extrémne zrážky či už v podobe dlhotrvajúcich dažďov alebo prívalových dažďov alebo ich kombimácie, čo povedie k vzniku povodní aj v lokalitách, kde sa nenachádza žiadny vodný tok a kde povodne nikdy nepoznali.

Poznanie nebezpečenstiev (hazardov), ktoré v prípade ich prepuknutia a v prípade, že nie sú vykonané dostatočné preventívne opatrenia môže viesť až k mimoriadnym udalostiam veľkého rozsahu, je prvým predpokladom na zníženie zraniteľnosti územia a návrh na vykonanie vhodných a dostatočných preventívnych opatrení.

V prípade povodne prvým predpokladom vykonania správnych preventívnych opatrení, či opatrení, ktorých cieľom je minimalizácia škôd spôsobených povodňou, je analýza stavu zraniteľnosti územia povodňou, ako aj pripravenosti obyvateľstva a zabezpečenia jednotlivých objektov pred povodňou. Tieto vlastnosti systému reprezentujú zároveň komponenty, ktoré vstupujú do hodnotenia rizika vzniku povodne a odhadu škôd, ktoré môže daná povodeň spôsobiť.

PROBLEMATIKA

Dopad povodní, najmä pokiaľ ide o ľudské zdravie a hospodárske straty, sa stále zvyšuje.

¹ Andrea Majlingová, Ing. PhD., Drevárska fakulta, Katedra protipožiarnej ochrany, Technická univerzita vo Zvolene, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, e-mail: majlingova@tuzvo.sk

² Andrea Majlingová, Ing. PhD., Fakulta špeciálneho inžinierstva, Katedra požiarneho inžinierstva, Žilinská univerzita v Žiline, Ul. mája 1. mája 32, 010 26 Žilina

³ Zuzana Lubinská, Ing. PhD., OR HaZZ v Dunajskej Strede, Trhovisko č. 1102/1, 929 01 Dunajská Streda, e-mail: Zuzana.Lubinszka@hazz.minv.sk

Spoločnosť sa stala voči týmto prirodzeným katastrofám zraniteľnejšou.

Ľudská činnosť a zásahy do rovnováhy prírody značne zmenili situáciu v celých povodiach riek. Plánovanie ochrany proti povodňam by sa nemalo v budúcnosti obmedzovať len na ochranu niekoľkých izolovaných položiek majetku v jednotlivých oblastiach proti určitému druhu nebezpečenstva. Pri zvážení evolúcie a nových trendov, vyžaduje prístup k prirodzeným katastrofám zmeny. Zásahy proti povodňam treba zmeniť od ochrany pred katastrofami k manažmentu akceptovateľného rizika.

Manažment rizika („*risk management*“) je logická a systematická metóda určovania súvislostí v akýchkoľvek činnostiach, funkciách alebo procesoch, identifikovania rizík, ich analýzy, hodnotenia, znižovania a priebežného monitorovania, ktorá umožňuje minimalizovať straty a maximalizovať príležitosti [1]. Je to interaktívny proces skladajúci sa z krokov, ktoré pri zachovaní plánovanej postupnosti umožňujú trvalé skvalitňovanie rozhodnutí a tým následne aj zlepšovanie výsledkov uskutočňovaných procesov.

V domácich podmienkach sa manažmentom rizík vo svojich prácach zaoberajú: Zelený [2] sa zaoberá manažmentom rizík v priemysle; Mikolaj [3] a Šimák [1] sa zaoberajú manažmentom rizika všeobecne; Kostelný [4], Lodňanová [5] a Mika et al. [6] sa zaoberajú manažmentom sociálnych rizík.

Vo svete sa manažmentu rizík a analýze jeho jednotlivých komponentov venuje viacero odborníkov: manažmentom rizík sa zaoberal najmä Villgran de León [7], analýzou jednotlivých komponentov rizika a jeho redukciou sa zaoberajú vo svojich prácach Brauch [8], Thywissen [9], Birkmann [10], Birkmann, Wisner [11], Birkmann, Fernando, Hettige et al. [12], Warner [13], Bohle [14], Hossini [15], Afifi, Warner [16]. Títo odborníci sú združení pod Inštitútom pre bezpečnosť obyvateľstva a životného prostredia UNU-EHS, ktorý bol zriadený v decembri 2003 a ktorý je časťou systému Univerzity Spojených národov. Reprezentovaný je celosvetovou sieťou výskumných a tréningových inštitútov. Jeho hlavou úlohou je zlepšiť bezpečnosť obyvateľstva prostredníctvom prístupov založených na poznatkoch a skúsenostiach vedúcich k redukcii zraniteľnosti a environmentálnych rizík. UNU-EHS poukazuje na aspekt rizika a zraniteľnosti bezpečnosti obyvateľstva, ako aj na dopady komplexných

environmentálnych hazardov na zachovanie nepretržitého rozvoja. Práca inštitútu napomáha zlepšiť hlbšie pochopenie vzťahov akcia – reakcia, za účelom nájdenia spôsobov ako riziká a zraniteľnosti redukovať. Okrem toho poskytuje politikom, zákonodarcom, krízovým manažérom informácie a výsledky výskumu v tejto oblasti.

Medzi základné pojmy manažmentu rizík patria nasledovné pojmy: riziko, hazard, zraniteľnosť, expozícia, náchylnosť, pružnosť, kapacity pre zásah (sily a prostriedky). Vzhľadom na obsah príspevku si ďalej stručne popíšeme jednotlivé komponenty.

Každá mimoriadna udalosť či prírodná katastrofa začína hazardom (nebezpečenstvo) – poznaným alebo nepoznaným. Existuje viacero spôsobov ako ho charakterizovať. Hazardom možno vo všeobecnosti nazvať povodeň, búrku, ako aj stav skupiny potenciálne škodlivých činiteľov s rôzne tvrdými dopadmi. Inak povedané, hazard „búrka“ (nebezpečenstvo búrky) sa vzťahuje na všetky potenciálne rýchlosti vetra, ktoré možno očakávať v danom regióne.

Riziko („*risk*“) je vždy ponímané ako pravdepodobnosť výskytu určitého negatívneho javu. Aj otázky typu „kedy“ alebo „ako často“ indikujú, že sa hovorí o riziku. Je ho možné zaznamenať a pozorovať na vzťahu medzi škodami spôsobenými danou negatívnou (nežiaducou) udalosťou a frekvenciou jej výskytu alebo zistiť definovaním doby návratnosti pre určitý scenár týkajúci sa konkrétnej udalosti.

Zraniteľnosť („*vulnerability*“) indikuje potenciál vzniku škody a je výhľadovou premennou. Cannon et al. [17] ju charakterizovali: „zraniteľnosť (na rozdiel od nedostatku, ktorý je mierou súčasného stavu) by sa mala spájať s výhľadovou kvalitou: hypoteticky predstavuje spôsob konceptualizácie otázky „čo všetko môže postihnúť identifikovanú populáciu v nebezpečenstve a ohrození“. Stanovenie zraniteľnosti znamená zodpovedanie otázky „čo by sa stalo ak by určitá udalosť (udalosti) postihla jednotlivé prvky (napr. komunitu) v nebezpečenstve.“

To, čo je bežne vidieť ako dôsledok mimoriadnej udalosti, nie je zraniteľnosť sama o sebe, ale spôsobené škody. Pozorovanie vzniknutých škôd na komunite bez poznania sily (stupňa) udalosti neumožňuje tvorbu záver vzhľadom na zraniteľnosť komunity. V tomto zmysle vzťah medzi magnitúdou udalosti a

následnými škodami odráža zraniteľnosť ohrozeného prvku, resp. objektu (komunita, domácnosť, národ, infraštruktúra, atď.). Hlavným cieľom hodnotenia zraniteľnosti je informovanosť krízových manažérov alebo vlastníkov ohrozených nehnuteľností o možnostiach ako sa pripraviť na zdolanie prípadných povodní.

Spolu so zraniteľnosťou a hazardom je expozícia („*exposure*“) ďalším nevyhnutným prvkom pre stanovenie rizika. V tomto prípade je expozícia chápaná ako počet ľudí a/alebo objektov ohrozených pôsobením negatívneho činiteľa. V neobývaných oblastiach je expozícia z hľadiska populácie nulová. Nezáleží teda napr. na počte extrémnych búrok, ktoré zasiahnu neobývanú oblasť, pretože expozícia populácie a zároveň straty na populácii sú v tomto prípade nulové.

Zatiaľ čo zraniteľnosť určuje tvrdosť dopadu danej negatívnej udalosti, expozícia určuje výšku konečných škôd.

Pod hodnotením náchylnosti („*susceptibility*“) sa skrýva hodnotenie uvedomovanie si nebezpečenstva hodnotenie pripravenosti na danú situáciu. Je úzko previazaná s prevenciou a prípravou na mimoriadne udalosti negatívneho charakteru, ktoré vyplývajú z charakteru systému alebo prostredia.

Pružnosť („*resilience*“) reprezentuje schopnosť systému, komunity alebo spoločnosti potenciálne vystavenej hazardu prispôbiť sa prostredníctvom odolávania alebo svojou zmenou, tak aby si udržal prijateľnú mieru funkčnosti a štruktúry. Táto je určená stupňom, na ktorý sa je sociálny systém schopný zorganizovať za účelom zvýšenia svojej kapacity, poučením sa z chýb, ktoré boli urobené v minulosti, a tým zlepšiť svoju ochranu a redukovat' mieru rizika do budúcnosti [18].

Termín kapacity na zvládnutie mimoriadnej udalosti („*coping capacities*“) vyjadruje schopnosť ľudí, organizácií a systémov využívajúcich dostupné poznatky a zdroje byť vystavený a zvládať nepriaznivé podmienky, núdzové situácie a katastrofy [20]. Hodnotí sa stupeň pripravenosti spoločnosti so zámerom minimalizovať dopady mimoriadnej udalosti.

V reálnom živote spôsobené škody nezávisia na hazarde, zraniteľnosti a expozícii, ale závisia viac na stave pripravenosti a opatreniach prijatých za účelom zabezpečenia systému za účelom minimalizácie dopadov. V

literatúre väčšina definícií poukazuje na časté prelínanie pojmov pružnosť systému a zásahové kapacity a mnohokrát sa používajú ako synonymá. Vo všeobecnosti však platí, že stav zabezpečenia je faktorom, ktorý vstupuje do hodnotenia spolu s ďalšími faktormi definujúcimi pružnosť systému.

MATERIÁL A METODIKA

Charakteristika analyzovaného územia

Ohrozenie územia mesta Poprad (počet obyvateľov cca 52 590) je reálne vďaka rieke Poprad a jej prítoku Velický potok, ktorý sa do nej vlieva priamo na území mesta. Táto hrozba sa naplnila len nedávno, počas povodní, ktoré postihli Slovensko v júni roku 2010.

Povodie rieky Poprad, v ktorom sa mesto Poprad nachádza, má pretiahnutý obdĺžnikový tvar s výraznou výškovou členitosťou územia a pomerne rovnomerne rozdelenou plochou po oboch stranách toku. Výškovou členitosťou povodia, klimatickými charakteristikami, vodnosťou a jej časovým rozdelením a hydrobiologickým režimom sa Poprad približuje k povodiam s hydrologickým vysokohorským charakterom. Je to predovšetkým vysoký odtokový koeficient, zimný výskyt maximálnych vodností a výskyt maximálnych prietokov spôsobených dažďom a neskorým topením sa snehu v posledných jarných a prvých letných mesiacoch.

Použitý materiál

DMR - digitálny model reliéfu s priestorovým rozlíšením 10 m. Bol použitý na modelovanie rozsahu povodne spôsobenej 100-ročným prietokom (Q_{100}) a 500-ročným prietokom (Q_{500}).

Ortofotosnímky - snímky s rozlíšením 0,5 m/pixel.

Údaje Centrálnej priestorovej databázy CPD - údaje týkajúce sa objektov typu cestné úseky, mostné konštrukcie a budovy. Údaje CPD boli použité na analýzu nebezpečenstva vzniku povodne na území mesta Poprad, analýzu a identifikáciu ohrozených objektov, nachádzajúcich sa v zaplavenom území mesta Poprad podľa špecifikovaných povodňových scenárov.

Údaje z evidencie MÚ v Poprade - informácie týkajúce sa infraštruktúry a kritickej

infraštruktúry v meste a jej kvality, rastu mesta, populácii žijúcej v meste a jej blízkom okolí v členení na mužov, ženy, deti (rozčlenené na dievčatá a chlapci), kultúrnych hodnotách a pamiatkach, vzdelanostnej úrovni obyvateľstva, nezamestnanosti, populácii žijúcej v chudobe, priemyselných zónach, regionálnom HDP a investičnom kapitáli.

Údaje z odboru CO a krízového riadenia na ObÚ v Poprade - Analýza územného obvodu Poprad z hľadiska možných mimoriadnych udalostí.

Údaje z SVP, š.p., pobočka Poprad - Povodňový plán zabezpečovacích prác obsahujúci rozčlenenie povodňových úsekov, stupne povodňovej aktivity, zoznam miest na rieke Poprad ohrozených záplavami, všeobecné údaje o čiastkových úpravách toku, technické parametre koryta rieky (pričné profily), lokalizácie hrádzí, stupňov, hatí, hydrologické parametre (Q_1 , 5, 10, 20, 50, 100, 500).

Pre účely vypracovania analýzy boli použité nasledovné softvérové prostriedky - ArcGIS ver. 9.3, HEC-GeoRAS ver. 4.3.93, HEC-RAS ver. 3.1.2.

Modelovanie povodne na príklade Q_{100} a Q_{500}

Samotné modelovanie povodne sa vykonalo v prostredí HEC-RAS a príprava poznatkovej bázy pre modelovanie, ako aj tvorba výstup z modelovania prebiehala v prostredí ArcGIS prostredníctvom nástrojov jeho extenzie HEC-GeoRAS.

Do modelovania vstupovali nasledovné parametre:

- vodné prietoky: na hornej časti toku (po sútoku s Velickým potokom) bolo stanovené $Q_{100} = 100 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{500} = 320 \text{ m}^3/\text{s}$; na dolnej časti toku bolo stanovené $Q_{100} = 140 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{500} = 370 \text{ m}^3/\text{s}$. Hodnoty Q_{500} boli odčítané z hydrologickej krivky vytvorenej na základe známych údajov Q_5 , Q_{10} , Q_{20} , Q_{50} a Q_{100} .

- sklon koryta: na hornej sa definovala hodnota 2.5 ‰ a na dolnej časti toku zase hodnota 3 ‰.

Analýza ohrozenia objektov v dôsledku povodne Q_{100} a Q_{500}

Analýza bola zameraná na hodnotenie ohrozenia územia mesta Poprad povodňou spôsobenou storočným (Q_{100}) a päťstoročným prietokom (Q_{500}). Identifikované boli ohrozené budovy, s využitím údajov z centrálnej priestorovej databázy, u ktorých sa

predpokladá, že budú počas povodne zaplavené. Táto identifikácia sa zakladá na výsledkoch modelovania povodne v prostredí HEC-RAS. Ohrozené objekty boli klasifikované do nasledovných tried: školy v členení na vysoké, stredné, základné a materské; ubytovacie zariadenia v členení na hotely, penzióny, domovy mládeže; zariadenia sociálnych služieb v členení na domovy dôchodcov, nocľahárne (útulky); obytné domy v členení na bytové domy a rodinné domy; chaty, garáže, šopy a kôlne, skleníky; zdravotnícke zariadenia, t.j. nemocnice; výrobné prevádzky a sklady; administratívne budovy; mestské alebo obecné úrady; záchranárske zložky v členení na políciu, hasičov, zdravotnú záchrannú službu, civilnú ochranu; kultúrne pamiatky alebo inak hodnotné objekty; obchody a reštaurácie; banky; športové zariadenia;

Jednotlivým triedam bol priradený počet postihnutých objektov (budov) a to v členení podľa scenára povodne (Q_{100} , Q_{500}) a podľa výšky hladiny vody pri povodni v danej lokalite. Analýza ohrozenia územia mesta Poprad povodňou spôsobenou storočnou povodňou bola spracovaná v prostredí ArcGIS, kde sa v plnej miere uplatnili postupy typu dopyty na databázu a odvodené mapovanie.

Analýza potenciálnych zdrojov ohrozenia, nachádzajúcich sa v inundačnom území rieky Poprad s ohľadom na možnosť vzniku domino efektov

Náchylnosť systému na poškodenie, resp. zničenie povodňou a analýza dopadov povodne boli hodnotené aj na základe analýzy stromu udalostí („Event tree analysis“ - ETA), ktorá patrí medzi indukčné metódy. Patrí medzi známe pomerne často využívané postupy najmä analýzy a posudzovania rizík s negatívnymi dopadmi environmentálnymi a humánnymi. Postup je postavený na princípe otázka → odpoveď. Hlavnou zásadou je kreovanie otázok takým spôsobom, aby na ne existovala len odpoveď ÁNO alebo NIE. Iný typ odpovede nie je prípustný. V prípade odpovede NIE zvyčajne nasleduje otázka PREČO? Odpoveď na ňu však už nie je binomická.

Sústavou takto kladených otázok a odpovedí je možné získať „model“ časovo vecného priebehu neželanej udalosti [19].

Hodnotenie zraniteľnosti mesta Poprad na základe metodiky UNESCO-IHE

Analýza sa pri hodnotení zraniteľnosti územia mesta Poprad voči povodni opierať tiež o metodiku publikovanú Unesco-IHE [19], v štúdiu zaoberajúcej sa indexom zraniteľnosti voči povodni. Zraniteľnosť bola počítaná ako „Expozícia + Náchylnosť – Pružnosť“ (1).

Vo všeobecnosti vychádzame zo vzťahu, že expozícia a náchylnosť sú funkciami zraniteľnosti ($Z = f(E, N)$). Na druhej strane, a teda v nepriamej úmere k zraniteľnosti, je pružnosť systému. Zraniteľnosť a pružnosť sú zároveň funkciami rizika ($R = f(Z, P)$). Z toho dôvodu sa pristúpilo nielen k hodnoteniu jednotlivých komponentov rizika a mapovanie ich distribúcie na území mesta Poprad, ale aj k ich vzájomnému hodnoteniu, na základe ktorého sa definovali nebezpečné zóny z hľadiska dopadov vybraných scenárov povodní.

Expozícia bola hodnotená na základe faktorov sociálnych (hustota populácie, populácia v inundačnom území, populácia žijúca v chudobe, % urbanizovanej plochy, priemyselná populácia, kataster, kultúrne dedičstvo, % podiel mladšej a staršej generácie), ekonomických (využitie krajiny, vzdialenosť od vodného toku, blízkosť k inundačnému územiu, % urbanizovanej plochy), environmentálnych (pokryvka, využitie krajiny, preťažené územie, degradovaná plocha, neosídlená plocha krajiny, typy vegetácie, % urbanizovanej plochy a tempo zmeny lesnej krajiny) a fyzických (topografia, geografia, geológia, prívalové dažde, trvanie povodne, periodicitu povodní, vzdialenosť od vodného toku, vlhkosť pôdy, miera výparu, teplota (priemerná ročná), prítok daného toku, frekvencia výskytu povodní, rýchlosť toku, príval vody v dôsledku búrky, výška hladiny toku počas povodne, vrstva sedimentov).

Náchylnosť bola hodnotená na základe faktorov: sociálnych (skúsenosti z minulosti, vzdelanosť - miera gramotnosti, pripravenosť, vedomie nebezpečenstva, priemyselná populácia, dôvera voči inštitúciám, kvalita komunikácie, nemocnice, populácia s prístupom k hygiene, priemyselná populácia s prístupom k vodným zdrojom, kvalita vodnej zásoby, kvalita energetických zdrojov, rast populácie, zdravotný stav populácie), ekonomických (nezamestnanosť, príjmy, nerovnosť, kvalita infraštruktúry, priemerný vek populácie, rast mesta, úmrtnosť detí, regionálne HDP/investičný kapitál, urbánne

plánovanie), environmentálnych (prírodné rezervácie, priemerný vek populácie, kvalita infraštruktúry, zdravotný stav populácie, rast mesta, úmrtnosť detí) a fyzických (typ využitia objektov).

Pružnosť jednotlivých systémov bola vyhodnotená nasledovne: sociálne faktory (existencia varovných systémov, evakuačné cesty, inštitučné kapacity, záchranné zložky, úkryty), ekonomické faktory (investície do odvetvových opatrení, manažment infraštruktúry, kapacita priehrad a nádrží, kapacita skladov, poistenie proti povodni, čas na obnovenie systému po povodni, skúsenosti z minulosti, hrádze a protipovodňové hrádze), environmentálne faktory (čas na obnovenie systému po povodni, záujem o environment) a fyzické faktory (kapacita skladov, kapacita priehrad a nádrží, cesty, hrádze a protipovodňové hrádze).

Jednotlivým faktorom bola priradená váha vychádzajúca z aktuálneho stavu systému a s ohľadom na optimálny stav. Čím vyššia váha bola priradená určitému faktoru, tým viac bol považovaný za nebezpečný.

Celková zraniteľnosť mesta Poprad voči povodni bola stanovená na základe už vyššie spomenutého vzťahu (1). Vzhľadom na rozsah tejto analýzy a obmedzený rozsah príspevku je ďalej uvedený len pohľad na časť tabuľky s priradenými váhami pre hodnotenie expozície územia z hľadiska sociálnych faktorov (tabuľka 1). Výsledky celkového hodnotenia je možné naštudovať v práci [21].

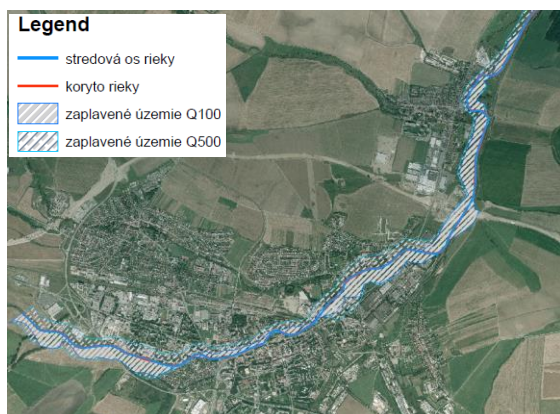
Tabuľka 1
Sociálne faktory expozície vstupujúce do hodnotenia zraniteľnosti [19]

Skupina faktorov	Faktor	Váhy Q_{100}	Váhy Q_{500}
Sociálne faktory	Počet obyvateľov	-	-
	Populácia v inundačnom území	0,05	0,2
	Populácia v chudobe	0,05	0,05
	% urbanizovanej plochy	0,9	0,9
	Priemyselná populácia	1	1
	Kultúrne dedičstvo a hodnoty	0,1	0,1

VÝSLEDKY

Modelovanie povodne na príklade Q_{100} a Q_{500}

Výsledky hydrologického modelovania 100-ročnej a 500-ročnej povodne (obrázok 1) v prostredí HEC-RAS informujú o výške hladiny vody počas povodne, táto bude v prípade Q_{100} 3,2 m. Keďže koryto je regulované na výšku hladiny vody do 2,8 m, voda sa vyleje za hrádzu a môže spôsobiť materiálne škody značného rozsahu. Oveľa tvrdsie dopady na okolie bude mať povodeň spôsobená Q_{500} , pretože výška hladiny vody je v tomto prípade 3,3 m, a to stále pre koryto regulované na výšku hladiny vody do 2,8 m. Z hľadiska porovnania rozsahu záplavovej zóny pri oboch scenároch povodní je možné konštatovať, že rozsah záplav je pri päťstoročnej vode (7,94 % plochy mesta) väčší približne o polovicu ako je to u storočnej vody (3,98 % plochy mesta).



Obrázok 1. Zaplavené územie mesta pri povodni Q_{100} a Q_{500}

Výsledky analýzy ohrozenia jednotlivých objektov povodňou Q_{100} a Q_{500}

Celkový počet povodňou postihnutých objektov bol v prípade storočnej povodne 327 a v prípade päťstoročnej povodne 828. Vzájomné porovnanie počtu povodňou postihnutých objektov pri povodni spôsobenej storočnou vodou a päťstoročnou vodou ukázalo (detail - obrázok 2, 3), že v prípade povodne spôsobenej päťstoročným prietokom počet povodňou ohrozených objektov stúpol o 39,5 %. V prípade storočnej povodne bolo ohrozených 2,73 % objektov z celkového počtu objektov (11 967 objektov) nachádzajúcich sa na území mesta Poprad. V prípade povodne spôsobenej päťstoročným prietokom bol tento podiel až 6,9 %.



Obrázok 2. Objekty ohrozené povodňou v prípade Q_{100} – detailný pohľad

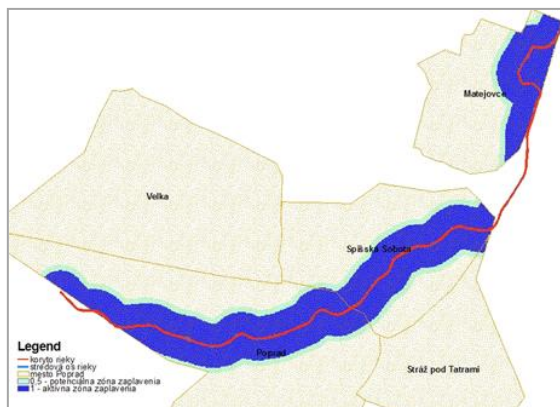


Obrázok 3. Objekty ohrozené povodňou v prípade Q_{500} – detailný pohľad

Z hľadiska zraniteľnosti (dopadov povodní) možno za oblasti s najväčšími dopadmi označiť oblasti v blízkosti vodného toku (pri Q_{100} do vzdialenosti 200 m a pri Q_{500} až do vzdialenosti 240 m). Výsledky počtu zaplavených objektov boli uvedené už vyššie. Pri povodni spôsobenej Q_{100} sa predpokladá, že dopady povodne by nemali významne ochromiť život v meste. Najväčšie dopady bude mať povodeň na výrobné prevádzky (napr. Tatravagónka, a.s. Poprad), niektoré školské zariadenia a obyvateľov 4 bytových domov a 88 rodinných domov. V prípade storočnej vody bolo celkovo povodňou ohrozených 2,73 % objektov z celkového počtu objektov (11 967 objektov) nachádzajúcich sa na území mesta Poprad.

Z hľadiska nebezpečenstva možno za nebezpečné oblasti označiť aj oblasti v blízkosti vodného toku do vzdialenosti až 240 m pri Q_{500} . Najviac ohrozené sú mestské časti

Matejovce, Spišská Sobota a samotné mesto Poprad (obrázok 4).



Obrázok 4. **Ohrozenie jednotlivých mestských častí povodňou Q_{500}**

Rizikovými sú aj objekty slúžiace ako výrobné prevádzky alebo zimné štadióny, ktoré vo svojich technológiách využívajú, skladujú nebezpečné látky, ktoré sa účinkom povodne môžu uvoľniť a tak kontaminovať vodu a pôdu (domino efekty) či až vážne poškodiť zdravie obyvateľstva, ktorý by s týmito látkami prišiel do kontaktu.

Výsledky analýzy potenciálnych zdrojov ohrozenia a domino efekty

Za potenciálne zdroje ohrozenia a spúšťače domino efektov boli v prípade povodne spôsobenej storočným i päťstoročným prietokom označené objekty ako zimný štadión mesta Poprad a Tatravagónka a.s., Poprad. Boli identifikované na základe ohrozenia povodňou (sú situované v aktívnej zóne ohrozenia povodňou) a zároveň na základe zistenia, že vo svojich technológiách využívajú alebo skladujú nebezpečné látky.

Ďalej sú uvedené výsledky analýzy rizík povodní a ich prípadných sekundárnych efektov (domino efekty). Táto analýza bola vyhotovená na princípe modifikovanej metódy analýzy rizika ETA (Event Tree Analysis). Ide o súbor otázok a odpovedí, ktoré je možné využiť na predbežné posúdenie nebezpečenstva.

1. Má obec vypracované plány prevencie a represie v súvislosti s povodňou? – Áno –

a) Vzhľadom na skúsenosti z minulých období (časté záplavy, ohrozené budovy, obyvateľstvo) obec dbá na efektívne zabezpečenie územia pred povodňou.

Obec je pripravená na Q_{100} vyregulovaním toku rieky Poprad a vybudovaním hrádzi.

b) Ako vyplýva z platnej legislatívy obec má vyhotovené všetky požadované dokumenty potrebné k zabezpečeniu obce v prípade vylitia rieky Poprad z koryta. Týmto dokumentmi sú: Povodňový plán zabezpečovacích a záchranných obce, evakuačný plán, havarijný plán (Whirpool, Tatramat, Mraziarne Poprad).

2. Je koryto rieky regulované na Q_{500} ? – Nie - Prečo?

Vodný tok rieky Poprad je vyregulovaný na Q_{100} a to stačilo počas doterajších hydrologických pomeroch.

3. Stačí pri aktuálnych hydrologických pomeroch, aby bol tok regulovaný na Q_{100} ? – Nie – Prečo?

Situácia, ktorá v dôsledku dlhodobých príválových dažďov nastala začiatkom júna t.r. ukázala, že v týchto prípadoch výška hladiny stúpa veľmi rýchlo a prekročí Q_{max} .

4. Vplýva negatívne príválová vlna na priemyselnú oblasť mesta Poprad? – Áno –

V danej oblasti sa nachádza priemyselný park (Whirpool, Tatramat, Mraziarne Poprad), ktorý môže byť znehodnotený a môže byť obmedzená alebo úplne zrušená prevádzka (vplyv na ekonomiku, nezamestnanosť), ďalej príválová voda môže spôsobiť únik nebezpečnej látky (vplyv na obyvateľstvo, životné prostredie a poľnohospodárstvo).

Pravdepodobné domino efekty:

- zaplavenie výrobnéj haly → zničenie výrobných strojov → zastavenie výroby → krach firmy → strata zamestnania → nedostatok finančných prostriedkov na užitie rodiny → vyšší počet krádeží → zvýšená kriminalita,
- únik nebezpečnej látky do rieky → kontaminácia podzemnej vody → kontaminácia pitnej vody → choroby, infekcie,
- únik nebezpečnej látky do zeme → kontaminácia pôdy → kontaminácia úrody → choroby.

5. Vplýva negatívne príválová vlna na infraštruktúru v danej oblasti? – Áno –

V danej oblasti sa nachádza nový úsek diaľnice D1, železničná trať (spája Poprad s Kežmarkom), cesty I. a II. triedy, ktoré sú

počas výstavby diaľnice mimoriadne zaťažené dopravou.

Počas prívateľových dažďov a povodní je zasiahnutá výstavba diaľnic, tým pádom je predĺžená samotná výstavba, môže byť narušená statika pilotov (pilierov) samotnej komunikácie, znehodnotená nová časť komunikácie. Predĺži sa dopravné zaťaženie ostatných komunikácií. Vplyv prívateľovej vody zvyšuje degradáciu prejazdnosti ciest všetkých tried, ktoré boli poškodené už pred povodňou vďaka hustej premávke vozidiel. Aj keď železničná trať v obci Matejovce ostáva prejazdná, v dôsledku povodní môžu nastať obmedzenia rýchlosti vlakov, ohrozenie budov, inžinierskych sietí v ochrannom pásme dráhy.

Pravdepodobné domino efekty:

- narušená statika pilotov diaľnice → pád konštrukcie → zavalenie pracovných strojov a robotníkov na stavbe → materiálne škody, zranenia, smrť;
- zaťaženie komunikácii nižších tried → poškodenie vozovky → havárie automobilov.

6. Vplýva negatívne prívateľová voda na inžinierske siete v danej oblasti? – Áno –

Vplyvom prívateľovej vody a následkov s ním spojených môže dôjsť k poškodeniu inžinierskych sietí (elektrické vedenie vysokého a nízkeho napätia, vodovodov, plynovodov príp. kanalizácie – septik, čistička).

Pravdepodobné domino efekty:

- poškodenie inžinierskych sietí → dlhodobý výpadok elektrickej energie → pokazenie potravín → panika medzi obyvateľmi → zvýšená kriminalita
- poškodenie inžinierskych sietí → výpadok dodávky plynu → obyvateľstvo bez kúrenia → obyvateľstvo bez možnosti varenia → panika

7. Vplýva negatívne prívateľová voda na oblasť životného prostredia a poľnohospodárstva v danej oblasti? – Áno –

Vplyvom prívateľovej vody môže dôjsť ku kontaminácii zdrojov pitnej vody, podzemnej vody, pôdy a vegetácie (samotná prívateľová voda môže byť kontaminovaná prevádzkovými kvapalinami strojov a ropnými produktmi, splaškovou vodou, špecifickými nebezpečnými látkami). Voda svojou energiou odplavuje ornica (časť pôdy, poľnohospodárske produkty – obilniny až stromy) a prispieva k erózii pôdy. Stojatá voda ponúka možnosti rozšírenia

infekčnej epidémie, rozsiahleho hnilobného procesu a podmienky pre rozmnoženie bodavého hmyzu, ktorý môže prenášať infekčné choroby.

Pravdepodobné domino efekty:

- kontaminácia podzemnej vody → kontaminácia pitnej vody → choroby, infekcie,
- prívateľová vlna → odplavená ornica → zničenie obilnín, poľnohospodárskej kultúry, zelenín, ovocia → nedostatok potravín → zvýšenie cien potravín,
- prívateľová vlna → erózia → zosuv pôdy → poškodenie statiky rodinných domov → neobývateľné domy → evakuácia obyvateľstva,
- dlhodobá stojatá voda na lúkach → rozmnoženie (infekciou nakazeného) hmyzu → prenos infekčných chorôb na ľudí → panika.

8. Vplýva negatívne prívateľová voda na obyvateľstvo v danej oblasti? - Áno –

Prívateľová voda vplýva na všetky budovy aj ich funkčnosť a obývateľnosť. Vznikajú výrazné materiálne škody súkromným osobám a vzniknutá situácia negatívne vplýva na spokojnosť, morálku obyvateľov, lebo sú obmedzené ich základné potreby. Na morálku, majetkové pomery, spokojnosť, zamestnanosť vplývajú aj body od 6 do 9.

Pravdepodobné domino efekty: môžu nastať skoro všetky domino efekty popísané v bodoch 6 až 9.

9. Je v súvislosti s povodňou uvažovaná s evakuáciou obyvateľstva? – Áno –

V prípade vzniknutej povodne môžu vyskytnúť oblasti posudzovaného územia, v ktorých sú obyvatelia ohrození na zdraví v iných prípadoch života, z toho dôvodu je nutná ich evakuácia v zmysle platného povodňového plánu. Spomínaná evakuácia by sa mala sťahovať aj na poľnohospodárske zvieratá.

10. Bude po povodni obec schopná odstrániť vzniknuté škody v dohľadnej dobe tak, aby bola oblasť využiteľná a obývateľná v rovnakej miere ako pred povodňou? – Nie - Prečo?

U niektorých objektov je možné dosiahnuť pôvodný stav (dotácie, poistenie). Avšak u značnej časti zasiahnutých objektov nebude možná rekonštrukcia do stavu, aby spĺňali svoj účel a mohli byť efektívne a bezpečne

využívané (porušená statika, zosuv pôdy, narušená štruktúra).

Z posúdenia dopadov povodne a možného vzniku dominoefektov v hodnotených oblastiach hospodárskeho a spoločenského života v meste Poprad vyplýva, že vo väčšine prípadov nepredstavuje najväčšie riziko samotná povodeň, ale viac negatívne dopady dlhodobého vplyvu vody na územie.

Výsledky hodnotenia zraniteľnosti mesta Poprad na základe metodiky UNESCO-IHE

Na základe váh uvedených v jednotlivých tabuľkách pre hodnotenie expozície, náchylnosti a pružnosti systémov na území mesta Poprad boli vypočítané podľa vzorca pre výpočet zraniteľnosti priemerné váhy zraniteľnosti pre povodeň pri Q_{100} a Q_{500} :

– výpočet pre Q_{100} :

$$Z = 0,5 + 0,6 - 0,7 = 0,4 \quad (1)$$

Kde: Z - zraniteľnosť

– výpočet pre Q_{500} :

$$Z = 0,5 + 0,6 - 0,4 = 0,7 \quad (2)$$

Kde: Z - zraniteľnosť

Zraniteľnosť územia mesta Poprad (hodnotí sa ako celok) voči povodni spôsobenej storočnou povodňou možno označiť za malú (2. stupeň nebezpečenstva). To znamená, že dopady tejto povodne by nemali vo veľkej miere ohroziť funkčnosť systémov celého mesta. Jedinými ohrozeniami funkčnosti inštitucionálneho systému je zaplavenie časti Mestského úradu v Poprade, ako aj policajnej stanice.

Dopady povodne pri pôsobení päťstoročnej povodne na území mesta Poprad boli na základe získanej váhy zraniteľnosti označené ako veľké (4. štvrtý stupeň nebezpečenstva). Je to spôsobené najmä tým, že z hľadiska Q_{500} doteraz neboli urobené na území mesta nijaké preventívne protipovodňové opatrenia. Aj na základe skúseností z tohtoročných povodní na Slovensku sa dá predpokladať, že nebudú postačovať sily ani prostriedky na vykonávanie zabezpečovacích a záchranných prác, nakoľko sa v tej istej dobe výskyt povodňovej aktivity pri tomto množstve vody očakáva vo veľkej časti okresu Poprad. Na takýto rozsah záplav nie sú zatiaľ pripravené ani inštitucionálne kapacity. Dajú sa očakávať škody veľkého rozsahu, ktoré môžu zabrzdiť ďalší rozvoj regiónu na dlhší čas.

Na tomto mieste je nutné konštatovanie, že výsledky získané posúdením zraniteľnosti na základe priradených váh hodnoteným faktorom a skupinám faktorov podľa hore uvedeného matematického vzťahu nepodávajú dostatočnú predstavu pre vyhodnotenie z hľadiska dopadov povodne rizikových miest a ani nedostatočných kapacít hodnotených systémov.

Na základe tu použitej metodiky boli odvodené nasledovné poznatky:

Dopady povodne spôsobenej Q_{100} by nemali byť až také rozsiahle aj vzhľadom na analýzu existujúcich preventívnych opatrení týkajúcich sa protipovodňovej ochrany na území mesta. Celý posudzovaný úsek rieky Poprad je viacmenej regulovaný na Q_{100} . Avšak tieto opatrenia, a to najmä v mestskej časti Matejovce, strácajú svoju efektivitu ak sa povodne tohto rozsahu vyskytujú po sebe vo veľmi krátkom období. Čo sa vzhľadom na prebiehajúcu klimatickú zmenu a čoraz častejší prejav extrémnych meteorologických javov, dá predpokladať s čoraz väčšou istotou.

Už len na hodnotenom úseku rieky Poprad, bolo na základe analýzy evidencie povodňovej aktivity zistené, že Q_{100} sa na tomto území vyskytuje v priemere už raz za 5 rokov.

Z hľadiska záchranných prác sa dá hodnotiť pripravenosť na zvládanie povodne Q_{100} na území mesta Poprad ako veľmi dobrá. Vychádzajúc z konzultácií s kompetentnými osobami možno zhodnotiť súčasný stav plánovaných síl a prostriedkov na zásah ako dostatočný. Čo je však veľkým nedostatkom z hľadiska prevencie je fakt, že na Slovensku (a teda ani v Poprade) doteraz neexistuje funkčný systém varovania pred povodňou a nedostatočná je aj úroveň vedomia obyvateľstva o blížiacom sa nebezpečenstve či o náchylnosti územia, v ktorom žijú na výskyt povodne.

Podobne by sa dala popísať situácia aj situácia pri povodni spôsobenej Q_{500} . Avšak u tejto sa dajú očakávať oveľa tvrdšie dopady a pravdepodobne aj straty na životoch. Predpokladajú sa veľké materiálne škody, nakoľko dôjde k zaplaveniu a následnému poškodeniu veľkého množstva obytných domov, výrobných prevádzok, kostolov (aj kultúrne hodnoty) školských zariadení, ubytovacích zariadení.

Zraniteľnosť územia mesta voči povodni tohto druhu je veľká nielen z dôvodu veľkých materiálnych škôd, ale aj kvôli tomu, že doteraz neboli nikde na území Slovenska urobené protipovodňové opatrenia na objem vody pri povodni Q_{500} . Doteraz sa s týmito variantom nepočítalo ani v žiadnom plánovaní potrebných síl a prostriedkov pre vykonanie zabezpečovacích a záchranných prác počas povodne. Plánované kapacity sú teda nedostatočné. Vzhľadom na popísanú súčasnú situáciu je v prípade výskytu Q_{500} na území mesta Poprad prepuknutie mimoriadnej situácie do krízovej situácie vysoko pravdepodobné.

ZÁVER

V príspevku predstavená metodika pre hodnotenie zraniteľnosti mestského prostredia voči povodni má mnohé vyústenia, ktoré sa týkajú najmä jej praktického využitia. V súčasnej podobe predstavuje prístup, ktorý je možné, po doplnení ďalších potrebných dátových údajov (napr. kanalizácia), okamžite implementovať do praxe krízového riadenia, tvorby povodňových plánov i ako podklad pre tvorbu vypracovanie máp povodňových rizík, ktoré ukladá vypracovať členským štátom Európska únia v Smernici o riadení povodňových rizík.

Opodstatnenosť riešenia problematiky manažmentu povodňových rizík a ochrany pred povodňami je evidentná aj z povodňovej aktivity, ktorú bolo možné pozorovať na sklone prvého polroku roku 2010, nakoľko patrila medzi historicky najväčšie povodne svojho druhu na Slovensku za posledných 40 rokov.

V súčasnosti sa čoraz viac dostáva do popredia, v súvislosti so zvýšenou povodňovou aktivitou nielen na Slovensku, ale aj v celej

Európe, aj otázka vplyvu klimatickej zmeny na vývoj danej situácie. Dopady klimatickej zmeny sú čoraz zrejmejšie, ich intenzitu pociťujeme už dlhšie aj na lokálnej úrovni.

V príspevku predstavujem prístup k analýze predpokladaných dopadov povodne spôsobenej privalovou zrážkou, pri ktorej uvažujeme s storočným (Q_{100}) a päťstoročným (Q_{500}) prietokom. Na Slovensku je väčšina väčších vodných tokov regulovaná na storočný prietok a tieto údaje sú známe, zaznamenané v technickej dokumentácii k týmto tokom. Avšak údaje o päťstoročnom prietoku nie sú bežne počítané a evidované. Vzhľadom na nedávne skúsenosti s povodňami na Slovensku (r. 2010, 2011) považujeme evidenciu aj týchto údajov za potrebnú.

Ako už bolo povedané, v príspevku sa zaoberáme prognózou dopadov povodne, nie hodnotením samotnej náchylnosti územia na povodeň a priestorovou distribúciou jednotlivých stupňov nebezpečenstva na území mesta. Touto problematikou sa viac zaoberá práca [20], [22].

Poznanie nebezpečenstiev, ktoré v prípade ich prepuknutia a v prípade, že nie sú vykonané dostatočné preventívne opatrenia môže viesť až k mimoriadnym udalostiam veľkého rozsahu, je prvým predpokladom na zníženie zraniteľnosti územia a návrh a vykonanie vhodných a dostatočných preventívnych opatrení.

Tu popísaná metodika predstavuje racionalizačný prístup k problematike riadenia povodňových rizík.

POĎAKOVANIE

Tento príspevok vznikol vďaka podpore agentúry Széchenyi Terv a projektu TÁMPO-4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0001.

LITERATÚRA

- [1] ŠIMÁK, L., 2006: *Krízový manažment vo verejnej správe*, ŽU Žilina, 3. vydanie, ISBN 80-88829-13-5.
- [2] ZELENÝ, J., a kol., 2006: *Riziká v priemysle*. Vysokoškolská učebnica. Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 2006, s.321. ISBN 80-228-1638-8.
- [3] MIKOLAJ, J., 2001: *Rizikový manažment*. FŠI ŽU, Žilina, s. 170.
- [4] KOSTELNÝ, O., 2006: *Ku kauzalite spoločenských rizík*. In: Zborník z vedeckej konferencie Riešenie krízových situácií v špecifickom prostredí. FŠI ŽU, s. 247-250.
- [5] LODNANOVÁ, K., 2006: *Ku kauzalite spoločenských rizík*. In: Zborník z vedeckej konferencie „Riešenie krízových situácií v špecifickom prostredí“ FŠI ŽU, s. 321-324.
- [6] MÍKA, V.T., ŠIMÁK, L., HUDÁKOVÁ, M., HORÁČEK, J., 2008: *Manažment a krízový manažment*. Úvod do krízového manažmentu, Edis Žilina, s. 204.

- [7] VILLAGRÁN DE LEÓN, J.C.: *The Integral Risk Management Framework*. United Nations University – Institute of Environment and Human Security, Germany, 2008, p. 40.
- [8] BRAUCH, H.G.: Threats, Challenges, *Vulnerabilities and Risks*. UN University – Institute of Environment and Human Security, Germany, 2005, p. 104, ISBN 3-9810200-4-9.
- [9] THYWISSSEN, K.: *Components of Risk*. A Comparative Glossary. UN University – Institute of Environment and Human Security, Germany, 2006, p. 52, ISSN 1816-1154.
- [10] BIRKMANN, J.: *Vulnerability Assessments – Theoretical frameworks and practical applications*. Presentations to the workshop, 2006, p. 42.
- [11] BIRKMANN, J., WISNER, B.: *Measuring the Un-Measurable*. The Challenge of Vulnerability, UN University – Institute of Environment and Human Security, Germany, 2006, s. 64, ISBN 3-9810582-6-7.
- [12] BIRKMANN, J., FERNANDO, N., HETTIGE, S. a kol.: *Rapid Vulnerability Assessment in Sri Lanka*. UN University – Institute of Environment and Human Security, Germany, 2007, s. 88, ISBN 978-3-939923-04-6.
- [13] WARNER, K.: *Perspectives on Social Vulnerability*. UN University – Institute of Environment and Human Security, Germany, 2007, p. 136, ISSN 1816-1154.
- [14] BOHLE, H.G.: *Living with Vulnerability. Livelihoods and Human Security in Risky Environments*. UN University – Institute of Environment and Human Security, Germany, 2007, p. 32, ISSN 1814-6430.
- [15] HOSSINI, V.: *The Role of Vulnerability in Risk Management*. University of Bonn, Germany, 2008, s. 58.
- [16] AFIFI, T., WARNER, K.: *The Impact of Environmental Degradation on Migration Flows across Countries*. UN University – Institute of Environment and Human Security, Germany, 2008, p. 27.
- [17] CANNON, T., TWIGG, J., ROWELL, J., 2003: *Social Vulnerability, Sustainable Livelihoods and Disasters*. Report to DFID. Conflict and Humanitarian Assistance Department (CHAD) and Sustainable Livelihoods Office London.
- [18] UN/ISDR (United Nations International Strategy for Disaster Reduction), 2004: *Living with Risk. A global review of disaster reduction initiatives*. 2004 version. United Nations, Geneva, 430 pp.
- [19] UNESCO-IHE Institute for Water Education: *Flood vulnerability*. Internetový zdroj, [Cit. 15.07.2009]: <http://unescoihefvi.free.fr/vulnerability.php>
- [20] UN/ISDR (United Nations International Strategy for Disaster Reduction), 2013: *Coping capacities*. Internetový zdroj, [Cit. 08.02.2013]: <http://www.preventionweb.net/english/professional/terminology/v.php?id=472>
- [21] LUBINSZKÁ, Z., 2010: Operačné postupy pri riešení krízových situácií na vodných tokoch. Doktorandská dizertačná práca. Zvolen, TU vo Zvolene, 253 s.
- [22] MAJLINGOVA, A., LUBINSZKÁ, Z. 2011: *An assessment of urban area flood susceptibility*. In Sympozium GIS Ostrava 2011: sborník / eds. Jan Růžička, Kateřina Pešková. Ostrava, VŠB - Technická univerzita Ostrava. ISBN 978-80-248-2366-9. 15 s..