

Vít Hromádka, Jana Korytářová¹

PROTIPOVODŇOVÁ OCHRANA OSÍDLENÝCH ÚZEMÍ A JEJÍ EFEKTIVNOST

FLOOD PROTECTION OF SETTLED TERRITORIES AND ITS ECONOMIC EFFICIENCY

Abstract

The paper is focused on problems of the flood protection of settled territories mainly from the aspect of its economic efficiency. First there are in basic features characterized the most important ways of the flood protection. The second part of the paper is focused on costs and benefits connected with the flood protection measures realization and operation, the impact is posed mainly on the expected costs caused by flood in the settled territory determination. The final part of the paper solves basic principles of the economic efficiency of the projects focused on the flood protection valuation.

1 Úvod

Povodně jsou v České republice jednou z největších přírodních hrozeb, která může způsobit obrovské škody jak na majetku v zasaženém území, tak i na zdraví či životech místních obyvatel. Vzniku povodní lze jen velice těžko zabránit, vhodnými opatřeními je však možné do jisté míry těm nejtěžším škodám předejít. Realizace těchto opatření však ve většině případů není jednoduchou a hlavně levnou záležitostí, proto je nutné posuzovat nejen technickou účinnost zvoleného řešení, ale i jeho ekonomickou efektivnost, která zohledňuje přínos opatření k nákladům na jeho realizaci a provoz. Článek se zabývá problematikou protipovodňové ochrany osídlených území a to zejména z pohledu její ekonomické efektivnosti. Nejdříve jsou pro názornost v základních rysech charakterizovány nejvýznamnější možnosti protipovodňové ochrany. Druhá část článku se zabývá problematikou užitků a nákladů spojených s realizací a provozem protipovodňových opatření, největší prostor je zde věnován stanovení nákladů způsobených povodní v osídleném území. Závěrečná část článku je následně věnována základním principům stanovení ekonomické efektivnosti projektů zaměřených na protipovodňovou ochranu.

2 Protipovodňová ochrana

V rámci klasifikace protipovodňových opatření z hlediska filosofie protipovodňové ochrany lze charakterizovat zejména

- technická protipovodňová opatření
- netechnická protipovodňová opatření

Technická protipovodňová opatření

- retence
- zkapacitnění koryt
- ochranné hráze
- stabilizace koryt

¹ Ing. Vít Hromádka, Ph.D., doc. Ing. Jana Korytářová, Ph.D., VUT v Brně, FAST, Ústav stavební ekonomiky a řízení, Rybkova 1, 602 00 Brno

- regulace lesního hospodářství
- regulace zemědělské činnosti

Netechnická protipovodňová opatření

- definování záplavových zón
- právní zajištění záplavových zón
- předpovědní systémy
- varovné systémy
- výchova veřejnosti

2.1 Opatření proti účinkům vody v ploše povodí

První skupinou opatření je regulace lesního hospodářství. Jedná se zejména o regulaci rozsahu, druhu a struktury lesního porostu v území. Význam těchto opatření spočívá v retenční schopnosti lesního porostu, účinná jsou však pouze pro povodně s kratší dobou opakování pro lepší časové rozložení odtoku dešťových srážek. Dopad těchto opatření se projevuje postupně a pomalu a je poměrně těžké prokázat významnější efekt těchto opatření na retenci. Další skupinu tvoří opatření spočívající v regulaci zemědělské činnosti. Tak jako v případě předchozí skupiny opatření je i u opatření v oblasti zemědělské činnosti nejvyšší efekt očekáván u povodní s kratší periodou opakování. Základní princip těchto opatření spočívá v zabránění půdní eroze zvýšením podílu trvalého travního porostu. Účinek opatření je rychlejší než v předchozím případě, většinou už od druhé vegetační periody.

Poslední skupinou opatření v území povodí jsou neřízená retenční opatření a opatření proti erozi. Opatření jsou efektivní zejména v menších povodích a mohou významně snižovat dopad povodní s nízkou pravděpodobností vzniku. Mezi neřízená retenční opatření patří zejména zvyšování retenčního prostoru rybníků, suché údolní nádrže bez manipulace, poldry bez manipulace, průlehy mokřady, příkopy či meze.

2.2 Opatření proti účinkům vody na vodních tocích

Tato opatření mohou být rozdělena na řízená retenční opatření, ochranné hráze, zvyšování kapacity a stabilizace vodního toku. Hlavními reprezentanty řízených retenčních opatření jsou umělé vodní nádrže a poldry. Umělé vodní nádrže umožňují snižování vodního toku pod přehradou a poskytují více času na přípravu opatření před kulminací povodně. V případě víceúčelových vodních nádrží však vzniká nebezpečí rozdílných priorit subjektů, které chtějí využívat vodní plochu pro specifické účely (často rozdílné priority veřejného a soukromého sektoru).

Poldry s řízeným napouštěním a vypouštěním jsou kompenzací za eliminaci záplavových oblastí chráněných hrázemi či zvyšováním kapacity vodního toku. Jedná se o suché boční ohrázené nádrže s napouštěcími a vypouštěcími objekty, celý objem nádrže je určen pro retenci. Nevýhodou těchto opatření je jednoúčelovost a vysoké požadavky na údržbu technologických částí. Tato opatření snižují průtok vody pod úrovní poldru a poskytují více času na přípravná opatření před kulminací povodně.

Ochranné hráze jsou nízké homogenní hrázky se stejnou nebo různou úrovní koruny hráze na březích. V některých případech vzniká problém v napojení na přítoky vody, s odvedení vody mezi hrázemi nebo v napojení kanalizační sítí. V případě hrozby zaplavení chráněného území je tedy někdy nutné odpadní vody vhodným způsobem přečerpávat.

Zvyšování kapacity vodního toku je další možností protipovodňové ochrany. Až do dosažení předpokládané kapacity vodního toku mají tato opatření obdobné nevýhody jako předchozí skupina PPO. Avšak po dosažení tohoto stavu je údolní niva s její prázdnou

inundační oblastí připravena snížit konečný dopad těchto velkých povodní na nížeji položená území.

Poslední skupina technických PPO je spojena se stabilizací koryta vodního toku. Velmi důležitou činností, která musí být realizována pro zajištění provozuschopnosti PPO je údržba koryta vodního toku a protipovodňových opatření. Pravidelná údržba spočívá zejména v údržbě vegetačního opevnění (travního, keřového, stromového), v odstraňování sedimentů a překážek v toku, v běžných opravách z důvodu opotřebení a v odstraňování poškození koryta vodního toku a protipovodňových opatření způsobených povodní. K dalším opatřením v rámci stabilizace koryta vodního toku patří stabilizace podélného profilu (jezy, stupně ve dně a balvanité skluzy, opevnění dna a prahy, šterkové přehrázky), stabilizace břehů (vegetační opevnění, nevegetační „tvrdá“ opevnění) a opatření proti zanášení koryt (zvyšování rychlosti vody, odstraňování zdroje splavenin, těžba nánosů). Blíže k jednotlivým technickým řešením protipovodňové ochrany např. ve zdroji [4].

3 Náklady a přínosy realizace protipovodňových opatření v osídlených územích

3.1 Náklady spojené s PPO

Investiční náklady

Investiční náklady jsou spojené s realizací vlastního projektu v průběhu investiční fáze projektu. Obvykle se vyskytují ve formě nákladů na přípravu projektové dokumentace, nákladů na dodávky stavebních objektů a nákladů na dodávky technologií. Pro stanovení očekávaných investičních nákladů je potřebná technická dokumentace stavebních objektů (výkresová dokumentace, technická zpráva). Pro vlastní evaluaci těchto nákladů je možné využít cenové katalogy stavebních prací a ceníky stavebních materiálů pro ocenění materiálů ve specifikacích. Možností je rovněž využít ceny získané přímo od subdodavatelů.

Ocenitelné provozní náklady

Ocenitelné provozní náklady protipovodňových opatření jsou spojené se zajištěním využitelnosti protipovodňových opatření po celou dobu jejich životního cyklu. V případě výpočtu ročních provozních nákladů je nutné postupovat individuálně a respektovat konkrétní typ protipovodňového opatření a jeho umístění v území.

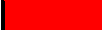














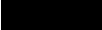
Ocenitelné náklady způsobené povodní

Pro stanovení ocenitelných nákladů ve formě potenciálních škod na majetku v území způsobených povodní je možné použít např. tzv. Územní majetkový ukazatel (Territorial Property Index - TPI). TPI charakterizuje průměrnou hodnotu majetku na plošnou jednotku v území (např. m²). Dalším nástrojem vhodným pro stanovení těchto nákladů jsou tzv. křivky poškození vymezující míru poškození majetkových reprezentantů v území v závislosti na intenzitě povodně. Blížší vysvětlení je podáno v následující kapitole.

3.2 Podklady pro stanovení očekávaných škod způsobených povodní

Základním principem pro stanovení očekávaných škod na nemovitém majetku způsobených povodní v ploše území je vyčíslení průměrné hodnoty majetku na plošnou jednotku území a predikce škod, které povodeň očekávané intenzity způsobí. Pro možnost objektivnějšího posouzení hodnoty majetku je nutné území rozdělit do jednotlivých kategorií, které charakterizují způsob využití území a tedy i majetek, který se v dané lokalitě obvykle nachází. Jednotlivé kategorie území vycházejí z územní plánovací dokumentace a jejich konečná podoba je uvedena v následující tabulce.

Tab. 1: Kategorie území

| Barva | Ozn. | Kategorie území |
|---|------|------------------------------------|
|  | A | Plochy bydlení |
|  | B | Plochy rekreace |
|  | C | Plochy občanského vybavení |
|  | D | Plochy veřejných prostranství |
|  | E | Plochy smíšené obytné |
|  | F | Plochy dopravní infrastruktury |
|  | G | Plochy technické infrastruktury |
|  | H | Plochy pro výrobu a skladování |
|  | I | Plochy smíšené výrobní |
|  | J | Plochy vodní a vodohospodářské |
|  | K | Plochy zemědělské |
|  | L | Plochy lesní |
|  | M | Plochy přírodní |
|  | N | Plochy smíšené nezastavěného území |
|  | O | Plochy těžby nerostů |
|  | P | Plochy specifické |

Zdroj: [1], str. 21

Územní majetkový ukazatel ploch pro bydlení

Hodnotu nemovitého majetku (stavebních objektů, hodnota pozemků zde uvažována není) čtvereční metr plochy území vyjadřuje územní majetkový ukazatel (Territorial Property Index - TPI). Územní majetkový ukazatel musí být stanoven individuálně pro každou kategorii území, článek je zaměřen pouze na problematiku kategorie A - Plochy bydlení.

Základním předpokladem pro stanovení územního majetkového ukazatele je vymezení reprezentantů majetku, které se na dané ploše vyskytují, a stanovení jejich podílu na celkové zástavbě. Pro tyto účely je možné majetkově poměrně pestrou kategorii A rozdělit do čtyř dílčích ploch (blíže viz [1], str. 32):

- plochy zástavby pro bydlení (plochy zahrnující pozemky objektů pro bydlení a plochy volné – zpevněné či nezpevněné)
- plochy doplňujících objektů
- plochy objektů občanského vybavení
- plochy objektů technického vybavení
- plocha nezastavěná

Celková plocha bydlení tedy odpovídá součtu výše uvedených částí.

$$CPB = PZB + PDO + PTV + POV \quad (1)$$

kde CPB je celková plocha pro bydlení
 PZB je plocha zástavby pro bydlení
 PDO je plocha doplňujících objektů
 PTV je plocha technického vybavení
 POV je plocha občanského vybavení

Rozdělením celkové plochy bydlení na dílčí plochy se vymezí tzv. reprezentant území (blíže viz [1], str.22). Pro dílčí plochy lze následně definovat reprezentanty objektů, které se v rámci dané dílčí plochy vyskytují. Přehled reprezentantů majetku pro vymezení kategorie A Plochy bydlení byl vytvořen s využitím zdroje [2] je uveden v tab. 1.

Tab. 2: Přehled reprezentantů majetku - kategorie území A Plochy bydlení

| Dílčí plocha | JKSO | Název reprezentanta |
|-----------------------------------|-------|---------------------------------------|
| PZB - plocha zástavby pro bydlení | 803 3 | Bytové domy do 4 podlaží |
| | 803 5 | Bytové domy nad 4 podlaží |
| | 803 6 | Zástavba RD |
| POV - plocha občanského vybavení | 801 1 | Budovy pro zdravotní péči a služby |
| | 801 2 | Budovy pro komunální služby a hygienu |
| | 801 3 | Budovy pro výuku a výchovu |
| | 801 4 | Budovy pro vědu, kulturu a osvětu |
| | 801 5 | Budovy pro tělovýchovu |
| | 801 6 | Budovy pro administrativu |
| | 801 8 | Budovy pro obchod a veřejné stavování |
| | 801 9 | Budovy sociální péče |
| | 812 1 | Budovy výrobní pro průmysl, speciální |
| | 823 3 | Plochy pro tělovýchovu nekryté |
| PDO - plocha doplňujících objektů | | Doplňující objekty |
| PTV - plocha technického vybavení | | Objekty technického vybavení |

S využitím zdroje [2] lze následně charakterizovat podíl zastavěné plochy těchto reprezentantů a pozemků k nim náležících na dílčí ploše. Každému z reprezentantů (každý reprezentant je vymezen množstvím čtverečních metrů zastavěné plochy) je následně s pomocí ukazatele reprodukční ceny na metr čtvereční zastavěné plochy (blíže viz [1], str. 52 - 83) přiřazena reprodukční cena reprezentanta majetku na sledované dílčí ploše. Součet reprodukčních cen všech reprezentantů majetku umístěných na všech dílčích plochách udává celkovou reprodukční cenu majetku v daném území. Při výpočtu TPI pro kategorii území A - Plochy bydlení bylo pracováno s celkovou plochou pro bydlení pro 1000 obyvatel o celkové vypočtené výměře 104 678 m² (stanoveno s využitím zdroje [2]), kterou lze na dílčí plochy rozdělit následujícím způsobem:

- Plocha zástavby pro bydlení (PZB) 83,83 %
- Plocha doplňujících objektů (PDO) 1,86 %
- Plocha objektů technického vybavení (PTV) 0,45 %
- Plocha objektů občanského vybavení (POV) 13,86 %

Vztažením celkové reprodukční hodnoty reprezentantů majetku v celkové ploše bydlení na jeden její čtvereční metr dle vztahu (2) je možné vyjádřit hodnotu TPI pro kategorii území A - Plochy bydlení ve výši 8 481 Kč/m² (ukazatel je uveden v cenách roku 2007).

$$TPI = \frac{HMÚ}{CPB} \quad (2)$$

| | |
|------|--|
| kde: | |
| TPI | územní majetkový ukazatel (Territorial Property Index) |
| HMÚ | hodnota majetku v území |
| CPC | celková plocha bydlení |

Uvedená hodnota platí pouze pro kategorii území A 1 Plochy bydlení - venkovská zástavba, pro kategorii území A 2 Plochy bydlení - městská zástavba tento ukazatel prozatím kalkulován nebyl.

Křivky poškození

Poškození nemovitého majetku lze stanovit na základě křivek poškození znázorňujících procentuální poškození reprezentantů majetku v závislosti na následujících třech základních parametrech povodně:

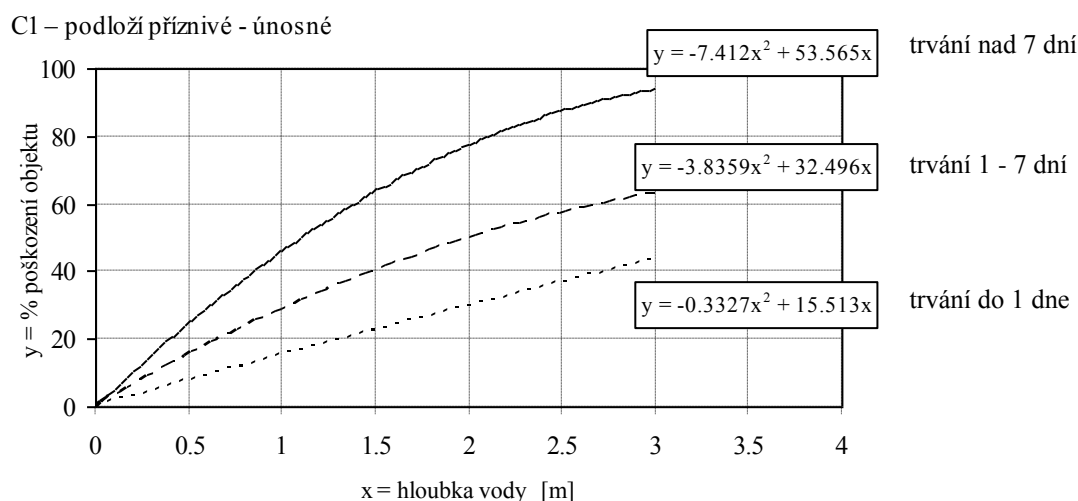
- hloubka vody
- doba trvání povodně
- vliv podloží

Jako základní parametry pro sestrojení jednotlivých křivek byly použity hloubka vody a doba zdržení vody na terénu, a to zvláště pro jednotlivé stavební objekty na únosném a neúnosném podloží.

Grafy byly konstruovány tak, aby bylo možno přímo z grafu odečítat předpokládanou výši poškození stavebního objektu.

Křivky poškození byly zpracovány pro následující stavební objekty – reprezentanty nemovitého majetku:

1. Budovy pro řízení, správu a administrativu, Budovy pro obchod a společné stravování
Domy bytové typové (mimo panelové soustavy), Domy bytové netypové(charakter zástavby integrovaný)
2. Domy bytové typové s celostátně unifikovanými konstrukčními systémy panelovými
3. Domy bytové typové (mimo panelové soustavy), Domy bytové netypové
4. Domy rodinné jednobytové, řadové
5. Domy rodinné jednobytové, samostatně stojící
6. Budovy pro výrobu a služby
7. Chaty pro individuální rekreaci (zahradní chatové kolonie)
8. Chaty pro individuální rekreaci (objekty drobné rekreace – chaty)
9. Haly pro pěstování rostlin
10. Haly občanské výstavby, Haly pro výrobu a služby, zděné z cihel, tvárníc a bloků
11. Haly občanské výstavby, Haly pro výrobu a služby, montované
12. Plochy pro tělovýchovu nekryté
13. Úpravy území a samostatné zemní práce (městské parky)



Obr. 1: Křivky poškození pro „Domy rodinné jednobytové, samostatně stojící“ (zdroj [1], str. 91)

Podrobnější informace o křivkách poškození a jejich podrobný přehled jsou uvedeny ve zdroji [1], str. 84 - 103.

3.3 Predikce povodňových škod

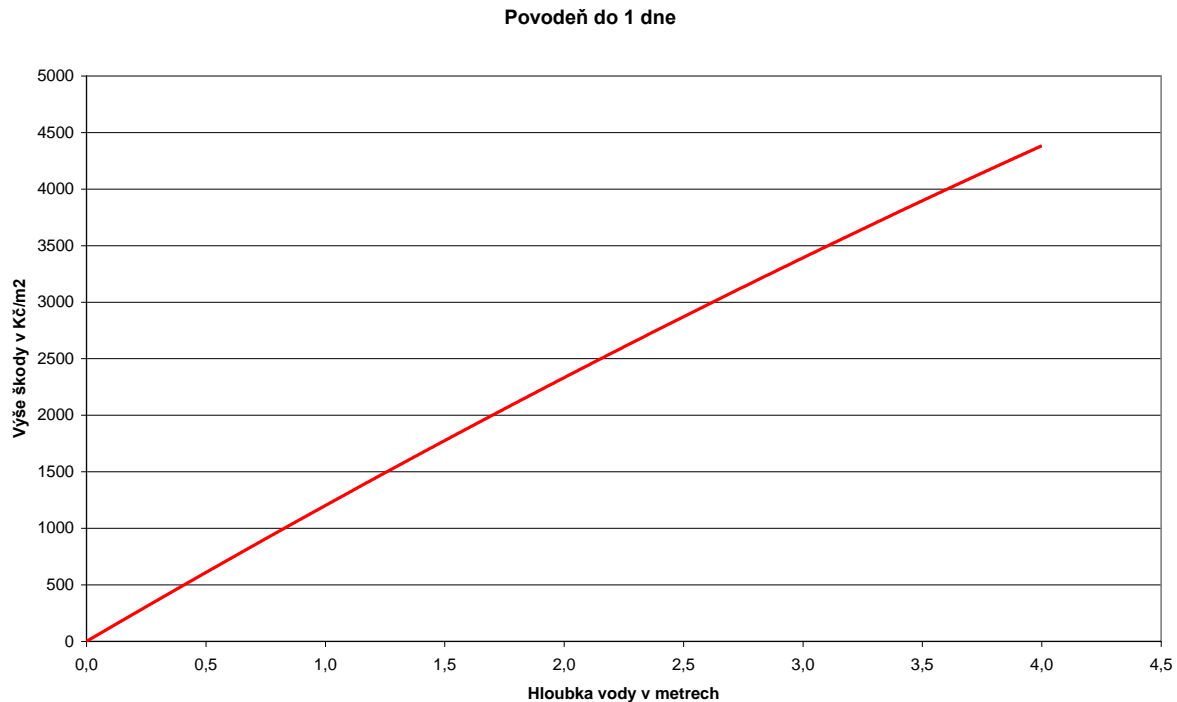
Predikce povodňových škod je v tomto článku založena na finančním ohodnocení poškození, které na nemovitém majetku v území vznikne v důsledku povodně. Stanovení škod je v tomto případě omezeno na škody v kategorii území A - Plochy bydlení. Podklady pro predikci škod jsou v podobě reprodukční hodnoty jednotlivých reprezentantů majetku na plošnou jednotku území kategorie A dle struktury uvedené v tab. 1. a křivky poškození pro uvedené reprezentanty. Pro definované parametry povodně (kvalita podloží, doba a hloubka zaplavení) lze následně s využitím regresní analýzy možné odvodit škodní křivky charakterizující závislost celkové škody na nemovitém majetku v území kategorie A - Plochy bydlení na hloubce povodně při definované kvalitě podloží a době trvání zaplavení.

Jako příklad lze uvést škodní křivku vyjadřující závislost výše škody na nemovitém majetku v území na hloubce zaplavení pro únosné podloží a dobu trvání povodně do jednoho dne. Regresní rovnice má následující podobu:

$$y = -35,2x^2 + 1236,3x \quad (3)$$

kde: x hloubka vody v metrech
y výše škody na majetku v rámci reprezentanta území

Grafická podoba uvedené závislosti je uvedena na obr. 2



Obr. 2: Závislost výše škody na nemovitém majetku v kategorii území A na hloubce povodně (zdroj [1], str. 110)

3.4 Nefinanční užitky a újmy spojené s realizací protipovodňových opatření

V předešlých odstavcích byly řešeny zejména užitky a náklady přímo vyjadřované v peněžních jednotkách. Existuje však rovněž významná skupina nákladů i užitků, které primárně v peněžních jednotkách vyjádřené nejsou, přesto by však mohly za určitých okolností do hodnocení efektivity projektů protipovodňových opatření vstupovat. Základními podmínkami pro zohlednění těchto přínosů či nákladů do propočtu ekonomické efektivity je jejich identifikace a následná kvantifikace a evaluace. Zmiňované přínosy či náklady projektů (obecně dopady) mohou vznikat ve všech fázích projektu, tedy ve fázi předinvestiční, investiční, provozní i likvidační. Jejich struktura se samozřejmě bude lišit v souvislosti s konkrétním projektovým řešením, obecně však lze konstatovat, že v případě projektů protipovodňových opatření jde zejména o následující dopady:

- dopady na populaci
- dopady na ovzduší a klima
- dopady na úroveň hluku
- dopady na vodu
- dopady na půdu
- dopady na přírodní zdroje
- dopady na flóru, faunu a ekosystémy
- dopady na chráněné přírodní statky
- dopady na krajinu

Takto identifikované dopady realizace projektů protipovodňových opatření je však nutné v postupných krocích kvantifikovat a následně evaluovat, tedy vyjádřit v peněžních jednotkách. Pro evaluaci je možné využít např. oceňovacích či ohodnocovacích přístupů, blíže např. zdroj [3].

4 Ekonomická efektivnost protipovodňové ochrany

Stanovení ekonomické efektivnosti investičního projektu podává informaci o tom, jaký ekonomický dopad na společnost bude posuzovaný projekt mít. Obecně jde o porovnání v peněžních jednotkách vyjádřených užiteků, které projekt přinese, a nákladů, kterými projekt společnost zatíží. Jestliže jsou uvedené přínosy a náklady rozloženy do času, je nutné respektovat i jejich časovou hodnotu. V případě projektů protipovodňové ochrany území byly možné přínosy i náklady charakterizovány v předchozí části článku jako investiční náklady, provozní náklady, úspory nákladů v podobě zabránění škod způsobovaných povodní a ostatní dopady, které nejsou primárně vyjádřené v peněžních jednotkách. Výslednou efektivnost je možné stanovit pomocí obecné vztahu (4), který je samozřejmě možné modifikovat podle specifických potřeb hodnotitele a konkrétní podoby hodnoceného projektu

$$NPV_E = \sum_{i=1}^n \frac{B - C}{(1 + r)^i} \quad (4)$$

kde:

NPV_E ekonomická čistá současná hodnota (Economic Net Present Value)

B v peněžních jednotkách vyjádřené užitky (benefits) projektu

C v peněžních jednotkách vyjádřené náklady (costs) projektu

r diskontní sazba

n doba životnosti investičního projektu, popř. délka hodnoceného období projektu (v letech)

Zejména v případě úspor nákladů spojených se zamezením škod na majetku způsobených povodní je však nutné respektovat skutečnost, že povodňové škody nevznikají pravidelně každý rok, ale nahodile s jistou mírou pravděpodobnosti, kterou je nutné při výpočtu ekonomické efektivnosti projektů protipovodňové ochrany rovněž zohlednit (jeden z přístupů uveden např. v článku [3]).

5 Shrnutí

Článek je zaměřen především na problematiku obecného přístupu k hodnocení investičních projektů v podobě realizace protipovodňových opatření chránících osídlené oblasti. Jsou zde uvedeny základní přístupy k vlastnímu technickému řešení protipovodňové ochrany a rozpracovány náklady a přínosy, kterou v souvislosti s jejich realizací vznikají. Největší pozornost je zde věnována problematice nákladů vznikajících v souvislosti s průběhem samotné povodně, jejichž minimalizace je základním cílem vznikajících protipovodňových opatření. V článku jsou řešeny především škody způsobené na nemovitém majetku v osídlených oblastech, z hlediska kategorizace území uvedené v článku jde o kategorii A - Plochy bydlení. Nabízený princip je použitelný i pro další kategorie území, samozřejmě je to možné pouze při respektování specifické skladby reprezentantů majetku v rámci každé dílčí kategorie.

Použité zdroje

- [1] KORYTÁROVÁ, J. a kol. *Povodně a nemovitý majetek v území*. Odborná monografie. Práce a studie Ústavu stavební ekonomiky a řízení FAST VUT v Brně. Brno, CERM. 2007. 181 p. ISBN 978-80-7204-573-0.
- [2] NAVRÁTILOVÁ, A. a kol. *Plochy pro bydlení, uspořádání urbanistické struktury ploch bydlení*. Podkladový materiál zpracovaný experty územního plánování. Brno, 2006. Nepublikováno.
- [3] HROMÁDKA, V.; HANÁK, T.; VÍTKOVÁ, E. Anti-flood Operations in the Territory and their Economic Efficiency. In *Proceedings of Eleventh International Symposium on Water Management and Hydraulic Engineering*. Skopje, Makedonie, Faculty of Civil Engineering, Ss. Cyril and Methodius University, Skopje. 2009. p. 623 - 630. ISBN 978-9989-2469-7-5.
- [4] ČAMROVÁ, L.; JÍLKOVÁ, J. *Povodňové škody a nástroje pro jejich snížení*. IEEP VŠE 2006 (pdf, 4,3 MB); <http://www.ieep.cz/cz/veda-a-vyzkum/params/6/54.html>

Príspevek vznikl v návaznosti na grantový projekt GAČR r.č.103/05/0160 Postupy pro podporu rozhodování v oblasti stavebních investic při zajištění stability území z pohledu možného zaplavení.