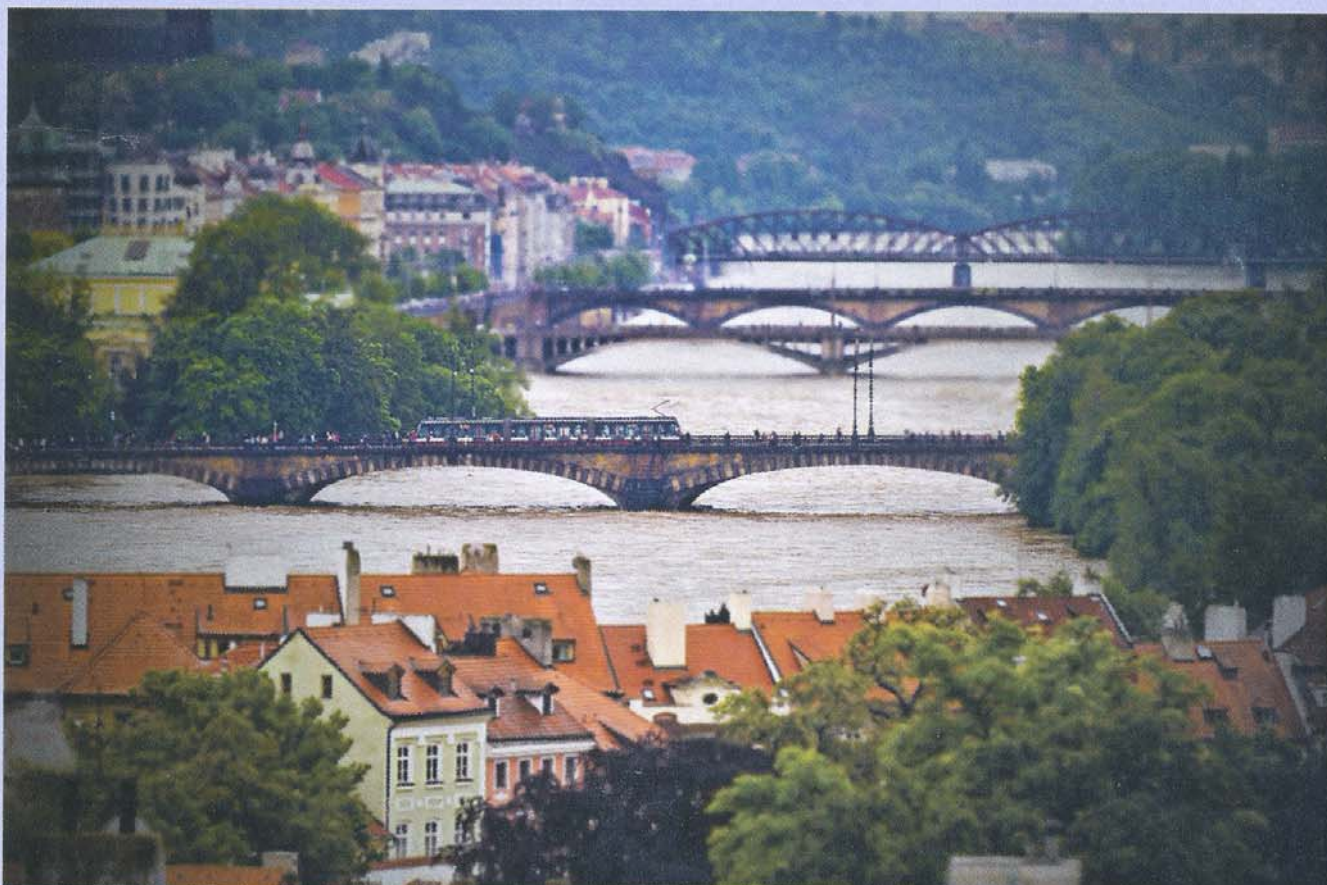


C 8453/13

Seminář

Adolfa Patery 2013



Extrémní hydrologické jevy v povodích

13. listopadu 2013

Praha

PŘÍPRAVA KLASIFIKACE PŘESNOSTI VYMEZENÍ ZÁPLAVOVÝCH ÚZEMÍ

PREPARING THE CLASSIFICATION OF FLOODPLAIN DEFINITION ACCURACY

Hana Nováková, Marcela Makovcová, Petr Valenta, Jana Valentová

Abstrakt

V příspěvku jsou prezentovány výsledky třetího roku řešení projektu bezpečnostního výzkumu Ministerstva vnitra ČR "Klasifikace přesnosti vymezení stávajících záplavových území v ČR a zapracování výsledků do metodiky pro jejich vymezení". Je sestavována studie, v které jsou uvedeny výsledky porovnání záplavových území vymezených pomocí hydrodynamického modelování nad tradičními výškopisnými podklady a daty leteckého laserového skenování. Studie rovněž popisuje základní morfologické, geologické, hydrologické a další charakteristiky 11 zvolených referenčních lokalit včetně výstupů z terénních průzkumů. Na základě závěrů Porovnávací studie je navržen klasifikační systém přesnosti vymezení záplavových území, který bude aplikovatelný na záplavová území v celé ČR.

Abstract

This paper presents results of the third year of Ministry of the Interior of the Czech Republic Security Research project called „Accuracy classification of current floodplain definition in the Czech Republic and involve results into floodplain definition methodology“. There is a Study being prepared, in which results of floodplain defined by traditional altimetry data and airborne laser scanning data are compared. The Study also describes basic morphological, geological, hydrological and other characteristics of 11 reference sites including terrain survey outputs. The classification system of the accuracy of floodplain definition is proposed on the base of Comparison Study results. The system should be applicable to all floodplains within the Czech Republic.

1. Úvod

Prezentovaný článek je druhým výstupem projektu bezpečnostního výzkumu Ministerstva vnitra České republiky "Klasifikace přesnosti vymezení stávajících záplavových území v ČR a zapracování výsledků do metodiky pro jejich vymezení", který je ve

Ing. Hana Nováková, Ph.D.¹, Ing. Marcela Makovcová¹, Doc. Ing. Petr Valenta, CSc.², Doc. Ing. Jana Valentová, CSc.².

¹ VÚV T.G.M., v.v.i., Podbabská 2582/30, 160 00 Praha 6

² ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Thákurova 7, 166 27 Praha 6

hana_novakova@vuv.cz, makovcova@vuv.cz, valenta@fsv.cvut.cz, valentov@fsv.cvut.cz

spolupráci Oddělení GIS a informatiky Výzkumného ústavu vodohospodářského T.G.M., v.v.i a Stavební fakulty ČVUT v Praze řešen v období 11/2010 – 12/2014.

V roce 2011 a 2012 bylo postupně zvoleno 11 referenčních lokalit, na kterých měla být porovnána záplavová území (ZÚ) vymezená jednak na tradičně používaných výškopisných datech (geodetické zaměření GEO, letecká fotogrammetrie FOT, ZABAGED[®]) a současně na novém výškopisu vytvořeném metodou leteckého laserového skenování (LLS) – produkty DMR 4G a 5G [1]. Jednotlivé výškopisné podklady byly mezi sebou porovnány v bodech geodeticky zaměřených příčných profilů a zjištěné rozdíly zpracovány formou statistické analýzy.

Na datech LLS byly pomocí hydrodynamických 1D a 2D modelů při několika návrhových průtocích vypočteny výšky hladiny a z těch po protnutí s příslušným digitálním modelem terénu vygenerovány nové záplavové čáry. Ty byly porovnány s původními čarami ZÚ. První poznatky z vizuálního porovnání čar, stejně jako výsledky statistické analýzy vstupních dat byly publikovány v [2].

V roce 2013 byly veškeré výsledky výpočtů a průzkumů referenčních lokalit použity pro sestavení Porovnávací studie. Byly kvantifikovány rozdíly v původních a nově vymezených ZÚ. Podle rozsahu hodnot byla navržena klasifikační stupnice přesnosti vymezení ZÚ. V dalším kroku byly zkoumány závislosti mezi hodnotami rozdílů ploch ZÚ a určitými charakteristikami území. Zjištěné závislosti poslouží k analogickému stanovení přesnosti vymezení ZÚ v ČR.

2. Rozsah řešení

2.1 Referenční lokality

Pro navržení systému klasifikace záplavových území bylo vybráno 12 tzv. referenčních lokalit (ve skutečnosti 11 – lokalita Nežárka byla řešena dvěma způsoby, 1D i 2D modelováním). Seznam lokalit je uveden v tabulce 1.

Úseky toků byly vybírány podle několika kritérií. Jedním z cílů bylo dosažení co největšího počtu kombinací hlavních charakteristik území (jako je morfologie, extravilán/intravilán, typ krajiny, velikost vodního toku, atd.). Další limitující skutečností pro volbu lokalit byla dostupnost hotových dat LLS. Protože se doba zpracování projektu překrývá s dobou tvorby nového výškopisu, nebyla k dispozici data LLS pro libovolné území. V roce 2011 bylo z větší části zpracováno pouze Pásmo střed. V roce 2012 bylo možné v omezené míře vybírat i z území v Pásmu Západ. Data z oblasti Pásmo východ byla v době vytipování lokalit ve fázi prvotního zpracování, a proto nemohla být do projektu zařazena žádná území z východních Čech či Moravy.

Ing. Hana Nováková, Ph.D.¹, Ing. Marcela Makovcová¹, Doc. Ing. Petr Valenta, CSc.², Doc. Ing. Jana Valentová, CSc.².

¹ VÚV T.G.M., v.v.i., Podbabská 2582/30, 160 00 Praha 6

² ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Thákurova 7, 166 27 Praha 6

hana_novakova@vuv.cz, makovcova@vuv.cz, valenta@fsv.cvut.cz, valentov@fsv.cvut.cz

Tab. 1 Referenční lokality

Lokalita	Rok řešení	Rozsah modelu, ř.km	skenováno	model
Nežárka	2011	17,997 – 24,234	23.8.+26.8.+6.9.2010	1D
Nežárka	2011	14,933 – 24,284	23.8.+26.8.+6.9.2010	2D
Šembera	2011	9,956 – 16,945	21.11.2009+25.3.+1.4.+8.10.2010	1D
Doubrava	2011	14,995 – 22,273	30.3.+7.4.2010	1D
Lužnice	2011	59,300 – 68,800	25.8.2010	2D
Jizerka	2011	0,000 – 6,579	4.6.+20.8.2010	1D
Úhlava	2012	61,069 – 70,205	7.4.+22.4.+7.5.2011	2D
Berounka dolní	2012	16,600 – 26,800	18.4.2011	2D
Berounka horní	2012	52,800 – 65,000	10.4.2011	2D
Oleška	2012	15,823 – 23,056	23.4.2010+20.8.2010	1D
Manětínský potok	2012	3,529 – 9,465	21.3.2011+19.4.2011	1D
Střela	2012	85,704 – 91,985	23.3.2011	1D

2.2 Parametry hodnocení

Pro charakteristiku území z pohledu velikosti rozlivu povodně se lze inspirovat v nauce o vodních tocích. Jde o podobné faktory, jaké ovlivňují vývoj vodních toků v čase i prostoru:

1. Klimatické a meteorologické faktory – hydrologické poměry (N-leté průtoky, m-denní průtoky, doba trvání extrémních průtoků, rozkolísanost průtoků v čase).
2. Fyzikálně geografické poměry – sklonitost údolí i celého povodí.
3. Geologické poměry – základní geologická a hydrogeologická stavba povodí
4. Charakter koryta – přirozené, upravené, tvar, způsob stabilizace, náchylnost k erozi, rychlost rozpadu kamenů, zrnitostní složení materiálu dna.
5. Vegetační pokryv.

Pouze některé z těchto faktorů ovlivňují výsledky hydrodynamického modelování a tedy výsledné vykreslení čar ZÚ. V tabulce 2 jsou vypsány charakteristiky, které byly zjišťovány pro všechny referenční lokality. Parametry 1-5 je možné v rámci běžně dostupných nástrojů určit i pro libovolné jiné území v ČR. Parametr 6 by vyžadoval časově náročné analýzy v prostředí GIS. Pro zjištění podkladních dat stávajících ZÚ je nutné nahlédnout do zdrojové dokumentace ZÚ, která v rámci řešeného projektu není plošně k dispozici.

Ing. Hana Nováková, Ph.D.¹, Ing. Marcela Makovcová¹, Doc. Ing. Petr Valenta, CSc.², Doc. Ing. Jana Valentová, CSc.².

¹ VÚV T.G.M., v.v.i., Podbabská 2582/30, 160 00 Praha 6

² ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Thákurova 7, 166 27 Praha 6

hana_novakova@vuv.cz, makovcova@vuv.cz, valenta@fsv.cvut.cz, valentov@fsv.cvut.cz

Tab. 2 Parametry hodnocení

	Parametr
1	Sklonitost úseku (podélný profil)
2	Průměrná sklonitost území rozsahu modelu
3	Stupeň sklonitosti území rozsahu modelu
4	Míra zalesnění
5	Míra zastavění
6	Poměr průměrné šířky a průměrné hloubky koryta
7	Použitá výškopisná data původního vymezení ZÚ

Průměrná sklonitost území [%] je určena jako aritmetický průměr sklonitosti jednotlivých buněk rastru digitálního modelu terénu (DMT). Stupeň sklonitosti je bezrozměrným parametrem a vyjadřuje nejčteněji zastoupený interval (modus) sklonitosti jednotlivých buněk rastru DMT, přičemž intervaly sklonitosti jsou stanoveny s krokem 1 % (stupeň sklonitosti 1 odpovídá intervalu sklonitosti 0 - 1 %, stupeň sklonitosti 2 odpovídá intervalu sklonitosti 1,00001 - 2 %, atd.). Oba parametry vypovídají o výškopisném charakteru terénu v zájmovém území.

3. Klasifikace přesnosti vymezení ZÚ

Pro všech 12 referenčních lokalit byly systematicky určeny parametry hodnocení a provedeno porovnání ploch ZÚ vymezených nad původními tradičními výškopisnými daty a nad daty leteckého laserového skenování.

Vyhodnocení závislosti spočívá ve vynesení souhrnných grafů, kde na vodorovné ose jsou vyneseny hodnoty konkrétního parametru a na svislé ose relativní změna ploch polygonů vymezených ZÚ v procentech. V prvním kroku byly tyto grafy zpracovány odděleně pro jednotlivé typy původního výškopisu a produkt LLS. Testovány byly míry zvětšení a zmenšení ploch.

Ve druhém kroku byla použita hodnota celkové relativní změny plochy vymezení ZÚ. Hodnoty větší než 100% ukazují na zvětšení plochy oproti původní hodnotě, hodnoty menší než 100% naopak. Současně byly v grafech vynášeny dohromady výsledky analýz dat FOT a GEO, neboť předchozí výsledky neprokázaly žádný zásadní vliv typu tradičních výškopisných dat na změnu plochy ZÚ. Hodnoty jednotlivých rozdílů ploch byly rozděleny do 4 kategorií přesnosti (viz tab. 3). Pro větší přehlednost byly kategorie v grafech a tabulkách barevně odděleny. Výsledky analýz jsou vysvětleny na ukázkách grafů na následujících stránkách. Souhrn všech výsledků porovnání je uveden v tabulce 4.

Ing. Hana Nováková, Ph.D.¹, Ing. Marcela Makovcová¹, Doc. Ing. Petr Valenta, CSc.², Doc. Ing. Jana Valentová, CSc.².

¹ VÚV T.G.M., v.v.i., Podbabská 2582/30, 160 00 Praha 6

² ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Thákurova 7, 166 27 Praha 6

hana_novakova@vuv.cz, makovcova@vuv.cz, valenta@fsv.cvut.cz, valentov@fsv.cvut.cz

Tab. 3: Klasifikační stupnice přesnosti vymezení ZÚ

Třída přesnosti	Rozdíly v %
I	0 - 5
II	5 - 20
III	20 - 50
IV	> 50

Tab. 4: Výsledky porovnání ploch ZÚ

	Q ₁₀₀		Q ₂₀		Q ₅	
	4G	5G	4G	5G	4G	5G
Lokalita	relativní změna plochy ZÚ [%]	relativní změna plochy ZÚ [%]	relativní změna plochy ZÚ [%]	relativní změna plochy ZÚ [%]	relativní změna plochy ZÚ [%]	relativní změna plochy ZÚ [%]
Nežárka GEO	98,9	98,9			136,9	140,7
Nežárka FOT	102,5	102,8			153,4	145,8
Šembera GEO	97,8	96,5			267,7	244,7
Doubrava GEO	109,3	108,1			505,0	483,0
Jizerka GEO	91,0	88,8			104,4	98,1
Úhlava LLS	96,9				94,0	
Berounka dolní FOT	99,4	99,8	121,9	99,9	97,3	98,6
Berounka horní FOT	99,6	99,9			94,9	95,8
Oleška GEO	94,3	94,8			108,5	109,0
Manětínský potok GEO	93,4		91,3		82,0	
Střela GEO	95,1		93,3		68,6	

Už z tabulky je patrné, že rozdíly mezi porovnáním ploch z dat LLS DMR 4G a 5G nejsou příliš vysoké (u vysokých návrhových průtoků jsou rozdíly zcela nepatrné). U některých lokalit jsou pro průtok Q₅ hodnoty celkových rozdílů cca 20% (Šembera, Doubrava), někde se pohybují v rozmezí 5-10% (Nežárka, Jizerka) a několik z nich má i při nízkém návrhovém průtoku rozdíl menší než 1%. Vynesením grafů závislostí nebyla nalezena žádná závislost na typu produktu LLS. Znamená to, že pro nové výpočty záplavových území lze používat produkt DMR 4G (za určitých předpokladů) místo sice přesnějšího, ale finančně (a v současné době i časově) méně dostupného produktu DMR 5G.

Další výsledek vyplynul z porovnání grafů závislostí pro jednotlivé návrhové průtoky. Bylo zjištěno, že třídy přesnosti pro vyšší návrhové průtoky (Q₁₀₀) jsou výhradně v kategorii I a II, tedy vysoká přesnost vymezení ZÚ (obrázek 1), zatímco u nízkého návrhového průtoku (Q₅) jsou zastoupeny všechny kategorie (obrázek 2).

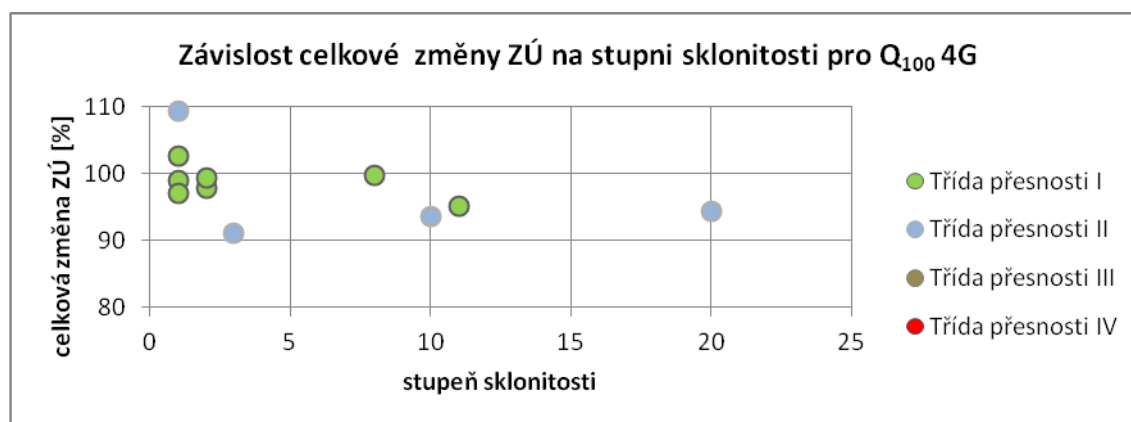
Ing. Hana Nováková, Ph.D.¹, Ing. Marcela Makovcová¹, Doc. Ing. Petr Valenta, CSc.², Doc. Ing. Jana Valentová, CSc.²

¹ VÚV T.G.M., v.v.i., Podbabská 2582/30, 160 00 Praha 6

² ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Thákurova 7, 166 27 Praha 6

hana_novakova@vuv.cz, makovcova@vuv.cz, valenta@fsv.cvut.cz, valentov@fsv.cvut.cz

Extrémní rozdíly v ploše stanoveného záplavového území pro Q_5 na Doubravě a Šembeře vyplývají z toho, že zaměřené geodetické profily ukazovaly na existenci hrázek, které byly ve vyhodnocení uvažované jako souvislé, což data LLS nepotvrdila. Jedná se tedy o široké rozlivy s velmi malou hloubkou.



Obr. 1: Závislost celkové změny ZÚ na stupni sklonitosti pro průtok Q_{100} a data DMR 4G

Trendu nárůstu změn se snižujícími se návrhovými průtoky neodpovídá vyšší hodnota rozdílu u Q_{20} u lokality Berounka dolní (viz tabulka 4). Větší rozdíl v ploše ZÚ při aplikaci dat DMR 4G je způsoben vyhlazením protipovodňových hrázek navržených na průtok Q_{20} . Tento rozdíl dokládá nutnost doplnit data modelu DMR 4G informacemi o existujících hrázkách a dalších významných terénních útvarech, které nejsou v rozlišení DMR 4G postiženy.

Dalším krokem bylo zjištění závislostí rozdílů na jednotlivých parametrech. Byly vyneseny grafy vztahující k: podélnému profilu úseku toku, průměrné sklonitosti území, stupni sklonitosti území, míře zalesnění, míře zastavění a poměru šířky a hloubky koryta toku.

Na obrázcích 1 a 2 je znázorněna závislost celkové změny vymezení ZÚ na průměrné sklonitosti území pro návrhové průtoky Q_5 a Q_{100} . Hodnoty rozdílů jsou mnohem vyšší u Q_5 než u návrhového průtoku Q_{100} . Současně je zde vidět poměrně zřetelný funkční trend – přesnost vymezení ZÚ s rostoucím sklonem stoupá (v grafu jsou vyneseny hodnoty rozdílů, které klesají = přesnost roste). Největší odchylky u malých sklonů se vyskytují u výše diskutovaných dvou lokalit s plochým inundačním územím, kde velmi malé odchylky v modelu terénu představují velmi podstatné změny v celkové ploše rozlivu.

Barevné rozlišení tříd přesnosti ukazuje některé výjimky oproti zmíněnému trendu, které se ale dají dobře vysvětlit. Modrý bod ve třídě přesnosti II v levé části grafu odpovídá ZÚ lokality Úhlava. Zde byla i původní ZÚ modelována na datech LLS. Proto musí být rozdíl velmi malý i u tohoto málo sklonitého území. První zelený bod ve třídě přesnosti I znázorňuje lokalitu dolní Berounky. Ta byla řešena pomocí 2D modelu na plošných fotogrammetrických datech, tedy o něco přesnější metodou, než další lokality. Proto může být rozdíl mezi starým a

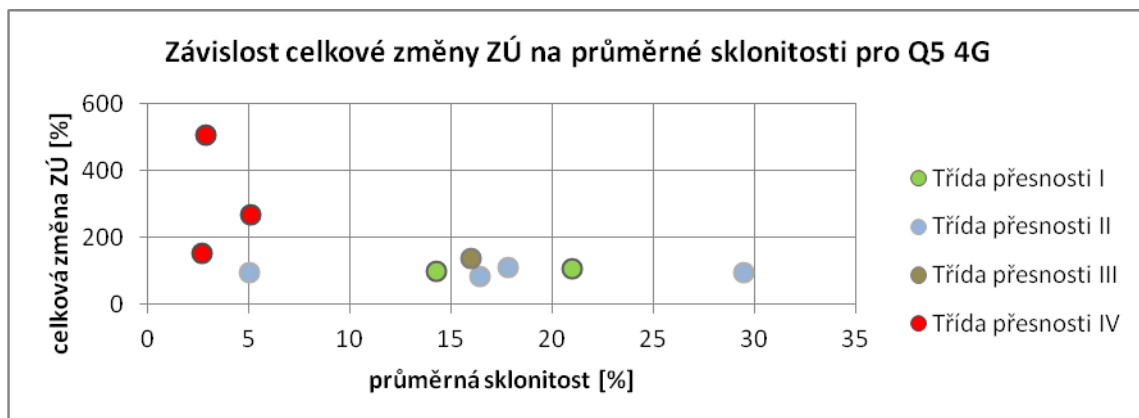
Ing. Hana Nováková, Ph.D.¹, Ing. Marcela Makovcová¹, Doc. Ing. Petr Valenta, CSc.², Doc. Ing. Jana Valentová, CSc.²

¹ VÚV T.G.M., v.v.i., Podbabská 2582/30, 160 00 Praha 6

² ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Thákurova 7, 166 27 Praha 6

hana_novakova@vuv.cz, makovcova@vuv.cz, valenta@fsv.cvut.cz, valentov@fsv.cvut.cz

novým ZÚ menší. Pořadí ostatních bodů je ovlivněno volbou intervalů jednotlivých tříd přesností. Důležité je, že hlavní trend je u tohoto parametru zřetelný.



Obr. 2: Závislost celkové změny ZÚ na stupni sklonitosti pro průtok Q_5 a data DMR 4G

Podobná situace je u závislosti celkové změny ZÚ na stupni sklonitosti (obrázek 3). Pouze pořadí vyšších tříd přesnosti u vyšších stupňů není tak jednoznačné, jako v případě průměrné sklonitosti.



Obr. 3: Závislost celkové změny ZÚ na stupni sklonitosti pro průtok Q_5 a data DMR 4G

Závislosti v grafech ostatních parametrů (míra zalesnění a zastavění území, poměr mezi šířkou a hloubkou koryta) nejsou tak zřetelné, jak je tomu u sklonitosti.

4. Závěr

Za účelem navržení způsobu klasifikace a porovnání přesnosti vymezení záplavových území v ČR bylo zvoleno 11 referenčních lokalit odpovídajících různým morfologickým, hydrologickým a krajinným charakteristikám. Lokality byly prozkoumány in situ, podrobně popsány, a bylo v nich provedeno hydraulické modelování proudění vody a vyhodnocení záplavových čar na nových výškopisných datech DMR 4G a DMR 5G. Z výsledků terénních

Ing. Hana Nováková, Ph.D.¹, Ing. Marcela Makovcová¹, Doc. Ing. Petr Valenta, CSc.², Doc. Ing. Jana Valentová, CSc.²

¹ VÚV T.G.M., v.v.i., Podbabská 2582/30, 160 00 Praha 6

² ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Thákurova 7, 166 27 Praha 6

hana_novakova@vuv.cz, makovcova@vuv.cz, valenta@fsv.cvut.cz, valentov@fsv.cvut.cz

průzkumů, rešerši odborné literatury a za pomoci nástrojů GIS byly určeny hodnoty parametrů, které mohou ovlivňovat kvalitu digitálního modelu terénu, jakožto základního vstupu do hydrodynamických modelů, a tím i výsledný rozliv návrhových povodňových průtoků.

Z grafů závislostí relativní změny ploch ZÚ na parametrech charakterizujících území, kde se povodeň vyskytuje, vyplynul jako nejmarkantnější vliv plošné sklonitosti území (členitosti inundace). Přesnost vymezení ZÚ s rostoucí sklonitostí narůstá. Třídy přesnosti III a IV se vyskytují zhruba od průměrné sklonitosti 20%, přičemž při průměrné sklonitosti nižší než zhruba 5% a při velmi malých hloubkách rozlivů (nízké průtoky) může jít o vymezení velmi nepřesné. Jednoznačnou závislost na změnách modelu terénu vyplývajících z ostatních sledovaných parametrů (vegetační pokryv inundace, morfologie koryta vodního toku, podélný profil toku) se nepodařilo prokázat, přestože z pohledu porovnání dat jednotlivých modelů terénu některé závislosti vysledovat lze (větší zalesněnost - větší odchylky modelů terénu). Tento poznatek napovídá, jak bude vhodné postupovat při aktualizaci a novém vymezení ZÚ v ČR. Pokud se pro stávající ZÚ stanoví parametry sklonitosti území (stupeň sklonitosti a průměrná sklonitost), bude možné určit méně sklonitá území, ve kterých bude mít nové vymezení záplavových území zejména nižších návrhových průtoků vysokou prioritu.

Hlavní závěry porovnávací studie spolu s dalšími informacemi metodického charakteru budou na závěr projektu zpracovány do podoby metodiky vymezení záplavových území, která stanoví pravidla vymezení záplavových území z pohledu požadavků na použité podklady, hydraulické aspekty modelování a požadované výstupy.

Poděkování

V článku jsou uvedeny průběžné výsledky řešení projektu Bezpečnostního výzkumu Ministerstva vnitra České republiky "Klasifikace přesnosti vymezení stávajících záplavových území v ČR a zpracování výsledků do metodiky pro jejich vymezení" pod číslem VG20102014010.

Literatura

- [1] BRÁZDIL, Karel. *Projekt tvorby nového výškopisu území České republiky*. Geodetický a kartografický obzor, roč. 55/97, 2009, číslo 7, s.145–151.
- [2] NOVÁKOVÁ, Hana a kol. *Analýza vlivu použitých geometrických dat na přesnost vymezení záplavových území*. Extrémní hydrologické jevy v povodí, 2012, s. 186-193.

Ing. Hana Nováková, Ph.D.¹, Ing. Marcela Makovcová¹, Doc. Ing. Petr Valenta, CSc.², Doc. Ing. Jana Valentová, CSc.²

¹ VÚV T.G.M., v.v.i., Podbabská 2582/30, 160 00 Praha 6

² ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Thákurova 7, 166 27 Praha 6

hana_novakova@vuv.cz, makovcova@vuv.cz, valenta@fsv.cvut.cz, valentov@fsv.cvut.cz