

# Úpravy toků a údolní nivy jako faktor ovlivňující průběh povodní

JAKUB LANGHAMMER

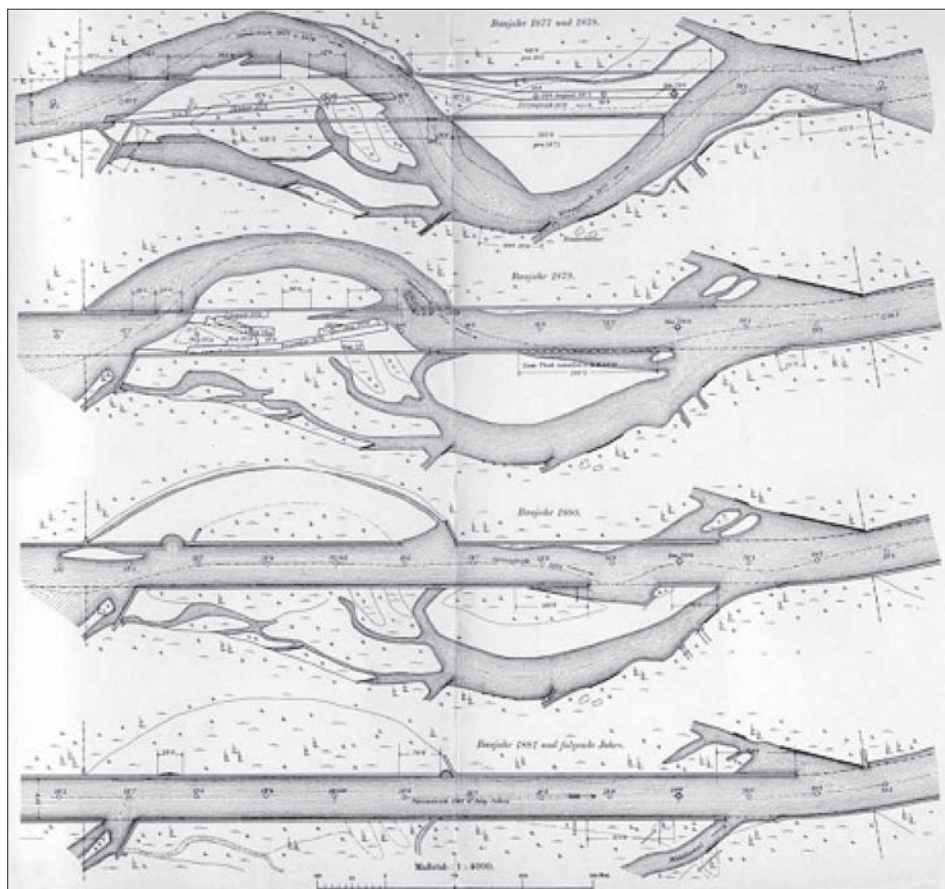
Vodní toky v ČR, stejně jako ve většině vyspělých zemí, byly v posledních staletích předmětem četných antropogenních úprav. K zásahům do přirozeného charakteru toků docházelo na různé úrovni – od zpevnění koryta toku, přes budování jezů a stupňů v jeho podélném profilu, až po zásahy do geometrie trasy toku a úpravy příbřežní zóny. Tyto zásahy do říční sítě se v různé míře promítají i do ovlivnění odtokového procesu. Zvláštní význam tyto změny mají při extrémních vodních stavech, kdy mohou ovlivnit rychlost postupu povodňové vlny, možnost její efektivní transformace či časování souběhu povodňových vln z různých částí povodí, a tím nepřímo i charakter povodňových škod.

Príspevek prezentuje metodu mapování a hodnocení antropogenní upravenosti říční sítě a údolní nivy, vyvinutou a aplikovanou s cílem identifikovat ty prvky říční sítě, které vzhledem k charakteru a intenzitě své transformace mohou představovat rizikový prvek pro průběh a následky povodní. Metodika byla aplikována na povodí Blanice, zasaženém katastrofální povodní v srpnu 2002.

## 1. Úpravy a regulace toků v ČR

Současná vysoká míra regulace velkých i drobných toků v ČR je výsledkem procesů, probíhajících v krajině v posledních několika staletích. Toky byly a jsou upravovány zejména za účelem zvýšení ochrany sídel a majetku před povodněmi, pro efektivnější využití v zemědělství či dopravě i v důsledku intenzivní urbanizace a industrializace krajiny. Přestože v souvislosti s napřímením a regulacemi toků je nejčastěji spojováno období pozdního socialistického režimu v 70. a 80. letech 20. století, rozsáhlé a mnohdy necitlivé zásahy do říční sítě vznikaly i mnohem dříve.

Úpravy vodních toků, které pozměnily tvar a délku říční sítě, jsou na území ČR dokumentovány již od 18. století, kdy začalo budování regulací, plavebních kanálů, náhonů i protipovodňových úprav. S rozvojem sídel a nástupem industrializace vystala snaha využít energetický a dopravní potenciál vodních toků i chránit majetek před dopady povodní. Regulace tak zasáhly nejdříve významné toky v nížinných oblastech s vysokou koncentrací obyvatel a průmyslu. Příkladem takových úprav mohou např. být rozsáhlé regulace dolní Moravy a Dyje, plánované na počátku 19. století Provinčním stavebním ředitelstvím Brno (obr. 1). Za účelem protipovodňové ochrany



**Obr. 1** Ukázka plánu z projektu napřímování koryta toku Dyje z roku 1834.

*Zdroj: Povodí Moravy.*

mělo dojít k napřímění toku Dyje v úseku pod Tasovicemi z původních 85 na 54 km (Veselý, 2005). S podobnými rozsáhlými historickými úpravami koryt se však setkáváme na většině významných toků v Čechách i na Moravě.

Úpravy se v tomto období dotkly i drobných toků v pramenných oblastech. Typickým příkladem mohou být úpravy koryt toků a výstavba kanálů pro plavení dřeva v oblasti Šumavy a Pootaví, realizované již od 18. století.

První klíčové období rozsáhlých úprav toků představuje konec 19. století, kdy pod vlivem ničivých povodní dochází k soustavnému budování protipovodňových opatření i k prvním melioracím drobných toků. Ochranu rozrůstajících se sídel a nově vznikajících průmyslových podniků před povodněmi měly zajistit často velmi nákladné regulace hlavních toků, které v řadě měst zůstávají dodnes základním kamenem protipovodňové ochrany. Prováděné úpravy měly zpravidla za cíl zkapacitnění koryt toků a rychlé provedení vody ohroženým územím. Příkladem může být regulace toků

v Plzni, započatá po povodni v roce 1890. Rozsáhlá opevnění nábřeží Mže a Radbuzy, které město chrání před povodněmi dodnes, byly budovány téměř 30 let (Skala a kol., 2003). Rozsáhlé protipovodňové úpravy zasáhly i drobné toky v horských oblastech, jak o tom svědčí doposud funkční regulace koryta Úpy v Krkonoších, realizované na konci 19. století.

Pro regulace drobných toků položil základ tzv. meliorační zákon z roku 1884, k plošně rozsáhlým úpravám toků však docházelo až v souvislosti s pozemkovou reformou v letech 1919–1935. V období první republiky vrcholily úpravy významných toků, které doprovázely úpravy drobných toků v zemědělské krajině. Jednalo se nejčastěji o napřímení drobných toků za účelem odvodnění zemědělsky využívaných ploch a o výstavbu protipovodňových hrází v údolní nivě. Řada stavebních úprav na tocích byla prováděna i v rámci veřejně prospěšných prací zajatci z 1. světové války či nezaměstnanými za hospodářské krize ve 30. letech. Tyto úpravy, které se dotkly velké části toků v zemědělské krajině, ovlivnily podobu říční sítě na dlouhá desetiletí.

Další mezník ve vývoji úprav toků představuje období socialistické kolektivizace zemědělství, zaváděné od 50. let 20. století. Postupné zprůměrnění zemědělství a snaha o využití i méně vhodných pozemků k pěstování plodin vedly k masivním úpravám drobných vodních toků, velkoplošnému odvodňování a melioracím zemědělských ploch. K zásadním změnám v průběhu říční sítě docházelo i v důsledku



**Obr. 2** Žižkův most. Přeložení koryta Březového potoka v povodí Otavy po regulaci ve 20. letech 20. století zanechalo původní středověký most na suchu, mimo současné koryto toku. *Foto J. Langhammer, 2003.*

průmyslové a důlní činnosti. Nejvýraznějším příkladem může být povodí Bíliny, kde kvůli povrchové těžbě hnědého uhlí došlo k mimořádným zásahům do říční sítě – přeložkám, kanalizaci a zatrubnění hlavního toku a úpravám geometrie a struktury celé říční sítě.

Současná míra upravenosti říční sítě v ČR je, stejně jako ve většině vyspělých zemí Evropy, vysoká – známky upravenosti vykazuje 28,4 % délky říční sítě, z útvarů povrchových vod, vymezených na základě legislativy EU je 54 % klasifikováno jako silně ovlivněné (Hladný, Němec a kol., 2006). Intenzita a charakter upravenosti říční sítě se v jednotlivých povodích a regionech významně liší, přesto se v důsledku promítá do širšího ovlivnění odtokového procesu a retenční schopnosti krajiny.

## 2. Metody a přístupy k hodnocení upravenosti toků

Pro získávání a vyhodnocování informací o intenzitě a prostorové struktuře antropogenní upravenosti toků existuje řada metodických postupů, využívajících různých datových podkladů. Přístupy, používané pro vyhodnocení míry a charakteru upravenosti toků se liší především podle účelu hodnocení a využívaných zdrojových dat.

Základní a nejpodrobnější podklad o zásazích do toků představuje vodohospodářská evidence technických úprav koryt, kterou pořizují správci toků. Tato dokumentace má technický a evidenční charakter a zpravidla není volně dostupná pro účely komplexního vyhodnocení.

Historické úpravy geometrických změn trasy toků jsou předmětem hodnocení, založených na historických mapových podkladech. Tyto přístupy se rozvíjejí s dostupností historických mapových děl a rozvojem geoinformačních technologií. Příklad vývoje metody na hodnocení historických změn říční sítě a její aplikace přináší např. Langhammer a Vajskebr, 2003.

Pro posouzení komplexních vztahů mezi antropogenními zásahy do prostředí vodního toku a ovlivněním odtokových charakteristik je však třeba hodnotit širší spektrum parametrů, než představují změny půdorysného průběhu toku a technické parametry jednotlivých regulačních objektů v korytě. Na ovlivnění odtoku, zejména při extrémních vodnostech má vliv řada dalších charakteristik upravenosti vlastního toku, ale i příbřežní zóny a údolní nivy. Pro tyto charakteristiky zpravidla nejsou dostupné údaje ve stávajících mapových podkladech či databázích a je třeba je získat účelovým terénním mapováním.

S rozvojem poznání významu těchto tzv. hydromorfologických charakteristik pro ekosystémy toků vznikla zejména v posledních dvou desetiletích v zahraničí i v ČR řada metodik, umožňujících mapování a hodnocení ekomorfológických parametrů toků. Přístupy, na kterých jsou tyto metodiky založené, představují podklad, který lze v určitých modifikacích využít i pro účely hodnocení vlivu antropogenních změn toků na průběh a následky povodní.

Z nejvýznamnějších ekomorfológických metodik, aplikovaných ve významné sféře lze uvést např. zahraniční metodiky LAWA (LAWA, 1999), River Habitat Survey (EA, 2003), RBP (Barbour *et al.*, 1999) slovenská metodika (Magulová, 2006) nebo meto-

díky vzniklé na našem území – Šindlar (Vlček, Šindlar, 2002), AOPK Brno (Demek a kol, 2006) nebo EcoRivHab (Matoušková, 2001).

Pro praktickou aplikaci ekomorfologických přístupů představuje rozhodující impuls Rámcová směrnice o vodní politice ES 2000/60/ES, která nově požaduje hodnocení hydromorfologické složky kvality pro stanovení ekologického stavu toku. Rozhodující význam pro sjednocení hodnotících přístupů má zde norma EN14614, která sjednocuje metodiku hodnocení hydromorfologických charakteristik toků pro potřeby Rámcové směrnice. S touto normou je např. kompatibilní metodika HEM (Langhammer, 2007), která je pro monitoring hydromorfologického stavu toků pro účely RS zavedena v ČR.

Pro účely hodnocení vlivu hydromorfologických změn na povodně však výše uvedené metodiky nejsou přímo využitelné. Příčinou je zejména odlišný účel hodnocení a z něj vyplývající výběru specifických ukazatelů, dále rozsah struktury a podrobnosti zvolených parametrů a specifické systémy jejich hodnocení (Langhammer, 2004). Základní rozdíly mezi hydromorfologickým hodnocením a hodnocením pro účely hodnocení průběhu a následků povodní spočívají v následujících aspektech:

### *1. Odlišný účel použití*

Cílem ekomorfologického hodnocení je zmapovat hydromorfologické složky kvality toku a s jejich pomocí vyhodnotit ekologický stav toku. Cílem mapování pro účely hodnocení vlivu úprav toků na průběh a následky povodní je naproti tomu hodnotit pouze ty struktury toku a nivy, které ovlivňují odtokový proces při extrémních vodních stavech.

### *2. Odlišná struktura hodnotících parametrů*

Ekomorfologické přístupy mají díky odlišnému účelu využití komplexnější charakter a pracují se širokým spektrem ukazatelů, které pro specifické účely hodnocení míry ovlivnění odtokového procesu nejsou relevantní, na druhé straně postrádají některé ukazatele, popisující průběh a následky povodně v daném úseku.

### *3. Rozdílný způsob hodnocení*

Hodnocení ekologického stavu je ve většině metodických postupů založeno na srovnání aktuálních poměrů s tzv. referenčním stavem. Hodnocení pro účely analýzy vlivu antropogenních změn toků na průběh a následky povodní je naopak založeno na přímém vyhodnocení intenzity ovlivnění odtokového procesu metodou skórování.

Pro potřeby hodnocení upravenosti toků a nivy s ohledem na její vliv na průběh a následky povodní byl proto vyvinut nový metodický rámec pro mapování a následné vyhodnocení – metodika MUTON (Langhammer a kol., 2005).

Mapování proběhlo v letních měsících 2005, zmapováno bylo 289,9 km toků a údolní nivy, představující hlavní toky povodí a jejich přítoky, které mají významný podíl na formování odtoku (obr. 3). Celkem bylo zmapováno 45 toků, které byly rozděleny na 918 úseků, představující elementární jednotky, na kterých byly hodnoceny jednotlivé aspekty antropogenní upravenosti a projevů povodně.

### 3. ASTRA – metodika pro hodnocení upravenosti toků

Pro vyhodnocení výsledků mapování byla vypracována metodika ASTRA (Analysis of Stream Transformation), která umožňuje kvantifikovat výsledky získané terénním mapováním a vzájemně porovnat i výsledky mapování, založené na odlišné metodice (Langhammer, 2006). Metodika je založena na kvantitativním hodnocení jednotlivých charakteristik upravenosti z pohledu intenzity ovlivnění odtokou při povodni. Hodnocení je založeno na metodě skórování, tj. přidělení bodových hodnot jednotlivým hodnoceným parametrům u vybraných ukazatelů, což umožňuje jejich kvantitativní a geostatistickou analýzu.

Zpracování výsledků je prováděno v prostředí GIS, kde je spravována jak prostorová vrstva úseků toků, tak připojená databáze dat z výsledků mapování. Správa a vyhodnocení geodatabáze je provedena v prostředí GIS MapInfo Professional. Pro automatizaci zpracování dat a jejich klasifikaci byl vytvořen program v jazyce MapBasic. Program automatizuje řadu operací, jako vytváření jednotné struktury tabulky, převod hodnot parametrů z mapovacího formuláře, vyhodnocení hodnot mapovaných odděleně na pravém a levém břehu a klasifikaci vybraných parametrů, výpočet dílčích ukazatelů a indexu upravenosti toku podle výše definované metodiky.

Metodika ASTRA byla aplikována na povodí na povodí jihočeské Blanice, výrazně zasažené katastrofální povodní v srpnu 2002.

#### 3.1 Struktura ukazatelů

Metodika ASTRA vychází ze strukturovaného přístupu k ukazatelům podle jejich informační hodnoty a úrovně zpracování a člení je na ukazatele analytické a syntetické.

Analytické ukazatele představují základní ukazatele, hodnotící jednotlivé složky prostředí vodního toku, míru jejich antropogenní transformace a charakter následků povodně. Analytické ukazatele jsou podle informačního obsahu členěny na:

- *ukazatele intenzitní*, které charakterizují intenzitu transformace určitého typu prostředí toku a nivy (ukazatele upravenosti trasy toku, podélného profilu, koryta toku a využití údolní nivy),
- *ukazatele identifikační*, které přinášejí údaje o prostorovém výskytu prvků, významných z hlediska průběhu a následků povodně (přítomnost překážek proudění, geomorfologické projevy povodně, povodňové škody),
- *ukazatele informační*, které zahrnují doplňkové informace o prostředí toku a údolní nivy.

Ze základních analytických ukazatelů jsou odvozeny syntetické ukazatele, které umožňují komplexní hodnocení intenzity a struktury upravenosti říční sítě a vzájemné srovnání oblastí s odlišnými přírodními a socioekonomickými poměry.

Jako základní syntetické ukazatele jsou hodnoceny:

- index upravenosti toku,
- identifikace kritických elementů říční sítě.

### 3.2 Rekódování výsledků mapování

Základním předpokladem pro kvantifikaci údajů je rekódování výsledků terénního mapování do struktury odpovídající metodice ASTRA. Jako základní vstupní data jsou použity výstupy z mapování pomocí metodiky MUTON, která je navržena tak, aby umožňovala snadné následné zpracování (viz kapitola Langhammera a Křížka v této knize). Pro rekódování je však možné využít i data, získaná pomocí jiných mapovacích metodik.

Kvantitativního hodnocení používá bodování ve škále 1–5, přičemž 1 bod představuje nejnižší intenzitu upravenosti, 5 bodů maximální intenzitu.

Bodové hodnoty jsou jednotlivým parametrům přiřazeny na základě zkušeností s vyhodnocením upravenosti toků a následků povodní 2002 a 2006 (Vilímek a kol, 2003, Langhammer a kol, 2005, Langhammer a kol., 2006). Přiřazení bodů jednotlivým kategoriím bylo v rámci kalibrace metodiky testováno v povodích s rozdílnými geografickými charakteristikami (povodí Otavy, Blanice a Sázavy).

### 3.3 Index upravenosti toku

Index upravenosti toku představuje základní syntetický ukazatel, hodnotící celkovou intenzitu upravenosti toků a údolní nivy. Je odvozený na základě bodového hodnocení intenzity upravenosti v jednotlivých parametrech.

Výpočet indexu upravenosti ( $I_T$ ) je založen na postupném vyhodnocení v následujících krocích:

#### 1. Výpočet dílčích indexů upravenosti pro ukazatele.

Dílčí index upravenosti je odvozen pro jednotlivé intenzitní ukazatele, kterými jsou upravenost trasy toku (index  $T_T$ ), upravenost podélného profilu toku ( $T_L$ ), upravenost koryta ( $T_B$ ) a upravenost příbřežní zóny ( $T_N$ ). Bodové hodnoty intenzitních parametrů se pohybují ve škále 0–5 bodů.

#### 2. Výpočet indexu upravenosti úseku.

Pro každý úsek je vypočtena hodnota Indexu upravenosti úseku  $I_{TE}$  jako aritmetický průměr hodnot upravenosti hlavních intenzitních ukazatelů (1).

Alternativním vyjádřením je kumulovaný index upravenosti úseku  $I_{TEC}$  (2)

$$I_{TE} = \frac{T_T + T_L + T_B + T_N}{4} \quad (1)$$

$$I_{TEC} = T_T + T_L + T_B + T_N \quad (2)$$

kde  $I_{TE}$  – index upravenosti úseku,  $I_{TEC}$  – index kumulované upravenosti úseku,  $T_T$  – upravenost trasy toku,  $T_L$  – upravenost podélného profilu,  $T_B$  – upravenost koryta toku,  $T_N$  – upravenost příbřežní zóny.

### 3. Výpočet indexu upravenosti toku.

Na základě hodnot indexu upravenosti pro jednotlivé úseky je odvozen celkový index upravenosti toku  $I_T$ , resp. index kumulativní upravenosti  $I_{TC}$  pro hodnocený tok, resp. povodí či jejich dílčí část.

Hodnota průměrného indexu upravenosti  $I_{TA}$  je vypočtena jako poměr mezi sumou hodnot indexu upravenosti úseku  $I_{TE}$  (3).

Hodnota indexu kumulativní upravenosti  $I_{TC}$  je vypočtena jako suma hodnot indexu kumulované upravenosti úseku  $I_{TEC}$  (4):

$$I_{TA} = \frac{\sum_{i=1}^n I_{TE}}{n} \quad (3)$$

$$I_{TC} = \frac{\sum_{i=1}^n I_{TEC}}{n} \quad (4)$$

kde  $I_{TA}$  – průměrný index upravenosti toku,  $I_{TC}$  – kumulovaný index upravenosti toku,  $I_{TE}$  – index upravenosti úseku,  $I_{TEC}$  – kumulovaný index upravenosti úseku,  $n$  – počet hodnocených úseků.

### 3.4 Identifikace kritických úseků

Identifikace kritických úseků je založena na multikriteriálním vyhodnocení intenzity a struktury upravenosti říční sítě ve více ukazatelích.

Výzkum průběhu a následků extrémních povodní, které v prostoru ČR a střední Evropy proběhly v letech 1997 a 2002 ukázal, že řada antropogenních úprav toků a nivy může za určitých podmínek ovlivňovat charakter proudění vody při povodni a tím následně zhoršovat její průběh a následky.

Antropogenní úpravy toků a nivy mají na ovlivnění proudění a tím i na průběh a následky povodně vliv zejména v následujících aspektech:

- urychlení proudění a postupu povodňové vlny,
- výskyt potenciálních překážek proudění,
- nevhodná struktura upravenosti průběhu trasy toku,
- omezené využití retenčního potenciálu údolní nivy,
- zástavba inundačního území bez odpovídající protipovodňové ochrany.

Úseky, ve kterých se tyto potenciálně kritické aspekty upravenosti vyskytují, je možné identifikovat na základě buď stávajících dat hydromorfologického monitoringu nebo výsledků účelového mapování. Vyhodnocení dat a výběr kritických úseků probíhá v prostředí GIS.

*Urychlení proudění a postupu povodňové vlny.* Intenzivní úpravy toků mohou mít v určitých případech za následek urychlení postupu povodňové vlny (viz Langhammer, Vajskebr, 2003). Jedná se zejména o napřímení trasy toku, případně úpravy koryta toku v příčném profilu. Pro identifikaci úseků, kde charakter úprav může napomáhat urychlení odtoku a zrychlení postupu povodňové vlny jsou použita následující kritéria:



- výskyt umělého napřímení trasy toku v daném úseku,
- umělé zpevnění břehu koryta a dna toku kamennou dlažbou nebo betonem,
- sinuosita úseku menší než 1,05.

Identifikace úseků, vyhovujících uvedeným kritériím je prováděna v prostředí GIS. Vedle výběru typů antropogenních úprav toku je vhodné hodnocení omezit pouze na přímé, nebo pouze mírně zvlněné úseky, kde je předpoklad nejvýraznějšího vlivu napřímení toku na urychlení postupu povodňové vlny. Tímto omezujícím parametrem je sinuosita neboli stupeň vývoje toku, vypočtená v GIS z topologických charakteristik úseků jako podíl mezi skutečnou a přímkovou délkou úseku.

*Výskyt potenciálních překážek proudění.* Na základě vyhodnocení následků extrémních povodňových událostí se ukazuje, že určité objekty jako vysoké jezy, propustky, mosty a násypy trati představují prvky, mohou lokálně výrazně zhoršovat průběh a následky povodní. Úseky, ve kterých se uvedené jsou v korytě toku a údolní nivě je tedy možno považovat za potenciální rizikový a uvedené ve vztahu.

*Nevhodná struktura upravenosti trasy toku.* Lokality, ve kterých dochází ke střídání upravených a neupravených úseků toku, resp. místa, kde upravený a napřímený tok je zaústěn do přirozeně meandrujícího či zvlněného úseku představují místa se zvýšenou koncentrací erozních, akumulačních i destrukčních projevů povodně. Tyto lokality jsou proto v rámci hodnocení považovány za potenciálně kritické.

**Tab. 1** Přiřazení bodové hodnoty kategoriím intenzitních ukazatelů MUTON.

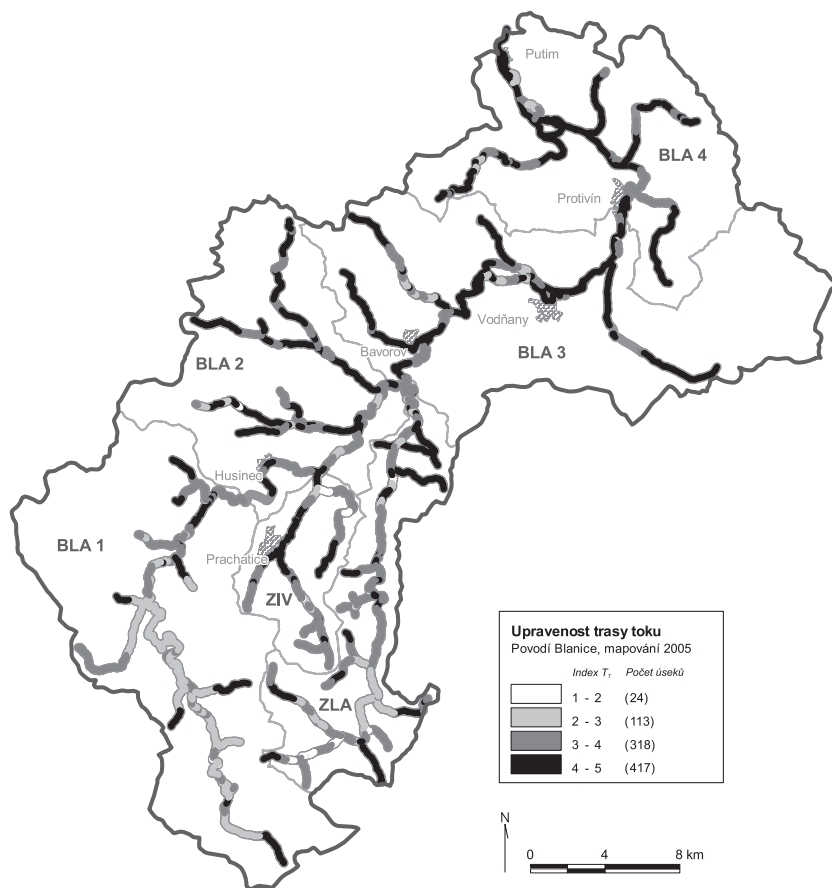
Upravenost trasy toku (index $T_T$ )		Upravenost podél. profilu (index $T_L$ )		Upravenost koryta toku (index $T_B$ )		Využití přibřežní zóny (index $T_N$ )	
kategorie	body	kategorie	body	kategorie	body	kategorie	body
Divočící, rozvětvený	1	Úsek bez vertikálních překážek	1	Přírodní koryto bez známky úprav	1	Les	1
Přirozeně meandrující	2	Přirozené nízké stupně v korytě	2	Vegetační opevnění, dřevěná kulatina	2	Louka	2
Zákruty přirozeného původu	3	Přirozené vysoké stupně v korytě	3	Břeh zpevněný kamenným pohozem	3	Orná půda	3
Přirozeně přímý úsek	4	Nízký jez (do 1 m)	3	Břeh nebo dno zpevněné trávoconovou dlažbou	3	Opuštěná orná půda	2
Zákruty se známkami napřímení	4	Stupňovitý jez, skluz	3	Břeh nebo dno zpevněné vyzdívkou či betonem	4	Zahrady	3
Napřímený úsek	5	Vysoký jez (přes 1 m)	4	Souvislé betonové zpevnění břehu i dna	4	Roztroušená zástavba	4
Revitalizovaný úsek	2	Hráz	5	Zatrubnění	5	Intravilán	5
						Průmysl, těžba	5

*Omezené využití retenčního potenciálu údolní nivy.* Nejčastější příčinou snížení využitelnosti přirozeného retenčního potenciálu údolní nivy, který je využitelný pro transformaci a tlumení účinků povodně, představují ochranné hráze, bránící před rozlivem vody do údolní nivy při vyšších vodních stavech. Tyto hráze byly v minulosti často budovány nejen v místech, kde ochraňují sídla, průmyslové objekty nebo infrastrukturu, ale i pro ochranu zemědělských ploch. Příkladem může být dolní část toku Blanice, kde ochranné hráze, chránící zemědělskou půdu znemožňují aktivní využití ploché a více než 1 km široké údolní nivy na úseku dlouhém téměř 20 km (obr. 5).

*Intravilány obcí a průmyslové provozy v nivě bez protipovodňové ochrany.* Intravilány obcí a průmyslové závody představují zpravidla místa s mimořádnou kulturní a ekonomickou hodnotou a zároveň místa přímého ohrožení obyvatelstva při průchodu povodně. Zpravidla jsou před následky velkých vod chráněny protipovodňovými úpravami – nejčastěji pevnými hrázi podél toku nebo zkapacitněním koryta. Místa bez odpovídající ochrany jsou však potenciálně kritická vzhledem k riziku vzniku výrazných škod na majetku a infrastruktuře, stejně jako druhotných škody, vyvolaných záplavou jako je evakuace obyvatel, přerušení provozu, přerušení dodávek energie, atp.

**Tab. 2** Základní kategorie upravenosti v hodnocených ukazatelích a podíl úseků v těchto kategoriích na celkové délce hodnocené říční sítě.

Upravenost trasy toku	%	Upravenost podél. profilu	%	Upravenost koryta toku	%	Využití přibližné zóny	%
Divočící	0,4	Úsek bez vertikálních překážek	70,4	Přírodní (bez známky úprav)	46,2	Les	24,0
Rozvětvené	1,6	Přirozené nízké stupně v korytě (0–50 cm)	16,5	Vegetační zpevnění břehu	13,7	Louka	41,1
Meandrující	17,4	Přirozené vysoké stupně v korytě (nad 50 cm)	0,5	Břeh zpevněný dřevěnou kulatinou	0,3	Orná půda	22,4
Zvlňené	35,2	Nízký jez (0–1 m)	7,2	Břeh zpevněný nezpevněným kamenným materiálem	9,3	Opuštěná orná půda	1,2
Přirozeně přímé	4,9	Stupňovitý jez, skluz	0,7	Břeh nebo dno zpevněné lomovým kamenem – rovnanina	6,4	Zahrady	1,9
Uměle napřimené	40,6	Vysoký jez (nad 1 m)	3,2	Břeh nebo dno zpevněné polovegetačními tvárniciemi	3,6	Roztroušená zástavba	5,3
		Hráz	1,5	Břeh nebo dno zpevněné betonem	18,5	Intravilán	4,3
				Souvislé zpevnění břehu i dna betonem	0,7	Průmysl, těžba	0,8



**Obr. 3** Upravenost trasy toku na základě terénního mapování. Procentuální hodnoty udávají podíl délky toků s daným stupněm upravenosti trasy toku. *Data: PřF UK Praha, 2005.*

Výběr kritických úseků je prováděn na základě klasifikace geodatabáze výsledků mapování v prostředí GIS. Výsledky jsou následně ověřeny porovnáním s výsledky terénního průzkumu, leteckými snímky či dalšími podpurnými materiály.

## 4. Výsledky

### 4.1 Analytické ukazatele

Terénní mapování upravenosti toků a příbřežní zóny přineslo informace o současném stavu a prostorové diferenciaci antropogenních zásahů do říční sítě v povodí Blanice. Mapované kategorie upravenosti pro základní hodnocené ukazatele a výsledky vyhodnocení podílu jejich výskytu na celkové délce hodnocené říční sítě shrnuje tab. 1.

#### 4.1.1 Upravenost trasy toku

Analýza upravenosti trasy toku potvrdila významný podíl antropogenně upravených úseků na celkové délce říční sítě a silnou prostorovou diferencii zásahů do půdorysného průběhu koryt, na který upozornila analýza historických změn říční sítě (Langhammer, Vajskebr, 2006).

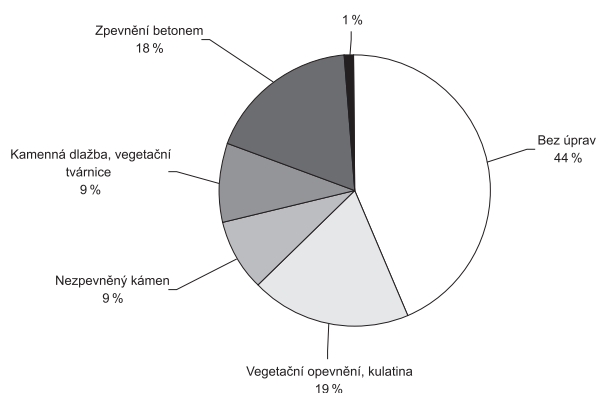
Úseky s napřímením průběhu koryta tvoří 40,6 % hodnocené délky říční sítě, přičemž spolu se zvlněnými úseky, kde je možné předpokládat rovněž antropogenní zásahy do geometrie trasy toku, představují více než 75 % celkové délky říční sítě (obr. 3).

Meandrující úseky, které mají význam pro potenciální využití k transformaci povodňové vlny v údolní nivě, nacházíme na 17,4 % délky toků. Z této délky je však pro pasivní protipovodňovou ochranu využitelná pouze malá část úseků. Jde, zejména na dolním toku, často o opuštěné meandry, které jsou oddělené od toku protipovodňovou hrází, která brání jejich využití jako retenčního prostoru při zvýšených vodních stavech.

Analýza transformace trasy koryt toků současně ukazuje na značnou variabilitu intenzity upravenosti mezi jednotlivými částmi povodí, mezi jednotlivými vodními toky i mezi jednotlivými úseky toků. Horní část povodí Blanice, Zlatého potoka a jejich přítoků patří k úsekům s nejmenším podílem antropogenních zásahů, dolní části povodí jsou díky intenzivním zemědělským, sídelním a dopravním aktivitám transformovány často až v extrémní míře. Nejvyšší intenzitu upravenosti pozorujeme na drobných tocích v dolní části povodí v zemědělské krajině, kde změny geometrie trasy toku jsou často patrné na celé délce toku.

#### 4.1.2 Upravenost podélného profilu

Upravenost podélného profilu, tj. přítomnost přirozených či umělých stupňů v korytě, významně ovlivňuje charakter proudění vody v korytě toku. Při povodňových situacích místa skokové změny podélného profilu akcelerují erozní i akumulární procesy, a představují tak zpravidla ohniska zvýšených destruktivních účinků povodně (Křížek, Engel, 2003).



Obr. 4 Upravenost toků v povodí Blanice. Data: Mapování PřF UK, 2005.

V povodí Blanice úseky s úpravami podélného profilu tvoří v absolutním úhrnu délky říční sítě menšinu. Přes 70 % délky hodnocených úseků nevykazuje známky upravenosti v podélném profilu, mezi jednotlivými toky však jsou podstatné rozdíly. Úpravy podélného profilu zpravidla doprovázejí napřímení toku, kdy umělé stupně kompenzují změny ve sklonu hladiny a rychlosti proudění v napřímených úsecích.

Umělé stupně v korytě jsou prostorově soustředěny především do dolní části povodí Blanice. Nejintenzivněji jsou upravené dolní úseky Blanice a Zlatého potoka a jejich přítoků. Toky v horské části povodí jsou naopak upraveny minimálně – podíl upravených úseků s umělými stupni v této části povodí nepřesahuje 5 % úhrnné délky toků.

#### 4.1.3 Upravenost koryt toků

Úpravy koryta toku ovlivňují podmínky proudění v korytě při normálních i extrémních vodních stavech. Zásahy do geometrie koryta toku se v závislosti na použitém materiálu projevují snížením hydraulické drsnosti koryta, což se odráží v nižším tření a vyšší rychlosti proudění vody v korytě.

Upravenost koryt toků byla při mapování hodnocena odděleně pro pravý a levý břeh v kategoriích shrnutých v tab. 1, pro souhrnné vyhodnocení byla upravenost v daném úseku hodnocena vždy jako nejvyšší hodnota zaznamenaná na pravém či levém břehu daného úseku.

V povodí Blanice nacházíme výrazné regionální rozdíly v intenzitě a charakteru upravenosti koryt toků. V povodí jako celku je výrazný vysoký podíl neupravených úseků na celkové délce hodnocené říční sítě – celkem 46,2 % délky říční sítě. Spolu s přírodě blízkými formami úprav břehů představují 60 % veškeré říční sítě. Úseky s nejvyšší intenzitou transformace, tj. úseky s korytem částečně či úplně zpevněným betonem včetně zatrubnění, představují přes pětinu celkové délky říční sítě. Takto vysoký podíl intenzivně upravených úseků toků není adekvátní charakteru využití území. Podíl délky úseků připadající na intravilány obcí či průmyslové areály, kde intenzivní upravenost může být součástí protipovodňových opatření, totiž v povodí nepřesahuje 5 %.

Mezi různými oblastmi povodí a jednotlivými toky pozorujeme zásadní rozdíly ve struktuře a intenzitě využití příbřežní zóny toků. Ty jsou dané geografickou polohou území a charakterem jeho celkového využití. V zemědělských oblastech na dolní části povodí nacházíme na drobných tocích až extrémní podíly orné půdy na celkové délce příbřežní zóny. To je např. případ Bavorovského potoka, Zábořského potoka, Tálínského potoka a dalších drobných toků na dolním toku Blanice. Na řadě těchto toků po celé jejich délce nenacházíme žádné úseky s přírodě blízkým charakterem využití příbřežní zóny.

Značná část těchto intenzivních úprav koryt toků, zejména na drobných tocích, je pozůstatkem hydromelioračních opatření z druhé poloviny 20. století. Z hlediska současného pohledu na management vodních toků a přístupu ke komplexní protipovodňové ochraně je tento extenzivní způsob úpravy koryt toků překonaný. Pro řadu toků, kde to umožňují přírodní a socioekonomické poměry, by vhodným řešením mohla být revitalizační úprava.



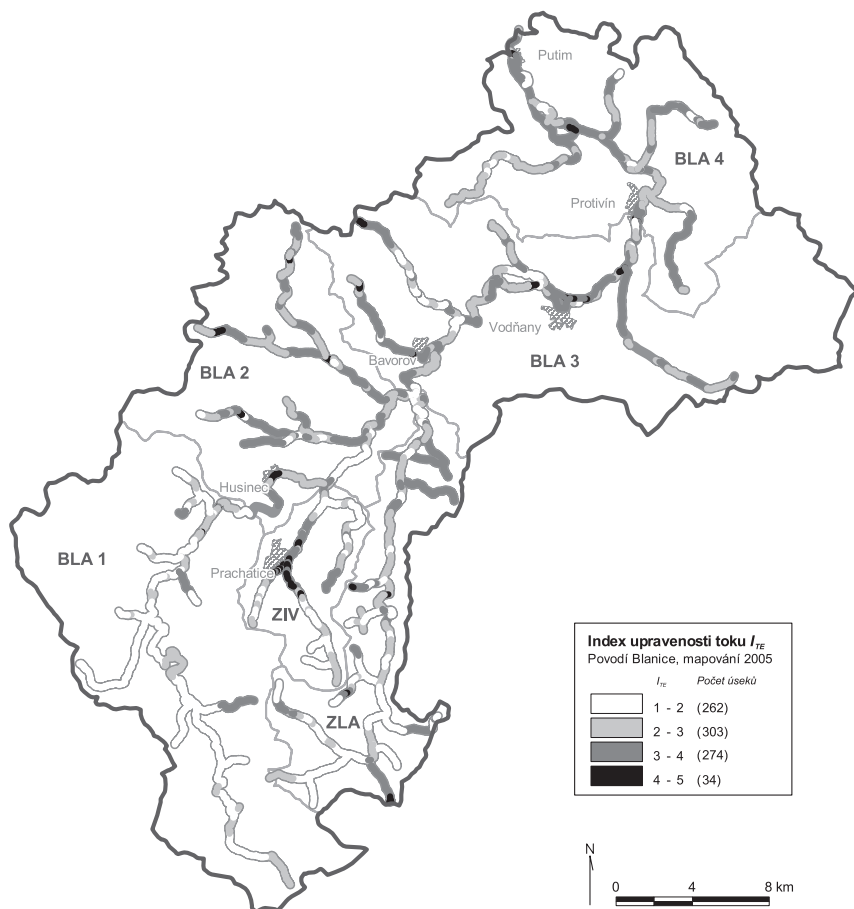
**Obr. 5** Napřímené koryto Blanice na dolním toku s protipovodňovými valy. Ochranné hráze, chránící zde zemědělskou půdu, brání efektivnímu využití retenčního potenciálu ploché údolní nivy pro pasivní protipovodňovou ochranu. Foto J. Langhammer, 2005.

Na průběh a následky povodně má vedle vlastního charakteru upravenosti koryta zásadní význam *struktura upravenosti toku*, tj. střídání upravených a neupravených úseků. Dlouhé upravené úseky toku zrychlují proudění a při přechodu do neupravených úseků, zejména v místech zákrutů či meandrů, dochází při vysokých vodních stavech k akceleraci erozních i akumulčních projevů a k intenzivnějším škodám. Z hlediska protipovodňové ochrany představují mimořádně rizikový prvek zatrubněné úseky a propustky, u kterých při povodni dochází k zahlcení materiálem unášeným povodní a následnému vybřežení s často silnými destruktivními účinky.

#### 4.1.4 Využití příbřežní zóny

Pro možnost účinné transformace povodňové vlny v údolní nivě je velice důležitým parametrem struktura využití údolní nivy a zejména příbřežní zóny, která představuje klíčový prvek při transformaci povodňové vlny v nivě. Mapování charakteru současného využití území příbřežní zóny bylo prováděno v rozsahu do 50 m od koryta toku, odděleně pro pravý a levý břeh toku.

Údolní niva Blanice prošla v průběhu 20. století významnými změnami, zejména rozsáhlým zvýšením podílu zemědělsky využívaných ploch (Hesslerová, Macháčková, 2006). V současné době připadá nejvyšší podíl plochy příbřežní zóny na přirozené struktury, tj. louky a les, které dohromady zaujímají necelé 2/3 celkové délky hodnotených toků. Na téměř čtvrtině délky příbřežní zóny toků však nacházíme ornou



Obr. 6 Index upravenosti toku na hlavních tocích povodí Blanice. Data: mapování PŘF UK, 2005.

půdu, která z hlediska protipovodňové ochrany výrazně snižuje přirozenou retenční a transformační schopnost údolní nivy a příbřežní zóny.

Hlavní toky, zejména Blanice, které zasahují do více geografických zón, mají v souhrnném hodnocení vyrovnanou strukturu zastoupení jednotlivých tříd využití, jednotlivé části toku v horských a zemědělských oblastech však mají diametrálně odlišný charakter, a je proto nutno je posuzovat odděleně.

#### 4.1.5 Potenciální překážky proudění

Překážky proudění představují v systému hodnocení objekty, které při zvýšeném vodním stavu mohou díky nevhodné lokalizaci, nedostatečnému dimenzování nebo chybné konstrukci blokovat průchod povodňové vlny a zintenzivňovat následky povodně. Jako potenciální překážky byly při mapování hodnoceny propustky, mosty, jezy, objekty v nivě a násypy komunikací vedoucích napříč údolní nivou.

**Tab. 3** Upravenost říční sítě a přibřežní zóny v dílčích bilančních povodí Blanice.

Parametr \ Dílčí povodí	Zlatý potok	Blanice po Husinec	Živný potok	Blanice po Zlatý potok	Blanice – střední tok	Blanice – dolní tok
Plocha povodí	92,67	209,24	44,69	136,43	225,06	153,51
Délka toků (km)	72,05	68,74	28,65	56,61	68,706	58,46
Počet úseků	183	155	93	137	146	159
TT – Upravenost trasy toku	3,28	2,94	3,66	3,88	4,17	4,35
TL – Upravenost podélného profilu	1,54	1,39	1,70	1,37	1,63	1,35
Počet stupňů v korytě	54	125	212	65	45	32
TB – Upravenost koryta toku	2,38	1,39	2,23	2,53	2,36	2,50
TN – Využití údolní nivy	1,96	1,85	2,62	2,74	2,72	2,77
ITC – Index upravenosti toků kumul	9,16	7,56	10,20	10,53	10,88	10,97
ITA – Index upravenosti toku prům	2,29	1,89	2,55	2,63	2,72	2,74

Data: mapování PŘF UK, 2005.

Výsledky analýzy četnosti výskytu a prostorového rozložení potenciálních překážek proudění v povodí Blanice jsou z pohledu potenciálního ovlivnění průběhu a následků povodní alarmující.

Na 62 % délky hodnocené říční sítě nacházíme vždy alespoň jednu z uvedených potenciálních překážek proudění, zcela bez překážek je 340 úseků, které představují 37 % délky říční sítě. Na většině úseků se navíc setkáváme se současným výskytem více druhů překážek.

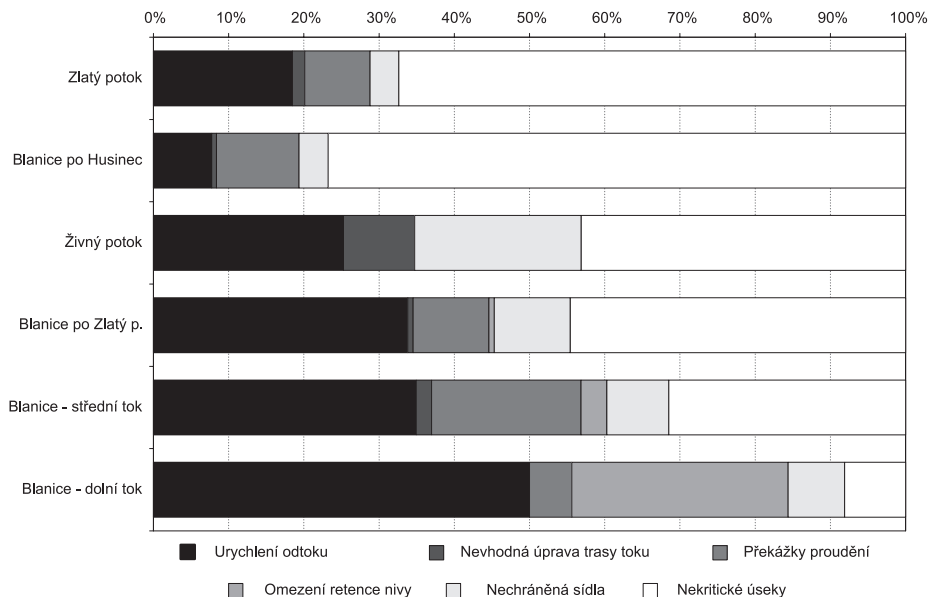
Toky, na kterých nenacházíme žádné překážky, jsou v celém povodí pouze dva a představují pramenné úseky v horské části povodí. Naproti tomu na více než třetině toků se po celé jejich délce setkáváme s objekty, které mohou působit jako potenciální překážky při povodních. Přesná kategorizace a lokalizace těchto objektů v prostředí GIS představuje důležitou informaci pro podrobnou analýzu těchto potenciálních rizikových elementů v říční síti.

#### 4.2 Index upravenosti toku

Celková míra upravenosti toků v povodí Blanice je výrazně prostorově proměnlivá, přičemž obecně lze konstatovat nárůst intenzity upravenosti ve směru od pramene k dolní části povodí. Úseky toku s vysokou intenzitou upravenosti, odpovídající hodnotě indexu upravenosti *ITE* vyšší než 3 nacházíme na středním a dolním toku Blanice a v oblasti sídel. Nejvyšší četnost výskytu úseků s vysokou intenzitou upravenosti však pozorujeme na drobných tocích, představující přítoky Blanice a Zlatého potoka ve střední a dolní části povodí.

Vysoká intenzita upravenosti toků ve všech hlavních hodnocených aspektech je zde dána intenzivním zemědělským využitím území a souvisejícími hydromelioračními zásahy. Intenzivní upravenost hlavních toků – Blanice a Zlatého potoka v jejich střední a dolní části souvisí především s protipovodňovými opatřeními a napřímením koryt toků. Nejintenzivněji upravenou oblastí je střední část toku Živného potoka





**Obr. 7** Výskyt a struktura kritických úseků hodnocených v dílčích povodích.

Data: PřF UK, mapování 2005.

v oblasti Prachatic, kde je vysoká úroveň transformace dána průchodem toku intravilánem.

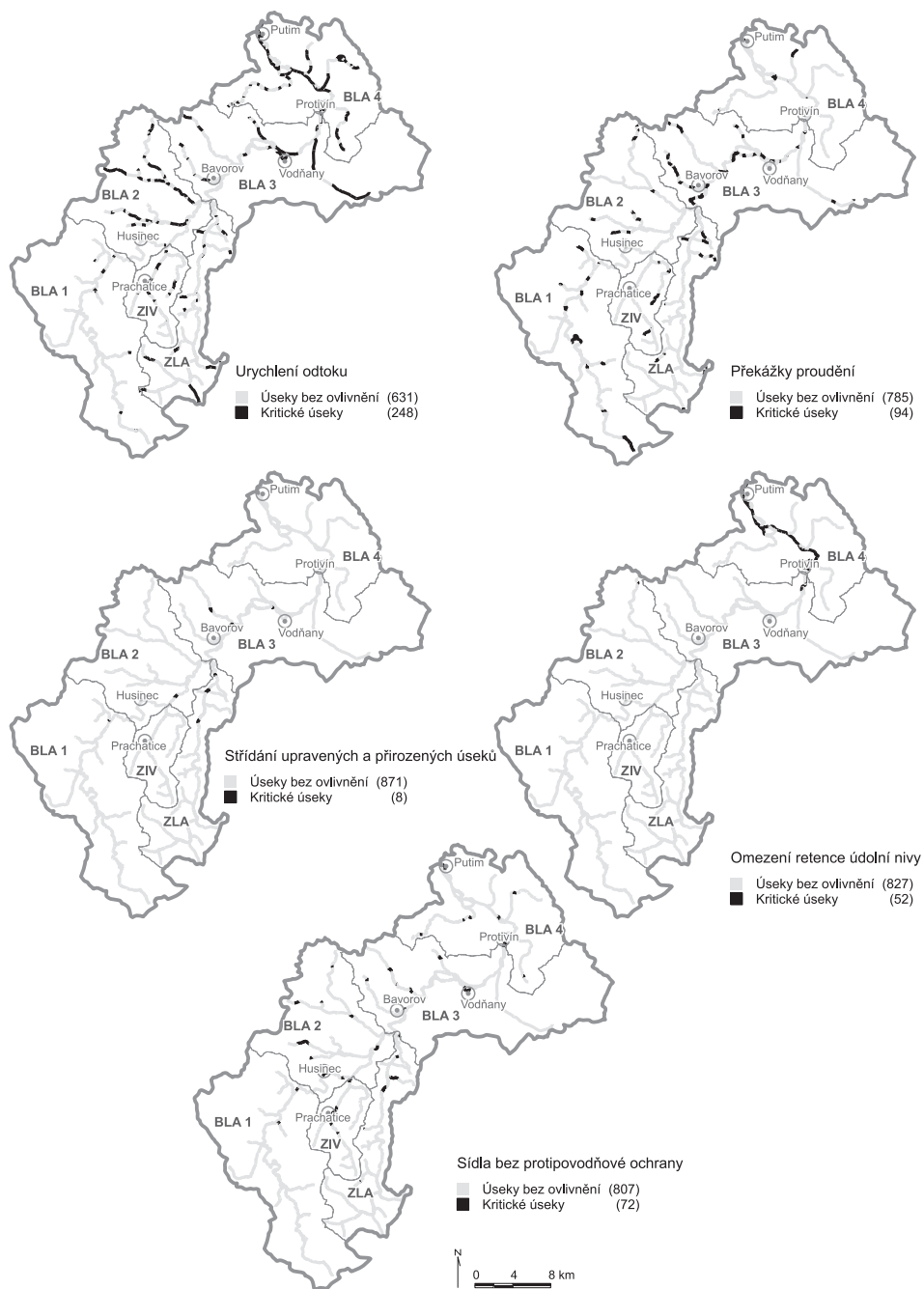
Prostorová variabilita celkové upravenosti i její vnitřní variabilita se odrážejí i na souhrnném vyhodnocení hlavních bilančních povodí (tab. 3).

Nejvyšší hodnoty průměrného indexu upravenosti povodí *ITA* jsou dosaženy na středním a dolním toku Blanice, nejnižší intenzita upravenosti je zaznamenaná na horním toku Blanice po VD Husinec. V horní části povodí je vzhledem ke členitosti reliéfu naopak relativně vysoký počet umělých stupňů v korytě – a to jak na horní Blanici, tak zejména na Živném potoce.

Celkově vysoká je ve všech dílčích povodích intenzita upravenosti trasy toku, a to včetně horní části povodí, nejvyšší variabilitu naopak vykazuje charakter využití údolní nivy.

### 4.3 Identifikace kritických úseků

Pro identifikaci kritických úseků toků byla použita kritéria uvedená v kap. 3. Výsledky analýzy ukazují, že výskyt kritických aspektů upravenosti toků a údolní nivy je v povodí Blanice velmi silně prostorově diferencovaný. Četnost výskytu kritických úseků se výrazně zvyšuje od pramenné oblasti směrem k dolní části povodí (obr. 7). Zatímco v pramenném úseku Blanice celkový úhrn kritických úseků představuje necelou čtvrtinu všech úseků, na dolním toku jde již o více než 90 % všech mapovaných úseků toku.



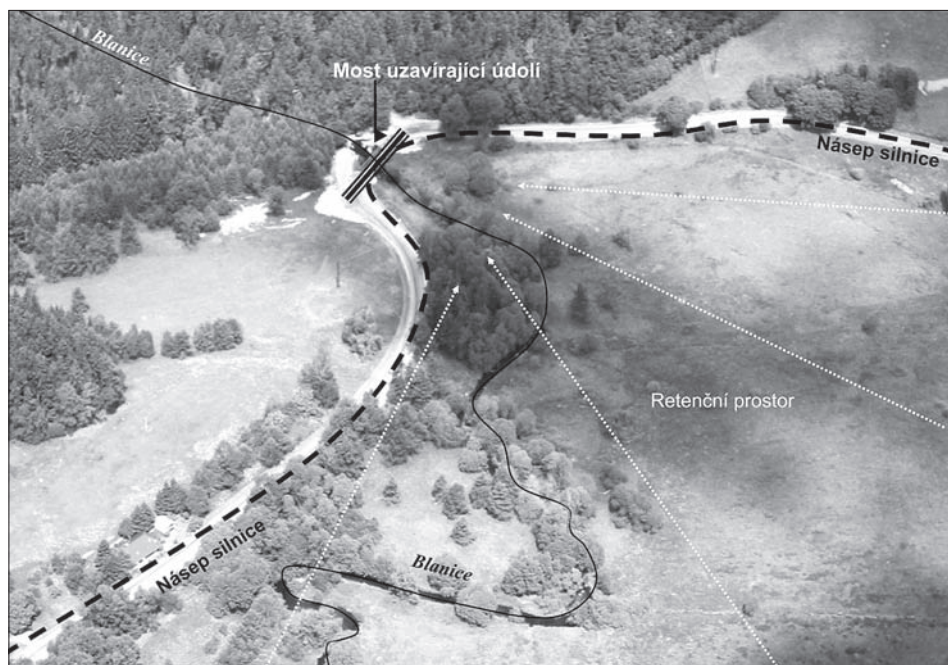
**Obr. 8** Typologie a prostorové rozložení kritických úseků toků a nivy v povodí Blanice.  
*Data: mapování PřF UK, 2005.*

Nejčtenější typ potenciálně kritických úprav toků v povodí Blanice představují úpravy toků, které působí na *urychlení proudění v korytě* a na zrychlení postupu povodňové vlny povodím. Představují 51 % všech úseků, vymezených jako potenciálně kritické (obr. 8).

Úpravy, způsobující pokles drsnosti koryta a urychlení proudění, tj. napřímení toku a úpravy příčného profilu, se vyskytují především na přítocích hlavních toků – Blanice a Zlatého potoka (obr. 7). Jde především o úpravy toků v zemědělské krajině, částečně i o úpravy koryt v intravilánech obcí. Specifický je 20 km dlouhý dolní úsek hlavního toku Blanice od Protivína po ústí, kde historicky proběhlo velmi výrazné napřímení koryta toku. Analýza historických map (Langhammer, Vajskebr, 2003) prokázala, že v průběhu posledních 160 let zde došlo ke zkrácení toku Blanice o více než 38 % její původní délky, přičemž tato úprava se projevila i ve výsledcích terénního mapování v roce 2005.

Úpravy a objekty, které představují *potenciální překážky proudění* při vysokém vodním stavu představují druhý nejčtenější kritický aspekt upravenosti toků a nivy v povodí Blanice. Celkem 94 nalezených překážek je soustředěno zejména do oblasti střední části povodí, řada z nich se však vyskytuje i na pramenných úsecích hodnocených toků.

Nejčtenějším typem překážky v povodí Blanice jsou propustky, které zpravidla představují významné riziko z hlediska ovlivnění průchodu povodně, jsou propustky.



**Obr. 9** Nevhodně umístěný a dimenzovaný most na horní Blanici jako překážka proudění vody při povodni. Foto J. Langhammer, 2003.

V rámci povodí jsou identifikovány na 53 úsecích, zejména na drobných tocích a přítocích hlavních toků. Kritickým místem jsou zejména vstupní otvory propustků, kde i při dostatečném návrhovém průtoku dochází velmi často k jejich zablokování materiálem, našeným povodní a k následnému poškození či destrukci celého objektu.

Vysoké jezy, jako další významný typ potenciální překážky proudění, byly identifikovány především na hlavních tocích – Blanice, Živném potoce a Zlatém potoce. Celkem bylo identifikováno na 15 úseků, kde se vykytují jezy s výškou nad 1 metr. Jezy, zejména v případě nevhodného umístění v zákrutu toku, byly v povodí Blanice při povodni v srpnu 2002 místy s mimořádnou koncentrací výskytu projevů eroze a fluviaálních akumulací (Křížek, Engel, 2003).

*Úpravy omezující využití retenčního potenciálu* údolní nivy jsou v povodí Blanice koncentrovány do souvislé oblasti údolní nivy dolního toku Blanice mezi Protivínem a soutokem s Otavou. Jde o oblast údolní nivy, široké místy až 1 km, která je převážně zemědělsky využita. Na celkem 52 úsecích byly identifikovány ochranné povodňové hráze podél toku Blanice, které chrání před velkou vodou nikoliv zástavbu či průmyslové objekty, ale zemědělskou půdu. Díky těmto hrázím není dostatečně využito retenční a transformační potenciál, který plochá a široká niva nabízí pro tlumení projevů povodně.

*Výskyt střídání napřímených úseků toku s meandrujícími úseky* je v povodí Blanice řídký – celkem bylo identifikováno 8 úseků s nevhodnou strukturou upravenosti trasy toku. Stejně jako u překážek proudění však v těchto lokalitách při povodni 2002 došlo k významným projevům erozní i akumulační činnosti toku. Tyto úseky je proto třeba považovat za potenciálně kritické a je třeba počítat s tím, že při nezměněném charakteru úpravy toku zde lze předpokládat opakování výskytu povodňových škod.

Většina sídel, situovaných na středních a dolních úsecích toků v povodí Blanice je zabezpečena proti škodlivým účinkům povodní formou zkapacitnění koryt toků v intravilánech, zpevnění a zvýšení břehů či protipovodňové hráze. Přesto mapování ukázalo na řadu úseků, kde se vyskytuje *souvislá zástavba bez adekvátní protipovodňové ochrany*. Většinu těchto lokalit představují menší obce na drobných tocích v podhorské části povodí. Výjimku představuje město Prachatice, kde ochrana před rozlivem Živného potoka, který zde v roce 2002 způsobil značné škody, zůstává stále minimální.

V řadě úseků se setkáváme se současným výskytem více typů úprav, které vedou k zařazení úseku mezi potenciálně kritické. V povodí Blanice je takových úseků 32 – z hlediska celkového podílu na množině hodnocených úseků sice tvoří výraznou menšinu, zkušenosti s následky extrémních událostí ukazují, že povodňové škody jsou rozloženy v prostoru velmi nepravidelně a že právě v lokalitách, kde jsou uměle zhoršeny podmínky pro průchod povodňové vlny či přirozený rozliv a kde je akumulovaný majetek dochází ke vzniku nejrozsáhlejších škod na majetku a infrastruktuře.

## 5. Diskuse

Analýza vlivu antropogenních úprav toků a údolní nivy na průběh a následky povodní je dlouhodobě předmětem četných studií. Extrémní povodně, které v letech 1997 a 2002 zasáhly ČR a Střední Evropu, přispěly ke vzniku řady výzkumných prací, jež posunuly stav poznání v této oblasti (Hladný a kol., 1998, ČHMÚ, 2003, VÚV, 2003, Vilímeček, Langhammer a kol., 2004, VÚV, 2006).

Můžeme tak konstatovat, že účinek jednotlivých typů úprav na ovlivnění odtoku při povodni je rozdílný a závisí především na charakteru úprav, jejich lokalizaci ve vztahu ke konkrétním geografickým podmínkám povodí a na prostorové úrovni hodnocení. Z hlediska protipovodňové ochrany je pak významný především rozdílný efekt jednotlivých typů úprav vzhledem k dosažené extremitě povodně.

Úpravy trasy toku, tj. zkrácení říční sítě, stejně jako úpravy koryta toku a charakter využití údolní nivy a příbřežní zóny představují zásahy, jejichž *význam klesá s extremitou povodně*. Úpravy toku a nivy mají zpravidla nejvyšší vliv na průběh povodní s nízkou extremitou a u povodní z přívalových dešťů. V těchto situacích napřímení trasy toků i úpravy jejich koryt mohou významně přispět ke zrychlení průchodu povodňové vlny povodím. Intenzivní zemědělské využití údolní nivy či její zastavění působí na ztrátu retenční kapacity a na pokles jejího transformačního účinku (Maidment, 1993, Just, 2006).

Ovlivnění průběhu povodně těmito ukazateli dosahuje zpravidla nejvyšších hodnot u malých až středních povodní, u extrémních událostí, zejména povodní zapříčiněnými regionálními dešti nebo táním sněhu, je vliv těchto činitelů marginální.

Z hlediska protipovodňové ochrany je proto nutné počítat s tím, že účinek případných revitalizačních a renaturalizačních opatření v povodí je limitovaný na povodně s nízkou extremitou a efekt těchto úprav pro transformaci extrémních povodní, jakými byly např. povodně v letech 1997 či 2002, je z praktického pohledu nevýznamný.

Naproti tomu úpravy podélného profilu, tj. jezy a stupně v korytě a zejména výskyt potenciálních překážek proudění v toku představují typ úprav, jejichž *význam roste s extremitou povodně*. Výsledky terénního mapování následků povodně 2002 ukázaly, že jezy a stupně v korytě toku představují zpravidla ohniska zvýšené intenzity erozní a akumulační činnosti toku při povodni (Křížek, Engel, 2003).

Z hlediska povodňových škod mají mimořádný význam potenciální překážky proudění, tj. nevhodně umístěné či nedostatečně dimenzované objekty v údolní nivě a v korytě toku. Vliv těchto překážek pro proudění vody roste spolu s extremitou povodně, kdy dochází k překročení návrhových hodnot, na které jsou tyto objekty dimenzovány. Při vyplnění údolní nivy vodou během extrémních povodní navíc proudění ovlivňují i objekty, které při méně extrémních povodních jsou mimo záplavovou oblast a které mohou významně zhoršit průběh povodně. Jedná se především o nedostatečně dimenzované mosty a propustky, budovy v údolní nivě a o tělesa železnic a silnic, vedoucí napříč údolní nivou. Během povodně tyto objekty vytvářejí dočasné hráze, které zadržují často významné objemy vody. Destrukce těchto umělých překážek provázená druhotnou povodňovou vlnou může vést k významnému zhoršení následků povodně v dané lokalitě.

Příkladem negativního vlivu překážek proudění na následky povodně je silniční most na horní Blanici nad VD Husinec, umístěný v závěru rozsáhlého plochého údolí. Po zanesení povodňovými nánosy se v plochem údolí vytvořilo jezero s obrovským množstvím vody. Po destrukci mostu vzniklá povodňová vlna vnikla do již plně přehradní nádrže VD Husinec a ohrozila její bezpečnost.

Při hodnocení vlivu uvedených antropogenních změn v krajině na následky povodní je významné i *prostorové měřítko hodnocení*. Vliv úprav toků a údolní nivy na průběh povodňové vlny je nejzřetelnější na nejnižší prostorové úrovni – v malých, relativně homogenních dílčích povodích o velikosti řádově v jednotkách km<sup>2</sup>. Zde jsou změny toků a nivy vzhledem k hodnocenému celku nejvíce výrazné a nejsilněji se proto projevují na urychlení odtoku či změně retenční schopnosti krajiny (Maidment, 1993). S rostoucí plochou povodí je vliv antropogenních úprav toků a krajiny na průběh a následky povodní méně zřetelný, neboť je rozmělněn rozmanitostí různých faktorů, které se na formování povodně v rozsáhlém území podílejí. U komplexních povodí regionálního a nadregionálního měřítka je potom přesná kvantifikace míry vlivu antropogenních zásahů do toků a krajiny na průběh povodně krajně obtížná.

## 6. Závěr

Výsledky mapování a následné analýzy ukázaly, že vodní toky v povodí Blanice jsou v současné době výrazně poznamenány činností člověka. Míra zásahů do hydrografické sítě se liší jak charakterem úprav, tak jejich intenzitou, lze však konstatovat, že úpravy toků postihují toky všech řádovostních kategorií a zasahují i toky v oblastech přírodě blízkých, či dokonce v oblastech chráněných.

Provedené ukazují na značnou prostorovou diferenciaci antropogenních zásahů do říční sítě v povodí Blanice. Mezi jednotlivými hodnocenými toky, ale i mezi dílčími úseky větších toků, panují zásadní rozdíly v intenzitě a charakteru jejich antropogenní upravenosti.

Intenzita umělých zásahů do koryt toků a jejich příbřežní zóny narůstá spolu s celkovou intenzitou využití krajiny směrem od horních toků směrem do nížinných oblastí. V povodí Blanice se jako nejvíce upravené ukázaly toky na dolních částech povodí, které leží v zemědělské krajině. Hlavní toky povodí – Blanice i Zlatý potok i jejich přítoky na dolní části povodí mají vysokou až extrémní intenzitu upravenosti ve všech hodnocených parametrech. Tato zjištění korespondují s analýzami historického zkrácení říční sítě (Langhammer, Vajskebr, 2003) či analýzou upravenosti toků z distančních podkladů (Langhammer a Matoušková, 2006).

Z hlediska vlivu na odtok při povodních představuje v rámci upravenosti toků rizikový prvek především vysoká míra výskytu potenciálních překážek proudění, které nacházíme téměř na třech čtvrtinách délky říční sítě. Dalším nepříznivým prvkem je nevhodná struktura využití příbřežní zóny, která brání efektivní transformaci odtoku při vyběžení. Rozlivu vody při povodni do údolní nivy, jejíž šířka zejména v dolní části povodí přesahuje 1 kilometr, brání vysoká intenzita upravenosti koryt toků, kdy téměř čtvrtina délky toků se nachází v kategoriích odpovídající silné upravenosti.

Nová metodika mapování upravenosti koryta toku a příbřežní zóny MUTON, aplikovaná na povodí Blanice, ukázala, že je nástrojem, poskytujícím výsledky, využitelné nejen pro hodnocení vlastní intenzity transformace toků, ale i pro hodnocení zranitelnosti území povodňovým rizikem. Významná je především schopnost odhalit v rámci hydrografické sítě místa s potenciálně kritickým dopadem na průběh a následky povodní, stejně jako ukázat na přirozený transformační a retenční potenciál povodí. Tyto vlastnosti předurčují využití metodiky při přípravě podkladů komplexní protipovodňové ochrany území a klasifikaci území údolní nivy z hlediska zatížení povodňovým rizikem.

## Literatura

- BARBOUR, M. T., GERRITSEN, J., SNYDER, B. D. *et al.* (1999): Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish, Second Edition ed. EPA 841-B-99-002. U.S. Environmental Protection Agency; Office of Water, Washington, D.C., 339 s.
- CEN (2005): CEN/TC230/WG2/TG6 prEN 14996 Water quality – Guidance on assuring the quality of biological and ecological assessments in the aquatic environment. CEN, Brussels,
- ČHMÚ (2003): Hydrologické vyhodnocení katastrofální povodně v srpnu 2002, ČHMÚ, Praha, <http://www.chmi.cz/hydro/pov02/>.
- ČNI (2005): ČSN EN 14614 Jakost vod – Návod pro hodnocení hydromorfologických charakteristik řek. ČNI, Praha,.
- DEMEK, J., VATOLÍKOVÁ, Z., MACKOVČIN, P. (2006): Manuál pro sledování hydromorfologických složek ekologického stavu tekoucích vod. AOPK, Úsek ekologie krajiny a lesa, Brno, 18 s.
- EA (2003): River Habitat Survey in Britain and Ireland: Field Survey Guidance Manual. River Habitat Survey Manual: 2003 version. Environment Agency, Warrington, 136 s.
- EC (2005): Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). Guidance document No 13 – Overall approach to the classification of ecological status and ecological potential. European Communities, Luxembourg, 47 s.
- EC (2006): Common implementation strategy for the Water Framework Directive. WFD and Hydro-morphological pressures. European Communities, Brussels, 44 s.
- FUKSA, J.K. (2000): Unifikace metod hydroekologického hodnocení toků a niv s pilotní aplikací na úsecích Labe. VÚV TGM, Praha, 101 s.
- HAVLÍK, A., JUST, T., SLAVÍK, O. (1997). Ekologická studie povodí Bíliny 2. díl – Kvalita vody a produkce znečištění v povodí Bíliny. Praha: VÚV TGM.
- HLADNÝ, J. a kol. (1998): Vyhodnocení povodňové situace v červenci 1997 – souhrnná zpráva projektu. 70 s., ČHMÚ, Praha.
- JUST, T. (2006): Vodohospodářské revitalizace, MŽP, Praha, 359 s.
- KENDER, J., *et al.*, (2004): Voda v krajině, AOPK a MŽP, Praha,
- KONVIČKA, M. a kol. (2002): Město a povodně. ERA group, Brno. 219 s., ISBN: 80-86517-38-1
- LANGHAMMER, J. (2004): Analýza vlivu antropogenních změn v krajině na průběh a následky extrémních povodní. Acta Facultatis Rerum Naturalium Universitas Ostraviensis, Geographia-Geologia, 216, 9, 97–116.
- LANGHAMMER, J. (2006): Identification of critical elements in river network in regard to the flood risk. Acta Universitatis Carolinae – Geographica, 41, 1–2, 151–168.
- LANGHAMMER, J. (2007): HEM – Hydroekologický monitoring. Metodika pro monitoring hydromorfologických ukazatelů ekologické kvality vodních toků, MŽP ČR, Praha, 21 s. Online: [http://www.ochranavod.cz/07/04/HEM\\_metodika\\_fin\\_verze\\_19\\_4\\_07.pdf](http://www.ochranavod.cz/07/04/HEM_metodika_fin_verze_19_4_07.pdf).
- LANGHAMMER, J. a kol. (2006): Změny krajiny jako ovlivňující faktor průběhu a projevů extrémních povodní. Sborník výsledků řešení projektu VaV SM/2/57/05 v roce 2006. PřF UK, Praha, 209 s.

- LANGHAMMER, J., KŘÍŽEK, M., MATOUŠKOVÁ, M., MATĚJČEK, T. (2005): Metodika mapování upravenosti říční sítě a následků povodní. In: Langhammer J (eds.): Vliv změn přírodního prostředí povodí a údolní nivy na povodňové riziko. PřF UK, Praha, 65–72.
- LANGHAMMER, J., MATOUŠKOVÁ, M. (2006): Mapping and analysis of anthropogenic transformation of river network and floodplain as a factor of flood risk. *Geografie – Sborník ČGS*, 111, 3, 274–291.
- LANGHAMMER, J., VAJSKEBR, V. (2003): Historical Shortening of River Network in the Otava River Basin. *Acta Universitatis Carolinae – Geographica*, 38, 2, 109–124.
- LAWA (1999): Gewässerstrukturgütekartierung in der Bundesrepublik Deutschland, Verfahren für kleine und mittelgroße Fließgewässer. Büro für Umwelanalytik, Essen.
- MAGULOVÁ, R. (2006): Hydromorfologické prvky kvality. In: Fatulová E (eds.): Metodika pre odvodenie referenčných podmienok a klasifikačných schém pre hodnotenie ekologického stavu vôd. SHMU, VUVH, SAV, SAŽP, Bratislava, 222–273.
- MAIDMENT, D. R. (1993). *Handbook of Hydrology*. New York: McGraw-Hill.
- MATOUŠKOVÁ, M. (2001): Metody ekomorfológického hodnotení jakosti vodních toků. PřF UK, Praha,
- MATTAS, D., MATOUŠKOVÁ, M. (2003): Hydroekologické hodnotení toků. *Vodní hospodářství*, 2003, 10.
- MZE (2003): Silně ovlivněné vodní útvary. Metody a jejich aplikace v případové studii v povodí Labe, ČR. Část 1 – Popis metodiky. MZe, PL, DHI, AquaPlus, Praha, 31 s.
- NIEHOFF, N. (1996): *Ökologische Bewertung von Fließgewässerlandschaften*, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- OTTO, A. (1994): Gewässergütekartierung in der Bundesrepublik Deutschland, Landesamt für Wasserwirtschaft Rheinland Pfalz, Mainz.
- PEKÁROVÁ, P., KONÍČEK, A., MIKLÁNEK, P. (2005): Vplyv využitia krajiny na režim odtoku v experimentálnych mikropovodiach ÚH SAV, Veda, Bratislava, 215 s.
- VILÍMEK, V., LANGHAMMER, J. a kol. (2004): Posouzení efektivnosti změn ve využívání krajiny pro retenci a retardaci vody jako preventivní opatření před povodněmi, závěrečná zpráva do vlády z dílčí etapy projektu Vyhodnocení katastrofální povodně v srpnu 2002. Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, Praha.
- VLČEK, L., ŠINDLAR, M. (2002): Geomorfologické typy vodních toku a jejich využití pro revitalizace. *Vodní hospodářství*, 6, 172–176.
- VÚV TGM (2003): Vyhodnocení katastrofální povodně v roce 2002. VÚV TGM Praha. [online] <http://www.vuv.cz/povoden/index.html>
- VÚV TGM (2006): Vyhodnocení jarní povodně 2006 na území České republiky. VÚV Praha. [online] <http://www.vuv.cz/povoden/index.html>