
ANTROPOGENNÍ UPRAVENOST ŘÍČNÍ SÍTĚ V POVODÍ OTAVY

JAKUB LANGHAMMER*

* Katedra fyzické geografie a geoekologie, PřF UK; e-mail: langhamr@natur.cuni.cz

1. ÚVOD

Antropogenní upravenost říční sítě a údolní nivy je významným činitelem, ovlivňujícím hydrologické poměry povodí. Zásahy člověka do trasy vedení toku, jeho podélného profilu, geometrie koryta a upravenosti jeho příčného profilu či do způsobu využití příbřežní zóny mají vliv na rychlost odtoku vody z povodí, na tvar odtokové vlny, časování odtokových vln z dílčích povodí i na celkovou kapacitu říční sítě. Mimořádný význam má upravenost hydrografické sítě při extrémních hydrologických událostech, jakými jsou povodně. Řada z antropogenních úprav negativně ovlivňuje průběh povodně, transformační a retenční schopnost zasaženého území a tím i celkové následky povodně. Poznání a přesné vyhodnocení míry upravenosti říční sítě a údolní nivy je proto významným podkladem při plánování protipovodňové ochrany, vytváření územního plánu a managementu krajiny.

Cílem prezentovaného projektu bylo zhodnotit současný stav upravenosti říční sítě a příbřežní zóny v povodí Otavy a posoudit, do jaké míry se charakter a intenzita transformace říční sítě projevily na průběhu a následcích povodně v srpnu 2002. Vzhledem ke skutečnosti, že pro vyhodnocení upravenosti nebyly k dispozici žádné stávající mapové, textové ani datové podklady, bylo rozhodnuto provést vyhodnocení na základě terénního mapování. Pro toto mapování byla vytvořena nová metodika hodnocení upravenosti toků, která byla formulována s ohledem na vliv stavu upravenosti koryta a příbřežní zóny na odtokový proces při povodni, zejména na průběh a transformaci odtokové vlny, rozliv, retenční potenciál povodí, protipovodňová opatření a potenciální škody způsobené povodní.

2. MATERIÁL A METODY

2.1. METODIKA A POSTUP ŘEŠENÍ

Pro vyhodnocení souvislostí mezi antropogenní upraveností říční sítě a následky povodně byla vytvořena nová metodika mapování stavu toků a příbřežní zóny. Pro řešení nebylo možno využít stávající či dříve aplikované postupy, zejména metody

ekomorfologického hodnocení toků, které byly příliš komplexní a především zaměřené na zjištění jiných vlastností toků, než odpovídalo stanoveným cílům.

Metodika byla navržena tak, aby hodnocení bylo maximálně objektivní a přitom dostatečně jednoduché, aby umožnilo zpracovat rozsáhlé území ve stejném časovém období, dále aby bylo možno výsledky integrovat do geografického informačního systému a následně komplexně vyhodnotit pomocí metod geostatistické analýzy. Vytvořená metodika je sestavena tak, aby byla aplikovatelná i v obecných podmínkách, tj. aby ji bylo možno využít pro hodnocení senzitivity povodí vzhledem k povodňovému riziku i v jiných oblastech ČR.

Základním principem navržené metodiky je rozdělení toků na segmenty, pro které je zjišťována míra antropogenní upravenosti v různých parametrech. Segmenty jsou vymezeny tak, aby byly homogenní v jednom či více sledovaných parametrech, přičemž jednotlivé úseky mohou mít rozdílnou délku. Úseky se při terénním mapování vyznačí v mapě, jsou označeny kódem a zjištěné parametry upravenosti jsou zaznamenány do jednotného formuláře. Vymezené úseky i jejich kvalitativní parametry jsou přeneseny do digitální podoby a integrovány v prostředí GIS, kde probíhá jejich analýza a vyhodnocení.

V navrženém systému se upravenost toků zjišťuje v celkem pěti základních parametrech - průběh koryta toku, úpravy podélného profilu toku, upravenost koryta toku, upravenost příbřežní zóny a protipovodňová ochrana toku, přičemž pro každý sledovaný parametr jsou sledovány uvedené možné stavy toku či údolní nivy (viz tabulka 1).

Tabulka 1 Hodnocené parametry upravenosti toků

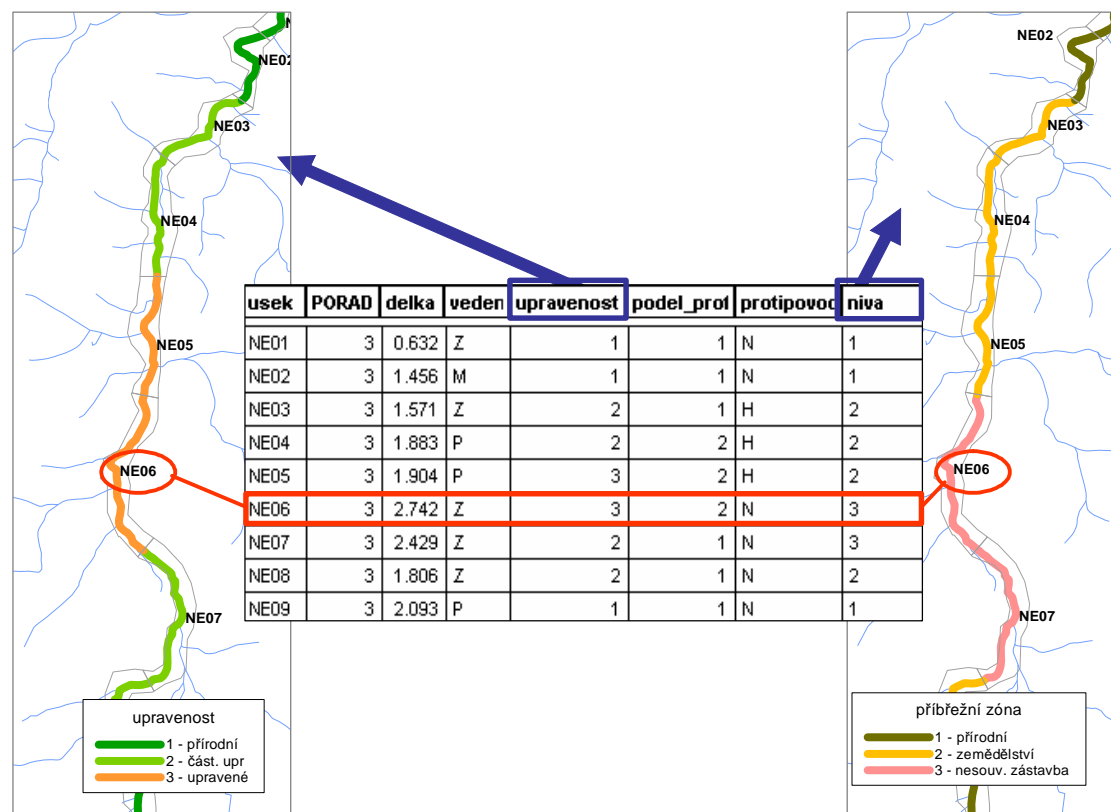
Parametr	Prostředí	Stav
Průběh koryta toku	vodní tok	Přímý / Zákrutový / Meandrující / Divočící / Větvený
Upravenost koryta toku	vodní tok	Neupravené / Částečně upravené / Upravené / Zatrubněné
Úpravy podélného profilu toku	vodní tok	Bez úprav / Nízké stupně (rozdíl hladin <50 cm) / Středně vysoké stupně (50 -100 cm) / Vysoké stupně (> 100 cm)
Protipovodňová ochrana	údolní niva	Žádná / Protipovodňové hráze / Poldry, opuštěná ramena (meandry) vodního toku / Rybníky a vodní nádrže
Příbřežní zóna	údolní niva	Přírodní vegetace (louky, mokřady, les aj.) / Zemědělsky obhospodařované plochy / Umělé povrchy – nesouvislá zástavba, komunikace / Umělé povrchy – souvislá zástavba

Základní parametry upravenosti toků jsou zjišťovány vždy pro celé koryto toku. Charakter zjištěných úprav je potom zaznamenáván odděleně pro pravý a levý břeh. Upravenost příbřežní zóny je hodnocena odděleně pravý i levý břeh. K jednotlivým úsekům jsou doplněny vysvětlující poznámky, které rozšiřují vymapované údaje o informace, které se vymykají standardní klasifikaci, ale které jsou důležité pro dokumentaci vlivu změn koryta či příbřežní zóny na průběh a následky povodně.

Vymapované výsledky jsou po kontrole a sjednocení převedeny do digitální podoby v prostředí GIS a sjednoceny na základě jednotného vektorového kartografického podkladu. Jednotlivé úseky jsou jednotně okódovány tak, aby byla zachována kontinuita hodnocení i když na jednom toku pracuje více mapovatelů. Základní princip vazby úseků s formulářovými hodnotami a metody vyhodnocení je naznačen na obr. 1.

Navržená databázová struktura záznamů pro jednotlivé segmenty umožňuje při výsledném vyhodnocení analyzovat jednotlivé parametry nezávisle i vytvářet souhrnné ukazatele upravenosti. Použitý princip umožňuje vykreslení výsledků do podoby tematických map a především další analýzu na základě kombinace s dalšími údaji, např. následky povodně, fyzikogeografickými či socioekonomickými charakteristikami, aj..

Obr. 1 Princip mapování a vyhodnocení upravenosti

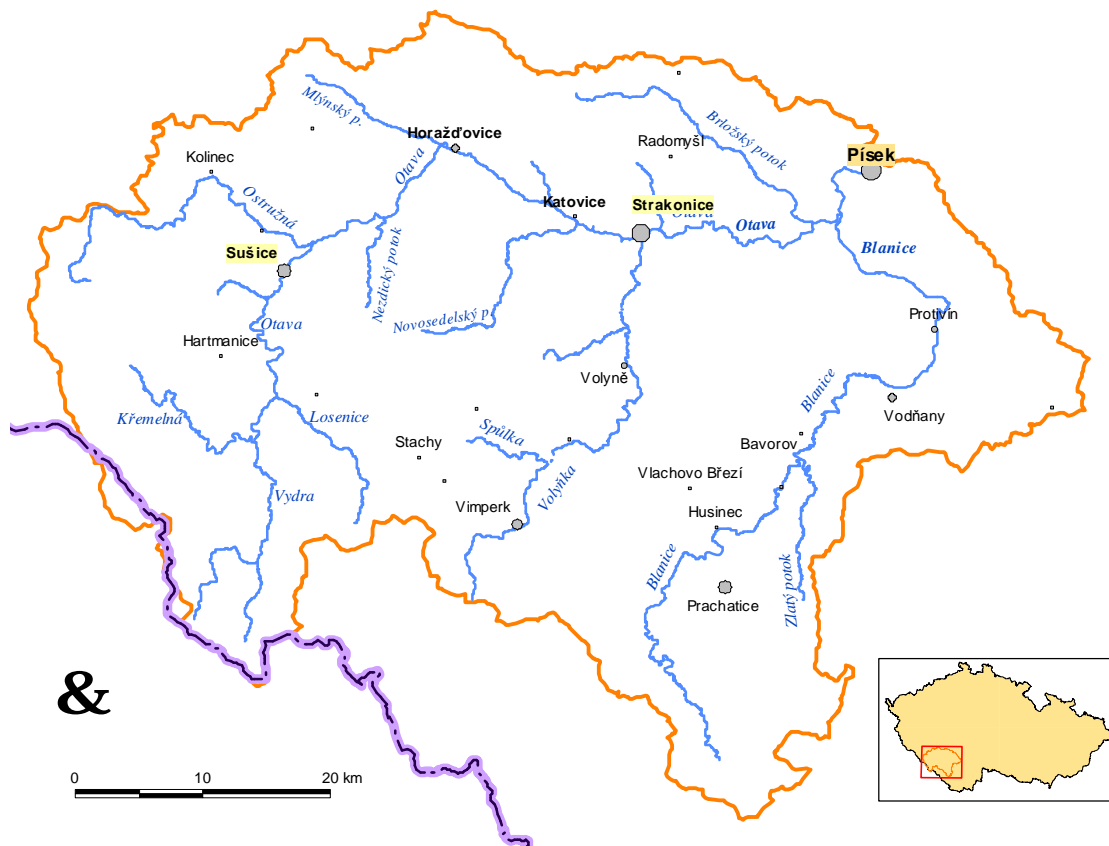


2.2. HODNOCENÉ ÚZEMÍ

Pro aplikaci metodiky bylo zvoleno povodí Otavy (viz obr. 2), kde probíhalo komplexní vyhodnocení vlivu změn v krajině na průběh a následky povodně 2002.

Mapováno bylo celkem 610 km vodních toků, představující páteř hydrografické sítě povodí, doplněnou navíc o úseky, ve kterých došlo k výrazným projevům povodně. Vlastní terénní mapování zajišťovalo na 20 pracovníků, přičemž celé zájmové území bylo zmapováno během přibližně 90 dnů. Výsledky mapování byly zdigitalizovány na podkladě vektorové vrstvy linií toků ZABAGED. Zpětnou kontrolou byla ověřena správnost dat a konzistentnost výsledků hodnocení mezi jednotlivými částmi povodí a tudíž byla zajištěna použitelnost pro vyhodnocení celého povodí.

Obr. 2 Povodí Otavy



3. VÝSLEDKY

3.1. VEDENÍ TRASY KORYTA TOKU

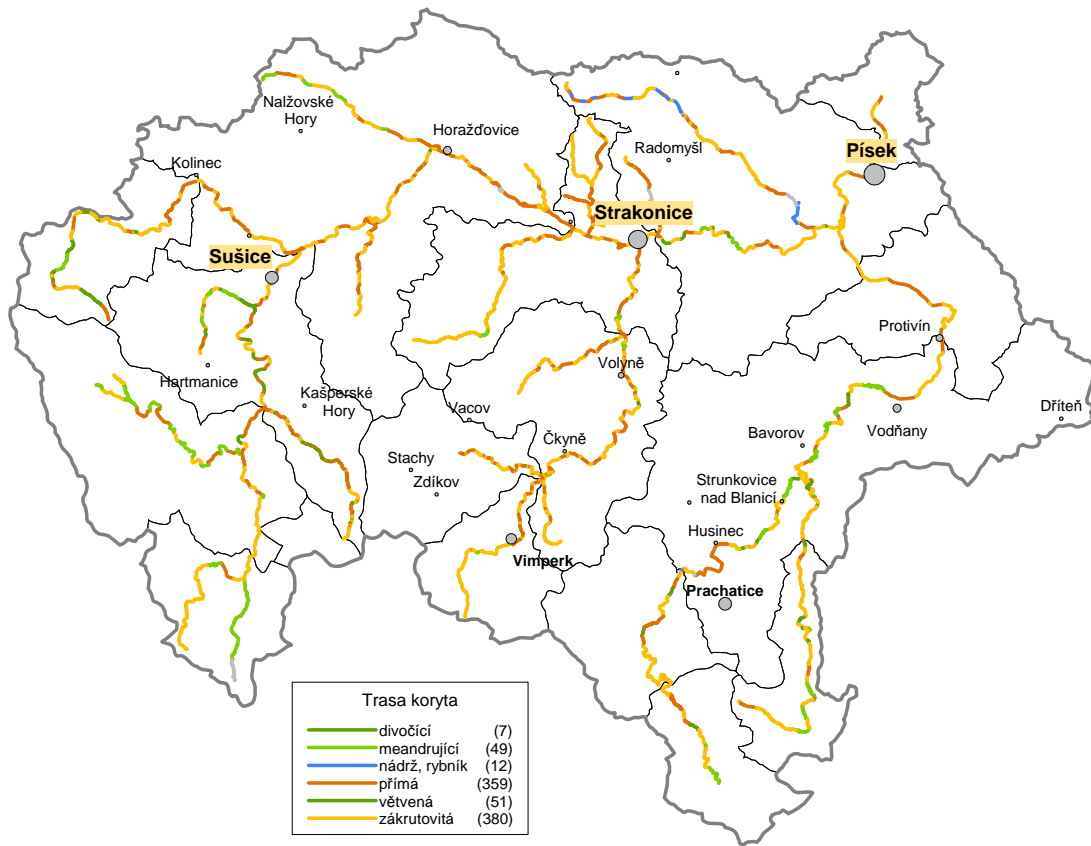
Upravenost trasy koryta je patrně nejzjevnějším indikátorem provedených úprav vodních toků v krajině. Zatímco zásahy do geometrie profilu toku, zejména jeho zpevnění, nemusí být po delší době již patrné, napřímění trasy koryta je i po desítkách let zřejmým dokladem provedených úprav. K napřímění trasy toků vedly v minulosti různé důvody, u drobných toků ponejvíce snaha o protipovodňovou ochranu v údolní nivě pomocí zrychleného převedení vody krajinou a o eliminaci možností vybřežení a rozlivu vody v přirozeně meandrujících úsecích a o minimalizaci škod v intravilánech a v zemědělské krajině.

Při povodni má zkrácení říční sítě významný vliv na zrychlení odtoku vody. To se projevuje urychlením postupu povodňové vlny, což má mj. za následek také zkrácení času potřebného pro přípravu, zabezpečení a evakuaci obyvatel a majetku. Zkrácení koryt toků však zároveň vede k nárůstu rychlosti proudění vody v napříměných úsecích a ke zvýšení strmosti povodňové vlny a tím k nárůstu ničivé síly povodňové vlny v zasažených oblastech (viz obr. 3). Díky zkrácení říční sítě se navíc snižuje celkový objem vody v korytě toku a zvyšuje tak podíl objemu vody, kterou je nutno uskladnit v přibřežní zóně.

Obr. 3 Zničený most přes Blanici. Ničivý účinek povodňové vlny je v napříměném úseku zesílen vyšší rychlostí proudění. Nově postavený most nevhodně zužuje koryto, což při případné další povodni zvyšuje pravděpodobnost jeho destrukce. (Foto: J. Langhammer, 2003)



Obr. 4 Upravenost vedení trasy koryta v povodí Otavy



V povodí Otavy je nejvyšší podíl úseků s přímým vedením toku na střední a dolní části povodí v zemědělské krajině (obr. 4). Povodí dolní Blanice, střední Otavy po Katovice či Spůlky vykazují více než 40% podíl úseků toků s přímým vedením koryta toku. Nad 30% celkové délky toku s přímým vedením koryta je ve zbývajících dílčích povodích Otavy na středním a dolním toku a v povodí dolní Volyňky. V oblastech dolních toků, kde díky charakteru proudění mají toky tendenci k přirozenému meandrování, je přímé vedení koryta možno jednoznačně přisoudit antropogenní činnosti. Výskyt přímých úseků koryt toků v horských oblastech je však zpravidla dán morfologií toku a údolí, zejména vysokým spádem toku.

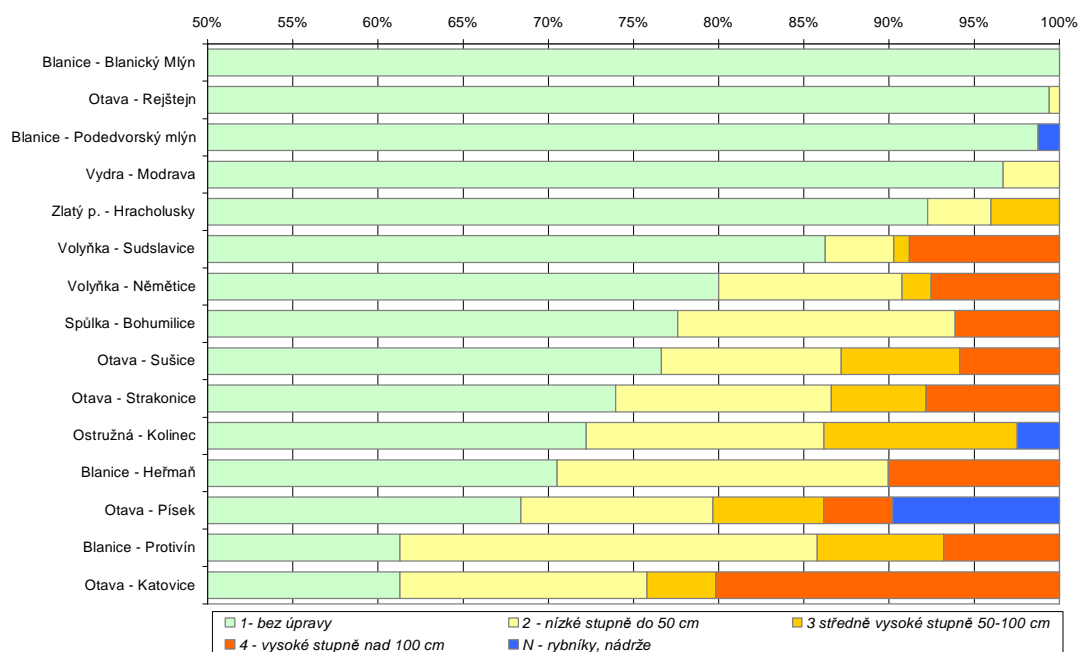
3.2. UPRAVENOST PODÉLNÉHO PROFILU TOKU

Pod pojmem upravenost podélného profilu toku rozumíme přítomnost umělých stupňů, jezů a drobných hrází v korytě, které mění podélný profil koryta. Pro proudění vody mají zásadní význam v ovlivnění dynamiky proudění v oblasti nad a pod stupněm. Nad stupněm dochází ke vzduť, které působí zpomalení proudění a širší rozliv vody v nivě, pod

stupněm naopak dochází k akceleraci proudění. Při povodni jsou regulační objekty na toku místy se zvýšenou intenzitou geomorfologických projevů povodně erozních i akumulčních, neboť představují překážku přirozenému proudění vody. Vzduť nad hrází vyvolává rozliv, urychluje sedimentaci materiálu, v úsecích pod jezy naopak dochází k intenzivní erozi. Relativně nejméně zasažené jsou jezy s vhodně stanoveným převýšením hladin, kde koruna jezu směřuje kolmo k proudu. U jezů, situovaných v oblouku meandru či zákrutu dochází k zesíleným erozním účinkům na výsepním břehu.

V povodí Otavy bylo nalezeno celkem 337 stupňů, z toho 169 má charakter jezu. Absolutní nejvyšší počet umělých stupňů nacházíme na Volyňce (60), Otavě (54), Ostružné (39), Spůlce (37) a Blanici (31). Obecně jsou stupně koncentrovány do středních dolních částí toků. Z hlediska četnosti je nejvyšší výskyt stupňů v korytě pozorován jednoznačně na Spůlce, kde na necelých 9 km toku nacházíme 37 stupňů, vysoký poměr počtu stupňů na délku toku mají dále Nezdecký potok, Volyňka, Ostružná a Losenice. Všechny tyto toky zároveň leží v hlavní oblasti, zasažené povodní v srpnu 2002.

Obr. 5 Upravenost toků v podélném profilu podle bilančních povodí



Koncentraci umělých stupňů do střední a především spodní části povodí dokládá i vyhodnocení podílu toků s úpravou podélného profilu na celkové délce říční sítě podle hlavních bilančních povodí (obr. 5). Z analýzy jako nejvíce upravené vycházejí povodí Otavy a Blanice ve svých dolních a středních úsecích, konkrétně povodí, uzavřené limnigrafem Otava – Katovice a Blanice – Protivín, kde se podíl délky toků s úpravou

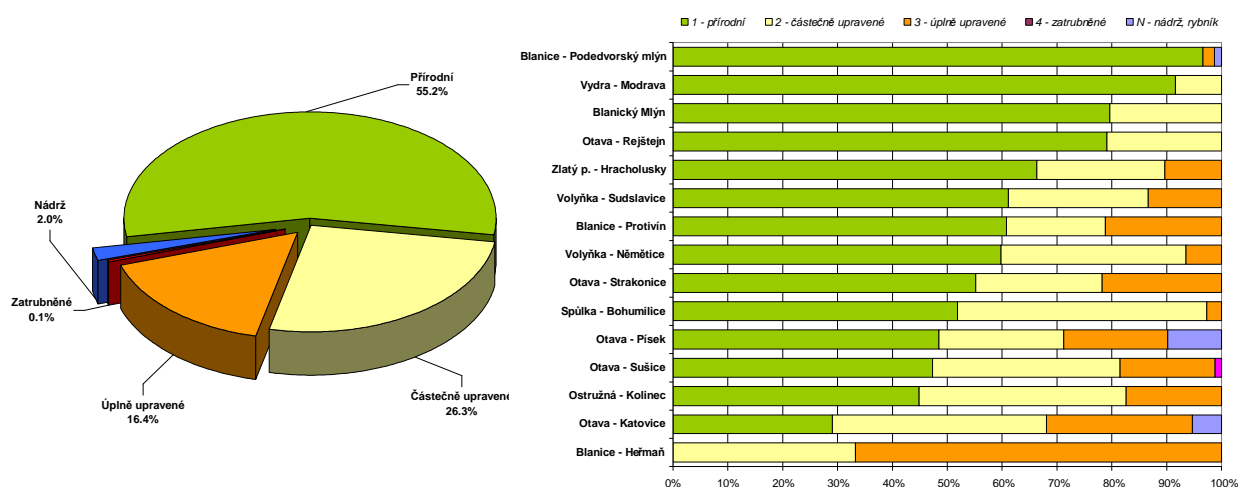
podélného profilu blíží 40%, stejně jako dolní úsek Otavy po Písek či Strakonice či část povodí Blanice po profil Heřmaň, vysokou četnost umělých stupňů vykazuje i Ostružná. Naopak horské části povodí Otavy, Blanice a Vydry jsou úpravami prakticky nedotčeny, když podíl upravených úseků nepřesahuje 5% úhrnné délky toků v bilančním povodí.

3.3. ANTROPOGENNÍ UPRAVENOST KORYT TOKŮ

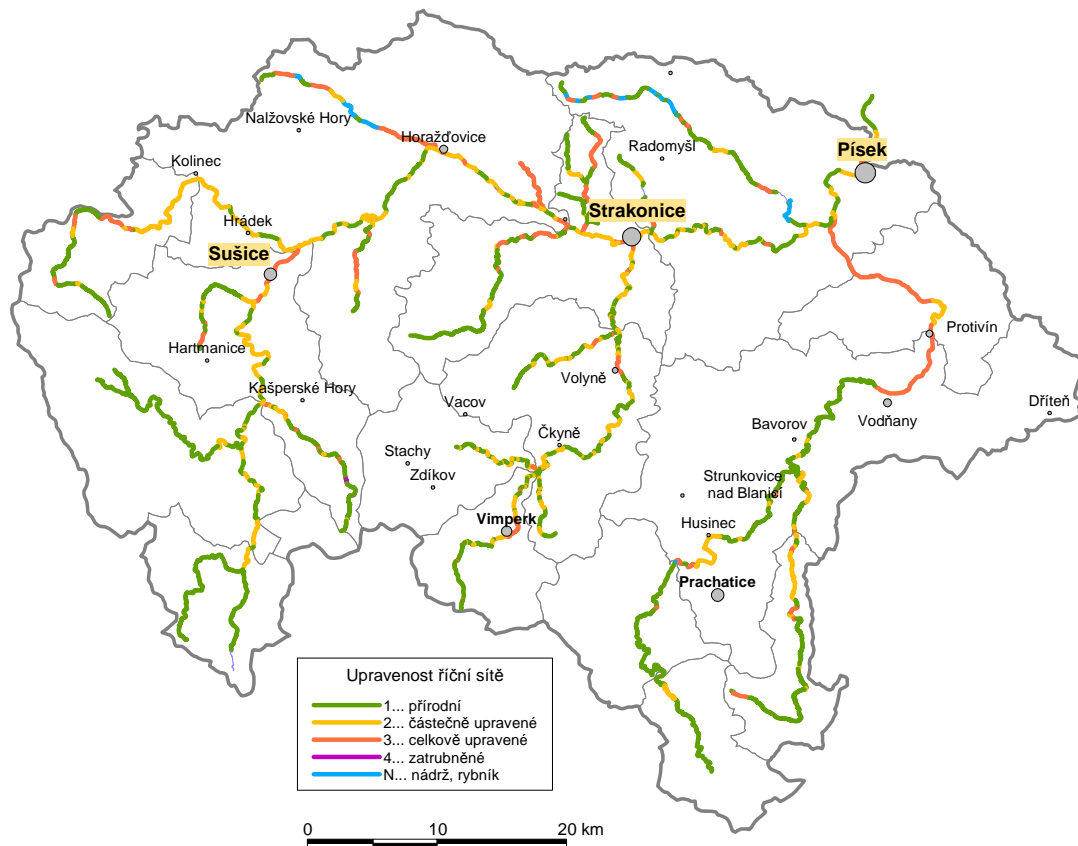
Provedené účelové mapování ukázalo na silnou antropogenní upravenost koryt toků v povodí Otavy. V současné době je z 610 km hodnocené délky toků antropogenně upraveno 43%, přičemž částečná úprava je na 26% délky toků, 16% délky říční sítě je upraveno úplně; 0,1% je zatrubněno a 2% představují vodní plochy (obr. 6). Pod pojmem úprava koryta toku přitom rozumíme umělé zásahy do geometrie koryta, zpevnění břehů či dna cizorodým materiálem, spojené se změnou jeho drsnosti. Skutečnost, že přes 55% délky hydrografické sítě v povodí Otavy nevykazuje známky antropogenních zásahů lze jako celek hodnotit pozitivně, nicméně je třeba vnímat obrovské rozdíly v intenzitě upravenosti toků mezi jednotlivými částmi povodí.

Nejvyšší míra upravenosti je na dolních úsecích toků v zemědělských oblastech s intenzivním osídlením (obr. 7). Absolutně nejvyšší upravenost toků má povodí dolní Blanice, kde dosahuje prakticky 100% délky hlavních toků. Vysokou míru upravenosti mají ovšem i zbývající úseky Otavy na středním a dolním toku, povodí Ostružné, Spůlky, Volyňky či Blanice na středním toku. Naproti tomu pramenné oblasti povodí Otavy (horní Blanice, Vydra) vykazují minimální upravenost říční sítě s více než 80% podílem délky úseků v přírodním nebo přírodě blízkém stavu.

Obr. 6 Upravenost říční sítě v povodí Otavy



Obr. 7 Upravenost říční sítě v povodí Otavy



Součástí hodnocení založeného na terénním mapování je i rozdělení úprav koryt toků podle jejich stáří. To lze využít pro lokalizaci úseků, kde došlo k výrazným poškozením břehu nebo objektů na toku po povodni v srpnu 2002, zároveň též jako prvek zpětné kontroly pro mapování ostatních parametrů. Je však nutno brát v úvahu, že vypovídací schopnost tohoto parametru je však limitovaná časovým odstupem mapování od povodně a postupem rekonstrukčních prací. Přestože mapování probíhalo s odstupem osmi měsíců po povodni, řada poškození stále ještě nebyla opravena, neboť prioritní opravy byly směřovány do intravilánů a úseků, kde poškození břehů zasáhlo komunikace.

Pro proudění vody při povodni a pro charakter následků je mimořádně důležitá struktura upravenosti toku. Dlouhé kompaktní upravené úseky působí zrychlení proudění a při přechodu do neupravených úseků, zejména v místech zákrutů či meandrů dochází ke koncentraci erozních i akumulčních projevů a k intenzivnějším škodám. Maximální pozornost je třeba věnovat zatrubněným úsekům toků, které sice délkově představují nepatrný zlomek délky říční sítě ale z hlediska povodňových škod jsou mimořádně rizikové. Při průchodu povodňové vlny totiž zpravidla dochází k jejich zanesení

materiálem, přinášeným z horních úseků a k zadržení vody. Následné protržení této umělé hráze uvolní podstatně ničivější povodňovou vlnu, než by odpovídalo přirozenému průběhu povodně. Příkladem tohoto typu je třeba tok Losenice, kde se na jinak zcela přírodním toku nacházejí 3 zatrubněné úseky, které při povodni v srpnu 2002 díky popsanému mechanismu výrazně umocnily vzniklé škody.

Stejný dopad mají i špatně dimenzované mosty či propustky, které při povodni díky zúžení průtočného profilu působí jako překážky proudění. V povodí Otavy se při povodni v srpnu 2002 tento efekt projevil na řadě případů. Jako typický můžeme zmínit silniční most na horní Blanici nad VD Husinec, umístěný v závěru rozsáhlého plochého údolí. Po zanesení propustku most zadržoval obrovské množství vody, které po následném protržení s velkou rychlostí naráz vniklo do již plné přehradní nádrže a ohrozilo tak její stabilitu bezpečnost.

3.4. UPRAVENOST A CHARAKTER VYUŽITÍ PŘÍBŘEŽNÍ ZÓNY

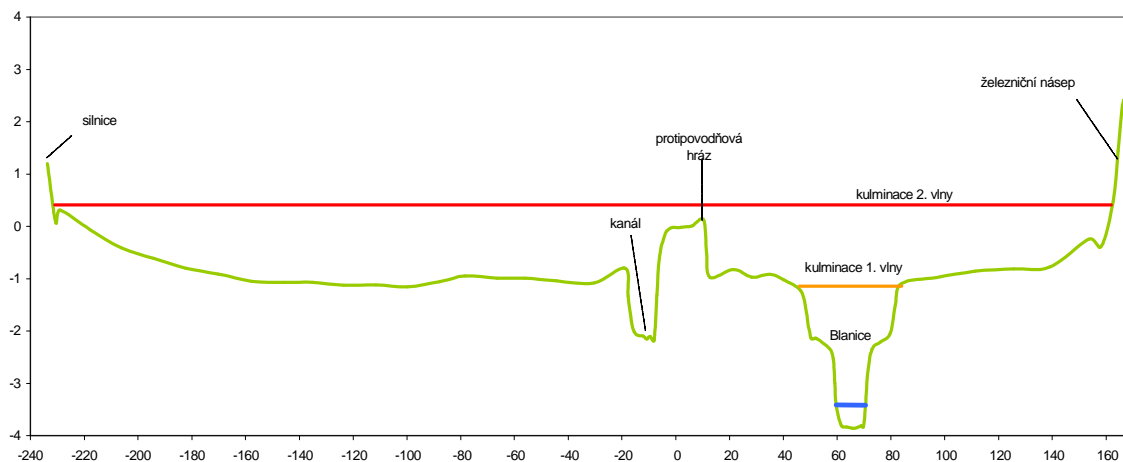
Charakter a intenzita upravenosti příbřežní zóny mají zásadní vliv na transformaci odtokové vlny při povodni, kdy dochází k vyběžení toku mimo vlastní koryto. Oblast údolní nivy v sobě skrývá při vhodné struktuře krajinného krytu mimořádný potenciál pro transformaci povodňové vlny a díky svému celkovému objemu i pro zvýšení retenční kapacity odtokové zóny. Představuje tak mimořádně důležitý článek v systému protipovodňové ochrany území.

Z hlediska pozitivního vlivu na transformační účinek je v území údolní nivy a příbřežní zóny optimální přítomnost trvalých travních porostů v kombinaci s dřevinami. Díky snadné dostupnosti a nepatrné terénní členitosti je však oblast nivy často intenzivně zemědělsky využívána, nacházíme v ní množství sídel, navíc údolní nivu protínají četné komunikace – silnic a železničních tratí. Tím dochází jednak ke ztrátě potenciální transformační účinnosti této zóny, zároveň však zemědělské plochy v případě zatopení slouží jako zdroj materiálu transportovaného erozí a sedimentovaného na dolním toku. Násypy komunikací navíc při povodni mění průtočný profil údolní nivy a zejména v případech, kdy nivu protínají, představují překážky pro volné proudění, zadržují odtok a působí na zvýšení intenzity povodňových následků v lokálním měřítku.

Při povodni v srpnu 2002 na středních a dolních tocích řeky zpravidla úplně vyplnily celé území údolní nivy. Jedná se zejména o střední a dolní tok Otavy, Blanice a Volyňky i jejich přítoky. Hladina vody zde často převyšovala dno údolní nivy až

o několik metrů (viz obr. 8). Intenzita a struktura využití údolní nivy se tak stala významným činitelem, ovlivňujícím postup povodně a její následky.

Obr. 8 Příčný profil toku Blanice nad Protivínem



Intenzita upravenosti příbřežní zóny byla v rámci terénního mapování hodnocena odděleně pro pravý a levý břeh toků v pěti základních kategoriích. Výsledné hodnoty, zobrazené v tabulce 2 ukazují, že celková intenzita transformace příbřežní zóny je na obou březích obdobná i přes dílčí lokální rozdíly, které jsou zapříčiněny morfologií říčního údolí a historickým vývojem území.

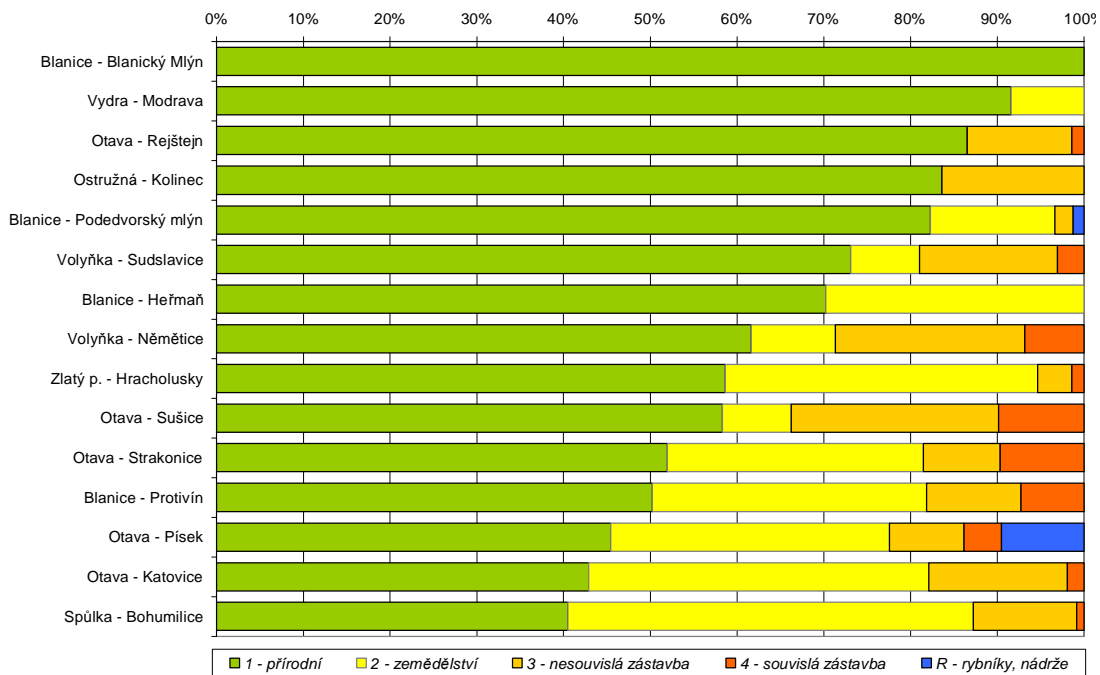
Příbřežní zóna, která byla při mapování definována jako pás do vzdálenosti přibližně 100 m od toku, jeví v povodí Otavy jako celku známky nepřilíš intenzivní transformace. Téměř dvě třetiny plochy příbřežní zóny mají přírodní charakter, zemědělsky využita je jedna pětina délky hodnocené říční sítě, zástavba se vyskytuje na 16% délky toku.

Tabulka 2 Struktura využití příbřežní zóny

charakter	P břeh	L břeh
1 – přírodní	60.3%	60.7%
2 – zemědělství	22.0%	20.3%
3 - nesouvislá zástavba	12.0%	11.5%
4 - souvislá zástavba	4.4%	5.1%
R - rybníky, nádrže	1.3%	1.2%

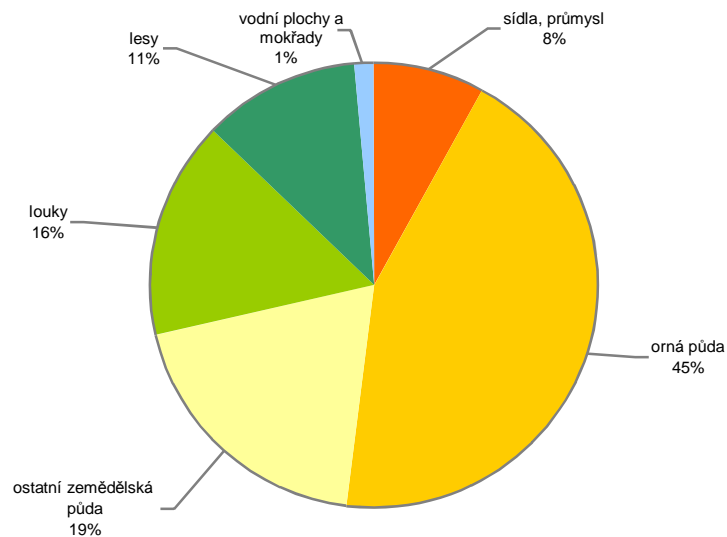
Z hlediska regionálních rozdílů je nejvyšší podíl antropogenně přeměněných ploch v příbřežní zóně vodních toků na dolních tocích Otavy, Blanice, Spůlky a Zlatého potoka (obr. 9). Horské toky vykazují často i více než 75% podíl přírodních ploch v příbřežní zóně, zajímavý je i celkový 60% podíl délky úseků s přírodním charakterem příbřežní zóny, což lze z hlediska transformačního účinku údolní nivy hodnotit pozitivně.

Obr. 9 Využití příbřežní zóny v povodí Otavy po dílech povodích, P břeh



Uvedené hodnoty intenzity využití příbřežní zóny se však výrazně liší od hodnocení využití území údolní nivy jako celku. Analýza krajinného krytu údolní nivy, provedená na podkladě geodatabáze CORINE landcover (obr. 10), ukazuje, že celkový podíl zemědělské půdy v údolní nivě je podstatně vyšší, než naznačuje mapování struktury příbřežní zóny. Celkový podíl zemědělské půdy v údolní nivě hodnocených toků přesahuje 60%, přičemž jen podíl orné půdy se blíží 45%.

Obr. 10 Využití plochy údolní nivy v povodí Otavy



Příčinou tohoto výrazného rozdílu je především odlišné vymezení oblasti příbřežní zóny a údolní nivy i odlišná definice hodnocených kategorií krajinného krytu. Zatímco oblast mapované příbřežní zóny nepřekračuje zpravidla vzdálenost 100 m od toku, území údolní nivy je podstatně širší a to zejména na dolních úsecích toků, kde je niva dobře vyvinutá a kde její šířka dosahuje i několika stovek metrů. Zatímco v údolní nivě jako celku převládá zemědělské využití území, vlastní příbřežní zóna má přírodě bližší charakter.

Pro potvrzení uvedeného předpokladu byla provedena analýza v prostředí GIS, kdy byla porovnána struktura landcover údolní nivy jako celku a landcover v obalové zóně 100 m od toků, která představuje příbřežní zónu, hodnocenou v rámci terénního mapování (viz tabulku 3).

Tabulka 3 Landuse v údolní nivě a obalové zóně 100 m od toků

třída	buffer 100 m od toku	údolní niva
sídla, průmysl	5.5%	8.18%
orná půda	25.5%	43.73%
ostatní zemědělská půda	22.4%	19.44%
louky	11.3%	15.88%
lesy	32.1%	11.38%
voda a mokřady	3.2%	1.30%

Struktura charakteru příbřežní zóny, zjištěná terénním mapováním se blíží struktuře, konstatované z distančních dat pro obalovou zónu 100 m od toku. Největší rozdíly přetrvávají v kategorii zóny s přírodním charakterem. Podle analýzy datových podkladů jsou do této kategorie mapovateli řazeny i plochy, podle databáze CORINE klasifikované jako „Území převážně zemědělská s příměsí přírodní vegetace“ a „Komplexní systémy kultur a parcel“. Při terénním mapování do odlišně koncipovaných tříd využití území tato území mohou být řazena mezi oblasti s přírodě blízkým charakterem. Pro další aplikaci metodiky terénního mapování upravenosti je proto třeba kategorie upravenosti příbřežní zóny přesněji definovat, aby nedocházelo k záměně mezi jednotlivými kategoriemi a bylo možno provést porovnání výsledků s distančními daty.

3.5. PROTIPOVODŇOVÁ OPATŘENÍ V ÚDOLNÍ NIVĚ

Mapování prokázalo přítomnost protipovodňových opatření v údolní nivě, zejména protipovodňových hrází a valů na dolních úsecích toků (obr. 11). Jedná se zejména o dolní tok Blanice v úseku pod Vodňany a pod Protivínem, dolní tok Volyňky pod Volyní a střední a dolní tok Otavy v okolí sídel.

Obr. 11 Rozsáhlé akumulace na Blanici v Husinci, ovlivněné antropogenním zúžením koryta (Foto: J. Langhammer, 2003)

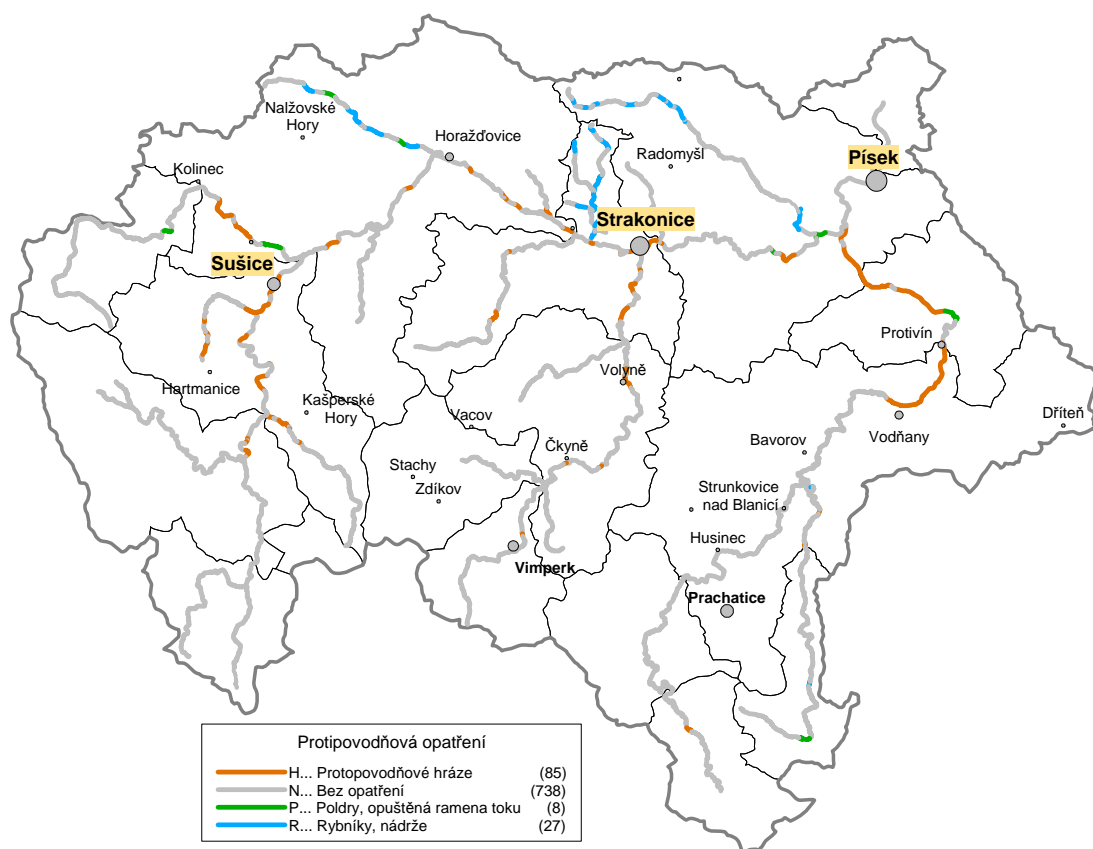


Protipovodňová opatření v povodí Otavy jsou na celkem 10,1% délky vodních toků (viz obr. 12). Nejvyšší podíl úseků toků s protipovodňovými opatřeními má dolní Blanice (59%), Otava po Sušici (23%) a dále střední Blanice a dolní úseky Otavy, kde podíl toků s protipovodňovými valy v údolní nivě přesahuje 10% celkové délky.

Prvků pasivní protipovodňové ochrany je v povodí minimum. Poldry či opuštěná ramena toku, do kterých se voda při povodni může bez rizika vybřezit, nacházíme pouze na 1,6% délky toků, přičemž zpravidla se jedná o opuštěné meandry napřímeného toku. Přítomnost řízeného poldru nebyla při mapování zaznamenána. Nejvyšší podíl těchto přirozených retenčních ploch je v povodí dolní Blanice (13,6%), na Zlatém potoce (4,6%) a střední Otavě (4,2%). S výjimkou dolní Otavy (2,6%) a Ostružné (2,1%) již v žádném dílčím povodí nepřesahuje délka toků s pasivními prvky protipovodňové ochrany 1% celkové délky.

Minimální podíl prvků pasivní protipovodňové ochrany v povodí je v souvislosti s výše zmíněným nevhodným charakterem využívání údolní nivy, kde v rozporu s přírodním charakterem území i platnou legislativou zůstává dominantním prvkem orná půda (obr. 10). Ta zaujímá na 45% celkové rozlohy údolní nivy, a spolu s ostatní zemědělskou půdou tak tvoří 64% její plochy. Louky a pastviny, které pro údolní nivu představují přirozený typ krajinného krytu, zaujímají pouze 16%, lesy 11%, mokřady a vodní plochy 1,4% celkové rozlohy údolní nivy.

Obr. 12 Protipovodňová opatření



Vyčlenění většího počtu zón pasivní protipovodňové ochrany, umožňující zvýšení retence a účinnější transformaci povodňové vlny je zejména s ohledem na nevhodnou stávající strukturu využití území v údolní nivě nezbytné.

Jako mimořádně vhodný typ opatření se jeví tzv. řízené poldry, které kombinují prvky protipovodňové ochrany s využitím přirozeného potenciálu pro retenci. Při nízkých povodňových stavech působí jako klasická povodňová hráz, zatímco při vysokých průtocích umožňují uskladnění vody v retenčním prostoru údolní nivy.

4. DISKUSE

Výsledky provedeného rozsáhlého mapování ukázaly, že vodní toky v povodí Otavy 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.

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 rámci povodí Otavy se jako nejvíce upravené jeví toky na dolních úsecích hlavních toků povodí, které leží v zemědělské krajině. Tyto toky vykazují vysokou intenzitu upravenosti ve všech hodnocených parametrech upravenosti, tj. změny ve vedení trasy toku, upravenost v podélném profilu, upravenost vlastního koryta, charakteru využití příbřežní zóny i z hlediska přítomnosti protipovodňových opatření.

Dosažené výsledky korespondují s ostatními analýzami, provedenými na hodnocených tocích. Jedná se především o analýzu historického zkrácení říční sítě (Langhammer et Vajskebr, 2003), analýzu geomorfologických projevů povodně (Křížek et Engel, 2003) či přehled protipovodňových opatření v povodí Otavy a zhodnocení jejich funkčnosti při povodni v srpnu 2002 (Šobr, 2003). Úseky, které z terénního mapování vyšly jako nejintenzivněji antropogenně pozměněné korespondují s lokalizací úseků s nejvyšší mírou historického napřímení toků i nejintenzivnější změnou antropogenního využití krajiny.

Vliv konstatované míry upravenosti toků a příbřežní zóny na průběh a následky povodně v srpnu 2002 v povodí Otavy vidíme ve dvou aspektech – v ovlivnění následků v bezprostřední oblasti úprav toků a v ovlivnění průběhu povodně na níže položených částech toku.

1. Vliv na průběh povodně v lokálním měřítku

Antropogenní transformace říční sítě má vliv na průběh a následky povodně v místě bezprostředního výskytu dané úpravy a jejím okolí. V tomto prostorovém kontextu je zásadní zejména vliv úprav podélného profilu toku, struktury upravenosti koryta toku a charakteru využití příbřežní zóny.

Upravenost v podélném profilu velice silně ovlivňuje intenzitu erozních a akumulčních projevů povodně na toku. Markantní jsou zejména případy nevhodně situovaných jezů v zákrutech toků, kde dochází k masivním břehovým nátržím, destrukci regulačních struktur i extrémní sedimentaci. Provedené terénní mapování prokázalo řadu těchto případů zejména na toku Volyňky i Otavy.

Upravenost koryta toku má na průběh povodně v daném místě vliv omezený. Podstatná je však struktura upravenosti toku, zejména efekt střídání upravených a neupravených úseků. Zrychlení odtoku v upravených úsecích akceleruje následky povodně při přechodu do neupravených úseků, zejména úseků meandrujících. Zcela zásadní

je pro průběh povodně přítomnost zatrubněných úseků toků, u kterých dochází k zanesení vstupních otvorů materiálem unášeným povodní, vytvoření umělé hráze a po její následné destrukci má uvolněná povodňová vlna podstatně ničivější účinek než na volném úseku toku. Tento efekt dobře dokumentuje již uvedený dopad zatrubněných úseků na průběh povodně v srpnu 2002 na toku Losenice.

Charakter využití příbřežní zóny má pro průběh povodně klíčový význam v okamžiku, kdy dochází k vybřežení a tím k jejímu zapojení do odtoku. Struktura krajinného pokryvu v zóně podél toku i v údolní nivě jako celku je rozhodující pro transformační účinek údolní nivy na povodňovou vlnu i pro retenci toku. Zemědělské využití plochy nivy snižuje transformační a retenční potenciál této oblasti a neumožňuje efektivně rozložit povodňovou vlnu a snížit tak přirozenou cestou velikost kulminačního průtoku. V povodí Otavy se jedná zejména o oblasti středního a dolního toku Blanice, kde intenzita antropogenního tlaku na krajinu je enormní a kde jsou přitom vhodné podmínky pro účinnější přirozenou transformaci povodňové vlny v údolní nivě.

2. Ovlivnění průběhu povodně na navazujících úsecích toku

Upravenost toku a jeho příbřežní zóny má významný vliv i na průběh a následky povodně v navazujících úsecích toku a povodí. Zde se z hodnocených parametrů nejvýrazněji projevuje efekt úpravy trasy vodního toku a charakter úpravy koryta, zvláštní pozornost je třeba věnovat i dopadu realizovaných protipovodňových úprav toku.

Úpravy trasy vodního toku, zejména napřímení koryt toků mají při povodni vliv zejména na zrychlení odtoku vody z povodí. Následky se neprojevují přímo v místě úpravy, ale výrazně ovlivňují průběh povodně na následných úsecích vodního toku. Zkrácení délky říční sítě napřímením má vliv na nárůst rychlosti povodňové vlny, růst její strmosti a především na celkový pokles objemu říční sítě, který je k dispozici pro přirozené provedení povodňového odtoku krajinou. Urychlení postupu povodňové vlny s sebou nese zároveň zkrácení časového předstihu, potřebného pro varování obyvatelstva, jeho evakuaci a pro realizaci záchranných prací.

Zásahy do trasy vodních toků se v povodí Otavy vyskytují na většině povodí, nicméně na význam pro průběh a následky povodně má vliv především extremita povodně. V nížinných oblastech a při extrémních povodních, kdy je do odtoku zapojena celá údolní niva, nehraje změna vedení trasy toku zásadní roli. Naproti tomu ve sběrných oblastech povodně a při situacích, kdy většina odtoku je realizována v korytě toku a jeho bezprostředním okolí, je vliv napřímení koryt na průběh povodně zásadní. Při povodni

v srpnu 2002 v povodí Otavy byl vliv zkrácení toků omezen prakticky na první vlnu povodně, kdy hladiny toků zpravidla nepřesáhly ochranné hráze podél toků a kdy významně přispěly k urychlení odtoku vody z povodí. Při druhé vlně, kdy došlo k vyplnění celých údolních niv již byl vliv zkrácení koryt toků na průběh povodně nepodstatný.

Obr. 13 Nevhodně umístěný a dimenzovaný most na horní Blanici jako překážka proudění vody při povodni (Foto: J. Langhammer, 2003)



Upravenost koryta toku, zejména změna geometrie jeho příčného profilu a opevnění břehů i dna umělým materiálem zpravidla doprovázejí napřímení trasy koryta. I v tomto případě se efekt úprav projevuje až v navazujících úsecích, přičemž charakteristické je to zejména v případě tzv. zkapacitnění koryta toku, realizovaného často v rámci protipovodňové ochrany. Zhloubení koryta v lokálním měřítku sice zabrání vylití malé až středně velké povodně z koryta, ale na druhé straně akceleruje rychlost proudění vody a postupu povodňové vlny do navazujících částí povodí. Zúžení profilu zároveň snižuje možnost využití transformačního účinku údolní nivy při vybřežení a snížení kulminace povodně netechnickými prostředky.

Protipovodňová opatření ovlivňují průběh povodně nejen na lokální úrovni, ale mohou mít dopad i na níže položené oblasti povodí. Přestože zejména v intravilánu je ochrana majetku před velkou vodou prioritní, je třeba postup povodně vidět v celém kontextu povodí. Zejména u opatření, která zvyšují kapacitu koryta toku jeho zahloubením nebo stavbou hrází podél koryta toku je třeba pečlivě vážit efektivitu zvoleného přístupu a jeho dopad v celkovém rozměru povodí. Podstatný je především poměr mezi hodnotou lokálně chráněného majetku a potenciálním nárůstem škod na dolním toku. Tento problém se dotýká zejména horních a středních úseků toků, kde koncentrace i hodnota majetku potenciálně postiženého povodní je často nižší a kde je zároveň prostor pro účinnou transformaci povodňové vlny.

5. ZÁVĚR

Mapování a následné vyhodnocení upravenosti říční sítě a příbřežní zóny v povodí Otavy ukázalo, že současná míra napřímení toků zejména v nížinných oblastech pomáhá k akceleraci následků povodně a lze konstatovat, že s výjimkou malých povodní neplní svůj původní účel. Odstranění přirozených retenčních prostor v těchto částech toku snižuje možnost transformace povodňové vlny. Výrazný vliv na následky povodně má přítomnost umělých stupňů v korytě, které představují překážku přirozenému proudění a v místech jejich výskytu je zintenzivněna erozní a akumulární činnost toku. Koryta toků jsou v různé míře intenzivně antropogenně upravena na celkem 43% délky hodnocené hydrografické sítě.

Jako jednoznačně negativní faktor je nutno brát rozšířené intenzivní zemědělské využití údolní nivy i vlastní příbřežní zóny. Orná půda v nivě má nepatrnou retenční kapacitu a neumožňuje účinnou transformaci povodňové vlny. Zároveň působí jako zdroj materiálu pro intenzivní plošnou erozi. Ta jednak poškozuje vlastní zemědělské plochy, zároveň však působí problémy akumulací tohoto materiálu v dolních částech toku včetně intravilánů.

Nová metodika mapování upravenosti koryta toku a příbřežní zóny, aplikovaná na povodí Otavy ukázala, že je vhodným nástrojem pro hodnocení citlivosti území na povodňové riziko. Navržený způsob hodnocení umožňuje při zachování přesnosti hodnocení rychlý postup při mapování i snadné zaškolení pracovníků, kteří terénní mapování provádějí. Rychlé a objektivní zpracování rozsáhlých území, snadná integrace výsledků do prostředí GIS spojená s následnou geoinformatickou analýzou umožňují využití této metodiky i v širším měřítku. Významná je především schopnost odhalit v rámci

hydrografické sítě kritická místa z hlediska povodňového rizika a ukázat zároveň na přirozený transformační a retenční potenciál povodí. Tyto vlastnosti předurčují využití prezentované metodiky při přípravě podkladů komplexní protipovodňové ochrany území.

6. LITERATURA

- Bettess, R. and Fischer, K. R. Lessons to learn from the UK River Restoration projects. In: Balabanis et al. (eds): *Ribamod - River basin modelling, management and flood mitigation. Concerted action - proceedings of the final workshop*. Luxembourg: European Commission., 1999. ISBN: 92-828-7110-X
- Bičík, I., Kupková, L. *Historické změny land-use v povodí Otavy. Zpráva z dílčí etapy řešení projektu Hodnocení vlivu změn přírodního prostředí na vznik a vývoj povodní*. Praha: PřF UK, 2003.
- Buchtele, J. *Kategorizace povodňového režimu na tocích Vltavské kaskády. Sborník prací hydrometeorologického ústavu v Praze, svazek 18*. Praha: HMÚ, 1972. s. 64 – 139.
- ČHMÚ *Hydrologické vyhodnocení katastrofální povodně v srpnu 2002*. Praha: ČHMÚ, 2003. <http://www.chmi.cz/hydro/pov02/>.
- Havlík, A., Just, T., Slavík, O. *Ekologická studie povodí Bíliny 2.díl - Kvalita vody a produkce znečištění v povodí Bíliny*. Praha: VÚV TGM, 1997.
- Hladný, J., Černý, H., Řičica, J. *Odhad vývoje povodňových situací analýzou historických případů - 1. část Databanka povodňových vln průtoků*. Praha: SPIS s.r.o., 1993. 45 s.
- Hladný, J. et al. *Odhad vývoje povodňových situací analýzou historických případů - 3. Část Meteorologické symptomy*. Praha: SPIS s.r.o., 1995, 37 s.
- Just, T. et al. *Revitalizace vodního prostředí*. 1. vyd. Praha: AOPK ČR, 2003. 144 s. ISBN 80-86064-72-7
- Kakos, V. *Hydrometeorologický rozbor povodní na Vltavě v Praze za období 1873 až 1982. Meteorologické zprávy*, 1983, roč. 36, s. 171 – 181.
- Konvička, M. et al. *Město a povodněň*. Brno: ERA group, 2002. 219 s. ISBN: 80-86517-38-1
- Matoušková, M. *Ekomorfologické hodnocení vodních toků*. In: Langhammer, J., Matoušková, M. *Výzkum kvality vodní složky přírodního prostředí v povodí Berounky, závěrečná zpráva z grantu*. Praha: PřF UK, 2000.

-
- Langhammer, J. *Geostatistická analýza upravenosti říční sítě, fyzickogeografických poměrů a následků povodně v povodí Otavy. Zpráva z dílčí etapy řešení projektu Hodnocení vlivu změn přírodního prostředí na vznik a vývoj povodní*. Praha: PřF UK, 2003.
- Langhammer, J. *Upravenost říční sítě v povodí Otavy. Zpráva z dílčí etapy řešení projektu Hodnocení vlivu změn přírodního prostředí na vznik a vývoj povodní*. Praha: PřF UK, 2003.
- Langhammer, J., Vajskebr, V. *Vývoj říční sítě v povodí Otavy, Zpráva z dílčí etapy řešení projektu Hodnocení vlivu změn přírodního prostředí na vznik a vývoj povodní*. Praha: PřF UK, 2003.
- Maidment, D. R. (ed.) *Handbook of Hydrology*. New York: McGraw-Hill, 1993. ISBN: 0-07-039732-5
- Niehoff, N. *Ökologische Bewertung von Fliessgewässerlandschaften*. Berlin: Springer-Verlag, 1996.
- Otto, A. *Gewässergütekartierung in der Bundesrepublik Deutschland*. Mainz: Landesamt für Wasserwirtschaft Rheinland Pfalz, 1994.
- Šobr, M. Přehled protipovodňových opatření v povodí Otavy a zhodnocení jejich funkčnosti. In: Langhammer, J. (ed.) *Hodnocení vlivu změn přírodního prostředí na vznik a vývoj povodní*. Praha: PřF UK, 2003, 200 s.
- Vavruška, F. Meteorologické příčiny povodní na Otavě a Lužnici. *Meteorologické zprávy*, 1989, roč. 42, s. 111 – 115.
- Vilímek, V., Langhammer, J., Křížek, M. *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*. Praha: Přírodovědecká fakulta University Karlovy, 2003.
- Vlasák, T. *Přehled a klasifikace historických povodní v povodí Otavy, Zpráva z dílčí etapy řešení projektu Hodnocení vlivu změn přírodního prostředí na vznik a vývoj povodní*. Praha: PřF UK, 2003.
- VÚV TGM *Vyhodnocení katastrofální povodně v roce 2002, průběžná zpráva o řešení projektu*. Praha, 2003. :<http://www.vuv.cz/povoden/main.html>