
HISTORICKÉ ZMĚNY ŘÍČNÍ SÍTĚ V POVODÍ OTAVY

JAKUB LANGHAMMER*, VÁCLAV VAJSKEBR*

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

1. ÚVOD

V kulturní krajině se v průběhu posledních několika staletí setkáváme s různě intenzivními úpravami vodních toků, přičemž k nejvýznamnějším z hlediska vlivu na odtokové poměry patří bezesporu zkrácení říční sítě. Vodní toky v minulosti byly a stále jsou napřimovány zejména kvůli využití pro dopravu, pro odvodnění zemědělských ploch, stejně jako pro ochranu měst a obcí před povodněmi či jako důsledek intenzivní urbanizace a industrializace krajiny.

Pro odpovědné posouzení dopadu zkrácení říční sítě na změny odtokového režimu povodí, zejména v souvislosti s extrémními srážko-odtokovými událostmi, je nezbytná přesná kvantifikace rozsahu provedených změn v hydrografické síti. Vzhledem k tomu, že tyto údaje nejsou pro hodnocené území – povodí Otavy v dostatečné míře podrobnosti k dispozici, byla provedena analýza historických mapových podkladů. Na jejich základě byl zhodnocen rozsah změn říční sítě v povodí v průběhu posledních 150 let, tj. v období nejdramatičtějších změn v krajině, vyvolaných intenzivním osídlením, zemědělstvím a průmyslovou výrobou.

2. MATERIÁL A METODY

2.1. METODIKA ŘEŠENÍ

Pro analýzu vývoje hydrografické sítě v povodí Otavy byly nejprve analyzovány jednotlivé historické mapové podklady z hlediska vhodnosti jejich použití a dostupnosti. Jako optimální podklady pro zachycení změn v historickém období 18. a 19. století se ukázaly mapy prvního, druhého a třetího vojenského mapování. Pro období 20. století byly již k dispozici kvalitní mapové podklady analogové i digitální.

Po zhodnocení kvality mapových zdrojů nebyl pro další analýzy využit nejstarší podklad, tj. mapy 1. vojenského mapování, a to zejména díky skutečnosti, že toto mapové dílo nebylo založeno na přesné kartografické projekci. Přestože informace, obsažené v těchto mapách jsou z historického hlediska velice cenné, nepřesný geometrický základ

map neumožnil jejich transformaci do některého z běžných kartografických zobrazení a tím digitalizaci a kvantitativní porovnání výsledků. Mapy 1. vojenského mapování je možno dobře použít pro hodnocení změn v lokálním měřítku, georegistrace celých mapových listů je však kvůli zmíněné absenci kartografické projekce ne-li nemožná, potom neúměrně složitá.

Jako základní datové zdroje proto hodnocení zkrácení hydrografické sítě v povodí Otavy byla použita čtyři mapová díla, pokrývající období 150 let s přibližným vzájemným časovým odstupem 50 let. Jedná se o následující mapová díla:

- mapy 2. vojenského mapování z let 1844 v měřítku 1:28 800 (zdroj: MŽP ČR).
- mapy 3. vojenského mapování z let 1869-1887 v měřítku 1:25 000 (zdroj: Mapová sbírka PřF UK).
- mapa Generálního štábu ČSA z let 1952-1957 v měřítku 1:25 000 (zdroj: Český úřad zeměměřičský a katastrální).
- digitální vektorová vrstva vodních toků ze Základní báze geografických dat v měřítku 1:10 000 (zdroj: AOPK, data: ČÚZAK).

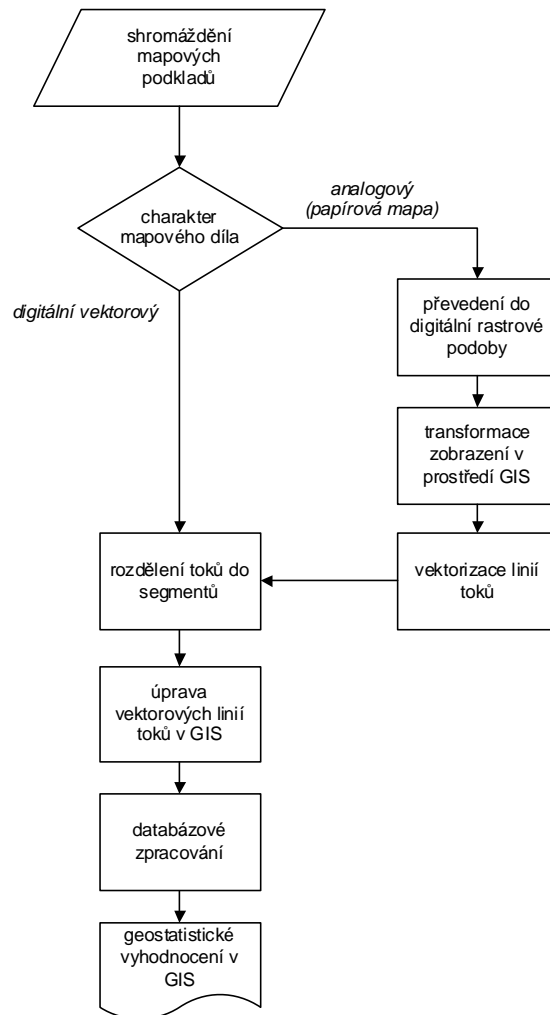
Všechna mapová díla byla nejprve převedena do podoby digitálního rastrového obrazu, následně zdigitalizována a analyzována pomocí GIS. Zpracování jednotlivých mapových děl proběhlo v následujícím sledu operací, uvedeném na obr. 1.

Pro analýzu změn říční sítě v povodí Otavy byly vybrány nejvýznamnější toky v celkové délce přibližně 600 km, které odpovídaly rozsahu mapování upravenosti říční sítě a následků povodňových škod. Celkem bylo vybráno 32 toků, na kterých bylo vymezeno 60 dílčích segmentů, ve kterých probíhalo vlastní hodnocení. Delší toky byly rozděleny až na 10 dílčích úseků za účelem možnosti porovnání vývoje nejen celého toku, ale i jeho dílčích úseků. Hranice jednotlivých úseků byly voleny tak, aby v průběhu historických změn byly jednoznačně identifikovatelné – ve většině případů jsou tvořeny soutokem s jinou vodotečí. Každý sledovaný úsek má přidělené jedinečné identifikační číslo, které usnadňuje databázové zpracování.

2.2. ZPRACOVÁNÍ A KONTROLA KVALITY DAT

Jednotlivé datové podklady měly rozdílnou úroveň přesnosti, která vyplývala jednak z odlišného měřítka a tím různého stupně generalizace, ale i z rozdílné kvality technického převodu analogové předlohy do rastrové podoby.

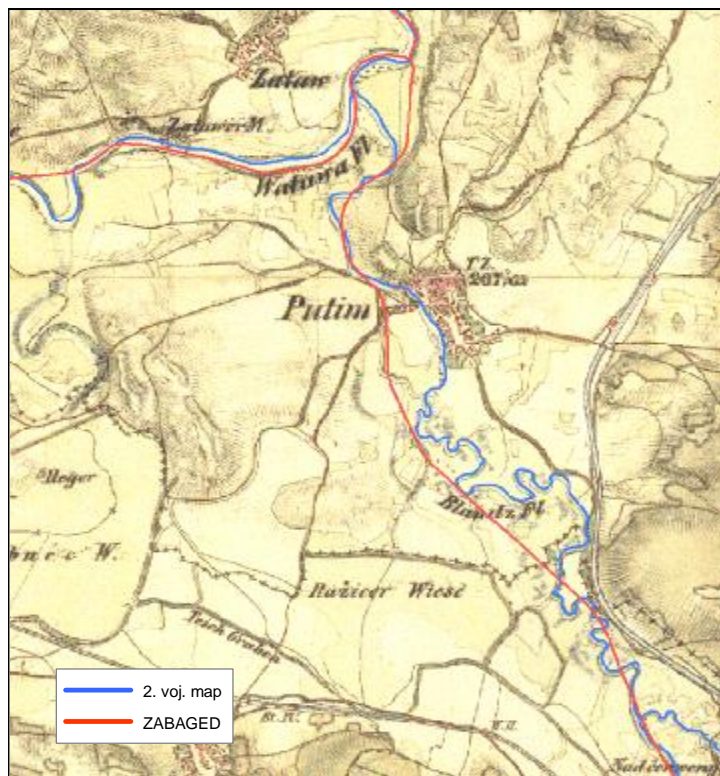
Obr. 1 Metodika zpracování historických mapových podkladů



Nejvyšší kvalitu měla digitální vektorová data ZABAGED, která odráží současný stav říční sítě. Informační kvalita vstupních dat se dále postupně snižovala směrem do minulosti, přičemž jako nejméně spolehlivá lze označit data odvozená z map 2. vojenského mapování (obr. 2).

Pro skenování map 3. vojenského mapování a mapy GŠ ČSA bylo použito rozlišení 300 dpi, které se ukázalo jako optimální z pohledu kvality obrazu a technické náročnosti zpracování. Rozlišení 200 dpi u map 2. vojenského mapování je naproti tomu nedostatečné, neboť negativně ovlivňuje přesnost zpracování a podporuje chyby v měření v tomto nejstarším použitém mapovém dílu. Často je nemožné identifikovat skutečný průběh toku. Pro vyšší přesnost zpracování by bylo vhodné použít rozlišení 400-500 dpi. Pro rastrové obrazy se používal formát tiff, pracující s bezztrátovou kompresí obrazu.

Obr. 2 Mapa 2. vojenského mapování s digitalizovaným průběhem říční sítě v oblasti soutoku Blanice a Otavy



Při analýze historických mapových podkladů a jejich digitalizaci představuje prvořadý problém rozdílná kvalita dat z jednotlivých datových zdrojů. Jde především o nepřesnosti, vyplývající z primární odlišné povahy dat – odlišného měřítka a tím rozdílné míry generalizace obsahu mapy, rozdílné kartografické projekce a zobrazení a přesnost zpracování mapy. Tyto primární nepřesnosti se projevují hlavně v nestálé poloze hraničních bodů jednotlivých úseků. Odstranění těchto chyb, tzn. zpřesnění výstupů je prakticky nemožné a je tudíž nutné brát dosažené výsledky s rezervou a případné závěry konfrontovat s mapovými podklady. Po zpracování primárních dat bylo proto nutno přikročit k jejich korekci, protože výstupy poukazyvaly na systémové chyby, které nereprezentovaly reálný vývoj říční sítě. Jednalo se o systematické podhodnocování, resp. nadhodnocování výsledků měření. Jako neměnné výsledky byly proto vybrány hodnoty z 3. vojenského mapování a mapy Generálního štábu ČSA z let 1952-1957. Důvodem bylo shodné měřítko a identický způsob zpracování. Proto by měl poměr hodnot přesně reprezentovat skutečný vývoj. Výsledky těchto 2 měření nebyly dále upravovány. Bylo však nutné korigovat výsledky měření na mapách 2. vojenského mapování a vektorové vrstvy vodních toků reprezentující současný stav.

Problém map 2. vojenského mapování spočíval v nižší kvalitě kartografického zpracování a nízkého stupně rozlišení použitého při skenování, který nebylo možné ovlivnit. Díky těmto faktorům došlo k vyšší generalizaci při měření, tzn. zkrácení délek toků. Tento fakt se projevil při porovnání výsledků s 3. vojenským mapováním. Na většině toků nebylo prokázáno výrazné zkrácení délky, avšak v řadě případů došlo k "prodloužení" toku, což je málo pravděpodobné. Vysvětlením je nepřesnost zpracování map 2. mapování, které podhodnotilo délky toků. Proto byly hodnoty 2. mapování pokusně upraveny o koeficient k . Ten byl vypočten jako průměr relativních záporných odchylek délek toků mezi 2. a 3. mapováním. Koeficient k je vyšší než 1. Tzn. dochází k "prodloužení" toků ve 2. mapování. Jeho hodnota 1,033 má však zásadní vliv na dosažené výsledky a jeví se jako nepřiměřená. Proto byla kvalifikovaným odhadem stanovena hodnota $k=1,01$. Tím došlo k citlivější úpravě dat.

Přesné výsledky současného stavu říční sítě z vektorové vrstvy ZABAGEDu naopak nadhodnocují výsledky oproti výstupům z mapy Generálního štábu ČSA z let 1952-1957. Data vykazovala v řadě případů "prodloužení" říční sítě mezi lety 1952 a 2000. Tento fenomén je také velmi nepravděpodobný a lze ho vysvětlit právě vysokou kvalitou, přesností a rozlišením vektorové vrstvy. Proto byly tyto výsledky "generalizovány" o koeficient f , který se rovná průměru relativních přírůstků délek toků mezi lety 1952 a 2000 na nezměněných úsecích. Koeficient f je nižší než 1 ($f=0,981$). Tzn. dochází ke "zkrácení" délky toků současného mapování.

Užití koeficientů je však problematické, protože dochází k nevýběrovému zkreslení délek všech toků. Tzn. jsou změněny i délky, které mohly být reprezentativní. Řešením pro vrstvu současného stavu by byla kartografická generalizace, která by šetrněji upravila výsledné délky, případně využití dat vektorové mapy DMÚ-25, vycházející ze shodného měřítko jako mapy GŠ ČSA a 3. vojenského mapování, kterou však zpracovatelé při řešení neměli k dispozici. V mapě 2. vojenského mapování dalšího zpřesnění měření dosáhnout nelze, protože ke možnému zkrácení toků došlo již při vlastní tvorbě mapy.

Z hlediska interpretace se nepřesnosti v primárních datech mohou projevit extrémně nízkými nebo dokonce zápornými hodnotami relativních změn délky toků. Na výraznější chyby v relativní změně jsou náchylnější krátké úseky toků. Pro komplexní interpretaci prostorového rozdělení změn říční sítě má velice dobrou vypovídací hodnotu vyhodnocení po dílčích povodích založeném na absolutních hodnotách, ve kterém se možné dílčí extremity eliminují.

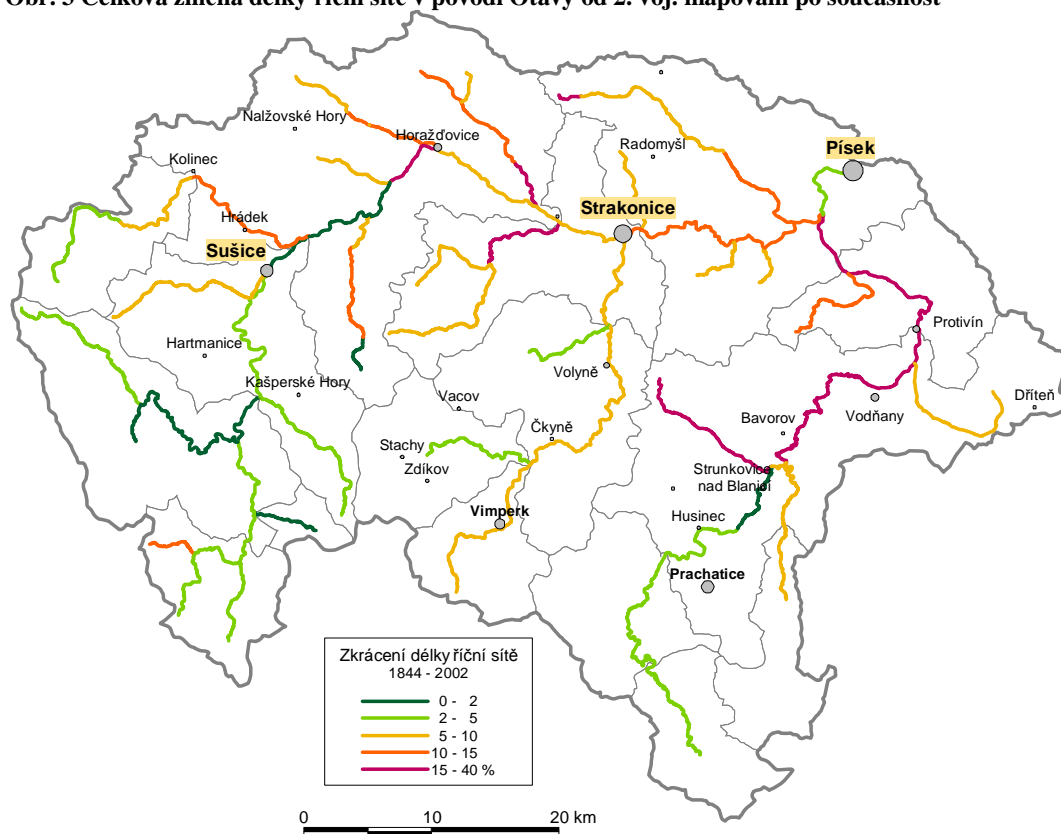
3. VÝSLEDKY

3.1. HISTORICKÉ ZMĚNY ŘÍČNÍ SÍTĚ V POVODÍ OTAVY

Výsledky analýzy historického vývoje říční sítě, provedené na základě vyhodnocení dat odvozených z historických map druhého a třetího vojenského mapování (1844; 1869-87), map GŠ ČSA (1952-7) a digitální vektorové mapy ZABAGED (2002) prokázaly výrazné změny v historickém vývoji délky říční sítě v povodí Otavy (viz obr. 3).

V průběhu sledovaných 150ti let došlo v povodí Otavy k výraznému zkrácení délky říční sítě, přičemž toto zkrácení je silně regionálně diferencované. Zřejmá je změna celkové délky sítě, kdy za posledních 150 let došlo ke snížení součtu délky toků z 611,6 km na současných 555,9 km. Tento rozdíl činí 55,7 km, což je změna o 9,1%.

Obr. 3 Celková změna délky říční sítě v povodí Otavy od 2. voj. mapování po současnost



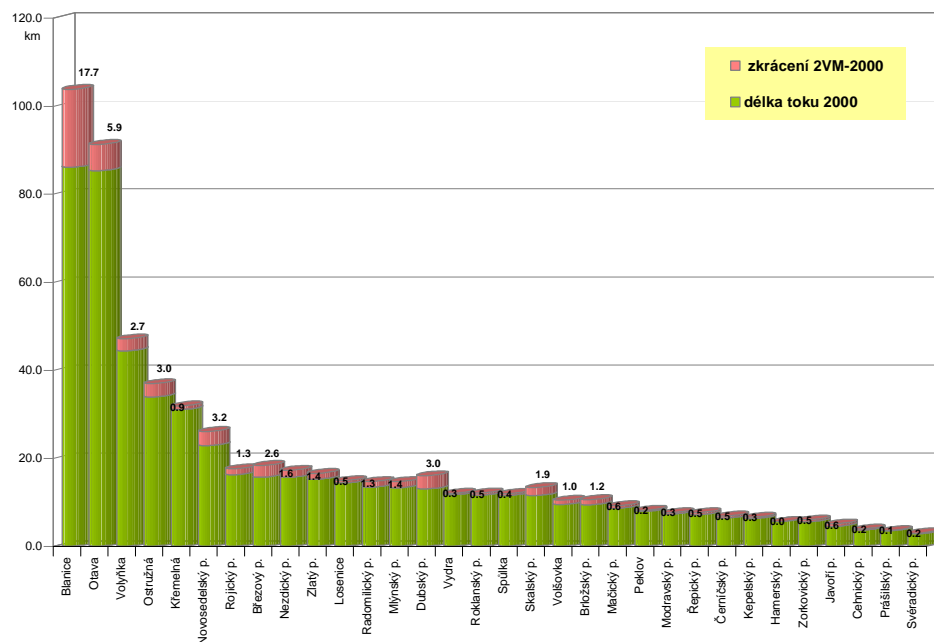
Zkrácení říční sítě má rozdílnou intenzitu v jednotlivých částech povodí (viz tabulku 1, obr. 4). K největším změnám došlo na dolních povodích toků a na drobných tocích v zemědělské krajině. Nejvyšší dosaženou míru zkrácení toku pozorujeme na dolním toku Blanice. V úseku pod Protivínem zkrácení dosahuje téměř 40% původní délky toku (38,8%), v předcházejícím úseku 29,2%. Celkově byl tok Blanice zkrácen v jednotlivých

fázích vývoje o více než 17,7 km, tok Otavy o necelých 6 km, Ostružná a Novosedelský potok o 3 km, u ostatních tok je celkové zkrácení menší. Relativně nízké hodnoty zkrácení hlavního toku povodí – Otavy jsou způsobeny tím, že první úpravy koryta toku zde proběhly již před obdobím, zachyceným na mapách druhého vojenského mapování.

Tabulka 1 Celkové zkrácení toků v povodí Otavy

Tok	Změna 2VM-2000 [m]
Blanice	17710
Otava	5903
Novosedelský p.	3235
Ostružná	3021
Dubský p.	2994
Volyňka	2718
Březový p.	2647
Skalský p.	1853
Nezdický p.	1580
Mlýnský p.	1408
Zlatý p.	1367
Rojický p.	1339
Radomilický p.	1295
Brložský p.	1162

Obr. 4 Zkrácení toků povodí Otavy mezi stavem v mapě 2. voj. mapování a současností



V poměru k původní délce toku byl nejvíce zkrácen Dubský potok, o necelých 19%. Druhé nejvyšší průměrné zkrácení toku připadá na Blanici, kde dosahuje výše 18%. Přesnější obrázek o charakteru zkrácení toku však poskytne analýza po dílčích segmentech, kde vynikne rozdíl mezi prakticky nedotčenou pramennou oblastí a extrémně upraveným dolním tokem (obr. 5), kde se míra zkrácení toku blíží zmíněným 40% původní délky toku.

Zkrácení o více než 10% původní délky pozorujeme na řadě drobných přítoků Otavy na jejím středním toku. Jedná se o malé vodní toky v zemědělské krajině, které byly napřiměny v důsledku intenzifikace zemědělské výroby i kvůli povodňové ochraně obcí.

Povodí Volyňky a jejích přítoků, stejně jako přítoky Otavy v oblasti šumavského podhůří byly úpravami toků postiženy v omezené míře. Průměrná míra zkrácení se v těchto povodích pohybuje okolo 5%, což představuje hodnoty pod průměrem povodí Otavy jako celku, ale i pod průměrnými hodnotami zkrácení říční sítě, uváděnými v literatuře pro ČR. Příčinou je slabší antropogenní tlak na krajinu v této oblasti, méně intenzivní osídlení i zemědělství.

Obr. 5 Geometricky upravená trasa koryta Blanice u soutoku s Otavou (Foto: J. Langhammer, 2003)



Míra zkrácení koryta Otavy dosahuje v průměru 3,6%. Zde se projevuje jednak zmíněná upravenost z období předcházejícímu 2. vojenskému mapování, jednak obdobné disproporce v upravenosti mezi jednotlivými úseky toku jako na Blanici – od více než 16% zkrácení v úseku pod Strakonícemi až po minimální změny v úsecích nad Sušicí.

Nejnižší průměrnou míru zkrácení toků nacházíme na horních úsecích povodí v horských oblastech. Zde díky převážně lesnímu charakteru povodí k výraznějším úpravám trasy toků nedocházelo, přestože i zde existují výjimky. Prakticky beze změny tak zůstaly toky v centrální oblasti Šumavy, zejména pramenné úseky Blanice, Křemelne, Ostružné či Vydry. Absolutně nejnižší míru zkrácení pozorujeme na horním úseku Blanice, na jejímž dolním toku naopak konstatujeme nejvyšší intenzitu napřímení koryta toku v celém povodí Otavy.

3.2. HLAVNÍ ETAPY ZKRÁCENÍ HYDROGRAFICKÉ SÍTĚ V POVODÍ OTAVY

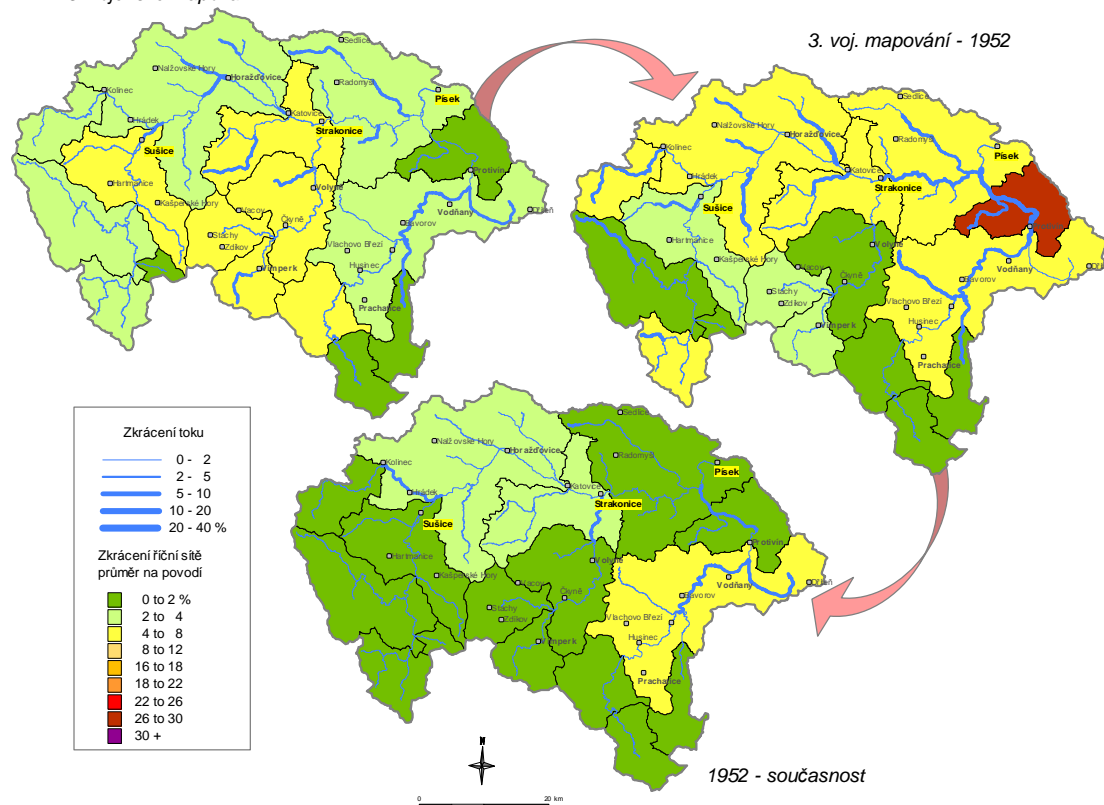
Ke zkrácení toků docházelo ve všech hodnocených časových etapách (viz obr. 6). Zkrácení je dokonce patrné i na nejstarších podkladech – mapě 2. vojenského mapování, konkrétně na středním toku Otavy. K nejrozsáhlejšímu zkrácení došlo v období mezi stavem zachyceným na mapách 3. vojenského mapování a mapě GŠ ČSA z počátku 50. let. V tomto období povodí Otavy ztratilo celkem 6.6% délky své sítě. Na období intenzivních změn způsobených socialistickým hospodářstvím, kterému bývá připisován největší podíl na změnách v krajině potom připadají necelá 3% z celkového zkrácení. Příčinou tohoto poněkud překvapivého zjištění je skutečnost, že oblast středního a dolního povodí Otavy byla intenzivně využívána již od poloviny 19. století. Plavení dřeva, doprava zboží, stejně jako intenzivní zemědělství se výrazně podepsaly na tváři krajiny ještě před etapou kolektivizace a industrializace zemědělství ve druhé polovině dvacátého století.

První hodnocené období změn, tj. rozdíl mezi stavem zachyceným v mapách druhého a třetího vojenského mapování představuje období prvních výraznějších úprav toků v zemědělské krajině. Celkové zkrácení říční sítě v povodí Otavy v tomto období činí 7 km, přičemž největší část připadá na Blanici a Zlatý potok v úseku horního a středního toku v oblasti Prachatic. Zde úhrn zkrácení toků ve dvou úsecích Blanice a závěrečné části toku Zlatého potoka dosahuje 3,1 km. Z významných toků v povodí pozorujeme zkrácení koryta v tomto období rovněž na středním toku Otavy pod Horažďovicemi, kde zkrácení činí 0,82 km. Většina provedených úprav v tomto období byla realizována na drobných

tocích. Z pohledu změn v ucelených povodích největší podíl zkrácení toků připadá na horská a podhorská povodí na horním toku Blanice a Volyňky a přítoků Otavy po Sušici.

Obr. 6 Hlavní etapy zkrácení říční sítě v povodí Otavy

2. – 3. vojenské mapování



V kontextu celkového vývoje zkrácení říční sítě v povodí Otavy nedošlo mezi 2. a 3. vojenským mapováním k podstatným změnám délek toků (tabulka 2). Prakticky beze změny zůstávají toky v horských oblastech - Hamerský potok, pramenný úsek Nezdického potoka, horní tok Blanice, Křemelná, Vydra, horní Otava, Losenice, Roklanský potok, Modravský potok aj.. Průměrné jsou změny na středním a dolním toku Otavy, kde k případným úpravám trasy koryta mohlo docházet již před sledovaným obdobím. Též se mohla projevit relativní stálost průběhu trasy velkého toku ve sledovaném časovém horizontu.

U kratších úseků může při hodnocení docházet ke zvýšení relativní chyby výsledku. Významným faktorem ovlivňující kvalitu dat odvozených z historických podkladů je úroveň kartografického zpracování, kdy u jednotlivých mapových děl mohlo docházet k nestejně generalizaci, resp. snižování přesnosti při vlastním mapování.

Tabulka 2 Nejvíce zkrácené úseky toků v období mezi 2. a 3. vojenským mapováním

ID	Tok	Počátek úseku	Konec úseku	změna
				3VM-2VM [m]
4	Blanice	+Zlatý p.	+Radomilický p. (5km J od Protivína)	1643
40	Novosedelský p.	cesta k samotě od silnice 1km SV od Vese	+Mačický p. - S od Tahlovic	989
1	Blanice	Arnoštov - střed mostu	+Živný p. (S 5km S od Prachatic)	931
54	Otava	+Černíčský p.	+Mlýnský p. - Horažďovice	820
67	Radomilický p.	pod Bělohůreckým r. 10km V od Vodňan	+Blanice 2km J od Protivína	615
92	Zlatý p.	2km V od Nebahov (4km V od Prach.), most	+Blanice - SZ od Strunkovic	482
15	Brložský p.	+Rojický p.	+Otava	442
33	Mlýnský p.	hráz r. Vidlák u Břežan	+Otava - Horažďovice	416

Nejvýraznější změny říční sítě v povodí Otavy pozorujeme v časovém období první poloviny 20. století (tabulka 3). Rozdíl v délce říční sítě zachycené na mapách 3. vojenského mapování, tj. v letech 1869-87 a stavem z poloviny 20. století, zachyceném na mapách GŠ ČSA z let 1952-7, dosahuje délky 39,8 km, což představuje 6,6% délky říční sítě. Uvedené období odráží prudké změny ve struktuře společnosti a krajiny – jeho počátek leží v období Rakousko-Uherska a rozvíjející se industrializace, konec tohoto období je po dvou světových válkách na prahu éry socialistického hospodářství (viz obr. 7).

Obr. 7 Žižkův most. Přeložení koryta Březového potoka po regulaci ve 20. letech 20. století zanechalo původní středověký most na suchu, mimo současné koryto toku (Foto: J. Langhammer, 2003)



Tabulka 3 Nejvíce zkrácené úseky toků mezi 3. vojenským mapováním a mapou GŠ ČSA z l. 1952-7

ID	Tok	Počátek úseku	Konec úseku	Změna
				3.VM-1952 [m]
6	Blanice	+Divišovka (2km SV od Protivína)	+Otava - Písek	7639
58	Otava	+Volyňka - Strakonice	+Blanice	3967
5	Blanice	+Radomilický p. (5km J od Protivína)	+Divišovka (2km SV od Protivína)	3312
20	Dubský p.	Litochovice - hráz rybníka	+Blanice - S od Strunkovic	2706
4	Blanice	+Zlatý p.	+Radomilický p. (5km J od Protivína)	1841
41	Novosedelský p.	+Mačický p. - S od Tahlovic	+Otava - Katovice	1811
25	Křemelná	pramen 1km V od Můstku (1234,5m)	+Prášilský p.	1257
76	Skalský p.	hráz Mlýnského r. mezi Drahonicemi a Sko	+Blanice - SZ od Heřmaně	1232
12	Březový p.	most ve Střelskohoštické Lhotě	+Otava	1204
37	Nezdický p.	+p.ú 0,4km SZ od Strašínské jeskyně, 1km	H-4351-2	1020
11	Březový p.	+Svéradický p.	Most ve Střelskohoštické Lhotě	1000

K největším změnám v říční síti došlo na střední a dolní Blanici a Otavě, kde např. jen délka zkrácení jediného dolního úseku toku Blanice přesahuje úhrn zkrácení celé říční sítě v předchozím období. Úsek Blanice mezi Protivínem a ústím do Otavy představuje relativně nejvíce napřímený úsek v celém povodí – míra zkrácení zde přesahuje 38% původní délky toku. Blanice celkem v tomto období ztratila 13,6 km toku, tj. téměř dvojnásobek úhrnu z předchozího období za celé povodí Otavy.

Vlastní Otava v první polovině 20. století ztratila přes 5 km délky toku, z hlediska relativních změn bylo však zkrácení významné zejména na drobných tocích. Na Novosedelském potoce zkrácení představuje 35%, na dolním toku Březového potoka 22%, na dalších úsecích Březového potoka a na Řepickém či Rojickém potoce 16% původní délky. Zkráceny byly především toky, dosud neupravené, ale úpravy se na mnoha

místech dotkly i již zkrácených úseků, jako např. toku Blanice v úseku pod soutokem se Zlatým potokem.

Mapy 3. vojenského mapování a mapy GŠ ČSA z 50. let tvořily díky své podrobnosti a kvalitě základ pro vyhodnocení historických změn hydrografické sítě. Antropogenní úpravy průběhu toků jsou zde velmi dobře patrné - jedná se především o dolní Blanici a Otavu, Březový, Novosedelský, Dubský a Nezdický potok. Změny na Křemelné, Ostružné, Javořím, Roklanském a Modravském potoce lze naopak připsat přirozeným změnám koryta nebo chybám a zjednodušení tvorbě map a při zpracování, neboť rozsáhlejší antropogenní změny nejsou v těchto úsecích možné.

Úpravy toků ve druhé polovině 20. století již nedosáhly intenzity předchozího období (tabulka 4). Celkové zkrácení toků dosáhlo 8,8 km a nejintenzivněji se projevilo opět v povodí Blanice, ale nově též v povodí Volyňky, Ostružné a v povodí drobných přítoků v zemědělské krajině. Délka zkrácení nepřesahuje u jednotlivých úseků 2 km, nejdelší napřímení nacházíme na Radomilickém potoce (1,8 km), střední a dolní Blanici (1,5 km a 0,9 km) a na Ostružné (0,9 km). Relativně se zkrácení nejvíce dotklo středního toku Otavy a Blanice, kde hodnocené úseky ztratily v průměru 11, resp 10% své původní délky. S výjimkou Křemelné, střední Blanice a Novosedelského potoka, kde se míra zkrácení pohybovala okolo 6% na zbytku hodnocených úseků dosahovala v průměru 2-4%.

Tabulka 4 Nejvíce zkrácené úseky toků mezi mapou GŠ ČSA z l. 1952-7 a vrstvou ZABAGED z r. 2000

ID	Tok	Počátek úseku	Konec úseku	Změna 1952-2000 [m]
67	Radomilický p.	pod Bělohůreckým r. 10km V od Vodňan	+Blanice 2km J od Protivína	1818
4	Blanice	+Zlatý p.	+Radomilický p. (5km J od Protivína)	1530
6	Blanice	+Divišovka (2km SV od Protivína)	+Otava – Písek	959
45	Ostružná	Kolinec - most	+Otava	929
88	Volyňka	+Peklov	+Otava – Strakonice	667
76	Skalský p.	hráz Mlýnského r. mezi Drahonicemi a Sko	+Blanice – SZ od Heřmaně	426
1	Blanice	Arnoštov - střed mostu	+Živný p. (S 5km S od Prachatic)	417
20	Dubský p.	Litochovice - hráz rybníka	+Blanice - S od Strunkovic	342

4. DISKUSE

4.1. VLIV ZKRÁCENÍ ŘÍČNÍ SÍTĚ NA PRŮBĚH POVODNÍ

Z hlediska odtoku vody při povodni má zkrácení říční sítě vliv na průběh a následky povodně v krajině. Zkrácením délky toku dochází k podstatnému snížení objemu říční sítě a tím ke zvětšení podílu odtokové vlny, který je třeba uskladnit mimo vlastní koryto. Zkrácení toku vede dále ke zrychlení postupu povodňové vlny údolní nivou, zvýšení strmosti jejího tvaru a celkově k dosažení vyšších hodnot vodních stavů při kulminaci.

Zrychlení postupu povodňové vlny

Zkrácení délky říční sítě působí na zkrácení celkového času postupu povodňové vlny územím. V případě povodí s výrazným zkrácením říční sítě, jakým je např. dolní tok Blanice, kde se celková míra zkrácení blíží 40% původní délky tento faktor může hrát významnou roli, neboť zkrácení doby postupu povodně se v praxi projeví zkrácením času, potřebného na evakuaci obyvatel, zajištění majetku a přípravu protipovodňových opatření.

Zkrácení délky toku se na zrychlení postupu povodně projevuje zejména v situacích, kdy voda nevystupuje z hranice koryta či protipovodňových valů, vedených paralelně s korytem toku. Při překročení těchto limitů, kdy povodeň k odtoku využívá celý profil údolní nivy, se efekt zkrácení toku minimalizuje. Při povodni v srpnu 2002 se tak vliv zkrácení omezil zejména na první povodňovou vlnu. Při druhé vlně povodně, kdy na dolních tocích byla hladina řek vzedmutá až o několik metrů, byl již vliv zkrácení říční sítě minimalizován.

Vliv zkrácení toku na zrychlení doby postupu povodně a na zkrácení času, potřebného na přípravu záchranných opatření je podstatný zejména u významně zkrácených toků, jakým je třeba dolní tok Blanice. V současné době činí např. délka úseku toku Blanice od soutoku s Divišovkou po ústí do Otavy 13.5 km, přičemž původní délka, zachycená v mapě 2. vojenského mapování činí celých 21.4 km. Když uvažujeme s rychlostí proudění v hodnotách okolo 1,5 m/s (tabulka 5), zjistíme, že zkrácení toku o necelých 8 km může znamenat urychlení postupu povodně v tomto úseku až o více než 1 hodinu oproti původnímu stavu (Langhammer et Vajskebr, 2003). Při povodni, kdy o výši ztrát na majetku a lidských životech rozhodují minuty, může být tato časová rezerva zásadní pro realizaci těch nejnaléhavějších opatření. Zvláštní význam má urychlení odtoku v případě lokálních bleskových povodní, kde na rozdíl od rozsáhlých regionálních povodní není možný větší časový předstih předpovědi před vlastní odtokovou událostí.

Tabulka 5 Rychlost proudění naměřená hydrometrickou vrtulí při povodni 9.8. 2002 (ČHMÚ, 2003)

profil	vodní stav [m]	průtok [m ³ /s]	střední profilová rychlost [m/s]	maximální profilová rychlost [m/s]
Blanice - Heřmaň	244	152	1,71	2,75
Volyňka-Nemětice	209	55.2	1.46	2.96
Otava-Písek	454	394	1.75	2.66

Zvýšení rychlosti proudění vody

Vedle zkrácení doby doběhu povodně se zkrácení říční sítě projevuje výrazně na zvýšení rychlosti proudění vody v korytě toku. Příčinou je větší uniformita rozložení rychlosti proudění v korytě, způsobená odstraněním ramen meandrů, kde dochází k diverzifikaci rychlosti proudění. Vyšší rychlost proudění vody s sebou nese i větší energii povodňové vlny, která tak má silnější destruktivní účinek na zasažené objekty v korytě toku a údolní nivě.

Změny vlastností koryta, spjaté s napřímením toku a projevující se zvýšením rychlosti proudění vody v korytě mají za následek i strmější tvar čela povodňové vlny. Průtok a vodní stav tak při nástupu povodně stoupají rychleji, než tomu je u neupraveného toku, přičemž právě rychlost nástupu povodně je rozhodující pro možnost účinné evakuace a ochrany majetku a tím pro výši škod a případných ztrát na lidských životech.

Změna retenční kapacity koryta toku a údolní nivy

Fyzické zkrácení délky toku má za následek celkové snížení objemové kapacity koryta toku v daném úseku. Za stejné množství času je při stejném objemu povodně koryto toku schopno pojmout menší množství vody a větší množství vody se vylévá mimo koryto a působí škody v údolní nivě.

Pro možnost bezpečného převedení stejného objemu vody je tak koryto toku často zkapacitněno umělým zahloubením, což ovšem pouze vede k zintenzivnění výše popsaných procesů urychlení postupu vody upraveným korytem. Při malých povodních se tak dostatečně nevyužívá retenční kapacita příbřežní zóny a údolní nivy, což brání účinné transformaci odtokové vlny a snížení kulminační výšky povodně.

Dosažení vyšší úrovně vodního stavu při kulminaci v zasažených oblastech

Urychlení odtoku vody z území a dostatečné nevyužití transformačního potenciálu údolní nivy má jednoznačně za následek zvýšení dosažených výšek hladin vody při

kulminaci. To klade vyšší nároky na dimenzování a konstrukci protipovodňových opatření a přímo rozhoduje o výši povodňových škod.

Uvedené projevy změn charakteru proudění v důsledku zkrácení říční sítě se liší podle polohy úseku v rámci toku a podle dosažené úrovně extremity povodně. Rozhodující vliv má zkrácení na horních a středních úsecích toků, kde dochází k formování povodně a k transformaci povodňové vlny. Na dolních úsecích, kde zejména při extrémních povodních bývá do odtoku zapojena celá údolní niva není vliv zkrácení říční sítě pro charakter proudění i následné škody tak významný.

Obecně můžeme vidět hlavní vliv zkrácení říční sítě na následky povodní zejména v případech povodní s nižší dosaženou extremitou, kdy řeka k rozlivu nevyužívá celý prostor údolní nivy, ale zůstává v korytě řeky, resp. v zóně vymezené protipovodňovými hrázemi. V těchto situacích představuje zkrácení říční sítě důležitý parametr, zvyšující riziko povodňových škod

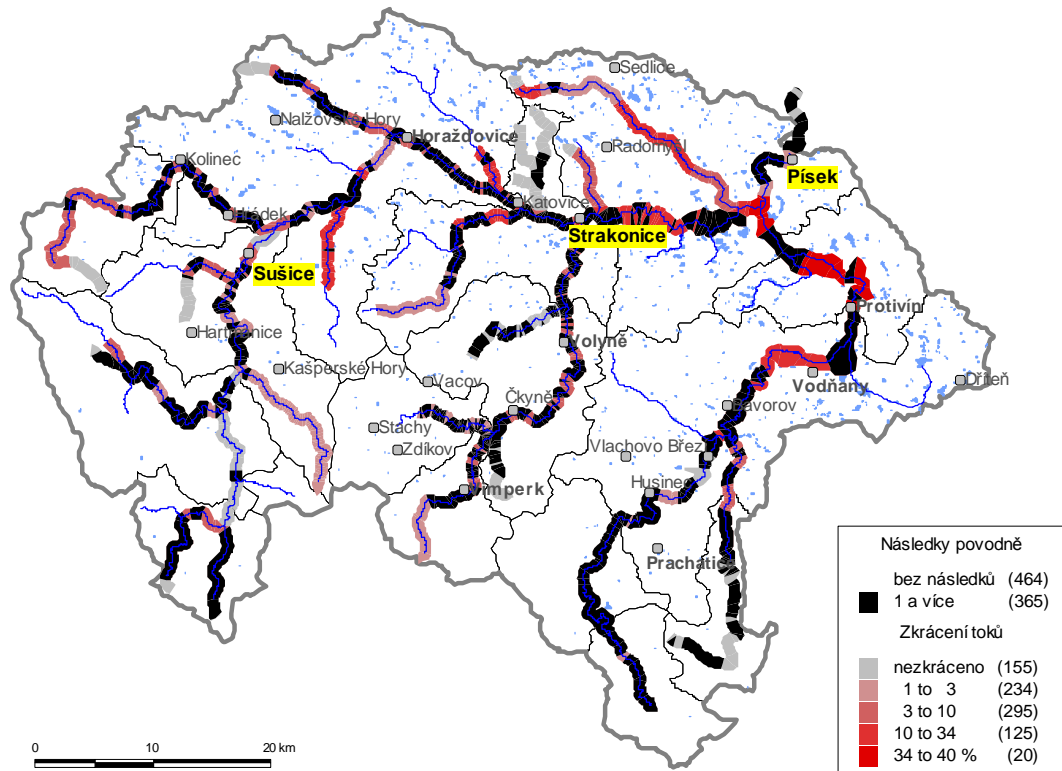
4.2. SOUVISLOST ZKRÁCENÍ ŘÍČNÍ SÍTĚ S NÁSLEDKY POVODNĚ V SRPNU 2002 NA POVODÍ OTAVY

Současná vysoká míra zkrácení hydrografické sítě významným způsobem ovlivňuje odtokové poměry jednotlivých povodí a přispívá k negativním následkům při extrémních odtokových událostech. Dopad zkrácení toků na postup povodňové vlny povodím a na následky povodně však nelze paušalizovat a jednotlivé aspekty je nutno vždy posuzovat v souvislosti s konkrétními geografickými podmínkami, s ohledem na prostorové měřítko a ve vztahu k dosažené extremitě povodně.

Pomocí analýzy v prostředí GIS byla zkoumána prostorová souvislost míry upravenosti úseků toků v povodí Otavy a následků povodně, zjištěných v rámci terénního mapování (viz Křížek et Engel, 2003). Pro potřeby analýzy byly uvažovány následující projevy povodně v krajině: výskyt čerstvých fluviálních akumulací, břehových nátrží, sesuvů nebo poškozených mostů na tocích.

Analýza prostorové souvislosti výskytu vymapovaných následků povodně s historickým zkrácením říční sítě v povodí Otavy neprokázala na povodí jako celku významné statistické vazby mezi napřímením toků a četností výskytů fluviálních akumulací, břehových nátrží, sesuvů či poškození mostů a dalších objektů na toku jako následků povodně v srpnu 2002. Vliv zkrácení toku na akceleraci následků povodně však v řadě lokalit nacházíme (viz obr. 8).

Obr. 8 Prostorová souvislost zkrácení říční sítě a následků povodně v srpnu 2002



Pro identifikaci úseků, kde lze nalézt prostorovou souvislost mezi napřímením toku a intenzitou následků povodně a jejich oddělení od úseků, kde tento vliv není patrný je možné použít klasifikaci pomocí rozhodovacích pravidel. Jednotlivé úseky řadíme do tříd podle dosažené hodnoty atributů v jednotlivých hodnocených parametrech na základě námi zvolených prahových kritérií. Tato klasifikace byla použita pro povodí Otavy, přičemž jako parametry byly uvažovány intenzita zkrácení segmentu toku v období mezi druhým vojenským mapováním a současností a následky povodně v obalové zóně segmentu, zjištěné při terénním mapováním po povodni v srpnu 2002. Jako prahová hodnota míry napřímení toků, u níž předpokládáme vliv na odtokový proces byla stanovena hranice 5% zkrácení úseku. Z takto omezeného souboru byly vybrány úseky, na kterých byl po povodni v srpnu 2002 nalezen více než jeden z uvedených projevů činnosti povodně. Pomocí uvedené klasifikace byly odděleny úseky toků, kde existují souvislosti mezi antropogenním zkrácením toku a následky povodně od oblastí, kde sice v průběhu vývoje došlo k intenzivnímu napřímení koryt toků, kde však při povodni nebyly zaznamenány žádné následky, další kategorie představovaly úseky, kde byly nalezeny následky bez

konstatovaného zkrácení toku a konečně byly odděleny úseky, které nebyly zkráceny ani na nich nebyly nalezeny následky průběhu povodně.

Výsledná množina úseků se současným výskytem zkrácení toku a následky povodně představuje při hladině 5% zkrácení toků 30% úseků z celkových 725 hodnocených segmentů vodních toků. Zvýšíme-li však při klasifikaci práh míry zkrácení toků, podíl segmentů, kde souběžně konstatujeme zkrácení toku a nacházíme následky povodně prudce klesá – při hladině 10% zkrácení podíl těchto úseků s následky představuje 9,4%.

Ukazuje se, vliv úprav hydrografické sítě na průběh a následky povodně v srpnu 2002 je v kontextu povodí jako celku omezený. Nepotvrzuje se tak hypotéza o obecném vlivu zkrácení toků na růst intenzity následků povodně v krajině a je zřejmé, že tento vliv má platnost pouze v omezených podmínkách. V mechanismu tohoto procesu hrají důležitou roli další faktory, zejména reliéf, geografická poloha a především dosažená extrimita povodně a charakter jejího průběhu, které měly v případě povodně v srpnu 2002 rozhodující vliv.

5. ZÁVĚR

Výsledky analýzy historického vývoje říční sítě prokázaly výrazné změny ve vývoji délky říční sítě v povodí Otavy. V průběhu posledních 150ti letech říční síť doznala značného zkrácení, které se v některých úsecích blíží až 40% původní délky. Největší zkrácení říční sítě je pozorováno na dolních úsecích toků a na drobných přítocích. K nejintenzivnějšímu zkrácení toků došlo v období od konce 19. století do poloviny 20. století, kdy byly napřímeny hlavní úseky významných toků v povodí, zejména dolní Blanice a Otavy. Intenzivní socialistické zemědělství v 2. polovině 20. století se na úpravách říční sítě překvapivě projevilo méně výrazně.

Zkrácení říční sítě má významný vliv na odtok vody při povodni, zejména na rychlost postupu povodňové vlny. Ta se projevuje jednak zkrácením celkového času postupu povodňové vlny, což v oblasti soutoku vyvolává změny v režimu skládání povodňových vln a především zkracuje dobu pro přípravu, zabezpečení a případnou evakuaci obyvatel a majetku. Zároveň napřímení koryt toků s sebou nese nárůst rychlosti proudění vody v těchto úsecích a tím i nárůst ničivé síly povodňové vlny v nejvíce upravených oblastech.

Při hodnocení průběhu a následků povodně v srpnu 2002 na povodí Otavy zkrácení vodních toků se ukázalo, že, vliv zkrácení hydrografické sítě na povodňové následky byl

omezený a že rozhodujícím činitelem pro výši škod a průběh povodně byly extrémní srážkové úhrny a časový sled dvou povodňových vln. Pro méně extrémní povodňové události však může zkrácení říční sítě hrát významnou roli v postupu povodňové vlny povodím a je proto tomuto fenoménu věnovat patřičnou pozornost. Vhodným prostředkem pro částečné zmírnění negativních dopadů zkrácení toků na následky povodní může bezesporu být vhodně navržená a realizovaná revitalizace vybraných úseků toků. Tu však je možno realizovat pouze v oblastech, kde takový zásah do koryta toku a přirozený rozliv vody v údolní nivě nejsou v rozporu s požadavky protipovodňové ochrany.

6. LITERATURA

- Bičík, I.; Kupková, L. Vývoj struktury ploch v povodí Otavy v letech 1845-1948-1990-2000. In: Langhammer, J. (ed.) *Hodnocení vlivu změn přírodního prostředí na vznik a vývoj povodní*. Praha: PřF UK, 2003. s. 113-121.
- Čapek, R. *Geografická kartografie*. Praha: SPN, 1984.
- ČHMÚ *Hydrologické vyhodnocení katastrofální povodně v srpnu 2002*. Praha: ČHMÚ, 2003. <http://www.chmi.cz/hydro/pov02/>.
- Digitální obraz map 1. a 2. vojenského mapování*. © MŽP ČR.
- Digitální obraz map 3. vojenského mapování*. © Mapová sbírka PřF UK Praha.
- Digitální obraz map GŠ ČSA*. © ČÚZAK
- Kender, J. et al. *Voda v krajině*. Praha: MŽP ČR a AOPK, 2004.
- Konvička, M. et al. *Město a povodeň*. Brno: ERA group, 2002.
- Křížek, M., Engel, Z. Geomorfologické projevy povodně 2002. In: Langhammer, J. (ed.) *Hodnocení vlivu změn přírodního prostředí na vznik a vývoj povodní*. Praha: PřF UK, 2003. s. 83-101.
- Langhammer, J. Analýza upravenosti říční sítě v povodí Otavy. In: Langhammer, J. (ed.) *Hodnocení vlivu změn přírodního prostředí na vznik a vývoj povodní*. Praha: PřF UK, 2003. s. 156-177.
- Maidment, D. R. (ed.) *Handbook of Hydrology*. New York: McGraw-Hill, 1993. ISBN: 0-07-039732-5
- Mapy KČT 1:50 000*. Praha: Trasa s. r. o., 1999-2002.
- 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, 200 s.

Vektorová mapa průběhu vodních toků z projektu ZABAGED. © ČÚZAK, poskytl AOPK ČR.

Vilímek, V., Langhammer, J., Křížek, M., Lipský, Z., Stehlík, J. *Posouzení efektivity změn ve využívání krajiny pro retenci a retardaci vody jako preventivní opatření před povodněmi - závěrečná zpráva. Praha: PřF UK, 2003. 55 s.*