
ZHODNOCENÍ PRŮBĚHU A NÁSLEDKŮ POVODNĚ Z HLEDISKA GEOMORFOLOGIE

VÍT VILÍMEK*

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

1. ÚVOD

Zhodnocení průběhu a následků povodně bylo koncipováno se zvláštním zřetelem na geomorfologii, antropogenní projevy a na obecnější závěry. Toto vyhodnocení má též zčásti metodický charakter s uvedením typických příkladů na postižených povodích. Metodický charakter byl zvolen především z toho důvodu, že pro vyhodnocení povodňové situace z hlediska geomorfologických změn v reliéfu by měla být nejprve stanovena kritéria hodnocení, formulováno pojetí "katastrofické situace" jakožto přírodního jevu a na to teprve může navazovat podrobný rozbor situace v jednotlivých povodích a návrh protipatření.

Vzhledem k velice rozdílnému chápání povodňové situace ve společnosti, v jednotlivých vědních oborech a k často až protichůdnému pojetí procesů odehrávajících se v přírodním prostředí, které např. zaznělo na konferenci Povodně a krajina (Blažková et Beven, 1997) je v závěru připojena i stručná diskuze hlavních názorových proudů. U řady referátů tehdy chyběl komplexnější pohled na situaci a odrážel pouze úzké názorové proudy jednotlivého oboru.

V následujícím textu vycházíme z těchto stanovisek:

A/ Při posuzování geomorfologických procesů, které následovaly po extrémních srážkách v srpnu 2002, je potřeba vycházet z obecných zákonitostí vývoje reliéfu. Je ovšem nutné přihlídnout ke specifickým poměrům povodí (např. z hlediska převládajících svahů v povodí, druhu hornin či hydrologických charakteristik toků). Následnou diskuzi protipatření je potřeba zaměřit rovněž tímto směrem.

B/ Přístup k výskytu povodně vychází z historicko - genetického pojetí tohoto přírodního jevu. Chápeme povodňovou situaci jako přirozenou součást vývoje reliéfu, která probíhala opakovaně v minulosti a není žádného důvodu se domnívat, že se nebude opakovat. Vzhledem ke složitosti přírodního prostředí jako celku je pouze otázkou náhodného výběru ve které oblasti a ve kterou dobu situace opětovně nastane. (Je tedy

nemožné vytvořit dlouhodobou předpověď.) Výjimkou by byla pouze cykličnost průběhu těchto jevů.

C/ Vzhledem k tomu, že přírodní katastrofy jsou přirozenou součástí vývoje krajiny a nelze se jim vyhnout, je potřeba znát jejich průběh, důsledky a vymezit oblasti jejich výskytu. Nelze jim zabránit jako celku, lze pouze omezit jejich následky. Ve vývoji reliéfu lze přírodní katastrofy dokonce chápat, jako procesy, které jsou "hnacím motorem vývoje", kdy po delší časový úsek dochází pouze k minimálním změnám (např. eroze či akumulace) a až teprve náhlé a intenzivní změny modifikují ráz krajiny.

2. METODIKA

Z hlediska metodického je potřeba rozlišit následky povodně způsobené přírodními faktory a následky vlivem působení antropogenního faktoru. Přičemž u řady případů existuje spolupůsobení těchto vlivů a může být obtížné stanovit jejich vzájemný podíl. V rámci zhodnocení průběhu povodně a studia následků lze doporučit následující:

1) Zdokumentovat typické případy vývoje reliéfu související s extrémními srážkami a následnou povodní.

Hlubková eroze se projevuje zpravidla na horních tocích či přítocích (charakterizovat lze míru eroze, typ hornin, sklonitost svahu, následky).

Boční eroze je obecně pojato aktivní zpravidla na středních či dolních tocích (popsat míru postižení údolní nivy, vztah k případným svahovým pohybům, zákonitosti ve výskytu).

Svahové pohyby se mohou objevit v závislosti na horninovém podkladu (stanovit typ svahů a příčnu sesouvání - srážky či eroze toku).

Enormní akumulace se objevují od středního toku níže (identifikovat typické oblasti výskytu, charakter sedimentace a zrnitostní složení).

Změny průběhu koryt souvisejí s intenzivní boční erozí či akumulací (identifikovat bezprostřední příčinu, případný vztah k dlouhodobému vývoji údolí).

2) Provést syntézu poznatků a formulování obecných zákonitostí.

Které typy procesů převládají na horním, středním a dolním toku (resp. vztáhnout k podélným profilům).

3) Porovnat vývoj reliéfu v kvartéru se současnými reliéfovými procesy vyvolanými povodněmi (historicko-genetická analýza).

Schématický vývoj údolní a erozní sítě a vztah k reliéfovým procesům doprovázejícím povodeň. Zodpovědět do jaké míry vývoj reliéfu (případně i krajiny) odráží důsledky povodňových stavů a do jaké míry se na něm podílí nízké průtoky (nízká míra eroze působící ovšem dlouhodobě).

4) Formulovat vývojové zákonitosti reliéfu, které by měly být zohledněny při návrzích protipovodňových opatření.

Navrhnout na konkrétních příkladech kde je zbytečné povodňové stavy omezovat a je účelnější (a též levnější) ponechat přírodě přirozený vývoj.

5) Porovnat aktuální rozlivy s rozsahem údolní nivy s cílem vysvětlení diferencí.

Výše zmíněná doporučení je potřeba řešit na dvou úrovních. Jednak v detailním průzkumu, kde lze hledat z rozboru místních poměrů konkrétní příčinu a vysvětlení a druhou, vyšší úroveň je určitá míra zobecnění a vyvození zákonitostí.

6) Porovnat dílčích povodí z hlediska rozlohy, objemu spadlých srážek, sklonitostních poměrů, vegetačního krytu, typu hornin a následného odtoku. V návaznosti na tom posoudit míru geomorfologických projevů v daných povodích.

3. GEOMORFOLOGICKÉ PROJEVY POVODNÍ

Vzhledem k tomu, že povodí slouží jako základní jednotka pro změření objemu vody a sedimentů produkovaných při odtoku a erozi, je důležité studovat vztah mezi morfometrií povodí a množstvím odváděné vody a sedimentů. Tento příklad uvádějí Hadley et Schumm (1961). Hustota a charakter říční sítě v povodí je dána geologickým a paleogeografickým vývojem oblasti (ovlivňuje ji např. strmost svahů, druh a úložné poměry hornin, odolnost vůči zvětrávání, dále též množství srážek či rozlehlost oblasti). Výsledné projevy v reliéfu jsou po povodni souhrou řady procesů (zejména v horní části povodí). V následujícím textu se budeme zabývat především vlivy geomorfologickými a geologickými. Nejdůležitější kvantitativní charakteristiky pro povrchový odtok stanovil již ve 30. letech Horton (1932): 1) morfometrie říční sítě; 2) půdní charakteristiky, zejména ve vztahu k infiltraci; 3) strukturně geologické poměry v souvislosti s možnostmi eroze hornin; 4) míra zakrytí vegetací a její vliv na erozi, infiltraci a výpar; 5) meteorologicko klimatické podmínky, které charakterizují přísun srážek. Dále je možné sem zařadit faktor sklonitosti svahů, který ovlivňuje rychlost odtoku. Hortonův model byl dále rozvíjen a doplněn o další morfometrické charakteristiky říční sítě Strahlerem (1952).

Změny v reliéfu vyvolané enormním spadem srážek a následnou povodní lze obecně přisoudit následujícím typům procesů: eroze, sedimentace, zaplavení vodou či svahové pohyby. Přičemž tyto procesy spolu vzájemně souvisejí. Úmyslně se neomezujeme pouze na otázky povodně, ale i na enormní spad srážek, který jim předchází, neboť ten již může sám o sobě vyvolat svahové pohyby.

Odtok je modifikován nejen vegetačním krytem a sklonitostními poměry, ale i charakteristikami půd a hornin na které srážky spadnou. Propustné sedimenty, které mají v podloží nepropustnou vrstvu, mohou vést vodu paralelně s povrchem s rychlostí porovnatelnou s povrchovým odtokem. K tomuto procesu dochází též v hrubozrnných sedimentech, např. v některých skalních sesuvech či suťových polích a v oblastech tvořených karbonátovými horninami (vápenec, dolomit). Pokud podpovrchový přísun vody probíhá spolu s povrchovým odtokem dojde ke zvýšení vodního stavu v řece. Faktory, které ovlivňují infiltrační kapacitu horninové formace jsou: 1) míra vlhkosti, 2) propustnost, 3) mocnost, 4) dosah perforování organismy (např. červi, hmyzem, savci či kořeny rostlin). Půdní vlhkost je ale nejdůležitější (Bolt et al., 1975). Hodnocením hydrologických vlastností půd a vegetačního pokryvu na povodňový odtok se zabýval Janeček (1997).

Abnormální eroze a sedimentace je zpravidla otázkou aridních a semiaridních oblastí, nicméně v oblastech s velkým množstvím sedimentů může být problém rovněž aktuální. Sesuvy, suťové proudy či jiné druhy svahových pohybů mohou být zdrojem přesunu velkého množství materiálu do říčního koryta.

Odolnost hornin vůči erozi je velice rozdílná a např. u sedimentárních hornin je to pouze otázka schopnosti vniknout mezi jednotlivé částice, zatímco u kompaktních hornin je odolnost podstatně vyšší. Nicméně i zde lze vidět rozdíly. Baker et al. (1988) popisují rozdílnou míru odolnosti horniny vůči erozi v závislosti na pozici - uložení horniny. Např. relativně odolná neporušená žula vykazuje vyšší odolnost ve stěnách koryta, kde je ovlivněna pouze při vyšších průtocích nesenými částicemi, zatímco na dně, kde je pohřbena pod náplavy, bývá mnohem častěji "odírána" křemitými zrny při podstatně nižších průtocích. Již základní tvar údolí (v příčném řezu) napovídá mnohé o odolnosti hornin. Široce rozevřená, mělká údolí jsou zpravidla založena v málo odolných horninách, zatímco úzká a hluboká (sevřená) údolí reprezentují odolnější partie hornin. Je však nutné brát v úvahu i další faktory ovlivňující vývoj údolí - např. jeho stáří či průběh zlomových systémů, neboť v místech více podrcených a rozvolněných hornin postupuje eroze rychleji. Dále je důležitou složkou množství protékající vody a vzhledem k paleogeografickému

vývoji je tento faktor proměnný. Z jižních svahů Pyrenejí (severně od města Huesca) je např. znám vliv různých druhů hornin na charakter a sevřenost údolí. Nejsevřenější část údolí vznikla ve vápencích, širší v pískovcích a mělký a rozevřený úsek v jílovitých sedimentech.

V místech, kde je říční koryto vytvořeno v náplavech, probíhá střídavě eroze a akumulace nových sedimentů. Přičemž zpočátku převažuje usazování, v době vrcholných průtoků řeka eroduje a při poklesávání hladiny začíná opět usazovat (Leopold et Maddock, 1953). Ke střídání eroze či akumulace na toku může docházet rovněž podle množství unášeného materiálu. Tok je schopen při daném průtoku pojmout určité množství plavenin a pokud jich je více, začne "přebytečný" materiál ukládat v podobě přirozených náspů podél toku. V opačném případě má schopnost erodovat svoje břehy, rozšiřovat koryto, tím snižovat rychlost a následně klesá unášecí schopnost (Baker et al., 1988). Zmínění autoři rovněž poznamenávají, že právě proces eroze je v celé fluviální geomorfologii nejdiskutabilnějším problémem. Z výše uvedeného je zřejmé, že se jedná o poměrně složitý systém vzájemně propojených procesů a vztahů a každý umělý zásah do charakteru koryta by měl být uváženy, neboť může vyvolat nepříznivou odezvu v místech, která byla dosud bezproblémová.

Sedimenty ukládané při povodních jsou různého typu, např. výplně koryt, nivní usazeniny a náplavové kužely. Obvyklou součástí jejich popisu je mocnost a zrnitostní složení sedimentů, stanovení délky transportu a určení zdrojové oblasti. Písčité sedimenty vytvářejí čeřiny, vodorovně usazené vrstvy či křížová zvrstvení. Tyto sedimentární útvary jsou záznamem charakteristických rysů toku při povodni, jako jsou např. hloubka toku či rychlost jeho proudění. Do určité míry lze tedy odvodit hydrologické poměry při povodni (Baker et al., 1988). Chování štěrkovitých sedimentů při povodňových stavech není dosud dobře prozkoumáno (Church et Jones, 1982). Tzv. příčná žebra fluviálních akumulací jsou orientována kolmo ke směru toku. Skládají se z oblázků, valounů a balvanů a tvoří většinou pouze menší akumulární tvary (např. Koster, 1978). Větší akumulace (např. valy) v říčním korytě různého zrnitostního složení popsal Baker (1984). Tento typ sedimentů s různorodým zrnitostním složením může být vytvořen protiproudy nebo vzniká v úsecích, kde se tok náhle rozlévá do širšího koryta. Valy fluviálních sedimentů vytvořené při této expanzi signalizují rychlé snížení energie toku a tedy náhlé zmenšení rozměru nesených částic. Sedimenty se též ukládají v místech, kde tok obtékal nějakou překážku a snížila se tak lokálně jeho unášecí schopnost. Velké čeřiny na dně jsou hrubozrnné a mají symetrický

tvár. Výška těchto žeber se může na velkých tocích pohybovat od 50 cm až do 10 m a délka "vln" od 10 do 150 m.

Na dolních částech toku, kde se rozkládá široká údolní niva či aluviální rovina, jsou sedimenty rovněž ovlivněny geologickými faktory. Například v povodí, které je tvořeno málo konsolidovanými a jemnozrnnými sedimenty vznikají usazeniny převážně složené z prachovitých částic či bahna. Naproti tomu v povodí s odolnými horninami vůči erozi vznikají zejména hrubozrnné usazeniny. Míra hrubozrnnosti či jemnozrnnosti materiálu je ovlivněna typy zvětrávání v různých klimatických podmínkách, intenzitou srážek, strmostí svahů a fyzikálními charakteristikami hornin. Množství a charakter transportovaného materiálu též ovlivňují vlastnosti půd a přípovrchových partií hornin.

Meandrující řeky vytvářejí aluviální roviny kombinací těchto procesů: a) boční migrace toků s doprovodnou sedimentací v korytě; b) sedimentací při pomalém průtoku, ale současně stále za vyššího vodního stavu, než je normální průtok (Baker et al., 1988). Oba procesy jsou nezávislé, avšak mohou probíhat současně. V okamžiku vylití vody z koryta se sníží rychlost toku a nastane sedimentace. Výjimkou je situace, kdy se boční erozí rozšíří koryto natolik, že dokáže pojmout protékající vodu.

Postupným narůstáním sedimentárních valů podél říčního koryta se zvyšuje průtoková kapacita toku. Kritická situace ovšem nastává při protržení těchto valů, neboť řeka má možnost rychle se volně rozlévat na velké ploše. Opuštěné meandry jsou časem zanášeny dalšími typy sedimentů, a to zejména proluviálními sedimenty z bočních údolí. Postupně se vytváří poměrně složitý stratigrafický systém, jehož výzkum v místech rozlehlých rovin na dolních částech toků umožňuje rekonstrukci fází říční stability a aktivity v mladším kvartéru. Předpokladem možnosti korektní rekonstrukce sedimentárního vývoje aluviální roviny je diskontinuální usazování, které umožňuje rozlišit stratigrafické hranice mezi jednotlivými vrstvami. V obdobích relativně stabilního stádia vývoje toku je průtoková kapacita a výška břehů přizpůsobena převládajícímu režimu proudění. Sedimentace proto probíhá velmi pomalu. Naopak v obdobích zvýšené aktivity řeky se častěji vyskytují stavy překotné sedimentace nebo eroze břehů a dochází k překládání koryta toku. Porovnáním episodické sedimentace s klimatickými záznamy o období mladšího kvartéru s dalšími změnami přírodního prostředí je možné zjistit paleogeografický vývoj údolí v posledních 10^4 - 10^5 let jeho historie. Terénní práce v aluviálních rovinách dokazují, že episodický vývoj údolí během holocénu byl velmi častým jevem (např. Brakenridge, 1980; Kozarski et Rotnicki, 1977).

4. ZÁZNAM PRŮBĚHU POVODNĚ V KRAJINĚ

Povodně větších rozměrů skýtají jedinečnou možnost pozorovat bezprostřední následky vývoje reliéfu. Geomorfologie je často stavěna před úkol identifikovat významné paleogeografické změny v reliéfu s větším či menším odstupem času. Úspěšnost takového pokusu závisí především na dostatečném množství dokumentovatelných lokalit včetně datování. Zachovalost a tedy i vypovídací hodnota zmíněných lokalit a jejich dostatečné množství jsou největším problémem takovýchto snah.

Velká povodeň, spolu s jinými druhy přírodních katastrof, je tedy čistě z pohledu geomorfologie jedinečnou možností, vývoj reliéfu dané oblasti. Nejde jen o typy procesů a identifikaci výsledných tvarů - toto je všeobecně známo z minulosti, ale jedná se též o nedocenitelnou zkušenost typu: a) s jakou energií dokáže např. řeka určitého průtoku v údolích pracovat při erozi; b) jak mohutné balvany dokáže transportovat; c) v jakém typu reliéfu naopak projde voda bez odezvy apod. Všechny tyto zkušenosti pak napomáhají při řešení úkolů o vývoji reliéfu u událostí dávno minulých.

Z tohoto pohledu má velký význam uskutečňovat terénní průzkum bezprostředně po dané události, kdy je možné ještě velmi dobře vyčíst výšku hladiny při záplavách a udělat si tak představu o jednotlivých probíhajících procesech. Neboť stopy v krajině postupně mizí a navíc řada následných lidských aktivit směřuje k zahlazení stop po povodních. I když to někdy může být zbytečné a z hlediska revitalizace krajiny i škodlivé.

Rychlost s jakou mizí v krajině stopy po povodni

Čistě z hlediska povodně jako první mizí v krajině destrukční (případně erozní) projevy v souvislosti s pobořenými mosty, podemletými komunikacemi, a to čistě z praktických důvodů co nejrychlejší obnovy dopravy. O něco déle je možné registrovat v krajině usazeniny, přičemž mocnější akumulace jsou odváženy. Přibližně v rozmezí měsíců z krajiny rovněž mizí. Lokalizace a zrnitostní charakter těchto akumulací je užitečný z hlediska rekostrukce proudění vody při vybřežení. Dozvíme se tedy, jak velká byla unášecí schopnost na daném úseku toku (ve vztahu k podélnému profilu) a můžeme zpravidla lokalizovat akumulární úseky ve vztahu k erozním. Užitečná je rovněž konfrontace nových a starých povodňových usazenin, jak z pohledu místa, tak i zrnitosti. (Toto může být využitelné při paleogeografické rekonstrukci vývoje údolí.) Dalším typem stop po povodních, které v závislosti na počasí vydrží cca měsíce jsou podmáčené domy

a provlhčené stěny. Zde je třeba mít na paměti, že voda ve zdivu vzlíná a dostane se výš, než byla skutečná úroveň hladiny záplavy. Toto bylo možné dobře dokumentovat podle přesných značek výšky záplavy a sousedního zaplaveného domu. Stopy, které vydrží v krajině okolo 1 roku (i déle), jsou zachycené trávy ve větvích stromů. Tato indikace je rovněž nepřesná, neboť na jedné straně mohla být výška hladiny ještě vyšší, než signalizuje tráva a na druhé straně mohly být větve stromů či keře při povodni nakloněny a po povodni se napřímit. Relativně velmi dlouho v krajině vydrží větší boční eroze břehů mimo zastavěné oblasti, pokud ovšem nejsou břehy zpevňovány. Ale i v takovém případě lze rozpoznat čerstvé rekonstrukce od původních struktur. Rovněž sesuvy jsou dobrou a relativně trvalou indikací (ne vždy ale musí být spoušťovým efektem pohybu činnost řeky).

5. SITUACE PŘI POVODNÍCH 1997 NA MORAVĚ A 2002 V ČECHÁCH

Z rekognoskace a orientačního terénního průzkumu, který jsme prováděli v povodí řeky Opavy, Bečvy a zčásti i Moravy vyplývá, že různá povodí reagovala odlišným způsobem. Rozdílnost změn v reliéfu je dána jak variacemi v prostorovém a časovém rozložení srážek, tak odlišnými geologickými a geomorfologickými poměry povodí. Pro přípravu konkrétních protipovodňových opatření je proto nutné studovat tyto poměry ve všech povodích, a to v regionálním i stanovištním měřítku.

Obecně pojmuto lze v různých úsecích toků pozorovat různé typy geomorfologických procesů. Pro jejich uplatnění a diferenciaci je podstatná spádová křivka toku, množství proudící vody, sklonitost údolních svahů apod. Enormními srážkami byla postižena rovněž povodí budovaná různými druhy hornin. Nicméně, s určitou mírou zjednodušení, je vhodné upozornit zejména na procesy modelace reliéfu, které probíhají v úsecích strmější spádové křivky (zpravidla na horním toku), kde nevsáknutá voda rychle odtékala ze svahů do vodního koryta. Vzhledem k sevřenosti koryta nedocházelo k větším rozlivům a převládala hloubková eroze nad boční erozí. Navíc došlo k vypláchnutí nezpevněných sedimentů z údolní sítě. Hloubková eroze probíhala především na nejhořejších úsecích hlavních toků a jejich bočních přítoků (foto 6). Místy bylo pozorováno, kromě přemísťování sedimentů v údolní síti, také zahlubování toků do skalního podloží, a to zejména tam, kde překonávaly skalní stupně. Vyklízení sedimentů v erozní síti bylo zaznamenáno roku 2002 např. i na horní Úhlavě a jejích přítocích či r. 1997 na přítocích Nedvědičky, kde spadlo mezi 5.7.-7.7. 1997 relativně menší množství srážek (stanice

Sejřek 113 mm). Zahlubování do rozvolněného skalního podloží na pravostranném přítoku Nedvědičky u Spáleného mlýna lze ovšem zdůvodnit i tektonickou predispozicí. Hlubková eroze rovněž zpříkřuje údolní svahy, které jsou pak méně stabilní než před povodní a prostým vlivem gravitace a změn vlhkostních poměrů dochází k menším sesuvům. K těmto svahovým procesům dochází méně častěji, než při boční erozi toků.

Na kratších a strmějších svazích byla pozorována též plošná eroze. Plošný smyv (po nasycení hornin a půd vodou) může odnést z povodí velké množství půdy a zvětralin a transportovat je do vodního koryta. Toky protékající hlubokými stržemi mohou být tímto způsobem i zablokovány. Pro odhad následné akumulace neseného materiálu na dolním či středním toku je důležité posouzení, jaké množství relativně volně umístěného zvětralinového pláště se nachází na horních tocích, dále jaký je možný jeho přísun z údolních svahů a jakou bude mít řeka schopnost erodovat při povodni vlastní břehy.

V místech snížení spádu toku, které je zpravidla doprovázeno rozšířením údolí v jeho příčném profilu, se objevuje plochá údolní niva. V zákrutech je boční erozí často podemílán nárazový břeh (foto 7) a je-li údolní niva zastavěna, vznikají velké škody na majetku. Na řece Opavě lze tuto situaci dokumentovat např. na dolním okraji Karlovic, na Rožnovské Bečvě v okolí Rožnova pod Radhoštěm. Pod obcí Prostřední Bečva byl boční erozí stržen pilíř mostu a tím i celý most (foto 8). Boční eroze nárazového břehu poškodila i násep železnice u Kalovic. Na Otavě v úseku mezi Strakonice a Pískem nebyly např. V oblasti údolní nivy zaznamenány výraznější škody. Vesnice jsou postaveny mimo zátopovou oblast; most navazující na násep před Pískem má dostatečnou průtočnost a nebyl při povodni ucpán a navíc je v náspu silnice další mostní oblouk, kterým volně proudila voda valící se údolní nivou (mimo koryto řeky).

Baker et Costa (1987) uvádějí, že geomorfologické projevy povodní nejsou spjaty s průtokovým množstvím vody či s četností výskytu povodňového stavu, ale se smykovým namáháním (napětím ve smyku) a s energií vodního toku přepočtenou na jednotku plochy. Například na dolní Opavě nejsou břehy zdaleka tak výrazně ovlivněny erozí jako o něco výše proti proudu, např. v okolí obcí Zátor a Pocheň. Costa et O'Connor (1995) navrhuje, aby geomorfologické projevy velkých povodní byly odvozovány nejen od hydraulických charakteristik, ale i z délky trvání zátopy.

Hlubková, boční a zpětná eroze či překládání koryta toku jsou přirozenou součástí vývoje údolí. Erozní procesy jsou aktivnější při zvýšeném průtoku a zrychlení toku, a to např. zúžením koryta. Zrychlení toku a následnou erozi břehu bylo možné pozorovat

(r. 1997) poblíž obce Horní Bečva, a to pod místem, kde řeka protéká skalní soutěskou. Dury (1973) a další autoři uvádějí, že neexistuje žádný podstatný vztah mezi velikostí povodně a intenzitou sedimentace podél toku. Extrémní povodně mohou, ale nemusí být doprovázeny rozsáhlou sedimentací. Nižší výskyt erozních projevů na dolních tocích může být projevem zmenšené rychlosti toku, např. v důsledku nižšího spádu resp. rozlivu řeky do šířky nebo i vyšší soudržnosti půd (Magilligan et al., 1998), která může erozi podstatně omezit.

6. DISKUSE

Odborníci mnoha zaměření a také laici vyslovili již bezprostředně po povodních na Moravě pro veřejnost, ale též např. na specializované konferenci Povodně a krajina v Brně (listopad 1997) velmi odlišné názory na celé spektrum okolností a problémů spojených s touto katastrofickou situací. Obdobné názory zazněly i po povodni 2002. K vybraným aspektům těchto velmi rozsáhlých a rozmanitých diskuzí o povodních na Moravě v roce 1997 se stručně vyjadřujeme jak z regionálně geomorfologického hlediska, tak s ohledem na obecné poznatky fyzickogeograficky zaměřené odborné komise "Natural Hazards Studies" (International Geographical Union).

V ekologických sdruženích byl opakovaně vyjádřen názor, že katastrofický ráz povodní na Moravě byl způsoben umělými zásahy do krajiny. Rovněž Láznička (1997) považuje tento vliv lidské činnosti za velmi výrazný. S tím lze souhlasit v tom smyslu, že na některých místech nemusely být škody natolik ničivé. Naopak je zřejmé, že při tak velkém úhrnu srážek k povodním muselo dojít. Navíc míra poškození majetku je dána především rozsahem zastavění zátopového území a nikoliv odlesněním horních partií povodí řek či podobnými zásahy do krajiny. Pro vysvětlení situace uvádíme příklady názorů z literatury.

Podle Hrádka (1997) nemůže mít nevhodný vliv člověka na krajinu zásadní význam pro průběh tzv. "katastrofických" povodní. "Při provádění řádné těžby dřeva a obnově porostů nedochází k žádnému dramatickému zvyšování kulminačních průtoků. Případné snížení evapotranspirace stanoviště lesa je velmi rychle nahrazeno funkcemi kompaktního bylinného patra" (Runštuk et al., 1997). "Prokázat vliv odlesnění na povodňový odtok se ve světě podařilo jen v omezeném počtu extrémních případů" (Blažková et Beven, 1997). Naopak Graham et al. (1983) dokazují na příkladu z USA nárůst povodňových stavů po odlesnění. Podle Nováka et al. (1997) vznikla povodeň roku 1997 paradoxně v lesních

oblastech - srážková maxima byla zaznamenána v oblastech s mělkými a silně skeletovými půdami, jejichž retenční schopnost je relativně nízká. Na zemědělských půdách byly naopak zaznamenány menší škody způsobené erozí, než na lesních půdách. Kasprzak - Hejduk (1997) soudí, že vliv zemědělské činnosti na vznik velkých regionálních povodní je malý. Šlezinger (1997) přikládá antropogennímu vlivu na povodeň pouhých 5% ze všech příčin. V podstatě souhlasíme s názorem Hrádka (1997), že nešetrné zásahy člověka do krajiny mají u velkých povodní převážně pouze malý vliv na jejich rozsah a ničivé účinky. Potvrzuje to např. i skutečnost z roku 2002, kdy hlavní příčinou katastrofického průběhu povodně bylo vysoké nasycení půd a hornin po první srážkové epizodě (6.-7. 8. 2002), tedy čistě přírodní faktor.

Podle našeho názoru je vhodné na horních tocích budovat záchytné sedimentační nádrže. Na dolních úsecích řek nebude tak často docházet k vyběžení toků, k zátarasům v místech zúženého průtočného profilu řek (např. pod mosty). Při rozhodování o lokalitách výstavby záchytných sedimentačních nádrží je však třeba podle regionálních specifik uvážit nejméně tři možné negativní faktory: 1) dna údolí jsou na horních tocích často velmi obtížně dostupná a umožněním přístupu těžké strojové techniky vzniknou značné škody na přírodním prostředí; 2) poměrně vysoké finanční náklady na výstavbu nádrží nemusí být adekvátní výsledku; 3) je možné zachytit pouze část vodou transportovaných zvětralin a sedimentů. Boční erozí se pod stanovištěm nádrže do vodního koryta dostane velké množství usazenin.

S výjimkou specifických situací je velmi vhodné umožnit řece rozlévat se volně v nezastavěné údolní nivě a nebránit jí v tom ani za cenu škod na zemědělských kulturách. Například nad Vsetínem je Vsetínská Bečva ohraničena zemním valem, který ji znemožňuje rozliv do údolní nivy. Voda při povodních odtud rychle odtéká a níže po toku způsobuje velké škody. Výrazně zkráceným a regulovaným tokem je rovněž Blanice, která způsobila velké škody v Putimi. Zajímavý fakt je, že na soutok Blanice s větší Otavou je společná údolní niva chráněna proti povodni z Blanice. V případě povodně 2002 byly sice srážkové úhrny na Blanici vyšší než na horní Otavě, nicméně takto koncipovaná hráz je zde již z minulosti a je tedy zřejmé, že povodně na Blanici byly problémem i před rokem 2002.

V případech značného přeložení koryta řeky při povodních je lépe nevracet její tok později do původního (opuštěného) koryta. Opačný názor má do značné míry Bláha (1997). Vyvážený se jeví např. přístup k přírodnímu prostředí v příspěvcích Fouska - Slavíka (1997), Zuny (1997) či Nováka et al. (1997).

Ideálním postojem je citlivý přístup k mezním extrémním či dokonce katastrofickým situacím v přírodě, což je ovšem obecně velmi relativní pojem. Proto je třeba postupovat případ od případu a z metodického hlediska vycházet z následujících principů:

1) respektovat průběh přírodních procesů a ponechat prostor (nebránit) dlouhodobému přirozenému vývoji reliéfu a krajiny;

2) v lokalitách, kde je nezbytně nutné technickými opatřeními chránit stávající sídla, infrastrukturu, historické a archeologické památky apod., je třeba provádět je s minimálními negativními účinky na přírodu (foto 16);

3) u nových staveb předem velmi pečlivě uvážit vhodnost stanoviště resp. lokality výstavby s ohledem na možná přírodní ohrožení a rizika, např. na zatopení území vodou, subsidenci, svahové pohyby, zemětřesení apod.

Důležité jsou též inventarizace sesuvů a dalších náhlých či pomalých recentních geodynamických procesů a jevů v povodí (resp. použití již hotové inventarizace) a jejich vztahu ke geomorfologickým procesům probíhajícím na tocích při povodňových situacích.

7. ZÁVĚRY

Cílem této, zčásti metodické studie bylo vysvětlit z geomorfologických hledisek problematiku povodňových situací (na Moravě v roce 1997 a v Čechách 2002) a navrhnout priority, kterými by se měl zabývat výzkum reliéfu v povodích postižených povodněmi. Analýza změn povrchových tvarů a krajiny má být podle našeho názoru založena na poznání geomorfologického vývoje v mladším kvartéru.

Mnoho indicií o dávných povodních v krajině časem mizí, avšak některé erozní a akumulární tvary reliéfu tohoto typu lze identifikovat i po delší době. Jedná se např. o významnější erozní stupně, přeložení toku a rozsáhlejší svahové deformace. Ze stratigrafie aluviálních rovin je možné rekonstruovat historii fluviálních a dalších modelačních procesů v daném povodí. Podmínkou je ovšem nalezení dostatku vhodných odkryvů, opěrných dokumentačních bodů, provedení mělkých geologických vrtů, kopaných sond a účelově zaměřeného geomorfologického mapování.

Geomorfologické výzkumy povodňových situací na celé planetě zcela jasně dokládají, že povodně je třeba respektovat jako všeobecné a obvyklé přírodní jevy, které jsou podstatnou součástí dlouhodobého vývoje krajiny. Tento aspekt fluviálních modelačních procesů může být podstatný i při vyčíslování povodňových škod, neboť řada

změn povrchových tvarů nemusí být do kategorie škod vůbec zařazována a ani technicky napravena. Respektováním chodu přírodních procesů a jevů (různých prostorových a časových měřítek) tak lze dospět k efektivní geoekologické strategii nejen při prevenci přírodních ohrožení a rizik, ale zejména při odstraňování následků náhlých nebo i katastrofických geodynamických událostí. Praktický význam těchto poznatků spočívá jak v obohacení společenského vědomí o podstatě a rytmech přírodních procesů, tak ve značných ekonomických úsporách. Ušetří se totiž značné finanční částky a na některých lokalitách se navíc zabrání opakovaným škodám při následující povodni. V České republice lze na mnoha místech dokumentovat nevhodné úpravy břehů (Šílený et Jirásek 1997; Vanýsek, 1997). Například v Karlovicích či pod Novými Heřminovy si Opava vymlela široké koryto, do kterého by se při další povodni vtěsnala. Stačilo pouze zpevnit erozí obnažené břehy. Místo toho byly postaveny uvnitř koryta hráze, které zúžily průtočný profil (foto 17). Bude tedy stačit i menší povodeň, než byla v roce 1997, aby došlo na této lokalitě opět k problémům. Jiným příkladem je např. poškozený zámecký park ve Veltrusech z roku 2002, kde byly zcela zbytečně rekonstruovány břehy Vltavy, místo toho aby vzniklá nátrž zcela přirozeně (a zadarmo !) plnila funkci revitalizační (T. Just, ústní sdělení).

Z výzkumů změn reliéfu při a po povodních vyplývá (Costa, 1974; Magilligan et al., 1998), že ne vždy se musí velká povodeň projevat v krajině globálně negativním způsobem. Dokonce i v rámci jednoho povodí, mohou být při povodních zaznamenány velmi rozdílné projevy a důsledky eroze a akumulace. Je tedy třeba podrobně analyzovat lokální a regionální přírodní podmínky, které jsou příčinami katastrofálních projevů povodní. Z realistické interpretace těchto výzkumů pak mohou být odvozeny korektní návrhy opatření k zajištění prevence a redukce přírodních katastrof.

Při vytváření a revizi map oblastí ohrožených povodněmi by měla být zastoupena i dynamická geomorfologie. Uplatnění metod geomorfologického výzkumu zajistí komplexní pohled na vývoj říční sítě, možnost rekonstrukce minulých přírodních katastrof a podpoří snahy o jejich prognózu ve sledovaných územích.

8. LITERATURA

- Baker, V. R. Flood sedimentation in bedrock fluvial systems. *Mem. Can. Soc. Pet. Geol.*, 1984, v. 10, s. 87-98.
- Baker, V. R., Kochel R. C., Patton P. C. *Flood Geomorphology*. New York: Wiley, 1988, 503 p.

-
- Blažková, Š., Beven, K. Doba opakování povodní, vliv krajiny, klimatické variability a klimatické změny. In: *Povodně a krajina '97, Sborník přednášek, kongresové centrum Brno, 13.-14.11.1997*. Brno, 1997.
- Bolt, B.A. et al. *Geological Hazards*. Berlin: Springer Verlag, 1975. 328 p.
- Brakenridge, G. R. Widespread episodes of stream erosion during the Holocene and their climatic cause. *Nature*, 1980, v. 283, s. 655-656.
- Hadley, R. F., Schumm, S. A. *Hydrology of the upper Cheyenne River basin. Geol. Surv. Water-Supply Pap.*, 1961, 1531, s. 186-198.
- Horton, R. E. Drainage basin characteristics. *Trans. Am. Geophys. Union*, 1932, 13, s. 350-361.
- Church, M., Jones, D. Channel bars in gravel-bed rivers. In: Hey, R. et al. *Gravel-Bed Rivers*. New York: Wiley, 1982. s. 291-324.
- Kolektiv autorů *Povodně a krajina '97. - Sborník přednášek, kongresové centrum Brno, 13.-14.11. 1997*. Brno, 1997.
- Koster, E. H. Transverse ribs: Their characteristics, origin and paleohydraulic significance. *Mem. Can. Soc. Pet. Geol.*, 1978, 5, s. 161-186.
- Kozarski, S., Rotnicki, K. Valley floors and changes of river channel pattern in the north Polish Plain during the late Wurm and Holocene. *Quaest. Geogr.*, 1977, 4, s. 51-93.
- Leopold, L. B., Maddock, T. J. The hydraulic geometry of stream channels and some physiographic implications. *Geol. Surv. Prof. Pap.*, 1953, 252, s. 1-57.
- Rybář, J., Stemberk, J., Suchý, J. *Cut-off of a railway line by earth flows in the Czech republic during July 1997. Referát na 8th IAEG Congres*. Vancouver, 1997.
- Strahler, A. N. Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 1952, 63, s. 1117-1142.
- Verstappen, H. T. *Applied Geomorphology*. Amsterdam: Elsevier, 1983. 435 p.