

Údolní niva – její vymezení a vývoj

Údolní niva tvoří velmi důležitou část reliéfu a krajiny, a to nejen z fyzikogeografického pohledu, ale i z hledisek historie a hustoty osídlení krajiny, specifické vegetace, koncentrace zemědělství a průmyslu. Prolíná se zde přírodní složka krajiny s lidskou činností. Velká část našeho kulturního dědictví je tak koncentrována do území s největším rizikem poškození přírodní katastrofou. Výjimečnosti postavení údolní nivy však neodpovídá prostor, který jí je věnován ve výuce a v učebnicích nejen zeměpisu, ale i dějepisu, biologie a občanské výchovy. Přitom samotná údolní niva představuje ze své podstaty prostor pro mezioborovou syntézu. Jednotlivé disciplíny však často chápou rozsah a vymezení údolní nivy ze svého úhlu pohledu. Proto je úkolem tohoto článku vymezit údolní nivu a představit ji jako důležitou součást reliéfu se specifickými vlastnostmi, které odrážejí její proměnlivost v průběhu jejího vývoje.

Definice údolní nivy

Při definování údolní nivy je nejlépe vycházet z geomorfologického pojetí, neboť geomorfologie se přímo zabývá vymežováním jednotlivých forem reliéfu. Ostatní vědní disciplíny většinou studují objekty uvnitř údolní nivy, a proto jejich vymezení je opřeno o výskyt těchto objektů, což snižuje přesnost jejich vymezení údolní nivy (Křížek a kol. 2006). Např. pedologie podle poslední klasifikace půd (Němeček a kol. 2001) charakterizuje údolní nivu zejména na základě výskytu fluvizemí nebo glejů. Tyto půdní typy se však vyskytují nejen v údolních nivách, ale například i na fluvialních terasách, které leží mimo údolní nivy. Podobnými nepřesnostmi ve vymezení údolní nivy je zatížena biologie či krajinná ekologie, jež vymezují údolní nivu na základě výskytu nivních biotů, resp. ekosystémů a specifických skupin rostlin a živočichů (Collin 1988; Gruell a Gregory 1995). Hydrologicky a vodohospodářsky se niva někdy ztotožňuje s územím zaplavovaným při povodních, což je ovšem nejednoznačné a nepřesné vymezení, neboť povodně o různé velkých kulminačních průtocích způsobují rozdílný rozliv vody do inundačního území, a velikost nivy by se tedy měnila podle velikosti povodně. Nejblíže geomorfologickému přístupu je geologie, která se při vymežování údolní nivy opírá zejména o její geologickou stavbu a stratigrafii (Křížek a kol. 2006).

Geomorfologické definice údolní nivy jsou založeny na charakteristice jejího vzniku a vývoje a na její specifické morfologii. (Whittow 1984; Demek 1988; Collin 1988; Anheer 1996; Huggett 2003). Údolní nivou se rozumí akumulativní rovina podél vodního toku, která je tvořena fluvialními sedimenty, přičemž při povodních bývá zpravidla částečně či celá zaplavována.

Morfologie a vymezení údolní nivy

Údolní niva je od ostatních částí reliéfu (např. od údolního svahu či stupně fluvialní terasy) oddělena hranou (obr. 1), na níž dochází k výrazné změně sklonu příčného profilu údolím. To, jak je údolní niva ohraničená od okolního reliéfu, tj. jak je morfologicky výrazná, závisí na geomorfologických procesech, které působí nejen v prostoru údolní nivy, ale i mimo něj v dílčím či hlavním nadřazeném povodí.

Z morfologického hlediska lze údolní nivy rozlišit na konvexní a ploché (Huggett

2003). U konvexních údolních niv je okolí vodního toku výše než části při okrajích údolní nivy pod úpatím údolních svahů, což souvisí s větší akumulací převážně dnových sedimentů (splavenin) než materiálu v suspenzi (plavenin), který je při vybřežení distribuován do vzdálenějších míst údolní nivy od vodního toku. Tento typ údolní nivy je charakteristický pro větší vodní toky a veletoky. V podmínkách kulturní krajiny je konvexní typ údolních niv dán činností člověka – výstavbou ochranných valů podél koryt a antropogenním navršováním materiálu na původní přirozené agadační valy.

Ploché údolní nivy mají v příčném profilu rovné dno (střední a větší toky), nebo jsou mírně konkávně prohnuté (malé vodní toky), což je důsledkem neustálého přetváření části údolní nivy bezprostředně obklopující vodní tok. Naopak ploché dno je důsledkem překládání koryta a sedimentace na vnitřních (tzv. jesečních) částech ohybů zákrutů a meandrů (Huggett 2003).

Šířka údolní nivy se obvykle zvětšuje s rostoucí vzdáleností od pramene. S tímto rozšiřováním údolní nivy se také snižuje podíl svahových procesů na jejím formování, které je nejintenzivnější v pramenných oblastech. Přesto se údolní nivy mohou náhle zužovat či mohou být zcela přerušeny. To nastává především v důsledku změn geologických poměrů na daném úseku toku, což je dáno buď změnou geologické stavby, nebo tektonickými pohyby na zlomech protínajících údolní nivy.

V prostoru údolní nivy se nachází řada fluvialních tvarů (tab. 1) či tvarů, na jejichž genezi se fluvialní činnost alespoň částečně podílela. Přesto zde lze najít přirozené geomorfologické formy, jejichž geneze není bezprostředně spjatá s fluvialními procesy. Například do údolní nivy mohou z okolí zasahovat tělesa sesuvů nebo náplavové ku-

žely, jež ji mohou i zcela zahradit (Křížek 2007).

Břehy vodních toků patří k nejdynamičtějším částem údolních niv. Výrazný vliv na jejich dynamiku má přítomnost vegetace. Ta svým kořenovým systémem zpevňuje břehy a umožňuje příkřejší geometrii koryt, ale zároveň při vysokých vodních stavech zachytává materiál unášený vodou, případně sama zasahuje do koryta a zužuje průtočný prostor, čímž negativně působí na průběh povodně. Přesto lze konstatovat, že stabilizační role vhodně břehové vegetace je nesporná a převládá nad případnými negativy (srov. Abernethy, Rutherford 1998).

Funkce údolní nivy

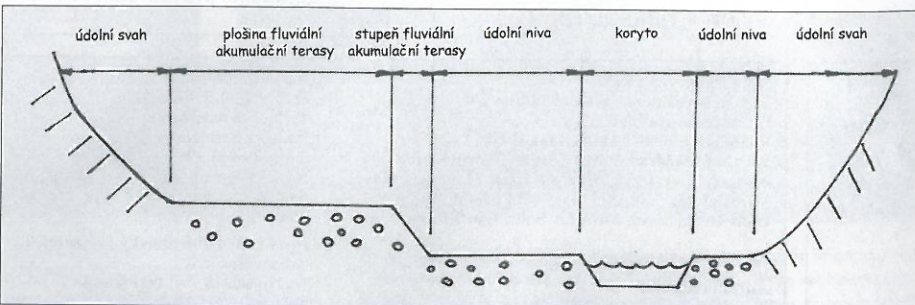
Údolní nivu je třeba chápat jako zónu, kudy je v krajině transportována hmota a energie z prostoru vyšší reliéfové energie do míst s nižším energetickým potenciálem. Prostřednictvím údolní nivy dochází ke „komunikaci“ mezi jednotlivými částmi reliéfu povodí. Samotný vodní tok pak reaguje změnou charakteru fluvialních procesů, které lze rozdělit do dvou základních skupin:

- erozní fluvialní procesy**, když převládá odnos materiálu,
- akumulační fluvialní procesy**, když převládá sedimentace.

Charakter fluvialních procesů se mění v závislosti na spádové křivce vodního toku, která v sobě odráží vliv působení sil endogenních (tektonické pohyby), exogenních (např. přehrazení toku sesuvem) nebo antropogenních (např. výstavba přehrad, odklon řeky atd.).

Vývoj a tvar údolní nivy je funkcí tří základních geomorfologických atributů (Křížek 2005):

- hmoty** (záleží na množství a kvalitě tekoucí vodou erodovaných, transportovaných a akumulovaných sedimentů),



Obr. 1: Schéma příčného profilu údolního dna. Někteří autoři (např. Brierley, Fryirs 2005) umísťují prostor údolní nivy mezi hranice koryta a údolí, resp. údolního dna.

Základní přírodní geomorfologické tvary fluvialního původu (vytvořeno na základě Brierley & Fryirs, doplněno)

Forma	Charakteristika
AKUMULAČNÍ TVARY	
údolní niva (floodplain)	Akumulační rovina podél vodního toku, která je tvořena fluvialními sedimenty, přičemž při povodních bývá zpravidla částečně či celá zaplavována; typické je dobré vytřídění sedimentů podle zrnitosti.
fluvialní terasa (alluvial terrace)	Terasa tvořená fluvialním materiálem vzniklá před současnou údolní nivou, zpravidla ležící nad současným korytem a údolní nivou. Rozlišují se terasy akumulativní, erozní a vložené. V rámci terasy se podle sklonu odlišuje plošina a stupeň terasy (obr. 1).
dejekční kužel (aluvialní, náplavový) (alluvial fan)	Akumulační těleso kuželovitého tvaru zasahující do údolní nivy hlavního toku z vedlejšího údolí, strže či rokle v důsledku náhlého poklesu unášecí schopnosti vedlejšího toku.
agadační val (levee)	Asymetrická vyvýšenina nad plochým povrchem údolní nivy vzniklá sedimentací při vybřežení vodního toku podél jeho koryta. Strmější část agadačního valu směřuje ke korytu a pozvolnější k okrajům údolní nivy. Tento asymetrický tvar je dán změnou rychlosti proudění, a tedy i unášecí schopnosti, která je při vybřežení největší při okraji koryta a směrem dále do nivy klesá. Snižující se rychlost vodního toku je způsobena větší drsností povrchu údolní nivy.
výplavový kužel (crevasse splay)	Akumulační těleso zpravidla kuželovitého tvaru vzniklé pod nátrží za agadačním, protipovodňovým či jiným antropogenním valem.
písečný klín (sand wedge)	Asymetrická (s větším sklonem obrácená ke korytu) klínovitá fluvialní akumulace, jež zpravidla vzniká v bezprostřední blízkosti koryta, většinou v místech, kde není vyvinutý výrazný agadační val. Charakteristickým znakem je dokonalá zrnitostní vytříděnost.
povodňový kužel (floodout)	Akumulační těleso kuželovitého či lalokovitého tvaru vzniklé v okolí koryta, které se zcela vyplnilo (zaneslo) sedimenty do úrovně povrchu údolní nivy.
nivní lavice (floodplain sand sheet)	Víceméně rovnoměrně mocná a rozložená akumulace v údolní nivě pokrývající větší plochu. Tyto akumulace se podílejí na vertikální stavbě údolní nivy a stojí za nárůstem její mocnosti.
korytová lavice (akumulace) (channel bar)	Akumulační těleso tvořené fluvialními sedimenty a uložené v prostoru koryta, které je buď spojené se břehem, nebo vytváří uvnitř koryta ostrov.
nivní stupně (hřbítky) (ridge topography)	Nízké hřbítky vytvářející stupně v příčném profilu nivy, které jsou reliktem po bývalých polohách koryt při intenzivní boční akreci (tj. boční přemísťování koryta).
EROZNÍ TVARY	
koryto (channel)	Místo soustředění vodního toku; řečiště. Je tvořeno dnem a břehy.
sekundární koryto (anabranch /secondary/ channel)	Vedlejší koryto (s menší hloubkou a šířkou, než má hlavní koryto), které je protékáno vodou. Typické pro anastomózní toky.
povodňové koryto (floodchannel, back channel)	Vedlejší koryto zaplňované během povodně, jinak je neprotékáno, většinou při okraji nivy.
povodňové strouhy (flood runner)	Přímé lineární deprese v údolní nivě, které během povodně odvádějí vodu, spojují jednotlivé části koryta a zkracují délku toku.
opuštěné koryto (abandoned channel, paleochannel)	Koryto, jež je neprotékáno vodním tokem. Postupem času bývá vyplněno fluvialním materiálem při vybřežení vodního toku z hlavního koryta a zaniká.
bezodtoká deprese (backswamp, floodplain wetland)	Deprese, která je zamokřená a kde během povodně a vybřežení vznikají inundační jezera.
skalní stupeň v korytě (step)	Stupeň v podélném profilu koryta způsobený výchozem skalního podloží.
břehová nátrž (bank scour)	Fluvialní, erozí poškozený břeh koryta.
šíjové koryto (chute cutoff)	Nové koryto vzniklé po odškrcení (proříznutí) meandru.
odškrcený meandr, mrtvé rameno (meander cutoff, ox bow)	Část bývalého koryta meandru, nyní od něj oddělená a nemající přímé spojení s vodním tokem.
průrva (crevasse)	Místo, kudy proniká voda po porušení břehů do údolní nivy. Fluvialně proříznutá část agadačního valu.

- procesů** (záleží na reliéfové energii, která určuje sklonové charakteristiky a tím intenzitu fluvialních a svahových procesů),
- času** (záleží na době formování a modelování údolní nivy).

Z hlediska biotické složky krajiny představují údolní nivy nezastupitelný biokoridor, který umožňuje migraci rostlin a živočichů a plní další důležité ekologické funkce v krajině (klimatickou, filtrační, retenční, stabilizační aj.). Údolní nivy sloužily a slouží jako důležitý koridor i pro člověka, který do něj soustředil dopravu i osídlení. Lidská činnost významně ovlivnila i chemismus údolní nivy, když do ní byly a jsou odváděny splachy z hnojených polí, ale i kanalizace ze sídel a průmyslové odpady. Údolní nivy se tak staly průsečíkem mezi přírodními procesy a socioekonomickými zájmy (obr. 2, 3).

Vývoj údolní nivy

Z výše uvedeného vyplývá, že studium údolních niv umožňuje postihnout vývoj širšího území. Sedimentární rozbor umožňuje určit „paleopovodně“ a tím specifikovat environmentální změny (včetně klimatických) v průběhu holocénu (Taylor, Lewin 1997). Dnešní podoba údolních niv na území České republiky je výsledkem geomorfologických procesů nejmladší geologické minulosti (tj. würmský glaciál a holocén). Ve vrcholném úseku glaciálu došlo k zatím poslední velké fázi hloubkové eroze skalního podkladu, v mladším úseku glaciálu pak probíhal proces akumulace (především štěrkopísků a písků) (Ložek 2003a). Podoba údolní nivy se v glaciálu velmi lišila od té současné, neboť toky měly divočící ráz, který byl podmíněn drsnými klimatickými podmínkami a bezle-

sou krajinou (Vanderberghe 2001). Řeky se většinou v četná mělká koryta, údolní dna měla málo vyvinuté půdy se sporou vegetací. Vlivem rozkolísanosti toků docházelo k enormnímu usazování sedimentů, které byly následně erodovány.

Na počátku pozdního glaciálu se v důsledku erozních procesů měnily divočící toky na meandrující (Vanderberghe 2001). Řekami unášený materiál byl přemísťován boční akrecí (Starkel 2002), která místy snížila úroveň nízkých teras. Jejich povrch se postupně dostával mimo dosah vodních toků, až se vytvořil stupeň. Takto se vytvořily akumulativní terasy o mocnosti 10 i více metrů a dnes leží jejich povrchy několik metrů nad úrovní nivy.

Od staršího holocénu do současnosti převládala v údolní nivě akumulace (Ložek 2003a). Nejvíce ovlivnil holocenní vývoj

údolní nivy člověk svými zásahy do krajiny. První, zpočátku nepřímá ovlivnění údolní nivy se u nás projevila v 5. tisíciletí př. n. l. v souvislosti s počátky zemědělství (Ložek 2003b), kdy se v údolních nivách začal ukládat hlinitý materiál uvolněný erozí při odlesňování. Takto vznikly naše nivní hlíny.

Od středověku pak docházelo k postupným záměrným zásahům do údolních niv i k úpravám koryt řek. Zprvu to bylo budování mlýnů a hamrů, později začala vznikat technická opatření směřující zejména k potlačení přirozené dynamiky vodních toků. Protože povodně jako významný faktor vývoje údolních niv byly ve střední Evropě poměrně častým jevem (obr. 4) (Starkel 2002), rozvíjelo se osídlení podél řek s ohledem na tuto skutečnost. Tedy většina sídel v blízkosti toků byla budována na vyvýšených místech (např. fluvialních terasách) a na dno údolní nivy do bezprostřední blízkosti řek byly situovány pouze specializované stavby, jako mlýny, pily nebo hamry.

Od nástupu průmyslové revoluce, a zejména pak v 19. a 20. století se zástavba postupně rozšířila i do povodněmi ohrožovaných údolních niv. Cenné lužní lesy byly na většině míst přeměněny na zemědělskou půdu a členitý povrch údolní nivy byl zarovnan. Následně i tato zemědělská



Obr. 2: Přírodní údolní niva v okolí řeky Dee v Cairngormsu ve Skotsku.

jí centry antropogenně akcelerovalých fluvialních procesů, často v těch částech niv, kde v přirozeném stavu nedocházelo k intenzivnějším fluvialním procesům ani za zvýšených vodních stavů. Člověk tak změnil chování toku i chování údolní nivy (Křížek, Engel 2006).

kteřá však nedokáží odolat větším povodním. Krátkodobá paměť a nerespektování přirozených procesů pak způsobovaly a způsobují další zastavování ploch v údolních nivách a zvyšují riziko povodňových škod. Povodňové události z přelomu tisíciletí jsou toho důkazem (Křížek, Engel 2007).

Závěr a problémové úkoly

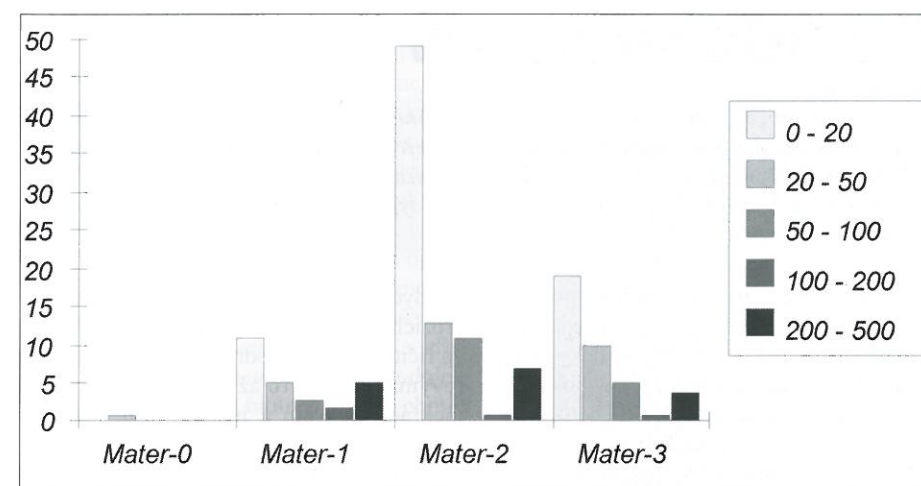
Z výše uvedeného vyplývá, že údolní niva je celá budována fluvialními sedimenty. Je tedy nutné uvažovat účinek fluvialních procesů v celé údolní nivě. Jinak by údolní niva nemohla v dané podobě ani vzniknout, ani se dál vyvíjet. Nezbyvá než přijmout riziko obývání údolních niv a snažit se jej nezvyšovat jejím dalším zastavěním.

1. Seznamte se s chápáním údolní nivy ve smyslu zákona č. 114/1992 Sb. a v kontextu fyzikogeografických definic a diskutujte o tom, proč nivu chránit. Zákon ČNR č. 114/1992 Sb. (§ 3, písm. b), o ochraně přírody a krajiny, chápe údolní nivu jako významný krajinný prvek, který představuje ekologicky, geomorfologicky nebo esteticky hodnotnou část krajiny, jež utváří její typický vzhled či přispívá k udržení její stability.

2. Specifická morfologie údolní nivy, kvalitativně odlišná od okolí, o níž se opírá geomorfologická definice, umožňuje její vymezení na základě morfometrických metod. Tento přístup umožňuje využití GIS (více viz Hartvich 2006) pracujících s různými



Obr. 4: Vymezení období častějšího výskytu povodní (značeno černou barvou) ve střední Evropě během posledních 9000 let bez započtení události z přelomu milénia. Časová osa začíná 7000 př. n. l. (upraveno podle Starkela 2002).



Obr. 5: Rozmístění korytových akumulací vzhledem ke vzdálenosti od jezů (v metrech) po jarní povodni v roce 2006 na Sázavě. Korytové akumulace: Mater-0 – nespecifikované korytové akumulace; Mater-1 – hlinitopísčité; Mater-2 – štěrkovokamenité; Mater-3 – kombinované.

nými typy DMR (digitálního modelu reliéfu). Princip vymezení údolní nivy vychází z konstrukce sklonitostní (dasymetrické) mapy a lze jej použít i při ručním vykreslení s pomocí mapy s dostatečně přesně zachycenými vrstevnicemi (nejlépe Základní topografická mapa ČR v měřítku 1:10 000). Z definice vyplývá, že údolní niva je morfometricky charakterizována jako rovina, tj. její sklon by se měl pohybovat v rozmezí 0–2°. Tedy v mapě o měřítku 1:10 000 a základním intervalu vrstevnic 5 m musí mít plochy označené jako roviny vzdálenost mezi sousedními vrstevnicemi rovnu nebo větší než 1,43 cm. Výpočet této hodnoty se dosáhne aplikací goniometrické funkce

tg v pravoúhlém trojúhelníku, kde se počítá horizontální vzdálenost při 5metrovém převýšení (hodnota 5 m vyplývá ze základního intervalu vrstevnic, tj. výškového rozdílu dvou sousedních vrstevnic, který musíme u dané mapy znát). Tedy $tg 2^\circ = 5/x \Rightarrow x = 5/tg 2^\circ \Rightarrow x \approx 143,1813$ m ve skutečnosti, tedy v mapě o měřítku 1:10 000 této hodnotě odpovídá 1,43 cm. Takto vypočtené plošiny se pak hledají na údolních dnech podél vodních toků. Orientačním potvrzením správnosti vymezení údolní nivy může být on-line mapa České geologické služby (<http://mapy.geology.cz/website/geoinfo/viewer3.htm>), kde jsou údolní nivy vyne-

seny. Nejlepším řešením je však ověření a vymezení údolní nivy v terénu.

Na základě výše uvedeného postupu vymezení údolní nivy ve svém regionu a zakreslete do mapy přítomné dílčí tvary. Určete, jaký je rozdíl mezi morfometrickým a skutečným rozsahem nivy, a diskutujte, čím mohou být případné rozdíly ve vymezení způsobeny. Leží vaše škola v údolní nivě?

3. Vydejte se ve skupinách na terénní pochůzku údolní nivou a pokuste se v ní najít přítomné tvary na základě tabulky shrnující základní přírodní geomorfologické tvary fluvialního původu. Porovnejte výsledky jednotlivých skupin a pokuste se zdůvodnit případné rozdíly v identifikaci.

4. Posuďte vliv jezů na akumulaci činnosti (obr. 5) vodního toku na příkladu Sázavy po jarní povodni 2006. 30. března 2006 kulminovala na Sázavě jarní povodeň, v Nespekách byl Českým hydrometeorologickým ústavem naměřen průtok 536 m³/s (průměrný průtok je 23,4 m³/s). Na 183 km dlouhém mapovaném úseku mezi Pikovicemi a ústím Losenického potoka bylo po povodni zmapováno 147 korytových lavic (akumulací), 27 (18 %) bylo písčité, 81 (55 %) štěrkovokamenitých a 39 (27 %) bylo kombinovaných.

Do jaké vzdálenosti od jezů se vyskytuje většina korytových akumulací a odráží se vliv zrnitosti?

Marek Křížek, PrF UK v Praze
križekma@natur.cuni.cz

FLOODPLAINS – Understanding their Delimitation and Development. Floodplains are a very important part of the landscape, not only from the perspective of physical geography, but also from historical, biological, demographic and industrial/agricultural perspectives. There is a unique relationship between human activities and the natural processes within a floodplain. The article defines floodplains on the basis of geomorphologic criteria and compares these with the definitions of other disciplines. The article describes the function and development of floodplains during the Holocene. It also presents and describes fundamental fluvial landforms typically found in floodplains or in their immediate vicinity. The article's conclusions have been transformed into tasks related to the topic in question.

LITERATURA A ZDROJE DAT:

- ABERNETHY, B., RUTHERFORD, I.D. (1998): Where along a river's length will vegetation most effectively stabilise stream banks? *Geomorphology*, 23, s. 55–75.
- AHNERT, F. (1996): Introduction to geomorphology. Arnold, London, 352 s.
- BRIERLEY, G.J., FRYIRS, K.A. (2005): *Geomorphology and River Management*. Blackwell, Oxford, 397 s.
- COLLIN, P.H. (1988): *Dictionary of Ecology and the Environment*. Teddington Park, Peter Collin Publishing, 198 s.
- DEMEK, J. (1988): *Obecná geomorfologie*. Academia, Praha, 480 s.
- GURELL, A.M., GREGORY, K.J. (1995): Interactions between semi-natural vegetation and hydrogeomorphological processes. *Geomorphology*, 13, s. 49–69.
- HARTVICH, F. (2006): Hodnocení morfometrických parametrů nivy, vymezení nivy v GISu a využití příčných profilů. In *Povodně a změny v krajině*, Langhammer, J. (ed.), KFGG PŘF UK, 1. vydání, Praha, s. 139–152.
- HUGGETT, R.J. (2003): *Fundamentals of geomorphology*. Routledge, London, 408 s.
- KŘÍŽEK, M. (2007): Údolní niva jako geomorfologický fenomén. In *Povodně a změny v krajině*, Langhammer, J. (ed.), KFGG PŘF UK, 1. vydání, Praha, s. 217–229.
- KŘÍŽEK, M. (2008): Erosion and accumulation flood landforms in Sázava River in spring 2006. *Acta Universitatis Carolinae, Geographica*, 42, No. 1–2, s. 163–181.

- KŘÍŽEK, M., ENGEL, Z. (2006): Geomorphological Consequences of the 2002 Flood in the Otava River Drainage Basin. *Acta Universitatis Carolinae – Geographica*, 38, č. 2, s. 125–138.
- KŘÍŽEK, M., ENGEL, Z. (2007): Povodně v České republice – pět a deset let poté. *Geografické rozhledy*, roč. 16, č. 4, s. 12–13.
- KŘÍŽEK, M., HARTVICH, F., CHUMAN, T., ŠEFRNA, L., ŠOBR, M., ZÁDOROVÁ, T. (2006): Floodplain and its delimitation. *Geografie – Sborník České geografické společnosti*, roč. 111, č. 3, s. 260–273.
- LOŽEK V. (2003a): Naše nivy v proměnách času I. *Ochrana přírody* 58, č. 4, s. 101–106.
- LOŽEK V. (2003b): Naše nivy v proměnách času II. *Ochrana přírody* 58, č. 5, s. 131–136.
- NĚMEČEK, J., A KOL. (2001): Taxonomický klasifikační systém půd ČR. ČZU, Praha, 77 s.
- STARKEL, L. (2002): Change in the frequency of extreme events as the indicator of climatic change in the Holocene (in fluvial systems). *Quaternary international*, 91, s. 25–32.
- TAYLOR, M. P., LEWIN, J. (1997): Non-synchronous response of adjacent floodplain systems to Holocene environmental change. *Geomorphology*, 18, Elsevier, 251–264.
- VANDENBERGHE, J. (2001): A typology of Pleistocene cold-based rivers. *Quaternary International* 79, s. 111–121.
- WHITTOW, J. (1984): *Dictionary of physical geography*. The penguin, Oxford, 591 s.