

STAV VÝZKUMU BLOKOVBAHENNÍCH PROUDŮ NA ZÁPADNÍCH SVAZÍCH KEPRNICKÉ HORNATINY (HRUBÝ JESENÍK)

State of debris flow research on the western slopes of the Keprnická hornatina (the Hrubý Jeseník Mts.)

Radek Tichavský, Karel Šilhán

Katedra fyzické geografie a geoekologie, Chittussiho 10, 710 00 Ostrava - Slezská Ostrava; e-mail: radek.tichavsky@osu.cz

(14-24 Bělá pod Pradědem)

Key words: Silesicum, Hrubý Jeseník Mts., debris flow, high-gradient channel, dendrogeomorphology

Abstract

The debris flows are fast dangerous processes initiated also in mid-mountains of the Czech Republic, frequently damaging forest stands. An occurrence of debris flows in the Hrubý Jeseník Mts. is connected with steep slopes and high-gradient channels predisposed by landuse, morphometric, lithological and especially climatic conditions. The first stage of research was implemented in the Klepáčský brook drainage basin. In 2013, a field geomorphological mapping and sampling of disturbed trees for dendrogeomorphic research (tree ring analysis) were carried out. There are preserved several remnants of former debris flows. The oldest accumulations in a form of terraces above the channel bottom, younger but stable and overgrown lateral levees and recent fresh frontal lobes directly in the channel were distinguished. At least 9 debris flow events in the last 60 years were dated in the Klepáčský brook from the tree ring analysis; the year 2010 was the last known and the most represented period in the tree ring series. Spatial dimensions, magnitudes of debris flows and places of their origin has been changed during the last decades so we could analyze their different behaviour patterns (e. g. 1991, 1997 and 2010), recorded in disturbed trees along the brook. The research will be extended to other basins in the Keprnická hornatina Mts., focusing on factors of debris flow predisposition and chronology with an application of dendrogeomorphic methods being actually the most accurate approach for dating of events in far-flung tree-covered basins.

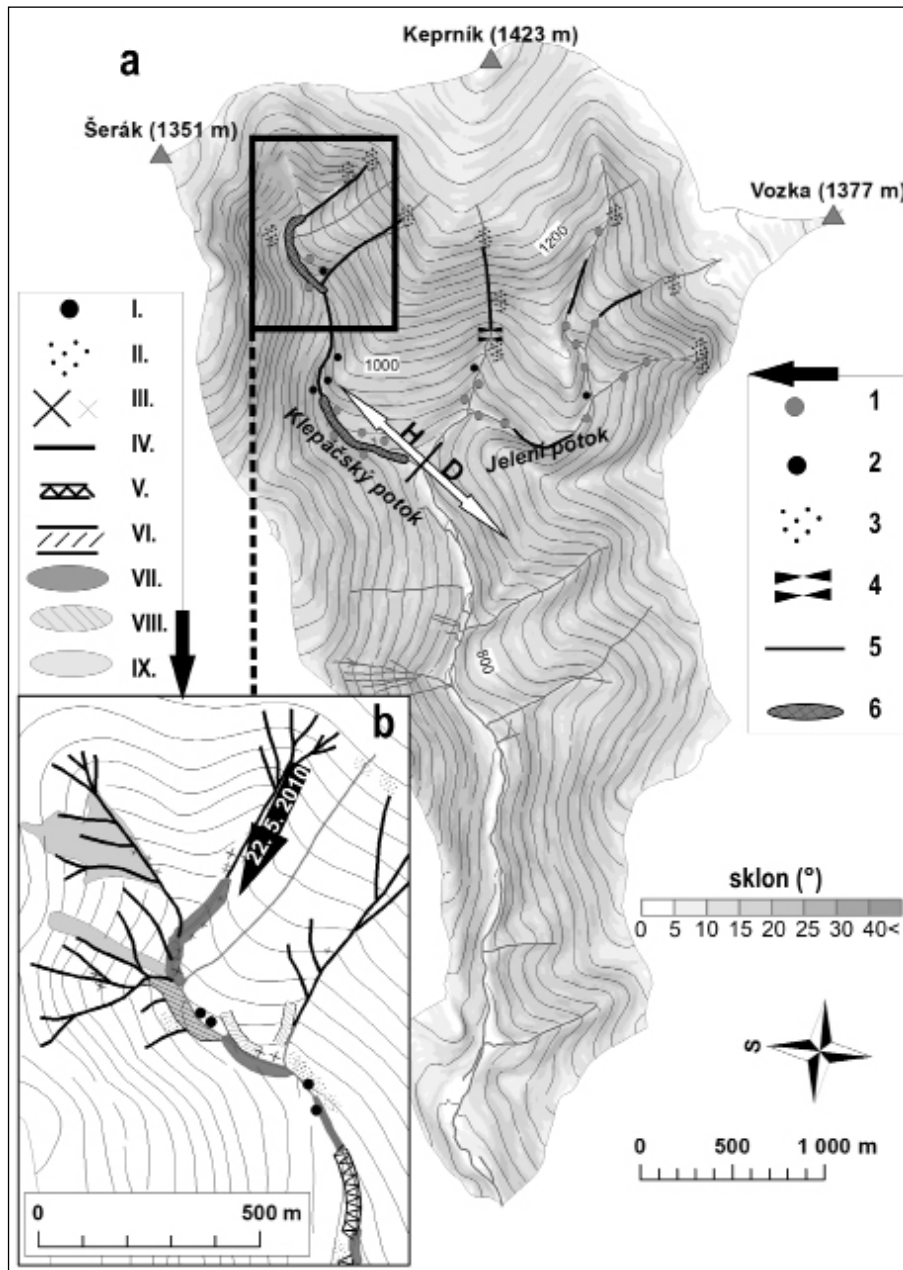
Úvod

Blokovobahenní proudy jsou svahové procesy, které ve středně vysokých pohorích výrazně ovlivňují morfologii vysokogradientových toků (Šilhán 2012). Jde o velmi rychlý transport pevného materiálu a vody v prudkých, uzavřených korytech, přičemž nasycená hmota tvoří celek a všechny její složky se pohybují stejnou rychlostí (Baker et al. 1988; Jakob – Hungr 2005). V horských oblastech střední Evropy se vyskytují v lokalitách s příznivými morfometrickými (nadmořská výška, vertikální členitost, sklon) a klimatickými podmínkami (extrémní srážkové úhrny) pro jejich vznik. K dalším faktorům patří litologie území, vegetační pokrytí nebo vliv člověka.

Hrubý Jeseník je z hlediska tvorby blokobahenních proudů příhodnou oblastí. Pohorí je součástí Silesika a jeho základní geologické rysy byly vytvořeny variskou orogenezí a mladšími tektonickými pohyby, které až dodnes mohou mít vliv i na současnou dynamiku (Srov. Sas – Eaton 2007; Štěpančíková et al. 2008). V chladných obdobích kvartéru se zde intenzivně projevovaly periglaciální procesy a docházelo k fyzikálnímu zvětrávání horninového masivu za vzniku mocných zvětralinových plášťů (Czudek 1997). Z horninového složení převládají metamorfované horniny různého stupně přeměny (Mísař et al. 1983). Zájmové území je součástí keprnické klenby (Pouba et al. 1962), kterou formují jak odolné, tzv. keprnické ortoruly, tak i méně odolné svory a fylity, jež díky vysokému obsahu slíd (snižují koeficient tření) mají menší stabilitu na svazích a snáze podléhají zvětrávání (Zvejška 1947). Tektonická predispozice je patrná i v povodí Klepáčského potoka v podobě zaříznutých údolí tvaru V a podélný profil toků je často ostře vymezen zlomovými

systemy (Prosová 1963). Tektonicky oslabená místa na svazích mohou být iniciálním faktorem rozvoje strží, které bývají často reaktivovány a prohlubovány pohybujícím se zvětralým koluviálním materiálem proudů (Sokol 1965). Morfometrické parametry pohorí jako nadmořská výška, výrazná vertikální členitost a sklony svahů, místy přesahující 40°, jsou dalšími z faktorů pozitivně ovlivňujících vznik blokobahenních proudů. Na dotaci sedimentů do vysokogradientových toků má vliv i zalesnění území smrkovými monokulturami, popř. uměle vysazené klečové porosty v nejvyšších partiích hor (Roštínský et al. 2013), jejichž vztah ke geomorfologickým procesům (především svahovým deformacím) je podrobněji rozebrán v díle Šenfledra et al. (2012).

Výzkum blokobahenních proudů se na Katedře fyzické geografie a geoekologie Ostravské univerzity provádí již několik let a v rámci ČR se soustřeďoval především do oblasti Západních Karpat (Moravskoslezské Beskydy). Nyní se začíná s vyhodnocováním proudů v oblasti se zcela odlišnou geologickou stavbou, geomorfologickým vývojem a historií využití území, s cílem vyhodnotit predispoziční faktory, četnost, výskyt a prostorový dosah na základě širokého spektra metod geomorfologického výzkumu, především pak pomocí dendrogeomorfologických metod. Problematikou se v Jeseníkách zabývalo již několik autorů. Podrobně ji rozebírá např. Sokol (1965) nebo Gába (1992). Oba řeší blokobahenní proudy (resp. svahové sesuvy, mury) z hlediska jejich predispozice a prakticky se shodují na faktorech vzniku (geologické podloží, vegetační zastoupení, extrémní srážky). Okrajově se jimi zabýval Netopil (1956), Vysoudil (1976) nebo Roštínský (2010). Proudů v masivu Červené hory (1 333 m n. m.) se



Obr. 1: a – Zájmová oblast s výskytem blokovobahenních proudů (BBP): 1 – stabilizované valy BBP, 2 – terasy BBP, 3 – zdrojové oblasti sedimentů na svazích, 4 – vodopád Jeleního potoka, 5 – transportní zóny BBP, 6 – recentní akumulace BBP, (H a D = horní a dolní zóna, viz text); b – zdrojová oblast Klepáčského potoka s aktivní dráhou BBP z roku 2010: I. – stabilizované valy BBP, II. – suťové kužely, III. – svahové a břehové nátrže, IV. – strže, V. – zahloubené koryto ve skalním podloží, VI. – terasy BBP, VII. – recentní akumulace BBP, VIII. – vyšší stupeň terasy, IX. – fosilní suťové proudy a sesuvy.

Fig. 1: a – Study area with occurrence of debris flows (DF): 1 – stable levees of DF, 2 – terraces of DF, 3 – sediment source areas on slopes, 4 – waterfall of the Jelení brook, 5 – transport zones of DF, 6 – recent accumulations of DF, (H and D means upper and lower parts of valley); b – source area of the Klepáčský brook with active DF track from 2010: I. – stable levees of DF, II. – colluvial cones, III. – slope and bank failures, IV. – gullies, V. – channel incised to bedrock, VI. – terraces of DF, VII. – recent accumulations of DF, VIII. – higher terrace level, IX. – fossil DF and landslides.

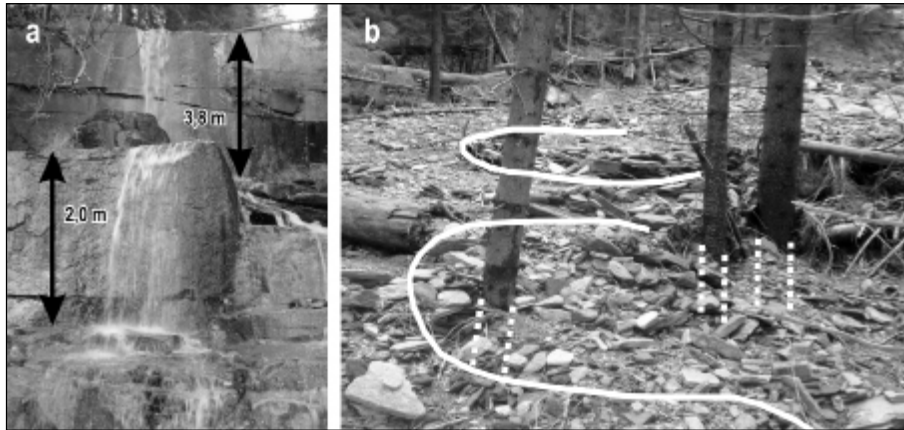
podařilo datovat i pomocí dendrogeomorfologické analýzy (Malik – Owczarek 2009).

První zájmovou oblastí je povodí Klepáčského potoka (obr. 1), který pramení v masivu Šeráku (1 351 m n. m.) a Keprníku (1 423 m n. m.) v nadmořské výšce cca 1 250 m a po necelých 7 km ústí do Branné. Jeho levostranným

přítokem je Jelení potok, jenž pramení v masivu Keprníku a Vozky (1 377 m n. m.) Terénní průzkum s cílem podrobně zmapovat údolní dna obou vysokogradientových toků proběhl na podzim 2013. Oba toky se jeví jako velmi dynamické a soustřeďují v sobě značné množství materiálu, především šterkového až balvanitého charakteru. Mnohé úseky jsou na druhou stranu obnažené až na skalní podloží a fungují tak dnes pravděpodobně jako transportní zóny rychlých korytových procesů. V rámci povodí se dají vysledovat odlišné typy odlučností hornin (převážně biotitických ortorul a svoru, místy pararul). Na méně odolných pararulách a svorech převažuje vrstevnatá až břidličnatá odlučnost, naopak u odolnějších ortorul převažuje odlučnost lavicovitá až kvádřovitá – horniny tvoří až několik metrů velké bloky v korytě a v rámci podélného profilu jsou tak patrné stupně a kaskády. Příkladem pestrosti různě odolných hornin a zlomové tektoniky je 3,8 m vysoký vodopád na jedné ze zdrojnic Jeleního potoka, doprovázený dalším 2 m stupněm a soustavou kaskád (obr. 2a). Pod ním, v méně odolných horninách, je koryto toku zcela erodované a jsou zde patrné známky po blokovobahenních prouděch, především v podobě starších teras nad současným korytem a mladších valů v údolním dnu.

Po rekognoskaci terénu můžeme potvrdit, že blokovobahenní proudy se v povodí Klepáčského potoka objevovaly jak v minulosti,

tak i nyní. Typické jsou několik metrů dlouhé fosilní terasy, které se vyskytují cca 2–10 m nad současným korytem a jedná se o pozůstatky akumulací velmi starých proudů. V tomto ohledu lze vysledovat morfolgickou analogii s fosilními akumulacemi proudů v Moravskoslezských Beskydech (srov. Šilhán – Pánek 2010). Dále jsou to boční



Obr. 2: a – Vodopád na zdrojnici Jeleního potoka; b – recentní čerstvé akumulace BBP (plná čára) v horním úseku Klepáčského potoka pohřbívající stromy (tečkovaná čára) rostoucí podél toku. Fig. 2: a – Waterfall on the branch of the Jelení brook; b – recent fresh accumulations of DF (solid line) at the upper part of the Klepáčský brook, which cause stem burial (dotted line) on the channel margin.

akumulace a valy po stranách údolního dna, zpravidla ve stejné výšce jako dno koryta, které však nevykazují už žádnou aktivitu a jsou obrostlé vegetací, obvykle smrky. Tyto akumulace jsou pravděpodobně pozůstatkem blokovobahenních proudů starých jen několik desítek let. Současná aktivita je zřejmá díky čerstvým akumulacím v korytě (obr. 2b), tzv. lalokům (angl. lobes), jež jsou tvořeny různorodým materiálem (od balvanité, přes šterkovou až po jílovitou frakci). Kromě tvorby akumulací dochází k prohlubování a rozšiřování koryta, což vede rovněž ke vzniku nových břehových nátrží a výjimkou nejsou ani fosilní či recentní boční koryta vzniklá důsledkem transportu materiálu.

Podmínkou pro dotaci sedimentů do toku je přítomnost strží a suťových kuželů na svazích lemujících údolní dno. Tyto zdrojnice sedimentů se vyskytují převážně ve zdrojových a transportních oblastech Klepáčského i Jeleního potoka a dosahují délky od 10 do 200 m. Některé jsou zcela nové, jiné kopírují dřívější (mnohdy větší) dráhy, po kterých proudila suť do koryta. Jejich vznik je dán kombinací více vlivů jako např. uvolněním svahu po vývratech stromů, promrzáním půdy, extrémně rychlým táním sněhu a především extrémními srážkovými úhrny. Ty často v hřebenových oblastech Šeráku a Keprníku přesahují 100 mm za 24 h a jsou odpovědné za většinu katastrofických procesů, které se v daném území udály (viz Sokol 1965; Gába 1992).

Blokovobahenní proudy se v povodí Klepáčského potoka (dříve Branné) vyskytují minimálně od konce 19. století, kdy jsou evidovány zmínky o katastrofických jevech, které oblast postihly (Sokol 1965). Datování událostí pomocí letokruhové analýzy je velmi přesnou disciplínou a pro západní svahy Keprnické hornatiny nebylo této metody ještě použito. Naším cílem je rekonstruovat pokud možno co nejdelsí časovou řadu,

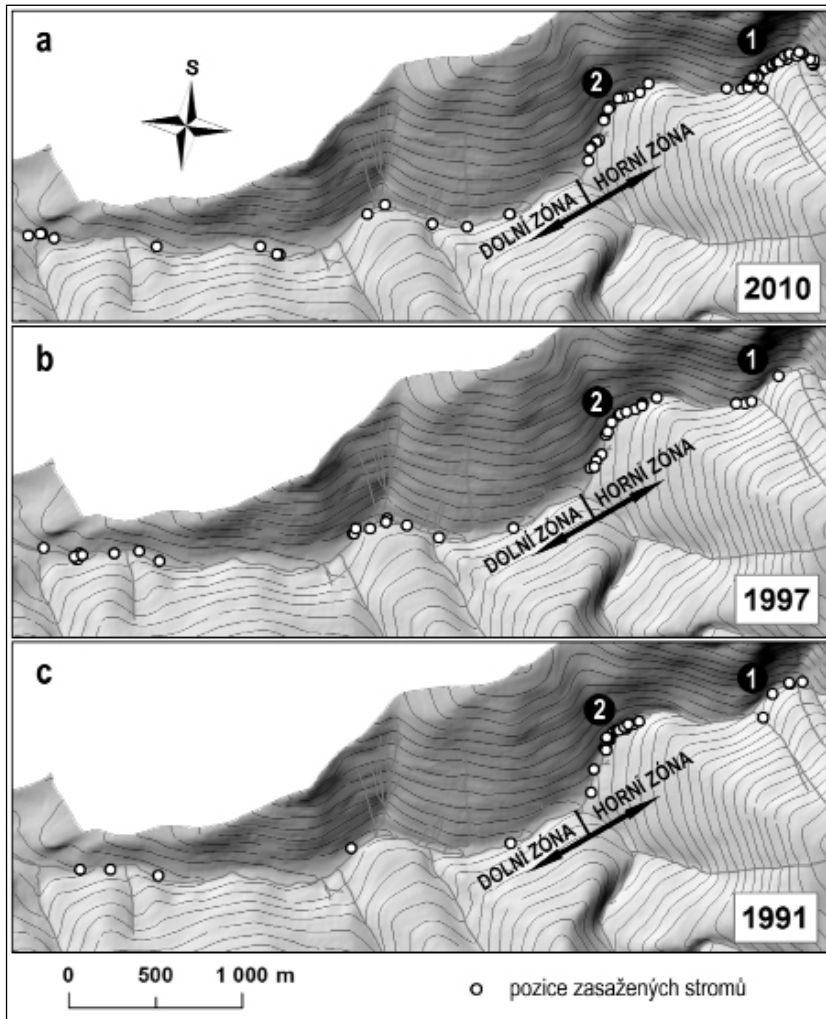
ovšem při dendrogeomorfologickém datování je hlavním omezujícím prvkem stáří stromů, které v blízkosti vodních toků nepřesáhlo 150 let, a nejčastěji byly analyzovány stromy staré max. 80–100 let. Z 283 datovaných stromů podél Klepáčského potoka se podařilo určit minimálně 12 událostí od roku 1950, přičemž alespoň 9 z nich lze označit za blokovobahenní, popř. hyperkoncentrované proudy a jsou vyznačeny tučně v tabulce 1. V rámci podélného profilu můžeme vysledovat dvě hlavní akumulční oblasti proudů, kde

bylo zároveň datováno nejvíce událostí. Pro porovnání byly vzorky odebírány i z dolní části Klepáčského potoka za účelem zjištění odezvy v místech, kde morfometrie údolního dna není příhodná pro vznik blokovobahenních proudů a dochází zde již ke klasickým povodním (vodním proudům) nebo k přeplavování materiálu z horní části toku. Nejvíce růstových disturbancí vykazuje blokovobahenní proud datovaný do roku 2010 (72 poškozených stromů). Tato událost souvisí s extrémními srážkami 21. a 22. 5., kdy na Šeráku (1 km vzdálený) spadlo během noci 79 mm a stanice Furmanka pod Vozkou (4 km vzdálená) zaznamenala ráno 22. 5. bouřku o intenzitě až 30 mm/h (celkové množství přesahovalo 100 mm/24 h). Proud zničil několik přehrážek na tocích a demoloval lesní cesty a mostky. Prostorové vyhodnocení poškozených stromů jednoznačně potvrzuje místo, kde se hmota utrhla a dosah události je patrný i v dolní části toku (obr. 1b a 3a). Podobně prostoro-

Tab. 1: Chronologie BBP (tučně) a povodní v údolí Klepáčského potoka za posledních 60 let. Šedým odstínem je vyznačeno, v které části údolí byly stromy více disturbovány v jednotlivých letech (srovnáno s procentuálním zastoupením všech vzorkovaných stromů).

Tab. 1: Chronology of DFs (bold years) and floods in the Klepáčský brook valley for the last 60 years. Grey shade means, in which part of the valley more trees were disturbed in individual years (compared with percentage of all sampled trees).

roky zjištěných událostí	zóny	počet disturbovaných stromů			podíl poškozených stromů (%)	
		DOLNÍ	HORNÍ	CELKEM	DOLNÍ	HORNÍ
2010		14	58	72	19,44	80,56
2006		8	23	31	25,81	74,19
2002		7	9	16	43,75	56,25
1997		18	20	38	47,37	52,63
1994		3	18	21	14,29	85,71
1991		5	27	32	15,63	84,38
1985		3	13	16	18,75	81,25
1984		6	15	21	28,57	71,43
1977		9	2	11	81,82	18,18
1970		4	12	16	25,00	75,00
1965		4	12	16	25,00	75,00
1953		2	8	10	20,00	80,00
Celkem vzorkováno stromů		101	182	283	35,69	64,31



Obr. 3: Časoprostorová rekonstrukce BBP v údolí Klepáčského potoka pomocí letokruhové analýzy s různými prostorovými vzorci chování; a – vznik BBP v roce 2010 v lokalitě 1 a jeho důsledek i v dolní části toku; b – vznik BBP v roce 1997 je vázán na lokalitu 2 a díky extrémním dlouhodobým srážkám jsou důsledky povodní patrné i v dolní části toku; c – vznik BBP v roce 1991 je vázán opět k lokalitě 2, ale jeho důsledky prakticky nejsou patrné v dolní části toku.

Fig. 3: Spatio-temporal reconstruction of DF in the valley of the Klepáčský brook using tree ring analysis with different patterns of spatial behavior; a – DF origin in 2010 at the locality 1 with consequence even in the lower part; b – DF origin in 1997 at the locality 2 with consequence in lower part (regional floods); c – DF origin in 1991 at the locality 2, but no consequence in the lower part of valley.

vé rozložení vykazuje i rok 2006. Oproti tomu v roce 1997 (obr. 3b), kdy celý kraj postihly rozsáhlé povodně, vidíme jinou prostorovou distribuci poškozených stromů (ohnisko je soustředěno pouze do zóny 2 – viz obr. 3b), která je srovnatelná s roky 1994, 1991 a dalšími staršími událostmi. Navíc při porovnání horní a dolní části toku zjišťujeme, že se dá vysledovat rozdíl mezi blokobahenními proudy a klasickými povodněmi, nebo také mezi katastrofičtějšími (s odezvou i v dolní části toku) a méně výraznými událostmi (omezeny převážně na horní části toku) podle převažujícího počtu poškozených stromů v jedné nebo druhé části (tab. 1). Budeme i nadále vyhodnocovat, zda

pokračuje i nadále a bude se rozšiřovat i do dalších povodí Keprnické hornatiny.

Poděkování

Výzkum probíhá v rámci podpory projektu Studentské grantové soutěže specifického vysokoškolského výzkumu Ostravské univerzity v Ostravě – SGS19/PřF/2014: Geomorfologický a geoekologický vývoj okrajových pohoří Českého masivu a Západních Karpat. Za poskytnutí srážkových dat z klimatické stanice Furmanka děkujeme doc. Dušanu Vavříčkovi (Lesnická a dřevařská fakulta Mendelovy univerzity v Brně).

je možné pomocí dendrogeomorfologické analýzy diferencovat zónu tvorby blokobahenních proudů a oblast vodních proudů při povodních. Už teď je zcela evidentní, že v určitých letech (např. 1991 a 1994) dochází především k pohybu hmoty pouze v horní části toku (obr. 3c), zatímco při jiných, pravděpodobně méně geomorfologicky efektivnějších událostech (2002) nebo naopak při dlouhodobých srážkách (1997) jsou odezvy jak z horní, tak i z dolní části toku pod soutokem s Jelením potokem (obr. 3b). Naopak v roce 1977 máme více poškozených stromů z dolní, než z horní části (tab. 1). Proto bude rovněž potřeba zjistit, zda v Jelením potoku nedošlo k jiné destruktivní události, než v horní části Klepáčského potoka.

Blokobahenní proudy jsou ve světovém a evropském měřítku zásadním procesem, který může ohrozit majetek a životy lidí. Na naší úrovni (v rámci ČR a Hrubého Jeseníku) sice nejsou tak rozsáhlé a nebezpečné, ale i přesto je potřeba s nimi počítat, protože mohou způsobovat škody především na lesních cestách, mostcích a antropogenních stavbách na vodních tocích. Jejich existence v nejvyšších partiích Hrubého Jeseníku je zřejmá, na druhou stranu dosah a průběh je pravděpodobně odlišný od povodí, která nejsou antropogenně tolik ovlivněná. V povodí Klepáčského potoka totiž existuje hustá síť přehrážek (ať už nových – funkčních, nebo starších – nefunkčních), které zpomalují nebo zcela eliminují tyto procesy, ale nedokáží zabránit jejich vzniku v uzávěrech dolin. Výzkum

Literatura

- Baker, V. R. – Kochel, R. C. – Patton, P. C. (1988): Flood geomorphology. – John Wiley & Sons, New York, 503 str.
- Czudek, T. (1997): Reliéf Moravy a Slezska v kvartéru. – Sursum, Tišnov, 213 str.
- Āába, Z. (1992): Mury pod Keprníkem v červenci 1991. – Severní Morava, 64, 43–50.
- Jakob, M. – Hungr, O. (2005): Debris flow hazards and related phenomena. – Springer-Praxis, Heidelberg, 739 str.
- Malik, I. – Owczarek, P. (2009): Dendrochronological records of debris flow and avalanche activity in a mid-mountain forest zone (Eastern Sudets – Central Europe). – Geochronometria, 34, 57–66.
- Mísař, Z. – Dudek, A. – Havlena, V. – Weiss, J. (1983): Geologie ČSSR I, Český masiv. – Státní pedagogické nakladatelství, Praha, 333 str.
- Netopil, R. (1956): Periglaciální cyklus a současné geomorfologické procesy v povodí Branné v Hrubém Jeseníku. – Sborník ČSSZ, 61, 2, 92–99.
- Pouba, Z. et al. (1962): Vysvětlivky ke geologické mapě ČSSR 1 : 200 000 M-33-XVIII Jeseník. – Nakladatelství Československé akademie věd, Praha.
- Prosová, M. (1963): Periglacial Modelling of the Sudets. – Sborník geologických věd, Anthropozoikum řada A, 1, 51–62.
- Roštínský, P. (2010): Svahové deformace v oblasti Keprníku, Hrubý Jeseník. – Zprávy o geologických výzkumech v roce 2009, 20–23.
- Roštínský, P. – Šenfeldr, M. – Maděra, P. (2013): Effects of dwarf pine stands on slope deformation processes, as a basis for their management in the Hrubý Jeseník Mts. – Journal of Landscape Ecology, 6, 1, 63–83.
- Sas, R. J. – Eaton, L. S. (2007): Quartzite terrains, geologic controls, and basin denudation by debris flow: their role in long-term landscape evolution in the central Appalachians. – Landslides, 5, 97–106.
- Sokol, F. (1965): Vliv přírodního prostředí a lidské činnosti na vznik svahových sesuvů a dosavadní zkušenosti s jejich rekultivací v Hrubém Jeseníku. – MS, kandidátská disertační práce, Lesnická a dřevařská fakulta Mendelovy univerzity. Brno.
- Šenfeldr, M. – Maděra, P. – Buček, A. – Roštínský, P. – Špinlerová, Z. – Culek, M. – Friedl, M. – Štykar, J. – Vavříček, D. – Pecháček, J. – Tippner, A. – Sedláček, A. (2012): Kleč v horské krajině Hrubého Jeseníku. – Geobiocenologické spisy, 16. Akademické nakladatelství Cerm, Brno, 236 s.
- Šilhán, K. – Pánek, T. (2010): Fossil and recent debris flows in medium-high mountains (Moravskoslezské Beskydy Mts. Czech Republic). – Geomorphology, 124, 238–249.
- Šilhán, K. (2012): Frequency of fast geomorphological processes in high-gradient streams: case study from Moravskoslezské Beskydy Mts. (Czech Republic) using dendrogeomorphic methods. – Geochronometria, 39, 122–132.
- Štěpančíková, P. – Stemberk, J. – Vilímek, V. – Košťák, B. (2008): Neotectonic development of drainage networks in the East Sudeten Mountains and monitoring of recent fault displacements (Czech Republic). – Geomorphology, 102, 68–80.
- Vysoudil, M. (1976): Příspěvek ke studiu stržové eroze v oblasti Červené hory. – Zprávy Vlastivědného muzea v Olomouci, 183, 7–13.
- Zvejška, F. (1947): O vzniku horských strží v povodí Hučivé Desné. – Časopis Zemského muzea v Brně, 31, 3–15.