

ZPRÁVY Z VÝZKUMU A DISKUZE

Management horských lesů České republiky a jeho vliv na vznik eroze

KRISTÝNA SVOBODOVÁ

Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta životního prostředí, Kamýcká 129, 165 21 Praha 6-Suchdol, e-mail: kristynaxsvobodova@gmail.com

ABSTRACT **The impact of mountain forest management on soil erosion, Czech Republic** – The article focuses on important types of soil erosion appearing in mountain forests, such as introkeletal erosion, the erosion occurring in the forest road network and erosion caused by logging and transport. It also deals with the role of dead wood in the forest environment, presenting its functions and importance in forestry. The goal of the article is to describe the processes and impact of individual types of erosion, as based on a search in available literature, and to propose the measures with which to reduce negative influences.

KEY WORDS mountain forest – erosion – forest management – dead wood

SVOBODOVÁ, K. (2016): Management horských lesů České republiky a jeho vliv na vznik eroze. Informace ČGS, 35, 2, 17–28.

© Česká geografická společnost, z. s., 2016

1. Eroze na zemědělské a lesní půdě

Vodní eroze ohrožuje v České republice přibližně 52 % orné půdy, která zaujímá 38 % z celkového půdního fondu ČR (MŽP 2014). Kvantifikaci odnesené půdy ze zemědělských pozemků, tvorbě modelů pro její výpočet a predikci a efektivitě protierozních opatření se věnuje většina vědeckých studií zabývajících se erozí (Borelli 2011). V USA jsou data o půdní erozi dlouhodobě sbírána a analyzována dle standardizované metodiky založené na USLE – univerzální rovnice ztráty půdy (Wischmeier and Smith 1978) a později RUSLE – revidovaná rovnice ztráty půdy (Renard a kol. 1991). Pro ostatní oblasti jsou data shromažďována spíše náhodně. Srovnání vzniku eroze na území s rozdílným využitím se věnují např. Cerdan a kol. (2010). 81 experimentálních ploch v 19 evropských zemích je charakterizováno sklonem, způsobem využití území, postupem obdělávání pozemků a množstvím odnesené půdy. Cílem studie je určit, který parametr nejvíce ovlivňuje velikost plošné a rýhové eroze. Tím je jednoznačně způsob využití území, kdy v případě holé půdy dosahuje eroze $15,1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ a naopak v případě zalesněné plochy pouze $0,14 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$. V lesním prostředí je díky vegetačnímu krytu a vysoké infiltraci lesních půd riziko vodní eroze výrazně sníženo. Její vznik je způsoben převážně narušením půdního povrchu jako např. v případě těžebních rýh nebo při stavbě cestní sítě (Grigal 2000).

Příspěvek je zaměřen na významné formy eroze vyskytující se v horských lesích, tzv. introskeletovou erozi, erozi vznikající na cestní lesní síti a dopravně-těžební erozi. Dále se zabývá přístupem k lesnímu hospodářství u nás a ve světě se zaměřením na roli mrtvého dřeva. Prvním cílem práce je přehled druhů eroze vyskytující se v horských lesích v závislosti na formě použitého managementu. Druhým cílem je na základě výstupů z výzkumu a poznatků z přírodě blízkého hospodaření navrhnout preventivní opatření.

2. Lesní hospodářství v současnosti

V České republice pokrývají lesy přibližně 34 % území (MZE 2014). Z toho 74,5 % jsou lesy hospodářské, 23 % tvoří lesy zvláštního určení a 2,5 % ochranné. Zařazení lesů do jednotlivých kategorií, stanovených zákonem č. 289/1995 Sb., o lesích, závisí na jejich převládající funkci. Ve spojitosti s horskými lesy se do kategorie ochranných lesů řadí vysokohorské lesy, lesy v klečovém lesním vegetačním stupni a lesy na mimořádně nepříznivých stanovištích. Do lesů zvláštního určení patří především lesy na území zvláště chráněných území, zejména pak národní parky a chráněné krajinné oblasti a dále např. lesy v ochranných pásmech vodních zdrojů.

Pojem horské lesy není v odborné terminologii jednoznačně vymezen a může být určen dle lesních vegetačních stupňů, nadmořské výšky nebo například

sklonem terénu. V této studii představují horské lesy oblasti 6. až 9. lesního vegetačního stupně dle typologického systému lesů ČR, který je používán na pracovištích ústavu pro hospodářskou úpravu lesů ÚHUL (Mezera a kol. 1956). Horské lesy České republiky představují přibližně 2,5 % území ČR a zasahují do všech kategorií definovaných zákonem.

Forma lesního hospodářství závisí především na specifických podmínkách daného území a vhodnosti pro těžbu. Vedle geomorfologických podmínek a půdních vlastností je právě podoba managementu daného území určujícím faktorem pro druh a rozsah eroze (Borelli 2011). Tradiční přístup hospodaření v lesích je zaměřen na produkci dřeva. Moderní pojetí chápe les i s jeho mimoprodukčními funkcemi a zaměřuje se na udržitelné přírodě blízké hospodaření s napodobováním přirozených procesů (Schütz 1999). V České republice je široké pole studií zabývajících se přirozenou obnovou lesa (např. Jonášová, Prach 2008; Svoboda a kol. 2010; Bače a kol. 2012; Nováková, Edwards-Jonášová 2015), rekonstrukcí dynamiky lesa (např. Svoboda a kol. 2011; Janda a kol. 2014), ekologií mrtvého dřeva (Pouska a kol. 2011; Vrška a kol. 2015), vlivem disturbancí na půdní chemismus (např. Oulehle a kol. 2011), pedogenezi (Šamonil a kol. 2014) a dalšími otázkami souvisejícími se samovolným vývojem lesa.

Jak lze tyto poznatky začlenit do lesnické praxe? Jednou možností je například recenzovaná metodika Management mrtvého dřeva v hospodářských lesích (Bače, Svoboda 2014). Metodika předkládá řadu studií zaměřených na ekologii mrtvého dřeva a popisuje postup jeho navýšení v hospodářských lesích. Mrtvá dřevní hmota slouží jako příhodné stanoviště pro přirozené zmlazení (Svoboda a kol. 2010; Nováková, Edwards-Jonášová 2015), je vhodným biotopem pro mnoho živočichů, bakterií, hub, lišejníků, nižších i vyšších rostlin (Lonsdale a kol. 2008; Pouska a kol. 2011) a působí také jako přírodní hnojivo a zásobárna živin (Harmon, Sexton 1995; Zhou a kol. 2007). Ve vztahu k půdní erozi působí ponechaná dřevní hmota jako prevence, přispívá ke zvýšení stability svahu, půdního povrchu a ovlivňuje charakter malých vodních toků v lesních porostech (Harmon, Sexton 1995, Baďa a kol. 2015). Metodika dále prezentuje negativa absence mrtvého dřeva. V průběhu prvního cyklu národní inventarizace lesů ČR v letech 2001–2004 se provádělo šetření množství ponechané dřevní hmoty v lesích. Česká republika s 6,8 m³ ležícího mrtvého dřeva na jeden hektar lesa patří do skupiny evropských zemí s nízkou zásobou (Kučera 2012).

Poznatky o stabilitě přírodního lesa a jejich začlenění do konceptu udržitelného hospodářství v českých lesích prezentuje Košulič (2010). Na poli mezinárodním se tomuto tématu věnuje velké množství studií (např. Schütz 1999; Spiecker 2003; Larsen 2012). Švýcarské lesnictví používá a rozvíjí tento koncept již více než 100 let. Jeho modifikace jsou založeny na praktických poznatcích získaných během hospodaření (Schütz 1999). Mezi evropské země, které se vydávají tímto směrem lesního hospodaření, patří například Dánsko, Německo a Slovinsko (Schütz 1999; Larsen 2012).



Obr. 1 – Ponechané mrtvé dřevo na svahu Černé hory, Krkonoše. Foto: Kristýna Svobodová, 2015.

Diskuze o vhodném způsobu hospodaření se týká rovněž lesů chráněných území. Na základě probíhající klimatické změny doprovázené zvýšenou frekvencí výskytu extrémních meteorologických jevů, je nutné očekávat častější výskyt disturbancí různého rozsahu a intenzity (např. Dale a kol. 2001; Adams a kol. 2012). Za účelem vyvarování se ukvapeným a nevratným zásahům, jako tomu bylo např. v případě asanačních zásahů proti kůrovci v oblasti u Ptačího potoku na Šumavě (Matějka 2015), je nutné určit vhodnou formu managementu na postižených plochách. Ponechání mrtvé dřevní hmoty na strmých svazích postižených disturbancí je aplikováno např. při hospodaření v Krkonošském národním parku (obr. 1).

3. Eroze v horských lesích

Kvůli obtížné manipulaci při těžbě ve svahu nejsou horské lesy většinou předmětem intenzivní těžby. Na skeletovitých a slunných stanovištích se vyskytuje tzv. introskeletová eroze (ISE) (Šach 1990). Tato extrémní stanoviště mají malý hospodářský význam a jsou většinou zařazena do kategorie lesů ochranných. V horských lesích s produkčním využitím vzniká riziko těžebně-dopravní eroze, kdy je půda odnášena na těžební technologii (Šach 1988). Dalším druhem eroze vyskytujícím se v horských lesích je vodní eroze na cestní lesní síti.

3.1 Introskeletová eroze

Introskeletová eroze (ISE) je definována jako negativní jev vznikající při obnažení zemského povrchu po odstranění lesního porostu. Na extrémně skeletovitých a slunných stanovištích zejména ve strmých svazích horských poloh dochází k vertikálnímu propadávání a vyplavování půdních částic, a tudíž ke ztenčování a ztrátě půdního tělesa s následným obnažováním balvanitých sutí (Vacek a kol. 2003). Faktory ovlivňující vznik ISE jsou klimatické jevy: přivalové deště, dlouhodobá sucha, mrazové jevy a pohyb sněhové pokrývky, dále reliéf terénu: sklon, expozice, nadmořská výška a stav přízemní vegetace. Riziko ISE hrozí nejvíce na hrubozrnném geologickém podloží a půdách s velkým podílem skeletu a mělkým profilem (např. rankery a litozemě). Vznikající suťové ostrůvky se dále zvětšují a propojují. Lesní kryt přestává plnit ochrannou úlohu půdního prostředí a ztrácí protipovodňovou a protierozní funkci (Souček a kol. 2010).

Posouzení potenciální ohroženosti dané lokality introskeletovou erozí probíhá na základě lesnické typologie (ÚHÚL 1971). Na základě terénního výzkumu, během kterého byla monitorována hustota až absence přízemní vegetace a výskyt povrchové kamenitosti, bylo zjištěno, že různou mírou intenzity ISE je v ČR ohrožena jedna desetina výměry horských lesů (Vacek a kol. 2003). Nejdéle a nejintenzivněji je ISE studována v Krkonoších, kde je ohroženo až 30 % lesních pozemků (Vacek a kol. 2006).

Od 80. let 20. století je na Výzkumné stanici (VS) Opočno jevu ISE z důvodu výskytu imisně ekologických stresů a následných těžeb postižených porostů věnována zvýšená pozornost. Výzkum je zaměřen na určení rozsahu a dynamiky ISE (hloubka půdy, povrchová kamenitost, mikroreliéf terénu, intenzita změn mineralizačních procesů, vývoj přízemní vegetace). Dále se zabývá způsobem zalesňování s minimalizací narušení půdního povrchu, použitím geotextilie na lokalitách s nadměrnou kamenitostí a absencí vegetačního krytu (Souček 2010) a vývojem vhodných sazenic, které obsahují přírodní meliorační materiály (Nárovec, Šach 1999). Výsledky dokazují, že již při 50 cm výšce sazenic se proces ISE zřetelně zpomalí, jelikož kořenový systém je dostatečně hustý a začíná plnit půdo-ochrannou funkci (Vacek a kol. 2003). Na základě poznatků z experimentálních ploch byly vydány recenzované metodiky zabývající se detekcí ISE (Šach, Černošous 2009) a obnovou lesa na postižených lokalitách (Souček a kol. 2010). Pojem introskeletové eroze byl stanoven na základě uvedených studií na VS Opočno a v zahraniční literatuře se nevyskytuje. Proces, který může být přirovnán ke vzniku ISE a je popisovaný i v zahraniční literatuře, je denudace, kdy rovněž dochází k obnažování podložní horniny, gravitačnímu přesunu hmot a erozi (Turkington a kol. 2004).

Valtera a kol. (2013) se zabývají prostorovou variací půd a režimem disturbancí v historii přirozených horských lesů na plochách v Rumunsku a na Ukrajině. Strádaný výskyt leptosolí (nevyvinutých půd s vysokým obsahem sutí) a podzolů

(hluboko vyvinutých půd) v 9 až 10 m vzdálenostech může být důsledkem přítomnosti kamenných polí v různých stadiích jejich vývoje na plochách Syvulya (Ukrajina). V případě suťových stanovišť je vývoj půdních vrstev zpomalen vyplavováním a propadáváním půdotvorného substrátu. Malé lokální změny sklonu terénu mohou být významné pro vývoj půdy a následně úspěšné zakořenění semenáčků. Tyto prvotní malé rozdíly ve vývoji půd se v čase zvětšují a následně způsobují pozorovaný výskyt půd. Na těchto plochách byla zjištěna přítomnost silného organického horizontu, který je na kamenitých půdách důležitý z hlediska retence vody a zdroje živin. Z důvodu ochrany před půdními sesuvy a povodněmi by měl být zejména na suťových stanovištích kladen důraz na zachování neporušené svrchní organické vrstvy (Valtera 2015). Naopak její porušení může způsobit degradaci stanoviště pro zmlazení a následné problémy se zalesněním jako je to v případě studií ISE na VS Opočno (Šach a kol. 2008).

Významem režimu disturbancí přirozených lesů při pedogenezi se zabývá řada studií (Spielvogel a kol. 2009; Šamonil a kol. 2010; Valtera a kol. 2015). Plochy s častým výskytem disturbancí se díky rozkládající dřevní hmotě vyznačují vyšším obsahem organické hmoty (Spielvogel a kol. 2009; Valtera a kol. 2015). Mrtvé dřevo plní navíc na suťových stanovištích ochrannou funkci a zpomaluje propadávání a vyplavování půdních částic mezerami mezi skeletem do dutin mezi kameny. V chráněných lesích není výskyt disturbancí ekonomickým ani ekologickým problémem. Přemnožení hmyzu, které je v hospodářských lesích katastrofou, může v přirozených lesích nastolit přírodě bližší stadium, než jaké bylo před událostí (Fanta 2013).

3.2 Eroze na cestní síti

Na lesních cestách dochází ke snížení hydraulické konduktivity, infiltraci půdy a následného vzniku povrchového odtoku a ztrátě půdy erozí. Umístění cesty ve svahu přeruší podpovrchové cesty odtoku a svede odtékající vodu ve směru podél cesty, popřípadě způsobí opětné proniknutí vody na povrch a vznik nežádoucího povrchového odtoku (Sidle a kol. 2006). Důležitými činiteli ovlivňujícími rozsah eroze na cestní síti je intenzita provozu, hustota sítě a třída cest. Závislost sklonu na množství splavených sedimentů je dokonce exponenciální. Z důvodu ochranného efektu vegetace se starší cesty vyznačují menší mírou eroze než cesty nové. Sklon svahu zářezu, či odřezu má větší vliv na množství sedimentů než jeho výška (Megahan a kol. 2001). V případě nezpevněných cest je důležitá volba povrchu cesty. Vysoký poměr jemné frakce způsobuje navýšení smyvu půdy (Fu a kol. 2010).

V chráněných územích je síť tvořena zpravidla zpevněnými cestami 1. a 2. třídy (1L a 2L dle ČSN 73 6108 Lesní dopravní síť), kde riziko vodní eroze není na

povrchu cest, ale na svazích při umístění stavby v odřezu, či zářezu. V případě hospodářských lesů je potenciál vzniku vodní eroze na cestách 3L a 4L, které jsou nezpevněné. U těchto cest se předpokládá, že po ukončení těžby zarostou a povrchový odtok nebude vznikat. Avšak v případě výskytu dešťů v době obnaženého půdního povrchu je riziko vzniku soustředěného odtoku a ztráty půdy erozí (Fu a kol. 2010).

Publikované poznatky v oblasti působení lesního hospodářství na změnu půdních vlastností shrnuje Grigal (2000). Rešerše popisuje vliv eroze a změněných půdních vlastností na produktivitu půdy, metody hodnocení tohoto vlivu a doporučuje postupy pro zmírnění dopadu lesního hospodářství. Závěrem uvádí, že je ironické, že ačkoliv se naše vědomosti a vyspělost technologií zvyšují, schopnost ničit naše základní zdroje bohužel také. Erozi v horských lesích se věnují Sidle a kol. (2006). Studie představuje příklady vzniku eroze a půdních sesuvů na svazích v jihovýchodní Asii. Za účelem prevence doporučuje vhodné postupy v lesním hospodářství a při stavbě cestní sítě. Například uvádějí, že drenážní systém vybudovaný spolu s cestami může snížit jejich negativní dopady, avšak jeho nevhodné zakončení je místem vzniku strží a půdních sesuvů. Rešerši zabývající se modely k určení odnosu sedimentů z nezpevněných cest v zalesněném území představují Fu a kol. (2010). Studie popisuje sedm dostupných modelů, uvádí jejich vhodné použití, nedostatky a přednosti. Zatímco jednoduché a lehce aplikovatelné modely jsou vhodné pro praktické použití, komplikované modely přispívají k porozumění procesů, které odnos sedimentů způsobují. Erozi na lesní cestní síti se věnuje celá řada dalších studií (např. Jordán, Martínez-Zavala 2008; Borelli 2011; Akbarimehr a kol. 2013).

3.3 Těžebně-dopravní eroze

Těžebně-dopravní eroze na přibližovacích linkách a cestách způsobuje v přírodních a hospodářsko-technických podmínkách České republiky největší přemístění půdy v rámci hospodářských lesů (Šach, Černošous 2009). Rozsah vlivu těžkých vozidel závisí na vlastnostech půdního tělesa (textura, vlhkost, podíl organické složky), terénu, použité technice (typ, velikost vozidel, šířka, tlak pneumatik), frekvenci provozu apod. (Vavříček, Kučera 2014). Již zmíněná metodika vytvořená na VS Opočno Metodické postupy ochrany lesních pozemků proti erozi (Šach, Černošous 2009) se vedle stanovení vodní eroze a ISE zabývá hodnocením rizika těžebně-dopravní eroze. Metodika posuzuje dispozici lesní půdy k erozi a je založená na bodovém hodnocení vybraných charakteristik jako např. sklon a délka svahu, pokrytí povrchu vegetací, hloubka půdy, textura jemnozeme nebo obsah skeletu v půdě. Podle velikosti vypočteného indexu erozní ohroženosti klasifikujeme ohroženost pěti stupni, od velmi slabé až po velmi silnou. Dle stupně

ohroženosti je dále navržen postup obnovy lesa, technologie těžby a soustředování dřeva včetně zřizování přibližovacích cest a linek.

Východním bodem pro snížení dopadu těžby na lesní prostředí je nezbytná znalost místních podmínek, především půdních vlastností, stavu přízemní vegetace a povahy terénu. Efektivní způsob hospodaření by se měl odvíjet od charakteru území s přihlédnutím k aktuálním meteorologickým podmínkám, pokud to půdní vlastnosti vyžadují (Croke a kol. 2001). Ke snížení objemu přemístěné půdy může dále sloužit snížení pojezdů, vhodné načasování provádění technologií, snížení tlaku na pneumatiky zdvojením kol, pásy nebo koberci, popřípadě pokrytí povrchu klestím (Cambi a kol. 2015).

4. Navržená opatření a závěr

Rozsah degradace stanoviště horských lesů jako důsledek eroze se odvíjí od konkrétních lokálních podmínek. Dopadem introskeletové eroze je zvýšení podílu hrubé frakce a následné omezení uchycení a růstu vegetace z důvodu nedostatku půdy, živin a vody (Vacek a kol. 2003). Následky vodní eroze na cestní lesní síti a těžebně-dopravní eroze jsou degradace fyzikálních a chemických vlastností půdy, snížení infiltrace, tvorba rýh a strží, výskyt eutrofizace vody, akumulace erodovaného materiálu ve vodních nádržích a následné problémy při další úpravě vod, či ovlivnění funkce vodních elektráren (Borelli 2011).

Na stanovištích náchylných ke vzniku ISE by mělo být zamezeno plánovanému narušení lesa. Tyto lesy by měly být zařazeny do kategorie ochranných lesů nebo lesů zvláštního určení. V případě narušení lesního porostu přírodními disturbancí je vhodné zanechání lesa samovolnému rozpadu. Ponechaná dřevní hmota slouží jako ochrana obnaženého půdního krytu a zároveň jako substrát pro pedogenezi (Valtera a kol. 2015). Navíc je mrtvé dřevo vhodným stanovištěm pro přirozenou obnovu lesa (Bače a kol. 2012; Nováková, Edwards-Jonášová 2015).

Forma managementu určuje míru rizika vzniku vodní eroze na cestní síti a těžebně-dopravní eroze. Při plánování lesní cestní sítě je důležité, aby byla zvolena vhodná hustota a kategorie cest. V lesích hospodářských by stavba cest měla být uzpůsobena pojezdu těžkých vozidel. V případě chráněných území je třeba hustotu sítě minimalizovat. Na zpevněných cestách 1L a 2L by měl být zajištěn mírný sklon svahů a jejich pokrytí vegetace (Fu a kol. 2010). V případě nezpevněných cest 3L a 4L je nutné dbát na podélný sklon a vhodnou volbu materiálu na povrch cesty, případně je nahradit cestami 1L a 2L.

Volba těžební metody by měla být podložena dobrou znalostí místních podmínek. Na základě místního šetření je možné dle Metodických postupů ochrany lesních pozemků proti erozi (Šach, Černohous 2009) identifikovat erozní ohrožení lesních půd a dle hodnoty vypočtených indexů nalézt doporučená protierozní opatření.

Horské lesy jsou díky strmým svahům a často extrémním klimatickým podmínkám křehké ekosystémy. Management horských lesů by měl zabránit jejich degradaci (FAO). Nejvýznamnějším opatřením je tedy zhodnocení, zda-li je jejich stupeň ochrany dostatečný. Řadou studií dynamiky horských lesů je dokázáno, že lesní ekosystém je schopen samovolné regenerace a že výskyt disturbancí a následné odumírání lesa je součástí jeho koloběhu (např. Svoboda a kol. 2011; Bače a kol. 2012; Janda a kol. 2014; Nováková, Edwards-Jonášová 2015). Je tedy spíše otázkou, jak se k problému ochrany přírody postavit všeobecně. Víceméně jde o konflikt antropocentrického a obecného (neantropocentrického) přístupu k ochraně přírody (Matějka 2013).

V případě lesů hospodářských je nutná změna přístupu k jejich managementu. Navýšení množství odumřelé hmoty je jedním z mnoha aspektů přírodě blízkého hospodaření, které by měly být do moderního lesního hospodářství implementovány (Franklin a kol. 2007; Blanco, Lo 2012). Řada domácích i světových studií současné doby se zaměřuje na přirozenou dynamiku lesa a přírodě blízké hospodaření. Začlenění jejich výstupů do praxe však v České republice chybí. Slabý článek se nalézá ve spolupráci mezi vědou a praxí. Za účelem úspěšné aplikace vědeckých poznatků je nutná úzká spolupráce, koordinace, flexibilní hospodaření a plánování. Společným cílem vědy a praxe by mělo být nalezení vhodného managementu, který vede k přirozeným, samovolně se vyvíjejícím lesním ekosystémům (Košulič 2010; Fanta 2013), jenž optimálně plní ekonomickou, ekologickou a sociální funkci.

Literatura a zdroje

- ADAMS, H. D., LUCE, CH. H., BRESHEARS, D. D., ALLEN, C. D., WEILER, M., HALE, V. C. a kol. (2012): Ecohydrological consequences of drought-and infestation-triggered tree die-off: insights and hypotheses. *Ecohydrology*, 5, 2, 145–159.
- AKBARIMEHR, M., JALILVAND, H. (2013): Considering the relationship of slope and soil loss on skid trails in the north of Iran (a case study). *Journal of Forest Science*, 2013, 9, 339–344.
- BAČE, R., SVOBODA, M., POUŠKA, V., JANDA, P., ČERVENKA, J. (2012): Natural regeneration in Central-European subalpine spruce forests: Which logs are suitable for seedling recruitment? *Forest Ecology and Management*, 266, 254–262.
- BAČE, R., SVOBODA, M. (2014): Management mrtvého dřeva v hospodářských lesích. Certifikovaná metodika. http://home.czu.cz/storage/74451_bace_mmd_2014.pdf (21. 6. 2015)
- BADÍA, D., SÁNCHEZ, C., AZNAR, J. M., MARTÍ, C. (2015): Post-fire hillslope log debris dams for runoff and erosion mitigation in the semiarid Ebro Basin. *Geoderma*, 237, 298–307.
- BLANCO, J. A., LO, Y-H. (2012): Forest ecosystems – more than just trees. InTech, Rijeka.
- BORELLI, P. (2011): Risk assessment of Human-induced Accelerated Soil Erosion Processes in the Intermountain Watersheds of Central Italy. A Case Study of the Upper Turano Watershed (Latium-Abruzzi). PhD Dissertation Thesis. University of Berlin, Berlin.
- CAMBI, M., CERTINI, G., NERI, F., MARCHI, E. (2015): The impact of heavy traffic on forest soils: A review. *Forest Ecology and Management*, 338, 124–138.

- CERDAN, O., GOVERS, G., LE BISSONNAIS, Y., VAN OOST, K., POESEN, J., SABY, N., DOSTAL, T. (2010): Rates and spatial variations of soil erosion in Europe: A study based on erosion plot data. *Geomorphology*, 122, 1-2, 167-177.
- CROKE, J., HAIRSINE, P., FOGARTY, P. (2001): Soil recovery from track construction and harvesting changes in surface infiltration, erosion and delivery rates with time. *Forest Ecology and Management*, 143, 1, 3-12.
- ČSN 73 6108 - Lesní dopravní síť. Český normalizační institut, Praha.
- DALE, V. H., JOYCE, L. A., MCNULTY, S., NEILSON, P. R., AYRES, M. P., FLANNIGAN, M. D. a kol. (2001): Climate change and forest disturbances. *BioScience*, 9, 723-734.
- FANTA, J. (1997): Rehabilitating degraded forests in Central Europe into self-sustaining forest ecosystems. *Ecological Engineering*, 8, 289-297.
- FANTA, J. (2013): Forests in the Krkonoše / Karkonosze National Parks: their restoration, protection and management in the context of changes ongoing in the Central-European forestry. *Opera Corcontica*, 50, 23-38.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org/sustainable-forest-management/toolbox/modules/mountain-forests/basic-knowledge/en/> (9. 1. 2016).
- FRANKLIN, J. F., MITCHELL, R. J., PALIK, B. J. (2007): *Natural Disturbance and Stand Development Principles for Ecological Forestry*. - USDA Forest Service, Newtown Square.
- FU, B., NEWHAM, L. T. H., RAMOS-SCHARRÓN, C. E. (2010): A review of surface erosion and sediment delivery models for unsealed roads. *Environmental Modelling & Software*, 25, 1-14.
- GRIGAL, D. F. (2000): Effects of extensive forest management on soil productivity. *Forest Ecology and Management*, 138, 1-3, 167-185.
- HARMON, M. E., SEXTON, J. (1995): Water balance of conifer logs in early stages of decomposition. *Plant and Soil*, 172, 1, 141-152.
- JANDA, P., SVOBODA, M., BAČE, R., ČADA, V., PECK, J. E. (2014): Three hundred years of spatio-temporal development in a primary mountain Norway spruce stand in the Bohemian Forest, central Europe. *Forest Ecology and Management*, 330, 304-311.
- JONÁŠOVÁ M., PRACH, K. (2008): The influence of bark beetles outbreak vs. salvage logging on ground layer vegetation in Central European mountain spruce forests. *Biological Conservation*, 141, 1525-1535.
- JORDÁN, L., MARTÍNEZ-ZAVALA, L. (2008): Soil loss and runoff rates on unpaved forest roads in southern Spain after simulated rainfall. *Forest Ecology and Management*, 255, 913-919.
- KOŠULIČ, M. (2010): *Cesta k přírodě blízkému hospodářskému lesu*. FSC Česká republika - Forest Stewardship Council, Brno.
- KUČERA, M. (2012): Mrtvé dříví v národní inventarizaci lesů. *Lesnická práce*, 91, 1, 20-22.
- LARSEN, J. B. (2012): *Close-to-nature forest management: the Danish approach to sustainable forestry*. INTECH Open Access Publisher: <http://cdn.intechopen.com/pdfs-wm/36975.pdf> (18. 6. 2015).
- LONSDALE, D., PAUTASSO, M., HOLDENRIEDER, O. (2008): Wood-decaying fungi in the forest: conservation needs and management options. *European Journal of Forest Research*, 127, 1, 1-22.
- MATĚJKA, K. (2013). *Současnost a budoucnost ochrany přírody*. Živa, LXI, 5, CIII-CIV.
- MATĚJKA, K. (2015): Vliv asanačních zásahů v oblasti Ptačfho potoka (NP Šumava) po čtyřech letech. <http://www.infodatasys.cz/sumava/ptp2015.pdf> (13. 1. 2016).
- MEZERA, A., MRÁZ, K., SAMEK, V. (1956): *Stanovištně typologický přehled lesních rostlinných společenstev*. Lesprojekt, ÚHÚL, Brandýs nad Labem.

- MZE (2014): Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky 2014. <http://www.uhul.cz/ke-stazeni/informace-o-lese/zelene-zpravy-mze> (9. 1. 2016).
- MŽP (2014): Statistická ročenka životního prostředí České republiky 2014. <http://www1.cenia.cz/www/sites/default/files/Ro%C4%8Denka%20%C5%BDP%20%C4%8CR%202014.pdf> (9. 1. 2016).
- NÁROVEC, V., ŠACH, F. (1996): Ochrana půdy proti introskeletové erozi aplikací přírodních melioračních hmot při zalesňování. Monitoring, výzkum a management ekosystémů na území KRNP. VÚLHM VS, Opocno.
- NOVÁKOVÁ, M. H., EDWARDS-JONÁŠOVÁ, M. (2015): Restoration of Central-European mountain Norway spruce forest 15 years after natural and anthropogenic disturbance. *Forest Ecology and Management*, 344, 120–130.
- OULEHLE, F., EVANS, CH. C. D., HOFMEISTER, J., KREJČÍ, R., TAHOVSKÁ, K., PERSSON, T. a kol. (2011): Major changes in forest carbon and nitrogen cycling caused by declining sulphur deposition. *Global Change Biology*, 17, 3115–3129.
- POUSKA, V., LEPŠ, J., SVOBODA, M., LEPŠOVÁ, A. (2011): How do log characteristics influence the occurrence of wood fungi in a mountain spruce forest? *Fungal Ecology*, 4, 3, 201–209.
- RENARD, K. G., FOSTER, G. R., WEESIES, G. A., PORTER, J. P. (1991): RUSLE: Revised universal soil loss equation. *Journal of Soil and Water Conservation*, 46, 1, 30–33.
- ŠACH, F. (1988): Stanovení rizika těžebně dopravní eroze na lesních pozemcích. *Lesnická práce*, 67, 11, 490–493.
- ŠACH, F. (1990): Nebezpečí vzniku vnitropůdní eroze na kamenitých svazích. *Lesnická práce*, 69, 7, 304–309.
- ŠACH, F., KANTOR, P., ČERNOHOUS, V. (2008): Introskeletal erosion of forest soils on rocky localities. *Communicationes Instituti Forestalis Bohemicae*, 24, 57–66.
- ŠACH, F., ČERNOHOUS, V. (2009): Metodické postupy ochrany lesních pozemků proti erozi. *Lesnický průvodce. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Strnady.*
- ŠAMONIL, P., KRÁL, K., HORT, L. (2010): The role of tree uprooting in soil formation: A critical literature review. *Geoderma*, 157, 3–4, 65–79.
- ŠAMONIL, P., VASÍČKOVÁ, I., DANĚK, P., JANÍK, D., ADAM, D. (2014): Disturbances can control fine-scale pedodiversity in old-growth forest: is the soil evolution theory disturbed as well? *Biogeosciences Discussions*, 11, 5471–5509.
- SCHÜTZ, J. P. (1999): Close-to-nature silviculture: is this concept compatible with species diversity? *Forestry*, 72, 4, 359–366.
- SIDLE, R. C., ZIEGLER, A. D., NEGISHI, J. N., NIK, A. R., SIEW, R., TURKELBOOM, F. (2006): Erosion processes in steep terrain – Truths, myths, and uncertainties related to forest management in Southeast Asia. *Forest Ecology and Management*, 224, 1–2, 199–225.
- SOUČEK, J. (2010): Možnosti umělé obnovy lesa na lokalitách ohrožených introskeletovou erozí. *Opera Corcontica*, 47, 57–62.
- SOUČEK, J., KRIEGEL, H., NÁROVEC, V., ŠACH, F. (2010): Obnova lesa na lokalitách ohrožených introskeletovou erozí. *Recenzovaná metodika. Lesnický průvodce. Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Strnady.*
- SPIECKER, H. (2003): Silvicultural management in maintaining biodiversity and resistance of forests in Europe – temperate zone. *Journal of Environmental Management*, 67, 1, 55–65.
- SPIELVOGEL, S., PRIETZEL, J., AUERSWALD, K., KÖGEL-KNABNER, I. (2009): Site-specific spatial patterns of soil organic carbon stocks in different landscape units of a high-elevation forest including a site with forest dieback. *Geoderma*, 152, 3–4, 218–230.

- SVOBODA, M., FRAVER, S., JANDA, P., BAČE, R., ZENAHLÍKOVÁ, J. (2010): Natural development and regeneration of a Central European montane spruce forest. *Forest Ecology and Management*, 260, 707–714.
- SVOBODA, M., JANDA, P., NAGEL, T. A., FRAVER, S., REJZEK, J., BAČE, R. (2011). Disturbance history of an old-growth sub-alpine *Picea abies* stand in the Bohemian Forest, Czech Republic. *Journal of Vegetation Science*, 23, 1, 86–97.
- TURKINGTON, A. V., PHILLIPS, J. D., CAMPBELL, S. W. (2005): Weathering and landscape evolution. *Geomorphology*, 67, 1, 1–6.
- ÚHÚL, 1971: Typologický systém ÚHÚL. ÚHÚL, Brandýs nad Labem.
- VACEK, S., PODRÁZSKÝ, V., MIKESKA, M., MOSER, W. K. (2003): Introskeletal erosion threat in mountain forests of the Czech Republic. *Journal of Forest Science*, 49, 313–320.
- VACEK, S., PODRÁZSKÝ, V., MIKESKA, M., SCHWARZ, O., SIMON, J., BOČEK, M. a kol. (2006): *Lesy a ekosystémy nad horní hranicí Lesa v národních parcích Krkonoš*. Lesnická práce, Praha.
- VALTERA, M., ŠAMONIL, P., BOUBLÍK, K. (2013): Soil variability in naturally disturbed Norway spruce forests in the Carpathians: Bridging spatial scales. *Forest Ecology and Management*, 310, 134–146.
- VALTERA, M., ŠAMONIL, P., SVOBODA, M., JANDA, P. (2015): Effects of topography and forest stand dynamics on soil morphology in three natural *Picea abies* mountain forests. *Plant and Soil*, 392, 1–2, 57–69.
- VAVŘÍČEK, D., KUČERA, A. (2014): *Lesnická pedologie pro posluchače LDF Mendelu v Brně*. Brno.
- VRŠKA, T., PŘÍVĚTIVÝ, T., JANÍK, D., UNAR, P., ŠAMONIL, P., KRÁL, K. (2015): Deadwood residence time in alluvial hardwood temperate forests – A key aspect of biodiversity conservation. *Forest Ecology and Management*, 357, 33–41.
- WISCHMEIER, W. H., SMITH, D. D. (1978): *Predicting rainfall erosion losses – A guide to conservation planning*. USDA, Maryland.
- Zákon č. 289/1995 Sb. o lesích a o změně a doplnění některých zákonů (lesní zákon) ve znění pozdějších předpisů (poslední stav textu platný od 30. dubna 2004).
- ZHOU, L., DAI, L. M., GU, H. Y., ZHONG, L. (2007): Review on the decomposition and influence factors of coarse woody debris in forest ecosystem. *Journal of Forestry Research*, 18, 1, 48–54.