

VLIV SKLONU A DRUHU POVRCHU NA PORUŠENÍ ODVOZNÍCH CEST V HORSKÝCH OBLASTECH

THE INFLUENCE OF SLOPE AND TYPE OF ROAD SURFACE ON THE CONDITION OF MAIN FOREST ROADS IN MOUNTAINOUS AREAS

JAROSLAV TOMÁNEK¹⁾ ✉ - RADEK BAČE¹⁾ - CTIBOR VOLNÝ²⁾

¹⁾Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Kamýcká 1176, CZ - 165 21 Praha 6 - Suchdol, Czech Republic

²⁾U Tatry 1483, CZ - 742 58 Příbor, Czech Republic

✉ e-mail: tomanek@fd.czu.cz

ABSTRACT

Technical condition of a forest road network testifies to its utility value, transport efficiency and level of impact on the environment. The paper discusses the current condition of forest road network in mountainous areas. The forest haul roads in the central part of the Beskydy Mountains (Czech Republic) were examined through a field survey. Technical condition of all forest haul roads in the surveyed area was recorded. The type of road surface was determined; the current technical condition of the road surface was divided into four categories. Data were processed by GIS software. 30.8% of the length of the forest haul roads were in excellent condition. 40.6% showed signs of structural damage that did not affect the ride. 25.6% of the length of the forest haul roads were passable in reduced speed and 3% were not passable. The least damaged were the panel and asphalt roads, the most damaged were the earth roads, which show their insufficient bearing capacity. The lengths of the road sections within the technical condition categories did not show any statistically significant difference. Not only short sections, but also whole forest haul roads were impassable. In the case of the gravel and earth roads there was statistically significant difference in the slope of the damaged and intact road sections. But these haul roads have with increasing slope only slightly worse technical condition. That is because the erosion, which is damaging that type of haul roads, was not in the surveyed area a major destructive factor.

Klíčová slova: lesní cestní síť, odvozní cesty, poškození vozovky

Key words: forest road network, forest haul roads, road damage

ÚVOD

Lesní cestní síť je základním prostředkem hospodaření v lesích. Umožňuje odvoz dříví, přístup lesnické techniky, příjezd k horským chatám, výkon práva myslivosti, přístup zdravotní služby a hasební techniky. V poslední době stoupá její využití pro sport a rekreaci.

V České republice se nachází přibližně 160 000 km lesních cest. Z toho odvozních cest tříd 1L a 2L, které se využívají na trvalý nebo sezónní odvoz dříví automobilovými odvozními prostředky je přibližně 47 000 km (MZe 2010). Průměrná hustota lesní cestní sítě v České republice (ČR) je 18,0 m.ha⁻¹ (ŽÁČEK, KLČ 2010). Lesní cestní síť je na území ČR dobře rozvinutá a většina prostředků vyhrazených na lesní dopravní síť se v současnosti investuje do oprav nebo rekonstrukcí stávajících cest.

K opotřebenosti lesních cest a jejich případné destrukci dochází neustále. Hlavním destrukčním činitelem je voda, která působí jako erozní činitel a snižuje únosnost zemní pláně tím, že podmáčí zemní těleso a při zmrznutí poškozuje vozovku. Voda stupňuje poškození cesty dopravou. Do jaké míry bude cesta vodou ovlivněna, závisí na její konstrukci a podélném sklonu. Různí autoři (např. HANÁK 2000; KLČ 2005) uvádějí doporučený podélný sklon cesty, který má

zajistit funkčnost odvodnění a plynulé odtékání vody. Protierozní opatření a zásady odvodnění jsou také rozpracovány v normě ČSN 73 6108 Lesní dopravní síť.

Povrch cesty (vozovka nebo zemní pláň) musí plnit požadované provozní funkce odpovídající dopravnímu významu komunikace. Musí umožňovat bezpečný, plynulý, rychlý, hospodárný, trvalý a pohodlný provoz. Míra poškození vozovky nebo zemní pláně ovlivňuje schopnost povrchu cesty tyto funkce plnit a nejvíce ovlivňuje užitnou hodnotu lesní cesty jako stavby a investice.

GIS technologie umožňují zpracovávat velké objemy prostorových dat a k nim příslušných databází. Nabízí se tedy využití těchto prostředků pro navrhování cest, jejich evidenci, optimalizaci a plánování údržby.

Při návrhu nových cest jsou GIS technologie využívány především k volbě nejlepší trasy lesní cesty nebo odhadu množství zemních prací pro jednotlivé varianty trasy (ARUGA et al. 2006; NAJAFI et al. 2008; CONTRERAS et al. 2012 a další). GIS aplikace jsou využívány pro identifikaci nedostatečně zpřístupněných lokalit (PENTEK et al. 2005a; KRČ, BEGUŠ 2013). Mnoho autorů také pomocí GIS řeší analýzu a optimalizaci lesní cestní sítě, se zaměřením na zefektivnění lesního hospodářství a s ohledem na mimoprodukční funkce lesa (PENTEK et al.

2005b; GHAFARIAN, SOBHANI 2007; HAYATI et al. 2012; ENACHE et al. 2013 a další).

Řada autorů využívá digitální model terénu získaný laserovým skenováním ze vzduchu k identifikaci lesních cest v terénu nebo jako SAITO et al. (2013) a ARUGA et al. (2005) k návrhu ideální trasy cesty. Např. WHITE et al. (2010) zmapovali laserovým skenováním lesní cestní síť v horském území Santa Cruz (Kalifornie, USA).

Využití GIS pro účel optimalizace nebo plánování údržby lesních cest vyžaduje registr lesních cest, který ne vždy pro danou lokalitu existuje. Využitím GIS pro evidenci lesních cest se v poslední době zabývali např. SMREČEK, SEDLIAK (2012), kteří vytvořili databázi lesních cest a účelových objektů na školním poli TU Zvolen, zároveň zjistili jejich současný technický stav. TUČEK et al. (2012, 2013) navrhli a vyzkoušeli metodiku tvorby databáze lesních odvozních cest a zjistili technický stav lesních odvozních cest na lesních správách Poľana a Vičglaš (Slovensko). KLČ et al. (2010) provedli průzkum na modelovém území v Českomoravské vysočině. Evidován byl stav cest a zařídován do pěti stupňů porušení dle „Katalógu porušení a závad na lesních cestách“ (KLČ, KRÁLIK 1991). Stavem lesních cest na území Beskyd se zabýval TOMÁNEK et al. (2010, 2012).

Lesní odvozní cesty 1L a 2L jsou v ČR evidovány Ústavem pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem (ÚHÚL), který provádí průzkum zpřístupnění lesů v rámci zpracování oblastních plánů rozvoje lesů. Evidovaná data zaznamenávají polohu odvozních cest, jejich povrchy, majetkové poměry a další informace. Databáze je komplexní evidencí odvozních cest na územích ČR. Data neobsahují (a kvůli nutné rozsáhlé a nákladné aktualizaci ani obsahovat nemohou) informace o současném technickém stavu povrchu cest, a proto není zaručeno, že daná cesta v současném stavu umožňuje bezpečný průjezd vozidel. Možnosti využití těchto dat, např. pro plánování optimální trasy pro záchrannou službu nebo určení průjezdné cesty pro hasičské vozy, jsou omezené.

Článek má za cíl zhodnotit pomocí GIS a terénního průzkumu současný technický stav odvozních cest v modelovém horském území a odvodit informace platné pro podobná geomorfologická území. Konkrétní cíle jsou:

1. zjistit, jaký je současný technický stav evidovaných odvozních cest a jaký podíl odvozních cest je v technickém stavu, který neumožňuje průjezd vozidel;
2. zjistit pro jednotlivé druhy povrchů odvozních cest délku úseků se stejným stupněm porušení; zejména pak zjistit délku neprůjezdných úseků;
3. zjistit, jaký je vliv druhu povrchu a sklonu cesty na současný technický stav odvozních cest.

MATERIÁL A METODIKA

Modelové území

Modelové území se nachází v centrální části Moravskoslezských Beskyd (obr. 1). Pro terénní průzkum byla zvolena plocha lesní správy Ostravice a horská část lesní správy Frýdek-Místek, které dohromady vytvářejí ucelený komplex lesních porostů. Modelové území má rozlohu 38 957 ha, jeho lesnatost je 84,1 %. Většina plochy náleží do přírodní lesní oblasti (PLO) 40. Zkoumaná lesní cestní síť má délku 861 km, hustotu 26,3 m.ha⁻¹ a vyznačuje se velkým rozsahem nadmořských výšek – od 500 m do 1300 m n. m. Majoritním vlastníkem lesních odvozních cest jsou Lesy ČR, s. p. Území je hornaté, v západní části se nacházejí dlouhé sklonité svahy, východní část je tvořena mírnějším reliéfem. Z geologického hlediska se v podloží nacházejí na většinové části území mezozoické horniny alpsky zvrásněné (pískovce, břidlice), z pedologického hlediska je převládajícím půdním typem kambizem. Celá oblast je vodohospodářsky velmi důležitá. V modelovém

území se nachází vodní nádrže Šance a Morávka, které patří k nejdůležitějším vodohospodářským dílům na severní Moravě.

Podkladová data

Terénní šetření probíhalo na odvozních cestách evidovaných Ústavem pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs n. L. Podkladová vrstva mapy lesních odvozních cest v modelovém území byla převzata z oblastních plánů rozvoje lesů (OPRL) (ÚHÚL) k 1. 1. 2012.

Sledované parametry – terénní práce

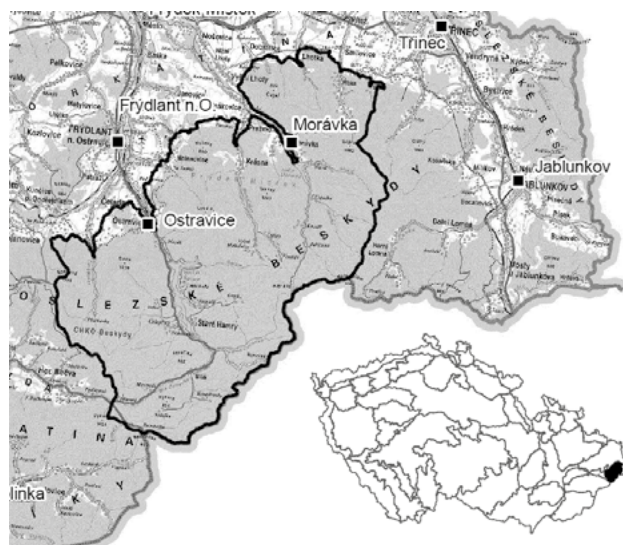
Pro komplexní zjištění stavu jednotlivých odvozních cest lesní cestní síť byla provedena pasportizace všech evidovaných odvozních cest. Vzhledem k rozsáhlosti úkolu a náročnosti na čas byla zvolena metoda dělení lesních odvozních cest na úseky se shodným druhem povrchu a stupněm jeho porušení. Začátky a konce úseků byly zjišťovány pomocí GPS přijímače.

Druh povrchu lesní odvozní cesty

Cesty byly podle typu povrchu děleny do čtyř druhů, kde mají jednotlivé konstrukce vozovek přibližně stejné vlastnosti.

- Asfaltové cesty (značka A) – cesty s vozovkou opatřenou krytem z penetračního makadamu nebo asfaltového betonu.
- Štěrkové cesty (značka Š) – cesty s vozovkou ze štěrkodrti, mechanicky zpevněného kameniva a dalších drcených nepůvodních materiálů.
- Panelové cesty (značka P) – cesty s celoplošnou nebo kolejovou vozovkou tvořenou železobetonovými panely uloženými na zemní pláni, nebo podsypné vrstvě.
- Zemní cesty (značka Z) – cesty bez zpevnění, nebo cesty, které byly zpevněny původním materiálem, jako je mechanicky zpevněná zemina.

Povrch odvozních cest byl zjišťován při terénním průzkumu, informace z vrstev OPRL evidované ÚHÚL, týkající se povrchu lesních, nebyly využity. Bylo k nim však přihlédnuto v nerozhodných případech.



Obr. 1.
Lokalizace zkoumaného území
Fig. 1.
Location of the study area

Souvislé provozní zpevnění nepůvodním materiálem, jako je šterkodrt, bylo pro podobné vlastnosti řazeno mezi šterkové vozovky.

Stupeň porušení

Stupně porušení byly vytvořeny podle míry poškození vozovky (zemní pláň), její současné užité hodnoty. Nebylo zohledňováno pouze zastoupení konstrukčních poruch, ale byla hodnocena i možnost plného dosažení návrhové rychlosti, bezpečnost a pohodlnost jízdy. Základními sledovanými poruchami byly: podélná trhlina, příčná trhlina, výtluk (prohlubeň), prolomený okraj, deformace tělesa cesty, erozní rýha, vytlačený střed, vytlačený okraj, vytlačené koleje, plošná eroze povrchu.

- Stupeň porušení 1 (značka 1) – povrch cesty (vozovka, zemní pláň) je bez konstrukčních poruch, nebo jsou poruchy zastoupeny jen v nevýznamném množství. Povrch umožňuje bezpečnou, pohodlnou dopravu a dosažení plné návrhové rychlosti. Cesta nevyžaduje opravy.
- Stupeň porušení 2 (značka 2) – na povrch cesty (vozovka, zemní pláň) jsou zastoupeny konstrukční poruchy. Současný technický stav povrchu ale nadále umožňuje bezpečnou, pohodlnou dopravu a dosažení plné návrhové rychlosti. Cesta vyžaduje pomístné opravy.
- Stupeň porušení 3 (značka 3) – technický stav povrchu cesty neumožňuje plné využívání komunikace, řidič je nucen v důsledku množství konstrukčních poruch snížit rychlost. Na cestě není možný plnohodnotný provoz. Špatný technický stav vyžadující opravy v celé šířce koruny.
- Stupeň porušení 4 (značka 4) – cesta není v důsledku množství konstrukčních poruch schopna plnit svoji funkci. Je neprůjezdná pro používané typy odvozních souprav a obtížně sjízdná pro terénní vozidla. Poruchy na povrchu cesty mají značnou hloubku.

Zjištěním těchto dvou parametrů vzniklo celkem 16 kombinací stupně porušení a druhu povrchu cesty. Každý úsek byl tedy zařazen do jedné z 16 skupin úseků značených kombinací značek, např. A2, Š3 atd. Délky úseků byly spočteny pomocí GIS software.

Sklopy

Sklopy odvozních cest byly zjištěny z vrstvy výškopisu oblastních plánů rozvoje lesů, stav k 1. 1. 2012. V software ArcMap 10.1 byly zobrazeny lesní cesty protnutím s vrstvou výškopisu rozděleny na úseky. Výškový rozdíl vrstevnic byl 10 m. Z délky vzniklých úseků byl při známé změně nadmořské výšky vypočten sklon úseků v procentech (s přesností na jedno desetinné místo). Úseky s nejasnými sklopy byly při terénním průzkumu lesní cestní sítě změněny optickým sklonoměrem Silva.

Zpracování dat

Data byla zpracována software ArcMap 10.1. Byly využity standardní funkce tohoto GIS software. Atributové tabulky exportované z GIS vrstev byly zpracovány tabulkovým editorem a statistickým software R 2.8.0.

Matematicko-statistickou analýzou byly testovány tyto hypotézy:

1. Hypotéza I – Druh povrchu a stupeň porušení mají vliv na délku úseku.

V obou hypotézách byla použita vícenásobná lineární regresní analýza. V programu R bylo provedeno statistické modelování s postupným odstraňováním nevýznamných komponent shora. Testování jednotlivých kandidátních modelů (jejich přínosu k vysvětlení variability) bylo provedeno F testem. Délky úseků byly logaritmičtě transformovány jakožto vysvětlované proměnné.

2. Hypotéza II – Sklon úseku a druh povrchu mají vliv na stupeň porušení úseku.

K testování vlivu sklonu úseku a druhu povrchu vozovky na porušení byla použita vícenásobná vážená lineární regrese s interakcí. Délka úseku byla použita jako váha – delší úseky měly větší váhu. Testování jednotlivých kandidátních modelů (jejich přínosu k vysvětlení variability) bylo provedeno F testem. Rozdílnost mezi jednotlivými hladinami faktorů povrch vozovky byla testována metodou posteriorního slučování. K zobrazení vztahu vlivu sklonu a druhu povrchu na stupeň porušení byla přidána křivka pomocí vyhlazovací funkce „loess“.

VÝSLEDKY

V rámci výzkumu byl zjištěn v modelovém území u 861,06 km lesních odvozních cest současný stupeň porušení a druh povrchu.

Zastoupení jednotlivých druhů povrchů uvádí tab. 1. Z tabulky vyplývá, že přibližně polovina lesních odvozních cest (50,65 %) je opatřena asfaltovým povrchem. Šterkové cesty tvoří 35,44 % a zemní cesty 13,62 % délky sítě odvozních cest v modelovém území. Panelové zpevnění nebylo téměř využíváno (0,29 % délky sítě odvozních cest).

Zastoupení stupňů porušení cest bez ohledu na povrch bylo následující:

- 30,78 % délky sítě odvozních cest spadá do stupně porušení 1 a nevyžaduje opravy
- 40,62 % délky odvozních cest spadá do stupně porušení 2 a vyžaduje pomístné opravy
- 25,64 % cest spadá do stupně porušení 3 a neumožňuje plné využívání
- neprůjezdné úseky cest (stupeň 4) tvoří 2,96 % sítě odvozních cest v modelovém území.

Sít odvozních cest je v dobrém stavu, neprůjezdné úseky tvoří malé procento délky odvozních cest.

Z tab. 1 je dále patrné, že asfaltové vozovky jsou ve velmi dobrém technickém stavu. Současný technický stav 86,83 % cest s asfaltovým povrchem nijak neomezuje řidiče v jízdě a umožňuje rychlou a bezpečnou dopravu. Pouze 0,04 % asfaltových cest není průjezdných pro odvozní soupravy. V modelovém území byl zjištěn pouze jeden neprůjezdný úsek s asfaltovým povrchem. Je-li tedy v databázi lesní cesta evidována jako asfaltová, lze její průjezdnost předpokládat. 66,97 % cest opatřených šterkovým nestmeleným zpevněním neomezuje řidiče v rychlosti jízdy. 2,18 % šterkových odvozních cest není průjezdných pro odvozní soupravy. Zemní cesty vykazují nejčastěji stupeň porušení 3 (59,20 % délky zemních cest). Většina zemních cest dopravu umožňuje pouze omezenou rychlostí. Neprůjezdných je 15,86 % délky zemních cest.

Panelové zpevnění je zastoupeno ve sledované lokalitě pouze v omezené míře. Jeho stav je možno hodnotit jako velmi dobrý, stupeň poškození 3 a 4 nebyl u panelových cest vůbec zjištěn. I když panelové cesty jsou schopny po dlouhou dobu vykazovat perfektní technický stav, jejich většímu rozšíření brání především vysoká cena panelových dílců, a tedy i celé tuhé vozovky.

Hypotéza I

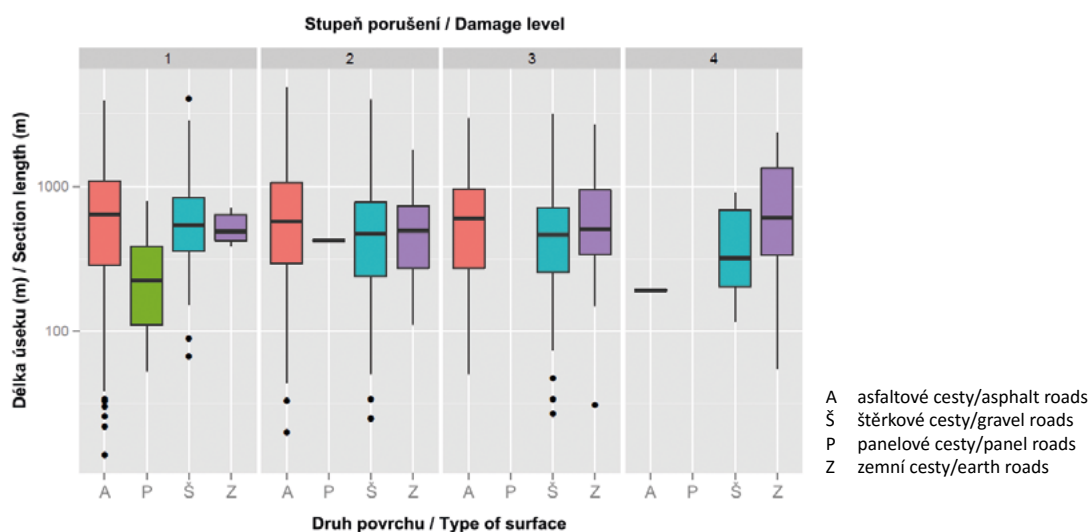
I přes velký počet vzorku (2405), není průkazná ($p = 0,059$) interakce druhu povrchu a stupně porušení na délku úseku. Skupiny úseků se zaznamenaným druhem povrchu a stupněm porušení 1–4 nevykazovaly různé rozložení délek. Neprůjezdné nejsou pouze krátké úseky, ale i celé odvozní cesty. Asfaltové vozovky měly pouze jeden neprůjezdný úsek, panelové žádný. Výsledky matematicko-statistické analýzy jsou zobrazeny na obr. 2.

Hypotéza II

Obě vysvětlující proměnné (sklon i druh povrchu) mají průkazný vliv na stupeň porušení povrchu (druh povrchu však výrazně víc). Z toho plynou dvě zjištění, a sice že (i) cesty s různým druhem povrchu jsou

Tab. 1.
Výsledky pro jednotlivé skupiny cest
The results for each group of roads

Skupina/Group	Délka skupiny/ Length of the group [m]	Zastoupení v rámci druhu povrchu/ Ratio within the surface type [%]	Zastoupení v rámci cestní sítě/Ratio within the road network [%]	Průměrný sklon/ Average inclination [%]	Průměrná délka úseku (četnost) Average length (number) of the road section [m]
A1	189944	43,55	22,06	6,49	795 (239)
A2	188780	43,28	21,92	6,06	793 (238)
A3	57218	13,12	6,65	6,35	724 (79)
A4	192	0,04	0,02	10,6	× (1)
celkem/ in total	436134		50,65		
Š1	69298	22,71	8,05	5,9	745 (93)
Š2	135049	44,26	15,68	6,25	640 (211)
Š3	94154	30,85	10,93	6,99	605 (156)
Š4	6658	2,18	0,77	9,38	444 (15)
celkem/ in total	305159		35,44		
Z1	3704	3,16	0,43	5,85	529 (7)
Z2	25537	21,78	2,97	5,18	543 (47)
Z3	69414	59,2	8,06	6,45	701 (99)
Z4	18602	15,86	2,16	7,88	886 (21)
celkem/ in total	117257		13,62		
P1	2084	83,09	0,24	2,86	298 (7)
P2	424	16,91	0,05	7,8	× (1)
P3	0	0	0	0	× (0)
P4	0	0	0	0	× (0)
celkem/ in total	2508		0,29		



Obr. 2.
Distribuce délek úseků podle druhu vozovky a stupně jejího porušení; osa y má logaritmické měřítko
Fig. 2.
Distribution of the sections lengths in accordance to surface type and condition category; y-axis was log-transformed

různou měrou porušené, a že (ii) s rostoucím sklonem se mírně mění i stupeň porušení směrem k porušenějšímu. Průkazná je interakce ($p < 0,001$) obou proměnných. To znamená, že s rostoucím sklonem roste vliv faktoru druhu povrchu – tedy jednotlivé druhy povrchu jsou při vyšších sklonech porušovány různou měrou.

Pro jednotlivé druhy povrchu pak platí, že s rostoucím sklonem jsou šterkové a zemní cesty více porušené než asfaltové a panelové cesty a tyto dva povrchy (asfalt, panel) se od sebe signifikantně neliší. Dále, zemní cesty a cesty se šterkovým povrchem se mezi sebou vzájemně signifikantně liší ($p < 0,001$), což znamená, že zemní cesty jsou s rostoucím sklonem více porušovány než cesty šterkové. Výsledky jsou zobrazeny na obr. 3. Pro zpřehlednění překrývajících se bodů byla přidána křivka závislosti pomocí vyhlazovací funkce spolu s konfidčním intervalem směrodatné chyby.

DISKUSE

Vozovky s asfaltovým krytem tvořily přibližně polovinu odvozních cest (50,65 %). Tato hodnota je vyšší než je uváděna pro PLO 40 v datech evidovaných ÚHÚL (přibližně 40 %; ÚHÚL eviduje asfaltové povrchy dohromady s panelovými). Tuto skutečnost vysvětluje BAZGIER (2007), který uvádí, že vysoké procento budovaných zpevněných komunikací bylo dáno vodohospodářskou významností této lokality. Asfaltové kryty byly použity s cílem omezit produkci sedimentů a jejich ukládání v těchto vodních dílech.

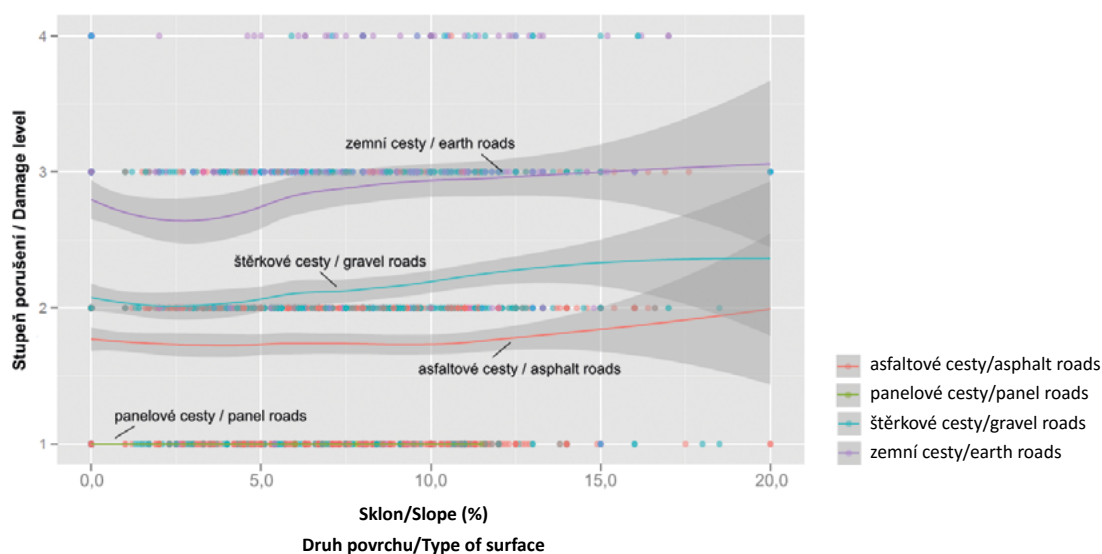
97,04 % odvozních cest v modelovém území bylo funkčních a umožňovalo dopravu alespoň omezenou rychlostí. TUČEK et al. (2012), který podobně využil třídění stavu lesních cest do čtyř kategorií podle technického stavu, zjistil kondici cest na modelovém území v okolí Zvolena. Cesty s dobrým technickým stavem tvořily 46,13 %, poškozené 35,64 %, cesty se špatným technickým stavem 16,92 % a cesty zničené 1,31 % – méně než v centrální části Moravskoslezských Beskyd. SMREČEK, SEDLIK (2012) kromě poškození cest 1L a 2L uvádí i poškození cest 3L na podobném území jako TUČEK et al. (2012). Zjistil, že v rámci cest třídy 1L, do které spadají především cesty s asfaltovým povrchem, je 60 % cest v kategorii dobrý technický stav, 37 % cest je v kategorii poškozené cesty a 3 % mají špatný technický stav. Ve třídě

2L, do které náleží odvozní cesty šterkové a zemní, je 69 % v kategorii poškozené cesty, 27 % cest má technický stav dobrý a 4 % cest třídy 2L byla v kategorii špatný technický stav. I když výsledky těchto dvou výzkumů nelze s našimi výsledky kvůli rozdílným metodikám přímo porovnávat, ukazuje se, že zkoumaná cestní síť v modelovém území je v podobném technickém stavu.

Obr. 3 dále ukazuje, že nejmenší stupeň poškození vykazují zemní a šterkové cesty při podélném sklonu okolo 2,5 %. To je možné vysvětlit tím, že tento podélný sklon umožňuje optimální odvodnění cesty. Při nulovém sklonu voda v příkopech stagnuje a podmáčí těleso cesty, při vyšších sklonech narůstá erozní účinek vody. HANÁK (2000) uvádí s ohledem na odvodnění jako optimální podélný sklon 5–8 % v pahorkatinách (dle charakteru podložních zemin), v rovinách nejméně 2–4 %. KLČ (2005) uvádí 3–7 % jako optimální podélný sklon cest (bez rozdělení terénů).

Relativně krátký neprůjezdny úsek může způsobit nedostupnost delšího úseku s dobrým současným technickým stavem nebo několika-kilometrovou objížďku. V případě cest končících točnou je vyřazen z provozu celý koncový úsek odvozní cesty. Skupiny úseků se znaným druhem povrchu a stupněm porušení 1–4 ale nevykazovaly různé rozložení délek. To je nečekané zejména u úseků se stupněm porušení 4 (neprůjezdny). Bylo zjištěno, že se nejedná pouze o krátké úseky s momentální neprůjezdností, ale také o celé cesty, které nejsou provozuschopné. Tyto dlouhé neprůjezdny úseky šterkových a zemních cest se nacházejí především u horských vrcholů, kde není prováděna lesní těžba a do těchto cest tedy nejsou směřovány investice. Nepoužívané cesty je při neperspektivnosti jejich dalšího využívání doporučováno rekultivovat.

Problematika narůstající eroze koruny cesty s narůstajícím sklonem je u zemních a šterkových cest všeobecně známa. U zemních a šterkových cest se prokázal mírný vliv sklonu na porušení cesty (viz obr. 3). Tento nárůst porušení je možné vysvětlit vodní erozí, která při větších sklonech na koruně cesty větší měrou probíhá. TOMÁNEK et al. (2012) uvádí pro zkoumané území centrální části Moravskoslezských Beskyd zastoupení eroze v místě jízdního pruhu u zemních cest 3,51 % a u šterkových vozovek 1,24 % plochy povrchu. To vysvětluje, proč nárůst není nijak markantní. Eroze není v dané lokalitě význam-



Obr. 3.
Vliv druhu povrchu a sklonu úseku na stupeň porušení
Fig. 3.
Influence of surface type and slope to the condition category

ný destrukční činitel. Nejčastějším porušením šterkových a zemních cest jsou podle Tománka (TOMÁNEK et al. 2012) vyjeté koleje, tedy porušení, které nesouvisí se sklonem, ale s nedostatečnou únosností šterkových vozovek a zemních plání zemních cest. Modelové území bylo z větší části shodné.

ZÁVĚR

Zjištěný stav zkoumané sítě odvozních cest je možno hodnotit jako dobrý. Ukazuje se ale nevyhovující stav zemních odvozních cest, který je možné očekávat v celém flyšovém pásmu. Vzhledem k nedostatečné únosnosti by bylo vhodné opatřit zemní cesty provozním zpevněním nebo jednoduchou vozovkou. Nejlepší stav vykazovaly panelové vozovky, jejichž únosnost je logicky největší, avšak finanční náročnost neumožňuje jejich výraznější rozšíření. Cesty opatřené asfaltovou vozovkou umožňovaly – až na jeden úsek – vždy průjezd návrhových vozidel.

Nebylo zjištěno rozdílné rozložení délek u jednotlivých skupin úseků cest. Neprůjezdné úseky odvozních cest nejsou tvořeny pouze krátkými úseky, ale též celými cestami.

Bylo prokázáno mírné zhoršování technického stavu zemních a šterkových cest s narůstajícím sklonem. To je možné vysvětlit silicím vlivem vodní eroze. Jedná se pouze o mírný nárůst, jelikož eroze na dané lesní cestní síti není rozhodujícím destrukčním činitelem. V dané lokalitě jsou zemní a šterkové cesty nejméně poškozeny při podélném sklonu 2,5 %.

LITERATURA

- ARUGA K., SESSIONS J., AKAY A.E. 2005. Application of an airborne laser scanner to forest road design with accurate earthwork volumes. *Journal of Forest Research*, 10 (2): 113–123. DOI: 10.1007/s10310-004-0116-9
- ARUGA K., TASAKA T., SESSIONS J., MIYATA E. S. 2006. Tabu search optimization of forest road alignments combined with shortest paths and cubic splines. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 27 (1): 37–47.
- BAZGIER J. 2007. Lesnické stavby z pohledu dodavatele. In: Vrána, K. (ed.): *Krajinné inženýrství 2007. Sborník referátů*. Praha, 20.-21. září 2007. Pardubice, Česká společnost krajinných inženýrů – ČSSI: 166–174.
- CONTRERAS M., ARACENA P., CHUNG W. 2012. Improving accuracy in earthwork volume estimation for proposed forest roads using a high-resolution digital elevation model. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 33 (1): 125–142.
- ČSN 73 6108 1996. *Lesní dopravní síť*. Praha, Český normalizační institut: 28 s.
- ENACHE A., KÜHMAIER M., STAMPFER K., CIOBANU V. D. 2013. An integrative decision support tool for assessing forest road options in a mountainous region in Romania. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 34(1): 43-60.
- GHAFFARIAN M.R., SOBHANI H. 2007. Optimization of an existing forest road network using Network 2000. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 28 (2): 185–193.
- HANÁK K. 2000. *Technická doporučení pro lesní dopravní síť*. Praha, Ministerstvo zemědělství České republiky: 98 s.
- HAYATI E., MAJNOUNIAN B., ABDI E. 2012. Qualitative evaluation and optimization of forest road network to minimize total costs and environmental impacts. *iForest – Biogeosciences and Forestry*, 5 (3): 121–125. DOI: 10.3832/ifer0610-009
- KLČ P., KRÁLÍK A. 1991. *Katalóg porušení a závad na lesných cestách*. Bratislava, Príroda: 84 s.
- KLČ P. 2005. Research of principles of making access to forests by forest road network. *Journal of Forest Science*, 51 (3): 115–126.
- KLČ P., BRÁNKA L., ŽÁČEK J. 2010. Výzkum struktury lesní dopravní sítě ve vybraném modelovém území. *Lesnický časopis – Forestry Journal*, 56 (3): 295–304.
- KRČ J., BEGUŠ J. 2013. Planning forest opening with forest roads. *Croatian Journal of Forest Engineering* 34: 217–228.
- MZE. 2010. *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2009*. Praha, Ministerstvo zemědělství: 116 s.
- NAJAFI A., SOBHANI H., SAEED A., MAKHDOM M., MOHAJER M.M. 2008. Planning and assessment of alternative forest road and skidding networks. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 29 (1): 63–73.
- PENTEK T., PIČMAN D., POTOČNIK I., DVORŠČAK P., NEVEČEREL H. 2005a. Analysis of an existing forest road network. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 26 (1): 39–50.
- PENTEK T., NEVEČEREL H., PORŠINSKY T., PIČMAN D., LEPOGLAVEC K., POTOČNIK I. 2005b. Methodology for development of secondary forest traffic infrastructure cadastre. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 29 (1): 75–83.
- SAITO M., GOSHIMA M., ARUGA K., MATSUE K., SHUIN Y., TASAKA T. 2013. Study of automatic forest road design model considering shallow landslides with LiDAR data of Funyu Experimental Forest. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 34 (1): 1–15.
- SMREČEK R., SEDLIAK M. 2012. Lesná cestná sieť a účelové objekty – mapovanie a tvorba databázy. In: *GIS Ostrava 2012. Současný výzvy geoinformatiky. Sborník referátů*. 23. – 25. 1. 2012, Ostrava. Ostrava, Vysoká škola báňská: [10 s.] Dostupné na/Available on: http://gis.vsb.cz/GIS_Ostrava/GIS_Ova_2012/sbornik/papers/smreck2.pdf
- TOMÁNEK J., VOLNÝ C., KLČ P. 2010. Výzkum současného stavu porušenosti sítě odvozních cest ve flyšovém území lesní správy Ostravice. *Lesnický časopis – Forestry Journal*, 56 (4): 397–406.
- TOMÁNEK J., VOLNÝ J., KLČ P., BAČE R. 2012. Faktory způsobující konstrukční porušení povrchu lesních cest. *Zprávy lesnického výzkumu*, 57 (1): 40–46.
- TUČEK J., KOREŇ M., SMREČEK R. 2012. Tvorba a využitie databázy lesnej cestnej siete v prostredí geoinformačných technológií. *Lesnický časopis – Forestry Journal*, 58 (1): 45–55.
- TUČEK J., KARDOŠ M., KOREŇ M., SMREČEK R. 2013. Lesné cesty ako objekt lesníckeho tematického mapovania a súčasť informačných systémov. *Kartografické listy/Cartographic Letters*, 21 (1): 60–72.
- WHITE R.A., DIETTERICK B.C., MASTIN T., STROHMAN R. 2010. Forest roads mapped using LiDAR in steep forested terrain. *Remote Sensing*, 2: 1120–1141. DOI: 10.3390/rs2041120.
- ŽÁČEK J., KLČ P. 2010. Závislost úrovně zpřístupnění na terénních podmínkách ve vybraných oblastech ČR. *Lesnický časopis – Forestry Journal*, 56 (2): 185–195.

THE INFLUENCE OF SLOPE AND TYPE OF ROAD SURFACE ON THE CONDITION OF MAIN FOREST ROADS IN MOUNTAINOUS AREAS

SUMMARY

Forest roads are the essential aspect of forest management. Technical condition of a forest road network testifies to its utility value, transport efficiency and level of impact on the environment.

The area of interest is located in the central part of the Beskydy Mountains, Czech Republic (Fig. 1). Forests cover 84.1% of the area. Length of the surveyed forest road network is 861 km, density 26.3 m ha⁻¹. In the field survey, the forest haul roads were divided into sections with the same surface type and level of surface damage. The beginning and end of the sections were targeted using a GPS receiver. Surfaces were divided into four types – asphalt roads, gravel roads, panel roads, and earth roads.

According to the current utility value and the possibility of using, the road sections were divided into four levels of damage: 1 – road surface (carriageway, earth surface) was not damaged by structural defects; 2 – road surface had structural defects, but the current technical condition still allowed safe, effective and fast transport; 3 – technical condition of the road surface did not allow full use of the road, the driver was forced to reduce speed due to structural defects, the road showed poor technical condition requiring repair of the entire width of the crown; 4 – degree of damage did not allow the road to fulfill its function, the road was impassable for logging trucks and difficult to pass for off-road vehicles.

Slope of the forest haul roads was found by using layers of elevation. The layer of forest haul roads was divided by layers of elevation into sections. The slope of the section was calculated from the length of the section. Data were processed by the software ArcMap 10.1. Standard functions of the software GIS were used.

Technical condition of all forest haul roads in the surveyed area was recorded. Results are shown in Tab. 1. 30.8% of the length of the forest haul roads were in excellent condition. 40.6% showed signs of structural damage that did not affect the ride. 25.6% of the length of the forest haul roads were passable in reduced speed and 3% were not passable. The least damaged were the panel and asphalt roads, the most damaged were the earth roads, which show their insufficient bearing capacity. The lengths of the road sections within the technical condition categories did not show any statistical difference (Fig. 2). Not only short sections, but also whole forest haul roads were impassable.

In the case of the gravel and earth roads, there was statistically significant difference in the slope of the damaged and intact road sections (Fig. 3). The haul roads, however, perform only slightly worse technical condition with increasing slope. That is because the erosion that causes damage to that type of haul roads was not a major destructive factor in the surveyed area.

Zasláno/Received: 10. 03. 2015

Přijato do tisku/Accepted: 21. 09. 2015