

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra lesní těžby



**Optimalizace a restrukturalizace lesní dopravní sítě ve vybraném  
flyšovém území Beskyd**

Optimization and restructuring of the forest road network  
in selected Beskydy mountains flysh area

disertační práce

**Školitel:** doc. Ing. Pavol Klíč, CSc.

**Doktorand:** Ing. Jaroslav Tománek

Praha 2011

Disertační práce byla vypracována v prezenčním doktorském studiu na Katedře lesní těžby Fakulty lesnické a dřevařské ČZU v Praze.

**Název disertační práce:** Optimalizace a restrukturalizace lesní dopravní sítě  
ve vybraném flyšovém území Beskyd

**Název disertační práce v angličtině:** Optimization and restructuring of the forest road  
network in selected Beskydy mountains flysh area

**Autor:** Tománek Jaroslav, Ing.  
Katedra lesní těžby  
Fakulta lesnická a dřevařská  
Česká zemědělská univerzita v Praze  
Kamýcká 1176, Praha 6 – Suchdol, 16521  
email: tomanek@fld.czu.cz

**Obor:** Technika a mechanizace v lesním hospodářství

**Školitel:** Klč Pavol, doc. Ing. CSc.  
Katedra lesní těžby  
Fakulta lesnická a dřevařská  
Česká zemědělská univerzita v Praze  
Kamýcká 1176, Praha 6 – Suchdol, 16521  
email: klc@fld.czu.cz

**Rok obhajoby:** 2011

**Rozsah disertační práce:**

Počet stran: 110  
obrázků: 19  
tabulek: 19  
grafů: 15

## **Anotace:**

Práce se zabývá optimalizací a restrukturalizací sítě odvozních cest v modelovém flyšovém území Lesní správy Ostravice. Výsledky se zakládají na provedené GIS analýze digitálních podkladů a na terénním průzkumu sítě odvozních cest provedeném v letech 2008-2010. GIS analýza zjistila hustotu odvozních cest 26,42 m.ha<sup>-1</sup> a poměrné zpřístupnění 70,44 %. Parametry cestní sítě jsou optimální. K hlavním zjištěním terénního měření a statistické analýzy patří kvantifikace konstrukčních porušení jednotlivých typů cest a zjištění jejich úrovně porušenosti. Ve smyslu technických podmínek TP 170 bylo nad návrhové porušení D2 (max. 25 % povrchu cesty porušeno konstrukčními porušeními) porušeno 12,16 % cest opatřených bitumenovou vozovkou, 17,75 % cest opatřených šterkovou vozovkou a 31,45 % zemních odvozních cest. Byla zjištěna slabá negativní závislost nadmořské výšky a porušenosti bitumenových vozovek a dále slabá negativní závislost šířky cesty a porušenosti šterkových a zemních odvozních cest. Předpokládaná závislost porušenosti na stavu podélného odvodnění nebyla prokázána. Práce dále zjistila velikost erozních ploch a zábor půdy způsobený sítí odvozních cest.

**Klíčová slova:** síť odvozních cest, porušení vozovky, eroze, Moravskoslezské Beskydy

## **Abstract:**

The work deals with optimization and restructuring of the main logging road network in the model flysh area of the Ostravice forest management unit. The results are based on GIS analysis of digital data layers and on fieldwork realized in 2008-2010. GIS analysis identified main logging roads density 26.42 m.ha<sup>-1</sup> and relative opening 70.44%. Parameters of road network are optimal. The main findings of fieldwork and statistical analysis shows the quantification of different types of roads construction damages and finds roads damage levels. In terms of technical requirements the TP 170 were above design damage level D2 (max 25% of road surface broken by construction damages) broken 12.16% of roads with bitumen pavement, 17.75% of road with gravel pavement, and 31.45% earth roads. Has been identified negative correlation of altitude and bitumen roads damage and a weak negative correlation of ways width and damage level of gravel and earth main logging roads. Estimated dependence of roads damage and state of longitudinal drainage has not been established. The work also found size of erosion areas and land occupation caused by main logging road network.

**Key words:** main logging road network, pavement damage, erosion, Moravian-Silesian Beskydy

## **Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem disertační práci na téma „Optimalizace a restrukturalizace lesní dopravní sítě ve vybraném flyšovém území Beskyd“ vypracoval samostatně pod odborným vedením doc. Ing. Pavola Klče, CSc. Dále prohlašuji, že jsem uvedl všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Praze dne 19.9.2010

Ing. Jaroslav Tománek

## **Poděkování:**

Na tomto místě bych rád poděkoval přátelům a rodičům za dlouhotrvající podporu a trpělivost. Za odborné a metodické vedení disertační práce, stejně jako cenné rady a připomínky děkuji školiteli doc. Ing. Pavolu Klčovi, CSc. a dalším, kteří mi poskytli cenné rady, informace a podporu při vypracovávání disertační práce. V neposlední řadě děkuji i Lesní správě Ostravice za umožnění výzkumu její cestní sítě a České zemědělské univerzitě za poskytnutí podmínek pro dokončení disertační práce.

# Obsah

---

<b>OBSAH</b> .....	<b>5</b>
<b>ÚVOD</b> .....	<b>8</b>
<b>SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK</b> .....	<b>9</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b> .....	<b>10</b>
<b>SEZNAM TABULEK</b> .....	<b>11</b>
<b>SEZNAM GRAFŮ</b> .....	<b>12</b>
<b>1 LITERÁRNÍ REŠERŠE</b> .....	<b>13</b>
1.1 LESNÍ CESTY.....	13
1.1.1 Lesní cesty jako prostředek hospodaření v lesích.....	14
1.1.2 Další využití lesních cest.....	15
1.2 FLYŠ.....	17
1.3 LESNÍ SPRÁVA OSTRAVICE - OKOLÍ VODNÍ NÁDRŽE ŠANCE.....	20
1.4 VLIV LESNÍCH CEST NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ.....	23
1.4.1 Vodní eroze .....	24
1.4.2 Odnos sedimentů.....	25
1.4.3 Svahové poruchy.....	28
1.4.4 Zábor půdy .....	28
1.4.5 Další vlivy lesní dopravní sítě .....	29
1.5 ROZDĚLENÍ LESNÍCH CEST.....	29
1.5.1 Kategorizace lesních cest v ČR .....	31
1.5.1.1 Dělení dle ČSN 73 6108.....	31
1.5.1.2 Dělení dle Ústavu pro Hospodářskou Úpravu Lesa .....	36
1.6 ZPŘÍSTUPŇOVÁNÍ LESŮ .....	37
1.6.1 Zpřístupňování horských terénů .....	39
1.6.2 Zpřístupňování flyšových území.....	40
1.6.3 Ekologické navrhování lesních cest.....	42
1.7 UKAZATELÉ LESNÍ CESTNÍ SÍTĚ .....	43

1.7.1 Hustota dopravní sítě.....	43
1.7.2 Rozestup lesních cest .....	44
1.7.3 Teoretická přibližovací vzdálenost.....	45
1.7.4 Procento zpřístupnění lesa .....	45
1.8 OPTIMALIZACE ZPŘÍSTUPNĚNÍ LESA.....	48
1.8.1 Optimální hustota odvozních cest .....	50
1.9 ÚDRŽBA LESNÍCH CEST .....	52
1.9.1 Odvodnění lesních cest .....	54
1.9.2 Zemní pláň.....	55
1.9.3 Vozovky .....	56
<b>2 CÍL A METODIKA ŘEŠENÍ DISERTAČNÍ PRÁCE.....</b>	<b>59</b>
2.1 ZÁKLADNÍ ZÁMĚR A METODY ŘEŠENÍ.....	59
2.2 OPTIMALIZACE SÍTĚ ODVOZNÍCH CEST. ....	59
2.2.1 Posouzení současné sítě odvozních cest.....	59
2.2.2 Posouzení návrhu dostavby lesní cestní sítě.....	60
2.3 RESTRUKTURALIZACE SÍTĚ ODVOZNÍCH CEST .....	60
2.3.1 Zjištění současného stavu sítě odvozních cest.....	60
2.3.2 Použité pomůcky.....	62
2.3.3 Průběh výzkumu.....	62
2.3.4 Matematicko-statistická analýza .....	64
<b>3 VÝSLEDKY .....</b>	<b>65</b>
3.1 OPTIMALIZACE SÍTĚ ODVOZNÍCH CEST .....	65
3.1.1 Ukazatele současné lesní sítě.....	65
3.1.2 Posouzení návrhu dostavby lesní cestní sítě.....	68
3.2 RESTRUKTURALIZACE SÍTĚ ODVOZNÍCH CEST .....	70
3.2.1 Zjištěný současný stav.....	70
3.2.1.1 Objekty na lesních cestách .....	72
3.2.1.2 Porušení bitumenových vozovek.....	73
3.2.1.3 Porušení štěrkových vozovek .....	74
3.2.1.4 Porušení zemních cest .....	75
3.2.2 Statistické vyhodnocení získaných dat.....	78
3.2.3 Závislost konstrukčního porušení povrchu lesních cest na vybraných faktorech.....	80

3.3 HLAVNÍ DOPADY SÍTĚ ODVOZNÍCH CEST NA LESNÍ PROSTŘEDÍ .....	83
3.3.1 Ztráta produkční plochy .....	84
3.3.2 Eroze způsobená sítí odvozních cest.....	85
3.4 PŘÍNOS A DOPORUČENÍ .....	87
3.4.1 Příklad a doporučení pro praxi.....	87
3.4.2 Vědecký přínos.....	88
<b>4 DISKUSE.....</b>	<b>89</b>
4.1 Síť ODVOZNÍCH CEST V MODELOVÉM ÚZEMÍ - UKAZATELÉ.....	89
4.2 ZÁVISLOST KONSTRUKČNÍHO PORUŠENÍ POVRCHU LESNÍCH CEST NA VYBRANÝCH FAKTORECH .....	91
4.3 HLAVNÍ DOPADY SÍTĚ ODVOZNÍCH CEST NA LESNÍ PROSTŘEDÍ .....	93
<b>5 ZÁVĚR .....</b>	<b>95</b>
<b>POUŽITÁ LITERATURA.....</b>	<b>97</b>
LITERÁRNÍ ODKAZY .....	97
INTERNETOVÉ ODKAZY .....	110



# Úvod

---

Lesní cesty slouží k dopravě dříví a jiného materiálu, k dopravě osob, rekreaci a dalším účelům. Lesní cesty na daném území tvoří lesní cestní síť. Její parametry svědčí o míře rozvinutí lesního hospodářství v daném území a mají zásadní vliv na ekonomiku práce v lese.

V jiných výrobních odvětvích je doprava jen pomocnou složkou výroby, v lesním provozu je přibližování, vývoz a odvoz dřeva základním článkem výrobního procesu. Z ekonomického hlediska právě přibližování, vývoz a odvoz dřeva tvoří rozhodující podíl z celkových vlastních nákladů na výrobu dřeva (MAKOVNÍK, 1973).

Předpokladem dobré dopravy dřeva je úplná síť cest po celé dopravní oblasti. Musí však být jen tak hustá, aby byla pro provoz ekonomická (MATYÁŠ, 1957).

V České republice se nachází okolo 160 000 km lesní dopravní sítě, která zpřístupňuje lesní komplexy a propojuje je s veřejnou dopravní sítí (ŽÁČEK, KLČ, 2008).

Rozvoj sítě odvozních cest má své limity, kdy by její další růst co do délky nepřinášel významný ekonomický užitek. Počet cest a jejich prostorové rozmístění nejsou jediným faktorem, který ovlivňuje dopravu na daném území. V potaz musí být brán stav vozovek a korun lesních odvozních cest, kterému v současné době není věnována dostatečná pozornost. Hlavním účelem optimalizace a restrukturalizace současné sítě lesních cest je racionální zpřístupnění lesa odpovídající svou hustotou a technickými parametry cest požadavkům lesního hospodářství.

Lesní cesty, jako lidské dílo, také ovlivňují lesní prostředí, ve kterém se nacházejí. Tyto inženýrské stavby ovlivňují vodní režim prostředí, způsobují erozi a jsou často viníkem sesuvů (zvláště pak ve flyšových územích). Dopady přítomnosti lesní cestní sítě by měly být minimalizovány a vyváženy užitekem z ní.

Před 40 - 50. lety kdy výstavba lesních cest zaznamenávala největší rozmach, byla ekologie a ochrana přírody až na druhém místě. Dnes, s výhodou odstupu oproti tehdejšími projektantům a stavitelům, můžeme zhodnotit dopady jejich práce.

## Seznam symbolů a zkratk

---

1L	Lesní cesta první třídy
2L	Lesní cesta druhé třídy
3L	Lesní cesta třetí třídy
4L	Lesní cesta čtvrté třídy
ČR	Česká republika
ČSN	Česká státní norma
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
GIS	Geodetické Informační Systémy
LDS	Lesní dopravní síť
LS	Lesní správa
MZE	Ministerstvo zemědělství
OPRL	Oblastní plány rozvoje lesů
ÚHÚL	Ústav pro Hospodářskou Úpravu Lesa

## Seznam obrázků

---

Obr. 1: Flyšové souvrství	17
Obr. 2: Detail flyšového souvrství	18
Obr. 3: Schematická geologická mapa České Republiky (KREJČI ET AL., 2002)	19
Obr. 4: Mapa velkoplošných chráněných území LS Ostravice	21
Obr. 5: Mapa půd v povodí vodní nádrže Šance (KUČERA, PALÍKOVÁ, 2009)	22
Obr. 6: Mapa potenciální půdní eroze v povodí vodní nádrže Šance (Kučera, Palíková, 2009)	23
Obr. 7: Odvozní cesta třídy 1L	32
Obr. 8: Odvozní cesta třídy 2L	33
Obr. 9: Přibližovací cesta třídy 3L	34
Obr. 10: Přibližovací linka třídy 4L	35
Obr. 11: Flyšové vrstvy uložené po svahu	40
Obr. 12: Schematické znázornění poměrného zpřístupnění lesa dle JURÍKA (1984)	46
Obr. 13: Schematické znázornění poměrného zpřístupnění lesa dle PENTEKA ET. AL, (2005)	47
Obr. 14: Řešení optimální hustoty lesní dopravní sítě diagramem syntézy (MAKOVNÍK ET AL., 1973)	50
Obr. 15: Ukázka protnutí sítě odvozních cest transekty s rozstupem 500 m	61
Obr. 16: Mapa bodů terénního měření	63
Obr. 17: Poměrné zpřístupnění modelového území – v současnosti, po dostavbě	67
Obr. 18: Mapa povrchů odvozních cest uváděných ÚHUL v OPRL	71
Obr. 19: Poměrné porušení vozovek na měřených úsecích	77

## Seznam tabulek

---

Tab. 1: Průměrné vlastní náklady na vybrané činnosti prováděné v lesnictví (MZE, 2010)	15
Tab. 2: Zastoupení tříd lesních cest (www.uhul.cz)	37
Tab. 3: Klasifikace prací na cestách PATERSON (1995) in ZELINKA (2009)	53
Tab. 4: Území Lesní správy Ostravice	65
Tab. 5: Délka a zastoupení tříd odvozních cest	65
Tab. 6: Ukazatele lesní cestní sítě na území Lesní správy Ostravice	66
Tab. 7: Porovnání parametrů současné LDS a parametrů LDS po dostavbě	68
Tab. 8: Zastoupení tříd lesních cest a druhů vozovek	70
Tab. 9: Průměrné hodnoty zjištěné u jednotlivých typů cest	72
Tab. 10: Zastoupení objektů, jejich poměr k délce lesních cest a stav jejich údržby	72
Tab. 11: Porušení bitumenových vozovek	73
Tab. 12: Porušení štěrkových vozovek	74
Tab. 13: Porušení zemních cest	75
Tab. 14: Zastoupení počtu úseků náležících do intervalu úrovně porušenosti	79
Tab. 15: Paersonovy korelační koeficienty jednotlivých zkoumaných závislostí	81
Tab. 16: Plochy jednotlivých cest	84
Tab. 17: Zjištěná plocha a zastoupení jednotlivých druhů eroze	85
Tab. 18: Podrobný rozpis zjištěných erozních ploch	86
Tab. 19: Plochy eroze přepočtené na jeden kilometr cesty	87

## Seznam grafů

---

Graf 1: Ztráta půdy podle povrchu t.ha-1 na cm srážek (SWIFT, 1984)	26
Graf 2: Zastoupení odvozních cest opatřených vozovkou a zemních odvozních cest	70
Graf 3: Plocha jednotlivých porušení bitumenových cest	73
Graf 4: Plocha jednotlivých porušení štěrkových vozovek	75
Graf 5: Plocha jednotlivých porušení zemních cest	76
Graf 6: Rozložení porušenosti měřených úseků u cest s bitumenovou vozovkou	78
Graf 7: Rozložení porušenosti měřených úseků u cest se štěrkovou vozovkou	78
Graf 8: Rozložení porušenosti měřených úseků u zemních cest	78
Graf 9: Srovnání míry porušenosti jednotlivých typů cest	80
Graf 10: Negativní závislost nadmořské výšky a plochy konstr. porušení – bitumenové vozovky	82
Graf 11: Negativní závislost šířky vozovky a plochy konstrukčních porušení – štěrkové vozovky	83
Graf 12: Negativní závislost šířky jízdního pruhu a plochy konstrukčních porušení – zemní cesty	83
Graf 13: Zjištěný zábor lesní půdy	85
Graf 14: Porovnání ploch jednotlivých druhů eroze	86
Graf 15: Porovnání zjištěných erozních ploch	87

# 1 Literární rešerše

---

## 1.1 Lesní cesty

---

**Lesní dopravní síť** (LDS) je základem hospodaření v našich lesích. Pod LDS rozumíme dopravní zařízení všeho druhu sloužící k propojení lesních komplexů se sítí veřejných komunikací, k přibližování a odvážení dříví a jiných produktů z lesa, k dopravě osob a materiálu v souvislosti s hospodařením v lese, popř. i k jiným účelům; součástí lesní dopravní sítě jsou i lesní skládky (ČSN 73 6108, 1996). V poslední době začíná vzrůstat využití lesní dopravní sítě pro rekreaci.

**Lesní cesta** je účelová pozemní komunikace, která je součástí lesní dopravní sítě je určena k odvozu dříví, dopravě osob, materiálu, pro průjezd speciálních vozidel (požární, zdravotní služba), ale může sloužit i jiným účelům (ČSN 73 6108, 1996). Lesní cesta je termín, který je vyhrazen pro komunikace sloužící primárně lesnímu hospodářství. Zatím co veřejné cesty procházející lesem nejsou považovány za jeho součást, na lesní cesty se z pravidla vztahuje lesní zákon 289/1995 Sb..

Lesní dopravní síť a její parametry mají významný vliv na ekonomičnost těžebního procesu a dalších prací v lese. Rozvinutá síť cest zpřístupňuje porosty a umožňuje racionální těžbu dřeví a optimální obhospodařování lesa. Výstavba a následná údržba lesních cest je však nákladná, proto je nutné každou investici řádně zvážit. Zábor produkční plochy je dalším aspektem, který je třeba uvažovat. Pod optimálním zpřístupněním lesů a lesních komplexů rozumíme optimální rozmístění tras lesních cest, dopravních drah, účelových pozemních a vzdušných komunikací s jejich optimální strukturou (početností a skladbou, resp. zastoupením jednotlivých druhů komunikací) realizovanou v rámci lesní dopravní sítě tak, aby délka budovaných komunikací a jejich plocha (zábor produkční plochy) byly co nejmenší a zároveň se dosáhlo co nejvyšší procento zpřístupnění uvažované plochy území a optimální přibližovací vzdálenost pro uplatnění nejrůznějších technologií dopravy dřeví z lesa (KLČ ET AL., 2006).

Hustota sítě roste s intenzitou hospodaření a intenzivní lesní hospodářství vzniká, teprve může-li se opřít o dostatečně hustou dopravní síť cest (MATYÁŠ, 1957).

Plánování a vývoj zpřístupnění pro provoz lesní těžby jsou důležitou částí lesního hospodářského procesu. Potřeba efektivní a levné dopravní sítě je velmi důležitá (MURRAY, 1998).

Lesní cesty jsou nevyhnutelným prostředkem pro uskutečňování všech pěstebních i obnovných záměrů (včetně dopravy) v lesním hospodářství. Umožňují promyšlené zásahy do lesních

porostů, jejich obnovu a účelné obhospodařování. Vhodně zvolená a vybudovaná síť lesních cest je předpokladem plnění hospodářských (produkčních) a dalších celospolečensky důležitých funkcí lesa (KLČ, KRÁLIK, 1991).

### 1.1.1 Lesní cesty jako prostředek hospodaření v lesích

---

Lesní cesty mají nezastupitelný význam při obhospodařování lesních porostů. Bez nich by prakticky žádná organizovaná činnost v lesnictví nebyla možná. ČSN 736108 definuje, podle účelu v lesní dopravní síti, tyto druhy lesních cest.

**Cesty odvozní**, které vytváří spojení uvnitř lesních komplexů a zaručují bezpečný celoroční nebo sezónní provoz, jejich struktura vyplývá ze šetření lesního hospodářského plánu a bývá stanovena metodou optimalizace lesní dopravní sítě.

Lesní **přibližovací cesta** vytváří spojení uvnitř lesních komplexů, zpravidla spojuje přibližovací linky s odvozními cestami.

**Přibližovací linky** jsou součástí lesní dopravní sítě a slouží výhradně k vyklizování dříví z porostů a následnému přibližování. Jsou vedeny po neupraveném terénu bez odstranění vrchní vrstvy zeminy (ČSN 736108, 1996).

Celkové množství lesních cest, jejich prostorové rozmístění a předepsané technické charakteristiky musí být dostačující pro umožnění vysoké kvality hospodaření v lesním ekosystému s minimem počátečních a dodatečných investic. Výstavba a údržba primární lesní cestní sítě, stejně jako výstavba a opravy sekundární lesní cestní sítě (vyklizovací linky) vytváří velmi důležitý element celkových výdajů týkajících se lesního hospodářství (NEVEČEREL ET AL., 2007).

V multifunkčním a trvale udržitelném lesním hospodářství neslouží lesní cesty pouze k odvozu vytěženého dřeva. HABSBUURG – LOTRINGEN (1970) IN BENEŠ (1977) na základě vlastních výzkumů v rakouském lesním hospodářství uvádí využití lesní dopravní sítě takto:

Využití podle dopravní frekvence

23 % doprava dřeva

5 % doprava materiálu

72 % doprava osob

Poměr využití podle hmotnosti nákladu:

76 % doprava dřeva

15 % doprava materiálu

9 % osobní doprava

Nepříznivý vývoj byl zaznamenán meziročně též ve snížených nákladech na opravy a údržbu lesních cest a svážnic. Nejvíce finančních prostředků na opravy a údržbu lesní dopravní sítě vynakládají subjekty hospodařící ve státních lesích (623 Kč na 1 ha lesa), nejméně naopak obecní lesy (329 Kč na 1 ha lesa). (MZE, 2010). Tabulka č. 1 dále uvádí průměrné náklady vynaložené subjekty na 1 ha obnovy lesa, péče o lesní struktury, prořezávek, ochrany lesa, dále pak průměrné náklady vynaložené na m<sup>3</sup> těžby, přibližování a odvozu dřeva.

**Tab. 1:** Průměrné vlastní náklady na vybrané činnosti prováděné v lesnictví (MZE, 2010)

Výkon – činnost	T.j.	2007	2008	2009
Obnova lesa	ha	70 525	71 850	72 986
Péče o lesní kultury	ha	8 439	8 654	9 331
Prořezávky	ha	7 398	7 536	8 353
Ochrana lesa	ha	170	149	154
Celkem pěstební činnost	ha lesa	1 681	1 745	1 867
Těžba dřeva	m <sup>3</sup>	211	258	267
Přibližování dřeva	m <sup>3</sup>	236	225	248
Odvoz dřeva	m <sup>3</sup>	189	154	175
Oprava a údržba lesních cest	ha lesa	629	654	530

### 1.1.2 Další využití lesních cest

Lesní cesty umožňují, kromě činností spojených s pěstováním, těžbou a dopravou dřeva, další pro společnost užitečné činnosti. V dnešní době zažívají rozvoj zejména rekreační cyklistika a další nemotorizované způsoby dopravy.

Cestní sítě v zalesněných oblastech jsou také používány pro rekreaci, zjišťování požárů a jejich hašení, lov, rybářství a mnoho dalších aktivit (FORMAN ET AL., 2003).

Jako další funkce lesních cest uvádí KLČ, ŽÁČEK (2008) například tyto:

- rozčleňovací, správní a krajinnotvornou
- výzkumnou, výchovnou, vzdělávací
- mysliveckou (pestrost a zvýšení dostupné potravy na svazích cest, lehčí pohyb zvěře – i po cestách zejména v zimě a v noci, doprava krmiva i ulovené zvěře, lepší dostupnost pro osoby vykonávající péči o zvěř apod.)
- turisticko-sportovní, rekreační a zdravotní



- protipožární, ochranně preventivní, ochranářskou
- vojenskou, strategickou, bezpečnostní
- protierozní (u odvozních cest se snižuje celková eroze půdy, která by vznikla při přibližování dřeva při absenci odvozních cest)

Seznam patnácti nejčastějších účelů využití lesních cest sestavil POTOČNIK (1998):

- lesnictví
- zpřístupnění a propojení vesnic
- myslivost
- zpřístupnění chat, chalup a chatařských oblastí
- zpřístupnění farem
- zpřístupnění loveckých chat a chalup
- zpřístupnění rezervací s volně žijícími živočichy
- zpřístupnění horských chat a chalup
- tranzitní využití
- turistické využití
- policejní použití
- zemědělské využití
- vojenské použití
- využití při sběru lesních plodů
- využití pro sport a rekreaci.

Nároky obyvatelstva na rekreaci v lesním prostředí prudce rostou. Pobyt lidí ve volných dnech v lesním prostředí se stává nezbytným doplňkem jejich způsobu života. I lesní cesty a chodníky umožňují denní rekreaci a oddych v lesní krajině (DVRŠČÁK, 2004).

Pro potřeby rekreace mají větší význam cesty kategorie 1 a 2 L, protože mají kvalitnější povrch (BYSTRICKÝ, 2008).

Dobrá kvalita lesních cest může významně zvýšit rekreační potenciál oblasti. Kvalitní lesní cesty umožňují snadnější chůzi a cyklistiku v některých dříve uzavřených částech lesa a usnadňují realizaci mysliveckých opatření (HAY, 1998).

## 1.2 Flyš

---

Flyšové sedimenty (obr. 1 a 2) vznikají zvětráváním hornin křídových Karpat a byly ukládány do mělkého moře. Pro tyto mořské detritické sedimenty je charakteristické pravidelné střídání hrubých sedimentů (s vložkami jemných, jílovitých či slinitých hornin) s jemnými usazeninami (s vložkami hrubšího materiálu). Z hornin převládají sedimenty paleogenní, částečně zastoupeny jsou i sedimenty křídové (Moravskoslezské Beskydy); vyskytují se tu hlavně lupky, jílovité, resp. slinité břidlice, pískovce a slepenec. Tmel hornin je často vápnatý, ale i křemitý aj. Střídání poměrně propustných pefitických a psamitických hornin s jílovými vrstvami a vložkami zapříčiňuje v celé oblasti častý vznik plošných sesuvů (HRUŠKA, 1986).



Obr. 1: Flyšové souvrství



**Obr. 2:** Detail flyšového souvrství

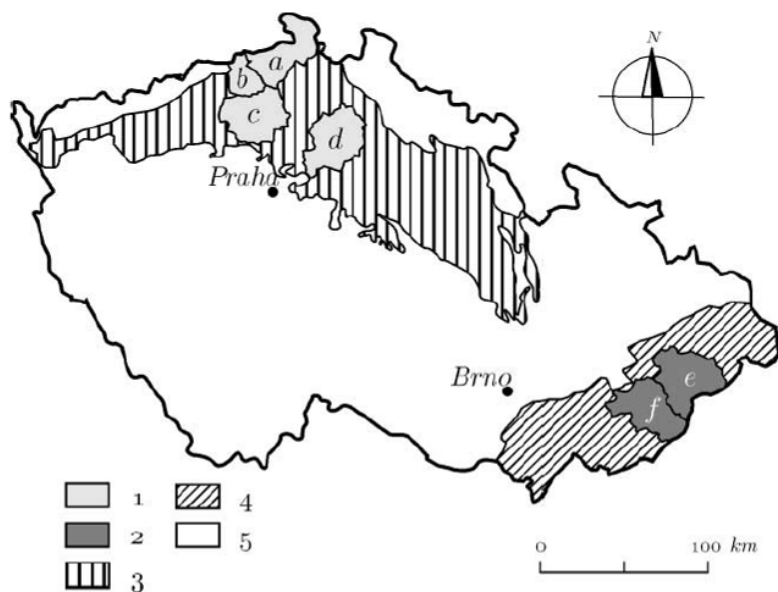
Pro flyšové pásmo je typické střídání dvou extrémních hornin – pískovců a jílu. Produkty zvětrávání těchto hornin tvoří podloží lesních cest. Střídání extrémních složek hornin má za následek velkou variabilitu v únosnosti podloží, často i na jedné trase. Při stavbě lesních cest v oblasti flyšového pásma často dochází ke komplikacím, které jsou způsobené nerespektováním geologických podmínek a fyzikálně-mechanických vlastností zemin v podloží (HYBBENOVÁ, 1977).

Jako flyš se označují hrubé, převážně detritické souvrství mořského původu, která se vyznačují pravidelným střídáním vrstev písků, pískovců, slepenců, jílovitých břidlic, jílovců a jílovitoslínových hornin. Flyšové břidlice jsou většinou jílovité, ale i vápenité a poskytují hluboké těžké jílové půdy. Oproti tomu typy pískovcových flyšů zvětrávají pomaleji a poskytují lehčí písčitohlinité, štěrkovité až kamenité půdy (ОТЕПКА, ДОРЧИК, 1979).

Flyšové zeminy jsou velmi citlivé na změny vlhkosti a štěrkové zrna rychle podléhají zvětrávání. Flyšové pásmo obsahuje zejména zeminy jílovité, hlinité a písčité, přičemž jílovité zeminy mají číslo plasticity blízké hodnotě 17. Tyto zeminy se těžko zpracovávají hutněním, protože jsou za sucha velmi tvrdé a při větší vlhkosti jsou až tekuté. Pomalu nacákají, ale dlouho zadržují vodu a vlhkost, čímž lehko podléhají erozi. Obsažené jílovce, slínovce ve tvaru štěrku anebo břidlic vlivem povětrnostních podmínek rychle zvětrávají, čímž vzniká jílovitá hlína až jíl (STANOVSKÝ, KLČ, 2002).

Základními půdotvornými faktory jsou: mateční hornina, podnebí, podzemní voda, organismy, reliéf terénu a činnost člověka (VOJÁČEK, 1990).

Flyšové sedimenty zabírají východní okraj hranici České Republiky. KREJČÍ (2002) uvádí zjednodušenou geologickou mapu České Republiky (obr. 3). Lesní správa Ostravice, ve které výzkum probíhal, leží ve 4. ploše - Západokarpatský flyš.



**Obr. 3:** Schematická geologická mapa České Republiky (KREJČÍ ET AL., 2002)

- Vysvětlivky: (1) oblasti s počtem sesuvů <500  
(a-Děčín, b- Ústí nad Labem, c-Litoměřice, d-Mladá Boleslav)  
(2) oblasti s počtem sesuvů >500 (e-Vsetín, f-Zlín)
- Geologie: (3) Česká Křídová Pánev a Neoidické vulkanické intruze  
(4) Západokarpatský flyš  
(5) Český masiv

Flyšové pásmo u nás, na rozdíl od Slovenska, nemá velkou výměru. ОТЕПКА, DORČÍK (1979) uvádějí, že flyšové pásmo zabírá téměř 30 % plochy Slovenska a zaujímají jej především lesnaté oblasti.

Flyšová oblast jako poměrně mladé pohoří má značně nevyrovnaný reliéf, velké výškové rozdíly mezi hřebeny a údolími a rozvíjející se vodní cyklus. Vzhledem ke střídajícím se horninám různého zrnitostního charakteru i různé minerální síly vznikají zde velmi rozmanité zvětraliny i půdy, na hřbetech a hřebenech (většinou pískovcových) mělké a kamenité, na svazích pak poměrně mocné vrstvy svahových smíšených sedimentů (HRUŠKA, 1986).

Hlavní příčinou vzniku sesuvů bývá obvykle podcenění otázek pohybu vody v zemině a nedodržení opatření na účelové odvodnění kritických míst v trase cesty (KLČ ET AL., 1987).

### **1.3 Lesní správa Ostravice - okolí vodní nádrže Šance**

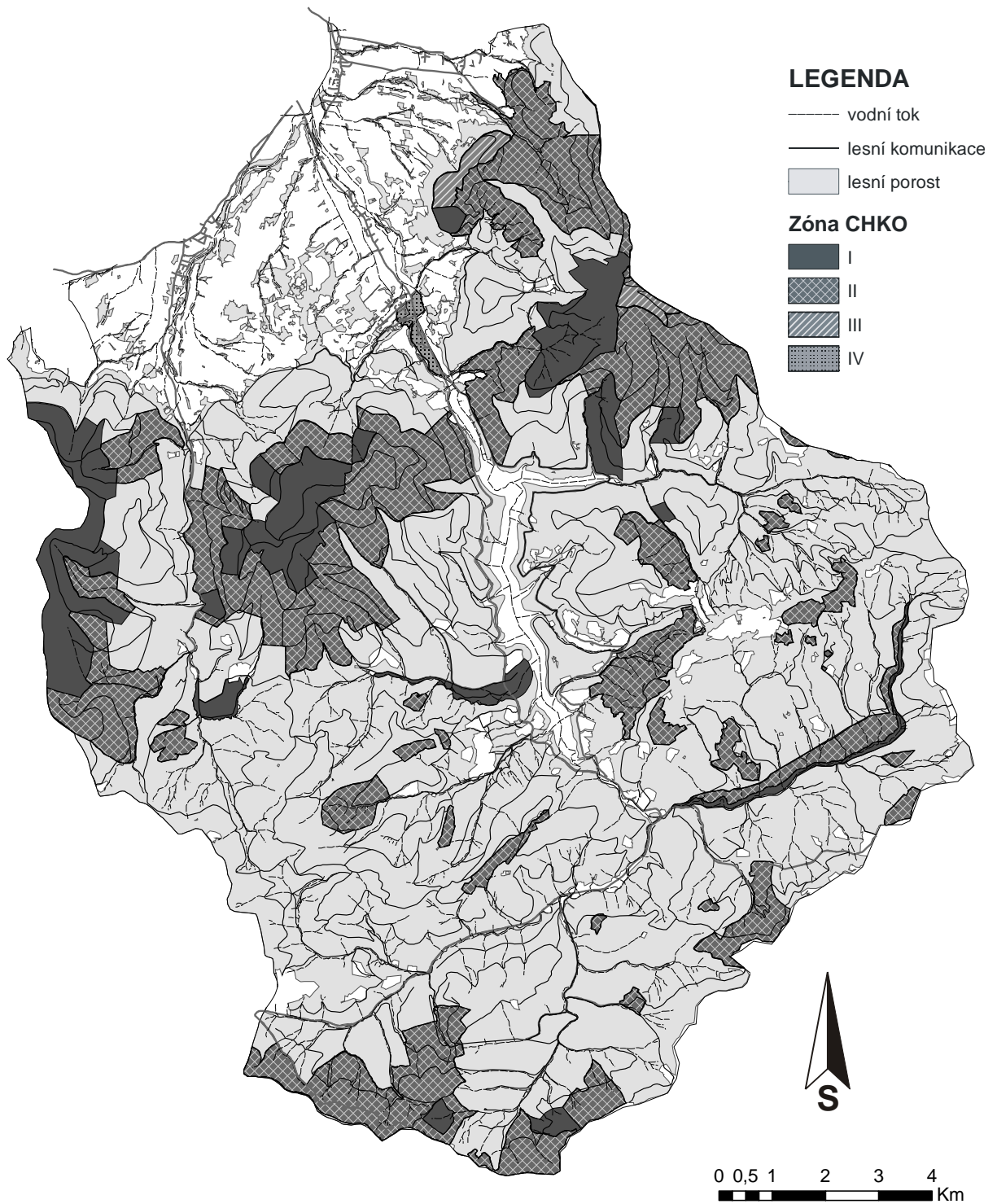
---

Lesní správa Ostravice, jejíž síť odvozních cest je v práci zkoumána, se nachází v centrální části Moravskoslezských Beskyd. V rámci organizační struktury státního podniku Lesy České republiky je začleněna pod krajský inspektorát LČR Frýdek-Místek. Samotná lesní správa se člení na 11 revírů. V současné době lesní správa obhospodařuje 18 792 ha státního lesa a na výměře 795 ha lesů vykonává funkci odborného lesního hospodáře.

Území lesní správy tvoří celek s lesnatostí přibližně 81,8 % nacházející se z 99,5 % v přírodní lesní oblasti 40 – Moravskoslezské Beskydy. 0,5 % porostní půdy patří do přírodní oblasti 39 – Podbeskydská pahorkatina.

Téměř celé území lesní správy náleží do chladné oblasti. Průměrná teplota 6,5°C a velký objem srážek (1100 mm) zařazují lesní hospodářský celek Ostravice většinou do velmi příznivých klimatických poměrů 5. jedlobukového lesního vegetačního stupně. Síť vodních toků a pramenišť je hustá a má bystřinný charakter. Celá oblast je tak vodohospodářsky velmi důležitá. V areálu lesní správy se nachází vodní nádrž Šance, která patří k rozhodujícím vodohospodářským dílům na severní Moravě.

Téměř celé území LS Ostravice leží v CHKO Beskydy (obr. 4). Na spravovaném státním lesním majetku se nacházejí 3 národní přírodní rezervace: NPR Mazák, NPR Kněhyně – Čertův mlýn a NPR Salajka. Dále se zde nachází 5 přírodních rezervací, jedno chráněné naleziště a dvě přírodní památky. V těchto maloplošných chráněných územích se hospodaří podle plánů péče schválených Správou CHKO Beskydy.



**Obr. 4:** Mapa velkoplošných chráněných území LS Ostravice

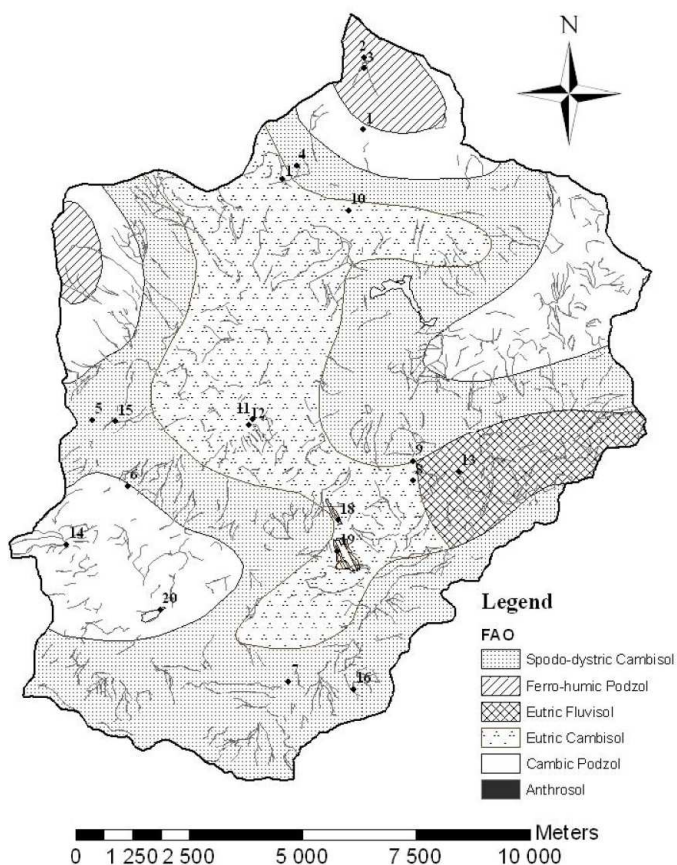
Z geomorfologického hlediska je lesní správa členěn na tzv. Přední hory na severu a na severozápadě a na tzv. Zadní hory ležící v jižní části při hranici se Slovenskem. Přední hory jsou tvořeny horskými hřbety vrcholů Kněhyně (1257 m n.m.), Smrku (1276 m n.m.) a Lysé hory (1326 m

n.m.). Tyto horské hřbety jsou od sebe odděleny dvěma hlavními hlubokými údolími. Zadní hory jsou tvořeny hřebenem Grúně, Trojačky, Klubové, Javořiny, Mečové a především pohraničním hřebenem se Slovenskem. Průměrná nadmořská výška se pohybuje kolem 700 m n.m.

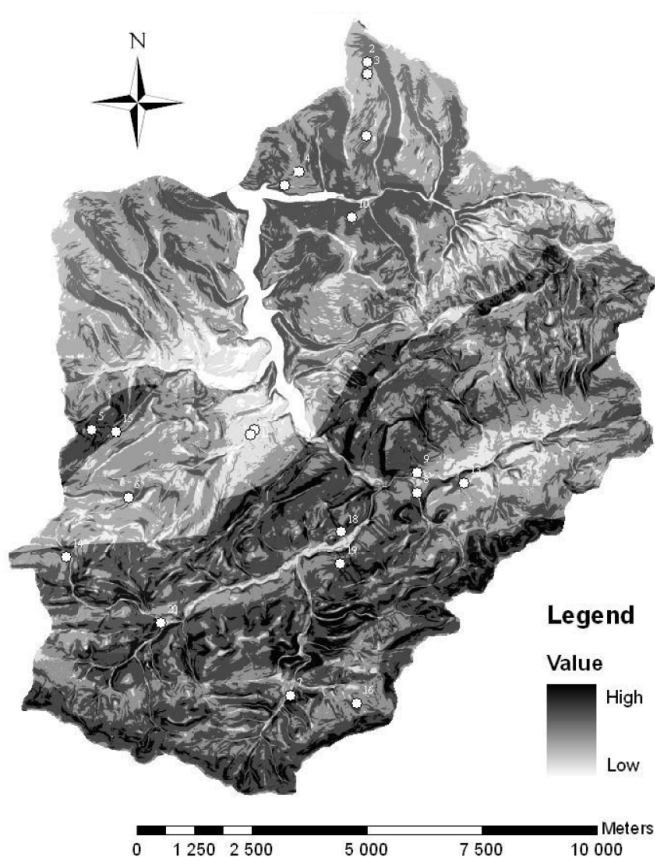
Z geologického hlediska je území lesní správy, stejně jako celé Beskydy, tvořeno sedimentárními flyšovými vrstvami, což jsou střídající se různě mocné lavice pískovců a jílovců. Produkty zvětrávání těchto hornin tvoří podloží lesních cest.

Výrazným geologickým činitelem v zájmové oblasti je vodní eroze, k níž změnou spádové křivky vodních toků přispěly i rozsáhlé blokové deformace. Nejvíce je postiženo koryto potoka Bystrá a tok Čeladenky (JÁNOŠ, 2003).

KUČERA, PALÍKOVÁ (2009) zkoumali půdní typy v povodí vodní nádrže Šance (obr. 5). Vytvořili metodiku použití GIS pro určení potencionální eroze půdy. Následně vytvořili mapu potencionálního ohrožení půdy v povodí vodní nádrže Šance (obr. 6).



**Obr. 5:** Mapa půd v povodí vodní nádrže Šance (KUČERA, PALÍKOVÁ, 2009)



**Obr. 6:** Mapa potenciální půdní eroze v povodí vodní nádrže Šance (Kučera, Palíková, 2009)

O geologii daného flyšového území blíže pojednává BUBÍK ET AL. (2000), JÁNOŠ (2003), dále se geologií flyše západních Beskyd zabíral PÁNEK, HRADECKÝ (2000). Sesuvy v daném území se dále zabývali HRADECKÝ, PÁNEK (2008).

## 1.4 Vliv lesních cest na životní prostředí

---

Dopad výstavby a přítomnosti lesních cest v přírodním prostředí je v současnosti nejdiskutovanějším tématem jak mezi lesníky, tak mezi ochránci životního prostředí. Diskutuje se nejen způsob výstavby, vhodný tvar tělesa cesty, množství cest, ale i jejich povrch a odvodnění s ohledem na minimalizaci splachu půdy a zábor produkční plochy.

Z ekonomického hlediska je každá výstavba lesních cest škodlivá pro ekologii lesa, vodní hospodářství a životní prostředí. Je však nutná pro umožnění hospodaření v lese. Proto je nutné vytvořit takovou koncepci výstavby, která by operovala s potřebným minimem lesních cest technicky zabezpečených proti vodní erozi a devastáčnímu účinku lesních dopravních prostředků (BENEŠ, 1986).



Výstavba cest má ze všech operací v lese jednu z největších možností ovlivnit trvalé environmentální dopady na krajinu. Z tohoto důvodu musí být mnoho různých faktorů zohledněno při jejich plánování (FANNIN, 2003).

Konstrukce cest ničí přírodní prostředí jestliže není kvalitně promyšlena (GUMUS ET AL., 2008).

Cesty, zvláště široké, mocně ovlivňují stanoviště. Zářezy svádějí povrchové i spodní vody a působí jako drenáže. Násypy zabraňují stékání vod ze strání. Umožňují větru vnikat dovnitř porostů. Často u cest vznikají vývraty, dochází k úžehu kůry a trvá dosti dlouho, než se odkryté porostní okraje zpevní a přizpůsobí. Větší přístup světla podporuje zabuření přilehlých částí porostů. Mikroklima se pozměňuje. Místa se však projevují i prospěšné vlivy přístupu světla pro zmlazení porostních okrajů. Cesty zabraňují postupu požáru (MATYÁŠ, 1957).

Zachování přírodní podstaty krajiny vyžaduje harmonické a účelné začlenění inženýrských staveb, zejména komunikací do přírodního prostředí s ohledem na optimální vývoj krajiny po stránce biologické a estetické (DVRŠČÁK, 1986).

V ochranných lesích se naopak jeví tendence jejich nedostatečného zpřístupnění, což omezuje nejen jejich řádné obhospodařování, ale i potřebu vykonávání zvýšené ochrany a realizace ozdravných a dalších preventivních opatření (KLČ, NOVÁK, 2006).

NIKITIN (2004) se zabýval dopadem rozvoje sítě lesních cest a zjistil, že hraje důležitou ekologickou roli.

Nové pojetí z hlediska funkčně integrovaného lesního hospodářství respektující funkce lesa vychází z klasického přístupu, kdy technicko-ekonomické aspekty jsou doplněny o respektování jednotlivých funkcí lesa. Z technicko-ekonomického přístupu se stává technicko-ekonomicko-ekologické pojetí, které přispěje ke snížení negativních účinků výstavby lesní cestní sítě na životní prostředí (HRŮZA, 2003).

### **1.4.1 Vodní eroze**

---

Půda je jedním z hlavních zdrojů biosféry. Jako omezený a nenahraditelný přírodní zdroj se při svém zničení nebo poškození stává limitujícím faktorem rozvoje společnosti. Tím že půda vytváří stanoviště rostlin, umožňuje akumulaci sluneční energie. Na půdě vyprodukovaná organická hmota slouží mnoha způsoby, ať již přímo či nepřímo, potřebám člověka (VOJÁČEK, 1990).

KUKAL (1964) na základě údajů o zvětrávání v různých podmínkách zjistil, že rychlost tvorby půdy na zemském povrchu je přibližně 100 cm za 1000 let.

Vodní eroze způsobuje nejen škody ekologické, ale poškozením povrchu dopravních staveb snižuje jejich schopnost plnit dopravní nároky lesního hospodářství.

Povrchová i podpovrchová srážková voda je rozhodujícím destrukčním elementem lesní dopravní sítě. Na destrukci se podílí svojí erozivní činností (NEJEZCHLEB, 2008).

Vodní eroze je vyvolána kinetickou energií dešťových kapek dopadajících na půdní povrch a mechanickou silou povrchově stékající vody. Rozrušování půdního povrchu je doprovázeno přemísťováním uvolněné hmoty (VOJÁČEK, 1990).

Největším zdrojem vodní eroze půdy jsou u všech typů dopravních staveb obnažené násypové a zářezové svahy, kde je nejúčinnějším a i z hlediska estetického zakomponování stavby do krajiny nejvhodnějším opatřením jejich ozelenění zatravněním (HANÁK, 2000).

Na tvorbu erozních rýh ve flyšovém území mají největší urychlovací vliv přibližovací prostředky v lese (zejména traktory), vznik rýh podporuje i výstavba lesních cest (JARABÁČ, 1980).

Juško (2008) zjistil u modelové lesní cesty se šterkovou vozovkou roční úbytek materiálu o tloušťce 2,3 mm.

Při Inventarizaci lesů provedené v roce 2001 – 2004 bylo zjištěno, že v Moravskoslezském kraji 63,4 % lesních cest nemá známky eroze. Podélné erozní rýhy má 31,8 % cest. Sesuvy, nátrže apod. se vyskytují u 3,3 % lesních cest. Příčné erozní rýhy byly v Moravskoslezském kraji zaznamenány u 0,7 % lesních cest. ([www.uhul.cz](http://www.uhul.cz))

#### **1.4.2 Odnos sedimentů**

---

Odnos půdy není jen problémem ekologickým a následně nutné opravy cest ekonomickým. Problém eroze zasahuje i do dalších oborů, jako je vodohospodářství, kde materiál způsobuje zanášení vodních nádrží a zhoršení kvality povrchových vod.

MIDRIAK ET AL. (1985) zjistil, že dlouhodobý průměrný úbytek zeminy z přibližovacích cest ve flyšovém pásmu je  $0,177 \text{ m}^3 \cdot \text{r}^{-1}$  z 1 bm profilu zemní cesty.

Ochrana půdy a stanovování odtoku splavenin je v současnosti nejvíce v literatuře diskutované téma.

Lesní cesty byly určeny jako hlavní zdroj produkce sedimentů ze zalesněných území, uvažuje se, že více než 90 % všech vyprodukovaných sedimentů pochází z lesních cest (GRACE, 2002; GRACE, CLINTON, 2007).

Nezpevněné lesní cesty jsou známy jako hlavní zdroj sedimentů dodaných do toků povodí (RACKLEY, CHUNG, 2008).

Vliv podélného profilu cest na podíl sedimentů v okolních vodních zdrojích zkoumal ARUGA ET AL. (2005) a navrhl optimální podélný sklon lesních cest.

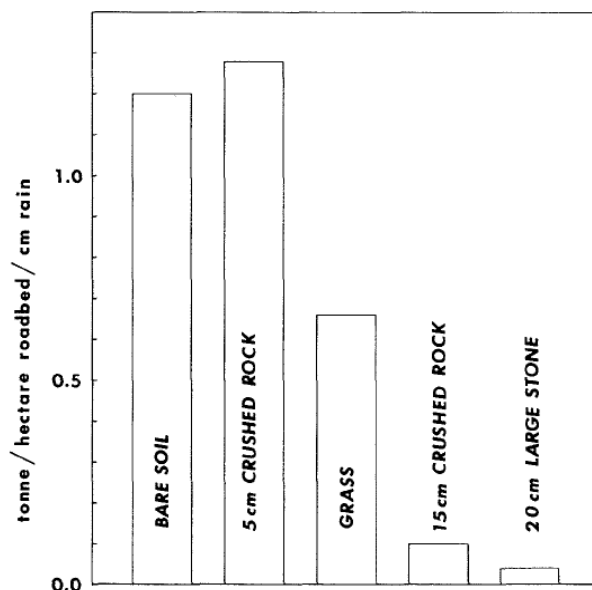
SWIFT (1988) uvádí, že největší ztráty půdy jsou u nových cest, které ještě nejsou zarostlé vegetací a silniční spodek je štěrkový nebo zhutněný. Dále uvádí, že vegetace chrání povrch lesní cesty vydrží 20-30 přejezdů vozidel za měsíc.

BUZEK (1981) sledoval množství plaveniny přicházející v tocích z lesní půdy v povodí Ostravice a Morávky v Moravskoslezských Beskydech. Zjistil, že se z lesních cest uvolňuje při dešťových srážkách více plavenin, než z koryt vodních toků. Následek je zvýšené zanášení vodních toků a přehrad a jiných vodohospodářských děl splaveninami.

Předpověď produkce sedimentů z lesních cest je nezbytná k určení jejich vlivu na povodí a přiřazené pozemní a vodní živočichy a faunu (KAHKLEN, 2001).

Srovnání odtoků z pozemku bez vegetace a s vegetací prováděli HOLÝ, VÁŠKA (1970). Zjistili významný vliv travního porostu na povrchový odtok, z výzkumného objektu se sklonem 44,5 % odteklo o 96 % srážkové vody méně než ze stejně velké plochy bez vegetace.

SWIFT (1984) zkoumal ztráty půdy z lesních cest s různými povrchy, na pokusném objektu zjistil odnos půdy v tunách na hektar na cm dešťových srážek. Odnos půdy z lesní cesty s různými povrchy ukazuje graf 1.



Graf 1: Ztráta půdy podle povrchu  $t \cdot ha^{-1}$  na cm srážek (SWIFT, 1984)

Výzkumu eroze půd na Slovensku se věnoval ZACHAR (1970).

KAHKLEN (2001) vyvinul a vyzkoušel metodu určení vodního transportu sedimentů pocházejících z lesních cest.

Působení vegetace na průběh a intenzitu erozních procesů se projevuje ochranou půdního povrchu před přímým dopadem dešťových kapek a před působením větru, podporou vsaku dešťové vody do půdy, zpomalením povrchového odtoku a zlepšení fyzikálních, chemických a biologických vlastností půdy (HOLÝ, 1994).

Obnažená půda představuje erozní plochu, na které se neudrží vegetace. Příčinou bývá především nedodržení projektovaného sklonu při výstavbě.

BURROUGHS, KING (1989) zkoumali protierozní prostředky a jako účinné shledali: slámu s bitumenovým přichycením, slámu se sítí, slámu, protierozní rohože, dřevěné odštěpky nebo kamínky, a hydromulč.

CLINE ET AL. (1981) zkoumal účinnost protierozních opatření. Zjistil po jejich aplikaci redukcí odnosu sedimentů o 60 % z násypového svahu, o 2,5 % z jízdního pruhu a o 15 % z výkopového svahu a příkopu.

MEGHAN ET AL. (1991) stejně jako BURROUGHS, KING (1989) zjistil, že největší produkce sedimentů ze svahů cesty je ihned po výstavbě a v čase se snižuje.

ARUGA ET AL. (2001) uvádí, že lesní cesty a jejich odvodnění můžou být naopak přínosné pro zachycení půdy ze svahů a zabránit jejímu odnosu z porostů, dále taktéž uvádí přínos pro biodiverzitu.

Erozi a odnosem materiálu z lesních cest se v poslední době zabývali také FOLTZ ET AL. (2009), MARTINEZ-ZAVALA ET AL. (2008), SHERIDAN, NOSKE (2007).

Působení protierozních materiálů na elementárních odtokových plochách lesních cest zkoumali DVORŠČÁK, HRÍB (1996) a na základě svého výzkumu navrhli schémata sanačního a protierozního zabezpečení založená na využití přírodního materiálu jako je sláma, větve a těžební odpad. Protierozní ochranu povrchu půdy řešili těmito materiály nebo jejich kombinací s protierozními sítěmi.

SWITALSKY ET AL. (2004) se zabýval ekologickými užitky a hrozbami, souvisejícími s ukončením provozu na dočasných i trvalých lesních cestách. Zajímal se i o jejich rekultivaci a zalesnění.

### 1.4.3 Svahové poruchy

---

Vlivem lesních cest na stabilitu stanoviště ve sklonitém terénu se zabýval ALLISON ET AL. (2004), upozorňuje, že cesty postavené ve sklonitém terénu stabilitu stanoviště snižují čtyřmi způsoby:

- 1) přetěžování svahu na násypové straně
- 2) zvyšování sklonu na hranách cesty a svahů
- 3) odebírání materiálu z horní části svahu
- 4) přesměrování a koncentrace toku vody.

BORGA ET AL. (2005) zkoumal vliv lesních cest na povrchové sesouvání půdy ve sklonitých terénech. Tento vliv hodnotil algoritmem založeným na velikosti srážek v oblasti lesní cesty, podloží, sklonu terénu a dalších faktorech.

Svahy porušené starými stabilizovanými anebo potencionálními sesuvy citlivě reagují na přírodní faktory, anebo na zásahy antropogenního charakteru. Průzkum sesuvů, které u nás vznikly za posledních 20-25 let dokazuje, že 90 % z nich vzniklo za přímé či nepřímé účasti antropogenního faktoru (KLČ ET AL., 1989).

### 1.4.4 Záběr půdy

---

Záběr půdy je další nepříznivý projev lesní cestní sítě. Předimenzovaná síť lesních cest (co se týče hustoty a tvaru tělesa cest) ubírá zbytečně produkční plochu lesních porostů.

1 km lesní odvozní cesty zabírá přibližně 1 ha lesní půdy, na níž se po odhumusování a odstranění pařezů vytvářejí nepříznivé poměry z hlediska ochrany přírody (BENEŠ, 1986).

POTOČNIK (2003) se ve své práci zabývá potřebnou šířkou lesních cest potřebnou pro multifunkční management lesů. Analyzoval podloží a sklon terénu jako dva faktory ovlivňující šířku cesty. Zjistil, že u strmých svahů se může šířka cesty zvýšit až o 80 % oproti méně strmým svahům a o 20 % na méně únosných podložích.

Podle POTOČNIKA (2008) se (dle místních ekologických podmínek) lesní cestou vzniklá proluka poměrně rychle zaplní korunami okolních stromů. Zaplnění má následující pozitivní estetické, ekologické, technické a komerční efekty:

- lesní cesta se stává součástí lesa
- poškození vzniklé výstavbou cesty je zaceleno

- porost ovlivněný výstavbou cesty je více stabilní
- zelený příkrov chrání lesní cestu proti přímému slunečnímu záření a proti poškozujícímu efektu srážek

#### 1.4.5 Další vlivy lesní dopravní sítě

---

Kromě vlivu lesních cest na již zmíněné zvyšování eroze, porušení svahů a zmenšení produkční plochy je velmi často zkoumán vliv lesních cest na ekosystémy, v nichž se nacházejí. Dalším, spíše pozitivním vlivem je zvýšení biodiverzity tzv. hraničním efektem.

LUGO, GUCINSKI (2000) tvrdí že vytvoření nové cesty nebo cestní sítě v krajině je ekvivalentní přidání nového ekosystému do ekosystému již existujícího.

MORTENSEN ET AL. (2009) uvádí, že cesty hrají velkou roli v rozšiřování invazních druhů.

Mnoho autorů se také zabývalo a zabývá vlivem lesních cest na populace živočichů, např. RYTWINSKI a FAHRIG (2007), DUNN a DANOFF-BURG (2007), ORTEGA (2003).

### 1.5 Rozdělení lesních cest

---

Rozdělení lesních cest slouží k rozčlenění lesních cest do skupin a k organizaci jejich využívání. Může být založena na několika kritériích. Ty odpovídají například lokálním terénním podmínkám, stupni rozvinutosti lesního hospodářství, sezónnosti provozu a dalším kritériím.

V ČR se lesní cesty dělí podle:

- dopravní důležitosti a účelu
- prostorového uspořádání

**Třída lesní cesty** – lesní cesty stejné dopravní důležitosti pro lesní hospodářství

**Kategorie lesní cesty** – lesní cesty se stejným prostorovým uspořádáním, navržené pro stejnou maximální (návrhovou) rychlost jízdy vozidel (DOBIÁŠ, 2003).

ŠIKIC ET AL. (1989) rozdělil lesní cesty na primární a sekundární lesní komunikace.

- Primární lesní komunikace jako součást lesních cest, jsou trvalé konstrukce, které umožňuje nepřetržitý provoz motorových vozidel za účelem naplnění všech úkolů daných Hospodářským plánem. Tyto cesty se skládají ze spodní a horní vrstvy a mají všechny

technické charakteristiky cest, které trvale zabírají produkční plochu lesů (úměrně šířce cesty, to jest cestnímu tělesu).

- Sekundární lesní komunikace zahrnují svážnice a vyvážecí linky. Sekundární lesní komunikace jsou občasně používány pro naplnění požadavků daných Hospodářským plánem. Jejich primárním účelem je vlečení dřeva a přibližování.

POTOČNIK (1996) uvádí, že lesní cesty existují v multifunkčním lese a podle nich se také stávají multifunkčními. Kromě toho rozděluje funkce lesních cest následovně:

- cesty s lesnickou funkcí
- cesty s nelesnickou funkcí

PIČMAN, PENTEK (1996) rozdělují lesní cesty následovně:

- primární lesní cesty – používané v průběhu roku s trvalými nároky na údržbu
- sekundární lesní cesty – užívané jen příležitostně když je potřeba, jejich údržba je periodická

Podle směrnice FAO (FAO 1998), byla provedena klasifikace podle spádové oblasti:

- přístupové cesty
- hlavní cesty
- sekundární cesty (přiváděcí cesty)
- svážnice
- vyvážecí linky

Na základě frekvence užití a důležitosti POTOČNIK ET AL. (2005) dělí lesní cesty do tří hlavních kategorií:

- hlavní lesní cesty
- sekundární lesní cesty
- a přístupové lesní cesty

Pomocí rozdělení jsou předepsány technické charakteristiky, konstrukční standardy jsou stejné pro všechny tři kategorie. Rozdíl je patrný v jejich základním účelu, frekvenci a intenzitě provozu a v ceně výstavby a údržby v průběhu amortizační periody.

MATYÁŠ (1957) třídí lesní cesty z několika hledisek:

- podle umístění (údolní, svahové, hřebenové)
- podle účelu a určení (přibližovací, vývozní, odvozní)
- podle provedení (tvrdé, zpevněné, měkké)
- podle trvalosti (stálé, dočasné)

## **1.5.1 Kategorizace lesních cest v ČR**

---

### 1.5.1.1 Dělení dle ČSN 73 6108

---

Pro dělení lesních cest se v české republice nejčastěji používá rozdělení podle normy ČSN 73 6108 – „Lesní dopravní síť“, ta rozděluje lesní cesty dvěma způsoby.



**Podle dle dopravní důležitosti a účelu na:**

**1L - lesní cesty 1. třídy** (obr. 7): odvozní cesty umožňující svým prostorovým uspořádáním a technickou vybaveností celoroční provoz návrhových vozidel (za předpokladu zimní údržby). Cesty jsou vždy opatřeny vozovkou z různých stavebních materiálů. Minimální šířka jízdního pruhu je 3,0 m, volná šířka cesty minimálně 4,0 m. Maximální podélný sklon nivelety cesty je 10 %, v extrémních horských polohách na krátkých úsecích až 12 %;



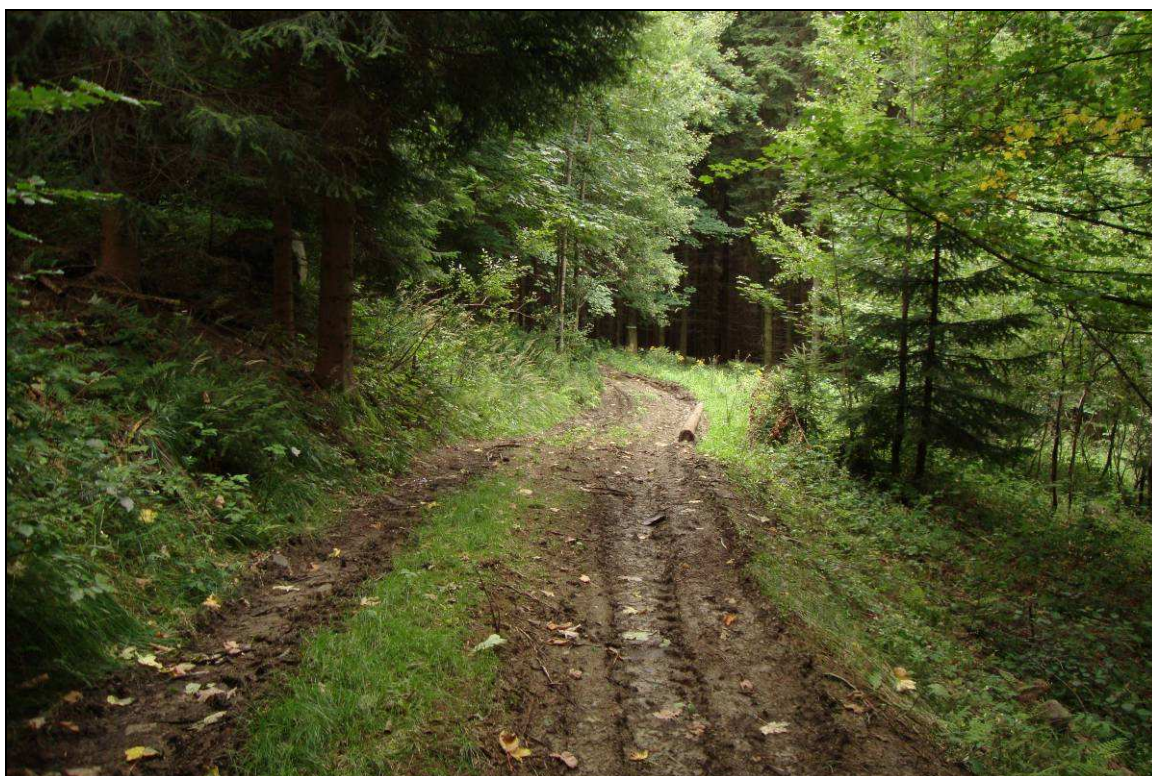
**Obr. 7:** Odvozní cesta třídy 1L

**2L - lesní cesty 2. třídy** (obr. 8): odvozní cesty umožňující svým prostorovým uspořádáním a nezbytnou technickou vybaveností alespoň sezónní provoz návrhových vozidel. Povrch cesty se doporučuje podle únosnosti podložních zemin opatřit provozním zpevněním nebo jednoduchou vozovkou s prašným povrchem. Na únosných podložích mohou být i bez provozního zpevnění. Minimální šířka jízdního pruhu je 2,5 m, volná šířka cesty minimálně 3,5 m. Maximální podélný sklon nivelety cesty závisí na morfologii terénu, na druhu podložních zemin, jejich únosnosti a na druhu zpevnění povrchu. Nemá však přesáhnout hodnotu 12 %;



**Obr. 8:** Odvozní cesta třídy 2L

**3L - lesní cesty 3. třídy** (obr. 9): přibližovací cesty sloužící k vyvážení a přibližování dříví, sjízdné pro traktory i speciální vyvážecí a přibližovací prostředky. V příznivých podmínkách je možný průjezd terénních vozidel. Minimální volná šířka cesty je 3,0 m. Omezujícím faktorem je podélný sklon, únosnost podložních zemin a jejich náchylnost k erozi. Povrch může být opatřen provozním zpevněním, částečným provozním zpevněním, anebo je bez zpevnění. Technická vybavenost je omezena jen na zpevnění povrchu, zlepšení podloží a na nutné odvodnění;



**Obr. 9:** Přibližovací cesta třídy 3L

**4L - lesní cesty 4. třídy** (obr. 10): přibližovací cesty a přibližovací linky, které slouží k soustředování vytěženého dříví z porostu nebo části porostu. Jsou vedeny zpravidla po spádnici. Povrch je vždy nezpevněný, zpravidla se neodstraňuje ani vrchní organická vrstva. Zemní práce se provádějí jen ve výjimečných případech. Šířka cesty je minimálně 1,5 m; bez technické vybavenosti anebo jen s minimální technickou vybaveností (např. odvodnění) (ČSN 73 6108, 1996).



**Obr. 10:** Přibližovací linka třídy 4L

#### **Rozdělení lesních cest podle prostorového uspořádání:**

Podle prostorového uspořádání se lesní cesty člení na jednotlivé kategorie, které jsou charakterizovány zlomkem X/Y. Čítec zlomku vyjadřuje volnou šířku cesty v metrech a jmenovatel návrhovou rychlost v kilometrech za hodinu. U lesních cest 4. Třídy se uvádí pouze volná šířka cesty. (ČSN 73 6108, 1996)

### 1.5.1.2 Dělení dle Ústavu pro Hospodářskou Úpravu Lesa

---

Kromě zatřídění lesních cest dle ČSN 73 6108 (1996) je v ČR využíváno druhé třídění lesních cest podle ÚHÚL, které není úplně kompatibilní se tříděním uváděným v platné normě. Třídění lesních cest podle ÚHÚL je využíváno zejména při inventarizaci lesů a vychází z historie zpřístupňování lesů na území ČR.

**Lesní cesty 1. třídy - 1L:** odvozní cesty umožňující svým prostorovým uspořádáním a technickou vybaveností celoroční odvoz návrhovým vozidlem. Cesty jsou vždy opatřeny vozovkou z různých stavebních materiálů, volná šířka cesty min. 4,0 m. Maximální podélný sklon nivelety cesty je 10 %, v extrémních horských polohách 12 %.

**Lesní cesty 2. třídy - 2L<sub>1</sub>:** odvozní cesty se sezónním až trvalým provozem, jsou opatřeny jednoduchou vozovkou s prašným povrchem, případně provozním zpevněním.

**Lesní cesty 2. třídy - 2L<sub>2</sub> :** odvozní cesty se sezónním provozem, nezpevněné. Vyskytují se pouze na únosných podložích.

**Lesní cesty 3. třídy - 3L:** vyvážecí a přibližovací cesty sjízdné pro traktory, speciální vyvážecí a přibližovací prostředky. Minimální volná šířka cesty 3,0 m. Povrch může být opatřen provozním zpevněním, částečným provozním zpevněním nebo bez zpevnění. Technická vybavenost omezená jen na zpevnění povrchu, zlepšení podloží a na nutné odvodnění.

**Lesní cesty 4. třídy - 4L:** minimální šířka koruny 1,5 m, bez technické vybavenosti (ÚHÚL, 2002).

Obě v naší lesnické praxi používané rozdělení lesních cest označují jako odvozní cesty – tedy cesty určené pro odvoz dříví z lesních komplexů za pomoci odvozních souprav, cesty kategorie 1L a 2L (2L<sub>1</sub> a 2L<sub>2</sub>).

ÚHUL dále uvádí zastoupení tříd lesních cest zjištěné při Národní inventarizaci lesů, která proběhla v letech 2001 – 2004. Tabulka 2 uvádí hustotu jednotlivých tříd zjištěnou na lesní půdě. Hustotou dominují přibližovací cesty 4L.

**Tab. 2:** Zastoupení tříd lesních cest (www.uhul.cz)

Kategorie lesní cesty			
Odvozní cesta 1L		1,3 m/ha	2,2 %
Odvozní cesta 2L1		3,7 m/ha	6,2 %
Odvozní cesta 2L2		1,8 m/ha	3,1 %
Přibližovací cesta 3L		11,4 m/ha	17,9 %
Přibližovací cesta 4L		56,1 m/ha	70,6 %

Poměr lesních odvozních cest k celkové lesní dopravní síti v ČR je 1 : 3,4 a poměr odvozních cest k celkové lesní cestní síti je 1 : 1,8. Poměr lesních cest I. třídy, které mají vybudovanou vozovku k celkové lesní dopravní síti je 1 : 13,4 (KLČ ET AL., 2007).

LUKÁČ ET AL. (2003) doporučuje pro horské terény poměr odvozních cest ku přibližovacím 2:1.

## 1.6 Zpřístupňování lesů

---

Zpřístupňování lesů je vývojový proces zahrnující nové poznatky ve fungování lesních ekosystémů a nově používaných těžebních a přibližovacích technologií. Při plánování lesní cestní sítě musí být respektovány všechny funkce lesního ekosystému: bio produkce, ekologická stabilita, hydrický a vodní režim, ochrana půdy, sociální, rekreační a sanitárně hygienická funkce (VYSKOT ET AL., 2003).

Při zpřístupňování a realizaci lesní dopravní sítě nejde jen o technické parametry účelových komunikací a úroveň technologií využívaných při jejich budování, ani o projektování těchto zařízení, ale jde o komplexní skloubení poznatků z oblasti biologických, technických a ekonomických věd pro dosažení cíle, kterým je vytvoření základních podmínek pro racionální obhospodařování lesa (KVASŇOVSKÝ, 2004).

Lesní cesty musí být v terénu opatrně umístěny pro minimalizaci konstrukčních nákladů a nákladů údržby při dodržení geometrických podmínek návrhu a environmentálních požadavků (AKAY, 2005).

Výstavba lesních cest a těžební operace byly vždy dvě nejnákladnější aktivity v lesnictví (NAJAFI ET AL., 2008).

LUKÁČ ET AL. (2003) rozlišuje terén pro účel plánování lesní dopravní sítě na:

- roviny (sklon svahů do 15 %, malá členitost terénu)
- pahorkatiny (do 40 %, výškové rozdíly max. 250 – 300 m, délka svahů do 500m)
- horské terény (nad 40 %, svahy delší 500m, velké výškové rozdíly)

Za roviny se považuje terén se sklony svahů do 15 %. Rovinatý terén umožňuje optimální rozložení sítě lesních cest, ale ani zde zpravidla není možné vybudovat ideální systém cestní sítě, protože se musí respektovat existující dopravní síť, vodní toky, polnohospodářské pozemky a různé veřejné zájmy.

Pahorkatiny jsou charakteristické poměrně vyrovnanými spádovými poměry, kde výškové rozdíly nepřesahují 250 – 300 metrů a délka svahů 500 metrů. Většinou se jedná o oblasti s nadmořskou výškou do 1 000 metrů nad mořem. Území pahorkatin je zpravidla tvořeno strmými členitými stráněmi podél vodních toků.

Horské terény se vyznačují značnou členitostí území a velkými výškovými rozdíly mezi vrcholy a údolími, stejně jako velkou strmostí svahů. Podmínky pro výstavbu lesní cestní sítě v horských terénech jsou vzhledem k velkým výškovým rozdílům, strmým svahům a mnohem většímu vlivu povrchové a podzemní vody než v pahorkatinách a na rovinách velmi obtížné. Lesní cestní síť v horských terénech se zpravidla skládá ze tří druhů lesních cest klasifikovaných dle jejich umístění. Údolních cest, procházejících spodními partiemi území, hřebenových cest, procházejících vrcholovými partiemi svahů a etážovými cestami (svahovými), které spojují první dva typy (JURÍK, 1984).

MACKŮ, POPELKA, SIMANOV (1992) vytvořili terénní klasifikaci vymezující limitující těžební technologie, které vycházejí z minimálního poškození lesního ekosystému. Princip technologické typizace se opírá o ekosystémové pojetí. Tuto terénní a technologickou klasifikaci využívá OPRL v návaznosti na vypracování návrhu optimalizace lesní dopravní sítě, a při optimalizaci zpřístupnění lesa (porostního nitra) v konkrétním transportním segmentu.

LUKÁČ ET AL. (2003) také stanovuje několik všeobecných podmínek pro plánování lesní cestní sítě: čím je sklon terénu vyšší a území citlivější na antropogenní činnost tím se zvyšují nároky na parametry cest co do druhu a kvality. Z pohledu krajinytvorných útvarů a soustředování dřeva je třeba méně cest tam, kde je možné technicky efektivně zvládnout minimalizaci přibližovací vzdálenosti a vzájemně propojit jednotlivé druhy cest v nejkratším směru (kolmo).

### 1.6.1 Zpřístupňování horských terénů

---

Pro účely plánování lesní cestní sítě je možné lesní území rozdělit na roviny, pahorkatiny a horské terény. Plánování lesní dopravní sítě v každé z těchto kategorií je odlišné.

Výrazností terénu tvoří hory protějšek rovinám. Konfigurace je určitá, neboť jednotlivé tvary jsou zřetelně vytvářeny a liší se navzájem většinou bez náhlých přechodů. Hlavní tvary jsou údolí a kopce, na těchto pak úbočí a hřbety-hřebeny (MATYÁŠ, 1957).

Zásady navrhování lesní cestní sítě v horách vyplývají ze současného stavu lesní dopravní techniky, především z technických vlastností lesních kolových a kráčejících traktorů a harvestorů a možností antigravitačního přibližování dřeva (JURÍK, 1984).

V horských lesích je úloha zpřístupnění významná a specifická, protože se jedná o oblasti s vyšší nadmořskou výškou, vyššími srážkami a dlouhými svahy, na kterých potenciálně vzniká při technologickém procesu dopravy dřeva nebezpečí zvýšené tvorby eroze půdy s jejími dalšími negativními důsledky a budování sítě lesních cest je nejen technicky a ekonomicky náročné, ale v mnoha případech i z ekologického hlediska nevhodné (KLČ, 2005a).

OSBERG a MURPHY (1996) upozorňují, že výstavba a údržba cest je ve strmých terénech mnohem nákladnější a obtížnější, než v rovinných a mírně kopcovitých podmínkách.

Široké svahy, to je takové, jejichž šířka přesahuje volenou optimální přibližovací vzdálenost, je výhodné rozdělit na pásy tak široké, aby každý z nich představoval samostatné dopravní území. Tyto pásy jsou pracovními poli, která jsou pomocnými pěstebními jednotkami. Jsou vymezena pro organizaci pěstování, obnovy a vývozu dřeva jako části porostní plochy (MATYÁŠ, 1957).

Při projektování lesní dopravní sítě je nutné účelně zpřístupnit celou plochu lesa. V horách a pahorkatinách nelze navrhovat nezpevněné přibližovací lesní cesty v tak malém podélném sklonu, aby nemohly být poškozovány erozí. Pro její minimalizaci je však třeba tyto cesty trasovat v co nejmenším a konstantním sklonu, přimknuté k terénu. Tím se alespoň vyloučí místní úseky trasy s velkým sklonem, které jsou erozí zvláště poškozovány (DOBIÁŠ, 2005).

V horách gravituje všechno dříví do údolí. Údolní cesty jsou současně cestami sběrnými. Je tudíž výhodné, ba je třeba, aby této výjimečné polohy údolní cesty bylo maximálně využito (MATYÁŠ, 1957).

Za nejlepší řešení sítě odvozních cest v horských terénech je považováno vytvoření sítě vrstevnicových cest s jednotným sklonem, které obkružují kopce (YOSHIMURA, KANZAKI, 1998).



Ve strmých svazích by se při výstavbě cest měla upřednostňovat bagrová technologie výstavby před dozerovou. O vybudované cesty je třeba se komplexně a permanentně starat (Klč, 2005a).

### 1.6.2 Zpřístupňování flyšových území

---

Flyš, představuje pro výstavbu lesních cest nepříznivé podloží. Střídání jílovců a pískovců vytváří složité stavební podmínky. Jílovité a písčité zeminy vznikající na flyšovém podloží se těžko zpracovávají hutněním. U jílovitých zemin je komplikací i jejich tuhost za sucha a bobtnavost za vlhka. Výstavba cest na takovémto území by se měla řídit zvláštními pravidly.

KLČ ET AL. (1989) uvádí, že ve flyšových oblastech jsou optimální inženýrsko-geologické podmínky pro výstavbu lesních cest na primárních hřebenových elevacích, ve svazích s protisklonným uložením flyšových vrstev-ploch a na údolních aluviích promytých vodou, sesuvně anebo gravitačně přemístěných zeminách. Velmi nevhodné podmínky představují vrstvy uložené ve směru svahu (obr. 11).



**Obr. 11:** Flyšové vrstvy uložené po svahu

Po stránce technické je řešení cestní sítě ve flyšových oblastech odlišné od oblastí s únosným geologickým podkladem. Ve flyšových oblastech se prakticky neuplatňuje výstavba zemních cest a svážnic, neboť odkrytý a upravený terén cesty je často méně únosný a méně sjízdný než terén v přirozeném stavu. Proto se ve flyšových oblastech orientuje výstavba cestní sítě na dvojfázový systém dopravní, tj. na přibližování a odvoz po cestách se zpevněnou vozovkou (ROŠKO, 1974).

MIDRIAK ET AL. (1988) navrhuje diferenciované zpřístupňování lesů ve flyšových oblastech se zřetelem na přírodní podmínky. Důraz klade na zpřístupnění lesa cestami 1L (v odůvodněných případech) a zpevněnými cestami třídy 2L. Zpřístupňování lesa svážnicemi omezit jen na takové případy, kdy by výstavba odvozních cest nebylo efektivní.

KLČ (1993) uvádí, že největší porušenost, respektive nejhorší celkový stav zemních cest je právě ve flyšové oblasti, kde se zjistilo 59,23% porušení plochy korun lesních cest.

Obhospodařování lesů ve flyšových oblastech má svoje specifika. Malá únosnost půdy, lehké mechanické poškození jejího povrchu je příčinou, že pohyb mechanizačních prostředků po porostech ale i po lesních cestách je omezený (STANOVSKÝ, KLČ, 2002). Zde jsou na mysli zejména zemní lesní cesty bez vozovky, jejichž podíl v lesních cestních sítích na území flyše je záměrem zmenšovat.

Zásadami zpřístupňování flyšových oblastí se zabývalo mnoho autorů: ROŠKO (1974); SLIVKA (1977); KUBÍNY & LINDEROVÁ (1983); KLČ (1989); a další. Mezi základní zásady pro zpřístupňování flyšových území uvádí STANOVSKÝ, KLČ (2002) mimo jiné následující:

- základem zpřístupnění jsou lesní odvozní cesty třídy 1L (podle možností budované s nepropustným povrchem vozovky) s celoročním využíváním a dokonalým funkčním odvodněním
- optimální rozestup odvozních lesních cest je okolo 400 m, z čehož vychází teoretická přibližovací vzdálenost cca 200 m (oboustranně)
- při návrhu tras budoucích cest pro zpřístupnění daného území vycházet z elaborátu průzkumu lesní cestní sítě jako i z výsledků předběžného průzkumu a inženýrsko-geologického průzkumu
- trasy cest navrhovat alternativně s akceptací kladných a záporných kardinálních bodů v trase cesty a omezit budování velkých zářezů a násypů
- budování zemních cest povolit jen jako první fázi budování odvozní lesní cesty (vybudování cestního tělesa)

- součástí projektu realizace lesní cesty by měla být i část biologického ozelenění zemního tělesa cesty
- neperspektivní a zničené zemní komunikace urychleně asanovat
- zabezpečovat permanentní a účinnou komplexní péči o vybudované nebo zrealizované pozemní komunikace v daném území.
- při přibližování dříví mezi odvozními cestami přednostně využívat vhodné lanové systémy (šetřící půdu).

### 1.6.3 Ekologické navrhování lesních cest

---

Ekologicky negativní vlivy lesních cest na porosty, které zpřístupňují, a na životní prostředí, které ovlivňují, lze zmírnit důsledným projektováním a výstavbou zohledňující snahu minimalizovat škody.

Generel lesní dopravní sítě je často zpracováván stejně jako v hospodářských lesích, čehož důsledkem je většinou necitlivé vkládání komunikační sítě do terénu a její předimenzování z hlediska technického (šířka vozovek a způsob jejich zpevnění) i z hlediska její hustoty na 1 ha porostní plochy (SIMANOV, KOHOUT, 1996).

KÚTIK (1986) se zmiňuje o důležitosti ekologického přístupu už při navrhování cest. Jako možnosti zmírnění negativních vlivů lesních cest na lesní porosty uvádí zejména:

- citlivé osazení tělesa cesty do terénu i za cenu snížení návrhové rychlosti
- v nejnepříznivějších úsecích zkracovat dlouhé násypové svahy technickými opatřeními (opěrné zdi, patkami z kamenné rovnániny, ...)
- navrhovat technologii výstavby, která umožňuje násypové svahy stabilizovat a hutnit
- niveletu cesty navrhovat tak, aby nevznikaly velké přebytky zeminy

Rychlost vozidel na lesních cestách není z ekonomického hlediska rozhodující, vzhledem k tomu že odvozní dráha dřevní hmoty je umístěna v průměru 20 % na lesní cestě a 80 % na veřejných silnicích (BENEŠ, 1977).

Takovéto negativní jevy způsobují přerušování nebo nezhájení těžby a odvozu dřeva, potřebu rekonstrukce cesty, ztráty na dřevě, hospodářských výsledcích a podobně (KÚTIK, 1986).

ZELINKA (1986) uvádí, že vybudováním lesní cesty bez příkop (tam kde je to možné), se zmenší rozsah zemních prací a tím i možnost erozivní činnosti, zmenší se záběr produkční plochy, sníží narušení vodního režimu v lese, sníží se investiční náklady apod.

Velkým přínosem z hlediska ochrany přírody by bylo dle KÚTIKA (1986) kdyby se alespoň ve chráněných oblastech v lanovkových terénech navrhovaly jen odvozní cesty s rozestupem dosahu lanovek. Vyloučila by se tím výstavba trvalých přibližovacích cest, které mají zvláště v strmých lanovkových terénech nepříznivý zásah do přírodního prostředí.

## 1.7 Ukazatelé lesní cestní sítě

---

Kvalitní lesní dopravní síť je znakem vyspělosti lesního hospodářství na daném území. Důležitými předpoklady pro dobré zpřístupnění území je především celková délka lesních cest, délka jednotlivých tříd a kategorií a jejich racionální rozprostření na zpřístupňované ploše.

Kostrou lesní dopravní sítě jsou lesní odvozní cesty různých tříd a kategorií (ŽÁČEK, KLČ, 2008).

Kvalita lesní dopravní sítě také závisí na technickém stavu cest, zejména na jejich vybavenosti vozovkou nebo pomístním zpevněním a na současném stavu povrchu co se týče příčných deformací. Doplňkovými informacemi o lesní dopravní síti je nosnost mostů, počet výhyben, stav a plocha přilehlých skaldů dřeva.

Důležitým ukazatelem kvality dopravní sítě je především stav lesních silnic, tj. cest budovaných podle projektu, zpevněných, zabezpečených proti vodní erozi a udržovaných stále ve sjízdném stavu a dalších tříd trvalých lesních cest, které tvoří lesní cestní síť (MAKOVNÍK ET AL., 1973).

Pomocí vzorců můžeme vypočítat další charakteristiky lesní cestní sítě s různou vypovídací hodnotou. Jedná se například o hustotu dopravní sítě, rozestup lesních cest, teoretickou přibližovací vzdálenost a další.

### 1.7.1 Hustota dopravní sítě

---

Hustota lesní cestní sítě představuje vztah mezi délkou lesních cest a lesní plochou, která je k těmto cestám gravitována. Hustota lesní cestní sítě je vyjádřena v počtu metrů na hektar. Pro výpočet bývá uváděn následující vzorec.

$$H = \frac{l(m)}{F(ha)} \quad (m \cdot ha^{-1})$$

kde: H – hustota lesních cest

l – délka lesních cest

F – plocha uvažované oblasti v hektarech

Základní teoretický vztah určující hustotu lesní dopravní sítě se vyjadřuje takto: čím hustší je síť lesních cest, tím kratší jsou přibližovací vzdálenosti (a tedy nižší náklady na soustředování dříví), čím hustší je síť cest, tím vyšší jsou náklady na jejich údržbu a naopak (GROSS, ROČEK, 2000).

Vyjádření hustoty sítě propočtem délek všech dopravních spojů v jedné síti se vztahem na jednotku plochy poskytuje dosti dobré, ale jen povšechně platící srovnávací měřítka (MATYÁŠ, 1957).

Hustota cestní sítě však nemusí vypovídat o účinném zpřístupnění gravitačního území. Při nevhodném rozložení cestní sítě, kdy jsou lesní odvozní cesty koncentrovány do určité části území, je jejich účinnost z pohledu zpřístupňovaného území často nízká (HRŮZA ET AL., 2007).

Tato hodnota podává informace o délce lesních odvozních cest vztažené na jednotku plochy, ale nehodnotí rozmístění lesních cest. Z tohoto důvodu je vhodné hustotu doplnit dalšími ukazateli, především u velkých výměr lesních pozemků (ŽÁČEK, KLČ, 2009).

Současná průměrná hodnota hustoty lesních odvozních cest v lesích ČR 18,00 m.ha<sup>-1</sup> (ŽÁČEK, KLČ, 2009).

### 1.7.2 Rozestup lesních cest

---

Dalším kvantitativním ukazatelem lesní cestní sítě je rozestup lesních cest. Rozestup lesních cest charakterizuje teoretickou vzdálenost lesních cest za předpokladu rovnoměrného rozmístění cest s danou hustotou lesní cestní sítě. Rozestup lesních cest se počítá jako poměr plochy jednoho hektaru ve čtverečních metrech a hustoty lesní cestní sítě.

$$D = \frac{10\,000}{H} \quad (m)$$

kde: D – rozestup lesních cest

H – hustota lesní cestní sítě

(KLČ ET AL., 2007)

Optimální rozestup odvozních cest není často publikovaným údajem, protože jeho hodnota značně závisí na konfiguraci svahů a jen velmi těžko je možné jej jakkoliv zobecnit. Velmi důležitými faktory ovlivňujícím potřebný rozestup cest je dále předpokládaná těžební technologie, od které se odvíjí potřeba rozestupu lesních cest na jednotlivém svahu.

GHAFFARIAN ET AL. (2009) porovnával doporučené metody pro výpočet optimálního rozestupu cest. Vypočítal optimální rozestup pomocí tří metod, včetně rovnice podle Matthewse, Sundbergovy metody a dvou statistických modelů pro predikci doby cyklu. Výsledky ukázaly, že podle Matthewse byl optimální rozestup cest pro jednosměrné vyvážení 1 969 m, podle Sundbergova modelu 394,4 m a podle dvou modelů časově studie 463 a 909 m.

### 1.7.3 Teoretická přibližovací vzdálenost

---

**Teoretická přibližovací vzdálenost** vystihuje potřebu zpřístupnění lesa při oboustranném přibližování, je počítána podle vztahu:

$$dt = \frac{D}{4} (m)$$

kde: dt - teoretická přibližovací vzdálenost

D - rozestup odvozních cest

Kromě teoretické přibližovací vzdálenosti je ještě požíván údaj **geometrická přibližovací vzdálenost**. Ta je nejkratší vzdálenost mezi pařezem a odvozní lesní cestou, ke které se v daném místě přibližuje. Střední geometrická přibližovací vzdálenost je aritmetický průměr geometrických přibližovacích vzdáleností. Její délka hodnotí způsob rozmístění hlavních lesních cest v oblasti.

### 1.7.4 Procento zpřístupnění lesa

---

Procentuální poměr zpřístupněné plochy porostů k celkové ploše gravitační oblasti se nazývá **procento zpřístupnění lesa** (obr. 1). Zpřístupněná plocha okolo cest má šířku teoretického rozestupu cest (D) vypočítanou z hustoty cestní sítě (H). Tato šířka se na mapě zakreslí ke každé cestě jako přilehlý pás. Procento zpřístupnění porostů se spočítá jako poměr zjištěné plochy k celkové (JURÍK, 1984).

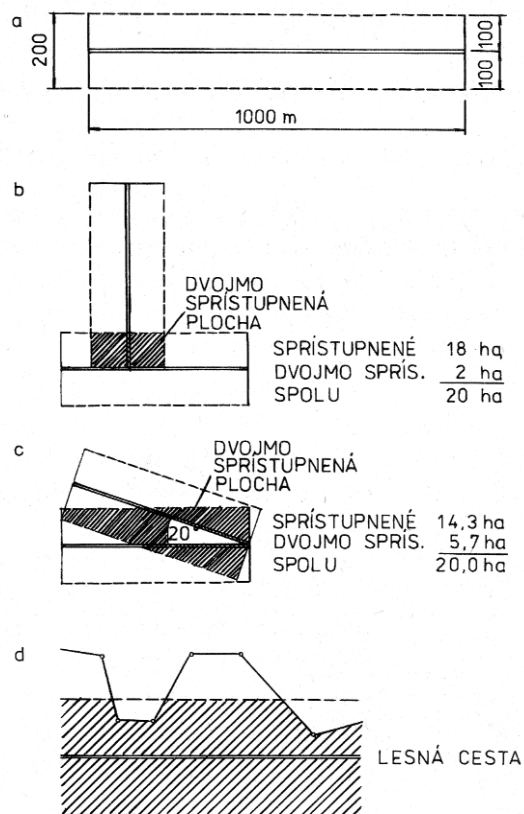
Různí autoři (BACKMUND, 1959; BENEŠ, 1986; ROŠKO, 1984; PENTEK ET AL., 2005) počítají zpřístupnění různými způsoby, výsledky jsou ale podobné. Metoda určení procenta zpřístupnění má ideální použití za pomoci GIS technologie, bez použití výpočetní techniky by bylo vykreslování přilehlých pásů znázorňujících zpřístupněné území (obr. 12 a 13) u dopravních map polesí velmi časově náročné.

Šířka vykreslovaného buferu je vypočtena podle vzorce:

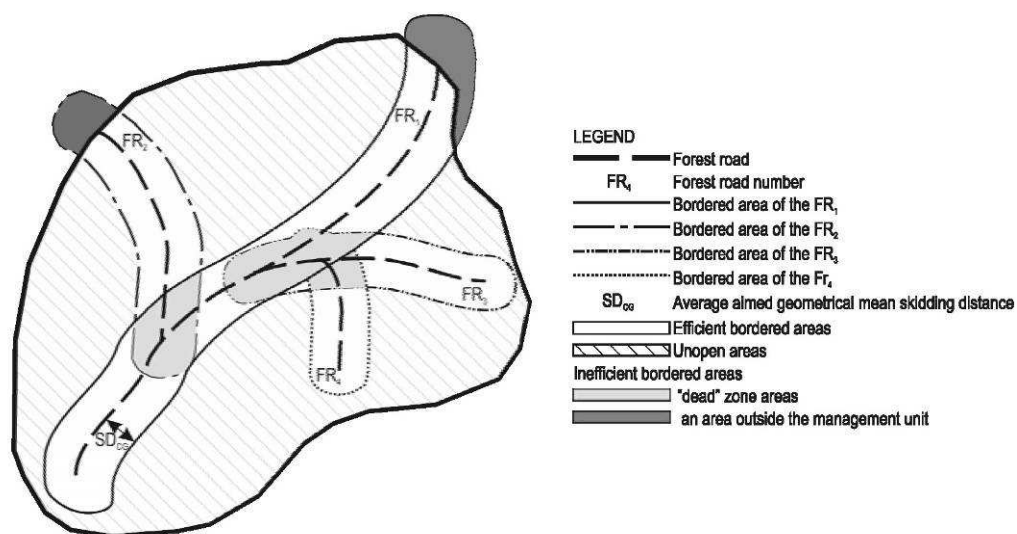
$$\check{s} = \frac{5000}{H} \quad (\text{m})$$

kde:  $\check{s}$  – šířka buferu na jednu stranu

H – hustota sítě odvozních cest



**Obr. 12:** Schematické znázornění poměrného zpřístupnění lesa dle JURÍKA (1984)



**Obr. 13:** Schematické znázornění poměrného zpřístupnění lesa dle PENTEKA ET. AL, (2005)

Procento zpřístupnění lesa (území) je vyjádřeno vzorcem:

$$E = \frac{F_Z - F_N}{F_Z} \cdot 100 \quad (\%)$$

Kde : E - procento zpřístupnění lesa v %

F<sub>Z</sub> - celková plocha zpřístupnění v ha

F<sub>N</sub> - teoreticky nezpřístupněná plocha v ha

Pro zhodnocení dopravní využitelnosti cestní sítě pomocí procenta zpřístupnění je možno použít pětistupňovou klasifikaci dle JURÍKA (1984):

- do 65 % nevyhovující zpřístupnění
- 65 – 70 % málo vyhovující
- 70 – 75 % vyhovující
- 75 – 80 % velmi vyhovující
- nad 80 % mimořádně vyhovující zpřístupnění.



PENTEK ET AL. (2005) vytvořil svou vlastní, velmi podobnou, klasifikaci:

- do 55 % nevyhovující zpřístupnění
- 55-65 % slabé zpřístupnění
- 65-75 % skoro dobré zpřístupnění
- od 75-85 % velmi dobré zpřístupnění
- přes 85 % výborné zpřístupnění.

Velikost poměrného zpřístupnění je dobrý indikátor efektivnosti lesní dopravní sítě protože oba početní i grafický výstup ukazují zpřístupněné a nezpřístupněné oblasti (PENTEK ET AL., 2005).

BENEŠ (1973) ve svojí práci uvažuje, že velikost procenta zpřístupnění území závisí na morfologickém tvaru terénu a svahové cesty snižují procento zpřístupnění.

## 1.8 Optimalizace zpřístupnění lesa

---

Optimalizace sítě lesních cest je důležitá část plánování těžby dřeva (GHAFFARIAN, 2007).

Celkové množství lesních cest, jejich prostorové rozmístění a předepsané technické charakteristiky musí být dostačující pro umožnění vysoké kvality hospodaření v lesním ekosystému s minimem počátečních a dodatečných investic. Výstavba a údržba lesní cestní sítě, vytváří velmi důležitý element celkových výdajů týkajících se lesního hospodářství. Cílem je výstavba prostorově dobře umístěné sítě lesních cest, jejichž technické parametry umožní plnění všech úkolů určených Hospodářským plánem pro určitou lesní plochu (NEVEČEREL ET AL., 2007).

Výstavba a údržba lesních cest představuje důležité a zásadní investice jako doplněk hospodaření v lesních porostech. V tomto smyslu potřebuje pečlivé plánování s cílem minimalizovat nezbytné náklady. Minimalizace celkové délky cest v lese redukuje výstavbu cest, snižuje náklady na údržbu a snižuje zábor pozemků lesní půdy. Méně silnic znamená méně možností prosazení nepříznivých vlivů na jiných přírodních zdrojích (MURRAY, 1998).

Lesní dopravní síť a její parametry mají významný vliv na ekonomičnost těžebního procesu a dalších prací v lese. Rozvinutá síť cest zpřístupňuje porosty a umožňuje racionální těžbu dřeva a optimální obhospodařování lesa. Výstavba a následná údržba lesních cest je však nákladná, proto je nutné každou investici řádně zvážit. Zábor produkční plochy je dalším aspektem, který je třeba uvažovat. Pod optimálním zpřístupněním lesů a lesních komplexů rozumíme optimální rozmístění tras lesních cest, dopravních drah, účelových pozemních a vzdušných komunikací s jejich optimální strukturou (početností a skladbou, resp. zastoupením jednotlivých druhů komunikací) realizovanou

v rámci lesní dopravní sítě tak, aby délka budovaných komunikací a jejich plocha (zábor produkční plochy) byly co nejmenší a zároveň se dosáhlo co nejvyšší procento zpřístupnění uvažované plochy území a optimální přibližovací vzdálenost pro uplatnění nejrůznějších technologií dopravy dřeva z lesa (KLČ ET AL., 2006).

Vzestupná tendence vlivu rozšíření a zhutnění dopravní sítě má ovšem své meze, které není snadné všeobecně vyznačit (MATYÁŠ, 1957).

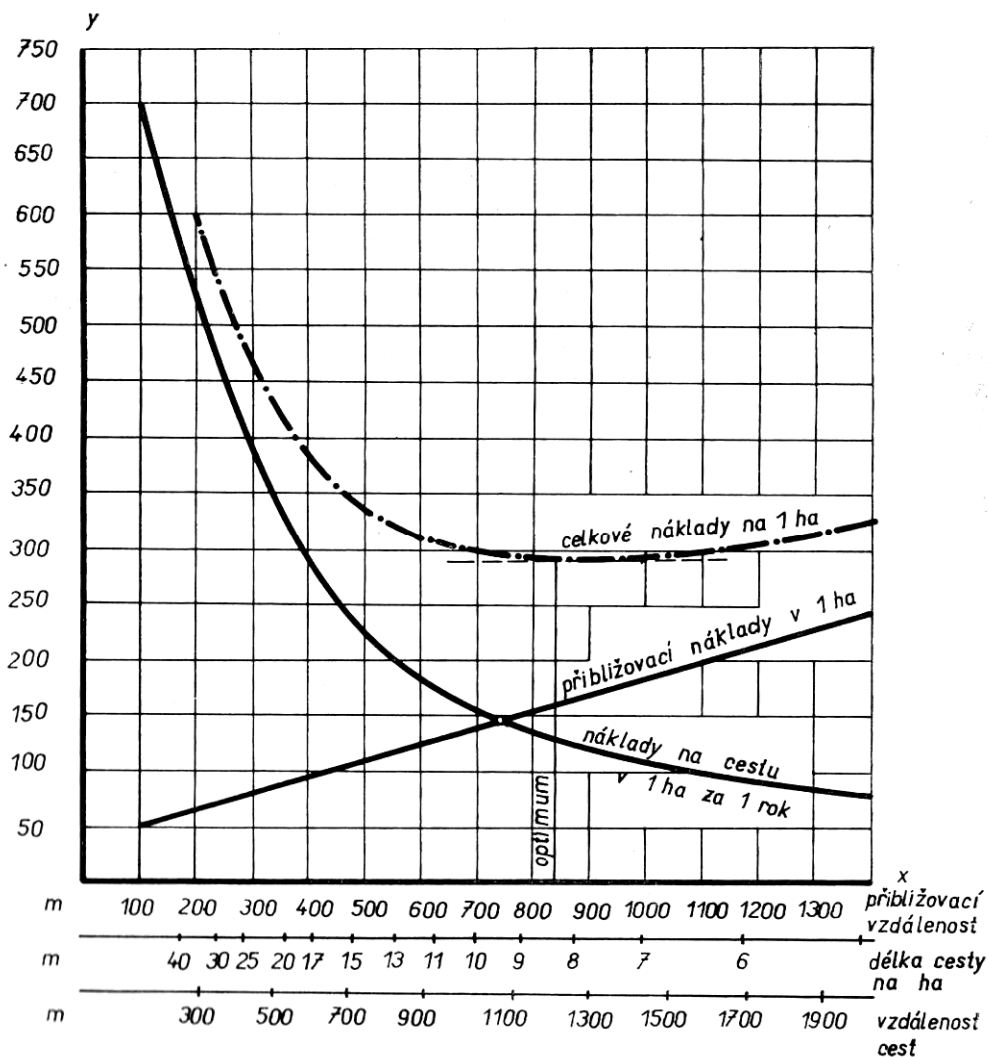
Návrh cesty je komplexní inženýrský problém zahrnující ekonomické a environmentální požadavky. Náklady na výstavbu a péči jsou největší částí z celkových nákladů lesnického těžebního provozu (AKAY, 2005).

STÜCKELBERGER ET AL. (2006) vyvinul model pro odhad ceny konstrukce cesty. Systém bere v úvahu místní terénní podmínky a vlastnosti podloží.

Lesní odvozní cesty 1. a 2. třídy by měly v budoucnu tvořit hlavní kostru zpřístupnění lesa, tzv. primární úroveň zpřístupnění lesa, a na ni by měla být zaměřena následná optimalizace. (MZE, 2008)

MESSINGEROVÁ (2004) uvádí, že v horských oblastech by rozložení LDS mělo odpovídat předpokládané použité těžební technologii a mechanizaci.

Čím je hustší síť lesních odvozních cest, tím vyšší jsou náklady vynaložené na jejich stavbu. To je důvod, proč optimální hustota lesních odvozních cest bývá určována pomocí modelové vzdálenosti mezi odvozními cestami, kdy je součet nákladů na přibližování a nákladů na výstavbu lesních cest nejnižší (PIČMAN, PENTEK, 1998). Tuto závislost zobrazuje pomocí diagramu syntézy MAKOVNÍK ET AL. (1973) (obr. 14).



Obr. 14: Řešení optimální hustoty lesní dopravní sítě diagramem syntézy (MAKOVNÍK ET AL., 1973)

### 1.8.1 Optimální hustota odvozních cest

Optimální zpřístupnění lesů a lesních komplexů je možné vyjádřit optimální hustotou lesních cest. Ta se v pro horské terény na území České republiky podle různých autorů uvádí v rozsahu **20 – 25m.ha<sup>-1</sup>**.

Podle Ústavu pro hospodářskou úpravu lesa je optimální hustota lesních odvozních cest **v rovinách 15m.ha<sup>-1</sup>**, **v pahorkatinách 22,5m.ha<sup>-1</sup>** a **v horských oblastech 27,5m.ha<sup>-1</sup>** (MZE, 2006). Podobné hodnoty doporučuje i BENEŠ (1991).

HRŮZA (2006) provedl analýzu efektů lesní cestní sítě na území České republiky. Hodnotil síť odvozních cest podle současného stavu a podle modelového stavu optimální sítě odvozních cest

podle BENEŠE (1991). Dále podle efektů určených metodikou VYSKOTA ET AL. (2003), který zohledňoval bio produkci, ekologickou stabilitu, hydrický a vodní režim, ochranu půdy, sociální a rekreační funkce a sanitárně hygienickou funkci. Na základě provedené analýzy stanovil optimální hustotu **z hlediska mimoprodukčních efektů** lesních odvozních cest **24,8 až 28,9 m.ha<sup>-1</sup>**. Reálná přibližovací vzdálenost vycházela v rozmezí mezi 162 – 182 m, teoretická přibližovací vzdálenost mezi 86 – 101 m, efektivita zpřístupnění lesů mezi 62,1 a 67,7 %.

MAKOVNÍK ET AL. (1973) uvádí jako optimální hodnotu hustoty lesních odvozních cest **25 až 40m.ha<sup>-1</sup>**, bere přitom v úvahu přírodní a ekonomické poměry lesních hospodářských celků.

ADÁMEK, PETR (1967) uvádějí pro horské terény hustotu odvozních cest třídy **1L 15 m.ha<sup>-1</sup>** a **2L 8 m.ha<sup>-1</sup>**.

KLČ (2005a) doporučuje postupovat při zpřístupňování horských lesů diferenciovaně podle kategorie lesů. **V hospodářských lesích** uvažuje s hustotou lesních cest **20-25 m.ha<sup>-1</sup>** a pro **ochranné lesy** doporučuje hustotu **7-14 m.ha<sup>-1</sup>** kvalitních lesních cest.

HOREK ET AL. (2008) uvádějí jako aktuální optimální hustotu odvozních cest v horách **20-25 m.ha<sup>-1</sup>**.

BENEŠ (1986) doporučuje jako optimální tyto hodnoty hustot lesních odvozních cest: v **rovinách** se sklonem do 15 % **15m.ha<sup>-1</sup>**, v **pahorkatinách** **22m.ha<sup>-1</sup>**, v **horských** terénech s **příznivými** terénními podmínkami **19 m.ha<sup>-1</sup>**, v **horských** terénech s **nepříznivými** terénními podmínkami **24 m.ha<sup>-1</sup>**. Optimální hustota odvozních cest se podle oblastí pohybuje od 16,6 m.ha<sup>-1</sup> (Českomoravská vrchovina) do 28,0 m.ha<sup>-1</sup> (Moravskoslezské Beskydy), přičemž geometrická přibližovací vzdálenost pro navržené zpřístupnění je u všech sledovaných celků přibližně stejná (rozmezí 140-177 m).

BENEŠ (1986) uvádí, že zvýšená potřebná hustota lesních odvozních cest v horách je vynucena výstavbou spojovacích cest mezi údolními a etážovými cestami, které překonávají výškové rozdíly terénu a mají jen malý význam pro zpřístupnění lesa.

BENEŠ (1986) dále uvádí optimální hustotu odvozních cest přímo pro část modelového území: Nadměrně vysoká optimální hustota cest (**28 m.ha<sup>-1</sup>**) je požadována pro území Moravskoslezských Beskyd v oblasti Lysé Hory, Smrku a Kněhyně. Je to možno vysvětlit zvláštním tvarem terénu flyšového pásma vyznačujícím se vysokým sklonem spádnic (průměrně 32,7 %), hustou vodní sítí (20,4 m.ha<sup>-1</sup>) uspořádanou nepříznivě pro trasování lesních cest a častou změnou sklonu spádnic (BENEŠ, 1986).

KAŠKOVÁ (2004) na základě zohlednění společenských funkcí lesních cest podle VYSKOTA ET AL. (2003) navrhla optimální zpřístupnění malého území v CHKO Beskydy (ČR).

HERALT (2002) se zabýval optimalizací lesní cestní sítě v oblasti Jeseníků s důrazem na ekologii pomocí programu ROADENG (software užívaný pro projektování veřejných a účelových komunikací). HERALT využil tento software při hodnocení environmentálních efektů navržených variant lesních cest. Na základě analýzy doporučil ekologicky nejvýhodnější variantu zpřístupnění cílové lokality bez ohledu na ekonomickou stránku.

## 1.9 Údržba lesních cest

---

Pro udržení vyhovujícího stavu lesních cest všech tříd je nezbytná údržba. Bez ní cesta pouze podléhá degradačním procesům, její dopravní využitelnost se snižuje. Nesjízdná cesta představuje pouze ekologickou zátěž pro lesní prostředí.

KLČ (2005b) rozlišuje údržbové práce na lesních cestách na:

- **prevence** – včasné rozpoznávání příčin vzniku porušení a závad lesních cest a předcházení jim volbou správného technologického postupu
- **údržba** – pravidelná péče o lesní cesty potřebná k zajištění jejich plné provozuschopnosti, součástí je odstraňování drobných porušení a závad
- **oprava** – odstraňuje se částečné opotřebování lesních cest za účelem jejich uvedení do provozuschopného stavu
- **rekonstrukce** – jedná se o přestavbu, obnovu, zvýšení úrovně nebo uvedení do původního stavu; mění se prostorové uspořádání cesty, mění se příčný řez komunikace, zlepšuje se dopravní hodnota cesty

Změny ve stavu lesních cest je možné rozdělit na:

- **porušení** je měřitelná odchylka od stavu cesty, který zabezpečuje její normální provozní způsobilost.
- **poškození** cesty je následek porušení anebo porušení a dá se reálně ohodnotit (vyčíslit škoda).
- **závada** je překážka na cestě anebo změna funkčních vlastností cesty s negativním dopadem na její stav (KLČ, KRÁLÍK 1991).

Schopnost cesty plnit určenou funkci se vyjadřuje termínem **provozní způsobilost cesty**. **Provozní výkonnost** je schopnost cesty snášet zatížení a dopravní využívání při předepsané údržbě a opravách až do skončení její provozní způsobilosti. (KLČ, KRÁLÍK 1991).

PATERSON (1995) klasifikuje práce na cestách následovně (tab. 3):

**Tab. 3:** Klasifikace prací na cestách PATERSON (1995) in ZELINKA (2009)

Pracovní kategorie	Pracovní třída	Typ práce	Typ technologie
Cestná údržba	Rutinná údržba	Nie konštrukčné vrstvy	drenáž, drobné stavby, zvislé a vodorovné značenie ...
		Konštrukčné vrstvy Špeciálne práce Preventívna údržby	vysypávky, oprava krajníc, izolácia trhlín ... havarijné opravy, zimná údržba, stabilizácia svahov, ... strek povrchu asfaltom, oživenie povrchu
	Periodická údržba	Obnova obrusnej vrstvy	tenké asfaltové koberce, nátery, prekrytie penetračných úprav, obnova textúry
		Obnova krytu Rekonštrukcia	asfaltový betón, odfrézovanie a náhrada AB, čiastočná obnova krytu Čiastočná, celková rekonštrukcia
Výstavba a rozvoj	Oprava	Zlepšenie geometrie vozovky	Menšie rozšírenie (úprava nivelety, prídanie jazdného pruhu)
	Stavba	Novostavba	Nová cestná stavba

POTOČNIK ET AL. (2005) rozdělil lesní cesty do čtyř kategorií podle pravidelnosti údržby, zajištění celoročního provozu, odpovědnosti za údržbu (polesí, obyvatelé), vybavenosti označením a uzavřenosti pro veřejné užívání.

KLČ (1996) hodnotil stav odvozních lesních cest na Slovensku. Upozorňuje na to, že se zanedbává údržba a oprava lesních cest a naznačuje důsledky tohoto stavu v budoucnosti.

PENTEK ET AL. (2006) předpokládá, že v průběhu amortizační periody kvalita postavených primárních lesních cest může být udržena jen odpovídajícími údržbovými zákroky, jejichž frekvence a intenzita záleží na kategorii lesní cesty.

COULTER (2006) použil ve své studii matematické programování k rozvržení údržby lesních cest a zlepšil aktivity umocňující nepeněžní přínosy lesních cest v západním Oregonu.

Zaměření údržby málo využívaných lesních cest se přesunulo z pouhé ochrany hlavních investic v infrastrukturu k zahrnutí environmentálních efektů (COULTER, 2006).

Na co nejlepší a přitom racionální využívání lesních cest musí lesní provoz vynakládat potřebné pracovní a finanční prostředky. Lesní cesty, jestliže se mají zachovat v dobrém, provozuschopném stavu, musí se náležitě udržovat, opravovat, resp. zkvalitňovat (KLČ, KRÁLÍK 1991).

Neúnosnost podloží ve flyšovém pásmu závisí ve značné míře na ročním období a s ním souvisejícím charakterem počasí, má velký vliv na přípravu lesní výroby, která má oproti oblastem s jinými únosnějšími podložími svoje osobité specifika (ОТЕРКА, DORČÍK, 1979).

### **1.9.1 Odvodnění lesních cest**

---

Pro životnost cesty je rozhodující funkční odvodnění, to zajišťuje svedení vody z koruny a svahů a její odvedení mimo těleso cesty aniž by voda způsobila poškození. Význam odvodnění roste se sklonem lesní cesty. Čím větší sklon, tím dříve musí být voda odvedena mimo těleso lesní cesty, protože rychle nabírá vymílací rychlost a působí zvýšenou erozi.

Vodní eroze je nejčastější příčinou destrukce lesních cest. Největší škody způsobuje povrchová voda, která přitéká na korunu cesty z přilehlých stran při intenzivních dešťových srážkách. Není-li cesta vybavena příkopy, teče povrchová voda po koruně a vytváří erozivní rýhy úměrné podélnému spádu, množství vody a podélnému spádu (MATYÁŠ, 1957).

Dobré odvodnění cesty je velmi důležité. Lesní cest na sklonitých terénech by měly být osazeny svodnicemi a vybaveny příkopami a propustky už při jejich výstavbě. Včasná údržba odvodňovací sítě je nezbytná při aktivním využívání cesty a neodkladně po těžebním zásahu (KRAG ET AL., 1991).

Patřičnou potřebu je třeba věnovat i péči o krajnice, aby byl umožněn odtok z povrchu vozovky v příčném směru s cílem zkrátit dráhu vody po povrchu vozovky v podélném směru (JUŠKO, 2008).

Nezpevněné lesní cesty jsou poškozovány erozí působenou soustředěnými srážkovými vodami, které stékají po jejich koruně. Tato voda se soustředí do depresí v koruně způsobovaných provozem, zejména přibližováním vytěžených kmenů v polozávěsu za traktorem. Obecně se škody

erozí zvětšují při zvyšujícím se podélném sklonu lesní cesty a při zvyšujícím se průtočném množství vody. Za jinak stejných podmínek je velikost těchto škod ovlivněna zrnitostním složením podložní zeminy (DOBIÁŠ, 2005).

V místech s nedostatečným spádem dochází k ukládání splaveného materiálu na vozovce a v příkopech je znemožněn odtok vody. I v mírně vyjetých kolejích a výtlocích se drží voda ještě dlouho po dešti a při průjezdu vozidla dochází k pokračujícímu poškozování vozovky. Překážky v příkopech mají za následek hromadění vody v příkopech a následné podmáčení tělesa cesty. V konečném důsledku dochází k přelití vody přes těleso komunikace a poškození vozovky a zemního tělesa cesty (HRŮZA, 2008).

DVORŠČÁK (1985) zjistil, že při výstavbě cest dochází ke značným odchylkám od projektovaného tvaru cesty, nebývá dodržen projektovaný sklon výkopových a násypových svahů.

Výsledkem je pak sesypávání svahů a zanášení příkop, svah se špatným sklonem pak nezaroste vegetací a problém eroze a sesypávání je tak trvalý.

POTOČNIK (2008) se zabýval včleňováním cesty do lesního prostředí, ve kterém se nachází. Při stáří lesní cesty větším než 30 let můžeme předpokládat menší náklady na údržbu o 50 %, které jsou přímo způsobené dopadem srážek na povrch cesty.

MARTIN (1999) použitím neparametrické statistické metody našel úzký vztah mezi množstvím výtluků a stavem odvodnění. V 84 % případů nevyhovující stav povrchu připsal neadekvátnímu odvodnění.

### **1.9.2 Zemní pláň**

---

Škody erozí na nezpevněných lesních cestách mohou značně omezit jejich sjízdnost a tím omezit jejich funkci. Je proto třeba trvale věnovat zvýšenou péči opatřením, která by jim zabraňovala (DOBIÁŠ, 2005).

ОТЕПКА, DORČÍK (1979) uvádějí, že pro jílovité, slídotivé a jílovitohlinité půdy, které jsou produktem zvětrávání flyšových hornin, je charakteristické rychlé rozbahnění až rozbředání.

Cesty vedoucí po vrstevnici a cesty s mírným sklonem vyžadují méně údržby a produkují méně sedimentů. Štěrkový povrch je nejlepší, ale i zatravněná koruna cesty je dobrá, pokud není provoz intenzivní a může být kontrolován uzavřením v případě vlhkého počasí. Jestliže je k dispozici jen malé množství štěrkového materiálu, měl by být použit na vzestupné sklony, špatně sjízdné půdy, v poklesech a v blízkosti brodů (SWIFT, 1988).

Poškozování nezpevněné lesní cesty při přibližování vytěžených kmenů nelze zabránit, poškození se však podstatně zmenší, bude-li se přibližovat za sucha nebo za mrazu a na sněhu.



Systematická a včasná údržba pak zabrání prohlubování vyjetých kolejí a rýh od vlečených kmenů a tím zvyšování tangenciálního napětí u dna proudící soustředěné srážkové vody, které působí erozi (DOBIÁŠ, 2005).

HANÁK (1992) vypočítal vzájemné rozestupy svodnic vzhledem ke klimatické charakteristice oblasti.

Mnoho autorů také uvažuje použití různých zbytkových materiálů pro zpevnění lesních cest. MRÁZ (1980) se zabýval využitím odpadních trusek, SHOOK (1988) se zabýval zpevněním povrchu zemních cest dřevní štěpkou, BUSS (1984) využitím pilin a ostatních dřevních odpadů. MACHADO ET AL. (2006) zkoumal využití odpadní celulózy.

### 1.9.3 Vozovky

---

Vozovka jako nejnákladnější část stavby při svém zničení představuje největší ekonomickou ztrátu. Současný stav vozovky (je-li jí cesta opatřena), tedy míra jejího porušení, má také rozhodující vliv na provoz na lesní cestě, rychlost a bezpečnost jízdy.

Vozovky účelových komunikací jsou ve srovnání se sítí veřejných cest méně dopravně vytížené, avšak náročnost dopravy, zátěž vozovek, únosnost podloží a konstrukčních vrstev vyžaduje specifickou produkční pozornost. (ŠEVELOVÁ, KOZUMPLÍKOVÁ, 2009)

VÉBR, GALLO (2006) vypracovali katalog vozovek polních cest, který lze využít i k projektování jiných účelových komunikací, například lesních cest.

HANÁK (2000) vypracoval katalog netuhých vozovek a provozních zpevnění lesních odvozních cest.

JUŠKO (2007, 2008) se zabýval erozními procesy na štěrkových vozovkách, vytvořil regresní model schopný předpovídat budoucí erozní ztráty a zkoumat vliv jednotlivých erozních činitelů na jejich rozsah.

Základním prostředkem proti nadměrné erozi je respektování technického zabezpečení tělesa cesty proti účinkům vody a dopravy. Jde především o důsledné dodržení optimálního sklonu budovaných cest, výstavbou nutného odvodňovacího zařízení, zpevnění koruny a zatravněním výkopových a násypových svahů a maximální rozptýlení vody tečící po tělese cesty (JUŠKO, 2007).

Vozovka musí plnit požadované provozní funkce, odpovídající dopravnímu významu komunikace tzn. že, musí umožňovat bezpečný, plynulý, rychlý, hospodárný a pohodlný provoz. Schopnost plnit tyto požadavky je vyjádřena spolehlivostí vozovky (PIPKOVÁ A KOL., 2006).

Dle Technických podmínek TP 170 Navrhování vozovek pozemních komunikací (aktualizace TP v roce 2006) (VÉBR ET AL., 2006) se vozovky účelových komunikací navrhují na návrhovou úroveň porušení D2 – porušení plošnými konstrukčními poruchami je menší než 25 % plochy vozovky.

Při odvozu dříví z lesních komplexů se dnes uplatňují odvozní soupravy s vyšší celkovou hmotností a většími rozměry, než tomu bylo v minulosti. To souvisí s rozvojem sortimentní těžební metody a nárůstem vzdálenosti, na kterou je dříví dopravováno. V současné době preferují autodopravci přípojná vozidla větších rozměrů, která umožňují odvoz většího množství dříví a tím snižují náklady na dopravu dříví v přepočtu na ložený m<sup>3</sup>. V praxi tak dochází k nahrazování nákladních automobilů s přívěsy a automobilů s polopřívěsy, těžkými tahači s návěsy umožňujícími přepravu sortimentů. Při snaze dopravců o co největší ekonomickou efektivitu odvozu dochází nejen k nárůstu hmotnosti odvozních souprav až na maximální váhu povolenou zákonem, ale i k častému přetěžování nákladních souprav. Na tato nová zatížení nebyla dopravní síť projektována, a proto dochází k silnému opotřebením a deformaci vozovek. Doprava dříví z lesních komplexů do dřevozpracujících závodů probíhá po lesních odvozních cestách a následně po veřejných komunikacích.

Provoz na pozemních komunikacích a podmínky provozu na pozemních komunikacích jsou upraveny zákonem č. 361/2000 Sb., ve znění pozdějších úprav, zákonem č. 13/1997 Sb. o pozemních komunikacích a prováděcí vyhláškou č. 104/1997 Sb. Dále zákonem č. 56/2001 Sb., o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích, a prováděcími předpisy, zejména pak vyhláškou č. 341/2002 Sb., o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách vozidel na pozemních komunikacích. Vyhláška 341/2002, v platném znění, stanoví v příloze mimo jiné maximální zatížení jednotlivých náprav vozidla, nebo soupravy vozidel. Maximální celková hmotnost jízdní soupravy je 48 tun.

Přetížení těžkých vozidel snižuje životnost konstrukce vozovky a zvyšují se dodatečné náklady na údržbu a obnovu vozovky. Předčasné zhoršování infrastruktury nevyhnutelně ohrožuje bezpečnost silničního provozu. (PILLAY, BOSMAN, 2001)

Vozidla poškozující silnice a zvyšují náklady na opravy silnic. Vytvářejí negativní externalitu zvýšením provozních nákladů následných vozidel. (NEWBERY, 1988).

Poškozováním vozovek těžkými automobily se dále věnovali například GILLESPIE, KARAMIHAS (1994), SEBAALY (1992).

STACHERA a KLČ (1991) zkoumali průhyb a provozní výkonnost vozovek, zjistili, že důležitou charakteristikou lesních cest je jejich podloží, tj. druh zeminy, její fyzikálně-mechanické vlastnosti.

O únavě vozovek lesních cest z krátkodobého hlediska (do 10 – 12 let) se zmiňuje ZELINKA (1991, 1996, 1999). Dochází k závěru, že u vozovek s krytem z PAH (penetrační makadam hrubý) s tloušťkou 10 cm je nutné po 8 – 10ti letech používání u většiny vozovek lesních cest uvažovat o zesílení vozovky obalovanou živičnou směsí.

Únava vozovky je funkcí více proměnných a to např.: intenzita dopravy, doba používání vozovky, kvalita cestních stavebních materiálů, klimatické podmínky (teplota, vlhkost, sluneční záření) dále druh podloží, umístění trasy cesty (les, bezlesí), stárnutí asfaltu, mechanické účinky opotřebování vrstvy a další faktory (ZELINKA, VACEK, 2006).

Poškozování lesní cestní sítě je možné omezit použitím odpovídajících technických opatření u vozidel. BRITO ET AL. (2008) se zabýval na výzkumném objektu deformací vozovek při pojíždění vozidel s různou vahou. Závěrem jeho práce je, že neekonomičtější prostředkem pro snižování poškození vozovek lesních cest je tlak vzduchu v pneumatikách a změna zatížení nápravy.

OWENDE (2001) se taktéž zajímal o tlak v pneumatikách. Prokázal, že tlak na podloží je hlavně závislý na zatížení nápravy, které tedy následně určuje narušení povrchu při prohnutí vozovky. Nižší tlak v pneumatikách odvozních souprav prodlužuje životnost bitumenových vozovek. Dále zjistil, že prázdná odvozní souprava s tlakem v pneumatikách 770 kPa působí únavu vozovky a s tím související poškození větší než plně naložená odvozní souprava s tlakem 350 kPa v pneumatikách.

KESTLER (2007) uvádí, že poškození na účelových komunikacích v zamrzajících oblastech může být drženo na minimu užitím sezónních omezení provozu.

TRZCINSKI (2007) se zabýval nosnou kapacitou štěrkových cest a štěrkových cest zpevněných jílovým kalem, shledal ale jejich nosnou kapacitu jako nedostačující.

ZELINKA (1986) se ve svém výzkumu zabýval výstavbou odvozních cest bez vybudování příkop. Zaměřil se na porovnání ceny vozovky dimenzované za předpokladu, že bude mít neustále funkční odvodnění, s cenou vozovky dimenzované na předpoklad, že bude většinu roku podmáčená. Cenové rozdíly považuje vzhledem k ceně projektu za nevýrazné.

## 2 Cíl a metodika řešení disertační práce

---

### 2.1 Základní záměr a metody řešení

---

Cílem práce byla optimalizace a restrukturalizace lesní dopravní sítě v modelovém flyšovém území s důrazem na lesní odvozní cesty. Práce se zaměřila na optimalizaci a restrukturalizaci sítě odvozních cest na území vybrané modelové lesní správy Ostravice.

**Optimalizace** sítě byla posouzena podle zjištěných ukazatelů lesní cestní sítě, které vypovídají o úrovni dopravního zpřístupnění lesa. Práce měla dále za úkol posoudit návrh dostavby sítě odvozních cest porovnáním parametrů současné sítě odvozních cest (vyjádřené ukazateli lesní dopravní sítě) s parametry sítě s dobudovanými odvozními cestami plánovanými v Oblastních plánech rozvoje lesů (OPRL) vypracovanými ÚHÚL.

**Restrukturalizace** sítě byla navržena podle zjištěného současného stavu lesních odvozních cest. Pro jeho zjištění byl proveden plošný terénní průzkum sítě odvozních cest na daném modelovém území. Evidován byl současný stav cest 1L a 2L. Restrukturalizace byla navržena se zaměřením na zlepšení kvality provozu na lesních cestách a minimalizaci ekologických škod působených sítí odvozních cest. Dále byly hledány všeobecně platné závislosti úrovně porušení vozovek (zemních plání) na vybraných faktorech a byly zjišťovány a kvantifikovány hlavní ekologické dopady sítě odvozních cest.

### 2.2 Optimalizace sítě odvozních cest.

---

#### 2.2.1 Posouzení současné sítě odvozních cest

---

Práce měla za úkol zjistit a posoudit kvalitu současné sítě odvozních cest dle spočtených ukazatelů lesní dopravní sítě na modelovém území. Spočtena byla hustota odvozních cest, rozestup odvozních cest, teoretická přibližovací vzdálenost a procento zpřístupnění lesa.

Pro vypracování posouzení a optimalizace byly použity digitální data OPRL dodaná ÚHÚL, jež byly zpracovány programem ArcGIS 9.1 a tabulkovým editorem. Byla spočtena hustota lesních odvozních cest, rozestup a teoretická přibližovací vzdálenost. Pro zjištění procenta zpřístupnění lesa

bylo využito GIS analýzy. V programu ArcGIS 9.1 byly okolo vrstev cest vytvořeny oboustranné buffery. Části bufferu nenacházející se na lesní půdě byly ořezány. Šířky bufferů vycházejí ze vzorce:

$$\check{s} = \frac{5000}{H} \quad (\text{m})$$

kde:  $\check{s}$  – šířka bufferu na jednu stranu

H – hustota sítě odvozních cest

### 2.2.2 Posouzení návrhu dostavby lesní cestní sítě

---

Dílčím cílem práce bylo posouzení plánované dostavby lesní dopravní sítě v modelovém území z hlediska kvantitativní úrovně dopravního zpřístupnění lesa a poměrného zpřístupnění lesa. Práce měla za úkol porovnat parametry současné lesní dopravní sítě s parametry lesní dopravní sítě s dobudovanými odvozními cestami plánovanými v Oblastních plánech rozvoje lesů.

Digitální data OPRL dodaná Ústavem pro hospodářskou úpravu lesů byla zpracována stejným způsobem jako v předchozí části. Navrhované úseky byly ale považovány za vybudované.

## 2.3 Restrukturalizace sítě odvozních cest

---

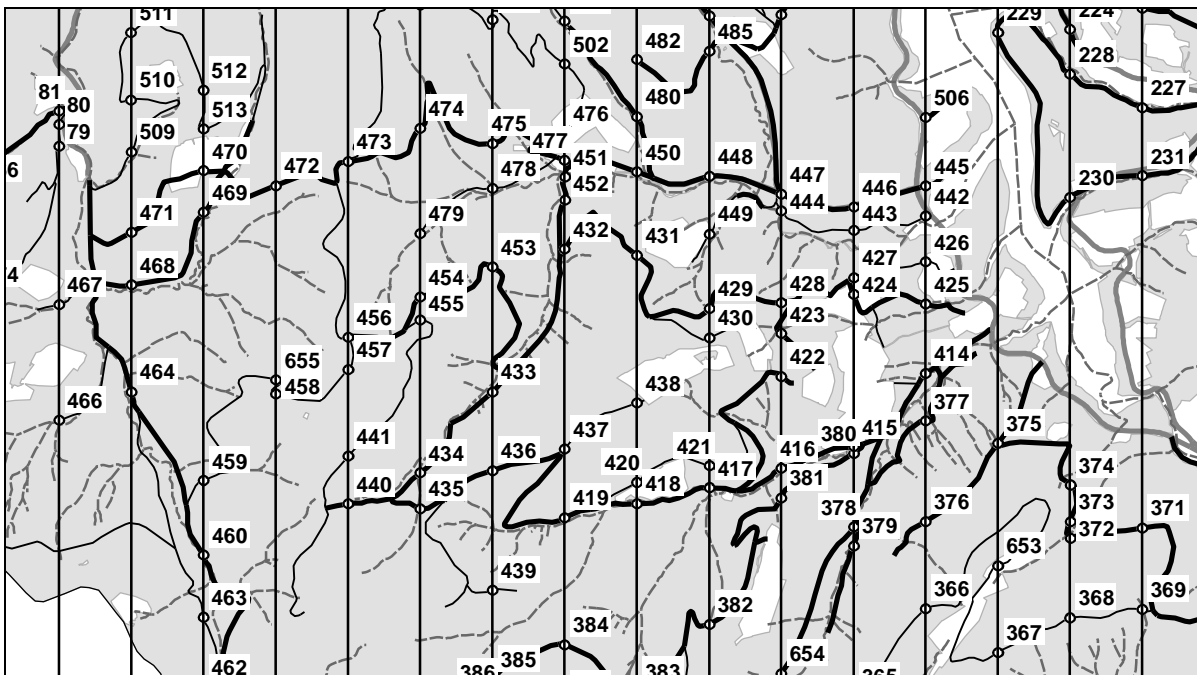
Podle zjištěného současného stavu sítě lesních cest a spočtených ukazatelů sítě lesních odvozních cest byla zpracována doporučení restrukturalizace sítě odvozních cest. Byla navržena změna současného poměru zastoupení tříd lesních cest a poměru cest s jednotlivými druhy zpevnění.

### 2.3.1 Zjištění současného stavu sítě odvozních cest

---

Pro dosažení cíle práce bylo provedeno zjištění a posouzení současného stavu sítě odvozních cest na modelovém flyšovém území pomocí terénního průzkumu. Pod **současným stavem lesní cesty** se rozumí míra porušení vozovky nebo koruny zemní cesty, přítomnost a stav odvodnění, objektů a vybavení lesní cesty a míra porušení tělesa lesní cesty. Pod pojmem **úroveň porušenosti cesty** se myslí procentické vyjádření zastoupení konstrukčních porušení a opotřebení na ploše vozovky nebo jízdního pruhu zemních cest.

Vrstvy digitálních dat sítě odvozních cest na daném území byly zpracovány v programu ArcGIS 9.1. Modelovým územím byly vedeny v pravidelných rozestupech 500 m přímky – transekty. V místech, kde přímka transektu přetnula síť odvozních cest, vznikly body terénního měření (obr. 15).



**Obr. 15:** Ukázka protnutí sítě odvozních cest transekty s rozstupem 500 m

V případě že transekt protnul cestu v místech, která by byla od sebe vzdálena méně než 100 m, byl vytvořen nový bod mezi těmito původními body. Byl v bodech proveden terénní průzkum. Bod měření byl nalezen pomocí přístroje GPS. Následně byl prozkoumán úsek cesty dlouhý 100 m v okolí protnutí, přičemž místo protnutí bylo středem.

Pro následné vyčíslení parametrů a zjištění současného stavu lesních cest byl použit upravený „Katalóg porušení a závad na lesných cestách“ autorů KLČ, KRÁLÍK (1991). Byly evidovány tyto údaje:

**Délka úseku** terénního měření, obvykle 100 m.

**Šířka vozovky** lesní cesty v bodu měření. U zemních cest bez vozovky byla evidována šířka jízdního pruhu. Údaje byly následně využity pro výpočet záboru produkční plochy sítě odvozních cest. Pro určení celkového záboru půdy byly evidovány dále **parametry výhyben a lesních skladů a skládek** přítomných v měřeném úseku.

**Vegetace** - evidováno bylo procento pokrytí vegetací na vozovce nebo na jízdním pruhu zemní cesty.

**Současný stav bitumenových vozovek** – zaznamenávána byla plocha výtluku, prolomeného okraje, plocha mozaiky trhlin, plocha poškozené obrusné vrstvy, vytlačeného středu, kolejí, plocha podélných rýh, délka příčných a podélných trhlin.

**Současný stav šterkových vozovek** – evidována byla plocha prolomeného okraje, plocha plošné eroze; plocha a objem výtluku, plocha a objem erozní rýhy a vytlačeného středu a kolejí.

**Současný stav koruny zemních cest** – měřena byla porušení v místě jízdního pruhu. Byla měřena plocha prolomeného okraje, plošné eroze, plocha vytlačených kamenů, plocha a objem děr, erozních rýh, plocha a objem kolejí (porušení „vytlačený střed“ je vzhledem k nejednoznačnosti určení zařazeno pod porušení kolejemi).

**Eroze výkopu a násypu** – byla evidována plocha obnažené půdy v místě výkopů a násypů.

**Stav odvodnění**, byla zaznamenávána délka vybudovaných příkop u úseku cesty, měřena délka jejich zanesení, dále počty propustků, svodnic a jejich stav.

**Délky objektů a bezpečnostních prvků** na lesních cestách. Zaznamenávána byla délka opěrných zdí, mostů, svodidel a počet závor.

### 2.3.2 Použité pomůcky

---

Pro vyhledání bodu terénního průzkumu podle zjištěných souřadnic byl použit standardní turistický GPS přijímač Garmin Etrex Legend. V případě tohoto výzkumu nešlo o zaměřování bodů v terénu, ale pouze o vyhledávání míst měření. Nepříliš velká přesnost určení polohy tímto přístrojem tedy nebyla na závadu. Pro měření šířky cesty a délek bylo použito měřicí kolečko. Při měření vznikala kladná chyba způsobená pojezdem kolečka po nerovném terénu, která je prakticky zanedbatelná. Dále byl pro měření poškození používán svinovací metr.

### 2.3.3 Průběh výzkumu

---

Celkově vzniklo 605 bodů, které byly v rámci výzkumu v terénu vyhledány. V jejich okolí byly změřeny úseky o celkové délce 60,03 km. Terénní průzkum probíhal v letních a podzimních měsících v letech 2008-2010. Body, ve kterých bylo provedeno terénní měření, ukazuje obrázek č. 16. Úseky lesních odvozních cest se zaznamenaným technickým stavem tvoří 11,61 % lesních odvozních cest nacházejících se na modelovém území Lesní správy Ostravice. Zjištěná data byla následně přepočtena na 517,04 km odvozních cest LS Ostravice zjištěných dle digitálních vrstev OPRL dodaných ÚHÚL.



## LEGENDA

- bod terénního průzkumu
- vodní tok
- veřejné cesty
- Lesní správa Ostravice
- lesní prostor

### Třída lesní cesty

- 1L
- 2L



Obr. 16: Mapa bodů terénního měření



### 2.3.4 Matematicko-statistická analýza

---

Data získaná terénním měřením byla staticky zpracována tabulkovým editorem a statistickým programem R 2.8.0. Zjištěné hodnoty byly následně přepočteny na celkovou síť odvozních cest na území LS Ostravice.

K testování provozní výkonnosti – tedy míry porušení jednotlivých druhů vozovky byl použit Kruskal-Wallisův test. V této části výzkumu se jednalo o posouzení průjezdnosti cest, při statistickém zpracování bylo u bitumenových vozovek vynecháno porušení mozaika trhlin, protože nemá vliv na jízdu vozidla. Přistoupeno bylo k neparametrickému testu z důvodu silné narušení normality a homoskedasticity dat. Mnohonásobné porovnání mezi jednotlivými druhy vozovek bylo provedeno Mann-Whitney testem s Bonferroniho korekcí.

Pro statistické vyhodnocení závislosti měřených skutečností byly použity Paersonovy korelační koeficienty, tedy parametrický statistický test zjišťující, jak těsný je vztah proměnných. Ověření výsledných Paersonových koeficientů u vztahu podélného odvodnění a porušenosti cesty konstrukčními porušeními bylo provedeno porovnání vybraných souborů dat. Výsledek byl ověřen Mann-Whitney testem. Pro každý druh povrchu byl z dat vybrán soubor úseků, které měly vybudováno podélné odvodnění v plné délce a soubor úseků, které podélné odvodnění neměly vybudováno vůbec.

## 3 Výsledky

---

### 3.1 Optimalizace sítě odvozních cest

---

V následující části je rozebrána problematika optimalizace stávající lesní cestní sítě, výsledky vycházejí z GIS analýzy digitálních dat dodaných ÚHÚL.

#### 3.1.1 Ukazatele současné lesní sítě

---

Tabulka č. 4 uvádí charakteristiky území lesní správy Ostravice – plochu území, plochu lesních porostů, délku odvozních cest a plochu jednotlivých zón CHKO Moravskoslezské Beskydy.

**Tab. 4:** Území Lesní správy Ostravice

plocha lesní správy	23935,43 ha	zóna 1	1478,73 ha
plocha lesních porostů	19573,10 ha	zóna 2	4356,54 ha
lesnatost	81,77 %	zóna 3	106,29 ha
délka vybudovaných odvozních cest	517,04 km	zóna 4	41,50 ha

Tabulka č. 5 uvádí zjištěnou délku a zastoupení jednotlivých tříd odvozních cest. Údaje jsou zjištěny z digitálních vrstev OPRL. Délka odvozních cest je 517 km, poměr tříd 1L a 2L je přibližně 1:1.

**Tab. 5:** Délka a zastoupení tříd odvozních cest

1L	290,97 km	56,28 %
2L	226,07 km	43,72 %
celková délka odvozních cest	517,04 km	100,00 %

Pomocí GIS nástrojů byly zjištěny ukazatele lesní cestní sítě v modelovém území lesní správy Ostravice, které určují míru rozvinutosti lesní cestní sítě. Hodnoty jednotlivých ukazatelů uvádí tabulka č. 6.

**Tab. 6:** Ukazatele lesní cestní sítě na území Lesní správy Ostravice

hustota sítě	26,42	m.ha <sup>-1</sup>
rozestup odvozních cest	378,55	m
teoretická přibližovací vzdálenost	94,64	m
procento zpřístupnění lesa	70,44	%

### **HUSTOTA**

Na území lesní správy Ostravice byla zjištěna hustota sítě lesních odvozních cest 26,42 m.ha<sup>-1</sup>, která svědčí o značné rozvinutosti sítě odvozních cest na zkoumaném území. Dle literatury, která bude podrobně rozebrána v diskusi, se jeví tato hustota jako optimální.

### **ROZESTUP**

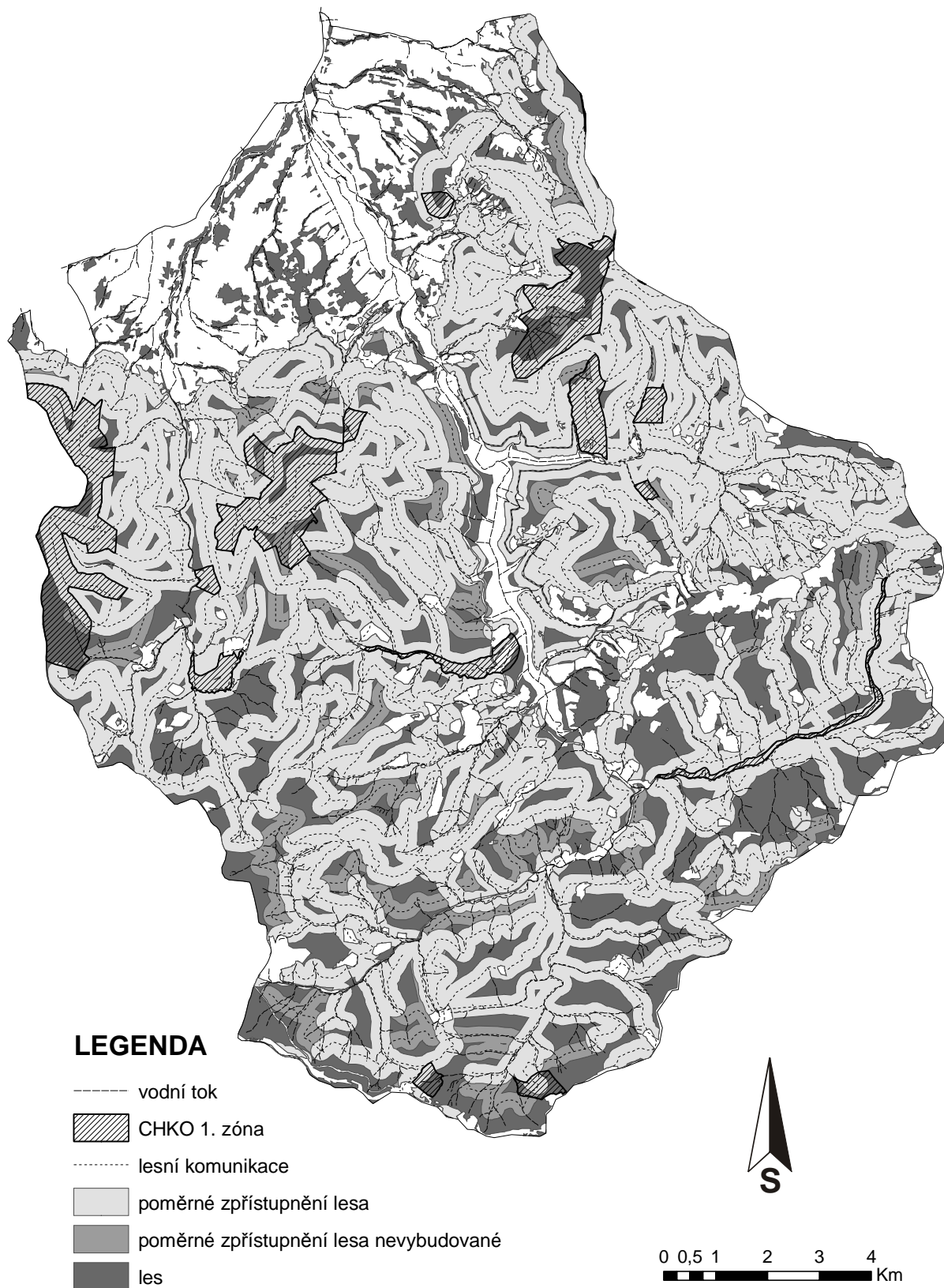
Na lesní správě Ostravice byl spočten rozestup odvozních cest 378,55 m. To odpovídá i běžnému dosahu střednětraťových lanovek, který je 400-500 m. Tento údaj spočtený obecně pro celou plochu zkoumaného území nemá dostatečnou vypovídající hodnotu, jelikož neříká nic o racionalitě nebo rovnoměrnosti rozmístění odvozních cest.

### **PŘIBLIŽOVACÍ VZDÁLENOST**

Zjištěná teoretická přibližovací vzdálenost je 94,64 m. Pro přibližovací vzdálenost ale platí to samé co pro rozestup. Tento ukazatel lesní cestní sítě zobecněně spočtený pro celé modelové území není možné brát jako směrodatný.

### **POMĚRNÉ ZPŘÍSTUPNĚNÍ**

Poměrné zpřístupnění vyjadřuje efektivitu sítě odvozních cest – tedy racionalitu rozmístění cest na zpřístupňovaném území. Mapu poměrného zpřístupnění porostů lesní správy Ostravice sítě odvozních cest ukazuje obrázek č. 17. GIS analýzou zjištěné poměrné zpřístupnění je 70,44 %, což je možné považovat za dostatečně efektivní pokrytí zpřístupňovaných porostů.



**Obr. 17:** Poměrné zpřístupnění modelového území – v současnosti, po dostavbě

### 3.1.2 Posouzení návrhu dostavby lesní cestní sítě

Dílčím cílem práce bylo posouzení plánované dostavby lesní dopravní sítě v modelovém území z hlediska kvantitativní úrovně dopravního zpřístupnění lesa a poměrného zpřístupnění lesa. Práce měla za úkol porovnat parametry současné lesní dopravní sítě s parametry lesní dopravní sítě s dobudovanými odvozními cestami plánovanými v Oblastních plánech rozvoje lesů.

Tabulka č. 7 uvádí srovnání ukazatelů lesní dopravní sítě v současném stavu a ve stavu po dostavbě zbylých plánovaných odvozních cest OPRL.

**Tab. 7:** Porovnání parametrů současné LDS a parametrů LDS po dostavbě

Současná		Po dostavbě	
délka cest	517,04 km	délka cest	616,99 km
1L	290,97 km	nově vybudované cesty	99,94 km
2L	226,07 km		
hustota sítě	26,42 m.ha <sup>-1</sup>	hustota sítě	31,52 m.ha <sup>-1</sup>
rozestup odvozních cest	378,55 m	rozestup odvozních cest	317,23 m
plocha bufferu	13787,69 ha	plocha bufferu	14050,14 ha
procento zpřístupnění lesa	70,44 %	procento zpřístupnění lesa	71,78 %
teoret. přibližovací vzdálenost	94,64 m	teoret. přibližovací vzdálenost	79,31 m

Na území lesní správy Ostravice se v současnosti nachází 517,04 km odvozních cest třídy 1L a 2L (dle klasifikace ÚHÚL), v OPRL je plánována dostavba dalších 99,94 km odvozních cest, jejich celková délka se tak navýší o 19,33%. S nárůstem délky odvozních cest souvisí i stejnoměrné navýšení nákladů na jejich údržbu.

Současná **hustota odvozních cest** je 26,4 m.ha<sup>-1</sup>, v diskuzi je tato hustota hodnocena jako vyhovující. Nízká hustota odvozních cest tedy nemůže být argumentem pro realizaci dostavby.

**Rozestup odvozních cest** je odvozen od jejich hustoty a v současnosti činí 378,55 m, po dostavbě by byl 317,23 m. Tento údaj však pouze ukazuje modelový rozestup, který v terénu, při návrhu a výstavbě lesní dopravní sítě, není možno dodržet. Pro praktické využití tento údaj nemá význam.

**Teoretická přibližovací vzdálenost** je v současnosti 94,63 m, po dostavbě by se snížila na 79,31 metrů, což je o 16,2 %. Snížení teoretické přibližovací vzdálenosti a rozestupu odvozních cest by mohlo znamenat snížení nákladů spojených nejen s těžbou dříví, pěstováním porostů

a dalšími činnostmi souvisejícími s využitím lesní dopravní sítě. Pro teoretickou přibližovací vzdálenost však platí to samé co pro rozestup – vypovídající hodnota tohoto parametru je velmi nízká a nelze podle údaje spočteného pro celé rozsáhlé území lesní správy usuzovat, zda se za dobu životnosti nově vybudovaných lesních cest dosáhne návratu investovaných prostředků.

Dále, v tržním prostředí českého lesnictví není ve většině případů soustředování dříví realizováno stejným subjektem, který vlastní lesní dopravní síť. Cena sjednaná se subdodavatelem realizujícím soustředování není striktně vázaná na rozvinutost lesní cestní sítě, ale je výsledkem tržního prostředí a dohody obou stran. Nelze proto usuzovat, zda by se vybudováním dalších cest dosáhlo úspory nákladů na straně majitele lesní cestní sítě a zda by se tato úspora za dobu životnosti budovaných cest alespoň vyrovnala investovaným prostředkům.

**Poměrné zpřístupnění lesa** zjištěné GIS analýzou současné sítě a sítě s dobudovanými úseky ukazuje obrázek č. 17 výše. Dostavbou lesní cestní sítě se procento zpřístupnění zvedne pouze o 1,34%, což znamená, že vzhledem k velkým nákladům spojeným s výstavbou nových odvozních cest a novým nákladům spojeným s údržbou větší sítě odvozních cest nedojde k výraznému zvýšení účinnosti zpřístupnění porostů.

Tabulka č. 4 výše ukazuje, že 1. zóna CHKO (zóny dle zákona 114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny), ve které je uplatňováno bezzásahové hospodaření zabírá 7,55 % lesních porostů. 4,54 km plánovaných odvozních cest prochází územím 1. zóny, nebo jej zpřístupňuje. V těchto porostech tedy není výstavba nových lesních cest současnou legislativou umožněna.

Celkovým dobudováním by nedošlo k výraznému zvýšení procenta zpřístupnění porostu. S ohledem na nejistý ekonomický efekt by se budoucí výstavba měla zaměřit spíše na propojení stávajících cest než na plošné zpřístupňování lesa, které se ze současného pohledu jeví jako dostačující a vyhovující. Také je možno doporučit soustředění budoucí výstavby do jižní části polesí, která vykazuje vyšší podíl nezpřístupněných ploch. Při dostavbě lesních cest by mělo být počítáno se zvýšeným využitím vhodných lanových systémů, které jsou ohleduplnější k půdě. S ohledem na flyšové podloží celého území by zde, dle zásad zpřístupnění pro flyš, měly základ zpřístupnění tvořit odvozní cesty třídy 1L. Lesní cesty třídy 1L v současnosti tvoří 56,28 % odvozních cest, proto by se výstavba měla zaměřit spíše na přebudovávání současných cest nižších tříd na vyšší.

## 3.2 Restrukturalizace sítě odvozních cest

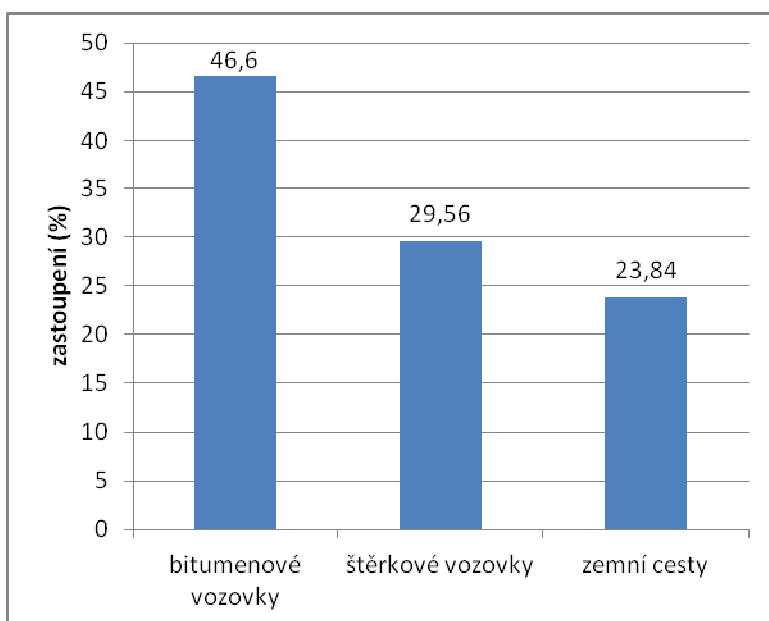
Následující kapitola prezentuje výsledky terénního měření současného stavu odvozních cest a úroveň porušenosti odvozních cest na území Lesní správy Ostravice.

### 3.2.1 Zjištěný současný stav

Terénním měřením zjištěné zastoupení typů vozovek – povrchů odvozních cest opatřených ukazuje tabulka č. 8, jejich porovnání graf 2.

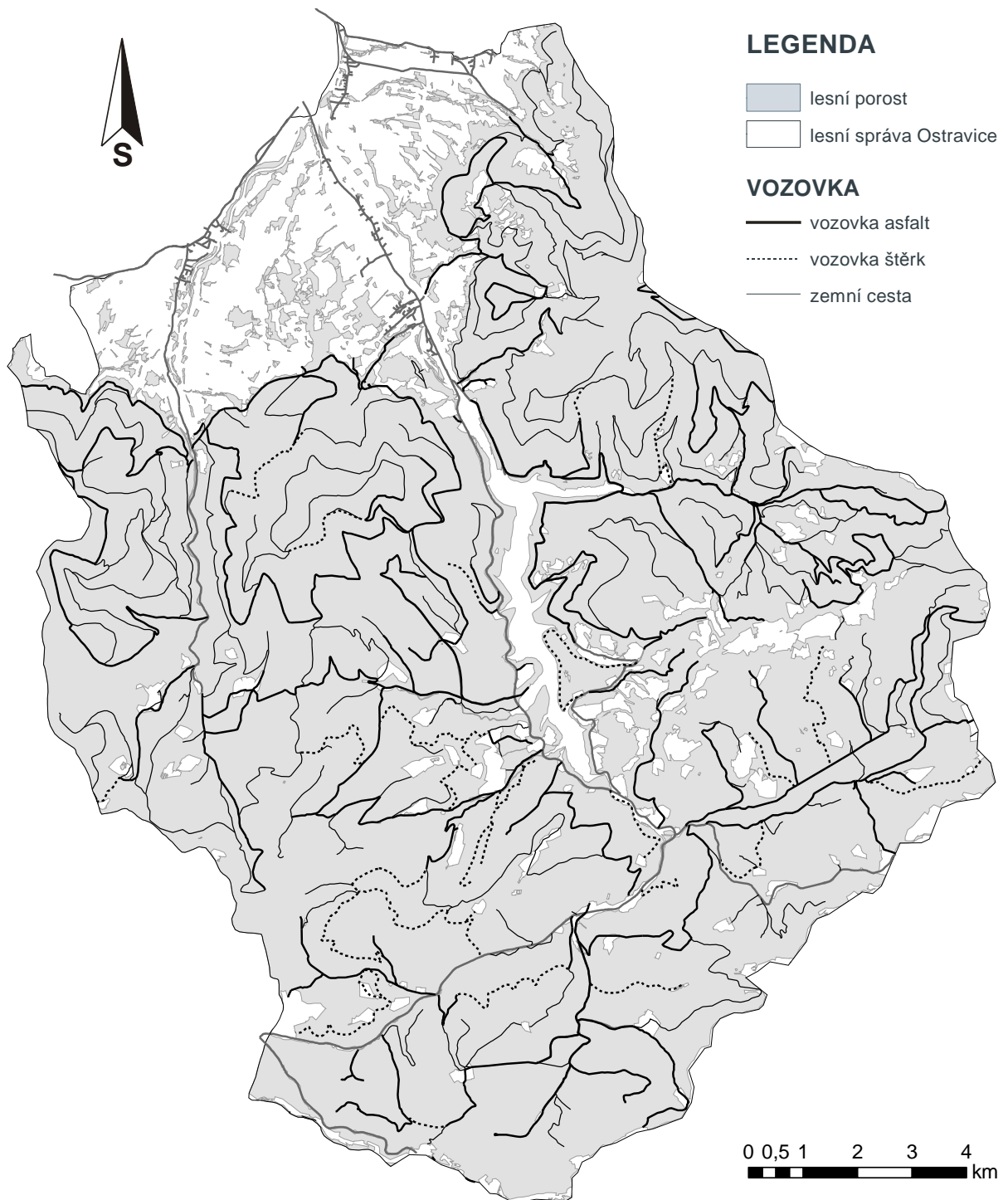
**Tab. 8:** Zastoupení tříd lesních cest a druhů vozovek

druh povrchu	zastoupení	délka
bitumenová vozovka	46,60 %	240,92 km
štěrková vozovka	29,56 %	152,85 km
zemní cesta	23,84 %	123,28 km



**Graf 2:** Zastoupení odvozních cest opatřených vozovkou a zemních odvozních cest

Obrázek č. 18 ukazuje mapu povrchů lesních odvozních cest evidovanou ÚHUL v OPRL. Zobrazené povrchy rámcově odpovídají povrchům zjištěným terénním měřením. Mapa je uvedena jen informativně, pro zpracování práce byly brány v úvahu povrchy zjištění v bodě při terénním průzkumu.



**Obr. 18:** Mapa povrchů odvozních cest uváděných ÚHUL v OPRL



**Tab. 9:** Průměrné hodnoty zjištěné u jednotlivých typů cest

	bitumenové vozovky	štěrkové vozovky	zemní cesty
šířka	3,47 m	3,17 m	3,01 m
nadmořská výška	686,44 m n.m.	715,44 m n.m.	806,27 m n.m.
vegetace	1,71 %	21,49 %	47,49 %

Z tabulky č. 9 je patrné, že největší průměrnou budovanou šířku mají cesty opatřené bitumenovou vozovkou. Rozdílná nadmořská výška u jednotlivých typů cest ukazuje, že typy cest jsou používány v jiných podmínkách, ve vyšších nadmořských výškách jsou spíše umístěny odvozní cesty bez vozovky. Průměrné procentické pokrytí vegetací je u zemních a štěrkových cest možno chápat jako spíše pozitivní jev, u asfaltových cest je známkou poškození cesty.

V následujících tabulkách č. 10 – 13 jsou prezentována souhrnná data jednotlivých měřených skutečností.

### 3.2.1.1 Objekty na lesních cestách

Tabulka č. 10 ukazuje zastoupení mostů, svodidel a opěrných zdí, zpevnění brodů a cest v podmáčených lokalitách betonovými panely, dále přítomnost podélného a příčného odvodnění a jeho technický stav.

**Tab. 10:** Zastoupení objektů, jejich poměr k délce lesních cest a stav jejich údržby

Objekt, bezpečnostní prvek, odvodnění		poměr k délce cest	zaneseno
most	2568,76 m	0,50 %	-
svodidla	7611,46 m	1,47 %	-
opěrná zeď	6202,09 m	1,20 %	-
betonové panely	1573,15 m	0,3 %	-
příkopa	307035,78 m	59,38 %	1,34 %
svodnice	1914 ks	-	9,46 %
propustek	871 ks	-	4,95 %

Bylo zjištěno, že svodnicemi je vybaveno 22,91 % úseků zemních cest, 46,11 % úseků štěrkových cest a 18,64 % bitumenových cest. Zjištěná vybavenost bitumenových cest svodnicemi není obvyklá a četnost jejich zastoupení v modelovém území je překvapivá.

Zjištěné údaje ukazují stav údržby odvodnění odvozních cest, skutečnost, že je zaneseno pouze 1,34 % délkou podélného odvodnění by mohla ukazovat na dobrou péči o lesní dopravní síť

a poměrně dobré odvodnění. Je ale nutno podotknout, že délka zanesení nemá velkou vypovídací hodnotu, protože i několik zanesených metrů příkopy může vytvářet trvalé vodní „nádrže“, které podmáčejí těleso cesty. Údaj o délce objektů a stavu jejich zanesení na modelovém území může lesní správa Ostravice využít pro odhad investic do jejich údržby.

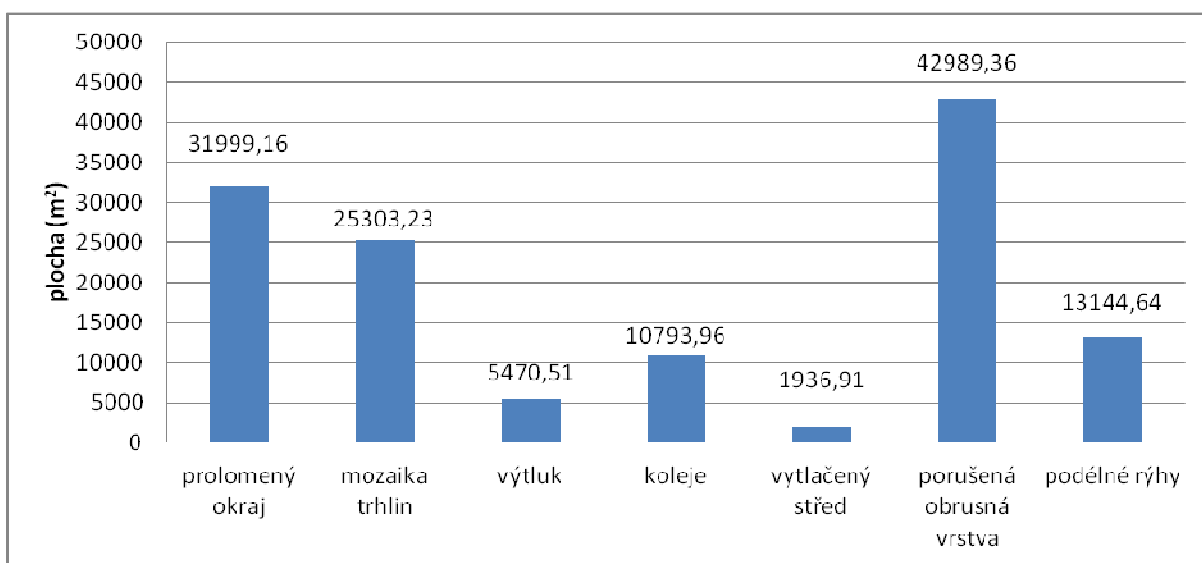
Tabulky 11 - 12 uvádějí zastoupení jednotlivých druhů porušení na celkové ploše vozovek – jízdních pruhů jednotlivých typů lesních cest.

### 3.2.1.2 Porušení bitumenových vozovek

Tabulka č. 11 a graf č. 3 uvádí plochu a zastoupení jednotlivých porušení bitumenových vozovek.

**Tab. 11:** Porušení bitumenových vozovek

Bitumenové vozovky			
prolomený okraj		31999,16 m <sup>2</sup>	3,82 %
podélná trhlina		11348,23 m	-
příčná trhlina		974,06 m	-
mozaika trhlin		25303,23 m <sup>2</sup>	3,02 %
výtluč		5470,51 m <sup>2</sup>	0,65 %
koleje		10793,96 m <sup>2</sup>	1,29 %
vytlačený střed		1936,91 m <sup>2</sup>	0,23 %
porušená obrusná vrstva		42989,36 m <sup>2</sup>	5,13 %
podélné rýhy		13144,64 m <sup>2</sup>	1,57 %



**Graf 3:** Plocha jednotlivých porušení bitumenových cest

12,16 % měřených úseků bitumenových cest (34 z 279,7) bylo porušeno konstrukčními porušeními nad hranici návrhového porušení D2 25 %. Rekonstrukci by tedy dle technických podmínek TP 170 vyžadovalo 29,30 km odvozních cest opatřených bitumenovou vozovkou. Nejčastějším konstrukčním porušením byl prolomený okraj 3,82 % a mozaika trhlin 3,02 % z plochy bitumenových vozovek na modelovém území.

Za konstrukční porušení byly v tomto případě považovány: prolomený okraj, mozaika trhlin, výtluk, koleje a vytlačený střed. Za porušení v důsledku opotřebení byly počítány: porušená obrusná vrstva a podélné rýhy. Podélná trhlina a příčná trhlina nemají plošný rozměr, proto do výpočtu plochy konstrukčního porušení nebyly započteny.

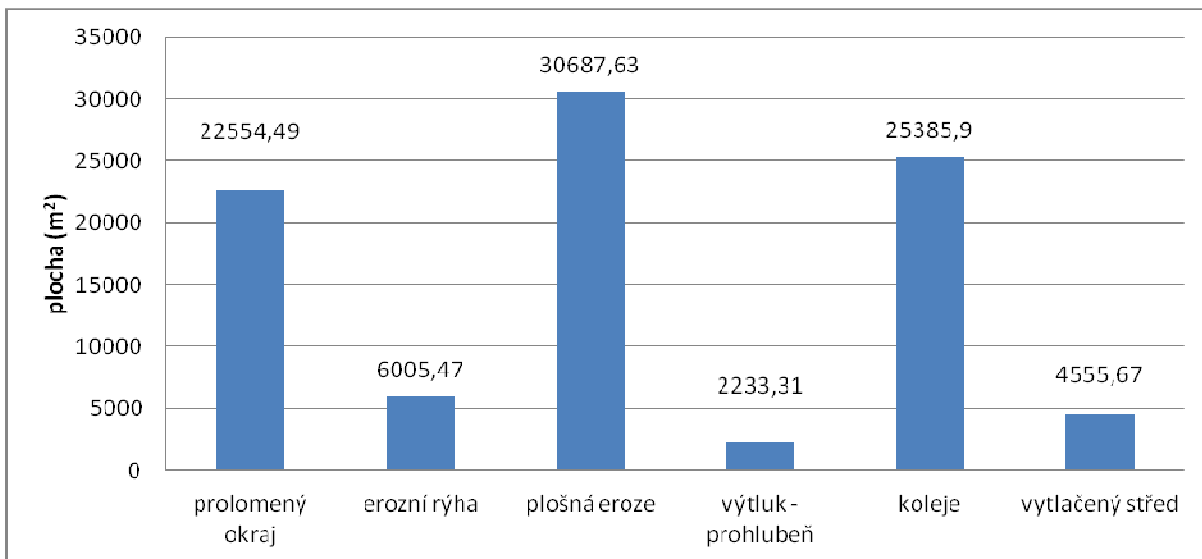
Z uvedených konstrukčních porušení většina vzniká v důsledku nedostatečné únosnosti vozovky, nebo v důsledku přetěžování náprav odvozních souprav nad hranici, na kterou byly vozovky projektovány.

### 3.2.1.3 Porušení štěrkových vozovek

Tabulka č. 12 a graf č. 4 uvádí zjištěnou plochu, zastoupení a objem jednotlivých porušení štěrkových vozovek.

**Tab. 12:** Porušení štěrkových vozovek

Štěrkové vozovky	plocha		objem
prolomený okraj	22554,49 m <sup>2</sup>	4,64 %	-
erozní rýha	6005,47 m <sup>2</sup>	1,24 %	643,74 m <sup>3</sup>
plošná eroze	30687,63 m <sup>2</sup>	6,32 %	-
výtluk - prohlubeň	2233,31 m <sup>2</sup>	0,46 %	280,10 m <sup>3</sup>
koleje	25385,90 m <sup>2</sup>	5,23 %	1996,81 m <sup>3</sup>
vytlačený střed	4555,67 m <sup>2</sup>	0,94 %	237,77 m <sup>3</sup>



**Graf 4:** Plocha jednotlivých porušení štěrkových vozovek

17,75 % měřených úseků štěrkových vozovek bylo porušeno konstrukčními porušeními nad hranici návrhového porušení D2 25 % (31,5 z 177,45). Rekonstrukci by dle technických podmínek TP 170 vyžadovalo 27,13 km štěrkových cest v modelovém území. Nejčastějším konstrukčním porušením byly koleje, které zaujímají 5,23 % plochy a prolomený okraj 4,64 % štěrkových vozovek. Obě porušení vznikají v důsledku nedostatečné únosnosti vozovek.

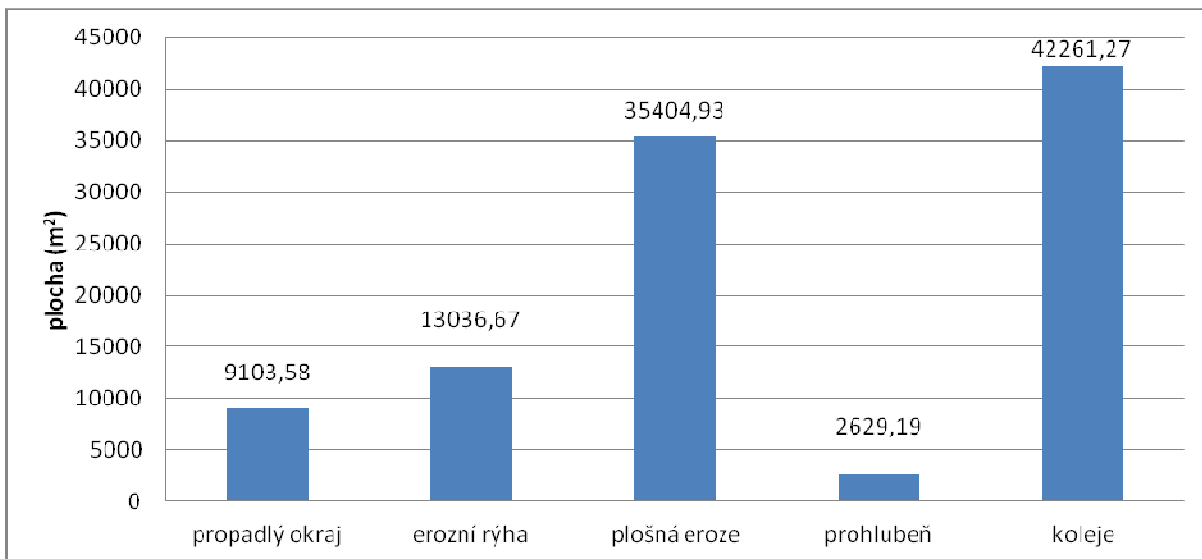
Za konstrukční porušení byly v tomto případě považovány: prolomený okraj, erozní rýha, výtluk-prohlubeň, koleje a vytlačený střed. Za porušení v důsledku opotřebení byly počítány: porušená obrusná vrstva a podélné rýhy. Podélná trhlina a příčná trhlina nemá plošný rozměr, proto se do výpočtu plochy konstrukčního porušení nepočítá.

#### 3.2.1.4 Porušení zemních cest

Tabulka č. 13 a graf č. 5 uvádí zjištěnou plochu, zastoupení a objem jednotlivých porušení zemních odvozních cest.

**Tab. 13:** Porušení zemních cest

Zemní cesty	plocha	objem
propadlý okraj	9103,58 m <sup>2</sup>	2,45 % -
erozní rýha	13036,67 m <sup>2</sup>	3,51 % 1626,37 m <sup>3</sup>
plošná eroze	35404,93 m <sup>2</sup>	9,54 % -
prohlubeň	2629,19 m <sup>2</sup>	0,71 % 233,07 m <sup>3</sup>
koleje	42261,27 m <sup>2</sup>	11,39 % 3319,38 m <sup>3</sup>

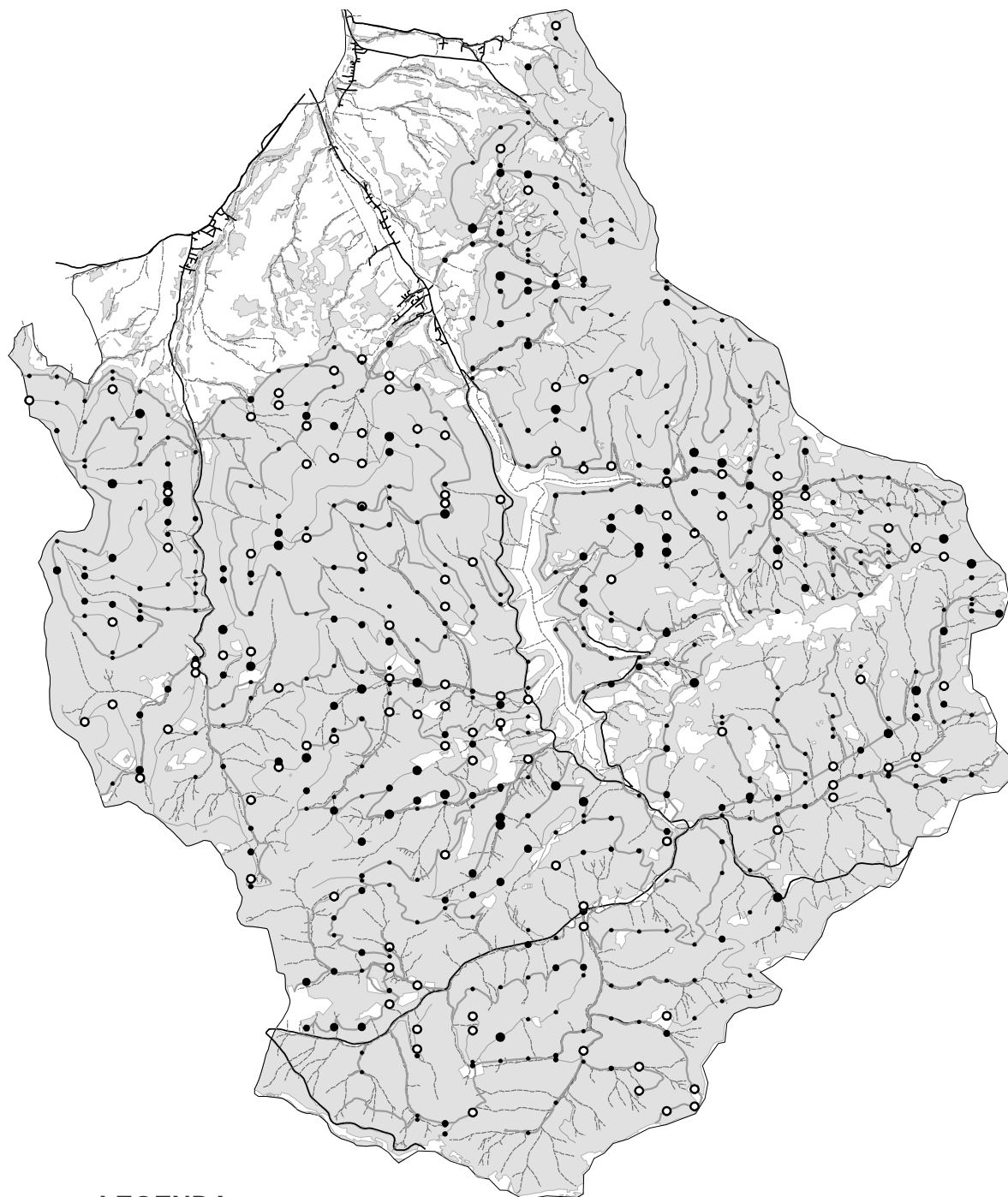


**Graf 5:** Plocha jednotlivých porušení zemních cest

31,45 % měřených úseků zemních odvozních cest (45 z 143,1 úseků) bylo porušeno nad hranici návrhového porušení D2. Rekonstrukci by na modelovém území vyžadovalo dle technických podmínek TP 170 38,77 km zemních odvozních cest.

Za konstrukční porušení byly v tomto případě považovány: propadlý okraj, erozní rýha, prohlubeň a koleje. Konstrukčním porušením s největší plochou byly koleje, které byly zjištěny na 11,39 % plochy jízdního pruhu zemních odvozních cest. Toto porušení vzniká v důsledku nedostatečné únosnosti zemní pláně.

Mapu měřených úseků se znázorněním míry jejich porušení ukazuje obr. 19.



### LEGENDA

- vodní tok
- veřejná komunikace
- lesní porost
- Lesní správa Ostravice

### Třída lesní cesty

- 1L
- 2L

### Poškození lesní cesty

- 0,00 % - 5,00 %
- 5,01 % - 10,00 %
- 10,01 % - 15,00 %
- 15,01 % - 20,00 %
- 20,01 % - 25,00 %
- 25,01 % - 100,00 %

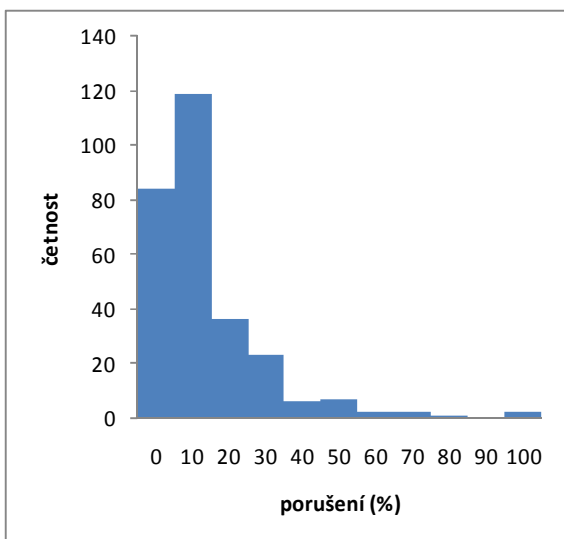


0 0,5 1 2 3 4 km

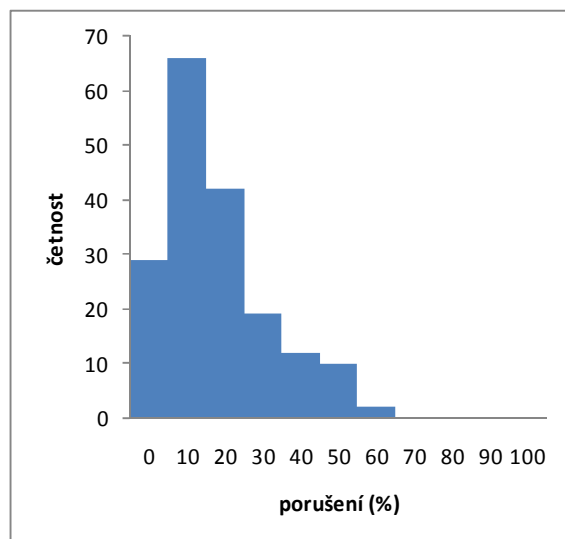
Obr. 19: Poměrné porušení vozovek na měřených úsecích

### 3.2.2 Statistické vyhodnocení získaných dat

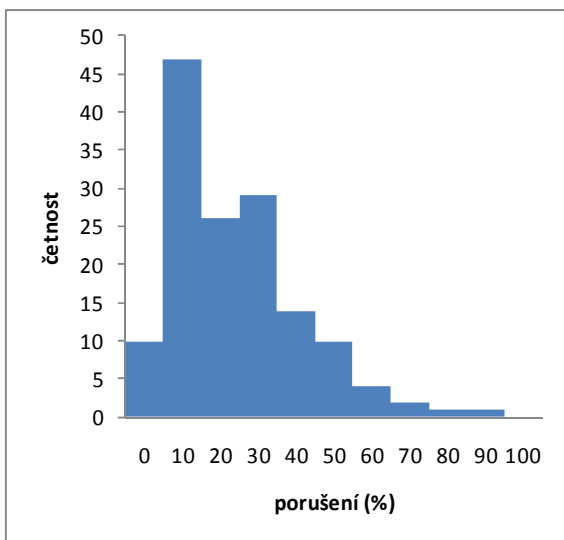
Data získaná terénním měřením byla staticky zpracována tabulkovým editorem a statistickým programem R 2.8.0. Rozložení úrovně porušenosti konstrukčními porušení měřených úseků pro jednotlivé typy lesních odvozních cest uvádí graf 6 -8 a tabulka 14:



**Graf 6:** Rozložení porušenosti měřených úseků u cest s bitumenovou vozovkou



**Graf 7:** Rozložení porušenosti měřených úseků u cest se šterkovou vozovkou



**Graf 8:** Rozložení porušenosti měřených úseků u zemních cest

**Tab. 14:** Zastoupení počtu úseků náležících do intervalu úrovně porušenosti

úroveň porušenosti	bitumen	štěrk	zemní
0 %	29,79 %	16,11 %	6,94 %
1-10 %	42,20 %	36,67 %	32,64 %
11-20 %	12,77 %	23,33 %	18,06 %
21-30 %	8,16 %	10,56 %	20,14 %
31-40 %	2,13 %	6,67 %	9,72 %
41-50 %	2,48 %	5,56 %	6,94 %
51-60 %	0,71 %	1,11 %	2,78 %
61-70 %	0,71 %	0,00 %	1,39 %
71-80 %	0,35 %	0,00 %	0,69 %
81-90 %	0,00 %	0,00 %	0,69 %
90-100 %	0,71 %	0,00 %	0,00 %

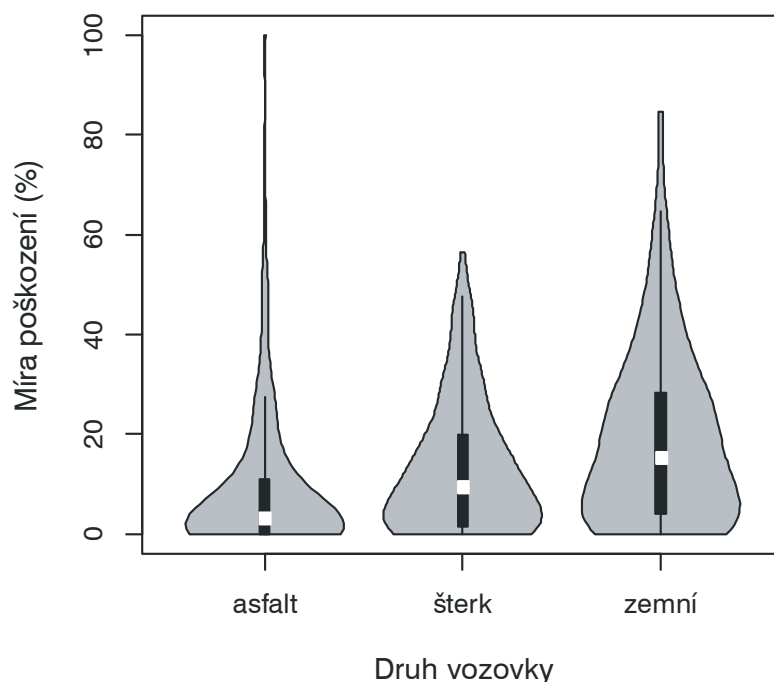
Práce zjistila, že největší četnost u všech typů cest je interval úrovně porušenosti 10-20 %. U bitumenových cest tvoří úseky cest, u nichž nebylo zjištěno žádné porušení 29,79 % měřených úseků, nejčastěji (42,20 % měřených úseků) jsou cesty porušeny mezi 1-10 %.

Úseky štěrkových cest, na kterých nebylo zjištěno žádné porušení, tvořily 16,11 %. Nejčastěji (36,67 % úseků) byly úseky cest porušeny v intervalu úrovně porušenosti cesty 1-10 %.

Úseky zemních cest, na kterých nebylo zjištěno žádné porušení, tvořily pouze 6,94 % měřených úseků. Stejně jako štěrkové a bitumenové cesty byly úseky zemních cest porušeny v intervalu úrovně porušenosti cesty 1-10 %. U zemních cest je klesající průběh histogramu četností narušen úrovní porušenosti cesty v rozmezí 21-30 %, toto je způsobeno nejčastějším poškozením zemních cest – kolejami. Ty byly často zjištěny v celé délce měřeného úseku a jejich plocha obvykle činí okolo 20-30 % koruny cesty.



Graf č. 9 ukazuje srovnání porušenosti jednotlivých typů cest. Violový diagram zobrazuje medián, 25% a 75% kvartil, rozpětí bez odlehlých hodnot, celkové rozpětí a Kernelovo rozdělení poškození jednotlivých druhů vozovek.



**Graf 9:** Srovnání míry porušenosti jednotlivých typů cest

Byl zjištěn statisticky významný rozdíl v porušenosti zemních cest a cest s vybudovanou šterkovou vozovkou na hladině významnosti  $p=0,006$ , rozdíl v porušenosti cest s vybudovanou šterkovou vozovkou a cest s vybudovanou bitumenovou vozovkou na hladině významnosti  $p<0,001$  a rozdíl mezi porušeností zemních cest a cest s vybudovanou bitumenovou vozovkou na hladině významnosti  $p<0,001$ . Cesty různých konstrukcí (dle předpokladu) vykazují různou úroveň poškození.

### 3.2.3 Závislost konstrukčního porušení povrchu lesních cest na vybraných faktorech

Dále byly zkoumány závislosti zjišťovaných parametrů odvozních cest a konstrukčního porušení. Paersonovými korelačními koeficienty bylo porovnáno pokrytí cesty vegetací, nadmořská výška, šířka cesty a délka podélného odvodnění s mírou konstrukčního porušení povrchu. Výsledné Paersonovy korelační koeficienty s hladinami významnosti jsou uvedeny v tabulce č. 15.

**Tab. 15:** Paersonovy korelační koeficienty jednotlivých zkoumaných závislostí

závislost	bitumenová vozovka	štěrková vozovka	zemní cesta
porušení – odvodnění	0,08	0,08	-0,09
porušení – vegetace	-0,03	0,10	0,08
porušení - nadmořská výška	-0,14 *	0,08	0,04
porušení - šířka cesty	0,00	-0,26 ***	-0,17 *

pozn.: bez hvězdičky  $p \geq 0,05$ ; \*  $0,01 \leq p < 0,05$ ; \*\*\*  $p < 0,001$

### PODÉLNÉ ODVODNĚNÍ

Předpokládaná negativní závislost porušenosti povrchu lesní cesty na délce podélného odvodnění nebyla ani u jednoho povrchu statisticky významná. Úseky, které měly podélné odvodnění vybudováno v celé délce, nevykazovaly menší míru porušenosti než úseky, které podélné odvodnění vybudováno neměly.

Výsledek byl ověřen Mann-Whitney testem. Pro každý typ povrchu byl z dat vybrán soubor úseků, které měly vybudováno podélné odvodnění v plné délce a soubor úseků, které podélné odvodnění neměly vybudováno vůbec. Ani u jednoho typu povrchu nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl v porušenosti. U všech typů vykazovaly soubory s plně vybudovaným podélným odvodněním stejnou míru porušení jako soubory bez podélného odvodnění.

Dá se tedy říci, že vybudování či nevybudování podélného odvodnění nemá v globále na porušenost cesty vliv. Budování odvodnění má tedy význam pouze na určitých místech se specifickými podmínkami a není potřeba jej budovat v celé délce lesních odvozních cest.

Cesty s bitumenovou vozovkou měly vybudováno podélné odvodnění na 79,53 % délky, cesty se štěrkovou vozovkou 57,28 % a zemní cesty 21,03 %. Zanesené části byly počítány jako by v nich podélné odvodnění vybudováno nebylo.

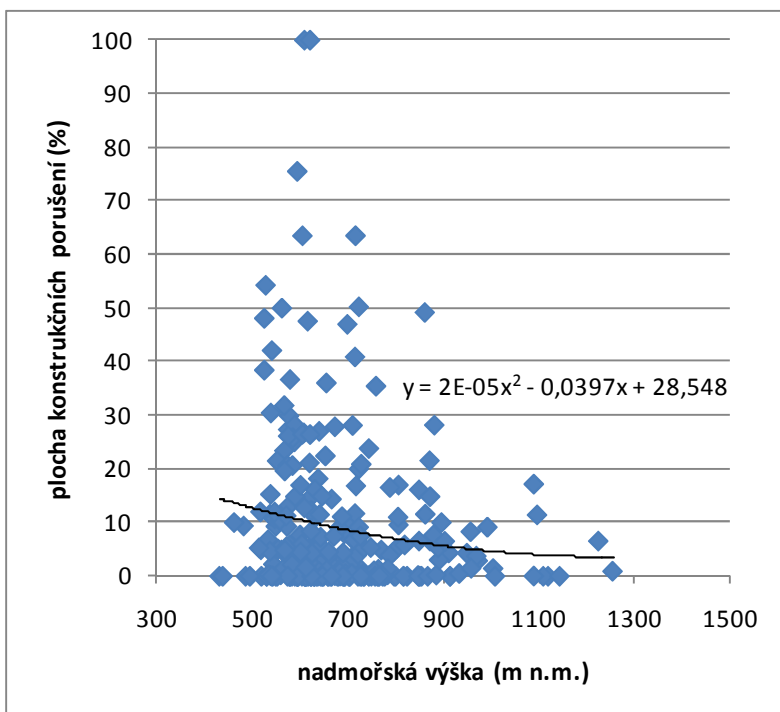
### VEGETACE

V případě vztahu vegetace (plochy travního porostu na povrchu odvozní cesty) a míry porušenosti, nebyla nalezena statisticky významná závislost.

### NADMOŘSKÁ VÝŠKA

Předpoklad, že s rostoucí nadmořskou výškou klesá porušenost lesních cest, se slabě potvrdil na hladině významnosti  $p < 0,05$  u cest s bitumenovou vozovkou. Rozložení hodnot a polynom spojnice trendu ukazuje graf č. 10. Příčinou menšího konstrukčního porušení cest s přibývajícím výškou je

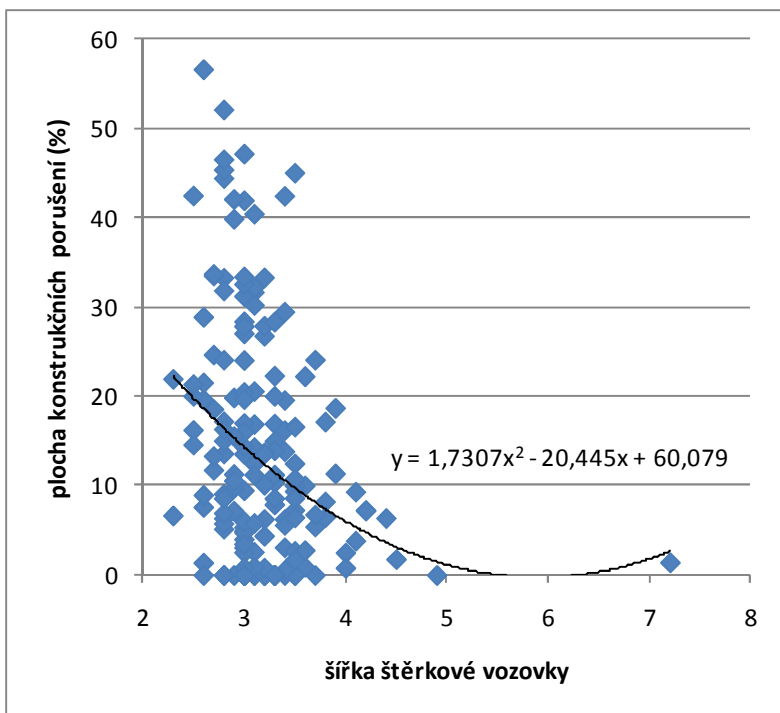
pravděpodobně menší objem gravitujícího dříví. K cestám v nižších polohách gravituje větší plocha porostů. S objemem gravitujícího dříví souvisí dopravní zatížení cest.



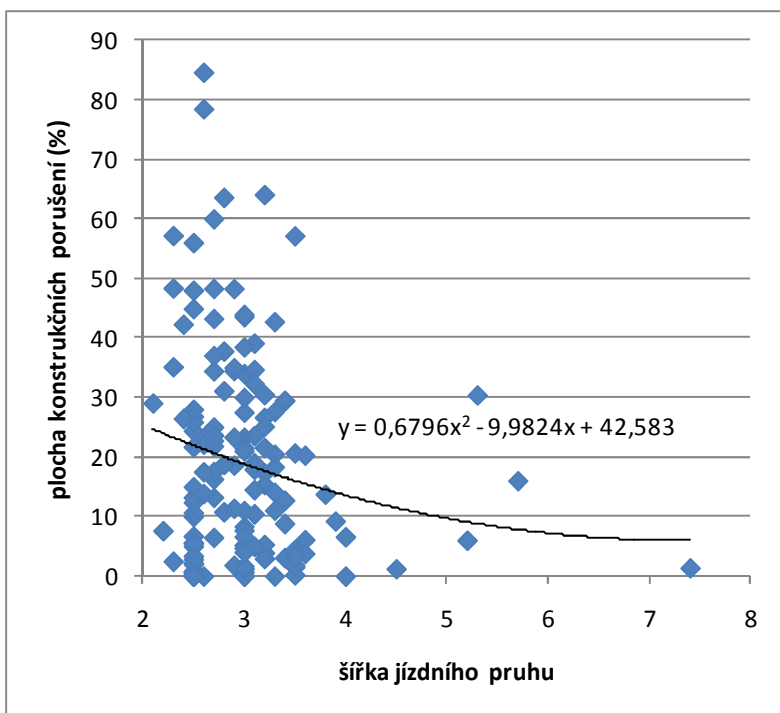
**Graf 10:** Negativní závislost nadmořské výšky a plochy konstrukčních porušení – bitumenové vozovky

### ŠÍŘKA CESTY

Předpoklad negativní závislosti šířky cesty na míře porušení se se slabou závislostí potvrdil u odvozních cest se štěrkovou vozovkou na hladině významnosti  $p = 0,001$  a u zemních cest se slabou závislostí na hladině významnosti  $p = 0,05$ . Rozložení hodnot a polynom spojnice trendu ukazuje graf č. 11 a 12. Zjištěná závislost je pravděpodobně způsobena faktem, že nejčastějším porušením štěrkových vozovek a jízdnic pruhů nezpevněných zemních cest jsou koleje, tedy porušení, které má vždy přibližně stejnou šířku. V případě širší vozovky tedy toto porušení tvoří menší poměrnou část plochy.



**Graf 11:** Negativní závislost šířky vozovky a plochy konstrukčních porušení – štěrkové vozovky



**Graf 12:** Negativní závislost šířky jízdního pruhu a plochy konstrukčních porušení – zemní cesty

### 3.3 Hlavní dopady sítě odvozních cest na lesní prostředí

Z dopadů lesních cest na životní prostředí zmiňovaných v rešeršní části této práce byly zkoumány hlavně zábor produkční plochy a eroze způsobená v důsledku přítomnosti sítě odvozních

cest v modelovém území. Okrajově byly zkoumány sesuvy v bezprostřední blízkosti lesních odvozních cest.

### 3.3.1 Ztráta produkční plochy

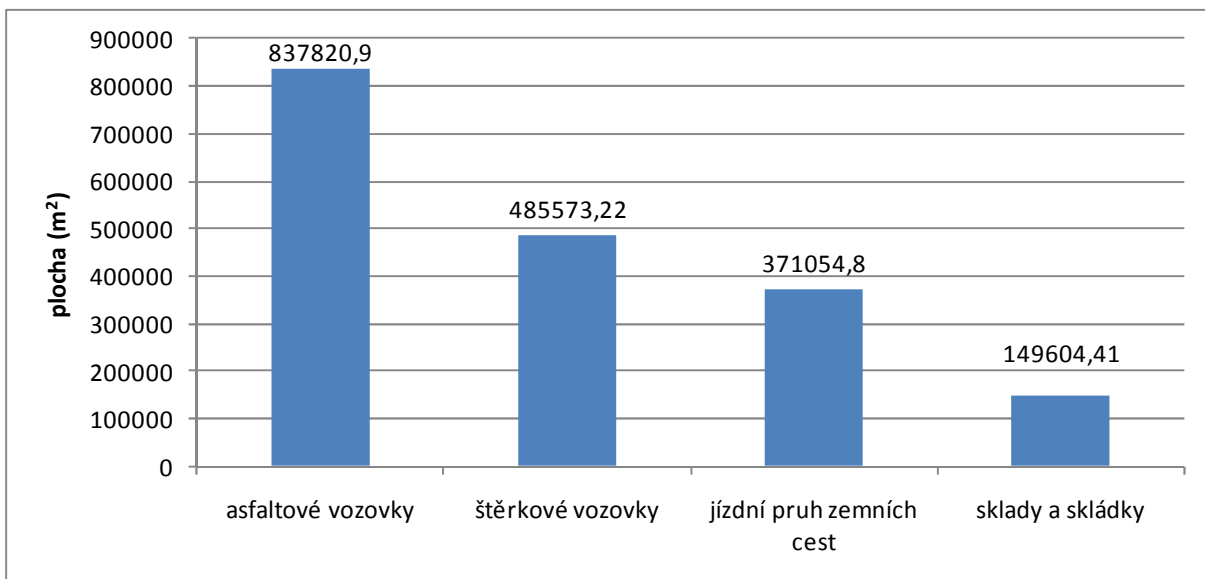
Terénním měřením byla zjištěna průměrná šířka odvozních cest podle vozovky. Cesty s bitumenovou vozovkou měly průměrnou šířku 3,47 m, cesty se štěrkovou vozovkou 3,17 m a zemní odvozní cesty 3,01 m. Měřena byla jen plocha vozovky (jízdního pruhu) bez krajnic. Krajnice byly při výpočtu připočteny paušálně jako 0,5 m široký pruh na každé straně.

Zábor produkční plochy byl spočten jako plocha cest (šířka násobena délkou pro každý bod) opravená o koeficient polohy. Cesty s produkční plochou lesního porostu po obou stranách byly počítány s koeficientem 1, cesty s produkční plochou pouze po jedné straně byly počítány s koeficientem 0,5 a cesty mimo produkční plochu nebyly do výpočtu záboru počítány. K ploše cest byla připočtena plocha přilehlých skladů.

Tabulka č. 16 uvádí plochy vozovek cest nacházející se na lesní půdě (bez krajnic, které byly připočítávány paušálně), plochu skladů a celkovou plochu sítě odvozních cest (s připočtenými krajnicemi). Graf č. 13 ukazuje srovnání.

**Tab. 16:** Plochy jednotlivých cest

bitumenové vozovky	837820,90	m <sup>2</sup>
štěrkové vozovky	485573,22	m <sup>2</sup>
jízdní pruh zemních cest	371054,80	m <sup>2</sup>
sklady a skládky	149604,41	m <sup>2</sup>
<b>celkem s krajnicemi</b>	<b>2276622,17</b>	<b>m<sup>2</sup></b>



**Graf 13:** Zjištěný zábor lesní půdy

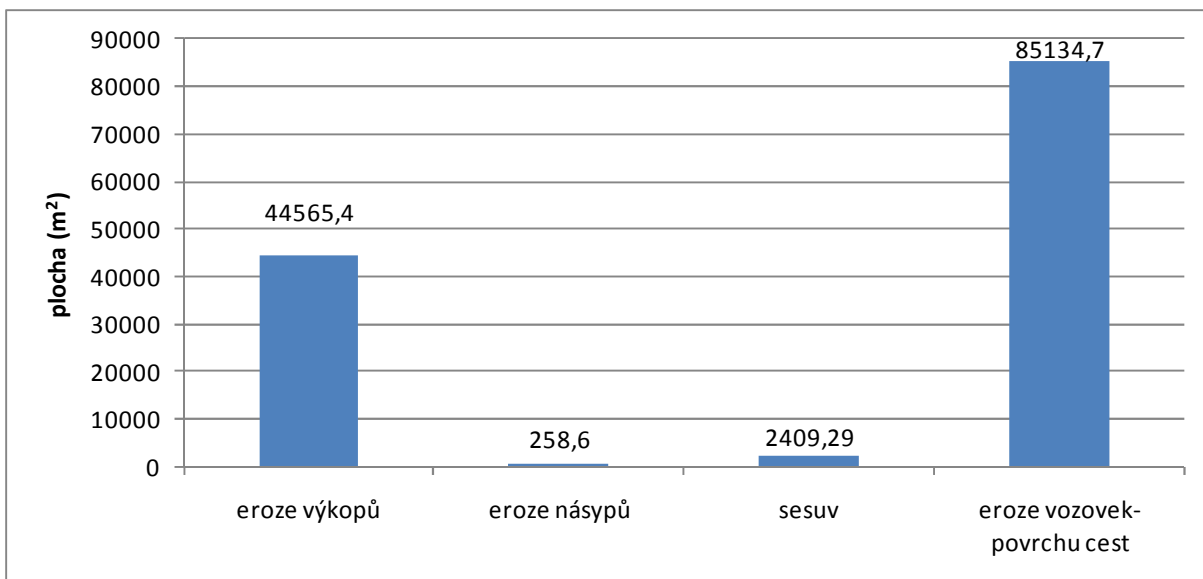
Síť odvozních cest s přilehlými lesními sklady zabírá 1,16 % produkční plochy lesů v modelovém území Lesní správy Ostravice. Zábor produkční plochy je ale vzhledem k významu odvozních cest zanedbatelný. 1 km odvozní cesty včetně přilehlých skladů zabírá přibližně 0,44 ha.

### 3.3.2 Eroze způsobená sítí odvozních cest

Z ekologického hlediska je nejvýznamnějším faktorem eroze, zvláště pak ve flyšovém území. Tabulka č. 17 a graf 14 uvádí rozdělení erozních ploch způsobených sítí odvozních cest.

**Tab. 17:** Zjištěná plocha a zastoupení jednotlivých druhů eroze

Druh porušení	plocha	zastoupení
eroze výkopů	44565,40 m <sup>2</sup>	33,67 %
eroze násypů	258,60 m <sup>2</sup>	0,19 %
sesuv	2409,29 m <sup>2</sup>	1,82 %
eroze vozovek-povrchu cest	85134,70 m <sup>2</sup>	64,32 %
<b>celková plocha eroze</b>	<b>132367,99 m<sup>2</sup></b>	<b>100 %</b>



**Graf 14:** Porovnání ploch jednotlivých druhů eroze

Eroze způsobená sítí odvozních cest zabírá 0,0007 % plochy lesních porostů v modelovém území. Tato plocha je spojena pouze s odvozními cestami třídy 1L a 2L. Přibližovací a vyklizovací cesty třídy 3L a 4L, které svou délkou tvoří většinu lesní cestní sítě (88,5 %) erozní plochu dále navýší. Na druhou stranu, u lesních odvozních cest se jedná o erozní plochu trvalou, kdežto u přibližovacích a vyklizovacích cest dochází k erozi prakticky pouze v důsledku těžby dříví.

Z grafu vyplývá, že největší plochy eroze byly zaznamenány na vozovkách štěrkových cest a zemních pláních (na bitumenových vozovkách eroze prakticky neprobíhá). Tyto plochy jsou zároveň největším zdrojem odnášených sedimentů.

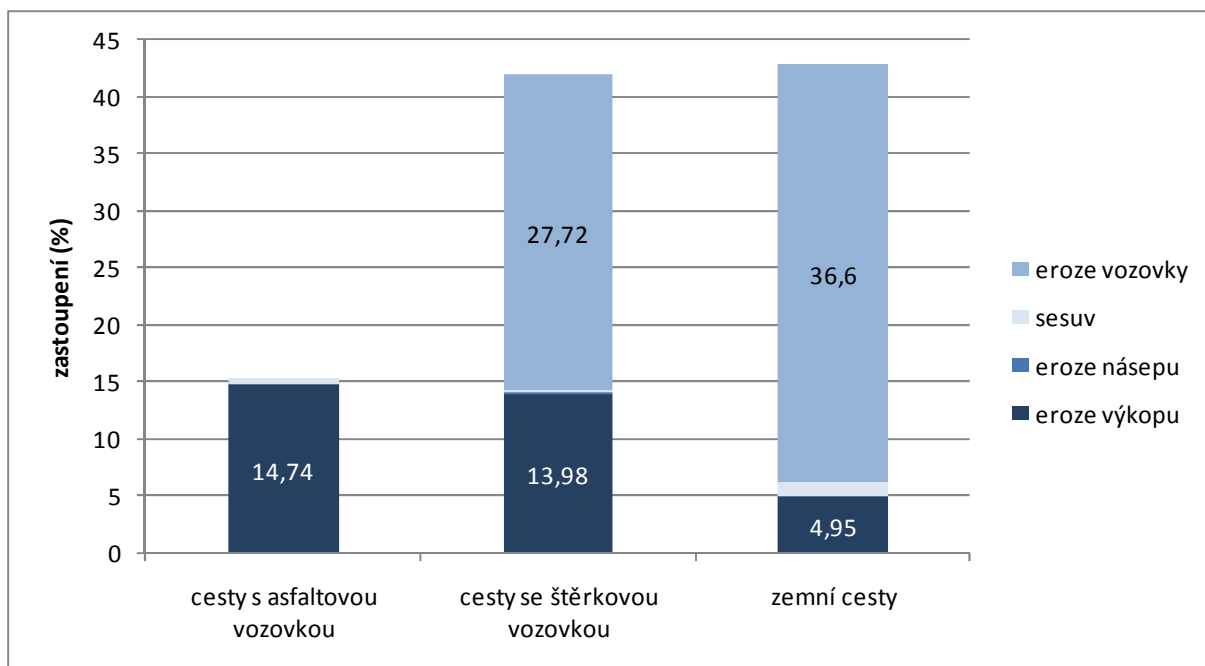
Tabulka 18 ukazuje podrobný rozpis zjištěných erozních ploch. Tabulka 19 ukazuje množství jednotlivých erozních ploch přepočtené na jeden kilometr odvozní cesty. Graf 15 zobrazuje srovnání množství jednotlivých druhů erozních ploch u jednotlivých typů odvozních cest.

**Tab. 18:** Podrobný rozpis zjištěných erozních ploch

Druh vozovky	eroze výkopu	%	eroze násypu	%	sesuv	%	eroze vozovky	%
bitumenové vozovky	19 515,68 m <sup>2</sup>	14,74	34,48 m <sup>2</sup>	0,03	633,57 m <sup>2</sup>	0,48	0 m <sup>2</sup>	0
štěrkové vozovky	18 498,52 m <sup>2</sup>	13,98	86,20 m <sup>2</sup>	0,07	284,46 m <sup>2</sup>	0,21	36 693,10 m <sup>2</sup>	27,72
zemní cesty	6 551,20 m <sup>2</sup>	4,95	137,92 m <sup>2</sup>	0,10	1 491,26 m <sup>2</sup>	1,13	48 441,60 m <sup>2</sup>	36,60

**Tab. 19:** Plochy eroze přepočtené na jeden kilometr cesty

Druh vozovky	eroze výkopu	eroze násypu	sesuv	eroze vozovky
bitumenové vozovky	81,00 m <sup>2</sup> .km <sup>-1</sup>	0,14 m <sup>2</sup> .km <sup>-1</sup>	2,63 m <sup>2</sup> .km <sup>-1</sup>	0 m <sup>2</sup> .km <sup>-1</sup>
štěrkové vozovky	121,02 m <sup>2</sup> .km <sup>-1</sup>	0,56 m <sup>2</sup> .km <sup>-1</sup>	1,86 m <sup>2</sup> .km <sup>-1</sup>	240,06 m <sup>2</sup> .km <sup>-1</sup>
zemní cesty	53,14 m <sup>2</sup> .km <sup>-1</sup>	1,12 m <sup>2</sup> .km <sup>-1</sup>	12,10 m <sup>2</sup> .km <sup>-1</sup>	392,94 m <sup>2</sup> .km <sup>-1</sup>



**Graf 15:** Porovnání zjištěných erozních ploch

Největším zdrojem eroze, co se týče plochy erozních procesů, je koruna zemních cest, kde na 1 km lesní cesty připadá 392,94 m<sup>2</sup>, na které eroze probíhá. V diskusi je dle doporučení jiných autorů doporučen návrh efektivního omezení eroze probíhající v důsledku přítomnosti sítě odvozních cest ve zpřístupňovaném území. Zjištěná menší míra eroze výkopových svahů u zemních cest je dána jejich budováním ve specifických podmínkách a menším zemním tělesem, které s sebou nese i menší násypové a výkopové svahy.

### 3.4 Přínos a doporučení

#### 3.4.1 Přínos a doporučení pro praxi

- Práce je přínosem jako komplexní zjištění kvality sítě odvozních cest (co se týče hustoty apod.) a porušenosti jednotlivých úseků cest na daném území.



- Zjištěná data je možné vyjádřit mapovým podkladem, který využije Lesní správa Ostravice při plánování údržby, rekonstrukce a přestavby lesních odvozních cest.  
Z práce vyplynuly některé možné doporučení pro praxi.
- Vozovky lesních cest je vhodné dimenzovat i s ohledem na množství gravitujícího dříví. Vozovky v nižších polohách, u kterých je předpoklad, že budou více zatíženy dopravou, dimenzovat na větší počet přejezdů návrhového vozidla (standardní nápravy).
- Kladný vliv podélného odvodnění na stav cesty nebyl prokázán, proto je možné doporučit, v případě že se nejedná o lokalitu ovlivněnou vodou, omezit výstavbu příkop lesních cest a ušoupené finanční prostředky investovat do zesílení vozovky.
- Stav lesních cest opatřených vozovkou se dá z technického hlediska hodnotit jako přijatelný, lesní cesty jsou tedy schopny plnit svou funkci a umožňují bezpečnou a pohodlnou dopravu. U zemních cest je doporučeno opatření vozovkou, popřípadě přestavba na vyšší třídu.
- Zjištěné parametry sítě odvozních cest studovaného určují směr dalšího rozvoje lesní cestní sítě. Doporučeno bylo nerealizovat navrhovanou dostavbu v plné navrhované délce a směřovat budoucí výstavby nových odvozních cest do jižní části polesí, která vykazuje vyšší podíl nezpřístupněných ploch.
- Je doporučeno investiční prostředky směřovat do opatření zemních cest vozovkou (vzhledem ke zjištěné vysoké úrovni porušenosti povrchu).
- Práce obsahuje praktická doporučení pro snížení míry eroze zapříčiněné sítí odvozních cest.
- Identifikované hlavní nedostatky sítě odvozních cest a dopady přítomnosti sítě odvozních cest na daném území a návrh jejich nápravy je možné zobecnit na celé flyšové pásmo.

### 3.4.2 Vědecký přínos

---

- Výsledky tohoto výzkumu tvoří ojedinělý soubor dat zaznamenávající plochy konstrukčních porušení a poškození lesních cest, eroze a záboru půdy.
- Vytvoření a ověření metodiky zjišťování současného stavu lesních odvozních cest na velkých územích - odskoušení a skloubení vědeckých metod (matematická statistika) a moderních technologií (GIS, GPS, ...).
- Pro vědecké využití je taktéž přínosné kvantifikace hlavních ekologických dopadů sítě odvozních cest, velikost ploch jednotlivých erozních procesů může přispět k prohloubení ekologických poznatků.

## 4 Diskuse

---

V následující části jsou výsledky výzkumu diskutovány s poznatky a závěry jiných autorů. Vzhledem k tomu že výzkumu stavu porušenosti lesních cest na tak rozsáhlém uceleném území je ojedinělý, představují získaná data unikátní soubor, výsledků a souhrnných informací, které není možno v případě úrovně porušenosti povrchu odvozních cest porovnat s jiným. Diskuse se proto zaměřuje na porovnání zjištěných ukazatelů sítě odvozních cest, výsledků získaných statistickou analýzou souboru dat technického stavu zjištěného terénním měřením a komentář ekologických dopadů.

### 4.1 Síť odvozních cest v modelovém území - ukazatelé

---

#### HUSTOTA

Na území lesní správy Ostravice byla zjištěna hustota sítě lesních odvozních cest 26,42 m/ha.

Podle Ústavu pro hospodářskou úpravu lesa je optimální hustota lesních odvozních cest v horských oblastech 27,5m.ha<sup>-1</sup> (MZE, 2006). Podobné hodnoty doporučuje i BENEŠ (1991). Současná hodnota hustoty sítě odvozních cest se těmto požadovaným parametrům přibližuje.

VYSKOT ET AL. (2003), který zohledňoval bio produkci, ekologickou stabilitu, hydrický a vodní režim, ochranu půdy, sociální a rekreační funkce a sanitárně hygienickou stanovil optimální hustotu z hlediska mimoprodukčních efektů lesních odvozních cest 24,8 až 28,9 m.ha<sup>-1</sup>. Současná hodnota hustoty sítě odvozních cest leží v tomto rozsahu.

MAKOVNÍK ET AL. (1973) uvádí jako optimální hodnotu hustoty lesních odvozních cest 25 až 40 m.ha<sup>-1</sup>, bere přitom v úvahu přírodní a ekonomické poměry lesních hospodářských celků. Zjištěná hustota odvozních cest leží v tomto rozsahu.

KLČ (2005a) doporučuje postupovat při zpřístupňování horských lesů diferenciovane podle kategorie lesů. V hospodářských lesích uvažuje s hustotou lesních cest 20-25 m.ha<sup>-1</sup> a pro ochranné lesy doporučuje hustotu 7-14 m.ha<sup>-1</sup> kvalitních lesních cest. Současné zpřístupnění je vyšší než požadovaná hustota.

HOREK ET AL. (2008) uvádějí jako aktuální optimální hustotu odvozních cest v horách 20-25 m.ha<sup>-1</sup>. Současná hodnota je i v tomto případě vyšší.

BENEŠ (1986) uvádí optimální hustotu odvozních cest přímo pro část modelového území: Nadměrně vysoká optimální hustota cest ( $28 \text{ m}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) je požadována pro území Moravskoslezských Beskyd v oblasti Lysé Hory, Smrku a Kněhyně. V této lokalitě se hustota v hospodářských lesích blíží požadované.

ADÁMEK, PETR (1967) uvádějí pro horské terény hustotu odvozních cest třídy 1L  $15 \text{ m}\cdot\text{ha}^{-1}$  a 2L  $8 \text{ m}\cdot\text{ha}^{-1}$ . To znamená, že odvozní cesty třídy 1L by měly tvořit okolo 65 % všech odvozních cest. Z evidence ÚHUL bylo zjištěno, že odvozní cesty třídy 1L tvoří 56,28 %. Zde je možné vidět směr dalšího rozvoje.

### **ROZESTUP ODVOZNÍCH CEST**

Spočtený rozestup odvozních cest na území LS Ostravice je 378,55 m. STANOVSKÝ, KLČ (2002) uvádí jako optimální rozestup odvozních lesních cest ve flyšovém území 400 m. To odpovídá i běžnému dosahu střednětraťových lanovek, který je 400-500 m. Jak již bylo několikrát zmiňováno, tento ukazatel lesní cestní sítě zobecněně spočtený pro celé modelové území není možné brát jako směrodatný.

### **PŘIBLIŽOVACÍ VZDÁLENOST**

VYSKOTA ET AL. (2003), uvádí jako optimální teoretickou přibližovací vzdálenost v rozmezí 86 – 101 m. Zjištěná teoretická přibližovací vzdálenost 94,64 m postačuje. BENEŠ (1986) doporučuje geometrickou přibližovací vzdálenost v rozmezí 140-177 m. Zjištěná teoretická přibližovací vzdálenost je menší, a proto vyhovuje. Jak již ale bylo také zmíněno, přibližovací vzdálenost spočtená pro celé území nemá dostatečnou vypovídací hodnotu.

### **POMĚRNÉ ZPŘÍSTUPNĚNÍ**

Poměrné zpřístupnění vyjadřuje efektivitu sítě odvozních cest. GIS analýzou zjištěné procento zpřístupnění je 70,44 % a dle pětistupňového hodnocení JURÍKA (1984) je hodnoceno jako vyhovující. Dle stupnice PENTKA ET AL. (2005) je současné zpřístupnění hodnoceno jako skoro dobré. VYSKOT ET AL. (2003) doporučuje jako optimální hodnoty 62,1 až 67,7 %, současné procento zpřístupnění vyhovuje.

### **POSOUZENÍ NÁVRHU DOSTAVBY LESNÍ CESTNÍ SÍTĚ**

Dostavba lesní cestní sítě je spojena s nemalými finančními náklady, stavba každé cesty by tak měla být velmi pečlivě zvážena. Současná hustota lesních cest  $26,4 \text{ m}/\text{ha}$  odpovídá modelové hustotě pro horské terény. Procento zpřístupnění lesa je v současnosti 70,44 % a je hodnoceno podle

klasifikace několika autorů jako dobré. Síť odvozních cest má tedy vyhovující parametry. V současnosti se náklady na výstavbu 1 km odvozní cesty opatřené vozovkou pohybují okolo 2,5 mil. Kč (PŮLKRÁB, KLČ, 2006), náklady na dobudování odvozních cest by tedy činily přibližně 250 mil. Kč.

S ohledem na skutečnosti, které byly zjištěny tímto výzkumem, je možné uvést směr, kterým by se měla lesní cestní síť v budoucnu vyvíjet. Jak již bylo zmíněno, v současném ekonomickém modelu lesnictví České republiky není možné vytvořit ekonomickou analýzu rentability investic, proto mají výsledky pouze charakter doporučení pro zlepšení stavu sítě odvozních cest.

## **4.2 Závislost konstrukčního porušení povrchu lesních cest na vybraných faktorech**

---

### **VEGETACE**

Výzkumy mnoha autorů (např. zmiňovaný SWIFT 1988 a další) prokázaly kladný vliv vegetace na omezování erozních procesů. Vegetace chrání štěrkovou vozovku a zemní pláň před účinky srážek a tekoucí vody. V případě vztahu vegetace (plochy travního porostu na povrchu odvozní cesty) a míry porušenosti nebyla nalezena statisticky významná závislost u žádného z druhů měřených cest. Míra porostení vegetací nemá významný kladný vliv (v případě zemních a štěrkových odvozních cest), ani významný záporný vliv (v případě bitumenových cest). Vegetace především chrání cestu před erozí. Ta ale nebyla, v případě cest na modelovém území, významným destruktivním činitelem, proto nebyl nalezen žádný prokazatelný vztah.

### **NADMOŘSKÁ VÝŠKA**

Byla zjištěna slabá negativní závislost (na hladině významnosti  $p < 0,05$ ) nadmořské výšky a konstrukčního porušení bitumenových vozovek. Mnoho autorů uvádí jako hlavní důvod porušení vozovek jejich dopravní zatížení (ZELINKA, VACEK 2006; PILLAY, BOSMAN 2001; ZELINKA 2001; MARTIN ET AL. 1999). K cestám položeným ve větších nadmořských výškách gravituje menší množství dřevní hmoty, jsou tedy méně provozně vytížené, než cesty údolní, navazující na síť veřejných cest. Méně vytížené cesty by měly být méně porušené a nalezená závislost tento předpoklad potvrzuje.

### **ŠÍŘKA VOZOVKY LESNÍ CESTY**

Cesty s bitumenovou vozovkou měly průměrnou šířku 3,47 m, cesty se štěrkovou vozovkou 3,17 m a zemní odvozní cesty 3,01 m. Negativní závislosti šířky vozovky lesní cesty na míře porušení se slabou závislostí potvrdil u odvozních cest se štěrkovou vozovkou na hladině významnosti  $p < 0,001$

a u zemních cest se slabou závislostí na hladině významnosti  $p = 0,05$ . Zjištěná závislost je pravděpodobně způsobena faktem, že nejčastějším porušením šterkových vozovek a jízdních pruhů nezpevněných zemních cest jsou koleje, tedy porušení, které má vždy přibližně stejnou šířku. V případě širší vozovky tedy toto porušení tvoří menší poměrnou část plochy.

To, že jsou šterkové vozovky největší měrou porušeny kolejemi, odkazuje na to, že hlavním problémem budovaných šterkových cest je jejich celková nedostatečná únosnost (viz. TRZCINSKI 2007).

## ODVODNĚNÍ

Cesty s bitumenovou vozovkou měly vybudováno podélné odvodnění na 79,53 % délky, cesty se šterkovou vozovkou 57,28 % a zemní cesty 21,03 %. Zanesené části byly počítány jako by v nich podélné odvodnění vybudováno nebylo.

Závislost porušenosti povrchu lesní cesty na délce podélného odvodnění nebyla ani u jednoho měřeného povrchu statisticky významná. Úseky, které měly podélné odvodnění vybudováno v celé délce, nevykazovaly menší míru porušenosti než úseky, které podélné odvodnění vybudováno neměly. Toto se potvrdilo i při ověření porovnáním souborů úseků Mann-Whitney testem. Pro každý druh povrchu byl z dat vybrán soubor úseků, které měly vybudováno podélné odvodnění v plné délce a soubor úseků bez podélného odvodnění. Nebyla nalezena statisticky významná rozdílnost v míře porušení těchto dvou souborů úseků. Z tohoto relativně malého souboru měření lze uvést, že budování odvodnění má tedy význam pouze na určitých místech se specifickými podmínkami a není potřeba jej budovat v celé délce lesních odvozních cest.

K podobnému závěru dochází i ZELINKA (1986), který doporučoval budovat odvozní cesty bez příkopů, se zesílenou vozovkou, dimenzované s předpokladem jejich podmáčení. K opačnému závěru dochází MARTIN (1999), který našel úzký vztah mezi množstvím výtluků a stavem odvodnění. V 84 % těchto případů nevyhovující stav povrchu připsal neadekvátnímu odvodnění.

18,64 % bitumenových cest bylo v modelovém území vybaveno příčným odvodněním. POTOČNIK (2003) uvádí, že u strmých svahů se může šířka cesty zvýšit až o 80 % oproti méně strmým svahům. Logicky by se tedy nabízel závěr, že svodnice jsou budovány k odvedení vody z tělesa cesty ve strmých svazích, kde není vybudována příkopa z důvodu nutnosti budování nadměrně velkého výkopového svahu. Bylo však zjištěno, že svodnice byly u bitumenových vozovek vybudovány v 82,69 % případů, kdy byla zároveň vybudována i příkopa. Možným vysvětlením je tedy přestavba původně šterkové cesty na bitumenovou, kdy byly původní svodnice ponechány.

## 4.3 Hlavní dopady sítě odvozních cest na lesní prostředí

---

### ZÁBOR PRODUKČNÍ PLOCHY

Bylo zjištěno, že síť odvozních cest včetně přilehlých skladů zabírá 1,16 % produkční plochy. Přepočtem bylo zjištěno, že 1 km lesní odvozní cesty zabírá průměrně 0,44 ha lesní půdy.

BENEŠ, 1986 uvádí, že 1 km lesní odvozní cesty zabírá přibližně 1 ha lesní půdy, na níž se po odhumusování a odstranění pařezů vytvářejí nepříznivé poměry z hlediska ochrany přírody.

Rozdíl mezi těmito dvěma údaji je způsoben různým chápáním zabrané šířky. BENEŠ (1986) ve svém výzkumu připočítává k odvozní cestě i násypový svah a výkopový svah s příkopou. V tomto výzkumu nebyl násypový svah a výkopový pro možnost zalesnění chápán jako zabraná plocha a proto nebyl připočítáván k lesní cestě. BENEŠ 1986 také uvádí zábor obecně pro všechny terénní typy. POTOČNIK (2003) uvádí, že u strmých svahů se může zábor půdy zvýšit až o 80 %. To však nevysvětluje zjištěný rozdíl, který je tedy možno jednoznačně připsat jiné metodice výpočtu záboru.

### EROZE

Výzkum zjišťoval plochy erozních procesů působených sítí odvozních cest. Největším zdrojem eroze, který byl tímto výzkumem identifikován, je koruna zemních cest, která tvoří 37 % plochy, na které eroze probíhá. To odpovídá výzkumu RACKLEY, CHUNG (2008), kteří identifikovali jako hlavní zdroj eroze nezpevněné lesní cesty. Dále je významným zdrojem eroze výkopových svahů (33,67 %) a eroze na korunách štěrkových cest (27,72 %). Poměrně zanedbatelnou plochu eroze způsobené lesními odvozními cestami zaujímají sesuvy výkopového a násypového svahu. Na násypových svazích, díky mírnějšímu sklonu, ve kterém musí být násypy budovány, k erozi téměř nedochází.

Dle CLINE ET AL. (1981) mají protierozní opatření největší účinnost na násypových svazích – snížení produkce sedimentů o 60 %. Na modelovém území tvoří eroze násypů pouze 0,19 %, proto zaměření se na omezení eroze násypových svahů, byť s nejvyšší účinností, by nemělo kýžený efekt. Protierozní opatření v místě jízdního pruhu mají účinnost jen 2,5 %, proto lze pro omezení eroze z těchto ploch doporučit přebudování erozí poškozených cest na vyšší třídu opatřenou nejlépe bitumenovou vozovkou.

Nabízí se také možnost porovnání výsledků disertační práce s daty ÚHÚL získanými při poslední inventarizaci lesů v letech 2001-2004. ÚHÚL se při inventarizaci lesů věnoval erozi na lesních cestách pouze okrajově a porovnání není vzhledem k rozdílné metodice souhrnného zpracování dat možné. Výsledky inventarizace prezentované na internetovém portálu ústavu nebo

v odborných publikacích jsou uváděny souhrnně pro třídy 1-4L, tato disertační práce ale zohledňovala pouze erozi zjištěnou na lesních cestách 1-2L. Srovnání tedy není možné.

## 5 Závěr

---

Problematika zpřístupňování lesních porostů je stále aktuálním tématem. Po předchozích snahách o co nejlepší zpřístupnění porostů kvalitní sítí odvozních cest, která by vyhovovala záměrům lesních hospodářů, se v posledních desetiletích finanční prostředky vynakládají hlavně na údržbu, opravy lesních cest a na přestavbu přibližovacích cest 3L a 4L na vyšší třídy opatřené vozovkou. Změna lidského chápání přírody a ekosystémové pojetí lesního hospodářství vede k tomu, že se v současnosti u lesních cest hledí i na jejich ekologický aspekt.

Práce pomocí GIS analýzy zjistila ukazatele lesní cestní sítě a terénním měřením technický stav lesních cest a současná úroveň porušenosti vozovek a zemních plání. Dále zjistila hlavní nedostatky sítě odvozních cest, doporučila směr dalšího rozvoje a kvantifikovala hlavní dopady přítomnosti sítě lesních odvozních cest na lesní porosty.

GIS analýzou bylo zjištěno, že na modelovém území Lesní správy Ostravice se nachází 517,04 km lesních odvozních cest. Hustota sítě odvozních cest je v současnosti 26,42 m/ha, což jsou podle citovaných autorů optimální hodnoty, poměrné zpřístupnění je 70,44 % a je hodnoceno jako vyhovující. Bylo zjištěno, že síť odvozních cest má parametry blízké optimu. Dále byly porovnány ukazatele současné sítě odvozních cest s ukazateli teoretické sítě s dostavěnými úseky navrhovanými v OPRL. Pro další rozvoj nebyla vzhledem k optimální hustotě odvozních cest doporučována dostavba odvozních cest v plném rozsahu navrhovaném v OPRL. Vzhledem k flyšovému území je doporučováno přebudování cest nižších tříd na třídu 1L a opatření zemních cest vozovkou.

Terénním měřením byl zjištěn technický stav odvozních cest a současná úroveň porušení vozovek a korun zemních cest. U bitumenových cest bylo porušeno konstrukčními porušeními nad návrhové porušení D2 12,16 % měřených úseků. Dle technických podmínek TP 170 vyžaduje rekonstrukci 29,30 km odvozních cest s bitumenovou vozovkou. Poškozením s největším zastoupením byl prolomený okraj 3,82 %. U odvozních cest opatřených šterkovou vozovkou bylo porušeno nad návrhové porušení D2 17,75 % měřených, rekonstrukci by vyžadovalo 27,13 km odvozních cest se šterkovou vozovkou. Nejčastějším porušením byly koleje, které se nacházely na 5,23 % plochy šterkových vozovek. Pláň zemních cest byla konstrukčními poruchami porušena na 31,45 % odvozních cest, rekonstrukci by vyžadovalo 38,77 km zemních odvozních cest. Nejčastějším porušením byly koleje, které zaujímaly 11,39 % plochy zemních odvozních cest.



Statistickou analýzou získaných dat byl zjištěn rozdíl v porušenosti zemních cest, cest s vybudovanou šterkovou vozovkou a cest s vybudovanou bitumenovou vozovkou. Cesty různých konstrukcí (dle předpokladu) vykazují různou úroveň poškození.

Statistickou analýzou dat byla u zemních odvozních cest a odvozních cest opatřených šterkovou vozovkou zjištěna slabá negativní závislost šířky cesty a míry jejího porušení konstrukčními poruchami. Ta byla vysvětlena jako důsledek zvolené metodiky.

Byla zjištěna slabá negativní závislost nadmořské výšky a konstrukčního porušení bitumenových vozovek. K cestám položeným ve větších nadmořských výškách gravituje menší množství dřevní hmoty, jsou tedy méně provozně vytiženy, než cesty údolní, navazující na síť veřejných cest.

Mnoho autorů prokázalo pozitivní vliv vegetace na snižování eroze lesních cest a tedy na jejich porušenost. Závislost míry pokrytí vegetací a porušení povrchu odvozních cest ale nebyla v našem případě zjištěna. Eroze na lesních cestách v modelovém území netvořila významné konstrukční porušení, nebyl proto zjištěn pozitivní vliv vegetace.

I když je porušení vozovek tradičně připisováno nefunkčnímu či nedokonalému odvodnění, nebylo prokázáno v tomto případě, že odvozní cesty s plně funkčním odvodněním jsou méně porušeny než cesty bez něj.

Z ekologického vlivu odvozních cest byly zkoumány zábor půdy a eroze způsobená její přítomností. Bylo zjištěno, že síť odvozních cest zabírá 1,16 % produkční plochy lesní půdy. To je považováno za opodstatněné vzhledem k významnosti odvozních cest pro lesní hospodářství a vzhledem k hodnocení hustoty lesní cestní sítě jako optimální.

Terénním měřením byla zjištěna plocha eroze v místě vozovky, koruny zemní cesty a na přiléhajících náspevcích a výkopových svazích. Eroze způsobená sítí odvozních cest zabírá 0,0007 % plochy lesních porostů v modelovém území Lesní správy Ostravice. Nejvíce erozních ploch bylo zjištěno v místě jízdního pruhu zemních cest (36,60 % zjištěných erozních ploch na celém území) a na šterkových vozovkách (27,72%). Pro neúčinnější omezení eroze je doporučována přestavba zemních cest na vyšší třídu opatřenou bitumenovou vozovkou (z důvodu značné porušenosti šterkových vozovek erozí). Druhým nejvýznamnějším zdrojem eroze byly výkopové svahy, které je pro snížení eroze doporučeno zatravnit. Eroze násypů a sesuvy v blízkosti lesní cesty tvořily zanedbatelné procento plochy.

Práce splnila všechny vytyčené cíle a jejím přínosem je získání přehledových dat o zastoupení porušení na lesních cestách a její data jsou využitelná pro odhad míry porušenosti sítě odvozních cest a míry ovlivnění životního prostředí přítomností sítě odvozních cest.

# Použitá literatura

---

## Literární odkazy

---

1. ADÁMEK I., PETR J., 1967: *Výstavba lesních cest při technologické přípravě pracovišť*. SZN, Praha, 331 pp.
2. AKAY A. E., 2005: Applying the Decision Support System, TRACER to Forest Road Design. In *Western Journal of Applied Forestry*, 2005, vol. 20, no. 3, p. 184 – 191. ISSN: 0885-6095.
3. ALLISON C., SIDLE R. C., TAIT D., 2004: Application of Decision Analysis to Forest Road Deactivation in Unstable Terezin. In *Environmental Management*, 2004, vol. 33, no. 2, p. 173 – 185. ISSN 0364-152X.
4. ARUGA K. ET AL., 2001: The role of logging roads in water and soil conservation. Thinnings: A valuable forest management tool. In *IUFRO Unit 3.09.00 International Conference, Quebec Canada 2001*.
5. ARUGA K., SESSIONS J., MIYATA E. S., 2005: Forest road design with soil sediment evaluation using a high-resolution DEM. In *Journal of Forest Research*, 2005, vol. 10, no. 5, p. 471 – 479. ISSN 1341-6979.
6. BACKMUND F. 1959: Walderschliessung und Wegebau. In *Allgemeine Forst-Zeitschrift*, 1959, vol. 14, no. 52, p. 894-895.
7. BENEŠ J., 1973: Vliv tvaru terénu na dopravní zpřístupnění lesa. In *Lesnictví*, 1973, vol. 19, p. 479-491.
8. BENEŠ J., 1977: Racionalizační prvky v projektování lesních cest. In *Zborník referátov z konferencie Výstavba lesných ciest vo flyšovej oblasti, Košice 1977*, Ministerstvo lesného a vodného hospodárstva SSR, Bratislava, p. 40-46.
9. BENEŠ J., 1986: Optimalizace lesní dopravní sítě, In *Lesnictví*, 1986, vol. 32, no. 12, p. 1089-1114.

10. BENEŠ J., 1991: Zpřístupnění lesů v pahorkatinách. In *Lesnictví*, 1991, vol. 37, no. 3, p. 245 – 266.
11. BORGA M. ET AL., 2005: Evaluating the influence of forest roads on shallow landsliding. In *Ecological Modelling*, 2005, vol. 187, no. 1, p. 85 – 98. ISSN 0304-3800.
12. BRITO L. A. T., DAWSON A. R., TYRRELL R. W. W., 2008: Using pavement trials: Evaluating rutting in forest roads in southern Scotland, In *Advances In Transportation Geotechnics, 1st International Conference on Transportation Geotechnics, Nottingham, England, 25.-27. August 2008*, p. 81-87.
13. BUBÍK L., KREJČÍ O., ŠVÁBENICKÁ L., 2000: Předběžné výsledky posledních stratigrafických výzkumů tzv. „gaultflyše“ račanské jednotky na Moravě. In *Geologické výzkumy na Moravě a ve Slezsku v roce 1999*, 2000, p. 60-63.
14. BURROUGHS E.R.JR., KING J.G. 1989: Reduction of soil erosion of forest roads. *INT-264. USDA Forest service, Intermountain research Station: Ogden, UT. 1989*
15. BUSS K. G., 1984: Use of sawdust on forest roads, In *Annual Road Builders' Clinic Proceedings*, 1984, p. 3-20.
16. BUZEK L., 1981: *Eroze proudící vodou v centrální části Moravskoslezských Beskyd*. SPN, Praha, 1981, 109 pp.
17. BYSTRICKÝ R., 2008: Turistické využitie lesných ciest napríklad Nárrodného parku Nízke Tatry. In *Zborník referátov z medzinárodnej vrdrckej konferencie Lesnícke stavby v krajine a ich rekreačné využitie, 16.10.2008, Zvolen, Lesnícka fakulta Technickej univerzity vo Zvolene*, p. 17-24. ISBN: 978–80–228–1924–4.
18. CLINE R. ET AL., 1981: Guide for predicting sediment yields from forest watersheds. *INT-264. USDA Forest service, Northern and Intermountain Region: Ogden, Ut., 1981*
19. COULTER E.D., SESSIONS J., WING M.G. 2006: Scheduling forest road maintenance using the analytic hierarchy process and heuristics, In: *Silva Fennica*, 2006, vol. 40, no.1, p. 143-160.
20. ČSN 73 6108, 1996: *Lesní dopravní síť*, Praha, Český normalizační institut, 28 pp.
21. DOBIÁŠ J., 2003: *Lesnícké stavby II.*, ČZU v Praze, Praha, 50 pp. ISBN 80-213-1119-3.

22. DOBIÁŠ J., 2005: Forest road erosion, In *Journal of Forest Science*, 2005, vol. 51, no.1, p. 37-46.
23. DUNN R. R., DANOFF-BURG J. A., 2007: Road size and carrion beetle assemblages in a New York Forest. In *Journal of Insect Conservation*, 2007, vol. 11, no. 4, p. 325-332. ISSN 1366-638X.
24. DVORŠČÁK P., 1985: *Vyhodnotenie technických parametrov stavieb lesných ciest porovnaním projektového a skutočného stavu*. ČZS – VI -6 – 7/11-02, E-A., Zvolen VŠLD, 1985, 20 pp.
25. DVORŠČÁK P., 1986: Hodnotenie technickém úrovne lesných odvozných ciest v závislosti od ochrany lesného prostredia. In *Zborník prednášok: Riešenie cestnej siete v podmínkách funkčne integrovaného lesného hospodárstva so zreteľom na ostatné celospoločenské záujmy*, Liptovský Mikuláš 1986, p. 71-76.
26. DVORŠČÁK P., 2004: Minimalizácia nevhodných zásahov do lesných ekosystémov pri výstavbe lesných ciest. In *Zborník referátov z medzinárodnej konferencie: Lesnícke stavby a meliorácie vo vzťahu k prírodnému prostrediu, 16. – 17. september 2004 Zvolen*, Lenická fakulta Technickej univerzity vo Zvolene, p. 17-21.
27. DVORŠČÁK P., HRÍB M., 1996: Výskum a návrh svahového sanačného protierozného postupu na lesných cestách. In *Vedecké práce Lesníckeho výskumného ústavu vo Zvolene - 41*, Lesnícky výskumný ústav vo Zvolene, SAP Bratislava, p. 285-293. ISBN 80-85665-91-3.
28. FANNIN J., 2003: Forest road construction in Mountainous terrain – National codes, land management and development planning. In *Proceedings of the International Expert Meeting on the Development and Implementation of National Codes of Practise for Forest Harvesting – Issues and Options, Chiba, Japan 17. – 20. November 2003*, p. 149-156.
29. FOLTZ R.B., COPELAND N.S., ELLIOT W.J., 2009: Reopening abandoned forest roads in northern Idaho, USA: Quantification of runoff, sediment concentration, infiltration, and interrill erosion parameters. In *Journal of Environmental Management*, 2009, vol. 90, no. 8, p. 2542-2550.
30. FORMAN T. T. R., SPERLING D. ET. AL., 2003: *Road Ecology – science and Solutions (Part IV. Chap. 12 Forestry Land and Road Systems p. 333 – 341)*. Island Press, 2003, 481 pp. ISBN 1559639334.
31. GHAFFARIAN M. R., SOBHANI H., 2007: Optimization of an existing forest road network using Network 2000. In *Croatian Journal of Forest Engineering*, 2007, vol. 28, p. 185-193.

32. GHAFFARIAN M. R., STAMPFER K., SESSIONS J., 2009: Comparison of three methods to determine optimal road spacing for forwarder-type logging operations. In: *Journal of Forest Science*, 55, 2009 (9): 423–431
33. GILLESPIE T.D., KARAMIHAS S.M., 1994: Heavy truck properties significant to pavement damage. Vehicle-road interaction. In: *Kulakowski BT, editor. ASTM SPT 1225. Philadelphia: American society for Testing and Materials*, 1994, p. 52-63
34. Grace III J. M., 2000: forest road sideslopes and soil conservation techniques, In: *Journal of Soil and Water Conservation*, vol. 55, no. 1, p. 96-101
35. GRACE III J.M., 2002: Effectiveness of vegetation in erosion control from forest road sideslope, In *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, 2002, vol. 45, no. 3, p. 681-685.
36. GRACE III J. M., CLINTON B. D. 2007: Protecting soil and water in forest road management. In *Transactions of the ASABE*, 2007, vol. 50, no. 5, p. 1579-1584.
37. GROSS J., ROČEK I., 2000: *Lesní hospodářství*. ČZU v Praze, Praha, 144 pp. ISBN 80-213-0586-7.
38. GUMUS S., ACAR H. H., TOKSOY D., 2008: Functional forest road network planning by consideration of environmental impact assessment for wood harvesting. In *Environmental Monitoring and Assessment*, 2008, 142(1-3), p. 109-116.
39. HANÁK K., 2000: *Technická doporučení pro lesní dopravní síť*. Praha, Ministerstvo zemědělství České republiky, 98 pp.
40. HANÁK, K. 2002: *Lesní dopravní síť*. VŠZ Brno, 147 pp.
41. HAY R. 1998: Forest road design. In *Proceedings of the Seminar on Environmentally Sound Forest Roads and Wood Transport, Sinaia, Romania 17-22 June 1996*, Rome: Food and agriculture organization of the united nations, 1998.
42. HERALT L., 2002: Using the ROADENG system to design an optimum forest road variant aimed at the minimization of negative impacts on the natural environment. In *Journal of Forest Science*, 2002, vol. 48, no. 8, p. 361-365. ISSN 1212-4834.

43. HOLÝ M., 1994: *Eroze a životní prostředí*. České vysoké učení technické, Praha, p. 132-133. ISBN 80-01-01078-3.
44. HOLÝ M., VÁŠKA J., 1970: Vztah mezi povrchovým odtokem a půdním smyvem při vodní erozi. In *Mezinárodní symposium o vodní erozi. ICID Praha 1970*.
45. HOREK P., NOVÁK L., NERUDA J. 2008: Forest cableways and their use in forest management. In *FORMEC '08 41. International Symposium in Schmalleberg - Germany*, p. 281-282.
46. HRADECKÝ J., PÁNEK T., 2008: Deep-seated gravitational slope deformations and their influence on consequent mass movements (case studies from the highest part of the Czech Carpathians). In *Nat Hazards*, 2008, vol. 45, p. 235-253.
47. HRUŠKA B., 1986: *Lesnická geologie*. SPN Praha, 233 pp.
48. HRŮZA P., 2003: Optimisation of forest road network under principles of functionally integrated forest management. In *Journal of Forest*, 2003, vol. 49, no. 9, p. 439-443.
49. HRŮZA P., 2006: A new approach to the proposal of opening-up the forest. In *Present and Future of Forest Opening Up and Hydrology, Proceedings of the International Science Conference, Sopron, Hungary 21 – 22 September 2006*. Sopron, University of West Hungary, Faculty of Forestry 2006, p. 3-10.
50. HRŮZA P., 2008: Údržba lesní dopravní sítě a její technická minima. In *Odborný seminář – Údržba lesní dopravní sítě, 23. září 2008*, MZLU v Brně, p. 4-9. ISBN 978-80-02-02060-8.
51. HRŮZA P., MELICHAROVÁ A., KOTÁSKOVÁ P., 2007: Hustota odvozních cest a její vypovídající hodnota o zpřístupnění lesa. In *Sborník příspěvků mezinárodní vědecké konference Lesnické stavby a jejich perspektivy, 29. 7. 2007*, ČZU v Praze, p. 18-22. ISBN 978-80-213-1657-7.
52. HYBBENOVÁ V., 1977: Špeciálne problémy flyšových podloží a ich vplyv na podkladové vrstvy konštrukcie vozovok. In *Zborník referátov z konferencie „Výstavba lesných ciest vo flyšovej oblasti“*, Zvolen 1977, p. 68-88.
53. JÁNOŠ V., 2003: Svahové deformace severní části radhoštského hřbetu v Moravskoslezských Beskydech, mapové listy 25-23-04, 25-23-05, 25-24-06 v měřítku 1:10000. In *Zprávy o geologických výzkumech v roce 2003*, 2003, p. 63-64.

54. JARABÁČ M., 1980: Mechanizované technologie přibližování dříví a eroze lesních cest. In *Lesnická práce*, 1980, vol. 59, no. 1, p. 20-26.
55. JURÍK L. ET AL., 1984: *Lesné cesty*. Príroda, Bratislava 1984, 407 pp.
56. JUŠKO V., 2007: Modelovanie erózných procesov na štrkových vozovkách lesných ciest. In *Sborník příspěvků mezinárodní vědecké konference Lesnické stavby a jejich perspektiva, 29. červen 2007, Praha, ČZU v Praze*, p. 45-53. ISBN 978-80-213-1657-7.
57. JUŠKO V., 2008: Procesy vodnej erózie na vozovkách lesných ciest. In *Těžebně dopravní technologie a stavební úpravy v kalamitních těžbách – sborník z mezinárodní vědecké konference, 18.-20.6.2008, Praha, ČZU v Praze*, p. 70-75.
58. KAHKLEN K., 2001: A method for measuring sediment production from forest routs. In *USDA Forest Service - Research Note PNW-RN*, PNW-RN-529, 2001, p. 1-18.
59. KAŠKOVÁ M., 2004: Design of forest road network in relation to all-society functions of forests. In *Journal of Forest Science*, 2004, vol. 50, no. 5, p. 243 – 247. ISSN 1212-4834.
60. KESTLER M. A. ET AL., 2007: Determining when to place and remove spring load restrictions on low-volume roads - Three low-cost techniques. In *Transportation Research Record*, 1989, vol. 2, p. 219-229.
61. KLČ P., 1989: *Zosuvy na lesných cestách vo flyši a metódy prevencie, sanácie a ich stabilizácie*. Príroda, Bratislava, 96 pp.
62. KLČ P., 1993: Cestná erózia na zemných lesných cestách. In *Forestry Journal*, 1993, vol. 39, no. 3, p. 189-202.
63. KLČ P., 1996: Úvahy o súčasnom stave lesných odvozných ciest. In *Zprávy lesnického výzkumu*, 1996, vol. 41, no. 2, p. 43-47.
64. KLČ P., 2005a: Research of principles of making access to forests by forest road network. In *Journal of Forest science*, vol. 51, no. 3, p. 115-126.
65. KLČ P., 2005b: *Učební texty pro předmět Komplexní péče o lesní dopravní síť*. ČZU v Praze, Praha, 49 pp.

66. KLČ P., KRÁLÍK A., 1991: *Katalóg porušení a závad na lesných cestách*. Příroda, Bratislava, 84 pp.
67. KLČ P. ET AL., 1987: *Stabilizácia výkopových svahov vo flyšových oblastiach na lesných cestách a zvažniciach – studie*, Výskumný ústav lesného hospodárstva vo Zvolene, 71 pp.
68. KLČ P., KYKAL J., ŽÁČEK J., 2006: Sprístupnenosť lesov a lesných komplexov v Českej republike. In *Sborník příspěvků Mezinárodní vědecké konference „Stavby a stavební problematika v praxi a ve výuce“*, 15.9.2006 Praha, p. 38-51.
69. KLČ P., NOVÁK J., 2006: Analýza sprístupnenia lesov v modelovom území, In *Lesnícky časopis – Forestry Journal*, vol. 52, no. 3, p. 209-221.
70. KLČ P., ŽÁČEK J. 2008: Funkce lesních cest. In *Zborník referátov z medzinárodnej vrdrckej konferencie: Lesnícke stavby v krajine a ich rekreačné využitie*. 16.10.2008 Zvolen, Lesnícka fakulta Technickej univerzity vo Zvolene, p. 65-75. ISBN: 978-80-228-1924-4.
71. KLČ P., ŽÁČEK J., SOTORNÍK M., 2007: Zpřístupněnost lesů v České a Slovenské republice. In *Lesnícky časopis - Forestry Journal*, 2007, vol. 53, no. 1, p. 47-57. ISSN 0323-1046.
72. KRAG R.K., MANSELL J., WATT W.J., 1991: *Planning and operational strategies for reducing soil disturbance on steep slopes in the Cariboo forest region, British Columbia*. Forest Engineering Research Institute of Canada, 26 pp. ISSN 0318-7063.
73. KREJČÍ O. ET AL., 2002: Slope movements in the Flysch Carpathians of Eastern Czech Republic triggered by extreme rainfalls in 1997: a case study. In *Physics and Chemistry of the Earth*, 2002, vol. 27, p. 1567–1576.
74. KUBÍNY D., LINDEROVÁ R., 1983: *Vplyv zosuvných a tektonických porúch na sprístupnenie porastov a ich kvalitu*. Příroda, Bratislava, 101 pp.
75. KUČERA A., PALÍKOVÁ M., 2009: Analysis of erosion factors of Ostravice basin (water tank Šance) based on specific pedological and geological properties using GIS: development of methodology. In *Beskydy*, 2009, vol. 2, no. 1, p. 39-50. ISSN: 1803-2451.
76. KUKAL Z., 1964: *Geologie recentních sedimentů*. Nakladatelství Československé akademie věd, Praha, 441 pp.



77. KÚTIK M., 1986: Možnosti projekcie pri zohľadňovaní ekologických aspektov lesa. In *Zborník prednášok – Riešenie cestnej siete v podmienkach funkčne integrovaného lesného hospodárstva so zreteľom na ostatné celospoločenské záujmy, 27.-28. květen 1986, Liptovský Mikuláš*, p. 125-132.
78. KVASŇOVSKÝ K., 2004: Sprístupnenie lesa v modelovom území LUC ML Brezno – Čertovica. In *Zborník referátov z medzinárodnej konferencie: Lesnícke stavby a meliorácie vo vzťahu k prírodnému prostrediu. 16.-17. september 2004 Zvolen*, Lenická fakulta Technickej univerzity vo Zvolene, p. 72-64.
79. LUGO A. E., GUCINSKI H., 2000: Function, effects, and management of forest roads. In *Forest Ecology and Management*, 2000, vol. 133, no. 3 p. 249 – 262 ISSN 0378-1127.
80. LUKÁČ T. ET AL., 2003: *Ťažbovo – dopravné technológie v lesnom hospodárstve, príručka odborného lesného hospodára*. Ústav pre výchovu a vzdelávanie pracovníkov lesného a vodného hospodárstva SR, Zvolen, pp. 218. ISBN 80-89100-01-5.
81. MACKŮ J., POPELKA J., SIMANOV V. 1992: Terénní klasifikace z pohledu ekologizace výrobních procesů v lesním hospodářství, In *Sborník TU Zvolen*, p. 156-161.
82. MACHADO C. C. ET AL., 2006: Chemical and environmental behavior of the solid wastes in forest roads pavements. In *Scientia Forestalis/Forest Sciences*, vol. 70, p. 131-136.
83. MARTINEZ-ZAVALA L. ET AL., 2008: Seasonal variability of runoff and soil loss on forest road backslopes under simulated rainfall. In *Catena* , vol. 74, no. 1, p. 73-79.
84. MATYÁŠ K., 1957: *Lesní dopravní síť – podklady pro plánování*. SZN, Praha, 256 pp.
85. MAKOVNÍK Š. ET. AL., 1973.: *Inžinierske stavby lesnícké*. Príroda, Bratislava, 710 pp. 64-103-73.
86. MARTIN A. M., ET AL., 1999: Estimation of the Serviceability of Forest Access Roads, In: *International Journal of Forest Engineering*, 10 (2)
87. MEGAHAN W.F., MONSEN S.B., WILSON M.D. 1991: Probability of sediment yealds from surface erosion on granic roadfills in Idaho. In: *Journal of Enviromental Quality*, 20:53-60
88. MESSINGEROVÁ V., 2004: Sprístupňovanie horských lesov na základe technologického plánování. In *Zborník referátov z medzinárodnej konferencie: Lesnícke stavby a meliorácie vo vzťahu*

*k prírodnému porstrediu. 16. – 17. september 2004 Zvolen, Lenická fakulta Technickej univerzity vo Zvolene, p. 85 – 90.*

89. MIDRIAK R. ET AL., 1985: *Obhospodarovanie lesov vo flyšových oblastiach s ohľadom na ochranu pody*. ZS, VÚHL Zvolen.
90. MIDRIAK, R. ET AL. 1988: *Obhospodarovanie lesov vo flyšových oblastiach*. Lesnícká štúdie č. 44, *Příroda*, Bratislava, 156 pp.
91. MORTENSEN D.A. ET AL., 2009: Forest roads facilitate the spread of invasive plants. In *Invasive Plant Science and Management*, 2009, vol. 2, no. 3, p. 191-199.
92. MRÁZ M., 1980: Možnosti využívania priemyselných odpadov a vedľajších produktov výroby v cestnom staviteľstve. In *Vozovky málo zaťažených komunikácií*, Dom techniky ČSVTS Bratislava, p. 57-61.
93. MURRAY A. T., 1998: Route planing for harvest site access. In *Canadian Journal of Forest Research - Revue Canadienne de Recherche Forestiere*, 1998, vol. 28, no. 7, p. 1084 – 1087. ISSN 1208-6037.
94. MZE 2006: *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2005*. Praha 2006, 135 pp. ISBN 80-7084-550-3.
95. MZE 2009: *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2009*. Praha 2010, 132 pp. ISBN 978-80-7084-861-6.
96. NAJAFI A. ET AL., 2008: Planning and assessment of alternative forest road and skidding network. In *Croatian Journal of Forest Engineering*. 2008, vol. 29, no. 1, p. 63-73.
97. NEJEZCHLEB B. 2008: Údržba lesní dopravní sítě v podmínkách ŠLP Masarykův les Křtiny. In *Odborný seminář – Údržba lesní dopravní sítě, 23. září 2008*, MZLU v Brně, p. 10-13. ISBN 978-80-02-02060-8.
98. NEWBERY, M. N., 1988: Road Damage Externalities and Road User Charges. In: *Econometric Society in its journal Econometrica*, 56(2), p. 295-316.
99. NEVEČEREL H. ET AL., 2007.: Traffic load of forest roads as a criterion for their categorisation – GPS analysis. In *Croatian Journal of Forest Engineering*, 2007, vol. 28, no. 1, p. 27-38.

100. NIKITIN V.V., 2004: Ecological aspects of forest roads network development. In *Proceedings of ICECFOP1: 1st International Conference on Environmentally-Compatible Forest Products, Oporto, Portugal, 22.-24. September 2004*, p. 71-75.
101. ORTEGA Y.K., CAPEN D.E. 2002: Roads as Edges: Effects on Birds in Forested Landscape. In *Forest Science*, 2002, vol. 48, no. 2, p. 381-391. ISSN 0015-749X.
102. OSBERG M., MURPHY B. 1996: British Columbia forest practices code. [online] In *Forest codes of practice, FAO Forestry Paper No. 133 Proceedings of an FAO/IUFRO Meeting of Experts on Forest Practices, Feldafing, Germany 11-14 December 1994 Rome*, Food and Agriculture Organization of the United Nations. ISBN 92-5-103923-2.
103. ОТЕПКА I., DORČÍK A., 1979: Problematika prípravy lesnej výroby v oblastiach flyšového pásma podniku Severoslovenských štátných lesov Žilina. In *Zborník referátov „Príprava lesnej výroby v oblasti flyšového pásma“, listopad 1979 Žilina*, p. 3-13.
104. OWENDE P.M.O., 2001: Minimizing distress on flexible pavements using variable tire pressure. In: *Journal of Transportation Engineering*, 2001, vol. 5-6, p. 254-262.
105. PÁNEK T., HRADECKÝ J. 2000: Současný geomorfologický výzkum v západních Beskydech a Podbeskydské pahorkatině. In *Zprávy o geologických výzkumech v roce 1999*, Brno, p. 44-47.
106. PENTEK T. ET AL., 2005: Analysis of an existing forest road network, In: *Croatian Journal of Forest Engineering*. vol. 26, no. 1, p. 39-50.
107. PENTEK T. ET AL., 2006: Uspostava optimalne mreže šumskih cesta na terenu – smjernice unapredenja pojedine faze rada. In *Glasnik za šumske pokuse*, vol. 5, p. 647-663.
108. PIČMAN D., PENTEK T., 1996: Čimbenici utječu na opravdanost izgradnje mreže šumskih prometnica. Savjetovanje "Skrb za hrvatske šume od 1846 do 1996", 1996 Zagreb, p. 293-300.
109. PIČMAN D., PENTEK T., 1998: The influence of forest road building and maintenance costs on their optimum density in low-lying forests of Croatia. [online] In *Proceedings of the Seminar on Environmentally Sound Forest Roads and Wood Transport, Sinaia, Romania 17-22 June, 1996*, Rome: Food and agriculture organization of the United Nations.

110. PILLAY, K., BOSMAN, J. , 2001: Heavy vehicle overload control in the city of Tshwane. In: *Meeting the Transport Challenges in Southern Africa' Organised by: Conference Planners, 20th South African Transport Conference South Africa*, 16 – 20.
111. PIPKOVÁ B. ET AL., 2006: *Dopravní stavby – Návodny pro cvičení*, ČVUT v Praze, Praha, 48 pp.
112. POTOČNIK I. 1998: The multiple use of forest roads and their classification. In *Proceedings of the Seminar on Environmentally Sound Forest Roads and Wood Transport, Sinaia, Romania 17-22 June, 1996*, Rome: Food and agriculture organization of the United Nations, 1998.
113. POTOČNIK I. 2003: Forest road formation width as an indicator of human impact on forest environment. In *Ekologia*, 2003, vol. 22, no. 3, p. 298-304.
114. POTOČNIK I. ET AL. 2005: Maintenance of forest road network by natural forest management in Tokyo University Forest in Hokkaido. In *Croatian Journal of Forest Engineering*, 2005, vol. 26, no. 2, p. 71-78.
115. POTOČNIK I. ET AL. 2008: Filling in the Clearance of a Forest Road Cross-Section in Beech Forest. In *Croatian Journal of Forest Engineering*, 2008, vol. 29, no. 1, p. 53-62.
116. PÚLKRAK K. ET AL., 2006: *Projekt grantové služby LČR - Modely hospodářských opatření a vlastních nákladů organizačních jednotek LČR podle SLT*, Praha, ČZU, pp. 8
117. RACKLEY J., CHUNG W. 2008: Incorporating forest road erosion into forest resource transportation planning: A case study in the Mica Creek watershed in Northern Idaho. In *Transactions of the ASABE*. 2008, vol. 51, no. 1, p. 115-127.
118. ROŠKO P., 1974: Riešenie dopravnej siete vo flyšovej oblasti. In *Zborník prednášok „Ťažbovo obnovné postupy v bukových oblastiach karpatského flyša“*. 1974 Žilina, p. 28-31.
119. ROŠKO, P. 1984. *Theoretical elements of wood skidding and opening up of forests in mountains*. SAV Bratislava, 285 pp.
120. RYTWINSKI T., FAHRIG L., 2007: Effect of road density on abundance of white-footed mice. In *Landscape Ecology*, 2007, vol. 22, p. 1501 – 1512. ISSN 0921-2973.

121. SEBAALY P.E., 1992: Pavement damage as related to tyres, pressures, axle loads, and configurations. Vehicle , tyre pavement interface. In: *Henry, Wambold JC, editors. ASMTTP STP 1164. Philadelphia: American Society for testing and Materials, 1992, p. 54-68*
122. SHERIDAN G.J., NOSKE P. J., 2007: A quantitative study of sediment delivery and stream pollution from different forest road types. In *Hydrological Processes*, vol. 21, no. 3, p. 387-398.
123. SHOOK L., 1988: Using chunkwood to build low volume rous. In *Public Works*, 1988, vol. 119, no. 10, p. 105-106.
124. SIMANOV V., KOHOUT V., 1996: Šetrné způsoby hospodaření v lesích chráněných území. In *Lesnická práce*, 1996, no. 3, p. 83-84.
125. SLIVKA J., 1977: Zásady hospodárenia v lesoch východoslovenského flyšu so špecifickým zameraním vplyvu lesnej cestnej siete. In *Zborník referátov z konferencie „Výstavba lesných ciest vo flyšovej oblasti“*, 1977 Zvolen, p. 15-23.
126. STACHERA J., KLČ P., 1991: Výsledky dlouhodobého výskumu priehybu a prevádzkovej výkonnosti vozoviek lesných ciest. In *Lesnícky časopis*, 1991, vol. 37, no. 1, p. 3-16.
127. STANOVSKÝ M., KLČ P., 2002: *Stroje pre výrobu dreva vo flyšových oblastiach*. Lesnícky výskumný ústav Zvolen, Zvolen, 28 pp.
128. STÜCKELBERGER J. A. ET AL., 2006: Modeling spatial variability in the life-cycle costs of low-volume forest roads. In *European Journal of Forest Research*, 2006, vol. 125, no. 4, p. 377 – 390. ISSN 1612-4669.
129. SWIFT, L.W., JR., 1984: Gravel and Grass Surfacing Reduces Soil Loss From Mountain Roads. In *Forestry Science*, 1984, vol. 30, no. 3, p. 657-670.
130. SWIFT, L.W., JR., 1988. Forest access roads: design, maintenance, and soil loss. In *Swank, W.T.; Crossley, D.A., Jr. Ecological studies*, 1988, vol. 66: Forest hydrology and ecology at Coweeta, New York: Springer- Verlag, p. 313-324.
131. SWITALSKI T. A. ET AL., 2004: Benefits and impacts of road removal. In *Forntiers in Ekology and the Environment*, 2004, vol. 2, no. 1, p. 21-28. ISSN 1540-9295.

132. ŠEVELOVÁ L., KOZUMPLÍKOVÁ A., 2009: Kalibrace výpočetního modelu systému podloží - netuhá vozovka. In *Zborník referátov z medzinárodnej vedeckej konferencie: Lesnícke stavby v krajine 2009, 15.10.2009 Zvolen*, p. 84-89.
133. ŠIKIČ D. ET. AL., 1989: Technički uvjeti za gospodarske ceste. In *Znanstveni savjet za promet JAZU*, Zagreb 1989, p. 1- 40.
134. TRZCINSKI G., 2007: Carrying capacity of slag and gravel forest road pavements. In *Sylwan*, vol. 151, no. 7, p. 49-57.
135. ÚHÚL 2002: Inventarizace lesních cest. [online] In *Inventarizace lesů, metodika venkovního sběru dat*, ÚHÚL Brandýs nad Labem Verze 6.0 (2002) – platnost od 1.7.2003, p. 121-126. [http://www.uhul.cz/il/metodika/metodika6/kap\\_8\\_6\\_0.pdf](http://www.uhul.cz/il/metodika/metodika6/kap_8_6_0.pdf)
136. VÉBR L., GALLO P., 2006: *Technické podmínky TP Katalog vozovek polních cest - Změna č. 1*. Ministerstvo zemědělství - Zemědělská agentura a pozemkový úřad, 62 pp.
137. VÉBR L. ET AL., 2006: *Technické podmínky TP 170 Navrhování vozovek pozemních komunikací (aktualizace TP v roce 2006)*. Ministerstvo dopravy ČR, 100 pp.
138. VOJÁČEK K., 1990: *Vliv stavební činnosti na životní prostředí*. Racionalizační a experimentální laboratoř, s.p., Praha, 192 s.
139. VYSKOT I. ET. AL., 2003: *Kvantifikace a hodnocení funkcí lesů České republiky*. Ministerstvo životního prostředí ČR, Praha, 196 pp. ISBN 80-900242-1-1.
140. YOSHIMURA T., KANZAKI K. 1998: Fuzzy expert system laying out forest roads based on the risk assessment. [online] In *Proceedings of the Seminar on Environmentally Sound Forest Roads and Wood Transport, Sinaia, Romania 17-22 June 1996*, Rome: Food and agriculture organization of the united nations.
141. ZACHAR D., 1970: *Erózia pôdy*. SAV, Bratislava, 528 pp.
142. ZELINKA L., 1986: Vplyv funkcie priekop lesných ciest na výpočet konštrukcie vozovky lesnej cesty a ochranu lesného prostredia. In *Zborník prednášok „Riešenie cestnej siete v podmínkách funkčne integrovaného lesného hospodárstva so zreteľom na ostatné celospoločenské záujmy“*, Liptovský Mikuláš 1986, p. 75-80.

143. ZELINKA, L. 1991: *Návrh systému hospodárenia s netuhou vozovkou lesnej cesty - habilitačná práca*. TU Zvolen, Zvolen, 234 pp.
144. ZELINKA, L. 1996: Únava netuhých vozoviek lesných ciest s krytom z penetračného bitumenového makadamu v ŠLP TU Zvolen. In *Lesnícky časopis – Forestry Journal*, 1996, vol. 42, no. 4, p. 231-239.
145. ZELINKA, L. 1999: Únavový proces netuhých vozoviek lesných ciest s krytom OK (obaľovacie živičné kamenivo). In *Lesnícky časopis – Forestry Journal*, 1999, vol. 45, no. 4, p. 217-224.
146. ZELINKA L., VACEK V. 2006: Dlhodobé sledovanie únavy u vybraných lesných odvozných ciest. In *Sborník příspěvků mezinárodní vědecké konference: Stavby a stavební problematika v praxi a ve výuce, 15. září 2006 Praha, ČZU v Praze*, p. 125-132.
147. ZELINKA L. 2009: Model údržby a opráv vozovky. In *Zborník referátov z medzinárodnej vedeckej konferencie: Lesnícke stavby v krajine 2009, 15.10.2009 Zvolen*, p. 143-151.
148. ŽÁČEK J., KLČ P. 2008: Forest transport roads according to natural forest regions in the Czech Republic, In *Journal of Forest Science*, 2008, vol. 54, no. 2, p. 73-83.
149. ŽÁČEK J., KLČ P. 2009: Vliv reliéfu krajiny na zpřístupňování lesů. In *Sborník z mezinárodní vědecké konference – Krajina les a lesní hospodářství, 10.2.2009 Kostelec nad Černými Lesy*, p. 308-316. ISBN 978-80-213-1894-6.

## Internetové odkazy

---

1. [www.uhul.cz](http://www.uhul.cz)