

APLIKACE METODIKY VÝPOČTU PŘEVODNÍCH KOEFICIENTŮ OBJEMU ROVNANÉHO DŘÍVÍ POMOCÍ POČÍTAČOVÉ ANALÝZY OBRAZU A JEJÍ VERIFIKACE PROSTŘEDNICTVÍM ELEKTRONICKÉ PŘEJÍMKY A STANOVENÍ KOEFICIENTŮ PODLE DŘEVIN A SORTIMENTŮ PRO HARVESTOROVOU TECHNOLOGII

Řešitel: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně

Doba řešení: 2004

Řešitelský kolektiv: Prof. Ing. Radomír Ulrich, CSc.
Ing. Michal Kneifl, Ph.D.
Dr. Ing. Jan Kadavý
RNDr. Pavel Mazal, Ph.D.
Doc. Ing. Jindřich Neruda, CSc.

Zaměření

Stanovení převodních koeficientů objemu rovnaného dříví z prostorových metrů [prm] na metry krychlové bez kůry [m^3 b.k.] tvoří stěžejní část procesu zjišťování objemu výřezů dřeva, kdy jako základ výpočtu figuruje tzv. hráň dříví. Hráň představuje množství vyrovnaného dříví v prostoru, včetně mezer mezi jednotlivými poleny. Objem dříví odvozený z prostorových metrů je proto nutno následně pomocí tzv. převodních koeficientů přepočítat na metry krychlové. Z literatury i z praktického používání doložených postupů pro odvození převodních koeficientů vyplývají možná řešení daného problému. Jedná se například o postup, při kterém je nutno rozebrat reprezentativní hráň a následně zjistit objem jednotlivých polen některým ze známých vzorců pro výpočet objemu. Nebo je k danému účelu použito tzv. xylometrického postupu, kdy je celá hráň ponořena do kapaliny o známém objemu a na základě množství vytlačené kapaliny je vypočten objem výřezů dřeva, či postupy další, provozní povahy, kdy je převodní koeficient určen například některým z výše popsáných postupů, či jinak a je provozně používán bez následných korekcí v praxi. Ve většině případů se však jedná o pracné a časově velmi náročné, provozně neaplikovatelné postupy.

Nové, pozitivní, ale i negativní změny do oblasti lesnictví a zpracování dřeva přinesly harvestorové technologie. Jednou z činností, která zásadním způsobem ovlivňuje nejen konečný efekt výroby, ale zároveň mění známé postupy, je měření zpracovávaného dřeva. Způsob příjmu pomocí elektronické přejímky, který je odběrateli stále více využíván, přináší v konečné fázi disproporci oproti přímému měření dříví harvestorem. Proto se stále více pracuje na různých možnostech nastavení operačního systému jednotlivých harvestorů. Kritérií je několik, od parametrů kůry až po různé přepočtové koeficienty vkládané do sortimentace. Další z možností je nalezení optimálního nadměrku spolu s řezacím oknem.

Podle dostupných zkušeností s touto problematikou se předpokládá, že největší podíl na rozdílu měření mezi harvestorem a pak následným kontrolním měřením je způsobený nedostatečnou kalibrací měřicího systému stroje. Princip kalibrace spočívá v převedení naměřených hodnot těžební hlavicí na reálná čísla v délkové soustavě. Platí pro ni doporučené zásady, např. délku je třeba kalibrovat u každé dřeviny zvlášť, neboť měřicí kolečko se pohybuje po každém druhu kůry jinak. Tloušťku je možno ve většině případů kalibrovat pro všechny dřeviny nebo jen jednu. Je však třeba přeměřit tloušťku na všech vyráběných sortimentech. Kalibraci je potřeba provádět každou směnu. Podmínky, za kterých stroj pracuje a měří, se také každou směnu mění, například podle povětrnostních vlivů (teplota), nebo různých částí zpracovávaného porostu (okraj, střed).

Existují dva typy kalibrace podle software příslušného stroje. První typ nastavení se týká vzájemných rozdílů mezi měřením stroje a měřením fyzickým. Je vytvořeno na principu dosazování hodnot. Například se určí pět kusů, na kterých se kalibrace bude provádět. Změří se jednotlivé kusy při zpracování harvestorem a odloží se na stranu, podle pořadí zpracování. Naměřené hodnoty se vytisknou. Pak se každý kus změří fyzicky. Výsledné rozdíly se zprůměrují a výsledné číslo (průměr i délku) se dosadí do kalibrace. Systém se sám přednastaví na tyto hodnoty. Druhý typ nastavení je na základě kalibrační křivky. To znamená, že rozdílné hodnoty měření se nastavují ihned u každého měřeného sortimentu a tak se přeměří celý zpracovávaný strom od paty až ke špičce. I v tomto případě se musí vždy nastavit délku a průměr zvlášť.

V biometrické laboratoři ústavu HÚL se již od roku 1999 zabýváme možnostmi využití počítačové analýzy obrazu pro zjištění objemu rovnaného dříví. Naše zkušenosti jsme mimo jiné úspěšně aplikovali i v rámci pravidelných měsíčních inventarizací skladových zásob vlákniny u firmy Frantschach Pulp&Paper a.s. Štětí v letech 1999 – 2001. Podle našeho názoru je využití počítačové analýzy obrazu efektivní cestou kontroly příjmu rovnaného dříví.

Cílem předkládané studie je aplikace, verifikace a případná korekce vytvořené metodiky, stanovení koeficientů pro zjištění objemu výřezů dříví uloženého v hráních, s důrazem na použití při harvestorové technologii, počítačovou analýzou obrazu. Dále vytvoření aktualizovaného souboru převodních koeficientů pro vybrané sortimenty a dřeviny, a nakonec srovnání výsledků s výsledky kontrolního zjišťování objemu dříví elektronickou přejímkou na stanovených MES v ČR.

V rámci tohoto cíle bylo nutno ověřit, zda platí následující hypotézy:

- a) Délka sortimentu nemá vliv na hodnotu převodního koeficientu.
- b) Hodnoty převodního koeficientu jsou závislé na průměrné tloušťce polen v hráni.
- c) Koeficient lze zjišťovat ze snímků snímaných vždy jen na jedné straně hráně.
- d) Hodnoty zjištěné analýzou obrazu korespondují s hodnotami elektronické přejímky.

Materiál a metodika

Vybrané vhodné výseky hrání (o rozměrech cca 1 x 1 m až 1,5 x 1,5 m) jsou snímány digitálním fotoaparátem umístěným na stativu. Daný výsek hráně je fotografován vždy z přední strany, pokud je hráň přístupná z obou stran, pak i ze strany odvrácené. Pro zjištění rozměrových parametrů v analyzovaném výseku hráně je přikládáno k hráni měřítko (50 cm).

Obrázek č. 1: Ukázka čelního snímku hráně

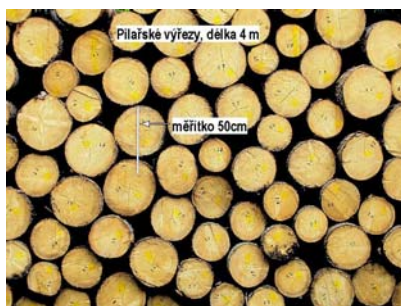


Digitální snímky jsou zpracovávány v biometrické laboratoři ÚHÚL LDF MZLU v Brně. Princip vyhodnocování (analýzy obrazu) spočívá ve zjišťování plochy dle četnosti pixelů vybraných barev ve sledovaném výseku obrazu pomocí speciálního softwaru LUCIA - G (výhodou je přitom dobrá barevná odlišitelnost světlých čel výřezů od tmavých ploch mezi výřezy).

Analýza snímků výřezů ve výsecích hrání sestává z několika kroků:

- kalibrace snímku (vlození tzv. kalibrační konstanty a uložení snímku ve formátu *.lim)
- vložení masky známých rozměrů do snímku výseku hráně

Obrázek č. 2: Ukázka vložení masky do snímku čela hráně



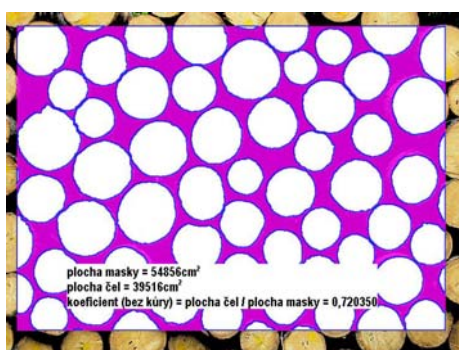
- prahování snímku – vytvoření hrubého binárního obrazu v masce (výběr pixelů v určitém barevném rozmezí)

Obrázek č. 3: Binární obraz v masce snímku



d) zhotovení finálního binárního obrazu ruční úpravou

Obrázek č. 4: Příklad finálního binárního obrazu



e) automatické odečtení ploch čel (částí čel) výřezů nacházejících se v masce

Při tomto postupu může dojít ke vzniku chyb, které by znehodnotily výsledky celého šetření a proto je nutno jim předejít přímo v lese při pořizování dat dodržáním předem stanovených pravidel. Jedná se o tyto možné chyby:

- záměna zbarvení dřeva napadeného hnilobou, či zbarvení čel znečištěných zeminou se zbarvením kůry, nebo zbarvením prostor mezi výřezy
- vzájemný překryv čel některých výřezů vlivem jejich zasunutí do vnitra hráně
- enormní zkreslení a jakýkoliv překryv výřezů na analyzované části záběru vzniklé prostorovým zobrazením
- ovlivnění měření nadměrným výskytem oddenkových kusů
- snížení zaplnění hráně z důvodů obalení výřezů sněhem

Metodika statistického zpracování dat

V průběhu statistického zpracování dat bylo využito statistických funkcí programu MS Excel 2003, dále statistického software Unistat 5.0. Pro analýzu párových koeficientů bylo použito dvouvýběrového párového t-testu na střední hodnotu. U ostatních testů shody byl využit buď dvouvýběrový t-test, nebo, u více výběrů, Tukey-HSD test pro analýzu rozptylu.

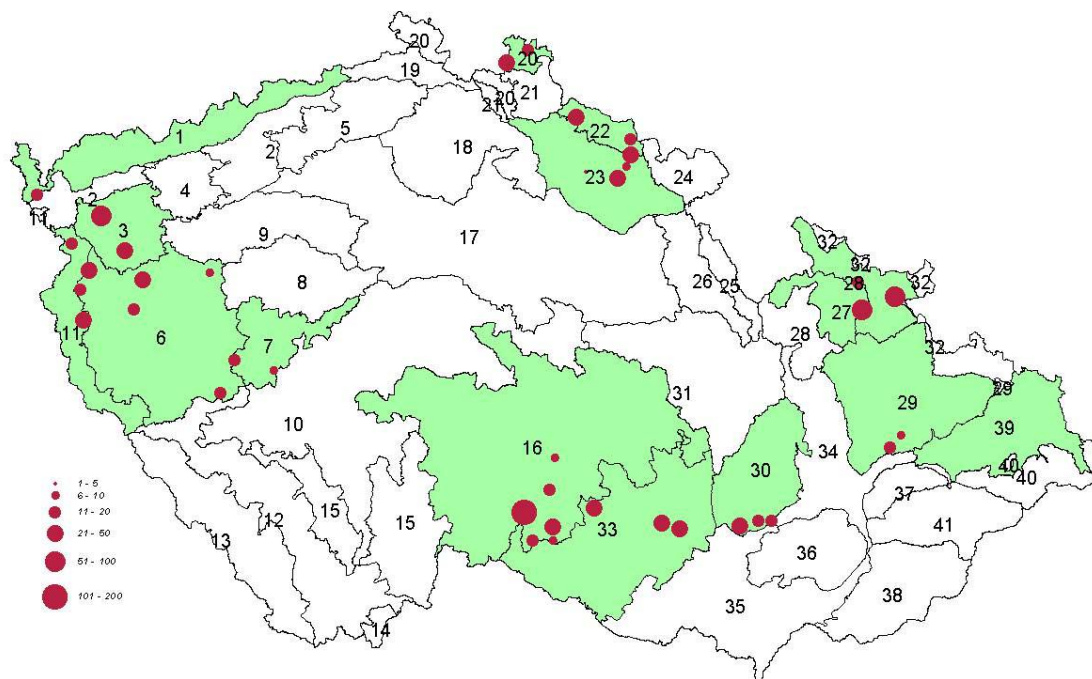
Pro ověření závislosti koeficientů na tloušťce bylo využito regresní a korelační analýzy. Detailní teorie testů a analýz nebude zmiňována pro její obecnou známost a použití.

Množství a struktura snímaných digitálních snímků

V rámci prací na projektu bylo vyfotografováno celkem 1176 analyzovatelných snímků. Následující tabulka uvádí jejich přehled podle přírodních lesních oblastí (PLO) a lokalit odběru snímků. Snímky byly odbírány celkem na 39 lokalitách v závislosti na výskytu úložišť dříví v hraních a nasazení harvestorů. Tyto lokality se nacházejí po území celé ČR, jejich plošné rozmístění na území ČR uvádí mapa.

Tabulka č. 1: Přehled analyzovaného materiálu – počty snímků podle PLO a lokality

PLO	Lokalita	Počet	PLO	Lokalita	Počet
1	Fr.Lázně-Vysoká	20	22	Horní Maršov	18
3	Kladská	104		KRNAP	28
	Teplá	46		Mladé Buky	28
	Konstantinovy Lázně	21		Dvůr Králové-Vlčice	7
	Nepomuk	15	23	Horka u Staré Paky	4
6	Planá	41		M.L. Chotěvice	29
	Plasy	10	27	Rejvíz	20
	Stříbro	19	28	Karlovice - Ludvíkov	53
	Tachov	12		Město Albrechtice	99
7	Rožmitál pod Třemšínem	7	29	Lipník	12
	Spálené Poříčí	17		Potštát	10
11	Přimda	76		Luleč	13
	Stará Voda	13	30	Mokrá	33
	Jihlava	10		Olšany	11
16	Jindřichovice	31		Budíškovice	14
	Stonařov	16	33	Náměšť	26
	Štěpkov	9		Rosice	48
	Teč	180		Třebíč	38
20	Frýdl.vrchovina-Bulovka	13	39	Paskov	3
	Frýdlant	22			
			Celkem		1176



Tabulka č. 2: Přehled analyzovaného materiálu – počty snímků podle dřeviny a sortimentu

Dřevina	Sortiment	Počet	%
SM	Celkem	919	78.1
	Agregát	258	21.9
	Kulatina	358	30.4
	Vláknina	36	3.1
	Palivo	267	22.7
BO	Celkem	203	17.3
	Agregát	105	8.9
	Kulatina	46	3.9
	Vláknina	52	4.4
	Palivo	0	0
MD	Celkem	54	4.6
	Agregát	11	0.9
	Kulatina	20	1.7
	Vláknina	23	2.0
	Palivo	0	0
Celkový součet		1176	100

Z přehledu v tabulce č. 2 je patrné, že nejvíce snímků bylo vyfotografováno v rámci dřeviny smrk (919 snímků – 78,1 %), u borovice to bylo 203 snímků, což představuje 17,3 % celkového počtu. Nejméně (54 snímků – 4,6 %) u modřínu. Co se týče počtů snímků vzhledem k hodnoceným sortimentům rovnaného dříví, nejvíce fotografií bylo odebráno v rámci sortimentu kulatina (424 snímků – 36,1 %), dále následují agregátní výřezy (374 – 31,8 %, vláknina (342 – 29,1 %) a nakonec palivo (36 snímků – 3,1 %).

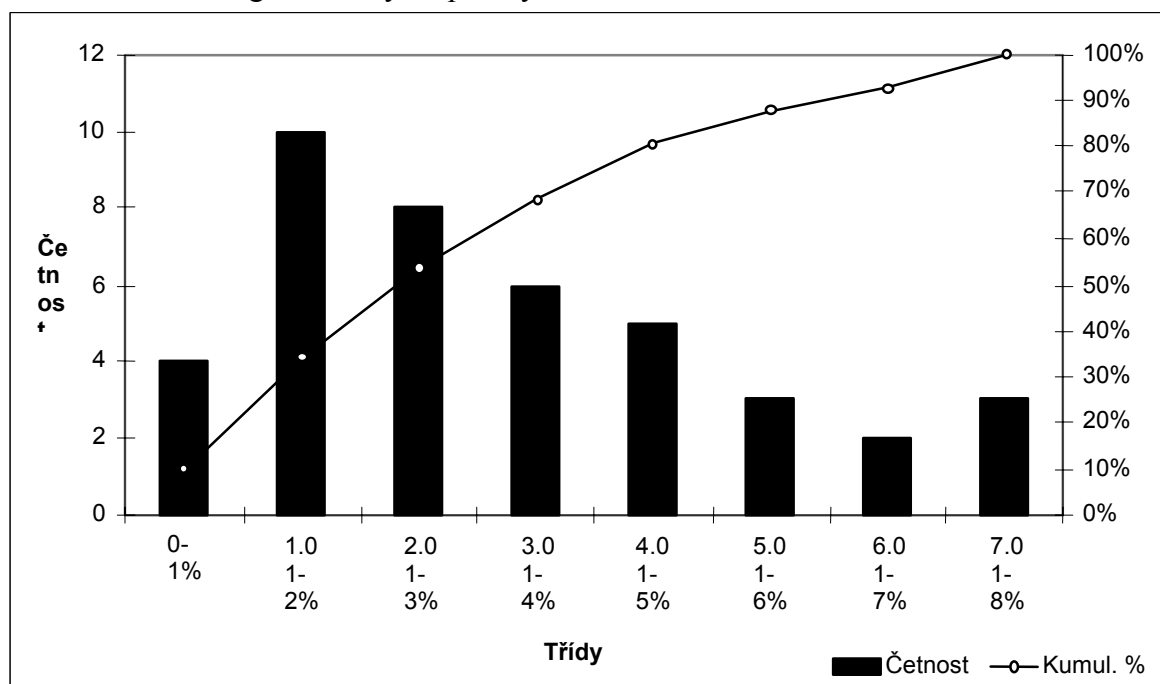
Souhrn nejdůležitějších výsledků šetření:

Analýza rozdílů hodnot koeficientů při snímání obou stran hráně

Přes obtížnost oboustranného snímání hrání se podařilo odebrat statisticky významné množství párů fotografií. Celkem se jedná o 41 párů (tedy 82 ks) fotografií obou čel hrání. Snímky, které byly pořízeny z přístupnější strany hrání, tedy vždy z přístupné strany od cesty, jsou v databázi označeny jako strana „A“. Snímky z odvrácené strany jsou označeny jako strana „B“. Jedná se především o hráně smrkové kulatiny, v menším měřítku je zastoupena i smrková vlákna, borová kulatina a modřínová vlákna. Domníváme se však, že dřevina ani sortiment nemají z pohledu obecného zaměření této dílčí analýzy význam, jelikož se zjišťuje vliv způsobu uložení polen a jejich sbíhavosti na převodní koeficient.

Jestliže u jednotlivých párů fotografií vypočítáme absolutní rozdíly koeficientů na stranách „A“ a „B“, zjistíme, že rozdělení pravděpodobnosti této řady dat nemá charakter normálního rozdělení, nýbrž rozdělení levostranného. Laicky řečeno, více je případů, kdy se strana „A“ liší od strany „B“ jen nepatrně, než případů s rozdílem velkým. S narůstajícím rozdílem klesá četnost případů. Tuto skutečnost prezentuje obrázek č. 1.

Obrázek č. 1: Histogram odchylek párových koeficientů a kumulativní relativní četnosti



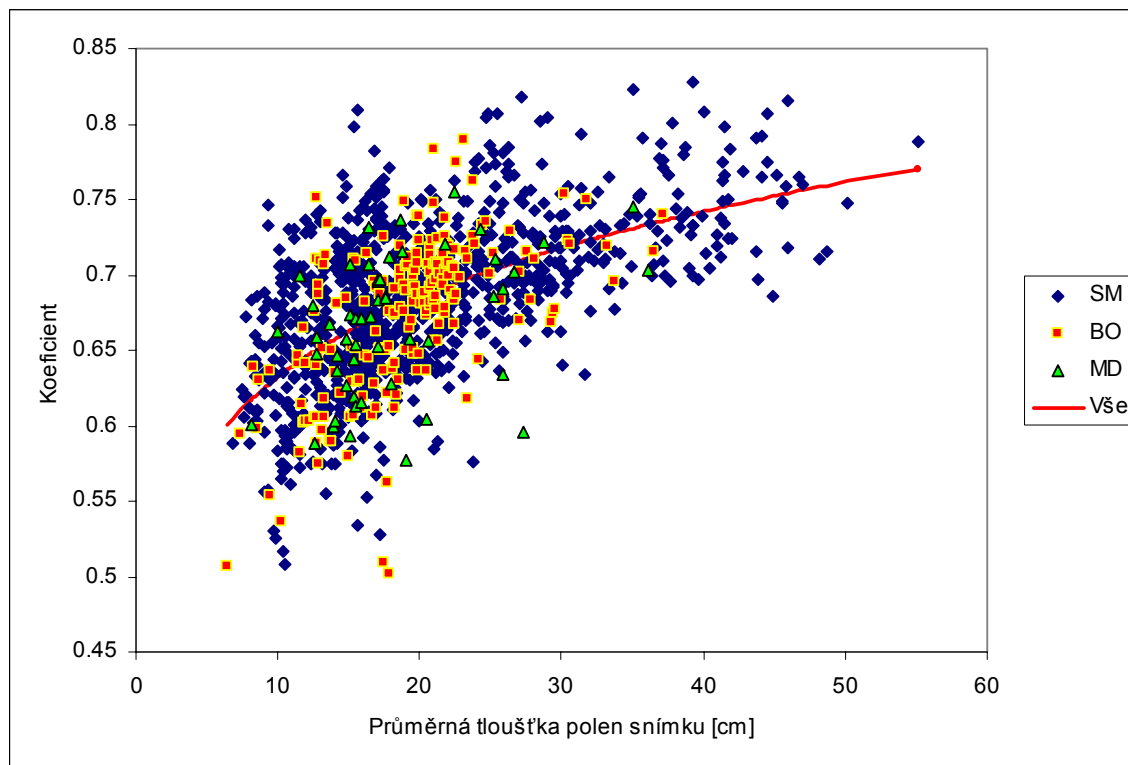
Jak je patrné z grafu, odchylky do 3 % jsou zastoupeny v 54 % případů a odchylky do 5 % zaujímají 80 % procent všech případů párových fotografií.

Pro testování rozdílů mezi koeficienty ze snímků „A“ a ze snímků „B“ byl použit dvouvýběrový párový t-test na střední hodnotu. Hodnota vypočítané oboustranné pravděpodobnosti činí **0,377**, tedy více než zvolená hladina významnosti $\alpha = 0,05$. Hypotézu tedy na základě tohoto výsledku přijímáme. Mezi soubory koeficientů zjištěných na straně „A“ a na straně „B“ není statisticky významný rozdíl. V dalších analýzách je tedy možno pracovat pouze s koeficienty pořízenými pouze z fotografií jedné, přístupnější strany hráně. Tato skutečnost má zásadní význam, neboť obě strany hrání jsou v praxi přístupné jen zřídka.

Vliv průměrné tloušťky polen na výši koeficientu

Tloušťková struktura polen hráně má podstatný vliv na výsledný přepočtový koeficient. Obecně, se zvětšující se průměrnou tloušťkou jednotlivých polen hráně, se zvětšuje hodnota koeficientu. Tato závislost není lineární, její průběh se blíží logaritmické, nebo mocninné závislosti.

Obrázek č. 2: Závislost hodnoty koeficientu na průměrné tloušťce polen



V grafu na obrázku č. 2 se nachází bodové pole závislosti koeficientu na průměrné tloušťce polen na snímku. Jsou vyobrazeny bodová pole všech tří dotčených dřevin a křivka logaritmického tvaru prokládající bodové pole jako celek. Největší patrný nárůst hodnoty koeficientu s nárůstem tloušťky je u borovice, následuje smrk a jako poslední je modřín. V oblasti do tloušťky 38cm však rozdíl průběhu není u různých dřevin významný. Oblast větších tlouštěk nelze spolehlivě hodnotit, protože jich ani borovice, ani modřín nedosahují.

Hodnota korelační závislosti koeficientu na tloušťce dosahuje hodnoty 0,6, jedná se tedy o poměrně spolehlivou regresní závislost.

Obecně platí, že pokud srovnáváme koeficient dvou hraní se stejnou průměrnou tloušťkou, hrán s menší variabilitou tlouštěk polen bude mít nižší převodní koeficient, než hrán s variabilitou vysokou. Tato skutečnost však nebyla předmětem analýzy, rovněž ji není možno v provozních podmínkách jednoduše evaluovat a aplikovat. Proto na ni dále nebude kladen zřetel.

Výsledky v členění podle Pokynu LČR s.p. 04/2001

Tabulka č. 3 prezentuje výsledné koeficienty v členění podle současně platné metodiky LČR. Tato metodika nezohledňuje typ sortimentu, ale pouze dřevinu, střední tloušťku a délku sortimentu. Z tabulky je patrné, že koeficienty používané v současné době u LČR jsou

u tloušťek do 19 cm nadhodnocené (kromě modřínu, kde je koeficient podhodnocen o 3,08 %).

U všech dalších sortimentů je již koeficient používaný LČR podhodnocen a to až o 10 % u borového rovnaného dříví nad tloušťku 19 cm.

Tabulka č. 3: Výsledné koeficienty v třídění podle metodiky LČR

Sortiment	Dřevina	MZLU	LČR	LČR/MZLU [%]
do 19 cm tloušťky do 2m délky	SM	0.657	0.66	100.46
	BO	0.620	0.63	101.61
	MD	0.650	0.63	96.92
do 19 cm tloušťky 2-5m délky	SM	0.664	0.62	93.37
	BO	0.658	0.62	94.22
	MD	0.662	0.62	93.66
nad 19 cm tloušťky	SM	0.709	0.68	95.91
	BO	0.700	0.63	90.00
	MD	0.688	0.63	91.57

Výsledné koeficienty podle sortimentů rovnaného dříví uvedených v ČSN

Tabulka 4 prezentuje výsledné přepočtové koeficienty pro jednotlivé sortimenty a dřeviny tak, jak vyplynuly ze souboru dat. Jsou uvedeny koeficienty pro všechny dřeviny a sortimenty kromě borové a modřínové vlákniny, která nebyla na žádné ze sledovaných lokalit v roce 2004 zaznamenána. Průměrně nejvyšších hodnot dosahuje kulatina, dále agregátní výřezy, vláknina a nakonec smrkové palivo.

Tabulka č. 4: Výsledné neupravené koeficienty podle dřeviny a sortimentu

Sortiment	SM	BO	MD
Kulatina	0.7051	0.7014	0.6860
Agregát	0.6697	0.6825	0.6762
Palivo	0.6511	-	-
Vláknina	0.6732	0.6295	0.6462

Na základě statistických analýz jsme došli k závěru, že výše uvedené hodnoty je možno dále generalizovat bez újmy na výsledné přesnosti, pokud objem dříví, na kterém budou výsledky aplikovány bude dostatečně velký. Byly vylišeny tři koeficienty. Pro kulatinu bez ohledu na dřevinu navrhuje koeficient 0,704. Pro smrkové a borové agregátní výřezy a dále smrkové palivo a vlákninu koeficient 0,672. Pro borovou a modřínovou vlákninu a modřínové agregátní výřezy navrhuje koeficient 0,640.

Tabulka č. 5: Upravené koeficienty podle dřeviny a sortimentu

Sortiment	SM	BO	MD
Kulatina	0.704		
Agregát	0.672		
Vláknina		0.640	
Palivo			

Porovnání výsledků s elektronickou přejímkou a měřením harvestoru

V rámci ověření výsledků různých metod přepočtu z prostorových metrů (PRM) na $\text{m}^3 \text{ b.k.}$ bylo provedeno srovnání námi používané metody (analýza obrazu – MZLU), měření harvestoru při zpracování dříví, využití smluvního přepočtového koeficientu využívaného LČR (0,63) a metody elektronické přejímky u odběratele. Tyto různé metody přepočtu byly aplikovány na celkem 3 hráně borových agregátních výřezů o délce 2,45 m o celkovém objemu 466,63 PRM. Výsledky přehledně zobrazuje následující tabulka.

Tabulka č. 6: Přehled výsledků jednotlivých metod

	ČSN 480055	LČR	Harvestor	El. přejímka	MZLU neupravené	MZLU Upravené (tab. 33)
PRM	467	467	467	467	467	467
koeficient	0.63	0.630	0.613	0.581	0.692	0.672
$\text{m}^3 \text{ s.k.}$	-	-	315	-	-	-
$\text{m}^3 \text{ b.k.}$	294	294	286	271	323	314
Srovnání [%]	93.6	93.6	91.1	86.3	102.9	100.0

Z výsledků je patrné, že dochází k disproporci mezi všemi používanými metodami. Paradoxem je, že předpokládaná „přesná“ elektronická přejímka je se svou hodnotou převodního koeficientu (0,581) nejnižší ze všech srovnaných metod. Nejvyšší hodnotu vykazuje neupravený koeficient 0,692 jako výsledek analýzy obrazu hrání, jež byly předmětem srovnání. O něco nižší je výsledná navržená hodnota koeficientu pro sortiment borové agregátní výřezy z tabulky č. 33. Rozpětí nejnižší a nejvyšší hodnoty činí 13,7 %.

Závěr a diskuse

V rámci projektu bylo analyzováno 1176 snímků smrkových, borových a modřínových sortimentů rovnaného dříví. Tyto snímky byly snímány na velké části území České republiky, v 15 přírodních lesních oblastech, na celkem 39 lokalitách, kde v průběhu roku pracovaly harvestory.

Snímky byly zpracovány v Biometrické laboratoři ústavu hospodářské úpravy lesů LDF MZLU Brno. Z výsledků analýz vyplynulo, že převodní koeficient z prostorových metrů na $\text{m}^3 \text{ b.k.}$ je statisticky velice homogenní veličina s nízkou variabilitou, která je přímo nezprostředkovaně měřitelná z digitálních snímků čel hrání. Po rozčlenění celé databáze na výběrové soubory, tedy v členění podle dřeviny a sortimentů, vykázaly všechny výběrové soubory normální charakter rozdělení pravděpodobnosti a tím možnost jejich běžného statistického zpracování s použitím parametrických charakteristik a testů.

Byla ověřena skutečnost, že pro danou hráň je možno zjistit koeficient dostatečně přesně analýzou snímků jen z její čelní strany. Mezi soubory dat párových snímků, tedy snímků vždy z čelní a odvrácené strany hráně, nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl při hladině významnosti $\alpha=0,05$. Tento soubor obsahoval 41 párů fotografií. Prokázalo se rovněž, že rozdělení pravděpodobnosti vzájemných odchylek koeficientů má silně levostranný charakter, tedy odchylky malé jsou více četnější než odchylky větší, s velikostí odchylky klesala i jejich četnost.

Bylo otestováno, zda existuje závislost hodnot převodních koeficientů na oblasti původu. Byly sice potvrzeny významné rozdíly mezi některými lesními oblastmi co do hodnot

koeficientů, nebylo však možno identifikovat homogenní skupiny lesních oblastí. Nebyla prokázána interakce mezi PLO a průměrnou tloušťkou polen v hraních.

Naopak byl prokázán silný vliv průměrné tloušťky polen hraně na hodnotu převodního koeficientu. Závislost má charakter mocninný, nebo logaritmický, míra korelační závislosti se pohybuje okolo 0,6. Závislost má stejný charakter u všech tří sledovaných dřevin.

Bylo provedeno srovnání námi vyčíslených koeficientů a koeficientů v současné době používaných a to ve dvou členěních, či normách. První normou byl *Pokyn LČR s.p. 04/2001: Těžba dřeva sortimentní metodou s využitím harvesterů a vyvážecích traktorů*, který nerozlišuje mezi sortimenty, nýbrž člení sortimenty rovnaného dříví podle tloušťky a délky na sortimenty do 19 cm a 2 m délky, dále na sortimenty do 19 cm tloušťky a délky 2-5 m a sortimenty nad 19 cm tloušťky. U většiny takto roztríděných sortimentů je doposud používán koeficient, podle našeho názoru a našich výsledků, podhodnocený. Nadhodnocený byl pouze u SM a BO sortimentů do 19 cm tloušťky a 2 m délky.

V další fázi byla provedena analýza sortimentů v členění podle publikace *Doporučená pravidla pro měření a třídění dříví v České republice* vydané v roce 2002. U všech sortimentů rovnaného dříví, včetně kulatiny, byla otestována závislost hodnoty převodního koeficientu na délce sortimentu. Tato závislost nebyla u žádného sortimentu uspokojivě potvrzena. Po evaluaci koeficientů pro jednotlivé dřeviny a sortimenty byla provedena jejich agregace pomocí analýzy rozptylu a testu Tukey-HSD (mnohonásobná porovnávání). Na základě výsledků doporučujeme použití tří agregovaných převodních koeficientů: **0,704** (společně pro smrkovou, borovou a modřínovou kulatinu), **0,672** (společně pro smrkové agregátní výřezy, vlákninu, palivo a pro borové agregátní výřezy) a **0,640** (společně pro borovou a modřínovou vlákninu a modřínové agregátní výřezy).

V poslední řadě bylo provedeno srovnání různých metod příjmu rovnaného dříví na modelovém objemu 467 PRM borových agregátních výřezů. Byla zjištěna disproporce mezi různými metodami, která byla takového charakteru, že již v rámci II. oponentního řízení bylo ustoupeno od verifikace výsledků studie pomocí elektronické přejímky. Právě výsledek elektronické přejímky vykázal od našich výsledků největší odchylku ze všech metod a sice - 13,7 %.

Přesto, že v rámci projektu byl shromážděn objemný datový materiál a výsledky jeho analýz mají vysokou statistickou spolehlivost, je nutno konstatovat, že vzorky nepokrývají reprezentativním způsobem celé území ČR. Důvodem je skutečnost, že harvestory je možno nasadit pouze v oblastech s určitým stupněm lesnatosti a na lesních majetcích dostatečné velikosti, aby jejich využití bylo ekonomické a smysluplné. Při aplikaci námi navržených koeficientů v jiných oblastech může proto dojít k systematickým odchylkám od skutečných hodnot a proto i ke ztrátám. Dá se však s relativně velkou pravděpodobností očekávat, že tyto odchylky budou, vzhledem k povaze a struktuře změřených dat, spíše zanedbatelného charakteru.

Práce prokázala, že převodní koeficient je poměrně silně ovlivněn průměrnou tloušťkou polen hraně, ať už se jedná o sortiment kulatina, nebo palivo, tedy v celém spektru sortimentů. Pokud je tedy námi navržený koeficient aplikován na jednu konkrétní hraně, může, díky např. nad-, nebo podprůměrné tloušťce polen v hraně, dojít k poměrně velké nepřesnosti ve výsledném objemu. Je nutno si uvědomit, že navržené koeficienty jsou průměrné hodnoty a jsou koncipovány pro velké objemy dat.

Při příjmu rovnaného dříví je rovněž nutno s velkou pečlivostí měřit rozměry hraně. Nepřesným změřením délky či výšky hraně vznikne na výsledku často chyba o jeden řád větší, než je chyba vzniklá použitím nepřesného převodního koeficientu.

Další skutečností je, že koeficient není ovlivněn jen průměrnou tloušťkou polen v hrání, ale také variabilitou tlouštěk jednotlivých polen. Pokud tedy bude hráň složena z polen, které budou všechny mít stejnou tloušťku, bude koeficient nižší, než když budou v hrání zastoupena jak tenká, tak i tlustá polena (za předpokladu, že hodnoty průměrné tloušťky hrání se rovnají). Tato skutečnost je již zohledňována v některých skandinávských zemích, kde se při příjmu dříví odhaduje nejen průměrná tloušťka, ale také variabilita, byť jednoduchým, provozním způsobem. Tento způsob je jedinou cestou, jak zpřesnit výpočet objemu v rámci malých dodávek dříví.

Zjištění, že neexistuje smysluplný vztah mezi hodnotami koeficientů a přírodní lesní oblastí, je podle nás způsoben skutečností, že náhodné rozdíly mezi oblastmi jsou způsobeny jiným, námi nesledovaným vlivem, např. rozdílnou křivostí polen, tloušťkou kůry a např. variabilitou tlouštěk jednotlivých ukládaných polen. Přírodní lesní oblast jako plošná jednotka je příliš velká a variabilní co do možných vlivů, které mohou hodnoty koeficientů ovlivnit.

V průběhu zpracovávání dílčích výsledků práce jsme dospěli k poznatku, že verifikace naší metody pomocí elektronické přejímky je velmi problematická. Zásadním momentem se jeví skutečnost, že v České republice není v současné době legislativní norma, která by stanovovala technické parametry snímacích zařízení, způsob zpracování naměřených hodnot a způsob výpočtu objemu kulatiny. Dnes užívaná zařízení se buď snaží výsledky měření co nejvíce přiblížit klasické Huberově metodě (bez ohledu na dosažitelnou přesnost) nebo upřednostňují technologické požadavky zpracovatele suroviny a nutí dodavatele se jim přizpůsobit. Způsoby zpracování údajů se liší přesností snímání, způsobem filtrace údajů, zaokrouhlováním i způsobem výpočtu objemu (Janák, 2003).

Jinými slovy, v oblasti používání elektronických přejímek existuje velká variabilita v možnostech zjišťování vstupních údajů a dokonce v metodách výpočtu samotného objemu. Objem kulatiny, stanovený při elektronickém snímání rozměrů, se liší od objemu, stanoveného z ručně změřených rozměrů. Rozdíly vznikají v samotných hodnotách rozměrů při jejich snímání a následně při jejich zpracování i vlastním výpočtu. Podle Janáka (2003) je způsobuje:

- a) při měření
 - tvar kmene
 - parametry snímacího zařízení
 - mechanické provedení dopravní trasy
- b) při zpracování údajů
 - filtrace hodnot
 - způsob zaokrouhlování
 - způsob odpočtu kůry
 - způsob výpočtu objemu

O tomto problému řešitel předkládané práce informoval zadavatele na 2. kontrolním dnu, který se konal 1. 11. 2004 na LDF MZLU v Brně. Z výše uvedených důvodů se proto od verifikace metody s využitím elektronické přejímky upustilo. Uvedené srovnání převodních koeficientů podle různých metod a elektronické přejímky sice je uveden v práci v kapitole 0, má však proto pouze informační charakter.

Disproporce mezi měřením harvestoru a našimi výsledky, podle našich zkušeností, spočívá v nedostatečně pečlivé kalibraci měřícího zařízení na hlavici. Podle našich zkušeností v praxi přejímka probíhá dvěma způsoby:

- měřením pomocí prostorové míry a přepočtu na m^3 prostřednictvím daných koeficientů. Výstup z počítače harvestoru není požadován, tedy ani kalibraci není věnována operátory potřebná pozornost, nadměrek délky ve většině případů převyšuje požadovanou hranici.
- podle zkušeností a spolupráce s operátory na harvestorech spočívá přejímka podle výstupních dat počítače harvestoru. Kalibraci je věnována větší pozornost, ale nepodléhá kontrole.

Cílem kalibrace, jak na měřících dopravnících u odběratelů dřeva, tak na harvestorech, má být odstranění systematických chyb měření. Správnou kalibrací lze dosáhnout snížení rizika velkého nadměrku (každý centimetr nadměrku navíc znamená 0,2 až 0,25 % ztráty na hodnotě dřeva) a přesné vytrídění sortimentu, zvláště u minimálních průměrů, kde různé sortimenty mohou způsobit velké rozdíly ve zpeněžení. Jednoznačně se však nelze při přejímce dřeva bez kontroly spoléhat na výstupy jakkoliv přesného zařízení, které pracuje v režii smluvního partnera.