



## 2D A 3D SNÍMACÍ SYSTÉMY PRŮMĚRU A DÉLKY KULATINY ROZDÍLY VE VLASTNOSTECH A VÝSLEDKÁCH MĚŘENÍ

Karel Janák

### Abstract

*Different methods of scanning and counting of dimensions and volume of the round timber in log yards of the sawmills ("electronic measuring") give also the different results – dimensions and volume of round timber. 2D and 3D scanning systems are the most spread in Czech Republic for electronic inspection of round wood in the sawmill log yards. Taking and evaluation of the differences in comparison to the standard Huber method is the topic of this contribution. The main results of measuring (spruce only was processed) are follows: 2D measuring systems give the same or little higher value of the middle diameter of measured logs (~0,5%) than "hand measuring" and Huber method, 3D systems give lower value of the same (approx. 3%). There are much higher differences (in both directions) between values given in delivery bills and results of supervisory (comparative) method than between any of named electronic method and comparative one.*

**Klíčová slova:** kulatina, surovina, přejímka, měření rozměrů, stanovení objemu kulatiny, kubírování

### ÚVOD DO ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

Elektronické zařízení pro snímání průměru a délky kulatiny je dnes běžnou součástí manipulačně třídících linek pilařských závodů a je jím vybavena i velká část manipulačně třídících vozíků. Pro elektronickou přejímku suroviny se na pilařských provozech v České republice používají převážně systémy, snímající průměr ve dvou na sebe kolmých směrech (2D) nebo snímající mnoho bodů obvodové křivky, ze kterých lze vyhodnotit průměr téměř v libovolném směru (3D). Rozdílný způsob snímání a zpracování údajů vede k rozdílným výsledkům vyhodnocených rozměrů (hlavně průměru) a objemu, které mají za následek alespoň pochybností mezi dodavateli a zpracovateli suroviny o správnosti měření. Pochybnosti podporuje skutečnost, že v České republice není v současné době legislativní norma, která by stanovovala požadavky na technické parametry snímacích zařízení, způsob zpracování naměřených hodnot a způsob výpočtu objemu kulatiny.

Předkládaný příspěvek se zabývá rozšířením a způsobem používání elektronického snímání rozměrů pilařské suroviny v České. Vybírá dva systémy, nejužívanější při elektronické přejímce pilařské suroviny (2D a 3D), uvádí způsoby jejich snímání a zpracování údajů. Elektronicky naměřené hodnoty průměrů a objemů výřezů porovnává

s výsledky měření klasickou Huberovou metodou, vyhodnocuje rozdíly a nastiňuje možnosti stanovení jednoduchého vztahu pro přepočtení výsledků jejich měření vzhledem ke standardní metodě.

## ROZŠÍŘENÍ ELEKTRONICKÉHO MĚŘENÍ KULATINY V ČESKÉ REPUBLICE

Dodavatelé kulatiny i její odběratelé – pilařské závody, pokud jsou jejich provozy vybaveny měřicím zařízením, využívají snímací zařízení pro elektronickou přejímku přibližně ve stejné míře - dvě třetiny provozovatelů

Vzhledem k velkému objemu výroby několika málo pilařských provozů toto množství představuje 3.024.000 m<sup>3</sup>, tj. 43 % suroviny, přejímané elektronickou cestou na pilařských závodech, zatímco pouze 228.000 m<sup>3</sup>, tj. 3 % suroviny, „předávané“ elektronickou cestou na manipulačních skladech dodavatelů.

U dodavatelů suroviny se při elektronické přejímce užívají výhradně 2D snímací systémy, u odběratelů – pilařských závodů jich 73 % z celkového počtu (představuje 624.000 m<sup>3</sup>) využívá 2D měření a tři (27%, 2.400.000 m<sup>3</sup>) mají k dispozici 3D měření. 1D měření nevyužíval žádný.

## METODIKA PRÁCE A JEJÍ PROVEDENÍ

Cílem je změřit odchylky rozměrů a objemu výřezů (jejich dodávek) u nejčastěji používaných metod a zjistit možnosti stanovení jednoduchého vztahu pro přepočtení výsledků jejich měření vzhledem ke standardní metodě. V ideálním případě lineární závislosti s nulovým počátkem by tímto algoritmem mohl být přepočtový koeficient.

Pro dosažení uvedeného cíle byl zvolen následující postup řešení:

- a) stanovení v provozu nejužívanějších druhů elektronického měření

Výchozí přehled o vybavení závodů snímacími a vyhodnocovacími zařízeními byl sestaven podle údajů jejich výrobců o dodávkách a instalaci zařízení v rámci ČR. Údaje o aktuálním rozšíření systémů a způsobu jejich užívání byly získány formou dotazníků, adresovaných uživatelům těchto zařízení. Výsledky jsou obsahem předchozí části.

- b) definování provozně využívaných způsobů snímání, vyhodnocení rozměrů kusů a stanovení jejich objemu

*Snímání celé povrchové křivky (3D)* probíhá u výřezů po jejich odkornění. Výsledkem snímání je poloha 16 bodů na povrchu výřezu, sejmutých v jednom okamžiku s přesností na mm, které vytváří tvar povrchové křivky v daném místě - „příčný řez“. Pro další zpracování jsou vybrána měření v odstupech po 10 cm. Z každé vybrané povrchové křivky se vyčíslí hodnota nejmenšího průměru v místě měření a hodnota na něj kolmému průměru. Pro stanovení středového průměru se ze všech těchto dvojic průměrů vyberou ty, které byly sejmuty v pásmu 20 cm, do kterého spadá střed kusu (2 místa měření). Hodnoty průměrů se udávají v celých cm, jednotky mm se neuvažují. Z každé ze dvojic průměrů, udaných v cm se vypočítá aritmetický průměr, vybere se menší z takto získaných hodnot a ta se opět udává v celých cm tak, že se jednotky mm neuvažují. Tato hodnota je považována za středový průměr. Objem výřezu se počítá

jako objem válce, jehož průměrem je popsána hodnota středového průměru a délkou je jmenovitá délka výřezu. Objem se vyjadřuje v  $m^3$  a přesností na 2 desetinná místa. Jmenovitá délka je odstupňována po 1 m dlouhých úsecích a musí obsahovat nadmíru 1,5 %. Pokud je nadmíra kratší, je kusu přiřazena délka o stupeň kratší. Pokud to není možné (kus má nejkratší odebíranou délku), je kus z přejímky vyřazen.

*Snímání dvou na sebe kolmých průměrů (2D)* se provádí též u odkorněných výřezů. Směry snímání jsou pod úhlem  $45^0$  vzhledem k vodorovné rovině. Výsledkem snímání jsou hodnoty dvou na sebe kolmých průměrů, sejmutých v jednom místě, udané v mm. Pro další zpracování jsou stejně jako v předešlém vybrána měření v odstupech po 10 cm. Pro stanovení středového průměru se ze všech těchto dvojic průměrů vyberou ty, které byly sejmuty v pásmu 20 cm, do kterého spadá střed kusu (2 místa měření). Z každé ze dvojic průměrů, udaných v mm se vypočítá aritmetický průměr, vybere se menší z takto získaných hodnot a ta se vyjádří v celých cm tak, že se jednotky mm neuvažují. Tato hodnota je považována za středový průměr. Objem výřezu se udává i počítá shodně, jako v předešlém případě. Stejně zásady platí i o jmenovité délce, nadmíře a o přeřazení, případně vyřazení kusu z přejímky.

- c) provedení elektronického měření pro potřeby porovnání

Pro omezení možných chyb je měření prováděno 1x v kůře (otevřené nože odkorňovače) a 3x po odkornění (1 průchod s odkorňováním, další dva opět s otevřenými noži – odkorňovač nelze jinak obejít).

- d) provedení srovnávacího měření, ke kterému budou výsledky vztaženy

*Měření průměru* se provádí u *neodkorněných výřezů průměrkou* na čepu, ve středu délky a na čele výřezů 2 x kolmo na sebe s přesností na jednotky mm. Délka se měří pásmem s přesností na cm. Měření se provádí 2 x nezávisle na sobě dvěma skupinami pracovníků, druhá skupina měří průměry po pootočení výřezu o  $45^0$ . Mimo to se měří tloušťka kůry v mm. Středový průměr se stanovuje jako průměrná hodnota z obou měření (ze čtyř hodnot), udaných v mm. Od hodnoty středového průměru v kůře se odečítá dvojnásobná tloušťka kůry. Získaná hodnota průměru bez kůry v mm se převede na cm tak, že se jednotky mm neuvažují. Výpočet objemu je shodný s postupem při elektronickém měření.

- e) definování rozsahu měření

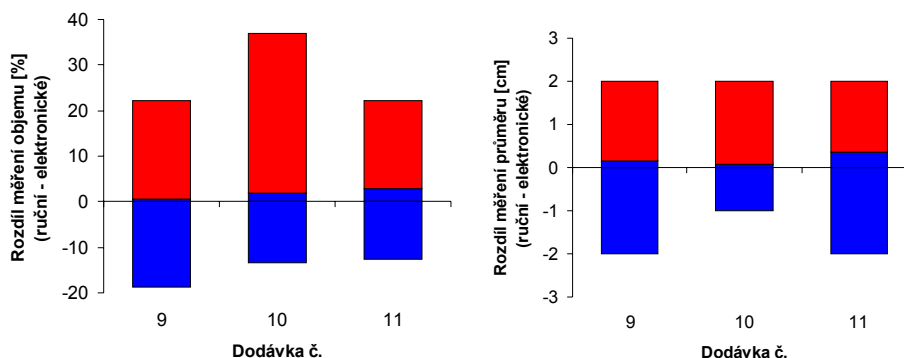
Rozsah měření byl zvolen pro 95 % interval spolehlivosti s přesností 1% (při posuzování jednotlivých výřezů přibližně  $0,0025 m^3$ , při posuzování dodávek přibližně  $0,3 m^3$ ). Tomu dopovídá výběr alespoň 400 ks výřezů (dodávek) na jeden způsob elektronické přejímky.

- f) výpočet odchylek mezi elektronickým i ručním srovnávacím měřením (středový průměr, délka, objem u jednotlivých výřezů a objem u jednotlivých dodávek, vyjádření v absolutních hodnotách i relativně v procentech)
- g) stanovení závislostí mezi objemy výřezů, určenými elektronickým zařízením a na základě výsledků ručního srovnávacího měření.
- h) orientační stanovení závislostí mezi objemy dodávek, určenými elektronickým zařízením a na základě výsledků ručního srovnávacího měření. Stanovení statisticky významné závislosti by vyžadovalo provést ruční měření alespoň 400 dodávek výřezů, což by pracností mnohonásobně přesahovalo možnosti úkolu.

## DOSAŽENÉ VÝSLEDKY

Obecně lze konstatovat, že odchylky, vyhodnocené u všech měření jsou poměrně vyrovnané, počet a velikost extrémních hodnot je nízký a tím je nízký i jejich vliv.

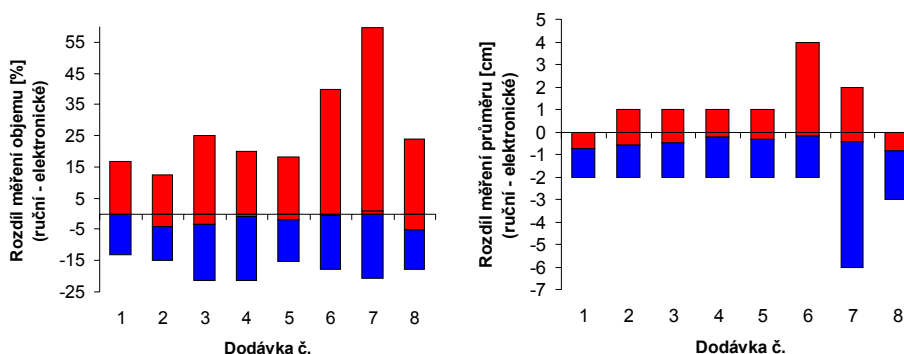
*Odchylky rozměrů a objemu výřezů při snímání 2D systémem* byly vyhodnoceny u třech dodávek s celkovým počtem 512 ks výřezů. Sloupce ukazují odchylky rozměrů výřezů, vyhodnocené po jednotlivých zakázkách.



Graf 1 – Odchylky průměru výřezů v cm a objemu výřezů v procentech při 2D měření

Průměr je elektronickým systémem vykazován mírně vyšší. Hodnoty objemu jsou proto mírně nadhodnoceny.

*Odchylky rozměrů a objemu výřezů při snímání 3D systémem* jsou vyhodnoceny u osmi dodávek s celkovým počtem 1.155 ks výřezů. Sloupce opět ukazují odchylky rozměrů výřezů, vyhodnocené po jednotlivých zakázkách.



Graf 2 – Odchylky průměru výřezů v cm a objemu výřezů v procentech při 3D měření

Průměr je elektronickým systémem vykazován nižší. Hodnoty objemu jsou proto mírně podhodnoceny.

Rozptyl hodnot výsledků elektronického měření u 2D i 3D systémů dovoluje vytvořit poměrně spolehlivou regresní závislost. Vztah byl vyhodnocen dvěma způsoby - z hodnot jednotlivých výřezů a z hodnot celých dodávek. Stanoven byl zvlášť pro systémy 2D a zvlášť pro systémy 3D.

Pro 2D systémy vychází:

- podle objemu jednotlivých výřezů  $y = 0,9966x - 0,0016$ ;  $R^2 = 0,9827$
- podle objemu celých dodávek  $y = 0,9950x - 0,1533$ ;  $R^2 = 0,9998$

Pro 3D systémy vychází:

- podle objemu jednotlivých výřezů  $y = 1,0552x - 0,0042$ ;  $R^2 = 0,9804$
- podle objemu celých dodávek  $y = 1,0258x + 0,2355$ ;  $R^2 = 0,9971$

kde:  $y$  = objem bez kůry při ručním měření  
 $x$  = objem bez kůry při elektronickém měření.

Závislost mezi objemem suroviny, udaným 2D systémem a získaným při ručním měření, vyhodnocená podle objemů výřezů a podle objemů dodávek je vzájemně ve velmi dobré shodě. Oba způsoby vyhodnocení dávají téměř shodnou odchylku: elektronické měření udává hodnotu o 0, 4% až 0,5% vyšší než ruční srovnávací měření.

Závislost mezi objemem suroviny, udaným 3D systémem a získaným při ručním měření, vyhodnocená podle objemů výřezů a podle objemů dodávek se vzájemně poněkud liší. Při vyhodnocení podle objemu jednotlivých výřezů udává elektronické měření hodnotu o asi 5,5% nižší než ruční srovnávací měření, při vyhodnocení podle dodávek je hodnota elektronického měření nižší o asi 2,6%.

Rozložení hodnot, které tvoří podklad pro regresní vztahy je poměrně velmi vyrovnané a vhodné pro vyjádření lineární závislosti. Přepočtení se tím stává jednoduché a statisticky i poměrně spolehlivé. Je však třeba uvést, že pro 3D měření byl stanovován v podmínkách dvou závodů a pro 2D v podmínkách jednoho závodu. Nelze proto doporučit jeho přílišné zevšeobecnování bez uvážení podmínek provozu, ve kterém má být použit.

## ZÁVĚR

Vzhledem k ucelenosti přehledu o řešené problematice obsahuje závěr i body, ke kterým výzkum dospěl, ale které nejsou v předcházejících částech tohoto příspěvku pro jeho krátkost podrobněji rozebrány.

- pro elektronickou přejímku pilařské suroviny lze v současné době uvažovat se systémy 2D a 3D. 1D systémy pro elektronickou přejímku v České republice užívány nejsou a ani není perspektiva jejich rozšiřování do této oblasti využití.
- elektronické měření pro potřeby přejímky využívají odběratelé i dodavatelé suroviny. Vzhledem k podstatně širšímu sortimentu zpracovávané suroviny, podstatně nižším průměrným výkonům provozů dodavatelů suroviny i rozšiřující se těžbě pomocí harvestorů lze předpokládat trvalou převahu provádění přejímky na straně zpracovatelů. Není předpoklad brzkého rozšíření 3D systémů do skladů pilařských závodů středních a malých výkonů (přibližně pod 150.000 m<sup>3</sup> ročního objemu zpracované suroviny).
- většina novějších řídicích systémů a systémů u velkých pilařských provozů vyčísluje průměr suroviny jako nalezené minimum v místě měření, vyčísluje hodnoty průměru v celých cm a to způsobem odsekávání mm (ne matematické zaokrouhlování) a vyčísluje objem výřezů v m<sup>3</sup> s přesností na 2 desetinná místa (ne 3). Všechny jmenované body vedou ke snížení vypočteného objemu suroviny. Lze předpokládat rozšiřování (nebo alespoň tlak na rozšiřování) takto pracujících systémů i v budoucnu.

- 2D systémy se snímacím rámem, ukloněným o  $45^{\circ}$  vzhledem k vodorovné rovině, dávají výslednou hodnotu středového průměru zcela srovnatelnou s pečlivým ručním měřením. Výsledné hodnoty objemu výřezů jsou potom prakticky shodné s výsledky Huberovy metody (odchylka kolem 0,4 až 0,5 %).
- 3D systémy nejsou při hledání minima průměru omezeny na předem dané směry snímání. Přes prakticky shodný algoritmus dalšího zpracování hodnot je výsledná hodnota středového průměru nižší než při pečlivém ručním měření. Výsledné hodnoty objemu výřezů jsou tím v porovnání s Huberovou metodou nižší (odchylka ~ 2,5 - 5,5 %).
- údaje na dodacích listech jsou ve velké většině neúplné a jejich odchylky od ručního srovnávacího měření jsou často v násobcích odchylek elektronických systémů

V následných pracích se jeví jako potřebné:

- provést celkovou revizi stavu elektronických snímacích systémů v České republice, provedená podle údajů jejich výrobců a ve spolupráci s nimi s cílem navrhnout algoritmus přepočtu pro tyto konkrétní v provozu užívané systémy
- rozšířit okruh srovnávacích měření nejen o další zpracovatele, ale hlavně dodavatele suroviny
- zpracovat analýzu jednotlivých metod stanovení středového průměru a výpočtu objemu kulatiny a podle její výsledky doložit rozborem měření v provozu
- zpracovat rozbor způsobů odpočtu kůry, změřit odchylky a provést rozbor vlivu odpočtu kůry na výsledky stanovení objemu výřezů

Cílem je postupně řešit jednotlivé oblasti tak, aby výsledky jejich řešení měly samostatný přínos, současně ale aby směřovaly k návrhu pravidel pro elektronickou přejímku suroviny v České republice.

## LITERATURA

- [1] - ČSN 48 0007 – Tabulky objemu kulatiny podle středové tloušťky
- [2] - Černý, M., Pařez, J.: Tabulky a polynomy pro výpočet objemu kulatiny bez kůry. Praha, 1995
- [3] - ČSN 48 00 09 - Tabulky objemu kulatiny bez kůry podle středové tloušťky měřené v kůře
- [4] - ČSN 48 0050 - Surové dříví. Základní a společná ustanovení.
- [5] - ČSN 48 0055 - Jehličnaté sortimenty surového dříví. Technické požadavky
- [7] - Kolektiv: Doporučená pravidla pro měření a třídění dříví v České republice, 2002
- [8] - Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky, Stav k 31.12. 2001, Ministerstvo zemědělství ČR, Praha 2002
- [9] - Janák, K.: Stanovení objemu suroviny při elektronické přejímce. In: Trieskové a beztrieskové obrábání dřeva '04. Sborník přednášek, Starý Smokovec 14.-16. 10. 2004, str. 113 - 118
- [10] - Materiály firem: Eltes Šumperk, Javořice Ptení, Kesat Jihlava, Mayr&Melnhof Paskov, Microtec, Sprecher Energie Linz, Stora Enso Ždírec nad Doubravou