

Stanovování množství zbytkové dendromasy na konkrétní pracoviště - těžební prvek v porostní skupině.

Metodika vznikla za podpory Ministerstva zemědělství - Národní agentury pro zemědělský výzkum, v rámci projektu výzkumu a vývoje číslo „**QJ1520042**“

Certifikovaná metodika

Autoři:

Ing. Vladimír Štorek ¹

Ing. Václav Štícha, Ph.D ²

Doc. Ing. Alois Skoupý, CSc. ²

Ing. Petr Kondělka ¹

Ing. Josef Mikulenčák ¹

¹ Foresta SG, a.s., Vsetín

² Česká zemědělská univerzita v Praze, Lesnická a dřevařská fakulta

Procentický podíl autorů: Ing. Vladimír Štorek 35%, Ing. Václav Štícha, Ph.D. 25%,
Doc. Ing. Alois Skoupý, CSc. 25%, Ing. Petr Kondělka 10%, Ing. Josef Mikulenčák 5%

ISBN: 978-80-7458-104-5

Oponenti:

Ing. Zdeněk Domes,

Ing. Kamil Vyslyšel, Ústav pro hospodářskou úpravu lesů

Obsah

| | |
|--|----|
| 1. Úvod..... | 4 |
| 2. Definice pojmů..... | 5 |
| 3. Cíl metodiky..... | 7 |
| 4. Požadavky na metodiku | 8 |
| 5. Vlastní popis metodiky..... | 9 |
| 5.1. Stručná charakteristika postupu | 9 |
| 5.2. Výběr vhodných výzkumných ploch | 10 |
| 5.2.1. Parametry výběru | 10 |
| 5.2.1.1. Dřevina | 10 |
| 5.2.1.2. Bonita (relativní výšková) | 11 |
| 5.2.1.3. Zakmenění | 12 |
| 5.2.1.4. Soubory lesních typů | 12 |
| 5.2.1.5. Věk porostu | 12 |
| 5.2.2. Analýza dat LHP a výběr ploch..... | 13 |
| 5.3. Postup terénních prací..... | 14 |
| 5.3.1. Výběr vzorníků..... | 14 |
| 5.3.2. Těžba vzorníků | 15 |
| 5.3.3. Zjištění objemu vytěženého hroubí | 15 |
| 5.3.3.1. Měření | 15 |
| 5.3.3.2. Evidence objemu hroubí..... | 15 |
| 5.3.4. Vyvezení LTZ | 15 |
| 5.3.5. Zpracování na štěpku..... | 17 |
| 5.3.6. Zjištění hmotnosti LTZ..... | 17 |
| 5.3.7. Evidence hmotnosti LTZ..... | 17 |
| 5.4. Odběry vzorků (vzorkování)..... | 18 |
| 5.4.1. Vzorkování paliva | 18 |
| 5.4.2. Schéma odběru | 18 |
| 5.4.3. Nástroje na vzorkování..... | 19 |
| 5.4.4. Počet dílčích vzorků v celkovém vzorku..... | 20 |
| 5.4.5. Místo odběru vzorků..... | 21 |
| 5.4.6. Velikost vzorků | 21 |
| 5.4.7. Značení vzorků | 21 |
| 5.4.8. Uložení vzorků | 22 |
| 5.4.9. Transport vzorků | 22 |
| 6. Laboratorní zpracování | 22 |
| 6.1. Použité vybavení..... | 22 |
| 6.2. Postup laboratorního šetření | 24 |
| 7. Zpracování dat..... | 24 |

| | | |
|------|---|----|
| 7.1. | Vstupní údaje | 24 |
| 7.2. | Charakteristika předkládaných souborů dat. | 25 |
| 7.3. | Deklarovaný výstup projektu | 25 |
| 7.4. | Veličiny..... | 25 |
| 8. | Srovnání novosti postupů | 29 |
| 9. | Popis uplatnění certifikované metodiky | 29 |
| 10. | Ekonomické aspekty | 30 |
| 11. | Dedikace | 30 |
| 12. | Seznam literatury | 30 |
| 13. | Seznam publikací..... | 31 |

1. Úvod

Nástup průmyslové revoluce v 18. století byl spojen se zásadními změnami, kromě jiných především v oblasti těžby surovin, výroby a dopravy. Tento rozvoj byl založen především na využití uhlí, jako hlavního zdroje energie; v počátcích 20. století se pak dalším významným zdrojem energie (především v dopravě) stávají produkty z ropy - především automobilové benzíny.

Toto období je zároveň obdobím spojeným se změnami v kvalitě ovzduší, které v dekadách následujících mají globální charakter a minimálně spolupůsobí ke změně globálního klimatu, především působením „skleníkového“ efektu, kdy dochází k postupnému „oteplování“ naší planety.

V prosinci roku 1997 byl přijat tzv. Kjótský protokol, ve kterém se vyspělé země světa zavázaly k redukci emisí tzv. skleníkových plynů vyjádřených ve formě ekvivalentu CO₂ (tzv. uhlíkový ekvivalent). Závěry tohoto protokolu jsou v zemích Evropské unie rozpracovávány formou tzv. bílých knih, přičemž omezování emisí skleníkových plynů je rozpracováváno až na úroveň jednotlivých členských zemí. Předpoklad naplnění těchto cílů je ve využívání alternativních zdrojů energie (např. sluneční, geotermální a další), včetně využívání biopaliv jak ve formě kapalné (bio-líh, bio-nafta) tak i ve formě pevné. Hlavními oblastmi pro využívání biopaliv jsou především energetika a doprava, v oblasti energetiky pak teplárenství a výroba elektrické energie (kogenerační nebo kombinovaná výroba tepelné a elektrické energie - KVET).

Ekologizace energetických provozů představuje jeden z významných prvků omezení znečišťování životního prostředí ve vyspělých zemích světa, tedy rovněž i v České republice, jako součásti zemí sjednocených v rámci Evropské unie. Nicméně ze stanoviska Vědeckého výboru Evropské agentury pro životní prostředí vyplývá, že předpoklad uhlíkové neutrality energetického využití biomasy je zpochybnitelný. Aby mohlo využití energie z biomasy přispět ke snížení koncentrace CO₂, muselo by dojít k celkovému zvýšení růstu rostlin, aby byl dostatek plodin pro energetické účely při pokrytí ostatních potřeb lidstva, nebo by musela být energie získávána výhradně z odpadů, které by jinak tak jako tak uvolnily při rozkladu CO₂ do atmosféry. Právě tuto část představují v reálných podmínkách lesní těžební zbytky, které jsou hmotou jinak obtížně využitelnou a zpracovatelnou, ve standardním modelu hospodaření v lesích jsou tyto tzv. těžební zbytky likvidovány buďto pálením na plochách, nebo případně po provedení koncentrace této hmoty jsou ponechány přirozenému rozkladu.

Tato komodita je zajímavá pro energetické využití rovněž z pohledu „spolehlivosti“ a „bezpečnosti“ zdroje, neboť při relativně vyrovnaných objemech těžby hroubí v lesích je rovněž relativně vyrovnaný potenciální objem této hmoty k energetickému využití a zároveň dostupnost a disponibilita této hmoty není zásadně ovlivňována vnějšími faktory (mezinárodní situace, ozbrojené konflikty, hospodářská opatření ve smyslu omezení dovozu a pod). Poněkud komplikovanější situace nastává v případě řešení konkrétní logistiky dodávek do energetických center – současná praxe je především ve využívání formou spalování energetické dřevní štěpky v energetických velkoprovozech (obecně se v ČR jedná především o modernizované elektrárenské provozy). Kapacitní náročnost těchto provozů je natolik vysoká, že dodávky v požadovaném objemu jsou realizovány takovým způsobem, kdy bez podpory státu by tyto dodávky pravděpodobně nebyly možné (problémem je především dopravní vzdálenost). Otázky okolo optimální dopravní vzdálenosti energetické štěpky a jejího skladování praxe vyřešila naprosto v rozporu s předpoklady předchozích období – reálně se dnes dřevní štěpka přepravuje až na vzdálenost 120 km (kamiony) nebo 190 km (železnice), skladování se provádí se záměrem vyrovnání vlhkosti a tím i vlastností při spalování (předpoklady byly postaveny na dopravní vzdálenosti do 50 km a přímému užití bez skladování - [9]).

V následujícím období lze předpokládat odklon směřování podpory ze strany státu ve prospěch středních a malých energetických provozů, především komunálních tepláren s kogenerační výrobou elektřiny (nebo rovněž KVET – kombinovaná výroba elektřiny a tepla), jak to vyplývá z aktualizované Státní energetické koncepce České republiky z roku 2014 [8]. V takovém případě lze předpokládat významný nárůst počtu odběratelů a z pohledu producentů energetické dřevní štěpky pak růst významu logistiky dodávek paliva těmto odběratelům. Protože produkce energetické štěpky je závislá (kromě jiného) na disponibilním a dostupném množství komodity k výrobě této štěpky (tedy lesních těžebních zbytků), narůstá význam její identifikace jednak v množství, jednak v prostoru.

Právě poslední otázka týkající se zdrojů pro výrobu energetické štěpky (tedy jejich kvantifikace a lokalizace) je předmětem a tématem výzkumného projektu, v rámci kterého byla rovněž vytvořena tato metodika. Důvodem pro realizaci projektu byl především poznatek, že ačkoli existují zpracované nástroje pro odvození hmoty nehroubí i hroubí, všechny tyto nástroje pracují se stanovením rozměrových limitů (tedy zjednodušeně kalkulují např. hmotu hroubí do 7 cm, ostatní je nehroubí). Nicméně stávající praxe je poněkud jiná – potenciál nehroubí je v reálných podmínkách ovlivněn ekonomickou a technickou dostupností veškeré hmoty, část této hmoty pak tedy na lokalitě „P“ zůstává, ve hmotě po těžbě zůstává rovněž jistá část ekonomicky a technicky nevyužitelného hroubí (tento podíl může ovlivňovat i výše subvence státu na výrobu „zelené“

energie – pak není pro zpracovatele ekonomicky výhodnější výroba například palivového nebo vlákninového dříví). Významný vliv mají rovněž velikosti seče, kdy trend jemnějších a z hlediska množství hmoty menších obnovních zásahů má za následek opět ekonomický nezájem o produkci především palivového dříví.

Zaměření projektu je pouze na stejnověké porosty v mýtním věku – důvodem je především fakt, že hmota z výchovných zásahů je v praxi zpracovávána na energetickou štěpku pouze výjimečně a významnější opatření v těžbě dříví v předmýtních porostech je nám známo pouze z oblasti severních Čech, kde dochází k přeměně náhradních porostů, nicméně i toto je v rámci ČR poměrně specifický a výjimečný stav, který principiálně se blíží opět charakteru spíše těžeb obnovních – mýtních nežli výchově porostů.

2. Definice pojmů

Zůstatková dendromasa (lesní těžební zbytky)

Hmota, která na ploše zůstává po provedení těžby a přiblížení vyrobených sortimentů dříví („hroubí“, která „napadla“ z hlavního porostu (tedy neobsahuje hmotu například podrostu nebo keřového patra apod.) Ve smyslu tohoto projektu se jedná o zůstatkovou dendromasu pouze z mýtních těžeb. Fyzicky je představována větvemi, vrchem stromu, asimilačními orgány a pupeny, bez pařezů a kořenů (tedy bez podzemních částí stromů). Součástí je rovněž technicky nebo ekonomicky nevyužitelné hroubí. Ve smyslu tohoto projektu se jedná pouze o tu část, která je technicky a ekonomicky využitelná po vyvezení na odvozní místo. Pro účely zajištění vyššího stupně homogenizace materiálu zůstatkové dendromasy je tento materiál štěpkován. V dalším popisu bude pro tuto dendromasu použita zkratka LTZ.

Hroubí

Nadzemní část stromu od 7 cm tloušťky s kůrou na slabším konci.

Zdroj: Výkladový slovník hospodářské úpravy lesů, str. 31, Jaroslav Simon a Stanislav Vacek, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Brno 2008[7]

V hospodářské praxi však bývají stanoveny i odlišné limitní parametry pro definici hroubí – například v současné době je v rámci obchodních vztahů mezi podnikem Lesy ČR a dodavateli prací stanoven limitní rozměr hroubí pro výřezy buku lesního na 10 cm.

Kulatina

Kulatina je společný název pro okrouhlé sortimenty surového dříví větších délek (dlouhého dříví), t.j. surové kmeny a průmyslové výřezy.

Zdroj: Dendrometrie, https://katedry.czu.cz/storage/3844_Souhrn_Dendrometrie.pdf

Bonita relativní

Míra pro zhodnocení a porovnání produkční schopnosti dřeviny na stanovišti. Ovlivňuje ji kvalita stanoviště - přírodních podmínek (vnější složka bonity), genetické vlastnosti dřeviny (vnitřní složka bonity).

Zdroj: Výkladový slovník hospodářské úpravy lesů, str. 9, Jaroslav Simon a Stanislav Vacek, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Brno 2008[7]

Lesní typ

Třídící jednotka lesů v lesním hospodářství vytvořená na základě podobnosti druhového složení, produkce lesa, půdních a klimatických podmínek. Zahrnuje vývojová stadia, kterými les prochází v průběhu obnovy. Lesní typy jsou základem pro hospodářskou úpravu lesa a pro tvorbu lesních hospodářských plánů, kterými se řídí pěstování lesa a těžba. Tříděním lesů se zabývá lesní typologie.

Soubor lesních biocenóz původních a změněných a jejich vývojových stadií včetně prostředí, tj. geobiocenóz vývojově k sobě náležejících se stejnými trvalými ekologickými podmínkami.

Zdroj: <http://www.mezistromy.cz/cz/slovnicek-pojmu/L/51>.

Soubor lesních typů

Dále v textu jen SLT – „je nosnou jednotkou typologického systému. V ekologické síti je vymezen lesními vegetačními stupni, které jsou označeny čísly (1 – 9) a edafickými (stanovištními) kategoriemi, které jsou označeny velkými písmeny abecedy (A – Z). Základní charakteristiku zonálních souborů lesních typů je

většinou možno odvodit z charakteristiky odpovídajícího lesního vegetačního stupně a z charakteristiky dané ekologické řady a edafické kategorie. Výjimku tvoří bory, jejichž výskyt není podmíněn výškovým klimatem a nejsou zařazeny do vegetačních stupňů. Podobně jsou odlišné i charakteristiky SLT edafických kategorií jedlin - O, P, Q, T, G, luhů - L, U a R, javořin - A, J, a dále pak některých souborů formálně řazených do 1. LVS. Ty mohou většinou zasahovat i do vyšších vegetačních stupňů a navíc se liší od charakteristiky edafické kategorie ostatních SLT. Jsou to soubory 1M, 1S, 1U, 1V, 1O, 1P, 1Q, 1T a 1G.“

Zdroj: Výkladový slovník hospodářské úpravy lesů, str. 92, Jaroslav Simon a Stanislav Vacek, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Brno 2008[7]

Zakmenění

Ukazatel stupně využití růstového prostředí porostu. Vypočítá se jako poměr skutečné výčetní základny porostu a výčetní základny tabulkové. Lze je vypočítat také jako poměr skutečné a tabulkové porostní zásoby. Vyjadřuje se desetinnými čísly. Plné z. odpovídající plnému využití růstového prostředí má hodnotu 1.

- a) Z. kritické je takové, při kterém porost produkuje ještě 95% maximálního přírůstu.
- b) Z. maximální odpovídá maximální kruhové základně, kterou může porost určité dřeviny daného věku na konkrétním stanovišti dosáhnout.
- c) Z. optimální je takové, při kterém porost dané dřeviny v závislosti na věku a stanovišti produkuje maximální objemový přírůst.

Zdroj: Výkladový slovník hospodářské úpravy lesů, str. 114, Jaroslav Simon a Stanislav Vacek, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Brno 2008[7]

Lesní hospodářský plán

Stěžejní dílo hospodářské úpravy lesů, je nástrojem vlastníka k hospodaření v lese. Dává přehled o přírodních, technických a ekonomických podmínkách hospodaření a o současném stavu lesa a navrhuje základní hospodářská opatření. Jeho náležitosti jsou textová část, hospodářská kniha a lesnické mapy.

Dále v textu jen LHP.

Zdroj: Výkladový slovník hospodářské úpravy lesů, str. 64, Jaroslav Simon a Stanislav Vacek, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Brno 2008[7]

Vážní systém (palubní vážní systém)

Jedná se o váhy (vážní systém) instalovaný přímo na nákladních vozidlech. Dělí se do dvou základních skupin. Váhy pro zjišťování hmotnosti nákladu, a to jak v technologické, tak i obchodní kvalitě a váhy pro zjišťování hmotnosti jednotlivých náprav a celkové hmotnosti vozidla.

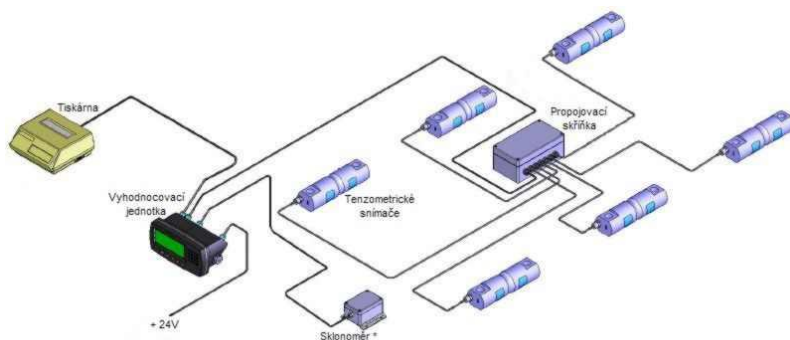
První skupina vah je založena na principu vážení nástavby vozidla, kde jsou instalovány tenzometrické snímače právě mezi nástavbou a rámem podvozku. Příkladem takovýchto dnes již běžně používaných systémů jsou váhy Tamtron LFT® dostupné v obchodním nebo technologickém provedení.

Zdroj: <http://stavebni-technika.cz/clanky/moderni-technologie-vazeni-v-logistice>

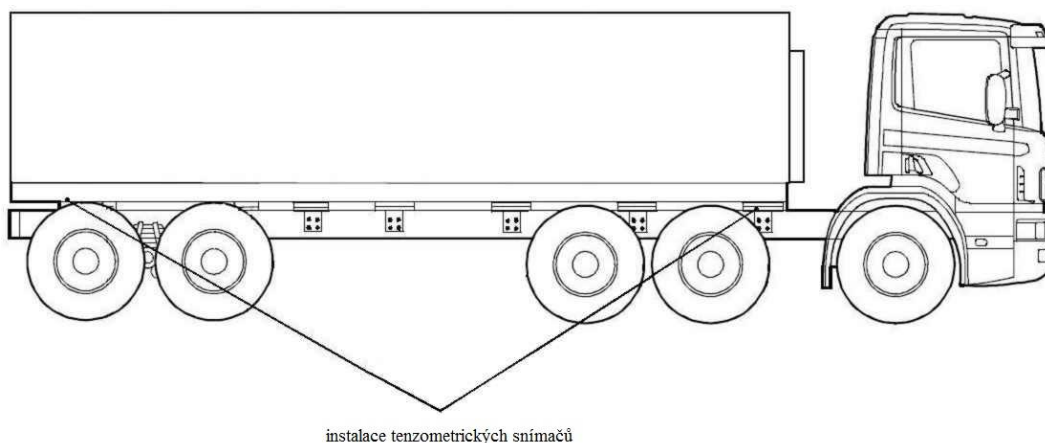
Systém je založen na snímání zatížení mezi rámem vozidla a tělem nástavby. Snímání je prováděno pomocí tenzometrických snímačů a vyhodnocováno digitální vážní jednotkou. Robustní tenzometrické snímače umístěné mezi rámem a tělem nástavby spolu s jejich montážní sadou jsou ideálním spojením vysoké přesnosti, použité v drsných podmínkách při zachování trvalé spolehlivosti.

Zdroj: datový list PM 1155, web. stránky <http://www.menexpert.cz/pdf/VNNA.pdf>

Schematický náčrt vážního systému nákladních automobilů je uveden na Obrázku 1, na Obrázku 2 jsou lokalizována místa uložení snímačů.



Obrázek 1: Systém vážení nástaveb nákladních automobilů



Obrázek 2: Umístění tenzometrických snímačů na návěsu nákladního automobilu

Dávka

Definované množství materiálu, jehož vlastnosti se mají stanovit.

Pod pojmem dávka je rozuměno množství štěpky vyrobené ze zbytků po těžbě dříví (zůstatková dendromasa) na jedné výzkumné ploše („pracovišti“). Rámcově je dávka pro jednu výzkumnou plochu odvozena z těžby 10 stromů, kdy předpokládáme objem středního kmene okolo 1,5 m³ hroubí bez kůry. Empiricky zjištěný a provozně používaný koeficient objemu produkce štěpky je cca 0,7 prms na 1 m³ hroubí těžby bez kůry, hmotnost volně sypaného prostorového metru dřevní štěpky je cca 300 kg. Z tohoto vztahu odvozujeme (odhadujeme) hmotnost jedné dávky na $10 \cdot 1,5 \cdot 0,7 \cdot 0,3 = 3,15$ t, vyjádřeno objemem pak $10 \cdot 1,5 \cdot 0,7 = 10,5$ prms.

3. Cíl metodiky

Hlavním cílem projektu, jehož je tato metodika součástí, je kvantifikace množství dendromasy, která „napadne“ z mýtní těžby dříví v podobě „těžebních zbytků“ – zbytky po těžbě dřeva dle ČSN P CEN/TS 14 961 [1], která je využitelná pro výrobu energetické dřevní štěpky.

Předkládaná metodika si klade následující cíle:

- Poskytnout návod na empirické odvození množství dosažitelné suroviny k výrobě energetické dřevní štěpky v mýtních stejnověkových porostech.
- Nástroj rozšíření datové báze - podrobný návod na empirické stanovení podílu technicky a ekonomicky dostupného množství těžebních zbytků v mýtních porostech
- Akceptace pedologických, nutričních a biologických rizik – metodika akceptuje omezení možnosti odběru LTZ v souladu a návaznosti na analýzu provedenou v rámci výzkumných prací ÚHUL v roce 2009 [6].

Cílem metodiky je být nástrojem, který jak zpracovatelům – výrobcům, tak rovněž vlastníkům lesa poskytne možnosti k rozšíření datové základny pro odvození podílových koeficientů, případně alometrických funkcí pro stanovení nebo odvození dostupných a dosažitelných objemů lesních těžebních zbytků dle lokalit (ve smyslu lesního hospodářství – tedy vázaných na porostní skupinu, případně pracoviště). Výstupní hodnoty jsou uvedeny v jednotkách hmotnosti absolutně suché hmoty (v atrotunách) na 1 m³ hroubí mýtní těžby.

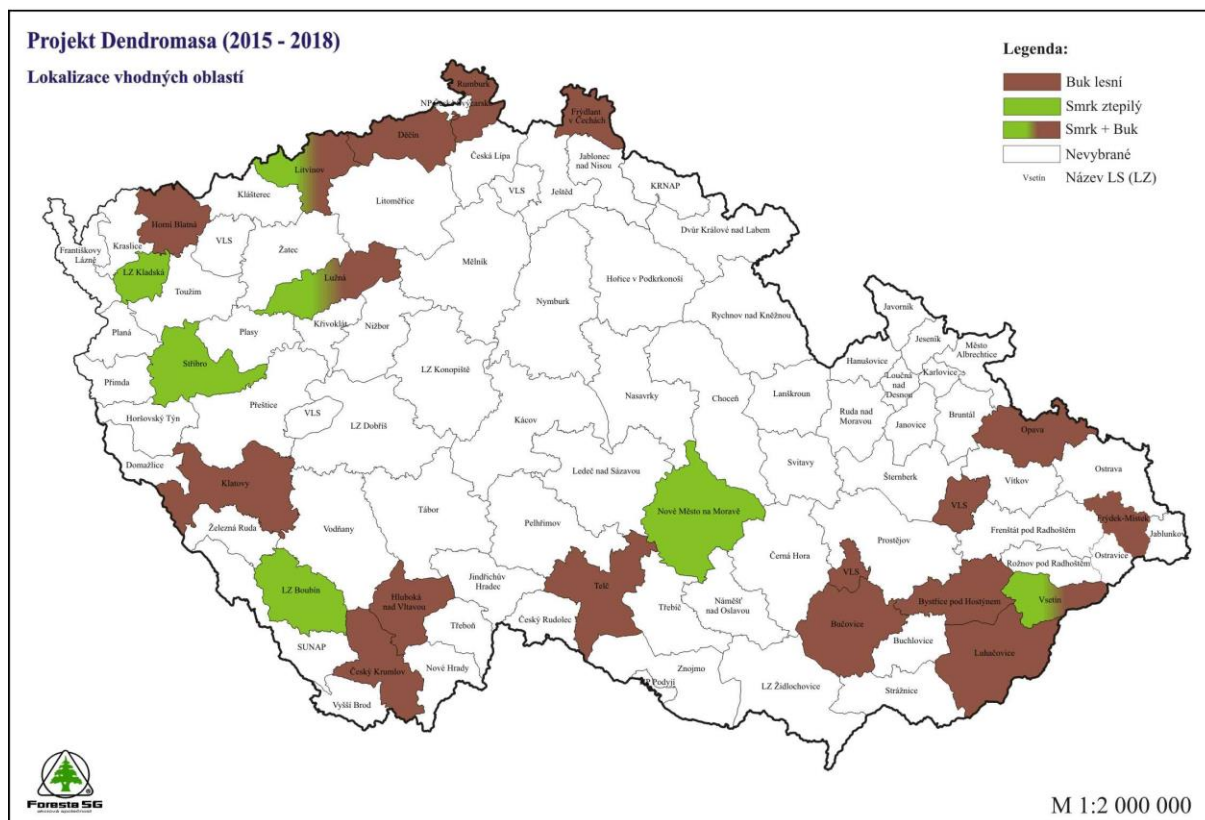
Vlastní postupy v metodice uvedené respektují v současnosti nejrozšířenější technologické postupy využívané největšími tuzemskými zpracovateli lesních těžebních zbytků a jsou tedy zaměřeny na výrobu energetické dřevní štěpky v průmyslovém měřítku.

4. Požadavky na metodiku

Realizací projektu, jehož součástí je rovněž i tato metodika, jsou definovány jednak metodou empirického stanovení dosažitelné podíly LTZ na pokácených vzornících, jednak výpočtovou metodou za použití vhodných alometrických rovnic dosažitelné podíly LTZ pro skupiny dřevin listnaté a jehličnaté. Rozsah provedených prací je limitován především z pohledu nákladů projektu (destruktivní analýza, která je použita v rámci terénních prací je časově, organizačně a finančně velmi náročná, rovněž tak skutečnost, že výzkumné plochy jsou rozloženy po celém území ČR – viz Obrázek 3). Z těchto důvodů je třeba výstupy projektu vnímat jako základní etalon hodnot. Protože lze předpokládat, že potřeby praxe mohou vznést požadavek na rozšíření sad empiricky zjištěných podílů LTZ, případně rozšíření sad alometrických rovnic pro další parametry (například lze očekávat požadavek na rozšíření pro dřevinu borovice lesní), předkládáme tuto metodiku právě pro takové použití.

Z výše uvedených důvodů metodika musí splňovat následující požadavky:

- **Aplikovatelnost** – metodika sjednocuje a upravuje standardně používané postupy při zpracování LTZ na energetickou štěpku a musí tedy být bezproblémově aplikovatelná (proveditelná) v podmínkách kteréhokoli velkoproducenta suroviny nebo výrobce energetické dřevní štěpky.
- **Srozumitelnost** – postupy zde uvedené musí být velmi snadno pochopitelné a srozumitelné.
- **Nákladovost** – provedení úkonů podle této metodiky musí pouze v nutné a minimální míře dodatečně zatěžovat personál zpracovatele



Obrázek 3: Lokalizace výzkumných ploch na území ČR

5. Vlastní popis metodiky

Vlastní metodika je rozdělena do několika částí, podle hlavní činnosti prováděné v jednotlivých etapách:

- **Výběr vhodných výzkumných ploch**
- **Postup terénních prací**
- **Odběry vzorků (vzorkování)**
- **Laboratorní zpracování**
- **Zpracování dat**

5.1. Stručná charakteristika postupu

Pro snazší orientaci je v této části uvedeno rámcové představení metodiky.

Prvním krokem je výběr porostních skupin z dat aktuálně platných lesních hospodářských plánů s vybranými parametry (dřevina, bonita relativní, zakmenění, soubor lesních typů, objem těžby mýtní).

Pro takto vybrané porostní skupiny je proveden po konzultaci s příslušnými hospodáři finální výběr vhodných lokalit s nevhodnějšími výrobními podmínkami (upřesnění se týká především posouzení z pohledu náročnosti výrobních podmínek, to znamená, že jsou vyloučeny porosty v lokalitách podmáčených, s vysokým sklonem terénu, víceetážové, s podrostem, s plošným poškozením apod). V těchto porostních skupinách je následně proveden výběr a vyznačení 10 vzorníků. V těchto vybraných porostních skupinách (nebo jejich části – těžební pracoviště) je proveden těžební zásah. V rámci této těžby dříví je zaevidována hmota hroubí vyrobených sortimentů surového dříví a celková zůstatková hmota LTZ koncentrována (vyvezena vyvážecí soupravou na vhodnou lokalitu „OM“) a na místě zpracována „štěpkováním“. Klíčové je v této fázi dodržení zásady, že vyvezené a zpracované LTZ musí odpovídat evidované hmotě hroubí z jedné porostní skupiny. Protože jsou tyto LTZ představovány velmi rozmanitými součástmi „koruny“ stromu a rovněž případným podílem nevyužitelného hroubí a tvorba reprezentativního vzorku pro laboratorní rozbory by byla komplikovaná, budou tyto těžební zbytky zpracovány štěpkováním. Štěpkování je prováděno bez zbytečného prodloužení po

provedení těžby dříví a vyvezení LTZ. Předpokládáme, že tímto procesem je dosaženo vyššího stupně homogenity této hmoty a tím rovněž materiálu, ze kterého se následně provádějí odběry vzorků pro laboratorní analýzu.

Tato hmota (štěpka) je v průběhu zpracování ukládána na ložný prostor nákladního automobilu a následně je pak zjištěna hmotnost celé partie vážením (zjištění hmotnosti, je prováděno nákladními vahami - zvážením prázdné soupravy a následně zvážením soupravy s nákladem, případně odečtem hmotnosti z vážního systému nákladního automobilu). Následně po vyložení je proveden odběr vzorků. Po jejich zaevidování se vzorky laboratorně vysuší – výsledky se rovněž zaevidují.

Nad výsledky získanými laboratorním zpracováním je následně provedeno zpracování takto získaných dat.

Protože se jedná ve své podstatě o technologický proces výroby biopaliva - energetické dřevní štěrky, vycházíme v první řadě při odběru vzorků z ustanovení platných technických norem, v tomto konkrétním případě především z ustanovení ČSN EN 14 778 – Pevná biopaliva - Vzorkování. Protože však tato technická norma je v ČR distribuována a platná pouze v anglickém originále a neexistuje česká verze, je pro účely využití použita slovenská verze této normy - STN EN 14778 – Tuhé biopaliva – Odber vzorek [2]. Volba slovenské varianty této normy je především z důvodu terminologických.

5.2. Výběr vhodných výzkumných ploch

Výzkumné plochy jsou vybrány s využitím dat aktuálních (aktuálně platných) lesních hospodářských plánů (případně lesních hospodářských osnov). Principy výběru ploch jsou uplatněny v souladu s výsledky díla s názvem „Analýza a výsledná kvantifikace využitelné lesní biomasy s důrazem na těžební zbytky pro energetické účely, při zohlednění rizik vyplývajících z dopadu na půdu, koloběh živin a biologickou rozmanitost“. [6]

5.2.1. Parametry výběru

Parametry pro výběr výzkumných ploch jsou s ohledem na minimalizaci rozsahu realizace stanoveny pouze pro tři základní a dvě doplňkové veličiny.

Základní parametry:

- Dřevina
- Bonita
- Zakmenění

Doplňkové parametry:

- Soubor lesních typů
- Věk

5.2.1.1. Dřevina

Pro účely realizace projektu jsou dřeviny rozděleny do dvou skupin dřevin na jehličnaté a listnaté. Pro každou skupinu dřevin je vybrán jeden reprezentant. Pro výběr reprezentanta je použito hodnot podílu porostní plochy a zásoby dřevin v lesních porostech v ČR z dat „Informace o stavu lesů“, tabulky „Základní údaje podle dřevin - dřeviny“ k 31.12.2016 - viz Tabulka 1.

zdroj: internetové stránky UHUL <http://www.uhul.cz/ke-stazeni/informace-o-lese/slhp>.

Takto je pro jehličnaté dřeviny zvolen jako reprezentant smrk ztepilý (podíl na porostní ploše 50,10 %, na zásobě pak 60,51 %), pro listnaté dřeviny pak buk lesní (podíl na porostní ploše 8,29 % a na zásobě 6,63 %). Lze předpokládat, že v případě jehličnatých dřevin by bylo velmi žádoucí v další následné fázi řešení vylišit i druhého reprezentanta, kterým by mohla být borovice lesní, jednak pro její poměrně významný podíl zastoupení (jak na ploše tak rovněž na zásobě), jednak pro její specifický habitus především ve vyšším věku a z něj pravděpodobně odlišný (oproti smrku ztepilému) podíl LTZ.

Primární výběr je zaměřen na porostní skupiny nebo pracoviště, ve kterých je zastoupení šetřené dřeviny vyšší než 90% (alternativně pokud se jedná o těžební pracoviště, musí být tato podmínka splněna pro toto pracoviště) - důvodem pro tuto podmínku je skutečnost, že nám není známo jaký vliv na množství LTZ může mít zastoupení dalších dřevin (smíšení porostů).

Tabulka 1: Základní údaje podle dřevin - 2016

| dřevina | porostní plocha | | zásoba | |
|--------------------|-----------------|-------|-----------------------------|--------|
| | [ha] | % | 1000 [m ³] b.k. | % |
| smrk ztepilý | 1 303 009,15 | 50,10 | 421 018,56 | 60,51 |
| smrkové exoty | 9 194,46 | 0,35 | 276,82 | 0,04 |
| jedle bělokorá | 27 801,88 | 1,07 | 8 265,39 | 1,19 |
| jedle obrovská | 1 284,11 | 0,05 | 227,81 | 0,03 |
| borovice | 418 844,02 | 16,10 | 104 762,02 | 15,06 |
| kosodřevina | 6 842,95 | 0,26 | 100,43 | 0,01 |
| modřín | 99 916,87 | 3,84 | 31 770,50 | 4,57 |
| douglaska | 6 080,87 | 0,23 | 1 599,04 | 0,23 |
| jehličnaté ostatní | 1 987,01 | 0,08 | 696,29 | 0,10 |
| dub | 180 617,93 | 6,94 | 35 095,09 | 5,04 |
| dub červený | 6 100,53 | 0,23 | 1 137,72 | 0,16 |
| buk | 215 534,61 | 8,29 | 46 111,69 | 6,63 |
| habr | 33 325,66 | 1,28 | 5 133,41 | 0,74 |
| jasan | 36 610,87 | 1,41 | 7 103,04 | 1,02 |
| javor | 37 346,04 | 1,44 | 6 166,04 | 0,89 |
| jilm | 839,41 | 0,03 | 95,89 | 0,01 |
| akát | 13 993,18 | 0,54 | 1 745,86 | 0,25 |
| bříza | 71 578,74 | 2,75 | 8 904,70 | 1,28 |
| lípa | 29 573,47 | 1,14 | 6 299,37 | 0,91 |
| olše | 41 935,29 | 1,61 | 5 861,91 | 0,84 |
| osika | 6 796,14 | 0,26 | 1 033,32 | 0,15 |
| topol | 6 195,47 | 0,24 | 1 640,78 | 0,24 |
| vrby | 2 493,32 | 0,10 | 187,14 | 0,03 |
| listnaté ostatní | 12 134,46 | 0,47 | 604,02 | 0,09 |
| jehličnaté celkem | 1 874 961,32 | 72,09 | 568 716,86 | 81,73 |
| listnaté celkem | 695 075,12 | 26,72 | 127 119,97 | 18,27 |
| celkem | 2 570 036,44 | 98,81 | 695 836,83 | 100,00 |

5.2.1.2. Bonita (relativní výšková)

Pro vybranou porostní skupinu, případně pracoviště zjistíme hodnotu relativní výškové bonity z dat platného lesního hospodářského plánu, případně lesní hospodářské osnovy a následně provedeme zařazení do příslušné třídy bonit.

Bonita relativní výšková je seskupena do následujících bonitních tříd:

- I. třída = 1 + 2 RVB;

- II. třída = 3 + 4 RVB;
- III. třída = 5 + 6 RVB;
- IV. třída = 7 + 8 + 9 RVB;

Z praktických důvodů porosty zařazené do IV. bonitní třídy (tedy relativní výškové bonity 7,8 nebo 9 v případě smrku ztepilého nebo buku lesního nemají praktickou náplň a nemá tedy smysl tyto porosty šetřit – důvodem je minimální zastoupení v lesních porostech a rovněž fakt, že zpravidla představují taková stanoviště, na kterých nelze odběr LTZ doporučit.

5.2.1.3. Zakmenění

Dalším primárním parametrem je zakmenění porostu. Protože cílem metodiky je rovněž minimalizace potřeby terénního šetření, je tato položka rovněž přejímána z dat platného lesního hospodářského plánu případně lesní hospodářské osnovy.

Zakmenění je redukováno do dvou tříd:

- třída I (snížené) – hodnota zakmenění $< 0,9$ (nebo < 9);
- třída II (plné) – hodnota zakmenění $\geq 0,9$ (nebo ≥ 9);

5.2.1.4. Soubory lesních typů

Pro výše uvedené parametry jsou vybrány prostorové jednotky rozdělení lesa (porostní skupiny) – při výběru je uplatněn rovněž filtr souborů lesních typů (vyřazení porostních skupin se souborem lesních typů s nepřijatelným rizikem – viz Tabulka 2 [6]).

Tabulka 2: SLT s přijatelným a podmíněně přijatelným rizikem, Nikl a kol., UHUL, Brandýs n. L., 2009.

| LVS | Edafická kategorie |
|-----|----------------------|
| 1 | H; B; D; L; S; K; I; |
| 2 | H; B; D; S; K; I; |
| 3 | H; B; S; D; K; I; |
| 4 | H; B; D; S; K; I; |
| 5 | H; B; D; S; K; I; |
| 6 | H; B; D; S; K; I; |

Poznámka: LVS = lesní vegetační stupeň

Z tohoto primárního výběru následně zvolíme vhodné porostní skupiny (volba je podmíněna především prostorově - rozložení výzkumných ploch na území ČR, a rovněž ekonomicky - dopravní vzdálenost, možnost soustředění do bloků, vybavenost dodavatelů prací – smluvních partnerů LČR apod). Cílově je v záměru výběr vždy 10 porostních skupin pro každý prvek kombinace klíčových parametrů (pro realizaci základního etalonu je tedy předpokládáno zpracování 160. porostních skupin – výzkumných ploch). Oblasti, ve kterých jsou vybrány a umístěny výzkumné plochy jsou přiměřeně rozmístěny po území České republiky – viz Obrázek 3.

5.2.1.5. Věk porostu

Pro účely tohoto projektu je výběr vhodných výzkumných ploch - porostů podmíněn dosažením mýtního věku. Z tohoto důvodu je dalším výběrovým parametrem rovněž plánovaný objem mýtní – obnovní těžby dříví (ať již těžby „umístěné“ při „zařízení“ LHP, nebo těžby naplánované odborným lesním hospodářem). Požadavek na umístěnou mýtní těžbu je kompromisním řešením, neboť realizace projektu byla provedena především v lesích ve správě státního podniku Lesy České republiky, kde ze smluvních vztahů mezi LČR a dodavateli prací vyplývají některá omezení. Při předpokladu výběru 10 jedinců (stromů) na jedné výzkumné

ploše a odhadu objemu středního kmene v mýtním věku cca 3m³ hroubí, je minimální limitní požadavek výběru stanoven na objem mýtní těžby 30 m³.

5.2.2. Analýza dat LHP a výběr ploch

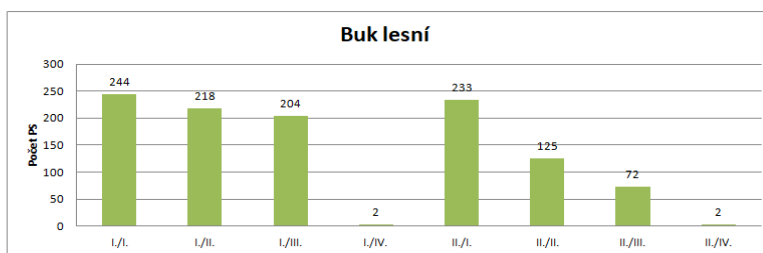
Aplikací výše uvedených parametrů na data LHP podniku Lesy České republiky je vybráno pro dřevinu smrk ztepilý celkem 16 796 a pro buk lesní 1 100 porostních skupin – viz Tabulka 3. Rovněž je z tabulky patrné rozložení četností kombinací parametru třídy zakmenění a třídy relativních výškových bonit, kdy pro kombinace obou tříd zakmenění se IV. třídou relativní výškové bonity je výskyt porostních skupin na majetcích LČR minimální.

Tabulka 3: Analýza dat LHP LČR

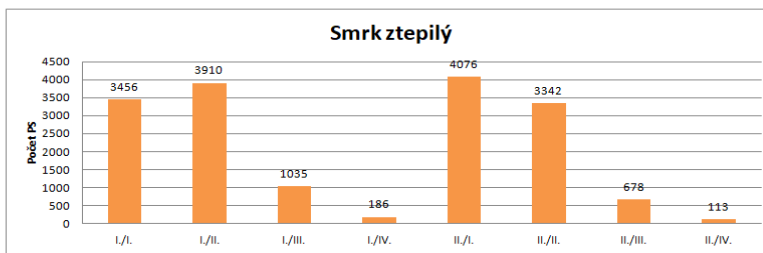
Analýza struktury základního souboru

Zdroj: Výběr PS z dat LHP LČR, s.p.

| Dřevina | Zak. T | BR. T | ZAK/BR | PS počet |
|---------------|--------|-------|----------|-------------|
| BK | I. | I. | I./I. | 244 |
| BK | I. | II. | I./II. | 218 |
| BK | I. | III. | I./III. | 204 |
| BK | I. | IV. | I./IV. | 2 |
| BK | II. | I. | II./I. | 233 |
| BK | II. | II. | II./II. | 125 |
| BK | II. | III. | II./III. | 72 |
| BK | II. | IV. | II./IV. | 2 |
| Celkem | | | | 1100 |



| Dřevina | Zak. T | BR. T | ZAK/BR | PS počet |
|---------------|--------|-------|----------|--------------|
| SM | I. | I. | I./I. | 3456 |
| SM | I. | II. | I./II. | 3910 |
| SM | I. | III. | I./III. | 1035 |
| SM | I. | IV. | I./IV. | 186 |
| SM | II. | I. | II./I. | 4076 |
| SM | II. | II. | II./II. | 3342 |
| SM | II. | III. | II./III. | 678 |
| SM | II. | IV. | II./IV. | 113 |
| Celkem | | | | 16796 |



Na základě této analýzy jsou následně odvozeny počty výzkumných ploch v závislosti na četnosti výskytu kombinací výše uvedených parametrů. Celkově je provedeno zpracování 80. ploch pro každého reprezentanta (tedy pro smrk ztepilý a buk lesní), celkem tedy 160 výzkumných ploch. Volba nerovnoměrného rozložení počtu vychází ze záměru zpracování většiny ploch ve prospěch kombinací parametrů s nejvyšší četností výskytu (takové porostní skupiny budou pravděpodobně pro využití LTZ v praxi nejvíce zastoupeny). Oproti tomu kombinace parametrů s podílem výskytu pod 1 % jsou ze zpracování vyloučeny (představují porostní skupiny s relativní výškovou bonitou vyšší jak 6, ve kterých lze předpokládat, že odběr LTZ nebude možný). Konečné počty ploch jsou uvedeny v Tabulce 4.

Tabulka 4: Rozložení počtu výzkumných ploch

Rozložení počtu výzkumných ploch

Zdroj: Výběr PS z LHP LČR, s.p.

| Dřevina | Zak T | BR T | ZAK/BR | PS pocet | % | Podíl | Počet ploch |
|---------|-------|------|---------|----------|--------|-------|-------------|
| BK | I. | I. | I/I. | 244 | 22,18 | 17,75 | 18 |
| BK | I. | II. | I/II. | 218 | 19,82 | 15,85 | 16 |
| BK | I. | III. | I/III. | 204 | 18,55 | 14,84 | 15 |
| BK | I. | IV. | I/IV. | 2 | 0,18 | 0,15 | 0 |
| BK | II. | I. | II/I. | 233 | 21,18 | 16,95 | 17 |
| BK | II. | II. | II/II. | 125 | 11,36 | 9,09 | 9 |
| BK | II. | III. | II/III. | 72 | 6,55 | 5,24 | 5 |
| BK | II. | IV. | II/IV. | 2 | 0,18 | 0,15 | 0 |
| Celkem | | | | 1100 | 100,00 | 80 | 80 |

| Dřevina | Zak T | BR T | ZAK/BR | PS pocet | % | Podíl | Počet ploch |
|---------|-------|------|---------|----------|--------|-------|-------------|
| SM | I. | I. | I/I. | 3456 | 20,58 | 16,46 | 16 |
| SM | I. | II. | I/II. | 3910 | 23,28 | 18,62 | 19 |
| SM | I. | III. | I/III. | 1035 | 6,16 | 4,93 | 5 |
| SM | I. | IV. | I/IV. | 186 | 1,11 | 0,89 | 0 |
| SM | II. | I. | II/I. | 4076 | 24,27 | 19,41 | 19 |
| SM | II. | II. | II/II. | 3342 | 19,90 | 15,92 | 16 |
| SM | II. | III. | II/III. | 678 | 4,04 | 3,23 | 5 |
| SM | II. | IV. | II/IV. | 113 | 0,67 | 0,54 | 0 |
| Celkem | | | | 16796 | 100,00 | 80 | 80 |

5.3. Postup terénních prací

Provedení terénních prací je navrženo pro technologické využití velkých průmyslových štěpkovačů (výkonová kategorie nad 100 kW).

5.3.1. Výběr vzorníků

Ve spolupráci se správcem majetku je proveden výběr a vyznačení vzorníkových stromů na vybraných plochách – porostních skupinách. Princip výběru je stanoven na vizuálním posouzení jednotlivých jedinců. Pro vizuální posouzení vycházíme ze stavu porostu, kdy cílem je vybrat „průměrné“ jedince, kteří nejlépe charakterizují vybraný porost. V rámci výběru nezahrnujeme jedince, kteří jsou v rámci plochy odlišní od standardu.

Takovými jsou například:

- Zlomy
- Více vrcholů (v případě jehličnatých)
- Jednostranné zavětvení („porostní plášť“)
- Souše
- Potlačení podúrovňoví jedinci
- Jiné poškození - napadení (především houbové - pokud je možné posoudit)

Pro každou výzkumnou plochu – porostní skupinu či pracoviště - je proveden výběr 10 vzorníků (důvodem pro tento počet je snížení rizika výběru nevhodného vzorníku). Vhodné je z hlediska provedení

následných prací provést výběr vzorníků v soustředěné lokalitě (následné vyvážení LTZ bude prováděno vyvážecí soupravou nebo vyvážecím vlekem, kdy při roztroušeném výběru může být provedení komplikované).

5.3.2. Těžba vzorníků

Po výběru vzorníků je provedena těžba dříví standardními metodami (tedy technologií motomanuální – motorovou pilou - nebo případně harvestory, včetně kombinací uvedených technologií). Po provedení těžby je vyrobené hroubí přibliženo opět standardními metodami na lokalitu odvozní místo – dále jen „OM“.

5.3.3. Zjištění objemu vytěženého hroubí

Měření a evidence hroubí je prováděno způsobem, který odpovídá obchodní praxi a standardům u podniku Lesy ČR, s.p.

5.3.3.1. Měření

Proces měření je zaměřen na zjišťování rozměrů „kulatinových“ výřezů „hroubí“ – délku výřezů surového dříví a jejich středový průměr. Délky jsou zjišťovány měřením pásmem v metrech. Středový průměr je zjišťován průměrkou v centimetrech v souladu s dendrometrickými zásadami měření (měření průměru bude provedeno s kůrou). Měření bude prováděno vždy na lokalitě „Pařez“.

5.3.3.2. Evidence objemu hroubí

Pro každou výzkumnou plochu je proveden záznam parametrů vytěženého hroubí (tedy dimenze – celková délka výřezu a střední tloušťka měřená s kůrou). V případě provedení těžby harvesterovou technologií jsou záznamy měření převzaty z výstupu řídicího systému harvestoru. Pro každou výzkumnou plochu, ve které je těžba provedena motomanuální metodou bude vytvořen zápisník měření hroubí – číselník dříví, neboť měřená hmota hroubí je předmětem zúčtování v rámci obchodního vztahu (podnik LČR a dodavatel komplexní zakázky).

Pro zjištění množství evidované hmoty hroubí - kubírování - (stanovení objemu hroubí bez kůry v m³) a měření vstupních rozměrových veličin vnikla v dendrometrii celá řada kubírovacích vzorců.

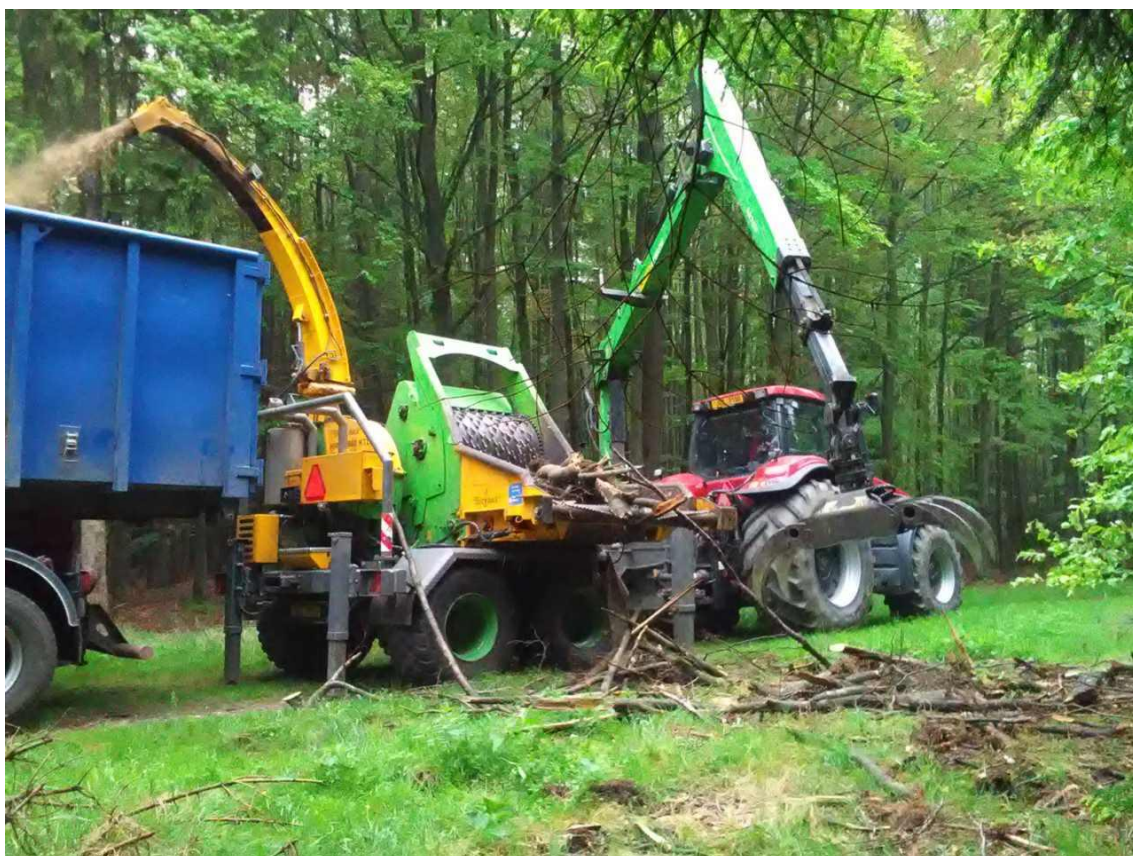
Pro stanovení objemu hroubí budou použity běžně v praxi používané kubírovací tabulky - tabulky pro krychlení surového dříví, které jsou vypracovány s využitím Huberova vzorce při kubírování surových kmenů a výřezů. Uvádají objem kulatiny (v) v m³ bez kůry pro délku kmene nebo výřezu (L) a pro středovou tloušťku (d1/2L) v kůře. Pro zjištění objemu budou použity tabulky pro krychlení surového dříví udávající objem v 0,1 m³ (bez kůry) - Teplické - Šimánek / Gross.

5.3.4. Vyvezení LTZ

Následně po vyklizení hmoty hroubí je proveden sběr a vyvezení ekonomicky a technicky dostupné hmoty LTZ na ploše (provedení vyvážecí soupravou nebo vyvážecím vlekem – zpracovatelé používají tuto techniku zpravidla dodatečně upravenou pro vyvážení LTZ). Hmota je vyvezena na nejbližší lokalitu na odvozní cestě, která je vhodná pro dojezd a zpracování na dřevní energetickou štěpku. V této souvislosti je nutné upozornit, že použitá technika je poměrně rozměrná a tudíž nároky na prostor jsou rovněž větší – viz Obrázek 4, 5 a 6. Minimálně vhodné je s operátorem stroje provést předběžnou pochůzku v místě uvažovaného zpracování.



Obrázek 4: Štěpkovač Jenz HEM 582 - nástavba na nákladním automobilu



Obrázek 5: Štěpkovač poháněný od vývodového hřídele traktoru



Obrázek 6: Zpracování nevyužitelného hroubí

5.3.5. Zpracování na štěpku

Následně po vyvezení je hmota vyvezených LTZ zpracována štěpkováním, přičemž vyrobený materiál je ukládán na ložný prostor nákladního automobilu – viz obrázek 5 a 6.

5.3.6. Zjištění hmotnosti LTZ

Po zpracování LTZ je zjištěna hmotnost vyrobené štěpky. Zpravidla je k tomuto účelu možné využití nákladních vah u odběratele (zvážením jízdní soupravy s nákladem a následně pak po vyložení nákladu), v některých případech je možné provést odečet hmotnosti nákladu přímo na místě s využitím palubního vážného systému (nicméně vybavení nákladních souprav těmito systémy je poměrně výjimečné). Podmínkou je, aby váhy byly certifikovány minimálně jako váhy nejméně IIII třídy přesnosti v souladu se zákonem č. 505/1990 Sb. (Zákon o metrologii) a vyhláškou č. 262/2000 Sb., kterou se zajišťuje jednotnost a správnost měřidel a měření.

5.3.7. Evidence hmotnosti LTZ

Pro každou vyrobenou partii zpracované zůstatkové dendromasy (těžebních zbytků) je proveden záznam hmotnosti v tunách, ve struktuře odpovídající záznamům do formuláře – viz Tabulka 5 – položka „Hmotnost partie“:

Tabulka 5: Formulář pro záznam hodnot

| P. | Název OJ | LHC | PS | LO | HS | Vek | Zakme | % zasto | Výč. tlo | Výška | Bon. Rel. | Hmotn hroubí (m) | Hmotnost partie |
|----|-----------|------|--------|----|-----|-----|-------|---------|----------|-------|-----------|------------------|-----------------|
| 1 | LS Vsetín | 1408 | 113C11 | 41 | 551 | 109 | 8 | 100 | 40 | 34 | 1 | 20,72 | 2,4 |
| 2 | LS Vsetín | 1408 | 216D09 | 41 | 551 | 88 | 9 | 99 | 39 | 33 | 1 | 14,25 | 2,11 |
| 3 | LS Vsetín | 1408 | 219D10 | 41 | 551 | 99 | 8 | 100 | 40 | 34 | 1 | 23,78 | 5,6 |
| 4 | LS Vsetín | 1408 | 223C12 | 41 | 551 | 114 | 8 | 96 | 45 | 38 | 1 | 30,69 | 8,7 |
| 5 | LS Vsetín | 1408 | 224E11 | 41 | 551 | 102 | 8 | 100 | 40 | 35 | 1 | 21,66 | 4,51 |
| 6 | LS Vsetín | 1408 | 224F11 | 41 | 551 | 107 | 8 | 99 | 42 | 36 | 1 | 23,91 | 5,94 |
| 7 | LS Vsetín | 1408 | 225C11 | 41 | 551 | 107 | 9 | 100 | 48 | 37 | 1 | 26,51 | 5,08 |
| 8 | LS Vsetín | 1408 | 230A11 | 41 | 511 | 108 | 9 | 82 | 48 | 34 | 1 | 30,8 | 6,65 |
| 9 | LS Vsetín | 1408 | 539A12 | 41 | 551 | 118 | 8 | 99 | 45 | 40 | 1 | 25,58 | 2,89 |
| 10 | LS Vsetín | 1408 | 539D12 | 41 | 551 | 117 | 8 | 96 | 44 | 37 | 1 | 33,11 | 5,6 |

5.4. Odběry vzorků (vzorkování)

Odběr probíhá za modifikovaných podmínek a postupů stanovených v případě tuhých biopaliv v ČSN EN 14 778 (přesněji tedy dle slovenské verze normy STN EN 14778).

5.4.1. Vzorkování paliva

Důležitou operací před vlastním zjišťováním parametrů biomasy je odběr vzorku a jeho následná příprava ke zkoušení vlastností. Odběr vzorku a příprava zkušební vzorku se musí řídit zásadami správného vzorkování. V případě realizace projektu budeme vycházet z principů stanovených příslušnými technickými normami, případně budou tyto postupy modifikovány dle cílů a záměrů projektu.

Vzorky jsou odebírány bez zbytečného prodlení po zjištění hmotnosti příslušné dávky, po vyložení (vysypání) nákladu (tedy z „hromady“), tak aby bylo možno provést odběry rovněž z různých horizontálních částí. Odběry vzorků v tomto případě nedoporučujeme provádět přímo z nákladového prostoru (zpravidla jsou u těchto typů štěpkovačů v závěru pracovní operace zpracovávány „zbytkové“ drobné části materiálu a případné vzorky by nemusely být dostatečně reprezentativní pro celou dávku – viz Obrázek 7). Pro tuto kategorii štěpkovačů je odebíráno vždy 10 vzorků z jedné hromady.

V případě odběru vzorků z „hromad“ je nutné věnovat pozornost rovněž možné časové prodlevě mezi zjištěním hmotnosti celé partie a odběrem vzorků. Optimální situace je, když odběr vzorků následuje bezprostředně po zjištění hmotnosti, jinak nejvýše do 5 dnů za podmínky, že se nevyskytuje některý významný klimatický vliv – extrémní teploty nebo srážky (sněhové nebo dešťové).

5.4.2. Schéma odběru

Pro odběry z „hromad“ platí, že z každé je proveden odběr celkem 10 vzorků z různých horizontů vysypané hromady - 3 vzorky levá strana hromady, 3 vzorky pravá strana, v závěru procesu odběru pak 4 vzorky z vrcholu hromady. Před odběrem lze doporučit vizuální prozkoumání stavu materiálu na hromadě především z toho důvodu, že v závislosti na pořadí zpracování LTŽ na štěpku se mohou vyskytovat strukturou velmi odlišné oblasti a odběr je vhodné směřovat tak, aby vzorky byly reprezentativní i pro takto odlišné oblasti (viz Obrázek 7) – zhruba ve středu hromady je viditelné vyšší zastoupení dřevních štěpek – v této části je uložen materiál štěpkovaného hroubí. Uplatnění schéma odběru je prezentováno na Obrázku 8 (zbývající 3 místa odběru vzorků jsou umístěna na odvrácené straně hromady).



Obrázek 7: Skládka – v popředí obrázku hromada čerstvé „zelené“ štěpky s viditelně odlišnou strukturou částic.



Obrázek 8: Vyznačení míst odběru vzorků z hromady

5.4.3. Nástroje na vzorkování

Na odběrný nástroj použitý ke vzorkování kladou normy následující požadavky:

- Šířka otvoru odběrného nástroje se určí jako násobek horního jmenovitého rozměru D [mm], přičemž šířka otvoru nesmí být menší než 50 mm. [2]

Tabulka 6: Parametry odběrného nástroje [3]

| Způsob odběru | Šířka otvoru |
|---|--------------|
| Odběr na přepadu | min. 2,5 D |
| Odběr z dopravních pásů | min. 2 D |
| Odběr z dopravních prostředků, hald a pytlů | min. 1,5 D |

Protože odběr vzorků z pohybujícího se materiálu je z hlediska bezpečnosti práce rizikový (částice jsou vymetány výstupním „komínem“ vysokou rychlostí), je metodický postup odběru vzorků postaven na odběru ze stacionárního materiálu, při jeho tvorbě, případně z hromady (tento přístup je preferován z důvodu odhalení uložených horizontů materiálu). Protože lze předpokládat, že produkovaná štěpka obsahuje částice o maximálním rozměru až 12 cm, je pro odběr vzorků použita lopatka – viz obrázek č. 9. Volba tohoto nástroje vyplývá z následujících požadavků:

- pevná a odolná konstrukce
- šířka nástroje odpovídající minimálně 1,5 násobku maximálního rozměru



Obrázek 9: Lopatka pro odběr vzorků

5.4.4. Počet dílčích vzorků v celkovém vzorku

Pro účely odvození počtu dílčích vzorků je využito postupu stanoveného normou ČSN EN 14778 (respektive STN EN 14778) pro pevná biopaliva [1] a postupů uvedených v prezentaci „Sampling and sample reduction of solid biofuels“, kolektivu autorů PHYDADES, 2009. Celkový vzorek se skládá z určitého minimálního počtu dílčích vzorků. Počet dílčích vzorků je ovlivňován druhem paliva, jeho rozměry a množstvím paliva v celku, ze kterého je prováděn odběr.

V první řadě provedeme zatřídění do skupin dle homogenity materiálu a horního rozměru částic dle následující Tabulky 7:

Tabulka 7: Klasifikace pevných biopaliv (skupiny nehomogenity) [1]

| skupina 1 | skupina 2 | skupina 3 |
|--|---|---|
| stejnorodé biopalivo horní jm. rozměr < 10 mm | stejnorodé biopalivo horní jm. rozměr > 10 mm | nestejnorodé biopalivo |
| například: dřevěné hobliny piliny | například: dřevní štěpky dřevní pelety ořechové skořápky | například: zbytky po těžbě dřeva kůra |

Dle tohoto členění zatřídíme zbytkovou dendromasu do třetí skupiny – nestejnorodé biopalivo.

V případě tuhých biopaliv je počet odebíraných dílčích vzorků závislý na nestejnorodosti tuhého biopaliva. Podle nestejnorodosti je nutné biopalivo zařadit do příslušné níže uvedené skupiny. Pro příslušnou

skupinu lze minimální počet dílčích vzorků, pro stacionární, nebo pohybující se materiál, výpočtem dle příslušné rovnice (viz Tabulka 8.).

Tabulka 8: Stanovení počtu dílčích vzorků – pevná biopaliva [1]

| Skupina | Počet dílčích vzorků n [-] | |
|---------|----------------------------|----------------------------------|
| | odběr z proudu | odběr ze stacionárního materiálu |
| 1 | $n = 3 + 0,025 * M_{lot}$ | $n = 5 + 0,025 * M_{lot}$ |
| 2 | $n = 5 + 0,04 * M_{lot}$ | $n = 10 + 0,04 * M_{lot}$ |
| 3 | $n = 10 + 0,06 * M_{lot}$ | $n = 20 + 0,06 * M_{lot}$ |

Pozn.: M_{lot} - hmotnost dávky

Dosažením odhadované hodnoty dávky odvodíme minimální počty dílčích vzorků:

$$n = 20 + 0,06 * 3,15 = 20,189 = 20$$

Dle předpokladu je na každé výzkumné ploše vyrobeno cca 3,15 t štěpky ze zbytků po těžbě dříví (odvození – viz Definice pojmů – dávka). Pro prvních 5 výzkumných ploch jsou provedeny odběry 20 dílčích vzorků z každé plochy (dle schématu míst odběru), následně je provedeno vyhodnocení a počet odebíraných vzorků je upraven. Na základě této analýzy je následně potřebný počet snížen na 10 vzorků.

5.4.5. Místo odběru vzorků

Odběr vzorků (dílčích vzorků) je prováděn na místě uložení vyrobené štěpky na hromadu, nejlépe bezodkladně po zjištění hmotnosti, nejpozději do 5 dnů (rozhodující je vliv klimatických podmínek – počasí – cílem je, aby mezi vážením a odběrem vzorků nedocházelo ke změnám hmotnosti příslušné partie vlivem extrémního sucha nebo naopak intenzivními srážkami – sníh nebo déšť). Zpravidla se jedná o skladovací prostory u odběratelů, případně deponia ve správě producentů dřevní štěpky. Na uložených hromadách jsou odhalené viditelné „horizonty“ materiálu a je zde umožněno vhodnější směrování míst odběru tak, aby dílčí vzorky co nejlépe charakterizovaly strukturu celé dávky. Odběr „z proudu“ při výrobě nelze z důvodu bezpečnosti práce a komplikovanému přístupu na nákladní prostory automobilů doporučit.

5.4.6. Velikost vzorků

Velikost vzorků je závislá do značné míry od vlastností vzorkovaného materiálu, další vliv mají rovněž hlediska možností odběru, transportu, možností laboratorního zpracování. V tomto případě se jedná o materiál odpovídající „zelené“ energetické štěpce. Pro stanovení velikosti vzorků bude využito výsledků výzkumů, jimiž se zabýval BioNorm v letech 2004 – 2009 [4] [5]. V rámci závěrečné zprávy přednormalizačních studií na odběry vzorků, testování biopaliv a vývoj managementu [4] byl rovněž proveden výzkum a doporučení velikosti vzorků různých druhů pevných biopaliv.

Záměrem tohoto projektu je stanovení podílu absolutně suché hmoty na jednotku těžby dříví, což znamená ve své podstatě rozdíl mezi hmotností vzorku a hmotností vody (vlhkostí). Pro metodu stanovení vlhkosti ve výše uvedeném díle je uvedena hodnota velikosti dílčího vzorku o objemu 1 litr. Tato velikost vzorku je použita rovněž v rámci řešení tohoto projektu.

5.4.7. Značení vzorků

Odebrané vzorky jsou před transportem k laboratorním rozborům okamžitě po odběru označeny na obalech (samolepicí nálepkou nebo permanentním popisovačem). Struktura označení je XXXX/PS/DR/PČ, kde:

XXXX – čtyřmístné označení LHC

PS – označení porostní skupiny

DR – označení dřeviny - dva znaky

PČ – pořadové číslo vzorku – dva znaky

Kromě této identifikace budou na obale uvedeny rovněž:

DO – datum odběru vzorku

5.4.8. Uložení vzorků

Odebrané dílčí vzorky jsou uloženy do hermeticky uzavíratelných plastových obalů (vhodné jsou plastové sáčky se ZIP uzávěrem, šířkou odpovídající odběrné lopatce), přičemž na každý vzorek (jeho obal) jsou umístěny jednoznačné identifikační znaky. Označení je provedeno nalepením samolepící folie (s identifikačními znaky), nebo alternativně záznamem permanentním popisovačem („lihovým fixem“). Stěna obalu musí být se zvýšenou pevností (tloušťkou min. 100 mikrometrů), aby nedocházelo k poškození obalu vlivem ostrých hran částic vzorkovaného materiálu (jak při ukládání tak při následném transportu).

Po naplnění plastového obalu lze doporučit vytlačení přebytečného vzduchu a teprve následné uzavření zip uzávěru.

Při uzavírání je nutné věnovat maximální pozornost čistotě zip uzávěru, neboť při vkládání materiálu do obalu se snadno zanesou drobnými částicemi tohoto materiálu a při uzavírání pak nedojde k dokonalému spojení částí zip závěru a uzavření obsahu.

5.4.9. Transport vzorků

Pro transport vzorků nejsou kladeny žádné zvláštní požadavky, vyjma podmínky dodání v neporušených obalech. Vzhledem k tomu, že se jedná o biologický materiál, je minimálně vhodné dodání vzorků k laboratorním rozběrům bez zbytečného prodloužení (pro eliminaci vzniku plísní).

6. Laboratorní zpracování

Vzorky materiálu dodané k laboratornímu šetření budou zváženy, hmotnost každého vzorku bude společně s označením vzorku zaznamenána a následně pak budou vzorky vysušeny. Po vysušení vzorků bude zaznamenána hmotnost sušiny.

6.1. Použité vybavení

Laboratorní váhy

Pro laboratorní analýzu vzorků jsou použity tenzometrické váhy, které jsou nejmodernějším druhem vah. Jsou založeny podobně jako váhy pružinové na deformaci způsobené tíhou váženého objektu. V tomto případě se však deformace měří elektronickou cestou, většinou na základě piezoelektrického jevu. Tyto váhy mají značnou přesnost a podle konstrukce, která může zahrnovat i mechanické převody, snižující velikost deformační síly, mohou mít i velký měřicí rozsah („váživost“) od mikrogramů po desítky tun, takže se dají používat jak v laboratořích, tak pro vážení v kuchyni, v lékařské ordinaci (osobní váhy) i pro vážení vozidel (mostové váhy, přenosné silniční váhy). Nezanedbatelnou výhodou elektronických vah je okolnost, že mohou být propojeny s počítačem, který zajišťuje registraci a další zpracování naměřených hodnot. Příkladem takových vah může být typ KERN PBS 4200-2M (viz Obrázek 10), který má následující parametry:

| | |
|----------------------------|--------------|
| <i>Rozlišení d:</i> | 0,01 g |
| <i>Rozsah vážení Max:</i> | 4200 g |
| <i>Min. hmot. Jed. ks:</i> | 10 mg |
| <i>Vážicí miska:</i> | 170 x 180 mm |
| <i>Minimální zatížení:</i> | 0,5 g |
| <i>Reprodukovatelnost:</i> | 0,01 g |
| <i>Linearita:</i> | +/-0,02 g |



Obrázek 10: Tenzometrické váhy KERN PBS 4200

Sušárna Binder

Základní modely sušáren bez nucené cirkulace vzduchu v komoře. Mikroprocesorový regulátor umožňuje teplotu od + 5 °C nad teplotou okolí do +300 °C, má také integrovaný časovač pro vypínání v intervalu od 0 do 99.59 hodin, nebo trvalý provoz. Start ohřevu (i času) je manuální, programovat lze ovšem rychlost nárůstu teploty (např. 5 °C/minutu) a čas vypnutí. Komoře je z kvalitního antikorozičního materiálu, vzadu má odvětrávací trubici o průměru 50 mm.



Obrázek 11: Sušárna Binder

Nerezové misky

Kovové misky vyrobené z inertního materiálu - nerezavějící oceli o objemu 0,8 a 1,6 dm³ – typ například viz Obrázek 12.



Obrázek 12: Nerezové misky 0,8 a 1,6 litru.

6.2. Postup laboratorního šetření

Misky jsou nejprve označeny pořadovým číslem a zváženy. Hmotnosti jednotlivých misek jsou zaznamenány a poté před uložením vzorku je miska položena na váhu a měření hmotnosti je vynulováno (tara). Poté jsou vzorky štěpky uloženy (nasypany) do misek a je zvážena hmotnost nyní již pouze nasypaného vzorku (v čerstvém stavu). K pořadovému číslu misky je poté v tabulce výsledků přiřazeno označení vzorku.

Misky se vzorky jsou dále uloženy v laboratorní sušárně tak, aby byl optimálně využit prostor (jsou použity misky o objemech 1,8 a 0,9 l) a zároveň způsobem nezpomalujícím rovnoměrné vysychání vzorků, tj. tak, aby vzduch mohl volně proudit.

Sušení probíhá při teplotě 103°C, dokud již hmotnost vzorků dále neklesá. To je zjištěno pokusným vážením vzorku po 12 hodinách sušení, kdy je jedna miska se vzorky ze sušárny vyjmuta, zvážena a opět vrácena do sušárny. Vážení je pak periodicky zopakováno po dalších 3 hodinách, a pokud hmotnost vzorku poklesne o méně než 0,02 g, je vzorek považován za dokonale vysušený. Poté je provedeno vážení všech vzorků bezprostředně po vyjmutí ze sušárny a výsledky jsou zaznamenány. Od výsledné hmotnosti je pak odečtena hmotnost misky.

7. Zpracování dat

7.1. Vstupní údaje

- A. Základní lesnické údaje příslušné porostní skupině s určitým těžebním prvkem
 - a. Identifikace organizační jednotky
 - b. Údaje Lesního hospodářského plánu (LHP) - číselný kód lesního hospodářského celku
 - číselný kód porostní skupiny
 - číselný kód lesní oblasti
 - číselný kód hospodářského souboru
 - věk stromového inventáře porostní skupiny
 - zakmenění porostní skupiny
 - zastoupení dřeviny ve stromovém inventáři porostní skupiny
 - střední tloušťku stromového inventáře porostní skupiny
 - střední výšku stromového inventáře
 - relativní bonitu

- B. Pro jedinou (1) vybranou skupinu deseti (10) vytěžených stromů v určité porostní skupině (lokalita)
- Hodnotu vytěžené hmoty hroubí (H v m^3)
 - Hodnotu celkové hmotnosti zpracovaných těžebních zbytků (LTZ v t)
- C. Soubor dat z procesu sušení vzorků odebraných ze štěpky z volně loženého klestu (LTZ 2.2.)
- Hmotnost v g odebraného vzorku syrové štěpky z volně loženého klestu (LTZ 2.2.)
 - Hmotnost v g absolutně suché dendromasy v odebraném vzorku hmotnosti štěpky z volně loženého klestu (LTZ 2.2.).

Předložené podklady se považují za vstupní údaje zpracování zadané úlohy.

7.2. Charakteristika předkládaných souborů dat.

- Předkládané soubory dat jsou výběry z účelově sestavených souborů.
- Sledovaná porostní skupina s určitým těžebním prvkem je výběr z určitého souboru porostních skupin.
- Skupina deseti (10) vytěžených stromů v určité porostní skupině je výběr ze souboru stromový inventář těženy v určité porostní skupině.
- Hodnota hmoty hroubí (v m^3) deseti (10) vytěžených stromů je výběrová hodnota ze souboru hmoty hroubí souboru všech možných skupin deseti stromů (10) vybraných z těžebního stromového inventáře určité porostní skupiny.
- Hodnota celkové hmotnosti (v t) zpracovaných těžebních zbytků (LTZ) deseti (10) vytěžených stromů je výběrová hodnota ze souboru celkové hmotnosti zpracovaných těžebních zbytků souboru všech možných skupin deseti stromů (10) vybraných z těžebního stromového inventáře určité porostní skupiny.
- Soubor vzorků odebraných z objemu štěpky z volně loženého klestu je náhodný výběr ze souboru všech vzorků, které je možno z daného objemu štěpky odebrat.
- Soubor dat z procesu sušení vzorků odebraných ze štěpky z volně loženého klestu je náhodný výběr ze souboru dat z procesu sušení všech vzorků, které je možno z daného objemu štěpky odebrat. Výběr jediné skupiny deseti (10) vytěžených stromů není statistickým výběrem. Hodnoty veličin je nutné považovat za jedinou změřenou hodnotu platnou pro celou porostní skupinu.
- Soubor vzorků odebraných z objemu štěpky z volně loženého klestu má rozsah 20 resp. 10 vzorků. Lze použít statistické metody pro výběry s malým rozsahem (s malým výběrovým poměrem).

7.3. Deklarovaný výstup projektu

Deklarovaným výstupem jsou tabulky podílů absolutně suché hmoty zbytkové dendromasy pro jehličnaté a listnaté dřeviny (SM a BK) podle skupin zakmenění a skupin bonit v attru tunách na m^3 hroubí mýtního porostu.

Suchá štěpka

Zpracování souboru dat z procesu sušení vzorků odebraných ze štěpky z volně ložených LTZ.

Střední hodnota podílu hmotnosti absolutně suché dendromasy (sušina) v hmotnosti štěpky z volně loženého klestu (LTZ 2.2.), v základním souboru deseti (10) stromů.

7.4. Veličiny

K - hmotnost štěpky z volně loženého klestu (LTZ 2.2.).

S - hmotnost absolutně suché dendromasy v hmotnosti štěpky z volně loženého klestu (LTZ 2.2.).

Vstupy:

Soubory měřených dat z procesu sušení vzorků odebraných ze štěpky z volně loženého klestu (LTZ 2.2.) v základním souboru deseti (10) stromů.

K_i - výběrový soubor naměřených vah **k_i** v (g) i - tého odebraného vzorku syrové štěpky z volně loženého klestu (LTZ 2.2.).

S_i - výběrový soubor naměřených vah suché dendromasy **s_i** (g) v i - tém vzorku

KL_{LTZ} - základní soubor - hmotnost rozštěpkovaných lesních těžebních zbytků deseti (10) stromů.

Bodový poměrový odhad střední hodnoty podílu **S/K** základního souboru **KLTZ**.

Algoritmy bodového poměrového odhadu:

poměrový odhad střední hodnoty udává střední hodnotu podílu váhy absolutně suché dendromasy **S** ve váhové jednotce základního souboru **KLTZ**. Je dán vzorcem

$$R = \text{suma}(r_i \cdot k_i) / \text{suma}(k_i),$$

kde

$$r_i = s_i / k_i.$$

Tento odhad je obecně vychýlený; vychýlení je dáno vzorcem

$$(r \cdot S_k \cdot S_k - R_{sk} \cdot S_k \cdot S_s) / (N \cdot k_{pr}^2),$$

kde

S_s je směrodatná odchylka souboru veličiny **S**,

S_k je směrodatná odchylka souboru veličiny **K**,

S_{sk} je kovariance veličin **S**, **K**,

R_{sk} = **S_{sk}** / (**S_k** * **S_s**) je korelační koeficient veličin objem sušiny a zásoba klestu.

Intervalový odhad poměru S/K základního souboru KLTZ pro malý výběrový poměr.

Intervalový odhad střední hodnoty podílu základního souboru udává interval, ve kterém se při uvažované pravděpodobnosti může skutečná hodnota **R** pohybovat. Jde o možnou chybu odhadu. Je dán vzorcem

$$R \pm z_{1-\frac{\alpha}{2}} \cdot \frac{1}{\bar{k}} \cdot \sqrt{\frac{1}{N \cdot (N-1)} \cdot \sum_{i=1}^N (s_i - r_i)^2},$$

kde

$z_{1-\frac{\alpha}{2}}$ je kvantil normovaného normálního rozdělení, **N** je počet hodnot (vzorků), \bar{k} je aritmetický průměr souboru hodnot **k_i**.

Pokud je **N** malé, lze k získání potřebných informací o přesnosti určení poměru s úspěchem použít střední kvadratickou chybu výběrového poměru **r**.

Střední chyba výběrového poměru r

Je dána vzorcem

$$\delta(r) = \sqrt{\frac{1}{(\bar{k})^2} \cdot \frac{1}{N \cdot (N-1)} \cdot \sum_{i=1}^N (s_i - r \cdot k_i)^2}.$$

Příklad výpočtu poměrového odhadu střední hodnoty podílu **S** a celkové hodnoty **S** v základním souboru **KLTZ** deseti (10) stromů z deseti (10) změřených vzorků – viz. Tabulka 9.

Tabulka 9: Příklad výpočtu

| vzorek č. | k _i | s _i | r _i = s _i / k _i | k _i * r _i |
|-----------|----------------|----------------|--|---------------------------------|
| 10 | 270,0 | 117,4 | 0,43 | 117,4 |
| 1 | 221,9 | 116,5 | 0,52 | 116,5 |
| 2 | 294,3 | 126,4 | 0,43 | 126,4 |
| 3 | 342,0 | 146,5 | 0,43 | 146,5 |
| 4 | 230,3 | 109,6 | 0,48 | 109,6 |
| 5 | 230,4 | 101,6 | 0,44 | 101,6 |
| 6 | 254,1 | 129,4 | 0,51 | 129,4 |
| 7 | 207,7 | 91,6 | 0,44 | 91,6 |
| 8 | 222,7 | 102,3 | 0,46 | 102,3 |
| 9 | 183,1 | 91,3 | 0,50 | 91,3 |

Výpočet bodového poměrového odhad u **R** podílu hodnoty hmotnosti sušiny v jednotce hmotnosti štěpky z ležícího klestu z hodnot v tabulce **R = 0,461**, oprava = 0,000, pro

| | |
|---------------------------|--------|
| aritm.průměr ki | 245,65 |
| N | 10 |
| Ss | 16,68 |
| Sk | 43,90 |
| Ssk | 668,2 |
| Rsk | 0,913 |

Výpočet intervalového poměrového odhadu **R** podílu hodnoty hmotnosti sušiny v jednotce hmotnosti štěpky z ležícího klestu pro pravděpodobnost 0,95 z hodnot v tabulce **R = 0,461 ± 0,042**.

Výpočet odhadu střední chyby **σ (r)** výběrového poměru podílu hodnoty hmotnosti sušiny v jednotce hmotnosti štěpky z ležícího klestu z hodnot v tabulce **σ (r) = ± 0,021**.

Podíl hodnoty hmotnosti sušiny v jednotce hmotnosti štěpky z ležícího klestu z hodnot tabulky je **R = 0,461 ± 0,021**.

Celková hodnota hmotnosti absolutně suché dendromasy v hmotnosti štěpky z volně loženého klestu (LTZ 2.2.) v základním souboru deseti (10) stromů je dána vzorcem **S = KLTZ * R**.

Chyba hodnoty **S** je dána vzorcem

$$\delta S = \delta(KLTZ * R) = (\delta KLTZ * R + KLTZ * \delta R),$$

kde

δS je vypočtená chyba hmotnosti absolutně suché dendromasy v hmotnosti štěpky z volně loženého klestu (LTZ 2.2.).

δKLTZ je chyba zjištění hodnoty **KLTZ**, **δR** je chyba hodnoty poměrového odhadu.

Příklad výpočtu:

Pro naměřenou hodnotu **KLTZ=2,3 t** je odhad celkové hodnoty hmotnosti absolutně suché dendromasy deseti stromů **S = KLTZ * R = 2,3 * 0,461 = 1,06 t**.

Předpokládáme chybu určení **KLTZ 5%**, potom absolutní chyba **δKLTZ = 0,115 t**.

Chyba poměru **R = 0,021**.

Chyba vypočtené hodnoty suché dendromasy je

$$\delta S = 0,115 * 0,461 + 2,3 * 0,021 = 0,006 + 0,048 = 0,05 t.$$

Celková hodnota hmotnosti absolutně suché dendromasy leží v intervalu **S = 1,06 ± 0,05 t**.

Deklarovaný výstup projektu:

Tabulky podílů zbytkové dendromasy pro jehličnaté a listnaté dřeviny (SM a BK) podle zakmenění a skupin bonit v tunách na m³ hrubí mýtního porostu.

Úloha :

- a) Výpočet poměru hmoty zbytkové dendromasy v tunách na jeden m³ hrubí pro porostní skupinu.

- b) Výpočet poměru hmoty zbytkové dendromasy v tunách na m³ hroubí pro účelově sdružené porostní skupiny.

Veličiny:

R - podíl absolutně suché dendromasy v hmotnosti štěpky z volně loženého klestu (LTZ 2.2.)

S - hmotnost absolutně suché dendromasy v hmotnosti štěpky z volně loženého klestu (LTZ 2.2.).

H - hodnota vytěžené hmoty hroubí (v m³) zařazené do standardních sortimentů surového dříví, které jsou předmětem prodeje.

LTZ - hodnota celkové hmotnosti (v t) zpracovaných těžebních zbytků (**LTZ**),

Vstupy:

Si - hmotnost absolutně suché dendromasy v i - té porostní skupině.

Hi - hodnota vytěžené hmoty hroubí (m³) v i - té porostní skupině.

LTZi - hodnota celkové hmotnosti (t), zpracovaných těžebních zbytků, vyvezených k odvozní cestě v i – té porostní skupině.

Algoritmy výpočtu:

Pshi = S_i / H_i , hmotnost absolutně suché dendromasy v tunách na jeden m³ vytěženého hroubí v i - té porostní skupině.

Pkhi = LTZ_i / H_i , hmotnost LTZ v tunách na jeden průměrný m³ vytěženého hroubí v i - té porostní skupině, při relativní vlhkosti **Vri** = $(K - S) / K = 1 - S/K$ v i - té porostní skupině.

Psh = $S / H = \sum S_i / \sum H_i$, průměrná hmotnost absolutně suché dendromasy v tunách na jeden m³ vytěženého hroubí v účelově sdružených porostních skupinách.

Pkh = $LTZ / H = \sum LTZ_i / \sum H_i$, průměrná hmotnost **LTZ** v tunách na jeden m³ vytěženého hroubí v účelově sdružených porostních skupinách, při technické relativní vlhkosti **Vr** = $(K - S) / K = 1 - S/K$.

Vr je konstantní hodnota vlhkosti, která odpovídá technickým podmínkám projektu a sjednocuje informace při jejich zobecňování. **Určuje ji řešitel.**

Příklad výpočtu hmoty absolutně suché zbytkové dendromasy v tunách na m³ hroubí a poměru hmoty zbytkové dendromasy v tunách na m³ hroubí pro jednotlivé porostní skupiny je uveden v Tabulce 10.

Tabulka 9: Výpočet absolutně suché hmoty LTZ

| PČ | LTZ (t) | Hroubí (m ³) | R podíl sušiny | Hmotnost sušiny (t) | Poměr sušiny k hroubí (t/m ³) | Poměr LTZ k hroubí (t/m ³) | V relativní vlhkost | váha vody (t) |
|----|---------|--------------------------|----------------|---------------------|---|--|---------------------|---------------|
| 1 | 2,400 | 20,72 | 0,548 | 1,314 | 0,063 | 0,116 | 0,452 | 1,086 |
| 2 | 2,110 | 14,25 | 0,535 | 1,129 | 0,079 | 0,148 | 0,465 | 0,981 |
| 3 | 5,600 | 23,78 | 0,585 | 3,275 | 0,138 | 0,235 | 0,415 | 2,325 |
| 4 | 8,700 | 30,69 | 0,547 | 4,762 | 0,155 | 0,283 | 0,453 | 3,938 |
| 5 | 4,510 | 21,66 | 0,542 | 2,446 | 0,113 | 0,208 | 0,458 | 2,064 |
| 6 | 5,940 | 23,91 | 0,458 | 2,722 | 0,114 | 0,248 | 0,542 | 3,218 |
| 7 | 5,080 | 26,51 | 0,542 | 2,753 | 0,104 | 0,192 | 0,458 | 2,327 |
| 8 | 6,650 | 30,8 | 0,464 | 3,086 | 0,100 | 0,216 | 0,536 | 3,564 |
| 9 | 2,890 | 25,58 | 0,588 | 1,698 | 0,066 | 0,113 | 0,412 | 1,192 |
| 10 | 5,600 | 33,11 | 0,550 | 3,078 | 0,093 | 0,169 | 0,450 | 2,522 |

Příklad výpočtu průměrné hmotnosti absolutně suché dendromasy v tunách na jeden m³ vytěženého hroubí a průměrné hmotnosti LTZ v tunách na jeden m³ vytěženého hroubí při hodnotě technické vlhkosti v účelově sdružených porostních skupinách. Hmotnost LTZ v tunách při technické vlhkosti **Vr** je dána vzorcem **LTZ = S / (1 - Vr)**.

Tabulka 10: Upravená tabulka výpočtu absolutně suché hmoty LTZ

| PČ | LTZ (t) | Hroubí (m ³) | Hmotnost sušiny (kg) | poměr sušiny k hroubí (t/m ³) | poměr LTZ k hroubí (t/m ³) | V relativní vlhkost | váha vody (t) |
|-------------|---------------|--------------------------|----------------------|---|--|---------------------|---------------|
| 1 | 2,389 | 20,72 | 1,314 | 0,063 | 0,115 | 0,450 | 1,075 |
| 2 | 2,053 | 14,25 | 1,129 | 0,079 | 0,144 | 0,450 | 0,924 |
| 3 | 5,955 | 23,78 | 3,275 | 0,138 | 0,250 | 0,450 | 2,680 |
| 4 | 8,658 | 30,69 | 4,762 | 0,155 | 0,282 | 0,450 | 3,896 |
| 5 | 4,446 | 21,66 | 2,446 | 0,113 | 0,205 | 0,450 | 2,001 |
| 6 | 4,950 | 23,91 | 2,722 | 0,114 | 0,207 | 0,450 | 2,227 |
| 7 | 5,006 | 26,51 | 2,753 | 0,104 | 0,189 | 0,450 | 2,253 |
| 8 | 5,611 | 30,8 | 3,086 | 0,100 | 0,182 | 0,450 | 2,525 |
| 9 | 3,087 | 25,58 | 1,698 | 0,066 | 0,121 | 0,450 | 1,389 |
| 10 | 5,595 | 33,11 | 3,078 | 0,093 | 0,169 | 0,450 | 2,518 |
| Suma | 47,751 | 251,010 | 26,263 | | | | 21,488 |

$$Psh = S / H = \sum S_i / \sum H_i = 26,263 / 251,010 = 0,105 \text{ t/m}^3.$$

V souboru účelově sdružených porostních skupin je průměrná hmotnost suché štěpky 0,105 tuny na m³ vytěženého hroubí.

$Pkh = LTZ / H = \sum LTZ_i / \sum H_i = 0,190 \text{ t/m}^3$. V souboru účelově sdružených porostních skupin je při relativní vlhkosti Vr = 0,450 LTZ průměrná hmotnost LTZ 0,190 tuny na m³ vytěženého hroubí.

8. Srovnání novosti postupů

Návrh metodiky je zpracován s ohledem na převažující způsob zpracování lesních těžebních zbytků, přičemž v maximální míře přejímá nejběžnější praxi, která se v této oblasti masivně vyvíjí zhruba od roku 2000. Za zásadní rozdíl oproti ostatním pracím lze v této metodice spatřovat skutečnost, že převzetím standardních mechanismů zpracování těžebních zbytků pracuje při aplikaci pouze s takovou hmotou, která je ekonomicky a technicky dosažitelná – tedy je to právě ta část potenciálu (zpravidla nehroubí nadzemní části stromu), která je pro zpracování na energetickou štěpku skutečně k dispozici (aktuálně je technologicky převládající zpracování těžebních zbytků a výroba energetické štěpky na lokalitě „OM“ s mechanizovaným sběrem a vyvážením LTZ). K této části pak rovněž je nutné připočítat jistou část hroubí, která je tzv. ekonomicky nebo technicky nevyužitelná pro výrobu standardních sortimentů surového dříví, což představuje další rozdíl oproti jiným pracím – v případě listnatých dřevin se může jednat o poměrně významný objem.

Tato metodika tedy zčásti přejímá a popisuje pracovní postupy, které se v rámci lesního hospodářství definovaly okamžikem, kdy se těžební zbytky – LTZ - staly komoditou uplatnitelnou na trhu.

Využití výsledků získaných postupy v metodice popsány a jejich implementací v softwarovém nástroji umožňují odvozování množství využitelných LTZ na úroveň porostní skupiny nebo těžebního pracoviště, včetně lokalizace této hmoty v prostoru.

9. Popis uplatnění certifikované metodiky

Předpoklad užití metodiky je v rámci provozní potřeby rozšíření datové báze pro odvození alometrických rovnic pro další výběrové parametry. Toto v praxi znamená například možnost zpracování těchto rovnic pro vybraná území (lokální modely), nebo rovněž zpracování podle dalších parametrů – nabízí se například rozšíření o borovici lesní (nahrazení skupiny dřevin jehličnaté na smrk – stávající data a borovici – nově získaná data).

V neposlední řadě lze tuto metodiku začlenit do rámce standardního výkonu výrobních činností a výsledky následně využít k rozšíření báze vstupních dat. Takto lze v určitém časovém horizontu následně získat zdrojová data pro konstrukci alometrických rovnic, které mohou lépe odpovídat podmínkám v lesních porostech.

10. Ekonomické aspekty

Ekonomické aspekty využití metodiky nejsou přímo vyčíslitelné. Sama metodika přispěje ke zpřesnění informací o disponibilních zdrojích, čímž podpoří obchod s energetickou dřevní štěpkou a umožní preciznější plánování výroby především ze strany producentů této komodity.

Nicméně hlavní ekonomický efekt vyplývá z užití výsledků výzkumného projektu, v rámci kterého je ke každé porostní skupině odpovídajících parametrů možné prezentovat hodnoty technicky a ekonomicky získatelné suroviny (těžebních zbytků), včetně jejich prostorové lokalizace, a funkcí metodiky je v tomto případě být nástrojem pro odvozování podílů absolutně suché hmoty pro další parametry (dřeviny, absolutní bonity apod). Další oblastí, ve které budou výsledky projektu využity jsou informace týkající se prodeje dříví v aukcích jak ze strany LČR, s.p. tak rovněž VLS, s.p. – informace o množství dostupné suroviny pro výrobu energetické štěrky budou součástí katalogového listu – zadání aukce (souboru základních informací o nabízené porostní skupině nebo její části).

Pro orientaci lze vycházet z následující úvahy:

Na LZ LČR Kladská byl za rok 2015 realizován výnos z prodeje těžebních zbytků okolo 1 300 tis. Kč, porostní plocha lesního závodu činí 14 268 ha, průměrná prodejní cena těžebních zbytků 20 Kč/m³ (m³ = objem hrubí původního porostu).

Přínos z obchodu s těžebními zbytky na tomto LZ sestává z výnosu z prodeje + úspora nákladů likvidace klestu (bez pálení – smluvní cena výkonu 75 Kč/m³ hrubí původního porostu).

| | |
|------------------|---|
| Výnos z prodeje: | 1 300 000 Kč : 14 268 ha = 91,11 Kč/ha |
| Úspora nákladů: | 91,11 Kč/ha : 20 Kč/m ³ = 4,55 m ³ /ha (objem v m ³ na 1 ha plochy lesa) |
| | 4,55 m ³ /ha * 75 Kč/m ³ * 14268 ha = 4 868 955 Kč |

| | |
|--|---|
| Celkový přínos z prodeje těžebních zbytků: | 1 300 000 + 4 868 955 = 6 168 955 Kč |
| Tj. na hektar porostní plochy: | 6 168 955 : 14 268 = 432,36 Kč/ha |

Přepočet na podmínky ČR – plocha porostní k 31.12.2015 – 2 604 629 ha

Celkový přínos pro lesní hospodářství ČR:

$$2 604 629 * 432,36 = 1 126 137 394,40 \text{ Kč}$$

Tato úvaha vychází z podmínek na jedné organizační jednotce podniku Lesy ČR a je třeba ji vnímat jako potenciálně možný cílový stav. Nicméně reálné hodnoty jsou nižší a to především z důvodu problémů v plánování práce, neboť standardem současnosti je zadávání zakázky formou „LTZ z těžby 20 000 m³ dříví“. Takto zadaný objem je velmi neurčitý a velmi komplikovaně kvantifikovatelný vzhledem k produkční kapacitě výrobních technologií, neboť skutečnost se od relace 1m³ hrubí = 1prms štěrky odchyluje až o +/-50%. Preciznějším plánováním a rovněž zadáváním zakázek ve vyšším pásmu přesnosti lze dle odhadu dosáhnout přínosu pro lesní hospodářství v relaci minimálně okolo 5 %, což hodnotově vyjádřeno představuje cca 50 mil. Kč.

11. Dedikace

Tato metodika je součástí výsledků projektu NAZV evidenční číslo OJ1520042 s názvem „Stanovování množství zbytkové dendromasy na konkrétní pracoviště – těžební prvek v porostní skupině“.

12. Seznam literatury

- [1] STN EN 14 778 (65 7404): Tuhé biopalivá – Odber vzoriek, Slovenský ústav technickej normalizácie, Bratislava, 2012
- [2] ČSN P CEN/TS 14 961 (83 8202): Tuhá biopaliva – Specifikace a třídy paliv, Český normalizační institut, Praha, 2005

- [3] Sampling and sample reduction of solid biofuels, Jan Burvall, Skellefteå Kraft AB, Sweden; Camilla Wiik, Antero Moilanen & Eija Alakangas, VTT, Finland; Martin Englisch, ofi – Austria, www.phydades.info
- [4] BioNorm II - Prenormative work on sampling and testing of solid biofuels for the development of quality management, BioNorm, Synthesis report editor: Martin Kaltschmitt (2004)
- [5] Final Report - BIONORM (Pre-normative work on sampling and testing of solid biofuels for the development of quality management), CORDIS – Community Research and Development Information Service, http://cordis.europa.eu/publication/rcn/13322_en.html
- [6] Ministerstvo životního prostředí (2009): Projekt „Analýza a výsledná kvantifikace využitelné lesní biomasy s důrazem na těžební zbytky pro energetické účely, při zohlednění rizik vyplývajících z dopadu na půdu, koloběh živin a biologickou rozmanitost“, č.j. 30692/ENV/2009; 2007/610/2009. 48s
- [7] Simon, Kadavý, Macků (1998): Hospodářská úprava lesů. MZLU Brno.
- [8] Ministerstvo průmyslu a obchodu (2014): Státní energetická koncepce České republiky. Praha – prosinec 2014. 144 s
- [9] Ministerstvo životního prostředí (2010): Projekt „Analýza energetické bilance, efektivity a logistiky zpracování lesních těžebních zbytků pro energetické využití“, č.j. 44892/ENV/10;705/640/10. 77s

13. Seznam publikací

ČIHÁK, T. – VEJPUŠTKOVÁ, M. – ŠRÁMEK, V. - MARUŠÁK, R. *Vyhodnocení alometrických funkcí pro stanovení nadzemní biomasy smrku ztepilého (Picea Abies /L./Karst.) z oblasti Orlických hor.*, Zprávy lesnického výzkumu, 57, 2012, 257 – 265

ŠAFAŘÍK, D. – HLAVÁČOVÁ, P. *Vývoj a perspektivy trhu lesní energetické štěpky v České republice.*, Zprávy lesnického výzkumu, 58, 2013 (1): 1-9

KOTAS, M – VLKANOVÁ, D. *Využití technologií zpracování klestu ve vazbě na antropogenně narušené podmínky prostředí v oblasti Podkrkonoší.* Proceedings of Central European Silviculture – 12th International Conference, 2011, 253-262.

CHYTRÝ, M. *Potenciál lesní dendromasy pro energetické využití a energetická koncepce České republiky*, Zprávy lesnického výzkumu, svazek 52, special 2007: 21 - 25

FERKL, J. *Posouzení využitelnosti těžebních zbytků pro energetické účely na území Ústeckého kraje*, 2012, http://www.kr-ustecky.cz/assets/File.ashx?id_org=450018&id_dokumenty=1667790

KOTAS, M. *Energetický audit technologie výroby lesní štěpky.*, Zprávy lesnického výzkumu, 56, 2011 (4): 329 - 336

MÁŠA, V. - PAVLAS, M. - HÁJEK, J. and SKOUPÝ, A. *Effective and environmental friendly energy utilization of forest biomass.* In: *IUFRO - All Division 5 Conference - Forest Products and Environment: a Productive Symbiosis.* Taipei, Taiwan: IUFRO, 2007, p. 160.

SIMON, J. - SKOUPÝ, A. - KLVAČ, R. - KULHAVÝ, J. *Posibilities of using dendromas for energy in the Czech republic.* In *IUFRO - All Division 5 Conference - Forest Products and Environment: a Productive Symbiosis.* Taipei, Taiwan: IUFRO, 2007, s. 280-289.

NERUDA, J. - ULRICH, R. - VAVŘÍČEK, D. - NEVRKLA, P. - FILO, P. - KADLEC, J. - POHOŘALÝ, J. - ŠEDIVÝ, V. - SKOUPÝ, A. - KLVAČ, R. *Analýza parametrů a souvisejících faktorů provozu výrobních technologií.* In: *Les a dřevo: podpora funkčně integrovaného lesního hospodářství a využívání dřeva jako obnovitelné suroviny: významné výsledky institucionálního výzkumu Lesnické a dřevařské fakulty Mendelovy univerzity v Brně v období 2005-2011.* 1. vyd. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2012. s. 262-268. ISBN 978-80-7375-608-6.

KLVAČ, R. - LIŠKA, S. - SKOUPÝ, A. *Energetický audit lesních technologií I.* In: *Les a dřevo: podpora funkčně integrovaného lesního hospodářství a využívání dřeva jako obnovitelné suroviny: významné výsledky institucionálního výzkumu Lesnické a dřevařské fakulty Mendelovy univerzity v Brně v období 2005-2011.* 1. vyd. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2012. s. 165-167. ISBN 978-80-7375-608-6.

KLVAČ, R. - LIŠKA, S. - SKOUPÝ, A. - NIKL, M. *Energetický audit lesních technologií II*. In: *Les a dřevo: podpora funkčně integrovaného lesního hospodářství a využívání dřeva jako obnovitelné suroviny: významné výsledky institucionálního výzkumu Lesnické a dřevařské fakulty Mendelovy univerzity v Brně v období 2005-2011*. 1. vyd. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2012. s. 482-485. ISBN 978-80-7375-608-6.