

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra lesnických technologií a staveb



**Stanovení obsahu vody ve zbytkové dendromase smrku ztepilého
(*Picea abies* (L.), Karst.) ve vybraných porostech v České
republice**

Bakalářská práce

Autor: Ondřej Dymeš

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Václav Štícha, Ph.D.

2017

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Ondřej Dymeš

Hospodářská a správní služba v lesním hospodářství

Název práce

Stanovení obsahu vody ve zbytkové dendromase smrku ztepilého (*Picea abies* (L.), Karst.) ve vybraných porostech v České republice

Název anglicky

Determination of water content in the residual dendromass of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) in selected stands in the Czech Republic

Cíle práce

Stanovit obsah vody ve zbytkové dendromase smrku ztepilého. Zhodnotit vliv vybraných stanovištních faktorů na obsah vody ve dřevě.

Metodika

Zpracování rešeršní části na základě studia odborné literatury. Stanovení obsahu vody pomocí vážení čerstvých a vysušených vzorků. Zpracování dat, zhodnocení výsledků, stanovení míry vlivu vybraných stanovištních faktorů na obsah vody ve dřevě.

Doporučený rozsah práce

30 – 40 stran

Klíčová slova

obsah vody, zbytková dendromasa, smrk ztepilý

Doporučené zdroje informací

ALEXANDR, P., ROČEK, I. Technika a technologie výroby lesních štěpek. Praha: Vysoká škola zemědělská, 1991. 132 s.

CHYTRÝ, M. The potential of forest dendromass suitable for energy utilization and energy policy in the Czech Republic. Zprávy Lesnického Výzkumu, 2007, vol. 52, no. Special Issue, pp. 21-25.

Sdružení pro biomasu [online]. c2015, [cit. 2015-01-20]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz>>.

Web of knowledge [online]. c2015, [cit. 2015-02-20]. Dostupné z WWW: <<http://apps.isiknowledge.com>>.



Předběžný termín obhajoby

2016/17 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Václav Štícha, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra lesní těžby

Elektronicky schváleno dne 23. 3. 2015

doc. Ing. Alois Skoupý, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 30. 10. 2015

prof. Ing. Marek Turčáni, PhD.

Děkan

V Praze dne 17. 04. 2017

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Stanovení obsahu vody ve zbytkové dendromase smrku ztepilého (*Picea abies (L.), Karst.*) ve vybraných porostech v České republice zpracoval samostatně pod vedením Ing. Václava Štíchy, Ph.D. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Praze dne 20. dubna 2017

Ondřej Dymeš

.....

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval za cenné rady, odborné vedení a konzultace vedoucímu své bakalářské práce, Ing. Václavu Štíhovi, Ph.D. .

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá obsahem vody a relativní vlhkostí v dendromase. V teoretické části vysvětluje odborné termíny vztahující se k biomase, dendromase a obsahu vody v dendromase. V praktické části se zaměřuje na stanovení obsahu vody v dendromase a popisuje průběh a výsledky měření relativní vlhkosti dendromasy.

Klíčová slova

dendromasa, štěpka, sušení dendromasy, voda, relativní vlhkost, smrk ztepilý (*Picea abies* (L.), Karst.)

Abstract

This bachelor thesis deals with the content of water and relative humidity in dendromass. Theoretical part explains various specific terms concerning biomass, dendromass and humidity of dendromass, especially wood chips. Practical part focuses on assessment of water content in dendromass, and describes the progress and results of relative dendromass humidity measurements.

Key words:

dendromass, woodchips, dendromass drying, water, Norway spruce (*Picea abies* (L.), Karst.), dendromass humidity

Obsah

1	ÚVOD.....	7
2	CÍL PRÁCE.....	9
3	TEORETICKÝ ROZBOR PROBLEMATIKY	9
3.1	Biomasa.....	9
3.2	Spalování biomasy	10
3.3	Lesní biomasa a její charakteristiky	11
3.4	Obsah vody v dendromase	15
3.5	Charakteristika smrku ztepilého (Picea abies (L.), Karst.)	17
4	METODIKA.....	18
4.1	Úvod	18
4.2	Stručná charakteristika projektu.....	19
4.3	Výzkumná plocha	19
4.4	Metodika odběru vzorků.....	21
4.5	Metodika značení vzorků	22
4.6	Metodika uložení a transportu vzorků	23
4.7	Metodika měření	23
5	VÝSLEDKY	25
6	DISKUZE	28
7	Závěr	30
8	LITERATURA.....	31

SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ

Obrázek č.1: Rozdělení vyprodukované dendromasy	12
Obrázek č. 2: obr. č. 2 Polesí Kubova Hut ² - lokalita Idina Pila	21
Obrázek č.3: Porostní mapa s lokalitou 217D11/2b	21
Obrázek č. 4: Měrná miska 500 ml	22
Obrázek č. 5: Laboratorní sušárna Binder SMV09617657	24
Obrázek č. 6: Laboratorní váhy Sartorius BP 3100	24
Tabulka č.1: Efektivní výhřevnost lesní štěpky v MJ na m ³	16
Tabulka č.2: Váhy misek bez vzorků	26
Tabulka č. 3: Výsledky absolutní a relativní vlhkosti štěpky	27
Graf č.1: Polesí a střediska: seznam LHC s % zastoupením na území OJ.....	20
Graf č.2 : Podíl dřevinné skladby (<i>stav k stav k 1.1.2005</i>)	20

1 ÚVOD

V současnosti se obnovitelné zdroje energie staly nezbytnou součástí struktury nejen energetické sítě, ale také zdrojem příjmu ekonomicky aktivních společností na poli obnovitelných zdrojů a domácností využívajících možnosti alternativních vytápění.

Podle údajů Statistického úřadu zveřejněných v časopise Statistika&My uvádí, že od roku 1995 spotřeba energie z obnovitelných zdrojů v českých domácnostech roste; v roce 2004 poprvé převýšila spotřebu energie z tuhých paliv. Jednou z nejvyužívanějších alternativ v rámci ČR je spalování biomasy, která je lépe dostupná díky produkci v rámci lesnictví či zemědělství. (Redek, 2017) Dle plánu energetické účinnosti EU se předpokládá do roku 2020 až 20 % energie získávat z obnovitelných zdrojů. V podmínkách ČR má největší potenciál právě biomasa, tedy především dřevo. (Řezáč, 2008)

Tato práce se zabývá měřením obsahu vody v dendromase dřevin a stanovením její vlhkosti před sušením. Především se zaměřuje na stanovení relativní vlhkosti smrku ztepilého (*Picea Abies klast.*) ve formě štěpky z Lesního závodu Boubín. Vlhkost štěpky má velký vliv na výhřevnost a další efektivní spalování štěpky, které je důležité pro každého majitele spalovacího zařízení a má následný pozitivní ekonomický výsledek pro udržitelnost daného zařízení.

Dendromasa se stala významnou komoditou 21.století nejen v České republice, ale i na Slovensku či v ostatních evropských zemích. V některých zemích, obzvláště z oblasti Skandinávie, je tento trend již dlouhodobý či po desítky let. Nedílnou součástí problematiky spalování štěpky je ekonomická stránka výroby tepla. Ve srovnání s jinými palivy je u štěpky nutné znát nejen cenu (výkupní či naopak prodejní), ale také výrobní technologie štěpky a efektivnost spalovacího procesu dřeva. Obsah vody ve štěpce může výrazně ovlivnit celý proces spalování z hlediska výhřevnosti, doby hoření či ve finálním počítání výhodnosti pro majitele spalovacích jednotek

Jelikož štěpka čerstvě vyrobená není vhodná pro okamžitý spalovací proces, musí se řešit následné sušení štěpkového materiálu. V moderní době 21.století se snaží

výzkumné týmy o zefektivnění také procesu sušení. Zatímco Simanov (1993) doporučuje sušení štěpky na vzduchu, v současnosti se využívají velkokapacitní sušičky štěpky různých kapacit, délky sušení, energetické náročnosti či pořizovací ceny. Vlhkost štěpky je také významně ovlivněna skladováním a transportem. Je tedy mnoho parametrů ovlivňujících vlhkost, resp. výhřevnost štěpky a tudíž její efektivnost při spalování.

Výzkumná část této práce má spíše charakter informativní případové studie a její výsledky by měly být v budoucnu zapracovány do širšího komplexního projektu. Data zjištěná v rámci výzkumu, resp. měření, vznikla díky projektu spolupráce mezi společnostmi Foresta SG, a.s. a Českou zemědělskou univerzitou. V praktické části byly po vysušení různé vzorky štěpky dále měřeny a opět vysušeny až do konečné hodnoty vlhkosti.

2 CÍL PRÁCE

Cílem této bakalářské práce je analyzovat obsah vody v dendromase smrku ztepilého *Picea abies* (L.), Karst. ve formě štěpky.

3 TEORETICKÝ ROZBOR PROBLEMATIKY

3.1 Biomasa

Česká republika je součástí Evropské unie a tudíž se zavázala využívat obnovitelné zdroje energie (dále jako OZE) v rámci tzv. koordinované energetiky a tyto také finančně podporovat. OZE se mohou jednoduše definovat jako nefosilní zdroje energie, jimiž jsou větrná energie, sluneční energie, energie okolního prostředí, zejména geotermální energie vody a energie biomasy. Pro účely zákona č. 165/2012 Sb. se dendromasa popisuje jako „biologicky rozložitelnou část produktů, odpadů a zbytků biologického původu z provozování zemědělských a lesních hospodářských činností, a souvisejících průmyslových odvětvích, dále také jako zemědělské produkty pěstované pro energetické účely a biologicky rozložitelná část průmyslového a komunálního odpadu.“ (Sbírka zákona, 2012)

Čl. 2 písmena e) směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/28/ES ze dne 23. dubna 2009 o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů a o změně a následném zrušení směrnic 2001/77/ES a 2003/30/ES definuje biomasu pro účely stanovení podpory jako „biologicky rozložitelná část produktů, odpadů a zbytků biologického původu ze zemědělství (včetně rostlinných a živočišných látek), z lesnictví a souvisejících odvětví včetně rybolovu a akvakultury, jakož i biologicky rozložitelná část průmyslových a komunálních odpadů.“ Na rozdíl od české verze zákona týkajícího se biomas, definice Evropského parlamentu nezmiňuje účelné pěstování pro účely energetického průmyslu, ale na druhou stranu specifikuje pododvětví zemědělství jako je rybolov. (zákon Evropského parlamentu, 2009)

Biomasa je spojována s pěstováním rostlin v půdě nebo ve vodě, chovem živočichů, dále také s využitím odpadů ze zemědělské, potravinářské či lesní výroby a produkcí organických odpadů. Pastorek toto shrnuje biomasu pod substancí biologického původu, která za příznivých podmínek podléhá biodegradabilnímu rozpadu (Pastorek a kol., 2004).

Celjak (2008) zobecňuje definici biomasy jako hmotu organického původu, což těmito slovy zahrnuje veškerou živou přírodu. V souvislosti s využíváním energetické biomasy se rozumí rostlinnou biomasou především dřevo a různorodý dřevní odpad, resp. jiné energetické rostliny vhodné pro spalování v různých topeništích, jako jsou zemědělské produkty a jejich zbytky nebo cíleně pěstované energetické rostliny. Energetické využívání biomasy = pro ohřev vzduchu k vytvoření tepelné pohody člověka, pro ohřev teplé užitkové vody, využití pro výrobu jiných druhů energie – přeměny energií, například jako palivo pro pohon motorů mobilních energetických prostředků či pro pohon domácích elektrických spotřebičů.

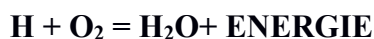
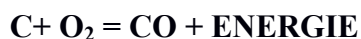
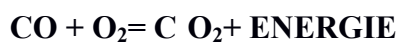
Maker (2004) popisuje biomasu jako jakýkoliv biologický materiál, který může být spálen na energii a mezi biomasu počítá štěpku, piliny, kůru stromů, další odpad dřevařských závodů, hobliny či jiný odpadní materiál při dřevařské výrobě. Mezi ostatní biomasu, kterou lze spálit, uvádí někteří autoři také slámu, kukuřičný klas, ořechovou skořepinu, zbytky semen, šišky atd.

Ministerstvo zemědělství ČR (2013) popisuje biomasu jako veškerou hmotu organického původu, která má širokou škálu vlastností. Dále rozděluje biomasu na dendromasu (dřevní biomasu), fytomasu (rostlinnou biomasu) a biomasu živočišného původu. Ovšem neopomíná také biologicky rozložitelné odpady jako cenný zdroj biomasy, a to čisté nebo vytríděné z ostatních složek (například zemědělská kejda nebo vytríděný biologicky rozložitelný průmyslový a komunální odpad).

3.2 Spalování biomasy

Nejčastější technologií zpracování biomasy je přímé spalování, a to především

dřeva, dřevěných briket, pelet a štěpek. (Noskievič, 1996) Biopalivy druhé generace se rozumí z biomasy vyrobený plyn, alkohol a pyrolýzní olej. (Simanov, 2008) Základní chemické reakce, které vedou k produkci tepelné energie jsou totožné pro většinu běžných paliv. Uhlík nebo/a vodík jsou rychle zoxidovány, při čemž uvolňují energii. Chemické rovnice pro tyto reakce jsou:



Skupenství paliva může být pevné, kapalné i plynné, což vede k uvolňování energie. Při spalování biomasy (štěpky, apod.) je tato energie využita k produkci tepla. Efektivní využití spalování dřeva ovlivňuje několik faktorů. Maker uvádí jako signifikantní tři charakteristiky (Maker, 2004):

1. analýza paliva - množství uhlíku, vodíku, popela a dalších chemických částic přítomných v palivu
2. energetická hodnota paliva – kolik energie dokáže uvolnit palivo při spálení
3. množství vlhkosti v palivu

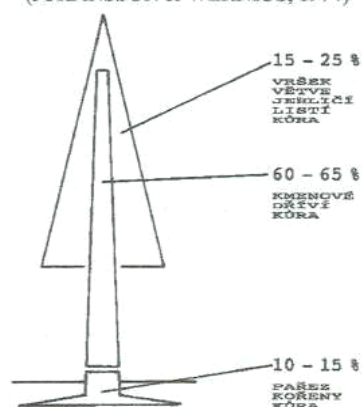
Na druhou stranu je důležité neopomenout také ostatní parametry podstatné pro využití dendromasy jako paliva a to z hlediska obchodovatelnosti s palivem či technické parametry spalovacích zařízení.

3.3 Lesní biomasa a její charakteristiky

Dendromasa byla od nepaměti vyžívána jako zdroj energie vzhledem k její výhřevnosti. Z dendromasy se vyrábělo dřevěné uhlí a dřevoplyn. Celosvětově je v současnosti využíváno méně než 50 procent předpokládané produkce dendromasy, v České republice je to asi 60 procent. Dendromasa také vzniká po lesní těžbě a procesech spojených s údržbou krajiny jako zbytkový produkt. Příkladem může být kůra, piliny, klest, těžební zbytky, klest, pařezy, kořeny, dřevařská štěpka hnědá, bílá a lesní. Podíl vyprodukované dendromasy, která je

využitelná pro potřeby výroby štěpky uvádí obrázek č. 1. Obrázek ukazuje podíl kmenového dříví s kůrou, které se vytěží při lesní těžbě. Předpokládá se, že toto kmenové dříví zůstává dále ke zpracování a zbytek dendromasy může být použit na výrobu štěpky.

ROZDĚLENÍ VYPRODUKOVANÉ DENDROMASY
(JOHANSSON & WERNIUS, 1974)



obr. č.1 – Rozdělení vyprodukované dendromasy

zdroj – Simanov (2011) , Pěstování dřevin pro energetické využití a energetické využití

Kůra

Pilařská kulatina je před pořezem zbavena kůry. Kůra může být dále využívána v energetickém průmyslu, případně v zahradnictví.

Piliny

Piliny vznikají při různých procesech výroby v dřevozpracujícím průmyslu. Jejich rozměry bývají od prachových částic po milimetrové rozměry. Z pilin mohou být vyráběny různé produkty jako například brikety, pelety, lisované dřevěné výrobky.

Klest, těžební zbytky

Nehroubí zahrnuje všechny části stromu do tloušťky 7 cm, stromovou zeleň, celé stromky z prořezávek a z prvních probírek, kořenové náběhy, části kmenů, které nelze zařadit do sortimentu, nahnilé části kmene, nádory, části kmenů s nadměrnou křivostí. V lesním provozu se tato hmota shrnuje na hromady pomocí shrnovače klestu a je poté zpracována podle požadavků odběratelů. Objem této dendromasy

se pohybuje od 15 do 25 procent z celkového objemu stromu.

Pařezy, kořeny

Pařezy a kořeny představují 10 – 15 procent objemu dendromasy stromu. Vlastní klučení pařezů a kořenů se provádí například při investiční výstavbě komunikací, vodních děl, technické infrastruktury, při výstavbě nových sídel. Vzhledem k silnému znečištění zeminou je tato dendromasa zpravidla drcena.

Dřevařská štěpka hnědá

Je vyrobena štěpkováním směsi dřevní hmoty a kůry, vzniká v dřevozpracujícím průmyslu při zpracovávání okrajového řeziva ve tloušťkách 18-24 mm. Je využívána v provozech, které nemají vlastní odkoňovací zařízení.

Dřevařská štěpka bílá

Je vyrobena štěpkováním odzrněných odřezků dříví a dále zpracovávána v celulózo-papírenském průmyslu.

Lesní štěpka

Lesní štěpka je vyrobena z těžebních zbytků s příměsí jehličí a kůry.

Dendromasa je tvořena třemi základními složkami: celulózou, hemicelulózami a ligninem.

Celulóza

je nejvýznamnější složkou biomasy, tvoří asi 50 procent veškeré dřevní hmoty a je přítomna ve všech druzích biomasy, jde o základní stavební materiál rostlinných buněk. Je to látka makromolekulární, vznikající z produktu listů glukózy. Vzájemným spojováním molekul vzniká makromolekula lineární stavby. Přesto, že se takto spojí až 3 tisíce molekul glukózy, je makromolekula celulózy co do velikosti stále ještě velmi malým útvarem, dlouhým asi tisícinu milimetru. Vlákénka celulózy se pak vzájemným stáčením shlukují do útvarů větších, hlavně delších, jež racionálně uložené vedle sebe tvoří stěnu buňky. Celulóza má zásluhou znásobené řetězovité struktury vláknitou podobu. To je příčinou, že celulóza, a tím i dřevo jsou ve směru vláken velmi pevné. Dostatečně také odolávají vodě a

chemikáliím. (Horáček, 1998)

Hemicelulóza

jde o řadu různých polysacharidů, které spolu s celulózou tvoří stěny buněk a umožňují rostlinám vytvářet mechanicky pevné struktury. Hemicelulózy jsou také makromolekulární látky, vznikají z různých cukrů a podobně jako celulóza jsou vláknité. Vlákna jsou však podstatně kratší, a proto má hemicelulóza i nižší pevnost. Hůře také odolává chemikáliím. Na rozdíl od celulózy se štěpí kromě kyselin i v zásadách na jednoduché cukry, glukózu, xylózu, galaktózu a další. Dřevo obsahuje 22 až 28% hemicelulóz (více jsou zastoupeny v dřevě listnáčů). Hemicelulózy ve dřevě obalují celulózu. (Požgaj, 1993)

Lignin

tvoří významnou složku dřeva stromů; jednou z jeho funkcí je mechanické zpevnění buněčných stěn a také tvoří součást kapilár, které v rostlině vedou vodu a živiny. Tvoří zhruba třetinu hmotnosti dřeva. Lignin na rozdíl od celulózy a hemicelulóz lze označit jako látku beztvárovou (amorfní). Ve dřevě je zastoupen asi 26 – 35 procenty. Lignin prochází celulózou a hemicelulózou, vyplňuje mezery. Chová se jako termoplast a plní ve dřevě funkci tmele látek vláknité struktury. Více ligninu obsahují listnaté stromy, proto jsou tyto dřeviny těžší, ale také jsou po ohřátí tvárnější, plastičtější. Například buk, který je na lignin zvláště bohatý, se především využívá k výrobě ohýbaného nábytku a všude tam, kde se vyžaduje zvýšená ohebnost dřeva. Lignin (na rozdíl od celulózy) odolává málo zásadám a toho lze využít právě při ohýbání a tvarování dřeva. Například tenké destičky dřeva ponořené do amoniakové vody je možné libovolně tvarovat; dřevo takto upravené si nově nabytý tvar ve značné míře zachová. Oleje plní v rostlinách zpravidla funkci „energetického akumulátoru“, a proto se často nachází v semenech (představují výživu – zdroj energie pro počáteční růst klíčící rostliny).

Pryskyřice je obsažena ve dřevě jehličnatých stromů a je tvořena převážně směsí uhlovodíků (terpeny). Škrob je zásobní látkou rostlin a je tedy obsažen převážně v semenech či hlízách. (Horáček, 1998)

3.4 Obsah vody v dendromase

Dřevo je schopno přijímat nebo odevzdávat vodu, má schopnost měnit svojí vlhkost podle podmínek svého okolí. Voda ve dřevě má vliv na vlastnosti dřeva, spíše je může zhoršovat. Větší obsah vody ve dřevě snižuje jeho odolnost vůči nemocem, napadením škůdci, možnosti zpracování a jeho využití. (Simanov, 2008) Čerstvě pokácený strom tvoří téměř z 50-60% voda. Druhou polovinu si rozdělí zplynovatelné látky, kde přibližně 85% patří zplynovatelným látkám, 14% složkám spalovaným v pevném stavu (uhlík z 0,5% a 2% nespalitelný popel). (Moisture Content, 2017) Každý z výše uvedených parametrů je pro kvalitu tuhého biopaliva důležitý a to buď z pohledu kvality paliva pro spalování nebo z pohledu ochrany životního prostředí. Jedním z nejdůležitějších parametrů je stanovení obsahu vody, která ovlivňuje výhřevnost paliva. Voda se v palivu tuhé biomasy stanovuje jako celková voda dle ČSN P CEN/TS 14774-1 až 3 nebo DIN 51 718. Prakticky se jedná o řízené vysušení vzorku při 105 °C a zjištění úbytku vážením. Více o měření v kapitole metodika a výsledky. (Kotlánová, 2009)

Voda hraje významnou roli při spalování dřeva. V první fázi spalovacího procesu se ze štěrky vypařuje voda. Po vysušení začíná dřevo zplynovat, a 4/5 suchého materiálu shoří v plynné formě. Rychlost hoření závisí na přísunu kyslíku. Okamžitá vlhkost tedy výrazně ovlivňuje efektivní výhřevnost. Vliv vlhkosti na okamžitou výhřevnost ukazuje tabulka č. 1. (Simanov, 1988) - štěrka smrku z klestu bez jehličí s nulovou vlhkostí vykazuje nejvyšší hodnotu výhřevnosti v MJ na m³, na druhou stranu štěrka borovice z celých stromů s nejvyšší vlhkostí (60%) vykazuje nejnižší hodnotu výhřevnosti

Efektivní výhřevnost lesní štěpky v MJ na m ³				
	Vlhkost			
	0%	20%	40%	60%
Štěpka z celých stromů				
smrk	7 430	7 430	7 020	6 210
borovice	7 540	7 310	6 920	6 130
Štěpka z klestu bez jehličí				
smrk	9 260	8 880	8 400	7 450
borovice	8 250	8 000	7 590	6 720
Štěpka z klestu s jehličím				
smrk	8 424	8 264	7 731	6 864
borovice	8 113	7 872	7 470	6 628
Štěpka z pilařských odřezků odkorněných				
jehličnaté	7 970	7 720	7 300	6 470

tab.č.1 -Efektivní výhřevnost lesní štěpky v MJ na m³

zdroj – upraveno podle Simanova (1988)

Obsah vlhkosti v dřevních palivech se pohybuje od 20 do 65% a je ovlivněna následujícími faktory (Huhtinen, 2006):

- klimatické podmínky
- roční období
- druh stromu
- části stromu (nevím jak se tomu říká odborně)
- skladování

Různé dřeviny mají dle charakteru dřeva různou schopnost k absorpci vody a jiný režim vysychání. Nikl (2012) volí tři vlhkosti orientačně odpovídající třem stavům dříví v praxi – čerstvé dříví po těžbě (50 – 60 % vlhk.), dříví skladované za přístupu vzduchu (20 - 30 % vlhk.), dříví dlouhodobě vyschlé (15 a méně % vlhk.). Dříví po těžbě má sice největší hmotnost, ale nejmenší výhřevnost a naopak vyschlé dříví má největší výhřevnost a poměrně sníženou hmotnost. Jako pracovní je brána průměrná vlhkost dřeva 20 % - 30 %. (Nikl, 2012)

Obsah vody v dendromase, resp. ve štěpce, byl již zmíněn výše, jako signifikantní

faktor při efektivnosti spalování. Zatímco palivové dřevo je považováno za vyšší kvality, pokud jeho obsah vlhkosti je 15-16% či méně, tak štěpka je brána jako vysoce kvalitní, jestliže obsah vody činí mezi 25-30%. Přičemž obsah vody bezprostředně po těžbě dosahuje více než 55 %, objemová hmotnost se pohybuje okolo 300 kg/m³. Obsah vody po přirozeném dosoušení přes léto na slunném a větru vystaveném místě zpravidla klesá na 30 % při objemové hmotnosti kolem 250 kg/m³. (Stupavský, 2010)

Simanov (1988) uvádí jako štěpku vhodnou ke spalování o vlhkosti 30-35%. A dále přidává, že příliš suchá štěpka je explozivní a velká část tepelné energie se uvolňuje do atmosféry prostřednictvím horkých plynů. Nad druhou stranu štěpka o vlhkosti 50-60 % je obtížně spalovatelná a proces spalování hodnotí jako nerovnoměrný, což není efektivní pro spalovací jednotky. Vlhkost štěpek z čerstvě pokáceného smrku je kolem 50-60%, což je pro energetické využití příliš vysoká hodnota a Simanov doporučuje snížit vlhkost štěpky tak, aby bylo dosaženo akceptovatelné výhřevnosti.

Obsah vody ve dřevní štěpce významně ovlivňuje nákup či prodej štěpky jako paliva. Štěpka se obchoduje na trhu s palivy v kubických metrech či na tuny (v případě absolutně suché štěpky). Jeden kubický metr odpovídá cca 200 kg až 450 kg v závislosti na typu dřeva, velikosti či obsahu vody. Čistá energetická hodnota jednoho prostorově sypaného kubického metru je mezi 630 kWh and 1 100 kWh většinou v závislosti na obsahu vody. Toto uvádí Krajnc (2015) jako důvod proč by měla být štěpka obchodována na základě váhy a obsahu vody. (Krajnc, 2015)

Skladování štěpky pro další využití v rámci energetického obchodování je velmi náročné na velikosti skladů, teplotu skladovacího prostoru, proudění vzduchu, vlhkost vzduchu apod. Roční období také významně ovlivňuje skladování štěpky. Relativní vlhkost vzduchu na podzim vzrůstá a štěpka může absorbovat vlhkost nazpět, i když byla před tím suchá. Zakrytí podle Simanova (1988) snižuje vlhkost vyrobených štěpek o 5-6% oproti nezakrytým částem.

3.5 Charakteristika smrku ztepilého (*Picea abies* (L.), Karst.)

Jednou z našich nejvýznamnějších dřevin je smrk ztepilý. Na území České republiky je zastoupen smrk ztepilý z celkového počtu dřevin více než padesáti

procenty. Smrk není náročný na teplotu, na druhou stranu je vysoce náročný na světlo a vlhkost, snese stín, dále dokáže růst i v nejvyšších polohách našich hor.

Často je pěstován v monokulturách, které jsou málo ekologicky bohaté, je zde nebezpečí snížení odolnosti vůči škůdcům. Je vysoce pravděpodobné, že příčinou odumírání smrku ztepilého v mnohých oblastech je spíše nevhodný genetický původ než nevyhovující prostředí. (Žárník, 2007)

Smrk ztepilý má přímý průběžný kmen o výšce 45-50 m, tloušťce až 1,5 m. Kořeny jsou ploché ve vrchní vrstvě půdy, větve uspořádány přeslenovitě. Koruna stromu bývá kuželovitě špičatá. Jehlice smrku jsou různě dlouhé, čtyřhranné bez pochev. Dřevo smrku je žlutavě bílé, měkké, pružné s dobře viditelným letokruhy a pryskyřičné kanálky. Dobře se zpracovává a má dobrou štípatelnost.

Smrk je vysazován uměle již po několik století, pravděpodobně od 16.století, jedná se o velmi důležitou lesnickou dřevinu, především díky rychlým přírůstkům a krátké době obměty (cca 80 let). Smrk je využíván ve stavebnictví, ale také v papírenském průmyslu a houslařství.

Rekordmanem nebo také králem smrků byl smrk ztepilý v Boubíně v revíru Zátoň, který dle měření rostl 107 let ,dosáhl výšky 12,30 m. Zřítel se v roce 1970 po vichřici. (Macar, 2001)

4 METODIKA

4.1 Úvod

Hlavním cílem této kapitoly je dílčí měření podílu vody ve zbytkové dendromase smrku ztepilého z různých lokalit Lesního závodu Boubín. Vzorky byly odebrány firmou Foresta AG, a.s. Jedná se o „těžební zbytky“ smrku ztepilého , které „napadli“ z těžby dříví . Těmito zbytky jsou v rámci tohoto projektu považovány nadzemní části stromu, které nejsou součástí využitelného hroubí. Větve včetně jehličí a vrch stromu (včetně pupenů a asimilačních orgánů) považujeme v tomto projektu za „těžební zbytky“.

Tyto zbytky byly zpracovány štěpkováním. Přesné časové rozmezí mezi těžbou

dříví a datem štěpkováním nebyl znám k účelům laboratorních prací v rámci tohoto projektu.

4.2 Stručná charakteristika projektu

Ve vybraných výzkumných plochách byla celková hmota koncentrována a na místě naštěpkována. Dále byl proveden odběr vzorků do neprodyšně uzavřených igelitových obalů. Náhodně byly odebrány dílčí vzorky, které byly označeny evidenčním číslem, druhem dřeviny, datem těžby a odběru. Tyto vzorky byly dále transportovány k laboratorním šetření na zjištění podílu vody. Laboratorní práce byly provedeny v den doručení vzorků na Fakultu lesnickou a dřevařskou v areálu České zemědělské univerzity v Praze. Poté byla provedena vážení vzorků před a po vysušení. Výsledky byly zpracovány do přehledných tabulek a grafů.

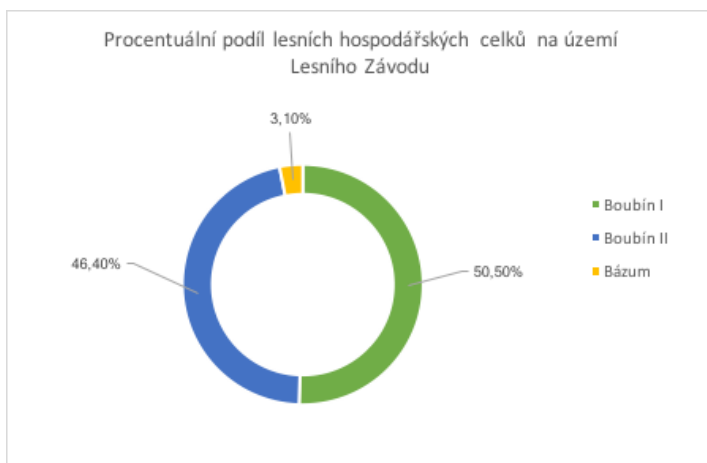
Definice pojmů - zbytková dendromasa: V cíleném měření byla použita dendromasa ve formě lesní štěpky, která pocházela z větví, jehličí, šišek, částí kmene, bez pařezů a kořenů.

4.3 Výzkumná plocha

Krajina Boubína byla osídlena v 8. – 9. Století. V první zmínce lesy při západní straně boubínského sedla náležely ke královskému Volyňskému újezdu. Největším majetkem se stalo panství Vimperské. Od 15. století zde byly zřizovány sklářské hutě, les sloužil jako zdroj paliva pro sklárny. Roku 1719 jej zdědili Schwarzenbergové, jim patřila většina lesního majetku.

V roce 1936 zde bylo 9 polesí s rozlohou 13 935 ha. Od 1. ledna 1938 došlo k rozdělení na Státní správa lesů Boubín a Státní správa lesů Zdíkov. Po válce se správa státních lesů vrátila ke struktuře z roku 1938 pod národní správu. Od 1. ledna 1950 pak přešel majetek pod státní lesy. Začátkem 50. let vznikla Ředitelství lesního závodu Boubín a Ředitelství lesního závodu Vimperk – Zámek. Poslední velkou majetkovou změnou bylo vyčlenění lesních správ do Národní park Šumava k 1. červenci 1993. Nový Lesní závod Boubín se sídlem ve Vimperku vznikl 1. ledna 1998. V současnosti činí výměra lesní půdy 23 400 ha a funkce oblastního lesního závodu je vykonávána na výměře 3680 ha. Vzorky vztahující se k této bakalářské práci, resp. k laboratorním měření, byly odebrány z LHC Boubín I (viz graf č. 1)

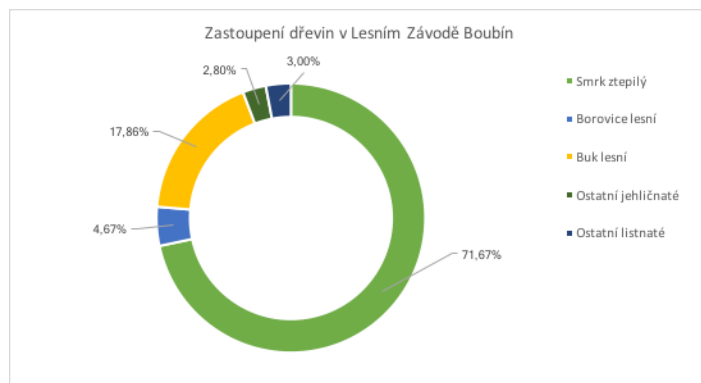
graf č. 1 – Polesí a střediska: seznam LHC s % zastoupením na území OJ (*stav k stav k 1.1.2005*)



zdroj: upraveno podle Lesy ČR LZ Boubín

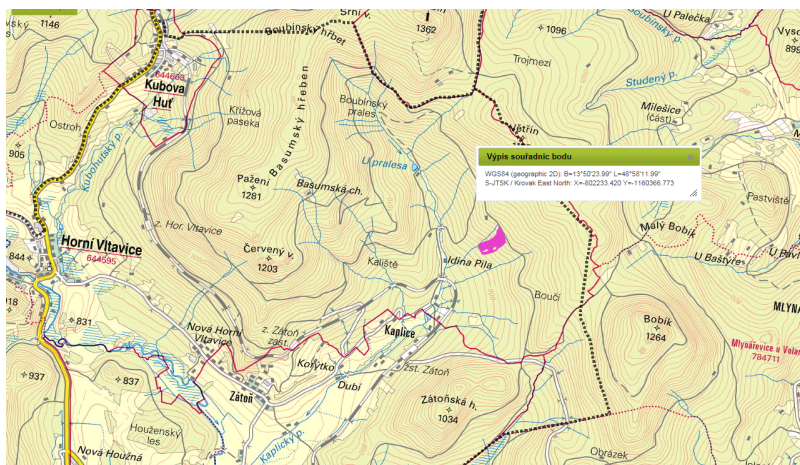
Odebrané a dále zkoumané vzorky zůstatkové dendromasy po těžbě v LZ Boubín byly ze smrku ztepilého, který výrazně převažuje v tomto lesním porostu a tudíž je těžen nejvíce ze všech dřevin vyskytujících se na území Boubína.

graf č. 2 – podíl dřevinné skladby (*stav k stav k 1.1.2005*)



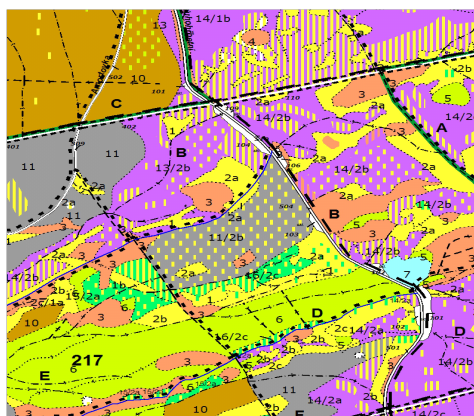
zdroj: upraveno podle Lesy ČR LZ Boubín

Ve výzkumné lokalitě Lesního závodu Boubín byly odebrány dílčí vzorky dendromasy v oblastech kde probíhala těžba. Odběr byl proveden ve fázi zpracování zbytků po těžbě ve formě štěpky v lokalitě vyznačené purpurovou barvou (obr.č.1) a dále v mikrolokalitě zobrazené v porostní mapě s číslem porostu 217D11/2b (obr č. 2)



obr. č. 2 Polesí Kubova Huť- lokalita Idina Pila

zdroj: firma Foresta SG, a.s.



0 50 100 150 200 250m 1 : 5 000 Odbor PGL, sestavený GIS, DČD

obr. č.3 - porostní mapa s lokalitou 217D11/2b

zdroj: lesní hospodářský plán Lesního závodu Boubín

4.4 Metodika odběru vzorků

Do neprodyšně uzavíratelných vaků, vyrobených z polyethylenové směsi o objemu 7 litrů, byla po procesu štěpkování ukládána hmota vzorků dendromasy. Vzorek byl odebrán z jedné lokality (viz obr. 1). Z jednoho tohoto vaku bylo odděleno několik dílčích vzorků do měrných misek o kapacitě jedné misky 500 ml (obr.3) pro potřeby sušení a následného vážení a posléze rozdělen na části dle kapacity měrných misek. Vždy proběhlo zvážení celkového vzorku.

Dílčí vzorek je podíl (množství) materiálu odebrané do jedné měrné misky.

Odběr vzorků dílčí vzorky byly odebrány pomocí lopatky z vaku do odměrných misek

Nástroje na vzorkování Pro ruční vzorkování jsem používal jednu lopatku, 20 ks misek o objemu 500 ml, 1 pár žárovzdorných rukavic a 1 permanentní popisovač.



obr. č. 4 - měrná miska 500 ml

zdroj - vlastní fotografie

Počet dílčích vzorků v celkovém vzorku

Počet dílčích vzorků v celkovém vzorku byl variabilní a nebyl závislý na celkovém vzorku.

Vzorky dřeva

Pro měření byly vybrány dřeviny, které pocházely ze smrku z Lesního závodu Boubín. Tvar a velikost vzorků byly od prachových částic až po vzorky do velikosti $0,5 \text{ dm}^3$. Celkový počet zkušebních vzorků (resp. vaků) byl 32 dle různých lokalit Lesního závodu Boubín. Vzorky byly ve formě štěpky.

4.5 Metodika značení vzorků

Odebrané vzorky byly před transportem k laboratorním rozborům okamžitě po odběru označeny na obalech (samolepící nálepkou nebo permanentním popisovačem). Struktura označení je XXX/YY/BB/ZZ/DD, kde:

XXX – třímístné označení LHC

YY – dvojmístné pořadové číslo výzkumné plochy

BB – dvojmístné pořadové číslo vaku – dva znaky

ZZ – dvojmístné pořadové číslo vzorku – dva znaky

DD – dvojmístné označení dřeviny – dva znaky

4.6 Metodika uložení a transportu vzorků

Odebrané dílčí vzorky byly uloženy do hermeticky uzavíratelných plastových obalů, přičemž na každý vzorek (jeho obal) byly umístěny jednoznačné identifikační znaky. Označení bylo provedeno záznamem na plastový obal permanentním popisovačem („lihovým fixem“). Stěna obalu musela být dostatečně pevná, aby se zabránilo poškození obalu vlivem některých ostřejších hran vyskytujících se ve vzorcích. Pro transport vzorků nebyly kladeny žádné zvláštní požadavky, kromě podmínky neporušenosti obalů. Bylo nutné, aby vzorky byly dodány k laboratornímu měření co nejdříve, jelikož by mohlo dojít k vysychání vzorků vlivem okolních podmínek.

4.7 Metodika měření

Měření bylo prováděno po obdržení vzorků v denních intervalech ve školní laboratoři, ovšem za dodržení pravidel a provozního řádu fakultních laboratoří. Tzn., že některé vzorky nemohly být usušeny vzhledem ke kapacitě sušičky a pravidlu využívání laboratoří v den příjmu vzorku. Při denních měřeních byly použity vzorky smrku ztepilého ve formě štěpky z oblasti Lesního závodu Boubín. Měření bylo prováděno na několika vzorcích vždy z jedné lokality, pro dosažení vyšší přesnosti výsledků a pro snazší statistické zpracování. Vzorky byly uloženy při teplotě 20 °C v uzavřené nádobě (ve vaku). Měření bylo prováděno digitální vahou Sartorius BP 3100 S (obr. č 5). Vzorky byly váženy po sušení v laboratorní sušárně BINDER SMV09617657 (obr. č. 4) pracující na principu proudění horkého vzduchu o teplotě 105°C.

Měření vysoušených vzorků bylo prováděno před sušením, náhodně během sušení a po sušení za účelem sledování měnící se hmotnosti vzorku.

Váhová metoda

Měření byla provedena na Fakultě lesnické a dřevařské , v laboratoři Katedry základního zpracování dřeva. Tato metoda se používá jako standardní metoda. Nejprve byla zkušební tělesa smrku zvážena pomocí laboratorní váhy Sartorius BP 3100 S (přesnost vah je až 0,0001 g). V našem případě jsem vážil s přesností na 0,01 g. Poté byly vzorky vloženy do sušárny a při konstantní teplotě 105 °C vysušovány až do absolutně suchého stavu. První vážení bylo provedeno po 18ti hodinách a další měření byla prováděna vždy po půl hodině do doby, než po dvou následujících váženích nebyl větší rozdíl v hmotnosti vzorku více než 0,1 g. To nastalo zhruba po 23 hodinách vysoušení.



obrázek č.5 - laboratorní sušárna Binder SMV09617657

zdroj: vlastní foto



obrázek č. 6 - laboratorní váhy Sartorius BP 3100

zdroj- vlastní foto

5 VÝSLEDKY

Na začátku laboratorního měření, které probíhalo v říjnu a listopadu 2015 byly stanoveny tyto podmínky:

štěpka, které se hodnota hmotnosti během posledních 5 hodin sušení, (předcházelo asi 18 hodin sušení), nezmění o více než 0,1g, bude považována za vysušenou a přejde se k jejímu převážení a zapsání hodnoty hmotnosti do záznamového archu.

Měření vody probíhalo podle normy ČSN 14774-1. Tato norma je pro stanovení obsahu celkové vody ve vzorku tuhých biopaliv sušením v sušárně. Metoda se používá při vyžadování vysoké přesnosti stanovení obsahu vody a je použitelná pro všechna tuhá biopaliva. Vzorek biopaliva se suší v sušárně ve vzduchové atmosféře při teplotě 105 °C tak dlouho, dokud po sušení nedosáhne konstantní hmotnosti. Z úbytku hmotnosti vzorku se vypočítá obsah vody v procentech a zahrne se postup pro korekci vlivu vztlaku. Vypočítává se obsah vody v biopalivu ve vlhkém stavu a bezvodém stavu. Ovšem v této případové studii k bakalářské práci se musely zohlednit podmínky laboratoří České zemědělské univerzity a její bezpečnostní pravidla.

Nejprve bylo nutné označit všech 20 měrných misek pořadovým číslem a provést jejich převážení bez dílčího vzorku, tj. samotné prázdné misky, a zaznamenání pro budoucí odpočty váhy misek. Váha misek je zapsána v gramech s přesností na dvě desetinná místa. Tato vážení bylo prováděno pro kontrolu, aby váha vlastní misky neovlivnila váhu vzorku.

Váha byla zapsána do záznamového archu. Potom byl objem vaku rozdělen do měrných misek. Objem každého vaku se vešel do různého počtu misek. Každá miska byla se vzorkem zvážena, váha byla zaznamenána do záznamového archu.

Dále se 12 misek se vzorky umístilo do sušárny předehřáté na 105°C . Předehřátí trvalo asi 15 min. Sušení probíhalo 2-3 dny, každý den přibližně 8-10 hodin. Sušárna se na noc musela z bezpečnostních důvodů a nařízení vedení fakulty vypínat. Zhruba pro 18ti hodinách sušení byla provedena kontrolní měření.

tabulka č. 2 – váhy misek bez vzorků

Číslo misky	Váha misky před sušením 1	Váha misky před sušením 2	Číslo misky	Váha misky před sušením 1	Váha misky před sušením 2
1	144,07	144,06	11	144,65	144,71
2	146,8	146,83	12	150,21	150,24
3	152,3	152,32	13	142,52	142,53
4	140,54	140,54	14	151,42	151,42
5	152,57	152,55	15	148,88	148,86
6	152,88	152,92	16	152,51	152,51
7	140,98	140,96	17	147,81	147,81
8	141,73	141,73	18	147,3	147,3
9	150,97	151,01	19	146,27	146,27
10	152,31	152,31	20	149,25	149,25

Měření byla opakována až do stavu, kdy rozdíl ve váze kontrolních měření nebyl větší než 0,1 gramu. Poté byly všechny vzorky postupně zváženy a hodnoty zapsány do záznamového archu. Měření byla přepsána do počítačového programu Excel, kde byly ve funkci zadány vzorce pro výpočet absolutní a relativní vlhkosti vzorků (viz tabulka č. 3). Tabulka byla zmenšena pro potřeby publikování v této bakalářské práci. Vzhledem k velikosti souboru je tato tabulka s údaji uvedena v příloze této práce na CD nosiči, pod názvem Tabulka výsledků.

Výsledky byly vypočítány podle následujících vzorců (Simanov, 2008):

Výpočet absolutní vlhkosti vzorků:

$$w_{abs} = \frac{m_w - m_o}{m_o} \cdot 100 = \frac{m_v}{m_o} \cdot 100$$

m_w [kg] hmotnost vlhkého vzorků;

m_o [kg] hmotnost absolutně suchého vzorků

m_v [kg] hmotnost vody

Výpočet relativní vlhkost vzorků:

$$w_{rel} = \frac{m_w - m_o}{m_w} \cdot 100 = \frac{m_v}{m_w} \cdot 100$$

m_w [kg] hmotnost vlhkého vzorků;

m_o [kg] hmotnost absolutně suchého vzorků

m_v [kg] hmotnost vody

Relativní a absolutní vlhkosti se mohou navzájem přepočítat podle následujících rovnic:

$$w_{rel} = \frac{(100 \cdot w_{abs})}{(100 + w_{abs})} \quad w_{abs} = \frac{(100 \cdot w_{rel})}{(100 - w_{rel})}$$

tabulka č. 3 – výsledky absolutní a relativní vlhkosti štěpky

Lokalita	Dřevina	Datum sušení	Relativní vlhkost w_r (%)	Absolutní vlhkost w_a (%)	Váha štěpky před sušením	Váha štěpky po sušení
LHC/02/01/02	SM	13.11.15	41,57%	71,15%	653,54	381,85
LHC/02/01/10	SM	16.11.15	33,43%	50,23%	699,39	465,55
LHC/02/01/01	SM	13.11.15	45,24%	82,63%	717,96	393,12
LHC/02/01/08	SM	16.11.15	48,52%	94,26%	783,22	403,19
LHC/02/01/05	SM	13.11.15	49,16%	96,71%	800,48	406,93
LHC/01/01/002	SM	01.11.15	47,09%	89,01%	835,76	442,18
LHC/02/01/06	SM	16.11.15	50,65%	102,61%	844,70	416,90
LHC/01/04/05	SM	04.11.15	48,29%	93,38%	847,36	438,19
LHC/02/01/04	SM	13.11.15	50,29%	101,16%	900,40	447,61
LHC/02/01/03	SM	16.11.15	52,49%	110,49%	930,17	441,91
LHC/01/01/001	SM	01.11.15	47,03%	88,79%	937,64	496,67
LHC/01/03/04	SM	04.11.15	46,17%	85,78%	937,98	504,88
LHC/01/05/006	SM	01.11.15	45,82%	84,56%	939,47	509,03
LHC/02/01/07	SM	16.11.15	53,31%	114,19%	941,97	439,78
LHC/01/09/10	SM	01.11.15	41,48%	70,87%	975,43	570,85
LHC/02/01/09	SM	13.11.15	45,01%	81,83%	982,49	540,32
LHC/01/02/003	SM	04.11.15	47,54%	90,63%	1090,53	572,06
LHC/01/06/07	SM	04.11.15	47,01%	88,72%	1098,87	582,28
LHC/01/08/09	SM	01.11.15	44,48%	80,12%	1259,54	699,27

6 DISKUZE

Po důkladném prohledání různých dostupných zdrojů, v současné době nebylo konkretizováno podobné měření či stanovování podílu vody ve štěpce, resp. štěpce smrku ztepilého v konkrétní lokalitě. Většina průzkumů dostupných k porovnání se věnovala měření vody ve dřevě (nikoliv ve štěpce) v dlouhodobějším horizontu více let. Následující diskuzi je tedy možno brát jako podklad k budoucí práci se štěpkou, její vlhkostí a lepší orientaci v oblasti měření vody ve štěpce. Tento výzkum byl realizován ve spolupráci s firmou Foresta SG, a.s., která má daná data z měření využít do nového softwarového nástroje na podporu plánování a obchodu se štěpkou.

Z dosažených výsledků měření je patrné, že neplatí přímá úměra mezi hmotností vzorku štěpky před sušením a relativní vlhkostí. Vzorky s nejvyšší hmotností před sušením v sušičce dosahovaly hodnot kolem 1000 g s tím, že nejtěžší vzorek vážil 1259,54 g. Nejvyšší hodnoty vlhkosti, tj. 53,3 % ovšem dosáhl vzorek s hmotností před sušením 941,97 g. Naopak nejnižší hodnoty vlhkosti, tj. 33,43% dosáhl vzorek se vstupní hmotností 699,39 g.

Hodnoty vlhkosti jsou nepostradatelnou hodnotou pro majitele spalovacích jednotek a obchodníky se štěpkou. Tím, že se štěpka nakupuje v České republice jak na tuny (ale také na prostorové sypané metry), tak obsah vody ve štěpce významně ovlivňuje finální cenu za nakoupené či prodané množství. Hodnoty vlhkosti udávají prodejci pouze informativně (15-50%) a spíše zmiňují pouze orientační průměrné výhřevnosti lesní štěpky kolem 9 000 MJ/m³. Pokud je štěpka dodávána vysušená, tak je dle informací portálu TZB-info cena vyšší, ovšem není konkretizována. Obchodníci se štěpkou ovšem nejsou jednotní v obsahu vody v procentech, který udávají pod položkou velmi suchá štěpka. (TZB-info, 2013)

Jelikož nebyl proveden detailní chemický rozbor vzorků (což nebylo účelem projektu), tak není přesně znám faktor ovlivňující poměr obsahu vody ve vztahu k hmotnosti štěpky. Pouze tedy hypotéza o možném vlivu asimilačních orgánů na vyšší obsah vody ve štěpce. Simanov (1988) doporučuje ponechání asimilačního aparátu stromu – stromy se ponechávají ve větvích až do úplného opadu jehličí (listů)

– tak, že se vytranspiruje vnitřní vlhkost a teprve poté se seštěpkují. (Simanov, 1988) Výkyv hodnot relativní vlhkosti je pravděpodobně způsoben větším obsahem zelených příměsí (jehličí) ve vzorcích. Odběratelé štěpky ovšem většinou trvají na dodržení smluvně sjednané vlhkosti dodávané štěpky, proto by zpracovatelé rádi ponechali klest proschnout na pasece nebo na odvozním místě. V ostrém rozporu proti tomu stojí požadavky vlastníků lesů na urychlené vyklizení klestu z paseky, ale i z odvozního místa. (Brodský, 2014)

Dalším důležitým faktorem, který nebyl ovšem znám v době měření vzorku na hodnoty vody ve štěpce, je skladování štěpky před odvozem na laboratorní měření. Dle Kuchtíka (1980) může skladovaná štěpka pro topné účely obsahovat živé části stromu, tj. jehličí, tenké větvičky či listí a v může se zvýšit množství termofilních bakterií. Také vlhkostní poměry dřeva v jednotlivých částech hromady jsou různé. Nejsušší je dřevo štěpky v oblastech největších teplot, nejvyšší vlhkost je v důsledku kondenzace vodních par v povrchových vrstvách, a to až 250 %, což působí potíže při přejímce štěpky odběratelem pro vysoký obsah vody ve dřevě. (Kuchtík, 1980)

7 Závěr

Dřevní paliva jsou využívána jako zdroj energie již po staletí. Forma zpracování, využití maximálních možností, ale také ekonomická a ekologická stránka energetiky vedou všechny zainteresované strany k zamyšlení nad vlivy a okolnostmi, které mohou zlepšit kvalitu využitého paliva. Obsah vody v dřevní štěpce pro energetické účely ovlivňuje významně výkonnost systému spalování.

V této bakalářské práci jsou prezentovány výsledky měření vody ve štěpce za daných podmínek více popsanych v kapitole Metodika. Tato zjištění mohou spíše sloužit jako budoucí podklad pro další výzkum vody v dané lokalitě či jako začínající šetření pro další měření. K přesnějším výsledkům by jistě vedlo exaktní složení daných vzorků po stránce poměru asimilačních orgánů, kůry, větví bez jehličí či s jehličím. Velkou nevýhodou bylo neměření časových intervalů, které by pravděpodobně pomohly k větší relevantnosti výsledků v poměru času a ztráty vlhkosti vzorku štěpky. Takovéto řešení otázky obsahu vody ve štěpce by pomohlo nejen odborné vědecké veřejnosti, ale hlavně potenciálním prodejčům či nákupčím štěpky.

Obsah vody ve dřevě, resp. ve štěpce, ovlivňuje mnoho faktorů, které jsou již zmíněny v kapitole Obsah vody v dendromase. Nejen z tohoto důvodu by se budoucí řešitelé výzkumu týkajícího obsahu vody ve štěpce měli zaměřit také například na skladování štěpky a její vliv na vlhkost či klimatické podmínky v dané oblasti.

8 LITERATURA

- CELJAK, I.: Biomasa je nezbytná součást lidského života. Biom.cz [online]. 2008-12-22 [cit. 2017-04-12]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/biomasa-je-nezbytna-soucast-lidskeho-zivota>>. ISSN: 1801-2655
- HUHTINEN, Markus, 2006. Wood biomass as a fuel. In: Material for 5EURES Training sessions [online]. Finsko, s. 8 [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: <https://www.scribd.com/document/264823529/5Eures-WoodPropertiesPDF-1-pdf>
- KOTLÁNOVÁ, Alice: Testování biomasy a výrobků z biomasy (pelet a briket) určených ke spalování. Biom.cz [online]. 2009-02-15 [cit. 2017-04-15]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/testovani-biomasy-a-vyrobku-z-biomasy-pelet-a-briket-urceny-ke-spalovani>>. ISSN: 1801-2655.
- KRAJNC, Nike, 2015. Wood fuels handbook [online]. 2015. Pristina: Food and agriculture organization of the United Nations [cit. 2017-04-15]. ISBN 978-92-5-708728-6. Dostupné z: <http://www.fao.org/3/a-i4441e.pdf>
- KUCHTÍK, Jan, 1980. I dřevní odpad je cennou surovinou. Lesnická práce. 1980(3), 5.
- MACAR, Václav, 2001. Boubínský "Král smrků". Obnovená tradice [online]. 12(24) [cit. 2017-04-12]. Dostupné z: <http://www.hss.barok.org/text-clanku.php?t=404&c=24>.
- MAKER, Timothy M., 2004. Wood-Chip Heating Systems: A Guide For Institutional and Commercial Biomass Installations [online]. 2. Vermont: Biomass Energy Resource Center Montpelier [cit. 2017-04-16]. Dostupné z: <https://www.scribd.com/doc/142430158/Biomass-woodchip-heating-system>
- MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ, 2013. Možnosti energetického využití biomasy [online]. In: . Praha: Ministerstvo zemědělství [cit. 2017-04-16]. ISBN 978-80-7434-122-9. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/file/283371/Moznosti_energetickeho_vyuziti_biomasy.pdf

Moisture Content, 2017. Bio energy advice [online]. Finsko [cit. 2017-04-16].
Dostupné z: Moisture Content

NIKL, Martin a Zdeněk SOUŠEK, 2012. Pěstování a využití biomasy lesních dřevin pro další zpracování a energetické účely [online]. 2012. Průhonice [cit. 2017-04-15]. Dostupné z:
http://biom.cz/upload/6e01d6d4c4835ec93cda508772f3bf6e/pestovani_a_vyuziti_biomasy_lesnich_drevin_pro_dalsi_zpracovani_a_energeticke_ucely.pdf

NOSKIEVIČ, Pavel, et al. Biomasa a její energetické využití. 1. vyd. Ostrava : Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava; Ministerstvo životního prostředí ČR; Centrum pro otázky životního prostředí, 1996. ISBN 80-7078-367

PASTOREK, Zdeněk, Jaroslav KÁRA a Petr JEVIČ, 2004. Biomasa: obnovitelný zdroj energie. Praha: FCC Public. ISBN 80-865-3406-5

REDEK, Daniel, 2017. Palivovým dřevem topí téměř čtvrtina domácností. STATISTIKA&MY [online]. 2017(2) [cit. 2017-04-14]. Dostupné z:
<http://www.statistikaamy.cz/2017/02/palivovym-drevem-topi-temer-ctvrtina-domacnosti/>

ŘEZÁČ, 2008. <http://www.lesprace.cz/casopis-lesnicka-prace-archiv/rocnik-87-2008/lesnicka-prace-c-1-08/evropa-hleda-uspory-energie-podporuje-vyuzivani-dreva>

SIMANOV, V. Energetické využití lesní štěpky ve Finsku. Lesnická práce, 1988 (7), 4.

SIMANOV, Vladimír, 1993. Ekonomické aspekty energetického využívání lesní štěpky. Lesnická práce. 1993(7), 4.

SIMANOV, Vladimír, 2008. Energetické využití lesní štěpky [online]. In: . Přerov, s. 33 [cit. 2017-04-16]. Dostupné z:
http://www.rarsm.cz/download/cd3/vyroba_zpracovani_vyuziti_biomasy.pdf

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/28/ES ze dne 23. dubna 2009 o

podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů a o změně a následném zrušení směrnic 2001/77/ES a 2003/30/ES . Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/cs/TXT/?uri=CELEX%3A32009L0028>

STUPAVSKÝ, Vladimír, HOLÝ, Tomáš: Dřevní štěpka - zelená, hnědá, bílá. Biom.cz [online]. 2010-01-01 [cit. 2017-04-15]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/drevni-stepka-zelena-hneda-bila>>. ISSN: 1801-2655

VÁŇA, Jaroslav: Biomasa pro energii a technické využití. Biom.cz [online]. 2003-03-25 [cit. 2017-03-20]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/biomasa-pro-energii-a-technicke-vyuziti>>. ISSN: 1801-2655.

Česko. Zákon č. 165, sb.2012, O podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů. Dostupný na: <http://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/zakon-c-165-2012-sb-o-podporovanych-zdrojich-energie-a-o-zmene-nekterych-zakonu>

ČSN EN 14774-1. Tuhá biopaliva - Stanovení obsahu vody - Metoda sušení v sušárně - Část 1: Celková voda - Referenční metoda. Praha: Český normanizační institut. 2009

HORÁČEK, Petr, 1998. Fyzikální a mechanické vlastnosti dřeva. Brno: Mendlova zemědělská univerzita. ISBN 80-7157-347-7.

POŽGAJ, Alexander a KOL., 1993. Štruktúra a vlastnosti dreva. Bratislava: Príroda. ISBN 80-07-00600-1.

ŽÁRNÍK, Milan a Štěpán KRÍSTEK, 2007. Aktuální versus přirozené rozšíření smrku ztepilého v ČR. Vesmír. **2007**(12).

BRODSKÝ, Petr, 2014. Energetická biomasa z těžebních zbytků v realitě ČR. Lesnická práce. **93**(2014), 2.

TZB-info Ceny paliv a energií [online], 2013. Praha: TZB-info [cit. 2017-04-18]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energii/37-prehled-cen-drevni-stepky>