

*Ministerstvo zemědělství ČR*  
*Národní agentura pro zemědělský výzkum*

**REDAKČNĚ UPRAVENÁ ROČNÍ ZPRÁVA**  
příloha 4.3. periodické zprávy projektu č. **QG60083**  
za rok 2008

Název projektu:  
**KONKURENCESCHOPNOST**  
**BIOENERGETICKÝCH PRODUKTŮ**  
(doba řešení 2006-2009)

Projekt byl řešen za finanční podpory MZe ČR v rámci programu  
- Podpora rozvoje venkova a vodohospodářské infrastruktury  
Téma - Možnosti zvýšení podílu obnovitelných zdrojů energie a tepla ze zemědělství a lesního  
hospodářství

**Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i.**

(IČ: 00027031) Drnovská 507, 16101 Praha 6 - Ruzyně  
Statutární zástupce - ředitel VÚZT, v.v.i.

**Ing. Zdeněk Pastorek, CSc.**

.....

Odpovědný řešitel (vedoucí autorského týmu)

**Ing. Jiří Souček, Ph.D.**

.....

**Číslo zprávy VÚZT: Z – 2505**

leden 2009

## Projektový a řešitelský tým

**Nositel projektu:** Výzkumný ústav zemědělské techniky v. v. i.

**Odpovědný řešitel:** Ing. Jiří Souček, Ph.D.

**Ostatní členové:** Ing. Petr Jevič, CSc.,  
Ing. Jaroslav Kára, CSc.,  
Ing. Zdeňka Šedivá,  
Ing. Jiří Bradna,  
Dana Tomanová,  
Pavla Měkotová

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Prof. Ing. Radomír Adamovský, DrSc.**  
Ing. Milan Kroulík, Ph.D.,  
Ing. Martin Polák, Ph.D.

**Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně,  
Zahradnická fakulta Lednice, Ústav zahradnické techniky**

**Ing. Patrik Burg, Ph.D.**  
Ing. Pavel Zemánek, CSc.,  
Petra Juřenová

## Obsah

<b>OBSAH .....</b>	<b>3</b>
<b>1. ÚVOD.....</b>	<b>4</b>
<b>2. STRUČNÉ ZHODNOCENÍ PRŮBĚHU ŘEŠENÍ.....</b>	<b>4</b>
<b>3. CÍL ŘEŠENÍ.....</b>	<b>5</b>
<b>4. VÝSLEDKY DOSAŽENÉ V ROCE 2008.....</b>	<b>6</b>
4.1. A01/08– STANOVENÍ PARAMETRŮ ZDROJŮ SUROVIN .....	6
4.1.1 <i>Hodnocení produkce odpadního dřeva po zimním řezu vinic.....</i>	<i>6</i>
4.1.2 <i>Hodnocení produkce odpadní biomasy v okolí železnice.....</i>	<i>8</i>
4.1.3 <i>Hodnocení produkce odpadní biomasy v okolí silnice .....</i>	<i>10</i>
4.1.4 <i>Hodnocení produkce odpadního dřeva v komunální sféře.....</i>	<i>13</i>
4.2. A02/08– ZPRACOVÁNÍ VÝŘEZŮ ZE SADŮ A VEŘEJNÝCH PROSTRANSTVÍ DO FORMY BEP .....	15
4.2.1 <i>Závislost parametrů desintegrace dřevní biomasy na obsahu vody a jejich ověřování v laboratorních podmínkách .....</i>	<i>15</i>
4.2.1.1 <i>Měření meze pevnosti ve smyku dřevin v závislosti na obsahu vody.....</i>	<i>17</i>
4.2.1.2 <i>Měření houževnatosti dřevin v závislosti na obsahu vody .....</i>	<i>21</i>
4.2.2 <i>Stanovení a vyhodnocení parametrů desintegrace dřevní biomasy v provozních podmínkách.....</i>	<i>24</i>
4.3. A03/08 – STANOVENÍ PARAMETRŮ NÍZKOENERGETICKÉHO SUŠENÍ STÉBELNIN. ....	30
4.4. A04/08 – VYUŽÍVÁNÍ ODPADNÍHO TEPLA PRO SNÍŽOVÁNÍ VLHKOSTI SUROVIN. ....	36
4.5. A05/08 – PĚSTEBNÍ A TECHNOLOGICKÉ POKUSY NA SIMULAČNÍCH POZEMCÍCH.....	39
4.5.1 <i>Ověření technologických postupů sklizně porostu energetických bylin v letním období.....</i>	<i>40</i>
4.5.2 <i>Ověření technologických postupů sklizně porostu energetických bylin v zimním období .....</i>	<i>46</i>
<b>5. KOMENTÁŘ K ŘEŠITELSKÉMU TÝMU.....</b>	<b>48</b>
<b>6. KOMENTÁŘ K METODICE A ČASOVÉMU POSTUPU ŘEŠENÍ .....</b>	<b>48</b>
<b>7. KOMENTÁŘ K DOSAŽENÝM VÝSLEDKŮM.....</b>	<b>48</b>
<b>8. ZÁVĚREČNÉ SHRNUTÍ.....</b>	<b>49</b>
<b>9. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>52</b>

## 1. Úvod

Z hlediska vývoje trhu s bioenergetickými surovinami byl rok 2008 poměrně dynamický. V průběhu roku bylo možné v obecné rovině zaznamenat drobný ústup kritiků využívání potenciálu zemědělské výroby k produkci energetických surovin. Lze se domnívat, že k částečné změně postoje některých odpůrců nevedla rychlá změna proklamovaných etických hodnot, ale v daleko větší míře celková ekonomická situace v agrárním sektoru v čele s poklesem výkupních cen komodit v porovnání s rokem 2007.

Nepříznivý dopad na agrární sektor měly zvýšené ceny energií a strategických surovin v čele s průmyslovými hnojivy. Ceny těchto surovin nesledují klesající trendy křivek výkupních cen zemědělských komodit tak ochotně jak tomu bylo ve fázi růstu cen.

Závěr roku 2008 se nesl v duchu předznamenání počátku krize v oblasti dodávek plynu z RF, což přispělo k rozšíření celospolečenské diskuze o potřebě zvýšit energetickou nezávislost a diverzifikaci zdrojů v ČR i v ostatních státech EU. S tím související události prokázaly, že argumentace zastánců využívání bioenergetických produktů (dále BEP) jako zdroje energie, kterým je možné částečně, alespoň v lokálním měřítku podniků nebo obcí, snížit podíl závislosti na dodávkách energie, není zcela lichý.

Řešitelský tým projektu QG60083 se v roce 2008 prostřednictvím dosažených výsledků a činnostmi souvisejícími s dosažením plánovaných cílů projektu snažil přispět ke zvýšení efektivnosti využívání a zvýšení konkurenceschopnosti BEP.

## 2. Stručné zhodnocení průběhu řešení

V roce 2008 pokračovaly práce na realizaci projektu řešením pěti aktivit. Všechny aktivity naplánované na rok 2008 byly splněny ve schváleném rozsahu podle plánovaného časového harmonogramu. Rok 2008 byl třetím rokem řešení projektu.

Řešení aktivity A01/08 bylo zaměřeno na stanovení parametrů netradičních zdrojů surovin z oblasti komunální sféry (výřezy z veřejných prostranství, parků, z okolí silnic a železnic) a byly měřeními v reálných podmínkách doplněny parametry réví, jako zbytkové suroviny ze zemědělské prvovýroby. Získané údaje byly porovnány s údaji získanými pro jednotlivé odrůdy v minulých letech a statisticky vyhodnoceny.

Náplní aktivity A02/08 bylo zpracování výřezů ze sadů a veřejných prostranství do formy BEP z hlediska parametrů desintegrace jako nejrozšířenější technologické operace využívané při produkci BEP. Postup byl realizován ve dvou krocích. V první teoretické části byla pomocí laboratorního měření stanovena závislost houževnatosti a meze pevnosti ve smyku dřevin na obsahu veškeré vody. V druhé části došlo k ověření získaných poznatků a předpokládaných závěrů v praxi pomocí desintegrace dřevní biomasy v provozních podmínkách, sledování exploatačních a energetických parametrů a realizací laboratorních rozborů za účelem stanovení parametrů vstupních a výstupních surovin v Agrolaboratoři VÚZT, v.v.i.

Aktivity A03/08 a A04/08 byly svou náplní směřovány k řešení problematiky snižování obsahu vody v surovinách. Byly stanoveny parametry sušení rostlinné biomasy na bázi bylin provzdušňováním ve vrstvě (A03/08) a byl vytvořen výpočetní model pro využití odpadního tepla pro sušení bioenergetických surovin.

V aktivitě A05/08 byly ověřeny navrhované technologické postupy sklizně stébelnaté biomasy v letním a v zimním období. Pro ověřované postupy byly stanoveny exploatační a energetické parametry.

Činnosti realizované v roce 2008 byly zaměřeny na doplnění údajů, ověření navrhovaných technologických postupů a na přípravu uplatnění získaných výsledků v praxi.

Bylo uplatněno několik výstupů uplatněných v RIV a bodově hodnocených dle metodiky Rady pro výzkum a vývoj.

### 3. Cíl řešení

Cílem řešení projektu v roce 2008 bylo realizovat náplně aktivit v souladu se schválnou metodikou. Dále bylo cílem zveřejnit v odborném tisku publikovatelné dosažené dílčí výsledky, podat návrh na schválení užitého vzoru, prezentovat dosud dosažené výsledky na mezinárodní vědecké konferenci, podílet se na její organizaci a vydat odbornou příručku. Všechny cíle byly splněny. Návrh užitého vzoru byl navíc schválen a zaregistrován. Dále byla uplatněna kapitola v knize.

## 4. Výsledky dosažené v roce 2008

### 4.1. A01/08– Stanovení parametrů zdrojů surovin

Řešení aktivity A01/08 probíhalo podle plánovaného časového harmonogramu v plném rozsahu dle schválené metodiky projektu. Řešení bylo pokračováním aktivit A603 a A01/07.

Shromažďování informací o zdrojích surovin bylo prováděno měřením v praktických provozních podmínkách. V roce 2008 byla o výsledky dalšího roku doplněna a zpřesněna měření potenciálu vinic. Všechny údaje získané v dosavadním průběhu řešení projektu byly podrobeny analytickému statistickému vyhodnocení. Dále byla realizována měření vlastností zdrojů z komunální sféry, zejména z parkových výsadeb a okolí komunikací.

Parametry zdrojů byly popsány z hlediska jejich dostupnosti, vydatnosti, pravidelnosti a vlastností získávaných surovin. Při získávání údajů byl kladen důraz na jejich vypovídací schopnost z hlediska dalšího zpracování.

Výsledky řešení aktivity jsou popsány v kapitolách 4.1.1 až 4.1.3.

#### 4.1.1 Hodnocení produkce odpadního dřeva po zimním řezu vinic

V roce 2008 byly doplněny aktuální údaje měřením v provozních podmínkách a bylo provedeno analytické statistické vyhodnocení údajů produkce réví při řešení projektu v letech 2006 – 2008. Souhrnný přehled hodnot získaných na experimentální vinici v k.ú. Rakvice uvádí tabulka T01.

**T4.1.01:** Výnos réví při zimním řezu vinic (období 2006 – 2008)

Odrůda	Pěstitel- ský spon [m]	Typ vedení počet tažňů	Rok 2006		Rok 2007		Rok 2008	
			Průměrný výnos réví na jeden keř (kg)	Vypočítaná produkce réví (t.ha <sup>-1</sup> )	Průměrný výnos réví na jeden keř (kg)	Vypočítaná produkce réví (t.ha <sup>-1</sup> )	Průměrný výnos réví na jeden keř (kg)	Vypočítaná produkce réví (t.ha <sup>-1</sup> )
Veltlínské zelené <sup>A)</sup>	2,3 x 1,0	VV, 1	0,44	1,91	0,5	2,18	0,56	2,44
Sauvignon <sup>A)</sup>	2,3 x 1,0	VV, 1	0,59	2,57	0,52	2,26	0,63	2,74
Neburské <sup>A)</sup>	2,3 x 1,0	VV, 1	0,41	1,78	0,62	2,70	0,51	2,22
Ryzlink vlašský <sup>A)</sup>	2,3 x 1,0	VV, 1	0,37	1,61	0,39	1,70	0,42	1,83
Müller Thurgau <sup>A)</sup>	2,3 x 1,0	VV, 2	0,60	2,61	0,53	2,30	0,57	2,48
Muškat Moravský <sup>B)</sup>	2,3 x 1,0	VV, 2	-	-	0,61	2,65	0,62	2,7
André <sup>A)</sup>	2,3 x 1,0	VV, 1	0,40	1,74	0,42	1,83	0,45	1,96
Frankovka <sup>A)</sup>	2,3 x 1,0	VV, 1	0,38	1,65	0,65	2,83	0,58	2,52
Modrý Portugal <sup>A)</sup>	2,3 x 1,0	VV, 1	0,48	2,09	0,50	2,18	0,52	2,26
Švatovavřínecké <sup>A)</sup>	2,3 x 1,0	VV, 1	0,55	2,39	0,60	2,61	0,67	2,91
<b>Průměr</b>			<b>0,47</b>	<b>2,04</b>	<b>0,53</b>	<b>2,32</b>	<b>0,55</b>	<b>2,39</b>

Pozn: VV – vysoké vedení, stáří vinice 6 let, <sup>A)</sup> podnož SO4, <sup>B)</sup> podnož TELEKI 5C, 4350 jedinců na 1 ha

K vyhodnocení průkaznosti rozdílů mezi hodnocenými odrůdami a pokusnými roky byla použita analýza variance (hladina významnosti  $\alpha = 0,05$ ). Jako metoda následného testování byl použit Tukeyův test (HSD) na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ . Uvedené metody statistického vyhodnocení byly aplikovány pomocí počítačového softwaru Unistat 4.53 pro Excel a MS Excel a jsou uvedeny v T02, T03 a T04.

**T4.1.02: Analýza rozptylu**

Zdroj variability	Součet čtverců	Stupně volnosti	Průměrný čtverec	Stat. F	Významnost
Hlavní efekty	0,201	10	0,020	4,193	<b>0,0014</b>
Odrůda	0,161	9	0,018	3,735	<b>0,0037*</b>
Rok	0,029	1	0,029	6,028	<b>0,0208*</b>
Vysvětleno	0,201	10	0,020	4,193	<b>0,0014</b>
Chyba	0,129	27	0,005		
<b>Celkem</b>	<b>0,330</b>	<b>37</b>	<b>0,009</b>		

Poznámka: \* označuje statisticky průkazný rozdíl

Z výsledků statistické analýzy vyplývá, že v produkci réví existuje mezi hodnocenými odrůdami statisticky průkazný rozdíl. Příčiny těchto rozdílů mohou být v odlišnosti zatížení keřů úrodou (hrozny), ale také způsob provedení zelených prací u jednotlivých odrůd jako je např. podlom (odstranění neplodných nebo zahušťujících letorostů) nebo vylamování zálistků.

**T4.1.03: Metoda následného testování Tukey – HSD (hodnoceno podle odrůdy)**

Skupina	Případů	Průměr	RV	AN	VZ	MP	NB	FR	MT	SVG	SV	MOPR
RV	6	0,3917						*	*	*	*	*
AN	6	0,4183							*	*	*	*
VZ	6	0,4967										
MP	6	0,4967										
NB	6	0,5100										
FR	6	0,5350	*									
MT	6	0,5650	*	*								
SVG	6	0,5800	*	*								
SV	6	0,6017	*	*								
MOPR	4	0,6100	*	*								

Poznámka: Významně odlišné páry ( $\alpha = 0,05$ ) jsou označeny \*

Výsledky Tukeyova testu vypovídají o výrazně nižší produkci réví u odrůdy Ryzlink vlašský (RV) a odrůdy André (AN).

Odrůda Ryzlink vlašský je charakteristická střední intenzitou růstu a produkcí tenkých vzpřímených prýtů. Obdobně také odrůda André vyžaduje kvalitní pěstitelské lokality. Na lehčích půdách s horším vodním režimem vyžaduje pečlivou regulaci zatížení keřů. V opačném případě keře velmi rychle ztrácejí růstovou vitalitu, stárnou. Tento stav se odráží také ve snížené produkci dřevní hmoty – réví. Ze statistického hlediska je produkce prýtů u ostatních hodnocených odrůd bez průkazných rozdílů.

V výsledků následného testování (Tukeyův test) vyplývá, že množství vyprodukovaného réví může kolísat také mezi jednotlivými ročníky. Statisticky průkazný rozdíl byl zjištěn mezi rokem 2006 a 2008. Příčinou těchto rozdílů může být např. vliv klimatických činitelů tzn. průběh teplot, rozložení a množství dešťových srážek atd. U experimentální vinice lze rozdíly přisuzovat také stáří vinice. Na počátku měření v roce 2006 se jednalo o mladou vinici (stáří 4 roky) vstupující do plodnosti, u které se teprve formoval celkový habitus keřů. V roce 2008 pak již byly keře v plné plodnosti. Tento stav se tedy může promítat v postupném mírném nárůstu výnosů v produkci ořezaného réví.

**T4.1.04: Metoda následného testování Tukey – HSD (hodnoceno podle roku měření)**

Skupina	Případů	Průměr	2006	2007	2008
2006	18	0,4661		*	*
2007	20	0,5310	*		
<b>2008</b>	<b>20</b>	<b>0,5500</b>	*		

Poznámka: Významně odlišné páry ( $\alpha = 0,05$ ) jsou označeny \*

#### 4.1.2 Hodnocení produkce odpadní biomasy v okolí železnice

Výzkum množství a skladby biomasy v okolí železnice byl realizován na 45 km dlouhém úseku tratě č. 224. Sledovaný úsek byl umístěn v nadmořské výšce 495 až 625 m.n.m.. Úsek 45 traťových kilometrů zahrnuje cca 36 ha pozemků. Při odečtu cca 15,5 ha vlastního traťového tělesa a zastavěné plochy zbývá přibližně 20,5 ha dalších pozemků. Tuto plochu je nutné udržovat vzhledem k zákonným povinnostem vlastníka a z hlediska zajištění bezpečnosti provozu.



*Obr. 4.1.1: Sledovaný traťový úsek zakreslený v satelitním snímku*

Na sledovaném úseku byly zastoupeny různé druhy dřevin (25 % akát, 20 % šípek, 10 % dub 45 % ostatní) v celkovém podílu 35 %. Zbýlých 65 % tvoří travní porost. Některé pozemky byly v minulosti využívány jako deputátní výměry zaměstnanců. Tyto plochy tvoří 7 % celkové výměry (2,5 ha) a jsou většinou dobře dostupné po polních nebo asfaltových cestách. Naopak části pozemků o celkové výměře 3,2 ha jsou pomocí stávající mechanizace nedostupné. Tyto pozemky tvoří poměrně velký podíl (8,9 %), což je dáno členitostí krajiny ve sledovaném úseku.



*Obr. 4.1.2: Pokos pro odběr vzorků při měření na traťovém úseku*

Sklizeň trávy byla realizována mulčovačem MULAG FME 600 s výkyvným hydraulickým ramenem. V závislosti na svažitosti terénu byla tímto způsobem sklizena tráva od vzdálenosti 4,5 m (svah nad 13 °) do 7 m (na rovině) od středu traťového tělesa. Průměrná výkonnost při sklizni byla 1 565 m<sup>2</sup>.h<sup>-1</sup> (0,98 t.h<sup>-1</sup> při obsahu vody 83 %). Mulčovač a pojezd



nosiče obsluhují dva pracovníci. V místech, kde nebylo možné provést sklizeň mulčovačem, byla provedena pomocí křovinořezu DOLMAR 360. Výkonnost dělníka s křovinořezem při sklizni trávy byla  $112 \text{ m}^2 \cdot \text{h}^{-1}$  ( $0,08 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$  při obsahu vody 86 %). Výnos trávy se značně lišil v závislosti na podmínkách konkrétního stanoviště. Pohyboval se v široké škále 1,87 až  $10,7 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Průměrný výnos byl  $6,3 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ .

Slabší dřeviny (doba obmýání 1 až 2 roky, průměrný výnos  $7,2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  při sušíně 67 %) do průměru 3 cm byly sklizeny rovněž pomocí výše zmíněného mulčovače. Při sklizni dřevin se výkonnost mulčovače snížila na  $1\,000 \text{ m}^2 \cdot \text{h}^{-1}$  ( $0,72 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$  při obsahu vody 57 %).

Dřeviny s průměrem nad 3 cm (doba obmýání 3 až 7 let) byly sklizeny motomanuální metodou s využitím ruční jednomužné motorové řetězové pily. Průměrná výkonnost při sklizni motorovou pilou byla  $25 \text{ m}^2 \cdot \text{h}^{-1}$  ( $1,2 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$  při obsahu vody 52 %). Pokácené, odvětvené a nakráčené rostliny byly soustředěny na hromadách v blízkosti trati, následně naloženy na motorový vozík hydraulickou rukou s drapákovým nakladačem a dopraveny do místa dalšího zpracování.

Měrný náklad na pracovní hodinu traťového dělníka činí 365,- Kč.h<sup>-1</sup>. Měrné náklady na mulčovač 1 986,- Kč.h<sup>-1</sup>.

**T4.1.05: Parametry sklizně biomasy v okolí železnice**

použité zařízení	typ		mechanizované metody sklizně		motomanuální metody sklizně	
			MULAG FME 600	DOLMAR MS 360	HUSQUARNA 360 XP	
	výkonnost ( $\text{t} \cdot \text{h}^{-1}$ )	$q_m$	0,98	0,72	0,08	1,2
vlastnosti vstupního materiálu	charakter		tráva	dřeviny do 30 mm	tráva	dřeviny nad 30 mm
	celkový obsah vody (%)	$W_{r\,vst}^f$	73	57	76	52
vlastnosti výstupního materiálu	hmotnost (t)	$m_{výst}$	3,92	2,88	0,32	4,8
	celkový obsah vody (%)	$W_{r\,výst}^f$	71	55	72	52
	průměrná velikost částic (mm)	$x_2$	87,9	90,2	350,2	-
	výhřevnost ( $\text{MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	$Q_i^f$	3,9	7,5	3,7	8,1
	sypaná hmotnost ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ )	$s$	142,4	137,4	87,3	40
	energetická hustota ( $\text{GJ} \cdot \text{m}^{-3}$ )	$E_v$	0,56	1,03	0,32	0,32
množství spotřebovaných PHM (l)	$v_{pal}$		37,6	42,5	2,3	1,8
celková spotřebovaná energie (MJ)	$W_{sp}$		1213,9	1372,1	71,6	56,0
měrná spotřebovaná energie	( $\text{MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	$W_e$	0,310	0,476	0,224	0,012
	( $\text{kWh} \cdot \text{kg}^{-1}$ )		0,086	0,132	0,062	0,003
jednotkové náklady	( $\text{Kč} \cdot \text{t}^{-1}$ )	$N_j$	2 040,-	2 778,-	4 950,-	333,-

Z hlediska logistiky a časového schéma technologického postupu sklizně připadají pro metodu získávání rostlinných surovin s využitím kolejí pomocí mechanizace integrované ke kolejovým vozidlům méně frekventované trati, kde lze nalézt v provozu mezi pravidelnými spoji využitelný klidový časový úsek. Katastrální rozloha železniční sítě ČR tvoří 30 128 ha [35]. Z toho činí plocha pokrytá rostlinami cca 25 tisíc ha.

### 4.1.3 Hodnocení produkce odpadní biomasy v okolí silnice

Stanovení parametrů získání zelené travní hmoty získané při údržbě silnic bylo provedeno na středisku správy a údržby dálnic 02 Bernartice.

Ke sklizni a následnému odvozu materiálu slouží souprava Unimog U 400 s čelním mulčovacím adaptérem a cepovou sekačkou v zadní části vozu. Ta je vybavena nasávacím zařízením, které posečenou biomasu dopravuje s využitím metače do sběrného vozu. Obsluhu stroje činí 2 pracovníci. Pořizovací cena zařízení je cca 8 mil. Kč. Záběr mulčovače a sekačky 1,2 m (celkem tedy v ideálním případě 2,4 m). Za směnu sklídí úsek cca 7 – 8 km, tj 1,6 - 1,9 ha.

Za osm hodin pracovní doby dojde k jednomu, maximálně dvěma naplněním sběrného vozu (v závislosti na stavu sklizeného materiálu – vlhkost, obsah „stařiny“ v porostu atd.). V závislosti na obsahu vody v materiálu se hmotnost plného přívěsu pohybuje od 1,2 t (suchý materiál) do 4,8 t (mokrý tráva).

Spotřeba PHM za směnu (8 hodin) pohybuje od cca 80 l do 130 l motorové nafty. Vyšší spotřeba paliva je v létě při vyšších teplotách, kdy je při pomalé pojezdové rychlosti odebraný vyšší podíl výkonu na chlazení motoru a hydraulického systému. Časový harmonogram práce při jednosměnném provozu byl v ideálním případě následující: 6:30 až 7:00 údržba vozu, 7:00 – 10:00 sekání, naplnění přívěsu, 10:00 – 10:30 přestávka, 10:30 – 11:00 odvoz sklizené biomasy, 11:00 – 14:00 sekání, naplnění přívěsu, 14:00 – 14:30 odvoz sklizené biomasy, úklid stroje. Převážná rychlost soupravy byla 62 km.h<sup>-1</sup>. Pracovní rychlost 2,3 km.h<sup>-1</sup>.

Doprava surovin při údržbě dálnice, je specifická tím, že nezahrnuje pouze cestu dopravního prostředku z místa vzniku do místa dalšího zpracování. Dopravní trasa musí obsahovat cestu na nejbližší sjezd, odkud může být teprve zvolena optimální trasa do místa určení. Mnohdy se na nejbližším sjezdu dopravní prostředek otočí do protisměru (konkrétně na úseku Bernartice) a teprve poté může jet do místa určení.

Při měření byl používán jako dopravní prostředek Unimog U 400, který byl zároveň používán jako sklizňový stroj. Tráva byla sklížena nesenou cepovou sekačkou. Sekačka byla integrována k hydraulicky ovládanému bočnímu rameni MULAG. Celý systém byl vybaven jistícími prvky zabráňujícími poškození stroje a mechanicko-pneumatickým zařízením, které dopravovalo hadicí pokosenou trávu do přívěsu opatřeného velkokapacitní uzavřenou nástavbou (viz obr 3). Rozměry ložného prostoru přívěsu byly 2,3 x 2,0 x 4,5 m



**Obr. 4.1.3:** Velkokapacitní přívěs používaný při sklizni a dopravě trávy

V tabulce T4.1.06 jsou naměřené a vypočtené parametry sklizně a na obr. 4.1.4 je v satelitním snímku zakreslen měřený úsek sklizně (červeně) a trasa dopravy z místa naplnění do místa zpracování a zpět na středisko údržby (modře). Stejně jako v kapitole 4.1.1 byly sledovány parametry mechanizované a motomanuální metody sklizně trávy a dřevní biomasy. Jako mechanizovaný prostředek byla využita souprava Unimog U 400 s cepovou sekačkou na MULAG SB 600 s pneumatikou dopravou hmoty a velkokapacitním přívěsem. Pro sklizeň pomocí motomanuálních metod byly použity stejné prostředky (křovinořez DOLMAR 360 a motorová řetězová pila HUSQUARNA XP360).



**Obr. 4.1.4:** Mapa se zobrazením dopravy rostlinné hmoty získané při údržbě dálnice

Výhodou při získávání hmoty v okolí silnic je oproti železnicím fakt, že dopravní trasa není operací blokována, provoz je pouze omezen. Při dodržení zásad bezpečnosti silničního provozu a bezpečnosti práce, lze sklizeň realizovat v normálních provozních podmínkách.

Na frekventovaných tazích je vhodné zvolit pro operaci termín s nižší hustotou silničního provozu. Na méně frekventovaných úsecích lze sklizeň provádět z časového hlediska téměř bez omezení a termín lze operativně přizpůsobit vytíženosti pracovních sil.



**Obr. 4.1.5:** Výřez ze stromořadí listnáčů (30 % javor klen, 30 % lípa srdčitá, 30 % jasan, 10 % jiné) při době obmýtí 10 let

**T4.1.06:** Parametry sklizně biomasy v okolí silnice

použité zařízení	typ		mechanizované metody sklizně		motomanuální metody sklizně	
			Unimog U 400 + MULAG SB 600 + přívěs	DOLMAR MS 360	HUSQUARNA 360 XP	
	výkonnost (t.h <sup>-1</sup> )	$q_m$	1,27	0,96	0,08	1,2
vlastnosti vstupního materiálu	charakter		tráva	dřeviny do 25 mm	tráva	dřeviny nad 25 mm
	celkový obsah vody (%)	$W_{r\ vst}^f$	76	59	72	48
vlastnosti výstupního materiálu	hmotnost (t)	$m_{výst}$	3,8	0,6	0,65	1,2
	celkový obsah vody (%)	$W_{r\ výst}^f$	73	57	70	47
	průměrná velikost částic (mm)	$x_2$	72,6	75,0	542,8	-
	výhřevnost (MJ.kg <sup>-1</sup> )	$Q_i^r$	3,3	6,75	4,0	8,7
	sypná hmotnost (kg.m <sup>-3</sup> )	$s$	175,7	184,6	120,2	57
	energetická hustota (GJ.m <sup>-3</sup> )	$E_v$	0,58	1,25	0,48	0,50
množství spotřebovaných PHM (l)		$v_{pal}$	32,5	9,3	5,1	0,5
celková spotřebovaná energie (MJ)		$W_{sp}$	1049,3	268,0	158,8	15,6
měrná spotřebovaná energie	(MJ.kg <sup>-1</sup> )	$We$	0,276	0,446	0,224	0,013
	(kWh.kg <sup>-1</sup> )		0,077	0,124	0,062	0,004
jednotkové náklady (Kč.t <sup>-1</sup> )		$N_j$	1 976,-	2 456,-	5 070,-	327,-

Při získávání dřevní hmoty v okolí silnic platí pro jednotlivé dřeviny a výnos hmoty tabulka T4.1.08 v kapitole 4.1.4. Z hlediska novodobé historie byla zahájena masivní výsadba stromořadí v okolí silnic na konci 18. století. Na některých místech jsou i přes průběžnou obnovu stromořadí jednotlivé rostliny, které pochází z této doby. K výsadbě a obnově stromořadí dochází z praktických, krajinyotvorných a urbanistických důvodů stále. Na mnohých úsecích jsou v okolí silnic v nadměrné míře rozpleveleny náletové dřeviny, které je nutné průběžně likvidovat. Stejně tak je nutné průběžně udržovat výsadby stromořadí pro udržení dobré kondice porostů a z důvodů zajištění bezpečnosti silničního provozu. K údržbě většiny stromořadí v okolí silnic dochází v intervalech 5 – 10 let. V ČR je aktuálně 55 583 km silnic a dálnic.

#### 4.1.4 Hodnocení produkce odpadního dřeva v komunální sféře

Dřevní hmota vznikající v komunální sféře představuje svými vlastnostmi a objemem produkce velmi různorodý materiál. Do této kategorie lze zařadit dřevní hmotu vznikající při údržbě soukromých a především veřejných prostranství např. zahrad, parků, alejí, stromořadí apod. Opomíjet nelze ani velké množství odpadní dřevní hmoty vznikající v lesním hospodářství.

Údržbové zásahy lze s ohledem na charakter cílového porostu rozdělit na údržbu opadavých dřevin a údržbu stálezelených a jehličnatých dřevin

Stromy, které rostou v různých typech sídel, podél komunikací, v parcích apod., vyžadují mnohem větší péči než stromy rostoucí ve volné přírodě. Veškerá péče o stromy je především limitována striktním zákazem jakéhokoliv poškozování či ničení dřevin, tedy i stromů. Ten představuje na jedné straně povinnost zabránit spontánní degradaci dřevin, na straně druhé ovšem také zákaz takové péče či způsobu jejího provádění, který by měl za následek poškození nebo zničení dřeviny. Poškozováním a ničením dřevin se totiž rozumí každý *nedovolený zásah, který způsobí podstatné a trvalé snížení jejich ekologických a estetických funkcí* nebo *bezprostředně či následně způsobí jejich odumření* (§ 8, odst. 1 vyhlášky Ministerstva životního prostředí ČR č. 395/1992 Sb.).

Pravidelná kontrola a opakování potřebného řezu u stromů jsou nutné. U zdravého stromu se v průběhu stárnutí snižuje také potřeba řezu. Většinou se doporučuje u stromů pro opakování řezu následující stupnice:

1. mladé stromy do 10 roků - řez po 2–3 letech
2. stromy od 10–30 roků - řez po 4–6 letech
3. stromy od 30–50 roků - řez po 5–8 letech
4. stromy nad 50 let - řez po 4–10 letech

Ideálním termínem pro provedení údržbových zásahů je u listnatých dřevin v období mimo vegetaci. Přehled termínů provedených zásahů v roce 2008 uvádí následující tabulka.

**T4.1.07: Přehled termínů provedených zásahů**

Druh dřeviny	Termín provedení zásahu
Javor jasanolistý	březen – 3. týden
Javor klen	březen – 4. týden
Trnovník akát	březen – 4. týden
Topol černý	duben – 1. týden
Lípa srdčitá	červen – 3. týden

V průběhu měření byla odřezaná dřevní hmota ukládána do traktorového přívěsu o známé hmotnosti. Do zaplnění jeho ložné plochy byl současně evidován počet ošetřených dřevin. Vážení naplněného přívěsu bylo prováděno na mostové váze. Výsledná hmotnost získané dřevní hmoty pak byla stanovena jako průměrná hodnota vyjádřená v kilogramech na 1 kus ošetřované dřeviny.

T4.1.08: Přehled produkce dřevní hmoty u vybraných dřevin

Druh dřeviny	Orientační stáří dřeviny (rok)	Charakter odstraňované části	Příčný průměr (mm)	Hmotnost získané dřevní hmoty (kg.ks <sup>-1</sup> )	Pozn.
Lípa srdčitá	70	kosterní větve včetně obrostu	150–250	550	větve směřující do vozovky
Javor jasanolistý	23	celý strom	kmen 300 + kosterní větve 120–180	250 + 400	riziko poškození sousední nemovitosti
Javor klen	3	celý strom	30–40	4	údržba krajnice vozovky
Trnovník akát	6	celý strom	kmen 120 + obrost 60 – 80	80 + 120	ochranné pásmo VV
Topol černý	50	vrchol	350	820	délka odstraněné části 8 m

Odpadní dřevní hmota pocházející z komunální sféry je tvořena zpravidla mladými výhony či větvemi různé tloušťky, včetně kosterních větví, kmenů a pařezů ošetřovaných či likvidovaných dřevin. Výsledný charakter takto získané dřevní hmoty přímo souvisí s termínem provedení zásahu (období vegetace, vegetačního klidu – souvisí zejména s vlhkostí dřeva), stářím dřevin (velikost odstraňovaných částí – průměr a délka větví atd.) a jejich druhovými vlastnostmi (objemová hmotnost, tvrdost dřeva).

Při využívání zkoumaných zbytkových surovin jako zdroje při výrobě bioenergetických produktů hraje důležitou roli několik důležitých faktorů.

Ve prospěch systému využití zbytkových surovin hovoří zejména fakt, že tyto suroviny je nutné v naprosté většině případů sklídit a následně zlikvidovat, případně jiným způsobem odstranit většinou z důvodů zefektivnění produkční, krajnotvorné případně urbanistické funkce porostů. Důležitou okolností je rovněž zajištění bezpečnosti v případech, kdy jsou porosty součástí obytných zón nebo dopravní infrastruktury.

Výše uvedené důvody jsou příčinou faktu, že tyto suroviny musí být, bez ohledu na způsob dalšího využití nebo likvidace, sklizeny a následně odstraněny. To je zároveň důvod, proč není správné náklady spojené s těmito operacemi (přesto, že jsou v této kapitole pro přehlednost uváděny) počítat do ceny výsledného produktu. Do výsledných nákladů je správné uvažovat pouze náklady, které je nutné vynaložit přímo v souvislosti s výrobou BEP.

Další výhodou je, že tyto suroviny se nachází téměř vždy v bezprostřední blízkosti dopravní komunikace a lze tudíž k jejich manipulaci a dopravě využít standardní manipulační a dopravní prostředky.

Naopak v neprospěch systému hovoří fakt, že získané suroviny je nutné ve většině případů dále upravit aby byly využitelné ve standardních zařízeních na bioenergetické produkty a pro umožnění dlouhodobého zpracování. Musí být transformovány, což vyžaduje energetické a ekonomické vklady.

## 4.2. A02/08– Zpracování výřezů ze sadů a veřejných prostranství do formy BEP

Od prvního roku řešení projektu byla v rámci aktivit A604 a A02/07 systematicky prováděna měření, jejichž úkolem bylo stanovit parametry operací, které připadají v úvahu jako součást technologických postupů výroby bioenergetických produktů. Vedle procesu sušení, kterému byla věnována náležitá pozornost v rámci řešení aktivit A03/07, A04/07, A03/08 a A04/08, jejichž výsledky byly publikovány v redakčně upravené zprávě za rok 2007, ve formě odborného článku v recenzovaném časopise, článku ve sborníku na mezinárodní konferenci a jsou publikovány v kapitolách 4.3 a 4.4 této redakčně upravené zprávy, lze náročnost výroby bioenergetických produktů snížit optimalizací procesu desintegrace.

Při plnění aktivity vycházel řešitelský tým z výsledků a poznatků získaných v rámci řešení aktivit A604 a A02/07. V roce 2008 byly měřením doplněny potřebné údaje a bylo provedeno vyhodnocení údajů získaných v průběhu dosavadního řešení projektu. Hlavním cílem řešení bylo stanovit vliv obsahu vody a druhu dřeviny na parametry procesu.

### 4.2.1 Závislost parametrů desintegrace dřevní biomasy na obsahu vody a jejich ověřování v laboratorních podmínkách

V rámci řešení projektu byl proveden výzkum závislosti meze napětí ve smyku a houževnatosti dřevní biomasy na veškerém obsahu vody. Měřenými materiály byly vzorky vrby a topolu. Vzorky dřevin byly odebrány z pokusných energetických plantáží obhospodařovaných v rámci řešení projektu.

Měření byla realizována na Katedře materiálů a strojírenské technologie Technické fakulty České zemědělské univerzity.

Vzorky byly odebrány jako válečky nastříhané z celého průřezu větví. Při odběru vzorků byl kladen důraz na malý počet pupenů, případně suků, nebo jiných defektů. Průměr vzorků se pohyboval od 5 do 20 mm a délka byla 120 mm. Odebrané vzorky byly uloženy do uzavřeného igelitového obalu. Takto upravené vzorky byly přepraveny a na nezbytně nutnou dobu uskladněny v chladničce.



Obr. 4.2.1.: Odebraný vzorek dřeviny.

Při realizaci vlastních experimentů byly vzorky umístěny do sušárny předem vyhřáté na teplotu 105 °C. V patnáctiminutových intervalech byl ze sušárny vyjmut předem stanovený počet vzorků (minimálně 3). Tyto vzorky byly podrobeny zkoušce. Mezi vzorky byl stanoven



etalon, který byl ještě před zahájením měření viditelně označen. Při každém vyjímání vzorků ze sušárny byla stanovena okamžitá hmotnost tohoto etalonu. Ke stanovení hmotnosti byly použity laboratorní váhy s přesností vážení  $\pm 0,01$  g. Měření pokračovalo ve čtvrt hodinových intervalech až do konstantní hmotnosti (úplného vysušení) etalonu.



*Obr. 4.2.2.: Vzorky uložené v laboratorní sušárně.*



*Obr. 4.2.3.: Stanovení hmotnosti etalonu na laboratorních vahách.*



#### 4.2.1.1 Měření meze pevnosti ve smyku dřevin v závislosti na obsahu vody

Měření meze pevnosti ve smyku bylo realizováno za účelem možnosti laboratorního stanovení změny parametrů štěpkování dřevin v závislosti na změně obsahu veškeré vody. Smyk je dominantním druhem namáhání při desintegraci dřevin pomocí štěpkování.

Z dostupných metod stanovení meze napětí dřeva ve smyku publikovaných v odborné literatuře nebyl nalezen metodicky popsáný postup měření, který by splňoval požadavky kladené potřebami simulace namáhání při štěpkování tak, jak vychází z metodiky řešení projektu. Dostupné metody vycházejí z norem ČSN 49 0118, *Mezra pevnosti v šmyku v smere vláken*, případně z ČSN 49 0119, *DREVO – Metóda zisťovania štiepatel'nosti*. Metodicky jsou řešení zaměřena na posouzení materiálu pro účely stavebnictví, nikoliv pro účely desintegrace. Z těchto důvodů byl sestaven vlastní metodický postup, na základě kterého byly stanoveny potřebné hodnoty. Získané výsledky byly porovnány s údaji v odborné literatuře.

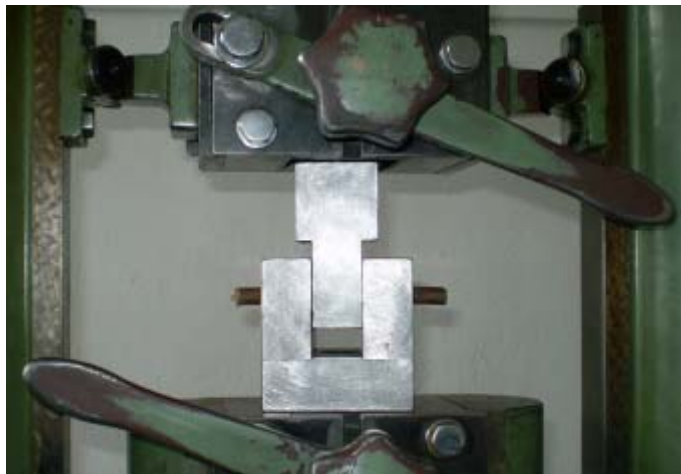
Mez napětí ve smyku připravených byla stanovena statickou zkouškou na mechanickém trhacím stroji.



Obr. 4.2.4.: Mechanický trhací stroj používaný při měření

Pro účely měření byl zhotoven přípravek pro měření meze napětí ve smyku. Konstrukce přípravku byla navržena s cílem objektivně simulovat způsob namáhání dřevní biomasy při desintegraci pomocí nožového štěpkovače.

Přípravek je vyroben z nástrojové oceli. Je vybaven úchyty, které umožňují jeho vložení do upínacích čelistí. Zkoumaný vzorek je pomocí přípravku namáhán na smyk ve dvou rovnoběžných rovinách. Výhodou tohoto přípravku je zajištění směru namáhání a snížení pravděpodobnosti ovlivnění výsledků měření vadami dřeva v místě namáhání. Přípravek je určen primárně k měření meze pevnosti ve smyku v příčné rovině.



*Obr. 4.2.5.: Přípravek pro měření meze pevnosti ve smyku s vloženým vzorkem dřeviny*

Před každým provedením rázové zkoušky byl stanoven průměr vzorku pomocí posuvného měřítka. Všechny stanovené hodnoty byly zaznamenány a tabelárně i graficky zpracovány v programu MS EXCEL. Výpočet výsledných hodnot byl realizován podle principu definovaném v ČSN 49 0118, s tím rozdílem, že měřené vzorky měly v rovině stříhu kruhový průřez a vzorek byl namáhán ve dvou rovinách.

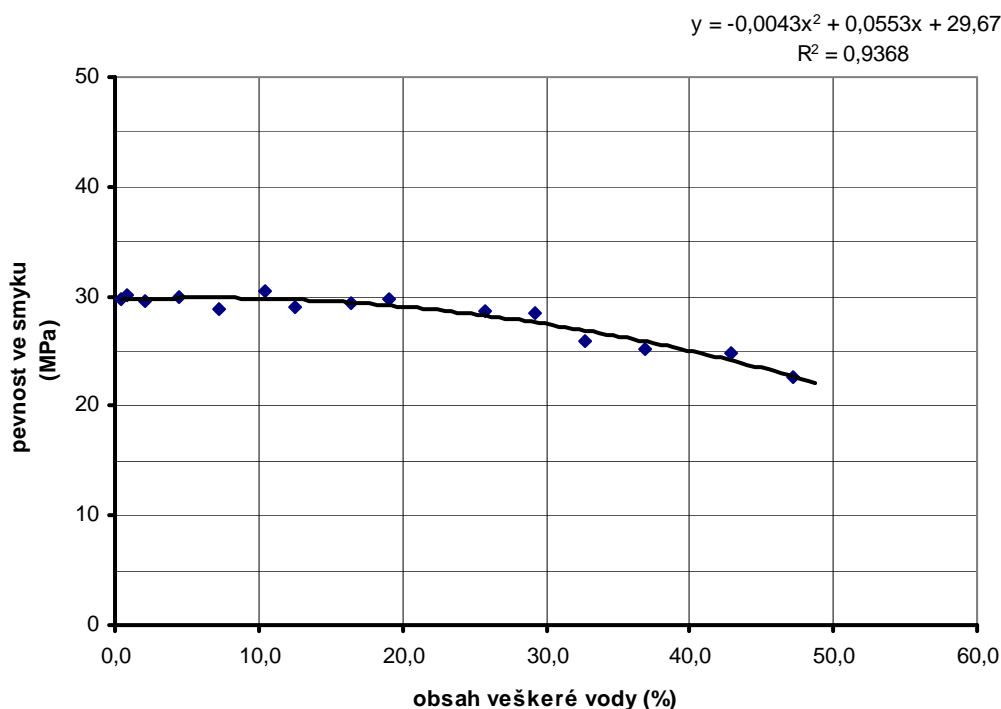
Výsledný vztah pro stanovení meze pevnosti ve stříhu pomocí přípravku tedy je:

$$\tau_{sm} = \frac{F_{max}}{\frac{\pi \cdot D^2}{2}} \quad (\text{MPa}) \quad (4.2.1)$$

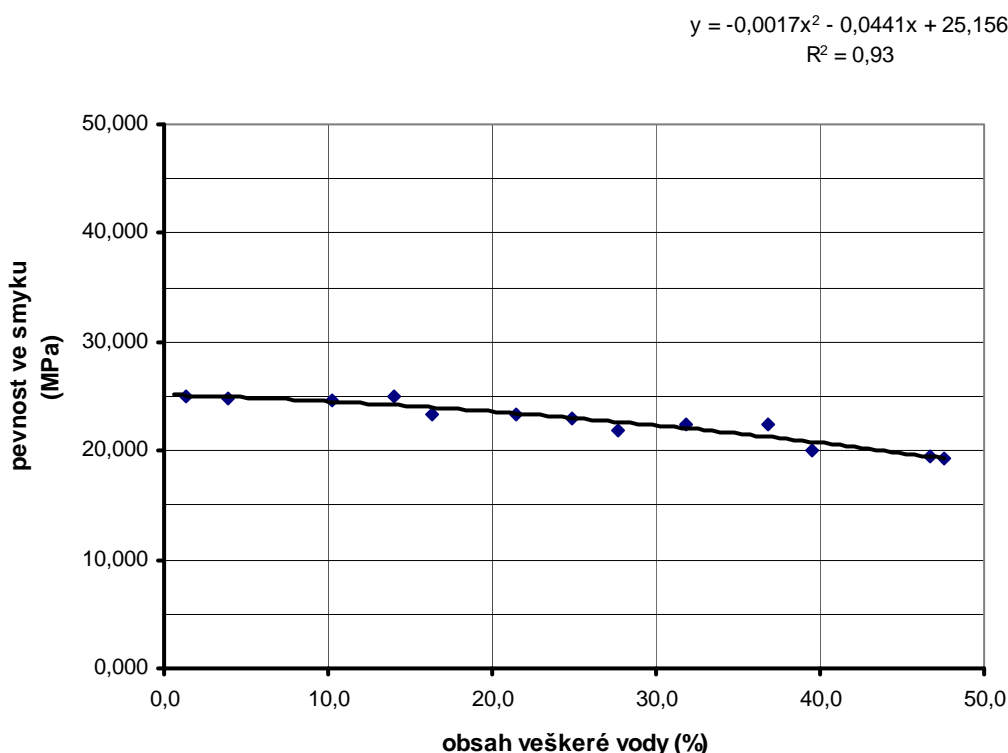
*Kde:*  $F_{max}$  je maximální síla (N)  
 $D$  je průměr vzorku (mm)

Rychlost posuvu při namáhání byla  $10 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ .

Průběh meze napětí ve smyku v závislosti na obsahu veškeré vody je graficky znázorněn na obrázcích *Obr. 4.2.6* a *Obr. 4.2.7*.



Obr. 4.2.6.: Průběh meze pevnosti ve smyku v závislosti na obsahu veškeré vody – topol



Obr. 4.2.7.: Průběh meze pevnosti ve smyku v závislosti na obsahu veškeré vody – vrba

Z provedených měření vyplývá, že s klesajícím obsahem veškeré vody ve dřevě jeho pevnost ve smyku roste. Při vysušení topolu z 47,1 % na 0 % obsahu veškeré vody se mez pevnosti ve smyku zvýšila z 22,3 MPa na 30,2 MPa což činí 35,4 %.

Vzorky vrby byly z původního obsahu veškeré vody 47,5 % vysušeny též na 0 %. Mez pevnosti ve smyku se v průběhu vysoušení zvýšila z 19,5 MPa na 25,0 MPa. To znamená o 28,2 %.

Odborná literatura [9] udává střední hodnotu variačního koeficientu pro mez napětí ve smyku  $\pm 14 \%$  od střední hodnoty. Dále autoři upozorňují, že v závislosti na druhu dřeva může být tento koeficient i vyšší. Hodnoty meze pevnosti ve smyku vybraných druhů dřev podle odborné literatury je uveden v tabulce *T4.2.01*.

Rozdíl v maximální hodnotě pro topol mezi naměřenou hodnotou a hodnotou, kterou udává tabulka je způsoben použitím různých klonů topolu. Významnou roli může hrát rychlost posuvu.

*T4.2.01: Parametry sklizně biomasy v okolí silnice*

druh dřeva	mez napětí ve smyku (MPa) – radiální směr namáhání		
	minimální hodnota	maximální hodnota	střední hodnota (pro 12 - 17 % obsahu veškeré vody)
topol	20,5	34,2	31,1
smrk	25,5	44,0	31,8
buk	41,2	65,1	52,3

Zdroj: [11]

#### 4.2.1.2 Měření houževnatosti dřevin v závislosti na obsahu vody

Na rozdíl od namáhání ve smyku je houževnatost jedním z hlavních ukazatelů vlastností dřevin při desintegraci pomocí kladivového drtiče, kdy dochází ke kombinaci dynamických rázů. Měřeným materiálem byl topol a vrba.

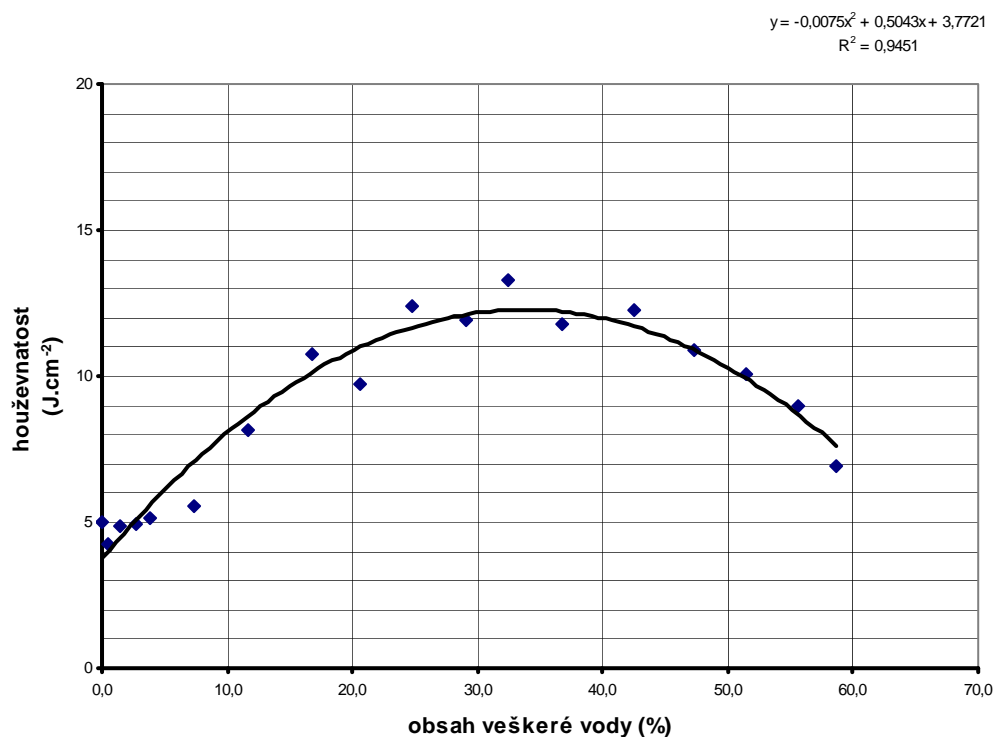
Houževnatost připravených vzorků byla stanovena rázovou zkouškou na Charpyho kladivu WDM 50 J podle ČSN 490117, *DREVO – rázová houževnatost v ohybe*.



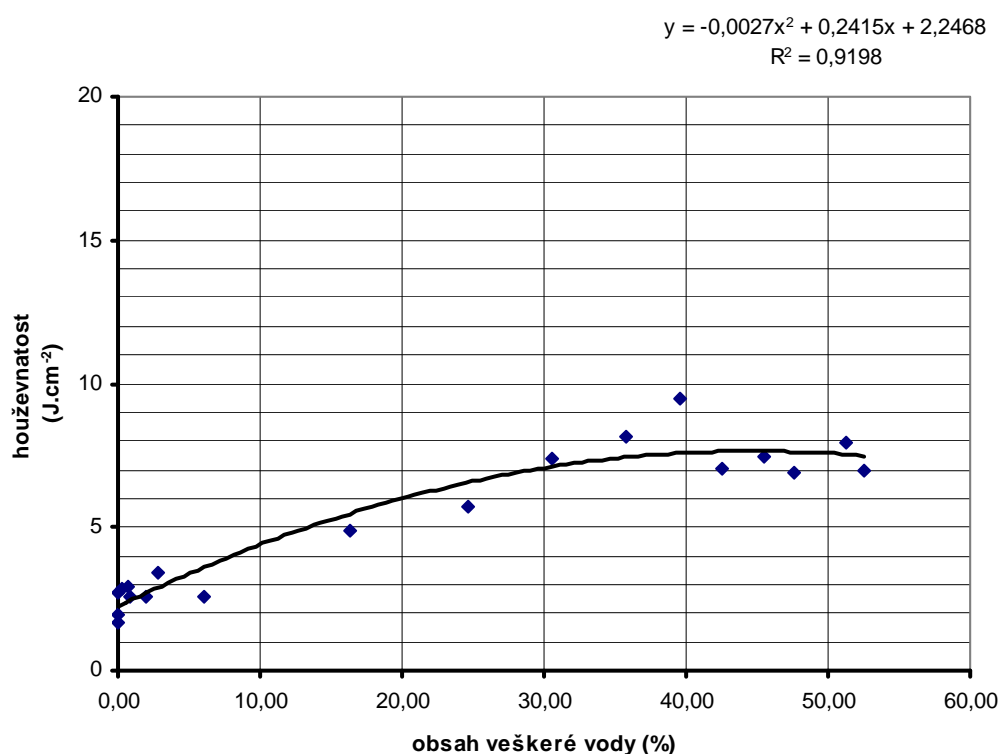
*Obr. 4.2.8.: Charpyho kladivo WDM 50 J*

Vzorky byly odebrány z pokusných energetických plantáží. Měřenými surovinami byly stejně jako v kapitole 4.2.1.1 vrba a topol. Odběr a příprava vzorků proběhla analogicky jako při stanovení meze pevnosti ve stříhu v kapitole 4.2.1.1.

Před každým provedením rázové zkoušky byl stanoven průměr vzorku pomocí posuvného měřítka. Všechny stanovené hodnoty byly zaznamenány a tabelárně i graficky zpracovány v programu MS EXCEL. Graficky zpracované výsledky jsou znázorněny na obrázcích *Obr. 4.2.9* až *Obr. 4.2.10*.



Obr. 4.2.9.: Průběh houževnatosti v závislosti na obsahu veškeré vody – topol



Obr. 4.2.10: Průběh houževnatosti v závislosti na obsahu veškeré vody – vrba

Z průběhu stanovených hodnot je zřejmé, že při nízkém obsahu vody vykazovaly vzorky nižší houževnatost. Tento fakt je v protikladu s průběhem meze pevnosti. To je také jeden z důvodů, proč je při desintegraci mokrého dřeva účelnější využívat štěpkovač.

V odborné literatuře jsou hodnoty houževnatosti dřeva stanovené rázovou zkouškou ojedinele a téměř vždy jako jedno číslo vztažené na konkrétní obsah veškeré vody. Hodnoty houževnatosti vybraných druhů dřev podle odborné literatury jsou uvedeny v tabulce T4.2.02.

**T4.2.02:** houževnatost vybraných druhů dřeva

druh dřeva	veškerý obsah vody (%)	houževnatost (J.cm <sup>-2</sup> )
topol	12	5
vrba	12	7
jabloň	15	13
meruňka	15	6
broskvoň	12	7
modřín	12	6
lípa	12	5
bříza	12	8,5
akát	12	1,1-1,5
smrk	12	4,6
buk	12	10

Zdroj: [9]

## 4.2.2 Stanovení a vyhodnocení parametrů desintegrace dřevní biomasy v provozních podmínkách

V kapitole 4.2.2 jsou popsány, porovnány a statisticky vyhodnoceny parametry desintegrace různých druhů dřevní hmoty při různém termínu zpracování, tedy při různém obsahu veškeré vody. Kapitola je rozdělena do třech částí. První část je věnována desintegraci čerstvé dřevní hmoty druhá část se věnuje desintegraci přirozeně zaschlé, venkovně skladované dřevní hmoty a třetí část obsahuje vzájemné porovnání těchto postupů.

### Desintegrace čerstvé dřevní hmoty

Pokusná měření byla prováděna v zimě a na jaře v letech 2007 a 2008 na stanovištích Velké Bílovice, Džbánov, Ostřetín, Ruzyně a Nový Jáchymov. Pro štěpkování byla využita odpadní dřevní hmota z réví, jabloní, lísek, meruněk a broskvoní. Jednotlivé druhy dřevní hmoty se liší charakterem, hlavně příčným průměrem prýtlů a tvrdostí dřeva.

Měřené exploatační a energetické parametry byly stanoveny pomocí mobilního štěpkovače PEZZOLATO 110 Mb poháněného čtyřtákním zážehovým motorem HONDA GX 120 o výkonu 9 kW. Stroj je vybaven diskovým dvounožovým štěpkovacím ústrojím, systémem non-stress pro zajištění rovnoměrného přísunu materiálu a zabránění poklesu otáček štěpkovacího ústrojí. Rozměry vkladacího hrdla jsou 110 x 115 mm, příčný průměr zpracovávaného dřeva uváděný výrobcem je 5–100 mm. Průměr zpracovaného dřeva se pohyboval od 10 do 20 mm.

Pro zvýšení objektivitu naměřených údajů byl při štěpkování kladen důraz na ostrost nožů, protiostrů, seřízení štěpkovacího mechanismu a nastavení otáček pracovního ústrojí. Stroj je vybaven digitálním otáčkoměrem a ovládání stroje umožňuje přesně nastavit otáčky štěpkovacího ústrojí a vkladacích válců. Výsledky hodnot zjištěné měřením a výpočtem uvádí T4.2.03.

**T4.2.03:** Výsledky hodnot zjištěné měřením a výpočtem

použité zařízení	typ štěpkovače	PEZZOLATO 110 Mb				
	výkonnost (t.h <sup>-1</sup> )	0,27	0,27	0,44	0,32	0,41
vlastnosti vstupního materiálu	charakter	réví	broskvoň	meruňka	líška	jabloň
	celkový obsah vody (%)	43,00	46,00	47,00	49,00	50,00
vlastnosti výstupního materiálu	hmotnost štěpky (kg)	78	90	162	111	83
	celkový obsah vody (%)	40,02	31,99	40,82	38,92	45,21
	průměrná velikost částic (mm)	4,33	4,70	5,03	4,43	4,70
	výhřevnost (MJ.kg <sup>-1</sup> )	9,36	9,36	9,36	9,86	10,86
	sypná hmotnost (kg.m <sup>-3</sup> )	458	504	320	436	555
	energetická hustota (GJ.m <sup>-3</sup> )	4,286 88	4,71744	2,9952	4,298 96	6,0273
spotřeba PHM (l)		0,63	0,78	0,69	0,72	0,41
celková spotřebovaná energie (MJ)		40,3	49,8	44,1	46,0	26,2
měrná spotřebovaná energie	(MJ.kg <sup>-1</sup> )	0,518	0,555	0,273	0,413	0,317
	(kWh.kg <sup>-1</sup> )	0,144	0,154	0,075	0,114	0,088

V následujícím tabulkové přehledu jsou uvedeny výsledky statistického vyhodnocení vlivu druhu dřevní hmoty na délku dřevní štěpky, měrnou spotřebovanou energii a výkonnost štěpkovače. Hodnocené parametry a hodnoty jsou v T4.2.03 ve žlutě vyznačených buňkách.



**T4.2.04: Analýza rozptylu (vliv druhu dřevní hmoty na délku štěpky)**

Zdroj variability	Součet čtverců	Stupně volnosti	Průměrný čtverec	Stat. F	Významnost	
Hlavní efekty	0,624	4	0,156	73,941	<b>0,0001</b>	
Délka částic	0,624	4	0,156	73,941	<b>0,0001*</b>	
Vysvětleno	0,624	4	0,156	0,002	73,941	<b>0,0001</b>
Chyba	0,011	5				
<b>Celkem</b>	<b>0,635</b>	<b>9</b>	<b>0,071</b>			

Poznámka: \* označuje statisticky průkazný rozdíl

**T4.2.05: Metoda následného testování Tukey – HSD (hodnoceno podle délky štěpky)**

Skupina	Příp.	Průměr	réva	líška	broskvoň	jabloň	meruňka
réva	2	4,3250			*	*	*
líška	2	4,4250			*	*	*
broskvoň	2	4,6950	*	*			*
jabloň	2	4,7000	*	*			*
meruňka	2	5,0400	*	*	*	*	

Poznámka: Významně odlišné páry ( $\alpha = 0,05$ ) jsou označeny \*

**T4.2.06: Analýza rozptylu (vliv druhu dřevní hmoty na měrnou spotřebovanou energii)**

Zdroj variability	Součet čtverců	Stupně volnosti	Průměrný čtverec	Stat. F	Významnost
Hlavní efekty	0,116	4	0,029	30,156	<b>0,0011</b>
Měrná spotř. energie	0,116	4	0,029	30,156	<b>0,0011</b>
Vysvětleno	0,116	4	0,029	30,156	<b>0,0011</b>
Chyba	0,005	5	0,001		
<b>Celkem</b>	<b>0,121</b>	<b>9</b>	<b>0,013</b>		

Poznámka: \* označuje statisticky průkazný rozdíl

**T4.2.07: Metoda následného testování Tukey – HSD (hodnoceno podle měrné spotřebované energie)**

Skupina	Příp.	Průměr	jabloň	réva	meruňka	líška	broskvoň
jabloň	2	0,2700			*	*	*
réva	2	0,3150				*	*
meruňka	2	0,4050	*				*
líška	2	0,5150	*	*			
broskvoň	2	0,7750	*	*	*		

Poznámka: Významně odlišné páry ( $\alpha = 0,05$ ) jsou označeny \*

**T4.2.08: Analýza rozptylu (vliv druhu dřevní hmoty na výkonnost)**

Zdroj variability	Součet čtverců	Stupně volnosti	Průměrný čtverec	Stat. F	Významnost
Hlavní efekty	0,052	4	0,013	14,648	<b>0,0057</b>
Spotřeba W	0,052	4	0,013	14,648	<b>0,0057*</b>
Vysvětleno	0,052	4	0,013	14,648	<b>0,0057</b>
Chyba	0,004	5	0,001		
<b>Celkem</b>	<b>0,056</b>	<b>9</b>	<b>0,006</b>		

Poznámka: \* označuje statisticky průkazný rozdíl

**T4.2.09: Metoda následného testování Tukey – HSD (hodnoceno podle výkonnosti)**

Skupina	Příp.	Průměr	broskvoň	réva	líška	jabloň	meruňka
broskvoň	2	0,2650				*	*
réva	2	0,2650				*	*
líška	2	0,3150					*
jabloň	2	0,4100	*	*			
meruňka	2	0,4350	*	*	*		

Poznámka: Významně odlišné páry ( $\alpha = 0,05$ ) jsou označeny \*

Z výsledků statistického vyhodnocení (T4.2.05) vyplývá, statistická průkaznost vlivu druhu dřevní hmoty na velikost střední velikost částic. Při hodnocení vlivu druhu dřevní hmoty na měrnou spotřebovanou energii byly prokázány odlišnosti. Vliv druhu dřeviny na výkonnost štěpkovače při desintegraci syrové biomasy souvisí zejména s tvarem částí rostlin vkládaných do stroje. Výkonnost při zpracování rovnějších dřevin (meruňka, líska, jablň) se liší od výkonnosti při desintegraci zakrouceného dřeva (broskev, réva).

### Měření parametrů desintegrace vyschlé dřevní hmoty

Pokusná měření byla realizována v létě a na podzim v letech 2007 a 2008 na stanovištích Velké Bílovice, Ostřetín, Nový Jáchymov, Proseč a Ruzyně u stejných druhů dřevin jako při měření parametrů desintegrace čerstvé dřevní hmoty. Dřevní hmota však byla venkovně bez zastřešení skladována, tudíž byla v přirozeně proschlém stavu.

Výsledky hodnot zjištěné měření a jejich statistické vyhodnocení stejným způsobem jako pro čerstvé dřevo jsou uvedeny v tabulkách T4.2.10 až T4.2.15.

**T4.2.10:** Výsledky hodnot zjištěné měření a výpočtem

použité zařízení	typ štěpkovače	PEZZOLATO 110 Mb				
	výkonnost (t.h <sup>-1</sup> )	0,22	0,15	0,18	0,19	0,21
vlastnosti vstupního materiálu	charakter	réví	broskev	meruňka	líska	jablň
	celkový obsah vody (%)	46,00	51,00	45,00	44,00	49,00
vlastnosti výstupního materiálu	hmotnost štěpky (kg)	62,50	130,40	67,20	72,70	124,00
	celkový obsah vody (%)	12,15	22,39	28,05	23,49	28,84
	průměrná velikost částic (mm)	9,29	8,24	7,77	8,17	8,26
	výhřevnost (MJ.kg <sup>-1</sup> )	9,36	11,86	9,36	9,36	9,86
	sypná hmotnost (kg.m <sup>-3</sup> )	432,00	401,00	420,00	428,00	451,00
	energetická hustota (GJ.m <sup>-3</sup> )	4,04	4,76	3,93	4,01	4,45
	spotřeba PHM (l)	0,55	1,65	0,75	0,72	1,10
	celková spotřebovaná energie (MJ)	35,14	105,42	47,92	46,00	70,28
měrná spotřebovaná energie	(MJ.kg <sup>-1</sup> )	0,56	0,81	0,47	0,63	0,57
	(kWh.kg <sup>-1</sup> )	0,16	0,22	0,22	0,18	0,16

**T4.2.11:** Analýza rozptylu (vliv druhu dřevní hmoty na délku štěpky)

Zdroj variability	Součet čtverců	Stupně volnosti	Průměrný čtverec	Stat. F	Významnost
Hlavní efekty	2,538	4	0,634	341,094	<b>0,0000</b>
Délka částic	2,538	4	0,634	341,094	<b>0,0000*</b>
Vysvětleno	2,538	4	0,634	341,094	<b>0,0000</b>
Chyba	0,009	5	0,002		
<b>Celkem</b>	<b>2,547</b>	<b>9</b>	<b>0,283</b>		

Poznámka: \* označuje statisticky průkazný rozdíl

**T4.2.12:** Metoda následného testování Tukey – HSD (hodnoceno podle délky štěpky)

Skupina	Příp.	Průměr	meruňka	líska	broskvoň	jablň	réva
meruňka	2	7,7650		*	*	*	*
líska	2	8,1700	*				*
broskvoň	2	8,2400	*				*
jablň	2	8,2600	*				*
réva	2	9,2850	*	*	*	*	

Poznámka: Významně odlišné páry ( $\alpha = 0,05$ ) jsou označeny \*

**T4.2.13: Analýza rozptylu (vliv druhu dřevní hmoty na měrnou spotřebovanou energii)**

Zdroj variability	Součet čtverců	Stupně volnosti	Průměrný čtverec	Stat. F	Významnost
Hlavní efekty	0,125	4	0,031	28,00	<b>0,0013</b>
Měrná spotř. energie	0,125	4	0,031	28,00	<b>0,0013*</b>
Vysvětleno	0,125	4	0,031	28,00	<b>0,0013</b>
Chyba	0,006	5	0,001		
<b>Celkem</b>	<b>0,131</b>	<b>9</b>	<b>0,015</b>		

Poznámka: \* označuje statisticky průkazný rozdíl

**T4.2.14: Metoda následného testování Tukey – HSD (hodnoceno podle měrné spotřebované energie)**

Skupina	Příp	Průměr	meruňka	réva	jabloň	líška	broskvoň
meruňka	2	0,5450				*	*
réva	2	0,7150					*
jabloň	2	0,7450					*
líška	2	1,0950	*				*
broskvoň	2	1,6500	*	*	*	*	

Poznámka: Významně odlišné páry ( $\alpha = 0,05$ ) jsou označeny \*

**T4.2.15: Analýza rozptylu (vliv druhu dřevní hmoty na výkonnost)**

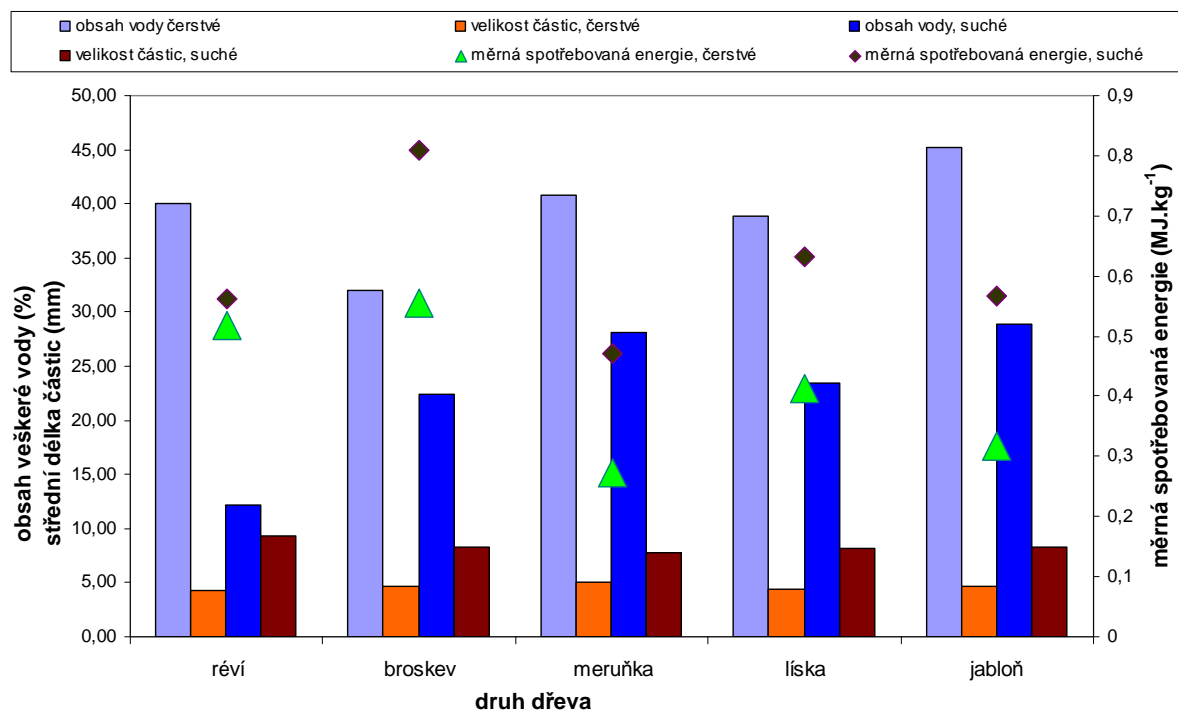
Zdroj variability	Součet čtverců	Stupně volnosti	Průměrný čtverec	Stat. F	Významnost
Hlavní efekty	0,006	4	0,001	1,274	0,3904
Výkonnost	0,006	4	0,001	1,274	0,3904
Vysvětleno	0,006	4	0,001	1,274	0,3904
Chyba	0,006	5	0,002		
<b>Celkem</b>	<b>0,012</b>	<b>9</b>	<b>0,001</b>		

Poznámka: \* označuje statisticky průkazný rozdíl

Při vyhodnocení parametrů desintegrace dřevní biomasy v proschlém stavu byl potvrzen vliv druhu dřeviny na délku výstupních částic v případě révy a meruňky. Réva (tenké zakroucené suché dřevo) vykazovala střední délku výstupních částic výrazně delší, než ostatní měřené dřeviny. Výstupní částice meruňky, která má rovnější větve, měly menší střední délku. Při desintegraci meruňky byla zjištěna rovněž nejnižší spotřebovaná měrná energie. Nejvyšší měrná spotřebovaná energie byla zjištěna při desintegraci broskve.

### Vzájemné porovnání parametrů desintegrace čerstvé a suché dřevní hmoty

Parametry získané v rámci předchozích měření byly vzájemně porovnány. Cílem bylo statistické vyhodnocení vlivu obsahu veškeré vody na parametry desintegrace a potvrzení, případně vyvrácení teoretických předpokladů získaných laboratorním měřením prezentovaných v kapitole 4.2.1.. Na obrázku 4.2.11 jsou graficky znázorněny naměřené a vypočtené parametry štěpkování vybraných druhů dřevin v čerstvém a zaschlém stavu.



Obr. 4.2.11.: Parametry štěpkování vybraných druhů dřevin v čerstvém a zaschlém stavu

#### T4.2.16: Analýza rozptylu (vliv druhu dřevní hmoty na délku štěpky)

Zdroj variability	Součet čtverců	Stupně volnosti	Průměrný čtverec	Stat. F	Významnost
Hlavní efekty	71,871	9	7,986	4023,008	<b>0,0000</b>
Délka štěpky	71,871	9	7,986	4023,008	<b>0,0000*</b>
Vysvětleno	71,871	9	7,986	4023,008	<b>0,0000</b>
Chyba	0,020	10	0,002		
<b>Celkem</b>	<b>1,891</b>	<b>19</b>	<b>3,784</b>		

Poznámka: \* označuje statisticky průkazný rozdíl

#### T4.2.17: Metoda následného testování Tukey – HSD (hodnoceno podle délky štěpky)

Skupina	Příp.	Průměr	réva <sub>i</sub>	líska <sub>i</sub>	broskv <sub>i</sub>	jabloň <sub>i</sub>	meru <sub>i</sub>	meru <sub>p</sub>	líska <sub>p</sub>	broskv <sub>p</sub>	jabloň <sub>p</sub>	réva <sub>p</sub>
réva <sub>j</sub>	2	4,3250			*	*	*	*	*	*	*	*
líska <sub>j</sub>	2	4,4250			*	*	*	*	*	*	*	*
broskv <sub>j</sub>	2	4,6950	*	*			*	*	*	*	*	*
jabloň <sub>j</sub>	2	4,7000	*	*			*	*	*	*	*	*
meru <sub>j</sub>	2	5,0400	*	*	*	*		*	*	*	*	*
meru <sub>p</sub>	2	7,7650	*	*	*	*	*		*	*	*	*
líska <sub>p</sub>	2	8,1700	*	*	*	*	*	*		*	*	*
broskv <sub>p</sub>	2	8,2400	*	*	*	*	*	*	*		*	*
jabloň <sub>p</sub>	2	8,2600	*	*	*	*	*	*	*	*		*
réva <sub>p</sub>	2	9,2850	*	*	*	*	*	*	*	*	*	

Poznámka: Významně odlišné páry ( $\alpha = 0,05$ ) jsou označeny \*

Označení xxxx<sub>j</sub> znamená čerstvou biomasu (zpracování převážně na jaře)

Označení xxxx<sub>p</sub> znamená suchou biomasu (zpracování převážně na podzim)

**T4.2.18: Analýza rozptylu (vliv druhu dřevní hmoty na měrnou spotřebovanou energii)**

Zdroj variability	Součet čtverců	Stupně volnosti	Průměrný čtverec	Stat. F	Významnost
Hlavní efekty	0,404	9	0,045	45,850	<b>0,0000</b>
Měrná spotř. energie	0,404	9	0,045	45,850	<b>0,0000*</b>
Vysvětleno	0,404	9	0,045	45,850	<b>0,0000</b>
Chyba	0,010	10	0,001		
<b>Celkem</b>	<b>0,414</b>	<b>19</b>	<b>0,022</b>		

Poznámka: \* označuje statisticky průkazný rozdíl

**T4.2.19: Metoda následného testování Tukey – HSD (hodnoceno podle měrné spotřebované energie)**

Skupina	Příp.	Průměr	jabloň <sub>j</sub>	réva <sub>p</sub>	réva <sub>j</sub>	meru <sub>j</sub>	líška <sub>j</sub>	líška <sub>p</sub>	meru <sub>p</sub>	broskv <sub>j</sub>	jabloň <sub>p</sub>	broskv <sub>p</sub>
jabloň <sub>j</sub>	2	0,4050		*	*			*	*	*	*	*
réva <sub>p</sub>	2	0,5450	*			*	*					*
réva <sub>j</sub>	2	0,6300	*			*	*					*
meru <sub>j</sub>	2	0,6850		*	*			*	*	*	*	*
líška <sub>j</sub>	2	0,7150		*				*		*	*	*
líška <sub>p</sub>	2	0,7150	*			*	*		*			*
meru <sub>p</sub>	2	0,7450	*			*		*				*
broskv <sub>j</sub>	2	0,7750	*			*	*					*
jabloň <sub>p</sub>	2	1,0950	*			*	*					*
broskv <sub>p</sub>	2	1,6500	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

Poznámka: Významně odlišné páry ( $\alpha = 0,05$ ) jsou označeny \*

Označení xxx<sub>j</sub> znamená čerstvou biomasu (zpracování převážně na jaře)

Označení xxx<sub>p</sub> znamená suchou biomasu (zpracování převážně na podzim)

**T4.2.20: Analýza rozptylu (vliv druhu dřevní hmoty na výkonnost)**

Zdroj variability	Součet čtverců	Stupně volnosti	Průměrný čtverec	Stat. F	Významnost
Hlavní efekty	0,171	9	0,019	18,766	<b>0,0000</b>
Výkonnost	0,171	9	0,019	18,766	<b>0,0000*</b>
Vysvětleno	0,171	9	0,019	18,766	<b>0,0000</b>
Chyba	0,010	10	0,001		
<b>Celkem</b>	<b>0,182</b>	<b>19</b>	<b>0,010</b>		

Poznámka: \* označuje statisticky průkazný rozdíl

**T4.2.21: Metoda následného testování Tukey – HSD (hodnoceno podle výkonnosti)**

Skupina	Příp.	Průměr	broskv <sub>p</sub>	meru <sub>p</sub>	líška <sub>p</sub>	jabloň <sub>p</sub>	réva <sub>p</sub>	broskv <sub>j</sub>	réva <sub>j</sub>	líška <sub>j</sub>	jabloň <sub>j</sub>	meru <sub>j</sub>
broskv <sub>p</sub>	2	0,1450								*	*	*
meru <sub>p</sub>	2	0,1800								*	*	*
líška <sub>p</sub>	2	0,1900								*	*	*
jabloň <sub>p</sub>	2	0,2050								*	*	*
réva <sub>p</sub>	2	0,2150								*	*	*
broskv <sub>j</sub>	2	0,2650								*	*	*
réva <sub>j</sub>	2	0,2650								*	*	*
líška <sub>j</sub>	2	0,3150	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
jabloň <sub>j</sub>	2	0,4100	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
meru <sub>j</sub>	2	0,4350	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

Poznámka: Významně odlišné páry ( $\alpha = 0,05$ ) jsou označeny \*

Označení xxx<sub>j</sub> znamená čerstvou biomasu (zpracování převážně na jaře)

Označení xxx<sub>p</sub> znamená suchou biomasu (zpracování převážně na podzim)

Obsah veškeré vody (rozdíl mezi čerstvou a zaschlou rostlinnou biomasou) má vliv na parametry desintegrace. Vliv na střední délku částic byl prokázán ve všech sledovaných vzorků materiálu. Vliv na energetickou náročnost byl potvrzen ve všech případech s výjimkou réví. Vliv na výkonnost (zvýšení) byl prokázán u čerstvé jabloně, meruňky a lísky.

Měření potvrdilo teoretický předpoklad nižší energetické náročnosti (měrné spotřebované energie) štěpkování čerstvé dřevní hmoty v porovnání se zaschlou či přímo suchou dřevní hmotou

## Obsah

<b>OBSAH .....</b>	<b>3</b>
<b>1. ÚVOD.....</b>	<b>4</b>
<b>2. STRUČNÉ ZHODNOCENÍ PRŮBĚHU ŘEŠENÍ.....</b>	<b>4</b>
<b>3. CÍL ŘEŠENÍ.....</b>	<b>5</b>
<b>4. VÝSLEDKY DOSAŽENÉ V ROCE 2008 .....</b>	<b>6</b>
4.1. A01/08– STANOVENÍ PARAMETRŮ ZDROJŮ SUROVIN .....	6
4.1.1 <i>Hodnocení produkce odpadního dřeva po zimním řezu vinic.....</i>	<i>6</i>
4.1.2 <i>Hodnocení produkce odpadní biomasy v okolí železnice.....</i>	<i>8</i>
4.1.3 <i>Hodnocení produkce odpadní biomasy v okolí silnice .....</i>	<i>10</i>
4.1.4 <i>Hodnocení produkce odpadního dřeva v komunální sféře.....</i>	<i>13</i>
4.2. A02/08– ZPRACOVÁNÍ VÝŘEZŮ ZE SADŮ A VEŘEJNÝCH PROSTRANSTVÍ DO FORMY BEP .....	15
4.2.1 <i>Závislost parametrů desintegrace dřevní biomasy na obsahu vody a jejich ověřování v laboratorních podmínkách .....</i>	<i>15</i>
4.2.1.1 <i>Měření meze pevnosti ve smyku dřevin v závislosti na obsahu vody.....</i>	<i>17</i>
4.2.1.2 <i>Měření houževnatosti dřevin v závislosti na obsahu vody.....</i>	<i>21</i>
4.2.2 <i>Stanovení a vyhodnocení parametrů desintegrace dřevní biomasy v provozních podmínkách .....</i>	<i>24</i>