

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů



**Technologická specifika výroby třískových desek  
ze stonků řepky**

Bakalářská práce

Autor: Miroslav Němec

Vědoucí práce: Ing. et Ing. Štěpán Hýsek, Ph.D.

2020

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Miroslav Němec

Dřevařství  
Dřevařství

Název práce

**Technologická specifika výroby třískových desek ze stonků řepky**

Název anglicky

**Technological specifics of the production of particleboards from rapeseed stalks**

---

### Cíle práce

Cílem práce je identifikace technologických specifík a rozdílů výroby třískových desek ze stonků řepky oproti výrobě dřevotřískových desek. Dílčím cílem práce je kvantifikace rozdílů ve vybraných technologických uzlech.

### Metodika

V teoretické části se student zaměří na popis struktury a vlastností třískových desek vyrobených z posklizňových zbytků. Dále se zaměří na proces výroby třískových desek. V praktické části student navštíví výrobní podnik dřevotřískových desek a na jednotlivých stanovištích identifikuje technologická specifika výroby třískových desek ze stonků řepky. Popíše rozdíly zamýšlené výroby v porovnání s výrobou dřevotřískových desek a vybrané rozdíly kvantifikuje.

## Doporučený rozsah práce

30 – 40 str. textu; 10 – 20 str. příloh

## Klíčová slova

Kompozitní materiály na bázi dřeva, aglomerované materiály, třískové desky, řepka, posklizňové zbytky, technologická specifikace

---

## Doporučené zdroje informací

Čížek, J. Vlastnosti a zpracování třískových a vláknitých desek. Praha: SNTL – Státní nakladatelství technické literatury, 1985. ISBN: 04-840-85

Hrázský, J. – Král, P. Kompozitní materiály na bázi dřeva. Část I.: Aglomerované materiály. V Brně : Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2007. ISBN 978-80-7375-034-3

Hrázský, J. – Král, P. Technologie výroby aglomerovaných materiálů. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2000. ISBN 80-7157-428-7

ŠTEFKA, V. – TECHNICKÁ UNIVERZITA VO ZVOLENE. KATEDRA MECHANICKEJ TECHNOLOGIE DREVA. *Kompozitné drevné materiály. Časť II., Technológia aglomerovaných materiálův.* Zvolen: Technická univerzita, 2002. ISBN 80-228-1136-.

---

## Předběžný termín obhajoby

2019/20 LS – FLD

## Vedoucí práce

Ing. et Ing. Štěpán Hýsek, Ph.D.

## Garantující pracoviště

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů

Elektronicky schváleno dne 27. 6. 2019

**doc. Ing. Milan Gaff, Ph.D.**

Vedoucí ústavu

Elektronicky schváleno dne 22. 2. 2020

**prof. Ing. Róbert Marušák, Ph.D.**

Děkan

V Praze dne 08. 03. 2020

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Technologická specifika výroby třískových desek ze stonků řepky“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. et Ing. Štěpána Hýska, Ph.D. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že zveřejněním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Praze dne 12. 6. 2020

.....

Miroslav Němec

Tímto bych chtěl poděkovat Ing. et Ing. Štěpánu Hýskovi, Ph.D. za jeho odborné vedení, cenné rady a především za ochotu, se kterou odpovídal na všechny mé dotazy. Dále bych rád poděkovat firmě Dřevozpracující družstvo Lukavec za to, že mi umožnila navštívit jejich provoz a panu Ladislavu Heřmánkovi za poskytnuté informace a čas, který mi věnoval.

## Abstrakt

V této práci byly specifikovány podobnosti a rozdíly výrobních procesů a parametrů jednotlivých kroků výroby dřevotřískových desek a uvažované výroby třískových desek ze stonků řepky. Specifikace byla provedena na výrobní postup využívaný na lince výroby dřevotřískových desek ve Dřevozpracujícím družstvu Lukavec. Student nejdříve navštívil daný provoz, kde získal data o výrobě dřevotřískových desek, která následně porovnával s odpovídajícími daty pro řepku, její stonky a řepkové třískové desky, které byly zjištěny z odborných publikací, vědeckých pracovníků a firem, zabývajících se danou problematikou, či vlastním měřením. V případě zjištění rozdílů v některém z výrobních parametrů či výrobních postupů bylo navrženo jeho řešení. Bylo zjištěno, že problémem zavedení výroby třískových desek ze stonků řepky by byla cena a dostupnost zamýšlené suroviny. Pro pěstitele řepky olejky by byla zásadní změna ve způsobu sklizně řepky. Pro samotného výrobce dřevotřískových desek by k největším změnám docházelo při procesu skladování materiálu a dále v přidání výrobních kroků před procesem roztřískování suroviny. V dalších krocích výroby by nastala v případě použití řepkových stonků potřeba úpravy výrobních parametrů jednotlivých kroků. Pro lepší technologickou specifikaci výroby třískových desek ze stonků řepky by bylo třeba u některých vlastností suroviny a výrobních parametrů další podrobnější studie.

Klíčová slova: technologická specifika, dřevotřísková deska, stonky řepky, proces výroby DTD

## Abstrakt

In this work, the similarities and differences of production processes and parameters of individual steps of particleboards production and considered production of particleboards from rapeseed stalks were specified. The specification was made for the production process used on the particleboards production line in the Dřevozpracující družstvo Lukavec. The student first visited the plant, where he obtained data on the production of particleboards, which he then compared with the corresponding data for rape, rapeseed stems and particleboards from rape, which were found from professional publications, scientists and companies dealing with the issue or their own measurements. In case of finding differences in any of the production parameters or production processes, its solution was proposed. It was found that the problem of introducing the production of particleboards from rapeseed stalks would be the price and availability of the intended raw material. For oilseed rape growers, a change in the way rapeseed is harvested would be crucial. For the particleboard manufacturer himself, the biggest changes would occur during the material storage process and also in the addition of production steps before the raw material chipping process. In the next steps of production, in the case of the use of rapeseed stalks, it would be necessary to adjust the production parameters of the individual steps. For a better technological specification of the production of particleboards from rapeseed stalks, a more detailed study would be needed for some properties of the raw material and production parameters.

Keywords: technological specifics, particleboard, rape stems, particleboard production process

## Obsah

1	Úvod.....	11
2	Cíl práce.....	12
3	Teoretický rozbor problematiky .....	13
3.1	Dřevozpracující družstvo Lukavec .....	13
3.1.1	Dřevotřísková deska (Lukapol).....	14
3.2	Řepka olejka .....	16
3.2.1	Sklizeň řepkové slámy.....	16
3.2.2	Skladování slámy .....	18
3.2.3	Samozahřívání a samovznícení slámy .....	19
3.3	Třískové desky .....	20
3.3.1	Rozdělení a vlastnosti třískových desek.....	20
3.3.2	Vyráběné třískové desky z posklizňových zbytků.....	22
3.4	Proces výroby dřevotřískových desek.....	23
3.4.1	Skladování.....	23
3.4.2	Skladování třísek .....	24
3.4.3	Úprava vstupní suroviny .....	26
3.4.5	Dezintegrace dřevní hmoty.....	27
3.4.6	Sušení třísek .....	32
3.4.7	Třídění a domílání třísek.....	33
3.4.8	Nanášení lepicí směsi .....	35
3.4.9	Vrstvení třískového koberce .....	37
3.4.10	Lisování třískových desek .....	39
3.4.11	Dokončování dřevotřískových desek .....	42
4	Praktická část.....	44
4.1	Metodika .....	44
4.1.1	Zpracování dat.....	44



4.1.2	Materiál.....	45
4.1.3	Postup měření .....	45
4.2	Výsledky a diskuze.....	46
4.2.1	Sklizení řepkové slámy.....	46
4.2.2	Spotřeba a nákup suroviny .....	48
4.2.3	Skladování materiálu .....	50
4.2.4	Dezintegrace dřevní hmoty.....	54
4.2.5	Sušení třísek .....	57
4.2.6	Třídění a domílání třísek.....	59
4.2.7	Nanášení lepicí směsi .....	60
4.2.8	Vrstvení třískového koberce .....	64
4.2.9	Lisování třískových desek .....	67
4.2.10	Chlazení a kondenzování desek .....	75
5	Závěr.....	76
6	Seznam použitých zdrojů .....	78
7	Přílohy.....	83

## Seznam tabulek

Tabulka 1: Desky pro vnitřní vybavení (včetně nábytku) pro použití v suchém prostředí (typ P2) - Požadavky na specifické mechanické vlastnosti .....	22
Tabulka 2: Měrný povrch smrkových třísek a měrný nános lepidla .....	37
Tabulka 3: Přepočtové koeficienty obsahu dusíku, fosforu a draslíku v řepkové slámě .....	49
Tabulka 4: Bezpečnostní vzdálenosti volných skladů sena a slámy od vybraných druhů objektu, lesů a komunikací .....	52
Tabulka 5: Parametry třísek dle jednotlivých studií .....	54
Tabulka 6: Chemické složení řepkové slámy ve srovnání se smrkovým dřevem .....	63
Tabulka 7: Parametry výroby TD podle studií .....	74

## Seznam obrázků

Obrázek 1: Přehled prodeje DDL podle výrobků .....	14
Obrázek 2: Schéma horizontálního zásobníku.....	25
Obrázek 3: Vertikální zásobník s různými způsoby vyhrnování materiálu.....	26
Obrázek 4: Schéma diskové sekačky .....	28
Obrázek 5: Schéma bubnové sekačky .....	29
Obrázek 6: Princip roztřískování nožovým prstencem .....	31
Obrázek 7: Znázorněné pojmy úhel a délka vrstvení .....	38
Obrázek 8: Schéma vrstvicí a lisovací linky za použití plnicího systému Flexopan .....	40
Obrázek 9: Ideální hustotní profil DTD: levá část - broušená DTD; pravá část - nebroušená DTD.....	41
Obrázek 10: Rozdílné faktory skladování řepkové slámy oproti dřevní hmotě .	51
Obrázek 11: Schéma zařazení potřebných operací do současného procesu výroby třísek.....	56
Obrázek 12: Schéma procesu nanášení lepicí směsi a faktory ovlivňující tento proces .....	62
Obrázek 13: Schéma jednotlivých operací během vrstvení třískového koberce a faktory ovlivňující proces vrstvení při použití třísek z řepkové slámy .....	65
Obrázek 14: Naskenované obrázky ukazující morfologii panelů se zvyšujícím se obsahem řepkových částic.....	71

## Seznam grafů

Graf 1: Závislost kumulativní četnosti třísek na frakci třísek.....	60
Graf 2: Kompresní chování vrstveného koberce ze dřeva a slámy .....	68
Graf 3: Kolísání teploty jádra desky v závislosti na lisovacím čase.....	69
Graf 4: Změny tlaku plynu v jádru desky v závislosti na lisovacím čase .....	70

## 1 Úvod

Stále se zvyšující požadavky na velikost objemu dodávaného dřeva dřevařským a energetickým průmyslem a důraz na recyklaci vedou ke snaze částečně či úplně nahradit dřevní hmotu v kompozitních materiálech na bázi dřeva posklizňovou biomasou ze zemědělství. Zatímco na trhu lze najít kompozitní materiály vyrobené například z pšeničné slámy (Chesapeake Plywood, 2020; Novofibre, 2020), tak výroba kompozitních materiálů ze stonků řepky (*Brassica napus*) je zatím pouze ve fázi výzkumu.

Řepka olejka (*Brassica napus*) je jednoletá rostlina a řadí se mezi světově nejdůležitější olejninu. Pěstuje se pro potravinářský průmysl a v současné době stoupá její význam pro výrobu biopaliv. Její sláma, jakožto druhotný produkt, se převážně využívá jako tzv. zelené hnojivo a v malé míře je využívána pro energetické účely.

Podle Českého statistického úřadu je v roce 2020 osevní plocha řepky ozimé 369 370 ha (ČSÚ, 2020). Při výtěžnosti řepkových stonků 6 t/ha (Markytán, 2009) bude jen v České republice vyprodukováno přibližně 2,2 milionů tun stonků řepky, které by mohly být potenciálně využity ve dřevařském, stavebním, papírenském či chemickém průmyslu pro výrobu produktů přidanou hodnotou.

Tato práce je zaměřena na využití řepkových stonků pro výrobu třískových desek. Konkrétně se zabývá specifikací podobností a rozdílů ve výrobních procesech a parametrech zamýšlené produkce třískových desek ze stonků řepky se stávající výroby dřevotřískových desek.

První část teoretického rozboru problematiky je věnována krátkému popisu Dřevozpracujícího družstva Lukavec (dále DDL), které student pro vypracování své práce navštívil, a dále je v této části popsána dřevotřísková deska Lukapol vyráběná DDL, jelikož s technologickými specifiky výroby této desky byl student seznámen. Další část teoretické práce je věnována řepce olejce, její sklizni a všeobecně skladování slámy. Následuje část, která specifikuje třískové desky, jejich rozdělení a požadované vlastnosti. V této části jsou dále zmíněny v současnosti vyráběné třískové desky z posklizňových zbytků. Poslední část teoretické práce se věnuje popisu jednotlivých operací výroby dřevotřískových desek.

V praktické části student kvalifikuje změny ve sklizni řepky při jejím možném využití při výrobě třískových desek. Dále student porovnává získaná technologická specifika výroby DTD ve společnosti DDL s odpovídajícími daty týkající se využití řepky, která byla získána především z odborných publikací.

## 2 Cíl práce

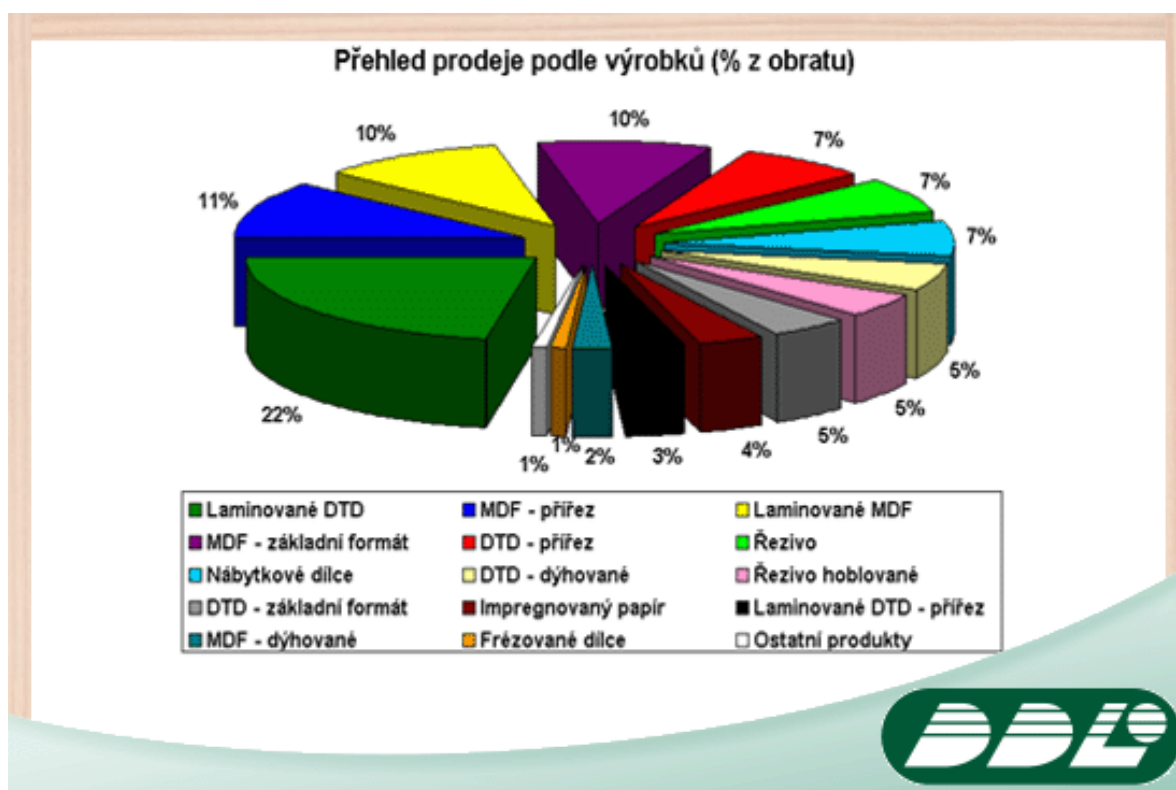
Cílem práce je identifikace technologických specifik a rozdílů výroby třískových desek ze stonků řepky oproti výrobě dřevotřískových desek navštíveného výrobního podniku. Dílčím cílem práce je kvantifikace rozdílů ve vybraných technologických uzlech.

### 3 Teoretický rozbor problematiky

#### 3.1 Dřevozpracující družstvo Lukavec

Dřevozpracující družstvo Lukavec (dále DDL) je česká středně velká firma a významný výrobce řeziva a deskových materiálů na bázi dřeva působící na trhu od roku 1953. Společnost se specializuje na výrobu širokého sortimentu nábytkových dílců, především z laminovaných dřevotřískových a MDF desek, různých kvalit (standardní nábytkářská, speciální pro lakování, frézování atd.). Nábytkové dílce vyrábí společně s dceřinou firmou DH Dekor, s.r.o., jejíž rozhodující předmět činnosti společnosti navazuje na výrobní program Dřevozpracujícího družstva (výrobu deskových materiálů) a tvoří další stupeň úpravy deskových materiálů laminováním a následně pak i formátováním a výrobou nábytkových dílců. Společnost dále vyrábí impregnovaný papír různých dekorů a rozměrů (DDL, 2020)

Přibližně 60 % celkové produkce společnosti je exportováno do více než dvou desítek evropských států. Společnost je držitelem mnoha certifikátů a splňuje požadavky normy ISO 9001:2015 (DDL, 2020).



Obrázek 1: Přehled prodeje DDL podle výrobků (DDL, 2020)

### 3.1.1 Dřevotřísková deska (Lukapol)

Dřevotřískové desky (DTD) - LUKAPOL - jsou plošně lisovaným deskovým materiálem, který se vyrábí ze stoprocentní dřevité hmoty jehličnatých a listnatých dřevin spojovaných kvalitní a zdravotně nezávadnou močovinoformaldehydovou pryskyřicí. Jejich povrch je přírodní a můžeme v něm rozeznat drobnou kresbu a barvu rozemleté dřevěné drti, respektive všesměrně uložených třísek, zpravidla ve třech vrstvách (DDL, 2020).

Desky jsou broušené a vzhledem k nízkému množství uvolnitelného formaldehydu (E1) jsou určeny pro suché prostředí. Desky můžeme dále povrchově upravovat například laminováním nebo dýhováním (DDL, 2020).

Dřevotřískové desky se vyrábějí pro mnoho různých účelů využití především však pro výrobu nábytku a vnitřní vybavení interiérů. Mezi výhody tohoto materiálu patří vysoká pevnost v tahu za ohybu, odolnost proti oděru, poškrábání, nárazu a chemikáliím, dobrá opracovatelnost a rychlá a snadná montáž. Ve všech parametrech vyhovují normám ČSN EN 312 deskám typu P2 (DDL, 2020).

**Hustota:** 590 - 740 kg/m<sup>3</sup>

**Tloušťka:** 8 – 38 mm

**Základní formát:** 2.840 x 1.830 mm

Standardní produkce a skladový program ve všech tloušťkách

(8, 10, 12, 13, 16, 18, 19, 22, 25, 28, 30, 32, 36, 38 mm)

- prodej v základním formátu
- přířezy z dřevotřískových desek
- dřevotřískové desky dýhované
- dřevotřískové desky laminované

Prohlášení o vlastnostech dřevotřískových desek Lukapol P2 je uvedeno v příloze 1.

## 3.2 Řepka olejka

Řepka olejka (*Brassica napus L. var. napus*) se řadí mezi dvouděložné rostliny čeledi brukvovitých (*Brassicaceae*), kam náleží také plodiny jako hořčice, tuřín, vodnice, brukev. Řepka je jednoletá olejnina pěstovaná v mírném a subtropickém pásmu, kterou lze dělit podle začátku kvetení, ale zejména podle doby zásevu na ozimou a jarní řepku. *Brassica napus L.* je 80 až 150 cm vysoká rostlina. Květy jsou malé a sytě žluté barvy (Malina, 2013)

Hlavním produktem řepky je olej, který se získává ze semen. Tento olej se používá v potravinářství, chemickém průmyslu k výrobě biopaliv (bionafty), ve farmacii a dále také k výrobě mazacích a hydraulických olejů, fermeží, kosmetických produktů, mýdel, pracích prostředků a masážních olejů. Výlisky ze semen se dají využít jako krmivo pro hospodářská zvířata (Malina, 2013).

Řepková sláma je druhotným produktem pěstování řepky olejky. Velmi výrazně převažuje použití řepkové slámy jako zeleného hnojiva, sláma je tedy rozdrcena a zaorána do půdy. U zaorávky hrozí rozšíření škodlivých činitelů významných pro řepku olejku. Mnohem méně se u nás využívá ekonomicky výhodnější peletizace slámy pro energetické účely. Pelety z řepkové slámy mají výhřevnost srovnatelnou s hnědým uhlím nebo dřevěnými briketami tedy přibližně 15-19 MJ/kg (Bejlek, Sladký, 2012; Malina, 2013).

### 3.2.1 Sklizeň řepkové slámy

Jak již bylo zmíněno, řepka je pěstována pro svá semena, její sláma je pouze druhotný produkt. Proto je v ČR v současné době nejčastější postup sklizení řepky sklízecí mlátičkou. Ta z důvodu snížení průtoku hmoty sklízecím ústrojím odděluje část rostliny výše nad zemí, a tedy většina stonku se stane součástí strniště. Často je aplikován systém rozdružení a následného rozptýlu slámy po pozemku drtičem umístěným v zadní části sklízecí mlátičky. Následným jediným možným využitím je zapravení slámy do půdy jako hnojivo (Souček, 2011).



Při možném průmyslovém či energetickém využití řepkové slámy je třeba sklizeň upravit a zaměřit se na efektivitu sklizně slámy a nejen zrna. V takovém případě jsou téměř výhradně využívány technologie sklizně s využitím sklízecího lisu nebo sklízecí řezačky. V obou případech se jedná o dvoufázovou sklizeň, kdy v první fázi jsou oddělena semena či vrchní část rostlin, ve druhé fázi dochází ke sklizni samotné slámy (Souček, 2009).

Technologie sklizně sklízecí řezačkou materiál sbírá buď přímo z řádků, nebo pomocí žacíh adaptérů lze sklízet slámu nastojato. Vzniklý materiál – řezanka, je metán do velkoobjemových dopravních prostředků, kterými je materiál dopravován na místo skladování. Doprava, manipulace a skladování řezanky je velmi nákladná, proto se využívá především zpracování slámy do balíků (Javorek, 2009; Souček, 2009).

V případě sklizně slámy za použití sklízecího lisu se v zemědělské praxi využívá téměř výhradně technologie lisování do hranolových nebo válcových balíků. Klasickou alternativou postupu je sušení slámy na řádcích s případným shrnováním a následné balíkování pomocí sklízecího nesamojízdného lisu integrovaného s traktorem. Balíky lze rozdělit na malé, hranolové o hmotnosti 20 až 35 kg, které umožňují ruční manipulaci, velké válcové a velké hranolové, kde se hmotnosti pohybují od 190 do 600 kg a je třeba mechanizované manipulace (Souček, 2009; Souček, 2011).

Sláma řepky je dřevnatá a výborně se v suchém stavu drtí kladívkovými drtiči na řezanku i při obsahu vody více než 20 % hm. Slámu je přesto nutné sklídit s co nejnižším obsahem vody, aby se zamezilo plesnivění balíků (Bejlek, Sladký, 2012)

### 3.2.2 Skladování slámy

Místo skladování je třeba volit s ohledem na co nejmenší vzdálenost k odběrateli. Vlhkost materiálu je třeba držet na nízkých hodnotách do 17 %, aby bylo minimalizováno napadení slámy plísněmi, hnilobou, houbami či dalšími škodlivými činiteli. Výhodou dostatečně zhuštěných balíků (jejichž sláma byla před lisováním dosušena) je fakt, že materiál po slisování navlhá pouze v povrchové vrstvě (Souček, 2009).

Nejvhodnější je skladovat slámu v zastřešených prostorech, čímž se zamezí vlivům změn vlhkosti vlivem deště. Vzhledem k hodnotě slámy by měli být kryté skladovací prostory pro slámu co nejlevnější. Masivní budovy zvyšují náklady na uskladnění, údržba a odpisy jsou vyšší, než je samotná cena slámy. Optimálně by odpisy těchto budov neměli překročit jednu třetinu ceny materiálu (Maléř, 1982).

Při stohování balíků slámy musí vést k ploše pro stavbu stohů pevná přístupová cesta. Je požadována rovná plocha terénu, která nezadržuje dešťovou vodu. Nevhodné jsou prostory s rovnou betonovou plochou (Bejlek, Sladký, 2012).

Při skladování ve stozích, které jsou dobře tvarované a je-li jejich vrchní vrstva upravena do střechovitého tvaru, je sláma vlivem deště poškozována pouze velmi málo. Při skladování volně ve stozích mizí jednorázová investice v podobě krytého skladu, je ale třeba vlivem znehodnocení části slámy sklídit o něco více materiálu, vznikají tedy každým rokem určité zvýšené provozní náklady (Maléř, 1982).

Aby se u lisovaných balíků zabránilo znehodnocení povrchových vrstev slámy, je třeba stohy překrýt volnou řezankou slámy, která slouží jako ochranná vrstva. Tloušťka této vrstvy se v závislosti na vydatnosti srážek pohybuje kolem 300 až 600 mm. Balíky lze chránit také PVC fólií, jedná se ale o drahý způsob a může dojít k tomu, že voda kondenzující na vnitřní straně folie znehodnotí určitou část slámy (Maléř, 1982).

Jevič a kol. (2008) uvádí podmínky pro stavbu stohů následovně:

- Stohy musí být staticky pevné, aby nedošlo ke zhroucení
- Balíky se musí ukládat tak, aby měl stoh kvadratický tvar
- Balíky musí doléhat tak, aby do stohu nezatékalo
- Stoh musí být zakryt plachtou nebo zasypán volně loženou slámou
- Vlhkost slámy ve stohu v jakékoli jeho části nesmí překročit 14 %

Jednotlivé stohy je třeba pojistit proti požárům. Způsob skladování řeší předpisy na úseku požární ochrany příloha č. 1 vyhlášky č. 246/2001 Sb., (vyhláška o požární prevenci) (Bejlek, Sladký, 2012).

### 3.2.3 Samozahřívání a samovznícení slámy

K tomuto procesu dochází při skladování vlhké slámy (nad 20 %), či slámy s obsahem zelených příměsí, které obsahují glycidy, což je živné pole pro bakterie. Samozahřívání způsobují anaerobní bakterie, které rozkládají celulózu, bílkoviny a uhlovodany. Rozkladem těchto částic se teplota zvýší zhruba na 45 °C. Při této teplotě anaerobní bakterie umírají a množí se pouze bakterie termofilní, které jsou schopny látkové výměny až do teploty 75 °C. Samovznícení nastává při teplotě 80 až 85 °C, kdy dochází k prudkému rozkladu bílkovin za vzniku vodíku, metanu a čpavku (Maléř, 1982).

Faktory, které dále ovlivňují teplotu uvnitř balíku, je délka stébel, hustota balíku a ventilace vzduchu v okolí. U balíků, ve kterých jsou stébla kratší, méně slisovaná a skladovací prostory jsou dobře odvětrávané, je riziko požárů značně nižší (BORGA, 2020).

### 3.3 Třískové desky

#### 3.3.1 Rozdělení a vlastnosti třískových desek

Dle normy ČSN EN 309 jsou třískové desky definovány jako desky na bázi dřeva vyráběné slisováním a ohřevem částic dřeva (třísek, hoblin, pilin apod.) nebo jiných ligninocelulózových materiálů ve formě částic (např. pazdeří, konopí, bagasa, sláma apod.) s přidavkem polymerního lepidla.

Tato norma také klasifikuje třískové desky podle těchto kritérií:

Podle procesu výroby

- Plošně lisované
- Kalandrované
- Výtlačně lisované
  - a) plné
  - b) odlehčené

Podle stavu povrchu

- Surové (nebroušené)
- Broušené nebo frézované
- Lakované (tekutými prostředky, např. barvou)
- Povrchově upravené lisováním tuhého materiálu (např. dýhou, impregnovaným dekoračním papírem, dekorační laminační vrstvou, folií)

Podle tvaru

- Ploché
- S profilovaným (strukturovaným) povrchem
- S profilovanými boky

Podle velikosti a tvaru částic např.:

- Třísková deska
- Deska z jiných částic, např. pazdeří (pazdeřové desky)

Podle struktury desky

- Jednovrstevné desky
- Vícevrstevné desky
- Desky s plynulým přechodem vrstev
- Odlehčené výtlačně lisované desky

Podle použití

- Desky pro všeobecné účely pro použití v suchém prostředí
- Desky pro vnitřní vybavení (včetně nábytku) pro použití v suchém prostředí
- Nenosné desky pro použití ve vlhkém prostředí
- Nosné desky pro použití v suchém prostředí
- Nosné desky pro použití ve vlhkém prostředí
- Zvlášť zatížitelné nosné desky pro použití v suchém prostředí
- Zvlášť zatížitelné nosné desky pro použití ve vlhkém prostředí

Norma ČSN EN 312, která specifikuje požadavky na třískové desky, kvalifikuje sedm typů desek, které jsou následující:

P1 – Desky pro všeobecné účely pro použití v suchém prostředí

P2 – Desky pro vnitřní vybavení (včetně nábytku) pro použití v suchém prostředí

P3 – Nenosné desky pro použití ve vlhkém prostředí

P4 – Nosné desky pro použití v suchém prostředí

P5 – Nosné desky pro použití ve vlhkém prostředí

P6 – Zvlášť zatížitelné nosné desky pro použití v suchém prostředí

P7 – Zvlášť zatížitelné nosné desky pro použití ve vlhkém prostředí

Požadavky na specifické mechanické vlastnosti jsou pro desky typu P2 jsou uvedeny v tabulce 1.

Tabulka 1: Desky pro vnitřní vybavení (včetně nábytku) pro použití v suchém prostředí (typ P2) - Požadavky na specifické mechanické vlastnosti (ČSN EN 312)

Vlastnost	Metoda zkoušení	Jednotka	Požadavek								
			Tloušťková třída (mm, jmenovitý rozměr)								
			< 3	3 až 4	> 4 až 6	> 6 až 13	> 13 až 20	> 20 až 25	> 25 až 32	> 32 až 40	> 40
Pevnost v ohybu	EN 310	N/mm <sup>2</sup>	13	13	12	11	11	10,5	9,5	8,5	7
Modul pružnosti v ohybu	EN 310	N/mm <sup>2</sup>	1800	1800	1950	1800	1600	1500	1350	1200	1050
Rozlupčivost	EN 319	N/mm <sup>2</sup>	0,45	0,45	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20	0,20
Přídržnost povrchu	EN 311	N/mm <sup>2</sup>	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
POZNÁMKA Hodnoty platí pro vlhkost materiálu odpovídající relativní vlhkosti vzduchu 65 % a teplotě 20 °C											

### 3.3.2 Vyráběné třískové desky z posklizňových zbytků

Německá firma s výrobou v Číně NOVOFIBRE je světově prvním výrobcem desek z plochých orientovaných třísek z pšeničné slámy (OSSB = Oriented Structural Straw Board). OSSB jsou vyráběny z vláken z pšeničné slámy lepena pMDI pryskyřicemi bez obsahu formaldehydu. Firma vyrábí několik variant surových OSSB desek, a to desky pro nenosné účely, konstrukční desky či dekorativní pro viditelné aplikace. Dále jsou v nabídce desky s povrchovou úpravou, kdy lze vybrat desky s ochrannou UV folií, dýhované či laminované desky. Speciálními výrobky jsou desky určené na podlahy či akustické desky. Vlastnosti jednotlivých desek jsou uvedeny na stránkách výrobce (Novofibre, 2020).

Jedním z produktů americké společnosti Chesapeake Plywood, LLC je deska pod názvem Wheatboard či také Ecoboard. Tyto desky jsou vyrobeny ze silných a tvrdých vláken získaných z pšeničné slámy, díky čemuž má deska výhody jak DTD, tak i dřevovláknitých desek o střední hustotě (MDF). Vlákna jsou vzájemně pojena pMDI lepidlem, výsledný produkt tedy neobsahuje formaldehyd. Desky jsou lisovány za zvýšené teploty (Chesapeake Plywood, 2020).

V porovnání vlastností desek z pšeničných vláken a DTD, které uvádí výrobce na stránkách produktu lze říci, že desky z pšenice mají podobné velmi mechanické vlastnosti jako DTD. Díky použitému pMDI lepidlu mají desky z pšenice nižší tloušťkové bobtnání. Ecoboard také díky velkému množství oxidu křemičitého, který je obsažen v pšeničné slámě, vykazuje větší odolnost hoření (Chesapeake Plywood, 2020).

V České republice se zpracování slámy věnuje firma EKOPANELY SERVIS s.r.o., a to ve formě pevné stavební desky nazývané Ekopanel. Ekopanely se vyrábí lisováním za vysoké teploty a tlaku z obilné slámy bez použití pojiv, na povrchu je nalepena recyklovatelná lepenka. Tyto difúzně otevřené stavební desky mají široké spektrum využití např. příčky, podhledy, podlahy, opláštění stěn atd. Panely mají velmi dobré mechanické, tepelně-izolační, zvukově-izolační a protipožární vlastnosti. Jednotlivé technické parametry panelů lze zjistit na stránkách výrobce (EKOPANELY, 2020).

### 3.4 Proces výroby dřevotřískových desek

#### 3.4.1 Skladování

Pro zabezpečení plynulého provozu potřebují linky na výrobu aglomerovaného materiálu (v tomto případě dřevotřískových desek) zásobu suroviny na určitou dobu. V minulosti se velikost zásob doporučovala na dva až čtyři měsíce provozu linky. V současné době je především z ekonomických důvodů tendence vytvářet zásoby na kratší dobu, nejméně ale na jeden měsíc provozu. Velké zásoby sice umožňují podnikům překonat nepříznivé krátkodobé výkyvy cen suroviny a eventuální zásobovací těžkosti, na druhou stranu ale na sebe váží kapitál, vyžadují větší skladovací plochu a hrozí zhoršení kvality skladované suroviny (Štefka, 2002).

K manipulaci se na dřevoskladu používají buď jeřáby, nakladače s různými chapadly, vysokozdvížené vozíky, nakladače se lžicemi, řetězové a pásové dopravníky apod. Dříví se doporučuje oddělovat podle druhů (Hrázský, Král, 2007).

Štěpky a jiný drobný materiál (piliny, hobliny) se skladují volně na hromadách, které mohou dosahovat výšky 13-15 metrů (výška je omezena systémem vytváření hromad). Z důvodu zamezení kovových a minerálních částic ve štěpce je nejlepší podklad pro sklad sypkého materiálu beton nebo asfalt (Hrázský, Král, 2007).

Doba skladování štěpek by neměla překročit 4 až 5 měsíců pro jehličnaté dřevo a 2 až 3 měsíce pro listnaté dřevo. To je dáno tím, že v hromadách štěpky probíhají biochemické procesy, které mohou způsobit degradaci dřevní hmoty (úbytek hmotnosti, změna barvy, změna vlastností). Při těchto procesech také dochází k exotermickým změnám, které zvyšují teplotu štěpek, kdy teplota může dosáhnout až 70 °C a hrozí samovznícení skladovaného materiálu (Štefka, 2002).

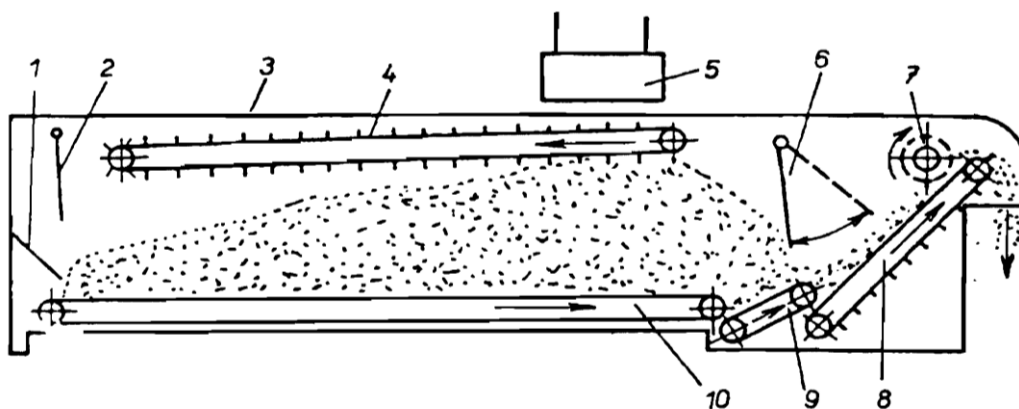
Skladování materiálu pro výrobu aglomerovaných materiálů z jednoletých rostlin (např. sláma) si vyžaduje specifické požadavky. Při použití sezónních surovin je třeba vytvořit takové zásoby, které zabezpečí výrobu do další sklizně suroviny. Obvykle se skladují na volném a vzdušném prostranství, které je chráněno proti působení deště a sněhu (Štefka, 2002).

### 3.4.2 Skladování třísek

Kvůli zabezpečení plynulosti výroby třískových desek a překonání drobných výrobních poruch je třeba vytvořit odpovídající mezizásoby třísek. Nově vyrobené mokré třísky, vysušené suché třísky a třísky s nanesenou lepicí směsí se z tohoto důvodu skladují v zásobnících. Používají se dva typy zásobníků, a to horizontální a vertikální, jinak nazývaná sila (Hrázský, Král 2007).

Horizontální zásobníky se používají především pro třísky s nanesenou lepicí směsí. Disponují menším objemem (do 50 m<sup>3</sup>), nevytváří klenby a dávkování třísek je rovnoměrné (Hrázský, Král, 2007).

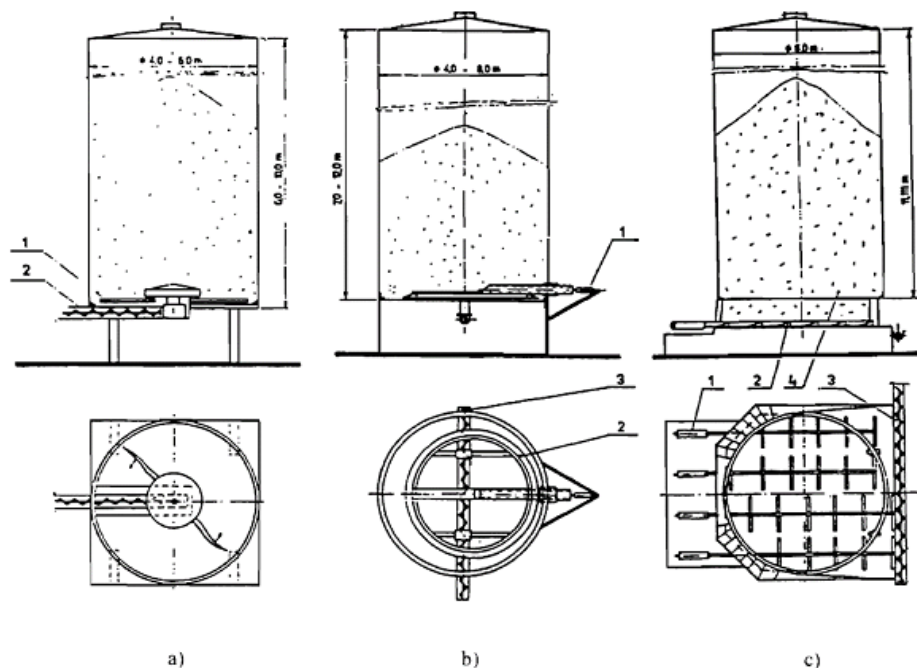




Obrázek 2: Schéma horizontálního zásobníku: 1 - zadní stěna, 2, 6 - signalizační klapky, 3 - korpus, 4 - dopravník, 5 - přívod třísek, 7 - dávkovací válec, 8, 9, 10 - pásové dopravníky (Hrázský, Král, 2007)

Vertikální zásobníky slouží ke skladování mokrých a suchých třísek. Mají tvar stojatého válce a jejich objem se pohybuje od 50 m<sup>3</sup> do 1000 m<sup>3</sup>. Vlastnosti uskladněného materiálu, jako jsou např. sypná hmotnost, velikost a tvar částic a jejich vlhkost a vlastnosti zásobníku, tedy jeho objem, tvar průřezu, velikost zaplnění a doba skladování ovlivňují správné vyprazdňování materiálu. V silu dochází ke zhutňování materiálu vlivem vlastní hmotnosti, následně dochází k tvorbě kleneb, při nevhodných podmínkách skladování mohou být tak velké, že hrozí úplné zablokování procesu vyprazdňování zásobníku. K zabránění tvorbě kleneb jsou stěny zásobníků opatřeny odlehčovacími klíny (Hrázský, Král, 2007).

Vyprazdňování vertikálních zásobníků může být řešeno různými způsoby, které jsou znázorněny na obrázku 3.



a) pomocí rotujících ramen: 1 - vyhrnovací rameno, 2 - šnekový dopravník

b) pomocí kluzného rámu: 1 - přímočarý hydromotor, 2 - kluzný rám, 3 - šnekový dopravník

c) pomocí tyče s klíny: 1 - přímočarý hydromotor, 2 - tyč s klíny, 3 - šnekový dopravník, 4 - silo

Obrázek 3: Vertikální zásobník s různými způsoby vyhrnování materiálu (Hrázský Král, 2007)

### 3.4.3 Úprava vstupní suroviny

#### Čistění suroviny

Aby se ze vstupního materiálu oddělili minerální, kovové a případně jiné nežádoucí částice, které otupují nástroje a zvyšují pravděpodobnost poruch strojů, je surovina nejdříve čistěna (Štefka, 2002).

Kovové částice se identifikují a odlučují pomocí magnetických detektorů, případně pomocí elektromagnetických vln a odlučovačů kovů (Štefka, 2002).

Jelikož jsou náklady na čistící zařízení a samotné čištění relativně vysoké, tak se i přes své výhody ne vždy v praxi uplatňuje (Štefka, 2002).

## *Odkorňování dřevní hmoty*

Kůra nejen že obsahuje velké množství minerálních a kovových částic, které otupují nástroje, ale její přítomnost snižuje fyzikální a mechanické vlastnosti hotových desek a v povrchových vrstvách třívrstvých DTD dochází k problémům při jejich povrchových úpravách. Ve středových vrstvách DTD je obsah kůry možný do 20 % hmotnosti, jelikož větší množství by mělo za následek negativní změnu fyzikálních a mechanických vlastností. Nejběžněji se v provozech na výrobu DTD vyskytují rotorové, frézovací nebo tryskové odkorňovací stroje (Hrázský, Král, 2007).

Na linkách pro výrobu DTD bývají zařazeny nejčastěji odkorňovače rotorové, frézovací, bubnové nebo tryskové. Rotorové odkorňovače využívají k odstranění kůry tupé nožové nástroje – kůra je v podstatě škrábána. Bubnové odkorňovače fungují na principu oděru jednotlivých kmenů o sebe. U tryskových odkorňovačů je materiál zbavován kůry pomocí vysokotlakého proudění vody nebo vzduchu. Frézovací odkorňovače kopírují tvar kmene a odebírají kůru i s dřevní hmotou. Kvalita odkorňování frézovacími odkorňovači je z uvedených způsobů největší, ovšem na úkor nízkého výkonu (Kvietková, 2015).

### 3.4.5 Dezintegrace dřevní hmoty

Pod pojmem dezintegrace se rozumí dělení rostlého dřeva, jako například lesní sortiment a průmyslový dřevní odpad na části a částice. Proces dezintegrace dřevní hmoty lze při výrobě DTD rozdělit na výrobu štěpek a výrobu třísek. Cílem těchto operací je přímo nebo postupným dělením vyrobit takové částice, které jsou svými parametry vhodné pro dosažení požadované kvality a vlastností finálního výrobku (Štefka, 2002).

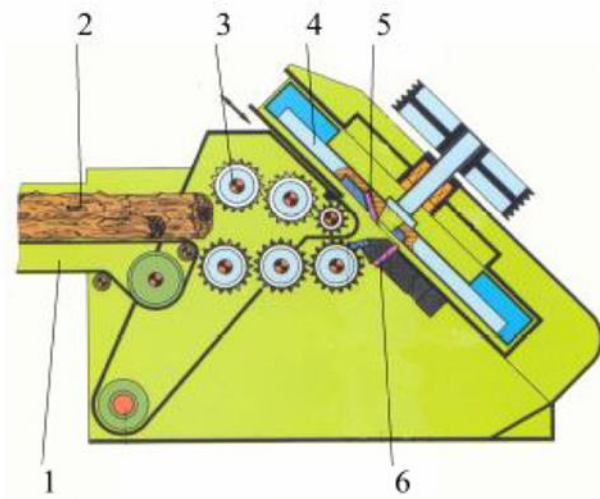
#### *Výroba štěpek*

Štěpky jsou meziproduktem při výrobě DTD. Jejich výroba je prvním stupněm při dvojstupňové výrobě třísek. Stroje pro výrobu štěpek se nazývají štěpkovače či sekačky dřevního odpadu. Nejčastějšími typy jsou kotoučové (diskové) sekačky a bubnové (frézovací) sekačky (Štefka, 2002).

Sekací stroje jsou určeny na likvidaci dřevního odpadu, jak měkkého, tak i tvrdého, z pilařských a dřevozpracujících provozů, ale také lesních zbytků po těžbě. Sekačka dřevního odpadu zpracovává především dlouhý kusový odpad (např. tenké dýhy, krajiny, odřezky, kusové odpady či kulatina bez ohledu na její délku) (SG Strojírna, 2020).

### *Kotoučové sekací stroje*

U tohoto typu stroje jsou nože upevněny v disku tak, aby vyčnívaly z boční plochy kotouče. Jejich počet se pohybuje v rozmezí od 2 do 16 a na disku jsou ostřím orientovány přibližně paprskovitě od středu. Disk se může nacházet ve vodorovné, šikmé, nebo svislé poloze. Průměr disku je obvykle do 3 000 mm. Přísun suroviny k disku je zabezpečen buď samospádem ve žlabu anebo hnanými podávacími válci (Hrázský, Král, 2007).

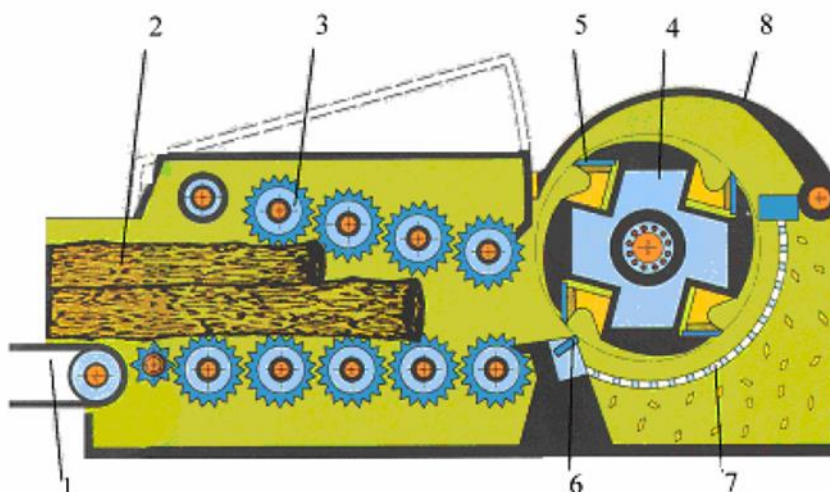


1 – vstupní dopravník, 2 - pilařský odřezek, 3 – podávací zařízení, 4 – disk, 5 – nůž, 6 - protinůž

*Obrázek 4: Schéma diskové sekačky (Římalová, 2006)*

## *Bubnové sekací stroje*

Bubnové sekačky, nazývané též jako frézovací, jsou stroje, jejichž řezným nástrojem jsou nože, které jsou upevněny na rotujícím tělese, které koná rotační pohyb. Pro dobrou a rovnoměrnou kvalitu štěpek, zejména délky, která je potřeba v dřevařském průmyslu při výrobě DTD, musí sekaný materiál vstupovat konstantní rychlostí. Sekačky jsou proto opatřeny vtahovacími válci. Aby se zamezilo vzniku nevhodných dlouhých štěpek, bývají sekačky opatřeny sítovým roštem ve spodní části sekacího bubnu, který slouží k dezintegraci dlouhých štěpek na kratší elementy (Hrázský, Král, 2007).



1 – vstupní dopravník, 2 – pilařský odřezek, 3 – podávací zařízení, 4 – rotační válec s noži, 5 – nůž, 6 – protinůž, 7 – síto, 8 – kryt stroje

Obrázek 5: Schéma bubnové sekačky (Římalová, 2006)

## *Výroba třísek*

Třísky jsou základním konstrukčním materiálem třískových desek. Třísky představují přibližně 90 % hmotnosti DTD a výrazně ovlivňují vlastnosti vyrobených desek (Štefka, 2002).

Podle použitých strojů dělíme proces výroby třísek na jednostupňový a dvoustupňový. Při jednostupňovém procesu vyrábí roztřískovací stroj přímo třísky. Při dvoustupňové výrobě třísek se surovina nejdříve na sekačkách dřevní hmoty rozseká na štěpky a ty jsou následně pomocí roztřískovacího stroje rozsekány na třísky (Čížek, 1985).

Jednostupňovým procesem výroby se vyrábí tříska lístková, která je následně domílána na tzv. mikrotřísku, která se používá ve vrchních vrstvách vícevrstevných DTD. Třísky vyráběné dvoustupňovým procesem se nazývají jehlicovité a jsou určeny pro použití ve středové vrstvě desky (Hrázský, Král, 2007).

Stroje na výrobu třísek jsou používány podle stupně výroby třísek, tedy od druhu vstupní suroviny. Kulatina a jiný dlouhovláknový materiál se zpracovává na třísky pomocí diskových nebo frézovacích roztřískovačů. Drobný materiál (štěpka, piliny, hobliny) je na třísky zpracováván pomocí prstencových (věncových) roztřískovačů (Lisičan a kol., 1996).

### *Diskové roztřískovače*

Hlavním znakem těchto strojů je rotační krájení třísek, kolmost osy rotace disku na dřevní vlákna, probíhá tedy tangenciální model řezání (materiál je k nástroji přisouván boční stranou). Tyto roztřískovací stroje sice vyrábí kvalitní lístkové třísky, které dosahují poměrně rovnoměrné tloušťky, mají ale nižší kapacitu výroby a s tím spojené vyšší náklady na výrobu DTD, bývají tedy nahrazované frézovacími roztřískovači (Lisičan a kol., 1996).

### *Frézovací roztřískovače*

Nožová hlava, která vykonává rotační pohyb, provádí proces řezání v modelu tangenciálním, případně tangenciálně-podélném. Tloušťka třísek se mění po délce řezné cykloidy nože a je na rozdíl od třísek vyrobených diskovým roztřískovačem jsou nerovnoměrné (Hrázský, Král, 2007).

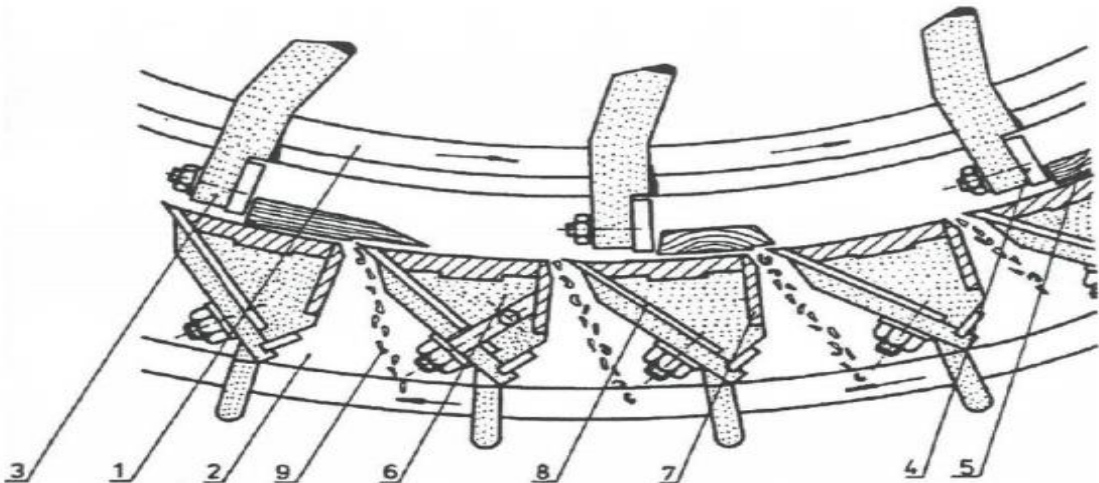
Frézovací roztřískovače mohou být dvojího typu:

- roztřískovače s delší válcovou nožovou hlavou (tzv. válcové či hřídelové)
- roztřískovače s kotoučovými frézami

Jejich společným znakem je tangenciální model řezání a rovnoběžnost osy rotace frézy s dřevními vlákny. Pro válcové roztřískovače jsou typické vysoké výkony závislé na tloušťce vyráběné třísky (Hrázský, Král, 2007).

### *Prstencové roztřískovače*

Prstencové (nebo také věncové) roztřískovače se využívají u dvoustupňové technologie výroby třísek. Tyto stroje využívají odstředivé síly štěpek a současně sílu lopatek rotoru k přisunu a přítlaku materiálu k noži. Hlavními částmi tohoto stroje jsou tedy lopatkové kolo a nožový prstenec. Štěpky a jiný drobný materiál určený pro výrobu třísek jsou v těchto strojích vrhány odstředivou silou lopatkového kola na ostří nožů na prstenci. Štěpky se dostávají k nožům prstence v různých polohách, proto nelze přesně určit model řezání (Hrázský, Král, 2007).



- 1) oběžné lopatkové kolo, 2) nožový prstenec, 3) držák protinože, 4) protinůž, 5) štěpka, 6) držák nože, 7) tlačná lišta, 8) čepel, 9) tříska,

Obrázek 6: Princip roztřískování nožovým prstencem (Hrázský, Král, 2007)

### **Beznožové roztřískovače**

Především díky stále významnějšímu využití starého recyklovaného dřeva pro výrobu aglomerovaných materiálů a kvůli relativně krátké životnosti roztřískovacích nožů při dezintegraci tohoto materiálu (kvůli výskytu minerálních a kovových příměsí, které ničí nástroj), byly vyvinuty speciální beznožové stroje (Štefka, 2002).

Beznožový roztřískovač pracuje na principu spoluúčinkování vtahovacího zařízení, nárazových lišt, úderných nástrojů a posuvně upevněných třídících sít za vzniku nepatrného tření. Vlivem účinku tohoto nepatrného tření je při procesu ztraceno jen malé množství energie, tedy dodaná energie je optimálně přeměněna na dezintegrační práci. Stroj pracuje s jednoduchými, ale mohutnými nástroji, které jsou připevněny kloubovitě a tak se mohou vychylovat při působení velkého odporu (Hrázský, Král, 2007).

#### **3.4.6 Sušení třísek**

Sušení je velmi důležitou technologickou operací při výrobě DTD. Ovlivňuje jednak ekonomiku výroby, tak i další kroky ve výrobě DTD, především lisování, tím ovlivňuje kvalitu hotového výrobku. Cílem je vysušit materiál na požadovanou technologickou vlhkost, která by za účelem optimalizace dalších výrobních kroků měla být ve vysušeném materiálu co nejrovnoměrnější (Štefka, 2002).

Vstupní vlhkost třísek se pohybuje od 40 do 120 %. Tato vlhkost je variabilní podle ročního období, kdy v zimních a jarních měsících bývá vstupní vlhkost velmi vysoká vlivem srážek. Vyšší vlhkost materiálu vyžaduje vyšší spotřebu tepelné energie na odpaření vody. Požadovaná vlhkost třísek je 2 – 3 % pro třísky střední vrstvy a 3 – 5 % pro třísky vrchní vrstvy. Vyšší vlhkost třísek by mohla způsobit trhliny a praskliny v DTD během lisování. Je lepší tedy třísky vysušit na nižší vlhkost a následně ji regulovat při nanášení lepicí směsi (Ansel, 2015; Hrázský, Král, 2007).



Vyhřívání sušáren může být buď přímé či nepřímé. V praxi se z ekonomických a kapacitních důvodů používají sušárny bubnové či tryskové, výjimečně proudové. Sušárny je možné vytápět spalováním zemního plynu, topných olejů, odpadním dřevním prachem z výroby či kombinací uvedených variant (Hrázský, Král, 2007).

Bubnové sušárny jsou velkokapacitní zařízení. Nejvíce se používají jednocestné bubnové sušárny. Pracují na principu rovnoměrného proudění sušícího média nesoucího třísky. V tomto typu sušáren prochází velké mokré třísky bubnem déle, než jemné lehké třísky. Rozdílné doby prodloužení třísek v sušárně mají za následek rovnoměrný vysušení všech třísek a zamezení přesušení jemných částic (Böhm, 2012; Hrázský, Král, 2007).

Při procesu sušení dochází často ke vzniku požárů, případně výbuchů, v důsledku přehřátí sušeného materiálu. K zahoření jsou náchylné především jemné třísky a prachové částice. Tomu lze zabránit instalací vhodných regulačních zařízení (Hrázský, Král, 2007).

### 3.4.7 Třídění a domílání třísek

#### *Třídění třísek*

Tento důležitý technologický krok navazuje na proces sušení třísek. Třídí se zde třísky jehlicovité a lístkové třísky, které byly sušeny společně na požadované frakce, které jsou dle Hrázského a Krále (2007) děleny následovně:

- třísky určené pro povrchové vrstvy (mikrotřísky)
- třísky určené pro středové vrstvy
- hrubé částice určené k domílání
- jemný podíl určený ke spálení

Při použití hrubých částic v povrchových vrstvách by mohlo vést k hrubému a nerovnému povrchu, který by nebyl vhodný k další povrchové úpravě. Ve středové vrstvě by použití těchto částic mělo za následek poréznost hran, případně u tenkých desek by mohlo dojít k jejich překopírování na povrch desky a tím způsobit nerovnosti povrchu. Jemné třísky ve zvýšeném množství negativně ovlivňují mechanické vlastnosti desek a během lisování mohou znesnadňovat únik plynů z lisované desky. Prašnou frakci (částice menší jak 0,1 mm) je snaha nenanášet lepidlem, jelikož spotřebuje velké množství nanášené lepicí směsi díky svému velkému měrnému povrchu (Štefka, 2002).

Sítové třídiče třídí materiál podle plošných rozměrů, kdy jsou jednotlivé frakce závislé na velikosti otvorů sít. Tyto třídiče ovšem nedokáží třidit třísky podle jejich tloušťky. Třídění třísek podle jejich tloušťky lze dosáhnout vznosovým (pneumatickým) třídičem. Ten pracuje na principu třídění vzdušným prouděním, kdy lehké částice jsou proudem vzduchu odděleny od těžších. K dosažení maximální homogenity třísek určených pro povrchové vrstvy lze využít kombinaci třídění vznosového před domíláním třísek a následného třídění síťového po mletí (Hrázský, Král, 2007; Štefka, 2002).

### ***Domílání třísek***

Třískové desky pro nábytkářské použití se vyrábí s tzv. uzavřeným povrchem, který tvoří jemné mikrotřísky, případně vláknina. Vytříděná hrubá frakce je určena k domílání ve speciálních mlýnech. Nově vzniklé třísky mohou být přidávány ke třískám střední vrstvy pro zajištění podílu jemných částic ve středové vrstvě desky, případně jsou přidávány k mikrotřískám určených pro vrchní vrstvy (Hrázský, Král, 2007).

Pro domílání vysušených třísek se používají speciální prstencové domílací mlýny. Nástroji jsou zde vrhací lopatkové kolo a stabilní či rotující síťový rošt. Materiál je vrhán na síťový rošt, kde se vlivem nárazů drobí. K drobení dochází také mezi lopatkami rotoru a síťovým roštem (Lisičana kol., 1996).

### 3.4.8 Nanášení lepicí směsi

#### *Lepicí směs*

Při výrobě DTD pro vnitřní a suché prostředí se nejčastěji využívá močovino-formaldehydového lepidla. Ta se ale nepoužívají ve své původní konzistenci, ale ve formě lepicí směsi. Lepicí směs se skládá z lepidla, tvrdidla, hydrofobizačního prostředku a případně dalších ochranných prostředků, jako jsou např. biocidní, fungicidní, retardéry hoření (Hrázský, Král, 2007).

Tvrdidla se do lepicí směsi přidávají za účelem snížení pH lepidla na hodnotu, při které proběhne jeho vytvrzení za normální či zvýšené teploty. Účelem tvrdidel je zkrácení doby lisování s cílem maximálního vázání formaldehydu. Při dávkování tvrdidla je nutno zohlednit pH třísek, které je u jednotlivých dřevin odlišné. U dřevin s nižším pH je nutno úměrně snížit množství tvrdidla. (Hrázský, Král, 2007).

Hydrofobizační prostředek slouží k potlačení afinity dřeva k vodě a snížení bobtnání a nasákavosti DTD. Nejpoužívanější jsou látky na bázi parafínu, které jsou ve formě parafínové emulze, případně rozpuštěného parafínu (Štefka, 2002).

Lepidla a chemické prostředky představují významnou nákladovou položku ve výrobě DTD, výrobci se tedy snaží dosáhnout požadovaných vlastností DTD, kdy je důležitá maximální rovnoměrnost rozložení lepidla na povrchu částic, při minimálním množství použité lepicí směsi (Štefka, 2002).

#### *Příprava lepicí směsi*

Lepicí směs je připravována zvlášť pro třísky vrchních vrstev a třísky středové vrstvy na gravimetrických zařízeních. Gravimetrická zařízení pracují tak, že do přídatné nádrže opatřené vahou jsou postupně váhově dávkovány jednotlivé komponenty lepicí směsi, kromě tvrdidla, které je do směsi přidáváno až před nanášečkou lepicí směsi, čímž je zabráněno vytvrnutí lepicí směsi v pohotovostních nádržích, které by mělo za následek dlouhou odstávku linky DTD. V přídatné nádrži jsou jednotlivé složky promíchány a následně putují do pohotovostní nádrže (Hrázský, Král, 2007).

Na zařízení gravimetrické přípravy lepicí směsi navazuje zařízení na gravimetrické dávkování lepicí směsi. Faktor lepení, tedy poměr třísek a lepicí směsi, by měl být konstantní. Množství třísek je regulováno pomocí pásových vah před nanášečkami lepicí směsi (Hrázský, Král, 2007).

### *Nanášení lepicí směsi*

Tato operace rozhoduje jak o vlastnostech výrobku, tak o hospodárnosti a nákladech výroby. Nános lepidla se na DTD pohybuje v rozmezí 5 – 12 %. Kvalitu lepení ovlivňuje rovnoměrnost nánosu lepidla a jeho co nejmenější rozptýlení na ploše třísky. Rovnoměrnost nánosu lepicí směsi ovlivňuje měrná plocha třísek, kdy při jejich velkém měrném povrchu se složité rovnoměrně nanést malé množství směsi. Měrný povrch částic lze vypočítat z následujícího vztahu:

$$A = \frac{0,2}{\rho_0 \cdot h}$$

Kde je A – měrný povrch částic [ $\text{m}^2 \cdot 100^{-1} \text{ g a. s. částic}$ ]

$\rho_0$  – hustota a. s. dřeva, ze kterého je částice vyrobená [ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ]

h – tloušťka částice [mm]

(Ansel, 2015; Štefka, 2002)

V tabulce 2 je ukázána závislost měrného nánosu lepidla na měrném povrchu třísek při 8 % nánosu sušiny na a. s. třísky.

Tabulka 2: Měrný povrch smrkových třísek a měrný nános lepidla (Štefka, 2002)

Tloušťka třísek [mm]	Měrný povrch třísek [m <sup>2</sup> .100 <sup>-1</sup> g a.s. třísek]	Měrný nános lepidla [g a. s. lep. m <sup>-2</sup> povrchu třísek]
	Smrk $\rho_a = 0,43 \text{ g. cm}^{-3}$	
1,00	0,47	17,20
0,50	0,94	8,60
0,25	1,88	4,30
0,10	4,70	1,72
0,05	9,40	0,86

K nanášení lepicí směsi slouží speciální nanášedky, které se konstrukcí zaměřují na co nejrovnoměrnější nanášení lepicí směsi na povrch všech třísek. Nanášedky mají podobu horizontálních nízkoobjemových válců. V bubnu nanášedky je umístěna hřídel, na které jsou lopatky sloužící pro míchání a posun třísek. U starších typů nanášedek byla lepicí směs přiváděna přes dutou hřídel, u novějších strojů je směs do míchacího prostoru dávkována přes plášť bubnu (Hrázský, Král, 2007).

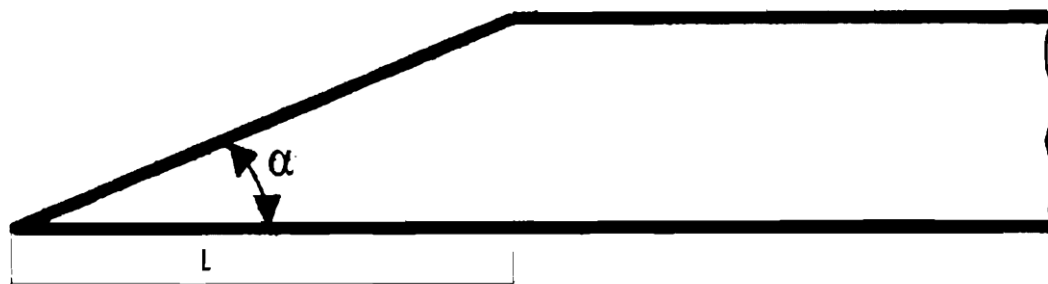
### 3.4.9 Vrstvení třískového koberce

Jedná se o závěrečnou operaci přípravy směsi třísek s lepicí směsí před jejich zpracováním (slisováním) do konečného výrobku. Tento proces ovlivňuje kvalitu DTD, ekonomii výroby, skladbu vyrobené desky, její symetrii, tvarovou stálost, tloušťku a rovnoměrnost jejích vlastností (Hrázský, Král, 2007).

Třískový koberec je tvořen vrstvicími stanicemi (vrstvičkami), které jsou seřazeny do vrstvicího systému. Vrstvicí stanice mohou být stacionární či pojízdné (Hrázský, Král, 2007).

Rovnoměrnosti vrstvení musí být kvůli kvalitě finální desky dosaženo nejen v ploše desky, ale také v průřezu (profilu) desky. Na rovnoměrné vrstvení třískového koberce nemá vliv pouze přesné dávkování dřevních částic, ale také plynulost procesu vrstvení. Při vrstvení koberce na pohyblivou podložku je nutné přesně synchronizovat rychlost pásu s dávkovacím zařízením. Dopravní pás také nesmí při svém pohybu k lisu narušit souvislost navrstveného koberce (Štefka, 2002).

Dalším důležitým parametrem vrstvení jsou délka vrstvicí zóny ( $L$ ) a úhel ukládání třísek ( $\alpha$ ). Při příliš velkém úhlu vrstvení  $\alpha$  není orientace třísek souběžná s rovinou souběžné desky, což vede ke snížení pevnosti v ohybu vyrobené desky (Hrázský, Král, 2007).



Obrázek 7: Znárodné pojmu úhel a délka vrstvení (Hrázský, Král, 2007)

Při výrobě při výrobě tří- a vícevrstevých DTD je vzhledem k odlišnosti tvaru, velikosti a sypané hmotnosti středových a povrchových třísek nutno zabezpečit vrstvení odlišnými vrstvicími systémy. Navíc velmi jemné částice mají po nanesení lepicí směsi tendenci se shlukovat a tím zhoršit rovnoměrnost vrstvení, je tedy žádoucí, aby vrstvicí zařízení povrchových vrstev tyto shluky narušovali. K vrstvení povrchových vrstev se používají pneumatické vrstvicí zařízení, kde díky proudu vzduchu dochází k separaci mikrotřísek podle velikosti, tedy nejjemnější částice jsou ukládány na povrch koberce a nejhrubší ke středu. Třísky středové vrstvy se vrství mechanickými způsoby bez separace částic (Ansel, 2015; Hrázský, Král, 2007).

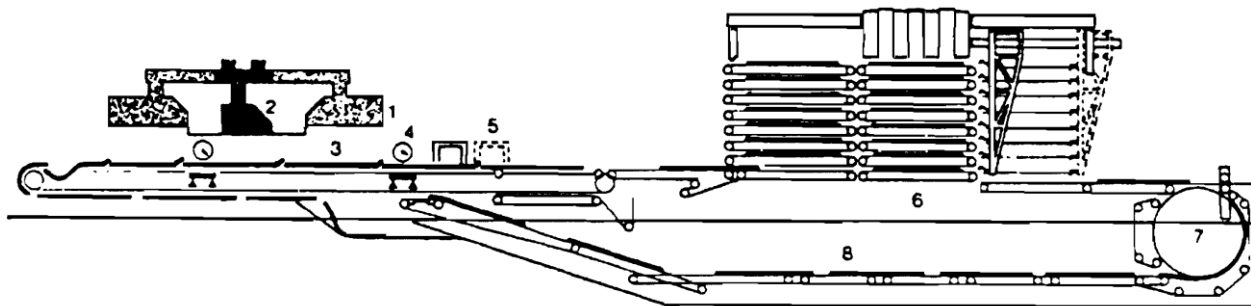
Zpravidla platí, že hmotnostní podíl středové vrstvy je větší, jak podíl povrchových vrstev (přibližně 2:1). Podíl povrchových vrstev a středové vrstvy je proměnlivý dle okolností. Zatímco u tenkých desek je podíl středové a povrchových vrstev poměrně vyrovnaný, tak u tlustých desek se při zvyšující se tloušťce podíl středové vrstvy nad povrchovými zvyšuje. Na podíl vrchní vrstvy má závislost také technologie lisování. U starších víceetážových lisů dosahuje podíl až 40 %, jelikož je nutný větší přídavek tloušťky na zbroušení, ovšem u modernějších kontinuálních lisů či jednoetážových lisů se podíl povrchové vrstvy zmenšuje např. jen na 20 % (Štefka, 2002).

#### 3.4.10 Lisování třískových desek

Proces lisování je nejvýznamnější operací výroby DTD. Dochází k přeměně koberce vhodně upravených dřevěných částic na pevnou, plošnou či tvarovou desku. Předpokladem přeměny je dostatečné zhuštění koberce a následné adhezivní spojení dřevních částic ve zhuštěném stavu. Vytvrzování nejprve nastává v povrchových vrstvách a ukončuje se ve středové vrstvě, kdy je možné ukončit lisování (Hrázský, Král, 2007; Štefka, 2002).

Před samotným lisováním je navrstvený třískový koberec zpravidla předlisován za studena (Ansel, 2015).

Plnění lisu může být zajištěno například systémem Flexoplan, kde je koberec uložen na tzv. flexi podložce, což je husté kovové pletivo (Hrázský, Král, 2007).



1-dávkovací zásobník, 2-vrstvicí stanice, 3-Flexi podložky pro vrstvení koberce, 4-kontrola plošné hmotnosti, 5-dělicí pila, 6-hydraulický lis, 7-otáčející se buben pro zpětný chod Flexi podložek, 8-vratná dráha Flexi podložek

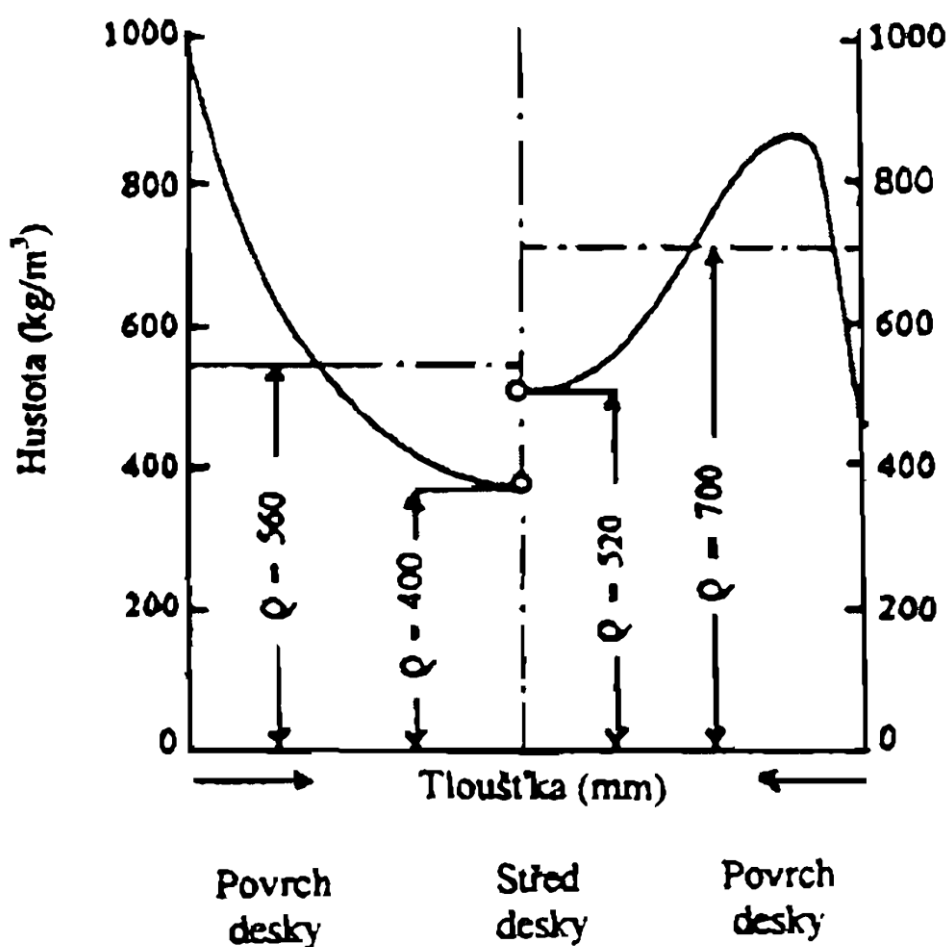
*Obrázek 8: Schéma vrstvicí a lisovací linky za použití plnicího systému Flexopan (Hrázský, Král, 2007)*

Během lisování probíhají v materiálu následující procesy: zhuštění lisovaného třískového koberce na požadovanou hustotu (požadovanou tloušťku) a dosažení požadovaného tlaku; prohřátí koberce na požadovanou teplotu, při které vytvrzuje lepidlo; vytvrnutí lepidla a spojení dřevních částic do pevného kompaktního výrobku; odpaření vody. Podle výše zmíněných procesů se volí faktory lisování, jako jsou tlak, teplota, lisovací čas a rychlost uzavírání lisu (rychlost zhušťování) (Štefka, 2002).

Existují dva základní způsoby výroby třískových desek, a to výtlačné a plošné lisování. Při výtlačném lisování jsou třísky pěchovány na speciálních výtlačných lisech. Pro plošné lisování se využívají lisy víceetážové, jednoetážové a kontinuální. Víceetážové lisy se ve výrobě DTD používají nejdéle, ale v současné době jsou na ústupu ve prospěch kontinuálních lisů, z důvodu potřebnému přídavku na odbroušení (dále v kap. Dokončování dřevotřískových desek/ Omítání a tloušťková egalizace) (Čížek, 1985; Hrázský, Král, 2007).



Průběh lisování ovlivňuje hustotní profil, tedy rozložení hustoty v příčném průřezu DTD. Hustotní profil je charakterizován strmým vzestupem hustoty na hustotní maximum v okrajové části desky a následným více či méně strmým klesáním hustoty z povrchových vrstev desky směrem ke středu desky na tzv. hustotní minimum. Hustotní profil závisí především na odporu třísek vůči zhušťování, kdy tenké a ploché třísky mají nižší odpor, než hůře zhustitelné tlusté třísky nepravidelného tvaru. Na odpor třísek má dále vliv dřevina, jejich teplota a vlhkost (Hrázský, Král, 2007).



Obrázek 9: Ideální hustotní profil DTD: levá část - broušená DTD; pravá část - nebroušená DTD (Hrázský, Král, 2007)

### 3.4.11 Dokončování dřevotřískových desek

Závěrečnou fází výroby vylisovaných DTD je jejich dokončování. Dokončování sestává z následujících operací: chlazení vylisovaných desek, omítání na přesný formát, kondicionování, tloušťková egalizace, třídění a možné řezání na přířezy, balení a expedice, případně skladování. Sousednost těchto operací závisí na uspořádání konkrétní výrobní linky (Hrázský, Král, 2007).

#### *Chlazení a kondicionování dřevotřískových desek*

Při procesech chlazení a kondicionování dochází k vyrovnání teplotního a vlhkostního spádu mezi povrchovou a středovou vrstvou. Nově vylisované desky mají v závislosti na použité lisovací teplotě v povrchové vrstvě teplotu vyšší jak 150 °C, zatímco teplota středové vrstvy může mít hodnot kolem 105 až 120 °C. K vyrovnání těchto teplotních rozdílů je bezprostředně po lisování zařazen krok chlazení, který je uskutečněn zpravidla pomocí hvězdicového chladiče. Desky opouštějí chladicí zařízení a putující ke skladování by měly být ochlazeny alespoň na teplotu 70 °C (Štefka, 2002).

Kdyby nově vylisované desky byly uloženy do hrání bez předchozího ochlazení, došlo by k poklesu fyzikálních a mechanických vlastností důsledkem částečné hydrolýzy UF lepidla. Pokles těchto vlastností je tím větší, čím vyšší je teplota lisování. Došlo by také k vizuálním změnám desek, především k jejich zežloutnutí a k odpadávání povrchových třísek. Naopak kdyby byly desky příliš rychle ochlazovány, hrozilo by, že v deskách nedojde k úplnému uvolnění napětí vznikající při vyrovnání vlhkostního spádu a následně mohou vznikat trhliny uvnitř desky (Hrázský, Král, 2007).

Během kondicionování (taktéž se nazývá dozrávání desek) dochází k vyrovnání vlhkosti v profilu desky. Při tomto procesu jsou desky uloženy v hráních a doba kondenzace se doporučuje 4 – 5 dnů. Dozráváním desek se docílí lepší kvality povrchových vrstev desky, sníží se sklon k borcení, zvýší se tvarová stálost a dochází k tzv. dozrávání lepidla, tedy k doběhnutí jeho kondenzační reakce (Hrázský, Král, 2007).

## *Omítání a tloušťková egalizace*

Omítání desek probíhá na automatických formátovacích pilách ihned po ochlazení desek, jelikož při omítání desek až po jejich kondicionování by docházelo k znečištění kondicionačního skladu odpadávajícími třískami. Nevýhodou je, že při nešetrné manipulaci s omítnutou deskou může dojít k poškození jejích hran. Odpad vzniklý omítáním je rozdrčen a dopraven do sila, odkud jde ke spálení v sušárně (Hrázský, Král, 2007).

Z důvodu nerovností, porézností a nesoudržností na povrchu desek po lisování, které závisí od použitého zařízení a techniky lisování, je nutná úprava povrchu desek. Třískové desky jsou již vyráběny s požadovanou tloušťkovou nadmírou, která se podle použitého lisu pohybuje následovně: pro víceetážový lis 0,8 – 1,8 mm (v závislosti od tloušťky desky a stavu technického lisu), pro jednoetážové 0,6 – 1 mm a pro kontinuální 0,15 – 0,25 mm (Štefka, 2002).

## 4 Praktická část

### 4.1 Metodika

#### 4.1.1 Zpracování dat

Praktická část bakalářské práce byla vypracována na základě primárních dat, získaných ve Dřevozpracujícím družstvu Lukavec, a to pro jednotlivé fáze výroby dřevotřískových desek. Tyto údaje byly následně porovnány s odpovídajícími sekundárními daty pro řepku, její stonky a řepkové třískové desky. Sekundární data byla získána především z odborných publikací vyhledaných pomocí databází, např. Web of Science, ScienceDirect, SpringerLink a ResearchGate především v elektronické podobě, či od vědeckých pracovníků a firem, zabývajících se danou problematikou, konkrétně Ing. Škeřík a Doc. Baranyk ze Svazu pěstitelů a zpracovatelů olejnin (SPZO), Prof. Šařec z Technické fakulty České zemědělské univerzity v Praze a pan Bareš z firmy EKOPANELY SERVIS s.r.o.

„Sekundární data jsou taková, která byla sebrána za jiným účelem a již někde existují. Primární data jsou nově sbírána za konkrétním účelem pro daný výzkum.“ (Kotler, Keller, 2013)

Za účelem zjištění sypané hmotnosti dřevěných třísek a zjištění frakcí třísek řepkové slámy pomocí síťové analýzy bylo provedeno vlastní měření. Data byla následně zpracována pomocí MS Excel.

První část práce je věnována specifikaci úpravy sklizně řepky zaměřené na efektivitu sklizně její slámy. Dále je výstupem práce identifikace podobností a rozdílů ve výrobních postupech a výrobních parametrech jednotlivých fází výroby stávajících dřevotřískových desek se zamýšlenou výrobou třískových desek ze stonků řepky.

## 4.1.2 Materiál

Sypná hmotnost byla zjišťována na jehlicovitých dřevěných třískách vyrobených v DDL. Sypná hmotnost třísek z řepkové slámy byla zjištěna z literatury. Vlhkost testovaných třísek byla 7 %. Vlhkost třísek byla měřena na přístroji OHAUS MB23 (příloha 2).

Sítová analýza byla provedena na třískách z řepkové slámy. Výsledky sítové analýzy dřevěných třísek mi poskytlo DDL. Jednalo se o kupovaný balík slámy o hmotnosti 25 kg zabalený v plastové folii. Naměřená vlhkost řepkových třísek, zjištěná pomocí přístroje OHAUS MB23, byla 9,1 %.

## 4.1.3 Postup měření

### *Sypná hmotnost*

Pro měření sypné hmotnosti byla použita laboratorní kádinka o obsahu 2000 ml. Nejdříve byla zjištěna hmotnost prázdné kádinky pomocí digitálních laboratorních vah iMAL BL100 – LCD (fotografie laboratorní kádinky, laboratorních vah a měřeného materiálu v příloze 3). Následně byly do kádinky volně a rovnoměrně sypány dřevěné třísky, dokud nebylo dosaženo rysky 1000 ml. U kádinky s požadovaným objemem třísek byla následně zjištěna hmotnost. Po zaznamenání hodnoty byly třísky z kádinky odstraněny a měření se mohlo opakovat. Celkem bylo provedeno pět měření. Získaná data byla zpracována pomocí programu MS Excel.

### *Sítová analýza*

Měření sítové analýzy bylo prováděno na vibračním laboratorním třídíči iMAL VM100 (fotografie zařízení v příloze 4). Průměr ok jednotlivých sít byl v sestavě od shora následující: 8; 3,15; 2; 1,6; 0,8; 0,5; 0,25; 0 = dno [mm]. Nejprve byla pomocí digitálních laboratorních vah iMAL BL100 – LCD zjištěna hmotnost prázdných sít. Následně byla síta sestavena podle průměru ok zpět do sestavy a na horní síto byl nasypán testovaný vzorek materiálu. Poté byla sestava uzavřena víkem a připevněna k podestě přístroje, následně byl spuštěn vibrační program, který byl volen následovně: doba třídění – 6 minut; stupeň intenzity vibrací 7,5; čas vibrování (Turn-on time) 2 min.; čas přerušení (Turn-off time) 2 sec. Po ukončení sítové analýzy byla zvážena jednotlivá síta se zachycenou frakcí třísek. Po zvážení a zaznamenání hodnot pro všechna síta byl

měřený materiál ze sít odstraněn a měření se mohlo opakovat. Bylo provedeno pět měření. Získaná data byla zpracována pomocí programu MS Excel.

## 4.2 Výsledky a diskuze

V této části práce jsou kapitoly 4.2.1 Sklizeň řepkové slámy a 4.2.2 Spotřeba a nákup suroviny zaměřeny na samotné získání požadované suroviny pro výrobu třískových desek. Následné kapitoly jsou strukturovány tak, aby kopírovaly samotný výrobní proces používaný firmou DDL.

### 4.2.1 Sklizeň řepkové slámy

Jelikož je řepka pěstována kvůli svému zrnu, je nejčastější postup sklizení řepky sklízecí mlátičkou, kdy většina stonku zůstane součástí strniště na poli a následně je zapravena jako zelené hnojivo do půdy (Souček, 2011).

Při použití slámy k výrobě třískových desek by bylo nutné její efektivní sklizně, úpravy do vhodného stavu (řezanka/balíky) a způsob řešení dopravy. Nabízely by se technologie sklizně s využitím sklízecí řezačky nebo sklízecího lisu (Souček, 2009).

Nejpoužívanějším způsobem sklizně slámy je za použití sklízecích lisů. Forma balíků je podle použitého lisu následující:

- a) malé, hranolové o hmotnosti 20 až 35 kg, umožňující ruční manipulaci,
- b) velké, válcové, kruhového průřezu o hmotnosti 190 až 500 kg,
- c) případně obří hranolové čtvercového průřezu o hmotnosti 380 až 600 kg.

Pro průmyslové využití slámy se používají nejčastěji velké hranolové balíky. Nevýhodou je ovšem vyšší pořizovací cena lisů na tyto balíky (Souček, 2009).

Použití válcových balíků není vhodné, jelikož i přes nižší pořizovací cenu lisů mají balíky nízkou hustotu, neefektivnost přepravy, skladování a zpracování (Bejlek, Sladký, 2012).

Oproti sklizni sklízecí řezačkou jsou náklady na sklizení slámy balíkováním vyšší (500-900 Kč/t, ale není výjimkou, že vzrostou až nad 1000 Kč/t). Vše závisí na výnosu slámy, typu lisu a jeho využití. Naopak náklady

na dopravu jsou nižší a lze realizovat dopravu i na delší vzdálenost. Balíková sláma je oproti řezance taky méně náročná na prostor a podmínky skladování (Souček, 2011).

Zemědělci mohou ke snížení nákladů sklizně v balících dosáhnout celoročním využitím alespoň některých částí techniky. Lisy sice jiné využití v průběhu roku již nemají, ovšem lze využívat traktory, kde by náklady u lisovacích souprav mohly klesnout až o 35 % na tunu (Bejlek, Sladký, 2012).

Při použití sklízecí řezačky lze slámu sbírat z řádků pomocí sběrných adaptérů. Řezanka je následně metána do přepravního prostředku a odvážena k místu dalšího zpracování (Souček, 2009).

Nevýhodou řezanky slámy je její nízká hustota, která snižuje efektivnost dopravy, manipulace a skladování. Doprava na delší vzdálenost je až příliš neefektivní a ekonomicky náročná, jelikož velmi nízká hustota materiálu způsobuje velmi malé využití ložného prostoru dopravního prostředku. Navíc při její dopravě dochází k větším ztrátám materiálu vlivem drolení a úletu částic. Při venkovním skladování dochází vlivem vody k degradaci materiálu. Kvůli možnostem zvýšené vlhkosti je také třeba častější kontroly materiálu, jelikož hrozí nebezpečí jeho samovznícení (Souček, 2011).

Výhodou tohoto způsobu sklizně je, že je levnější než produkce balíků (jednotkové náklady včetně manipulace a dopravy do 5 km činí 400-600 Kč/t). Využití řezanky je tedy ekonomicky výhodné pouze v případě, kdy je surovina přepravována na krátké vzdálenosti a při volbě vhodných skladovacích podmínek (Souček, 2011).

Sklizeň slámy je pro zpracovatele technologicky, časově i finančně náročnější, než současně nejvíce využívané rozdružení a zapravení slámy do půdy. Je tedy vhodné pouze tehdy, pokud je pro slámu vhodné využití a v takové míře, aby byla pokryta poptávka. Je zde také fakt, že pracovníci SPZO a dle Bejleka a Sladkého (2012) i mnozí pěstitelé zaujímají negativní postoj k odebrání řepkové slámy z polí.

## 4.2.2 Spotřeba a nákup suroviny

### *Spotřeba suroviny*

Na lince na výrobu dřevotřískových desek v DDL bylo v roce 2018 vyrobeno 135 000 m<sup>3</sup> DTD. Bylo spotřebováno přibližně 200 000 m<sup>3</sup> dřevní hmoty a k tomu odpovídající množství přídatných látek (lepidla, parafínové emulze, močoviny a tužidla). Z celkového množství spotřebované dřevní hmoty bylo 25 % suroviny z vlastních zdrojů DDL (odpad z přidružené výroby) a 75 % suroviny bylo nakoupeno.

Linka na výrobu DTD využívá z 95 % smrkové dřevo. Podíl jednotlivých vstupních materiálů do výroby z hlediska charakteru materiálu je přibližně následující: 60 % štěpka, 20 % rostlé dřevo, 20 % piliny.

### *Nákup suroviny*

Kvůli kůrovcové kalamitě trvajícím na našem území již několik let dochází k rekordním těžbám dřeva (v roce 2018 25,7 mil. m<sup>3</sup>), což má za následek zlevňování jehličnatých kulatinových výrobků (Novák, 2019).

Vývoj cen smrkového dříví u vlastníků v letech 2005 až 2019 je uveden v příloze 5.

V roce 2019 byla průměrná cena smrkového dříví V. jakostní skupiny, tj. dříví pro výrobu buničiny, desek na bázi dřeva (vláknina) (Doporučená pravidla pro měření a třídění dříví v České republice, 2002), pro vlastníky 509 Kč/m<sup>3</sup> (Příloha 6) a pro nevládníky 477 Kč/m<sup>3</sup> (Příloha 7). Ceny jsou uvedeny bez DPH, které činí 21 % na lokalitě odvozní místo.

Cena dřevní štěpky se pohybuje v rozmezí 300 – 600 Kč/t (Trnobranský, 2003).

Cena řepkové slámy by se odvíjela od použitého způsobu sklizně. Jak již bylo zmíněno, náklady na sklizeň za použití řezačky (i s přepravou do vzdálenosti 5 km) činí 400 – 600 Kč/t. Náklady na sklizeň slámy balíkováním se pohybují od 500 do 900 Kč/t, mohou ale vzrůst i nad 1000 Kč/t (Souček, 2011).



Cena dopravy řepkové slámy se taktéž odvíjí od způsobu sklizně. Náklady na přepravu řezanky slámy jsou při přepravní vzdálenosti 1 km 25 až 40 Kč/t. Pro válcové balíky jsou náklady na dopravu 7 až 16 Kč/t při přepravní vzdálenosti 1 km a pro balíky hranolové jsou náklady na 1 km 5 až 12 Kč/t (Srový, 2001).

K ceně řepkové slámy je nutné také započítat cenu živin, které byly sklizní slámy odebrány a musí být nahrazeny jinými hnojivy. Průměrný obsah a průměrná cena těchto živin v řepkové slámě jsou uvedeny v tabulce 3. DPH při nákupu řepkové slámy pro průmyslové použití činí 21 %.

*Tabulka 3: Přepočtové koeficienty obsahu dusíku, fosforu a draslíku v řepkové slámě (Markytán, 2009)*

Statkové hnojivo	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N (Kč/t)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (Kč/t)	K <sub>2</sub> O (Kč/t)	Celkem (Kč/t)	Výtěžnost (t/ha)	Cena na plochu (Kč/ha)
	Obsah živin (kg/t)								
<b>Řepková sláma</b>	5,6	2,5	11,3	174	111	271	555	6	3330
<b>Cena čisté živiny (Kč/kg)</b>	31	44	24						

V této době, kdy je kvůli kůrovcové kalamitě nadbytek dříví a ceny suroviny stále klesají, je cena za řepkovou slámu, v závislosti na sklizni, stejná či vyšší než cena smrkového dříví. V porovnání s cenou dřevní štěpky je cena slámy vyšší bez ohledu na použitou technologii sklizně.

V současnosti není kvůli své ceně řepková sláma pro zpracovatele atraktivním materiálem. Otázkou je, jaký bude do budoucna průběh kůrovcové kalamity a s ním spojený vývoj cen a dostupnost dříví.

### 4.2.3 Skladování materiálu

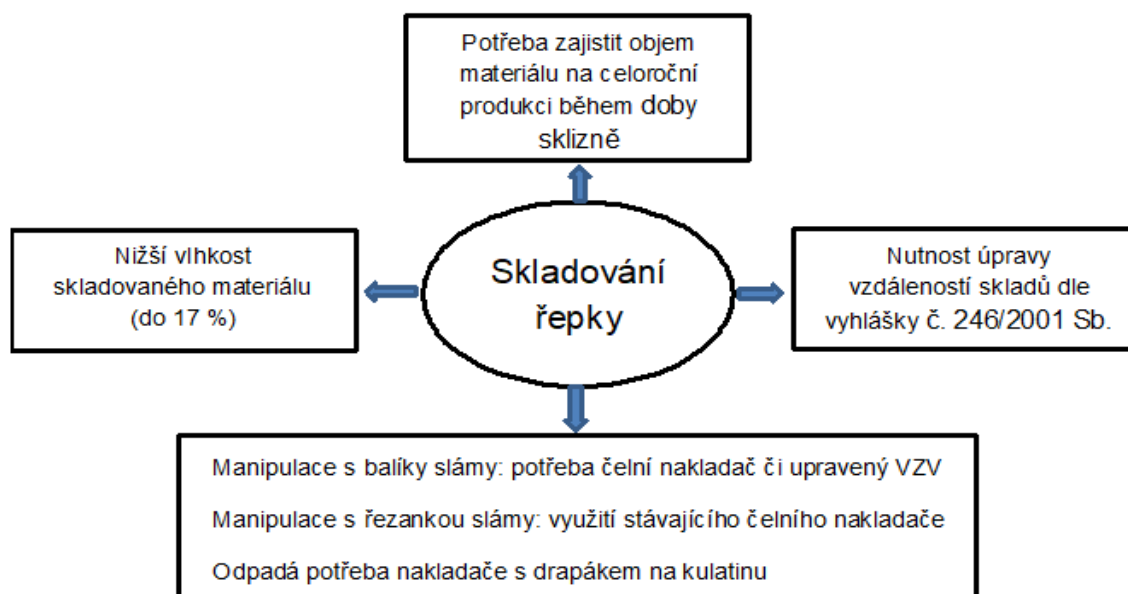
#### *Skladování materiálu na výrobu třísek*

V Dřevozpracujícím družstvu Lukavec jsou všechny skladovací plochy určené k výrobě DTD nezastřešené. Velikost skladovací plochy pro materiál na výrobu třísek 800 m<sup>2</sup> pro sklad jemného materiálu (štěpky, piliny a hobliny) s objemem uskladněného materiálu 3000 m<sup>3</sup> a 1000 m<sup>2</sup> pro sklad kulatiny s možným objemem 2000 prm (v závislosti na dostupnosti suroviny). Vlhkost materiálu se pohybuje v rozmezí 50 – 120 %. Jako ochrana před škůdci jsou na skladě kulatiny umístěny feromonové lapače.

Na skladě jemného materiálu je štěpka naskladněna na hromadách do maximální výšky šesti metrů. Štěpka kupovaná nebo vlastní je před procesem roztřískování míchána s pilinami a hoblinami z přidružené pilařské výroby firmy, a to za účelem snížení vlhkosti materiálu procházejícího sušárnou a zároveň zabránění vzplanutí suchých pilin a hoblin během sušení.

V Lukavci je ještě vedlejší skladovací plocha 9500 m<sup>2</sup> určená pro pilařské odřezky a krajiny a plocha 4500 m<sup>2</sup> pro tzv. KPZ (kulatina průmyslového zpracování). Tento materiál je přidáván převážně v zimních měsících k roztřískování s kulatinou, opět aby byla regulována vlhkost materiálu.

Množství zásob naskladněného materiálu na skladu kulatiny a skladu jemného materiálu je na jeden týden provozu. Materiál je skladován maximálně po dobu tří měsíců, jinak by mohlo docházet ke ztrátám materiálu. Díky krátké skladovací době nejsou při skladování problémy s hnilobou.



Obrázek 10: Rozdílné faktory skladování řepkové slámy oproti dřevní hmotě (Vlastní zpracování)

Jak již bylo řečeno, v roce 2018 byla celková spotřeba dřevní hmoty na výrobu DTD přibližně 200 000 m<sup>3</sup>. Jelikož je řepka sezónní plodina, která se sklízí jen několik týdnů v roce, bylo by třeba naskladnit požadované celoroční množství řepkové slámy. Znamenalo by to nutnost rozšíření skladovací plochy, případně vyjednání možnosti uskladnění balíků slámy na pozemku zemědělců.

Je vhodné volit skladování slámy slisované do balíků, jelikož volně ložená řezanka má velmi nízkou objemovou hmotnost a zabere při skladování dvakrát až třikrát větší objem, než sláma balíkováná. U dostatečně slisovaných balíků navíc neproniká při venkovním skladování voda do vnitřních vrstev a balíky navlhají pouze na povrchu (Souček, 2009).

Nevhodné na skladování slámy jsou prostory na rovném betonu. Jelikož jsou všechny skladovací prostory v DDL nezastřešeny, bylo by nejvhodnější balíky zabalit do plastové folie, případně stoh alespoň zakrýt (Bejlek, Sladký, 2012). Dle vyhlášky č. 246/2001 Sb. (vyhláška o požární prevenci) nesmí být muže mít volný sklad sena a slámy objem nejvýše 4000 m<sup>3</sup>. Vyhláška také stanovuje bezpečnostní vzdálenosti volných skladů sena a slámy od vybraných druhů objektu, lesů a komunikaci znázorněné v tabulce 4.

Tabulka 4: Bezpečnostní vzdálenosti volných skladů sena a slámy od vybraných druhů objektu, lesů a komunikací (Vyhláška č. 246/2001 Sb., 2001)

Objekty nebo prostory	Vzdálenost volného skladu sena/slámy v metrech
Závody (sklady), v nichž se vyrábějí, zpracovávají nebo uskladňují výbušné či lehce vznětlivé látky (např. celuloid, nitrocelulóza), nebo na volném prostranství se uskladňují snadno hořlavé kapaliny (např. benzin, sírouhlík, aceton)	300
Ostatní průmyslové závody, zemědělské závody a střediska, les	100
Okrajové budovy souvislé zástavby obcí	50
Veřejné komunikace	60
Krajní koleje železničních tratí	100
Elektrické vedení o vysokém napětí	30
Tuhé domovní odpady	50
Volný sklad sena a slámy	50

Podle Bejlka a Sladkého (2012) se řepková sláma ihned po sklizni nedá lisovat do balíků, ale je nutno ji nechat za slunného počasí 1–2 dny na řádku proschnout. Řepka je sklizena s optimálním obsahem vody v zrně 8 %, ale řepková sláma může obsahovat v době sklizně v průměru až 25 % vody.

Při skladování je důležité udržení vlhkosti materiálu do 17 %, tím je minimalizováno riziko napadení škodlivými činiteli a snížena možnost samovznícení slámy. Při slisování příliš vlhké slámy je následně prakticky nemožné nadměrnou vlhkost z vnitřních vrstev odstranit (Souček, 2009).

V DDL používají na skladě materiálu k jeho manipulaci čelní nakladač Volvo s drapákem na kulatinu, čelní nakladač Volvo s přepínacím zařízením a vysoko zdvižný vozík (VZV). Při použití řezanky slámy lze využít stávajícího čelního nakladače. Při skladování balíků slámy by odpadla potřeba použití čelních nakladačů, k manipulaci s balíky by bylo třeba upraveného vysoko zdvižného vozíku či teleskopického manipulátoru jako mají např. ve firmě EKOPANELY SERVIS s.r.o.

Při zavedení výroby třískových desek ze stonků řepky by bylo potřeba zajistit objem materiálu na celoroční produkci linky během doby sklizně. Bylo by tedy třeba buď rozšířit skladovací plochy společnosti, anebo uskladnit materiál na pozemku dodavatele. Vlhkost řepkové slámy je mnohem nižší, než je vlhkost skladované dřevní hmoty, což by mělo za následek nižší teplotu a kratší dobu sušení. Podle zvoleného vstupního materiálu by bylo třeba upravit manipulační techniku na skladě.

### *Skladování mokré třísky*

Linka pro výrobu DTD v Lukavci disponuje třemi vertikálními silami, kde každé má objem 120 m<sup>3</sup>. Sila jsou po jednom určena pro jehlicovitou a lístkovou třísku a poslední je určeno pro piliny. Sila jsou využívána na 80 % své kapacity.

Vyprazdňování zásobníku se provádí tím složitěji, čím větší je velikost částic, čím vyšší je vlhkost částic, čím větší je obsah zásobníku a čím delší je doba skladování. Výjimkou je, čím menší sypná hmotnost, tím složitější je odvod materiálu. V důsledku hmotnosti částic dochází u uskladněného materiálu přes sebe k jeho zhutňování, které může být až tak velké, že nebude možné materiál odvádět a mohlo by dojít k ochromení další výroby (Hrázský, Král, 2007).

Negativní vliv na odvádění částic řepky ze sila by mohla mít její nižší sypná hmotnost (informace o sypné hmotnosti jsou rozvedeny v kapitole 5.8 Vrstvení třískového koberce). Pozitivní pro řepku je ovšem fakt, že obsahuje nižší vlhkost, než dřevěné třísky, a také hmotnost jejich třísek je menší, tedy by docházelo k menšímu zhutňování materiálu a tvorbě kleneb. Také tíha materiálu na rotující vyhrnovací ramena by byla nižší, zamezilo by se tedy jejich poškození.

## Skladování suché třísky

Skladování v DDL probíhá ve dvou silech, kde každé má objem 100 m<sup>3</sup>. Jedno silo je určeno pro vysušené třísky určené pro vrchní vrstvy, druhé pro třísky pro středovou vrstvu. Vlhkost třísek se pohybuje v rozmezí 2,5-3 %. Vytíženost sil je opět 80 %.

Závěr pro skladování řepky by byl obdobný, jako při skladování mokrých třísek s tím rozdílem, že vlhkost by byla pro řepkové a dřevěné třísky stejná.

### 4.2.4 Dezintegrace dřevní hmoty

Linka na výrobu třísek sestává ze tří frézovacích roztřískovačů na kulatinu a rostlé a dvou prstencových roztřískovačů, z čehož jeden je záložní, určených k roztřískování štěpek, pilin a hoblin. Produkce třísek je 14 t/hod atro. a poměr výroby třísek je 20 % lístkové třísky a 80 % jehlicovitých třísek a pilin. Při výrobě DTD společnost vstupní materiál neodkornuje.

Hlavním parametrem vyrobených třísek je štíhlostní poměr, který je dán poměrem délky třísky a její tloušťky. S rostoucím štíhlostním poměrem se zvětšuje velikost překrývajících se lepených ploch třísek, a tedy stoupá i stupeň přenášení pevnosti třísek na hotovou desku (Hrázský, Král, 2000).

V tabulce 5 jsou uvedeny parametry třísek ze dřeva a řepkové slámy, jako jsou jejich průměrná tloušťka, průměrná délka a štíhlostní poměr získaných z jednotlivých studií.

Tabulka 5: Parametry třísek dle jednotlivých studií

Parametry třísek	Studie							
	Kord a kol., 2016		Mirski a kol., 2018		Cosereanu a Cerbu, 2019		Dziurka a Mirski, 2013	
	Řepka	Dřevo	Řepka	Dřevo	Řepka	Dřevo	Řepka	Dřevo
Tloušťka průměrná [mm]	0,49	0,65	0,62	1,04	0,75	12,5	15,02	12,45
Délka průměrná [mm]	17,79	12,49	14,06	13,72	3	1,25	0,97	0,83
Štíhlostní poměr	36,31	19,21	22,8	13,2	4	10	15,5	15

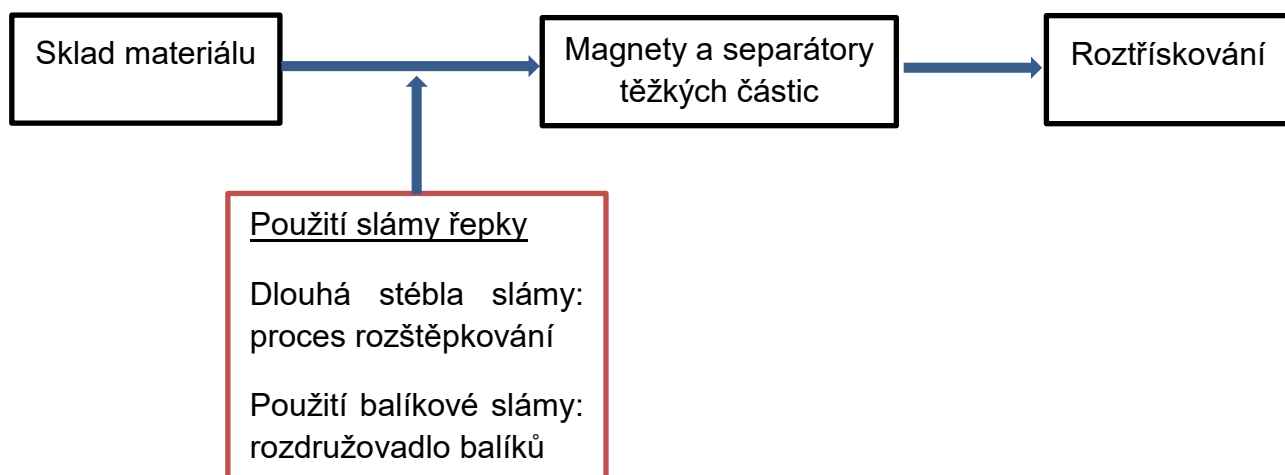
Z výše uvedených dat lze pozorovat, že rozměry a štíhlostní poměry dřevěných a řepkových třísek jsou velmi odlišné. Technologií roztřískování byl nejbližší Kord a kol. (2016), kde byl podobně jako v DDL použit dvoustupňový proces výroby. V této studii byl štíhlostní poměr vyšší pro třísky z řepkové slámy.

Nejvhodnější by ovšem bylo změřit parametry třísek z řepkové slámy vyrobených stejným postupem, jako využívá DDL a následně takto získané třísky porovnat se v současnosti vyráběnými dřevěnými třískami.

Podle získaných poznatků z DDL a SPZO by se změna při zavedení řepky týkala spíše v přípravě suroviny k roztřískování. Z použitého principu sklizně, kde by v balících byly lisovány velké kusy stonků, či již krátké nasekané kusy stonků řepky. Dlouhé kusy stonků by mohli ucpávat roztřískovací stroje a bylo by nutné zavést krok rozštěpkování na požadované krátké kusy. Rozštěpkování stonků by také podle pana Heřmánka mohlo vést k lepšímu podílu kvalitní třísky bez většího množství prachu. Společnost DDL disponuje sekacím zařízením, pouze se nachází na pilařské lince a štěpka je na sklad drobného materiálu dopravována pomocí pásových dopravníků. Sklízecí technika je schopna stonky nasekat na kusy o délce 1–6 cm, v tomto případě by se proces rozštěpkování mohl přeskočit.

U balíkové slámy je třeba balík nejdříve rozdružit speciálním strojem. Rozdružovadlo je horizontální řetězový dopravník, který je na jednom konci osazen soustavou rotujících frézovacích válců (Bejlek, Sladký, 2012).

Bylo by tedy nutné před násypku s dopravníkem, který vede materiál k roztřískovači, zavést samotné rozdružovadlo. Zařízení by nebylo třeba v případě používání volné řepkové řezanky, ale jak již bylo zmíněno v kapitole Skladování materiálu, je její použití z hlediska objemu skladování nevýhodné.



Obrázek 11: Schéma zařazení potřebných operací do současného procesu výroby třísek (Vlastní zpracování)

Adapa a kol. (2011) a Tumuluru a kol. (2014) prováděli ve svých studiích porovnání spotřeby energie při sekání a roztřískování na kladivovém mlýnu o různé velikosti síta u slámy řepky, pšenice, ječmene a ovse. Spotřeba energie na dezintegraci řepky byla v porovnání s ostatními materiály vždy nižší, konkrétně pro sekačku byla spotřeba v obou člancích 1,96 kWh/t, pro kladivový mlýn se hodnoty pohybovaly od 1,46 kWh/t (velikost síta 31,75 mm) do 35,7 kWh/t (velikost síta 1,6 mm). Bohužel ani v jedné ze studií nebyl pokus proveden pro dřevo, nelze tedy určit, který z materiálu by spotřeboval více energie.

K získání odpovídajících parametrů třísek ze stonků řepky by bylo třeba jejich výroby stejným způsobem, který využívají v DDL a jejich následné porovnání s dřevěnými třískami stávající výroby. Podle délky sklizené slámy by se odvíjela nutnost nejdříve dlouhé stonky nasekat na štěpku, aby se nedocházelo k ucpání roztřískovacích strojů. Při použití balíkové slámy by byla nutnost na linku před samotný roztřískovač zařadit rozdružovadlo balíků. Problematikou energetické náročnosti zpracování řepkové slámy se paralelně s touto prací zabývá práce Jaroslava Čermáka.



## *Magnety a separátory těžkých částic*

Magnety a separátory těžkých částic jsou umístěny před roztřískovači a slouží k oddělení kovových a těžkých minerálních částic, které přišly se vstupní surovinou a mohly by ničit nástroje a ohrozit bezpečnost výroby. Dále jsou v provozu umístěny magnety k zachycení kovových částic, které se ke dřevěným třískám dostali až v průběhu výroby (např. uvolněné části strojů).

Zemědělská sklízecí technika je schopna oddělit těžké částice od slámy. Nevýhoda ovšem nastává u technologie balíkování, kde je častá přítomnost cizorodých látek. V průběhu sklizně se do balíkové slámy často dostane množství prachu, hlíny i kamenů (Souček, 2011).

Těžké a kovové částice se do slámy mohou dostat i v průběhu manipulace na skladu, přítomnost magnetů a separátorů těžkých částic by tedy byla potřebná.

### 4.2.5 Sušení třísek

V DDL k sušení třísek používají bubnovou sušárnu s přímým ohřevem. V sušárně je v současné době topeno z minimálně z 95 % vlastním odpadním dřevním prachem. Ten se skládá ze 4 % vytríděného materiálu po sušení a zbytek tvoří prach z brusné linky. Dále je možné v sušárně topit těžkým či lehkým topným olejem.

Třísky o vstupní vlhkosti 50-120 % jsou sušeny na vlhkost 2,5-3 %. Vstupní teplota sušení se pohybuje v rozmezí 350-600 °C, výstupní teplota sušení je 80 - 115 °C. Teplotu je nutno regulovat podle ročního období a vlhkosti třísek. Například v létě běží hořák pouze na 20 % výkonu, jelikož je sucho a teplo, naopak v chladných měsících, kdy vlivem nezastřešeného skladu může do materiálu pršet a případně sněžit, běží hořák až na maximální výkon a může být třeba snížit množství materiálu procházejícího sušárnou. Je třeba také hlídat a regulovat vlhkost vstupní suroviny, jelikož při využití sušárny s přímým ohřevem hrozí zvýšené riziko vzplanutí sušeného materiálu.

Doba sušení je zhruba 10 minut, kdy větší a těžší částice, pro které je potřeba delší doba sušení, prochází bubnem sušárny pomaleji, než malé částice, které dosáhnou požadované vlhkosti rychleji. Prachové částice při procesu sušení nejsou kontrolovány, buď se vytřídí po sušení, nebo se v sušárně usadí a pak je během odstávky vyčištěn. Výkon sušárny je 14 t/hod atro. vysušených třísek.

Při použití řepkových stonků by byla vstupní vlhkost (přibližně 17 %) nižší než u dřeva. Nebyla by tedy nutná vysoká teplota sušení a mohl by být volen nižší výkon hořáku.

Při použití balíkové slámy by byl vliv počasí nižší, jelikož jak již bylo řečeno u skladování materiálu, tak u dostatečně slisovaných balíků neproniká voda do vnitřních vrstev a balíky navlhají pouze na povrchu (Souček 2009).

Kislinger (2015) udává pro řepková semena teplotu vzplanutí 360 °C a teplotu vznícení 370 °C, pro brikety ze slisované řepkové slámy udává pouze teplotu vzplanutí 400 °C. V porovnání se smrkovým dřevem, kde udává teplotu vzplanutí 340 °C a vznícení 440 °C, a se smrkovými hoblinami ve vlhkém stavu, kde udává teplotu vzplanutí 330 °C a vznícení 430°C, nejsou rozdíly mezi řepkou a dřevem nijak veliké.

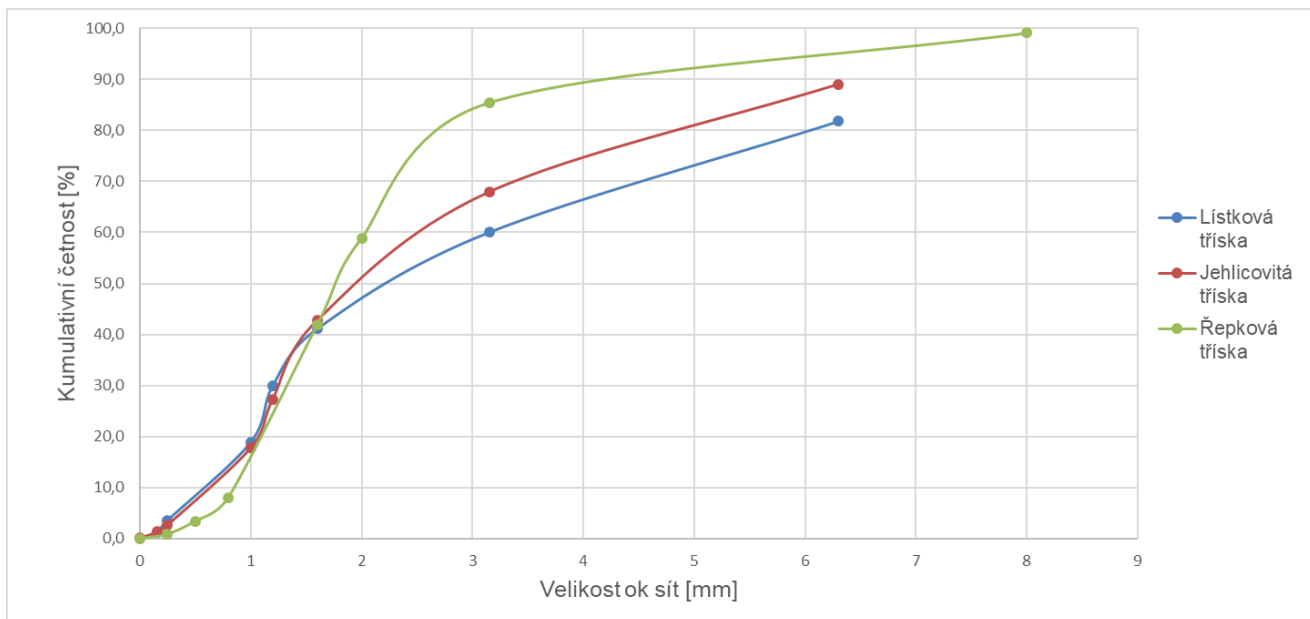
K sušení třísek z řepkové slámy by docházelo, díky jejich nižší vlhkosti oproti dřevu, za nižšího výkonu hořáku, s tím spojenou nižší spotřebou energie. Z výsledků síťové analýzy, podrobněji rozebrané v kapitole 5.8 Třídění a domílání třísek, obsahuje řepka nižší množství jak velkých částic, které potřebují delší čas k vysušení, tak i drobných částic, které by se v sušárně usazovali.

#### 4.2.6 Třídění a domílání třísek

Po procesu sušení dochází k třídění suchých třísek na třísky pro středovou vrstvu a třísky pro vrchní vrstvu. Je zde vytríděna také prašná frakce v množství přibližně 600 kg/h, která jde ke spálení. Oddělovačem prachu je z třísek pro vrchní vrstvu oddělen velmi jemný prach, jeho množství je pouze v jednotkách kg/ den.

K domílání dochází pouze u třísek určených pro vrchní vrstvu, vzniká tzv. mikrotříska. Množství domílaného materiálu je přibližně 2,5 t/hod.

V grafu 1 jsou uvedena získaná data ze zkoušky sítové analýzy v prováděné v laboratoři DDL pro lístkové třísky z frézovacího roztřískovače Maier určeného ke zpracování kulatiny a jehlicovité třísky z prstencového roztřískovače Pallman sloužícího ke zpracování drobné dřevní suroviny. Dále jsou v grafu pro porovnání uvedeny výsledky vlastního měření prováděného v laboratoři na Fakultě lesnické a dřevařské na vzorcích třísek z řepkové slámy. Důležité je upozornit, že velikost ok sít testovacího zařízení v DDL a v laboratoři na Fakultě lesnické a dřevařské nejsou stejné, konkrétně bylo v DDL třídící zařízení sestaveno ze sít o velikosti ok 6,3; 3,15; 1,6; 1,2; 1; 0,25; 0,16 a dno (0 mm), zatímco na ve fakultní laboratoři tomu bylo následovně: 8; 3,15; 2; 1,6; 0,8; 0,5; 0,25 mm a dno.



Graf 1: Závislost kumulativní četnosti třísek na frakci třísek (Vlastní zpracování)

Je důležité podotknout, že třísky z řepkové slámy neprošly stejným procesem výroby třísek jako třísky dřevěné. Při použití stejného postupu výroby třísek by se výsledky mohly lišit.

Z výsledků lze pozorovat, že obsah zachycené frakce, která je větší než 3,15 a zároveň obsah drobných částic, které jsou menší než 0,25, je u třísek řepkové slámy v nižší, než u obou variant testovaných třísek. Díky tomu by mohlo být dosaženo snížení množství odpadní prашné frakce po třídění a zároveň snížení množství domílaného materiálu.

#### 4.2.7 Nanášení lepicí směsi

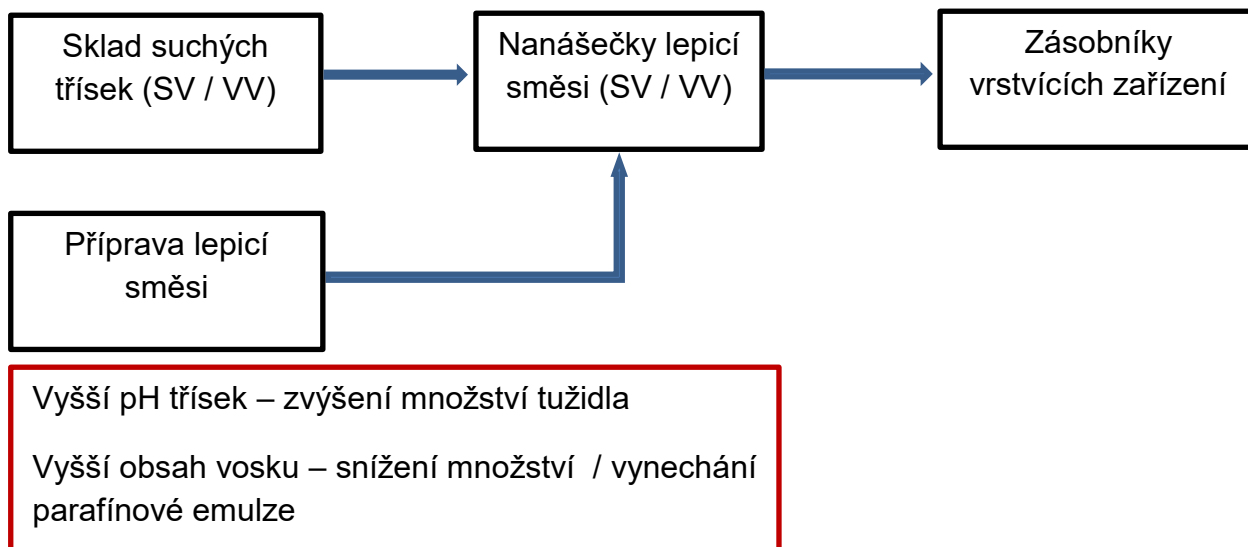
Společnost DDL používá k výrobě desek močovino-formaldehydové lepidlo (66 % sušiny), do povrchových vrstev jsou navíc přidána melanin-močovino-formaldehydová lepidla. Lepicí směs se skládá z lepidla, močoviny, parafínové emulze, dusičnanu amonného jako tužidla, kde je použito jiné dávkování pro vrchní vrstvy a pro středovou vrstvu a zbytek je voda. K nanesení lepicí směsi dochází v rotačních nanášečkách, které jsou chlazeny a rozdíl teplot mezi stěnou nanášečky a třískami je 17 °C.

Platí, že čím je pH lisovaného materiálu vyšší, tím déle bude trvat želatínace lepicí směsi v lise a bude třeba vyšší dávkování tužidla. Výrobce udávané pH firmou používaného lepidla se pohybuje v rozmezí 7,5 – 10. Třísky používané v DDL mají pH 5 – 6,5, musí být tedy dodáno tužidlo. Například ve vedlejší výrobě MDF mají vlákna pH 4,5 a není zde již nutné přidávat do lepicí směsi tužidlo.

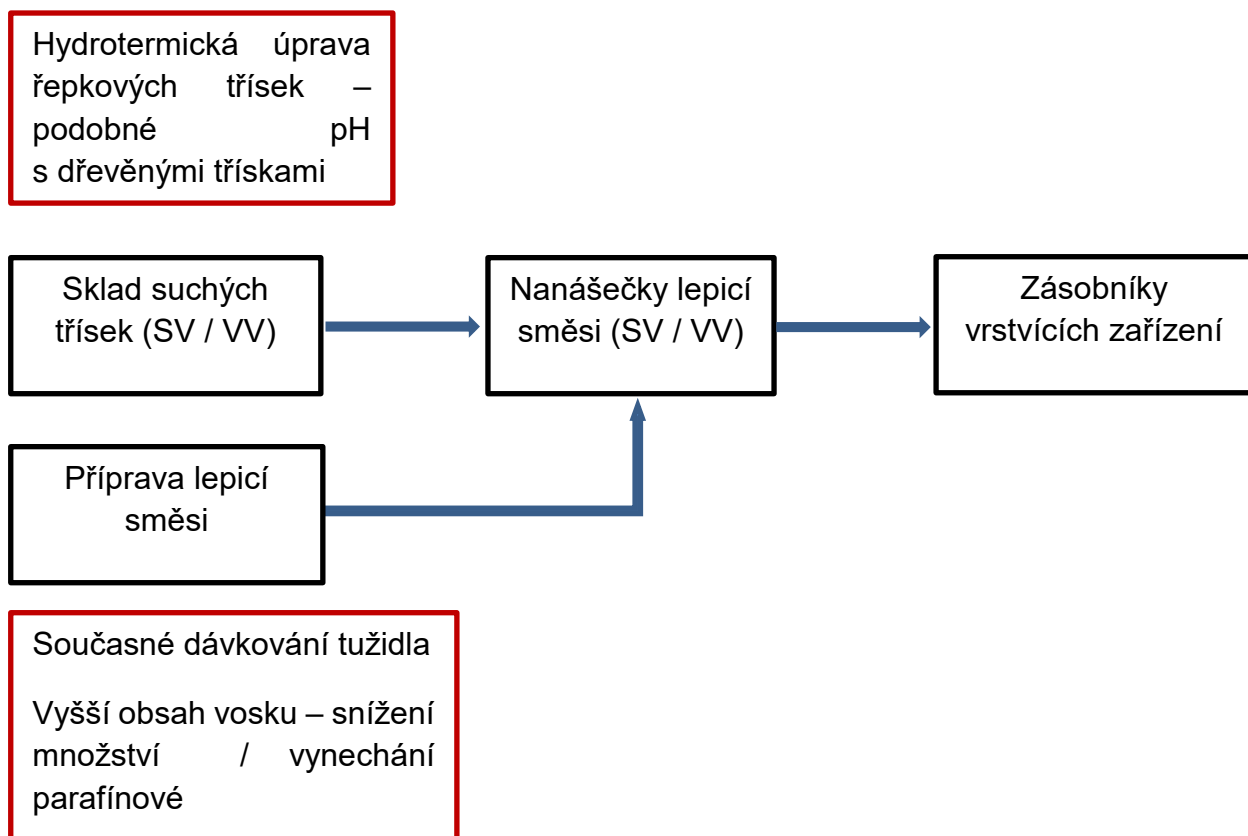
Částková a kol. (2018) naměřili hodnoty pH pro tři typy řepkových třísek. Pro neupravenou řepkovou slámu byla zjištěna hodnota pH  $7,86 \pm 0,08$ . Další dva typy třísek byly upraveny, a to buď chemicky namáčením v 2 % roztoku hydroxidu sodného (NaOH), nebo hydrotermicky vařením ve vodě po dobu 45 minut. Pro úpravu NaOH bylo naměřeno pH  $9,44 \pm 0,56$  a pro ve vodě vařených třísek bylo zjištěno pH  $6,58 \pm 0,07$ .

Z hodnot Částkové a kol. (2018) lze říci, že pH řepkových třísek v uvedeném rozsahu nemělo mít vliv na samotné nanášení lepicí směsi, jelikož pH lepidla je na podobné hranici pH 7,5 – 10. Vlivem pH by tedy docházelo pouze k úpravě dávkování tužidla. Naměřená hodnota pH hydrotermicky upravených řepkových třísek je podobná jako horní hranice pH dřevěných třísek používaných v Lukavci, dávkování tužidla by tedy mohlo zůstat stejné. Znamenalo by to ale zavedení další operace do procesu výroby a její použitelnost v praxi zůstává otázkou hlavně kvůli dodatečným nákladům. Při použití neupravený a chemicky upravený řepkový třísek by bylo nutno do lepicí směsi navýšit dávkování tužidla.

**A)**



**B)**



Obrázek 12: Schéma procesu nanášení lepicí směsi a faktory ovlivňující tento proces: A) při použití neupravených třísek z řepky; B) při použití hydrotermicky upravených třísek řepky (Vlastní zpracování)

V tabulce 6 je vidět, že se chemické složení řepkové slámy liší od složení smrkového dřeva. Řepka obsahuje menší množství celulózy a ligninu než dřevo, naopak má větší množství hemicelulóz, extraktivních a minerálních látek. (Dziurka a kol., 2005)

*Tabulka 6: Chemické složení řepkové slámy ve srovnání se smrkovým dřevem (Dziurka a kol., 2005)*

Složka	Obsah složky v absolutně suchém materiálu (%)	
	Řepková sláma	Smrkové dřevo
Celulóza	37,55	54,09
Hemicelulóza	31,37	23,40
Lignin	21,30	30,15
Extraktivní látky	3,76	1,47
Minerální látky	6,02	0,24

Nižší obsah celulózy bude mít negativní účinek na pevnost desek. Důležitější je však obsah extraktivních látek, který je sice vyšší, než u dřeva, ale na rozdíl od obilné slámy, kde jsou extraktivní látky shromážděny převážně na povrchu, jsou u řepkové slámy podobně jako ve dřevu rozmístěna po celém svém objemu. Díky tomu by neměl být nepříznivě ovlivněn účinek standardních lepidel využívaných u dřeva (Dziurka a kol., 2005).

Fan a Fu (2017) ve své knize udávají pro obsah vosku ve slámě řepky hodnotu 3,8 %. To by mohlo vést ke snížení množství parafínové emulze ve stávající lepicí směsi, či jejího případného úplného vynechání.

Při výrobě třískových desek z řepkové slámy by bylo třeba udělat rozhodnutí, zda je finančně a také časově výhodnější zavést do výroby krok hydrotermické úpravy třísek z řepky, tím snížit pH těchto třísek, což by vedlo k zachování stávajícího množství tužidla v lepicí směsi, či použít neupravené třísky a při výrobě lepicí směsi, s ohledem na vyšší pH těchto třísek, zvýšit množství tužidla. Pro zjištění vlivu vosku obsaženého v řepkové slámě na úpravu množství parafínové emulze v lepicí směsi by bylo třeba další studie.

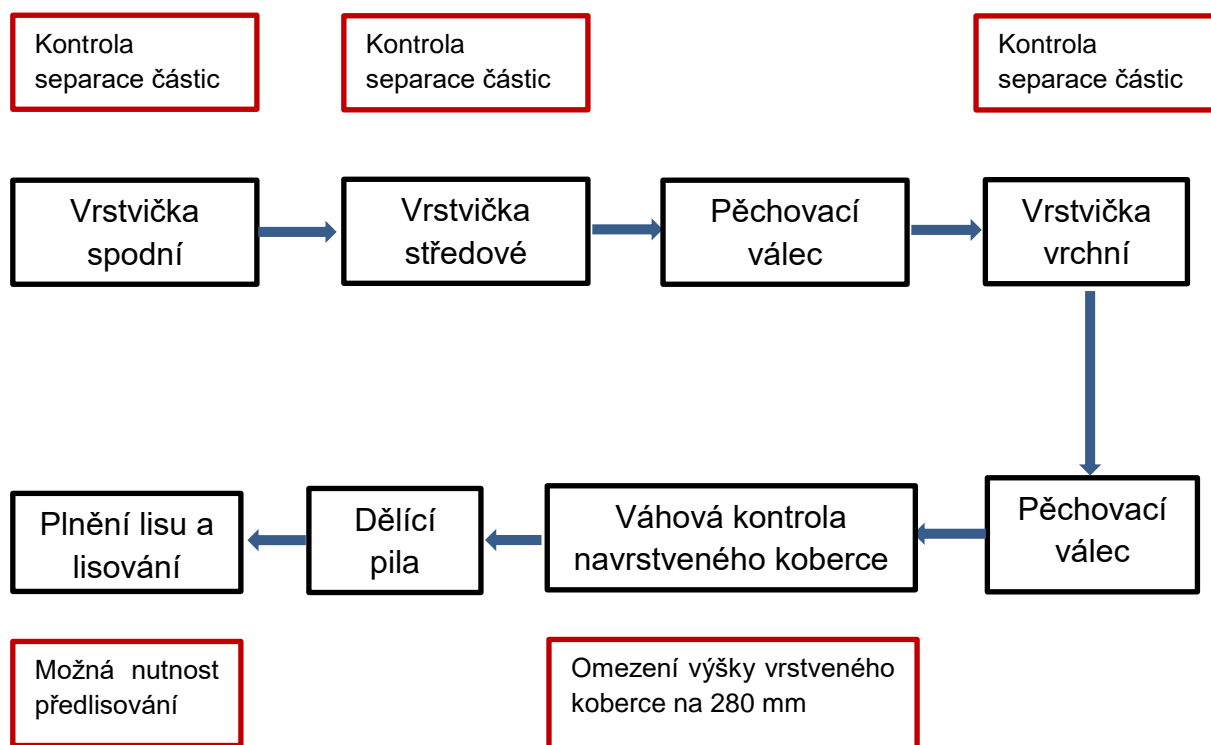
#### 4.2.8 Vrstvení třískového koberce

DDL na své vrstvicí lince tří vrstvicí zařízení, tedy po jednom pro spodní povrchovou vrstvu, středovou vrstvu a horní povrchovou vrstvu. Jelikož v Lukavci nepoužívají předlisování, je vrstvený koberec pěchován dvěma válci z nerezového plechu, kdy první je umístěn za vrstvicím zařízením středové vrstvy a druhý za vrstvicím zařízením horní povrchové vrstvy. Pro kontrolu správně navrstveného koberce se používá váhová metoda. Je-li koberec chybně navrstven, jsou třísky i s nanesenou lepicí směsí přepuštěny zpět do sila mokré třísky. Tloušťka koberce je proměnlivá na hustotě materiálu třísek. Složení jednotlivých vrstev je závislé na tloušťce desek, toto složení je přibližně 3/5 středové vrstvy a po 1/5 pro každou vrchní vrstvu.

V chodu linky mi bylo umožněno změřit orientačně výšku navrstveného koberce. Jednalo se o navrstvený koberec pro desku o výsledné tloušťce 16 mm. Měření probíhalo již za pěchovacím válcem a výsledky byly následující: celková tloušťka koberce byla 60 mm, středová vrstva měla tloušťku 30 mm a vrchní vrstvy měly po 15 mm. Tloušťka navrstveného koberce je linkou omezena na 280 mm.

Sypná hmotnost jehlicovitých dřevěných třísek o vlhkosti 7 % vyrobených v DDL zjištěna vlastním měřením byla 171,3 kg/m<sup>3</sup> (směrodatná odchylka hodnot je 4,6).





Obrázek 13: Schéma jednotlivých operací během vrstvení třískového koberce a faktory ovlivňující proces vrstvení při použití třísek z řepkové slámy (Vlastní zpracování)

Dukarska a kol. (2019) vyráběli třísky pomocí laboratorního drtiče. Na takto získaných třískách měřili sypnou hmotnost volně navrstvené slámy a následnou sypnou hmotnost po jejím protřepání. Sypná hmotnost volně navrstvené slámy byla  $41 \text{ kg/m}^3$  a sypná hmotnost protřepané slámy se pohybovala kolem  $70 \text{ kg/m}^3$ .

Mirski a kol. (2018) taktéž využil laboratorní drtič pro výrobu třísek (štěpek) ze slámy řepky. Sypná hmotnost řepkových štěpek byla  $79,2 \pm 2 \text{ kg/m}^3$ . Pro porovnání byla změřena i sypná hmotnost borovicové štěpky od firmy Swiss Krono, která činila  $131,7 \pm 1,9 \text{ kg/m}^3$ .

Kord a kol. (2016) využívali pro výrobu třísek z řepkové slámy dvoustupňový proces výroby, kdy byly stonky řepky nejdříve rozštěpkovány na průmyslové bubnové sekačce a následně byly štěpky roztřískovány v prstencovém roztřískovači. Průměrná hustota takto vyrobených třísek byla  $270 \text{ kg/m}^3$ .

Dai a kol. (2004) porovnávali tloušťku navrstveného koberce a jeho sypnou hmotnost pro třísky ze dřeva a řepkové slámy vyrobené na kladivovém mlýnu. Požadovaná tloušťka hotové desky byla 11 mm. Tloušťka koberce z dřevěných třísek byla 20,52 mm a sypná hmotnost koberce byla  $240 \text{ kg/m}^3$ . Pro koberec z pšeničné slámy byla zjištěna tloušťka 42,58 mm a sypná hmotnost  $120 \text{ kg/m}^3$ , lze tedy pozorovat, že při poloviční hustotě slámy je její koberec přibližně dvakrát tlustší. Podle autora toto a skutečnost, že pšeničná sláma obsahuje vosky na svém povrchu, může vést k problémům s integritou rohože a při komerční výrobě by mohlo být nezbytné použít předlisování koberce.

Jak již bylo zmíněno v kapitole 5.7 Nanášení lepicí směsi, tak podle Dziurky a kol. (2005) jsou extraktivní látky v řepkové slámě rozmístěny po celém objemu, jako je tomu i u dřeva, ne nejen na povrchu. Předlisování koberce by tedy nemuselo být v případě řepkové slámy nutné.

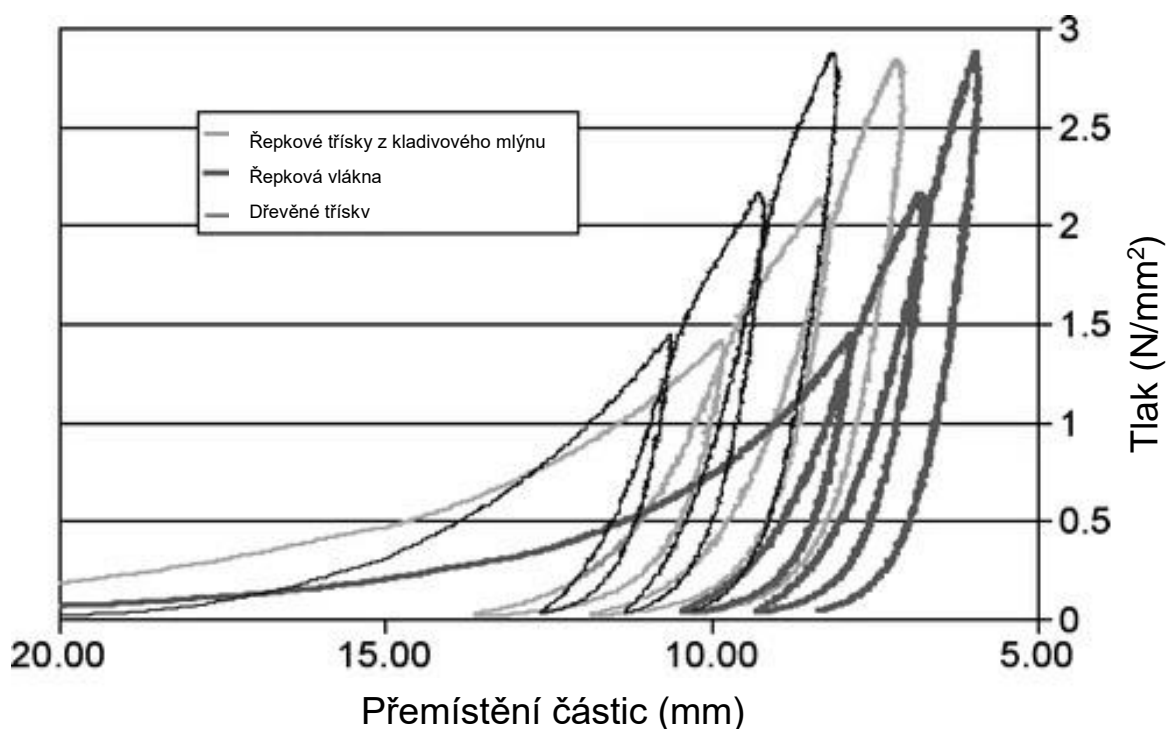
Jelikož má řepková sláma nižší sypnou hmotnost, byla by tloušťka navrstveného koberce větší. Problém by mohl vzniknout při výrobě desek o veliké tloušťce (v Lukavci vyrábí dřevotřískové desky až o tloušťce 45 mm), kde by mohla být překročena omezující výška linky 280 mm. Byla vyslovena také obava, že by při použití směsi třísek ze dřeva a řepkové slámy byly na vrstvicím zařízení lehčí řepkové třísky unášeny proudem vzduchu dále než dřevěné třísky, a tato separace by mohla vést k problémům s vlastnostmi vyrobených desek.

#### 4.2.9 Lisování třískových desek

Společnost DDL využívá k lisování dřevotřískových desek sedmietážový hydraulický vytápěný lis od výrobce Siempelkamp. Lisovací plocha jedné etáže je 5680 x 1830 mm, tedy celková lisovací plocha je rovna 72,7 m<sup>2</sup>. Vstupní vlhkost materiálu s lepicí směsí je pro přibližně SV 7 % a pro přibližně VV 10 %. Teplota vyhřívaných desek lisu se pohybuje podle tloušťky výsledné dřevotřískové desky od 180 °C (pro DTD 8 mm) do 205 °C (pro DTD 45 mm). Lisovací faktor je 10 – 11 s/mm<sup>2</sup> a vedlejší lisovací čas je 45 sekund. Specifický lisovací tlak je 3,43 N/mm<sup>2</sup>. Normální provozní tlak je 24 MPa (240 bar), může být dosaženo maximálního provozního tlaku 28,8 MPa (288 bar).

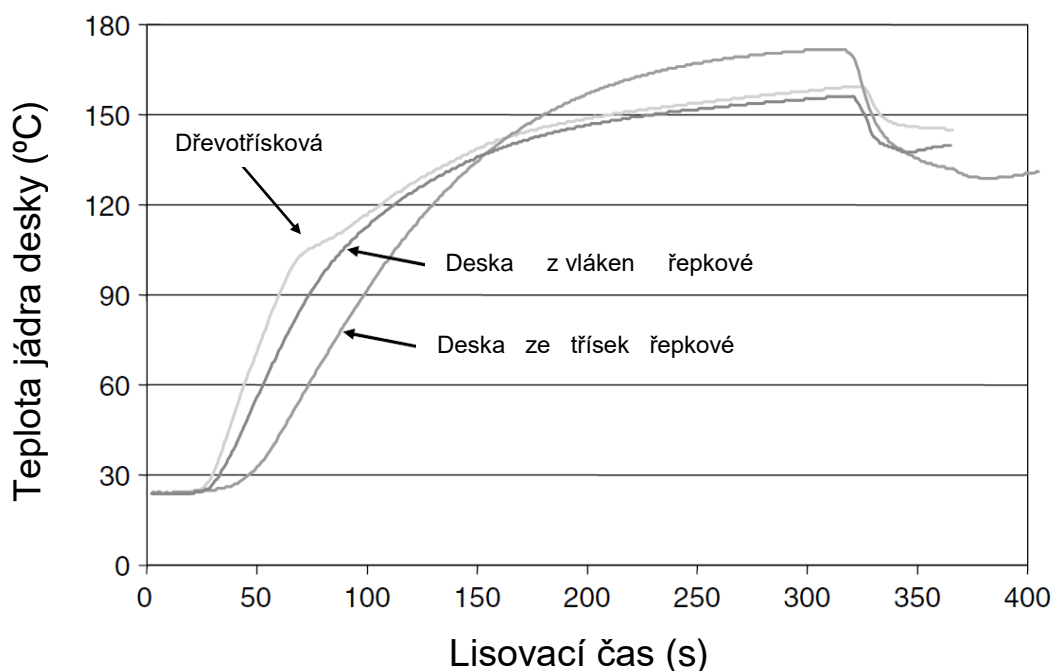
Dai a kol. (2004) ve své práci porovnával chování dřevotřískových desek a desek z pšeničné slámy lepených močovino-formaldehydovými pryskyřicemi z hlediska stlačitelnosti navrstveného koberce, příčné propustnosti materiálu, lisovacího tlaku, teploty jádra a tlaku plynu v jádře. Materiálem pro výrobu desek byly dřevěné třísky, třísky z pšeničné slámy vyrobené na kladivovém mlýnu a vlákna z pšeničné slámy.

Z výsledků zkoušek došel Dai a kol. (2004) k závěru, že částice slámy jsou mnohem více stlačitelné, tudíž navrstvené slaměné koberce nevyžadují při lisování tak vysoký tlak, jako koberce z dřevěných třísek.



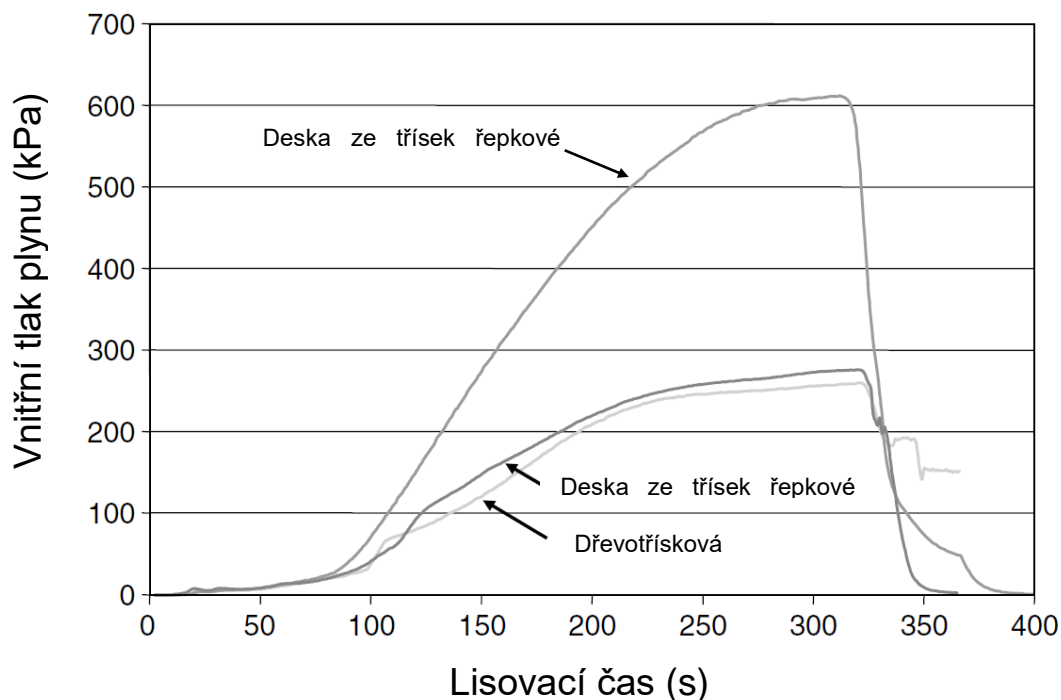
Graf 2: Kompresní chování vrstveného koberce ze dřeva a slámy (Dai a kol., 2004)

Dai a kol. (2004) dále zjistil, že propustnost pro plyny je u třísek ze slámy získaných na kladivovém roztřískovači mnohem nižší, než je propustnost dřevěných třísek či slaměných vláken. To je nejspíše zapříčiněno vlastnostmi slaměných třísek z kladivového mlýnu, které jsou hrubší frakce a tvarově podobné vločkám, které jsou tenké a ploché. Při samotném lisování kvůli nízké propustnosti těchto třísek dochází k pomalejšímu proudění tepla z povrchu koberce k jádru a tudíž k pomalému nárůstu teploty jádra. Dále vede nižší propustnost slaměných třísek při lisování k menšímu postrannímu úniku plynu a páry z desek do atmosféry, což má za následek nižší ztráty tepla a to může mít za následek vyšší konečnou teplotu uvnitř desky.



Graf 3: Kolísání teploty jádra desky v závislosti na lisovacím čase (Dai a kol., 2004)

Důležité bylo zjištění, že zatímco změny vnitřního tlaku plynu a páry v jádru desky byla pro dřevěné částice a slaměná vlákna víceméně stejná, tak u slaměných třísek vyrobených na kládiovém mlýnu byl vnitřní tlak plynu dvakrát vyšší, což pravděpodobně způsobila nízká propustnost třísek. Vyšší tlak plynu v jádru může po otevření lisu způsobit delaminaci desky. Aby se delaminaci zabránilo, doporučil autor prodloužení doby otevírání lisu (Dai a kol., 2004).

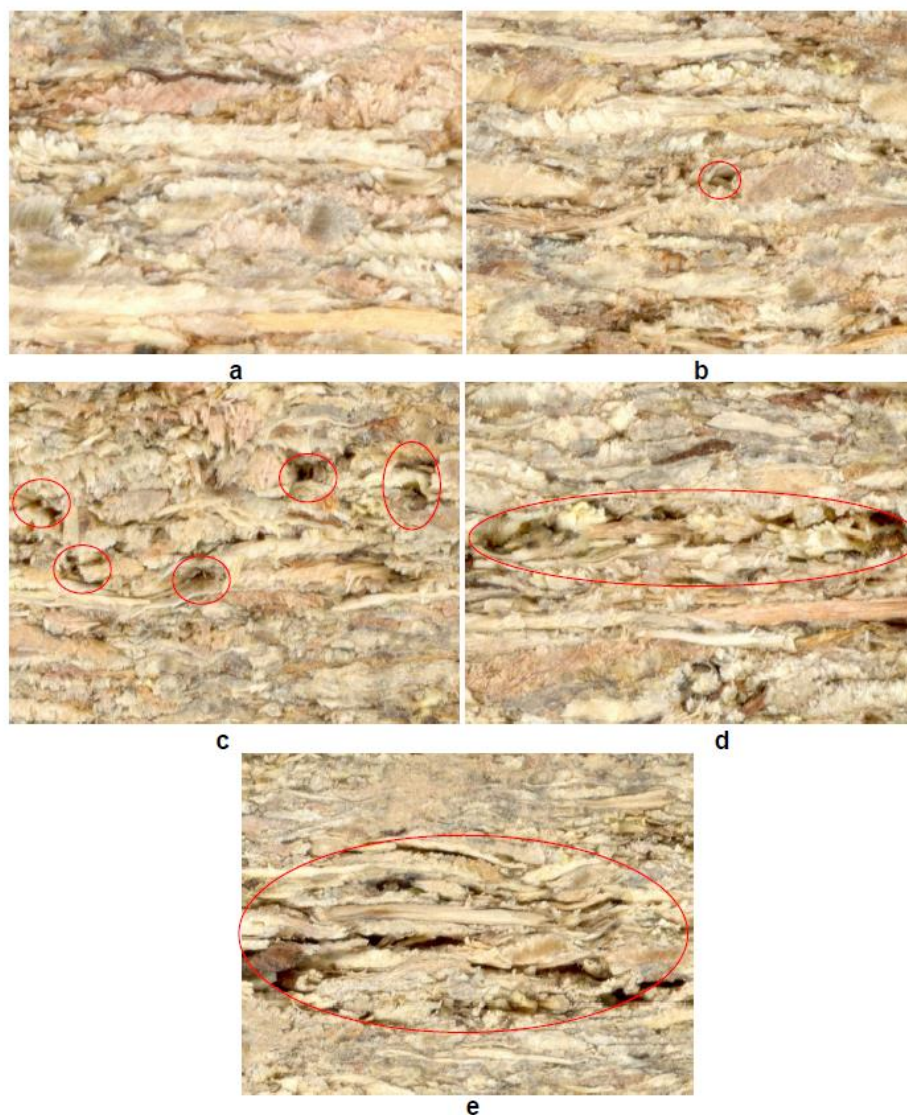


Graf 4: Změny tlaku plynu v jádru desky v závislosti na lisovacím čase (Dai a kol., 2004)

Při porovnání vertikálního hustotního profilu došel Dai a kol. (2004) k závěru, že zatímco desky z dřevěných třísek a vláken z pšeničné slámy mají navzdory rozdílů stlačitelnosti koberce velmi podobný vertikální hustotní profil, tak u desek z pšeničných třísek je veliký rozdíl mezi hustotou povrchové vrstvy a hustotou jádra. To je taktéž zapříčiněno nízkou propustností materiálu. Při sestavování lisovacího plánu a zamezení velkému rozdílu u hustotního profilu by měla být volena pomalejší rychlost uzavírání lisu.

Cosereanu a Cerbu (2019) zkoumali morfologické, fyzikální a mechanické vlastnosti jednovrstevných třískových desek vyrobených s různým obsahem částic řepky a dřeva (0:100, 10:90, 30:70, 50:50 a 70:30) pojených močovinoformaldehydovým lepidlem v množství 12 % hmotnosti třísek. Cílová hustota vyráběných desek byla  $640 \text{ kg/m}^3$  a tloušťka 16 mm. Lisovací podmínky byly následující: tlak lisování  $2,5 \text{ N/mm}^2$ , lisovací teplota  $180 \text{ }^\circ\text{C}$  a čas lisování byl 6 minut. Z morfologického hlediska se ukázalo, že se zvyšováním obsahu řepkových částic v desce se zvětšovaly trhliny a lomové zóny ve vnitřní struktuře desky (obrázek 14). To ovšem mohlo být způsobeno vysokou vstupní vlhkostí použitých třísek (pro dřevěné třísky 7,9 – 8,1 %, pro řepkové třísky 11 -12 %).

Pouze deska s obsahem 10 % řepkových částic splňovala požadavky na desky pro vnitřní vybavení (včetně nábytku) pro použití v suchém prostředí (typ P2).



*Obrázek 14: Naskenované obrázky ukazující morfologii panelů se zvyšujícím se obsahem řepkových částic: a) 100 % dřeva; b) 10 % řepky; c) 30 % řepky; d) 50 % řepky; e) 70 % řepky. Červené značky představují trhliny ve struktuře (Cosoreanu, Cerbu, 2019)*

Dziurka a kol. (2005) se v tomto článku zaměřili na výzkum vlastností třískových desek ze stonků řepky v závislosti na typu a množství použitého lepidla. Obsah UF lepidla ve směsi s třískami, které používá i DDL, bylo 8, 10, 12 a 14 %. Desky o hustotě  $700 \text{ kg/m}^3$  a tloušťce 12mm byly vyrobeny za tlaku  $2,5 \text{ N/mm}^2$ , teplotě  $200 \text{ }^\circ\text{C}$  a doba lisování byla 5 minut. Po následném testování desek pojených UF lepidlem bylo zjištěno, že z hlediska hodnot rozlupčivosti desce typu P2 (desky pro vnitřní vybavení (včetně nábytku) pro použití v suchém prostředí) dle požadavků EN 312 odpovídá pouze třísková deska z řepkové slámy s obsahem UF pryskyřic 14 % ( $0,51 \text{ N/mm}^2$ ). Normou požadované hodnoty pevnosti v ohybu a modulu pružnosti v ohybu splňovaly všechny desky pojené UF pryskyřicemi.

V další práci Dziurka a Mirski (2013) testovali využití řepkové slámy na třískové desky o nízké hustotě ( $550, 500, 450, 400$  a  $350 \text{ kg/m}^3$ ). Za použití pMDI lepidla v množství 10 % byly vyrobeny dva typy desek: jednovrstevná třísková deska a třívrstvá sendvičová deska, u které byla středová vrstva vyrobena z třísek a jako povrchová vrstva byla použita 1,7 mm tlustá buková dýha. Tloušťka všech desek byla 19mm. Desky byly lisovány 5 minut za teploty  $200 \text{ }^\circ\text{C}$ , tlaku  $2,5 \text{ N/mm}^2$ . Z výsledků zkoušek došli k závěru, že zatímco třískové desky z řepkové slámy s přidanou dýhou na povrchových vrstvách splňovali požadavky na desky P5, týkající se jejich mechanických vlastností, pro všechny testované hustoty desek, tak desky z dřevěných třísek s povrchovou dýhou tyto parametry splňovaly pouze do snížení hustoty na  $450 \text{ kg/m}^3$ .

Dukarska a kol. (2017) zkoumali možnost výroby jednovrstevné třískové desky z řepky pro stavební využití. Třísky z řepkové slámy byly pojeny směsí polymerního difenylmethan-4,4'-diisokyanátu (pMDI) a fenol-formaldehydové pryskyřice (PF) v poměru 70:30 a množství 10 % hmotnosti třísek. Byly vyrobeny desky o hustotách  $650, 600, 550, 500$  a  $450 \text{ kg/m}^3$  a tloušťce 15mm. Lisovací proces probíhal při tlaku  $2,5 \text{ N/mm}^2$ , teplotě  $200 \text{ }^\circ\text{C}$  a lisovacím čase 23 s/mm tloušťky desky. Byla zjištěna horší odolnost těchto desek vůči působení vlhkosti, přesto ale odpovídali desky s hustotou  $650 \text{ kg/m}^3$  deskám typu P7 (Zvlášť zatížitelné nosné desky pro použití ve vlhkém prostředí), s hustotou  $600 \text{ kg/m}^3$  typu P5 (Nosné desky pro použití ve vlhkém prostředí) a desky s hustotou



550 kg/m<sup>3</sup> deskám typu P3 (Nenosné desky pro použití ve vlhkém prostředí) podle normy EN 312.

Dukarska a kol. (2019) v této práci zkoumali třískové desky za použití třísek slámy různých druhů zemědělských plodin, mezi nimiž byla i řepka. Jako lepidlo byla použita směs fenol-formaldehydové pryskyřice (PF) a polymerního difenylmethan-4,4'-diisokyanátu (pMDI) v poměru 70:30. Lepicí směs byla v množství 10 % hmotnosti třísek smíchána s třískami. Pro desky z řepky, které tvořily třísky o vlhkosti 3 %, byly parametry lisování voleny takto: tlak 2,5 N/mm<sup>2</sup>, teplota lisování byla 200 °C a lisovací čas byl 25 s/mm tloušťky desky. Požadovaná byla cílová tloušťka desky 15 mm a hustota 650 kg/m<sup>3</sup>. Byly také vyrobeny desky z řepkové slámy, jejichž vlhkost třísek byla 7, 10, 15 a 20 %, pro něž se museli upravit podmínky lisování kvůli problémům s nadbytečnou vlhkostí v desce a následnou delaminací. Lisovací tlak zůstal stejný, ale byla snížena teplota lisování na 180 °C a lisovací čas se prodloužil na 40 s/mm. Všechny vyrobené desky bez ohledu na obsah vlhkosti splňovali požadavky dle EN 312 na dřevotřískové desky typu P5, tj. nosné desky pro použití ve vlhkém prostředí.

Kord a kol. (2016) pro svou studii vyráběli třískové desky s přidáním třísek z řepkové slámy za použití močovino-formaldehydového lepidla. Desky o hustotě 700 kg/m<sup>3</sup> a tloušťce 15 mm byly lisovány při teplotě 170 °C, tlaku 30 kg/cm<sup>2</sup>, což je přibližně 2,94 N/mm<sup>2</sup> a doba lisování byla 7 minut. Při následném testování bylo zjištěno, že při zvyšujícím se obsahu řepkových částic dochází k nárůstu modulu pružnosti v ohybu a pevnosti v ohybu. Opačný negativní jev byl pozorován při testování vnitřní soudržnosti desky a reakce desky na vlhkost, kdy při zvětšení obsahu řepkových třísek docházelo k poklesu rozlupčivosti desek a k nárůstu absorpce vody a tedy k nárůstu tloušťkového bobtnání. V případě modulu pružnosti v ohybu a pevnosti v ohybu splňovali všechny typy desek podle požadavků normy nároky na desky typu P2 (desky pro vnitřní vybavení (včetně nábytku) pro použití v suchém prostředí), v případě rozlupčivosti vyhovovaly všechny desky kromě desky ze 100 % řepkových třísek, která dosahovala pevnosti 0,34 N/mm<sup>2</sup>, ale norma vyžaduje hodnotu 0,35 N/mm<sup>2</sup>.

Z výše uvedených studií věnujících se třískovým deskám ze stonků řepky vyplývá, že autoři Cosereanu a Cerbu (2019), Dziurka a kol. (2005), Dziurka a Mirski (2013) a Dukarska a kol. (2017, 2019) použili bez ohledu na požadovanou hustotu a tloušťku výsledných desek, povrchovou úpravu desek a použité lepicí směsi tlak 2,5 N/mm<sup>2</sup>. Pouze v případě Kord a kol. (2016) byl použit tlak 2,94 N/mm<sup>2</sup>. Při všech výše zmíněných pokusech byl použit nižší lisovací tlak, než používá při výrobě společnost DDL (3,43 N/mm<sup>2</sup>). Ukázala by se tedy podobnost se studií Dai a kol. (2004) pro potřebu nižšího tlaku pro pšeničnou slámu.

V tabulce 7 jsou uvedeny parametry vyráběných třískových desek, jako jsou suroviny na výrobu třískových desek, požadované hodnoty lisovaných třískových desek a lisovací parametry použité jednotlivými autory. Pro porovnání jsou v tabulce uvedeny parametry používané v DDL.

*Tabulka 7: Parametry výroby TD podle studií*

Studie	Použitý materiál	Použité lepidlo	Cílová hustota (kg/m <sup>3</sup> )	Cílová tloušťka (mm)	Teplota lisování (°C)	Doba lisování
Cosereanu a Cerbu (2019)	Dřevěné třísky/ třísky z řepkové slámy	UF	640	16	180	6 min.
Dziurka a kol. (2005)	Třísky z řepkové slámy	UF	700	12	200	5 min.
Dziurka a Mirski (2013)	Dřevěné třísky/ třísky z řepkové slámy	pMDI	550 – 350	19	200	5 min.
Dukarska a kol. (2017)	Dřevěné třísky/ třísky z řepkové slámy	pMDI/PF (70:30)	650 – 450	15	200	23 s/mm desky (5 min. 45s.)
Dukarska a kol. (2019)	Třísky z řepkové slámy	PF/pMDI (70:30)	650	15	200	25 s/mm desky (6 min. 15 s.)
Kord a kol. (2016)	Dřevěné třísky/ třísky z řepkové slámy	UF	700	15	170	7 min.
DDL	Dřevěné třísky	UF	740 - 596	8 - 38	180 - 205	10 – 11 s/mm desky + 45 s.

Z tabulky lze pozorovat, že u všech uvedených autorů je doba lisování delší, než jaká je použita v DDL. Kromě studie Dziurka a Mirski (2013) je v porovnání s DDL doba lisování u ostatních autorů dokonce dvojnásobně vyšší.

Dle dostupných dat uvedených v tabulce nelze určit optimální podmínky lisování třískových desek ze stonků řepky. Bylo by vhodné provést podobnou studii, jako provedl Dai a kol. (2004), akorát vztaženou na chování třísek ze stonků řepky během lisování třískové desky.

#### 4.2.10 Chlazení a kondenzování desek

Chlazení probíhá ve hvězdicovém turniketu. Vstupní teplota desek je 90 - 110 °C a jsou ochlazovány na teplotu alespoň 60 °C. Doba chlazení je sedminásobek lisovací doby, což je dáno kapacitou lisu a chladicího zařízení.

Při výrobě třískových desek ze stonků řepky by se tedy chladicí doba měnila pouze podle doby lisování, jiná změna vzhledem ke kapacitě linky není možná.

Po formátování a povrchové úpravě putují hotové desky na mezisklad za linkou o objemu 800-1000 m<sup>3</sup>, kde desky složené ve hraních po dobu 24 hodin kondenzují. Během kondenzování dochází k dovytvrzení lepidla a stabilizaci tvarové stálosti desky.

## 5 Závěr

V této práci byla nejprve teoreticky zpracována problematika týkající se řepky, dřevotřískových desek a jejich procesu výroby. Díky poznatkům získaných ve výrobě dřevotřískových desek v DDL, z odborné literatury a odborných publikací byly v praktické části porovnávány jednotlivé kroky výroby stávajících dřevotřískových desek se zamýšlenou výrobou třískových desek ze stonků řepky a zjištěné rozdíly a podobnosti byly kvalifikovány.

V současné době, kdy klesá cena dřeva kvůli kůrovcové kalamitě, by byla největší překážkou pro zavedení výroby třískových desek z řepkových stonků cena řepkové slámy, kdy její cena je podle způsobu sklizně podobná či dokonce vyšší jak cena dřevní hmoty, a pro samotné výrobce se tak může stát surovina neatraktivní i ve spojení s dalšími náklady na úpravu technologického postupu výroby.

Pro samotné pěstitele řepky by tato možnost znamenala nutnost úpravy sklizně řepky zaměřenou na efektivní sběr její slámy. Největší změnou by pro výrobce aglomerovaných materiálů byla nejspíše nutnost úpravy skladovacích ploch a nutnost naskladnění množství materiálu (v roce 2018 bylo 181 268 m<sup>3</sup> suroviny) k zajištění požadované roční produkce během krátkého období, jelikož řepkové stonky jsou dostupné pouze v době sklizně řepkového zrna. Současné zastoupení manipulační techniky na skladě materiálu by bylo třeba upravit podle zvolené varianty sklizeného materiálu.

Plynulost výroby by mohl ovlivnit krok skladování řepkových třísek v silech, kdy by díky nižší sypné hmotnosti řepkových třísek bylo složitější jejich odvádění ze sila. Ovšem vzhledem k nižší vlhkosti hmotnosti těchto třísek by se v silech tvořili méně často klenby, které by kompletně zamezili vyprazdňování částic ze sil.

Před procesem roztrískováním by byla třeba zařadit podle parametrů vstupní suroviny operace rozštěpkování či rozdružování balíků. Pro získání odpovídajících parametrů třísek z řepkové slámy by bylo třeba jejich výroby podle odpovídajícího postupu užívaného v DDL. Stejný závěr lze vyvodit při porovnání velikostí frakcí třísek z řepkové slámy během procesu třídění a domílání třísek.

Jelikož řepková sláma obsahuje nižší vlhkost (17 %) než dřevní hmota (50 – 120 %), bylo by při sušení jejích třísek potřeba nižší spotřeby energie.

Při nanášení lepicí směsi by nastaly změny kvůli vyššímu pH řepkových třísek, které se pohybuje okolo 7,86 (dřevěné třísky v DDL mají pH 5 – 6,5). Vyšší pH by nemělo vliv na použité lepidlo, ale na množství přidaného tužidla do lepicí směsi. Záleželo by na DDL, zda je výhodnější upravit řepkové třísky, tím snížit jejich pH (hydrotermicky upravené řepkové třísky mají pH 6,58) a zachovat množství přidaného tužidla na současné hodnotě, či třísky neupravovat s nutností navýšení množství tužidla ve směsi.

Vrstvení třískového koberce by ovlivňovala nižší sypná hmotnost řepkových třísek, vrstvený koberec by tedy nabýval větší tloušťky, kde je tato tloušťka omezena výškou výrobní linky pro maximální tloušťku koberce 280 mm.

Během procesu lisování by bylo na zhuštění třískového koberce z třísek řepkové slámy s největší pravděpodobností potřeba nižšího tlaku (ve většině studií použit tlak 2,5 N/mm<sup>2</sup>). Naopak by nejspíše bylo potřeba delšího lisovacího času (až dvojnásobně více než při výrobě DTD), což by se následně projevilo i na procesu chlazení. Chování třískového koberce z třísek řepkové slámy během procesu lisování a s tím spojenými podmínkami lisování by bylo vhodné se zabývat v dalším výzkumu podrobněji.

## 6 Seznam použitých zdrojů

1. ADAPA, Pgani, Lope TABIL a Greg SCHOENAU. Grinding performance and physical properties of non-treated and steam exploded barley, canola, oat and wheat straw. *Biomass and Bioenergy*, 2011, **35**(1), 549 - 561 [cit. 2020-03-27].
2. ANSELL, Martin P. *Wood Composites*. Cambridge: Woodhead Publishing, 2015. ISBN 978-1-78242-454-3.
3. BEJLEK, Jan a Václav SLADKÝ. Zpracování slámy na topné pelety. *Zemědělec* [online]. 2012 [cit. 2020-03-27]. Dostupné z: <https://www.zemedelec.cz/zpracovani-slamy-na-topne-pelety-2/>
4. BÖHM, Martin, Jan REISNER a Jan BOMBA. *Materiály na bázi dřeva*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2012. ISBN 978-80-213-2251-6.
5. COSEREANU, Camelia a Camelia CERBU. Morphology, Physical, and Mechanical Properties of Particleboard Made from Rape Straw and Wood Particles Glued with Urea-Formaldehyde Resin. *BioResources*, 2019, **14**(2), 2903 - 2918 [cit. 2020-03-27].
6. ČÁSTKOVÁ, Tereza, Štěpán HÝSEK, Adam SIKORA, Ondřej SCHÖNFELDER a Martin BÖHM. Chemical and Physical Parameters of Different Modifications of Rape Straw (*Brassica napus* L.). *BioResources*, 2018, **13**(1), 104 - 114 [cit. 2020-03-27].
7. ČÍŽEK, Jan. *Vlastnosti a zpracování třískových a vláknitých desek*. Praha: SNTL - Nakladatelství technické univerzity, 1985. ISBN 04-840-85.
8. ČSN EN 309. *Třískové desky - Definice a klasifikace*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
9. ČSN EN 312. *Třískové desky - Požadavky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
10. DAI, Chunping, Wayne WASYLICIW a Juwan JIN. Comparison of the pressing behaviour of wood particleboard and strawboard. *Wood Science and Technology*, 2004, (28), 529 - 537 [cit. 2020-03-27].
11. *Doporučená pravidla pro měření a třídění dříví v České republice*. Praha: Svaz zaměstnavatelů dřevozpracujícího průmyslu, 2002.

12. *Dřevozpracující družstvo Lukavec* [online]. 2020 [cit. 2020-03-27].  
Dostupné z: <http://www.ddl.cz/>
13. DUKARSKA, Dorota, Marta PEĐZIK, Wiktoria ROGOZIŃSKA, Tomasz ROGOZIŃSK a Rafał CZARNECKI. Characteristics of straw particles of selected grain species purposed for the production of lignocellulose particleboards, *Particulate Science and Technology. Particulate Science and Technology*, 2019 [cit. 2020-03-27].
14. DUKARSKA, Dorota, Rafał CZARNECKI, Dorota DZIURKA a Radosław MIRSKI. Construction particleboards made from rapeseed straw glued with hybrid pMDI/PF resin. *European Journal of Wood and Wood Products*, 2017, (75), 175 - 184 [cit. 2020-03-26].
15. DZIURKA, Dorota a Radosław MIRSKI. LIGHTWEIGHT BOARDS FROM WOOD AND RAPE STRAW PARTICLES. *Drewno*, 2013, **56**(190), s. 19 - 31 [cit. 2020-03-26]. ISSN 1644-3985.
16. DZIURKA, Dorota, Radosław MIRSKI a Janina ŁĘCKA. PROPERTIES OF BOARDS MANUFACTURED FROM RAPE STRAW DEPENDING ON THE TYPE OF THE BINDING AGENT. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities (EJPAU)*, 2005, **8**(3) [cit. 2020-03-27].
17. *EKOPANELY SERVIS s.r.o.* [online]. 2020 [cit. 2020-03-27]. Dostupné z: <https://www.ekopanely.cz/>
18. FAN, Mizi a Feng FU. *Advanced High Strength Natural Fibre Composites in Construction*. Cambridge: Woodhead Publishing, 2017. ISBN 978-0-08-100411-1.
19. HRÁZSKÝ, Jaroslav a Pavel KRÁL. *KOMPOZITNÍ MATERIÁLY NA BÁZI DŘEVA Část I.: Aglomerované materiály*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2007. ISBN 978-80-7375-034-3.
20. HRÁZSKÝ, Jaroslav a Pavel KRÁL. *Technologie výroby aglomerovaných materiálů*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2000. ISBN 80-7157-428-7.
21. *Chesapeake Plywood* [online]. 2020 [cit. 2020-03-27]. Dostupné z: <https://chesapeakeplywood.com/>
22. Indexy cen v lesnictví (surové dříví) - 4. čtvrtletí 2019. *Český statistický úřad* [online]. 2020 [cit. 2020-03-27]. Dostupné z:

<https://www.czso.cz/csu/czso/indexy-cen-v-lesnictvi-surove-drivi-4-ctvrtleti-2019>

23. JAVOREK, Filip. Lisování, efektivní způsob sklizně. *Zemědělec* [online]. 2009 [cit. 2020-03-27]. Dostupné z: <https://www.zemedelec.cz/lisovani-efektivni-zpusob-sklizne/>
24. JEVIČ, Petr, Petr HUTLA a Zdeňka ŠEDIVÁ. *UDRŽITELNÁ VÝROBA A ŘÍZENÍ JAKOSTI TUHÝCH PALIV NA BÁZI AGRÁRNÍCH BIOPRODUKTŮ*. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, 2008. ISBN 978-80-86884-42-4.
25. KISLINGER, Radek. *Požárně technické charakteristiky a technické informace pro potřeby ZPP*. Praha: MV-generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2015. ISBN 978-80-86466-72-9.
26. KORD, Behzad, Hossein ZARE a Abdollah HOSSEINZADEH. EVALUATION OF THE MECHANICAL AND PHYSICAL PROPERTIES OF PARTICLEBOARD MANUFACTURED FROM CANOLA (*Brassica napus*) STRAWS. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 2016, **18**(1), 9 - 18 [cit. 2020-03-27].
27. KOTLER, Philip a Levin Lane KELLER. *Marketing management*. 14. vyd. Praha: Grada Publishing, a.s., 2013. ISBN 978-80-247-4150-5.
28. KVIETKOVÁ, Monika. *Obrábění dřeva*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2015. ISBN 978-80-213-2604-0.
29. LISIČAN, Josef a a kol. *Teória a technika spracovania dreva*. Zvolen: MATCENTRUM, 1996. ISBN 80-967315-6-4.
30. MALÉŘ, Josef. *Sklizeň zrnin, úprava a využití slámy*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1982. ISBN 07-062-82.
31. MALINA, Jiří. Přednost řepky: mnohostranné využití. *Zemědělec* [online]. 2013 [cit. 2020-03-27]. Dostupné z: <https://www.zemedelec.cz/prednost-repky-mnohostranne-vyuziti/>
32. MARKYTÁN, Petr. *Význam slámy v zemědělství*. Svaz pěstitelů a zpracovatelů olejnin, 2009.
33. MIRSKI, Radosław, Dorota DZIURKA a Aleksandra BANASZAK. Properties of Particleboards Produced from Various Lignocellulosic Particles. *BioResouces*, 2018, **13**(4), 7758 - 7765 [cit. 2020-03-27].



34. NOVÁK, František. Cenový vývoj kulatiny a řeziva. *Dřevařský magazín* [online]. 2019 [cit. 2020-03-27]. Dostupné z: <http://www.drevmag.com/cs/drevarsky-servis/6291-cenovy-vyvoj-kulatiny-a-reziva-6>
35. *Novofibre* [online]. 2020 [cit. 2020-03-27]. Dostupné z: <https://www.novofibre.com/>
36. Osevní plochy ozimých plodin pro sklizeň v roce 2020. *Český statistický úřad* [online]. 2020 [cit. 2020-03-27]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/osevni-plochy-ozimych-plodin-pro-sklizen-v-roce-2020>
37. ŘÍMALOVÁ, Jaroslava. *Pilařská štěpka jako vedlejší produkt při výrobě řeziva na pile Stora Enso Timber Ždírec, s.r.o.* Brno, 2006. Bakalářská práce. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně.
38. Sekačky dřevního odpadu. *SG Strojírna s.r.o.* [online]. 2020 [cit. 2020-03-27]. Dostupné z: <http://www.sg-stroj.cz/drevarska-technologie/sekani-drceni-mleti-dreva/sekacky-drevniho-odpadu/>
39. SKLADOVÁNÍ SENA A SLÁMY, ANEB JAK PŘEDEJÍT POŽÁRŮM. *Montované haly BORGA* [online]. [cit. 2020-03-27]. Dostupné z: <http://www.montovane-haly-borga.cz/skladovani-sena-a-slamy-aneb-jak-predejiti-pozarum/>
40. SOUČEK, Jiří. Možnosti zpracování a využití slámy. *Zemědělec* [online]. 2009 [cit. 2020-03-27]. Dostupné z: <https://www.zemedelec.cz/moznosti-zpracovani-a-vyuziti-slamy/>
41. SOUČEK, Jiří. Sláma: sklizeň, zpracování. *Zemědělec* [online]. 2011 [cit. 2020-03-27]. Dostupné z: <https://www.zemedelec.cz/slama-sklizen-zpracovani/>
42. SYROVÝ, Otakar. DOPRAVA SLÁMY PŘI SKLIZNI. *Mechanizace zemědělství* [online]. 2001 [cit. 2020-03-27]. Dostupné z: <https://www.mechanizaceweb.cz/doprava-slamy-pri-sklizni/>
43. ŠTEFKA, Vilém. *KOMPOZITNÉ DREVNÉ MATERIÁLY Časť II. Technológia aglomerovaných materiálův.* 2. vyd. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2002. ISBN 80-228-1136-X.

44. TRNOBRANSKÝ, Karel. *Ekonomie dopravy dřevní hmoty. TZB - info* [online]. 2003 [cit. 2020-03-27]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/1498-ekonomie-dopravy-drevni-hmoty>
45. TUMULURU, Jaya S., Lope G. TABIL, Yuqiu SONG, Kingsley L. IROBA a Venkatesh MEDA. Grinding energy and physical properties of chopped and hammer-milled barley, wheat, oat, and canola straws. *Biomass and Bioenergy*, 2014, **60**, 58 - 67 [cit. 2020-03-27].
46. *Vyhláška č. 246/2001 Sb.: Vyhláška Ministerstva vnitra o stanovení podmínek požární bezpečnosti a výkonu státního požárního dozoru (vyhláška o požární prevenci)*. In.: Praha: Tiskárna Ministerstva vnitra, 2001, 246/2001 Sb.

## 7 Přílohy

Příloha 1: Prohlášení o vlastnostech.....	84
Příloha 2: Přístroj na měření vlhkosti OHAUS MB23 .....	85
Příloha 3: Laboratorní kádinka o obsahu 2000 ml, laboratorní váhy iMAL BL100 – LCD , měřené jehlicovité třísky z DDL.....	85
Příloha 4: Vibrační Laboratorní třídič iMAL VM100 .....	86
Příloha 5: Průměrné ceny jehličnatého surového dříví - smrku v letech 2005-2019 .....	87
Příloha 6: Průměrné ceny surového dříví pro tuzemsko za ČR v roce 2019 (Kč/m <sup>3</sup> ) - Vlastníci .....	88
Příloha 7: Průměrné ceny surového dříví pro tuzemsko za ČR v roce 2019 (Kč/m <sup>3</sup> ) - Nevlastníci.....	89

## Prohlášení o vlastnostech

číslo 2013/P2/01

1. **Dřevotřísková deska LUKAPOL P2**
2. Dřevopracující družstvo  
Dřevotřísková deska pro vnitřní vybavení (včetně nábytku) pro použití v suchém prostředí P2 EN 312. Identifikace výrobku potiskem na desce a etiketou připojenou k paletovému balení.
3. Dřevotřísková deska pro vnitřní použití jako nenosný prvek v suchém prostředí. Dle EN 312 typ P2 – desky pro vnitřní vybavení (včetně nábytku) pro použití v suchém prostředí.
4. Dřevopracující družstvo  
Lukavec čp. 9  
394 26 Lukavec  
Česká republika  
IČ: 00028631
6. **System 4**


Základní charakteristiky	Vlastnosti					Harmonizovaná technická specifikace
	Tloušťková třída					
	>8 - 13	>13 - 20	>20 - 25	>25 - 32	>32 - 38	
Pevnost v ohybu	11	11	10,5	9,5	8,5	EN 13 986:2004
Tuhost za ohybu (modul pružnosti)	1800	1800	1500	1350	1200	
Rozlupčivost (pevnost v tahu)	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20	
Trvanlivost (bobtnání)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	
Únik formaldehydu	třída E1 perforátorová hodnota ≤ 8 mg/100g s. s. desky					
Reakce na oheň	D-s2, d0					
Propustnost vodní páry	NPD					
Vzduchová neprůzvučnost	NPD					
Zvuková pohltivost	NPD					
Tepečná vodivost	NPD					
Biologická trvanlivost	NPD					
Obsah pentachlorofenolu	NPD					

10. Vlastnosti výrobku uvedeného v bodě 1 a 2 jsou ve shodě s vlastnostmi uvedenými v bodě 9. Toto prohlášení o vlastnostech se vydává na výhradní odpovědnost výrobce uvedeného v bodě 4

Podepsáno za výrobce a jeho jménem.

Ing. Pavel Kříž, předseda družstva

V Lukavci 1. 7. 2013



(podpis)

1



*Příloha 2: Příklad na měření vlhkosti OHAUS MB23*

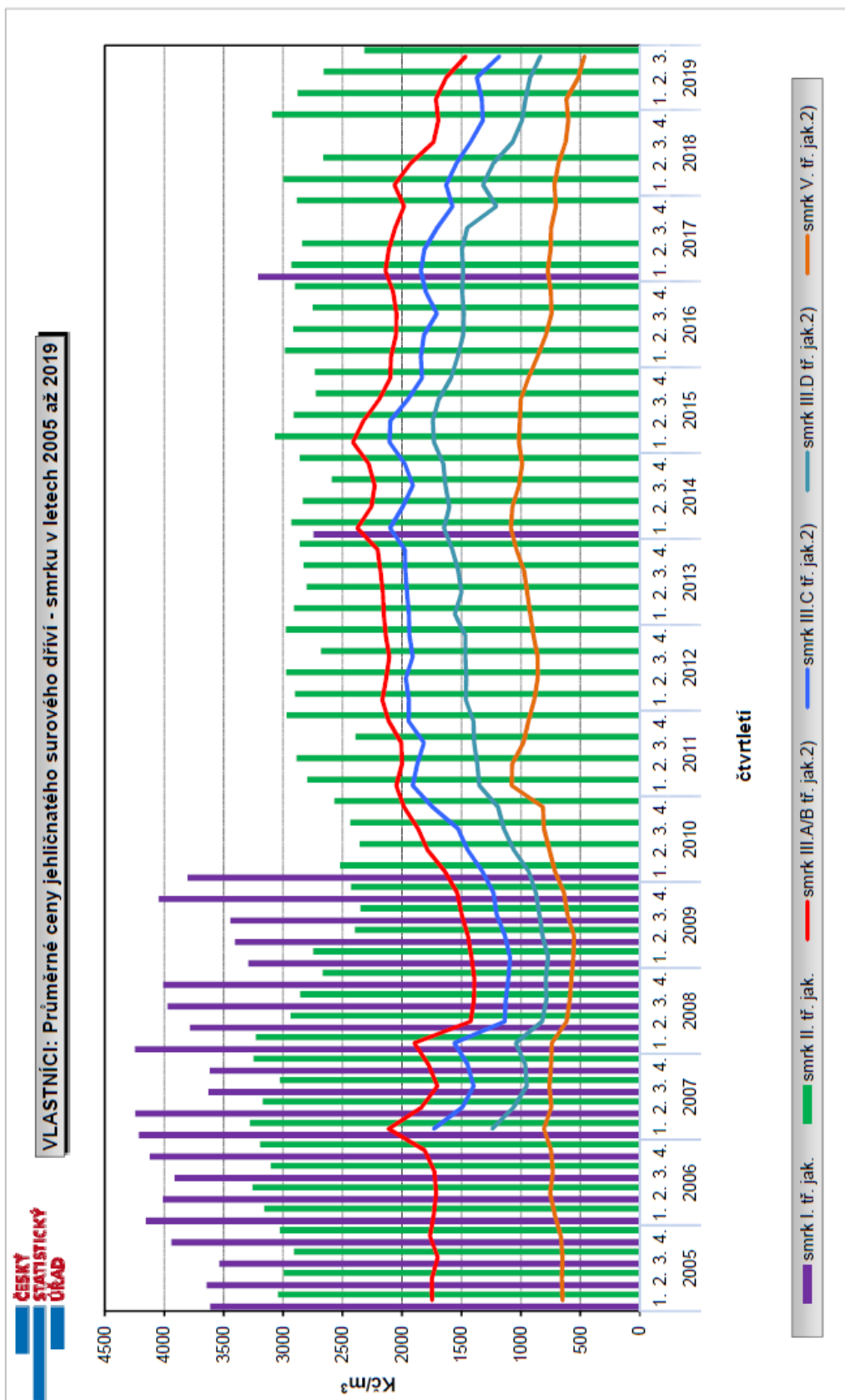


*Příloha 3: Laboratorní kádinka o obsahu 2000 ml, laboratorní váhy iMAL BL100 – LCD , měřené jehlicovité třísky z DDL*



*Příloha 4: Vibrační Laboratorní třídíč iMAL VM100*

Graf 1



Příloha 5: Průměrné ceny jehličnatého surového dříví - smrku v letech 2005-2019 (ČSÚ, 2020)

Průměrné ceny surového dříví pro tuzemsko za ČR v roce 2019 (Kč/m<sup>3</sup>)

Tab. 4

VLASTNÍCI

Název	4. čtvrtletí 2016		1. čtvrtletí		2. čtvrtletí		3. čtvrtletí		4. čtvrtletí		Průměr od počátku roku
	průměrná cena	počet zjištěných cen	průměrná cena	počet zjištěných cen	průměrná cena	počet zjištěných cen	průměrná cena	počet zjištěných cen	průměrná cena	počet zjištěných cen	
Jehličnaté sortimenty	Výřez I. třídy jakosti smrk	2 901	7	2 657	5	2 315	3	---	2	2 654	
	Výřez II. třídy jakosti smrk	2 651	7	---	2	---	---	---	1	2 604	
	Výřez III. A/B třídy jakosti smrk <sup>2)</sup>	3 831	5	4 461	5	---	---	---	6	4 318	
	Výřez III. C třídy jakosti smrk <sup>2)</sup>	2 072	33	1 628	36	1 464	31	1 392	32	1 550	
	Výřez III. D třídy jakosti smrk <sup>2)</sup>	1 690	21	1 506	18	1 259	7	1 269	9	1 480	
	Výřez III. A/B třídy jakosti modřín <sup>1)</sup>	2 689	22	2 739	23	2 452	17	2 328	14	2 446	
	Výřez III. C třídy jakosti modřín <sup>1)</sup>	1 758	29	1 329	33	1 180	28	1 127	27	1 252	
	Výřez III. D třídy jakosti modřín <sup>1)</sup>	1 513	14	1 390	14	1 254	7	1 102	7	1 269	
	Výřez III. A/B třídy jakosti smrk <sup>2)</sup>	2 183	13	2 131	19	2 087	10	2 231	8	2 155	
	Výřez III. C třídy jakosti smrk <sup>2)</sup>	1 452	35	922	35	834	33	804	34	880	
	Výřez III. D třídy jakosti smrk <sup>2)</sup>	1 239	15	900	13	841	16	820	12	866	
	Výřez III. A/B třídy jakosti modřín <sup>1)</sup>	1 719	13	1 447	19	1 304	14	1 260	9	1 333	
	Listnaté sortimenty <sup>1)</sup>	Dříví IV. třídy jakosti - dříví pro výrobu dřevoviny smrk <sup>2)</sup>	1 036	21	909	19	839	18	822	15	841
Dříví V. třídy jakosti - dříví pro výrobu buničny smrk <sup>2)</sup>		751	33	618	36	518	34	465	37	509	
Dříví V. třídy jakosti - dříví pro výrobu buničny borovice		732	12	656	17	589	16	485	14	544	
Dříví VI. třídy jakosti - palivové dříví		791	33	722	36	589	35	546	37	587	
Výřez I. třídy jakosti dub		---	4	---	1	---	---	---	1	---	
Výřez I. třídy jakosti buk		---	1	---	---	---	---	---	1	---	
Výřez II. třídy jakosti dub		6 047	5	9 824	3	7 762	3	---	2	9 318	
Výřez II. třídy jakosti buk		2 763	2	---	1	---	---	---	2	2 802	
Výřez III. A/B třídy jakosti dub		3 502	13	4 543	14	3 814	5	4 146	6	4 208	
Výřez III. C třídy jakosti dub		1 646	6	1 921	4	1 861	6	1 925	4	1 905	
Výřez III. D třídy jakosti dub		2 689	13	3 406	9	3 359	6	3 457	5	3 495	
Výřez III. A/B třídy jakosti buk		1 458	6	1 709	6	1 623	2	---	3	1 641	
Výřez III. C třídy jakosti buk		2 103	8	2 478	11	2 221	7	2 821	5	2 407	
Výřez III. D třídy jakosti buk	1 392	5	1 517	6	1 434	4	1 415	5	1 412		
Dříví V. třídy jakosti - dříví pro výrobu buničny dub	1 121	6	1 323	7	1 227	4	1 242	5	1 254		
Dříví V. třídy jakosti - dříví pro výrobu buničny buk	1 233	11	1 105	8	1 311	8	1 285	8	1 246		
Dříví VI. třídy jakosti - palivové dříví	998	27	1 214	32	1 053	32	1 090	28	1 108		

Pozn: Průměrné ceny jsou vázány u těchto sortimentů: výřez III. A/B jakosti - smrk, výřez III. C jakosti - smrk, výřez III. D jakosti - smrk, dříví V. jakosti - dříví pro výrobu buničny - smrk

--- vykázané ceny od méně než tří respondentů



Průměrné ceny surového dříví pro tuzemsko za ČR v roce 2019 (Kč/m<sup>3</sup>)

NEVLASTNÍCI

Tab. 8

Název	1. čtvrtletí		2. čtvrtletí		3. čtvrtletí		4. čtvrtletí		Průměr od počátku roku
	průměrná cena	počet zjištěných cen	průměrná cena	počet zjištěných cen	průměrná cena	počet zjištěných cen	průměrná cena	počet zjištěných cen	
Jehličnaté sortimenty	Výřezy I. třídy jakosti	---	1	---	2	1	---	1	---
		---	2	---	1	3	---	2	7 161
	Výřezy II. třídy jakosti	2 296	3	---	1	1 652	---	1	1 865
		---	2	---	4	---	---	1	1 523
	Výřezy III. A/B třídy jakosti	1 538	14	3 689	1 458	1 375	---	11	3 701
		1 383	8	1 218	1 119	1 009	---	6	1 442
	Výřezy III. C třídy jakosti	2 303	11	2 149	2 009	1 928	---	8	1 197
		1 334	8	1 296	1 135	1 125	---	10	2 110
	Výřezy III. D třídy jakosti	1 150	5	1 037	877	888	---	5	1 219
		1 897	6	1 736	1 518	1 646	---	4	985
		917	13	836	790	811	---	13	1 733
		807	9	735	682	700	---	7	839
		1 167	9	1 154	1 127	1 182	---	8	735
		895	9	784	764	760	---	7	1 157
Dříví IV. třídy jakosti - dříví pro výrobu dřevoviny	543	14	496	433	438	---	15	806	
Dříví V. třídy jakosti - dříví pro výrobu buničiny	511	12	456	412	412	---	8	477	
Dříví VI. třídy jakosti - palivové dříví	490	13	462	376	366	---	13	443	
	7 097	3	---	---	---	---	13	424	
Listnaté sortimenty <sup>1)</sup>	Výřezy I. třídy jakosti	---	1	---	1	---	---	1	8 573
		---	1	---	2	---	---	1	2 399
	Výřezy II. třídy jakosti	---	2	---	1	3 964	---	1	4 249
		---	2	---	1	---	---	1	2 118
	Výřezy III. A/B třídy jakosti	3 055	5	3 000	2 490	2 679	---	5	2 806
		1 577	7	1 480	1 336	1 472	---	5	1 483
	Výřezy III. C třídy jakosti	2 418	5	2 384	2 350	2 300	---	6	2 361
		1 388	3	1 375	1 333	1 300	---	3	1 351
	Výřezy III. D třídy jakosti	1 837	6	1 667	1 480	1 760	---	5	1 692
		1 259	5	1 183	1 097	1 030	---	3	1 160
	Dříví V. třídy jakosti - dříví pro výrobu buničiny	1 008	3	1 134	1 426	1 123	---	3	1 181
		1 100	6	1 067	1 135	1 016	---	7	1 075
	Dříví VI. třídy jakosti - palivové dříví	1 085	9	1 071	1 040	1 074	---	10	1 067

<sup>1)</sup> Průměrné ceny jednotlivých sortimentů lesnatého dříví a modřinu vyjadřují kromě cenových pohybů také fluktuaci těžby.

--- vykázaný ceny od méně než tří respondentů