

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE  
FAKULTA LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ  
KATEDRA ZPRACOVÁNÍ DŘEVA A BIOMATERIÁLŮ



**MOŽNOSTI VYUŽITÍ DŘEVNÍCH ODPADŮ Z VÝROBY  
AGLOMEROVANÝCH MATERIÁLŮ**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Autor: Zuzana Svobodová

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Miroslav Gašparík, Ph.D.

Praha 2020

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Možnosti využití dřevních odpadů z výroby aglomerovaných materiálů“ vypracovala samostatně pod vedením Ing. Miroslava Gašparíka, Ph.D., a použila jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědoma toho, 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.....

.....

Zuzana Svobodová

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala všem, kteří mi poskytli pomoc, radu a podporu při psaní bakalářské práce. V první řadě děkuji panu Ing. Miroslavu Gašparíkovi, Ph.D. za jeho trpělivost, cenné připomínky a odborné vedení práce.

V neposlední řadě bych chtěla poděkovat mé rodině a přátelům za podporu během celého studia a při psaní této práce a zejména mojí mamince Zuzaně a mému manželovi Josefovi za velkou psychickou podporu.

# **Možnosti využití dřevních odpadů z výroby aglomerovaných materiálů**

## **Abstrakt:**

Cílem této bakalářské práce je zhodnocení možností využití odpadů, vznikajících při výrobě aglomerovaných materiálů ve vybrané firmě z technologicko – technického, organizačního a ekonomického hlediska a zároveň i návrh řešení včetně alternativních konceptů s alternativními koncepty pro zpracování vznikajících odpadů ve výrobní firmě.

V první části rozboru jsou shrnuty informace o materiálech na bázi dřeva a jejich detailnější popis. V další části se rozebírá problematika dřevních odpadů z různých oblastí průmyslu a možnosti jejich zpracování. V poslední části jsou popsány způsoby individuální technologie výroby velkoplošných materiálů z dřevní hmoty a dřevních odpadů u konkrétních výrobců v České republice.

**Klíčová slova:** zpracování odpadů, aglomerované materiály, využívání odpadů

## **Possibilities of using wood waste from the production of agglomerated materials**

## **Abstrakt:**

The aim of this bachelor thesis is to evaluate the possibilities of using waste generated in the production of agglomerated materials in a selected company from a technological – technical, organizational and economic point of view and also to propose solutions including alternative concepts with alternative concepts for processing waste generated in a manufacturing company.

The first part of the analysis summarizes information about wood-based materials and their more detailed description. The next part discusses the issue of wood waste from various industries and the possibilities of their processing. The last part describes the methods of individual technology for the production of large-area materials from wood and wood waste at specific manufacturers in the Czech Republic.

**Keywords:** treatment with wooden waste, agglomerated materials, exploitation of wooden waste

## Obsah

1.	Úvod.....	15
2.	Cíl práce.....	17
3.	Materiály na bázi dřeva.....	18
3.1.	Překližované materiály a desky z masivu .....	18
3.1.1.	Překližky.....	18
3.1.2.	Laťovky .....	19
3.1.3.	Spárovky.....	19
3.1.4.	Biodesky .....	19
3.2.	Aglomerované materiály .....	20
3.2.1.	Dřevotřískové desky .....	20
3.2.2.	Dřevovláknité desky .....	21
3.2.3.	OSB desky .....	21
3.2.4.	Pazděrové desky .....	22
3.3.	Aglomerované materiály pojeny anorganickými látkami .....	22
3.3.1.	Cementovláknité desky .....	22
3.3.2.	Cementoštěpkové desky .....	22
3.3.3.	Cementotřískové desky .....	23
3.3.4.	Desky z dřevité vlny a cementu .....	23
3.3.5.	Sádrovláknité desky .....	24
3.4.	Konstrukční nosné materiály.....	24
3.4.1.	CLT panely.....	24
3.4.2.	Glulam.....	25
3.4.3.	LVL .....	25
3.4.4.	KVH .....	25
3.5.	Modifikované dřevo .....	26
3.5.1.	Termicky modifikované dřevo .....	26

3.5.2.	Chemicky modifikované dřevo .....	26
3.5.3.	Mechanicky modifikované (zhuštěné) dřevo .....	27
3.6.	Speciální materiály na bázi dřeva .....	28
3.6.1.	Rattan.....	28
3.6.2.	Bambus.....	28
4.	Dřevní odpady.....	29
4.1.	Druhy odpadů ze dřeva .....	30
4.1.1.	Těžební odpady z lesnictví.....	33
4.1.2.	Odpady z dřevozpracujícího průmyslu.....	34
4.1.3.	Piliny .....	40
4.1.4.	Brikety .....	40
4.1.5.	Pelety .....	45
4.2.	Způsoby zpracování dřevního odpadu .....	50
4.2.1.	Energetické využití odpadů.....	50
4.2.2.	Recyklace odpadů.....	51
4.3.	Zpracování dřevních odpadů v ČR a v Evropě .....	52
4.3.1.	Česká republika .....	52
4.3.2.	Německo.....	52
4.3.3.	Rakousko .....	53
4.3.4.	Velká Británie.....	53
4.3.5.	Belgie.....	53
5.	Hlavní výrobci velkoplošných materiálů na bázi dřeva v ČR .....	55
5.1.	Dřevozpracující družstvo Lukavec (DD Lukavec) .....	55
5.2.	Kronospan Jihlava.....	56
5.3.	DYAS.EU, a.s. ....	57
5.4.	AGROP NOVA a.s. ....	58
5.5.	Společnost TramVaz spol. s r.o.....	58

5.5.1.	Štěpkocementové desky Izolox .....	59
5.5.2.	Vlastnosti a použití štěpkocementových desek Izolox.....	60
5.6.	Modelové varianty pro vybrané firmy a zhodnocení .....	61
6.	Závěr .....	63
7.	Seznam použitých zdrojů.....	65



## Seznam obrázků

<b>Obr. 1</b> Materiály na bázi dřeva.....	18
<b>Obr. 2</b> Lesní biomasa .....	30
<b>Obr. 3</b> Zemědělská biomasa.....	31
<b>Obr. 4</b> Dřevní recyklát.....	32
<b>Obr. 5</b> Po domácku vyrobená štěpka.....	35
<b>Obr. 6</b> Lesní štěpka.....	38
<b>Obr. 7</b> Drtič štěpky .....	40
<b>Obr. 8</b> Různé frakce pili .....	40
<b>Obr. 9</b> Brikety.....	41
<b>Obr. 10</b> Dřevěná briketa .....	42
<b>Obr. 11</b> Brikety z různých materiálů .....	42
<b>Obr. 12</b> Briketovací lisy .....	43
<b>Obr. 13</b> Dřevěné brikety po vysušení.....	44
<b>Obr. 14</b> Papírová nevysušená briketa – domácí výroba .....	44
<b>Obr. 15</b> Dřevní peleta .....	45
<b>Obr. 16</b> Průmyslová peletizační linka na výrobu dřevních pelet s následnou přepravou .....	49
<b>Obr. 17</b> Vliv DD Lukavec na životní prostředí a chod firmy .....	55
<b>Obr. 18</b> Koloběh dřeva v oběhové ekonomice .....	57
<b>Obr. 19</b> Instalace štěpkocementové desky Izolox .....	58
<b>Obr. 20</b> Štěpkocementové desky Izolox.....	59

## Seznam tabulek a grafů

<b>Graf 1</b> Struktura finálního zpracování dřevní hmoty vytěžené v ČR v roce 2016.....	51
<b>Graf 2</b> Přehled prodeje podle výrobků (% z obrátu) .....	56
<b>Tab. 1</b> Charakteristika dřevní štěpky podle rakouské normy ÖNORM M 7133. ....	36
<b>Tab. 2</b> Fyzikální parametry a potřebné skladovací prostory pro vybraná paliva.....	37

## 1. Úvod

Dřevo a velkoplošné materiály na bázi dřeva byly, jsou a budou jedním z nejpoužívanějších materiálů v nábytkářském průmyslu. Nicméně v posledních letech se díky výrobě velkoplošných aglomerovaných materiálů na bázi dřeva, stávají i významným prvkem ve stavebnictví. Díky výrazné mechanizaci při zpracování suroviny vhodné na výrobu aglomerovaných materiálů na bázi dřeva, se zvýšila dostupnost hlavní suroviny dřeva pro finální výrobce těchto aglomerovaných materiálů. Různou defragmentací dřevěné suroviny bylo docíleno rozšíření spektra vyráběných velkoplošných materiálů na bázi dřeva z několika málo druhů v minulosti (dřevotřískové desky, překližované materiály, cementovláknité desky apod.) na širokou nabídkovou paletu materiálů vyhovující všem požadavkům moderního nábytkářského a stavebního průmyslu.

Z důvodu neustálého narůstajícího počtu obyvatelstva, se kterým úzce souvisí i zvýšení výroby, dopravy a obchodu, průmyslové a občanské vybavenosti dochází ke stále stoupající potřebě všech druhů surovin, včetně dřeva a jiných lignocelulóзовých materiálů. S rozvojem techniky a se zaváděním nových poznatků vědy a výzkumu do praxe, nastávají ve spotřebě surovin trvalé změny vztahu a také ve způsobu použití těchto produktů. Na základě zpracování různých druhů odpadového materiálu, jakožto opatření k ekonomickému využití dřeva, dřevních a ostatních lignocelulóзовé materiálu jsou tyto způsoby podstatnou částí úsilí a hospodárného využití surovinových zdrojů.

V dnešní době vzniká velké množství odpadu po lesnických či dalších pracích se dřevem společných, a proto bylo vítaným nápadem jeho zpracování ať už finální nebo k přípravě dalšího zpracování s výsledkem získat požadovaný produkt. Tímto produktem myslím například pelety, brikety nebo štěpky, kterými se podrobněji věnuji v následujících kapitolách. Tyto produkty se v dnešní době staly hodně používaným materiálem, a to nejen v zimě, ale i v ostatních obdobích.

Brikety mají své jasné využití, a to za účelem získání tepla v zimních měsících, tzn. jako topné těleso.

Štěpky a pelety mohou být také topným tělesem, ale je možné je využít i, například jako štěpky či příměs několika dalšími elementy čímž vzniknou štěpkocementové desky, které se využívají ve stavebnictví.

Pelety mají také možnost se zpracovat jako topné těleso anebo, jak je doma využívá hodně lidí, jako podestýlku pod domácí či jiná zvířata. Krásně neutralizují pach a v kontaktu s vodou či jinou tekutinou bobtnají a tím zabraňují dalšímu okolnímu znečištění.

Bakalářská práce se zabývá právě již zmíněnými druhy dřevních a lignocelulózových odpadů, jejich historií, výrobou zpracováním a použitím a v neposlední řadě firmou, která s dřevním odpadem úzce souvisí.

## 2. Cíl práce

Cílem mé práce je hodnocení možností využití odpadů vznikajících při výrobě aglomerovaných materiálů ve vybrané firmě z technologicko – technického, organizačního a ekonomického hlediska a též navrhováním řešení s alternativními koncepty pro zpracování vznikajících odpadů ve výrobní firmě.

První kapitola mé práce se zabývá materiály na bázi dřeva, kterými se rozumí překližované materiály a desky z masivu, aglomerované materiály , aglomerované materiály spojeny anorganickými látkami, konstrukčními nosnými materiál materiály, modifikovaným dřevem a speciálními materiály.

V kapitole „Dřevní odpady“ se věnuji druhy dřevních odpadů, těžebními odpady z lesnictví a dřevozpracujícího průmyslu, dále jaké jsou způsoby využití dřevních odpadů, recyklace odpadů, která má příznivý vliv na životní prostředí. Následující podkapitola, která se věnuje zpracování dřevních odpadů v západní Evropě, protože právě západní Evropa je největším producentem dřevotřískových desek v Evropě. Především se zaměřuji na Českou republiku, Německo, Belgie, Velkou Británie a Rakouskem. .

Poslední kapitola se zabývá hlavními výrobci velkoplošných materiálů na bázi dřeva v České republice, zejména firmou Kronospan Jihlava, která mě svou myšlenkou budoucnosti zcela pohltila a modelové varianty pro vybrané firmy a zhodnocení.

### 3. Materiály na bázi dřeva

Materiály na bázi dřeva, je možné rozdělit podle mnoha hledisek (např. na velkoplošné, konstrukční, aglomerované, kompozitní, dle způsobu použití a podobně.). Nejčastější způsob dělení je podle druhu použitého pojiva a způsobu konstrukce (Böhm, 2019).



Obr. 1 Materiály na bázi dřeva (Magazín 25m, 2020).

#### 3.1. Překližované materiály a desky z masivu

Překližované materiály jsou takové materiály, které jsou vyrobené slepením více vrstev nebo více druhů materiálů. Patří mezi ně dýhy (loupané, krájené, řezané), překližky (truhlářské, stavební, letecké, atd...), spárovky, laťovky, lepené lamelové dřevo nebo různé výlisky (Böhm, 2019).

##### 3.1.1. Překližky

Překližky vznikají křížovým slepením tří nebo více vrstev loupaných nebo krájených dých, které jsou na sebe lepeny křížem (KAPLAN, s. r. o., 2017).

Počet dých je většinou lichý, ale může být sudý, když se dají dvě podélné nebo příční dýhy (vložky) na sebe. Tloušťka dých se může v desce měnit, ale vždy musí být tloušťky souměrné od středové dýhy. Někdy se pro zvětšení pevnosti do středu překližky vkládá kovová vložka. Během druhé světové války se překližky využívalo

jako náhradního materiálu za strategické suroviny, např. pro části letounů (Nutsch, 2003).

Použitím různých dřevin a pomocí různého počtu vrstev a tloušťky jednotlivých dých, případně volbou lepidla a úpravou povrchu je možné vyrobit překližky různého estetického vzhledu a mechanických a fyzikálních vlastností s nižší nebo vysokou odolností proti působení vlhkosti. Některé druhy překližek jsou určeny pro přímý styk s vlhkostí, jiné jsou určeny jen pro suché prostředí v interiéru (Nutsch, 2003)

### **3.1.2. Laťovky**

Laťovky jsou překližované materiály vyrobené oboustranným překlížením laťovkového středu dýhami. Laťovkový střed je vyroben nejčastěji ze smrku nebo jedle jako vrchní dýhy. Mezi vhodné dřeviny patří; smrk, topol, osika nebo buk. Laťovky se nejčastěji používají na výrobu skříňového nábytku, stolových desek nebo pro výrobu dveří. Dále se používají při výrobě lůžkového nábytku (08-02 Spezial Sperrholz, 2008).

### **3.1.3. Spárovky**

Spárovka je jednovrstvá deska z masivního dřeva, která se lepí z lamel různých tlouštěk a délek. Je složena z hranolků nebo lišt ze dřeva. Hranolky se skládají vedle sebe, aby každá strana byla proti sobě (levá a pravá). Lepí se klihem, močovinoformaldehydovými, polyvinylacetátovými lepidly apod. Spárovka může být opatřena svlakem proti prohnutí a vlhkostního pracování dřeva. Svlak je vsunut do rybinové drážky (má menší úkos tvaru klínu). Vhodnými dřevinami jsou například dub, buk, smrk, bříza, borovice, jasan (ISPAS, 2018).

### **3.1.4. Biodesky**

Třívrstvá masivní deska z jedné středové vrstvy a dvou povrchových vrstev je slepena vodovzdorným lepidlem. Povrchovou vrstvu tvoří lamely, které jsou proti středové vrstvě otočeny o 90°. Síla středové vrstvy a povrchových lamel je různá a určuje konečnou tloušťku desky (KAPLAN, s. r. o., 2017).

Biodesky se začaly vyrábět v osmdesátých letech minulého století. Při jejich výrobě jsou křížem slepeny v jeden celek tři vrstvy ze spárovek, čímž vznikne deskový materiál s řadou příznivých vlastností. Hlavní předností je odstranění anizotropního

charakteru desky a větší tvarová stálost. Oproti aglomerovaným materiálům (např. dřevotříska) obsahují tyto desky výrazně méně lepidla. Na plochách a hranách desek je patrné, že se jedná o výrobek z masivního dřeva (Bomba, 2012).

### **3.2. Aglomerované materiály**

Aglomerované materiály jsou vyrobené spojením drobných dřevních částic (vláken, třísek...) pomocí lepidla a tlaku. Mezi aglomerované materiály se nezahrnují materiály masivní ani překližované. Patří sem například; DTD, OSB desky, DVD, MDF (Böhm, 2019).

Pod pojmem aglomerované materiály rozumíme deskové materiály vyrobené dřevní hmoty (třísky, vlákna, piliny, dřevní moučka, štěpky a podobně) a jiných lignocelulósových materiálů (pazdeří, bagasa, sláma atd.), které jsou spojeny pomocí lepidla a tlaku. Mezi nejznámější patří OSB deska, dřevotřísková deska, dřevovláknitá deska a měkká dřevovláknitá deska (Babor, 2020).

#### **3.2.1. Dřevotřískové desky**

Dřevotřískové desky (DTD) jsou desky na bázi dřeva, vyrobené z dřevěných částic (dřevěných třísek, hoblin, pilin apod., za vysokého tlaku a teploty, začaly ve světě vyrábět koncem čtyřicátých let minulého století (KAPLAN, s. r. o., 2017).

Druhy dřevotřískových desek

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 (Bomba, 2012).

### 3.2.2. Dřevovláknité desky

Dřevovláknitá deska (DVD) je velkoplošný materiál vyrobený na bázi dřeva. Vyrábí se z vláken dřeva nebo jiných lignocelulózových materiálů. Soudržnost je dána uspořádáním vláken a jejich inherentními a adhezními vlastnostmi. Pro zvýšení pevnosti, odolnosti vůči vlhkosti, ohni, hmyzu, hnilobě nebo pro zdokonalení jiných vlastností je možné v průběhu výroby přidávat pojiva a jiné komponenty. Tato definice se vztahuje na výrobu mokrým způsobem. Mokrým výrobním procesem se vyrábí měkká dřevovláknitá deska (hobra) určena k izolaci stěn. Dělí se na tvrdé desky (MDF), polotvrdé, izolační desky (Soroka, 2008).

### 3.2.3. OSB desky

OSB desky, z anglického; Oriented Strand Board, jsou vícevrstevné desky z dřevěných třísek a lepidla. Třísky jsou fixovány pojivem z umělých pryskyřic. Ve vnějších vrstvách jsou třísky orientovány rovnoběžně s podélnou osou desky, ve středové vrstvě je orientace kolmo na tuto osu. Za spolupůsobení vysoké teploty a tlaku dochází k aktivaci lepidla a desky získávají své rozměrové a pevnostní vlastnosti (Bomba, 2012).

OSB desky jsou vyráběny z třísek o rozměrech cca tloušťka 0,6mm x šířka 10 až 30 mm a délka 120 mm. Jedná se o většinou směsné třísky dřevin, jehličnanů. Nejčastěji se používá k výrobě smrk anebo borovice. Třísky se pro výrobu OSB desky vyrábějí tangenciálním dělením na roztřískovacích strojích (Kříže, 2007).

První užívání začalo v Americe kolem roku 1970 a v roce 1978 byla tato deska přijata jako oficiální stavební prvek pro stavby v té době začala nahrazovat OSB deska klasickou do té doby používanou dřevotřísku (Cifrain, 2006).

OSB desky se dělí na čtyři základní skupiny podle typu oblasti použití:

- OSB/1 – desky pro všeobecné účely a pro použití v interiéru v suchém prostředí (vyznačuje se vlhkostí materiálu, odpovídající teplotě 20 °C a relativní vlhkosti vzduchu, která pouze několik týdnů v roce překročí 65 %)
- OSB/2 – desky pro nosné účely pro použití v suchém prostředí



- OSB/3 – desky pro nosné účely pro použití ve vlhkém prostředí (vyznačuje se vlhkostí materiálu, odpovídající teplotě 20 °C a relativní vlhkosti vzduchu, která pouze několik týdnů v roce překročí 85 %)
- OSB/4 – zvlášť zatížitelné nosné desky pro použití ve vlhkém prostředí (Flanagan, 2020).

#### **3.2.4. Pazděřové desky**

Pazděřové desky (PAD) jsou jednovrstvé, plošně lisované desky z pazdeří za použití močovinoformaldehydových lepidel. Pazdeří se získává ze lněných a konopných stonků oddělením kůrovité tkáně biochemickým procesem. Desky mají vlastnosti srovnatelné s běžnými typy DTD a používají se na stejné nábytkové dílce (KAPLAN, s. r. o., 2017).

### **3.3. Aglomerované materiály spojeny anorganickými látkami**

Patří sem zejména cementotřískové desky, sádrovláknité a cementovláknité desky a materiály s přídavkem gumy a kaučuku (Böhm, 2019).

#### **3.3.1. Cementovláknité desky**

Na výrobu cementovláknité desky se mimo cementu používají také celulózová vlákna (buničina), syntetická vlákna (polypropylen), minerální plniva nebo perlit a vodní sklo. V minulých letech byl přidáván ještě vláknitý azbest (Bomba, 2012).

#### **3.3.2. Cementoštěpkové desky**

Tyto desky se vyrábějí z třísek o tloušťce 0,5 – 5 mm a délce 20–50 mm. Po mineralizaci smrkových třísek vápenným mlékem se třísky míchají s cementem a lisují ve formách, které jsou vytvrzovány 24 hodin v meziskladu. Dále jsou desky formátovány a přesunuty do dozrávacího skladu. V malé míře se vyrábí také stavební dutinové tvárnice, u kterých se používají přesné dávkovače lisované směsi do kovových tvárnic (Wolny, 2012).

V rámci materiálů spojených minerálními pojivy je tento druh řazen mezi výrobky střední hustoty (500 až 800 kg/m<sup>3</sup>). Struktura materiálů je pórovitá a povrch je velmi hrubý, což umožňuje omítání maltami. Výrobky jsou mrazuvzdorné, odolné proti

vlhkosti, mají dobré mechanické a zvukově a tepelně izolační vlastnosti. Nejčastěji se používají jako součást stavebních bednicích systémů, u kterých je kovovými distančními sponami vymezena vzdálenost desek a je vytvořen systém ztraceného bednění. Rychlá výstavba stěn a příček je umožněna pomocí armovací výztuže a betonu litého do vytvořených dutin (Wolny, 2012).

### **3.3.3. Cementotřískové desky**

Cementotřískové desky vznikají výrobou lisování částic na bázi dřeva, které jsou spojeny cementem s různými přísadami. Nejrozšířenější minerální pojivo je hydraulický cement, který je vytvrzován vázáním vody a tvoří vodovzdorné pojivo. Desky kombinují dobré vlastnosti cementu, nehořlavého materiálu odolného v tlaku, a dřeva, které má nízkou hustotu a vysokou pevnost v tahu a ohybu. Spojením těchto dvou materiálů vznikly desky, které prokazují velice dobré fyzikálně-mechanické vlastnosti (Jílek, 2007).

### **3.3.4. Desky z dřevité vlny a cementu**

Podle jednoho z prvních výrobců jsou stále všeobecně nazývány původní obchodní značkou – Heraklit. Dřevitá vlna neboli jemné podélné pásy dřeva, se vyrábí na speciálních strojích (kráječkách dřevité vlny). Surovinou pro výrobu jsou obvykle smrkové 50 cm dlouhé kuláče nebo půlkuláče. Dřevitá vlna se pro lepší spojení dřeva s cementem a rychlejší tvrdnutí mineralizuje v roztoku chloridu vápenatého. Desky se vyrábějí většinou v rozměrech 2 000 x 500 mm, v tloušťkách 15 až 100 mm. Pro zvýšení tepelné a zvukové izolace se také vyrábějí v kombinaci s pěnovým polystyrenem. Tento druh desek patří mezi lehké stavební desky (Babor, 2020).

Hustota tohoto materiálu (350 až 550 kg/m<sup>3</sup>) je oproti ostatním typům desek spojených cementem velmi nízká a je způsobena zejména velkým podílem vzduchových dutin v hotové desce. Pevnost v ohybu, modul pružnosti a některé další mechanické vlastnosti jsou také výrazně nižší než u ostatních typů desek. Díky velkému podílu dutin mají tyto desky dobré tepelně i zvukově izolační vlastnosti. Hrubý povrch zajišťuje dobrou přídržnost malty a omítky. Obvykle se používají pro stavbu lehkých omítaných nenosných příček a pro zlepšení tepelných a zvukově izolačních vlastností nových a rekonstruovaných staveb (Wolny, 2012).

### **3.3.5. Sádroláknité desky**

Sádroláknitá deska, sádrolákno, je kompozitní stavební materiál, a vyrábí se ze sádry a papíru. Je homogenní, to znamená, že v každém bodě průřezu má stejné vlastnosti. Dále má vysokou objemovou hmotnost a díky tomu i lepší vlastnosti v protipožární ochraně a ochraně proti hluku. Vlákna ve směsi papíru a sádry vytvářejí pevnou vazbu, obdobně jako pruty u železobetonu (Nazarol a kol., 2007).

Sádroláknité desky jsou charakteristické vysokou stabilitou, pevností a odolností. Suché konstrukce s těmito deskami mají výborné akustické vlastnosti. Sádroláknité desky mohou přijímat přebytečnou vlhkost a vydávat ji do suchého vzduchu v prostoru. Vyvážený poměr tepelné izolace a akumulace tepla zajišťuje příjemné a zdravé klima v prostoru. Protože sádra obsahuje vázanou vodu, která se při zahřátí uvolňuje a tím chladí, jsou sádroláknité desky odolnější proti ohni (ökologisch bauen, 2010).

Sádroláknité systémy jsou určeny pro použití od sklepa až po střechu, pro rekonstrukce i novostavby, pro dílčí řešení až po celé objekty. Významnou oblastí uplatnění pro sádroláknité systémy jsou dřevostavby, u nichž lze těmito deskami vyztužovat dřevěné konstrukce nosných stěn a používat je i v exteriéru. V nabídce výrobců většinou nechybí sádroláknité podlahové prvky, které tlumí zvuk kroků, tepelně izolují a brání šíření ohně. Sádroláknité desky se často označují firemními názvy, například „Fermacell“ nebo „Rigidur“ apod. (Nazarol a kol., 2007).

## **3.4. Konstrukční nosné materiály**

### **3.4.1. CLT panely**

CLT panely (CLT = Cross Laminated Timber = křížem lepené dřevo) je stavební materiál s nejlepšími vlastnostmi pro moderní dřevostavby, vyrobený z kolmo na sebe lepených vrstev masivního dřeva. S tímto materiálem lze jednoduše stavět. Stavby z CLT panelů jsou ekologické, přesné, rozměrově stálé, vzduchotěsné, difuzně otevřené, mají výbornou statickou únosnost. CLT panely poskytují díky svým vlastnostem téměř neomezené možnosti ve stavebnictví a architektuře. Dají se bez komplikací kombinovat s jinými stavebními materiály. Nejvíce se používají na vnitřní a vnější stěny, stropy a

střechy novostaveb rodinných i bytových domů, velmi se hodí na rekonstrukce, přístavby a vestavby budov (JAF HOLZ spol. s r.o., 2007).

### **3.4.2. Glulam**

Glulam (Glued Laminated Timber) nebo také lepené lamelové dřevo (LLD) je vyrobeno z délkově nastavených a následně tloušťkově slepených dřevěných lamel na sebe v několika vrstvách (4 a více). Tímto způsobem se vyrábějí přímé nebo tvarové nosníky. Lamelové dřevo je vyráběno většinou ze smrkového a jedlového dřeva (s tloušťkou lamel obvykle do 40 mm), někteří výrobci nabízejí také modřín a dub (Jeska, 2015).

### **3.4.3. LVL**

LVL (Laminated Veneer Lumber) neboli vrstvené dřevo se vyrábí slisováním sestaveného souboru dýh. Výrobní postup je založen na využití několikanásobně vyšší pevnosti dřevních vláken v podélném směru než ve směru příčném. Dýhy (smrkové, březové nebo bukové) se po nanesení lepidla na sebe ukládají tak, že vlákna jsou orientována paralelně se směrem výroby (rovnoběžně s delší stranou lisované desky). Kvalita dýh ve vrchních vrstvách je před lisováním kontrolována. Po slisování se vyrobený deskový materiál o tloušťce do 90 mm a šířce 2,5 m rozřeže na nosníky požadovaných rozměrů (NETION, s.r.o., 2012).

### **3.4.4. KVH**

KVH (Konstruktionvollholz) jsou konstrukční dřevěné hranoly, v anglických katalozích „Solid Structural Timber“, jsou v moderním stavebnictví velice ceněným prvkem, bez kterého se neobjede řada konstrukcí. Materiálem pro výrobu KVH hranolů je výhradně smrkové dřevo. Výroba KVH probíhá vysušením řeziva na vlhkost 15 % s 3 % tolerancí a dále je řezivo hoblováno na přesný rozměr. Z vysušených a ohoblovaných hranolů je nutné vyřezat vady (místa po vypadlých sucích, rozpraskané části hranolu a jiné), aby výrobek splnil předepsanou normovou kvalitu. Jednotlivé kusy KVH hranolů se k sobě spojují pomocí vyřezaných zubů a lepidla. Možnost spojování více kusů KVH hranolů přináší velikou výhodu v podobě prakticky neomezeného prodlužování hranolů. Tím získávají KVH hranoly vysokou přidanou hodnotu oproti obyčejným dřevěným hranolům nebo prknům (Majak, 2014).

Vyrábí se dva druhy KVH hranolů, a to KVH NSi a KVH Si. Oba druhy jsou vyrobeny podle stejných norem z hlediska pevnosti materiálu – rozdílem je vizuální stránka hranolu (NETION, s.r.o., 2012).

### **3.5. Modifikované dřevo**

Modifikace dřeva, je způsob úpravy dřeva za pomoci: teploty, tlaku – lisováním a chemicky (Böhm, 2019).

#### **3.5.1. Termicky modifikované dřevo**

Termicky modifikované dřevo neboli „ThermoWood“ je druh materiálu s inovovanou vnitřní strukturou dřeva dosaženou tepelnou a vlhkostní úpravou. Tepelné zpracování dřeva ThermoWood funguje za pomoci tepla a vodní páry a celý výrobní proces je naprosto ekologický. Tepelná úprava pozitivně ovlivňuje a zlepšuje nejen trvanlivost, ale i další fyzikální a mechanické vlastnosti. ThermoWood se vyrábí z finské borovice ve speciálních sušících komorách při teplotním rozmezí 160–215 °C (PROKOM R&S s.r.o., 2013).

#### **3.5.2. Chemicky modifikované dřevo**

##### **3.5.2.1. Modifikace acetylací**

Acetylace dřeva se provádí pomocí působení chemické látky acetanhydridu. Dochází při ní k chemické reakci volných hydroxylových (-OH) skupin v buněčné stěně. Ukazuje se, že je to jedna z nejlepších metod na zlepšení vlastností výrobků ze dřeva. Ošetřené dřevo je velmi trvanlivé, rozměrově stabilní a odolné vůči UV záření (Olimar, 2016).

##### **3.5.2.2. Modifikace amoniakem**

Působením amoniaku (čpavku) dochází ve dřevě ke změnám jeho rovnovážné vlhkosti. U většiny dřevin se zvyšuje i bod nasycení vláken a navlhavost, u některých se pak projeví velké změny v míře sesychání a bobtnání (PROKOM R&S s.r.o., 2013).

### **3.5.2.3. Modifikace impregnací**

Impregnační látky snižují rovnovážnou vlhkost dřeva a zvyšují jeho rozměrovou stálost. Podle hloubky průniku impregnační látky do povrchu dřeva jsou rozlišujeme impregnace: povrchové (do 2 mm), mělké (2–10 mm), hloubkové (nad 10 mm). Aplikace se provádí nátěrem, nástřikem, ponořováním či máčením. U impregnačního procesu je možné měnit tlak a teplota prostředí, impregnační látky a čas (Zdemar, 2019).

### **3.5.2.4. Modifikace tlakem**

Modifikace tlakem se provádí lisováním dřeva. Při tomto procesu vzniknou působením mechanických sil na dřevo deformace, které jsou většinou trvalého rázu. Následkem slisování dojde ke zvýšení hustoty dřeva, zlepší se jeho mechanické vlastnosti a odolnost vůči mechanickému poškození (Nábytkářský informační server, 2013).

### **3.5.2.5. Modifikace mikrovlnným zářením**

Mnoho dřevin má nízkou propustnost, což způsobuje komplikace při jejich sušení a impregnaci. Mikrovlnná modifikace se využívá pro zvýšení této propustnosti. Pro úpravu se používá dřevo o vlhkosti více než 35 %, protože voda ve dřevě dobře absorbuje mikrovlnnou energii. Voda se začne velmi rychle zahřívat a změní se v páru. V dřevních buňkách a strukturách vzniká tlak, jehož velmi rychlý nárůst poruší všechna slabší místa v buňkách. Následkem změn ve struktuře je zvýšená propustnost v příčném i podélném směru. Fyzikální i mechanické vlastnosti takto modifikovaného dřeva jsou velmi odlišné. Kromě propustnosti se ovlivní i pevnost, ohebnost, hustota, tepelná vodivost, elektrické a dielektrické vlastnosti (Callum, 2006).

## **3.5.3. Mechanicky modifikované (zhuštěné) dřevo**

### **3.5.3.1. Modifikace lisováním**

Lisování dřeva je proces, kdy působením mechanických sil na dřevo vzniknou jeho deformace. Deformace jsou obvykle trvalého rázu. Následkem slisování se zhutní

struktura dřeva a zlepši se některé mechanické vlastnosti. Při lisování nesmí být překročena mez pevnosti dřeva, aby nedošlo k porušení buněčné struktury a snížení mechanických vlastností. Slisované dřevo má vyšší hustotu, což zlepšuje jeho odolnost vůči mechanickému poškození. Pro lepší slisovatelnost je vhodné dřevo přechodně měkkčit – plastifikovat. V plastickém stavu zůstává dřevo pouze po dobu udržování vlhkosti a teploty. Po dosažení požadovaného tvaru je zafixováno, vysušeno a ochlazeno. Tím se vrátí do přirozené podoby, avšak nový tvar si uchová (Nábytkářský informační server, 2013).

### **3.6. Speciální materiály na bázi dřeva**

Mezi speciální materiály na bázi dřeva patří proutí (rattan, vrba), bambus a rákos (Böhm, 2019).

#### **3.6.1. Rattan**

Ratan je přírodní produkt, který roste pouze v tropickém klimatu. Po vytěžení je surovina vysoušena ve speciálních sušárnách a následně zpracovávána na různé produkty. Do požadované formy jsou ratanové tyče tvarovány v horké páře. Hotové výrobky z ratanu jsou po kvalitativní kontrole baleny a ukládány do přepravních kontejnerů (Bomba, 2012).

#### **3.6.2. Bambus**

Bambus patří do rodu stálezelených dřevnatých trav a největší druhy dorůstají až do výšky 40 metrů. Je to velmi mnohostranný materiál a slouží pro podobné účely jako dřevo. Díky obsahu křemíku ve stéblech vyniká tvrdostí a odolností, která je podobná oceli. Bambusový nábytek je tedy velmi stabilní a takřka nezničitelný. Z bambusu se vyrábí převážně bambusové sedací soupravy, postele a bambusové jídelní sestavy. Bambusovým nábytkem tak můžete vybavit téměř celý byt. Bambusový nábytek je odolný vůči vlhkosti ve vzduchu, a tak je vhodný i do zimních zahrad, ke krytému bazénu nebo jako koupelnový nábytek (Magazín 25m, 2020).

## 4. Dřevní odpady

Dřevo je obnovitelná a v mnoha směrech využitelná surovina. Dřevo je možné využívat na konstrukce, vybavení, nábytek nebo na výrobu obalů či palet (Jílek, 2007).

Vědci se domnívají, že veškerá biomasa na Zemi obsahuje 550 giga tun uhlíku. Energie biomasy má podle studií svůj prapůvab ve slunečním záření a fotosyntéze, proto se jedná o zdroj energie, který řadíme mezi obnovitelné (EIA, 2010).

Odpady provázejí lidstvo již od jeho vzniku. Jsou produktem prakticky veškeré lidské činnosti. Vznikají při průmyslové činnosti, stavební činnosti, zemědělství, dopravě a při běžném životě člověka v konzumní společnosti (Ministerstvo životního prostředí, 2019).

Pod pojmem aglomerované materiály rozumíme výrobky z drobných dřevěných nebo jiných ligno-celulóзовých částic (např. štěpek, třísek, pilin, vláken), získaných dezagregací rostlinného materiálu a jejich spojením, pomocí tlaku a tepla (tzn. lepících směsí), na velkoplošné či tvarové výrobky. Aglomerované materiály překonávají do značné míry nevýhody dřeva – heterogenitu, anizotropii, rozměrovou nestálost – ale stále si uchovávají většinu pozitivních vlastností dřeva. Jejich produkce představuje významný mezník v hospodaření s méně kvalitní, do té doby odpadní, dřevní surovinou (Adamová, 2016).

Velmi málo, je u zpracování dřeva nebo během jeho zpracování vytvářen dřevní odpad, protože skoro všechny vedlejší produkty jsou pak dále využívány buď jako surovina nebo jako zdroj energie. Štěpky, piliny anebo odřezky, které vzniknou při zpracování řeziva se používají k výrobě tepla a energie pro sušárny anebo se dají využít při výrobě dřevotřískových desek anebo v papírenském nebo celulózním průmyslu. V dnešní době se zvyšuje zájem o využití biomasy v elektrárnách (Jílek, 2007).

Biomasa je veškerý organický materiál, která má buď rostlinný, nebo živočišný původ, který získala ze zemědělství, lesnictví nebo dalších odvětví průmyslu, kterými jsou například průmyslové nebo městské odpady. Biomasa je biologicky rozložitelná a je možné ji využít na přímé spalování nebo na jiné přeměny s následným energetickým využitím (Gašparík, 2017).

Biomasa je zdrojem téměř pro každý produkt, za který může lidská činnost, protože je základem stavebních materiálů, léků, pohonných látek, oblečení, nábytku



nebo ho je možné využít jako přímý zdroj energie na výrobu tepla a elektrické energie (Gašparík, 2017).

#### 4.1. Druhy odpadů ze dřeva

Nejčastější rozdělení biomasy podle jejího charakteru na tři základní typy:

- **Fytomasa** – nedřevní biomasa, která má rostlinný původ a je nejvíc zastoupena cíleným pěstováním v zemědělství (zemědělské plodiny, energetické rostliny), odpady, které vznikají údržbou travnatých ploch, zbytky, které vzniknou z výroby potravin, které mají rostlinný původ, dále odpady, které vzniknou z výroby biopaliv (Výpalky, výlisky)
- **Zoomasa** – biomasa, která má živočišný původ ve formě exkrementů od hospodářských zvířat (hnůj, močůvka) a další zdroje z čističek odpadních vod
- **Dendromasa** – dřevní hmota ze stromů a keřů, která vzniká z lesnické činnosti, za účelem dosažení například palivového dříví nebo také zbytky po těžbě (větve, kůra, pařezy), v dřevozpracujícím průmyslu (hobliny, piliny nebo odpady z výroby dých, pilnic nebo aglomerovaných materiálů), výrobě papíru nebo z údržby vinic a parků (OM Solutions s.r.o., 2011).

Biomasa se dále dělí podle původu jejího vzniku:

**Lesní biomasa** – vzniká z lesnické činnosti, která je tvořena palivovým dřevem, zbytky z pořezávek a lesní těžby z dřevozpracujícího průmyslu



**Obr. 2** Lesní biomasa (Kout, 2016).

**Zemědělská biomasa** – biomasa, která se pěstuje na orné půdě, ve vinicích, v zahradách, chmelnicích, ovocných sadech nebo na trvale travnatých porostech. Dále zemědělská biomasa zahrnuje biomasu z obilovin a olejnin, rostlinných zbytků, které vznikly ze zemědělské prvovýroby a z údržby krajiny nebo z trvalých travních porostů.



**Obr. 3** Zemědělská biomasa (Ministerstvo zemědělství, 2011).

- **Ostatní zbytková biomasa** – biomasa, která vznikla při druhotném zpracování zdrojů živočišné nebo rostlinné výroby. Do zbytkové biomasy patří zbytky z výroby papíru a buničiny, piliny, hobliny a odřezky z dřevozpracujícího průmyslu, dále odpady ze zpracování masa a ostatního potravinářského průmyslu (lihovarnické výpalky), exkrementy z živočišné výroby a zpracování komunálních odpadů (Ministerstvo zemědělství, 2013).

Jedním z celosvětových problémů i problémů v České republice, je nakládání s odpady, kvalita ovzduší a problematika vody. V roce 2015 bylo v České republice vyprodukováno více než 37,338 mil. tun všech odpadů (1,5 mil. tun nebezpečných odpadů a 30,5 mil. tun ostatních odpadů). Z uvedeného celkového množství bylo 83 % všech odpadů využito – 80 % materiálově a 3 % energeticky. Uskladněno bylo pouze 9 % všech odpadů. Důležitou skupinu tvoří komunální odpady, jejichž produkce v roce 2015 byla 5,3 mil. tun, tedy 500 kg/obyv. České republiky. V roce 2015 dosahoval podíl produkce komunálních odpadů na celkové produkci odpadů 14 %. V roce 2015 bylo využito 47 % vyprodukovaných komunálních odpadů, z toho

36 % bylo materiálově využito a 11 % energeticky. Méně než polovina, tj. 47 % vyprodukovaných komunálních odpadů bylo odvezeno do skládek. V roce 2015 bylo v České republice recyklováno 74 % obalových materiálů a byly uvedeny na trh. Při pohledu na změny v odpadovém hospodářství, je možné pozorovat výrazný přechod z odpadového hospodářství na oběhové. Tato změna představuje přechod z lineární ekonomiky „vezmi, spotřebuj, vyhod“ na oběhovou – cirkulární, ve které se cenné suroviny udržují v produkčním koloběhu mimo skládkování (Baxi, 2019).

Přechod na oběhové hospodářství bude mít za následek navrácení surovin do evropské ekonomiky a tím snížení závislosti EU na dovozech primárních surovin, což pozitivně ovlivní konkurenceschopnost evropského odpadového a recyklačního sektoru a povede k úspoře až 600 miliard EUR pro evropskou ekonomiku (Maršák, 2016).

Proces třídění odpadů předcházející recyklaci a recyklace samotná je v dnešní době tím nejmenším, co můžeme pro Zemi udělat. Jedním z materiálů, který se dá efektivně využít v odpadovém hospodářství a zpětně využít, je dřevo. V odborných textech, které jsou zaměřeny na odpadovou problematiku, je možné se setkat s pojmy nové a mrtvé odpadní dřevo. Novým dřevem se myslí čerstvě poražené stromy a větve a další materiály, které se nehodí k žádnému jinému účelu než k využití jako biopaliva nebo při výrobě kompostu. Pod pojmem mrtvé dřevo je myšlen nábytek, dřevěné palety, okenní a dveřní rámy, dřevo z demolic (stavební odpad), použité řezivo, kůra a další zbytky ze zpracování dřeva.



**Obr. 4** Dřevní recyklát (Topinfo s.r.o., 2001).

Odpadní dřevo, myšleno stavební a demoliční dřevo, obalový materiál, nábytek a objemný dřevní odpad z různých provozů je pak drahocennou surovinou pro výrobu aglomerovaných materiálů (UNTHA shredding technology, 2019).

#### **4.1.1. Těžební odpady z lesnictví**

Palivové dříví je produkt velmi nízkých technologických vlastností. Je dodáváno ve formě štěpin a polen až v délce 1 m. V současné době se podíl tohoto produktu na celkové produkci dříví snižuje (Hrázský a kol., 1999).

Energetické využití celých štěpin a polen je možné jen v některých topeništích a k tomu určených spalovacích zařízeních. Obvykle je proto dělení polen na špalíky pro spalování v malých lokálních topeništích nebo jejich dezintegrace na štěpky pro spalování ve spalovacích zařízeních vybavenými regulačními a automatizačními prvky. Dezintegrováný dřevní materiál ve formě štěpek je možno zpracovávat i dalšími způsoby (Hrázský a kol., 1999).

##### **4.1.1.1. Těžební odpad**

Pod tento název patří:

- **Klest** – nestandardní dříví z vrcholové části stromů a větve do tloušťky 6 cm
- **Vlastní těžební odpad** – klest po odvětvení stromů s omezeným množstvím krátkých, nestejně dlouhých odřezků kmenové části stromů vznikajících při příčných řezech v průběhu výroby surového dříví
- **Celé stromky z prořezávek a prvních probírek**, včetně větví a stromové zeleně, odstraněné z lesních porostů z pěstebních důvodů, nedosahující dimenzí užitkových sortimentů

#### **4.1.1.2. Manipulační odřezky**

Manipulační odřezky jsou krátké odřezky dříví (do 1 m délky), které vznikají při příčném přerezávání kmenů při jejich druhotování a adjustaci. Jde o materiál velmi heterogenní, jak z hlediska kvalitativního, tak z hlediska rozměrového. Obsahuje jak dříví přesílené, tak nehroubí (dříví pod 7 cm průměru), napadené hnilobou i zdravé, v kůře i odkorněné, proschlé i čerstvé (Hrázký a kol., 1999).

#### **4.1.1.3. Pařezy a kořeny**

Pařezy a kořeny jsou hlavním nevyužitým zdrojem pro výrobu štěpky. Tvoří více než 20% suché biomasy stromu (Ševčíková, 2019).

Získávají se klučením podzemních částí stromů. V České republice zájem o tento materiál prakticky neexistuje. Proto jsou pařezy po vyklučení shrnovány buldozery do valů, ve kterých jsou ponechávány přirozenému rozpadu, které má za následek dlouholetou ztrátu produktivní plochy i dopravní znepřístupnění terénu. Proto se lokálně provádí tzn. Pohřbívání pařezů. Bagrem se vyhloubí hluboký příkop, do kterého se pařezy nahrnou a překryjí zeminou. Avšak tento způsob je nejen finančně nákladný, ale může ohrozit spodní vody vyplavováním tříslovin z rozkládajících se pařezů anebo poškodit kořeny následných porostů, které způsobuje sesedání zeminy (Burg a kol., 2012).

### **4.1.2. Odpady z dřevozpracujícího průmyslu**

#### **4.1.2.1. Štěpky**

Štěpka je rozsekaný dřevní materiál na malé kousky, charakterizované fyzikálními parametry (nejdůležitější jsou zrnitost a objemová hmotnost), které se poté dají využít pro výrobu elektrické energie nebo tepla (Burg a kol., 2012).

Těžební zbytky, klest a pařezy, určené pro štěpkování se vyvázejí z vytěžených ploch na tzv. "odvozní místo", kde se tento materiál následně štěpkuje, současně nakládá do velkoobjemových nákladních automobilů a odváží k dalšímu zpracování (Hrázký a kol., 1999).

#### 4.1.2.2. Zrnitost a velikost částic

Tvar částic štěpkovacího materiálu je různý, závisí především na konkrétním druhu odpadního dřeva a na použité štěpkovací technice. Na tvaru je důležité, že převažují tvary s ostrými hranami, u nichž je jeden rozměr menší než ostatní (válcové tvary s šikmými čely, polo válcové tvary, destičkové tvary) (Lyčka, 2011).



**Obr. 5** Po domácku vyrobená štěpka (autor).

#### 4.1.2.3. Produkce odpadního dřeva

Nejpěstovanějším druhem ovocných stromů jsou na území České republiky jabloně. Ze žlutých peckovin jsou nejrozšířenější broskvoně a meruňky (Burg a kol., 2012).

#### 4.1.2.4. Skladování dřevní štěpky

Štěpku pro energetické účely je možné skladovat na volně sypaných hromadách, v prodyšných textilních vacích nebo boxech na to určených. Pro tyto účely mohou být využity otevřené plochy, lehké přístřešky nebo kryté haly, které tvoří příslušenství kotelen.

Rakouská norma ÖNORM M 7133 (1998) charakterizuje dřevní štěpky podle vlhkosti s ohledem na požadavky jejich skladování.

**Tab. 1** - Charakteristika dřevní štěpky podle rakouské normy ÖNORM M 7133 (Burg a kol., 2012).

Třída		Rozsah hodnot	Poznámka
W20	Vlhkost (%)	do 20	Sušená průvanem pod přístřeškem
W30		20–29	Skladovatelná delší dobu
W35		30–34	Skladovatelná krátkodobě
W40		35–39	Vlhká, nebezpečí zplísnění
W50		40–49	Surová, akutní nebezpečí zplísnění

Zvyšování výkonu kotlů pro spalování biomasy má nepříznivý poměr mezi měrným objemem a výhřevností. Dalším důležitým prvkem je také vlhkost, je běžné, že se nedoporučuje skladovat štěpku s vyšší vlhkostí než 30 % z důvodů plísni nebo degradací, a to by mělo za následek její znehodnocení (Optimtop s.r.o. 2016).

**Tab. 2 - Fyzikální parametry a potřebné skladovací prostory pro vybraná paliva**  
(Burg a kol., 2012).

Palivo	Výhřevnost (MJ.kg <sup>-1</sup> )	Objemová hmotnost (kg. m <sup>-3</sup> )	Energetický obsah (GJ. m <sup>-3</sup> )	Energetický obsah (MWh. M <sup>-3</sup> )	Skladovací prostor (m <sup>3</sup> . GJ <sup>-1</sup> )	Skladovací prostor (m <sup>3</sup> . MWh <sup>-1</sup> )
Dřevo – polena	15	320–450	5, 77	1, 60	0, 17	0, 62
Dřevo – odřezky	18	210–300	4, 59	1, 28	0, 22	0, 78
Dřevní štěpka	10	184–410	2, 95	0, 82	0, 34	1, 22
Réví – balíky	14	350–400	4, 90	1, 36	0, 20	0, 73
Réví – štěpka	14	400–450	5, 80	1, 63	0, 17	0, 61
Sláma volně ložená	14	40–60	0,7	0, 19	4, 43	5, 14
Sláma balikovaná	14	80–150	1, 61	0, 45	0, 62	2, 24
Dřevo – brikety, pelety	21	600–1100	17, 85	4, 96	0, 06	0, 20
Hnědé uhlí	16	650–780	1144	3, 18	0, 09	0, 31
Černé uhlí	26	770–880	2145	5, 96	0, 05	0, 17

V tabulce jsou zobrazeny hodnoty výhřevnosti, energetického obsahu a potřebných skladovacích prostor pro výše uvedená paliva. Z údajů v tabulce můžeme konstatovat, že dřevěná polena potřebují zhruba 4 x větší prostor ve srovnání s černým uhlím (vztaženo na 1 GJ). U štěpky je potřebný skladovací prostor pro 1 GJ téměř 7 x větší než právě u černého uhlí. U révní je poměr příznivější (skladovací prostor je asi



3, 5 x větší než u uhlí černého), protože štěpka z révy ukazuje vyšší objemovou hmotnost; 400–450 kg.m<sup>-3</sup> (Burg a kol., 2012).

#### 4.1.2.5. Druhy štěpky

Rozeznáváme několik druhů štěpky:

- podle jejího složení
- podle jejího použití

Štěpka vyrobená z těžebních zbytků se nazývá štěpka lesní, štěpka vyrobená ze dřeva bez příměsí kůry či jehličí je štěpka papírenská a je určena pro výrobu papíru. Štěpka vyráběná zpracováním pilařského odpadu, zejména krajin, tou rozumíme štěpku pilařskou (Almea s.r.o., 2019).

##### 4.1.2.5.1. Lesní štěpka

Lesní štěpka pochází z lesa, jak je patrné z jejího názvu. V tomto odvětví se nejčastěji obchoduje především s vrcholovými částmi stromů (větve z korun stromů), které vznikají, jako vedlejší produkt. Tyto „vrcholky dřeva“ byly dříve na místě spáleny, jelikož nebylo žádné jiné využití, ale právě v dnešní době se tento odpad dá využít. Je prospěšný v Bioteplárnách nebo Bioelektrárnách. S dřevní štěpkou, jakožto s vedlejším produktem, se obchoduje v nepatrné míře. Zpracovávat na dřevní štěpku celé stromy či palivové dřevo, by bylo velice neekonomické (Zelená biomasa a.s., 2019).



**Obr. 6** Lesní štěpka (autor).

#### **4.1.2.5.2. Pilařská štěpka**

Dřevní štěpka je vedlejší dřevařský produkt při zpracování dřeva nebo cíleným drcením dřevních částí. Patří k tuhé biomase, která slouží k výrobě tepla, deskových materiálů, papíru a je možné ji také drtit a lisovat do pelet či briket. Dřevní štěpka je štěpené kusové dřevo, jejíž frakce se nejčastěji pohybuje mezi 2,5 až 5 cm (Zelená biomasa a.s., 2019).

Stejně jako u pilin se rozlišuje na základě obsahu kůry na tzv. „hnědou“, vznikající při pořezu neodkorněné kulatiny a na tzv. „bílou“ napadající při zpracování odkorněné kulatiny, využívanou především v papírenském průmyslu (Zelená biomasa a.s., 2019).

#### **4.1.2.6. Technické stroje**

Pro dopravu a zpracování odpadního dřeva se využívají různé technické stroje a prostředky. Nejdůležitější kategorie představují svinovací lisy a drtiče, konstrukční řešení se odlišují podle řešení sběru a manipulace se získaným produktem (Zelená biomasa a.s., 2019).

Hlavní skupiny strojů je možné rozdělit na:

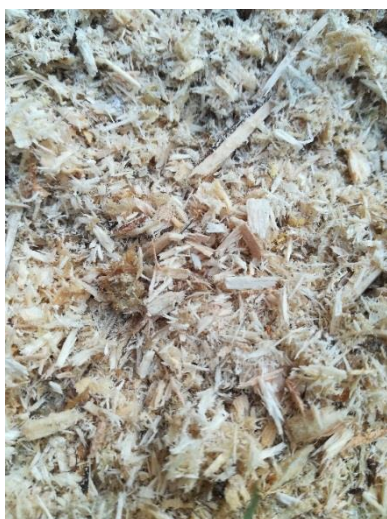
- drtiče s výfukovým hrdlem
- drtiče se zásobníkem
- drtiče se sběrným vláknem
- samojízdné drtiče s ořezacím ústrojím
- návěsné svinovací lisy
- manipulační dopravní prostředky



**Obr. 7** Drtič štěpky (autor)

#### **4.1.3. Piliny**

Piliny jsou malé kousky dřeva nebo jiného dřevěného materiálu. Jsou vznikem vedlejších produktů při pilování, jiném obrábění (např. Broušení) nebo řezání pilou ať už na větších pilařských závodech. Jejich použití je různorodé, např. jako palivo, podestýlka pro zvířata, mulč nebo jako surovina pro výrobu dřevotřískových desek (Wood Dust, 1995).



**Obr. 8** Různé frakce pilin (Jelínková, 2019)

#### **4.1.4. Brikety**

Brikety jsou mechanicky zhuštěný materiál. Briketa může mít formu válečku o různém průměru, různém tvaru (oválný tvar, kulatý tvar, kvádr, kostka). Tvar brikety je pro spalování nepodstatný. Slouží jako tuhé palivo a spalují se obvykle v kamnech nebo kotelnách, topeništích rekreačních objektů, v domácnosti v ústředním topení,

v krbech nebo případně v maloprovozech. Brikety z biomasy jsou v dnešní době oblíbených ekologickým palivem. Při jeho spalování se do ovzduší nedostávají žádné látky považované za škodlivé. Oxid uhličitý, který vzniká spalováním, odpovídá svou hmotností právě množství této látky vázané asimilačním procesem při růstu dřeva. Proto můžeme příspěvek oxidu uhličitého pronikající právě spalováním briket považovat za nulový (Hrázký a kol., 1995).

Další velkou výhodou dřevěných briket i ostatních paliv na bázi dřeva je i to, že do ovzduší při spalování neuvolňují žádné sloučeniny síry. Zastoupení síry ve dřevě je udáváno v množství maximálně 0, 129 g/kg, je tedy mizivé (O'Connell, 2016).



**Obr. 9** Brikety (Zdemar, 2019)

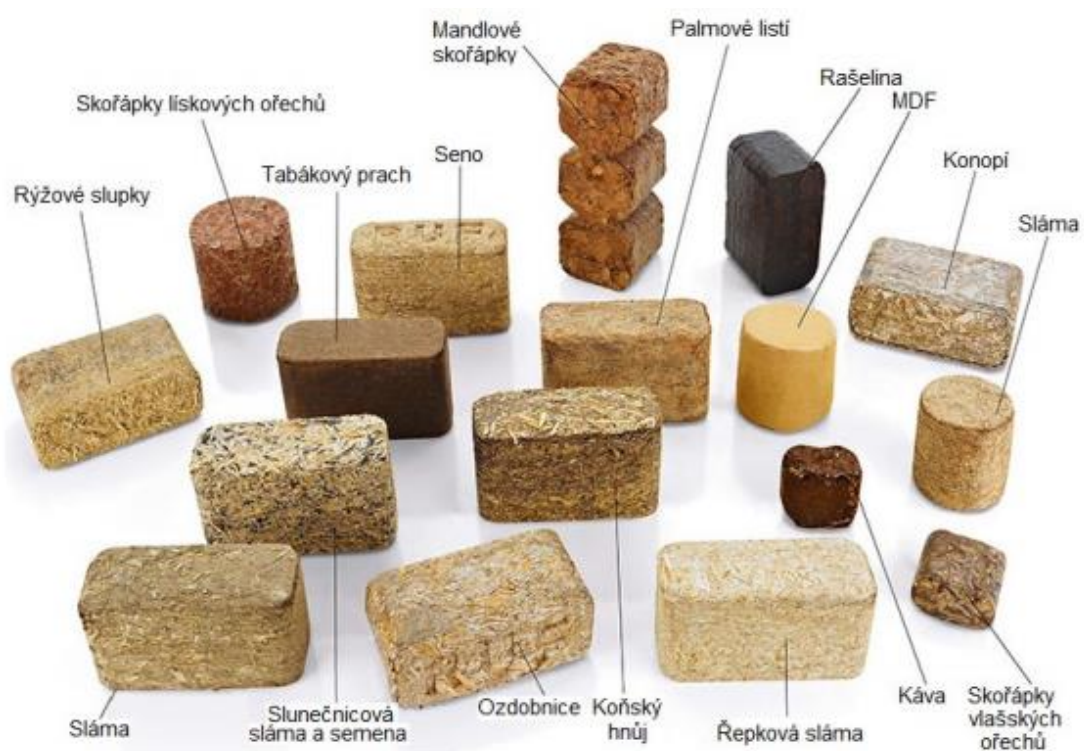
#### **4.1.4.1. Druhy briket**

Jsou známy různé druhy briket podle druhu, z čeho jsou vyrobeny:

- Dřevěné brikety
- Papírové brikety
- Uhlé brikety
- Slámové brikety
- Brikety z listí
- Rašelinové brikety



**Obr. 10** Dřevěná briketa (autor)



**Obr. 11** Brikety z různých materiálů (RUF US Inc., 2017).

#### 4.1.4.2. Výroba briket

Brikety se vyrábějí z různých odpadních materiálů, jakou jsou například piliny, hobliny, starý novinový papír, stromová kůra, sláma, uhelný prach, kukuřičné palice, pazdeří a další. Výjimečně je možné použít lepidla na zpevnění brikety, zaleží na druhu použitého materiálu (Aberdare, 2017).

Proces na výrobu briket se nazývá briketování a používá se k němu tzv. briketovací lis. Briketovací lis je zařízení, které daný materiál za obrovského tlaku stlačuje. Díky tomu se daná směs slepí k sobě a výsledkem je výrobek – pevná briketa (Aberdare online, 2017).

#### 4.1.4.3. Briketovací lisy

Lisy na briketování mohou být buď ruční, které se používají pro domácí výrobu nebo na automatické, které se dají použít pro profesionální velkovýrobu. Rozdílem je čas ve výrobě a to, že s ručním lisem se briketa bude vyrábět několik minut, automatický lis jich dokáže vyrobit několik stovek kilogramů za hodinu.

Existují dva typy lisů: šnekové a hydraulické. Hydraulický briketovací lis funguje na principu toho, že materiál pouze stlačuje. Šnekový lis má navíc přehřívanou komoru, ve které se z lisovaného materiálu uvolňují přirozená pojiva. Díky tomu je možné materiál slisovat bez použité lepidel nebo jiných uměle přidávaných pojiv i látky, se kterými by si obyčejný hydraulický lis neporadil.



**Obr. 12** Briketovací lisy (RUF Maschinenbau GmbH & Co. KG., 2015)

S domácím briketovacím lisem je výroba briket poměrně pracná. Je potřeba nahromadit použitelný materiál (piliny, hobliny, starý novinový papír, kůra, sláma, uhelný prach, kukuřičné palice, pazdeří a další). Například staré noviny, které se nejdříve musejí natrhat na menší kousky a je nutné je důkladně promíchat ve kbelíku s vodou. Tato směs se poté nalije do lisu (po částech a vždy se stlačením, je třeba ji do

dané komory co nejvíce nahustit). Po slisování je třeba hotové brikety usušit (Gransy s.r.o., 2012).



**Obr. 13** Dřevěné brikety po vysušení (autor)



**Obr. 14** Papírová nevysušená briketa – domácí výroba (autor)

#### **4.1.4.4. Výrobci briket v České republice**

Hlavními dodavateli v tomto odvětví jsou dvě firmy, a to firma Brixet s.r.o., která má sídlo v Uničově a firma Brikliis s.r.o., která má sídlo ve Slapech u Tábora.

##### **6.1.5.4.1. Firma Britex s.r.o.**

Tato firma se zabývá lisováním dřevního odpadu (piliny, kůra, hobliny, dýhy, štěpky a další drcený odpad). Firma vyrábí brikety v průměru 90 mm, 70 mm a 95 mm se středovým otvorem 20 mm. Díky tomuto otvoru se celková plocha brikety zvyšuje z 10,37 dm<sup>2</sup> kdy měla průměr 95 mm a její délka byla 300 mm až na hodnotu 12,19 dm<sup>2</sup> při stejné délce. Tím se zvětšila kontaktní plocha s plamenem cca o 15 % a hoření je o to razantnější. Firma však v roce 2018 zanikla (Hrázký a kol., 1995).

##### **6.1.5.4.2. Firma Brikliis s.ro.**

Firma se zabývá vývojem technologií a výrobou strojního zařízení pro zpracování různých druhů odpadů. Hlavním programem této firmy je výroba hydraulických briketovacích lisů s příslušenstvím (Medek, 2015).

#### **4.1.5. Pelety**

Dřevní peleta je slisované dřevo z práškové dřevní biomasy s přísadami nebo bez přísad, která má formu válečků, které mají průměrnou délku 5 až 40 mm, s ulomenými konci (Kulda, 2014).



**Obr. 15** Dřevní peleta (autor)



#### 4.1.5.1. Historie pelet

Dřevní pelety jsou poměrně novodobým prvkem, který se začal vyrábět v Severní Americe. Avšak s peletizací sypkých materiálů se můžeme setkat již v první polovině 20. století. Název peleta je odvozen z francouzského slova „pellet“, jehož význam je sbalek. Tímto označením, můžeme nazývat i postup nabalování jemně mleté a vhodně navlhčené rudy. Tento způsob technologie peletizace rudy výrazně zefektivňuje dopravu, ale i výrobu oceli díky mnohonásobnému zvýšení kovnatosti vsázky ve vysokých pecích (Lyčka, 2011).

Postupem času se výraz pellet, začal používat především v angličtině také pro výrobky, které vznikly lisováním drobných sypkých materiálů do různých tvarových forem, například tablet. V polovině 20. století se hodně rozšířila peletizace sypkých krmných směsí lisováním na protlačovacích maticích s válcovými kanálky. Výsledným produktem bylo koncentrované krmivo, vypadající jako malé valečky. Při ropné krizi v Severní Americe, na počátku sedmdesátých let, se začali na stejných zařízeních lisovat piliny, místo otrub a šrotu, vznikla tak dřevní peleta, jako alternativní palivo za drahá fosilní paliva. Z drobných pilin, s nízkou výhřevností i objemovou hmotností mohl konkurovat hnědému uhlí. K největším světovým výrobcům dřevních pelet patří Kanada, USA a Švédsko. Díky vzrůstajícím cenám ropy se peleta opět stále více uplatňuje v USA, jako alternativní palivo pro lokální vytápění, kde nahrazuje topný olej. Naopak velká část Kanadské produkce je určena pro Evropský trh. K přepravě pelet se využívají lodě s kapacitou 40 000 - 80 000 tun. V České republice se v roce 2010 spotřebovalo maximálně 50 000 tun dřevěných pelet (SPOZE, společnost pro obnovitelné zdroje energie s.r.o., 2015).

Ve Švédsku se objevila dřevní peleta na počátku 80. let jako alternativní palivo, které ovšem zprvu nedokázalo konkurovat levným fosilním palivům. O deset let později, ale přišla změna, zavedla se uhlíková daň na fosilní paliva. Zprvu byla peleta spalována výhradně ve velkých zdrojích jako alternativa za uhlí. V menší míře začala peleta nahrazovat také topné oleje v lokálním vytápění (Lyčka, 2011).

Na konci 90. let začala Evropská unie bojovat za snížení emisí CO<sub>2</sub>. EU se zavázala, že do roku 2020 se bude 20% energie vyrábět z obnovitelných zdrojů. Což vedlo k rozšíření dřevní pelety mimo Švédsko a Skandinávii. Také se zavedl obchod s emisními povolenkami, což vedlo k zvýšení zájmu u spotřebitelů fosilních paliv. V současné době je více než 50 % dřevěných pelet v EU, využita k výrobě elektřiny.

Nejvíce se jedná o přímořské státy jako je Dánsko, Belgie, Holandsko, Švédsko. Tedy v zemích, ve kterých je elektřina vyráběna výhradně z uhlí dováženého po moři. Největší část pelet je spálena ve velkých zdrojích v okolí přístavů. Dříve se po moři do těchto zdrojů dováželo uhlí, s nástupem obchodování s emisními povolenkami se stalo výhodným stejným způsobem dovážet (především z Kanady, USA) levnou peletu, která má 1 m<sup>3</sup> prakticky shodné množství energie jako hnědé uhlí. Navíc pelety se hlavně spolu spalují s uhlím, což nevyžadovalo významnou změnu technologií spalování. Tyto země jsou v současnosti největšími spotřebiteli pelet v Evropě (Lyčka, 2011).

Vzhledem k novým dotacím na využití obnovitelných zdrojů a vzrůstající ceně ropy se peleta stala levnější alternativou i v lokálním vytápění. Nejprve se tomu tak stalo v Německu a Rakousku kde bylo tradicí vytápět rodinné domky a malé objekty lehkými topnými oleji. Na přelomu tisíciletí se díky složité situaci na blízkém východě, stala cena ropy a zemního plynu velice nestabilní, to se samozřejmě promítlo i do ceny lehkých topných olejů. V důsledku této situace se stali dřevní paliva zajímavou alternativou. Přispěla k tomu i vyvinutější technologie distribuce pelet k zákazníkovi, a také pokročilé technologie spalování v malých zdrojích (teplovodních kotlích i lokálních topidlech). Díky malé zrnitosti a vysoké tvarové stálosti, lze pelety dopravovat ve velkých cisternách a jednoduše doplňovat hadicemi přímo do zásobníku u zákazníka. Ze zásobníku se automaticky potrubím dopravuje dle potřeby přímo ke kotli. U mnohých zákazníků proto stačilo pouze vyměnit stávající „olejový“ kotel za peletový a přebudovat domácí „olejové“ hospodářství na peletové. Stejně tak mnoho prodejců LTO bez problémů přešlo na prodej pelet, protože systém i technologie i distribuce obou paliv jsou si velice podobné. I to byl jeden z důvodů, proč se nové palivo v těchto zemích poměrně rychle uchytilo. V České republice se dřevní peleta objevila o něco déle než v západních zemích. Po počátečním malém zájmu stejně jako tomu bylo v Severní Americe, se nakonec stává peleta nepřehlédnutelnou komoditou na trhu s pevnými palivy, a to jen díky rostoucím cenám za uhlí (Topinfo s.r.o., 2012).

S postupem času se výroba pelet začala posouvat stále více na východ. Zvýšený zájem projevila Ukrajina a Rusko, tedy země s nesmírným potenciálem vhodné suroviny. Ruské pelety začali konkurovat kanadským, díky kratším přepravním vzdálenostem, a to hlavně ve Skandinávii. Řada českých i polských investorů, proto žádala budovat peletárny v Západní Ukrajině s výhledem pokrytí stále větší poptávky ve Střední Evropě (EIA, 2017).

#### 4.1.5.2. Výroba pelet

Výroba pelet začíná vysušením, suroviny a následuje zpracování pelety, která získá správné vlastnosti, jako je vysoká výhřevnost a mechanická stálost. Kvalitní pelety se dají poznat podle certifikační značky ENplus, která se v České republice vyskytuje na 80 % výrobních místech (Ebert, 2007).

Pelety samy o sobě vynikají nízkým obsahem popela, který se projeví v nižších nárocích na obsahu kotle nebo kamen. Nízký obsah popela je dán tím, že certifikované pelety mohou být vyráběny pouze z kmenového dříví a chemicky neošetřených zbytků z dřevozpracujícího průmyslu. Materiál neobsahuje kůru ani další příměsi, které by mohli zapříčinit větší obsah popela (Biofuelresource, 2015).

Začátek výroby pelet začíná ve skaldu pilin, kde se můžeme setkat se dvěma druhy pilin, a to s pilinou světlou a pilinou tmavou. Pilina světlá je odkorněná, pilina tmavá naopak obsahuje kůru. Za kvalitnější se považuje pilina světlá, protože díky absenci kůry nedochází ke škvárování v kotli, což se u tmavé piliny často stává (Biofuelresource, 2015).

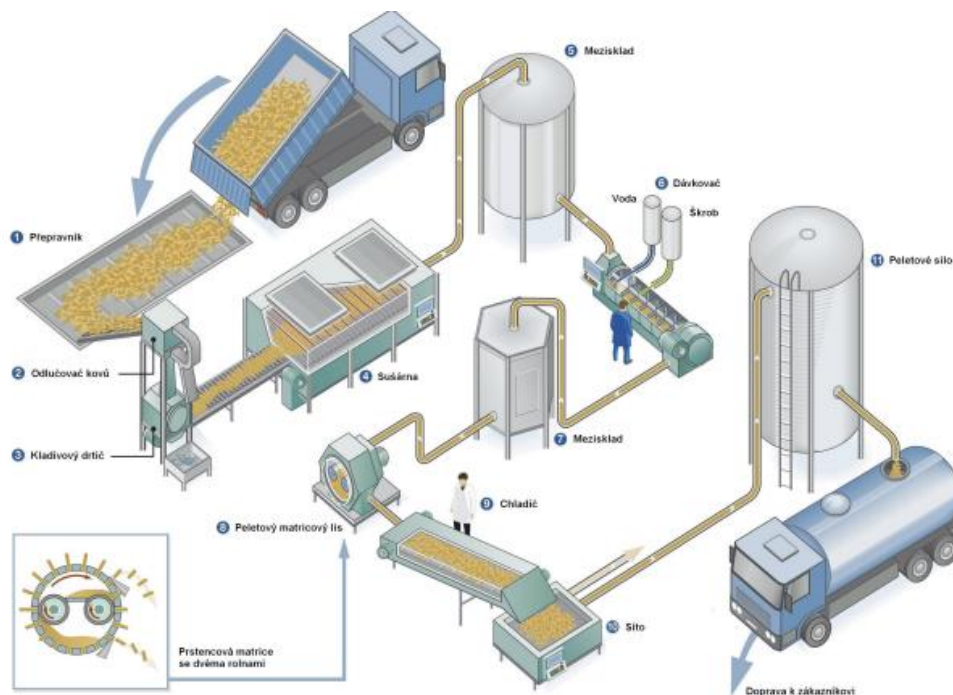
Pilina se před lisováním vysuší na vlhkost 10–15 %. Piliny se většinou vyrábějí ze zbytků zpracovaného surového dřeva, který má obsah vody 40–60 %. Je nutné piliny důkladně vysušit. Ve větších výrobnách se používají pásové sušárny. Pilina se rozloží v tenké vrstvě na pás, který se pomalu posouvá sušárnou, kde je profukována horkým vzduchem. Rychlost posunu je řízena podle vlhkosti piliny, kontinuálně měřené na výstupu. Do sušárny se přivádí horká voda nebo pára, která přes výměníky ohřívá vzduch na teplotu do 120 °C. Pro malé a střední peletárny se k sušení využívají bubnové sušárny. Teplo dodává kotel na dřevní štěpku a piliny. Základem sušárny je rotující válcem neboli bubem, ve kterém je surovina postupně vysušena. Za sušárnou je cyklon k oddělení piliny od horkého vzduchu (Hrdlička, 2006).

Poté co je pilina vysušena, jde do míchacího zařízení, kde získává stabilní vlhkost, jelikož i v sušárně jsou jisté výkyvy a ani automatizace je nedokáže udržet na konstantní úrovni vlhkosti. Následně je potřeba pilinu rozdrtit. Pelety se vyrábějí právě z dřevních zbytků různé velikosti (hoblíny, piliny, drobná štěpka), a proto je nutné před samotným lisováním surovinu upravit na určitou zrnitost. Při výrobě pelet, které mívají standardní průměr 6 nebo 8 mm je požadován maximální rozměr zpracované dřevní částice 3 až 3,5 mm. Toho je možné snadno dosáhnout v kladívkovém drtiči se sítí s oky 3,5 mm (Noskiewič, 1998).

Následuje vlhčení. Surovina musí být vysušena a poté se opět navlhčí. Při sušení se dřevní hmota zbavuje svojí celkové vlhkosti. Naproti tomu před lisováním je vlhčena pouze na povrchu. Dochází tím k jejímu změkčení a tím je zajištěno lepší spojení při lisování i lepší prostupování matricí a tím i nižší energetická náročnost při lisování. Pokud se do suroviny přidává organická pojiva, bývají často s vlhčením spojené promíchávání směsi pilin a kukuřičného škrobu nebo krmné mouky (Biofuelresource, 2015).

Dalším krokem je samotné lisování v protlačovacím matricovém lisu. Můžeme se setkat se dvěma základními typy lisů, a to s deskovým a prstencovým. Deskové lisy byly u nás v minulosti hodně využívány k výrobě granulových krmiv a také při výrobě dřevních pelet u malých a středně velkých peletáren. Základ tvoří pevná horizontálně ležící plochá kruhová matrice, po které se odvalují dvě až čtyři rolny (Lyčka, 2011).

Při protlačování se vylisovaný materiál zahřeje na teplotu okolo 100 °C a je potřeba ho hned zchladit. To se děje nejčastěji v protiproudém chladiči, kde je již hotová peleta zchlazená na teplotu 40 °C a která dále pokračuje do zásobníku. Mezi chladičem a zásobníkem finálního produktu je umístěn separátor, který zachytává podíl jemných částic. Je to vibrační síto s velikostí ok do 3,5 mm, na kterém je od pelet oddělen odrol, který putuje zpátky do lisu k ostatním pilinám (Lyčka, 2011).



**Obr. 16** Průmyslová peletizační linka na výrobu dřevních pelet s následnou přepravou (Peleta a.s., 2016).

Vyrobené pelety se musí bezpečně uskladnit. Podle potřeby jsou dále odebírány ze zásobníku a plní se pytle o hmotnosti 15 kg, nebo se nafoukávají do speciálních cisteren, které pak pelety rozváží k odběratelům. Někdy se pelety plní i do textilních big-bagů, které mají vlhkost okolo 1 tuny (Pelety a.s., 2016).

## **4.2.Způsoby zpracování dřevního odpadu**

### **4.2.1. Energetické využití odpadů**

Pro využití dřevních odpadů a biomasy se nabízejí dvě hlavní možnosti lišící se nejen povahou konverzního procesu, nýbrž i technologickým zařízením, cenou, provozními náklady a ekologickými vlivy – procesy termické a procesy biotechnologické. Procesy spalovací mají bezpochyby nejnižší investiční a provozní náklady, výrazně zřetelná zvláště u kapacitně menších jednotek. Další výhodou těchto procesů je i jednoduchost a poměrně snadné udržení provozní bezpečnosti značnou a někdy klíčovou nevýhodou spalování je však téměř výlučně využití pouze pro výrobu tepla výroba elektrické energie může být ekonomicky přijatelná až u dostatečně velkých jednotek schopných pohánět parní turbínu další značnou nevýhodou spalování procesu je vysoká měrná produkce CO<sub>2</sub> na jednotku získaného tepla. Spalovací proces se nalézají uplatnění zejména tam kde je zisk tepelné energie prvořadým požadavkem při neschopnosti jiných řešení anebo tam kde jde o spalování problémových či nebezpečných odpadů. Energie z odpadu a biomasy nemůže rychle a zásadně ovlivnit energetickou bilanci České republiky, pokud by pro pěstování biomasy nebylo vyhrazeno pro výrazně více než 5% zemědělské orné půdy 106 o situaci v České republice lze znázornit na energetickém potencionálu odpadu a biomasy:

- celkový potenciál ve výrobě elektřiny 270 MW el
- potenciál paralelně dostupných odpadních tepel 260 MW th

Tento potenciál odpovídá přibližně následující skladbě vstupů:

- |   |       |
|---|-------|
| ➤ tuhý komunální odpad                        | 6,3 % |
| ➤ odpad ze zpracování masa a drůbeže          | 1,2%  |
| ➤ odpad ze zpracování mléka, zeleniny a ovoce | 0,6%  |

➤ odpad ze zpracování papíru, celulózy a škrobu	0,2 %
➤ zemědělský odpad z ŽV	41,2 %
➤ nezpracovatelný zemědělský odpad z RV	4,1 %
➤ biomasa pěstovaná na 5 % orné půdy	18,5 %
➤ přebytky energie z ČOV	0,7 %
➤ dřevní odpad	27,2 %

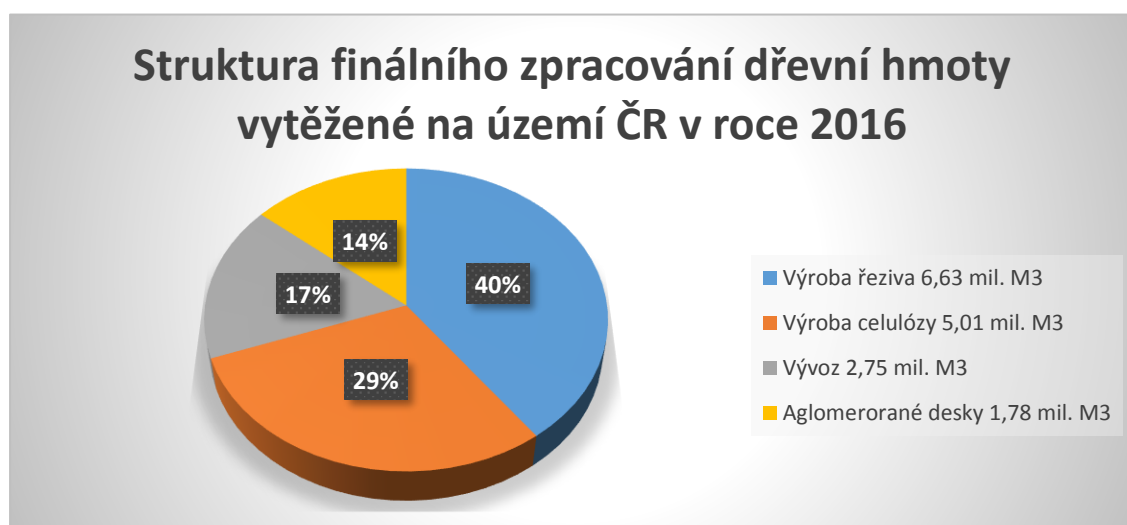
---

Celkem	100 %
--------	-------

(Hrázký a kol., 1999).

#### 4.2.2. Recyklace odpadů

Proces recyklace odpadů s obsahem dřeva začíná svozem na sběrné místo, kde je dále možné s odpadní surovinou manipulovat, očišťovat ji od nežádoucích příměsí, odstranit materiály, které jsou dále zpracovatelné (kovy, plasty, sklo) a připravit ji k dalšímu technologickému zpracování, např. podrcením. Na sběrném místě vzniká logistický uzel, ve kterém dochází k rozhodování, zda vytríděné dřevo uplatnit pro následné surovinové využití nebo jako zdroj další energie, nebo případně jiným způsobem. Alternativou likvidace prostřednictvím sběrných míst, je zpracování výrobního odpadního dřeva přímo v dřevozpracujícím závodě, tj. v místě vzniku, a to buď přímo k výrobě tepla pro vlastní potřebu nebo pro výrobu kusového paliva (brikety apod.) nebo ponecháním rozkladu přírodními procesy (Burg a kol., 2012).



**Graf 1** - Struktura finálního zpracování dřevní hmoty vytěžené v České republice v roce 2016 (Faostat, 2019).

Z uvedených informací je možné odhadnout, že v České republice tvoří roční produkce odpadu na bázi masivního – nelepeného dřeva, okolo 1,4 mil. tun a odpad na bázi aglomerovaných desek může být odhadem 0,5 mil. tun (Burg a kol. 2012).

Tyto hodnoty jsou odborným odhadem, který vychází z předpokladu nasyceného výrobního toku skrz životním cyklem výrobků, jejichž podílem je dřevo. Přesná evidence vzniku a struktury odpadu na bázi dřeva není v České republice k dispozici. Ke zpětnému využití je v současné době použit pouze zlomek tohoto disponibilního množství. (Uvedené množství nezahrnuje odpad vzniklý v dřevozpracujícím průmyslu při zpracování surového dříví, tj. piliny, hobliny, odřezky apod.) (Burg a kol., 2012).

### **4.3. Zpracování dřevních odpadů v ČR a v Evropě**

Země západní Evropy jsou největšími producenty dřevotřískových desek v Evropě a vzhledem ke kvalitně nastavenému sektoru pro recyklaci odpadního dřeva a odpovídající základně odběratelů, ať už z odvětví výroby dřevotřískových desek nebo energetické odvětví, patří tyto státy také k předním státům, které zpracovávají dřevní recykláty (Carpenter, 2019).

#### **4.3.1. Česká republika**

Mezi naše nejznámější zpracovatele dřevního odpadu patří firma Kronospan Jihlava, která odebírá materiál pro recyklaci jak od odpadářských společností, ale také od stavebních společností, od výrobců nábytku, truhlářů, od sběrných dvorů i řízených skladů obcí a měst. Cílem Kronospanu je nahradit rostlé dřevo recyklátem, a to z padesáti procent, nyní využívaného materiálu. Změna ve využívané surovině by měla vést k ekologizaci výroby, tj. snížení hluku prachu, zápachu, produkce skleníkových plynů nebo i spotřeby vody a elektrické energie. (Aberdale Online, 2017)

#### **4.3.2. Německo**

Německo se zabývá efektivními postupy při nakládání s dřevním odpadem. Od roku 2003, začalo být v Německu odkládání odpadního dřeva na skládky zakázáno. Odpadní dřevo se tedy primárně využívá pro recyklaci a následně pro výrobu dřevotřískových desek, nebo také jako zdroj energie. Německý dřevotřískový průmysl

každoročně spotřebuje 4 mil. tun dřeva. Dřevní recyklát pak představuje 33 % z tohoto množství (The Old Academy, 2012).

#### **4.3.3. Rakousko**

Základní myšlenka Rakouska o nakládání s dřevním odpadem, vychází z teorie zachování funkčních lesních ekosystémů podporou jejich rozvoje udržitelným hospodařením s minimálními zásahy člověka odpovídajícími přirozenému vývoji lesa. Je pro ně nesmírně důležité zachovat národní přírodní zdroje a recyklovat surovinu. Separace odpadu má smysl a šetří peníze.

V Rakousku je recyklováno odpadní dřevo vznikající při primárním zpracování dřeva, tj. průmyslové dřevo, použité dřevo jako je nábytek, obaly a stavební dřevo. Dále jsou zpracovány kompozitní materiály, které obsahují více než 50 % dřeva. Odpadní dřevo je pro Rakousko důležitou druhotnou surovinou pro výrobu dřevotřískových desek (Rieger, 2016).

#### **4.3.4. Velká Británie**

Velká Británie má velmi propracovaný systém pro nakládání s dřevním odpadem. Zdrojem odpadního dřeva ve Velké Británii rozumíme stavební a demoliční práce, výroba nábytku a truhlářské práce, komunální odpad a obalové materiály. V roce 2010 bylo v Británii vyprodukováno více než 4,3 mil. tun odpadního dřeva, ze kterého se 74 % znovu využilo. Hlavním zpracovatelem odpadního dřeva jsou samozřejmě výrobci dřevotřískových desek a OSB, kteří spotřebovali přes 1,1 mil. tun odpadního dřeva (GOV.UK, 2019).

#### **4.3.5. Belgie**

Dalším státem, který si zakládá na recyklaci odpadního dřeva, je Belgie. Hospodaření s dřevní surovinou je v Belgii dáno Implementačním plánem o dřevě 2004–2008, který se věnuje právě problematice nakládání s dřevním odpadem z druhotného zpracování, který se uvolňuje během výroby nábytku, obalů nebo truhlářských produktů.



Dalšími skupinami jsou:

- Odpadní dřevo z podniků, tj. konstrukční a demoliční dřevo, obaly, nábytek.
- Odpadní dřevo z domácností, tj. konstrukční a demoliční dřevo, nábytek, dřevěné ploty nebo dřevěné zahradní domy

Produkce odpadního dřeva v Belgii tvoří odhadem 2,4 mil. tun/rok. Pro výrobu dřevotřískových desek se vyrobí cca 500tis.tun/rok. Odpadní dřevo je v Belgii ze zásady jen surovinou pro průmyslové zpracování. Kontaminované odpadní dřevo může být využito energeticky (Dam, 2013).

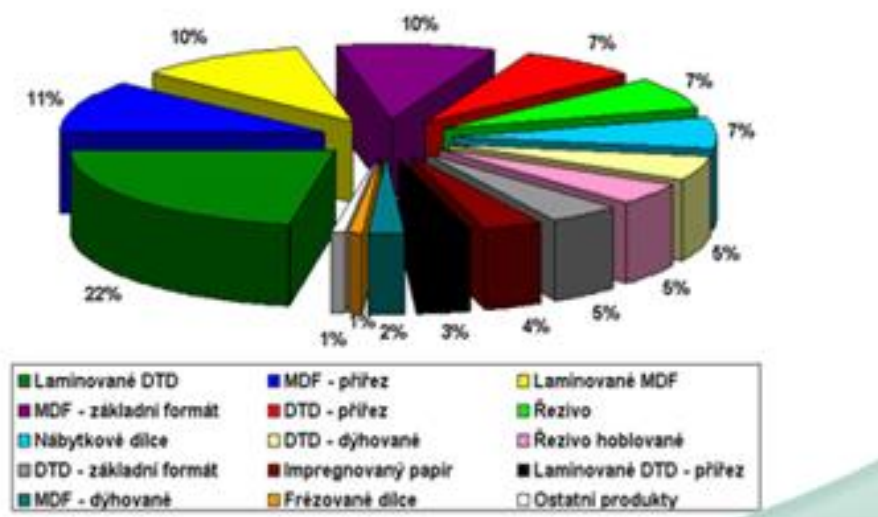
## 5. Hlavní výrobci velkoplošných materiálů na bázi dřeva v ČR

### 5.1. Dřezozpracující družstvo Lukavec (DD Lukavec)

Firma DD Lukavec se specializuje na výrobu OSB desek, laťovek, dřevovláknitých desek, dřevních pelet na topení, nábytkových dílců, především z laminovaných dřevotřískových a MDF desek, různých kvalit, například na surové, frézované, dýhované a laminové, dřevovláknité desky se střední hustotou (MDF): - ultralehké MDF (450–550 kg/m<sup>3</sup>), - lehké MDF (550–650 kg/m<sup>3</sup>), - MDF (700–820 kg/m<sup>3</sup>), - MDF pro hloubkové frézování (> 800 kg/m<sup>3</sup>). Firma za rok vyrobí okolo 3 000 000 m<sup>2</sup> nábytkových dílců za rok a její roční obrát činí 70 milionů EUR/rok. DDL se hlásí k myšlence trvale udržitelného rozvoje, věnuje pozornost vlivu její činnosti na životní prostředí., tzn. veškerý nezpracovaný materiál se snaží znovu využívat k výrobě nových produktů (Dřezozpracující družstvo Lukavec, 2007).



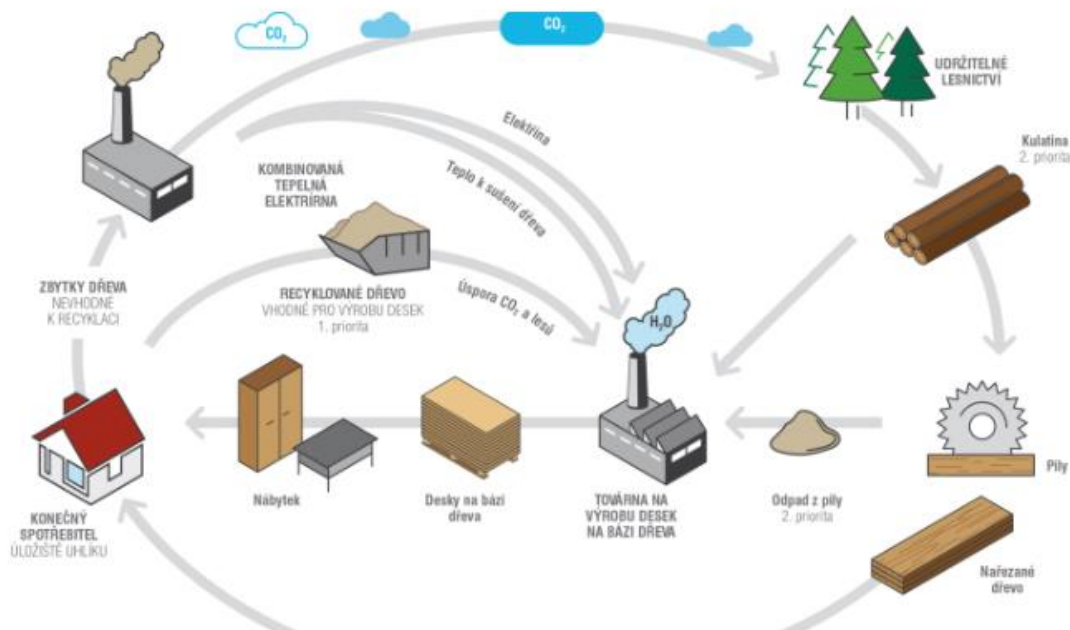
**Obr. 17** Vliv DD Lukavec na životní prostředí a chod firmy (Dřezozpracující družstvo Lukavec, 2007)



**Graf 2** - Přehled prodeje podle výrobků (% z obratu) (Dřevozpracující družstvo Lukavec, 2007)

## 5.2. Kronospan Jihlava

Kronospan vyrábí mnoho typů desek na bázi dřeva: dřevotřískové desky, laminované dřevotřískové desky, pracovní desky, OSB Firestop, OSB desky hodící se pro stavbu domů i do interiérů. Společnost Kronospan odebírá materiál pro recyklaci jak od odpadářských společností, ale také od stavebních společností, od výrobců nábytku, truhlářů, od sběrných dvorů i řízených skladů obcí a měst. Konkrétně je odebírán obalový materiál (palety, dřevěné obaly, bedny), stavební dříví (trámy, desky), truhlářské zbytky, částečně i starý nábytek, dřevěné zbytky z výroby nábytku, stará interiérová vybavení na bázi dřeva apod. Z dřevěného recyklátu vyrábí Kronospan velkoplošné dřevěné desky pro výrobu nábytku i pro široké využití ve stavebnictví a dalších odvětví, ročně tím zachrání okolo 600 tisíc stromů, které nemusejí být pokáceny a uspoří dva miliony tun oxidu uhličitého. Spalování odpadního dřeva je pro životní prostředí a klima velmi zatěžující proces, na rozdíl od jeho druhotného zpracování. Právě proto se ve vyspělých zemích stalo důležitým trendem zpracování odpadního dřeva a jeho následné využití jako suroviny pro nové výrobky. Mezi první české zpracovatele odpadního dřeva a průkopníky v této oblasti patří právě jihlavský Kronospan (Kronospan CR, spol. s r.o., 2015).



**Obr. 18** Koloběh dřeva v oběhové ekonomice (Kronospan CR, spol. s r.o., 2015)

### 5.3.DYAS.EU, a.s.

DYAS.EU, a.s. se zabývá zpracování dřeva, výrobou celobukových, vícevrstvých, truhlářských i stavebních překližek a dých. Firma se dále zabývá výrobou překližek s fenolickou fólií na povrchu, bukových multiplexů, rámových lišt, interiérové překližky pojené lepidlem bez formaldehydu (PVAC), protihlukové a anti vibrační překližky, tvarových výlisků a dalších překližovaných desek, vyráběných z převážně bukové loupané dýhy. (DYAS.EU, a.s., 2019)

Firma své odpadové dřevo dále zpracovává a nabízí k prodeji, jako DYAS WARE;

- Odzemky bukové (délky 25–60 cm, průměr),
- Odzemky bukové štípané (délka 25–55 cm)
- Válečky bukové řezané (průměr 8–12 cm, délka cca 30 cm)
- Válečky bukové krátké (průměr 8–12 cm, délka 135 cm)
- Válečky bukové dlouhé (průměr 8–12 cm, délky 235 a 260 cm)
- Válečky smrkové krátké (průměr 8–12 cm, délka 135 cm)
- Válečky smrkové dlouhé (průměr 8–12 cm, délka 235 cm) (DYAS WARE, 2020)

#### **5.4.AGROP NOVA a.s.**

Společnost AGROP NOVA a.s. vyrábí produkty pod značkou NOVATOP. Vznikla v roce 2001 a navázala na výrobní program společnosti Agrop s.r.o., která byla založena v r. 1992. Dnes je jedním z největších a nejmodernějších výrobců velkoplošných vícevrstevných desek v Evropě. Ročně firma zpracuje přes 60.000 m<sup>3</sup> řeziva a k zákazníkům odveze přes 1.300.000 m<sup>2</sup> (840 kamiónů) vícevrstevných desek. Nosným výrobním programem společnosti jsou vícevrstevné desky NOVATOP SWP (biodesky) a NOVATOP SYSTÉM – ucelený a v mnoha ohledech jedinečný stavební systém na bázi křížem lepeného dřeva (CLT). Všechny výrobky společnost vyrábí z přírodních obnovitelných surovin, při dodržování přísných ekologických předpisů. Velkou předností výroby je moderní způsob likvidace dřevěného odpadu, a to v podobě ekologických dřevěných briket v objemu cca 800 tun měsíčně. (AGROP NOVA, 2018)

#### **5.5.Společnost TramVaz spol. s r.o.**

Společnost TramVaz spol. s r.o., která se zabývá výrobou stavebního systému Izolox, se nachází v obci Všeradice, která je přibližně 35 km od Prahy směr na Plzeň. (Hruška, 2015)

Zahájení provozu začalo od roku 1971, kdy společnost koupila stavební podnik Olešovice, v těchto prostorách započala první zkušební výrobu stavebního systému a postupně se rozrostla jako nynější společnost TramVaz spol. s r.o. (Hruška, 2015).



**Obr. 19** Instalace štěpkocementové desky Izolox (autor)



**Obr. 20** Štěpkocementové desky Izolox (autor)

### **5.5.1. Štěpkocementové desky Izolox**

K výrobě štěpkocementové desky je potřeba šest osob. Dřevěné štěpky jsou umístěny na hromadě na zpevněné ploše v areálu. Štěpky se dováží převážně z Březnice, jelikož je štěpkovač příliš hlučný a nepříliš příznivý pro ovzduší. Uvnitř výrobní haly je kladívkový mlýn, do kterého jsou sypány štěpky, dále projdou sítím a transportním pásem přepadávají do mísiče. V mísiči se smíchá štepka s cementem, vodou a vodním sklem, a to v poměru 90% dřevní hmota, 8% cement a 2% vodní sklo s vodou. Odsávání mísiče zajišťuje akumulární zákryt. Dále se hmota vlévá do forem, které jsou vystříkané separačním olejem. Formy se štosují, štos se musí upevnit čtyřmi svislými ocelovými tyčemi, aby vydrželi převoz na válečkové trati do sušárny, kde se pak formy suší horkým vzduchem po dobu 48 hodin. Po uplynutí 48 hodin se formy vyvezou, na přípravku se demontují stahovací tyče, stoh se rozebere a jednotlivé formy putují na řetězový pás, kde se vyklepou třemi údery. Za jednu směnu se vyrobí až 1300 forem. Desky postupují dále k formátovací pile, tato pila má nastavitelnou vzdálenost dvou kotoučů a odsávání. Z desek se odříznou okraje a stroj je vyskládá do štosu. Štosy jsou posléze postrkované na konec válečkové trati, kde je řidič vysokozdvížného vozíku vyváží na venkovní plochu, kde se uskladňují (Hruška, 2015).

Charakteristika systému Izolox by se dala říci jako minimální počet mechanismu a malý počet pracovních sil. Pro výstavbu stačí minimální zařízení staveniště (elektrická energie 220 V). Velké procentuální zastoupení stavebního systému tvoří beton, který je do stavby uložen čerpadlem, a přitom tento mokřý proces zabere pouze 15 % z doby výstavby (Hruška, 2015).

Štěpkocementové desky navíc obsahují dřevěné výztuhy, aby se zabránilo jejich destrukci. Desky jsou odolné vůči škůdcům, a to jak rostlinným, taky zvířecím. Firma TramVaz spol. s r.o. dbá na protipožární odolnost u tohoto výrobku a zajištění tak zákazníkovi pocit bezpečí. Štěpkocementové desky je možno dle potřeby dále opracovat (Hruška, 2015).

### **5.5.2. Vlastnosti a použití štěpkocementových desek Izolox**

Poréznost štěpkocementových desek Izolox zajišťuje vynikající spojení s betonovým jádrem, maltou a lepícími tmely na bázi cementu při betonáži a dokončovacích povrchových úpravách, konstrukci stěn a stropů a díky tomu pohlcuje hlukovou a zvukovou energii.

Výhodou bednění Izolox je možnost ukládání instalace do prostoru bednění. Do tohoto prostoru je možnost rozvádění elektřiny, odpadních trubek, větracích trubek a spousty dalšího. Dále se může vložit polystyren, který se může vyndat a nahradit instalačním prostředkem. Štěpkocementové desky Izolox jsou velmi tvárné, proto se do nich snadno vyřezávají otvory instalačních prostředků (Hruška, 2015).

Výhody desek:

- díky kvalitnímu izolační materiálu greywall v kombinaci s betonovým jádrem firma zaručuje udržování tepla v zimě a chladu v letním období
- štěpkocementové desky tvořeny ekologickými materiály: 89 %, dřevní štěpka 9 % a cement a zbylá dvě procenta obstarává vodní sklo a voda
- požární odolnost štěpkocementových desek Izolox je zajištěna cementem a vodním sklem.
- Štěpkocementové desky jsou tvořeny z největší části dřevěnou štěpkou, díky čemuž získávají vlastnosti dřeva. Tím pádem je možné pomocí ruční pily uřezávat, ořezávat, odřezávat vyřezávat otvory, frézovat a díky těmto vlastnostem není problém vytvořit zaoblené tvary, bednění sloupu, roletové schránky bednění věnců a další
- zdravotní a ekologická nezávadnost
- výstavba hrubé stavby patrového rodinného domu se pohybuje mezi 8–16 dní

- prodyšnost, a ne nasákavost štěpkocementové desky Izolox: vodní sklo zabraňuje vzniku plísní a vlhkosti výstavba nízkoenergetických a pasivních domů: stavební systém Izolox je vhodný pro výstavbu nízkoenergetických a pasivních budov
- betonové jádro a ocelové výztuže zajišťují na standardní statické vlastnosti a odolnost proti nepříznivým povětrnostním podmínkám

## **5.6. Modelové varianty pro vybrané firmy a zhodnocení**

Dle mého názoru má nejekonomičtější využití dřevního odpadu firma KRONOSPAN Jihlava, která plánuje do budoucna nahradit rostlé dřevo recyklátem, a to z padesáti procent, nyní využívaného materiálu. Změna ve využívané surovině by měla vést k ekologizaci výroby, tj. snížení hluku prachu, zápachu, produkce skleníkových plynů nebo i spotřeby vody a elektrické energie.

KRONOSPAN se dle mého názoru řídí myšlenkou, kdy cirkulární ekonomika je nejlepší způsob nakládání s odpady, která by mohla být řešením do budoucna, v zájmu zachování čistšího ovzduší, tj. eliminace emisí a škodlivých látek, hlukových emisí, prašnosti, logistiky i ekonomického využití. Kdyby si každá firma vzala příklad například z Belgie, kde se dřevo recykluje už patnáct let a Německa, kde přibližně stejně dlouho platí zákaz ukládání dřevěného odpadu na skládky, Česká republika by na tom v mnoha ohledech byla lépe. Inspiraci je možné čerpat například i z Velké Británie, kde v roce 2010 vyprodukovali přes 4,3 milionů tun odpadního dřeva a z toho množství opětovně využili 74 %, což vedlo k záchraně 11 milionů stromů. Kronospan neustále vyvíjí a zdokonaluje své produkty. Ve své snaze o maximálně pozitivní přínos na životní prostředí provedl v poslední době investice v hodnotě 1,2 miliardy korun vedoucí ke snížení emisí prachu (o 94 %) a snížení celkových emisí (o 60 %).

Společnost KRONOSPAN pomáhá likvidovat kůrovcovou kalamitu tím, že napadené dřevo používá při výrobě desek. Technologie v Jihlavě umožňuje zpracovat dřevo různé kvality, včetně dřeva napadeného kůrovcem. Kdyby se do této myšlenky zapojilo více firem, je dosti možné, že by se nám povedlo zatočit s obávaným a neustupujícím kůrovcem.

Firma Izolox bere štěpky z Březnice, což dle mého názoru přispívá k čistšímu ovzduší, než kdyby si štěpky vyráběla sama, ale na druhou stranu, je spekulativní, zda se to vyplatí z hlediska ekonomického. Kdyby se ovšem firma Izolox naučila



zpracovávat štěpky a zbylý odpad od okolních firem, které už například nemají prostor na zpracování zbylého dřevního odpadu, sama, firma Izolox by na tom, dle mého názoru vytěžila. Kdyby se firmy mezi sebou domluvili na zpracování recyklátu, ušetřili bychom si spalováním tohoto nevyužitého odpadu znečištění ve formě oxidu uhličitého.

## 6. Závěr

Hlavním cílem této bakalářské práce bylo hodnocení možností využití odpadů vznikajících při výrobě aglomerovaných materiálů ve vybrané firmě z technologicko – technického, organizačního a ekonomického hlediska. Návrh řešení s alternativními koncepty pro zpracování vznikajících odpadů ve výrobní firmě.

Z informací o zpracování dřevního odpadu, kterým se zabývá bakalářská práce, vyplývá, že dřevního odpadu stále přibývá a je nutné ho zpracovávat a dále upravovat. S rozvojem výroby, se také vyvíjí zpracování těchto odpadů a jejich využití. Dřevní odpad je, i bude nedílnou součástí lidské komodity a zajištění jeho zpracování je velice důležité. Pomoci ke znovuzpracování můžeme i my, lidé a to tím, že odpadové dřevo neboli mrtvé dřevo, které dosloužilo, a nehodí se už k jinému účelu, můžeme snadno vytrídít a zachránit je pro další využití. Stačí ho jen dovést do sběrného dvora. Týká se to například starého nábytku, palet, beden a jiných obalů, ale také jakýchkoliv zbytků z truhlářských dílen apod. Díky recyklaci může dřevěný odpad sloužit dál.

Jednou z firem, která se zabývá recyklací odpadu na nový je DD Lukavec, která veškerý nezpracovaný materiál se snaží znovu využívat k výrobě nových produktů. Společnost Kronospan odebírá materiál pro recyklaci jak od odpadářských společností, ale také od stavebních společností, od výrobců nábytku, truhlářů, od sběrných dvorů i řízených skladů obcí a měst a z dřevěného recyklátu vyrábí velkoplošné dřevěné desky pro výrobu nábytku i pro široké využití ve stavebnictví a dalších odvětví, ročně tím zachrání okolo 600 tisíc stromů, které nemusejí být pokáceny a uspoří dva miliony tun oxidu uhličitého. Firma DYAS.EU své odpadové dřevo dále zpracovává a nabízí k prodeji, jako DYAS WARE; na produkty, kterými jsou; odzemky bukové, odzemky bukové štípané, válečky bukové řezané, válečky bukové krátké nebo dlouhé a válečky smrkové krátké nebo dlouhé. Velkou předností výroby AGROP NOVA je moderní způsob likvidace dřevěného odpadu, a to v podobě ekologických dřevěných briket v objemu cca 800 tun měsíčně.

Mou bakalářskou práci jsem začala z důvodu zájmu se o konkrétní druh dřevního odpadu, a to dřevní pelety, které v domácnosti dávám pod své mazlíčky a zaujalo mě jejich zpracování a jejich schopnost neutralizovat zápach a pohlcovat tekutiny a jaké firmy se zabývají recyklací dřevního odpadu. Z blízkého zkoumání tohoto dřevního odpadu jsem si opravdu ověřila, že dřevní odpad je naší nedílnou

součástí a obklopuje nás prakticky na každém kroku, ať už ve formě desek na stavbách nebo jako topné těleso nebo jak už jsem zmínila, podestýlka pod zvířata.

## 7. Seznam použitých zdrojů

- ABERDALE ONLINE. 2017. Aberdale online. *Aberdare online*. [Online] 2017. [Citace: 09. 04 2019.] <http://www.aberdareonline.co.uk/history/phurnacite-plant-abercwmboi/phurnacite-plant-briquette>.
- ADAMOVIČ TEREZA. 2016. Stanovení obsahu formaldehydu v dřevotřískových a. Praha : Diplomová práce ČZU, 2016.
- AGROP NOVA. 2018. NOVATOP. NOVATOP-SWP. [Online] 2018. <https://novatop-swp.cz/>.
- ALMEA BIOMASA. 2019. Almea Biomasa. Almea Biomasa. [Online] 06. 04 2019. <http://www.biomasa-almea.cz/cz/co-je-to-lesni-stepka>.
- BABOR, MICHAL 2020. Dřevo & stavby. cz. Dřevo & stavby. cz. [Online] 2020. [Citace: 26. 02 2020.] <https://www.drevoastavby.cz/drevostavby-archiv/slovnicek-pojmu>.
- BAXI, RANJIT 2019. prezident Bureau of International Recycling. prezident Bureau of International Recycling. [Online] 04. 04 2019. <https://bir.org/>.
- BIOFUEL. 2015. Biofuel. Biofuel. [Online] 2015. [Citace: 18. 04 201904.] <http://biofuelresource.com/use-efb-pellet-as-renewable-energy/>.
- BÖHM, MARTIN, . 2019. Materiály na bázi dřeva. Prezentace: Materiály na bázi dřeva. Praha : autor neznámý, 2019.
- BOMBA, JAN A KOL. 2012. Materiály na bázi dřeva. Praha : Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Katedra zpracování, 2012. ISBN 978-80-213-2251-6.
- BRIKETY DRUHY, RADY A TYPY, 2012–2018. Brikety. org. Brikety. org. [Online] 2012–2018. [Citace: 15. 04 2019.] <https://brikety.org/brikety-z-listi/>.
- BRIKETY.ORG. 2012-2018. Brikety.org. brikety.org. [Online] 2012-2018. [Citace: 09. 04 2019.] <https://brikety.org/>.
- BURG, PHD, DOC. ING. PATRIK ZEMÁNEK, DOC. ING. PAVEL 2012. Technologie a ekonomika využití odpadního dřeva vinic a sadů k energetickým účelům. Brno : Mendelova univerzita v Brně, 2012.
- CALLUM, HILL. 2006. Wood Modification: Chemical, Thermal and Other Processes. místo neznámé : England: Willey Publ., 2006. 978-0-470-02172-9.

- CIFRAIN, JOSEF. 2006. Tepelná izolace. Tepelná izolace. [Online] 2006. <http://www.tepelna-izolace.cz/co-znamena-pojem-osb-desky.html>.
- ČESKÁ PELETA. 2019. Česká peleta. Česká peleta. [Online] 2019. [Citace: 17. 04 2019.] <https://www.ceska-peleta.cz/>.
- ČTK. 2016. týden.cz. tyden.cz. [Online] 15. srpen 2016. [Citace: 11. únor 2019.] [https://www.tyden.cz/rubriky/relax/zabava/poslednim-hitem-ve-finsku-je-verejna-sauna\\_394301.html](https://www.tyden.cz/rubriky/relax/zabava/poslednim-hitem-ve-finsku-je-verejna-sauna_394301.html).
- DAM, JINKE. 2013. Competition in wood. Competition in wood. [Online] 2013. [Citace: 04. 04 2019.] <https://english.rvo.nl/sites/default/files/2013/12/Competition%20in%20wood%20waste%20June%202013.pdf>.
- DEPOSITPHOTOS. 2018. Depositphotos. Depositphotos. [Online] 2018. [Citace: 15. 04 2019.] <https://cz.depositphotos.com/193987778/stock-photo-wood-pellets-from-biomass.html>.
- DŘEVAŘI SK s.r.o., . 2019. Dřevaři.cz. Dřevaři.cz. [Online] 04. 04 2019. <https://www.drevari.cz/d57103/N%C3%A1kup-d%C5%99evn%C3%ADho-recykl%C3%A1tu?language=bg>.
- DŘEVOZPRACUJÍCÍ DRUŽSTVO LUKAVEC. 2007. DDL Dřezpracující družstvo Lukavec. [Online] 2007. <http://www.ddl.cz/>.
- DYAS WARE. 2020. DYAS WARE. DYAS WARE. [Online] 2020. <http://www.dyasware.cz/>.
- DYAS.EU, a.s. 2019. DYAS.EU, a.s. DYAS.EU, a.s. [Online] 2019. <http://www.dyas.eu/>.
- EBERT. 2007. Topení dřevem ve všech druzích kamen. Ostrava : Ostrava, 2007.
- EIA. 2010. U.S. Energy Information Administration. Independent Statistics and Analysis. [Online] 2010. [Citace: 13. 04 2019.] [https://www.eia.gov/energyexplained/?page=biomass\\_home](https://www.eia.gov/energyexplained/?page=biomass_home).
- FAPSTAT. 2019. Faostat. Faostat. [Online] 04. 04 2019. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/FO>.
- FLANAGAN, CATHY A KOL. 2020. Sciencing. [Online] 2020. <https://sciencing.com/types-glue-used-osb-8615640.html>.

- GAŠPARÍK, MIROSLAV. 2017. Základy energetického využití biomasy. Praha : Česká zemědělská univerzita v Praze, 2017.
- GOV.UK. 2019. GOV.UK. GOV.UK. [Online] 04. 04 2019. [https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file).
- HRÁZSKÝ, JAROSLAV A KRÁL, PAVEL. 1999. Využití dřevních a jiných lignocelulóзовých odpadů. Brno : Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 1999.
- HRDLIČKA. 2006. Spalování biomasy – zdroje obnovitelné energie. Časopis. 2006.
- HRUŠKA, JIŘÍ. 2015. Izolox. Izolox. [Online] 2015. [Citace: 15. 04 2019.] <http://izolox.cz/>.
- ISPAS. 2018. ISPAS. ISPAS.CZ. [Online] 2018. <https://www.ispas.cz/sparovka-co-to-je-a-proc-je-uzitecna>.
- JAF HOLZ spol. s r.o. 2007. JAF HOLZ spol. s r.o. JAF HOLZ. [Online] 2007. <https://www.jafholz.cz/produkty/materialy-pro-drevostavby/clt-panely>.
- JELÍNKOVÁ, ZUZANA. 2019. Beroun, 2019.
- JESKA, SIMONE. 2015. Emergent Holz Technologien: Materialien, Strukturen, Engineering, Projekte. Hascher, Rainer : Khaled Saleh Pascha, 2015. 9783038215028.
- JÍLEK, DAVID. 2007. Dřevostavební portál. Dřevostavební portál. [Online] 2007. [Citace: 13. 04 2019.] <http://drevostavebniportal-popularizace.msdk.cz/zajimavosti-ze-sveta-dreva/vyuziti-drevarskeho-odpadu/>.
- KALINOVÁ, LUCIE. 2019. S Bazar. S Bazar. [Online] 2019. [Citace: 15. 04 2019.] <https://www.sbazar.cz/LUCI.KALI/detail/49348906-drevene-brikety>.
- KAPLAN, s. r. o. 2017. KAPLAN. [Online] KAPLAN, s. r. o., 2017. <https://www.kaplanpraha.cz/preklizky>.
- KOUT, MIROSLAV. 2016. Těžba a prodej dřeva. těžba a prodej dřeva. [Online] 2016. [Citace: 14. 04 2019.] <http://www.drevokout.cz/biomasa.html>.
- KRÁTKÝ,FRANTIŠEK. 1974. Dějiny tělesné výchovy I. Praha : Olympia, 1974. str. 258. ISBN 27-086-74.
- KRONOSPAN CR, SPOL S R.O. 2015. Kronospan. [Online] 2015.
- KŘÍŽE, JAN. 2007. Stavebnictví 3000. Stavebnictví 3000. [Online] 2007. <https://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/osb-desky-zakladni-pojmy-a-aste-otazky>.

- KULDA, ZDENĚK. 2014. Zdeněk Kulda Ekopaliva. Zdeněk Kulda Ekopaliva. [Online] 2014. <https://www.ekopelety.cz/pelety/>.
- LYČKA, ZDENĚK. 2011. Dřevní peleta, peleta mýtů zbavená. krnov : Ling, 2011.
- MAGAZÍN 25M. 2020. 25m.cz. 25m.cz. [Online] 2020. <http://www.25m.cz/2017/07/21/drevo-vsestranny-univerzalni-ekologicky-material/>.
- MAJAK. 2014. PR články Zdarma. [Online] 2014. <https://www.pr-clanky-zdarma.cz>.
- MAREŠ, JAN. 2019. Paliva Mareš. Paliva Mareš. [Online] 2019. [Citace: 15. 04 2019.] <http://paliva-mares.cz/uhelne-brikety>.
- MARŠÁK, JAN. 2016. Nový balíček EK pro oběhové hospodářství. Jindřichův Hradec : Konference „Odpady dnes a zítra“, 2016.
- MARTOŇ A KOL. 1993. Balneotechnika. Bratislava : Slovenská technická univerzita, 1993. str. 622. ISBN: 8022705888.
- MEDEK, DANIEL. 2015. Briklis. Briklis. [Online] 2015. [Citace: 15. 04 2019.] <http://www.briklis.cz/>.
- MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ. 2013. Možnosti energetického využití biomasy. Praha : Ministerstvo zemědělství Těšnov, 2013.
- MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. 2019. Ministerstvo životního prostředí. Ministerstvo životního prostředí. [Online] 04. 04 2019. [https://www.mzp.cz/cz/odpady\\_podrubrika](https://www.mzp.cz/cz/odpady_podrubrika).
- NÁBYTKÁŘSKÝ INFORMAČNÍ SERVER 2013. Nábytkářský informační systém. Nábytkářský informační server. [Online] 2013. <http://www.n-i-s.cz/cz/modifikovane-drevo/page/217/>.
- NAZAROL A KOL. 2007. Opláštění sádrokartonem (Облицовка стен гипсокартоном). místo neznámé : Belgorod: Rodinný klub pro volný čas, 2007. 978-5-488-01340-7.
- NETION, s.r.o. 2012. Dřevostavitel. [Online] 2012. <https://www.drevostavitel.cz/>.
- Noskievič. 1998. Spalování uhlí. Ostrava : Ostrava, 1998.
- Nutsch, Wolfgang. 2003. Konstrukce nábytku. Praha : Praha: Grada Publishing a.s, 2003. ISBN 80-247-0220-7.

O'CONNEL, JOE. 2016. Kingsford Brand Charcoal ingredients. Kingsford Brand Charcoal ingredients. [Online] 2016. [Citace: 09. 04 2019.] <http://old.cbbqa.org/wood/Kingsford.html>.

OENERGETICE 2011. oEnergetice.cz. oEnergetice.cz. [Online] 2011. [Citace: 13. 04 2019.] <https://oenergetice.cz/obnovitelne-zdroje/biomasa-vyuziti-zpracovani-vyhody-a-nevyhody/>.

ÖKOLOGISCH BAUEN. 2010. ökologisch bauen. ökologisch bauen. [Online] 2010. <https://www.oekologisch-bauen.info/baustoffe/trockenbaustoffe/gipsfaserplatten.html>.

OPTIMTOP. 2015. Optimtop. Optimtop. [Online] 2015. [Citace: 15. 04 2019.] <https://www.optimtop.cz/raselinove-brikety-j-750-kg/>.

PALETY.NET. 2016. Pelety.net. Pelety.net. [Online] 2016. <https://www.pelety.net/>.

PROKOM R&S s.r.o. 2013. R&S PROKOM. PROKOM R&S s.r.o. [Online] 2013. <https://www.prokom.cz/>.

RIEGEL, JOHANN. 2016. Rieger für eine saubere Umwelt. Rieger für eine saubere Umwelt. [Online] 2016. [Citace: 09. 04 2019.] <https://www.rieger-entsorgung.at/de/leistungen/rieger-product/altholzentsorgung/>.

RUF MASCHINENBAU GMBH & Co. KG. 2015. RUF Maschinenbau GmbH & Co. KG. RUF Maschinenbau GmbH & Co. KG. [Online] 2015. [Citace: 17. 04 2019.] <http://www.brikettieren.de>.

RUF US INC. 2017. RUF US Inc. RUF US Inc. [Online] 2017. [Citace: 17. 04 2018.] <https://www.ruf-briquetter.com>.

SOROKA. 2008. Illustrated Glossary of Packaging Terms. místo neznámé : Institute of Packaging Professionals, 2008. ISBN 1-930268-27-0..

SPOZE, společnost pro obnovitelné zdroje energie s.r.o. 2015. IQ energy inteligentní úspory energie. IQ energy inteligentní úspory energie. [Online] 2015. <http://www.iqenergy.cz/produkty-a-reseni/peletky/historie-pelet/#.XLTRY9IgXbg>.

STATELOVÁ, ROMANA. 1990. Športové a rekreačné stavby. Bratislava : Alfa, 1990. str. 304.

ŠEVCOVÁ, SILVIE. 2019. slideplayer. Využití zbytkové lesné biomasy pro energetické účely. [Online] 06. 04 2019. <https://slideplayer.cz/slide/2726045/>.

THE OLD ACADEMY. 2009. Waste and Resources Action Programme: Summary Report. Banbury : autor neznámý, 2009.



TOPINFO S.R.O. 2001. Tzbinfo. Tzbinfo. [Online] 2001. <https://oze.tzb-info.cz/peletky/9422-historie-drevnich-pelet-v-zalesnenem-a-uspesnem-rakousku>.

TZB.INFO. 2013. Tzb.info. Tzb.info. [Online] 2013. <https://oze.tzb-info.cz/peletky/9653-drevene-pelety-vyvoj-cen-a-novinky-na-trhu>.

U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. 2017. U.S. Energy Information Administration. U.S. Energy Information Administration. [Online] 2017. <https://www.eia.gov/biofuels/biomass/#about>.

UNTHA SHREDDING TECHNOLOGY. 2019. UNTHA shredding technology. UNTHA shredding technology. [Online] 04. 04 2019. [https://www.untha.com/en/applications/waste+wood+recycling\\_a779](https://www.untha.com/en/applications/waste+wood+recycling_a779).

VŠE PRO VÁŠ DŮM. 2007. Vše pro váš dům. vseprovasdum.cz. [Online] 11. duben 2007. [Citace: 11. únor 2019.] <https://www.vseprovasdum.cz/historie-sauny-ve-svete-i-v-cechach.html>.

WOLNY, TOMÁŠ. 2012. Zvyšování kvality výuky technických oborů, Kostrukční materiály. [Online] 30. 09 2012.

WOOD BASED PANELS. 2019. Wood based panels. Wood based panels. [Online] 04. 04 2019. <http://www.wbpionline.com/features/wood-waste-trade-a-european-perspective-4639077/>.

WOOD DUST. 1995. Wood Dust. Wood Dust. [Online] 1995. [Citace: 09. 04 2019.] <https://monographs.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/06/mono62-6.pdf>.

ZDEMAR.2019. Zdemar. Zdemar. [Online] 2019. [Citace: 15. 04 2019.] <http://www.palivazdemar.cz/novinky/kvalitni-drevene-brikety-vysoka-vyhrevnost>.

ZELENÁ BIOMASA. 2019. Zelená biomasa. Zelená biomasa. [Online] 06. 04 2019. <http://www.zelenabiomasa.eu/produkty/stepka>.