

# Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra lesní těžby



## Technologie těžby a zpracování dendromasy pro energetické účely

Bakalářská práce

Autor: Bohumír Hintenaus

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

2016

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Bohumir Hintenaus

Lesnictví

Název práce

**Technologie těžby a zpracování dendromasy pro energetické účely**

Název anglicky

**Technique of harvesting and processing of dendromass for the energy production**

---

### Cíle práce

Cílem práce je vypracovat přehled technologií a technických prostředků využitelných při těžbě a zpracování dendromasy pro energetické účely.

### Metodika

S využitím obdobných prací zpracujte vlastní návrh metodiky, s jejíž pomocí bude možné u vybraných kritérií vypracovat přehled technických a ekonomických parametrů technických prostředků a celých technologií používaných v tuzemsku, případně v zahraničí, kde jsou porovnatelné výrobní podmínky.

## Doporučený rozsah práce

30 – 40 stran včetně tabulek a obrázků

## Klíčová slova

technika lesnická, dendromasa, energetika, těžba, zpracování, doprava

---

## Doporučené zdroje informací

- BADAL, T. Aspekty regionální využívání lesní biomasy. In ŠAFAŘÍK, D. – KLVAČ, R. – BADAL, T. Využití biomasy pro energetické a jiné účely. 1. vyd. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2012, ISBN 978-80-7375-657-4.
- KLVAČ, R. – SKOUPÝ, A. Life-Cycle Fuel Emissions of Harvesting and Logging Technologies. In Logging and Wood Processing in Central Europe. Czech University of Life Science in Prague: Prkno, 2007, s. 42–47. ISBN 978-80-213-1652-2.
- OBERNBERGER I. 1998. Decentralized biomass combustion: state of the art and future development, Biomass and Bioenergy. 14:33–56
- SIMON, J. – SKOUPÝ, A. – KLVAČ, R. – KULHAVÝ, J. Možnosti využití dendromasy pro energii v České republice. In IUFRO – All Division 5 Conference – Forest Products and Environment: a Productive Symbiosis. Taipei, Taiwan: IUFRO, 2007, s. 280–289.
- Vyžádaná technická dokumentace výrobců a dovozců strojů a zařízení a jejich internetové stránky ZATLOUKAL, L. Ekonomické aspekty využití dendromasy na příkladu obce Budišov nad Budišovkou. Diplomová práce. Brno: MZLU v Brně, 2008. 73 s.

---

## Předběžný termín obhajoby

2015/16 LS – FLD

## Vedoucí práce

Ing. Václav Štícha, Ph.D.

## Garantující pracoviště

Katedra lesnických technologií a staveb

Elektronicky schváleno dne 3. 3. 2014

**doc. Ing. Alois Skoupý, CSc.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 1. 8. 2014

**prof. Ing. Marek Turčáni, Ph.D.**

Děkan

V Praze dne 08. 04. 2016

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Technologie těžby a zpracování dendromasy vypracoval samostatně pod vedením Ing. Václav Štícha, Ph.D. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom že zveřejněním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1993 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na její obhajoby.

V..... dne.....

Podpis autora

## **Abstrakt**

Hlavní náplní této práce je přehled technologií těžby a jejich rozdělení do jednotlivých těžebních metod, technologií podle způsobu provedení a také popis techniky potřebné k těžbě a výrobě dendromasy. Práce se zaměřuje převážně na využití dendromasy pro energetické účely, výrobu biomasy a výrobu energie z obnovitelných zdrojů. Podrobně je popsána dendromasa jako energetická surovina, důraz je kladen na popis technologií pro zpracování dendromasy a jednotlivé sortimenty vzniklé z dendromasy. V práci je též nastíněn nárůst podílu energie z obnovitelných zdrojů v České republice, vzhledem k tomu, že se jedná o jeden z hlavních pilířů společné evropské politiky do roku 2020. V závěru práce je sestaven přehled jednotlivých elektráren skupiny ČEZ, které spalují biomasu.

Klíčová slova: dendromasa, energetika, těžba, zpracování

## **Abstract**

The main goal of the thesis is to elaborate an overview of wood-mining technologies and their classification into individual methods, according to the technologies, the way of processing and also the description of the equipment needed for mining and production of dendromass. This thesis focuses primarily on the use of dendromass for energetic purposes, production of biomass and production of energy from the renewable sources. Dendromass is described therein in detail as an energetic raw material and emphasis is given to the description of technologies used in the dendromass processing and individual products made from dendromass. as the proportion of the renewable energy increases continually in the Czech Republic, this fact is also mentioned, as it is one of the main pillars of common European future policy till 2020. In the final part of the thesis, the individual ČEZ power stations which utilize dendromass are summarized.

Key words: dendromass, energetics, mining, processing

# Obsah

<b>OBSAH</b> .....	<b>6</b>
<b>SEZNAM TABULEK, OBRÁZKŮ A GRAFŮ</b> .....	<b>8</b>
<b>1. ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>2. CÍL PRÁCE</b> .....	<b>10</b>
<b>3. LITERÁRNÍ REŠERŠE</b> .....	<b>10</b>
<b>3.1. Těžba a doprava dříví:</b> .....	<b>10</b>
3.1.1. Základní rozdělení těžební činnosti: .....	11
<b>3.2. Těžební metody</b> .....	<b>11</b>
3.2.1. Metoda sortimentní .....	11
3.1.2. Metoda kmenová .....	12
3.1.3. Metoda stromová .....	13
3.1.4. Metoda štěpkování (drcení) .....	14
3.1.5. Nestandardní těžební metody.....	15
<b>3.2. Rozdělení technologie těžby podle způsobu provedení</b> .....	<b>17</b>
3.2.1. Doprava dříví .....	18
3.3.1. Principy dopravy dříví .....	19
<b>4. VYUŽITÍ DENDROMASY PRO ENERGETICKÉ ÚČELY</b> .....	<b>20</b>
<b>4.1. Biomasa</b> .....	<b>21</b>
<b>4.3. Možné zdroje biomasy pro energetické využití a jejich charakteristika:</b> .....	<b>24</b>
<b>4.4. Lesnická energetická produkční oblast</b> .....	<b>26</b>
4.4.1. Energetický potenciál lesních těžebních zbytků (LTZ) .....	27
4.4.2. Energetický potenciál dřevních odpadů.....	27
4.4.3. Potenciál energeticky využitelné lesní dendromasy .....	28
4.4.4. Popis sortimentu vzniklého z dendromasy: .....	30
<b>4.4.5. Technologie pro zpracování dendromasy:</b> .....	<b>31</b>
<b>4.5. Ekonomika využití zbytkové dendromasy z těžby</b> .....	<b>35</b>
4.5.1. Dendromasa jako energetická surovina .....	36
4.5.2. Výhřevnost dřeva.....	37
4.5.3. Vliv vlhkosti na výhřevnosti dřeva .....	38
4.5.4. Topeniště pro spalování dendromasy.....	39
4.5.5. Využití biomasy ve skupině ČEZ .....	40
<b>5. METODIKA</b> .....	<b>42</b>

<b>6. DISKUZE .....</b>	<b>43</b>
<b>6. ZÁVĚR .....</b>	<b>46</b>
<b>6. SEZNAM LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ: .....</b>	<b>47</b>
<b>Monografie .....</b>	<b>47</b>
<b>Zprávy a elektronické zdroje.....</b>	<b>48</b>
<b>Odborné články a vyhlášky .....</b>	<b>50</b>

## Seznam tabulek, obrázků a grafů

### Tabulka:

<b>Tab. 1.</b> Zastoupení těžebních technologií v ČR v tis. m <sup>3</sup> v roce 2013 .....	16
<b>Tab. 2.</b> Těžba dřeva na území ČR v letech 2000 - 2013 .....	18
<b>Tab. 3.</b> Počet harvesterů podle velikosti a roku výroby k 31.12.2013 v ČR .....	20
<b>Tab. 4.</b> Počet vyvážecích traktorů a vyvážecích souprav k 31.12. 2013 v ČR ..	20
<b>Tab. 5.</b> Očekávané hodnoty elektrické energie z obnovitelných zdrojů .....	23
<b>Tab. 6.</b> Očekávaná hodnota tepelné energie z obnovitelných zdrojů .....	23
<b>Tab. 7.</b> Konečná spotřeba elektrické energie a podíl obnovitelných zdrojů .....	24
<b>Tab. 8.</b> Dřevní odpad v různých typech dřevozpracujících podniků .....	28
<b>Tab. 9.</b> Potenciál energeticky využitelné lesní dendromasy .....	30
<b>Tab. 10.</b> Výhody a nevýhody mobilních štěpkovačů (ve srovnání s drtiči) .....	34
<b>Tab. 11.</b> Výhody a nevýhody mobilních drtičů (ve srovnání se štěpkovači) .....	34
<b>Tab. 12.</b> Spotřeba biomasy v produkci energie .....	45

### Schéma:

<b>Schéma 1.</b> Schéma průběhu spalování dřeva .....	36
---	----

### Obrázek:

<b>Obr. 1.</b> Obrázek znázorňující cyklus biomasy pro energetické účely .....	26
--	----

### Graf:

<b>Graf 1.</b> Závislost dřeva na jeho relativní(1) a absolutní (2) vlhkosti .....	38
<b>Graf 2.</b> Výroba a spotřeba dřevěných pelet v EU .....	44



# 1. Úvod

Celou existenci lidstva nerozlučně doprovází potřeba získávat energii. Dendromasa představuje jeden z významných obnovitelných zdrojů energie již tisíciletí. Později, především během průmyslové revoluce a ruku v ruce s pokrokem technologií se energie začala získávat z fosilních paliv, zejména v industrializovaných zemích.

V současné době se problém energetiky řeší na globální úrovni, a to ze dvou hlavních důvodů. Jednak je to neustále se zvyšující potřeba energie pro lidstvo, její cenová dostupnost a také změna životního prostředí, která souvisí s využíváním energetických zdrojů. Tyto problémy jsou celosvětového charakteru a jsou spjaty s vlastnickými právy energetických soustav a jejich provozováním. Energetická bezpečnost a nezávislost jsou důležitými prvky jak z pohledu ekonomické stability, tak i národního zabezpečení. Problematika využívání dendromasy patří v současné době mezi velmi důležité oblasti, které mají význam nejen ekonomický, ale i sociální.

V dnešní době se také postupně zvyšuje cena fosilních paliv z důvodu jejich postupného vyčerpávání a tak panuje značná snaha o zvýšení efektivity lesního hospodářství a využití dosud opomíjených surovin. Svědčí o tom rostoucí poptávka po dendromase, která je vhodná ke zpracování pro energetické využití. To je také důvodem vzniku nových firem specializujících se na zpracování dendromasy pro energetické účely.

Legislativní úpravu využívání dendromasy i biomasy, které je dendromasa součástí, najdeme v zákoně č. 180/2005 Sb., o podpoře výroby elektrické energie a tepelné energie z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů. Přijetím tohoto zákona v ČR se stát zavázal ke zvýšení výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů (OZE) na hrubé spotřebě elektrického proudu 8% do roku 2010. Hlavním ekologickým důvodem je nulová bilance CO<sub>2</sub>. Ze směrnice Evropského parlamentu a usnesení Rady č. 2009/28/Es ze dne 23. dubna 2009 o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů vyplývá pro Evropskou unii jako celek v roce 2020 docílit 20% podílu energie získané z obnovitelných zdrojů. Dalším cílem je využití nejméně 10% podílu energie pocházející z obnovitelných zdrojů v dopravě. Pro Českou republiku byl Evropskou komisí stanoven limit minimálně 13% podílu energie z obnovitelných zdrojů na hrubé konečné spotřebě energie. (Ministerstvo průmyslu a obchodu 2012).

Byl vypracován Národní akční plán České republiky pro energii z obnovitelných zdrojů, který byl sestaven v souladu se Státní energetickou koncepcí tak, aby naplnil a pokud možno překročil požadované cíle směrnice pro Českou republiku.

Nicméně je třeba si uvědomit, že tato strategie má i negativní stránky. Zde se jedná hlavně o ekologický problém, kdy nadměrné využívání dendromasy může mít negativní vliv na biodiverzitu a celkovou stabilitu ekosystému (Ochodek, 2007).

## **2. Cíl práce**

Cílem této práce je vypracovat přehled technologií těžby a technických prostředků využitelných při těžbě a při zpracování dendromasy pro energetické účely, dále také shromáždit údaje o dendromase využívané pro energetické účely a plánech využití do budoucna na území České republiky.

## **3. Literární rešerše**

### ***3.1. Těžba a doprava dříví:***

Těžba a doprava dříví je lesnický obor, který zahrnuje všechny způsoby těžby dříví v lesních porostech a jeho následné dopravy. Představuje soubor technologických a pracovně technologických procesů, týkajících se kácení a zpracování stromů: odvětvování, případně odkorňování kmenů a jejich krácení na sortimenty surového dříví, a dále také zahrnuje dopravu dříví, a to zejména dopravu primární - z lesních prostor ke komunikacím (soustředování dříví), ale také dopravu sekundární - po pozemních komunikacích ke spotřebiteli (odvoz dříví). (Bílek 2013)

Těžba a doprava dříví je v lesním hospodářství oborem, který spadá do lesnické techniky a technologie (Šimanov, 2015).

### 3.1.1. Základní rozdělení těžební činnosti:

- a) **Těžba dříví:** kácení a opracování stromů na místě těžby
- b) **Soustředování dříví:** vykluzování, sestavení nákladu, přibližování a činnost na skládce
- c) **Odvoz dříví:** na manipulační sklady nebo přímo k odběrateli
- d) **Manipulace:** krácení, druhoování, měření a evidence, třídění, štípaní a odkorňování

Nejdříve si definujeme pojmy označující klíčová místa týkající se těžby a zpracování primárních surovin:

- "P" - pařez** - místo uvnitř porostu, kde se provádí kácení a nejčastěji opracování stromů
- "VM" - Vývozní místo** - místo na přibližovacích linkách, kam se vykluzuje strom pro další činnost
- "OM" - Odvozní místo** - místo pro skladování vyrobeného dřeva, které je určené pro odvoz
- "MS" - Manipulační sklad** - místo mimo těžební oblast, které je určené k manipulaci expedici dříví

### 3.2. Těžební metody: viz tab.1

#### 3.2.1. Metoda sortimentní

Jedná se o metodu, kdy se přímo na lokalitě "P" vyrábí sortimenty maximálních nebo standardních délek. Při této metodě zůstává na lokalitě "P" klest a těžební zbytky. Tato metoda je šetrnější k okolnímu porostu a půdnímu povrchu. Používá se jak při manuální těžbě, tak i u těžby pomocí harvestoru, který jednotlivé sortimenty roztřídí na hromádky, které ulehčují třídění sortimentu na skládkách "OM" (Bílek 2013).

Sortimentní metoda se dělí do tří variant:

1) **S úplným druhováním:** Historicky nejstarší sortimentní metoda, kdy se vyrábí všechny možné sortimenty, co se z daného stromu mohou udělat. Nejčastěji se vyrábí atraktivní sortimenty z hlediska možnosti odbytu. Tato varianta je na ústupu z důvodu větší pracnosti a sortimentní zdatnosti. Metoda je však stále vhodná jak do předmýtních tak i do mýtních těžeb ve kvalitnějších porostech.

2) **Výřezy standardních délek:** Jedná se o novější variantu, kterou jsme převzali ze severských zemí. Tato varianta spočívá v tom, že se vyrábí výřezy o definované délce bez ohledu na klasické sortimenty. Nejčastější délka kmenu se pohybuje v rozmezí 2 - 5 m podle hmotnosti dříví (Berthod, 2015). Tyto kmeny pak jsou rozřizovány až při vyvážení nebo sortimentaci dříví. Tento způsob zpracování není tolik náročný na sortimentační znalost, ale především je dosaženo větší produktivity práce. Varianta je vhodná do probírek a do porostů s průměrnou nebo horší kvalitou.

3) **Plně mechanizovaná metoda:** Tato varianta je dnes nepoužívanější a taktéž našla inspiraci v severských zemích. Při tomto způsobu zpracování provádí těžební činnost stroj, a to buď harvester víceoperační<sup>1</sup>, nebo kombinace jednooperačního harvestoru a procesoru. Tato metoda umožnila nasazení mechanizačních prostředků, a tím přinesla větší produktivitu a bezpečnost práce při omezení nutnosti manuální práce. Jsou zde kladeny větší nároky na operátora harvestoru a největší nevýhodou jsou pořizovací a servisní náklady, které jsou velmi vysoké. Těžba touto technologií se provádí jak v předmýtních, tak i v mýtních těžbách.

### 3.1.2. Metoda kmenová

Tato poměrně stará metoda vznikla v 60. až 70. letech 20. století. Spočívala v tom, že dřevorubec vyrobil polotovár na lokalitě "P" ve formě surového nebo pouze

---

<sup>1</sup> Víceoperační harvester: je těžký stroj speciálně upravený pro pohyb v náročném terénu, který současně kácí stromy, provádí odvětvození, řezání kmenů na požadované délky.

opracovaného kmene. Polotovár byl následně transportován na odvozní místo nebo na manipulačně-expediční sklad, kde byl polotovár manipulován a sortimentován. Při této metodě docházelo k poškozování okolního porostu, což mělo samozřejmě celkově negativní vliv na lokální biosystém. (Ulrich, 2014)

Kmenovou metodu dělíme do tří variant:

1) **Metoda bez manipulace:** Tato varianta vycházela z původní myšlenky surové kmeny dodávat přímo odběrateli bez jakékoliv manipulace. Tuto variantu lze praktikovat u předmných těžeb v průměrné a podprůměrné kvalitě těžného dříví ve formě slabých surových kmenů. Pokud jsou kmeny silné, je problém s dopravou z lesa, především z důvodu vysoké hmotnosti a též dochází k větším škodám v porostu.

2) **Metoda s částečnou manipulací:** Manipulace se při této variantě provádí většinou na odvozním místě. Manipulací nejdříve vybíráme část kmene, o kterou máme hlavní zájem (kulatinové sortimenty), dále vybíráme dříví horší kvality (určené pro použití jako palivo) a upravujeme délku kmene pro přepravu dříví. Tato varianta je vhodná u mýtních těžeb, ale musíme přihlídnout na šetrnost výroby a technické možnosti mechanizovaných prostředků určených k soustředování. Při manipulaci je třeba mít dostatečný prostor na odvozním místě.

3) **Metoda s úplnou manipulací:** Manipulace se provádí buď na odvozním místě nebo na manipulačně-expedičním skladu. Dochází k dokonalému druhování dříví. Jsou nutné větší sortimentační znalosti dřevorubce. Tato varianta je vhodná do průměrných a kvalitních mýtních porostů bez přirozeného zmlazení.

### **3.1.3. Metoda stromová**

Metoda založená na maximálním využití dendromasy, efektivním využitím pracovní síly a zároveň odbourání nejrizikovějších činností pro dřevorubce - odvětvování. Na lokalitě "P" dochází pouze k pokácení stromu a následně se celý strom transportuje buď na "OD" nebo na "MS", kde se strom strojně odvětví a je dále opracováván. Tato metoda není příliš šetrná k okolnímu porostu, dochází k jeho poškození, a právě z tohoto

důvodu se dnes již téměř nepoužívá. Dříve se nejvíce používala při kalamitách - při těžbách s menší náročností a požadavkem provést těžbu co nejrychleji (Bílek 2013).

Stromovou metodu dělíme na tyto tři varianty:

1) **Metoda v porostu:** Tato metoda umožňuje strojní odvětvování přímo v porostu, např. na pasece nebo přibližovací lince. Tuto variantu je možné použít jenom v mýtních těžbách bez přirozeného zmlazení a tam, kde je dostatečný prostor potřebný k této metodě.

2) **Metoda na odvozním místě:** Odvětvování se provádí na "OD". Tato varianta poskytuje dostatečný prostor pro strojní odvětvování a možnost uplatnění i víceúčelových strojů nejen k odvětvování, ale i k následnému zpracování těžebních zbytků. Strojní odvětvování je velmi efektivní a tuto variantu je možno použít při mýtních těžbách, ale i při předmýtních těžbách za předpokladu, že budeme šetrní k porostu.

3) **Metoda na manipulačním skladu:** Tato varianta je praktikována v zahraničí, u nás nemá žádné využití. U této metody jsou celé stromy přepravovány na sklady, kde dochází k odvětvování, manipulaci a popřípadě i expedici na jednom místě. Při této metodě je obtížný transport dřeva na "MS". Hlavně z tohoto důvodu tento způsob těžby není moc používán.

#### **3.1.4. Metoda štěpkování (drcení)**

Jde o nejmladší těžební metodu. Do naší republiky se dostala počátkem 21. století. Metoda se používá z několika důvodů: ekologická likvidace těžebních zbytků a neatraktivního dříví v lese, dále pak nakládání s obnovitelným zdrojem energie. Metoda je založena na speciálních mechanizačních prostředcích jako jsou štěpkovače a drtiče, nejčastěji se zpracovává dřevo hroubí<sup>2</sup> (Bílek 2013).

---

<sup>2</sup> Podle tloušťky se dříví dělí na hroubí a nehroubí – hranicí je 7 cm. Tloušťka se měří nejčastěji kovovou Šindelářovou průměrkou s půlcentimetrovým dělením stupnice.

Metodu štěpkování dělíme podle druhu zpracovávaného materiálu:

- 1) **Celé stromy:** Při štěpkování celých stromů se jedná o stromy technologicky nekvalitní (křivost, špatný zdravotní stav a nehroubí), výsledné štěpky se následně využívají pro energetické účely.
- 2) **Stromové sekce:** Při tomto procesu dochází k využití převážně vrcholových částí stromů, které jsou technicky nekvalitní, popřípadě velmi pracné při zpracování nebo špatně zpeněžitelné.
- 3) **Těžební zbytky:** V tomto způsobu štěpkování se jedná o likvidaci potěžebních zbytků, ale i tato metoda má svá úskalí. Prvním problémem jsou vysoké náklady na stahování nebo shrabování klestu, dalším problémem je nežádoucí odvoz živin z lesa, což má negativní dopad na půdu. Ale tento způsob štěpkování je v současné době nejrozšířenější.

### 3.1.5. Nestandardní těžební metody

Jedná se o metody, které nejsou v našich krajinách běžné a většinou se s nimi nesečkáme.

Mezi tzv. nestandardní metody řadíme:

- 1) **Metoda stromových sekcí:** Jedná se o metodu praktikovanou v předmýtních těžbách a slabých porostech s neatraktivním dřívím z pohledu zpeněžení. Na lokalitě "P" dřevorubec strom pokácí a rozřízne ho na 2 až 3 kusy, které tak vynosí na přibližovací linku. Na přibližovací lince se stromy naloží a odváží se na manipulační sklad, kde dochází k dalšímu zpracování. Hromadně se sekce odvětví, nejčastěji se následně rozštěpkují nebo se mohou štěpkovat přímo bez odvětvění. Při této metodě má větší podíl mechanizovaná práce, a tím jsou menší požadavky na dřevorubce. Tato metoda má větší produktivitu v porovnání se standardním způsobem. Metodu lze praktikovat jak v listnatých, tak i jehličnatých těžbách.

2) **Metoda samovýroby:** Jedná se o historicky nejstarší metodu. Samozpracovatel vyrábí dříví podle svých potřeb, technických a časových možností. Lesní personál zadává práci a stanovuje technické podmínky při výrobě. Tato metoda se používá při úklidu potěžebních zbytků, při odstranění souší v porostu a podobně. Metoda se používá, pokud se jedná o ekonomicky náročnou práci, která se nevyplatí.

3) **Metoda dvoufázové těžby:** První fáze této metody spočívá v urychleném zpracování atraktivních částí dříví, tzn. rychlé získání kulatinových výřezů. Druhá fáze pak následuje později, když se do porostu vrátíme po delším čase (zpravidla jeden rok) a zpracujeme méně atraktivní části, jako je vrcholová část stromů. Přednostně se zpracovávají oddenkové a kulatinové části stromů. Tato metoda se nejčastěji využívá při zpracování rozsáhlých kalamit nebo z důvodu potřeby vyvolané odběratelem popř. biologickým poškozením porostů. U nás tato metoda není hojně využívána, nejvíce se využívá při rozsáhlých kalamitních těžbách.

4) **Sklizeň energetických porostů:** Jedná se o novou těžební metodu, při které dochází ke sklizni uměle zakládaných porostů rychle rostoucích dřevin ke zpracování pro energetické účely. Porosty se uměle zakládají na nelesních nebo zemědělských, méně atraktivních půdách. Těžba je plně mechanizovaná, těží se holosečně v období 5 až 20 let a tloušťkou mezi 15-40 cm. Těžba se provádí v období vegetačního klidu. Sortimentem je slabý kulatinový výřez nebo energetická štěpka.

**Tabulka 1: Zastoupení těžebních technologií v ČR v tisících kubíků v roce 2013**

Subjekty <i>Entities</i>	Harvestorové technologie <i>Harvester technology</i>	Kmenové technologie <i>Stem technology</i>	Těžba <i>Felling</i>	% sortiment <i>% of log assortment</i>	Štěpkování <i>Wood chipping</i>	Soustředování lanovkou <i>Skyline forwarding</i>
Státní lesy v ČR včetně škol <i>State forests</i>	3 159	6 222	9 381	34	1 400	65
Obecní lesy <i>Municipal forests</i>	515	1 835	2 350	22	160	14
Soukromé lesy <i>Private forests</i>	1 043	2 557	3 600	29	240	41
Celkem <i>Total</i>	4 717	10 614	15 331	31	1 800	120

*Zdroj: Výroční zpráva: Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2013.*



### **3.2. Rozdělení technologie těžby podle způsobu provedení:** viz tab. 2

1) **Manuální těžba dřeva:** Jak již název napovídá, jedná se o způsob, kdy veškerá činnost se provádí manuálně, a to jak kácení, tak i soustředování. Tato technologie se v dnešní době již téměř nepoužívá.

2) **Animální:** Podstatou této technologie je využívání zvířecí tažné síly pro soustředování. V evropských podmínkách je nejosvědčenějším zvířetem kůň a jeho tažná síla. Technologie se využívá v extrémních terénních podmínkách (svahy, členitost, překážky) a ve hmotnosti, která je odpovídající tažné síle koně. Doporučená činnost pro koně je vyklizování a sestavování nákladu pro další způsob soustředování.

3) **Motomanuální těžba dřeva:** Při této technologii dochází ke kombinaci lidské síly a použití drobného mechanického prostředku. Nejčastější kombinace je dřevorubec a motorová pila, adaptér s navijákem, vyklizovací naviják apod. Tato technologie se využívá ve strmých terénech, málo únosných půdách a u dříví, které má průměrnou hmotnost do 0,15 m<sup>3</sup>. Stroje používající se pro těžbu jsou motorové pily a pro vyklizování a sestavování nákladu se využívá železný kůň<sup>3</sup>. Technologie je používána v probírkových porostech většinou při sortimentní metodě.

4) **Částečně mechanizovaná těžba dřeva:** Kombinace, při níž je použit mechanizační prostředek, a to především při soustředování. Tyto prostředky mají vysokou výkonnost a tažné schopnosti s velkou terénní dostupností. Tuto technologii lze využívat v mýtních i v předmýtních těžbách. O této technologii můžeme říci, že je dnes nejpoužívanější a nejosvědčenější.

5) **Plně mechanizovaná:** Jedná se o technologii, kdy je téměř vyloučen podíl manuální práce. Ta je nahrazovaná dostupnými mechanizačními prostředky jak při těžbě, tak i pro soustředování. Tato technologie se někdy může nazývat také harvesterová technologie. Při této technologii dochází ke strojnímu kácení, odvětvení, sortimentování, manipulaci a následně i k mechanizovanému soustředování. Tato

---

<sup>3</sup> železný kůň: pásový dopravní stroj vhodný do extrémních terénních podmínek.

technologie má vysokou produktivitu práce, maximální bezpečnost práce a minimální namáhavost obsluhy. Díky těmto vlastnostem se tato technologie rozšiřuje.

**Tabulka 2: Těžba dřeva na území ČR v letech 2000 - 2013**

Těžba dřeva Harvest	Tj. Unit	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2011	2012	2013
Jehličnatá Conifers	mil. m <sup>3</sup> million m <sup>3</sup>	12,85	13,01	13,92	16,12	14,88	15,07	13,34	13,06	13,23
Listnatá Broadleaves		1,59	1,53	1,68	1,56	1,31	1,67	2,04	2,01	2,1
Celkem Total		14,44	14,54	15,6	17,68	16,19	16,74	15,38	15,06	15,33
Celkem na 1 obyvatele Per capita	m <sup>3</sup>	1,41	1,43	1,53	1,72	1,55	1,59	1,47	1,43	1,46
Na 1 ha lesních pozemků Per 1 ha of forest		5,48	5,5	5,9	6,67	6,10	6,30	5,78	5,66	5,76

*Zdroj: Výroční zpráva: Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2013.*

### 3.2.1. Doprava dříví: viz tab. 3 a tab. 4

Od chvíle, kdy lidé začali využívat těžbu dříví ve větším rozsahu, museli řešit problém s dopravou dříví z lesa na místo dalšího zpracování. Nejprve se využívala tažná síla zvířat. Tato doprava se hodila na krátké vzdálenosti, protože byla hodně drahá a náročná. Dříví se poté začalo dopravovat pomocí přírodní síly jako je gravitace a plavení dříví po vodě. Tímto způsobem začala dálková doprava dříví, která nebyla tak finančně náročná. Nevýhodou tohoto způsobu bylo, že se mohlo plavit pouze po trasách splavných toků.

Další způsob dopravy už byl vázán na motorovou sílu dopravních strojů. Nejprve se jednalo o parní stroje, které umožnily dopravu dříví po železnicích. Později spalovací motory a rozvoj silniční sítě umožnil dopravovat dříví odkudkoliv kamkoliv. V dnešní době je stále nejrozšířenější doprava dříví po silnici a v omezené míře též po železnici.

Dopravu dříví z praktického pohledu dělíme na dopravu od místa "P" k "OM". Tato doprava dříví se nazývá soustředování a je vykonávána dopravními prostředky s vysokým průchodem terénem. Další způsob dopravy, který se provádí, je po silničních

komunikacích a nazývá se odvoz dříví. Tento způsob je uskutečňován silničními dopravními prostředky.

### 3.3.1. Principy dopravy dříví:

1) **Nesení:** Při tomto způsobu je náklad nesen člověkem nebo dopravním strojem (např. vrtulníkem). Na rozdíl od vlečení se náklad se nedotýká povrchu země. Hlavní roli při stanovení síly potřebné k nesení hraje gravitace, kterou je potřeba překonat.

2) **Vlečení:** Jedná se o způsob, při kterém je náklad vlečen lidskou silou, tažným zvířetem nebo dopravním strojem (traktor) po povrchu země. Největší sílu odporu při vlečení hraje třecí síla.

3) **Vezení:** Při tomto způsobu je náklad převážen na přívěsném voze nebo na ložné ploše dopravního prostředku (vyvážecí traktory) nebo může být také zavěšen na lanovém vozíku lanového dopravního zařízení.

**Tažná síla:** Jedná se o sílu dopravního prostředku (potah nebo stroj), který musí překonat následující odpory:

- Tření vlečného nákladu (při vlečení)
- Valivé tření pneumatik traktoru
- Odpor daný sklonem terénu (při pohybu proti svahu)

Tažná síla koňského potahu (trvale využitelná) je kolem 10-15 % jeho živé hmotnosti.

**Adhezní tahová síla traktoru:** Je taková síla, kterou je traktor schopen přenést svým podvozkem na povrch terénu. Prakticky, při ideálních podmínkách přenesou traktor takovou sílu, která se rovná jeho hmotnosti, ale v rozbahněném terénu je cca 1/10 jeho hmotnosti. (Bílek 2013)

**Tabulka 3: Počet harvestorů podle velikostí a roku výroby k 31.12.2013 v ČR**

Výrobce Manufacturer	Počet celkem Total	z toho dle úřezu k hlavici by cutting diameter				z toho dle roku výroby by year of manufacturing			
		do 55 cm	do 62 cm	do 72 cm	do 75 cm	až 1995	1996-1999	2000-2009	2010-2013
Kolové/Wheeled Celkem/Total	408	151	106	93	58	21	50	303	34
Pásově/Belted Celkem/Total	24	22	1	1	0	0	5	18	1
Procesor Hypro	3	3	0	0	0	0	0	3	0

Zdroj: Výroční zpráva: Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2013.

**Tabulka 4: Počet vyvážecích traktorů a vyvážecích traktorových souprav k 31.12.2013 v ČR**

	Celkem Total	dle nosnosti by tonnage						z toho dle roku výroby by year of manufacturing				Svazko- vač Slash wrapper
		do 3 t	do 6 t	do 9 t	do 12 t	do 14 t	do 17 t	1995	1996– 2000	2001– 2009	2010- 2013	
Velké vyvážecí traktory celkem	499	0	0	233	195	66	5	60	97	296	46	4
Malé vyvážecí traktory celkem	280	109	171					8	23	177	72	
Vyvážecí traktory	779	109	171	233	195	66	5	68	120	473	118	4
*) UKT+ přívěs	97		49	31	13	4				74	23	
***) 4kol+	26	26									26	
Celkem/Total	902	135	220	264	208	70	5	68	120	547	167	4

Poznámka: \*) Vyvážecí traktorová souprava je tvořena UKT + přívěs s klanicemi a hydraulickým jeřábem.

\*\*) Vyvážecí čtyřkolová souprava je tvořena čtyřkolkou + přívěs s hydraulickým jeřábem a klanicemi Sun Forest, s. r. o. prodej v roce 2012.

Zdroj: Výroční zpráva: Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2013.

## 4. Využití dendromasy pro energetické účely

Od doby kamenné do současnosti slouží dřevo lidstvu jako zdroj energie. Vzhledem k pracnosti vytápění a nízké účinnosti topenišť se považovalo topení dřívím za primitivní a ustupovalo dalším zdrojům - uhlí, naftě a plynu. Obrat nastal v 70. letech minulého století v období energetické krize, kdy se vlivem změn cenových relací a snižování zásob fosilních paliv obrátila pozornost na obnovitelné přírodní zdroje - mezi nimi i na dřevo (biomasu). Uvedený vývoj se týkal jen bohatších zemí. Pro většinu obyvatel planety zůstalo topení dřívím jediným zdrojem tepla pro vaření a otop. To je

hlavním důvodem úbytku lesů v rozvojových zemích. Podobný úbytek zažila naše země mezi 10. až 19. stoletím (Simonov 2008).

Lesní dendromasu řadíme mezi biomasu, která je řazena mezi obnovitelné zdroje pro energetické účely.

#### **4.1. Biomasa**

Biomasa je definována jako úhrn hmoty jedinců určitého druhu, skupiny druhů nebo všech druhů společenstva. Úhrn je součtem této skupiny na dané ploše. Může být rozlišen stav daných organismů s ohledem na možnosti technického využití. U rostlin je takto rozlišována biomasa podzemní nebo nadzemní, biomasa suchá nebo ve vegetativním stavu. Jednotkami, v kterých jsou vyjadřovány tyto veličiny, jsou celková hmotnost sušiny nebo objemové jednotky (litr,  $\text{cm}^3$ ,  $\text{m}^3$ ), nebo u čerstvé hmotnosti je používáno jednotek energie (joule).

Biomasa je souhrn látek tvořících těla všech organismů, tedy rostlin, bakterií, sinic, hub a živočichů. Tímto pojmem často označujeme rostlinnou biomasu využitelnou pro energetické účely. Energie biomasy pochází ze slunečního záření, které slouží jako energetický zdroj pro fotosyntézu, a proto se jedná o obnovitelný zdroj energie (Trávníček, 2015).

Celková hmotnost biomasy je obvykle stanovena vážením, popřípadě též odhadem z objemu nebo délky těla. U čerstvě nalovených organismů je stanovena živá nebo čerstvá biomasa. Přesnější je stanovení biomasy suché (sušiny) a sušiny bez popelovin. Energetická hodnota biomasy je stanovena buď spálením v joulometru, nebo na základě podílu proteinů, cukrů a tuků

#### **4.2. Energie z obnovitelných zdrojů do roku 2020: viz tab. 5, tab. 6 a tab. 7**

Národní akční plán pro energii z obnovitelných zdrojů je závazně dán rozhodnutím Komise 2009/548/ES ze dne 30. června 2009, kterým se stanoví vzor pro národní akční plány pro energii z obnovitelných zdrojů podle směrnice Evropského parlamentu a Rady

2009/28/Es. Závaznost dané formy dokumentu je provedena z důvodu vzájemné porovnatelnosti akčních plánů navržených hodnot mezi jednotlivými členskými státy.

Ze směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/28/Es ze dne 23. dubna 2009 o podpoře využití energie z obnovitelných zdrojů vyplývá pro Evropskou unii jako celek v roce 2020 cíl dosáhnout 20 % podílu energie z obnovitelných zdrojů a 10 % podílu energie z obnovitelných zdrojů v dopravě. Pro Českou republiku byl stanoven Evropskou komisí limit minimálně 13 % podílu energie z obnovitelných zdrojů na hrubé konečné spotřebě energie. Splnění tohoto cíle musí zároveň zajistit minimálně 10 % podílu obnovitelných zdrojů v dopravě.

Národní akční plán České republiky pro energii z obnovitelných zdrojů předpokládá v roce 2020 dosažení využívání 14 % podílu energie z obnovitelných zdrojů a na hrubé konečné spotřebě energie a 10,8 % podílu energie z obnovitelných zdrojů na hrubé konečné spotřebě v dopravě.

Navržený Národní akční plán je sestaven v souladu se Státní energetickou koncepcí tak, aby naplnil a překročil požadované cíle směrnice pro Českou republiku v oblasti energie z obnovitelných zdrojů v roce 2020 a aby dále plnil zákon č. 165/2012 Sb., o podporovaných zdrojích energie a o změně některých dalších zákonů regulační funkci provozní podpory energie z obnovitelných zdrojů energie. Při dosažení 13 % podílu energie z obnovitelných zdrojů na hrubé konečné spotřebě v příslušném období nebude dále v dalším období uplatňována provozní podpora pro žádný nový obnovitelný zdroj. (Ministerstvo průmyslu a obchodu 2012)

**Tabulka 5: Očekávané hodnoty elektrické energie z obnovitelných zdrojů**

Rok		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Biomasa (mimo domácnosti)	TJ	2 017	2 632	3 485	4 214	5 027	5 372	6 057	6 615	6 664	6 714	6 764	6 814	6 863	6 913	6 963	7 013
spotřeba biomasy	tuny	389 239	512 435	665 377	865 116	1 063 008	1 253 109	1 408 657	1 525 991	1 536 467	1 546 043	1 557 419	1 567 895	1 578 372	1 588 848	1 599 324	1 609 800
Vodní elektrárny	TJ	5 825	6 253	6 804	7 317	7 577	7 797	7 709	7 935	8 176	8 498	8 684	8 829	8 831	9 201	9 340	9 387
instalovaný výkon	MW	1 020	1 016	1 024	1 028	1 037	1 048	1 050	1 061	1 064	1 080	1 083	1 088	1 088	1 097	1 097	1 097
Biologicky rozložitelná část TKO	TJ	38	41	43	42	39	128	379	379	379	379	379	422	642	642	642	642
instalovaný výkon	MW	3	3	3	3	3	43	43	43	43	43	43	58	81	81	81	81
biol. složka odpadů	tuny	5 523	5 174	5 225	4 944	4 877	58 080	203 844	203 844	203 844	203 844	203 844	226 884	280 384	280 384	280 384	280 384
Bioplyn	TJ	579	633	775	961	1 589	2 316	3 363	4 785	5 750	6 715	7 386	7 855	8 257	8 592	8 860	9 128
instalovaný výkon	MW	36	43	50	71	96	118	182	212	254	284	304	319	334	344	354	364
Geotermální energie	TJ	0	0	0	0	0	0	0	0	30	66	66	66	66	66	66	66
instalovaný výkon	MW	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	4	4	4	4	4	4
Kapalná biopaliva pro elektřinu	TJ	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Větrné elektrárny	TJ	59	133	390	774	1 037	1 234	1 335	1 490	1 751	2 038	2 336	2 594	2 858	3 122	3 386	3 650
instalovaný výkon	MW	22	44	114	150	193	213	213	253	293	333	373	413	453	493	533	573
Fotovoltaické systémy	TJ	1	2	8	47	320	2 217	7 855	7 888	7 981	8 079	8 192	8 315	8 438	8 530	8 592	8 653
instalovaný výkon	MW	1	1	3	54	465	1 727	1 913	1 935	1 958	1 983	2 013	2 043	2 073	2 088	2 103	2 118
Celkem	TJ	8 520	9 694	11 505	13 355	15 587	19 063	26 699	29 093	30 732	32 490	33 806	34 894	35 955	37 066	37 848	38 539

Zdroj: Výroční zpráva: Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2013.

**Tabulka 6: Očekávané hodnoty tepelné energie z obnovitelných zdrojů**

Rok		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Biomasa (domácnosti)	TJ	37 079	40 138	46 606	44 165	43 489	48 486	49 861	50 732	51 595	52 465	53 343	54 230	55 126	56 034	56 953	57 885
spotřeba biomasy	tuny	2 852 200	3 088 000	3 585 000	3 397 000	3 345 000	3 730 000	3 790 000	3 850 000	3 910 000	3 970 000	4 030 000	4 090 000	4 150 000	4 210 000	4 270 000	4 330 000
Biomasa (mimo domácnosti)	TJ	19 481	19 475	20 079	19 134	19 443	23 225	23 690	25 941	26 142	26 343	26 544	26 745	26 946	27 147	27 348	27 549
spotřeba biomasy	tuny	1 066 928	1 839 578	1 916 200	1 884 799	1 854 817	1 963 777	2 000 000	2 238 222	2 259 492	2 280 782	2 302 032	2 323 302	2 344 571	2 365 841	2 387 111	2 408 381
Biologicky rozložitelná část TKO	TJ	2 083	2 083	2 104	1 966	1 793	1 934	1 494	1 494	1 494	1 494	1 494	2 185	3 241	3 241	3 241	3 241
biol. složka odpadů	tuny	224 893	227 533	226 681	218 292	211 362	222 414	169 356	169 356	169 356	169 356	169 356	261 516	388 016	388 016	388 016	388 016
Bioplyn	TJ	970	1 115	1 301	1 401	1 855	2 470	3 753	5 226	6 139	7 043	7 647	8 039	8 352	8 581	8 724	8 843
instalovaný výkon	MW	b.d.	b.d.	120	135	167	190	276	308	352	384	405	420	436	447	457	468
Biologicky rozl. část PRO a ATP	TJ	1 022	942	1 101	1 100	1 128	975	1 293	1 320	1 320	1 320	1 320	1 320	1 320	1 320	1 320	1 320
Tepelná čerpadla	TJ	510	667	902	1 160	1 445	1 776	2 163	2 524	2 879	3 268	3 697	4 168	4 687	5 257	5 884	6 574
instalovaný výkon	MW	110	150	199	254	318	400	480	550	627	712	805	908	1 020	1 144	1 281	1 431
Geotermální energie	TJ	0	0	0	0	0	0	0	0	360	630	630	630	630	630	630	630
instalovaný výkon	MW	0	0	0	0	0	0	0	0	50	50	50	50	50	50	50	50
Kapalná biopaliva pro teplo	TJ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Solární termální kolektory	TJ	103	128	160	204	266	366	465	551	621	698	783	876	978	1 091	1 215	1 351
osazená plocha	tis.m2	85	105	131	165	217	309	389	439	494	554	621	694	775	863	961	1 068
instalovaný výkon	MW	59	74	92	116	152	216	272	307	346	388	435	486	542	604	672	747
Celkem	TJ	61 248	64 548	72 254	69 131	69 419	79 232	82 718	87 789	90 549	93 261	95 457	98 193	101 280	103 301	105 316	107 394

Zdroj: Výroční zpráva: Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2013.

**Tabulka 7: Konečná spotřeba elektrické energie a podíl obnovitelných zdrojů**

Konečná spotřeba energie																		
Rok		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
Celkem s úspory a dopadem hospod. krize	(PJ)	1242,0	1262,9	1252,7	1215,9	1140,0	1232,2	1233,7	1234,8	1235,8	1237,3	1238,3	1240,0	1241,7	1243,8	1245,5	1247,8	
Podíl OZE na konečné spotřebě energie - požadavky směrnice																		
Podíl OZE - požadavky směrnice	(PJ)	76,2	78,0	86,4	88,1	84,3	91,3	91,8	94,3	100,4	102,7	109,4	119,1	128,6	135,5	152,1	161,7	
Podíl OZE - požadavky směrnice	(%)	6,1	6,2	6,9	7,2	7,4	7,4	7,4	7,6	8,1	8,3	8,8	9,6	10,4	10,9	12,2	13,0	
Směrnice 2009/28/ES - cíle (závazné, orientační)	(%)	6,1						7,5		8,2		9,2		10,6			13,0	
		Výchozí						Orientační	Orientační	Orientační	Orientační	Orientační	Orientační	Orientační	Orientační	Orientační	Orientační	Celkový cíl
Podíl OZE na konečné spotřebě energie - navržený scénář																		
Podíl OZE - navržený scénář	(PJ)	76,2	78,0	86,4	88,1	93,2	108,1	120,9	130,1	136,2	143,0	148,1	153,5	159,3	165,9	170,2	174,5	
Podíl OZE - navržený scénář	(%)	6,1	6,2	6,9	7,2	8,2	8,8	9,8	10,5	11,0	11,6	12,0	12,4	12,8	13,3	13,7	14,0	

*Zdroj: Národní akční plán České republiky pro energii z obnovitelných zdrojů*

### **4.3. Možné zdroje biomasy pro energetické využití a jejich charakteristika:** viz obr.1

Biomasa může být energeticky využita přímým spalováním bez jakékoliv rozměrové a jiné úpravy, nebo se může dále upravovat. Mezi nejčastější úpravy patří: řezání, stěpkování, štípaní či drcení. Biomasu můžeme dále zušlechťovat drcením, sušením nebo tvarovou úpravou, jako je lisování do briket či do pelet. Tyto paliva mohou být někdy označovány jako paliva na bázi biomasy (Oberberger, 1998).

Biomasu pro energetické využití dělíme na:

- 1) Biomasu odpadní, která jinak než energeticky nevyužitelná.
- 2) Biomasu odpadní, mající charakter druhotné suroviny.
- 3) Biomasu záměrně produkovanou pro energetické využití.

Mezi zdroje biomasy patří:

**Rašelina:** S hrála historickou roli v náhradě palivového dřeva. V dnešní době již takřka není v ČR využívána vzhledem k malému výskytu. **Rákos:** Jedná se v ČR o okrajový



zdroj. **Rostlinné zbytky:** Jsou brány jako nepřilíš cenné pro energetické využití, protože mají vysokou vlhkost a přímé spalování může být i energeticky nevýhodné. **Živočišné zbytky:** Jsou velmi různorodé a jejich energetické využití je relativně komplikované. **Sláma:** Jedná se sice o zajímavý a dostupný zdroj, je ale obtížné ji skladovat, navíc vyžaduje speciální topeniště. **Energetické traviny:** Jsou dobrým energetickým zdrojem, ale vzhledem k tomu, že se většinou jedná o aklimatizované druhy, které se našem území příliš nevyskytují. **Nepotravinářské rostliny:** Poskytují vysoký výnos na plochu, jsou to např. topinambury<sup>4</sup>, křídlatka, šťovík a další.

- **Dříví a kůra (dendromasa):** Jedná se o objemově nejvýznamnější skupinu z biomasy, která se využívá pro energetické účely. Tuto skupinu dále dělíme na:

- **Palivové dříví:** Jedná se o sortiment nejnižší jakosti, tzv. energetické dříví. Může se jednat o část dříví z hospodářských lesů nebo celá produkce účelově pěstovaných tzv. energetických lesů.

- **Dřevní odpad:** Dříví neprodejné pocházející z prořezávek a probírek.

- **Těžební odpad:** Jedná se o klest z pokácených stromů a odřezky vznikající při těžbě.

- **Pařezy a kořeny stromů**

- **Odpady z dřevařské prvovýroby:** Jedná se kůru a piliny vznikající při pořezu kulatiny a odřezky z výroby.

- **Odpady z dřevařské druhovýroby:** Ke zdrojům předchozí skupiny přibývají hobliny a brusný prach. Tato skupina v podstatě pouze čistý dřevný materiál. V této skupině může být dřevo kontaminované lepidly, laky, barvami a plasty, což přináší další nároky na spalování.

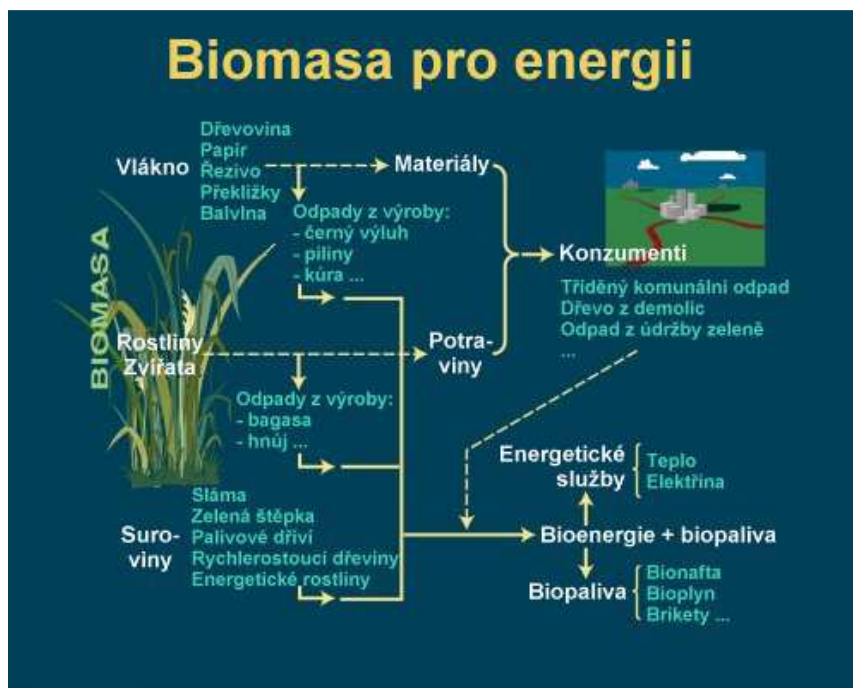
- **Odpady z chemického zpracování dříví:** Zejména celulózářské výluhy vznikající jako odpad při výrobě papíru.

---

<sup>4</sup> Topinambury (neboli Slunečnice hlíznatá - Heliantus tuberosus L.) pocházejí z oblasti Mexika, konkrétně z území tamějšího indiánského kmene Topinambus od kterého mají odvozené jméno. Odtud se rozšířily podél východního pobřeží dnešního území Spojených států a Kanady. Do Starého světa je dovezli Kolumbovi následovníci spolu s brambory a řadou dalších jedlých rostlin. První zmínky o jejich pěstování v Evropě pocházejí z roku 1607 z Francie.

- **Použité dříví:** Jedná se o nábytek, železniční pražce, přepravky, dřevěné obaly, palety, použité stavební dříví (bednění, podlahy) nebo dřevěné materiály pocházející z demolic (rámy oken, dveře, podlahy včetně lepidel, kovů, plastů a barev (Simanov 2008). Přidané chemické látky opět dramaticky zvyšují nároky na jejich ekologické spalování.

Obrázek 1.: Obrázek znázorňující cyklus biomasy využívané pro energetické účely



Zdroj: Zdroje energie v zemědělství

#### 4.4. Lesnická energetická produkční oblast

Nedílnou součástí celkového energetického potenciálu biomasy je vedle výše uvedeného potenciálu zemědělské biomasy i lesní dendromasa. Lesní dendromasa se skládá jednak z lesních těžebních zbytků s využitím ve formě štěpků převážně pro teplárenský průmysl a elektroenergetiku, dále z palivového dřeva používaného pro vytápění v domácnostech a zbytků z dřevozpracujícího průmyslu s částečným využitím pro vlastní potřebu a výrobu pelet a briket.

Lesní dendromasu (dle vyhlášky č. 482/2005 Sb., o stanovení druhů způsobů využití a parametrů biomasy při podpoře výroby elektřiny z biomasy) tvoří:

- Palivové dřevo
- lesní těžební zbytky
- kůra lesních dřevin
- zbytky z dřevozpracujícího průmyslu

#### **4.4.1. Energetický potenciál lesních těžebních zbytků (LTZ)**

Při zohlednění omezujících podmínek vyplývajících z lesní legislativy jsou LTZ dostupné v množství 813 tis. m<sup>3</sup>/rok. Když se rozšíříme výběr i o ekosystémový pohled na bázi souborů lesních typů a cílového hospodářství, sníží se množství LTZ na 613 tis. m<sup>3</sup>/rok. Omezení vyplývající z analýzy rizika a požadavků orgánů ochrany přírody dále sníží množství LTZ na 504 tis. m<sup>3</sup>/rok. Tento výsledek je součtem potenciálu kategorie přijatelného a podmíněně přijatelného rizika. Energie obsažena v tomto objemu LTZ je přibližně 4,8 PJ/rok (Ministerstvo zemědělství ČR).

#### **4.4.2. Energetický potenciál dřevních odpadů: viz tab.8**

Využití LTZ pro energetické účely není jediným potenciálním zdrojem dřeva pro energetické využití. I v dřevozpracujícím průmyslu vzniká řada odpadů, které lze využít pro energetické účely. Při zpracování dřeva na pile vzniká odpad, který se člení do dvou skupin:

- Odpad při rozřezání kmene, tzv. pořezu
- Odpad při následném zpracování materiálu (hoblováním, frézováním)

**Tabulka 8: Dřevní odpady v různých typech dřevozpracujících podniků**

Druh provozu	Výrobek	% odpadu při zpracování	Vlastní spotřeba
Stavební truhlářství	Okna	40	až 50 %
Výroba profilů	Podlahy	30	až 66 %
Truhlářství (masivní nábytek)	masivní nábytek	40 - 50	cca 33 %
Truhlářství (dřevotřískas)	dřevotřískový nábytek	10 - 15	100 - 150 %

*Zdroj: Ministerstvo zemědělství, Lesní biomasa 2011*

Při pilařském a dalším zpracování dřeva z těžby se může do podoby pilin, odřezků, kůry či hoblin proměnit až 50 % i více vytěženého dřeva (Sarkanen, 1970)

Energetický potenciál odpadu z pilařské výroby by mohl činit až 21,8 PJ. Ovšem významný podíl tohoto odpadu je dále využit v dřevařských provozech, kde je dále využíván k řadě energetických a materiálových účelů (např. v roce 2010 bylo v ČR vyrobeno 145 tis. tun dřevěných pelet a 12 tis. tun k výrobě dřevotřískových desek). Po přepočtu lze odhadovat, že reálný potenciál tohoto odpadu z dřevozpracujícího sektoru činil 8 - 10 PJ/rok a s tímto množstvím lze počítat i v dalších letech.

#### **4.4.3. Potenciál energeticky využitelné lesní dendromasy: viz tab. 9**

Průměrný roční objem těžby dřeva v ČR za posledních 10 let činí 15,9 mil. m<sup>3</sup>, v těchto deseti letech došlo k výraznému rozvoji využití dříví pro výrobu energie. Shrňme si některá fakta o využití dendromasy jako zdroje energie:

- a) Energetický potenciál palivového dříví není z hlediska průmyslového využití příliš významný. Většina tohoto palivového dříví je dodávána do domácností. Palivové dříví je dále štěpkováno jen okrajově a dodáváno k dalšímu energetickému využití ve zhruba maximálně v množství odpovídající energii 0,5 - 0,6 PJ.

- b) Energetický potenciál palivového dříví v domácnostech lze odhadovat kolem 18 PJ. Tento prioritní potenciál není započítáván do celkového využití dendromasy z důvodu priority ponechání palivového dříví pro domácnost.
- c) Energetický potenciál LTZ využívaný pro energetické účely po přepočtu podílu LTZ na celkové vytěžené dendromase, podle metody ÚHÚL při optimálním využití (technicky, ekologicky a ekonomicky vhodné a vyspělé technologie) by mohl dosahovat kolem 11,5 - 14,4 PJ, při přepočtu roční produkce 1,38 mil. m<sup>3</sup>. Podle závěru a doporučení ÚHÚL je doporučeno pro stanovení trvale udržitelného objemu využít ekvivalent ve výši 4,8 PJ odpovídajícímu objemu sběru LTZ na PUPFL ČR. Vzhledem k tomu, že odhad ČSÚ pro rok 2010 činil 1,1 mil m<sup>3</sup>. Z tohoto vyplývá, že lesní štěpka je v současné době vyráběná i ze zdrojů těžené dendromasy i mimo PUPFL. Tyto vedlejší TZ nejsou však v současné výši trvale využitelné, neboť nyní dochází stále k využití potenciálu 50 - 70 let „zanedbané“ údržby této stromové vegetace nebo zemědělských a ostatních ploch.
- d) Energetický potenciál z kůry lesních dřevin činil po přepočtu 9 - 12,8 PJ, ale zdaleka ne všechna kůra z ročního objemu 1,60 mil. m<sup>3</sup> je v současnosti využívána pro energetické účely, proto odhadovaný reálný energetický potenciál je 4 - 6 PJ.
- e) Energetický potenciál z pilařské výroby by mohl činit až 21,8 PJ. Významný podíl tohoto odpadu je využíván dále ve dřevařských provozech, kde je dále využíván k řadě účelů. Po přepočtu lze odhadovat reálný potenciál odpadu kolem 8 - 10 PJ.
- f) Energetický potenciál využití z dalších zpracování dřeva lze odhadovat kolem 9 PJ.

Celkový odhad energetického potenciálu lesní dendromasy se odhaduje v rozmezí 44,3 - 48,4 PJ. Po odečtení potenciálu palivového dřeva (spalování v domácnostech) vypočítaného podle dodávek palivového dříví, činí roční potenciál 26,3 - 30,4 PJ. Na rozdíl od zemědělské výroby lze tento potenciál považovat za více méně stabilní až do roku 2020 (Rosendahl, 2013).

**Tabulka 9: Potenciál energeticky využitelné lesní dendromasy**

Název	PJ	Střední hodnota	%
Palivového dříví (bez domácnosti)	0,5-0,6	0,55	2
LTZ	4,8	4,8	17
Kůry	4-6	5	18
Odpadu z dřevozpracující výroby	8-10	9	32
Využití odpadů z dalšího zpracování dřeva	9	9	31
<b>Celkem</b>	<b>26,3 – 30,4</b>	<b>28,4</b>	<b>100</b>
Palivové dříví (domácnosti)	18	18	-

*Zdroj: Ministerstvo zemědělství, expertní tým APB 2011*

#### 4.4.4. Popis sortimentu vzniklého z dendromasy:

- **Zelená štěpka (lesní):** Jedná se o štěpku získanou po lesní těžbě. Součástí štěpky nejsou jenom drobné větve, ale také listí nebo případně i jehličí - proto název zelená štěpka. Tato štěpka má vysokou vlhkost z důvodu zpracovávání čerstvé hmoty.

- **Hnědá štěpka:** Štěpka, která se získává ze zbytků kmenů, pilařských zbytků apod. Označení „hnědá“ se používá proto, jelikož je v ní obsažena kůra. Dřevo před zpracováním nebylo odkorněno.

- **Bílá štěpka:** Jedná se o štěpku, která je zpracovávána z odkorněného dříví. Nejčastěji se získává z odřezku v pilařské výrobě a vyskytuje se v ní kůra. Tato štěpka se nejčastěji využívá pro výrobu dřevotřískových desek.

- **Drcená kůra:** Jedná se o odpadovou kůru z odkorňovače, která prošla drtičem a má rozměry 5-10 cm. Kůra je nejčastěji získávána na pilařském závodu, kde se kulatina před pořezem odkorňuje. Je využívána ke spalování a nebo k výrobě zahradnických substrátů.

- **Nedrcená kůra:** Tato kůra je získávána stejně jako drcená. Obsahuje nestejněměrné kusy a obsahují i kusy dřeva. Nedrcená kůra nemá příliš široké uplatnění a slouží především ke spalování.

- **Odpadová kůra:** Vzniká na manipulačních skladech a v pilařských závodech. Jedná se o kůru, která odpadne nebo se odlomí při manipulaci dříví. Může obsahovat kusy dřeva a další příměsi, nesmí však obsahovat kameny, zeminu a kovové předměty, které jsou jinak přítomné v některých typech dřevního odpadu (Stupavský a kol. 2009).

#### **4.4.5. Technologie pro zpracování dendromasy:** viz tab. 10 a tab. 11

Dendromasa využívaná pro energetické účely se nejčastěji zpracovává pomocí štěpkovacích a drtících strojů.

#### **Základní rozdělení štěpkovacích strojů:**

##### **Podle štěpkovacího mechanismu**

- **Diskové štěpkovače:** Diskové štěpkovače byly vyvinuty ze stacionárních sekaček, na kterých byly provedeny úpravy, tak aby mohly zpracovávat dřevěný materiál a štěrka měla určitou velikost. Tyto štěpkovače jsou nejrozšířenější stroje na výrobu štěrky. Podávání materiálu do stroje je buď ruční (lidská pracovní síla) nebo pomocí hydraulického zařízení. Výkonnost těchto štěpkovačů v mobilním provedení je kolem 30 prms/hod<sup>5</sup>.

- **Bubnové štěpkovače:** U těchto štěpkovačů jsou sekací nože uloženy na obvodu rotujícího válce. Tyto stroje jsou vybaveny podávacím pásem nebo podávacími válci pro transport materiálu k nožům. Podávací pás bývá nejčastěji tvořen řetězem nebo jiným dopravníkovým systémem. Podávací válce jsou opatřeny po obvodu hroty k lepšímu přilnutí k materiálu a obvykle jsou speciálně tvarované. Tvarované jsou proto, aby byl i nesourodý materiál dokonale posouván. Vrchní podávací válec je pohyblivě uchycen tak,

---

5 prms/hod: prostorový metr sypaný za hodinu

aby se mohly štěpkovat různé velikosti vkládaného materiálu. Některé moderní stroje jsou také vybaveny posouvajícím se spodním stolem ve vertikálním směru, a to z důvodu různých vstupních materiálů (klest nebo kmenové dříví). Břity jsou vyrobeny zpravidla ze odolných slitin. Bubnovým sekacím mechanismem jsou vybaveny štěpkovací stroje s vyšším výkonem, který se pohybuje kolem 200 prms/hod. Tyto štěpkovače jsou umístovány na samostatné podvozky, na podvozky vyvážecích traktorů nebo na podvozky nákladních aut. Tyto štěpkovače jsou schopny seštěpkovat až 900mm měkkého dřeva a kolem 700mm dřeva tvrdého.

- **Šroubové štěpkovače:** Jedná se o jednoúčelové menší štěpkovače ke štěpkování tenkých kmínků a větví. Štěpkovací mechanismus je tvořen šroubovicí se stoupajícím průměrem, který vtahuje materiál k většímu průměru a tím se dřevěný materiál drtí na danou velikost (tento systém je konstrukčně analogický mlýnku na maso).

#### **Rozdělení štěpkovačů podle způsobu podávání materiálu do stroje**

- **S ručním podáváním dřeva:** Tento způsob podávání se používá nejčastěji u malovýkoných strojů a při štěpkování materiálu o menším objemu.
- **S mechanickým podáváním dřeva:** Mechanické podávání je nejčastěji hydraulická ruka, která je umístěna na stejném podvozku, jako je umístěn štěpkovací stroj. Štěpkovací stroje jsou také proto vybaveny pojistkou, která slouží k vypnutí posuvu materiálu, pokud je štěpkovací mechanismus přetížen. Posuv materiálu se spustí až v době, kdy už mechanismus zpracuje materiál a dostane se do pracovních otáček.

#### **Rozdělení štěpkovačů podle celkového technického provedení**

- **Štěpkovače zavěšené:** Jedná se o štěpkovače zavěšené na tříbodovém závěsu univerzálního kolového traktoru a jsou poháněny od vývodového hřídele traktoru.
- **Štěpkovače přívěsné:** Tyto štěpkovače můžeme připojit za univerzální kolový traktor. Štěpkovače jsou poháněny od vývodového hřídele traktoru.



- **Štěpkovače na samostatném podvozku:** Jsou to štěpkovače, které při práci nemusí být připojeny k žádnému vozidlu. K vozidlu se připojují pouze tehdy, pokud je potřeba štěpkovač přemístit na jiné místo. Štěpkovače jsou vybaveny vlastním pohonem motoru.
- **Štěpkovače umístěné na podvozku nákladního automobilů nebo vyvážecího traktoru:** Jedná se o většinou o nejvýkonnější štěpkovače, tyto stroje mají buď vlastní pohon nebo jsou poháněny vozidlem, na kterém jsou umístěny. Štěpkovače na vyvážecích traktorech mají tu výhodu, že mohou štěpkovat i neshrabaný klest přímo na pasece.

### **Drťicí stroje**

Tyto stroje jsou určeny k drcení dříví, které není vhodné pro štěpkování - drobné dřevo, mimořádně netvárné dřevo nebo dřevo s nečistotami. Ke znečištění dochází nejčastěji při shrnování klesti na pasece, kde se přimísí běžné nečistoty (kameny, písek, hlína nebo jiné tvrdé předměty). Mechanické ústrojí drtičů není složeno z ostrých břitů jako u štěpkovačů, nýbrž z kladívek, které dřevo i s nežádoucími nečistotami důkladně rozdrtí. Kladívka mohou mít i vyměnitelné hrany nebo jsou bez ostrých ploch a speciálně tvarované k drcení.

Drtiče jsou buď umístěny na návěsné či přívěsné kolové podvozky nebo jsou připevněny na samostatných kolových podvozcích. Dřevo je dodávané do drtiče hydraulickou rukou nebo čelním nakladačem. Dřevo se k mechanismu drtiče dostane pomocí podávacího válce, který je umístěn na pohyblivých ramenech. Za rotorem je umístěn třídicí dodrcovací koš, pomocí kterého je určována velikost (Příhoda 2008).

## Porovnání štěpkovačů s drtiči

Tabulka 10: Výhody a nevýhody mobilních štěpkovačů, ve srovnání s drtiči

Štěpkovače	
Výhody	Nevýhody
nižší pořizovací náklady	náchylnost k otupení nožů
nižší hmotnost	malý vstupní otvor pro chaotický materiál
obvykle jednodušší konstrukce	nižší výkon
kvalita štěpky	
možnost rychlé změny velikosti štěpky	

Zdroj: Příhoda, 2008

Tabulka 11: Výhody a nevýhody mobilních drtičů, ve srovnání se štěpkovači

Drtiče	
Výhody	Nevýhody
vyšší odolnost dělicího agregátu	vysoká hmotnost
vysoký výkon	vysoká cena
rozměrný podávací pás	konstrukční složitost
možnost podávání i čelním nakladačem	rozměrově různorodý výstupní materiál
možnost drtit i materiál s příměsí železa	

Zdroj: Příhoda, 2008

## Svazkovače těžebních zbytků

Svazkovače těžebních zbytků neboli paketovací stroje a balíkovače vznikly jako reakce na zvýšený zájem o využití biomasy v severských zemích. Svazkovače jsou stroje, které sbírají klest a dřevní odpad vzniklý po těžbě. Svazkovače dřevní hmotu lisují a následně svazují do balíků. Proces balení je průběžný a časově neomezený. Proces lisování je zcela automatický, operátor pouze musí umístit materiál hydraulickou rukou na podávací stůl. Svazkový stroj se skládá ze dvou pevných a jednoho pohyblivého lisu. Lisováním se objem materiálu zredukuje na cca 20 % původního objemu. Lisovací tlak je nastaven tak, aby nedocházelo k poškození materiálu a byl vyráběn kompletní balík. Hlavní výhodou metody spočívá v jednoduchosti celého výrobního procesu. Svázané balíky na pasece jsou vyváženy vyvážecí soupravou na odvozní místo.

Z odvozního místa jsou dále odváženy odvozní dopravou ke zpracovateli, kde dochází přímo ke spalování nebo se balíky štěpkují. Štěpka je následně spalována. Tato metoda je nejvíce rozšířená v severských zemích a to nejvíce ve Finsku. V České republice zatím nejsou odběratelé, kteří by se poptávali po svazcích těžebních zbytků. Balíky vyrobené v ČR jsou exportovány do zahraničí k energetickému využití nebo jsou štěpkovány (Příhoda 2008) .

#### **4.5. Ekonomika využití zbytkové dendromasy z těžby**

##### **Limitující faktory pro zpracování těžebních zbytků:**

- Svažitost terénu
- Únosnost terénu
- Povrch terénu
- Přibližovací vzdálenost
- Odvozní vzdálenost na místo spotřeby

##### **Základní faktory ovlivňující cenu lesní štěpky:**

- Hodnota vstupního materiálu
- Přiblížování těžebního odpadu
- Zpracování těžebního odpadu
- Manipulace s lesní štěpkou
- Doprava lesní štěpky
- Přejímka lesní štěpky
- Skladování lesní štěpky

##### **Hodnota vstupního materiálu**

- Do 50. let minulého století byl klest výnosovou položkou
- Likvidace klestu na pasekách je nákladová položka (pálení, shrnování, drcení)
- Hodnota služby se pohybuje od 40 do 80 Kč/m<sup>3</sup> vytěženého hroubí

- Státní podpora na vyklízení klestu štěpkováním je 12000,- Kč/ha
- Vlastník lesa dotuje výrobu štěrky

Běžná cena je 15 - 30 Kč za m<sup>3</sup> vytěženého hroubí. Další příspěvek ve výši 12000,- Kč je podle *Závazných pravidel poskytování finančních příspěvků na hospodaření v lesích roce 2007* (Ministerstvo zemědělství) na likvidaci klestu nebo drcení před obnovou lesa s rozptýlením hmoty nebo jiným využitím. O výši vyplácení příspěvku rozhoduje krajský úřad. (ÚHÚL 2014)

#### 4.5.1. Dendromasa jako energetická surovina

Spalovací proces dřeva probíhá ve čtyřech fázích

1. **Fáze sušení** (odpařování vody z paliva)
2. **Fáze pyrolýzy** (uvolňování plynné složky paliva)
3. **Fáze spalování plynné složky** (hoření plynných složek ve vznosu) viz schéma 1
4. **Fáze spalování pevných látek** (dohoření pevných složek) (Simanov 2008)

Schéma 1: Schéma průběhu spalování dřeva



Zdroj: Simanov, 2008

Z průběhu spalování vyplývají některé zásady konstrukce topenišť na dřevo:

- Při spalování dřeva se pod rošt přidává jen taková část kyslíku, která je potřebná pro oxidaci pevných zbytků, který je získáván z primárního vzduchu. Tzv. *primární vzduch* nejčastěji představuje kolem 40% objemu z celkově dodávaného vzduchu.
- Větší část kyslíku se přidává do proudu pyrolýzou uvolňovaných hořlavých plynů do prostoru za rošt. Tato část kyslíku se získává z tzv. *sekundárního vzduchu*, který představuje 60% objemu z celkově dodávaného vzduchu. Aby byl kyslík s hořlavými plyny dobře promíchán tak se sekundární vzduch dodává nadvakrát. Druhý vstup se také někdy nazývá terciárním, ale stále se jedná o *sekundární vzduch*.

Pro efektivní a neškodné spalování dříví je možné spalovat jenom ve speciálních topeništích proto určených. Je nevyhovující využívat topeniště určené ke spalování fosilních paliv, u kterých sekundární vzduch nehraje významnou roli. V takových topeništích je technicky možné spalovat dřevo, ale je spojeno s nízkou účinností a s emisemi produktů nedokonalého spalování (aromatické uhlovodíky a jiné karcinogenní látky). Obecně platí, že výkon topeniště se odvíjí od vlhkosti spalovaného materiálu. Takže čím sušší vstupní materiál je, tím je vyšší výkon. (Simanov 2008)

#### 4.5.2. Výhřevnost dřeva

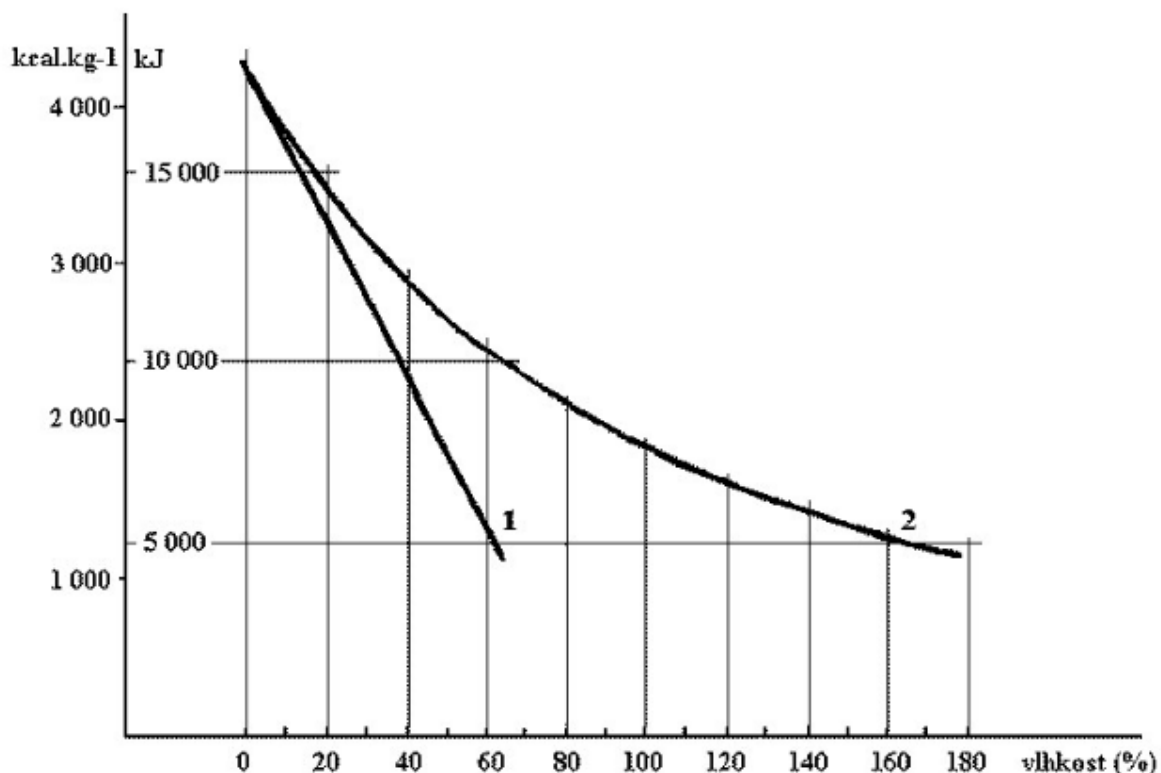
Při oxidačních procesech při hoření paliva se uvolňuje teplo, které se u tuhého paliva vztahuje k jeho hmotnosti a vyjadřuje se v kJ/kg (za teploty 0 °C a tlaku 0,1 Mpa). Uvolněné teplo se vyjadřuje jako tzv. spalné teplo  $Q_v$  nebo jako výhřevnost paliva  $Q_n$ . Spalné teplo  $Q_v$  je definováno jako množství tepla uvolněného dokonalým spálením paliva (1 kg nebo 1 m<sup>3</sup>) při ochlazení spalin až na původní teplotu paliva (0 °C), přičemž veškerá pára ve spalinách úplně zkondenzovala – tedy úplně odevzdala své teplo. Výhřevnost paliva  $Q_n$ , je množství tepla uvolněného z paliva, přičemž vlhkost paliva zůstane ve spalinách spolu s teplotou energií použitou na přeměnu vody ve vodní páru. Hodnota výhřevnosti je nižší než spalné teplo, a to o energii potřebnou k ohřevu vody z původní teploty 0°C na 100°C a skupenské teplo vypařované vody. Tato celková tepelná ztráta činí přibližně 2500 kJ na 1 kg vody, obsažené v palivu. (Simanov 2008)

Efektivní výhřevnost dendromasy tedy závisí na její okamžité vlhkosti, typu dřeviny a na poměru celulózy a ligninu v dendromase. Pryskyřice má větší výhřevnost než čisté dřevo, a proto je výhřevnost větví, kůry a jehličí větší než výhřevnost čistého dřeva.

#### 4.5.3. Vliv vlhkosti na výhřevnosti dřeva: viz graf 1

Při spalování dřeva se na jeho vysychání spotřebuje větší podíl energie než u jiných paliv. Dřevo obecně má velké rozpětí vlhkosti a větší obsah vody než jiná paliva. Relativní vlhkost dříví vyschlého na vzduchu je kolem 20 %, ale relativní vlhkost dříví čerstvě pokáceného je obvykle 60 % a kůra obsahuje vody ještě více (přes 65 %). To je důvod velké rozpětí množství vlhkosti v dendromase a od toho se odvíjející efektivní výhřevnosti. V praxi se pro zjednodušení používají dvě hodnoty vlhkosti: *absolutní* (vztažená k absolutní sušině) a *relativní* (vztažená k původní - výchozí hmotnosti dřeva).

Graf 1: Závislost energie získané spalováním dřeva na jeho relativní (1) a absolutní (2) vlhkosti



Zdroj: Simanov, 2008

Z grafu můžeme vidět, že při 40 % relativní vlhkosti má dřevo dvojnásobnou efektivní výhřevnost než při vlhkosti 60 %, a při 20 % relativní vlhkosti je výhřevnost téměř dvojnásobná oproti dřevu s vlhkostí 40 %. Z této závislosti můžeme vidět, že čím sušší dříví bude, tím bude energetické využití výhodnější. V praxi se tato závislost nepotvrzuje úplně jednoznačně. Provozně bylo ověřeno, že optimální relativní vlhkost je mezi 30 - 35 %. Je-li dříví sušší, má proces hoření tzv. „explozivní“ charakter a část tepelné energie uniká prostřednictvím horkých plynů bez využití. Ale při relativní vlhkosti 50 - 60 % je spalování obtížné a účinnost klesá. Při relativní vlhkosti nad 60 % není jeho efektivní výhřevnost dostatečná ani pro udržení spalovacího procesu a oheň zhasíná, takovéto dřevo je tedy pro spalování nepoužitelné (Simanov 2008).

#### **4.5.4. Topeniště pro spalování dendromasy**

**Topeniště na kusové dříví:** Topení kusovým dřívím je obvyklé v malých topeništích a v teplovodních kotlích rodinných domků. Pro zvýšení jejich účinnosti se instaluje zařízení regulující primární a sekundární vzduch v závislosti na provozní teplotě topeniště. Pro zvýšení účinnosti se vylepšují výměníky tepla a lepší izolační materiál. Někdy může výměník tepla i předehtřívát primární i sekundární vzduch.

**Topeniště na štěpku:** Pro nižší výkony se používá topeniště s podsuvným roštem. Štěpka je dodávána šnekovým dopravníkem pod rošt, přes který jsou vytlačovány vzhůru, kde shora odhořívají. Výkon topeniště se reguluje množstvím hořících štěpků. To znamená, že otáčkami dopravníku lze můžeme regulovat výkon topeniště. V případě poruch se zapne tepelné čidlo, které při nastavené teplotě otevře přívod vody, která dopravník zaplaví. Šnekový dopravník je citlivý na nadrozměrné kusy a cizorodé příměsi.

**Topeniště se šikmým roštem:** Tento typ se používá pro větší výkony. Výhodou topeniště se štěpkami odhořívajícími na nakloněné rovině z ohnivzdorného materiálu je tolerance nadměrných kusů štěpků tolerance přítomnosti cizorodých příměsí, které se při procesu spečou. Pokud je nakloněná rovina tvořena skutečným roštem, umožňuje spodní přístup vzduchu a tím je intenzivnější odhořívání spalovacího materiálu. Nevýhodou tohoto typu spalování je, že když se materiál začne spékat na roštu, dochází ke snížení

proudícího vzduchu a tím i ke snižování výkonu topeniště. Pro udržení výkonu topeniště je nutné rošty pravidelně čistit (Simanov 2008).

#### **4.5.5. Využití biomasy ve skupině ČEZ**

Biomasa je významným obnovitelným zdrojem, přírodním materiálem v němž je v podobě polysacharidů (především celulózy) uložena sluneční energie. Z hlediska energetického využití v našich podmínkách se jedná především o dřevo, slámu a jiné zemědělské zbytky a extrakty z užitkových zvířat, či o energeticky využitelný tříděný odpad nebo plynné produkty vznikající při provozu čistíren odpadních vod.

K nejlevnějším způsobům získávání tepla patří spalování dřevního odpadu. Ostatní metody energetické konverze biomasy nejsou tak rozšířené vzhledem k vyšším nárokům na technologii a s tím spojenými vyššími náklady, ale mají potenciál hrát důležitou úlohu v budoucnosti. V každém případě je energetické využití biomasy považováno za žádoucí z hlediska ekologické zátěže. Svou perspektivu má i v rámci skupiny ČEZ. Elektrárny skupiny ČEZ spolu-spalující biomasu jsou elektrárny Hodonín, Poříčí, Dvůr Králové a Tisová. Jedním z prvních počínů směřujících k využití biomasy byly v letech 1995 a 1996 úvahy postavit v lokalitě trvale odstavené elektrárny Tušimice I energetický blok 110 MW výkonu vybavený fluidním kotlem na spalování biomasy zemědělského a lesního původu. Ekonomická rozvaha a průzkum trhu a tehdejších cen potenciálně dodávané biomasy a také tehdejší ceny elektřiny však naznačily ekonomickou neúnosnost projektu a záměr se nedočkal realizace.

Již tři roky nato však příklady ze zahraničí o spolu-spalování biomasy dřevního původu současně s uhlím vedly k prvnímu reálnému ověření této technologie ve větším měřítku v Elektrárně Hodonín, kde se spolu s jihomoravským lignitem začaly spalovat otruby. Dále zde proběhly zkoušky s lesní štěpkou a poté i s dalšími produkty ze zpracování dřeva. Během roku 2000 bylo v Hodoníně tímto způsobem spáleno více než 2400 tun biomasy. Následovaly spalovací zkoušky u fluidních kotlů v Tisové, Poříčí a Ledvicích. Osvědčilo se také spolu-spalování biomasy v roštových kotlích v Teplárně Dvůr Králové. V prvním pololetí roku 2004, byla biomasa zkušebně spalována v práškovém kotli ve Chvaleticích.



Zkoušky prokázaly, že je možné spolu-spalovat biomasu ve fluidních kotlích přibližně na úrovni 20 % tepelného obsahu směsi a v roštových kotlích i při větším podílu. Problémem je určit optimální roční množství biomasy, tak aby se vyplatilo dlouhodobě investovat do úprav dopravy paliva a do dalších opatření pro realizaci kontinuálního spolu-spalování. Chybí také rozvinutá infrastruktura pro pěstování, sklizeň ve velkém, svážení, skladování a zpracování biomasy pro energetické použití. Výroba elektřiny je regionálně vázána především na velké elektrárenské bloky. Z tohoto důvodu dosahuje nejvyšší hodnoty na severu Čech. Skupina ČEZ v roce 2012 vyrobila v domácích elektrárnách z biomasy celkem více než 422 GWh elektřiny. Zmíněná produkce by pokryla roční spotřebu zhruba 120 tisíc domácností. Co do objemu výroby stojí na prvním místě elektrárna Hodonín skupiny ČEZ, která v roce 2012 vyprodukovala z biomasy více než 216 GWh (Výroční zpráva ČEZ 2015)

Mezi další tepelné elektrárny využívající obnovitelné zdroje patří:

**Elektrárna Tisová:** Leží na západní části Sokolovské pánve mezi Krušnými horami a Slavkovským lesem. Elektrárna patří k nejstarším hnědouhelným elektrárnám. Elektrárnu se sběrníkovým uspořádáním tvoří dva fluidní kotle, každá o výkonu 350 t/h, jedna kondenzační, rovnotlaká, dvoutělesová turbína 57 MW, dvě kondenzační, rovnotlaké dvoutělesové turbíny s jedním regulovaným odběhem páry výkonu 57 MW a turbína 12,8 MW protitlaková, kombinovaná, jednotělesová. V průměru se v Tisové vyrobí ročně 40 tisíc MWh elektřiny z biomasy.

**Elektrárna Poříčí:** Do provozu byla uvedena v roce 1957. Původně zde bylo instalováno šest kotlů s jednotkovým výkonem 125 t páry/h. Čtyři z původních kotlů jsou nahrazeny dvěma fluidními kotli o výkonu 250 t páry/h. Součástí jsou tři turbogenerátory o výkonu 55 MW. Výroba elektřiny spolu-spalováním biomasy se v posledních dvou letech pohybuje kolem 100 tisíc MWh.

**Elektrárna Hodonín:** Patří mezi nejstarší elektrárny provozované v České republice. Elektrárna je největším producentem tzv. zelené elektřiny v rámci skupiny ČEZ. Na jaře 2009 odstartoval provoz fluidního kotle o výkonu 30 MW na spalování

biomasy, což umožňuje zvýšení objemu spalované biomasy (denně přibližně 1200 tun biomasy). Vytvoření postačující rezervy nutné k pokrytí víkendového provozu vyžaduje dodávku 1600 tun biomasy každý všední den. Nedávno zde byla zprovozněna laboratoř pro analýzu biomasy, dále třídíče biomasy a dopravní linky na pelety z biomasy s dopravním výkonem 20 tun za hodinu.

**Teplárna Dvůr králové:** Byla vybudována počátkem padesátých let jako centrální zdroj tepla pro Dvůr králové nad Labem. Na podzim 2006 se uskutečnila provozní zkouška, kdy teplárna spalovala 100 tun biomasy denně. Z celkových 20 tisíc MWh vyrobené energie ročně pochází polovina z produkce šetrným ekologickým způsobem (spalování rostlinných peletek, dřevní štěpky a pilin).

**Energetické centrum Jindřichův Hradec:** V případě Energetického centra Jindřichův Hradec se jedná o původní energetiku textilního podniku Jitka, která používala jako palivo výhradně mazut a plyn. Na místě mazutových kotlů K1 a K2 byl následně vybudován čistě biomasový kotel K5 a ve strojovně instalována nová odběrová turbína TG3 s kondenzací. Chladicí voda je zde ochlazována na chladicí věži s přirozeným tahem. Pro palivo rostlinného původu byla postavena uzavřená hala na cca třídní zásobu paliva. Základním palivem jsou balíky slámy, sena a cíleně pěstované energetické rostliny. Palivo je sváženo z okruhu cca 70 km vlastní dopravou. Výroba elektrické energie činí 28 milionů kWh a dodávka tepla 120 000 GJ.

## 5. Metodika

Tato práce je koncipována jako literární rešerše, která zaprvé shrnuje informace z odborné literatury týkající se dendromasy a za druhé zhodnocuje její využití v České republice po kvantitativní a kvalitativní stránce. Kromě monografií týkajících se biomasy jsem čerpal informace z odborných článků a informací volně dostupných na internetu, především ze zpráv ministerstva zemědělství. Úvodem práce jsem podrobně rozebral termín „dendromasa“ neboť na rozdíl od často skloňovaného pojmu „biomasa“ není tolik rozšířený a mnoho lidí si pod ním nedokázalo představit konkrétní pojem. Podrobně jsem rozebral způsoby získávání dendromasy, od její těžby až po zpracování a využití. V tomto

ohledu jsem opět vycházel z odborných monografií, po kvantitativní stránce pak z ročenek ministerstva vnitra.

## 6. Diskuze

Vzhledem k neustále se zvyšující se poptávce po zdrojích energie, klesajících zdrojích ropy a tendencím ke snižování zdrojů počtu fungujících jaderných elektráren, se svět obrací k obnovitelným zdrojům energie, mimo jiné k biomase a k ní patří dendromasa. Dendromasa je obnovitelným zdrojem, protože energie, která je uložena v její struktuře pochází ze slunečního záření, je však nutné s ní hospodařit racionálně a plánovaně, neboť se samozřejmě ze své podstaty obnovuje pouze určitý tempem. K využití biomasy dendromasy je tedy nutno přistupovat racionálně, přes častá populistická tvrzení (například Evropského sdružení pro biomasu AEBIOM), dendromasa je a bude (sice důležitou součástí) ale stále jen součástí obnovitelných zdrojů. Zastánci využití biomasy tvrdí, že Česká republika by měla postupovat ve šlépějích severských zemí, či Německa, na druhou stranu si myslím, že není moudré se zcela odklonit od zdrojů jako je například jaderná energie (která, ač představuje potenciální nebezpečí, je ve své podstatě ekologická).

Statistiky praví, že v Evropě uspokojuje biomasa (včetně dendromasy) až 13% poptávky po energii, v ČR je to pak 11%. V severských zemích uspokojuje dendromasa až 50 % poptávané energie, což je ale také dáno řádově větší rozlohou lesních porostů a s tím souvisejících možností.

Ve světle těchto informací také odpovím na výzkumné otázky, které jsem si položil úvodem práce:

### 1) Je v České republice využívána dendromasa jako energetický zdroj hlavními producenty elektrické energie?

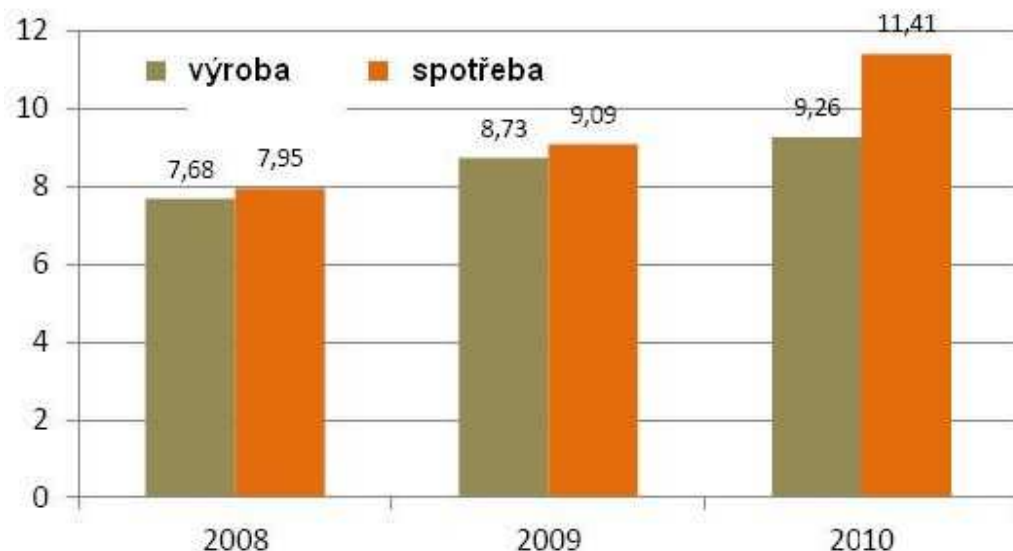
Skupina ČEZ v roce 2012 vyrobila biomasy celkem více než 422 GWh elektřiny. Na na prvním místě stojí **elektrárna Hodonín skupiny ČEZ**, která v roce 2012 vyprodukovala z biomasy více než 216 GWh (Výroční zpráva ČEZ 2015). Další elektrárny využívající dendromasu jako zdroj energie jsou: **elektrárna Tisová, elektrárna Poříčí, Teplárna Dvůr králové, a Energetické centrum Jindřichův**

**Hradec**, kde výroba elektrické energie činí 28 milionů kWh a dodávka tepla 120 000 Gj.

## 2) Jaký je trend výroby a spotřeby dřevěných pelet v Evropské Unii?

Jak ukazuje následující graf, výroba i spotřeba dřevěných pelet vyrobených z dendromasy má stoupající charakter (celkový průměr evropských zemí), je však otázkou, zda se zemím jižní s střední Evropy podaří dosáhnout kapacity severských zemí, s ohledem na omezené možnosti jejich zdrojů dendromasy.

Graf 2: Výroba a spotřeba dřevěných pelet v EU



Zdroj: Obnovitelné zdroje energie a úspory energie (TZB)

## 3) Jak si stojí Česká republika ve využití biomasy (dendromasy) v porovnání s ostatními evropskými zeměmi?

V Evropě pokrývalo spotřebu energie v roce 1992 z 21 % hnědé uhlí, 44 % ropa, 19 % zemní plyn, zbytek tvořila jaderná energie a obnovitelné zdroje energie. Podíl energie z biomasy (%) na celkové produkci energie byl v roce 1997 následující: Finsko 23, Švédsko 18, Rakousko 12,6, Irsko 12, Dánsko 7, Francie 4,6, Norsko 4,4, Itálie 2,1, Slovensko 1,5, Holandsko 1,1, Belgie 0,7, ČR 0,6. V Řecku tvoří spotřeba bioenergie

5 % a USA 4 % z celkové spotřeby primární energie. V EU v blízké budoucnosti předpokládají, že z potravinové produkce bude vyčleněno kolem 80 mil. ha půdy. Kdyby se na ní teoreticky pěstovaly vytrvalé rostliny s produkcí 20 t sušiny/ha s energetickým obsahem 18,5 GJ na tunu, potom by byl produkován každoročně ekvivalent 30 EJ. Přitom roční spotřeba fosilních paliv v EU je obdobná a činí 36 EJ. Evropská komise přijala dne 26. 11. 1997 dokument s názvem "White paper" pro zahájení prvních kroků v souborné strategii a akční plán určený k tomu, aby se do roku 2010 dosáhlo zdvojnásobení ze 6 na 12 % celkového podílu obnovitelných zdrojů na produkci energie EU. Podíl biomasy z celkových obnovitelných zdrojů energie byl 60 % v roce 1995. V roce 2010 se počítá s navýšením na 84 %. V ČR energetická potřeba představuje cca 1750 PJ/rok a je ze 62,9 % kryta ekologicky nevhodným hnědým uhlím, z 26 % zemním plynem a naftou z dovozu, z 10,5 % jadernou a vodní energií a pouze z 0,6 % energií z biomasy. Situace ve využívání biomasy v ČR není v porovnání se státy EU nejlepší, i když u nás jsou celkem vydatné zdroje biomasy, které by se daly daleko lépe využívat.

**Tabulka 12: Spotřeba biomasy v produkci energie**

<b>Země</b>	<b>Spotřeba (%)</b>
Finsko	23,00
Švédsko	18,00
Rakousko	12,60
Irsko	12,00
Dánsko	7,00
Francie	4,60
Norsko	4,40
Itálie	2,10
Slovensko	1,50
Holandsko	1,10
Belgie	0,70
ČR	0,60

*Zdroj: Akční plán pro biomasu v ČR na období 2012–2020*

## 6. Závěr

V této bakalářské práci na téma Technologie těžby a zpracování dendromasy je vypracován přehled používaných těžebních technologií. Technologie jsou rozděleny na jednotlivé těžební metody, je detailně popsáno jakým způsobem a kde je lze těžbu provádět. V tabulkách jsou uvedeny celkové počty jednotlivých používaných technologií a celkový počet strojů k roku 2013 na území ČR a v této práci jsou základní informace týkající se principů dopravy dříví.

Dále je v práci popsáno využití dendromasy pro energetické účely. Jsou zde nastíněny plány pro Českou republiku do roku 2020 v odvětví získávání energie z obnovitelných zdrojů, do kterých patří i zmiňovaná dendromasa. Jsou uvedeny sortimenty vzniklé z dendromasy, technologie pro zpracování dendromasy pro energetické účely a podrobně je popsána dendromasa jako energetická surovina. Jsou shrnuty faktory, od kterých se odvíjí cena dendromasy. Nakonec zde najdeme přehled a základní informace o elektrárnách, patřících do skupiny ČEZ, ve kterých dochází ke spalování biomasy.

## 6. Seznam literatury a použitých zdrojů:

### *Monografie*

- Ing. Bílek, K. a kolektiv. *Učební texty z předmětu Těžba a doprava*. 1. vydání. Písek 2013. 202 s.
- OCHODEK, Tadeáš, KOLONIČNÝ, Jan a BRANC, Michal. "*Ekologické aspekty záměny fosilních paliv za biomasu*": studie v rámci projektu "*Možnosti lokálního vytápění a výroby elektřiny z biomasy*". 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2007. 145 s. ISBN 978-80-248-1595-4.
- SIMANOV, Vladimír. *Vývoj lesnické techniky v českých zemích v letech 1945-1992*. Vydání první. Praha: NZM, 2015. 216 stran. ISBN 978-80-86874-63-0.
- Sarkanen, K. and Tillman, D. *Progress in biomass conversion*. Burlington: Elsevier Science, (1980).
- ROSENDAHL, Lasse (ed.). *Biomass combustion science, technology and engineering*. 1st pub. Oxford: Woodhead Publishing, 2013. Woodhead Publishing series in energy. ISBN 978-0-85709-131-4.
- ULRICH, Radomír et al. *Metodika využití těžebně dopravních strojů John Deere*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2014. 80, [12] s. ISBN 978-80-7375-946-9.
- Obernberger, I. *Decentralized biomass combustion: State of the art and future development*. Oxford: Pergamon Press 1998.

- ÚHUL. *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2013*. Vydalo ministerstvo zemědělství. Praha 2014. 136 s. ISBN 978-80-7434-153-3.
- Šimanov, Vladimír. *Výroba, zpracování a využití dendromasy*. Přerov 2008. 32 s.
- PŘÍHODA, Jan: *Technologie pro zpracování dendromasy - těžebních zbytků II*. Biom.cz [online]. 2008-06-23 [cit. 2015-04-07] Dostupné na WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/technologie-pro-zpracovani-dendromasy-tezebnich-zbytku-ii>>. ISSN: 1801-2655.
- Ministerstvo průmyslu a obchodu. *Národní akční plán České republiky pro energii z obnovitelných zdrojů*. Vydalo ministerstvo průmyslu a obchodu. Praha 2012. 103 s.
- Skupina ČEZ: *elektrárny ČEZ spalující biomasu* [online]. [cit. 2015-04-07]. Dostupné na WWW: <<http://www.cez.cz/cs/vyroba-elekriny/obnovitelne-zdroje/biomasa/elektrarny-cez-spalujici-biomasu.html>>

### ***Zprávy a elektronické zdroje***

- Ministerstvo zemědělství. *Akční plán pro biomasu v ČR na období 2012-2020*. Vydalo ministerstvo zemědělství. Praha 2012. 86 s.
- ÚHÚL: *Pěstování a využití dendromasy lesních dřevin pro další zpracování a energetické účely* [online]. Vydal Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem 2014. [cit. 2015-04-07]. 41 s. Dostupné na WWW: <<http://www.uhul.cz/images/poradenstvi/metodiky/PAVBLDPDZAEU.pdf>>



- Výroční zpráva: *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2013*. Dostupné na WWW: <[http://eagri.cz/public/web/file/337394/Zprava\\_o\\_stavu\\_lesa\\_2013.pdf](http://eagri.cz/public/web/file/337394/Zprava_o_stavu_lesa_2013.pdf)>
- PŘÍHODA, Jan. *Technologie pro zpracování dendromasy - těžebních zbytků*. Biom.cz [online]. 2008-06-09 [cit. 2015-04-07]. Dostupné na WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/technologie-pro-zpracovani-dendromasy-tezebnich-zbytku>> ISSN: 1801-2655.
- Stupavsky a kol. *Příručka zpracování těžebních zbytků*. Biom.cz [online]. 2009. [cit. 2015-04-07]. Dostupné na WWW: <[http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/Prirucka\\_zpracovani\\_lesnich\\_zbytku.pdf](http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/Prirucka_zpracovani_lesnich_zbytku.pdf)>
- Zdroje energie v zemědělství. [online]. [cit. 2016-03-10]. Dostupné na WWW: <<http://slideplayer.cz/slide/2459443>>
- eAgri: *Program rozvoje venkova na období 2014 - 2020* [online]. [cit. 2016-03-11]. Dostupné na WWW: <<http://eagri.cz/public/web/mze/dotace/program-rozvoje-venkova-na-obdobi-2014/>>
- AEBIOM European biomass association: *Bioenergy statistics* [online]. [cit. 2016-03-10]. Dostupné na WWW: <<http://www.aebiom.org/about-bioenergy/statistics/>>
- Klastř Česká peleta: *Výroba dřevěných pelet* [online]. [cit. 2016-03-10]. Dostupné na WWW: <<http://www.ceska-peleta.cz/pelety-a-brikety/vyroba-drevnich-pelet/>>
- TZBinfo: *Zákon č. 458/2000 Sb.* [online]. [cit. 2016-03-03]. Dostupné na WWW: <<http://www.tzb-info.cz/pravni-predpisy/zakon-c-458-2000-sb-o-podminkach-podnikani-a-o-vykonu-statni-spravy-v-energetickych-odvetvich-a-o-zmene-nekterych-zakonu-energeticky-zakon>>

### ***Odborné články a vyhlášky***

- Berthod, N., Brereton, N., Pitre, F. and Labrecque, M. (2015). Five willow varieties cultivated across diverse field environments reveal stem density variation associated with high tension wood abundance. *Frontiers in Plant Science*, 6.
- Vyhláška č. 482/2005 Sb.: Vyhláška o stanovení druhů, způsobů využití a parametrů biomasy při podpoře výroby elektřiny z biomasy. [online]. [cit. 2016-03-10]. Dostupné na WWW: <<http://biom.cz/cz/legislativa/fyto-legislativa/482-2005-sb>>