

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra technologických zařízení staveb



Bakalářská práce

Technologické zařízení pro výrobu lisovaných biopaliv

Vratislav Hlaváč

© 2024 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Vratislav Hlaváč

Obchod a podnikání s technikou

Název práce

Technologické zařízení pro výrobu lisovaných biopaliv

Název anglicky

Technological equipment for the production of pressed biofuels

Cíle práce

Cílem bakalářské práce je seznámit se s problematikou energetického zpracování biomasy v podobě lisovaných biopaliv. Provést teoretický a laboratorní rozbor vybraných vzorků lisovaných biopaliv pro jejich tepelně-energetické využití s ohledem na ochranu životního prostředí.

Metodika bakalářské práce vychází z určených klasifikačních, jakostních a specifikačních rámců tuhých biopaliv pro jejich energetické využití. Praktická část práce zahrnuje analýzu současných technologických zařízení pro výrobu lisovaných biopaliv. Na vybraných vzorcích budou stanoveny základní palivářské vlastnosti.

Metodika

Bakalářská práce se bude skládat z těchto částí:

1. Úvod
2. Cíl práce a metodika
3. Přehled poznatků z literatury
4. Výchozí podmínky řešení
5. Měření a dosažené výsledky
6. Diskuse a závěry
7. Seznam literatury
8. Přílohy

Doporučený rozsah práce

40-50

Klíčová slova

Biomasa, pelety, lis, elementární analýza, výhřevnost

Doporučené zdroje informací

- Jeníček, L., Neškudla, M., Malatak, J., Velebil, J. 2021. Spruce and Barley Elemental and Stoichiometric Analysis Affected by the Impact of Pellet Production and Torrefaction. *Acta Technologica Agriculturae* 24(4), 166–172
- Malaťák, J., Gendek, A., Aniszewska, M., Velebil, J. 2020. Emissions from combustion of renewable solid biofuels from coniferous tree cones. *Fuel* 276,118001
- Malaťák, J.; Jevič, P.; Vaculík, P.: Účinné využití tuhých biopaliv v malých spalovacích zařízeních s ohledem na snižování emisí znečišťujících látek. 2010, Powerprint, Praha, pp. 240, ISBN 978-80-87415-02-3
- Malaťák, J.; Vaculík, P.: Biomasa pro výrobu energie. ČZU v Praze, Technická fakulta, tisk, Powerprint, Praha 2008, 206 s., ISBN: 978-80-213-1810-6
- Malatak, J., Velebil, J., Bradna, J., Gendek, A., Tamelova, B. 2020. Evaluation of CO and NOx emissions in real-life operating conditions of herbaceous biomass briquettes combustion. *Acta Technologica Agriculturae* 23(2), 53-59
- Malaťák, J., Velebil, J., Malaťáková, J., Passian, L., Bradna, J., Tamelová, B., Gendek, A., Aniszewska, M. 2022. Reducing emissions from combustion of grape residues in mixtures with herbaceous biomass. *Materials* 15, 7288
- Obroučka, K.: Termické zneškodňování odpadů. VŠB Ostrava, Ostrava 1997, 140 s., ISBN 80-248-0009-8.
- Pastorek, Z.; Kára, J.; Jevič, P.: Biomasa – obnovitelný zdroj energie, nakladatelství FCC Public, Praha 2004, 284 str., ISBN 80-86534-06-5
-

Předběžný termín obhajoby

2023/2024 LS – TF

Vedoucí práce

doc. Ing. Jan Malaťák, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra technologických zařízení staveb

Elektronicky schváleno dne 20. 12. 2022

doc. Ing. Jan Malaťák, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 8. 2. 2023

doc. Ing. Jiří Mašek, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 25. 03. 2024

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci " Technologické zařízení pro výrobu lisovaných biopaliv „jsem vypracoval(a) samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor(ka) uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 31.3.2024

Poděkování

Rád bych poděkoval doc. Ing. Janu Malatřákovi, Ph.D., za jeho cenné vedení během mé bakalářské práce. Jeho odborné znalosti a podpora byly klíčové při zkoumání tématu biopaliv a výroby tuhých lisovaných biopaliv.

Technologické zařízení pro výrobu lisovaných biopaliv

Abstrakt

Práce se zabývá komplexním přehledem biopaliv od první až po čtvrtou generaci, a to včetně jejich technologického vývoje. Od první generace biopaliv, která využívala potravinářské suroviny, až po moderní přístupy třetí a čtvrté generace, které se soustředí na obnovitelné zdroje jako řasy, dřevo a odpadní biomasy. Klade důraz na evoluci biopaliv a je klíčová pro udržitelnost a snižování závislosti na fosilních palivech.

Následná část práce se zaměřila na výrobu tuhých lisovaných biopaliv z dřevní štěpky. Průzkum se soustředil na proces výroby a přípravu vstupního materiálu, který má klíčový vliv na kvalitu výsledného produktu. Byla provedena detailní analýza používaných zařízení a procesů, které jsou nezbytné pro výrobu pelet.

Další fáze práce se zaměřila na zkoumání a porovnání různých typů peletizačních zařízení s cílem vybrat nejvhodnější variantu pro danou aplikaci. Byly hodnoceny parametry jako splatnost stroje, kapacitní využitelnost a časová náročnost. Zvláštní důraz byl kladen na schopnost zařízení splnit stanovené specifikace a dosáhnout optimálních výsledků.

Cílem bakalářské práce je posoudit technologické možnosti pro výrobu lisovaných biopaliv. Práce zahrnuje průzkum existujících technologií, ekonomickou analýzu. Hlavním cílem je identifikovat optimální řešení z hlediska efektivity, udržitelnosti a ekonomického smyslu

Klíčová slova: biomasa, pelety, dřevní piliny, výkonnost zařízení, udržitelnost

Technological equipment for the production of compressed biofuels

Abstract

The thesis dealt with a comprehensive overview of biofuels from the first to the fourth generation, including their technological development. From the first generation of biofuels, which used food feedstocks, to modern third and fourth generation approaches, which focus on renewable resources such as algae, wood and waste biomass. It was stressed that the evolution of biofuels is key to sustainability and reducing dependence on fossil fuels.

The subsequent part of the work focused on the production of solid compressed biofuels from wood chips. The research focused on the production process and feedstock preparation, which has a key influence on the quality of the final product. A detailed analysis of the equipment used and the processes necessary for pellet production was carried out.

The next phase of the work focused on the investigation and comparison of different types of pelletizing equipment in order to select the most suitable option for the application. Parameters such as machine maturity, capacity availability and time consumption were evaluated. Particular emphasis was placed on the ability of the equipment to meet the set specifications and achieve optimum results.

The aim of the bachelor thesis is to assess the technological possibilities for the production of compressed biofuels. The work includes a survey of existing technologies, economic analysis. The main objective is to identify optimal solutions in terms of efficiency, sustainability and economic sense

Keywords: biomass, pellets, sawdust, equipment performance, sustainability

Obsah

Úvod	1
1 Cíl práce a metodika	2
2 Představení, využití a důležitost biopaliv	3
2.1.1 Biopaliva první generace	8
2.1.1.1 Etanol.....	9
2.1.1.2 Bionafta	10
2.1.2 Biopaliva druhé generace.....	10
2.1.3 Biopaliva třetí generace	11
2.1.4 Biopaliva čtvrté generace.....	12
2.2 Dřevní biomasa	13
2.2.1 Palivové dřevo	14
2.2.2 Štípané palivové dřevo.....	15
2.2.3 Štěpka.....	16
2.2.4 Piliny a hobliny, kůra.....	16
2.3 Drcení	17
2.4 Peletizace.....	19
2.4.1 Pelety	19
2.4.2 Sušení.....	20
3 Výchozí podmínky řešení	21
3.1 Technologická linka	23
3.2 Vstupní materiál	27
3.3 Rozbor vzorku	28
3.3.1 Stanovení vlhkosti před peletizací	32
3.4 Peletizace.....	33
3.5 Výkonnost linky	33
4 Porovnání paletizačních zařízení	34
4.1 Peletovací lis PL150.....	35
4.2 Peletovací lis WIE-PM-1000	37
4.3 Peletovací lis MGL200	39
5 Vyhodnocení	42
6 Závěr.....	45
7 Citovaná literatura.....	46
8 Seznam obrázků	49

9 Seznam tabulek	49
10 Seznam rovnic	50

Úvod

S narůstajícím zájmem o šetrnější životní prostředí vzniká mnoho nových témat, jako například otázky týkající se životního prostředí, která je třeba prodiskutovat. Jedna z hlavních enviromentálních otázek je, jak snížit negativní dopad na životní prostředí. Možnou alternativou může být změna způsobu získávání energii. Jeden z hlavních přispívatelů globálního oteplování jsou skleníkové plyny, které jsou z velké části tvořeny spalováním fosilních paliv.

S ubývajícimi zásobami fosilních energetických zdrojů roste tlak na nalezení ekologických a udržitelných alternativ. Další z perspektivních cest je přepracování odpadu a jeho následné využití jako potenciálního zdroje energie. Důležitou roli v této oblasti hraje vhodná úprava organických odpadů, která umožňuje získat paliva jako náhradu za tradiční fosilní paliva. Metoda spalování biomasy se ukazuje jako klíčový nástroj pro efektivní zpracování organického odpadu. Kromě účinné likvidace odpadu má tato metoda pozitivní dopad na životní prostředí. V porovnání s konvenčními fosilními palivy generuje spalování biomasy značně nižší emise, což přispívá k omezení negativních dopadů na atmosféru a celkově zlepšuje kvalitu životního prostředí. (1)

Palivo v 21. století musí odpovídat nejen energetickým, ekologickým a ekonomickým normám, ale rovněž by mělo vyhovovat nárokům na vysoký stupeň pohodlí a bezpečnosti při jeho spalování. Současný energetický materiál by měl disponovat jednotnou velikostí frakce, optimální hustotou, správnou vlhkostí a vhodným tvarem.

Pevná biopaliva zahrnují různé formy biomasy, které lze využít k výrobě tepla nebo elektřiny. Palivové dřevo, suchý hnůj, dřevěné uhlí, a pelety jsou některé příklady pevných biopaliv. Pokud jde o moderní aplikace vytápění, nízká hustota přírodní biomasy představuje určité výzvy. K řešení tohoto problému se jako praktické řešení objevila kompaktní pevná biopaliva získaná ze dřeva nebo zemědělského odpadu. Tato stlačená biopaliva nabízejí nejen vyšší energetické hodnoty, ale také se mohou pochlubit vylepšenou jednoduchostí provozu, dopravy, skladování a využití. Kromě toho mají vyšší koncentraci energie na jednotku objemu a vykazují snížené hladiny toxických sloučenin, jako je síra a těžké kovy. (2)

1 Cíl práce a metodika

Cílem bakalářské práce je podrobněji seznámit se s problematikou energetického zpracování biomasy ve formě lisovaných biopaliv a provést analýzu výchozího zařízení s následným porovnáním s ostatními dostupnými stroji na trhu.

Metodika této práce vychází z přesně stanovených klasifikačních a specifikačních rámců pro tuhá biopaliva, která jsou určena pro jejich energetické využití. Praktická část bakalářské práce se soustředí na důkladnou analýzu současných technologických zařízení používaných při výrobě lisovaných biopaliv. Tato část se zaměřuje na identifikaci klíčových prvků jednotlivých zařízení a jejich schopnost plnit požadované normy a specifikace pro výrobu biopaliv.

Úvodní část práce se věnuje rozmanitosti biopaliv a dřevní biomasy, jakožto klíčových zdrojů obnovitelné energie, a dále popisuje proces peletizace. Tento úvodní úsek je zaměřen na poskytnutí přehledu o různých typech biopaliv a jejich významu v kontextu snižování závislosti na fosilních palivech a podpoře udržitelného energetického sektoru

Následně se práce soustředí na peletovací stroj, který slouží k výrobě tuhých biopaliv z dřevní štěpky. V této části jsou detailně analyzovány vlastnosti tohoto stroje a jednotlivé části jeho strojního zařízení jsou popsány s cílem poskytnout hlubší porozumění funkčnosti a procesu výroby pelet.

V závěrečné části práce je provedeno srovnání tří různých peletovacích zařízení. Tyto zařízení jsou podrobně hodnocena a porovnána na základě několika klíčových parametrů. Cílem tohoto srovnání je identifikovat nejvhodnější variantu pro konkrétní využití

Tímto strukturovaným přístupem zahrnujícím úvodní přehled, detailní analýzu peletovacího stroje a srovnání různých zařízení se práce snaží poskytnout komplexní a informativní pohled pro zvolení vhodného zařízení

2 Představení, využití a důležitost biopaliv

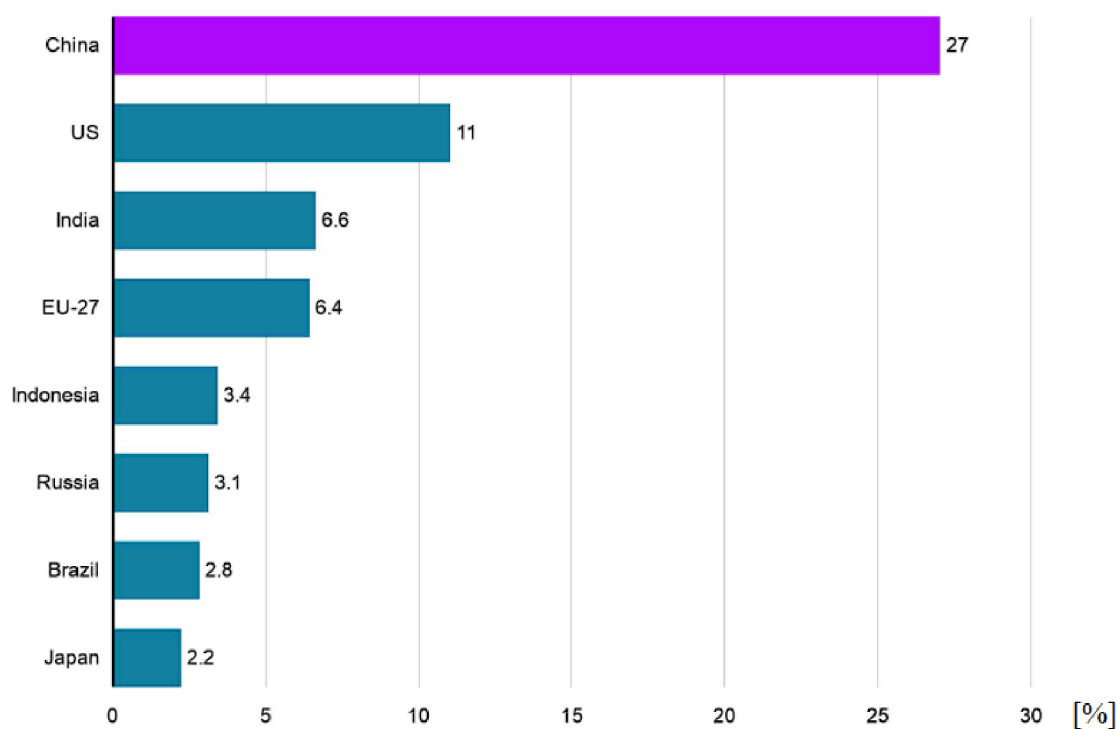
Praktické využití biopaliv závisí na výrobních metodách, nízkonákladové implementaci technologie a použitím substrátu. Tento přehled poskytuje pohled na různé generace biopaliv s jejich aplikacemi a důsledky. Biopaliva první generace se vyrábějí z jedlé biomasy, ale ani ve vysoce účinných procesech jejich výtěžnost nestačí na to, aby byla lepší alternativou ke konvenčním palivům. Biopaliva druhé generace se vyrábějí z nepoživatelné biomasy, kde substrát je ekologický a poskytuje udržitelné využití pevného odpadu. Bohužel předúprava je předražená a k provedení procesu je zapotřebí sofistikovaná technologie. Biopaliva třetí generace se vyrábějí ze substrátů, jako jsou mořské řasy nebo mikro řasy, pro které není vyžadována žádná specifická oblast nebo samostatný kultivační proces. (3)

Biopaliva, jako je biovodík produkovaný mikrobiální fermentací, biosyngas generovaný zplyňováním a bionafta získaná trans esterifikací, se ukázaly jako slibné a ekologicky šetrné alternativy ke konvenčním palivům. Tato biopaliva mají potenciál připravit cestu pro bio ekonomický systém výroby paliv, který nabízí ekonomickou životaschopnost a účinnost V oblasti bioenergie se v současné době vyskytují některé výzvy, které brání plné komercializaci. K překonání problémů první, druhé a třetí generace biopaliv se vyvíjejí biopaliva čtvrté generace pomocí technik, jako je společná kultivace, nanotechnologie a geneticky modifikované organismy. Budoucí generace biopaliv by mohla vytvořit systém pro oběhovou bio ekonomickou cestu pro udržitelný rozvoj v palivovém průmyslu. (3)

Jedním z nejvýznamnějších problémů, který svět v současnosti zažívá, je změna klimatu, která se poprvé projevila ve 20. století. Četné důkazy naznačují, že hlavním motorem změny klimatu je lidská civilizace a že důsledky tohoto posunu ovlivňují světové zásoby potravin a energie, politickou a ekonomickou stabilitu a migrační vzorce. Hlavním faktorem, který k tomuto problému přispívá, je naše přílišná závislost na fosilních palivech. (3)

Energie většinou historicky pocházela z fosilních zdrojů. S rostoucí spotřebou paliv se však dostupnost fosilních paliv nakonec snižuje. Je zřejmé, že přechod ze závislosti na fosilních palivech na alternativní zdroje energie je nezbytný pro zpomalení mimořádné rychlosti změny klimatu způsobené nárůstem skleníkových plynů v atmosféře. Podle zpráv BBC z roku 2021 je Čína největší přispěvatel na světě, co se týče produkce emisí uhlíku, následovaná USA, Indií, Evropou, Indonésií, Ruskem, Brazílií, Japonskem. (4)

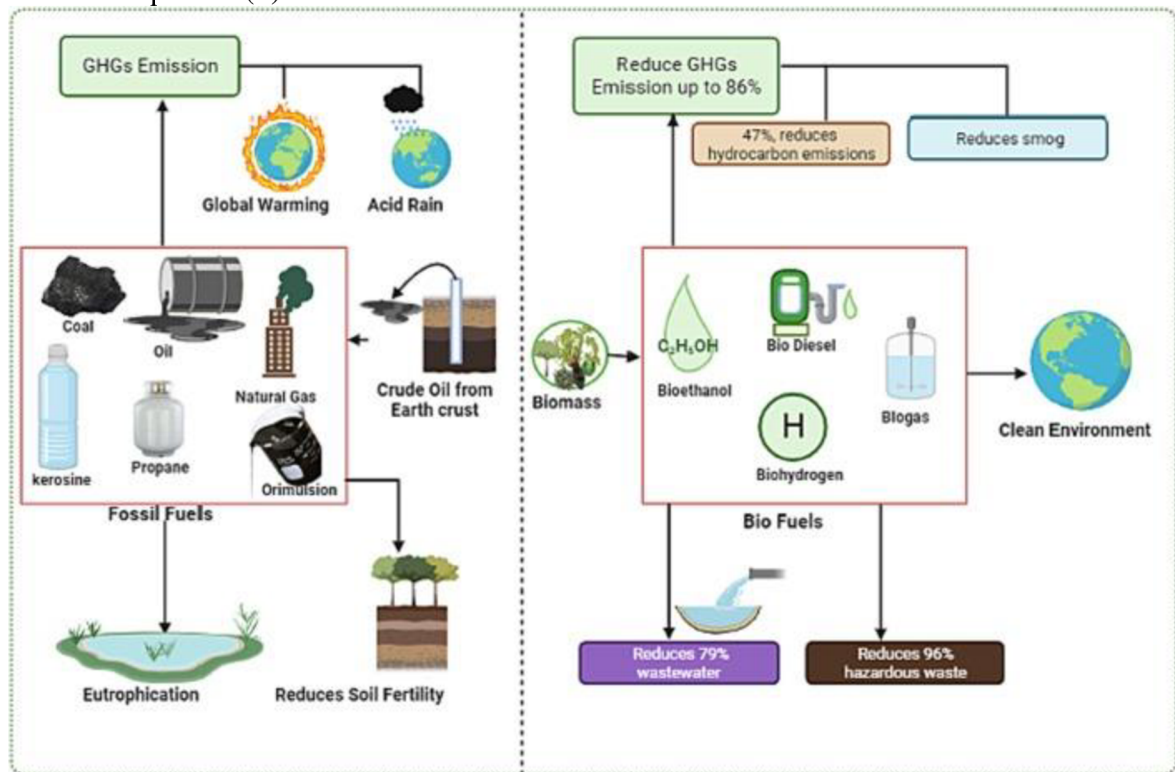
Emise skleníkových plynů



Obrázek 1 Hlavní znečišťovatelé ovzduší (5)

V dnešní době jsou obnovitelné zdroje energie včetně sluneční, organické jako je biomasa a větrné energie velmi důležité. Nutnost přejít na alternativní řešení je primárně motivována snížením znečištění ovzduší a menším vlivem na globální oteplování. Zájem o biopaliva, která mohou být vyrobena z organického materiálu a různých surovin biomasy, včetně suchozemských rostlin a vodních řas, se pravděpodobně rozvíjí v reakci na rostoucí světovou energetickou náročnost. Tato paliva mohou být udržitelnou alternativou k fosilním palivům. Biopaliva jsou ekologičtější a šetrnější variantou oproti konvenčním

neobnovitelným fosilním palivům, protože uvolňují méně uhlíkových emisí než jiná konvenční paliva. (3)



Obrázek 2 Porovnání fosilních paliv s biomasou (3)

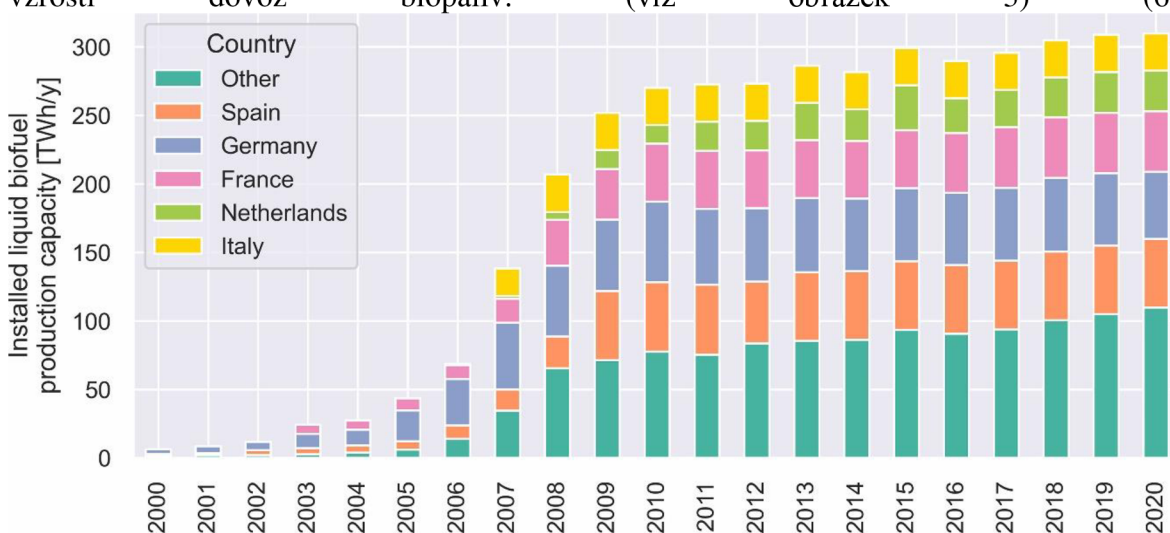
Směrnice o biopalivech (směrnice 2003/30/ES, 2003), zavedená v roce 2003, stanovila cíle pro využívání biopaliv v členských státech a nařídila, aby 2 % energie v dopravě pocházelo z biopaliv do roku 2005, 5,75 % do roku 2010 a 10 % do roku 2020. Směrnice o energetické dani (směrnice 2003/96/ES, 2003) z téhož roku navíc členským státům umožnila snížit nebo zrušit spotřební daně spojené s biopalivy. (6)

Zájem o osvobození od daně se po zavedení směrnice o energetické dani zvýšil a do roku 2007 získalo šestnáct členských států EU povolení osvobodit biopaliva od placení daní. Ačkoli se podoba výjimek v jednotlivých zemích lišila, největší úspěch zaznamenaly země s nejvyššími daněmi z fosilních paliv, jako je Švédsko a Německo. Jakmile však začala být fosilní paliva, která podléhala zdanění, nahrazována biopalivy osvobozenými od daně, příjmy státu z daní klesaly. Jen v Německu činily v roce 2005 ztráty daňových příjmů 1140 milionů eur a v celé EU se předpokládaly ztráty příjmů ve výši 1,5 až 2 miliardy eur. V reakci na rostoucí ztráty daňových příjmů se země začaly zaměřovat z daňových výjimek na biopaliva na požadavky na přimíchávání biopaliv, kdy dodavatelé paliv museli biopaliva přimíchávat do svých pohonných hmot. (6)

Povinnost přimíchávat biopaliva byla zavedena místo daňových výjimek nebo jako doplněk k nim ve 12 členských státech EU (které dohromady představují přibližně 90 % spotřeby biopaliv v EU) v letech 2005-2009. Odpovědnost vlády za náklady na biopaliva byla prostřednictvím předpisů o přimíchávání biopaliv přenesena na dodavatele benzínu, kteří pak mohli tyto náklady přenést na zákazníky prostřednictvím vyšších cen pohonných hmot. Zároveň však vytvořily specializovaný trh pro biopaliva a poskytly výrobcům přístup ke známé a jisté spotřebitelské základně, čímž snížily riziko a podpořily investice do zvýšení výrobní kapacity. Směrnice o obnovitelných zdrojích energie stanovila cíl 6% snížení emisí

do roku 2020, zatímco směrnice o obnovitelných zdrojích energie stanovila 10% cíl pro podíl obnovitelné energie v odvětví dopravy do roku 2020. (6)

Vzhledem k tomu, že ziskovost výroby vstupních surovin pro bioenergií klesala, zaměřila většina států své politické úsilí na mandáty pro přimíchávání, které měli plnit cíl směrnice o obnovitelných zdrojích energie. Vzhledem k tomu, že biopaliva jsou dražší než fosilní paliva, byli dodavatelé benzínu prostřednictvím mandátů pro přimíchávání podporováni ve výběru nejlevnějších biopaliv. Růst kapacity EU pro výrobu biopaliv se mezitím zpomalil, protože se rozšířil přístup k levným biopalivům z trhů mimo EU a prudce vzrostl dovoz biopaliv. (viz obrázek 3) (6)



Obrázek 3 Porovnání výrobní kapacity (6)

Význam vyplývá z jejich schopnosti nahradit nebo vylepšit konvenční fosilní paliva, zejména v oblastech, jako jsou průmyslové procesy, výroba energie a vytápění.

V sektoru bydlení se tuhá biopaliva používají především pro účely vytápění. Lidé už kdysi dávno využívali dřevo – buď ve formě polen, pelet nebo štěpky – jako zdroj tepla. K modernizaci tohoto procesu se používají moderní kamna a kotle, které spalují tuhá biopaliva účinněji, což vede ke snížení emisí a většímu energetickému zisku. Tento přechod na ekologičtější zdroje vytápění přispívá ke zlepšení kvality ovzduší i ke snížení spalování tradičních pevných paliv, jako je uhlí. Tuhá biopaliva jsou kromě vytápění domácností nezbytná i pro decentralizovanou výrobu energie. Také se používají v elektrárnách na biomasu k výrobě elektřiny, což přispívá k pestrému energetickému mixu. Tyto elektrárny snižují svůj vliv na životní prostředí a maximalizují účinnost využitím sofistikovaných metod spalování. Schopnost vyrábět elektřinu z místních dostupných zdrojů biomasy přispívá k udržitelnosti energetických systémů, zejména ve venkovských nebo odlehlých oblastech. Kromě toho se tuhá biopaliva používají v průmyslových provozech jako náhrada fosilních paliv v průmyslových odvětvích. (6)

Nahrazením konvenčních paliv, palivy získanými z biomasy mohou společnosti účinně minimalizovat svou uhlíkovou stopu. Tato úprava je v souladu s mezinárodními iniciativami zaměřenými na dekarbonizaci průmyslových procesů, což je důležitý první krok v boji proti změnám klimatu a k dosažení cílů udržitelného rozvoje. (6)

Produkce energetických plodin a jejich využití pro pevná biopaliva rovněž podporuje hospodářský růst na venkově a tvorbu pracovních míst. Pěstováním některých energetických plodin pro výrobu bioenergie, mohou zemědělci zvýšit rozmanitost svých zdrojů příjmů. Rozvoj dodavatelských řetězců biomasy podporuje ekonomiku vytvářením pracovních míst v různých fázích, od pěstování a sklizně vstupních surovin až po zpracování a distribuci

biopaliv. Využitím organických odpadních materiálů, zbytků z lesnictví a zemědělských zbytků přispívají tuhá biopaliva k nakládání s odpady. Přeměnou těchto materiálů na pevná biopaliva můžeme využít jejich energetický potenciál a zároveň snížit vliv na životní prostředí, na rozdíl od toho, abychom je nechali rozložit a produkovat metan, silný skleníkový plyn. Výhody výroby energie a snižování množství odpadu jdou ruku v ruce s myšlenkami kontinuálního hospodářství. Bez ohledu na tyto výhody však stále existují překážky, které stojí v cestě širokému využití tuhých biopaliv. (6)

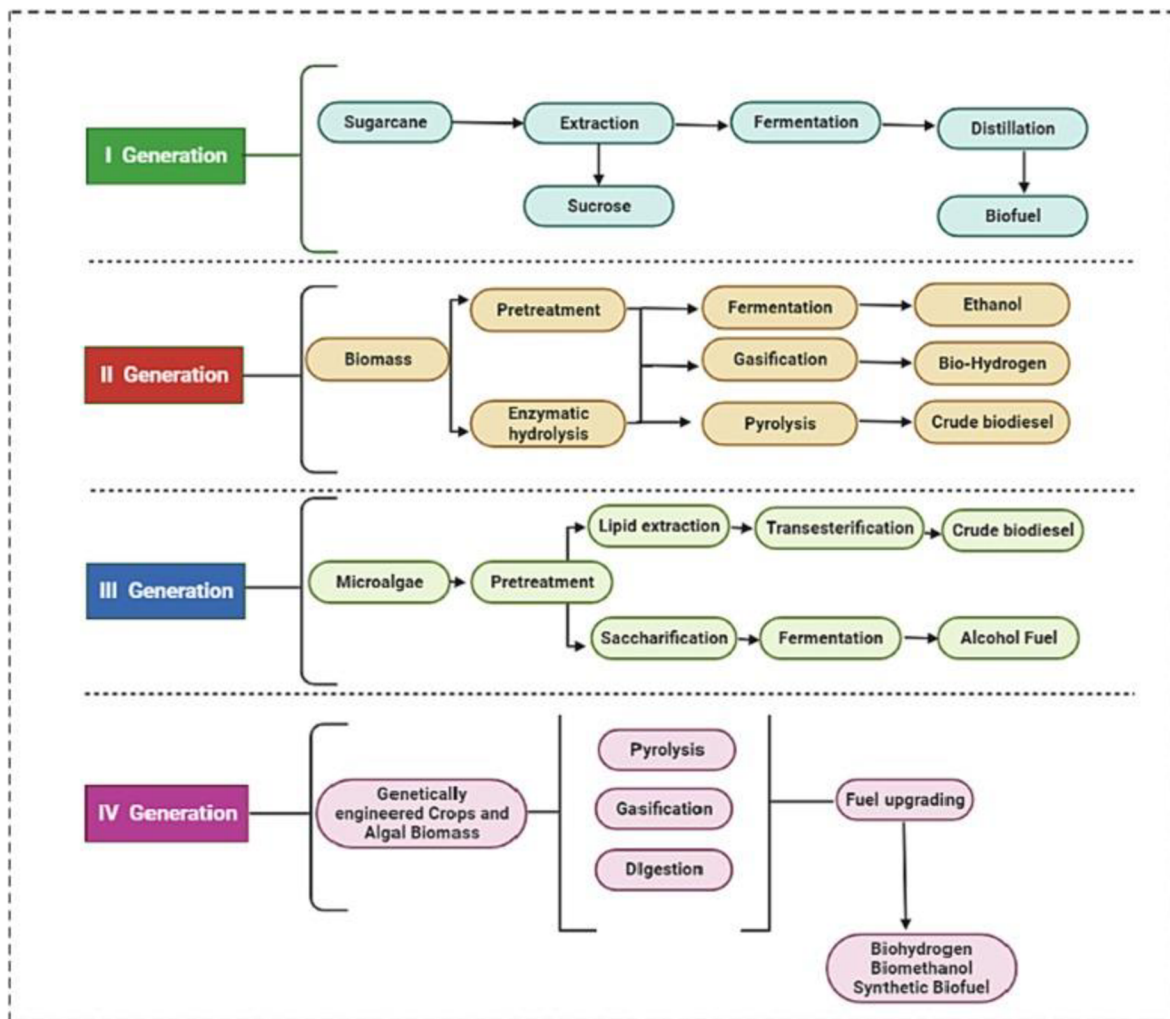
Biopaliva se vyrábějí v různých formách, přičemž dvě základní kategorie jsou bioetanol. Bioetanol, který se obvykle vyrábí z plodin, jako je kukuřice, cukrová třtina a pšenice, je obnovitelnou alternativou benzínu. Na druhou stranu bionafta, získávaná z rostlinných olejů, živočišných tuků a recyklovaného kuchyňského oleje, slouží jako náhrada běžné motorové nafty. Tato biopaliva jsou kompatibilní se stávajícími spalovacími motory, což umožňuje plynulý přechod od fosilních paliv k obnovitelným zdrojům energie. Odvětví dopravy: Jedním z významných využití biopaliv je sektor dopravy. Jako náhrada benzínu a nafty přispívají biopaliva ke snižování emisí skleníkových plynů a snižování závislosti na omezených zdrojích fosilních paliv. Benzín s příměsí bioetanolu a bionaftu lze používat ve stávajících vozových parcích, aniž by to vyžadovalo zásadní úpravy. (6)

Například i ve formuli 1 chtějí v roce 2030 dosáhnout uhlíkové neutrality a od roku 2026 se již část pohonných hmot musí skládat ze syntetického paliva

Pokroky v technologiích výroby biopaliv navíc umožnily vytvořit účinnější a ekologičtější letecká paliva, která otevírají cestu k udržitelné letecké dopravě.

Zemědělské zbytky a přeměna odpadu na energii: Biopaliva získávaná ze zemědělských zbytků a odpadních materiálů nabízejí dvojnásobnou výhodu, neboť řeší jak energetické potřeby, tak i otázky nakládání s odpady. Biomasy, včetně rostlinných zbytků, dřevní štěpky a organického odpadu, lze přeměnit na biomasu různými procesy, jako je anaerobní rozklad a termochemická konverze. To nejen poskytuje další zdroj energie, ale také pomáhá při odpovědné likvidaci vedlejších zemědělských produktů, čímž se snižuje dopad hromadění odpadu na životní prostředí. (6)

Snížení uhlíkové stopy: Jednou z hlavních výhod biopaliv je jejich potenciál výrazně snížit emise uhlíku ve srovnání s tradičními fosilními palivy. Uhlík uvolněný při spalování biopaliv je kompenzován oxidem uhličitým pohlceným během růstu výchozí suroviny, čímž vzniká uzavřený uhlíkový cyklus. Díky tomu jsou biopaliva uhlíkově neutrální nebo dokonce uhlíkově negativní, což přispívá k úsilí o boj proti změně klimatu a dosažení cílů udržitelnosti. Navzdory četným výhodám biopaliv přetrvávají problémy při jejich širokém zavádění. Soupeření o půdu mezi výrobou potravin a paliv vyvolává obavy o potravinovou bezpečnost a odlesňování. Kromě toho je třeba dále zlepšit účinnost procesů výroby biopaliv a škálovatelnost pěstování vstupních surovin. V současné době probíhá výzkum a vývoj s cílem řešit tyto problémy a zvýšit celkovou udržitelnost a životaschopnost biopaliv. (6)



Obrázek 4 Schéma generací biopaliv (3)

2.1.1 Biopaliva první generace

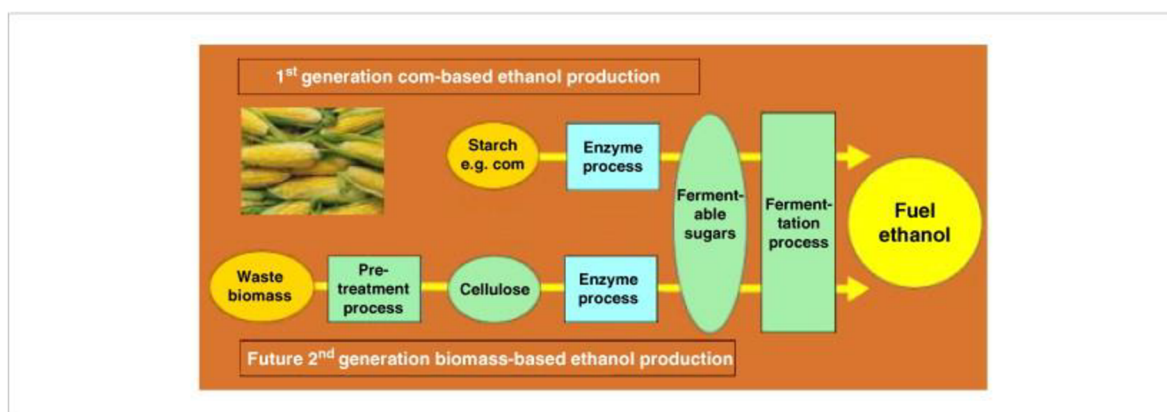
Etanol a bionafta jsou příklady biopaliv z první generace, které se získávají z biomasy. Nejběžnější metodou výroby etanolu je fermentace většinou glukózy za použití tradičních nebo geneticky modifikovaných kmenů. Bioetanol první generace se skutečně vyrábí pouze z několika různých vstupních surovin, především z kukuřice nebo cukrové třtiny. Kromě těchto surovin se pro výrobu bioetanolu první generace využívá nebo zkoumá syrovátka, ječmen, bramborový odpad a cukrová řepa. Jednou z nejoblíbenějších surovin pro výrobu biopaliva je cukrová třtina, přičemž Brazílie patří mezi její hlavní producenty. Postup, který umožňuje výrobu (7)

Výroba etanolu z cukrové třtiny není příliš složitá. Poté, co se cukrová třtina rozdrťí ve vodě, aby se z ní získala sacharóza, se vyčistí a získá se buď surový cukr, nebo po další úpravě etanol. Bioetanolový průmysl se potýká s problémy kvůli rostoucím cenám cukru, přestože výrobci z tohoto růstu značně profitují. (7)

V roce 2012 cena etanolu činila 2,59 USD za galon (0,68 USD/l), zatímco cena surového cukru se pohybovala kolem 0,20 USD za libru. Náklady na výrobu 1 litru etanolu ze surového cukru by se měly pohybovat mezi 0,30 a 0,35 USD, proto trh upřednostňoval

výrobu surového cukru před etanolem. Dalším hlavním zdrojem pro výrobu etanolu je kukuřice. Na rozdíl od cukrové třtiny u kukuřice se musí nejprve hydrolyzovat škrob, aby se z něj uvolnily cukry, které lze následně fermentovat za účelem výroby etanolu. Enzym *A-amyláza*, který se běžně používá k hydrolyzaci škrobu, stojí pouhých 0,04 USD na galon vyrobeného etanolu. Při tržní hodnotě kukuřice přibližně 338 USD/t v roce 2012 lze v závislosti na účinnosti procesu vyrobit 400-450 l etanolu. Jediným dalším průmyslově vyráběným biopalivem je bionafta. Protože vznik tohoto biopaliva lze považovat za chemický proces, výrazně se liší od vzniku etanolu. Přirozeně se při něm používá biomasa (olejnaté rostliny a semena).

Vlastní metoda je založena na odstranění olejů a jejich přeměně na bionaftu prostřednictvím procesu známého jako trans esterifikace, který spočívá v uvolnění vazeb držících dlouhé řetězce mastných kyselin na glycerol a jejich nahrazení metanolem. Rostlinné zdroje mají na světovém trhu různé ceny. Pro ilustraci, tržní hodnota palmového oleje činila v srpnu 2012 931 USD/t, zatímco cena sójového oleje byla 1 230 USD/t. Tržní hodnota řepkového oleje, další oblíbené suroviny používané k výrobě bionafty, byla 1 180 USD/t. Z toho vyplývá přibližný odhad 1 000-1 200 l vyrobené bionafty na tunu oleje, přičemž tržní cena nafty byla vypočtena na 3,2077 USD/galon (0,85 USD/l). K výrobě bionafty je rovněž zapotřebí methanol, jehož cena se obvykle pohybuje mezi 125 a 150 l/t přepočtené ropy a jehož tržní cena je přibližně 0,35 USD/l. Nejdůležitějším faktorem ovlivňujícím výrobu bionafty jsou náklady na vstupní suroviny. (7)



Obrázek 5 Proces flow výroby etanolu z kukuřice (40)

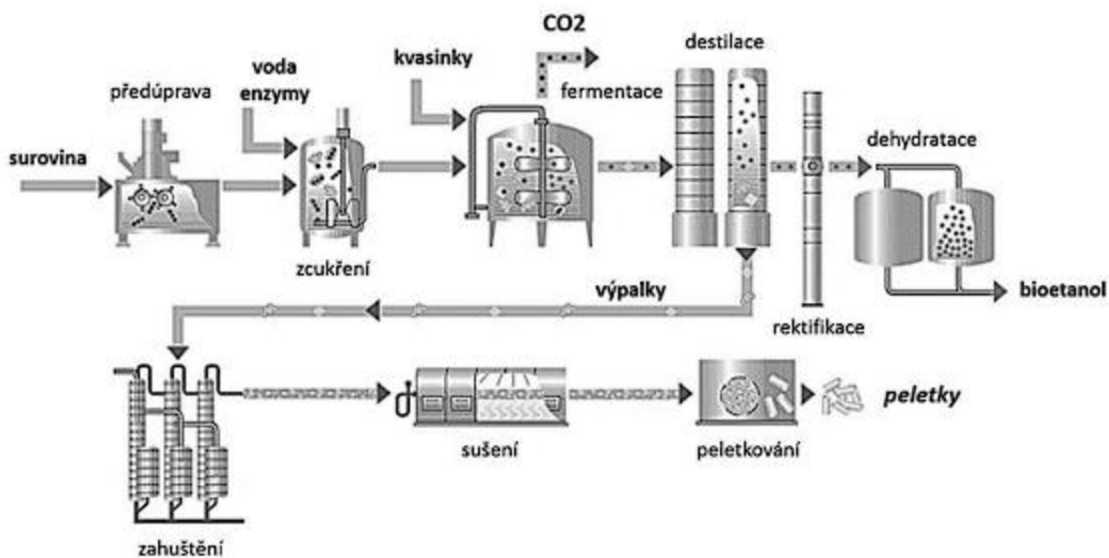
2.1.1.1 Etanol

První generace využívají pro výrobu etanolu škrob nebo cukr. Etanol na bázi škrobu se obvykle vyrábí z kukuřice, ale také z obilí, a dominují mu USA, následované dalšími významnými zeměmi vyrábějícími etanol, jako jsou Čína, Kanada, Francie, Německo a Švédsko. Z cukrové třtiny se na světovém trhu vyrábí přes 21 milionů m³ etanolu, zatímco z obilovin a kukuřice přes 60 milionů m³. (8)

Nejprve se substrát rozemele a poté se škrob zkapalní v procesu známém jako suché mletí, při kterém se z obilí vyrábí etanol. K uvolňování monomerů cukru (glukózy) do roztoku dochází během hydrolyzy neboli sacharizace, která nastává po zkapalnění. (8)

Monomery cukru jsou během následného nebo souběžného procesu fermentace zkvašeny na etanol a oxid uhličitý. Po dokončení fermentace se obvykle dosáhne koncentrace etanolu zhruba kolem 10 %. Podle evropské normy EN 15376 se fermentační kapalina destiluje, aby se izoloval a vyčistil etanol, který se následně dehydratuje na koncentraci vyšší než 99,7 % pro palivové účely. Na dně destilačního sloupce se

shromažďuje kal, tedy zhruba 10 % celkové sušiny, která zahrnuje zbytky substrátu, kvasinky a vedlejší produkty kvašení. (8)



Obrázek 6 Schéma výroby bioetanolu (39)

2.1.1.2 Bionafta

Ekologickou a obnovitelnou náhradou běžné motorové nafty je bionafta. Lze ji vyrobit několika způsoby, z nichž nejběžnější je homogenní alkalicky katalyzovaná transesterifikace. (9)

Pro výrobu bionafty jsou však stále atraktivnější jiné než jedlé oleje, a to kvůli rostoucí poptávce po jedlých olejích a přetrvávajícím obavám z využívání jedlých zdrojů pro pohonné hmoty. Pro výrobu bionafty nabízejí nejedlé oleje – například oleje vyrobené z odpadních olejů – ekologicky odpovědnější a udržitelnější zdroj. (9)

Existují dvě metody výroby bionafty: chemická metoda a fyzikální metoda. Esterifikační reakce, transesterifikace a pyrolýza jsou příklady chemických metod. Pyrolýza je proces tepelného rozkladu olejů nebo živočišných tuků na malé molekuly v inertní atmosféře při vysokých teplotách, a to buď s použitím katalyzátoru, nebo bez něj. Katalyzovaná transesterifikace je nejlevnější chemickou transformací pro výrobu bionafty. (9)

Výběr vhodných vstupních surovin má velký vliv na techniku i náklady na výrobu bionafty. V dnešní době jsou známy tři typy bionafty – první, druhé a třetí generace – a jsou určeny zdrojem suroviny, který může zahrnovat nejedlé oleje, jedlé oleje nebo biomasu. Kromě toho se novou oblastí studia stává bionafta čtvrté generace, která k výrobě bionafty využívá geneticky modifikované řasy. (9)

2.1.2 Biopaliva druhé generace

Základní biomasou používanou k výrobě paliv druhé generace je lignocelulóza (rostlinná sušina). Oproti biopalivům první generace mají tato biopaliva výhody, protože využívají různé cesty k získání paliva. Použití nepotravinářské suroviny (lignocelulózová biomasa, zbytky polních plodin, zbytky lesních produktů nebo rychle rostoucí

specializované plodiny) je to, co biopaliva druhé generace odlišuje. Vytvořená biopaliva lze používat ve stávajícím stavu (bez přimíchávání) ve stávajících vozidlech nebo jako náhradu tradičních paliv na bázi ropy bez omezeného přimíchávání. Celulózoý etanol je hlavní formou biopaliva druhé generace, které se v současné době vyvíjí nebo používá. (10)

Vyrábí se kvašením cukrů, které se získávají z celulózoé a hemicelulózoé frakce lignocelulózoé biomasy. Tuhé komunální odpady a další lignocelulózoá biomasa mohou být stále zpracovávány pomocí technologií, které ještě nejsou nákladově konkurenceschopné nebo technologicky vyspělé. (10)

Biopaliva druhé generace jsou flexibilnější a energeticky účinnější, pokud jde o vstupní suroviny. Příkladem jsou etanol a metanol, které se vyrábějí z dřevní biomasy. Potenciál využití heterogenní i celulózoé biomasy poukazuje na snížení nákladů a zlepšení ekologických parametrů. Vstupní surovinu pro druhou generaci mohou poskytovat specializované plantáže, nebo může pocházet z odpadků, vedlejších produktů či jiných zdrojů. (11)

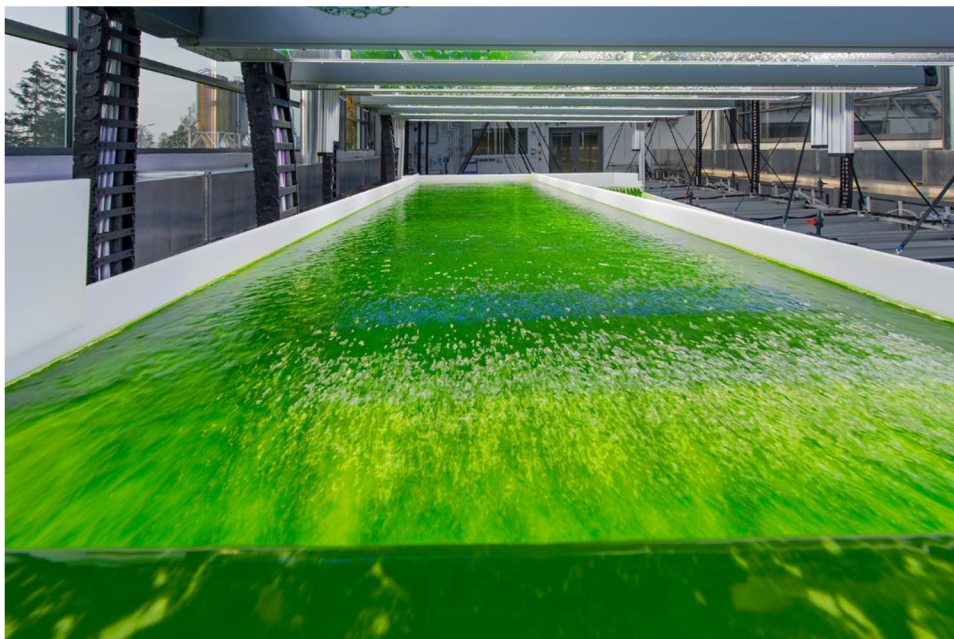
Protože rostlinné zbytky dodávají důležitou organickou hmotu, která zlepšuje úrodnost půdy, jsou pro udržení půdní úrodnosti zásadní. Kvůli tomuto stavu je ohrožena jak úrodnost půdy, tak potravinová bezpečnost lidí. Navíc, jak bylo pozorováno ve Spojených státech v roce 2021, neustálá sklizeň rostlinného odpadu zvyšuje erozi půdy. Odstraňování příliš velkého množství rostlinných zbytků z farem zvyšuje možnost podpory rozvoje plevelů, což zvyšuje potřebu herbicidů a snižuje biologickou rozmanitost v daných oblastech. Zjistilo se že na místech, kde byly vysazeny plodiny pro výrobu biopaliv druhé generace, byla místní druhová bohatost a početnost o 19 %, resp. 25 % nižší než dříve. (12)

2.1.3 Biopaliva třetí generace

Mezinárodní agentura pro energii definuje biopaliva třetí generace jako biopaliva vyrobená z vodní biomasy, obvykle z řas. Systémy, které vytvářejí tento druh biopaliva, se skládají ze dvou základních fází: přirozený vývoj nebo pěstování vodní biomasy a druhá fáze zahrnuje všechny činnosti od sklizně suroviny až po výrobu biopaliva. Biopaliva třetí generace se obvykle vyrábějí metodou s jedním výstupem, která slouží několika cílům, jako je energie a ozdravení vody. (13)

Při diskusi o výrobě biopaliv z pěstovaných řas je důležité zdůraznit význam druhého cíle výroby biopaliv, kterým je sanace vodních zdrojů a ochrana vodních ekosystémů. Při eutrofizaci totiž dochází k nekontrolovatelnému růstu biomasy vodních rostlin – například makroskopických řas. Což má negativní dopady na vodní ekosystém, protože biomasa při svém rozkladu spotřebovává příliš mnoho kyslíku. V tomto případě je také možné posoudit "ušetřenou energii" díky ekosystémové službě řas čistících vodu, protože při svém vývoji absorbují živiny, čímž zabraňují eutrofizaci a souvisejícím environmentálním problémům. Náklady, které by jinak vznikly použitím alternativních technologií k odstranění živin z vodního ekosystému, se označují jako "ušetřená energie". (13)

Kultivace mikrořas vyžaduje stálý přísun surovin, včetně vody (sladké, odpadní nebo slané), slunečního světla, oxidu uhličitého a živin, bez ohledu na technickou metodu.



Obrázek 6 Lázeň pro pěstování řas (16)

V porovnání s jinými rostlinami na biomasu potřebují mikrořasy těchto zdrojů podstatně méně. Příčinou tohoto je jejich jednobuněčná struktura. Dusík a fosfor jsou nezbytné živiny pro růst mikrořas a lze je získat prostřednictvím živin z odpadních vod nebo běžných chemických hnojiv. Dalšími surovinami, které je třeba přidat do dodavatelského řetězce, jsou chemické látky, jako je alkohol a rozpouštědla. (14)

Po sušení lze produkt zpracovat na biopaliva různými způsoby a technologiemi. Dvěma základními biopalivy vyráběnými z mikrořas jsou bioetanol a bionafta. Některé kmeny mikrořas mají vysoký obsah sacharidů, což je činí užitečnými jako zdroj uhlíku pro syntézu etanolu. Aby bylo tohoto cíle dosaženo, musí sušené mikrořasy projít dvěma hlavními procesy:

- předběžnou úpravou a hydrolýzou, aby se z buněk řas uvolnily molekuly cukru, a
- fermentací a destilací, aby se molekuly cukru za anaerobních podmínek přeměnily na etanol a vzniklý etanol se vyčistil. (14)

2.1.4 Biopaliva čtvrté generace

Biopaliva první generace mají nižší výrobní náklady a vyšší produkci, ale také vyžadují využití orné půdy k pěstování, což má dopad na světové zásobování potravinami. Biopaliva druhé generace neohrožují světové zásoby potravin, ale jejich výroba stále vyžaduje ornou půdu, vodu a pesticidy. (15)

Kromě toho tvoří materiál druhé generace biomasa nepotravinářských plodin složená z celulózy (35-50 %), hemicelulózy (20-35 %), ligninu (15-20 %) a dalších složek (15-20 %). (15)

Hydrolýza ligninu vyžaduje další chemické reakce a enzymy kvůli jeho heterogenní struktuře. Biopaliva třetí generace na bázi řas jsou velmi oblíbená kvůli vysoké produkci, schopnosti absorbovat CO₂ a jednoduchosti zpracování. Řasy se navíc mohou vyvíjet v odpadní a slané vodě. (15)

Nepředstavují hrozbu pro potravinářské plodiny pěstované v orném nebo sladkovodním prostředí. A konečně, biopaliva čtvrté generace jsou vyráběna transgenními organismy, jako jsou sinice, houby, kvasinky a řasy. (15)

Genetické inženýrství, technologie CRISPR, editace genomu, techniky syntetické biologie, techniky výpočetní biologie, jako je vysokokapacitní screening, a některé techniky čtvrté generace, jako je zplyňování, pyrolýza (400-600 °C) namísto genetické manipulace a přeměna slunečního záření na palivo, jsou některé z moderních přístupů a metodik používaných při výrobě biopaliv čtvrté generace. (15)

Biopaliva a bioprodukty čtvrté generace se vyrábějí s vyšší účinností než předchozí generace, a to díky využití lignocelulózových surovin a nejmodernějších metod konverze. Protože nejsou závislé na zdrojích pocházejících z plodin, umožňují tyto špičkové technologie udržitelnou výrobu vysoce hodnotných chemických látek a biopaliv, aniž by byla ohrožena potravinová bezpečnost. Jedná se především o využití termochemických a biochemických technologických přístupů k výrobě bioproduktů. (15)

Pro výrobu bioplynu, alkoholů, organických kyselin a plynů zahrnují biochemické metody hydrolýzu, konsolidovanou fermentaci, rozklad na bázi mikroorganismů, integraci bio rafinérií a pokročilé integrované techniky předúpravy, jako jsou hluboká eutektická a iontová rozpouštědla. Termochemické postupy zahrnují zkapalňování, zplyňování a pyrolýzu, kladou důraz na vytváření a pečlivé zkoumání biocharu, syngasu a biooleje. (15)

Vzhledem ke sporným debatám kolem využití genového inženýrství v zemědělství a medicíně, zejména v Evropě, lze očekávat podobné obavy z jeho uplatnění při výrobě biopaliv. Podle studie provedené v Evropě by většina spotřebitelů byla přístupná používání geneticky modifikovaných řas pro výrobu biopaliv, pokud by byla zajištěna bezpečnost systému. Tyto obavy by však mohly být výrazně sníženy vhodnými technikami omezování výskytu a vhodně zvolenými lokalitami. Proto se předpokládá, že budou vybudovány uzavřené výrobní systémy s přísnými bezpečnostními požadavky. Riziko úniku geneticky modifikovaných organismů (GMO) lze výrazně snížit použitím dalších technik biologického omezení, jako jsou auxotrofie nebo kill switches, které jsou založeny přímo na genetických modifikacích uvnitř výrobních buněk. Jednou z alternativ cíleného genetického inženýrství je zrychlená evoluce neboli náhodná mutagenese. Tato metoda nevystavuje mikroorganismy ani předměty jí produkované omezením GMO. (16)

2.2 Dřevní biomasa

Teoreticky můžeme k výrobě energie použít veškeré dřevo, které splňuje požadavky na spalování. Kategorie surového dříví jsou v České republice rozděleny do šesti jakostních tříd na základě šesti druhů, rozměrů a potenciálních kvalitativních kategorií. Odřezky kulatiny tvoří první tři kategorie. Jedná se o dřevo, které bude mechanicky zpracováno podélným rozřezáním na řezivo a následně rozřezáno a loupáno na dýhy. Tyto třídy musí splňovat přísné kvalitativní normy, což je také důvodem jejich vysoké ceny. Jejich využití pro energetické potřeby by nebylo ekonomicky proveditelné. (17)

Dřevní biomasa neboli přírodní dřevo a jeho složky (celulóza, lignin atd.) se stává stále populárnějším zdrojem obnovitelných uhlíkatých materiálů s obrovskými zásobami. Ačkoli hemicelulóza hraje v dřevní biomase významnou roli. Dva nejrozšířenější přírodní polymery na Zemi, celulóza a lignin, mají spolu s běžně dostupným dřevem tu výhodu, že jsou levné a snadno dostupné. (18)

Zavedení dřevní biomasy do energetiky je tak zcela oprávněné. Předpokládá nejen výhodu stálé výroby elektřiny v závislosti na počasí při spalování biomasy také znatelné snížení dopadu tepelných energetických zařízení využívajících tento energetický nosič na

životní prostředí v důsledku lidské činnosti. Je všeobecně známo, že spalováním biomasy ze dřeva se uvolňuje oxid uhličitý, který nemění celkovou bilanci CO₂ v atmosféře planety. Spalováním biomasy ze dřeva se také uvolňuje podstatně méně oxidů síry a oxidů dusíku než spalováním uhlí. Dále je třeba zmínit, že biopalivo ze dřeva je levný zdroj energie, který je dostupný prakticky všude na Zemi. (19)

Až 27 % hmotnosti dřeva vzniká jako odpad v dřevozpracujícím průmyslu, zbytky po těžbě a zpracování dřeva, které mají velký potenciál pro výrobu energie. Z tohoto odpadu lze získat energii až ze 42 %. další výhodou je minimální množství popela, které vzniká při spalování dřevního odpadu – mezi 0,4 a 2,0 %. (20)



Obrázek 7 Cyklus dřevní biomasy zdroj (19)

Biomasa je jediným z obnovitelných zdrojů, a proto v posledních letech přitahuje značnou pozornost jako obnovitelný zdroj energie. Patří sem zemědělské zbytky, komunální odpady, palivové dřevo, živočišné odpady a další palivo získané z biologických zdrojů. Zhutnění odpadních materiálů z biomasy činí materiál hustším a snadněji se s ním manipuluje, čímž se snižují náklady na přepravu a manipulaci. Zhutnění může také zvýšit výhřevnost na jednotku objemu, díky čemuž je palivo z biomasy více kompatibilní s uhlím a efektivnější při spalování (21)

2.2.1 Palivové dřevo

K výrobě palivového dřeva se využívá řada lesnických produktů. Palivové dřevo je kategorie dřeva s extrémně nízkou technologickou kvalitou; dřevo není vhodné mechanicky ani chemicky zpracovávat. Podíl tohoto sortimentu na celkovém množství vytěženého dřeva postupně klesá v důsledku rozvoje technologií zpracování dřeva. (17)

Palivové dříví se obvykle nepodrobuje dalšímu technologickému zpracování (např. štěpkování nebo drčení), protože energeticky náročné vstupy příliš nezvyšují praktickou hodnotu palivového dříví. Palivo se však zpracovává na polena. Palivové dřevo, dříve označované jako palivová kola, se nyní na požádání zpracovává na potřebnou velikost podle technologických možností kotle. (17)

2.2.2 Štípané palivové dřevo

V posledních několika letech byl zaznamenán výrazný nárůst poptávky po určitém druhu "štípaného palivového dřeva", které výrobci příležitostně označují jako palivové dřevo. Tento druh se vyrábí jako neštípané a naštípané na polena tvrdé palivové dřevo (dub, buk, habr, jasan a měkké palivové dřevo (smrk, borovice). (17)

Vyrábí se v délkách 25, 33, 40, 45, 50 a 100 cm. Štípané palivové dřevo se dodává buď volně ložené, nebo rovnané v pytlích nebo paletách (17)



Obrázek 8 Suché palivové dřevo délka 30-33 cm (38)

2.2.3 Štěpka

Štěpka se vyrábí ze zbytkového dřeva, které bylo strojově rozřezáno a rozdrčeno na kousky dlouhé 3 až 250 mm. K výrobě tohoto produktu se používá odpad z průmyslového zpracování dřeva a lesnictví. Dřevní štěpka je běžným zdrojem paliva pro výrobu energie a vytápění. Nabízí udržitelnou náhradu fosilních paliv a lze ji použít v kotlích nebo pecích. Dřevní štěpka se vyrábí v různých druzích, včetně tříděné dřevní štěpky, kterou lze použít jako biomasu pro vytápění nebo na zahradách. Tento druh biomasy je účinný a má dlouhou životnost pro různá použití. (22) (23)



Obrázek 9 Dřevní štěpka mix (37)

2.2.4 Piliny a hobliny, kůra

Kmeny určené pro větší dřevozpracující závody se před štípáním zbavují kůry. Oddělená kůra bývala odpadem. Dnes se z ní vyrábí mulčovací kůra, zahradnické substráty a biopaliva. Do těchto zmíněných produktů se kůra přidává jako příměs. Tuto hmotu lze také využít k výrobě elektřiny. (17)

Piliny neměly žádný další účel a byly odpadem, stejně jako kůra. Tento zvláštní druh dřevního odpadu vzniká při podélném i příčném řezání dřevin. Obvykle obsahuje značný podíl dřevního prachu a je drobný (3-7 mm). Piliny tvoří asi 10-13 % z celkového množství dřevní hmoty ve standardních schématech výroby na pilách, které se zpracovává. Přibližně 80 % z tohoto množství lze využít vzhledem k možným ztrátám. Piliny se v současnosti dále zpracovávají na lisované dřevěné výrobky, aglomerované desky, biobrikety a pelety. (17)



Obrázek 10 Piliny (37)

2.3 Drcení

Pro výrobu dřevěných pelet jsou nejlepšími surovinami suché piliny a hobliny. Piliny nebo hobliny jsou v současné době nejběžnějšími materiály používanými k výrobě pelet a jsou využívány v maximální možné míře. Pro uspokojení rostoucí poptávky po peletách nebude k dispozici dostatek suchých pilin, a proto bude nutné používat alternativní suroviny. Větší množství vlhkých pilin bude nejprve vysušeno a využito. Pokud se zvýší využití pelet, měly by být v daném pořadí použity suroviny jako kůra, větve a koruny, kmenové dřevo a recyklované palivo. (24)

Předpokládá se, že práce se dřevem je složitější než práce s kovy. Mohou za to jedinečné vlastnosti dřeva, jako je anizotropie, vnitřní pnutí, pevné minerální částice a různá hustota průřezu. Kromě toho se při řezání dřeva používají vysoké rychlosti (20-40 m.s⁻¹) a nože jsou vystaveny vysokému tepelnému namáhání v korozivním prostředí. U nástrojů na řezání dřeva tak dochází k silnému mechanickému a tepelnému namáhání, plastické deformaci, adhezi, difuznímu opotřebení a oxidaci. (25)

Kromě různých surovin, které lze zpracovávat v drtiči dřeva, existují i normy pro jejich velikost. Obecně lze říci, že drtič dokáže odlomit stonky a větve stromů o průměru od 70 do 250 mm. K výrobě dřevěných pelet se často používá i mnoho stonků vláken, například z

bambusu, stonků trávy, kukuřice a čiroku. Tyto drcené materiály jsou částice o průměru zhruba 3-5 mm, které lze okamžitě použít k briketování nebo peletizaci.

V drtiči dřeva se kombinuje drcení a řezání. Jedná se o účinný drticí stroj díky kombinaci vysokorychlostního nárazu vzduchu a řezání nožů. Fréza vytváří rychlý proud vzduchu a otáčí se ve směru řezání nožů. Suroviny jsou zcela rozdraceny opakovanými nárazy a zrychlením ve vzduchu. Základními součástmi drtiče dřeva jsou ventilátor s tahem, drticí zařízení a řezací zařízení. (26)



Obrázek 11 Drtič (36)

2.4 Peletizace

Peletizace je proces, při kterém se z bioodpadu vytvářejí pevné granule pro biopaliva, přičemž se zvyšuje jejich objemová hmotnost a energetický potenciál. Účelem tohoto postupu je zvýšit užitečnost a kvalitu produktů z biomasy. (27)

Pro výrobu kvalitních kusů je nutné, aby výchozí materiál měl požadovanou sypkost (aby se zabránilo vzniku defektů způsobených rozprostřením v loži frakce nebo aby se tyto defekty omezily) a požadovanou slinutelnost (aby se po slinutí dosáhlo požadované hustoty). Byla navržena peletizace, která zajišťuje jak vysokou sypkost, tak vysokou spékavost výchozího materiálu. (27)

Jedním z rysů granulátu jsou intragranulární póry, což jsou vnitřní póry uvnitř granule. Řízením velikosti a množství těchto pórů lze měnit hustotu lože prášku, a tím i hustotu slinování. Jedním z běžných přístupů k řízení intragranulárních pórů je provádění peletizace pomocí suspenzí s různými úrovněmi zatížení pevnou látkou. (28)

2.4.1 Pelety

Pro podporu a urychlení využívání obnovitelných zdrojů energie lze ve spalovacích procesech použít současnou formu předem připravené pevné biomasy, tzv. pelety z biomasy. Díky vlastnostem tohoto paliva a nedávnému rozšíření trhů v zemích EU lze nyní pelety používat ve větších průmyslových kotlích a elektrárnách ale také v současných kamnech a kotlích s nízkým výkonem v domácnostech, kde se používají k výrobě tepla i elektřiny. (21)

Dřevěné pelety se vyrábějí mechanicky za vysokého tlaku z čistých, suchých dřevěných štěpků a pilin o vlhkosti 6 až 12 %. Do pelet se přidává dřevní prach. Výhřevnost 16,5 až 18,5 MJ.kg⁻¹ a obsah popela v sušině 0,5 až 1,1 %. Maximální procento kontaminantů, kůry a organického pojiva, které může být přítomno je 2 %. (21)

Hlavní fáze výroby dřevěných pelet v komerčním zařízení jsou následující: příprava vstupní suroviny, drcení, sušení, peletizace a balení. Zpočátku je vstupní surovinou často dřevní odpad, který zahrnuje štěpky, piliny a hobliny, které je třeba vyčistit a roztřídit, aby se zbavily nečistot. Poté se surovina rozdělí na menší kousky a vysuší, obvykle pomocí rotační sušárny nebo jiného stroje, aby se odstranila zbývající vlhkost. Dalším krokem v procesu je peletizace dřeva, která zahrnuje stlačení dřevěných částic do pelet a obvykle vyžaduje mlýn na dřevěné pelety. Dřevěné pelety se pak balí k prodeji nebo skladování do pytlů. (29)

Nestlačený materiál se během procesu peletování mění na stlačený. V peletách o průměru od 3 do 30 mm dochází vlivem působení tepla a tlaku k až desetinásobnému zvýšení hustoty materiálu. Pro zpracování mokrého nebo nezralého dřeva před peletováním se v procesu peletování dřeva používají štěpkovače a sušičky. Hustota se výrazně zvyšuje v důsledku stlačování biomasy peletováním. Při stlačování dřevní frakce na dřevěné pelety se hustota obvykle zvyšuje ze 150 kg.m⁻³ na 650 kg.m⁻³. Výsledkem tohoto procesu jsou kompaktní, bezprašné a přepravně jednoduché pelety. Každá peleta má stejnou velikost a úroveň kompaktnosti (za stejných výrobních podmínek). Vysoce kvalitní alternativní palivo lze vyrobit peletováním chmýří nebo volně stlačených materiálů. Před odesláním materiálu do peletárny lze do kondicionéru přidat páru nebo vodu, aby bylo zajištěno rovnoměrné zpracování různých výchozích materiálů. (21)

2.4.2 Sušení

Sušení biopaliv na bázi dřeva je důležité, protože mokré dřevo má za následek nízké teploty spalování, nízkou energetickou účinnost a vysoké emise uhlovodíků a částic ve srovnání s uhlím. Pokud se biopaliva suší a lisují na pelety nebo brikety, palivo bude mít řízený obsah vlhkosti, mají vyšší hustotu energie a snadněji se přepravují. Budou také zabírat méně místa a jsou méně náchylné k napadení plísněmi a hmyzem během skladování. Zároveň je sušení nejvíce energeticky náročné (30)

Pelety mají další výhodu v tom, že jsou standardizovaným palivem, zjednodušení konstrukce a provozu hořáků. Pro výrobce pelet je důležité mít standardizace kvality. Zvyšuje to zákaznickou důvěru, protože zákazník chce vědět co za produkt kupuje. To je zvláště důležité při jednání se zákazníky vytápění domů, protože nejsou tak tolerantní jako velkokapacitní uživatelé pro rozdíly v kvalitě pelet. V malém měřítku uživatelé nyní požadují vysokou a rovnoměrnou kvalitu pelety. Proto je velmi důležité mít dobrou kontrolou parametrů sušení, jako je teplota a doba zdržení. (30)

Hlavní biopaliva, jako je etanol, bionafta, pelety, brikety, dřevěné uhlí a bioplyn z biomasy a jiných organických odpadů, nabývají na významu díky svému potenciálu zmírnit mnoho environmentálních problémů, včetně energetické bezpečnosti na celém světě. (31)



Obrázek 12 Bubnová sušárna (32)

3 Výchozí podmínky řešení

Praktická část bakalářské práce se bude zabývat výzkumem a porovnáním lisovacích strojů na výrobu pelet. Vlastní výroba pelet probíhá v prostoru, který disponuje dostatečným prostorem, který se rovná 42 m^2 pro umístění paletovacího zařízení, další důležitou věcí je i zajištění větrání které je zde poskytnuto okny na východní straně zdi.

Základem pro výrobu pelet jsou suché a čisté piliny z truhlářské firmy s vlhkostí 5-15 %. Je nutné zajistit jejich pravidelný přísun v dostatečném množství a skladovat je v suchém a větraném prostoru.

Pro provoz lisu je nezbytná přípojka elektřiny s odpovídajícím jištěním (min. 16 A) a napětím 400 V / 50 Hz.

Samotný peletovací lis (obrázek 13) byl pořízen bez motoru jednalo se pouze o soustrojí násypky peletizačních válců matrice a lisovací komory rám s kolečky byl dodělán. Motor s výkonnostním doporučením od dodavatele je vlastní tudíž byl jen napojen na celé soustrojí a ustanoven k rámu celé paletizační linky.

Kromě samotného paletovacího lisu s motorem o výkonu 4 kW budeme potřebovat nářadí pro jeho údržbu (např. stranové klíče, imbusy) a ochranné pomůcky



Obrázek 13 Peletizační zařízení

(rukavice, brýle, respirátor). Pro skladování hotových pelet se hodí pytle nebo kontejnery, které je nutné umístit do suchého a větraného prostoru.

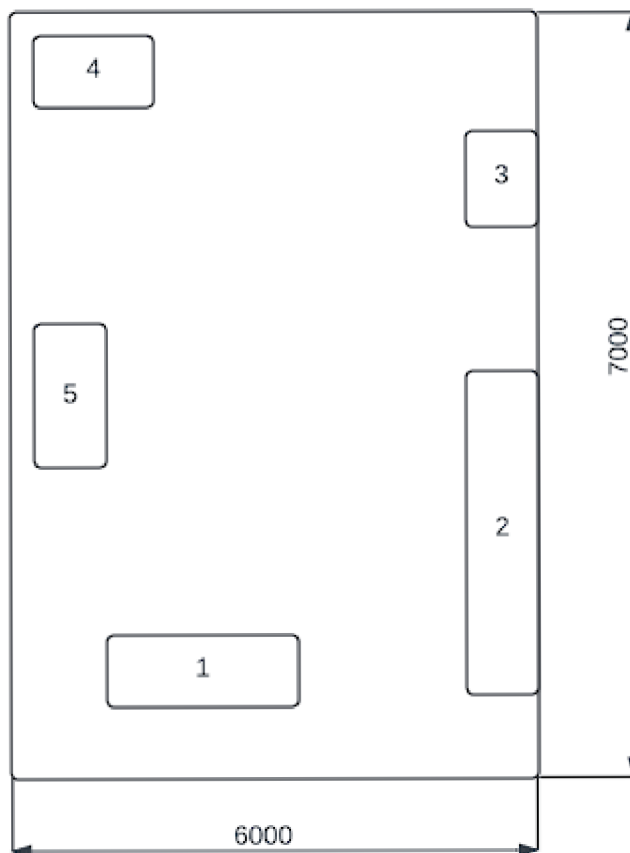
Současné řešení výroby pelet, prezentované na obrázku 12, vykazuje nedostatky v několika klíčových oblastech. Jako první nedostatek se ukazuje nesplnění požadovaných parametrů jakosti pelet. Druhým nedostatkem se ukazuje bezpečnostní a hygienická rizika pro provoz a výkonnost paletizační jednotky je neuspokojivá.

Výhody:

- Nižší náklady na vytápění
- Ekologická šetrnost
- Využití odpadu
- Nezávislost na jiných dodavatelích pelet

Nevýhody:

- Počáteční investice
- Znečištění prostorů
- Investovaný čas do výroby



Obrázek 14 Pracovní rozložení prostoru

Legenda k obrázku 14:

1. Paletovací zařízení
2. Ponk
3. Stolní pila
4. Skříň
5. Skříň

3.1 Technologická linka

Současně využívaná paletovací linka nese název PL 150, výkonnost paletovacího zařízení je od dodavatele udávána na $70-100 \text{ kg h}^{-1}$. Pořizovací cena 38 000 Kč.

Paletovací lis s motorem o výkonu 4 kW je základní zařízení pro výrobu pelet z biomasy. Skládá se z několika klíčových komponentů:

Rám lisu: Vlastní konstrukce rámu z ocelových čtyřhranů o rozměru 775 x 350 x 870

Tělo lisu: Robustní konstrukce z oceli, která zajišťuje stabilitu a odolnost lisu.

Lisovací komora: Prostor, kde dochází k lisování materiálu do pelet. V komoře se nachází matrice a lisovací válečky.

Matrice: Otvory v matici definují průměr a tvar pelet. Pro různé typy pelet se používají matrice s různými průměry otvorů. Matrice, kterou využívám má průměr 6 mm.



Obrázek 15 Matrice

Lisovací válečky: Pohyblivé díly, které stlačují materiál v lisovací komoře a formují ho do pelet.



Obrázek 16 Lisovací válečky

Motor: Elektromotor o výkonu 4 kW zajišťuje pohon lisu. Výkon motoru ovlivňuje produkční kapacitu lisu. Dle obrázku je patrné, že v průběhu používání došlo ke změně původní jednotky.



Obrázek 17 El. motor

Převodovka: Převádí točivý moment motoru na lisovací válečky a reguluje jejich rychlost otáčení.

Napájecí systém: Elektrické rozvody a ovládací prvky pro napájení a regulaci lisu. 400 V, 50 Hz.

Princip fungování: Materiál je nasypán do násypky a dopraven volným pádem do lisovací komory. Lisovací válečky stlačují materiál v lisovací komoře a formují ho do pelet. Pelety procházejí otvory v matici a jsou vytlačovány z lisu. Vytlačené pelety se chladí a skladují.

Doplňkové vybavení: V závislosti na typu lisu a požadované produkci může být lis vybaven doplňkovým zařízením, jako je automatický podavač materiálu, chladicí systém, systém pro odsávání prachu a další.

3.2 Vstupní materiál

Metoda výroby pelet vyžaduje pečlivé zvolení vstupního materiálu, který se má použít. Zejména v mém případě výroby pelet ze smrkových pilin. Tento materiál, který slouží jako základ pelet, má velký vliv na kvalitu konečného výrobku i na celý výrobní proces. V mém případě dostávám piliny od dodavatele zcela zdarma což má potom velký vliv na ekonomickou udržitelnost a v případě prodeje by to výrazně ovlivnilo ziskovost. Doprava pilin probíhá zhruba 1 za měsíc kdy si od dodavatele vyzvednu zhruba 300 kg pilin které jsou transportovány v pytlích o hmotnosti 100 kg.

Smrkové piliny jsou podle mého názoru skvělým výchozím materiálem pro výrobu pelet. Smrk je běžně dostupný a známý pro svou pevnost a trvanlivost. Získání smrkových pilin zaručuje pevnou a vynikající strukturu mých pelet. Navíc se smrkovým dřevem se jednoduše pracuje, což usnadňuje hladší průběh výroby. Piliny jsem získal z firmy, která se specializuje na výrobu nábytku. Firma dále tento dřevní odpad nijak nezpracovává tudíž hlavní výhodou tohoto zdroje je to, že piliny a jiný dřevní odpad firma poskytuje zdarma pouze za odvoz. Dnes je těchto podniků stále méně z toho důvodu, že dnešní trend zpracování odpadů je velký a je to nevyužitý kapitál, který by dále mohla firma zpeněžit. Co se týče pilin jejich kvalita by měla být vysoká, jelikož pro výrobu nábytku se využívá vysoko jakostní dřevo.

3.3 Rozbor vzorku

V laboratoři Technické fakulty České zemědělské univerzity v Praze byla provedena analýza kvalitativních parametrů jednotlivých vzorků dřeva. Při měření byly porovnány palivářské vlastnosti. Pro stanovení palivářských rozborů zkoumaných odpadních materiálů jsem používal měřicí zařízení a přístroje. Spalné teplo zkoumaného odpadního materiálu jsem analyzoval v poloautomatickém kalorimetru LECO AC-600. Na analyzátoru LECO CHN628+S (obrázek 18,20) jsem stanovil obsah uhlíku, vodíku, dusíku a síry a následně dopočítal obsah kyslíku. Všechny rozborů pro každý vzorek jsem opakoval třikrát, abych předešel chybám měření. Tyto parametry určují vhodnost materiálu pro energetické využití a mají vliv na veškeré termo-technické výpočty (stechiometrie). Na termogravimetrickém analyzátoru LECO TGA-701 (obrázek 19) jsem stanovil u všech vzorků celkovou vlhkost, obsah popelovin a obsah prchavých hořlavin jednotlivých vzorků.



Obrázek 18 Leco 628 S

Při posuzování vzorků určených k termickému zařízení, ať už z hlediska jejich kvalitativních parametrů nebo jakosti, je klíčové znát jejich specifické vlastnosti. Tyto vlastnosti nám umožňují dostatečně charakterizovat daný vzorek a předvídat jeho chování

- obsah vody v původním palivu W (% hm.)
- elementární (prvkové) složení C, H, N (% hm.)
- obsah veškeré síry v palivu S (% hm.)
- spalné teplo Q_s (MJ.kg^{-1}) a výhřevnost Q_i (MJ.kg^{-1})



Obrázek 20 Leco CHN628



Obrázek 19 Leco TGA-701

Hořlavá část paliva obvykle obsahuje uhlík, vodík, síru a dusík. Tyto prvky se účastní samotného procesu spalování, tedy exotermních nebo endotermních reakcí s kyslíkem z vzduchu, a to pouze uhlík, vodík a síra. Kyslík v hořlavém materiálu funguje jako oxysličovadlo. Dusík je jedinou složkou, která se nezapojuje do oxidačních reakcí. Všechny tři základní složky paliva (voda, popel, hořlavina) jsou zásadními faktory, které ovlivňují nejen konstrukci termochemického zařízení, ale i jeho provoz svými vlastnostmi.

Tabulka shrnuje výsledky analýzy 12 vzorků biomasy a zahrnuje informace o vlhkosti, obsahu popela, elementárním složení (C, H, N, S), spalitelné hmotě a výhřevnosti.

Vlhkost vzorků se pohybuje v rozmezí 10,55 % až 17,62 %, s průměrnou hodnotou 14,08 %. Obsah popela je relativně nízký a u jednotlivých vzorků se pohybuje mezi 0,22 % a 0,39 %.

Původní vzorek									
Vzorek	% hm.	% hm.	% hm.	% hm.	% hm.	% hm.	% hm.	MJ.kg-1	MJ.kg-1
	Vlhkost vzorku	Popel celkem	C	H	N	S	O	Spalné teplo	Výhřevnost
1	12,34	0,34	44,74	5,21	0,05	0,00	37,32	17,64	16,21
2	14,76	0,28	44,36	5,16	0,10	0,00	35,33	17,26	15,77
3	16,88	0,22	42,77	5,01	0,06	0,00	35,05	16,73	15,23
4	12,33	0,29	45,20	5,32	0,09	0,00	36,77	17,57	16,11
5	14,97	0,36	43,88	5,10	0,06	0,00	35,63	17,34	15,86
6	10,55	0,30	46,29	5,36	0,07	0,00	37,43	18,14	16,71
7	10,68	0,39	45,74	5,32	0,07	0,00	37,80	18,15	16,73
8	17,62	0,24	42,65	5,04	0,07	0,00	34,38	16,56	15,03
9	10,73	0,30	46,48	5,40	0,03	0,00	37,06	18,13	16,69
10	13,36	0,27	44,90	5,21	0,03	0,00	36,24	17,55	16,09
11	11,80	0,32	45,90	5,32	0,08	0,00	36,58	17,89	16,44
12	11,80	0,24	44,82	5,24	0,07	0,00	37,82	17,78	16,35
Průměr	13,15	0,29	44,81	5,22	0,07	0,00	36,45	17,56	16,10
Min	10,55	0,22	42,65	5,01	0,03	0,00	34,38	16,56	15,03
Max	17,62	0,39	46,48	5,40	0,10	0,00	37,82	18,15	16,73

Tabulka 1 Zkoumané vzorky původní stav

Průměrný obsah u zkoumaných vzorků uhlíku je 44,57 %, vodíku 5,21 %, dusíku 0,06 % a síry 0 %. Množství spalitelné hmoty v sušině se pohybuje v rozmezí 34,38 % až 37,82 % s průměrem 36,10 %. Výhřevnost spalitelné hmoty je poměrně homogenní a u všech vzorků se pohybuje mezi 16,56 MJ.kg⁻¹ a 18,15 MJ.kg⁻¹, s průměrnou hodnotou 17,36 MJ.kg⁻¹ (tabulka 1)

Výhřevnost sušiny se v důsledku variability vlhkosti liší více a u jednotlivých vzorků dosahuje hodnot od 15,03 MJ.kg⁻¹ do 16,73 MJ.kg⁻¹, s průměrem 15,89 MJ.kg⁻¹.

Suchý stav								
Vzorek	% hm.	% hm.	% hm.	% hm.	% hm.	% hm.	MJ.kg ⁻¹	MJ.kg ⁻¹
	Popel	C	H	N	S	O	Spalné teplo	Výhřevnost
1	0,39	51,03	5,94	0,06	0,00	42,58	20,13	18,83
2	0,33	52,05	6,06	0,12	0,00	41,45	20,25	18,93
3	0,26	51,46	6,03	0,07	0,00	42,17	20,13	18,82
4	0,33	51,56	6,07	0,10	0,00	41,94	20,05	18,72
5	0,42	51,61	6,00	0,07	0,00	41,90	20,39	19,08
6	0,33	51,75	5,99	0,08	0,00	41,84	20,28	18,97
7	0,43	51,21	5,95	0,08	0,00	42,32	20,32	19,02
8	0,29	51,77	6,12	0,09	0,00	41,73	20,11	18,77
9	0,34	52,07	6,05	0,04	0,00	41,51	20,31	18,99
10	0,31	51,82	6,01	0,03	0,00	41,82	20,26	18,95
11	0,36	52,04	6,04	0,09	0,00	41,47	20,28	18,97
12	0,28	50,82	5,95	0,08	0,00	42,88	20,16	18,86
Průměr	0,34	51,60	6,02	0,08	0,00	41,97	20,22	18,91
Min	0,26	50,82	5,94	0,03	0,00	41,45	20,05	18,72
Max	0,43	52,07	6,12	0,12	0,00	42,88	20,39	19,08

Tabulka 2 Zkoumané vzorky suchý stav

Při porovnání vzorků v suchém stavu jsou patrné rozdíly u všech zkoumaných parametrů (tabulka 2). Průměrný obsah popela je 0,34 %. Průměrný obsah uhlíku 51,6 %, průměrný obsah uhlíku 6,02%, průměrný obsah dusíku 0,08 % průměrný obsah kyslíku byl zde o něco větší 41,97 % průměrně spálené teplo 20,22 MJ.kg⁻¹ a průměrná výhřevnost 18,91 MJ.kg⁻¹.

Získaná data prokazují, že vlhkost vzorku hraje klíčovou roli v procesu spalování. S rostoucím obsahem vlhkosti se zhoršují spalovací vlastnosti materiálu, a to jak z hlediska celkové výhřevnosti, tak i spáleného tepla.

3.3.1 Stanovení vlhkosti před peletizací

Proces stanovení vlhkosti pilin, které se používají jako surovina pro výrobu pelet, používám následující postup:

Stanovení vlhkosti smrkových pilin, které byly vybrány jako hlavní surovina pro výrobu pelet, byl použit jednoduchý postup měření. Začal jsem získáním 100 gramového vzorku smrkových pilin od dodavatele, který se specializuje na výrobu nábytku. Tento vzorek pilin je vystaven krátkému působení mikrovlnného záření. Po mikrovlnném záření piliny zvážíme a zaznamenáme procentuální změnu hmotnosti způsobenou odpařením vlhkosti. Tato změna hmotnosti je považována za jasnou známku obsahu vlhkosti ve vzorku. Výpočet pro stanovení vlhkosti ve vzorku je uvedena v rovnici 1.

$$H = \frac{(M_0 - M_1)}{M_0} \times 100 \text{ [% hm.]} \quad (1)$$

Kde:

- H je vlhkost [% hm.]
- M_0 je původní hmotnost [g]
- M_1 hmotnost vzorku po sušení [g]

Tímto postupem lze vyjádřit vlhkost smrkových pilin v procentech. Vzhledem k tomu, že kvalita a vlastnosti finálních pelet závisí na vlhkosti vstupního materiálu, je tato informace nezbytná pro optimalizaci procesu výroby pelet. Zkoumaný vzorek pilin je příliš malý na to, aby se dal určit přesně. Z toho důvodu tento proces opakuji 5x a zároveň před vyjmutím vzorku k determinaci vlhkosti piliny v pytlí promíchám, abych dostal náhodný výběr. Výslednou hodnotu průměruji

Měření	Původní hmotnost [g]	Hmotnost po sušení [g]	Vlhkost [% hm.]
1	100	93	7
2	100	91	9
3	100	96	4
4	100	88	12
5	100	92	8

Tabulka 3 Měření vlhkosti vstupního materiálu

Z výsledného měření vyplývá, že vlhkost pilin je v průměru 8 % hm. což je hodnota, která je vhodná pro zpracování do formy pelet. Vlhkost vyšla ideálně, proto není třeba dalších úprav.

3.4 Peletizace

Proces peletizace je založen na principu mechanického lisování. Materiál je stlačován pod vysokým tlakem, čímž se z něj vytlačuje zbylá pryskyřice, která se využívá i jako pojivo a materiál se stává kompaktním. Tření mezi částicemi materiálu a stěnami matrice generuje teplo, které dále podporuje stlačování a zpevňování materiálu.

Peletizace je proces, při kterém se z biomasy, jako je sláma, seno, dřevěné štěpky, piliny, listí, tráva apod., vyrábějí malé, válcovité palivové brikety nazývané pelety. Tyto pelety se pak používají jako palivo v kamnech, kotlích a krbech. Proces peletizace na lince pro domácí použití se skládá ze tří hlavních kroků: příprava materiálu, samotný proces peletizace a skladování a použití pelet.

Sled operací:

1. Naplnění násypky: Naplníme násypku paletovacího lisu smrkovými pilinami.
2. Lisování: Materiál se gravitačně sype na válce a je protlačován lisovací komorou do matrice s otvory o průměru 6 mm. 1. Tlak v lisovací komoře může dosahovat až 1000 MPa.
3. Řezání: Pelety se po protažení matricí automaticky řezou na požadovanou délku. Délka pelet se obvykle pohybuje mezi 2 a 20 mm.
4. Chlazení: Pelety se po lisování ochladí na pokojovou teplotu.

Skladování hotových pelet je také důležitou součástí procesu. Pelety skladují v pytlech o hmotnosti zhruba 20 kg uvnitř domu z důvodů stále teploty a udržení stabilní vlhkosti pelet.

Kdyby se vlhkost zvětšovala nevhodným skladováním nastala by degradace pelet, která by pak následně vedla i nižší výhřevnosti.

3.5 Výkonnost linky

Výkonnost paletovací linky je udávána v $\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$ a udává, kolik materiálu je linka schopna zpracovat za hodinu. Dodavatelé obvykle uvádí rozmezí výkonu, například 70-100 $\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$. To znamená, že v ideálních podmínkách by linka měla být schopna zpracovat 70 až 100 kg materiálu za hodinu. V praxi se však dosahovaná produkce liší od udávané. Důvodem je, že na výkon linky má vliv řada faktorů:

- Kvalita vstupního materiálu: Vlhkost, zrnitost a hustota materiálu ovlivňují jeho lisovatelnost a tím i produkci linky. Jak bylo popsáno měření vlhkosti není dostatečně přesné a směrodatné. V tomto případě se zejména jedná o velikost frakce vstupního materiálu, která se pohybovala v rozmezí 8–20 mm.
- Nastavení linky: Tlak lisování, teplota lisovací komory a otáčky válců ovlivňují kvalitu pelet a produkci linky.
- Obsluha linky: Zkušená obsluha dokáže linku lépe nastavit a regulovat, čímž dosáhne vyšší produkce.

Z výše uvedených důvodů se domnívám, že to může být hlavní důvod, proč nedosahuji výkonnosti dané dodavatel paletovacího zařízení. Dále je také nutné uvést, že zhruba první půlhodinu nejsem schopen vyrobit ani 1 kg pelet z výše důvodu nahřání matrice. Poté co se matrice nahřeje, jsem schopen vyprodukovat zhruba 50 Kg, což se rovná zhruba a polovině toho, co udává výrobce.

Hlavním důvodem je, že vstupní materiál není vhodný z toho důvodu, že piliny se pohybují v rozmezí 8–30 mm, což nejsou ideální rozměry pilin pro peletizaci. Abychom

docílili potřebných rozměrů, bylo by potřeba pořídit ještě drtič, což však ponese další finanční náklady a vzhledem k tomu, že pelety lze vyrábět z tohoto vstupního materiálu, tak drtič nebyl zahrnut do výchozích jednotek.

Dalším důležitým bodem, který je třeba zmínit je to, že aktuální peletovací zařízení splňuje absolutní výkonnostní minimum pro výrobu z důvodu nízkého výkonu motoru. Avšak pokud by se upravil vstupní materiál, výkonnost by se teoreticky mohla pohybovat kolem $70 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$ což by odpovídalo minimální výrobní kapacitě udávané dodavatelem.

4 Porovnání paletizačních zařízení

V této kapitole se práce zaměřila na různé typy paletizačních zařízení a porovná je z hlediska pořizovacích nákladů, časové náročnosti pro výrobu a výkonnosti. Cílem je poskytnout komplexní přehled o dostupných možnostech a usnadnit tak výběr optimálního řešení pro domácí účely.

Výchozí metodika pro vyhodnocení bude používat bodový systém s rozsahem 1 až 5 bodů, kde vyšší hodnota znamená lepší vlastnosti. Každá kategorie, tj. pořizovací náklady, časová náročnost, výkonnostní kapacita a prostorové nároky, bude mít přidělenou váhu od 1 do 3, což odráží relativní důležitost této kategorie pro celkové hodnocení.

Příklad stroj A má v kategorii Pořizovací náklady 2 body, v kategorii časová náročnost 3 body, v kategorii výkonnostní kapacita 2 body, v kategorii prostorové nároky 3 body a v kategorii uživatelská přívětivost 2 body. Celkové skóre = $(2 \cdot 3) + (3 \cdot 3) + (2 \cdot 2) + (3 \cdot 2) + (2 \cdot 1) = 23$

Pořizovací náklady (váha 2): Cena paletizačního zařízení se může značně lišit v závislosti na typu, značce a výkonu.

Časová náročnost (váha 3): Zde bude zohledněno kolik času zabere kompletní příprava stroje tak, aby byl schopen vyrábět plnohodnotné pelety a zároveň bude zvažena i obsluha daného stroje.

Výkonnost: (váha 2): Každý výrobce udává, kolik $\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$ je schopna linka vyprodukovat. Z udávané výkonnostní kapacity bude odečteno 30 % z důvodu nevhodného materiálu. Bude se uvažovat pouze dvou hodinová výroba.

Prostorové nároky (váha 1): Vzhledem k tomu, že se práce primárně zaměřuje na porovnání a výrobu pelet pro domácí potřeby, prostor zde hraje velkou roly, protože je omezený.

Splatnost stroje (váha 3): Splatnost stroje bude porovnána s cenou komerčně prodávaných pelet tzn. kolik kg pelet se bude muset vyrobit, aby se daná částka rovnala pořizovací ceně stroje. Porovnávací cena 1 kg pelet je stanovena na 10 Kč.

Kapacitní využitelnost (váha 3): v zimním období se spotřeba paliva pohybuje kolem 200 kg za týden pro udržení stabilní teploty $22 \text{ }^\circ\text{C}$. Zde se bude hodnotit kolik kg je peletovací lis schopen vyrobit při dvou hodinovém denním využití.

Výběr optimálního paletizačního zařízení pro domácí výrobu bude určeno na základě těchto určených parametrů.

4.1 Peletovací lis PL150

Peletovací stroj s označením PL150 má udávanou výkonnost v rozmezí 70–120 kg.h⁻¹

Jak však z praxe víme, tak dosahovaná výkonnost je pouze 50 kg kvůli nevhodnému vstupnímu materiálu

Požizovací náklady: Z ekonomického hlediska je pořizovací cena 38 000 Kč včetně DPH velice přijatelná. V porovnání s jinými peletovacími stroji na trhu se jedná o poměrně nízkou cenu, zvláště s ohledem na kapacitu a vlastnosti stroje. Nízká pořizovací cena představuje jeden z hlavních benefitů tohoto stroje a dělá z něj ekonomicky atraktivní volbu pro širokou škálu uživatelů. Na základě uvedených faktorů dávám 5 bodů.

Časová náročnost: Tento stroj je časově velmi náročný z toho důvodu, že násypka má malý objem a je třeba neustálá obsluha a dosypávání vstupního materiálu. Jedná se zde o manuální práci, takže během celého procesu peletování je zapotřebí být u lisu. Zároveň je třeba jezdit pro vstupní materiál k dodavateli. Na základě uvedených faktorů dávám 1 bod.

Výkonnost: Stroj nesplňuje minimální parametry uvedené dodavatelem, ale tento problém je popsán výše. Je to důležitý faktor a další vliv na produkci má délka nahřívání matrice tato doba je v rozmezí 25-30 minut, což také ovlivňuje výkonnost. V tomto časovém úseku jsou vyrobené pelety nezpůsobitelné dalšímu zpracování. Za 2 hodiny je schopen lis vyprodukovat 100 kg. Na základě uvedených faktorů dávám 3 body.

Prostorové nároky: prostorově je stroj velice kompaktní a díky rámu, který disponuje kolečky i mobilní což je velký benefit v rámci prostoru, kde se peletační lis nachází. Na základě uvedených faktorů dávám 5 bodů.

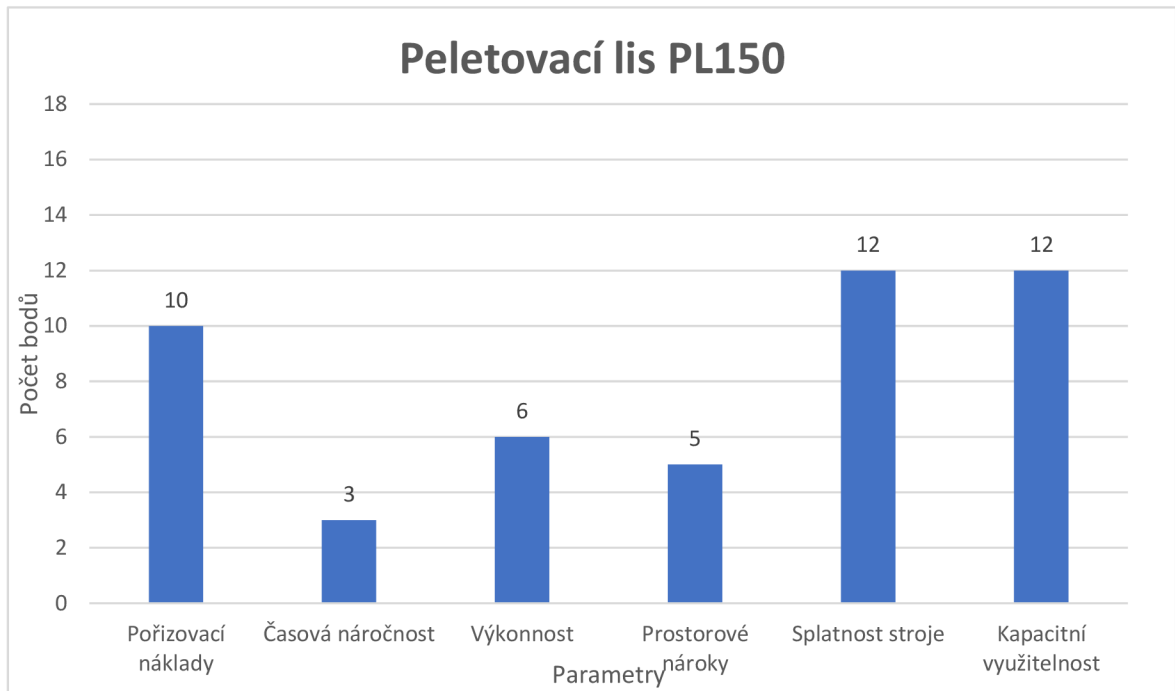
Splatnost stroje: hodinová produkce stroje je 50 kg to znamená, že při uvažování porovnávací ceny 10kč za 1 kg pelet musíme vyrobit celkem 3 751 kg pelet.

- $50 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1} \cdot 8 \text{ h} \cdot \text{d}^{-1} = 400 \text{ kg} \cdot \text{d}^{-1}$
- $3\,751 \text{ kg} / 400 \text{ kg} \cdot \text{d}^{-1} = 9,3 \text{ dne}$

Z uvedených výpočtů vyplývá, že se stroj splatí za 9,3 dne. Na základě uvedených faktorů dávám 4 body.

Kapacitní využitelnost: při dvou hodinové výrobě stroj vyprodukuje 100 kg, z čehož vyplývá že pro vlastní potřebu vytápění se musí pelety vyrábět po dobu 4 hodin. Tudíž kapacitní využitelnost je vhodná pro daný případ. Na základě uvedených faktorů dávám 4 body.

Na základě zvoleného hodnocení tento peletační lis dosáhl celkově 48 bodů.



Obrázek 21 Graf hodnocení lisu PL150

4.2 Peletovací lis WIE-PM-1000

Peletovací stroj s označením PL150 má udávanou výkonnost v rozmezí 110-140 kg.h⁻¹. Vzhledem k vyššímu výkonu motoru 7,5kW budeme zde uvažovat jako výchozí výkonnost 110 kg.h⁻¹



Obrázek 22 Peletovací lis WIE-PM-1000 (33)

Pořizovací náklady: Z ekonomického hlediska je pořizovací cena 57 990 Kč včetně DPH. Výše ceny se pohybuje lehce nad průměrem pro tento druh zařízení v porovnání s jinými peletovacími stroji na trhu. Vyšší pořizovací cena představuje hlavních faktor, který ovlivnil hodnocení. Na základě uvedených faktorů dávám 3 body.

Časová náročnost: Stejně tak jako předchozí lis je i tento stroj je časově velmi náročný z toho důvodu, že násypka má malý objem a je třeba neustálá obsluha a dosypávání vstupního materiálu. Jedná se zde o manuální práci, takže během celého procesu peletování je zapotřebí být u lisu a stroj obsluhovat. Na základě uvedených faktorů dávám 1 bod.

Výkonnost: Jak bylo zmíněno na začátku popisu stroje, budeme zde vycházet z dolní výkonnostní hranice udávané dodavatelem což je 110 kg.h⁻¹. I zde je ale třeba zahrnout další vliv, a to délka nahřívání matrice tato doba je v rozmezí 25-30 minut což také ovlivňuje výkonnost a v tomto časovém úseku jsou vyrobené pelety nezpůsobitelné dalšímu zpracování.

Za 2 hodiny je schopen lis vyprodukovat 220 kg. Na základě uvedených faktorů dávám 5 bodů.

Prostorové nároky: Stroj se vyznačuje vysokou mírou kompaktnosti, co se týče jeho prostorových nároků. Díky integrovanému rámu s kolečky je stroj mobilní, což představuje významnou výhodu, zvláště v omezených prostorech, kde se peletovací lis nachází. Na základě uvedených faktorů dávám 5 bodů.

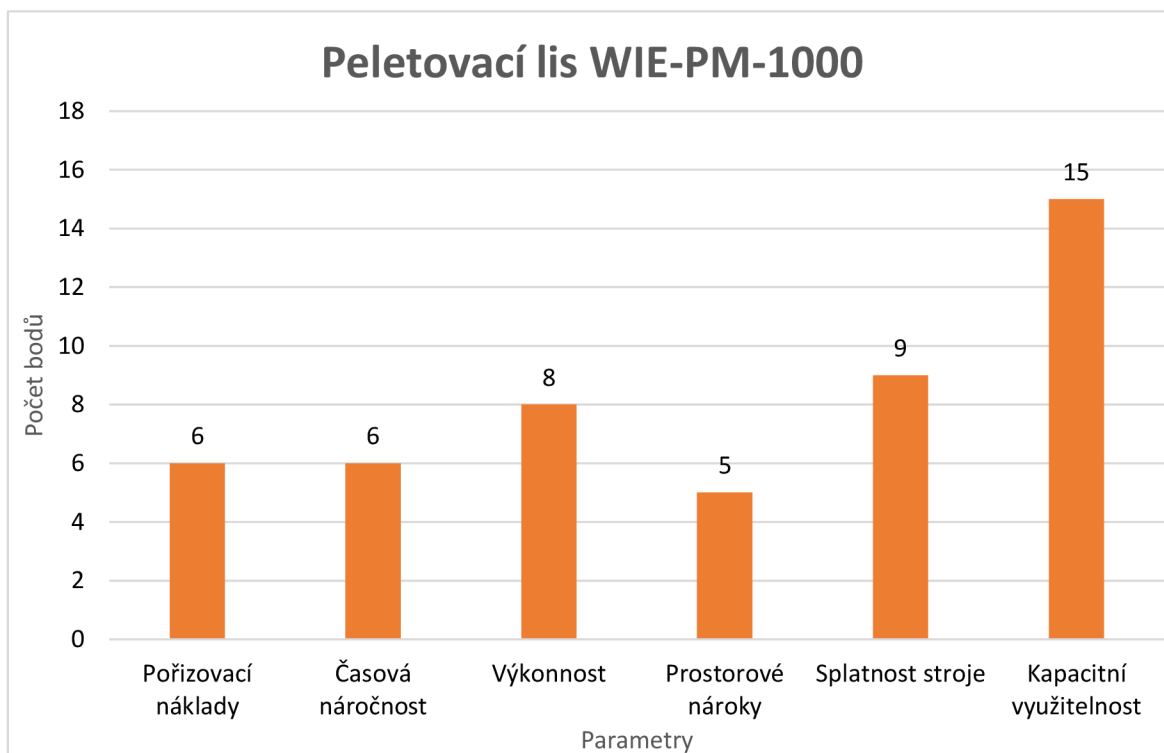
Splatnost stroje: hodinová produkce stroje je 110 kg to znamená, že při uvažování porovnávací ceny 10kč za 1 kg pelet musíme vyrobit celkem 5 799 kg pelet.

- $110 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1} \cdot 8 \text{ h} \cdot \text{d}^{-1} = 880 \text{ h} \cdot \text{d}^{-1}$
- $5\,799 \text{ kg} / 880 \text{ kg} \cdot \text{d}^{-1} = 6,61 \text{ dne}$

Na základě těchto výpočtů se stroj splatí za 6,61 dne. Na základě uvedených faktorů dávám 4 body.

Kapacitní využitelnost: při dvou hodinové výrobě stroj vyprodukuje 165 kg z čehož vyplývá, že pro vlastní potřebu vytápění se musí pelety vyrábět po dobu 1,82 hodin. Tudíž kapacitní využitelnost je vhodná pro daný případ. Na základě uvedených faktorů dávám 5 bodů.

Výsledné hodnocení peletačního lisu 51 bodů.



Obrázek 23 Graf hodnocení lisu WIE-PM-1000

4.3 Peletovací lis MGL200

Peletovací stroj s označením MGL200 má udávanou výkonnost v rozmezí 50–100 kg.h⁻¹

V tomto případě se jedná o profesionální automatický peletovací stroj. Pro hodnocení bude budeme vycházet opět z dolní výkonnostní hranice udávané dodavatelem 50 kg.h⁻¹



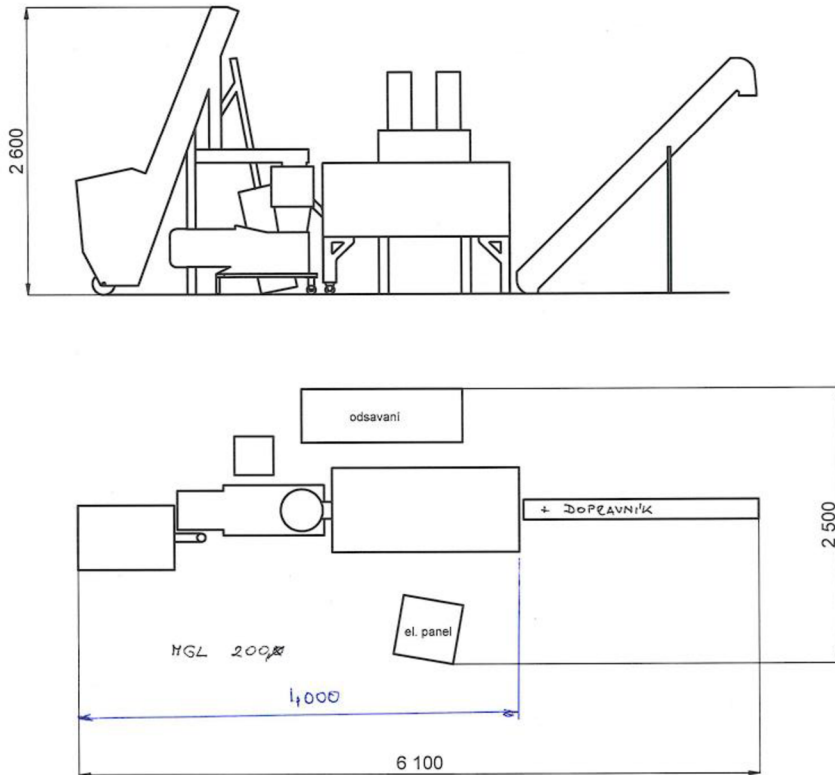
Obrázek 24 Peletizační lis MGL (35)

Pořizovací náklady: Z ekonomického hlediska je pořizovací cena 310 970 Kč včetně DPH velmi vysoká pro domácí účely, ale je třeba zmínit že zde se jedná o profesionální stroj přímo dedikovaný pro výrobu pelet z dřeva. Ke stroji je také možné dokoupit celou řadu příslušenství, například odsávání, automatické centrální mazání. Vysoká pořizovací cena představuje hlavní faktor, který ovlivnil hodnocení. Na základě uvedených faktorů dávám 1 bod.

Časová náročnost: stroj disponuje automatickým dávkováním vstupního materiálu. Jedná se o automatický proces což je obrovská výhoda tohoto zařízení, protože není třeba neustálá obsluha a doplňování vstupní materiálu, protože i objem je 250 litrů. Na základě uvedených faktorů dávám 5 bodů.

Výkonnost: Jak bylo zmíněno na začátku popisu stroje budeme zde vycházet z dolní výkonnostní hranice udávané dodavatele což je 50 kg.h⁻¹. I zde je ale třeba zahrnout další vliv, a to délka nahřívání matrice tato doba je v rozmezí 25-30 minut, což také ovlivňuje výkonnost a v tomto časovém úseku jsou vyrobené pelety nezpůsobilé dalšímu zpracování. Za 2 hodiny je schopen lis vyprodukovat 100 kg. Na základě uvedených faktorů dávám 3 body.

Prostorové nároky: Stroj není moc kompaktní, a naopak je prostorově velmi náročný, protože se jedná o celou soustavu jednotlivých komponentů jako je násypka šnekový dopravník a peletovací lis. Rozměry celého soustrojí jsou 6 100 x 2 500 x 2 600 mm. Tyto prostorové nároky výrazně ovlivňují hodnocení a také oproti konkurenci má omezenou manipulační schopnost. Na základě uvedených faktorů dávám 2 body



Obrázek 25 Rozměry peletizačního stroje MGL 200 (35)

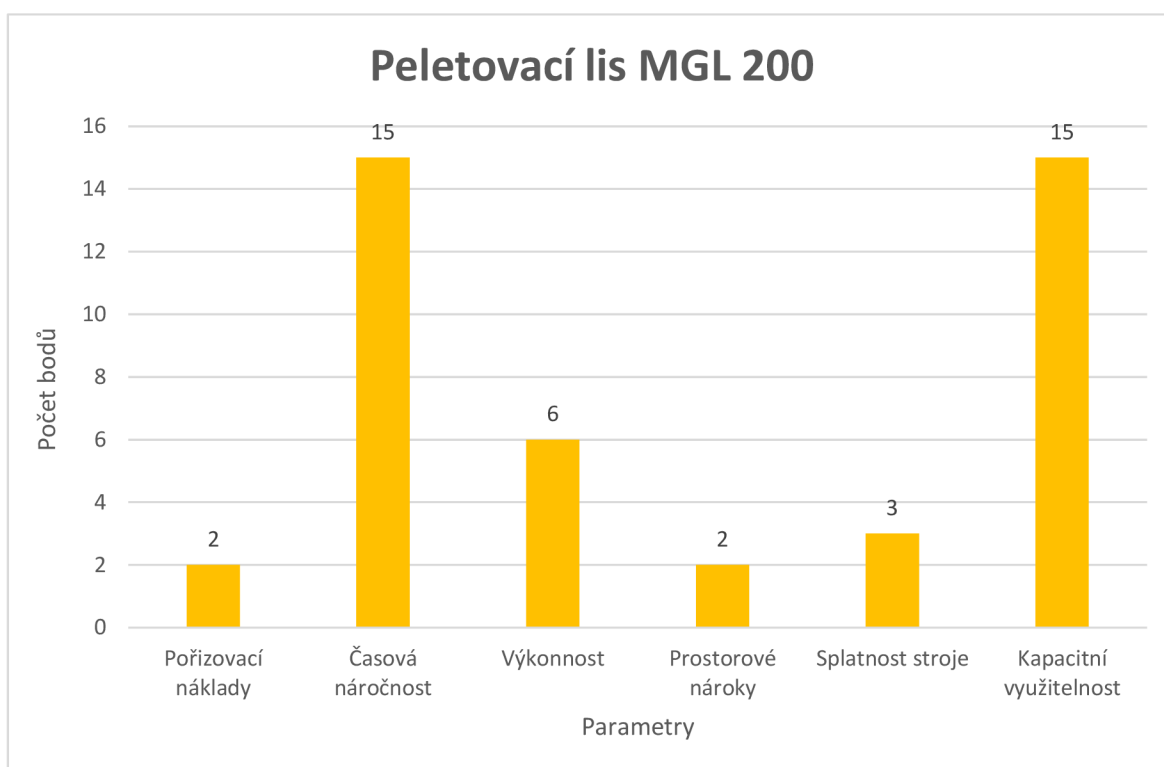
Splatnost stroje: hodinová produkce stroje je 50 kg to znamená, že při uvažování porovnávací ceny 10 Kč za 1 kg pelet musíme vyrobit celkem 31 097 kg pelet.

- $50 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1} \cdot 8 \text{ h} \cdot \text{d}^{-1} = 400 \text{ h} \cdot \text{d}^{-1}$
- $31\,097 \text{ kg} / 400 \text{ kg} \cdot \text{d}^{-1} = 77,7 \text{ dnů}$

Na základě těchto výpočtů se stroj splatí za 77,7 dnů. Na základě uvedených faktorů dávám 1 bod.

Kapacitní využitelnost: při dvou hodinové výrobě stroj vyprodukuje 100 kg, z čehož vyplývá že pro vlastní potřebu vytápění se musí pelety vyrábět po dobu 2 hodin. Tudíž kapacitní využitelnost je vhodná pro daný případ Na základě uvedených faktorů dávám 5 bodů.

Na základě zvoleného hodnocení tento peletační lis dosáhl celkově 43bodů



Obrázek 26 Graf hodnocení lisu MGL200

5 Vyhodnocení

Tato kapitola je zaměřená na porovnání již zmíněný tři typů lisovacích zařízení: PL 150, WIE-PM-1000 a MGL200. Cílem je analyzovat jejich vlastnosti a výkon s ohledem na specifické potřeby a požadavky, které byly předem definovány. Mezi nejdůležitější parametry hodnocení patřila časová náročnost lisování, návratnost investice do stroje a jeho kapacitní využitelnost. Podrobné srovnání:

- PL 150: Toto zařízení se vyznačuje nízkou pořizovací cenou a kompaktní konstrukcí. Jeho nevýhodou je pomalejší lisovací cyklus a nižší kapacita ve srovnání s ostatními modely.

PL150			
Porovnávací parametry	Váha	Body	Celkové hodnocení
Pořizovací náklady	2	5	10
Časová náročnost	3	1	3
Výkonnost kapacita	2	3	6
Prostorové nároky	1	5	5
Splatnost stroje	3	4	12
Kapacitní využitelnost	3	4	12

Tabulka 4 Výsledky hodnocení PL 150 vl zdroj

- WIE-PM-1000: Toto zařízení nabízí vyšší výkonnosti a lepší kapacitní využitelností tím umožňuje dosažení maximální produktivity.

WIE-PM-10000			
Porovnávací parametry	Váha	Body	Celkové hodnocení
Pořizovací náklady	2	3	6
Časová náročnost	3	1	3
Výkonnost kapacita	2	5	10
Prostorové nároky	1	5	5
Splatnost stroje	3	4	12
Kapacitní využitelnost	3	5	15

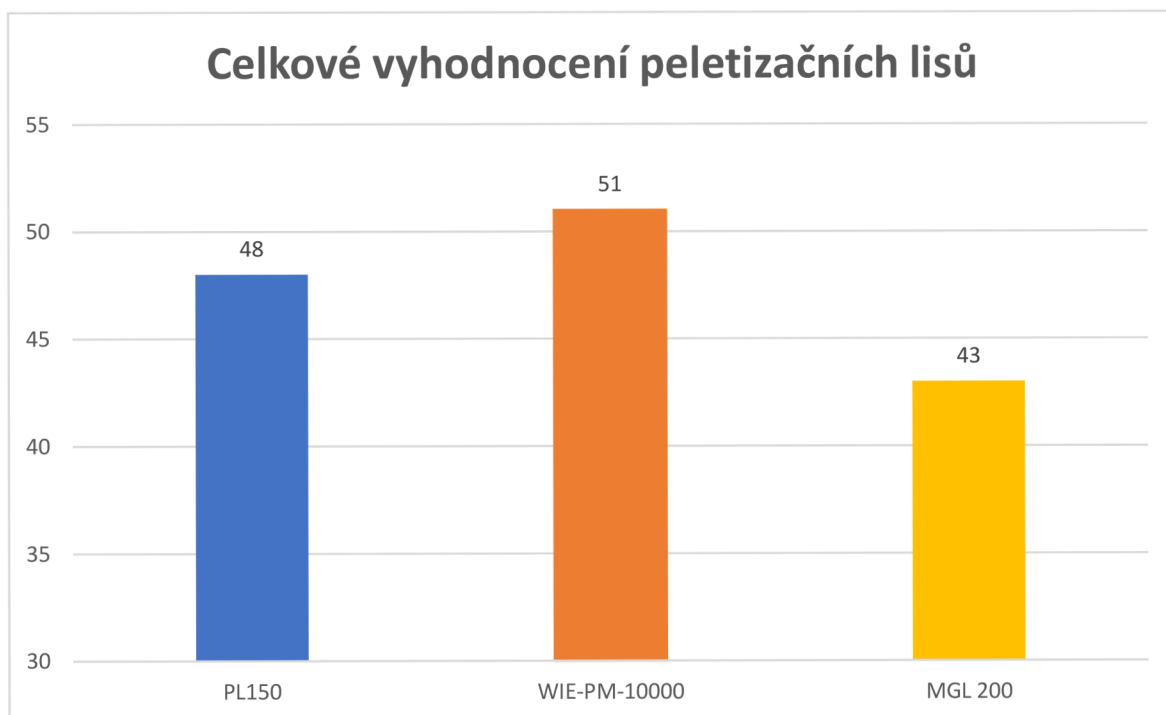
Tabulka 5 Výsledky hodnocení WIE-PM-1000

- MGL200: Toto zařízení se vyznačuje robustní konstrukcí a dlouhou životností. Jeho nevýhodou je vyšší pořizovací cena.

MGL 200			
Porovnávací parametry	Váha	Body	Celkové hodnocení
Pořizovací náklady	2	1	2
Časová náročnost	3	5	15
Výkonnost kapacita	2	3	6
Prostorové nároky	1	2	2
Splatnost stroje	3	1	3
Kapacitní využitelnost	3	5	15

Tabulka 6 Výsledky hodnocení MGL 200

Na základě provedeného hodnocení bylo zjištěno, že zařízení WIE-PM-1000 nejlépe splňuje specifické potřeby a požadavky, které byly předem stanoveny. Toto zařízení se vyznačuje vysokou produktivitou, krátkou dobou návratnosti investice a širokou škálou funkcí.



Obrázek 27 Výsledné porovnání peletizačních zařízení

6 Závěr

Úvodní část práce se věnovala rozmanitosti biopaliv a sledovala technologický vývoj, který tato paliva prošla, zahrnující různé generace. Biopaliva představují významný aspekt v oblasti alternativních zdrojů energie, a jejich evoluce je klíčová pro udržitelnost a snižování závislosti na fosilních palivech. Od první generace biopaliv, která využívala potravinářské suroviny jako základní materiál, se technologie posunula k vývoji druhé a třetí generace, které se zaměřují na nejlepší využití obnovitelných zdrojů, jako jsou řasy, dřevo nebo odpadní biomasa. Zpracování odpadu pro další využití má potenciál pozitivně ovlivnit celou společnost a lidstvo jako celek. Může přispět k udržitelnějšímu hospodaření s přírodními zdroji, snížení negativních dopadů na životní prostředí a vytvoření nových možností pro ekonomický rozvoj. Tím, že přeměňujeme odpad na užitečné produkty, můžeme dosáhnout efektivnějšího využití dostupných zdrojů a vytvořit prostředí, které podporuje trvale udržitelný rozvoj.

Praktická část práce byla věnována analýze výchozího zařízení pro výrobu tuhých biopaliv z dřevní štěpky a elementárním rozboru dřevních pilin ze smrku, kde bylo potvrzeno, že vlhkost vstupního materiálu má významný vliv na výhřevnost a spálené teplo. Cílem této části bylo detailně prozkoumat samotný proces výroby a seznámit se s postupy přípravy vstupního materiálu, který je klíčovým prvkem v procesu výroby pelet a výrazně ovlivňuje kvalitu výsledného produktu. Analýza začala zkoumáním zařízení používaného pro výrobu tuhých biopaliv z dřevní štěpky. Bylo důležité porozumět jednotlivým částem zařízení, jejich funkcím a vzájemnému propojení. Detailní studium umožnilo identifikovat klíčové procesy a technologie používané při výrobě. Dalším krokem bylo zkoumání postupů přípravy vstupního materiálu. Bylo popsáno, jaký vliv má kvalita vstupního materiálu na konečnou podobu pelet a jaké faktory je třeba zohlednit při jeho přípravě.

Poslední část práce se zaměřuje na porovnání a vyhodnocení tří vybraných peletovacích lisů, kde byla hodnocena řada předem určených parametrů. Mezi nejvíce signifikantní parametry, které ovlivňovaly výsledky, byly splatnost stroje, kapacitní využitelnost a časová náročnost. Analýza ukazuje, že při posuzování peletovacích lisů je klíčové zohlednit jejich schopnost splňovat stanovené specifikace, které byly vytyčeny.

Splatnost vyjadřuje schopnost zařízení v rámci jeho návratnosti, splatnost stroje byla porovnána s cenou komerčně prodávaných pelet.

Dále byla hodnocena kapacitní využitelnost, což znamená schopnost lisu pracovat s maximální efektivitou, ale zároveň aby výrobní kapacita nepřevyšovala potřebu koncového uživatele.

Posledním klíčovým parametrem byla časová náročnost, která se týká doby potřebné k dokončení procesu peletování. Zohledňuje se jak samotná doba peletování, tak i čas potřebný k přípravě zařízení a vstupního materiálu. Zkrácení časové náročnosti může vést ke zvýšení efektivity výrobního procesu.

Po podrobném zhodnocení a porovnání těchto a dalších parametrů byl stroj WIE PM 1000 vyhodnocen jako nejvhodnější varianta. Jeho výkonnost, a schopnost dosahovat požadovaných parametrů splatnosti, kapacitní využitelnosti a časové náročnosti ho činí ideální volbou pro výrobu pelet s optimálními výsledky. Tato závěrečná hodnocení poskytují důležité informace pro rozhodování vhodného peletizačního zařízení.

7 Citovaná literatura

1. **ŠOOŠ, Lubomír.** *Progresivní technologie na výrobu tuhých biopaliv.* [Online] Dostupné z: <https://www.enef.eu/history/2002/pdf/Soos.pdf>.
2. *Solid Biofuels: A viable alternative to traditional fossil fuels.* [Online] dostupné z: <https://www.jord.one/blog/solid-biofuels-a-viable-alternative-to-traditional-fossil-fuels>.
3. **Lubhan Cherwoo, Ishika Gupta, G. Flora, Ritu Verma, Muskaan Kapil, Shailendra Kumar Arya, Balasubramani Ravindran, Kuan Shiong Khoo, Shashi Kant Bhatia, Soon Woong Chang, Chawalit Ngamcharussrivichai, Veeramuthu Ashokkumar.** *Biofuels an alternative to traditional fossil fuels: A comprehensive review.* Prosinec 2023. ISSN 2213-1388.
4. *Report: China emissions exceed all developed nations combined.* [Online] 7. Červenec 2021. [Citace: 28. 2 2024.] Dostupné z: <https://www.bbc.com/news/world-asia-57018837>.
5. *Report: China emissions exceed all developed nations combined.* [Online] 7. Červenec 2021. [Citace: 28. 2 2024.] Dostupné z: <https://www.bbc.com/news/world-asia-57018837>.
6. **Liv Lundberg, Olivia Cintas Sanchez, Jonas Zetterholm.** *The impact of blending mandates on biofuel consumption, production, emission reductions and fuel prices.* Prosinec 2023. ISSN 0301-4215.
7. **Roland Arthur Lee, Jean-Michel Lavoie.** *From first- to third-generation biofuels: Challenges of producing a commodity from a biomass of increasing complexity.* *Animal Frontiers.* 2. Duben 2013, stránky 6-11.
8. **Patrik R. Lennartsson, Per Erlandsson, Mohammad J. Taherzadeh.** *Sciencedirect.* [Online] 30. Leden 2014. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852414001527>.
9. **Elissavet Emmanouilidou, Anastasia Lazaridou, Sophia Mitkidou, Nikolaos C. Kokkinos.** *A comparative study on biodiesel production from edible and non-edible biomasses.* 23. Únor 2024. ISSN 0022-2860.
10. **Zygmunt Kowalski, Joanna Kulczycka, Roland Verhé, Luc Desender, Guy De Clercq, Agnieszka Makara, Natalia Generowicz, Paulina Harazin.** *frontiersin.org.* [Online] 25. Srpen 2022. Dostupné z: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenrg.2022.919415/full>.
11. **Petr Havlík, Uwe A. Schneider, Erwin Schmid, Hannes Böttcher, Steffen Fritz, Rastislav Skalský, Kentaro Aoki, Stéphane De Cara, Georg Kindermann, Florian Kraxner, Sylvain Leduc, Ian McCallum, Aline Mosnier, Timm Sauer, Michael Obersteiner.** *Global land-use implications of first and second generation biofuel targets.* *Energy Policy.* 2011, stránky 5690-5702.
12. **Emma Suali, Latifah Suali.** *Chapter 8 - Impact assessment of global biofuel regulations and policies on biodiversity.* *Environmental Sustainability of Biofuels.* Elsevier, 2023, stránky 137-161.

- 13 Fabrizio Saladini, Nicoletta Patrizi, Federico M. Pulselli, Nadia Marchettini, Simone Bastianoni. 2016, .** *Guidelines for emergy evaluation of first, second and third generation biofuels.* Renewable and Sustainable Energy Reviews, stránky 221-227. ISSN 1364-0321.
- 14. Mostafa Abbasi, Mir Saman Pishvae, Shayan Mohseni. 2021,** Journal of Cleaner Production. *Third-generation biofuel supply chain: A comprehensive review and future research directions.* ISSN 0959-6526.
- 15. Veeramuthu Ashokkumar, V.P. Chandramughi, Gopalakrishnan Kumar, Chawalit Ngamcharussrivichai, Grzegorz Piechota, Bartłomiej Igliński, Richa Kothari, Wei-Hsin Chen.** *Advancements in lignocellulosic biomass: A critical appraisal of fourth-generation biofuels and value-added bioproduct.* Fuel. 4. Březen 2024.
- 16. Philipp Cavelius. Selina Engelhart-Straub, Norbert Mehlmer, Johannes A Lercher, Dania Awad, Thomas Brück.** *The potential of biofuels from first to fourth generation.* PLoS biology. Březen 2023.
- 17. Křížek, Ladislav.** *EFEKTIVNÍ ZPENĚŽENÍ DŘEVNÍ HMOTY.* České Budějovice : Centrum aplikovaného výzkumu a dalšího vzdělávání, o.p.s. Písek, nakladatelství JIH, 2015.ISBN 978-80-86266-04-6.
- 18. Chang Liu, Mingrui Han, Jingpeng Lin, Wei Liu, Jiurong Liu, Zhihui Zeng. 5.** *Wood biomass-derived carbon for high-performance electromagnetic wave absorbing and shielding.* Květen 2023, stránky 255-276. ISSN 0008-6223.
- 19. S.V. Syrodoy, G.V. Kuznetsov, N.A. Nigay, M.V. Purin, Zh.A. Kostoreva.** *The effect of compaction of the dispersed wood biomass layer on its drying efficiency.* Renewable Energy. 2023, stránky 64-75.
- 20. Andrzej Greinert, Maria Mrocwczynska, Wojciech Szefner. 2019** *The Use of Waste Biomass from the Wood Industry and Municipal Sources for Energy Production..* ISSN 2071-1050.
- 21. Gürkan Gürdil, Jan Malat'ák, Kemal Selvi, Petr Vaculík.** *Mechanical Processing of Solid Biofuels.* 2010.
- 22. <https://www.drevo-olsinky.cz/>.** [Online] [Citace: 3. Březen 2024.] Dostupné z: <https://www.drevo-olsinky.cz/>.
- 23. Vladimír Stupavský, Tomáš Holý. biom.cz.** [Online] 1. leden 2010. [Citace: 4. březen 2024.] Dostupné z: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/drevni-stepka-zelena-hnedabila>.
- 24. Talaška, Krzysztof.** *Analysis of the Energy Efficiency of the Shredded Wood Material Densification Process.* Procedia Engineering. 177, 2017.

25. Deividas Kazlauskas, Vytenis Jankauskas, Raimondas Kreivaitis, Simona Tučkutė. *Wear behaviour of PVD coating strengthened WC-Co cutters during milling of oak-wood.* 2022. ISSN 0043-1648.

26. <https://www.wood-pellet-mill.com/> [Online] [Citace: 1. 3 2024.] Dostupné z: <https://www.wood-pellet-mill.com/product/wood-crusher/wood-crusher.html>.

27. Andrzej Rostocki, Hilal Unyay, Katarzyna Ławińska, Andrzej Obraniak. 2023. *Granulates Based on Bio and Industrial Waste and Biochar in a Sustainable Economy.* ISSN 1996-1073.

28. Wenchao Du, Brey. Caraway, Ming Li, Guanxiong Miao, Zhijian Pei, Chao Ma. *Preparation of granulated powders via freeze drying at different levels of slurry solid loading and comparison of their powder bed quality in roller-compaction-assisted binder jetting. 51st SME North American Manufacturing Research Conference (NAMRC 51).* 2023.

29. <https://www.gemco-energy.com> [Online] Gemco Energy. [Citace: 2. Březen 2024.] Dostupné z: <https://www.gemco-energy.com/guide-to-start-wood-pellet-plant/biomass-wood-pellet-plant-process-pelletizing-technology.html>.

30.. M. Stahl, K. Granstrom, J. Berghel, R. Renstrom. 14. 7 2004. *Industrial processes for biomass drying and their effects on the quality properties of wood pellets* ISSN 0961-9534.

31. Shiv Prasad, Krishna Kumar Yadav, Sandeep Kumar, Priti Pandita, Javed Khan Bhutto, Maha A. Alreshidi, Balasubramani Ravindran, Zaher Mundher Yaseen, Sameh M. Osman, Marina M.S. Cabral-Pinto. sciencedirect. *sciencedirect.* [Online] duben 2024. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221334372400126X>.

32.votona.cz. [Online] [Citace: 20. 3 2024.] Dostupné z :<https://www.votona.cz/cz/e-shop/1440947/c80028-zpracovani-biomasy/bubnova-susarna-1000-1500-kg-hod.html>.

33. expondo.cz [Online] [Citace: 3. 20 2024.] <https://www.expondo.cz/wiesenfield-lis-na-pelety-max-300-kg-h-200-mm-10280041>.

34. Vladimír Stupavský, Tomáš Holý. biom.cz. [Online] 1. 1 2010. Dostupné z: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/brikety-z-biomasy-drevene-rostlinne-smesne-brikety>.

35. kovonovak.cz. kovonovak.cz. [Online]

36. mikim.com [Online] [Citace: 20. 3 2024.] Dostupné z: <https://cz.mikim-machinery.com/sawdust-crusher/sawdust-crushers/diesel-wooden-sawdust-crusher-mill-for-use.html>.

37. drevovyrobawimmer.cz [Online] [Citace: 20. 3 2024.] Dostupné z :<https://drevovyrobawimmer.cz/produkt/piliny/>.

38. optimtop.cz [Online] [Citace: 20. 3 2024.] Dostupné z <https://www.optimtop.cz/suche-palivove-drevo-smrk-borovice-delka-30-33-cm-p-1-prmr/>.

39. Kos, Miroslav. [dspace.cvut.cz. https://dspace.cvut.cz/](https://dspace.cvut.cz/). [Online] [Citace: 20. 3 2024.] Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/89522/F2-BP-2020-Kos-Miroslav-BP.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>.

40. Marshall, Martin. 5, 2010. *Rising petroleum prices during 2005–2008, and passage of the 2007 U.S. Energy Independence and Security Act with a renewable fuel standard of 36 billion gallons of biofuels by 2022, encouraged massive investments in U.S. ethanol plants. Consequently, corn.* ISSN 1871-6784.

8 Seznam obrázků

Obrázek 1 Hlavní znečišťovatelé ovzduší (5).....	4
Obrázek 2 Porovnání fosilních paliv s biomasou (3).....	5
Obrázek 3 Porovnání výrobní kapacity (6).....	6
Obrázek 4 Schéma generací biopaliv (3).....	8
Obrázek 5 Proces flow výroby etanolu z kukuřice (40).....	9
Obrázek 6 Schéma výroby bioetanolu (39).....	10
Obrázek 7 Cyklus dřevní biomasy zdroj (19).....	14
Obrázek 8 Suché palivové dřevo délka 30-33cm (38).....	15
Obrázek 9 Dřevní štěpka mix (37).....	16
Obrázek 10 Piliny (37).....	17
Obrázek 11 Drtič (36).....	18
Obrázek 12 Bubnová sušárna (32).....	20
Obrázek 13 Peletizační zařízení.....	21
Obrázek 14 Pracovní rozložení prostoru.....	22
Obrázek 15 Matrice.....	24
Obrázek 16 Lisovací válečky.....	25
Obrázek 17 El. motor.....	26
Obrázek 18 Leco 628 S.....	28
Obrázek 19 Leco TGA-701.....	29
Obrázek 20 Leco CHN628.....	29
Obrázek 21 Graf hodnocení lisu PL150.....	36
Obrázek 22 Peletovací lis zdroj (33).....	37
Obrázek 23 Graf hodnocení lisu WIE-PM-1000.....	38
Obrázek 24 Peletizační lis MGL (35).....	39
Obrázek 25 Rozměry peletizačního stroje MGL 200 (35).....	40
Obrázek 26 Graf hodnocení lisu MGL200.....	41
Obrázek 27 Výsledné porovnání peletizačních zařízení.....	44

9 Seznam tabulek

Tabulka 1 Zkoumané vzorky původní stav.....	30
Tabulka 2 Zkoumané vzorky suchý stav.....	31
Tabulka 3 Měření vlhkosti vstupního materiálu.....	32

Tabulka 4 Výsledky hodnocení PL 150 vl zdroj	42
Tabulka 5 Výsledky hodnocení WIE-PM-1000	43
Tabulka 6 Výsledky hodnocení MGL 200	43

10 Seznam rovnic

Rovnice 1 rovnice pro stanovení vlhkosti.....	32
---	----