

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra chemie**



**Fakulta agrobiologie,  
potravinových a přírodních zdrojů**

**Využití technického konopí pro výrobu pokročilých  
biopaliv**

**Diplomová práce**

**Autor: Bc. Marie Heřmánková, DiS.  
Rostlinná produkce – pěstování rostlin**

**Vedoucí práce: doc. Ing. Vladimír Hönig, Ph.D. et Ph.D.**

© 2022 ČZU v Praze

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci " Využití technického konopí pro výrobu pokročilých biopaliv" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala panu doc. Ing. Vladimíru Hönigovi, PhD. et PhD. za odborné vedení a rady vedoucí ke vzniku této práce. Dále bych ráda poděkovala panu Václavu Lapkovi za spoustu cenných rad, připomínek a věnovaný čas, které byly důležité pro realizaci písební části. Rovněž chci poděkovat panu Ing. Janu Jenčíkovi a Ing. Jakubu Frątczakovi ze společnosti UniCre a.s. za konzultace a pomoc s realizací prováděných analýz. Nakonec musím poděkovat svým nejbližším, bez jejichž trpělivosti, podpory a pochopení bych své vysokoškolské studium zvládala jen těžko.

Analytická část této diplomové práce je výsledkem projektu řešeného s finanční podporou Ministerstva průmyslu a obchodu, které poskytuje prostředky v rámci institucionální podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace. Výsledku bylo dosaženo s

využitím infrastruktury zahrnuté do projektu Katalytické procesy pro efektivní využití uhlikatých energetických surovin (LM2018119), který finančně podpořilo MŠMT z prostředků účelové podpory velkých infrastruktur.

# Využití technického konopí pro výrobu pokročilých biopaliv

## Souhrn

Cílem práce je stanovit metody a možnosti výroby biopaliv z technického konopí jakožto nepotravinářské biomasy. V rešeršní části této práce je popsána problematika vztahující se k výrobě alternativních paliv. Jsou zde popsány platné legislativní rámce, současná problematika produkce biopaliv na zemědělské půdě včetně vhodných plodin, přičemž největší pozornost je věnována detailnímu agrotechnickému popisu pěstování technického konopí, jakožto cílové komodity. Součástí rešerše je i popis jednotlivých technologických způsobů vzniku biopaliv ze zemědělské produkce.

Praktická část práce pak obsahuje dvě samostatné podčásti. První část je věnována samotnému pěstování rostlin technického konopí, které bylo realizováno na pokusném poli. Cílem této části byla primárně produkce biomasy pro následnou výrobu testovacích vzorků biopaliva. Vzhledem k tomu, že konopí seté není na tuzemských polích příliš rozšířené, byly druhotně ověřovány a pozorovány některé teoretické poznatky, např. odolnost vůči škůdcům, nebo alelopatie. Druhá část se věnuje vhodnému způsobu výroby biopaliva z konopné biomasy. Na základě teoretických podkladů vycházejících rovněž z parametrů konopné biomasy se jedná o způsob hydrotermální úpravy. Ten se ukázal jako efektivní ve spojení s danou biomasou a lze ho doporučit pro přeměnu konopného pazdeří v pokročilé biopalivo. Práce potvrdila také ekonomickou rentabilitu pěstování.

**Klíčová slova:** biopaliva, technické konopí, RED2, Green Deal, biomasa, hydrotermální úprava

# Use of technical hemp for the production of advanced biofuels

## Summary

The aim of the thesis is to determine the methods and possibilities of biofuel production from technical hemp as non-food biomass. The theoretical part of this thesis describes the issues related to the production of alternative fuels. The research contains the legislative framework, current issues of biofuel production on agricultural land, description of crops for biofuel production. The greatest attention is paid to technical hemp and a detailed description of its production. The research contains a description of individual technological methods of biofuels from agricultural production.

The practical part of the thesis contains two separate subsections. The first part is devoted to the production of technical hemp plants that grew on the experimental field. The aim of this part was primarily the production of biomass for the production of test samples of biofuel. The technical hemp isn't very widespread in domestic fields, some theoretical findings have also been verified and observed., for example resistance to pests or allelopathy. The second part deals with the production of biofuel from hemp biomass. The hydrothermal upgrading of biomass is used on the basis of theoretical data and plant parameters. This method is effective in conjunction with this biomass and can be recommended for the production of biofuel from hemp. The aim confirmed the economic profitability of cultivation.

**Keywords:** biofuels, technical hemp, RED2, Green Deal, biomass, hydrothermal upgrading

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>Vědecká hypotéza a cíle práce</b>	<b>10</b>
<b>3</b>	<b>Literární rešerše</b>	<b>11</b>
<b>3.1</b>	<b>Vymezení pojmů – palivo, ropa, nafta, benzín</b>	<b>11</b>
<b>3.2</b>	<b>Legislativní rámec</b>	<b>12</b>
<b>3.3</b>	<b>Směrování národní mobility</b>	<b>15</b>
3.3.1	Národní akční plán čisté mobility	15
3.3.2	Koncept veřejné dopravy	17
3.3.3	Národní plán obnovy	17
<b>3.4</b>	<b>Akční plán pro biomasu</b>	<b>18</b>
3.4.1	Biomasa	18
<b>3.5</b>	<b>Alternativní paliva</b>	<b>21</b>
3.5.1	Biopaliva	22
3.5.2	Problémy s produkcí biopaliv	23
3.5.3	Trendy v biopalivech	24
3.5.4	Syntetická motorová paliva	24
3.5.5	Bioethanol	27
<b>3.6</b>	<b>Analytické metody</b>	<b>28</b>
3.6.1	GC-MS – plynová chromatografie s hmotnostní detekcí	28
<b>3.7</b>	<b>Konopí</b>	<b>29</b>
3.7.1	Historie konopí	29
3.7.2	Pěstování konopí	31
3.7.3	Sklizeň a posklizňová technika	35
3.7.4	Odrůdy konopí	36
3.7.5	Pěstované plochy a statistiky	37
3.7.6	Včely a konopí	37
3.7.7	Chemické složení konopí	37
3.7.8	Využití konopí	39
3.7.9	Budoucí trendy	43
<b>4</b>	<b>Metodika</b>	<b>44</b>
<b>4.1</b>	<b>Pěstitelská část</b>	<b>44</b>
4.1.1	Ekonomická analýza pěstování	50
<b>4.2</b>	<b>Analýza vzorků</b>	<b>53</b>
<b>5</b>	<b>Výsledky</b>	<b>58</b>
<b>5.1</b>	<b>Zhodnocení pěstování</b>	<b>58</b>

5.2	Vyhodnocení analýz .....	60
6	Diskuze .....	68
7	Závěr .....	71
8	Literatura.....	72



# 1 Úvod

Zemědělství není jen primárním výrobním sektorem a práce zemědělců nekončí na poli s úklidem úrody a strojů do stodol. Práce každého sedláka je zároveň významnou krajinotvornou činností se socio-ekonomickým přesahem. Zemědělství je ale také obor budoucnosti, který nicméně zatím zdaleka nevyužívá svého potenciálu, a to především ve smyslu bioekonomiky, která je v našem prostředí hluboko pod průměrem západní Evropy i svých možností. Obzvláště to stojí za zamyšlení v kontextu doby, která se dynamicky mění, a právě bioekonomika se všemi svými aspekty se stává nosným pilířem evropského průmyslu a energetiky. Evropa si dala ambiciózní cíl, být do roku 2050 uhlíkově neutrální. Existují názory říkající, že tento cíl není technologicky zvládnutelný, další jim oponují. Tak či onak směřujeme k ekologičtější, udržitelnější budoucnosti, která nám sama ukáže, co všeho, jakým způsobem a v jakém časovém horizontu jsme schopni zvládnout. Faktem ale je, že v době plánovaného přechodu do uhlíkové neutrality budeme naši planetu sdílet s dalšími téměř deseti miliardami lidí, tedy asi o dvě miliardy více než v současnosti. Rostoucí populaci bude potřeba nasytit a zajistit pro ni dostatek energie. I to je výzva, která zemědělství v následujících desetiletích čeká. A nezapomeňme, že právě zemědělství je zároveň jediná lidská činnost aktivně vázající CO<sub>2</sub> z atmosféry v metabolismu rostlin a v půdě. Zemědělská půda ale každý den ubývá, ať již vlivem klimatických podmínek, nebo přímým zásahem člověka. Musíme ji tak nejen chránit, ale naučit se s ní a na ní lépe a efektivněji hospodařit. Ať už se jedná o aplikace nástrojů precizního zemědělství, nebo takových způsobů hospodaření, kdy budeme schopni z jedné plochy získat vícenásobný užitek. Příkladem takového systému, necht' nám je například agrolesnictví, moudrost našich předků, již se dnes znovu zabývá věda. Dále ale také rostlina nesoucí podobný osud. Byla rostlinou naší minulosti, došla k úplnému zatracení a dnes si k ní opět hledáme cestu. Rostlina setého (technického) konopí je krásným předobrazem cirkulární udržitelnosti, jež stvořila příroda. Nabízí nám své využití od prvního semínka po poslední část kořenového systému. Dokáže nás nasytit, obléct, můžeme si z ní postavit dům a pak si v něm díky ní i zatopit, a ač dnes známe stovky a tisíce způsobů, jak ji využít, stále jsme neobjevili všechno. Touto prací si proto dávám za cíl vyzkoušet další z možností jejího energetického využití.

Zemědělství jako celek a rostlina konopí mají něco společného. Je to nevalný, až přímo negativní marketingový obrázek v široké společnosti. Zemědělec je ten, který ničí krajinu, práší a překáží na silnicích, konopí nebezpečná droga svádějící na scestí. Možná je na čase neměnit jen diesel za baterii, kotel za solární panel a maso za veganské steaky, ale zkusit změnit pohled a přístup našeho okolí k věcem, které nám pomůžou zvládnout změny, jež nás všechny dříve či později čekají.

## **2 Vědecká hypotéza a cíle práce**

### **Hypotéza**

Pro tuto diplomovou práci byly stanoveny dvě hypotézy.

- Hypotéza 1 „Obě testované odrůdy mají podobný kvalitativní předpoklad pro výrobu pokročilých biopaliv hydrotermální úpravou biomasy.“
- Hypotéza 2 „V rámci jedné odrůdy neexistuje významný kvalitativní rozdíl pro výrobu biopaliva mezi použitím stonku s vláknem a bez vlákna.“

### **Cíl práce**

Cílem práce je stanovit metody a možnosti výroby pokročilých biopaliv z technického konopí jakožto nepotravinářské biomasy pomocí hydrotermální úpravy biomasy. Dílčím cílem je produkce vlastních vzorků technického konopí pro následné experimenty.

### 3 Literární rešerše

Následující kapitola stručně definuje současná konvenční paliva, vysvětluje legislativní rámec problematiky, charakterizuje biopaliva, včetně problémů, trendů a způsobů jejich produkce. Stěžejní část kapitoly je věnována konkrétní plodině – setému neboli technickému konopí, která obsahuje jeho agrotechniku, legislativu, technologii zpracování, chemické složení i možnosti využití všech jeho částí na tržní produkty. V samém závěru jsou zhodnoceny budoucí trendy v pěstování této rostliny.

#### 3.1 Vymezení pojmů – palivo, ropa, nafta, benzín

**POHONNÉ HMOTY** – Podle zákona se pohonnou hmotou rozumí motorový benzín, motorová nafta, směsné palivo a alternativní palivo, pokud jsou určeny k pohonu motoru vozidla nebo zvláštního vozidla; pohonnou hmotou nejsou kapalná aditiva, která jsou povinnou látkou nezbytnou pro provoz vozidla nebo zvláštního vozidla a doplňují se v návaznosti na palivo (Zákon č. 311/2006 Sb.).

**ALTERNATIVNÍ PALIVO** – Podle zákona se alternativním palivem rozumí palivo nebo zdroj energie, které slouží alespoň zčásti jako náhrada zdrojů fosilní ropy v dodávkách energie pro dopravu a které mají potenciál přispět k její dekarbonizaci a zvýšit environmentální výkonnost odvětví dopravy; alternativním palivem je zejména biopalivo nebo jiné palivo z obnovitelných zdrojů, syntetické a parafinické palivo, stlačený zemní plyn včetně biometanu, zkapalněný zemní plyn včetně biometanu, zkapalněný ropný plyn, elektřina a vodík (Zákon č. 311/2006 Sb.). Ať už u alternativních, či konvenčních paliv, se používá hodnotící parametr, který se vyjadřuje jako poměr H:C (neboli H/C ratio). Tento poměr je důležitý parametr ovlivňující vlastnosti i reakční výkon uhlovodíkových paliv a je zásadní i pro výtěžek kapaliny. S vyšším poměrem H:C má palivo vyšší výhřevnost a nižší hustotu (Lei et al. 2015).

**ROPA** – „kapalná směs uhlovodíků o hustotě obvykle v rozmezí 0,75 až 0,95 g. cm<sup>3</sup>, různých barevných odstínů (lehké ropy jsou světlé, těžké ropy tmavé)“ (Petránek geology.cz). Obsahuje 80 až 85 % uhlíku, 10 až 15 % vodíku, 4 až 7 % síry a stopová množství dalších prvků (skupina ČEZ 1). Dle Blažka a Rábla (2006) mají jednotlivé druhy ropy rozdílnou hustotu, což přímou úměrou souvisí s obsahem těchto zmíněných heteroatomů. Tedy čím vyšší je její hustota, tím vyšší je i obsah heteroatomů. Ložiska ropy se vyskytují v hloubkách až několika stovek metrů. Vzniknout měla rozkladem velkého množství odumřelých organismů, čemuž musely předcházet příznivé podmínky – anaerobní prostředí, velký tlak a určitá stabilní teplota. S ropou se setkáváme již ve starověku, například staří Peršané o ní píší jako o „nafatě“ (skupina ČEZ 1), dále Syřané, kteří ji používají jako stavební pojivo a Římané, kteří ropu označují jako „petroleum“ neboli skalní olej (is.muni.cz). V Evropě se používá prokazatelně od 16. století. Strmý nárůst její spotřeby přichází na počátku 20. století, především pak po druhé světové válce. Zatímco v roce 1937 se uvádí spotřeba necelých 300 milionů tun za rok, v roce 1990 je to více než 3000 milionů tun. Na světových trzích se coby jednotka ropy používá barel, nebo někdy také galon. Kdy 1 barel = 159 litrů a 1 galon = 3,785 litrů. V současnosti je zřejmě nejdůležitější energetickou surovinou, která ovlivňuje hospodářství ve vyspělých zemích. V obchodě s ropou má prvořadné postavení Organizace zemí vyvážejících ropu (OPEC), která sdružuje země s největší produkcí ropy na světě (skupina ČEZ 1).

Ropa se často vyskytuje spolu se zemním plynem. Jeho tlaku se nejprve využívá k samovolnému vyvěrání na povrch. Tento způsob těžby se nazývá primární a je jím získáváno až 20% ropy z nalezišť. Mezi hlavní světové typy konvenční ropy patří:

- směsná ropa Brent, jež zahrnuje 15 druhů ropy z nalezišť v Severním moři. Za cenu ropy Brent je většinou prodávána ropa z Evropy, Afriky a Blízkého východu, která je určena pro spotřebu na Západě.

- WTI – za cenu této ropy se prodává severoamerická ropa
- Dubai – za tuto cenu se prodává ropa z Blízkého východu určená pro asijsko-pacifickou oblast
- Tapis – ropa z Malajsie, za jejíž cenu se prodává lehká ropa z Dálného východu
- Minas – ropa z Indonésie, za jejíž cenu se prodává těžká ropa z Dálného východu (Budín 2015).

**BENZÍN** –obsahuje převážně alkany, alkeny a aromatické látky. Jeho uhlovodíky se skládají zpravidla z 4–12 atomů uhlíku a jeho destilační rozmezí se pohybuje v rozmezí 30–210 °C (Advanced Motor Fuels). Jednou ze základních technických veličin benzínu (a dalších paliv) je oktanové číslo. Vyjadřuje odolnost paliva proti tzv. detonačnímu spalování, tedy odolnost vůči samovznícení ve směsi se vzduchem. Hodnota oktanového čísla u automobilového benzínu je pro Evropu nejméně 95 (Matějovský 2004). Oktanové číslo pak vyjadřuje procentuální podíl izooktanu (izomer uhlovodíku oktanu), který vyjadřuje oktanové číslo 100 a n-heptanu, kdy čistý n-heptan má oktanové číslo 0. Velikost oktanového čísla musí být uvedena již na čerpací pistolí (Sajdl autolexicon.net). Oktanové číslo 95 znamená, že dané palivo je stejně odolné proti samovznícení jako směs skládající se z 95 % oktanu a 5 % heptanu. V praxi se uvádí hodnoty oktanového čísla zjištěné výzkumnou metodou, která se provádí při 600 otáčkách za minutu (Matějovský 2004). Zmíněné aromatické látky, které jsou zároveň látky, jež v rámci výfukových plynů mohou vést ke vzniku karcinogenních sloučenin (Advanced Motor Fuels). Benzín je hořlavá kapalina zařazená do I. třídy nebezpečnosti. Může obsahovat aditiva zvyšující jeho užité vlastnosti, např. kyslíkaté, antidetonační, antioxidační aj. přísady (unipetrolrpa.cz).

**NAFTA** – jde o hospodářsky nejvýznamnější motorové palivo využívané nejen v automobilové (osobní i nákladní), ale i železniční a lodní dopravě a v zemědělství. Jedná se o směs uhlovodíků s 12-20 atomy uhlíku v molekule. Stejně jako v případě benzínu se pro vylepšení jejich užitečných vlastností používají aditiva. Z hlediska kvality se u nafty hodnotí cetanové číslo, přičemž čím vyšší cetanové číslo nafta má, tím je kvalitnější (Matějovský 2004). Popisuje kvalitu nafty z pohledu vznětové charakteristiky, tedy schopnost nafty se po vstříknutí do spalovacího prostoru vznítit. Čím je číslo vyšší, tím lépe motor startuje, má lepší výkon, nižší spotřebu i lepší emisní složení. Stanovení cetanového čísla probíhá podobně jako v případě oktanového čísla (Sajdl autolexicon.net). Destilační rozmezí nafty se pohybuje v rozmezí 170–360 °C (Advanced Motor Fuels).

## 3.2 Legislativní rámec

Následující kapitola shrnuje legislativní rámec vztahující se k ochraně životního prostředí a zelenějšímu směřování Evropy v budoucnosti.

## **Pařížská dohoda**

Pařížská dohoda byla přijata smluvními stranami Rámcové úmluvy OSN o změně klimatu v prosinci 2015. Dohoda provádí ustanovení Úmluvy a od roku 2020 nahrazuje předchozí Kjótský protokol. Dohoda mimo jiné formuluje cíle ochrany klimatu, například tím, že přináší změny v závazcích za snižování emisí skleníkových plynů. Nově se povinnost stanovení vnitrostátních redukčních metod k dosažení cílů dohody týká nejen vyspělých, ale i rozvojových států. V rámci dohody se Česká republika coby člen EU přihlásila 4. listopadu 2017 k závazku snížit do roku 2030 emise skleníkových plynů o nejméně 40 % ve srovnání s rokem 1990. Dohoda byla ratifikována i významnými světovými producenty skleníkových plynů, kterými jsou USA a Čína, naopak Rusko se k jejímu podpisu nepřipojilo. Jedná se o první všeobecnou a právně závaznou celosvětovou dohodou v této oblasti (EUR-Lex). V rámci boje proti změnám klimatu a přechodu ke klimaticky neutrální společnosti budou do budoucna třeba značné investice především do oblastí výzkumu a inovací. Klíčovými oblastmi přitom jsou energetika, mobilita a doprava, nízkouhlíkové hospodářství, průmysl a obchod a jejich udržitelné financování (Evropská komise 1).

## **Zelená dohoda pro Evropu (The European Green Deal)**

Zelená dohoda neboli Green Deal je ambiciózním balíčkem opatření v boji proti změnám klimatu, který má dále snižovat emise skleníkových plynů s cílem zachovat evropské přírodní prostředí a klimatické podmínky. Plán počítá s dalším snížením emisí o minimálně 55 % do roku 2030, k roku 2050 se pak Evropa chce stát prvním zcela klimaticky neutrálním kontinentem (Evropská komise 1). V následujících desetiletích tak čeká Evropu ekonomická, sociální a environmentální transformace, jež nemá v moderních dějinách obdoby. Někteří proto Zelenou dohodu pro Evropu přirovnávají k Marshallově plánu pro obnovu západní Evropy po druhé světové válce. Dalšími pilíři Zelené dohody jsou kromě snižování emisí skleníkových plynů i čistá a dostupná energie, v čemž hrají zásadní roli obnovitelné zdroje energie. Dále čisté oběhové hospodářství neboli cirkulární ekonomika, která zahrnuje všechny způsoby recyklací v průmyslu. Akční plán představuje i opatření, která mají motivovat podniky k tomu, aby svým zákazníkům nabízely opětovně použitelné, trvanlivé, udržitelné a opravitelné produkty. Velký důraz je kladen na nové technologie (například využití vodíku a palivových článků). Další z pilířů je oblast stavebnictví a renovací, nebo udržitelná a inteligentní mobilita, neboť na dopravu připadá čtvrtina skleníkových plynů produkovaných v Evropě. Další pilíře se již týkají i zemědělství a biologické rozmanitosti. Zemědělství je jedním z hlavních producentů metanu a oxidu dusného, cílem EU je tak dosáhnout „zdravějšího a zelenějšího“ zemědělského hospodářství a zajistit vyšší míru biologické rozmanitosti (byznysprospolecnost.cz). Koncept biohospodářství se stal pro mnoho vlád světa pomyslnou vlajkovou lodí pro udržitelnou ekonomiku. Ozývá se však kritika, která říká, že zatím neexistuje dostatečné množství zdrojů alternativní energie a biomasy, které by dokázala nahradit fosilní zdroje a že záměr zisku biomasy jde v protikladu se záměrem šetření půdy a nižší intenzifikací zemědělství (Vogelpohl, 2021). V rámci Zelené dohody jsou cíle rozděleny do tří období a etap. Cílem do roku 2020 bylo 20 % snížení emisí skleníkových plynů oproti úrovni z roku 1990, 20 % vytváření energií z obnovitelných zdrojů a 20 % zlepšení energetické účinnosti (Evropská komise 2). Dalším

cílem je rok 2030. Do této doby má být snížena emise skleníkových plynů o 55 %. Prioritou je tak zamezit další změně klimatu, omezit růst globální teploty na 1,5 °C, či stimulovat vznik „zelených“ pracovních míst (Evropská komise 3). Nejzásadnějším cílem je rok 2050. Do té doby má být EU zcela uhlíkově neutrální. Tento cíl je srdcem evropské zelené dohody a je v souladu se závazkem EU k celosvětovým opatřením v oblasti klimatu podle Pařížské dohody. Zásadní přerod se tak má týkat všech hlavních oblastí společnosti, od energetiky, přes průmysl, dopravu, stavebnictví až po zemědělské a lesní hospodářství. EU chce být průkopníkem v investování do nových technologických řešení. V rámci Green Dealu byl v břenu 2020 navržen evropský zákon o klimatu, který zakotvuje podmínky týkající se klimatické neutrality v horizontu následujících třiceti let (Evropská komise 4). Otázkou ale také je, nakolik je tento krok EU jen určitým alibismem. Například bionafta obohacená o palmový olej z Indonésie se ukázala být ekologickou katastrofou, neboť při spotřebě 4,3 mil. tun oleje (za rok 2018) se přímo přispělo k devastaci indických tropických pralesů. Dále je to přenášení enviromentální zátěže na třetí země. Emise z převážení zboží (produktů i surovin) mezi kontenty ať už leteckou nebo lodní kontejnerovou dopravou se do evropských uhlíkových bilancí nebudou započítávat a nezapočítávají. Přitom jen kontejnerové lodě vezoucí zboží do Evropské unie vyprodukovaly během roku 2018 téměř 140 milionů tun CO<sub>2</sub>, což je zhruba totéž jako čtvrtina všech evropských aut (Dohnal 2020). Zatím to tak spíše vypadá jako přesouvání problému z Evropy jinam do světa než snaha o skutečnou změnu klimatu. Produkty, které si kvůli vlastním nastaveným limitům nevyprodukuje, budeme s ještě větším enviromentálním zatížením dovážet z jiných částí planety.

### **Zákon o ochraně ovzduší**

Podle zákona se ochranou ovzduší rozumí předcházení znečišťování ovzduší a snižování úrovně znečišťování tak, aby byla omezena rizika pro lidské zdraví způsobená znečištěním ovzduší, snížení zátěže životního prostředí látkami vnášenými do ovzduší a poškozujícími ekosystémy a vytvoření předpokladů pro regeneraci složek životního prostředí postižených v důsledku znečištění ovzduší. Za účelem úrovně znečištění ministerstvo posuzuje úroveň znečištění. Toto hodnocení se provádí na území vymezeném pro účely posuzování kvality ovzduší. Ministerstvo vyhláškou stanoví podmínky a způsob posuzování a vyhodnocení úrovně znečištění. Úroveň znečišťování se zjišťuje jednorázovým měřením emisí v intervalech stanovených prováděcím právním předpisem nebo kontinuálním měřením emisí (Zákon č. 201/2012 Sb.).

### **Zákon České národní rady o ochraně přírody a krajiny**

Cílem zákona je přispět k udržení a obnově rovnováhy přírody v krajině, k ochraně její rozmanitosti a hodnot. Zároveň je nutné zohlednit veškeré kulturní, ekonomické a sociální potřeby obyvatelstva. Podle §2, odstavce 1 se ochranou přírody a krajiny se podle tohoto zákona rozumí dále vymezená péče státu a fyzických i právnických osob o volně žijící živočichy, planě rostoucí rostliny a jejich společenstva, o nerosty, horniny, paleontologické nálezy a geologické celky, péče o ekologické systémy a krajinné celky, jakož i péče o vzhled a přístupnost krajiny. Zajišťována je pak zejména ochranou ekologické stability územních celků, ochranou nerostů,

dřevin mimo les, tvorbou lesních celků a vytvářením zvláště chráněných území a přírodně hodnotných ekosystémů, dále i ovlivňováním vodního hospodaření v krajině (Zákon č. 114/1992 Sb.).

### 3.3 Směřování národní mobility

Na proměny musí reagovat i stát a řídit směřování národní mobility.

#### 3.3.1 Národní akční plán čisté mobility

Národní akční plán čisté mobility vychází z požadavku směrnice 2014/94/EU o zavádění infrastruktury pro alternativní paliva a pro rozvoj alternativních paliv a trhu s nimi. Zabývá se především elektromobilitou, CNG, LNG, ale v určité míře také technologiemi na bázi vodíku – palivovými články. Předkládá se v souvislosti se strategickými dokumenty vlády ČR v oblasti energetiky, dopravy a životního prostředí. Cílem má být především snížení negativních dopadů dopravy na životní prostředí a snížení závislosti na kapalných palivech. Klíčovým principem je zachování principu technologické neutrality, tedy to, že ze strany veřejného sektoru nebude upřednostňován pouze jeden typ alternativních paliv, k naplnění tohoto principu by však ale zároveň mělo docházet pouze u těch technologií, které mají blízko k plnému komerčnímu využití (těmi jsou v současnosti především zemní plyn a elektromobilita, která patří mezi nejvíce dynamicky se rozvíjející odvětví dopravy). V otázce využívání zemního plynu se nabízí další možnost. Kromě CNG a LPG si cestu si z Austrálie a USA do Evropy nachází i Dieselgas, což je technologie založena na principu míchání dvou paliv a sice vstřikování sníženého množství nafty, kdy chybějící množství je doplňováno plynem. Cílem je pak vyšší výkon motoru a snížení emisí i provozních nákladů. Zajištěno má být vytvoření dostatečně přívětivého prostředí pro dlouhodobé uplatňování alternativních pohonů v oblasti dopravy. Ze strategických dokumentů vlády ČR vyplývá, že nejlépe připraveným palivem je (minimálně ve střednědobém měřítku) LNG. Národní akční plán čisté mobility počítá i s dalšími palivy jako je biomethan a bioplyn. Jejich výrobu je ale nutné posuzovat z pohledu vstupů, které se spojují s určitými negativy obzvláště ve spojitosti s rostlinnou výrobou a způsobem využívání půdy (řepkové a kukuřičné monokultury). Předpokládá se, že bioplynové stanice budou hrát důležitější úlohu v decentralizované výrobě tepla a elektřiny. Vzhledem k tomu, že Česká republika má již v současnosti poměrně dobrou a dlouho zkušenost s využíváním zemního plynu a v Evropě se řadí mezi země s největší dynamikou rozvoje, předpokládá se další vývoj právě v oblasti LNG v dopravě na území ČR v horizontu nadcházejícího desetiletí (MPO 2015).

**VODÍK** – Národní akční plán kalkuluje s vodíkem a využitím technologií na jeho bázi, které je možné ve všech druzích dopravy. V Evropě existuje několik desítek projektů pracujících na vodíkových technologiích. Využití vodíku v dopravě může být buď přímým spalováním v motoru, které je srovnatelné se zážehovými motory, nebo použitím palivových článků. S vodíkem se počítá spíše ve středně až dlouhodobém horizontu. Dojezdová vzdálenost vozů poháněných vodíkem je asi 600-700 km a doba plnění nádrže pouze 3-4 minuty, což je velká výhoda a časová úspora oproti elektromobilům. Podstatnou překážkou v masovějším využívání vodíku je absentující infrastruktura a problém se získáváním vodíku, neboť vodík se v atmosféře vyskytuje pouze ve sloučeninách, z nichž nelze energii přímo získávat. Sama

výroba pak probíhá s podporou fosilní nebo jaderné energie. Nejčastěji se používá elektrolýza a termochemický rozklad vody. Klíčové v dalším vývoji této technologie je úzká spolupráce mezi veřejným a soukromým sektorem (MPO 2015). V praxi je rozeznáváno několik druhů vodíku, podle jeho původu. Aktuálně finančně nejdostupnějším, a tedy i nejrozšířenějším je tzv. šedý vodík. Ten vzniká štěpením zemního plynu, při čemž je do atmosféry vypouštěno velké množství oxidu uhličitého. Ze zemního plynu vzniká i modrý vodík, u něhož se technologie výroby liší tím, že vytvořený oxid uhličitý je při výrobě souběžně zachytáván. Nejvíce ekologická je výroba zeleného vodíku, který je produkován elektrolýzou vody, případně ho lze vyrobit z biomasy. Zatímco jeden kilogram šedého vodíku stojí cca 0,9 až 1,7 dolarů, cena zeleného vodíku může být sedminásobná (Hejl 2021). Největším handicapem výroby vodíku je stále především fakt, že při jeho vzniku je prozatím spotřebováno více energie, než vodík pak jako výsledný produkt poskytuje (Harvey & Chambers).

**KAPALNÁ BIOPALIVA** – V tuzemsku se aktuálně biopaliva podílejí cca z 4,2 % na spotřebě energie v dopravě. Dle směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/28/ES (RED) o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů by měl podíl energie z obnovitelných zdrojů v každém členském státě EU od roku 2020 činit alespoň 10% energie, kterou odvětví dopravy spotřebuje. Biopaliva však mohou přispívat ke snižování emisí pouze za předpokladu, že při jejich pěstování nebude docházet k devastaci dalších ekosystémů. V současné době se na evropském trhu nachází především biopaliva první generace, tedy paliva vyráběná z potravinářské biomasy. Podle posledních požadavků ze strany EU se mají členské státy zasadit o prosazování a podporu pokročilých biopaliv vyráběných z nepotravinářské biomasy a odpadních přírodních materiálů (MPO 2015).

**ELEKTROMOBILITA** – Elektromobily jsou vozidla poháněná pouze elektrickou energií, respektive elektromotorem (ten je napájen baterií nebo generátorem). Poprvé se objevily již v 19. století. Po první světové válce je ale postupně zcela nahradily automobily se spalovacím motorem. Na začátku 90. let pak přišli General Motors s elektromobilem GMEV1. O současný největší rozvoj se ale zasloužila společnost Tesla (hybrid.cz). V současnosti má elektromobil téměř každá světová automobilka. Tempo, jakým se vyvíjejí nové modely je až závratné, zároveň sebou ale stále přináší spoustu úskalí a otázek, zda není jen slepou uličkou automobilového průmyslu. Velkým problémem elektromobility se jeví především zimní období. Testy elektromobilů Tesla Model S 75D, Volkswagen e-Golf, Chevrolet Bolt, BMW i3s a Nissan Leaf odhalily, že již při teplotě -7 °C klesá výkon testovaných aut o průměrných 41 %, což může řidiče nemile překvapit především v dálničních kolonách. Navíc nulová stopa elektromobility není tak úplně pravdivá. Ačkoli samy automobily skleníkové plyny nevytváří, jejich skutečná „zelenost“ je pouze taková, do jaké míry jsou „zelené“ zdroje, ze kterých byla elektřina vyrobena. Těch je prozatím dost málo. Stále nevyřešený problém je i nedostatečná recyklace baterií, která je složitá a nákladná, cca 5x nákladnější než těžba nových surovin (Březinová 2019). Budoucím problémem se jeví také to, že elektromobily nemají potenciál sloužit lidem dekády, jako tomu bylo a je u automobilů se spalovacím motorem. Akumulátory postupně ztrácí svůj objem a nejsou schopny se nabít do plné původní kapacity a rychleji se vybíjejí, což je jev, který známe i baterií mobilních telefonů. Pozáruční oprava akumulátoru u Tesly stojí téměř totéž, co koupě nového auta, rozhodování spotřebitele, zda si jen nechá opravit akumulátor, nebo koupit celý vůz je tak poměrně předvídatelné. To jde ale zcela do protikladu se snahami EU o co nejefektivnější recyklaci, cirkulární ekonomiku, šetření zdroji i



snižování spotřeby surovin a energií. Proti elektromobilitě se staví i někteří zástupci automobilových koncernů. Ředitel Stellantisu Carlos Tavares například řekl, že volba této technologie nebyla učiněna automobilovým průmyslem, ale že rozhodnutí přišlo od vlád, které podle něho zřejmě nechápou, že produkce emisí automobilů zdaleka nejsou jen emise z výfuku (Miler 2021).

### **3.3.2 Koncept veřejné dopravy**

Dne 1. ledna 2020 vstoupil v účinnost zákon č. 367/2019 Sb., obsahující mimo jiné i koncept veřejné dopravy. Ačkoliv koncept není v českém prostředí nic nového, pro následující období se proměňuje. Velmi výrazně ho formuje Státní energetické koncepce, která stále více zdůrazňuje potřebu snižování uhlíkové stopy veřejné dopravy. Koncept je úzce spojen i s Národním akčním plánem čisté mobility, a zatímco v jiných průmyslových oblastech se uhlíkové zatížení daří postupně snižovat, v dopravě spotřeba energie a emisí stále roste. Doprava se v České republice podílí z 27 % na konečném spotřebovaném množství energie, to je více než průmysl. V produkci oxidu uhličitého se v rámci dopravy dostáváme na dvojnásobné množství, než je tomu u průmyslu. Přičemž asi 2/3 spotřebované energie se mění ve ztrátové teplo spalovacích motorů. Česká republika se zavázala, že do roku 2030 sníží spotřebu energie o 0,8 % ročně. Z platných koncepčních dokumentů vyplývá, že vzhledem ke své výkonosti a velikosti je zásadní, že páteří veřejné dopravy musí být železniční doprava. Co se týká plošné obsluhy území je klíčovou dopravou silniční linková. Veřejnou dopravu ze své kompetence zajišťují: stát (v zastoupení Ministerstva dopravy), kraje a jednotlivé obce. O služby veřejné dopravy je mezi obyvatelstvem vzrůstající zájem. Pouze 2 % veřejné dopravy však splňují podmínky bezemisního provozu. Poplatky uživatelů (základní cenu jízdného) cenově reguluje na základě cenového výměru Ministerstvo financí, včetně slev pro různé skupiny obyvatel. Hlavním trendem veřejné dopravy je kromě ekologického sociální aspekt, kdy principem udržitelného rozvoje má být inkluzivní a bezpečné dopravy, která zohlední zvláštní potřeby přepravy různých skupin obyvatel (Ministerstvo dopravy 2021).

### **3.3.3 Národní plán obnovy**

Národní plán obnovy je dlouhodobý plán vlády České republiky představující plán reform a investic. Využívat má prostředků z Nástroje pro oživení a odolnost (Recovery and Resilience Facility). Národní plán je následně předložen Evropské komisi a jeho schválení je nezbytnou podmínkou pro čerpání z fondu. Finanční rámec bude členskými státy EU k dispozici v letech 2021-2027. V případě České republiky se počítá s částkou okolo 170 miliard korun. Dále bude moct ČR čerpat úvěry až do výše 405 miliard korun. Žádost o platby bude možné podávat až do srpna 2026. Národní plán obnovy má celkem 6 pilířů, přičemž největší z nich, zabírající celých 44,5 % se týká fyzické infrastruktury a zelené tranzice. Do něho patří udržitelná a bezpečná doprava, snižování spotřeby energie, přechod na čistší zdroje energie, rozvoj čisté mobility, renovace budov a ochrana ovzduší, ochrana přírody a adaptace na klimatickou změnu, podpora biodiverzity a boj se suchem, nebo i cirkulární ekonomika a recyklace (planobnovy.cz)

### 3.4 Akční plán pro biomasu

Akční plán pro biomasu (dále jen APB) vznikl na Ministerstvu zemědělství s cílem propojit hlavní prioritu tohoto sektoru, což je podchycení potenciálu půdy, kterými jsou zajištění produkce potravin a tím maximální potravinová soběstačnost a zbývající potenciál využít pro energetické potřeby (produkci energeticky hodnotných rostlin). Půda představuje v českém prostředí velmi významnou hospodářskou základnu zdrojů. Díky pěti produkčním oblastem (kukuřičná 6,7% zemědělské půdy, řepařská 24 %, obilnářská 40,5 %, bramborářská 18,5 % a píceňářská 10 %) (Asociace malých a středních podniků a živnostníků ČR 2019), skýtá Česká republika rozmanitý rezervoár půdy a přírodního bohatství, ze kterého může těžit. Prioritou by za všech okolností mělo být především zajištění maximální potravinové soběstačnosti (MZE 2012). Dbát by se zároveň mělo na přibrzdění úbytku zemědělské půdy. Průměrný roční úbytek zemědělské půdy je od přelomu tisíciletí 4200 ha/rok, tj. téměř 12 ha každý den. Půda ČR je pestrou mozaikou různých úrovní kvality, kdy nejurodnější půda se nachází v nížinách (především jižní Morava a Polabí, které jsou mohutně zastavovány řadou výrobních a skladovacích prostor, zároveň jsou tyto oblasti nejčastěji postiženy nedostatečným množstvím srážek). A přestože kvalita půdy je závislá i na konkrétní péči o ni, je zemědělský půdní fond v ČR hodnocen podle jednotných kritérií, které se nazývají „bonitovaná půdně ekologická jednotka“ (BPEJ), která je základní mapovací a oceňovací jednotkou. Velkým problémem současnosti je celková degradace půdy, během níž dochází k poškozování funkcí půdy. Jedná se zejména o erozi (větrnou i vodní), utužování půd, další zastavování území, úbytek organické hmoty a kontaminaci půd (Budňáková 2018). Správná a dostatečná péče o půdu je tak zcela zásadní, vhodné je i pěstování plodin, které zamezují erozi a půdu obohacují. Potenciál pro produkci technických plodin vychází z potenciálu celkové disponibilní plochy poníženou o plochu, která je třeba k zajištění potravinové soběstačnosti. Dostupná data potvrzují, že ČR má již historicky velký prostor a potenciál pro produkci plodin určených k technickým účelům, klíčové ale již výše zmíněné, zamezení úbytku volné zemědělské půdy, která má vždy větší hodnotu coby zdroj produkce než jako plocha pro zástavbu. Navzdory lokálnímu charakteru produkce biomasy stále převládá její centrální energetické využití, kdy se jedná se především o oblast teplárenství (MZe 2012). S postupným zastavením těžby uhlí, se ale s největší pravděpodobností bude stále více prosazovat mezi obnovitelnými zdroji energie i biomasa. Podíl obnovitelných zdrojů na spotřebě energie je k roku 2030 32 % (skupina ČEZ 2). Obnovitelné zdroje energie získávají v ČR každoročně podporu okolo 40 miliard Kč za rok (ČTK 2020).

#### 3.4.1 Biomasa

„Biomasa obecně je veškerá organická hmota na Zemi, která se účastní koloběhu živin v biosféře. Jedná se o těla všech organismů, živých i mrtvých, od největších druhů až po mikroskopické – tj. živočichů, rostlin, hub, bakterií a sinic“ (Bechník 2009). Z hlediska energetiky a energetického využití je důležitá taková biomasa, která má potenciál energetického zisku. Dá se ovšem říct, že taková je takřka veškerá biomasa, neboť je jejím základním

stavebním kamenem uhlík, tedy zdroj energie, který spolu s využitím slunečního záření tvoří energeticky bohaté zásobárny – sacharidy (Vobořil 2017). Biomasa může být cíleně pěstována, ať už v podobě fytomasy (hmota získaná z nižších rostlin), nebo dendromasy (hmota získaná ze stromů, včetně rychle rostoucích). Známe i odpadní biomasu, která může být z rostlinné výroby (jedná se o slámu, zbytky z čištění zrnin a další), dále z živočišné výroby (zde jde o hnůj, kejdu nebo močůvku), případně i z těžby a zpracování dřeva (piliny, hobliny, odřezky). A konečně do biomasy řadíme i biologicky rozložitelný odpad, kde se jedná o zbytky potravin, odpady z výroby cukru, mouky, jatek aj. Pracuje se pak s mechanickými (řezání, štěpkování, lisování), termickými (spalování, zplynování, pyrolýza), chemickými (esterifikace) a mikrobiálními (kvašení, digestace a kompostování) způsoby zpracování biomasy (Bechník 2009). Největší výhodou biomasy je neutrální koloběh CO<sub>2</sub>. Zatím se biomasa zpracovává především spalováním, které produkuje přibližně stejné množství oxidu uhličitého, jako je pohlceno růstem dané biomasy. Do ovzduší vypuštěný CO<sub>2</sub> je pak znovu zachytáván rostlinami, čímž dochází k zacyklení procesu a přispění k uhlíkové neutralitě. Některé energetické plodiny je pak možné pěstovat i na méně úrodných půdách, což je přínosné jak z pohledu kultivace krajiny, tak vzniku nových pracovních příležitostí v odlehlejších regionech (Gabrielová 2007). Biomasa je navíc v prostředí České republiky svým rozsahem jediným systémově dostupným a dostatečným obnovitelným zdrojem energie. Ostatní obnovitelné zdroje energie nejsou pro centralizované využití dostatečné (voda, vítr i slunce), nebo jejich potenciál nepokrývá technologické náklady (geotermální energie) (MZe 2012). Podíl obnovitelných zdrojů energie na hrubé konečné spotřebě meziročně stoupá jak ve výrobě elektřiny, tak v sektoru dopravy, kdy v tomto sektoru byl zaznamenán růst mezi roky 2018 a 2019 cca 1300 terajoulů (Bufka & Veverková 2020). Podle formy využití biomasy k energetickým účelům se konverze biomasy rozděluje do tří typů. Prvním je termochemická konverze, kdy způsobem konverze je spalování, zplynování a pyrolýza energetickým výstupem teplo vázané na nosič a generátorový plyn. Za druhé biochemická konverze, u níž je způsobem konverze anaerobní, aerobní a alkoholová fermentace a energetickým výstupem bioplyn, teplo vázané na nosič, etanol a metanol. A za třetí fyzikálně-chemická konverze, kdy způsobem je esterifikace bioolejů a energetickým výstupem metylester biooleje (Šnobl et al. 2004). Termochemická konverze je vhodná především pro materiály s malým obsahem vody, biochemická konverze naopak pro materiály s vysokým obsahem vody (Skála & Ochodek 2007).

#### 3.4.1.1 Energetické plodiny

Pojem energetické plodiny se používá pro ty plodiny, které se pěstují za účelem získávání energie (Šedivý 2008). Lze je také zahrnout do obecné termínu biomasa, tedy se řadí mezi obnovitelné zdroje energie (Stražil 2014). Energetické plodiny lze přehledně dělit na plodiny jednoleté, víceleté, vytrvalé a tzv. energetické trávy. Z pohledu dlouhodobé produkce jsou důležitější především víceleté a vytrvalé plodiny, u nichž je důležitý dostatečně vysoký výnos. Jednoleté plodiny jsou pak významné zejména pro přerušení osevních sledů (Petříková 2018). Energetické plodiny jsou určeny buď k přímému spalování, pro výrobu kapalných biopaliv, případně mohou být použity pro výrobu různých kompozitních materiálů, přičemž se očekává, že poptávka po těchto komoditách bude v budoucnu stále stoupat. Tyto plodiny lze navíc často

pěstovat na půdách, které kvůli svému obsahu nejsou vhodné pro pěstování potravin. Jedná se o půdy různě kontaminované s nedostatkem důležitých živin (makro i mikro prvků), půdy s nízkou biologickou aktivitou a nedostatkem organické hmoty, či půdy na příkrých svazích, které snadno podléhají erozi. U některých rostlin je známá i jejich schopnost přímo zbavovat půdu těžkých kovů a čistit ji pro následné použití, tzv. fytořemediace (Šedivý 2008). Energetické plodiny mívají pozitivní vliv na krajinu. Soustavy kořenů a oddenků zpevňuje půdu a zabraňuje erozi. Opad listů funguje jako mulč a zabraňuje prorůstání nežádoucích plevelů. Zlepšují chemické, fyzikální i biologické vlastnosti půd (Stražil 2014). Hlavními kritérii pro výběr konkrétních plodin je zejména velikost produkce biomasy, pěstební zvládnutelnost, ekonomika produkce a environmentální aspekty (např. míra invazivnosti) (Weger 2007). Do roku 2010 existoval dotační titul známý jako tzv. „Uhlíkový kredit“. Podpora činila 45 euro/ha a rok (eAGRI). Nabízí se otázka, zda by právě v současné době, kdy se Evropa snaží o uhlíkovou neutralitu, nebylo dobré uvažovat o podobně motivující dotaci znovu. Energetické plodiny jsou až na výjimky jako řepka a kukuřice zemědělci přehlíženy. Pokud se toto má do budoucna změnit musí jim být věnována větší pozornost nejen mezi zemědělci, ale i šlechtiteli a ve zpracovatelském průmyslu. Z ekonomického, ale i energetického pohledu je významný termín sklizně. Obecně lze konstatovat, že největší nárůst fytomasy přichází v době kvetení, poté začne přicházet jeho postupná ztráta. V této době obsahuje fytomasa i největší podíl vody (60–70 %). Z důvodu následného dosoušení (které je nutné především pro spalování, což je stále nejčastější energetické využití biomasy) se většinou vytrvalé plodiny určené ke spalování sklízí až na jaře, kdy obsah vody nepřesáhne 30 %. S vlhkostí ale samozřejmě klesá i výnos (Stražil 2014).

#### Přehled jednotlivých energetických plodin:

##### **Jednotleté:**

Obilniny (žito, triticales), čirok, konopí seté, laskavec, sléz přeslenitý, hořčice sareptská a slámy olejnin (řepky, lnu, slunečnice, světlice barvířské)

##### **Víceleté a vytrvalé:**

komonice bílá, jestrabina východní, topinambur hlíznatý, šťovík krmný, boryt barvířský, mužák prorostlý, topolovka růžová, ozdobnice čínská.

##### **Energetické trávy:**

Lesknice (chrástice) rákosovitá, kostřava rákosovitá, psineček velký, sveřepy a z planě rostoucích křídlatka.

##### **Vybrané plodiny podrobně:**

Čiroky – jedná se o jedny z nejznámějších energetických plodin. Patří do skupiny C4, tedy plodin, které dobře snášejí sucho, na produkci sušiny potřebují méně vody než kukuřice, jsou však značně náročné na teplo. Je dobře známá pěstební technologie (stejná jako u kukuřice). Podobné kukuřici jsou i nároky na živiny a půdu. Sejí se do užších řádků s výsevkem 30–50 kg. Výnos suché hmoty pak dosahuje 14–18 t/ha.

Laskavec – plodina původem z Jižní Ameriky se v devadesátých letech začala pěstovat i u nás. Jedná se o robustní, vysoce vzrůstnou, z výživového hlediska hodnotnou, C4 rostlinu. Dokáže vyprodukovat 8–10 t suché hmoty na jeden hektar. V zájmu co nejnižších sklizňových ztrát je žádoucí zahájit sklizeň, když je cca 2/3 zralých semen. Ty však dozrávají postupně v delším časovém horizontu, což působí problémy.

Hořčice sareptská – její sklizeň se provádí běžnou mechanizací, výnos nadzemní hmoty může být (i se semeny) až 10 t/ha.

Komonice bílá – u nás je známá především jako jetelovina. Pro energetické účely může na svém stanovišti vydržet 7-8 let. Od druhého roku pěstování může dosahovat výnosu 12-15 t/ha suché hmoty. Sklízí se jednou ročně v době dozrávání semen.

Šťovík krmný – se jeví jako energeticky perspektivní plodina. Na jednom stanovišti vydrží až 18 let, snáší vymrzání a nemá zvláštní nároky na stanoviště. Ačkoli byl šlechtěn pro primárně krmivářské účely, jeho zelená hmota je vhodnou surovinou pro výrobu bioplynu. Sklízet lze však i v plné zralosti, výnos suché hmoty je pak vysoký a dosahuje 15-25 t/ha. Pro šťovík je typické intenzivní obrůstání, což ho předurčuje i ke kombinované sklizni, kdy na jaře lze sklízet na zeleno, a ještě v téže sezoně je možná i jeho sklizeň v plné zralosti. Suchá fytomasa šťovíku krmného disponuje významným energetickým obsahem. Spalné teplo bylo stanoveno na hodnotách kolem 17-18 MJ/kg suché hmoty, což jsou již významné energetické hodnoty.

Ozdobnice čínská – pochází z jihovýchodní Asie a dokáže vyprodukovat okolo 20 t suché hmoty na hektar. Nemá ráda holomrazy, neboť trpí vymrzáním. Vysazují se sazenice v počtu 10–20 tisíc na hektar. Náklady na výsadbu jsou však značné a v současné chvíli není její pěstování v našich podmínkách ekonomicky rentabilní.

Křídlatka – planě rostoucí rostlina vytvářející rekordní výnosy až 30 t suché hmoty z hektaru. Jedná se však o velmi invazivní druh (Petříčková Praha). Její masové šíření přináší řadu potíží, ať už se jedná o potlačování přirozených společenstev, nebo poškozování protipovodňových opatření. Kromě jejího energetického využití však křídlatka disponuje i zajímavým chemickým složením, kdy flavonoidy a antrachinony v ní obsažené s dosud neznámou fungicidní látkou, působící především proti různým druhům padlí. Přípravek byl již úspěšně odzkoušen na okurkách, paprikách a další zelenině, ale i na různých k okrase sloužících květinám. Lze ho aplikovat také preventivně, kdy má podporovat přirozenou odolnost rostlin. Pokud bychom se vrátili k energetickému využití, pak křídlatka dosahuje výhřevnosti 17MJ/kg (Patočka 2005).

### **3.5 Alternativní paliva**

Alternativními palivy se rozumí paliva, která mohou nahradit stávající paliva na bázi ropy, nebo řeší jinou technologii a způsob pohonu motorů. Hlavní důvody pro uplatňování alternativních paliv jsou například omezené množství zásob ropy, snaha vyspělých zemí o nezávislost na producentech ropy, vysoká cena ropy a s tím spojená její stále větší spotřeba, či snaha snížit emise skleníkových plynů. Alternativní paliva se dají třídit podle svého výskytu, míry obnovitelnosti, fyzikálních a chemických vlastností, bezpečnosti při manipulaci, podle pohonné jednotky, pro kterou jsou určena, podle produkce emisí, podle skupenství, ve kterém se vyskytují, nebo podle vlivu na konstrukci vozidla. Se zaváděním alternativních paliv na trh se řeší řada klíčových otázek, kterými jsou například: technologie výroby, účinnost, uživatelská pohodlnost a dojezd, vliv na životní prostředí, životnost vozidel a celé technologie, komerční dostupnost vozidel, síť infrastruktury, ale i legislativa a různé lobbistické tlaky (magicacustic.cz)

### 3.5.1 Biopaliva

Biopalivy se rozumí taková paliva, která jsou vyráběny z biomasy určené pro energetické využití. Mohou být v pevné (brikety, pelety), kapalně (oleje, bioethanol aj.) a plynné (bioplyn) formě. Nejušlechtlejšími biopalivy jsou motorová paliva, na které jsou kladeny vysoké kvalitativní požadavky, obvykle jsou také nejdražší (Preol, a.s.). Při dělení biopaliv se řídíme jejich rozdělením podle generací.

#### 3.5.1.1 Biopaliva I. generace

Biopalivy I. generace rozumíme taková paliva, která zábořem zemědělské půdy přímo konkurují výrobě potravin a krmiv (Ekoporadna). Jedná se o bionaftu, bioplyn a další paliva vyráběná ze škrobů, cukrů, tuků a rostlinných olejů. Některé motory navíc při používání těchto biopaliv vykazují nižší výkon než fosilní paliva. Teoreticky může docházet i k poškozování motoru (Storch 2020). Zřejmě všeobecně nejznámějším palivem je metylester řepkového oleje (MEŘO) vyráběný z lisovaného řepkového semene (Ekoporadna) a řepka se díky němu stala velice negativně vnímanou plodinou o které v neodborné populaci koluje i bezpočet nepravdivých mýtů, jenž řepku demonizují stále více.

#### 3.5.1.2 Biopaliva II. generace

Základní rozdíl mezi I. a II. generací je že II. generace nekonkuruje potravinářskému využití, jsou tedy vyrobeny z nepotravinářské biomasy (nejčastěji energetické plodiny), včetně zemědělského odpadu (Ekoporadna). Zpracování odpadu může být paradoxně poměrně problematické, ať už z důvodu recyklace (potřebné hmoty není zcela dostatečné množství), či toho, že každý druh odpadu potřebuje trochu odlišnou technologii zpracování, což jejich nástup prodlužuje a prodražuje. Mezi biopaliva II. generace patří i produkty na bázi Fisher-Tropschovy syntézy. Společnost Unipetrol výzkumně vzdělávací centrum, a. s. (UniCRE) představila palivo II. generace z odpadní biomasy, kterou je dřevní štěpka nebo sláma. Palivo navíc nemusí být jen příměsí, ale plnohodnotnou náhradou fosilních paliv (Storch 2020). Energetické plodiny mají velký potenciál a to přestože, technologický proces je u nich náročnější. Produkční poměr je pak zhruba 5:1, tedy že z 5t biomasy se můžeme získat 1 tuna biopaliva (Ekoporadna). Mezi základní biopaliva II. generace bezpochyby patří bioethanol vyráběný z lignocelulózy (Pospíšil et al. 2012).

#### 3.5.1.3 Biopaliva III. generace

Kandidátem na další, třetí, generaci jsou řasy, které je možné pěstovat ve všech uzavřených vodních systémech. Řas existuje velké množství a mají i velký výnos (Storch 2020). Kromě rychlého růstu je jejich výhodou i vysoký obsah lipidů a uhlovodíků. Tato technologie je však teprve na počátku a bude potřeba překonat celou řadu překážek. Problémem je jak jejich sklizení, tak pěstování, neboť v otevřených vodních nádržích je není možné pěstovat (odpar vody, kontaminace, výpar a s ním emise skleníkových plynů do atmosféry). Uzavřené jsou pak

velice nákladné a náročné na instalaci. Je potřeba velkého množství vody, energie i prostoru. Jejich zapojení do masovější produkce biopaliv tak v současné době (ani ve střednědobém měřítku) není aktuální (Madej 2021). Biotechnologická společnost Synthetic Genomics, která se zabývá vývojem biopaliv, nicméně odhaduje, že produkce biopaliv vyrobených z řas začne v kratším časovém horizontu. Do roku 2025 mají v plánu vybudovat alespoň jeden podnik na výrobu 10 000 barelů diesellového a leteckého paliva z geneticky modifikovaných řas, přičemž je cílem vyrábět paliva, která budou svou cenou konkurenceschopná těm konvenčním (ČT 2018).

### 3.5.2 Problémy s produkcí biopaliv

Poptávka po komoditách určených k výrobě biopaliv znamená i poptávku po půdě, na níž se pěstují. Zabírání půdy těmito plodina pak celosvětově vede k růstu cen potravin. Půda je také bohužel dost často získávána kácením lesů (i deštných pralesů), vysoušením mokřadů, ničením vzácných biotopů apod., což je v přímém rozporu s dalšími ekologickými snahami. Tato výtka se nejvíce týká biopaliv tzv. I. generace. Jedná se o bionaftu, vyráběnou z rostlinných olejů a bioetanol získávaný z cukrů a škrobů. Podpora biopaliv v Evropské unii je ukotvena směrnicí z roku 2009 o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů (Renewables Energy Directive, zkráceně RED) (Doležal 2012). V listopadu 2016 pak Evropská komise přijala přepracovaný návrh do roku 2030, označovaný jako RED II. Jeho hlavním cílem je zvýšení obnovitelných zdrojů energie na 32 % právě do roku 2030. Zvyšovat se v tomto období má i podíl biopaliv pokročilých generací v dopravě, do roku 2030 to mají být minimálně 3,5 % (Evropská komise 5). Směrnice RED II je součástí v souhrnu devíti legislativních návrhů označovaných jako Clean Energy Package (Doucha Šikola advokáti s.r.o 2018). Zrevidovaná směrnice navrhuje také změnu terminologie, kdy mají být do obnovitelných zdrojů zahrnuta i tzv. „nízkouhlíková“ paliva, která by zahrnovala i vodík. To se ale mnohým environmentálním skupinám nelíbí, neboť vodík může být vyráběn z fosilních paliv (Taylor 2021). Jedná se o tzv. parní reforming zemního plynu. Jde o chemický proces, kdy za vysoké teploty reaguje směs metanu a vodní páry za vzniku vodíku a CO<sub>2</sub>. Účinnost se pohybuje okolo 80 %, jeho nevýhodou je ale produkce velkého množství oxidu uhličitého, neboť na 1 kg vodíku připadá 5,5 kg CO<sub>2</sub>. Jedná se však o produkci nejlevnější (DEVINN 2019). V souvislosti s produkcí biopaliv se hovoří i o nepřímých emisích. Jak již bylo řečeno, poptávka po biopalivech směřuje ke zvyšujícímu se záboru půdy, což vede jak ke zvyšování cen potravin, tak k získávání nové půdy ničením lesů a dalších biotopů. Pomineme-li negativní dopad na druhovou rozmanitost, mají tyto zásahy dopad na celkovou bilanci skleníkových plynů, neboť původní biotopy v naprosté většině pohlcují větší množství CO<sub>2</sub> než následně pěstované energetické plodiny. Ilustrativním příkladem budiž využívání bionafty v Evropě. Bionafta je získávána z rostlinných olejů, přičemž trhu coby komodita dominuje řepka (2/3 bionafty jsou vyráběny právě z ní). Aby olej nechyběl v potravinářství, je do Evropy importován z třetích zemí. Od doby, kdy EU zavedla politiku podpory biopaliv I. generace stoupl import palmového oleje dvojnásobně. Produkce palmového oleje je přitom významně spojena s kácením tropických deštných lesů v zemích s nižším standardem ochrany životního prostředí (např. Indonésie a Malajsie) (Doležal 2012). Na jedné straně tak dochází ve vyspělých státech s důrazným dohledem na zemědělskou

produkci k regulaci zemědělské půdy zástavbou, na druhé straně tu máme státy s nízkými standardy k ochraně životního prostředí, které ničí pralesy a další vzácné biotopy pro vznik nové zemědělské půdy.

### 3.5.3 Trendy v biopalivech

Podpora obnovitelných zdrojů energie se netýká jen biopaliv, ale platí také pro elektřinu vyrobenou z obnovitelných zdrojů. RED II si klade jako jeden z hlavních cílů udržitelnost, proto říká, že biopaliva musí vykazovat úsporu emisí skleníkových plynů a to tak, že v případech zařízení uvedených do provozu do 5.10.2015 musí úspora vůči fosilním palivům činit minimálně 60 %, od 1.1.2021 pak 65 %. Podle RED II musí podíl obnovitelných zdrojů energie na konečné spotřebě v dopravě do roku 2030 dosahovat minimálně 14 %. Podíl biopaliv z potravinářské biomasy a biomasy krmných plodin na spotřebě energie v dopravě se ale naopak musí snížit pod 7 % (Doležal 2018). Na základě Směrnice 2009/28/ES (RED) vznikl certifikační systém ISCC (International Sustainability and Carbon Certification) (Štastný & Hart 2018). Jedná se mezinárodní certifikační systém udržitelnosti produkce, přičemž pokrývá všechny suroviny, včetně zemědělské a lesnické biomasy a dalších obnovitelných zdrojů. Týká se ochrany půdy a vod, dodržování pozemkových práv atd. Měření a sledování skleníkových plynů probíhá v celém produkčně – zpracovatelském řetězci (od drobného zemědělce až po nadnárodního zpracovatele) (iscc-system.org). Aktuálně Evropská komise navrhuje, aby po roce 2035 nové automobily nemohly produkovat žádný oxid uhličitý. Do roku 2030 by se emise měly omezit alespoň o 55 % oproti současnému stavu. V plánu Evropské komise je také navýšení podílu energie z obnovitelných zdrojů ze současných 32 % na 40 %. České odborové svazy a asociace očekávají, že důsledky těchto změn budou pro český průmysl značné a nabádají vládu, aby důkladně analyzovala všechny budoucí náklady a způsoby jejich financování. Nyní je například možné čerpat desítky miliard z EU vypsánoho fondu obnovy (Tisková zpráva ČTK 2021). V současné době fosilní paliva představují až 80 % celosvětově spotřebovávané primární energie, z toho 58 % připadá dopravnímu sektoru. Omezená dostupnost fosilních zdrojů na jedné straně a rostoucí poptávka způsobená rostoucí industrializací a motorizací na druhé straně přitom stále více vede k potřebě nalezení nových alternativních (obnovitelných) zdrojů paliv, které přispějí nejen k postupnému dosažení environmentálních cílů, ale i ke snížení závislosti na fosilních palivech (Kikas et al. 2014).

### 3.5.4 Syntetická motorová paliva

Přeměnu biomasy na motorová paliva lze provádět různými biochemickými i termochemickými procesy. Jednou z možností je vysokoteplotní pyrolýza biomasy produkující „bio olej“. Další je tzv. HTU (Hydro Thermal Upgrading) produkující uhlovodíkovou směs podobnou ropě. Vstupní biomasa se nijak nesuší, naopak je pro technologii vhodnější, pokud je vlhká (suchou je třeba navlhčit) (Pospíši et al. 2012). Tato potenciálně čistá technologie dokáže přeměňovat lignocelulozovou biomasu, ale do budoucna může nalézt využití i při produkci biopaliv III. generace (tedy mikro i makrořasy) (Ruiz et al. 2013). Výsledkem je uhlovodíková směs nemísitelná s vodou, jejíž výhřevnost dosahuje 30–36 MJ/Kg. V obou



případech se jedná o přímé postupy výroby. Do nepřímých postupů výroby patří třeba paliva na bázi Fisher-Tropschovy syntézy (Pospíšil et al. 2012). Následující podkapitoly představí nejvýznamnější způsoby přeměny biomasy na syntetická paliva.

#### 3.5.4.1 Pyrolýza

Pyrolýza je termochemická přeměna biomasy na palivo. Jejím cílem je produkce kapalných paliv, nebo pyrolýzních olejů, které mohou být použity jako palivo případně k vytápění. Výsledný olej tvoří směs okysličených uhlovodíků, kdy vyšší teplota a krátká doba ohřevu vede ke vzniku kapaliny (Skála & Ochodek 2007). Podle složení látek v dané biomase začíná pyrolýzní proces při různých teplotách a průběh chemických reakcí jimi může být ovlivněn. Kromě chemického složení záleží i na obsahu vody vstupního materiálu a provozních podmínkách při zpracování (jsou jimi doba ohřevu, tlak, či typ reaktoru). Obecně platí, že se stoupající teplotou dochází ke štěpení silnějších vazeb a že se vzrůstajícím tlakem probíhá štěpení uhlovodíkových molekul symetričtěji. Pomocí pyrolýzy se dají zpracovávat i další materiály, než je jen biomasa. Jedná se například o kaly, pneumatiky, nebo komunální odpad (Agronomická fakulta Mendelu). Z biomasy je nejvhodnější ta, která obsahuje lignocelulozu. Surovinu je před samotnou termickou úpravou nutné rozemlít na malé kousky (menší než 6 mm). Získaný olej má (v případě dřevní biomasy) černou barvu a hustotu 1,2 g/m<sup>3</sup>. Vzhledem k obsahu kyslíku má ale, ve srovnání s ropou, nižší energetický obsah (výhřevnost se pohybuje v rozmezí 16–19 MJ/Kg). Olej je rozpustný ve vodě a téměř neobsahuje síru. Bez následné úpravy dokáže nahradit fosilní paliva v kotlích a při pohonu stacionárních motorů. Aby mohl nahradit ropu jako pohonnou hmotu v motorových vozidlech, je ale nutné ho nejprve upravit hydrorafinačními postupy. Nakonec může být i vstupním materiálem pro produkci syntézního plynu, který je základem pro Fisher-Tropschovu syntézu, z níž jde vyrobit syntetickou ropu pro zpracování na palivo, ale i další produkty. Výrobní cena pyrolýzního oleje není ani při stejné technologii vždy stejná, neboť je významně ovlivněna náklady na předúpravu (mletí, sušení) každé jednotlivé dávky suroviny (Pospíšil et al. 2012). Největší problém, co do kvality výsledného produktu, vězí především ve zpracovávání komunálních odpadů, které jsou, jakožto vstupní materiál, značně heterogenní. Naopak biomasa je jedním z nejvhodnějších vstupních materiálů pro biologické procesy. Při rychlé pyrolýze (ohřev na 500–1000 °C za minutu) získáváme výtěžek bio oleje rozmezí 60–75 % hm, dalších 15–25 % hm. tvoří pevný koks a 10–20 % hm. plyny (Agronomická fakulta Mendelu). Obecně lze říci, že rychlá pyrolýza je používána pro maximalizaci výtěžku oleje a plynu, zatímco pomalá pyrolýza (tzv. karbonizace) se využívá hlavně pro výrobu dřevěného uhlí. V principu pak během pyrolýzy vznikají tyto 4 hlavní produkty: tuhý zbytek, pyrolýzní voda, pyrolýzní plyn a pyrolýzní olej (Molek 2017). Pyrolýzní olej (bio-olej nebo také pyrolýzní beznín) je směs vody a derivátů kyslíkatých organických sloučenin (alkoholy, fenoly, estery atd.). Pevný zbytek je směsí nezreagovaných částic, jakými je například rozložené dřevo, uhlíkatý úsad zuhelnatělých částic a popela. Často bývá označován jako pyrolýzní koks. Z pohledu využití biomasy (potažmo přímo konopí) závisí průběh i výtěžek pyrolýzy na chemickém složení a zastoupení klíčových složek, kterými jsou celuloza, hemiceluloza a lignin. Změna obsahu celulosy v rozmezí 34–42 hm.%, má na výtěžky kapalin vliv v rozsahu asi 10 % (Zámostný & Kurc 2011). Ačkoliv byla pyrolýza v posledních

desetiletích spíše v pozadí zájmu, v poslední době zažívá jistou renesanci díky hledání nových alternativ k fosilním palivům, ať už se jedná o ropu nebo uhlí (Molek 2017).

#### 3.5.4.2 Fisher – Tropschova syntéza

Metoda byla vyvinuta na počátku 20. století německými vědci Franzem Fischerem a Hansem Tropschem. Díky této metodě pak zejména Německo nebylo za 2. světové války závislé na dodávkách ropy a mohlo si palivo vyrábět samo z uhlí, kterého mělo na svém území dostatek. Za dobu války vyrobilo téměř 24 milionů tun syntetického benzínu. Základní vstupní surovinou je tzv. syntézní plyn (syngas), což je směs oxidu uhelnatého a vodíku. Plyn lze vyrábět nejen z uhlí, ale i zemního plynu, nebo právě biomasy (Peer et al. 2013). Přičemž lze použít jak suchou lignocelulózovou biomasu, tak mokrou v podobě tekutých zemědělských odpadů. Samotné zplynění je proces, při kterém dochází k oxidaci po přidání kyslíku, který reaguje s biomasou při vysokých teplotách (okolo 900 °C). Po zplynění získáváme z biomasy syntézní plyn, který obsahuje především CO a H<sub>2</sub>, ale dále i CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>O, N<sub>2</sub>, ale i další organické nečistoty. Z tohoto plynu lze také vyrobit čistý vodík. Aby mohl být syntézní plyn použit pro výrobu paliva musí být upraven poměr CO a H<sub>2</sub> (Pospíšil et al. 2012). Produkty získané FT syntézou ale nelze použít přímo coby motorová paliva, z důvodu jejich vlastností. U benzínových frakcí jde zejména o nízké oktanové číslo. Střední destiláty jsou bezsírnaté a mají vysoké cetanové číslo, nicméně nesplňují požadavky na nízkoteplotní vlastnosti. Musí být, proto přepracovány, například hydrokrakováním (Šimaček & Kubička 2012). Nezbytností pro průběh syntézy je přítomnost katalyzátorů, což jsou obecně látky, které urychlují chemické reakce (Peer et al. 2013). Při FT metodě se typicky používají kobalt, železo a nikl. Výběr katalyzátoru závisí jak na skladbě požadovaného produktu, tak na zdroji syntézního plynu (Kubička 2012). Z pohledu výroby nafty a benzínu je důležité zvolení typu syntézy. Rozeznáváme nízkoteplotní proces, který probíhá do teploty 250 °C s použitím kobaltového katalyzátoru. Tento typ je vhodný zejména pro výrobu nafty. Druhým typem je vysokoteplotní proces probíhající při teplotách okolo 300 °C s použitím železného katalyzátoru, jehož výsledný produkt se hodí zejména pro výrobu benzínu (Peer et al. 2013). Nafta jako konečný produkt FT syntézy představuje čisté a kvalitní palivo. Má navíc podobný energetický obsah, hustotu, viskozitu i bod vzplanutí jako tradiční fosilní nafta. Oproti fosilní naftě má i vyšší cetanové číslo a díky nižšímu obsahu síru se i čistěji spaluje. Benzín vzniklý FT syntézou má ovšem nižší oktanové číslo a aby mohl být použit jako autobenzín musí tzv. reformován (Pospíšil et al. 2012).

#### 3.5.4.3 Hydrothermal upgrading (HTU)

Proces hydrotermálního upravování lignocelulózové odpadní biomasy byl uveden v účinnost v 60. letech minulého století. Technologie dokáže v palivo proměnit široké množství vstupních materiálů a stává se proto jedním z nejnadějnějších postupů pro výrobu udržitelných paliv. S ohledem na to, v posledních několika letech výrazně vzrůstá počet výzkumů zabývajících se touto technologií (Grande et al. 2021). Proces HTU nabízí další z cest k produktu, který může nahradit fosilní paliva. Hydrotermální proces dokáže zpracovat i zdroje s

vysokou vlhkostí. Vzhledem k tomu, že biomasa má většinou vysokou vlhkost, je tento proces efektivnější a méně energeticky náročnější než například pyrolýza, která ke zpracování vyžaduje vysušenou biomasu. HTU představuje proces přeměny téměř jakékoliv biomasy na biopalivo. Hlavními parametry pro hydrotermální upgrading jsou teplota, tlak, katalyzátor, reakční čas, a především samotný druh biomasy. Přeměnu biomasy nejvíce ovlivňuje teplota, přičemž rozmezí teplot by se mělo pohybovat zhruba v rozmezí 280–370 °C. Teplota pod nižší mezí nemusí být dostatečná, vyšší teplota způsobuje velkou produkci nežádoucího plynu, neboť brání vzniku bio-oleje. Ideální teplota se pohybuje v rozmezí 300–330 °C, pro materiály s vysokým obsahem ligninu ale nemusí být zcela dostatečná. Výťažnost oleje velmi výrazně ovlivňuje i katalyzátor. Tlak má pak na výťažnost nejmenší vliv, slouží především jako stabilizátor prostředí, ve kterém proces probíhá (Akhtar et al. 2011). HTU se obecně dělí podle výsledného produktu a průběhu procesu. Proces, ke kterému dochází při teplotním rozsahu 180–250 °C a tlaku 2–10 MPa se nazývá karbonizace, přičemž hlavním získaným produktem je polokok. Produkt, který je získáván při teplotním rozsahu 250 až 374 °C a tlaku 2–25 MPa je kapalinou, která se používá k výrobě vysoce energetických kapalných paliv (bio-oleje), jenž je blízký ropě. Vyšší teplota a tlak vede již jen ke zplynování (Mathanker et al. 2021). Pokud stav zůstane na podkritických hodnotách (<374 °C a 221 barů) dochází k porušení chemických vazeb a depolymerace biomasy se zvýší, což vede k celkově vyššímu výtěžku biomasy (Grande et al. 2021). HTU technologie probíhá ve výrazně kratším časovém úseku než jiné konverze biomasy. K úpravě biomasy pomocí hydrotermální úpravy obvykle postačí 5–15 minut (Goudriaan & Peferoen 1990). Výhodou HTU je, že v průběhu procesu klesá obsah kyslíku v organických materiálech. Tento odstraněný kyslík se váže do sloučenin buď v podobě H<sub>2</sub>O nebo CO<sub>2</sub> (Srokol et al. 2004). Jako o vhodném katalyzátoru lignocelulózové biomasy hovoří některé studie o uhličitanu draselném. Testován byl například jak na tvrdém a měkkém dřevě, tak na bambusových stoncích, které mají ještě o několik procent vyšší obsah těžko degradovatelného ligninu než konopné pazdeří. Ve studii získané bio-oleje vykazují podobné charakteristiky jako nafta. V průběhu studie, která pracovala s různými druhy dřeva, bylo při použití K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> katalyzátoru dosaženo celkového výtěžku až 50 hm. % kapalných uhlovodíků při konverzi biomasy po dobu 15 minut (Bhaskara et al. 2008; Chang et al. 2016). Konečný produkt (bio-olej) lze upgradovat na konvenční uhlovodíkové palivo téměř úplným odstraněním kyslíku a snížením molekulové hmotnosti pomocí hydrogenační rafinace a hydrokrakováním. Bio-olej získaný HTU technologií dosahuje výhřevnosti cca 35 MJ/kg, což je vyšší výhřevnost oproti pyrolýznímu bio-oleji (16–19 MJ/kg). Výhřevnost HTU bio-oleje je tedy spíše srovnatelná s výhřevností klasických ropných paliv (40–45 MJ/kg). Kromě oleje je produktem HTU i syntézní plyn. Mezi plynné sloučeniny patří vodík, oxid uhličitý, metan a další uhlovodíky. Předpokládá se, že plynný produkt by mohl být použit k výrobě vodíku parním reformováním (Zhu et al. 2014).

### 3.5.5 Bioethanol

Od doby průmyslové revoluce ve vyspělých státech světa klesá cena potravin v poměru k výši příjmů. Tento dlouhodobý trend by nyní mohlo zvrátit využívání biopaliv I. generace. Jedním z východisek jsou biopaliva pokročilých generací, mezi, než patří bioethanol

produkovaný z lignocelulosoové biomasy, tedy například energetických plodin a zbytků rostlinné produkce. Technologie výroby je poměrně komplikovaná. Je o ni však zájem, neboť suroviny jsou k dispozici v poměrně velkém množství a jsou podstatně levnější než plodiny primárně určené na potravinářské účely (Pospíšil et al. 2012)

### **Bioetanol I. generace**

Bioetanol I. generace se vyrábí ze surovin, které obsahují jednoduché cukry, případně látky, které se na jednoduché cukru dají snadno přeměnit, což je především škrob. Získávají se zejména z plodin jako je cukrová řepa, cukrová třtina, brambory nebo kukuřice, přičemž největší produkční potenciál má právě kukuřice (cca 360 l/t) (Hromádko et al. 2010). Kukuřice pro tyto účely zabírá stále více zemědělské půdy, přitom je to z pohledu půdní eroze nebezpečná rostlina. Největším problémem v našich podmínkách je vodní eroze, kdy během jediné události může být spláchnuto až několik centimetrů ornice. Celá polovina erozních událostí je pak spojena právě s pěstováním kukuřice (Kincl et al. 2021). Princip výroby etanolu je v alkoholovém kvašení (fermentaci) a následné destilaci. Zatímco cukernaté plodiny (cukrová řepa a třtina) kvasí přímo, škrobnaté plodiny (brambory a kukuřice) musí před kvašením projít enzymatickým rozkladem, při kterém se na jednoduché cukry rozštěpí (Flowserve SIHI).

### **Bioetanol II. generace z lignocelulozové biomasy**

Potenciál produkce bioetanolu II. generace je oproti té první až 16x vyšší (Hromádko et al. 2010). Hmota se nejprve namele nebo nadrtí na menší kousky. Ty podstoupí chemickou předúpravu, která má narušit polymerní strukturu celulozy a hemicelulozy a usnadní přístup k práci enzymům. Prvním krokem konverze lignocelulozové biomasy je její hydrolýza na jednoduché cukry. Biomasa lignocelulozy obsahuje polymery jednoduchých cukrů celulozu a hemicelulozu (ty lze transformovat na jednoduché cukry, přičemž hemiceluloza se transformuje snáz) a lignin, aromatický polymer rezistentní vůči biologické degradaci, tudíž ho nelze fermentovat. Po oddělení, ať už v průběhu hydrolýzy nebo fermentace, lze ale dále použít. Jednoduché cukry již lze fermentovat. Poté již následuje destilace, rafinace a dehydratace bioetanolu (Pospíšil et al. 2012). Mezi hlavní výzvy výroby biopaliv z lignocelulozové biomasy však patří stabilní a konzistentní dodávky surovin k jejich výrobě (Das et al. 2017).

## **3.6 Analytické metody**

Analýzy a analytické metody jsou nezbytnou součástí každého výzkumu. Pomáhají k poznání, které může vyústit v nové poznatky, přístupy a optimalizace. Pro podrobné poznání rostlinných matic a jejich využití jsou klíčové chemické analytické metody.

### **3.6.1 GC-MS – plynová chromatografie s hmotnostní detekcí**

Plynová chromatografie patří mezi separační analytické metody. V chromatografickém systému tedy dochází k rozdělení látek směsi obsažených v daném vzorku. Chromatografický systém je tvořen tzv. stacionární fází, která je nepohyblivá a mobilní fází, která je pohyblivá. V konkrétním případě plynové chromatografie se v podobě stacionární fáze jedná o sorbent

nanesený na vnitřní straně kapilární kolony, kterou prochází mobilní fáze v podobě nosného plynu nesoucí zplyněné analyty. Nosný plyn unáší analyty skrze chromatografickou kolonu. V závislosti na specifické interakci analytů se stacionární fází dochází k jejich větší či menší zadržení na koloně a tím postupnému rozdělení složek směsi. Po separaci vchází analyty do detektoru, kde jsou detekovány. Na to, aby mohly být jednotlivé složky směsi separovány plynovou chromatografií musí splňovat dvě podmínky, jednak musí být dostatečně těkavé a za druhé dostatečně termostabilní s relativní molekulovou hmotností nižší než 1000. Přístroj používaný k plynové chromatografii se nazývá plynový chromatograf. Skládá se ze zásobníku plynů, nástřikového prostoru a chromatografické kolony uložené v termostatu, detektoru a vyhodnocovacího zařízení. Grafickým záznamem procesu separace je tzv. chromatogram, což je závislost odezvy detektoru úměrná koncentraci analytu na čase, který strávil v chromatografickém systému (Klouda 2016). Z hlediska uspořádání chromatografických kolon se může jednat o konvenční, jednorozměrnou separaci, kdy je k separaci analytů využita pouze jedna kapilární kolona nebo dvourozměrnou separaci, kdy jsou k rozdělení složek vzorků využity dvě za sebou modulátorem spojené kapilární kolony, které jsou vzájemně odlišného charakteru. Druhý rozměr tak na výsledek analýzy vnáší detailnější pohled, neboť je jím umocněna separační účinnost daného chromatografického systému (HPST, s.r.o.). Detektory v plynové chromatografii mohou být tzv. konvenční, mezi které patří například plamenově-ionizační detektor FID, vhodný k analýze uhlovodíků, detektor elektronového záchytu ECD vhodný k analýze halogenovaných pesticidů a jiné. Druhým typem detekce s následnou možností identifikace analytů je využití spojení s hmotnostní spektrometrií. Poté, co jsou složky směsi separovány na chromatografické koloně, vchází do iontového zdroje hmotnostního spektrometru, kde dochází k jejich ionizaci a specifické fragmentaci. V závislosti na poměru relativní molekulové hmotnosti a náboje  $m/z$  jsou následně fragmenty prostřednictvím hmotnostního analyzátoru rozděleny a dopadají na detektor. Výstupem signálu z detektoru je tzv. hmotnostní spektrum, které je následně využito k identifikaci daných sloučenin (Klouda 2016).

## **3.7 Konopí**

Následující kapitola se detailně věnuje historii, pěstování, chemickému složení a využití všech částí technického konopí.

### **3.7.1 Historie konopí**

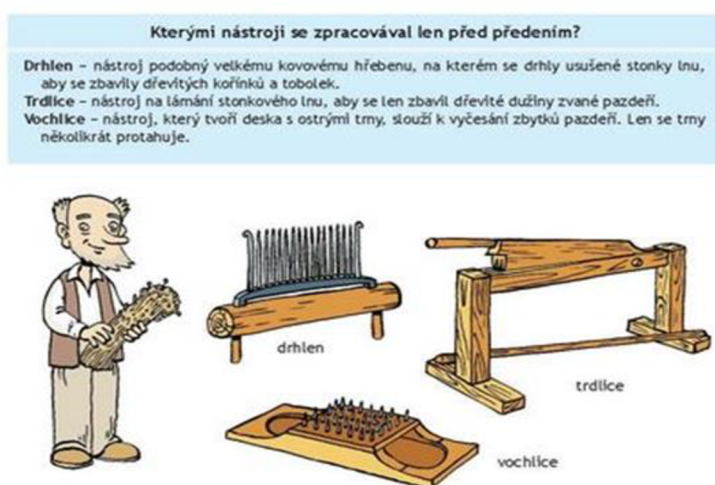
Konopí je jednou z nejstarších plodin pěstovaných člověkem. Za jeho domovinu je považována centrální Asie (Klvaňová, 2007). Nejstarší zmínky o používání konopí jsou staré 7 tisíc let a pochází z Babylonie. Po zkulturnění se konopí z východu přesouvalo dále na západ (Bjelková et al. 2017). Jeho využití na vlákno znali v Číně před 5 tisíci lety. Konopí se nejprve dostává do jižního Ruska a odtud dochází k jeho šíření dvěma cestami. Severní cesta vedla přes Litvu, Švédsko a Nizozemí až do Anglie. Jižní pak vedla přes Řecko a Itálii do Španělska. Se španělskými kolonisty v 17. století připlouvá konopí i na Americký kontinent. V této době je konopí využíváno především námořníky jako přadná plodina, neboť se z jeho vláknů vyrábí

lana, plachty a další textilní výrobky (Klvaňová, 2007). Předpokládá se, že konopné oblečení je jedním z nejstarších v historii lidstva (Berca 2019). Na území Čech dokládají archeologové na slovanském sídlišti z 8. století konopné nažky. Fragments konopných oděvů byly objeveny i na slovanských (Slavníkovských) hradištích v Libici a Kouřimi. Je ale pravděpodobné, že se rostlina na našem území pěstovala již dříve. Domácí výroba textilií byla běžná ještě v 19. století. Nejběžnějšími přadnými plodinami pak byly právě konopí a dále také len. Toto bylo přerušeno až dovozem levné bavlny z kolonií (Magazín o konopí).

### Historická sklizeň a zpracování

Konopí bylo v minulosti spolu se lnem a vlnou hlavní přadnou komoditou českého a moravského venkova, který byl tímto směrem soběstačný až do 19. století. V případě konopí byly pro tyto účely vždy žádanější samčí rostliny, neboť díky své štíhlosti a výšce byly schopné poskytnout kvalitnější vlákno. Ty se z porostu sklízeli dříve a samičím se dále nechával čas na dozrání semen. Samčí rostliny se po sklizni takzvaně močily (máčely), aby se vlákno lépe oddělilo od dřevitého pazdeří. Často máčení probíhalo v přirozených meandrech řek, načež se svazovaly do otepů a nechávaly proschnout na slunci. Tento postup se na podzim opakoval i se samičími rostlinami. Vzhledem k tomu, že v té době už ale slunce nemá dostatečnou sílu k řádnému usušení, bylo procesu pomáháno uměle. Postupem doby začala za tímto účelem vznikat samostatná stavení tzv. pazderny (Magazín Legalizace). Nejčastěji to byla pouze jedna místnost s pecí. Z důvodu bezpečnosti (obvykle vzniku požáru) vznikala nejčastěji na samém okraji vesnice, dál od dalších stavení. Z dalšího zpracování nám jsou známy dva nástroje – trdlíce a vohlice. Trdlíce (někde se používal i název mědlíce) sloužila k lámání stonků, což je dalším krokem při oddělení pazdeří od vlákna. Po nalámání přišlo na řadu vohlování. Vohlice byl nástroj s ostrými hroty, mezi nimiž se konopí vyčesávalo. Vohlic býválo více druhů od těch, jež měli hroty daleko od sebe a zajišťovalo hrubé vyčesávání, až po ty s vysokou hustotou hrotů, od nichž mohlo jít vlákno rovnou ke kolovrátku (Len a tkalcovství 2003). Samotná vohlice byla připevněna k takzvané vohlovačce, což byla celodřevěná lavice. Od poloviny 19. století pak byla vytlačována strojním čištěním vlny (Novák 2011). Obrázek č. 3.1 zobrazuje historické nástroje, které sloužily ke zpracování lněného a konopného stonku.

Obrázek 3.1 Historické nářadí



Zdroj: Smolíková 2013

### 3.7.2 Pěstování konopí

Následující kapitola se věnuje komplexní problematice pěstování setého konopí.

#### 3.7.2.1 Botanika

Konopí je jednoletá plodina. Může být jednodomé i dvoudomé a ač se jeho klasifikace v minulosti měnila, v současnosti patří do čeledi Cannabinaceae, obsahující pouze jeden rod konopí – *Cannabis*. Geograficky se dělí na severní (*borealis*), středoruské (*medioruthenica*), jižní (*australis*) a indické (*indica*) (Bjelková et al. 2017). Severní skupiny mají vegetační období mezi 60-80 dny, semena i celkový výnos jsou malé. Středoruské odrůdy mají vegetační období 90-120 dnů, velikost semen je středně velká, celkový výnos semen je menší, vlákna však vysoký. Jižní odrůdy mají vegetační období 120-165 dnů, semena jsou velká a kulatá, celkový výnos semen je (stejně jako vlákna) střední (Šnobl et al. 2004). Obecně jsou pak popisovány tři druhy konopí. Konopí indické (*indica*) obsahující vysoké množství THC a je bohatě olistěné. Konopí plané (*ruderalis*) je spíše plevel nízkého vzrůstu. A jako poslední konopí seté (*sativa*), které se je běžně známo jako technické konopí a rozšířené po světě jako hospodářsky významná rostlina (Klvaňová, 2007). Nejdůležitější u pěstování setého konopí je sledovat tři základní ukazatele: výnos stonku, vlákna a semene (Bjelková et al. 2017). Kořenový systém je v porovnání s nadzemními částmi spíše slabě vyvinutý. Křoví kořen dosahuje hloubky 30-40 cm, na některých půdách může dosáhnout až do dvou metrů (Klvaňová, 2007). Do určité míry tak lze konopí považovat za suchovzdornou rostlinu (Šnobl et al. 2004). Stonek je vzpřímený, rýhovaný se žláznatými chloupky a tloušťkou 10–40 mm. Čím je rostlina starší tím více stonků dřevnatí a uprostřed se postupně tvoří dutina. Rostliny dosahují výšky od 50 cm do 5 m (záleží na odrůdě i podmínkách pěstování). Stonek je obalený vláknem tvořeným sklerenchymatickou buňkou (Bjelková et al. 2017). Vlákno tvoří 14-19 % stonku a zvyšuje jeho pevnost. Nejvyšší obsah vlákna mají stonky dlouhé a tenké (samčí). Stonek má 7–15 internodií (Klvaňová 2007). Konopí vytváří primární i sekundární vlákna, přičemž primární vlákna jsou uložena ve vnějším a sekundární ve vnitřním kruhu lýkových svazků. Sekundární vlákna jsou oproti primárním horší jakosti. Jsou kratší, dřevnatější a mají menší jakost (Šnobl et al. 2004). Listy má konopí dlouze řapíkaté, se střídavě pilovitou tří až jedenáctičetnou čepelí (Bjelková et al. 2017) a až 15 cm dlouhé (Klvaňová 2007). Květ se dělí na samčí a samičí. Samičí květy se nachází v několika vrstvách v horní části rostliny a má dvoupouzdrý semeník s jedním vajíčkem a dvěma čnělkami. Kvete zhruba v období jednoho měsíce. Samčí („poskonné“) květenství má drobné bělavé kvítky. V porovnání se samičím květem je ranější zhruba o dva týdny (Bjelková et al. 2017). Prašníky samčího květenství tvoří velké množství pylu, který se větrem může přenést až do vzdálenosti 12 km. Samčí i samičí květenství lze nalézt na dvoudomých odrůdách. Ve 20. století ale byly vyšlechtěny moderní jednodomé odrůdy, které rovnoměrněji dorůstají pro potřeby sklizně na vlákno a dosahují i vyšších výnosů semene (Klvaňová 2007). Plodem je vejčitá, po stranách zploštělá, hladká a lesklá nažka. Barva je obvykle šedohnědá (záleží i na odrůdě) s HTS 8-26 g obvykle však 14-20 g (Bjelková et al. 2017). Semena brzy ztrácí klíčivost ve třetím roce je to již téměř 40 % (Klvaňová 2007). Vyžadovaná objemová hmotnost jednotlivých konopných produktů je následující. U semínka činí 490–590 1 m<sup>3</sup>/kg, u pazdeří 65–100 1 m<sup>3</sup>/kg, lisovaného dlouhého vlákna 350–400 1 m<sup>3</sup>/kg (Šmirous et al. 2020). Pro

pěstování konopí hovoří i enviromentální aspekt. 1 hektar konopí dokáže vázat 2,5t CO<sub>2</sub> (Wawro et al. 2019), 1 hektar navíc vyprodukuje během 4 měsíců 4-5 x více biomasy, než les za celý rok (Pargar et al. 2021).

### 3.7.2.2 Agrotechnika

Konopí lze pěstovat téměř ve všech výrobních oblastech České republiky (kromě horských). Nejlépe se mu zpravidla daří do výšky 450 m n.m. K pěstování jsou ideální hluboké hlinité až hlinitopísčité půdy, naopak nevhodné jsou půdy kamenité (Bjelková et al. 2017). V popisu ideálního pH půdy se jednotliví autoři lehce rozcházejí. Zatímco Bjelková (et al. 2017) uvádí kyselé až neutrální pH (5,5-7), Klvaňová (2007) tvrdí, že nejlepších výsledků se dá dosáhnout na neutrálním až slabě zásaditém pH (7-7,6). Oba autoři se ale shodují na nutnosti dobré zásoby živinami především na N a K. Konopí není náročné na předplodinu, samo je pak vhodnou plodinou k přerušení obilných sledů. Cennou předplodinou je i díky tomu, že má vysokou konkurenční schopnost vůči plevelům a pole po jeho sklizni zůstává bez plevelů (Bjelková et al. 2017). Pokud budeme uvažovat o nejvhodnější předplodině pro konopí můžeme volit takové, které jsou organicky hnojené (po těch dosahuje vyššího výnosu) jedná se například o jetelotrávy, okopaniny nebo brambory. Konopí lze ale pěstovat i více let na jednom pozemku po sobě. Ačkoliv je to i z výnosového hlediska možné, nelze zcela doporučit především kvůli jednostrannému odčerpávání živin a riziku rozšiřování chorob a škůdců Klvaňová (2007). Konopí je rostlina citlivá na zhutnění půdy (Bjelková et al. 2017). Klvaňová (2007) také připomíná, že zapomenout by se nemělo na v počátku slabý rozvoj kořenové soustavy. Bjelková (et al. 2017) doporučuje na podzim po sklizni předplodiny provést podmítku a do příchodu mrazů provést střední až hlubokou orbu. Na jaře pak prokypření půdy kompaktozemem do hloubky seťového lůžka. Seť probíhá podle oblasti od poloviny dubna do konce května. Seje se do hloubky 3-4 cm, po zasetí může být pole zavlaženo nebo zaváleno lehkými válci. Certifikované osivo lze zakoupit u firmy Agritec ze Šumperka (Klvaňová 2007). Konopí pěstované pro vlákno se seje do užších (obilných) řádků, v případě sklizně na semeno do širších řádků (50-70 cm). To je z důvodu většího větvení stonku, a tedy vyšší produkce semen. Pro jednotlivé účely produkce platí přibližně tyto výsevky. 1 – 1,5 MKS/ha pro pěstování na semeno, 2–3 MKS pro pěstování k energetickým účelům a 3–5 MKS pro pěstování na vlákno (Šnobl et al. 2004). Bjelková (et al. 2017) ale pracuje se studií, která ověřovala skutečný počet vzrostlých rostlin podle doporučených výsevků. Z výsledků vyplynulo, že při výsevku 1 MKS vzešlo 60 % rostlin, zatímco u výsevku 2 MKS to bylo 47,2 % rostlin z vysetého množství. Tento klesající trend byl ověřen v průběhu více let na třech odrůdách a vyplývá z něho, že v případě produkce na semeno, se i vzhledem k ceně osiva nevyplatí uplatňovat větší výsevek, než 1 MKS /h.

U konopí rozlišujeme 5 růstových fází. První je vzcházení, které trvá cca 2 týdny. Následuje fáze rychlého růstu, kterou počítáme od vytvoření 3. páru pravých listů a trvá až do počátku tvorby květních pupenů. Pro tuto dobu je typický intenzivní růst lodyhy a stejně rychlé zapojení porostu. Třetí fází je nasazování pupenů, v této fázi ještě stále probíhá rychlý dlouhivý růst. Čtvrtou fází je kvetení. V případě samčího květenství postupně dozrávají prašníky u samičího vyrůstají dlouhé blizny. V této době se vytváří maximální množství vlákna. Poslední fází je zralost semen, kdy semena dozrávají odspodu k vrcholu květenství po dobu 30-40 dní (Šnobl et al. 2004).



### 3.7.2.2.1 Výživa

Vzhledem k tomu, že má konopí v porovnání s nadzemní částí slaběji vyvinutý kořenový systém, vyžaduje velké množství snadno přístupných živin, což souvisí i s rozvojem kořenové mikroflóry (Šnobl et al. 2004; Bjelková et al. 2017). Na přihnojení dusíkem konopí reaguje oproti jiným rostlinám velkými zvýšením výnosu. Dusíkatá hnojiva ovlivňují nejen rychlost růstu, štíhlost stonku, ale také tvorbu jemného vlákna. Přehnojení dusíkem může ale naopak zhoršit kvalitu vlákna i jeho výnos. Nedostatek dusíku v počátečních fázích se projevuje žlutavě šedou barvou prvních pravých listů (Bjelková et al. 2017). Bjelková (et al. 2017) také popisuje jaký vliv na výnos mají různé formy dusíkatých hnojiv. Uvádí například, že největší délky stonku bylo dosaženo hnojením síranu amonného, nejmenší délka pak byla zjištěna při hnojením kejdou a močovinou. Prokazatelně pozitivní vliv na počet rostlin na jednotce plochy mělo hnojení organickými hnojivy, proti variantě, při které byla použita pouze anorganická hnojiva. Fosfor je zásadním prvkem pro jakost a množství semen a urychluje dozrávání (Šnobl et al. 2004). Deficit P se projevuje tmavě zelenými listy, které ze své spodní strany fialoví a jejich okraje mohou být zvlňené. Stonek se barví do červena a kořen je abnormálně dlouhý (Bjelková et al. 2017). Draslík ovlivňuje pevnost vlákna a zvyšuje odolnost vůči chorobám. Hořčík pak podporuje příjem fosforu z půdy (Šnobl et al. 2004). Na jeho nedostatek je konopí velmi citlivé, chloróza se nejprve projeví na spodních listech šedobílými skvrnami a dále zasychajícími žlutými okraji listů. V porovnání s ostatními rostlinami má konopí na hořčík vysoké nároky. Důležitým výživovým prvkem je i vápník. Konopí nesnáší přímé vápnění. Jeho dostatečný obsah je pro rostliny důležitý zejména v 6.-9. týdnu vývoje. Jeho nedostatek se vyznačuje zakrnělostí a celkovou ochablostí rostliny. Pokud je hnojení vápníkem vyvážené, zvyšuje se odolnost konopí proti Botrytis (Bjelková et al. 2017). Pro efektivní používání živin je důležitý poměr N: P: K. V případě pěstování na vlákno je tento poměr 1: 0,5: 1,3 a pro pěstování na semeno 1: 0,7: 1,1 (Šnobl et al. 2004). Autoři (Bjelková et al. 2017; Šnobl et al. 2004) se ve svých pracích shodují na odběrech živin na 1 t. Na 1 t suchých stonků je to 19 kg dusíku, 5 kg fosforu, 12 kg draslíku a 15 kg oxidu vápenatého. Na 1 t semene pak 64 kg dusíku, 17 kg fosforu, 42 kg draslíku a 62 kg oxidu vápenatého. Převážnou část hnojení P, K a Mg je vhodné aplikovat již na podzim. Z přímého hnojení je konopí schopné přijmout jen 25-30 % P a 20-40 % K. Dusíkatá hnojiva lze aplikovat nejen před setím, ale i po vzejití při výšce porostu do 15 cm a celková dávka N činí 80–100 kg/ha (Šnobl et al. 2004). Při pěstování konopí je důležité si uvědomit, že optimální základní hnojení je velmi důležité, neboť následné foliární aplikace jsou kvůli rychlému růstu a vysoké výšce rostlin problematické (Bjelková et al. 2017). Některé studie upozorňují na samoregulaci konopí v souvislosti s vysokou dávkou dusíku (přehnojením cca 200 kg/ha). Studie prokázaly, že takto přemrštěné dávky způsobují konkurenční souboj o světlo a další živiny, což v konečném důsledku vede ke snižování výnosů konopí (Wylie et al. 2020).

### 3.7.2.2.2 Chemická ochrana

#### **Proti plevelům**

Na počátku svého růstu mohou být vzcházející rostliny potlačovány rychle rostoucími a vzcházejícími plevelnými druhy. Jedná se jak o jednoděložné, tak dvouděložné plevele. Nejčastěji jde o merlíky, laskavce, rdesna, svízel, peníze, kokošku a další. Z jednoděložných pak především lipnicovité, ježatku nebo oves hluchý. Ze zástupců vytrvalých škodí pýr nebo

pcháč. Po zapojení porostu však konopí platí za společenstvo, která dokáže plevelným společenstvům silně konkurovat a potlačovat je. Nutno podotknout, že v současnou dobu u nás není do konopí registrován žádný herbicid (Bjelková et al. 2017). Autoři (Bjelková et al. 2017; Klvaňová 2007) nicméně popisují aplikace pre i postemergentních přípravků. Bjelková (et al. 2017) jako preemergentní herbicid uvádí Afalon 45 SC v dávce 1,5l /ha ve 300l vody, Klvaňová (2007) Afalon 50 W v dávce 1,25 l/ha ve 400l vody nejdéle 3 dny po zasetí. Afalon je selektivní herbicid patřící do skupiny PS II inhibitorů s účinnou látkou linuron. Je účinný vůči širokému spektru dvouděložných plevelů (Online Agromanuál 1). Účinná látka linuron patří již mezi zakázané látky. Proti jednoděložným plevelům uvádí Bjelková (et al. 2017) postemergentně aplikovaný přípravek Targa Super 5 EC v dávce 2,5l /ha ve 300 litrech vody. Přípravek je listový translokační herbicid s účinnou látkou Quizalofop-P-ethyl 50 g/l (Online Agromanuál 2). Použití přípravku Targa Super 5 EC nezpůsobuje konopí fytotoxicitu a dobře působí v porostu na pýr i ježatku (Bjelková et al. 2017).

### **Proti chorobám**

Konopí je proti chorobám poměrně dobře odolné a nevyžaduje běžné zásahy ochrany, které známe z pěstování jiných plodin. K ošetření přistupujeme až při velmi silném výskytu (Šnobl et al. 2004). Bjelková (et al. 2017) poskytuje souhrn všech chorob, které konopí mohou napadnout. Z komplexu kořenových chorob je to například plíseň šedá (*Borytris cinerea*), která je nejrozšířenějším onemocněním konopí, kdy rostlinu může napadnout od vzcházení až po zrání semen. Onemocnění je typické jako vadnutí celé rostliny. Patrné je také na stonku, kde se v místě pod nasazením prvních listů objevuje šedozelená nebo hnědá mokřavá skvrna. Napadená pletiva pak rychle blednou, vlákno se začne třepit až zůstává pouze dřevitá část. Za vlhka se objevuje výraznější šedohnědý prstenec mycelia objímající většinou celý stonek. Další chorobou je sklerotinová hniloba konopí (*Sclerotinia sclerotiorum*) - hlízenka, která je nejvýznamnější stonkovou chorobou. Objevuje se od počátku kvetení na pokožce stonku coby hnědavá nebo šedozelená skvrna, která se postupně zvětšuje a dochází díky ní k destrukci pletiv (kromě dřevní části cévních svazků). Na odumřelých pletivech za vlhka roste bílé vatové mycelium, později pak černá sklerocia. Hlízenku můžeme očekávat především v hustě setých porostech a na rostlinách napadených škůdci. Samostatnou skupinou jsou fusariové choroby. Je to fusariové vadnutí konopí (*Fusarium oxysporum*) napadající kořenový systém a přízemní části stonku, kdy nejprve žloutne vegetační vrchol a později vadne a odumírá celá rostlina. A dále je to fusariová skvrnitost listů konopí, která se projevuje žlutohnědými skvrnami na listech, které za vlhka měkne a trhá se podél hlavní žilky. Jako zásadní choroby jmenuje výše zmíněné ve své práci i Šnobl (et al. 2004). Jako další lze jmenovat skvrnitost stonků konopí setého teleomorpha, stříbřitost stonku, dírkovitost listů konopí setého teleomorpha nebo kořenová hniloba konopí. (Bjelková et al. 2017).

### **Proti škůdcům**

Mezi škůdce konopí patří zavíječ kukuřičný, mšice konopná a mūra gama (Šnobl et al. 2004). Nejzávažnějším škůdcem je přitom zavíječ kukuřičný, který v průběhu růstu napadá jeho stonek. Při silném výskytu najdeme na rostlině 10-15 housenek. Negativně je ovlivněna především produkce vlákna. U poškozených rostlin je i větší nebezpečí výskytu houbových

chorob. Dalším významným škůdcem je dřepčík chmelový, který vykusuje okrouhlé požerky mezi žilkami v listových čepelích mladých rostlin (Bjelková et al. 2017).

### 3.7.2.3 Legislativa pěstování

V České republice je povoleno pěstovat pouze takové odrůdy konopí, jejichž obsah THC není vyšší než 0,3 %. Celkové podmínky pro pěstování potom upravuje zákon č. 167/1998 Sb. o návykových látkách a o změně některých dalších zákonů. § 29 zmíněného zákona pak přímo říká, jak jsou podmínky pro pěstování upraveny. Každý pěstitel pěstující konopí na ploše větší než 100 m<sup>2</sup> (stejně jako v případě máku) je povinen podat do konce května daného roku místně příslušnému celnímu úřadu hlášení, které bude obsahovat výměru pozemku osetého konopím (včetně jeho přesné lokace – katastrální území a číslo parcely) a dále i odhad výměry na které bude konopí pěstováno v následujícím roce, název odrůdy a následně nejpozději 5 dní před sklizní oznámení způsobu likvidace. Do konce kalendářního roku musí být také nahlášeno množství sklizené hmoty (včetně semen) a hmotnost prodaného (či jinak převedeného) konopí včetně identifikace jeho nového nabyvatele (Bjelková et al. 2017). Pracovníci celní správy mají dle § 34 výše zmíněného zákona právo provádět v roli inspektora kontrolu dodržování ohlašovací povinnosti. Tiskopisy provázející oznamovací povinnost jsou definovány vyhláškou č. 151/2005 Sb. Kromě popsané oznamovací povinnosti se pěstitel může setkat i s licenčním řízením. K tomu ale dochází pouze v momentě, kdy hodlá pěstovat odrůdy konopí s vyšším obsahem THC než 0,3 %. Zde se jedná o konopí pro léčebné účely a licenční řízení schvaluje Státní ústav pro kontrolu léčiv. Bez udělené licence není možné začít toto konopí pěstovat (Celní správa).

### 3.7.3 Sklizeň a posklizňová technika

Sklizeň se rozděluje podle účelu, pro který bylo konopí pěstováno. Je to sklizeň na vlákno, na květenství, semena a kombinovaná sklizeň semeno-stonek. Účelem je dán i termín sklizně. Zásadou také je sklízet nejprve zdravé a až poté jakýmkoliv způsobem poškozené porosty (Bjelková et al. 2017). Sklizeň se začíná v době, kdy semena v dolní polovině květenství jsou plně vyzrálá, ve střední části se nachází ve voskové zralosti a na vrcholku květenství jsou zelená (Agritec 2006). Sklizeň je v celé produkci konopí nejsložitějším a také nejslabším článkem z důvodu nutnosti specializované mechanizace. Největší problém přitom působí především dlouhá pevná vlákna na stonku. Běžnou mlátičku dokáže poškodit, neboť se namotá na otočné části a tím se sklizeň zcela zastaví. Pro malé pěstitele je pořízení speciální technologie ekonomicky nevýhodné, neboť je vzhledem k úzké profilaci využití, nerentabilní (Klvaňová 2007). Bjelková (2017) a Klvaňová (2007) popisují v ČR vyvinutý sklízecí stroj Clipper 4.3 MMH vyvinutý firmou Tebeco pro sklizeň stonku se čtyřmi lištami, která dokáže krátit konopí krátit na cca 1 m dlouhé články. Výška stroje i sklon žacích lišt je možné nastavovat. Pojezdová rychlost činí 9-15 km/h a záběr dosahuje 3,6 m. Za hodinu tak stroj sklídí až 6 ha. V současnosti ale stroj není dostupný pro tuzemské pěstitele, neboť byl prodán do zahraničí. Na kombinovanou sklizeň oba autoři popisují DEUTZ FAHR 4080 HTS. Zmíněný stroj sklídí semena a neuspořádaný stonek pak odhodí zpět na zem. Stroj je schopný sklídit 1-2 ha za hodinu. Dalším speciálně vyvinutým víceúčelovým strojem je tzv. konopný býk speciálně

upraveným traktorem Claas Xerion 4000 vyvinutý nizozemskou společností Dun Agro, která stroj potřebovala pro vlastní potřeby (Jedlička 2020). Vymlácené semeno se musí bezprostředně po sklizni vyčistit a usušit, protože maximální vlhkost pro uskladnění je (stejně jako u olejnin) 8-9 % Klvaňová (2007). Největším nebezpečím co do znehodnocení kvality semene je zapaření, kdy semeno zatuchne, změní barvu, a nakonec se sníží i obsah oleje. Při příjmu na sklad je konopné semeno potřeba přechistit, neboť sklizená hmota kromě semen obsahuje i velké množství příměsí (především listy a úlomky květenství, které mají vysokou vlhkost a mohly by způsobit rychlejší zapaření semen). Je i důležité semeno co nejrychleji provzdušnit a ochladit. Aby došlo k co nejmenšímu poškození semen probíhá přečištění nejčastěji vzduchem. Přečištění navíc významně usnadňuje následné dosoušení. Konopné semínko je citlivé na teplotu, která může negativně ovlivnit biologicko-technologické vlastnosti. Při samotném sušení by tedy neměla teplota přesáhnout 30°C. Pokud je vlhkost semene menší než 12 % lze dosoušet i studeným vzduchem při současném aktivním větrání. Konopná semena mají oproti dalším olejninám specifikum, kvůli kterému je dobré čištění i sušení co nejvíce minimalizovat. Při vzájemných nárazech a dosoušení může docházet k otevírání slupek a vypadávání semen. To snižuje kvalitu semen a napomáhá ke žluknutí. Semena jsou skladována v kontejnerech nebo vacích. Pro skladování konopných semen se jako maximální doba doporučují dva roky. Podmínkou je přitom stálé monitorování teploty, vlhkosti a přítomnosti skladištních škůdců (Bjelková et al. 2017). U sklizně konopí je důležité její načasování. Klvaňová (2007) uvádí obecné termíny. V případě sklizně na vlákno druhá polovina srpna až začátek září, při sklizni na semeno (kombinovaná sklizeň) přelom září a října a v případě sklizně na biomasu je možné až na jaře po tzv. vymrznutí vody v rostlině. Důležité je ale nezapomínat, že jednotlivé odrůdy se od sebe dobou zralosti mohou i značně lišit. Šnobl (et al. 2004) proto popisuje i metody určování vhodné doby sklizně. Při sklizni na vlákno se ke sklizení přistupuje v době tzv. technologické zralosti, kdy jsou samčí květy v plném květu. Ukazatelem sklizně na semeno je moment, kdy zralosti dosáhla semena ve střední části květenství (v horní mohou být ještě zelená). Dělá se tak z důvodu zamezení ztráty semen v dolní části květenství, která jsou zároveň ta nejkvalitnější.

### 3.7.4 Odrůdy konopí

Odrůdy konopí rozdělujeme nejen podle zeměpisné poloha odkud pochází, ale i podle doby ve kterou dozrávají. Podle zeměpisné polohy rozeznáváme odrůdy francouzské (Fedora 17, Felina 32, Ferimor, Futura 75 nebo Santhica 70), maďarské (Monoica, Fibrol, KC Dora nebo Kompolti), italské (Carmagnola nebo Fibrimor), polské (Beniko, Tygra), rumunské (Silvana, Diana či Zenit), holandské (Markant, USO 31) a finské (Finola).

Podle míry ranosti rozlišujeme odrůdy takto. Rané odrůdy, do kterých patří pouze Finola. Dvoudomá odrůda nízkého vzrůstu, která vzhledem k tomu není vhodná pro pěstování na stonek, ale pouze na semena. Dále jsou to středně rané odrůdy. Sem patří Ferimor, jednodomá odrůda s vysokým výnosem vlákna a středním výnosem semene, vegetační doba je 106 dnů. Futura 75 jednodomá odrůda, která se příliš nehodí pro produkci semene, má ale vysoký výnos suché hmoty a její vegetační doba činí 140 dnů. Fedora 17 je hybridní odrůdou s vysokým výnosem suché hmoty a semene, hodí se proto pro kombinovanou sklizeň, neboť i produkce

vlákna je vyhovující. Její vegetační doba je 110 dnů. USO 31 je jednodomou odrůdou, jejíž hlavní předností je odolnost vůči plísní šedé a fusarioznímu vadnutí. Pěstovat se pak dá pro semeno i vlákno. Mezi středně rané až středně pozdní odrůdy patří tyto odrůdy. KC Dóra jednodomá odrůda jejíž semena dosahují zralosti po zhruba 140 dnech. Felina 32 je jednodomou hybridní odrůdou, která je vhodná i na kombinovanou sklizeň, lepšího výsledku nicméně dosahuje v produkci vlákna. Mezi pozdní odrůdy patří například Kompolti, která je zároveň nejstarší v Evropě registrovanou dvoudomou odrůdou. Pokud je pěstována na semeno dosahuje plné zralosti až po cca 160 dnech, pokud ji sledujeme pro technologickou zralost pak tato doba činí 110-115 dnů (Bjelková et al. 2017).

### **3.7.5 Pěstované plochy a statistiky**

Konopí seté se u nás historicky pěstuje především v Jihomoravském a Královéhradeckém kraji, naopak nejméně zastoupené je v krajích Pardubickém, Libereckém (kde se v roce 2020 pěstovalo shodně pouze na 1 ha) a Karlovarském, kde nebylo zastoupeno vůbec. Množství osevních ploch v letech kolísá, mezi lety 2017 a 2019 došlo k celkem výraznému poklesu z téměř 570 na pouhých 400 ha na území celé republiky. V roce 2020 pak došlo ke zpětnému navýšení o pouhých 13 ha. V novodobé historii pěstování konopí setého v ČR ve statistikách nejvíce vyčnívá rok 2007. V té době se u nás konopí sklízelo celkem na 1538 ha. V té době tu měly své zastoupení i vlastní tírenské závody, jako například Lenka Kácov (Bjelková 2020). Pokud se podíváme na osevní plochy konopí v dalších členských státech EU, lze konstatovat, že jejich podíl v posledních pěti letech stoupá. V Německu osevní plocha z 1 442 ha v roce 2015 stoupla na 5 301 ha v roce 2020. Ve Francii je to ve stejném časovém měřítku z 11 2010 ha na 20 000 a Polsku z 600 ha na 3 357 ha (Šmirous et al. 2020).

### **3.7.6 Včely a konopí**

Konopí je plodinou, která se opyluje pouze větrem a postrádá nektar. Dokáže ovšem vyprodukovat velké množství pylu v období, kdy ho v zemědělské krajině bývá obecně nedostatek a tím dokáže zaujmout včely, neboť pro ně představuje dostatek potravy v době jinak již omezených zdrojů (Flicker et al. 2020). Pro včely je pyl významnou vyživující látkou především plodu, později i dělnic. Jeho konkrétní chemické složení se různí podle botanického původu. Vždy ale obsahuje bílkoviny, tuky, minerální látky a vysoké obsahy vitamínů. Díky tomu bývá sportovci využíván jako doplněk stravy (Agronomická fakulta Mendelu 2).

### **3.7.7 Chemické složení konopí**

Následující kapitola bude dělena na další podkapitoly, které rozeberou chemické složení jednotlivých částí setého konopí.

### 3.7.7.1 Semeno a vlákno

Konopné semínko je složeno z pro člověka mnoha prospěšných a důležitých látek. Obsahuje velké množství mastných kyselin, fosfolipidů, vitamínů A a E, což mu dává vysokou biologickou hodnotu, kterou významně převyšuje ostatní rostlinné oleje. Poměr esenciálních mastných kyselin v konopném se semenu se blíží ideálu – omega -6 a omega -3 jako 3,0: 1 - 3,7: 1. Obsah vitamínu A v oleji činí 78 mg/kg, vitamínu E pak 562,8 mg/kg. Krom toho semena obsahují vysoké množství lysinu, kterého je obecně nedostatek (Oseyko et al. 2019). Lysin je coby aminokyselina zásadním stavebním prvkem pro bílkoviny v lidském těle. Svou roli hraje při budování svalstva, vstřebávání vápníku, hojení ran, produkci hormonů a protilátek proti infekcím (CelostniMedicina.cz). Každé semeno obsahuje 30–35% oleje, který je zastoupený vysokým poměrem mastných kyselin (konkrétně je to 6,6 % kyseliny palmitové, 2,6 % stearové, 14,9 % olejové, 56,7 % linolové a 19,2 % kyseliny linolenové), okolo 20 % bílkovin a 13% vlákniny (Šnobl et al. 2004). Semena obsahují i velké množství minerálních látek (Mn, Na, Ca, P, Mg, K, Fe, S) a poměrně vysoké procento jeho bílkovin je podstatně lépe stravitelné než bílkoviny z obilí nebo luštěnin (Bjelková et al. 2017). Konopné vlákno obsahuje 60-72 % celulózy, 11-19 % hemicelulózy a 2,3-4,7 % ligninu (Zemědělská fakulta JČU). Bylo prokázáno, že konopné vlákno má antibakteriální účinky. Jeho molekuly mají schopnost nejen zpomalit vývoj virů a bakterií, ale přímo je zabíjet (Rana & Gupta 2020).

### 3.7.7.2 Pazdeři

Konopné pazdeři tvoří asi 70% sušiny stonku, obsahují více hemicelulózy, a naopak méně celulózy, než vlákno (Barta et al. 2010). Je tedy tvořeno polymerovým komplexem zvaným lignocelulóza. Obsahuje lignin, celulózu a hemicelulózu a jeho degradace je poměrně obtížná. Pokud by pazdeři bylo využito k výrobě bioethanolu musí být rozloženo na tyto jednotlivé polymery. K tomu se v praxi používají fyzikální, chemické i enzymatické metody. Fyzikální metody zahrnují především mletí a drcení. Chemicky se upravuje například kyselinou chlorovodíkovou, hydroxidem sodným nebo uhličitánem vápenatým, kdy, zatímco kyseliny degradují hemicelulózu, zásady degradují lignin. Enzymatická cesta následně fermentačně rozkládá celulózu na jednoduché cukry (Wawro et al. 2019). Konopné pazdeři se zdá být vynikajícím kandidátem na výrobu alternativních paliv, a to především díky vysokému podílu celulózy oproti jiným produktům zemědělské produkce. Obrovskou ekonomickou i environmentální výhodou je pak především využitelnost kromě pazdeří také dalších částí rostliny (Zhao et al. 2020). Konkrétně odrůda Carmagnola, jedna z nejstarších registrovaných odrůd, má následující složení pazdeří: celkový lignin 23 %, celulóza 44 % a hemicelulóza 25 % (Gandolfi et al. 2013). Většina studií uvažuje nad transformací konopného pazdeří na bioetanol druhé generace, tedy na bioetanol z lignocelulózových surovin. Ukazuje se, že krom vhodného složení lze konopnou biomasu kultivovat s vysokým výtěžkem biomasy na hektar. Jako ideální předúprava pro co nejvyšší výtěžnost glukózy se přitom dle Sipose (et al. 2010) ukazuje kombinace impregnace 2 % SO<sub>2</sub> následovaná úpravou párou při 210 °C po dobu 5 minut. Napříč odrůdami jsou hodnoty lignocelulózového komplexu následující: 34–48% celulózy, 21–25% hemicelulózy, 17–19 % ligninu. Pazdeři je tak svým složením chemicky blízké dřevu (Salami

et al. 2020). Z jednoho hektaru konopných rostlin lze získat 2600–3000 l etanolu, a 2 800–2900 m<sup>3</sup> metanu, to je celkem 171–180 GJ na 1 ha zemědělské půdy (Kreuger et al. 2011). Z kukuřice lze ve stejném porovnání získat 918–2907 l etanolu z hektaru, z obilí (pšenice) 1336–2059 l/ha u cukrovky je to 2720–4328 l/ha. Energetická efektivita bioetanolu činí u cukrovky 39,2 GJ/ha (Zemědělská fakulta JČU 2).

### 3.7.8 Využití konopí

Konopí seté je vysoce všestrannou rostlinou zasahující svým využitím do širokého spektra lidských činností a oborů využití. Jeho spektrum je natolik široké, že se z něho dá vyrobit několik tisíc výrobků z oblasti energetiky, chemického průmyslu, stavebnictví, automobilového, papírenského průmyslu, v potravinářství, kosmetice, či tkaného a netkaného textilu (Široká 2005). Některé studie uvádí, že lze z konopí vyrobit až 50 tisíc různorodých výrobků, přičemž většina je zcela biologicky rozložitelných (Keller 2013). Někteří autoři pak o konopí hovoří jako o průmyslové plodině třetího tisíciletí (Široká 2009). A to především kvůli tomu že je rostlinou vysoce výnosnou, udržitelnou a ekologickou a má velký potenciál být víceúčelovou rostlinou. Díky možnosti komplexního využití lze také maximalizovat jeho ekonomický přínos (Musio et al. 2018). Tak jak globální konopný trh roste, předpokládá se, že ze 4,6 miliardy USD v roce 2019 vzroste do roku 2025 na 26,6 miliardy USD. Může za to právě ona všestrannost jeho využití, ale i v současné době tolik kýžená udržitelnost, kterou společnost ve své produkci hledá (Pedrazzi et al. 2021). Z ekonomického hlediska jsou důležité i průměrné výnosy technického konopí, kdy výnos suché hmoty stonků je 8,5 – 10,5 t/ha. Celkový výtěžek i jeho jednotlivé složky jsou odvislé jak od odrůdy, tak půdních a klimatických podmínek (Klvaňová 2007). Některé odrůdy mohou mít i vyšší výnosy.

#### 3.7.8.1 Vlákno

Předtím, než může být vlákno využito k produkci výrobků, musí být nejprve sklizeno. Po posečení se se na strništi nechává rosit (jedná se o tzv. polní máčení). Pomocí povětrnostních podmínek a bakteriálních procesů se pak vlákno uvolňuje od dřevní části. Aby byl proces co nejvíce rovnoměrný je nutné během této doby stonky obracet. Tento proces se ukončuje v momentě, kdy po promnutí rukou dochází ke snadnému uvolnění vlákna od pazdeří (Šnobl et al. 2004). Dříve se ke zpracování používala trdlíce a vohlice, dnes je nezbytností tírna, která oddělí vlákno od pazdeří. Konopné vlákno je jedno z nejpevnějších a nejdelších přírodních vláken. Historicky proto svoje uplatnění našlo k výrobě provazů a bylo nepostradatelnou surovinou námořníků. Textil z konopného vlákna je antibakteriální, antialergický, lehčí a zároveň pevnější než látky bavlněné, přirozeně zadržuje teplo a odvádí pot (Lapka 1 2020). Z konopí byly vyráběny i první džíny Leviho Garreta (Fortenbery & Bennett 2004). Zřejmě nejznámějším a nejvýznamnějším zpracovatelem konopných látek je v České republice firma Bohempia Ing. Tomáše Rohala, který z konopných látek vytváří různé produkty, přičemž nejvíce uspěl s konopnými teniskami. Rohal látku dovážel, od letošního roku si však pro vlastní zpracování sám konopí pěstuje. V rozhovoru pro magazín Konopí hovořil i o máčení stonku. Historická metoda nespočívala v polním rosení, ale v máčení v kádích s vodou. To je dnes

považováno za neekologické a voda nejde ani vypustit do čistírny odpadních vod. Tato „kontaminovaná“ voda obsahuje dusík, fosfor a draslík, ti jsou ve vodě z rostlin vylouhovány a mohla by být použita jako organické hnojivo (Hurt 2020). Dále se vlákno uplatní i k výrobě papíru a ve stavebnictví. Vyrábí se z něho náhražka skelné vaty, vlákno je výborným izolantem (Lapka 1 2020). Konopné vlákno je vysoce odolné vůči teple, teprve při 370°C dochází ke změně barvy a až nad 1000°C uhelnatí (Zemědělská fakulta JČU), a to je velmi pozitivní vlastnost.

### 3.7.8.2 Semeno

Konopné semeno má využití především v potravinářství, ale i průmyslu, kdy je konopný olej využíván k výrobě nátěrů. Ke zpracování konopí se využívají klasické olejářské lisy. Z jedné tuny oleje lze získat asi 250 l oleje. Olej se lisuje za studena a poté se nechá zhruba dva týdny odstát, po slití usazených kalů je možné následně získat přibližně 210 l již velmi kvalitního oleje. Po slisování zůstávají jako odpadní materiál pokrutiny, obsahující až 50 % bílkovin. Nejčastěji se využívají jako krmivo pro zvířata (Klvaňová 2007). Z pokrutiny lze ale vyrábět i mouku, která se ještě musí zbavit přebytečného oleje, kterého se v pokrutině nachází ještě asi 9 %. Odtučněním se zvýší i její trvanlivost. Mouka je nutričně bohatá, s vysokým obsahem vlákniny, vitamínů, minerálů, a navíc je bezlepková (mouky.cz). Mouka je tmavá a stejně jako samotné semínko, nebo vylisovaný olej chutná a voní lehce po oříškách. Vzhledem k výše popsanému chemickému složení je konopný olej jedním z nejlepších, jaké lze v kuchyni používat, a to především ve studené kuchyni k dochucování jídel. Kromě toho z něho lze vyrábět i kvalitní průmyslové nátěry, které jsou v přírodě snadno odbouratelné. Díky malým molekulám proniká konopný olej snadno do dřeva. Velice dobře zachovává difuzní schopnost dřeva a také odpuzuje vodu a nečistoty. Vhodnější je jeho použití v interiérech (olejnadrevo.cz). Samotný olej totiž není plně rezistentní vůči UV záření a časem tak v exteriérech dochází k jeho vyšednutí. Tomu se dá ale zabránit použitím konopného lazurovacího laku. Ty se vyrábí v široké paletě odstínů a uvádí se, že jejich životnost je až dvojnásobná oproti konvenčním lazurám (Vondra 2014). Je důležité ale zmínit, že krom nesporných kladů má konopný olej jednu nevýhodu a sice že poměrně rychle žlukne. Kromě oleje a mouky se ze semen vyrábí i nutriční tyčinky, chipsy nebo preclíky (Fortenbery & Bennett 2004). Ze semen se dá získat i konopný protein z něhož izraelská společnost Roots Sustainable Agricultural Technologies začala vyvíjet novou alternativu rostlinného masa. Na tomto výzkumu spolupracuje i česká společnost Hempoint a Výzkumný ústav potravinářský Praha (Krásný 2021).

### 3.7.8.3 Květenství

Květenství konopí je svým využitím známé především z farmaceutického, případně i kosmetického průmyslu. Tomuto zaměření však nebude v této práci věnována pozornost. Studie, jejímž spoluautorem je doktor Roman Pavla popisuje i další (agronomické) využití konopného květenství. Studie ho představuje jako přirozenou zbraň proti fytofágnímu hmyzu, tedy jako potenciální botanický pesticid. Pro tyto účely byl z květenství vyextrahován éterický olej. Přípravek byl testován proti mšici broskvoňové a mouše domácí s pozitivním účinkem, zároveň ale byla prokázána i jeho neškodnost vůči nečlověkým organismům. Insekticid získaný

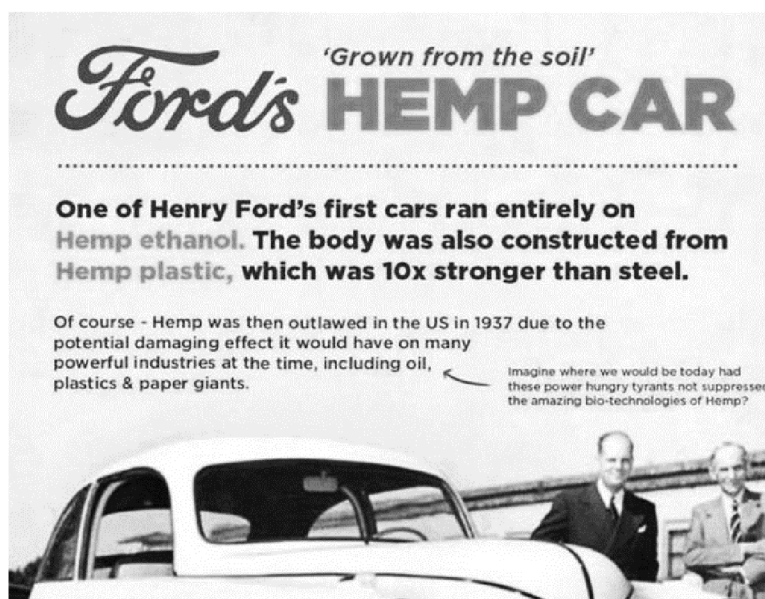


z konopného květenství se tak jeví jako použitelný pro zemědělce hospodařící v ekologickém režimu (Benellia et al. 2018). Konopné květenství vykazuje velké množství steroidů, flavonoidů, lignanů, alkaloidů, kanabinoidů a terpenů. Přičemž vysoce těkavé terpenoidy se zdají být nejvíce zodpovědné za schopnost konopí likvidovat škůdce (Laznik et al. 2020).

#### 3.7.8.4 Pazdeří

Konopné pazdeří je povětšinou bohužel stále považováno spíše za odpad, a to, přestože ho lze přetvořit do velkého množství průmyslových produktů. Jedním z nich jsou lisované konopné brikety, neboť konopí má poměrně vysokou energetickou výtěžnost. Spalné teplo konopí dosahuje 18 MJ/ kg (Petříčková Praha). Což je podobné uhlí. Velmi hojně se konopné pazdeří uplatňuje v zemědělství coby podestýlka hospodářských zvířat. 1 kg konopného pazdeří pojme až 4 litry vody (Twibbit), absorbuje ho rychlostí 7,43mg/min. Jeho buněčná stěna dokáže rovněž absorbovat amoniak a tím snižovat zápach. Jako bonus konopí vytváří výrazně méně prachových částic než sláma nebo seno a předchází tak různým respiračním problémům lidí i zvířat (Lapka 2 2020). Jako podestýlka slouží 63 % transformovaného pazdeří. Dalších asi 16 % se používá ve stavebnictví a 19 % v zahradnictví jako mulč (Salami et al. 2020). Právě stavebnictví je dalším oborem, kde pazdeří nachází, a v budoucnu by ve větším měřítku mohlo nacházet, uplatnění. Jak již bylo popsáno výše, z konopných vláken lze vyrábět zateplovací a izolační materiály. Z pazdeří pak lze namíchat konopný beton. Tento beton může být považován za uhlíkově negativní, neboť emise skleníkových plynů z jeho produkce jsou v záporných hodnotách. Konopný beton totiž těží z jevu zvaného uhlíková sekvestrace. Tento termín označuje schopnost materiálu ukládat v sobě uhlík ve stabilní formě a probíhá ve dvou formách – biogenní a abiogenní. Biogenní část probíhá už při růstu konopí v průběhu fotosyntézy, abiogenní pak při míchání betonu, neboť abiogenní složkou je vápenaté pojivo, které pohlcuje oxid uhličitý (Jami et al. 2019). Ve Francii se domy z tohoto betonu staví již od přelomu 16. a 17. století, u nás je to však stále jen okrajový materiál, a to navzdory tomu, že takto postavený dům již není třeba jakkoliv dále izolovat. Stavební technologie je navíc poměrně jednoduchá. Konopné pazdeří je dobře saví materiál obsahující oxid křemičitý. Po smíchání s vápnem tedy dochází k procesu takzvané petrifikace což je přeměna v kámen, přičemž se právě spotřebovává okolní oxid uhličitý ze vzduchu. Tento proces probíhá v průběhu let, takže se konopný beton časem zpevňuje (Mikulica & Hela 2016). Studie dále ukazují, že popel z konopného pazdeří by mohl sloužit jako náhrada cementu, což se jeví jako nadějně s ohledem na to, že produkce portlandského cementu odpovídá cca 3 % celosvětové primární spotřeby energie a asi 5 % emisí CO<sub>2</sub>. Výzkumné studie předpokládají, že popel, který vznikne po spálení biomasy nemusí být odpadem, ale coby vedlejší produkt může fungovat jako ona částečná náhrada běžného portlandského cementu v betonu (Pargar et al. 2021). Dále je pazdeří vhodné (jak již vyplynulo z rozboru chemického složení) jako biopalivo druhé generace, především se uvažuje o produkci bioetanolu druhé generace z lignocelulóзовých materiálů. Bioetanol z konopí vyráběl už Henry Ford, jak dokládá článek v časopisu Popular Mechanics Magazine z prosince 1941 (Melisova 2021), který si můžeme přečíst na obrázku č. 3.2.

Obrázek 3.2 Henry Ford – auto na konopný pohon



Zdroj: (Melisova 2021)

#### 3.7.8.5 Fytoremediace a alelopatické účinky

Půda je lidskou činností často silně znečišťována ropnými deriváty, chemikáliemi, léky a atd. a její následné čištění bývá problematické. Některé rostliny mají přirozenou schopnost s touto snahou pomoci. Existují různé druhy fytoremediace. Některé rostliny akumulují kontaminanty v nadzemních částech, jiné v kořenových systémech. Dělí se podle způsobu zpracování. Zatímco některé rostliny nebezpečné látky degradují na látky netoxické, jiné je stabilizují a zabrání tak mobilitě a další volatizují. To vše je možné díky přirozené biochemii rostlin. Jednou z těchto rostlin je i konopí (Ružovič trawa.cz). Konopí je pro fytoremediaci vhodné především proto, že má relativně vysokou toleranci vůči xenobiotikům. Dokáže tak z kontaminovaných půd extrahovat těžké kovy, čemuž přispívá i jeho bohatý kořenový systém (Vágner et al. 2011). Fytoremediace je možnou alternativou současných metod, čištění kontaminovaných vrstvách půdy, které jsou energeticky náročné, většinou také drahé a mohou narušovat ráz krajiny. Využití rostlin je tak ekonomičtější i ekologičtější. Biomasa se navíc dá posléze sklídit a využít k energetickým účelům (Salava 2013). Kromě významných rekultivačních schopností a odčerpávání nečistot a jedovatých látek, umí rostliny konopí zabránit i erozi (Národní zemědělské muzeum). Konopí seté rovněž vykazuje konkurenční (alelopatický) účinek vůči plevelům, ale i dalším kulturním rostlinám. To platí nejen při pěstování samotné plodiny na konkrétním pozemku, ale z konopného květenství byl získán esenciální olej, který účinkoval jako růstový inhibitor několika testovaných plevelných i kulturních rostlin (například i sverep, nebo řepka) (Synowiec et al. 2016). Povaha této dominance setého konopí není stále zcela objasněna. Ukázalo se totiž také to, že v některých případech je důležitá koncentrace konopného extraktu. Zatímco u některých rostlin působí

inhibičně jakákoliv koncentrace, u jiných (například právě u řepky) je koncentrace zásadní. Zatímco vyšší koncentrace působí inhibičně, nižší naopak stimulačně (Pudelko et al. 2014).

### 3.7.9 Budoucí trendy

Trh s konopím se rozšiřuje a zvětšuje po celém světě. Poptávka po konopí v Evropě je aktuálně zhruba dvakrát větší, než je jeho současná nabídka, což vede k dovozu ze zámoří a Číny. Ačkoli se evropský trh rozvíjí a vznikají stále nové společnosti produkující konopné výrobky, největším světovým trhem s konopím je Asie. Číně jako největšímu světovému producentovi by se v blízké době ráda vyrovnala Indie (Hempoint). Dalším významným světovým hráčem se v posledních letech stává Kanada, kde navíc konopí vidí nejen jako potravinářskou a přadnou rostlinu, ale právě jako významnou energetickou plodinu (Keller 2013). Po překonání legislativních i společenských stigmat by se konopí i v českém prostředí mohlo stát jednou ze strategických plodin v sektoru národní bioekonomiky, která si za cíl klade postupnou náhradu fosilních zdrojů za zdroje obnovitelné ve všech možných oblastech od paliv, petrochemikálií, plastů, hnojiv a pesticidů a další (Moravia Hemp). Obecně bioenergetika zahrnuje všechna odvětví, kde jsou využívány biologické zdroje, ať už se jedná o zemědělství, potravinářství, průmysl nebo energetiku. Již nyní v tomto segmentu pracuje cca 18 tisíc lidí, do roku 2030 se však počítá se vznikem až milionu nových pracovních míst (Evropská komise 6). Obzvláště střední a východní Evropa je hluboko pod svým produkčním potenciálem, konkrétně asi o 40 % nižší, než je průměr západní Evropy (Prášková Milerová et al. 2019). EU si od bioekonomiky (především určitých plodin) slibuje nejen podporu některých segmentů hospodářství, postupné snižování skleníkových plynů, ale i eliminace závislosti na dovozu ropy a dalších paliv (Vrba 2012). 14. září 2021 schválila poslanecká sněmovna novelu zákona o návykových látkách, která má od 1. ledna 2022 přinést zásadní a praktické změny pro pěstitele technického konopí. Zcela zásadní je především změna, během níž dojde k navýšení limitu obsahu THC v technickém konopí na 1 %. Pro pěstitele je důležité, že zemědělci pěstující odrůdy technického konopí ze společného evropského katalogu nebudou muset prokazovat obsah THC v rostlinách konopí. Postačí předložit certifikát o původu osiva. To znovu velmi usnadní pěstování a rozváže ruce i obavy farmářů (Redakce magazín konopí 2021). Nutno ale připomenout, že THC v potravinách (semenech) musí být stále 0 %. Československo patřilo ke konopářským velmocím, k tomu, aby se jí stalo znovu mu chybí především zpracovatelský průmysl (speciální kombajny i tírny), jehož vybudování je ze současného nulového stavu velmi finančně náročné. V rámci národní ekonomiky by tak možná dávala smysl státní dotační podpora (Hurt, 2020).

## 4 Metodika

Smyslem této části diplomové práce je splnění dvou dílčích cílů práce. Hlavním cílem této práce je stanovení metod a možností výroby biopaliv z technického konopí jakožto nepotravinářské biomasy. Pro tento experiment bylo zapotřebí zajistit dostatečné množství vzorků. Na pokusném poli o rozměrech 15x5 metrů byly vysety 4 odrůdy technického konopí. A sice se jedná konkrétně o tyto odrůdy: KC Dóra, Futura 75, Finola a Fedora 17.

### 4.1 Pěstitelská část

Na podzim roku 2020 byla na pěstební plochu aplikována směs cca 20 t/ha slepičího a ovčího hnoje. Důležité prvky se navíc doplnily dodáním minerálních hnojiv – Amofos 12-52 (100 kg/ha) a granulovaný Kieserit (50 kg/ha). Po aplikaci následovala hluboká orba. Orbu provedl traktor Zetor 7011 s trojradličným pluhem. Zbytek prací byl následně realizován už pouze ručním nářadím. Zoraná půda prošla na jaře zkyplením. V té době vzešlé plevele byly mechanicky odstraněny bránami, čímž se přispělo k vyčerpání jejich půdní zásoby a zároveň urovnání plochy.

Semena byla vyseta opět ručně do řádků podle odrůd. Secí hloubka činila cca 2 cm. V případě odrůd KC Dóra, Futura 75 a Finola byl vyset vždy pouze jeden řádek. Vzdálenost mezi nimi byla stanovena na 50 cm. Semena v každém jednotlivém řádku byla od sebe vzájemně uložena 2-3 cm. Odrůda Fedora 17 se vzhledem k největšímu množství osiva dočkala také největší oseté plochy. Odrůda byla vyseta jak pro účely kombinované sklizně, tak sklizně určené pouze pro potřeby získání vlákna. Po zasetí následovalo zvalení celé plochy ručními válci. Práce byly zahájeny 1. května. Obrázek č. 4.1 zobrazuje utužení oseté půdy ručním válcem.

*Obrázek 4.1 Ruční válec*



*Zdroj: Autor*

Porost byl v průběhu svého růstu pravidelně kontrolován a monitorován. Na obrázku č. 4.2 jsou vidět rostliny ve fázi prvního pravého listu. Na obrázku č. 4.3 je vidět již dobře zapojený porost dosahující výšky cca 20 cm. Kontrola zde byla provedena 10. června. V této době je i z přiložených fotografií patrný výskyt pozdních jarních plevelů. Jednalo se především o ježatku kuří nohu, laskavec ohnutý, peřour maloušborný nebo lebedy. Obrázek č. 4.4 ukazuje jakým způsobem byly plevele likvidovány. K jejich odstranění byla použita ruční plečka.

*Obrázek 4.2 Fáze 1. pravého listu*



*Zdroj: Autor*

*Obrázek 4.3 Porost s pleveli*



*Zdroj: Autor*

*Obrázek 4.4 Likvidace plevelů ruční plečkou*



*Zdroj: Autor*

Další fotodokumentace dokazuje rychlý dlouhivý růst technického konopí. O šest dní déle (16. června) mají již rostliny na obrázku č. 4.5 více než 50 cm. V této době byl porost přihnojený ledkem amonným v dávce 150 kg/ha, při další kontrole 2. července činí výška porostu 160 cm. O další týden později, tedy 9. července mají rostliny již více než 250 cm. Obrázek č. 4.6 pak dokumentuje stav kořenového systému jedné z rostlin k 1. červenci.

*Obrázek 4.5 Dlouhivý růstu*



*Zdroj: Autor*

*Obrázek 4.6 Kořenový systém*



*Zdroj: Autor*

Na obrázku č. 4.7 se nachází porost technického konopí asi tři týdny před sklizní, kdy dosáhlo výšky okolo 4 metrů.

*Obrázek 4.7 Porost před sklizní*



*Zdroj: Autor*

Z obrázků č. 4.8 a 4.9 je patrný rozdíl v šířce stonku mezi samčí a samičí rostlinou ve stejný den. Ten jasně dokládá, že samčí rostliny jsou výrazně tenčí a mohou tedy produkovat i kvalitnější vlákno. Je to tak vedle samotného květenství další rozpoznávací znak mezi pohlavím rostlin konopí. Obrázek č. 4.8 prezentuje samčí, obrázek č. 4.9 samičí rostlinu.

*Obrázek 4.8 Stonek samčí rostliny*



*Zdroj: Autor*

*Obrázek 4.9 Stonek samičí rostliny*



*Zdroj: Autor*

Rostliny jednotlivých odrůd rostly více méně stejnoměrně a neexistoval mezi nimi významnější růstový rozdíl. Pouze habitus odrůdy Finola je od ostatních odlišný. Rostliny dosahují výšky pouze okolo 150 cm, oproti ostatním odrůdám téměř nevětví, listy jsou užší, stejně jako stonky, u něhož i samičí rostliny jsou tenčí než samčí stonky ostatních odrůd.

Obrázky č. 4.10 a 4.11 zobrazuje rozdíly v samotném květenství mezi samčími a samičími rostlinami. Květenství je nejen vizuálně odlišné, ale samčí květenství najdeme v porostu vždy dříve (přibližně o dva týdny) než samičí. Na obrázku č. 4.10 je samčí, na obrázku č. 4.11 samičí květenství.

*Obrázek 4.10 Samčí květenství*



*Zdroj: Autor*

*Obrázek 4.11 Samičí květenství*



*Zdroj: Autor*

Samčí květenství je velice bohaté na pyl, čehož i v pokusném poli hojně využívaly včely, kdy jich mnohdy na jedné rostlině bylo i několik desítek a včely tak měly k dispozici dostatek potravy, která by jinak nebyla k dispozici. Situaci dokládá obrázek č. 4.12.

*Obrázek 4.12 Včely v porostu při sběru pylu*



*Zdroj: Autor*

Literatura uvádí, že po zapojení porostu již není nutné konopné pole ošetřovat herbicidy. Obrázek č. 4.13 toto dokazuje. Půda je téměř bez plevelných rostlin. Fotografie pochází z doby blízko před sklizní. V této fázi již rostliny konopí opadem přichází o většinu listů, které na půdě tvoří mulč, čímž dále omezují růst plevelných rostlin, navíc tyto listy působí jako přirozené hnojivo, kterým se do půdy vrací organická hmota, a tedy i živiny. Obrázek č. 4.14 zobrazuje do jakých rozměrů může jeden konopný list narůst.

*Obrázek 4.13 Stav půdy před sklizní*



*Zdroj: Autor*

*Obrázek 4.14 Konopný list*



*Zdroj: Autor*



Po sklizně konopí setého můžeme sklídit a získat tři hlavní produkty, pro které se rostliny pěstují. Jedná se o semena, vlákno a pazdeří. Tyto tři produkty prezentuje obrázek č. 4.15.

*Obrázek 4.15 Produkty konopí*



*Zdroj: Autor*

Kromě dokumentace vlastního pokusného políčka obrázky č. 4.16 a 4.17 předkládají i produkční konopné pole zemědělce p. Václava Lapky, který hospodaří nedaleko Rakovníka na 10 hektarech. Pan Lapka hospodaří v ekologickém režimu a na oněch 10 hektarech pěstuje již mnoho let po sobě pouze konopí, bez střídání jiných plodin. I přesto mu v průběhu let neklesají výnosy a konopí nikdy nebylo napadeno škůdci ani chorobami. Vzhledem k těmto výsledkům i zhodnocení samotného pěstitele je konopí dokonalou rostlinou pro režim ekologického hospodaření. Obrázek č. 4.16 zobrazuje produkční konopné pole v době sklizně. Částečně je porost ještě neposekaný, část porostu má sklizenou vrchní část rostlin (semena) a zároveň je zde vidět i část posekaných stonků, které se přirozeně nechávají vyrosit na poli.

*Obrázek 4.16 Produkční pole p. Lapky*



*Zdroj: Autor*

Na obrázku č. 4.17 je lehce upravená sklízecí mlátička (Fortschritt E 516) tak, aby byla schopná posekat houževnaté vláknité stonky konopí. Tuto sklízecí mlátičku provozuje výše zmíněný p. Václav Lapka.

*Obrázek 4.17 Sklízecí mlátička na konopí*



*Zdroj: Autor*

#### **BPEJ kvalifikace**

Pokusné políčko se nachází v třetím klimatickém regionu (tedy teplém a mírně vlhkém). V něm je průměrná roční teplota 8 – 9°C, průměrný roční úhrn srážek 550–650 mm a hrozí zde 10–20 % pravděpodobnost suchých vegetačních období. Hlavní půdní jednotka má číslo 56, což představuje převážně půdy středně hluboké až hluboké, středně až dobře odvodněné, hlinitopísčité až jílovitohlinité. Sklonitost je zde 0 – 3° zákaz hnojení minerálními dusíkatými hnojivy zde tak platí v období od 1. listopadu do 31. ledna (v případě obilovin a olejnin) jinak od 1. listopadu do 15. února. Na pozemku platí I. třída ochrany, jde o nejcennější půdu klimatického regionu, které se smí odejmout ze zemědělského půdního fondu pouze výjimečně. Bodová výnosnost činí hodnotu 78 (jedná se o produkční půdu). Základní cena tohoto pozemku je 15,77 Kč/m<sup>2</sup>. V okruhu 2 km od pozemku se nachází 11 včelařských stanovišť. Vzhledem k této skutečnosti, je na zde i konopí vhodnou plodinou pro budoucí pěstování (LPIS). Políčko se nachází na soukromém pozemku, chybí mu proto výsledky agrochemických zkoušek zemědělských půd, byť se nachází v těsné blízkosti konvenčně obhospodařované orné půdy.

#### **4.1.1 Ekonomická analýza pěstování**

Cena nafty se od roku 1993 zvýšila z 15,79 Kč/l (Záhorka 2008) na současných cca 34,5 Kč/l (říjen 2021). Průměrná měsíční mzda činila v téže roce 5 817 Kč (Doležal 2006). Zatímco průměrná mzda za 2. čtvrtletí roku 2021 dosáhla již 38 275 Kč (Český statistický úřad). Podobně rostlou i ceny dalších komodit ovlivňující vstupy zemědělské prvovýroby. Například 1 MWh elektřiny vzrostla jen od března 2016 z 22,15 euro na současných (říjen 2021) 163,83 euro (Elektrina.kurzy.cz). Cena za tunu pšenice činila v téže době 2983 Kč (Záhorka 2008). V

roce 2020 dostaly zemědělci při výkupu jedné tuny pšenice 4 272 Kč (SZIF 2020). Už jen z výčtu výše nastíněných základních dat vyplývá, že zatímco náklady zemědělské prvovýroby násobně stoupají, příjmy za vyprodukované komodity se od doby vzniku samostatné České republiky příliš nezměnily. Výrazně se navíc nemění ani výnosy, kdy i moderní zemědělství nedokáže významně navýšit svoji produkci na jednotku plochy. Kvůli environmentálním aspektům se ztěžují i podmínky pro dosažení plné dotační částky. Kromě jednotné platby na plochu (SAPS) je to platba pro zemědělce dodržující zemědělské postupy příznivé pro klima a životní prostředí tzv. Greening (SZIF 2). Vzhledem k tomu, že zemědělství je z ekonomického pohledu průmyslové odvětví jako každé jiné, je pro zemědělce smysluplné, aby pěstovali plodiny, které pro ně budou rentabilní. Zároveň je ale zemědělství i významným krajinným činitelem, proto se musí při výběru plodin brát ohledy na jejich vliv na krajinu a další rostlinná i živočišná společenství. Konopí seté se i v tomto ohledu jeví jako perspektivní plodina. Jeden kilogram osiva stojí cca 140 Kč. Výsevek pro pěstování na semeno je zhruba 15 kg/ha (tj. cca 55 rostlin na 1 m<sup>2</sup>), náklady na osivo tedy činí okolo 2.100 Kč/ha. Výsevek pro kombinovanou sklizeň činí 35-40 kg/ha, náklady na osivo pak dosahují 3.750 – 4.200 Kč/ha. Výsevek pro pěstování pouze na vlákno dosahuje 90–100 kg/ha, zde náklady šplhají až k 12.600 – 14.000 Kč/ha. Z nákladového hlediska je značným bonusem absence nutnosti aplikovat přípravky na ochranu rostlin (proti chorobám i škůdcům), od chvíle zapojení porostu již není nutné aplikovat ani herbicidy. Tím klesají vstupy nejen za samotnou cenu přípravků, ale především za přidružené náklady v podobě ceny nafty, lidské práce a opotřebení strojů.

Následující přehled ukazuje modelové náklady na jeden hektar pěstovaného konopí. Veškerá data (od jednotlivých typů pracovních strojů, přes spotřebu paliv až po cenu lidské práce či pachtovného) byla převzata z konkrétního podniku, jsou tedy jen velmi orientační a mohou se, v závislosti na řadě konkrétních proměnných, výrazně lišit.

Následující tabulka č. 4.1 přináší přehled polních prací. Jejich technologické zabezpečení, včetně časové a finanční náročnosti.

*Tabulka 4.1 Rozpis a vyčíslení agrotechnických zásahů*

Pracovní operace	Termín	Technické zajištění	Spotřeba nafty l/ha	Výkonnost ha/h	Spotřeba práce h/ha	Náklady Kč/h	
						Nafta	Práce
Zásobní hnojení min.hnojiv + doprava	podzim	New Holland 7040 + rozmetadlo KUHN, Axis 40/ John Deere 8220 + Mega 20	2	10	0,1+0,1	70	60
Orba	podzim	New Holland R8-390 + pluh Opall Agri, Europa 180 / radlic	25	1,5	0,67	875	201
Strhnutí hrubé brázdy	podzim	Case Quadrack 620 (pásový) + Köckerling 1200	10	8	0,125	350	37,5
Chemická příprava	podzim	New Holland 7040 + postřikovač Berthaud Raptor 520 / John Deere	1,5	10	0,1+0,1	52,5	60

		8220 + Pichon 16800					
Předseťová příprava	jaro	Case Quadrack 620 (pásový) + Bednar Swifter SE	10	8	0,125	350	37,5
Setí	jaro	John Deere 8320 + sečka Horsch Pronto	7	3	0,33	245	99
Produkční hnojení	jaro	New Holland 7040 + rozmetadlo KUHN, Axis 40/ John Deere 8220 + Mega 20	2	10	0,1+0,1	70	60
Sklizeň semen + odvoz	podzim	DEUTZ FAHR 4080 HTS s řezačkou Kemper / New Holland 7040 + Mega 25	25 / 5	2 / 2	0,5+0,5	1050	300
Sklizeň vlákna (balíkování)	podzim	John Deere 8320 + lis New Holland K01	9	3	0,33	315	99
<b>Celkem</b>		-				<b>3377,5</b>	<b>954</b>
						<b>35</b> <b>Kč/l</b>	<b>300</b> <b>Kč/h</b>
		<b>ceny za jednotku</b>					

Zdroj: Autor

Tento přehled je následně podkladem i pro celkové ekonomické zhodnocení nákladů a výnosů pěstování. Toto sumární zhodnocení přináší následující tabulka č. 4.2.

Tabulka 4.2 Souhrn nákladů a výnosů

<b>CELKOVÉ EKONOMICKÉ SHRNU TÍ</b>		
<b>Položka</b>	<b>Podrobný popis</b>	<b>Vyčíslení (Kč/ha)</b>
<b>Chemická ochrana</b>	Roundap 2 l/ha x 230 Kč/l	460
<b>Hnojení</b>	cena hnojení je odvislá od výsledků AZPP (zásob živin na konkrétním honu) + * ledek - 0,25t/ha x 6000 Kč/t	1500
<b>Nafta</b>	96,5 l x 35 Kč/l	3377,5
<b>Práce</b>	3,18 h x 300 Kč/h	954
<b>Osivo</b>	záleží účelu pěstování, modelově kombinovaná sklizeň 35 kg x 140 Kč/kg	3750
<b>Pachtovné</b>	-	3800
<b>Daň</b>	-	1200
<b>Celkem</b>	-	<b>15041,5</b>

<b>Výnos</b>	Při kombinované sklizni: Semena: 800 kg/ha x 50 Kč/kg Vláknno: 1800 kg/ha x 10 až 30 Kč/kg Pazdeří: 7200 kg/ha x 7 Kč/kg (může se výrazně lišit podle záměru využít) Herba: 250 kg/ha x 145 Kč/kg (cena je pouze orientační)	<b>180650</b>
<b>Zisk</b>	-	<b>165608,5</b>

*Zdroj: Autor*

\*Výpočet dusíku: předpokládanou předplodinou je pšenice jejíž vedlejší produkt činí normově 5,2t, přičemž podíl čisté sušiny je 91 % tedy 4,732t. Obsah živin ve vedlejším produktu pšenice je 0,61 % a zůstatek živin v sušině tak činí 28,8652 kg/ha. Podíl využitelnosti dusíku ze slámy je v prvním roce 45 %. Odpočet živin z předplodiny je součinem zůstatku živin v sušině a jeho využitelnosti, tj. 12,9893 kg. Podíl využitelnosti zůstává i ve druhém roce, přičemž postup je podobný, jen se liší konkrétní hodnoty. Pokud by v osevním sledu předcházela řepka byla by využitelnost jejich živin 10,5148 kg. Doporučená dávka pro pěstování konopí je 80-100 N kg/ha. Při úvaze střední hodnoty této dávky 90 kg/ha a odpočtech využitelných živin z předplodin činí nutná dávka k nahnojení 66,5 kg/ha čistého dusíku. Tuto dávku doplní cca 0,25t ledku amonného na jeden hektar.

Tabulka zobrazuje pouze hrubý přehled nákladů (ale i výnosů). Nekalkuluje s vyčíslením s daní z přidané hodnoty (DPH) na vstupu, ani na výstupu (ve výši 21 a 15 %). Stejně tak nepočítá s odvody sociálního a zdravotního pojištění ze mzdy pracovníků (+ 34 %). Vzhledem k tomu, že se jedná pouze o modelové nastínění základních nákladů, se nekalkuluje s výrobní, správní ani odbytovou reží. Na příjmové straně však rovněž není počítáno s dotacemi.

## 4.2 Analýza vzorků

Následující část práce musí zodpovědět hypotézy stanové na samém počátku práce. Ačkoli dílčím cílem pěstování jednotlivých odrůd bylo zdokumentování celého procesu vývoje porostu, hlavním důvodem byl zisk vlastních vzorků konopného pazdeří pro následné zpracování a analýzu společností ORLEN Unipetrol a.s. pro zisk paliva pokročilé generace. Zásadních motivací pro testování této části rostliny je hned několik. Jak již vzešlo z předchozí kapitoly, zařazování setého konopí do současných osevních postupů sebou nese vícenásobné výhody. Krom přerušování obilných sledů, či herbicidních účinků na plevelná společenstva je to mimo jiné i ekonomický efekt pro jeho pěstitele, a to, přestože před každým z nich ještě stojí úskalí v podobě nedostatečné sklizňové a posklizňové technologie. Konopné pazdeří, tedy dřevitá část stonku, byla ještě v poměrně nedávné době považována za odpad. Až posléze se dařilo nacházet mu uplatnění ve stavebnictví a především energetice. Rychlost tvorby biomasy nemá v našich podmínkách příliš mnoho konkurence, to z konopí činí vhodný obnovitelný zdroj energie, který by potencionálně nemusel mít pouze podobu spalovacích pelet.

Analýza vzorků odrůd tak má zaprvé ověřit, zda testované odrůdy mají podobný kvalitativní předpoklad pro vznik pokročilého paliva pomocí technologie hydrotermální úpravy

(HTU). Zadruhé pak porovnat, zda v rámci jedné odrůdy existuje kvalitativní rozdíl pro výrobu biopaliva mezi pěstováním konopí na vlákno a pěstováním na semeno. Hydrotermální úprava i následná analýza vzorků probíhala v laboratořích ORLEN UniCRE a.s.

Konopné pazdeři bylo sklizeno v době semenářské zralosti 28.9.2021. Sklizené vzorky byly přirozeně vyroseny na poli tak, aby se vlákno od pazdeři posléze snáze oddělilo, vysušeny a po vysušení pazdeři mechanicky odděleno od vlákna. Vzorky, které byly určeny na analýzu s vláknem se nechaly pouze usušit. Sušení stonků probíhalo přirozeně uvnitř stodoly bez přísunu přímého slunce a deště. Nasekané části stonku (pazdeři), byly v jednotlivých písemně označených laboratorních sáčcích dopraveny 22.10.2021 do společnosti ORLEN UniCRE a.s.

Samotné pokusy byly zahájeny 25.11. 2021 na vzorku odrůdy Fedora 17 bez vlákna. Pokusy se prováděly na zařízení: Vsádkový reaktor (autokláv) 4575 A, řízeno kontrolérem 4848 B od společnosti Parr Industries Company US, počítačový software pro vyhodnocení průběhu hydrotermální úpravy autoklávem: SpecWiew. Inertního prostředí ve vsádkovém reaktoru bylo dosaženo pomocí N<sub>2</sub>.

#### Pokusy

Byla provedena série pokusů na dvou odrůdách technického konopí. Přednostně (pro velký objem vzorků) byly pro testování vybrány ze čtyřech pěstovaných pouze dvě odrůdy a to ty, které mají u českých pěstitelů majoritní zastoupení. Jedná se o francouzské odrůdy Fedora 17 a Futura 75. Obě odrůdy byly pro úplné srovnání testovány shodně a sice v prvním případě v podobě surového pazdeři zbaveného vlákna a v druhém případě byl použit celý stonek, tedy pazdeři i vlákno.

Stonek byl v obou případech na jemno namletý. Reakční podmínky byly stanoveny pro všechny vzorky shodně a jsou přehledně uvedeny níže. Samotný vzorek se sestával ze stejného množství konopné suroviny a stejného objemu demineralizované vody. Rozdíly tak byly porovnávány na základě použití rozdílného množství katalyzátoru uhličitanu draselného, kdy bylo postupně přidáváno množství 2, 3 a 4 gramů katalyzátoru.

#### **Suroviny:**

10 g jemně namletého konopného pazdeři  
katalyzátor K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>  
100 ml DEMI vody

#### **Reakční podmínky pro pokusy v autoklávu:**

Teplota: 315 °C  
Tlak: 150 bar (15 MPa)  
Reakční čas: 15 minut  
rpm (otáčky/min.): 500

Suroviny byly váženy v prázdné nádobě autoklávu. Ta byla předtím zvážena prázdná. Po naplnění byla zvážena znovu. Pro odhad množství vzniklého plynu byla nádoba zvážena plná těsně po reakci a odebrání plynu. Váha vzniklého plynu byla odečtena od celkového množství. Zbytek hmotnosti tvoří tekutá a pevná frakce vzorku.

Plná nádoba byla umístěna do autoklávu a uzavřena tak, aby nedocházelo k úniku plnu. Před zahájením pokusu byla provedena kontrola grafitového kroužku a tlaková zkouška dusíkem při 150 barech, která tuto skutečnost ověřovala. Po zkoušce byla v softwaru nastavena požadovaná teplota, rychlost otáček a tlak.

Míchání v autoklávu bylo zahájeno ihned při spuštění pokusu. Ohřev probíhal rychlostí 8,3°C za minutu (II. stupeň rychlosti ohřevu). Zahajovací tlak by 0 barů. Z počátku stoupala teplota velice rychle, ale příliš na ni nereagoval tlak. Při teplotě kolem 300 °C se pozvolný nárůst teploty a tlaku zastavil téměř úplně. Od té doby byl nárůst teploty pomalý a rostl převážně jen tlak. Při dosažení teploty 315 °C činila hodnota tlaku 105 baru tj. 10,5 MPa (nebylo tak dosaženo plánovaných 150 barů). Při této teplotě probíhal pokus stanovených 15 minut. Po ukončení reakce byla sundána pec a vzorek se začal s pomocí větráku ochlazovat, průměrná rychlost ochlazování činila 4,5 °C/min. Plyn byl odebrán při teplotě 34 °C do hliníkového sáčku, ve kterém plyn vydrží beze změn svého charakteru až 72 h. Výše tlaku při odběru se u jednotlivých pokusů mírně lišila. Následně byl autokláv odtlakován. Nádobka byla odebrána pro zvážení a poreakční směs přelita do 250 ml uzavíratelné láhve. V tabulce č. 4.3 jsou uvedeny hodnoty tlaku při kterých byl při jednotlivých pokusech plyn pro analýzu odebírán.

*Tabulka 4.3 Tlak při odběru vzorku*

<b>Tlak při odběru plynu (bar)</b>				
<b>Množství katalyzátoru</b>	<b>FEDORA 17</b>		<b>FUTURA 75</b>	
	<b>s vláknem</b>	<b>bez vlákna</b>	<b>s vláknem</b>	<b>bez vlákna</b>
<b>2 g</b>	7,1	7,6	7,7	7,6
<b>3 g</b>	8,4	8,4	7,9	7,8
<b>4 g</b>	8,5	8,2	8,2	7,9

*Zdroj: Autor*

Aby mohly být vzorky podstoupeny analýzám, musely být jednotlivé fáze od sebe vzájemně odděleny. K separaci byl použit filtrační papír. Poreakční směs byla přefiltrována do předem zvážené kuželové baňky přes předem zvážený filtrační papír. Filtrace probíhala za studena. Následně byl filtrační papír promyt 2 x 100 ml acetonu, pro rozpuštění organických fází. Po filtraci byl filtrační papír vysušen v peci po dobu 2 h na 105 °C, po vysušení následovalo zvážení zbylé pevné fáze.

Kapalná fáze s acetonem byla umístěna do rotační odparky, kde byly kapaliny odstředivány v atmosferickém tlaku při teplotě 60 °C po dobu 30 minut při zvolených otáčkách 2600 otáček za minutu. Tímto postupem byla získána čistá kapalina (bio-olej), která se nacházela v horní části lahvičky. V lahvičce dále zůstalo malé množství pevných a polotuhých látek na jejím dně. Další malé množství pevných látek přilnulo na stěnách nádobky autoklávu. Tyto pevné látky se podařilo z nádobky vyčistit pouze pomocí rozpouštědel (xylen, cyklohexan, isopropanol), vysokých teplot (až 495 °C v proudu vzduchu), či mechanicky, případně kombinací těchto tří metod. Tyto pevné látky byly považovány za ztráty.

Následně byla vypočtena hmotnostní bilance pro kapaliny a pevné látky hmotností celkového sedimentu a filtrovaných kapalin. Data hmotnostních bilancí všech testovaných

vzorků byla zaznamenána. Hmotnostní bilancí byla stanovena hmotnost olejů s acetonem. Simulovanou destilací pak stanoven procentní obsah samotných olejů, jejichž součinem byla stanovena hmotnost bio-olejů. Z této hodnoty byla vypočítána procentuální výtěžnost produktu.

### **Měření hustoty**

Ke stanovení hustoty bylo přistoupeno na základě technické normy ČSN EN ISO 12185 Ropa a kapalné ropné výrobky–Laboratorní stanovení hustoty–Metoda oscilační U–trubice, platné od roku 1999. Hustota byla stanovena pomocí měřiče specifické gravitace KEM DA-645 (Mettler Toledo, Giessen, Německo). Norma definuje metodu stanovení hustoty ropy a ropných produktů v rozsahu  $600 \text{ kg/m}^3$  až  $1\,100 \text{ kg/m}^3$ , přičemž s těmito produkty může být pro zkoušku nakládáno jako s jednofázovými kapalinami, za použití hustoměru s oscilační U–trubicí, do níž se za stanovené teploty aplikuje vzorek pomocí injekční stříkačky.

### **Simulovaná destilace (SIMDIS)**

Ve vodě nerozpustná organická fáze (bio-olej) byla analyzována simulovanou destilací (SIMDIS) metodou ASTM D7169-05, která byla použita pro stanovení destilační charakteristiky surovin. Principem této metody je plynová chromatografie s nepolární chromatografickou kolonou, na které dochází k eluci jednotlivých látek z kolony v pořadí vzestupně podle jejich bodů varu. Pro analýzu byl použit plynový chromatograf TRACE GC Ultra (Thermo Scientific) ve spojení s plamenově-ionizačním detektorem (FID), vybavený předkolonou (délka 1,5 m) a analytickou kolonou VARIAN WCOT ULTIMETAL (o rozměrech  $10 \text{ m} \times 0,53 \text{ mm}$ , tloušťka filmu  $0,17 \mu\text{m}$ ). Analýza probíhala při teplotě  $-30 \text{ }^\circ\text{C}$  po dobu dvou minut izotermě, poté s lineárním teplotním gradientem  $15 \text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$  na teplotu  $410 \text{ }^\circ\text{C}$  (10 minut).

### **Stanovení složení plyných produktů (GC)**

Plynné produkty byly analyzovány plynovou chromatografií ve spojení s plamenově-ionizačním detektorem (GC-FID) za použití Refinery Gas Analysis (RGA) (GC model 7890A, Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA). Tato metoda byla konfigurována pro analýzu rafinérského plynu až do C6 uhlovodíků včetně  $\text{H}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ , sirovodíku ( $\text{H}_2\text{S}$ ) a karbonylových sulfidů (COS). Separace probíhala v křemenné kapilární koloně HP-PLOT o rozměrech  $50 \text{ m} \times 0,3 \text{ mm} \times 0,8 \mu\text{m}$ . Přes dělič bylo nastříkováno  $500 \mu\text{l}$  vzorku. Jako nosný plyn byl použit dusík s konstantním přetlakem  $85 \text{ kPa}$ . Analýza probíhala izotermě při teplotě  $130 \text{ }^\circ\text{C}$  po dobu 20 minut. Stanovení koncentrace jednotlivých uhlovodíků bylo provedeno s využitím metody vnějšího standardu po předchozí kalibraci.

### **ATR**

Pro FT-IR analýzy byla použita technika zeslabené celkové odrazivosti (ATR). Všechny vzorky byly předem vysušeny ve skleněné cele při  $110 \text{ }^\circ\text{C}$  ve vakuu (16 h) za použití přístroje Nicolet iS10-Thermo Scientific ((Thermo Scientific, Waltham, MA, USA) (krystalický diamant; počet skenů = 64 rozlišení  $4 \text{ cm}^{-1}$ ).



### **Prvkové složení – C, H, S, N**

Elementární analýza byla provedena metodou ICP. Měřena byla pomocí elementárního analyzátoru Flash2000 a stanovena na základě mezinárodního standardu ASTM D5291. V rámci prvkového složení byla zároveň stanovena i výhřevnost. Výhřevnost je v rámci této práce definována jako HHV (higher heating value) tedy coby celkový obsah energie uvolněný při spalování paliva na vzduchu, a to včetně latentního tepla obsaženého ve vodní páře. Výpočet je založen na následující rovnici:

$$\text{HHV} = 341\text{C} + 1323\text{H} + 68\text{S} - 15.3\text{A} - 120(\text{O} + \text{N}) \text{ (Bilgen et al. 2012).}$$

## 5 Výsledky

Následující kapitola shrnuje výsledky vycházející z obou částí této práce. Nejprve je shrnuto ekonomické zhodnocení a zhodnocení pěstování, které je důležité především pro podnikatele z oblasti prvovýroby. Druhá část kapitoly se věnuje výsledkům pokusů a jejich analýz, které se zabývaly konopným stonkem.

### 5.1 Zhodnocení pěstování

Následující podkapitola shrnuje poznatky z pěstitelského pokusu a shrnuje výstupy z analýzy nákladů a výnosů.

Základní ekonomické zhodnocení komerčního pěstování ukázalo, že konopí seté je plodinou ekonomicky rentabilní. Hlavní překážkou masivnějšího rozšíření jejího pěstování je nedostatečná sklizňová technika a téměř neexistující navazující zpracovatelský průmysl na území České republiky. Se stále větší regulací chemických přípravků na ochranu rostlin a celoevropsky směřující cestě k přesunu k ekologickému zemědělství se ale konopí ukazuje jako vhodná produkční plodina, neboť jak experimentální pěstování ověřilo, nevyžadovala použití přípravků na ochranu rostlin. Bylo použito i menší množství hnojiv, než kolik vyžaduje řepka či kukuřice, které se nyní pěstují pro energetické účely.

Přestože základní ekonomická analýza ukazuje výraznou rentabilitu (především v porovnání s dalšími zemědělskými komoditami) je důležité pamatovat na počáteční investice, které pro sklizeň a postprodukci bude muset prvovýrobce vynaložit. Zároveň je důležité pamatovat na fakt, že vhodná zařízení na našem trhu nejsou v široké nabídce a musely by se minimálně v počáteční fázi zajistit dovozem ze zahraničí, případně vlastní úpravou stávajícího zařízení. Kvůli absenci techniky byla sklizeň i následná úprava stonku v této práci realizována s improvizovaným nářadím a ručně. Z pohledu finančního zhodnocení v této diplomové práci je důležité znovu upozornit, že je v rámci předložené kalkulace počítáno pouze s přímými náklady. Není tak započítána žádná z režii na jedné straně, ani příjem dotací na druhé.

Pěstitel si při samotném pěstování musí dát pozor na přílišné navětvení stonku, ke kterému při experimentálním pěstování došlo. V případě, že semena nevzejdou v pravidelný porost, vzešlá rostlina má při dostatku prostoru velkou schopnost navětvení. Na dostatek prostoru reaguje i hlavní stonek, který dokáže zesílit až do průměru několika centimetrů. Na rozdíl například od řepky olejné však toto větvení není žádoucí. Ačkoliv se na jedné rostlině nachází větší množství semen (při této diplomové práci nebyl počítán výnos standartně vzrostlého porostu s mezerovitým, tudíž nemohu přesně definovat kompenzační schopnost konopí při výnosu semen), rostlina je při přílišném navětvení technologicky znehodnocená. Příložené obrázky č. 5.1 a 5.2 stav takové rostliny dokumentují. Problematická by byla nejen sklizeň, ale i následné zpracování. Nižší patra by nebylo možné efektivně sklídit, kdy by mohlo docházet k výrazným výnosovým ztrátám. Až několik centimetrů široký stonek by bylo stejně problematické (pro sklízecí mlátičku až nemožné) sklídit. Na takovémto stonku je značně znehodnocené vlákno a při tírenském zpracování by výsledný produkt nebyl kvalitní.

*Obrázek 5.1 Široce navětvená rostlina*



*Zdroj: Autor*

*Obrázek 5.2 Poškozené vlákno u širokého stonku*



*Zdroj: Autor*

Při kontrole pozemku několik týdnů po sklizni bylo shledáno, že krom konopí, které vzklíčilo z vypadaných semen na pozemku nerostou žádné další (plevelné) rostliny. Stav dokládá následující fotodokumentace na obrázku č. 5.3.

*Obrázek 5.3 Pozemek po sklizni*



*Zdroj: Autor*

Tento efekt může být způsoben alelopatickým účinkem, který některé studie popisují.

## 5.2 Vyhodnocení analýz

Následující podkapitola se věnuje vyhodnocení provedených analýz vzorků technického konopí a posouzení jejich vhodnosti z pohledu jeho potenciálu pro výrobu biopaliva.

### Hmotnostní bilance

V rámci hmotnostní bilance byly detekovány obsahové poměry jednotlivých frakcí testovaných vzorků. Pro každou frakci (plyn, pevná látka, voda, bio-olej) byla stanovena její hmotnost. Z výsledků vyplývá, že každý ze vzorků konopné suroviny reaguje na použité množství katalyzátoru rozdílným způsobem. Na základě čtyř testovaných druhů suroviny (dvě odrůdy ve dvou varietách – s vláknem a bez vlákna) tedy nelze jednoznačně určit tendenční závislost mezi množstvím katalyzátoru a obsahem jednotlivých frakcí. Tabulka č. 5.1 prezentuje procentuální obsah výtěžnosti bio-oleje a potvrzuje výše uvedený fakt.

Tabulka 5.1 Výtěžnost bio-olejů z jednotlivých vzorků

<b>Výtěžnost bio-oleje (%)</b>				
<b>Množství katalyzátoru</b>	<b>FEDORA 17</b>		<b>FUTURA 75</b>	
	<b>s vláknem</b>	<b>bez vlákna</b>	<b>s vláknem</b>	<b>bez vlákna</b>
<b>2 g</b>	32,84	66,19	28,76	30,4
<b>3 g</b>	31,49	25,62	21,29	41,42
<b>4 g</b>	32,74	24,07	24,84	26,54

Zdroj: Autor

Z přehledu vyplývá, že nejvyšších výtěžků bylo dosaženo ve variantách Futura 75 bez vlákna spolu se 3 g katalyzátoru  $K_2CO_3$ , Futura 75 bez vlákna se 2 g katalyzátoru, Fedora 17 s vláknem spolu se 2 g katalyzátoru a Fedora 17 s vláknem rovněž se 2 g katalyzátoru. Vzhledem k velkému rozdílu oproti ostatním výsledkům je však otázkou, zda tato varianta dosahuje skutečně tak vysoké výtěžnosti (66,19 %), nebo byl výsledek ovlivněn procesní chybou. Kromě Futury 75 bez vlákna tak vychází nejvyšší výtěžnost při použití 2 g katalyzátoru. Z pohledu nejnižší výtěžnosti jsou výsledky variabilnější, kdy těchto hodnot dosahují varianty Futura 75 bez vlákna se 4 g katalyzátoru, Futury 75 s vláknem se 3 g katalyzátoru, Fedory 17 s vláknem se 3 g katalyzátoru a Fedory 17 bez vlákna se 4 g katalyzátoru. Lze tak tvrdit, že varianta se 2 g katalyzátoru nebyla bez ohledu na odrůdu a její formu nikdy nejméně výtěžná. Přičemž nejmenších rozdílů ve výtěžku ve vztahu mezi použitým množstvím katalyzátoru a surovinou bylo dosaženo u Fedory 17 s vláknem.

### Simulovaná destilace (SIMDIS)

Simulovaná destilace, nebo také destilační zkouška, je metoda, která se uplatňuje při stanovování kompletního rozsahu bodů varu uhlovodíkové směsi odpařováním v průběhu řízeného ohřevu. Výsledkem destilační zkoušky je tzv. destilační křivka, ze které je na základě existujících parametrů možné definovat, jaké ropné frakce testovaná kapalina obsahuje

(Kolektiv autorů VŠCHT Praha). Tabulka č. 5.2 zobrazuje destilační rozmezí pro ropné produkty a pomáhá k určení výsledků této studie.

Tabulka 5.2 Destilační rozmezí ropných produktů

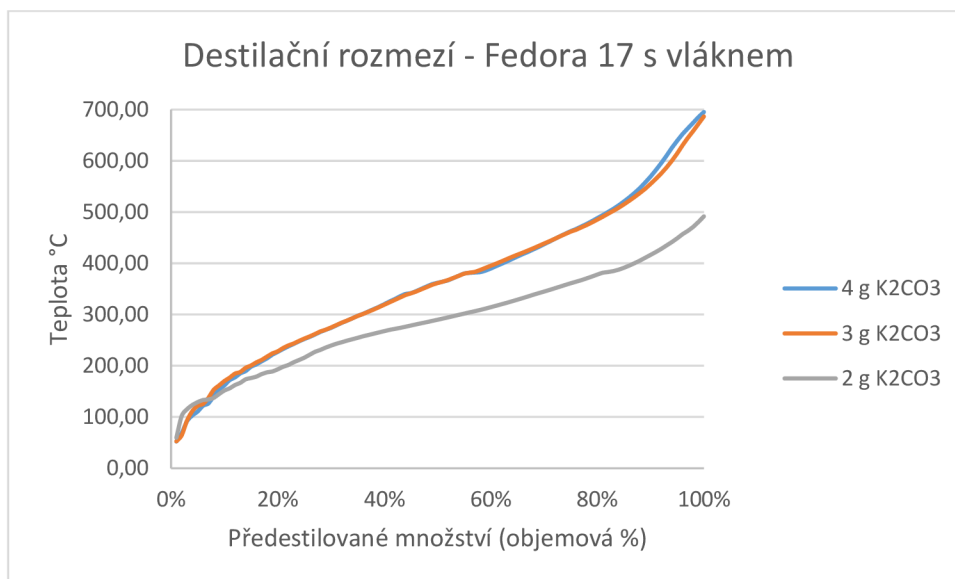
<b>Produkt</b>	<b>Destilační rozmezí (°C)</b>
Automobilový benzín	30–210
Petrolej (letecký benzín)	150–250
Motorová nafta	170–370

Zdroj: Kolektiv autorů VŠCHT Praha, zpracováno autorem

Simulovaná analýza byla provedena na všech dvanácti vzorcích (obě odrůdy v obou jejich variantách, se všemi gramážemi katalyzátoru). Následující grafy prezentují její výsledky.

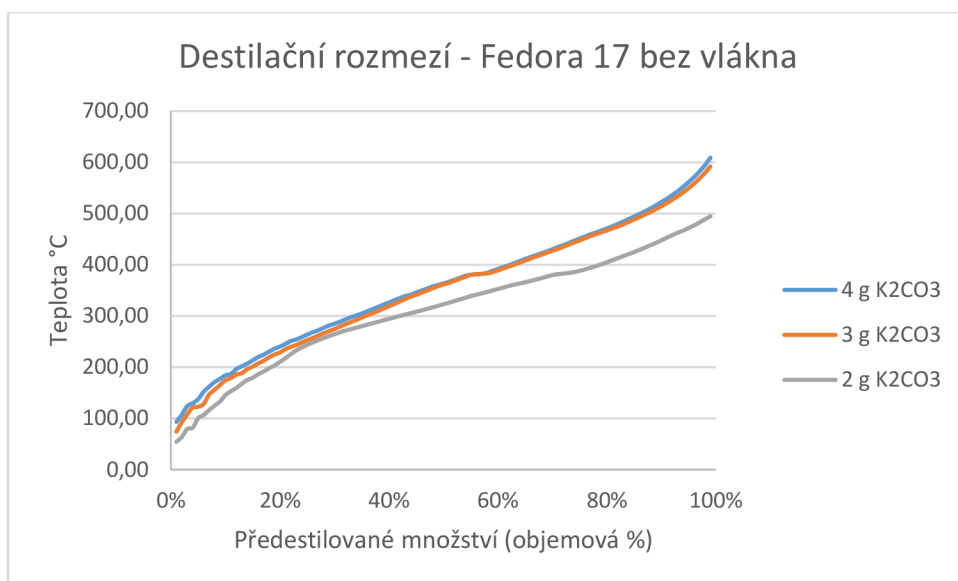
Graf č. 5.1 a 5.2 zobrazují výsledky pro odrůdu Fedora 17 v obou jejích variantách.

Graf 5.1 Destilační rozmezí Fedora 17 s vláknem



Zdroj: Autor

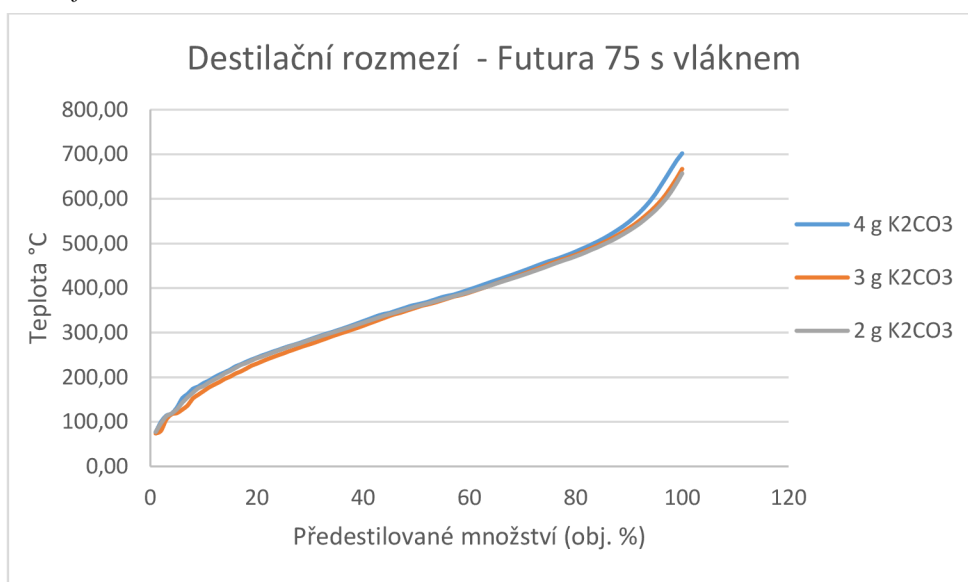
Graf 5.2 Destilační rozmezí Fedora 17 bez vlákna



Zdroj: Autor

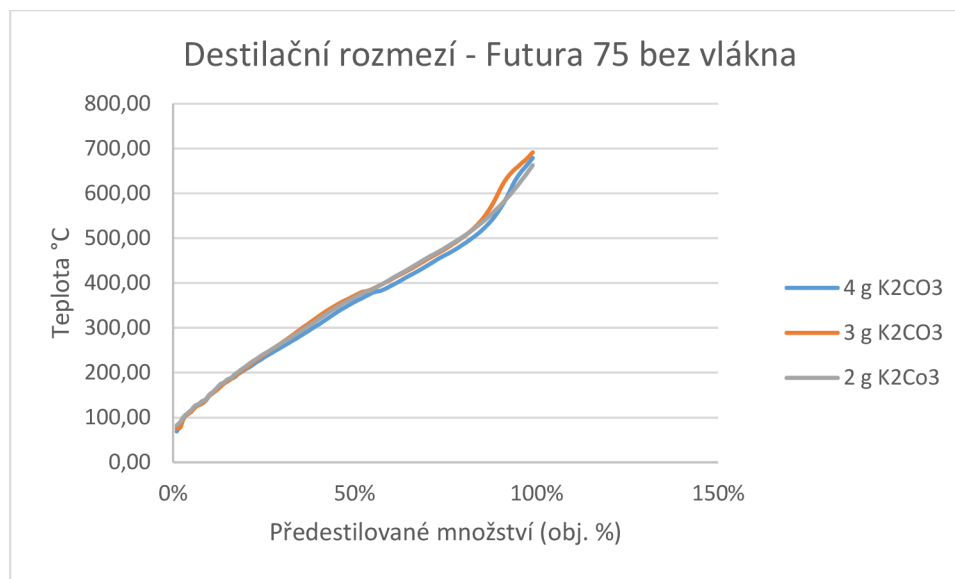
Grafy č. 5.3 a 5.4 jsou prezentovány výsledky pro odrůdu Futura 75 v obou jejích variantách.

Graf 5.3 Destilační rozmezí Futura 75 s vláknem



Zdroj: Autor

Graf 5.4 Destilační rozmezí Futura 75 bez vlákna



Zdroj: Autor

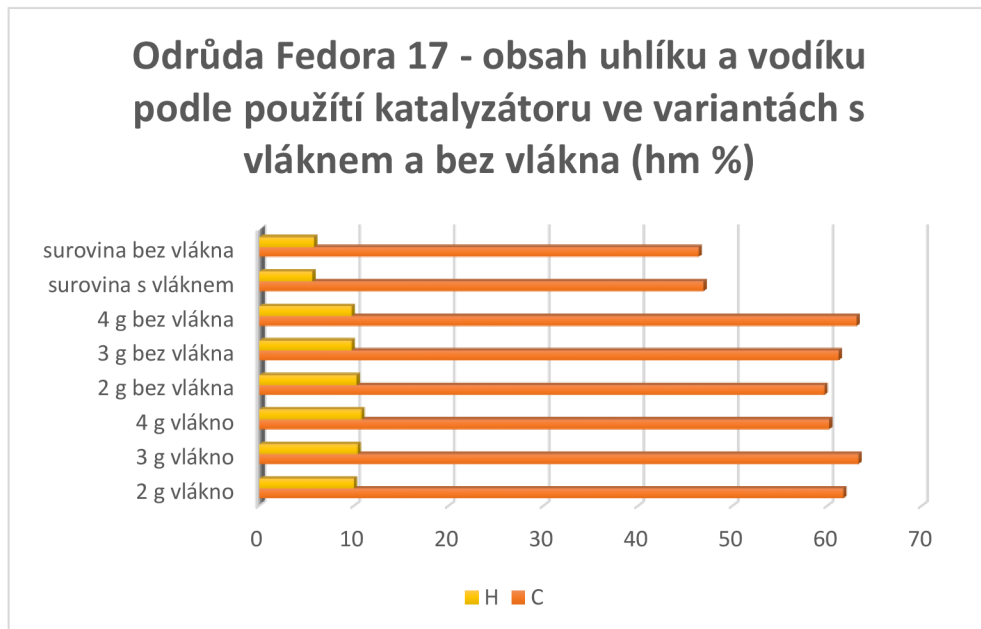
Z analýz hodnocení simulované destilace na základě destilačního rozmezí lze z příložených grafů jasně vyčíst, která varianta má podle kritéria nejlepší předpoklad pro výrobu paliv respektive, které ropné frakce a v jakém zastoupení jsou v ní obsaženy. Jedná se o Fedoru 17 s vláknem v kombinaci s použitím 2 g katalyzátoru  $K_2CO_3$ . Z této varianty by bylo potenciálně možné získat až 22 % benzínu a 63 % motorové nafty. Druhý nejlepší výsledek vykazuje stejné množství použitého katalyzátoru při stejné odrůdě (2 g – Fedora 17) pouze s rozdílem varianty, tedy bez vlákna. Zde je potenciální vznik 18 % benzínu 53 % motorové nafty. Mezi oběma produkty svou škálou leží i petrolej (letecký benzín), zde hodnoty ukazují na získání 23 % paliva v případě varianty s vláknem a 15 % varianty bez vlákna. Fedora v obou svých variantách v kombinaci se 2 g katalyzátoru svým potenciálem ostatním variantám jasně dominuje. Ostatní varianty (Fedora 17 s vláknem i bez vlákna se 3 a 4 g katalyzátoru a Futura 75 s vláknem se 2,3 i 4 g katalyzátoru) dosahují podobných hodnot. Jejich rozpětí se pohybuje mezi 12–16 % benzínu a 42–46 % motorové nafty. Odlišnost ve výsledcích vykazuje Futura 75 bez vlákna se všemi třemi katalyzátory (2,3 i 4 g). Z výsledků vyplývá, že tyto vzorky vykazují odlišný poměr mezi obsahem benzínových a naftových frakcí oproti ostatním vzorkům. Zatímco obsah benzínu se v závislosti na množství použitého katalyzátoru pohybuje mezi 18–19 % benzínu, obsah motorové nafty se nachází v rozmezí 35–38 %. Přičemž platí, že nejvyšší obsah má jak případně benzínu, tak i nafty varianta se 4 g katalyzátoru  $K_2CO_3$ .

#### Elementární analýza, výhřevnost

V rámci elementární analýzy jsou k dispozici analýzy základního prvkového složení, na základě něhož byl mimo jiné stanoven i poměr H:C, který je definován jako podíl procentního obsahu prvku v bio-oleji ku jeho atomové hmotnosti v poměru k druhému stejně stanovenému prvku. Rovněž byla stanovena hustota jednotlivých vzorků a jejich výhřevnost. Pro přehlednost shrnují souhrně grafy č. 5.5 a 5.6 obsahy uhlíku a vodíku v jednotlivých vzorcích.

Graf č. 5.5 zobrazuje složení odrůdy Fedora 17 ve variantě s vláknem i bez vlákna a základní surovinou.

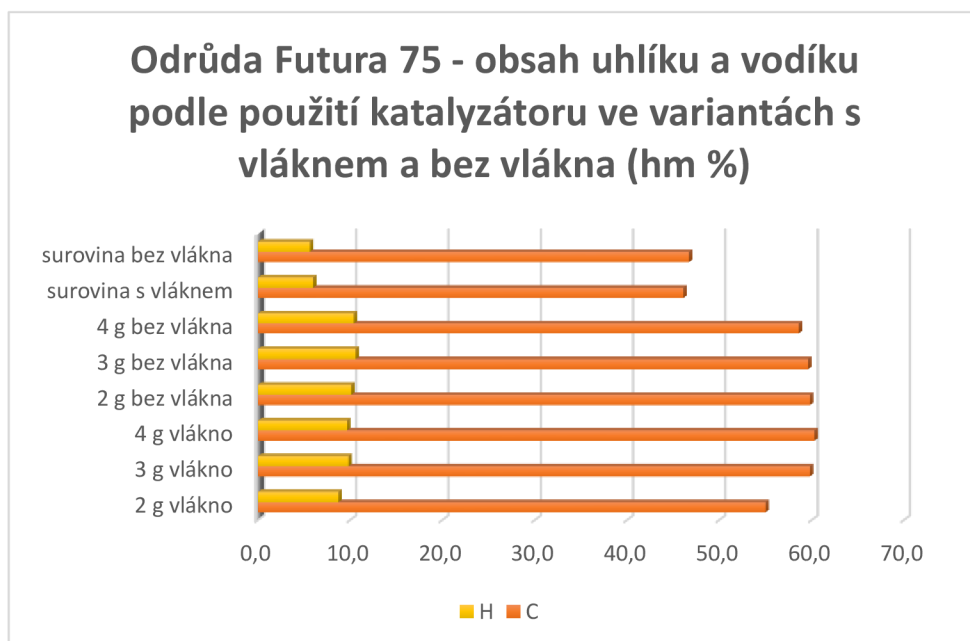
*Graf 5.5 Fedora 17 – uhlovodíkové složení*



*Zdroj: Autor*

Graf č. 5.6 prezentuje složení odrůdy Futura 75 ve variantě s vláknem i bez vlákna a základní surovinou.

*Graf 5.6 Futura 75 – uhlovodíkové složení*



*Zdroj: Autor*



Z grafů je patrné, že použitím katalyzátoru došlo k nárůstu obou prvků, tedy uhlíku i vodíku oproti surovině. V případě Fedory 17 byl zisk uhlíku v průměru celé odrůdy a různého množství katalyzátorů vyšší, než v případě Futury 75. Z přiložených grafů rovněž vyplývá, že při každém pokusu docházelo ve vzorcích k hydrogenaci. Tabulka č. 5.3 přináší přehled poměrů H:C v analyzovaných vzorcích.

Tabulka 5.3 Poměr H:C vzorků Fedora 17 a Futura 75

Množství katalyzátoru	H : C			
	FEDORA 17		FUTURA 75	
	s vláknem	bez vlákna	s vláknem	bez vlákna
2 g	1,93	2,05	1,89	2,01
3 g	1,95	1,9	1,95	2,11
4 g	2,13	1,84	1,9	2,11
surovina	1,43	1,49	1,55	1,44

Zdroj: Autor

Z tabulky je patrné, že nejvyšší poměr mezi H/C dosahují varianty Fedory 17 s vláknem a 4 g katalyzátoru  $K_2CO_3$ , Fedory 17 bez vlákna se 2 g katalyzátoru a Futury 75 bez vlákna se 3 a 4 g katalyzátoru (tyto hodnoty jsou shodné). Všechny jmenované varianty mají poměr vyšší než dva (toho dosáhla ještě varianta Futury 75 bez vlákna).

V rámci elementární analýzy byly rovněž stanoveny hodnoty síry, dusíku a kyslíku. Zároveň byla stanovena hustota vzorků při 15 °C. Obsahy síry a dusíku byly v případě všech měřených vzorků menší než 0,05 hm. %, podrobnější detekce nebyla měřitelná. Obsah kyslíku se pohybuje v rozmezí 26 až 36 %. Průměrný obsah kyslíků u odrůdy Futura 75 ve všech jejích variantách je 31,16 hm. % a v případě odrůdy Fedora 17 28,2 hm. %. Nezpracovaná surovina obsahovala v případě Futury 75 v obou variantách v průměru 47,39 hm. % a Fedory 17 47,06 hm. %, úpravou tak došlo k poklesu obsahu kyslíku oproti surovině. Hodnoty stanovené hustoty jsou u obou variant v podobných mezích asice v rozmezí 834–902  $kg/m^3$ . Při porovnání hustot a kyslíku coby heteroatomu platí tvrzení o přímé úměře jejich zvyšování se stoupající hustotou pouze ve většině případů, nikoliv ve všech. V případě dusíku a síry nelze hodnotit. Je však nutné upozornit, že obsah kyslíku nebyl stanovován přímým měřením, nýbrž pouze dopočtem ve vztahu k ostatním prvkům. Jeho hodnoty proto nemusí být přesné a tvrzení o nepotvrzení přímé úměry s hodnotami hustoty zcela správné.

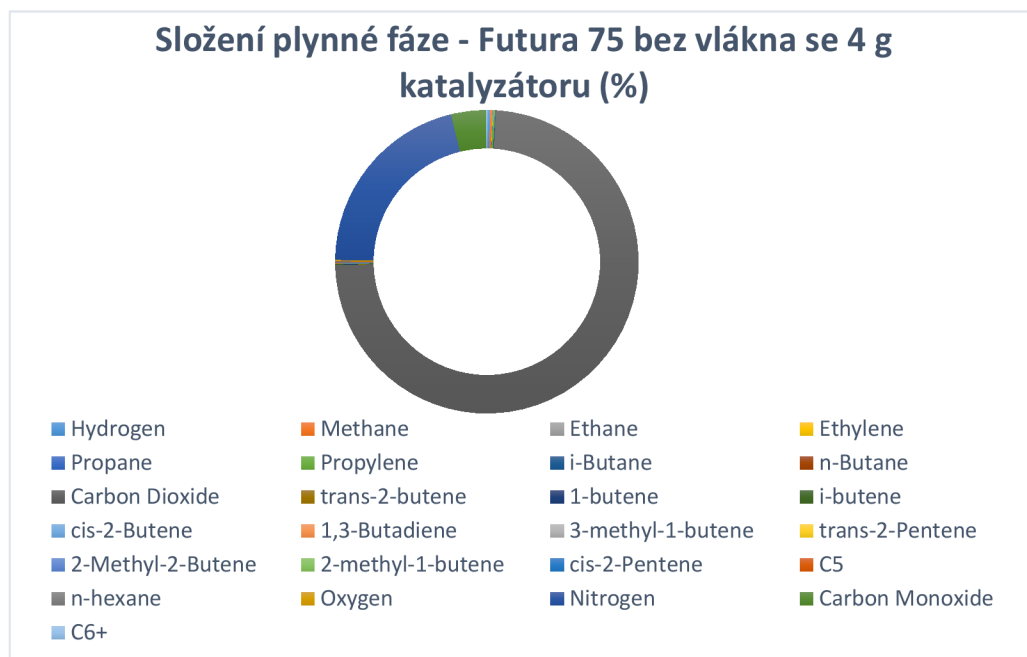
Rovněž výpočtem byla zjištěna výhřevnost bio-olejů vzorků. Nejvyšší výhřevnost (32,12 MJ/kg) byla dosažena u varianty Fedora 17 s vláknem se 3 g katalyzátoru  $K_2CO_3$ , nejnižší výhřevnost (25,9 MJ/kg) naopak u varianty Futura 75 s vláknem se 2 g katalyzátoru. Průměrná výhřevnost u odrůdy Futura 75 napříč variantami činí 29,35 MJ/kg a u odrůdy Fedora 17 30,98 MJ/kg. V rámci porovnání odrůd lze konstatovat, že Fedora 17 je ve svém průměru výhřevnější, než Futura 75.

### Složení plynných produktů

V rámci komplexních rozborů vzorků byly provedeny analýzy složení plynných produktů, které vzešly z úpravy suroviny hydrotermální úpravou. Následující dva grafy č. 5.7

a 5.8 přináší přehled o složení produktů plynné fáze obou odrůd. Graf č. 5.7 prezentuje jeden z modelových výsledků odrůdy Futura 75.

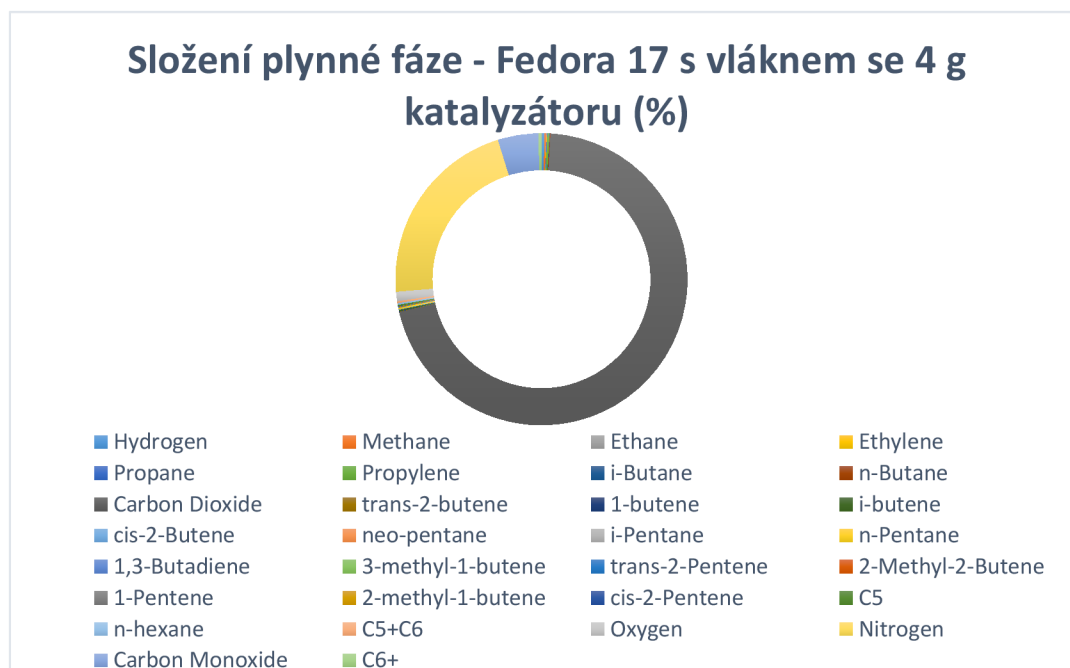
Graf 5.7 Futura 75 – složení plynné fáze



Zdroj: Autor

Graf č. 5.8 přináší taktéž modelový výsledek analýzy plynné fáze, tentokrát v případě odrůdy Fedora 17.

Graf 5.8 Fedora 17 – složení plynné fáze



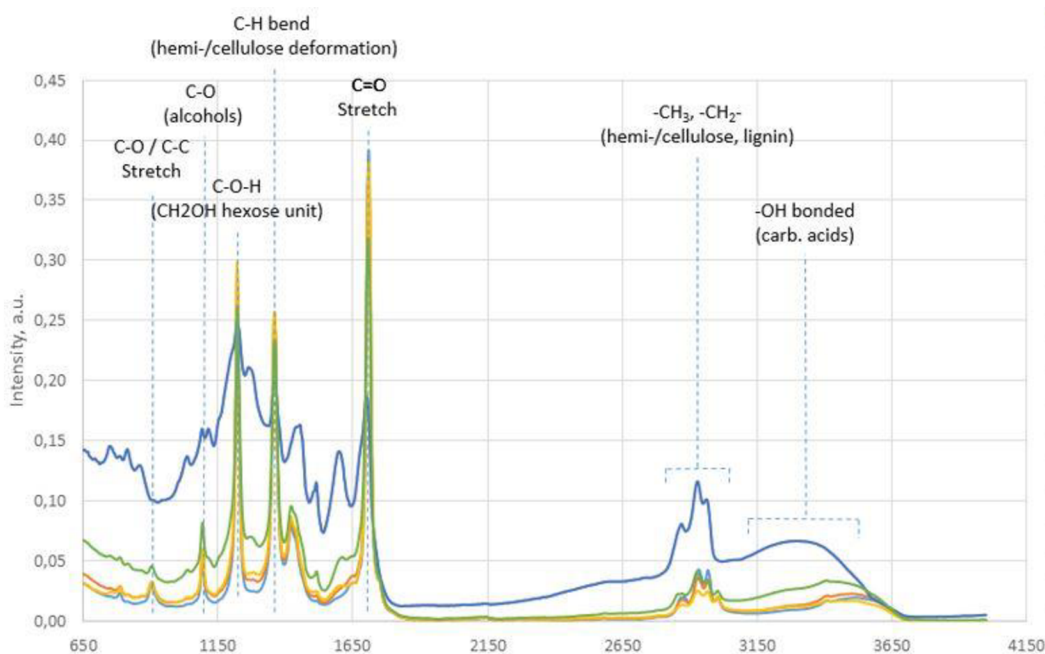
Zdroj: Autor

Oba ilustrativní grafy dokazují podobný trend. Je zřejmé, že hydrotermální úpravou pazdeří dochází k významné dekarboxylaci produktu. Obsah oxidu uhličitého v plynné fázi se pohybuje okolo 70 %. Kolem hodnoty 5 % se pohybuje i obsah oxidu uhelnatého. Třetím významným prvkem, který se majoritně podílí na složení plynné fáze je dusík hodnotami v rozmezí 20-35 %. Samostatně se v plynné fázi vyskytuje i samostatný kyslík.

## ATR

Na zkoumaných vzorcích bylo provedeno i ATR (Attenuated Total Reflection), což je metoda zajišťující pomocí infračerveného záření úplnou odrazivost spektra chemických skupin daného vzorku. Na následujícím obrázku č. 5.1 je vidět infračervené spektrum charakterizovaných skupin látek, které se nacházejí v analyzovaných vzorcích. Na obrázku jsou dobře patrná spektra zobrazující pásmo kmitočtů od 3025 do 3630  $\text{cm}^{-1}$ , které reaguje na OH skupiny a pásmo od 2080 do 3030  $\text{cm}^{-1}$ , je oblast typická pro methylen a methylové skupiny z celulózy, hemicelulózy a ligninu. Pík na 1720  $\text{cm}^{-1}$  byl identifikován jako typická karbonylová skupina. Píky C-O-H okolo kmitočtů 1230  $\text{cm}^{-1}$  potvrzuje existenci skupiny  $\text{CH}_2\text{OH}$  z hexózových jednotek. Okolo hodnot 940  $\text{cm}^{-1}$  pík je patrná souvislost s C-O a C-C skupinami, čímž jsou potvrzeny úseky spojené s glykosidovými vazbami.

Obrázek 5.1 ATR spektrum všech testovaných vzorků



Zdroj: Autor

## 6 Diskuze

Následující kapitola se zabývá hodnocením dosažených výsledků a jejich začlenění do kontextu současné produkce pokročilých biopáliv.

Praktická část této práce je rozdělena do dvou samostatných podčástí, které budou v této kapitole taktéž samostatně okomentovány.

V rámci vlastní pěstitelské části byly ověřovány platné agrotechnické postupy, které primárně vycházely z práce výkumného týmu společnosti Agritec Šumperk, především pak Ing. Marie Bjelkové. PhD., se kterou byly některé konkrétní otázky osobně konzultovány. Během práce byla ověřena schopnost rychlého nárůstu biomasy konopí, kdy, jak uvádějí někteří autoři, je její nárůst z plochy násobně vyšší, než produkce dřevní biomasy (Pargar et al. 2021). Rostliny jsou nejzranitelnější v prvních týdnech vegetace, kdy jsou citlivé především na suché počasí. První týden vegetace byl na srážky chudý, a proto aby se předešlo přílišnému stresu rostlin, bylo přistoupeno k umělé závlaze. Jakmile byl zahájen dlouhivý růst, porost rostl rychlostí i několika desítek centimetrů za týden. Ačkoli literatura uvádí, že konopí je po rozvinutí kořenového systému částečně suchovzdorné (Šnobl et al. 2004), nebylo možné toto tvrzení ověřit, neboť rok 2021 byl oproti předchozím rokům srážkově průměrný a vláhy pro růst bylo v průběhu vegetace dostatek. Během vegetace nedošlo k napadení porostu žádným ze škůdců ani chorob. Na počátku vegetace, před plným zapojením porostu musela být dvakrát po sobě použita plečka pro odstranění vzcházejících plevelných druhů. Po zapojení porostu bylo ale od mechanických zásahů upuštěno, neboť konopí dokázalo velmi efektivně konkurenční rostliny potlačit. Bez plevelů zůstalo pole i několik týdnů po konci vegetace, což odkazuje na studie, které pracují se schopností alelopatie konopí (Pudělko et al. 2014; Synowiec et al. 2016) i na studie Bjelkové (et al. 2017). Vedle již teď velkého množství produktů, které se z konopí vyrábí, se tak nabízí další možné druhotné využití. S budoucím stále větším přesunem k ekologickému zemědělství by, po provedení dalších výzkumů, mohly konopné extrakty sloužit coby botanické herbicidy, potažmo insekticidy (Benellia et al. 2018; Laznik et al. 2020).

Důležitým poznatkem je upozornění na nebezpečí, které hrozí v případě mezerovitého porostu – tedy kompenzační schopnost konopí. Předchozí řešení této problematiky nebylo v odborné literatuře dohledáno. Příliš navětvená rostlina představuje problém pro sklizeň, technologicky znehodnocené je i vlákno na stoncích. Toto upozornění je důležité zejména z hlediska ekonomiky produkce, kdy přílišné navětvení snižuje výnosnost produktu a konečný zisk. Vzhledem k ceně osiva (v době zahájení pokusu činila cena za jeden kilogram cca 140 Kč, v době dokončování této práce, kdy byly vydávány ceníky na nový rok, se cena skokově zvedla zhruba o třetinu, tento trend se ale netýkal pouze osiva konopí, nýbrž všech osiv, stejně jako dalších zemědělských komodit) by se, ale zároveň pěstitelům mohla nabízet myšlenka využití kompenzačních schopností konopí podobně jako u řepky olejné, za účelem úspor financí za (v porovnání s obvyklými zemědělskými komoditami) drahé osivo. Avšak i přes cenu osiv se pěstování konopí jeví jako ekonomicky lukrativní a spolu s dalšími benefity (potrava včel, fytofarmacie a další) může být konopí zajímavou alternativou pro tuzemská pole.

V rámci polního pokusu byly pěstovány 4 odrůdy technického konopí (Fedora 17, Futura 75, KC Dora a Finola). Testování a podrobným analýzám byly kvůli vytíženosti pracoviště podstoupeny jen dvě popisované odrůdy – Fedora 17 a Futura 75. Přestože, nelze hodnotit kvalitativní měřítko dalších dvou odrůd, lze konstatovat, že finská ranná odrůda Finola by pro

palivářské využití nebyla vhodná bez ohledu na kvalitativní parametry, z důvodu velmi nízkého výnosu konopného stonku.

Konopné pazdeří bylo rafinováno metodou hydrotermální úpravy. K této metodě bylo přistoupeno z důvodu její vyšší efektivity, oproti všeobecně známější pyrolýze. Testování pak probíhalo takovým způsobem, aby se dalo rozhodnout o tom, zda má konopná biomasa v kombinaci s použitou metodou potenciál stát se zdrojem pro výrobu pokročilých biopaliv. V literatuře se nepodařilo dohledat žádnou studii, která by se dosud věnovala výrobě biopaliv z technického konopí hydrotermální úpravou. Výsledky byly proto konfrontovány se studiemi, které se věnovaly hydrotermální úpravě ve spojení s lignocelulózovými materiály. Zásadním prvotním ukazatelem byla výtěžnost bio-oleje. Jeho výtěžnost se pohybuje mezi 21–42 %. Podobné hodnoty nacházíme v řadě studií, například Zhu (et al. 2014) nebo Tzanetis (et al. 2017). Při této výtěžnosti a výnosu okolo 9 t pazdeří z jednoho hektaru tak lze z dané plochy při stejných reakčních podmínkách, jaké byly provedeny v této práci, získat 1900–3600 l bio-oleje pro další rafinaci. Je důležité konstatovat, že pokusy nebyly optimalizovány a při stanovení reakčních podmínek se vycházelo ze studie Changa (et al. 2016), který zpracovával biomasu s lignocelulózovým složením blízkým konopné biomase. Rovněž je důležité připomenout, že podle Zhixia (et al. 2020) je pro výtěžnost bio-oleje velmi důležitá teplota a reakční čas hydrotermální úpravy. Stejně jako Akhtar (et al. 2011) či Chang (et al. 2016) uvádí, že při zvyšující se teplotě se zvyšuje potenciál navýšení výtěžnosti bio-oleje, především pokud se jedná o biomasu s vyšším obsahem ligninu. Zhixia (et al. 2020) ale zároveň uvádí, že při příliš vysoké teplotě a dlouhém reakčním čase může výtěžnost opět začít klesat. Optimalizace procesu je proto zásadní. V případě, že by reakční podmínky byly pro konopí optimalizovány, mohla by se výtěžnost bio-oleje potencionálně zvýšit. Přirozeně vyšší výtěžnost bio-oleje mají řasy (více než 40 %), které obsahují nižší procento těžko degradovatelného ligninu a vyšší celulózy (Liang et al. 2017), i přestože se konopné pazdeří řadí z lignocelulózové biomase, dosáhly některé vzorky rovněž až k výtěžnosti 40 %.

Dále byla testována výhřevnost vzniklého bio-oleje. Zjištěná data korespondují s literaturou (např. Zhu et al. 2014; Pospíšil et al. 2012) a pohybují se okolo 30 MJ/kg (HHV), což je výrazně blíže k výhřevnosti ropných paliv, než například k bio-oleji vzniklého pyrolýzou. Výhřevnost suroviny (pazdeří slisovaného do briket) dosahuje 18 MJ/kg (Trnavský 2021; Petříčková Praha). Znamená to tedy, že hydrotermální úprava také zvyšuje energetickou výtěžnost suroviny. To vzájemně koreluje i s potvrzením hydrogenace. Stejně tak Qi (et al. 2021) ve své studii popisují, že hydrotermální úprava ve spojitosti s vhodným katalyzátorem svým synergickým procesem zvyšují HHV a podporuje i dekarboxylaci. To souvisí s obsahem plynné fáze, coby další z frakcí testovaných vzorků. Ve všech analyzovaných vzorcích převládá největší měrou oxid uhličitý, následovaný dusíkem, oxidem uhelnatým, samotným kyslíkem a v malé míře i vodíkem. Tento trend popisuje např. i Grande (et al. 2021). Při porovnání prvkového složení surové biomasy oproti získanému bio-oleji se tak potvrdilo, že hydrotermální úprava dokázala významně snížit obsahy kyslíku i dusíku oproti původní surovině. Vysoké obsahy právě těchto sloučenin v plynné fázi jsou důkazem o efektivity hydrotermální úpravy vůči odstranění daných prvků ze surové biomasy a jejich omezenému přechodu do bio-oleje. Stejně tak infračervené spektrum (ATR) koresponduje s pracemi dalších autorů (Fernandes et al. 2021), kdy dokazuje, že spektra potvrzují přítomnost organických sloučenin ve zkoumaných bioolejích všech testovaných vzorků konopného pazdeří.

V rámci elementární analýzy se přistoupilo i ke stanovení poměru H:C. Všechny naměřené hodnoty se pohybují okolo hodnoty 2 a díky aplikaci hydrotermální úpravy vůči původní surovině vzrostly. Konkrétní poměr je velmi blízký poměru těchto prvků samotné ropy. V porovnání se studií, z níž se vycházelo (Chang et al. 2016) je možné konstatovat, že poměr H:C je v případě konopí výrazně vyšší. Díky zvyšujícímu se obsahu vodíku během procesu hydrotermální úpravy lze tvrdit, že tento proces je i s kombinací použitého katalyzátoru vhodný pro výrobu paliv z konopné biomasy. Podíl vodíku je důležité sledovat proto, že je vnímám jako nosič energie (142 MJ/kg) (Kužel energyglobe.cz). Nakonec byla zkoumána simulovaná destilace, podle níž by výtěžnost ropných produktů z bio-oleje mohla dosahovat 50 jeho hm. %.

Hypotézy:

- Hypotéza 1 „Obě testované odrůdy mají podobný kvalitativní předpoklad pro výrobu pokročilých biopaliv hydrotermální úpravou biomasy.“, je přijata. Na základě provedených analýz totiž nelze konstatovat, že by jedna z odrůd všemi svými testovanými parametry významně převyšovala druhou a jejich předpoklad pro výrobu pokročilých biopaliv pomocí HTU je tedy podobný.

- Hypotéza 2 „V rámci jedné odrůdy neexistuje významný kvalitativní rozdíl pro výrobu biopaliva mezi použitím stonku s vláknem a bez vlákna.“, je přijata. Ani v případě této hypotézy nelze potvrdit jednoznačný trend, který by ukazoval na to, že varianta bez vlákna by všemi svými výsledky převyšovala variantu s vláknem, či naopak.

## 7 Závěr

Tato práce byla dokončována v době, kdy Evropu, a vlastně celý svět, zasáhl vojenský konflikt na Ukrajině. Krom nedozírných důsledků na bezpočet lidských životů, se záhy začaly skloňovat i dopady na energetickou soběstačnost Evropy, potažmo osud celého Green Dealu. Situace zasáhla trh s pohonnými hmotami bezprecedentním způsobem, kdy se jejich ceny na stojanech čerpacích stanic zvyšovaly i několikrát denně a jasně se tak nastavilo zrcadlo evropské závislosti na strategických energetických komoditách jakými jsou ropa a zemní plyn. Ta se sice, především ve vztahu k zemnímu plynu, různí v jednotlivých členských státech EU podle jejich dosavadního energetického mixu, na ropě a jejích produktech (v tomto případě benzínu a naftě) jsme ale závislí všichni stejně. Široké politické spektrum se v této době taky ne zcela shodne na otázce, zda je Green Deal „mrtvý“ nebo „žije dál“. Zatímco jedni poukazují na přílišnou ambicióznost cílů, které se vzhledem k současné situaci zdají být zcela druhotné a pro někoho i nereálné, druzí naopak říkají, že mnohé, právě především energetické, cíle Green Dealu jsou jedinou cestou k energetické soběstačnosti Evropy a měly by, proto být jejím prvořadým cílem.

Tato diplomová práce si na svém počátku dávala za cíl otestovat další z alternativních možností výroby biopaliv, pro postupné naplňování stanovených cílů zeleného údělu. V kontextu nastalých událostí, by ale její výsledky mohly mít významnější smysl a technické konopí, coby energetická plodina, vyšší význam i z pohledu k přechodu k větší národní energetické soběstačnosti. Ukázalo se, že technické konopí ve spojení s hydrotermální úpravou má potenciál pro výrobu pokročilých biopaliv. Z pohledu dalších složek Green Dealu naplňuje jeho pěstování i další environmentální aspekty a pro zemědělské podnikatele přináší příslib ziskovosti. Tato práce je pouhým úvodem do problematiky této produkce, neboť spojením technického konopí s metodou hydrotermální úpravy se předtím žádné pracoviště nezabývalo. Určitě by si však tato kombinace zasloužila další zkoumání, které by na svém konci mohlo vést až k produkci čistého biopaliva z konopného pazdeří, jakožto odpadní biomasy z tradiční rostliny, které má na našem území dlouhou a bohatou historii pěstování.

## 8 Literatura

1. Zákon č. 311/2006 Sb. Zákon o pohonných hmotách a čerpacích stanicích pohonných hmot a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o pohonných hmotách)
2. Petránek J. Geologická encyklopedie – ropa. geology.cz. Dostupné z: <http://www.geology.cz/aplikace/encyklopedie/term.pl?ropa> (Cit. 10.2.2022)
3. Skupina ČEZ 1. 212 - Ropa. [online]. Dostupné z: [https://www.cez.cz/edee/content/file/static/encyklopedie/encyklopedie-energetiky/02/ropa\\_1.html](https://www.cez.cz/edee/content/file/static/encyklopedie/encyklopedie-energetiky/02/ropa_1.html) (Cit. 10.2.2022)
4. ismuni.cz - Dokumentový server Pdf. Informační systém [online]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/do/ped/kat/fyzika/autem/pages/tezba-ropy.html> (Cit. 10.2.2022)
5. Budín J. 2015, 10.srpná. Ropa – vlastnosti, rozdělení a obchodování. oEnergetice.cz - denní zpravodajství z energetiky. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/technologie/ropa-prumysl/ropa-vlastnosti-rozdeleni-a-obchodovani> (Cit. 10.2.2022)
6. Matějovský J., 2004. Automobilová paliva. Grada Publishing, Praha, Česká republika. ISBN 978-80-247-6240-1
7. Sajdl J. Oktanové číslo. autolexicon.net. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/oktanove-cislo/> (Cit. 10.2.2022)
8. ORLEN Unipetrol RPA. Document Moved [online]. Dostupné z: <https://www.unipetrolrpa.cz/CS/NabidkaProduktu/rafinerske-produkty/PohonneHmoty/Benziny/Stranky/BA-95-Natural.aspx> (Cit. 10.2.2022)
9. Sajdl J. Cetanové číslo. autolexicon.net. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/cetanove-cislo/> (Cit. 10.2.2022)
10. EUR LEX. Pařížská dohoda. EUR-Lex. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/content/paris-agreement/paris-agreement.html?locale=cs>
11. Evropská komise 1. Opatření EU v oblasti klimatu a Zelená dohoda pro Evropu. Climate Action. Dostupné z: [https://ec.europa.eu/clima/policies/eu-climate-action\\_cs](https://ec.europa.eu/clima/policies/eu-climate-action_cs) (Cit. 10.2.2022)
12. byznysprospolecnost.cz - Zelená dohoda pro Evropu – výzva i příležitost. 2021. Byznys pro společnost. [online]. Dostupné z: <https://byznysprospolecnost.cz/zelena-dohoda-pro-evropu-vyzva-i-prilezitest/>
13. Vogelpohl T. 2021. Transnational sustainability certification for the bioeconomy? Patterns and discourse coalitions of resistance and alternatives in biomass exporting regions. Energy, Sustainability and Society. <https://doi.org/10.1186/s13705-021-00278-5>
14. Evropská komise 2. 2020 climate & energy package. Climate Action. Dostupné z: [https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020_en) (Cit. 11.2.2022)



15. Evropská komise 3. 2030 Climate Target Plan. Climate Action. Dostupné z: [https://ec.europa.eu/clima/policies/eu-climate-action/2030\\_ctp\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/eu-climate-action/2030_ctp_en) (Cit. 11.2.2022)
16. Evropská komise 4. 2050 long-term strategy. Climate Action. Dostupné z: [https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050_en) (Cit. 11.2.2022)
17. Dohnal R. 2020, 30. listopadu. U nás je zeleno, zašpiní se jinde. Pařížská dohoda ignoruje obří problém. idnes.cz. Dostupné z: [https://www.idnes.cz/technet/veda/emise-co2-vliv-dovozu.A201129\\_072254\\_veda\\_mla](https://www.idnes.cz/technet/veda/emise-co2-vliv-dovozu.A201129_072254_veda_mla)
18. Zákon č. 201/2012 Sb. Zákon o ochraně ovzduší
19. Zákon č. 114/1992 Sb. Zákon České národní rady o ochraně přírody a krajiny
20. Ministerstvo průmyslu a obchodu. 2015. Národní akční plán čisté mobility. NAP CM. Praha
21. Hejl Servis. 2021, 30. května. Šedý, modrý, zelený aneb Není vodík jako vodík - EnviWeb.cz. Dostupné z: <http://www.enviweb.cz/119182> (Cit. 11.2.2022)
22. Harvey S, Chambers A, Overproduction of hydrogen from an anaerobic bacterium. U.S. Army Edgewood Chemical Biological Center. Dostupné z: <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ADA505872.pdf> (Cit. 11.2.2022)
23. Elektromobil - Hybrid.cz. Hybrid.cz - Elektromobily, hybridy, Tesla, Volkswagen, Škoda [online]<http://www.hybrid.cz/slovnicek/elektromobil> (Cit. 11.2.2022)
24. Březinová J. 2019, 15. srpna. 7 problémů, které budou muset elektromobily vyřešit. elektrina.cz. Dostupné z: <https://www.elektrina.cz/problemy-elektromobilu> (Cit. 11.2.2022)
25. Miler P. 2021, 18. července. Osmiletá Tesla se 156 tisíci km ukazuje, jak to dopadá s „ekologičností“ elektromobilů. autoforum.cz. Dostupné z: [https://www.autoforum.cz/zajimavosti/osmilet-tesla-se-156-tisici-najety-mi-km-ukazuje-jak-to-dopada-s-ekologicnosti-elektromobilu/?utm\\_source=www.seznam.cz&utm\\_medium=sekce-z-internetu#dop\\_ab\\_variant=588231&dop\\_source\\_zone\\_name=hpfeed.szhnp.box&dop\\_req\\_id=dgNksi7ZrHZ-202107200732&dop\\_id=12664845](https://www.autoforum.cz/zajimavosti/osmilet-tesla-se-156-tisici-najety-mi-km-ukazuje-jak-to-dopada-s-ekologicnosti-elektromobilu/?utm_source=www.seznam.cz&utm_medium=sekce-z-internetu#dop_ab_variant=588231&dop_source_zone_name=hpfeed.szhnp.box&dop_req_id=dgNksi7ZrHZ-202107200732&dop_id=12664845) (Cit. 11.2.2022)
26. Ministerstvo dopravy. 2020. Koncepce veřejné dopravy 2020-2025 s výhledem do roku 2030, Praha
27. Národní plán obnovy [online]. planobnovy.cz. Dostupné z: <https://www.planobnovy.cz/pilire> (Cit. 11.2.2022)
28. Asociace malých a středních podniků a živnostníků ČR. 2019. Analýza zemědělství. Rok digitálního podnikání
29. Ministerstvo zemědělství. 2012. Akční plán pro biomasu v ČR do roku 2020. APB MZe. Praha. ISBN 978-80-7434-074-1
30. Budňáková M. 2018. Situační a výhledová zpráva – půda. Ministerstvo zemědělství. Praha. ISBN 978-80-7434-476-3

31. Skupina ČEZ 2. Obnovitelné zdroje. cez.cz. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/o-cez/vyrobni-zdroje/obnovitelne-zdroje> (Cit. 11.2.2022)
32. ČTK. 2020, 19. května. Analýza: Rozvoj OZE v ČR si do roku 2030 vyžádá investice přes 300 miliard korun. oEnergetice.cz - denní zpravodajství z energetiky [online]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/energetika-v-cr/analyza-rozvoj-oze-v-cr-si-do-roku-2030-vyzada-investice-pres-300-miliard-korun> (Cit. 11.2.2022)
33. Bechník B. 2009, 15.května. Biomasa – definice a členění. oze.tzb-info.cz. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/biomasa/5641-biomasa-definice-a-cleneni> (Cit. 11.2.2022)
34. Vobořil D. 2017, 6. února. Biomasa – využití, zpracování, výhody a nevýhody, energetické využití v ČR. oenergetice.cz. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/obnovitelne-zdroje-energie/biomasa-vyuziti-zpracovani-vyhody-a-nevyhody> (Cit. 12.2.2022)
35. Gabrielová H. 2007. Nepotravinářské využití zemědělské půdy. Calla – Sdružení pro záchranu prostředí. České Budějovice. Dostupní z: [https://www.calla.cz/data/energetika/ostatni/biomasa\\_infolist.pdf](https://www.calla.cz/data/energetika/ostatni/biomasa_infolist.pdf) (Cit. 12.2.2022)
36. Buřka A, Veverková J. 2020. Podíl obnovitelných zdrojů energie na hrubé konečné spotřebě energie 2010–2019 metodika Eurostat – SHARES, Ministerstvo průmyslu a obchodu. Praha
37. Šnobl J, Štaud J, Vašák J, Zimolka J. 2004. Rostlinná výroba IV. Česká zemědělská univerzita v Praze. ISBN 80-213-1153-3
38. Skála Z, Ochodek T. 2007. Energetické parametry biomasy. Vysoké učení technické v Brně. Brno. Dostupné z: [https://eu.fme.vutbr.cz/userfiles/admin/files/Energeticke\\_parametry\\_biomasy.pdf](https://eu.fme.vutbr.cz/userfiles/admin/files/Energeticke_parametry_biomasy.pdf) (Cit. 12.2.2022)
39. Šedivý P. 2008, 31. prosince. Pěstování energetických plodin na devastovaných půdách. Biom.cz. Dostupné z: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/pestovani-energetickech-plodin-na-devastovanych-pudach> (Cit. 12.2.2022)
40. Strašil Z. 2014. Pěstování a využití energetických plodin jako obnovitelného zdroje energie. Výzkumný ústav rostlinné výroby. Praha.
41. Petříková V. 2018, 4. června. Polní energetické plodiny. tzb-info.cz. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/biomasa/17440-polni-energeticke-plodiny> (Cit. 12.2.2022)
42. Weger J. 2007, 19. července. Energetické plodiny v České republice a v EU. VÚKOZ, v.v.i. Dostupné z: <https://www.vukoz.cz/index.php/energeticke-plodiny/zakladni-popis> (Cit. 12.2.2022)
43. eAGRI. Energetické plodiny (Dotace). 2009. eagri.cz. Dostupné z: <https://eagri.cz/public/web/mze/dotace/dobihajici-a-ukoncene-dotace/energeticke-plodiny/> (Cit. 12.2.2022)
44. Petříčková V. Rostliny pro energetické účely. Česká energetická agentura. Praha. Dostupné z: [https://www.mpo-efekt.cz/dokument/99\\_8089.pdf](https://www.mpo-efekt.cz/dokument/99_8089.pdf) (Cit. 12.2.2022)

45. Patočka J. 2005, 14. srpna. Křídlatka: obtížný plevel, nebo perspektivní surovina?. Vesmír 84, 465, 2005/8
46. Co jsou alternativní paliva. Přestavby a servis LPG, CNG, E85. Dostupné z: <http://www.magicacoustic.cz/wordpress/alternativni-motorova-paliva/co-jsou-alternativni-paliva/> (Cit. 12.2.2022)
47. Preol, a.s. Co jsou biopaliva - Info pro veřejnost. preol.cz. Dostupné z: <https://www.preol.cz/info-pro-verejnost/co-jsou-biopaliva> (Cit. 12.2.2022)
48. Ekoporadna. Co jsou to biopaliva první a druhé generace? Jaký je mezi nimi rozdíl?. ekoporadna.cz. Dostupné z: <https://www.ekoporadny.cz/faq/co-jsou-to-biopaliva-prvni-a-druhe-generace-jaky-je-mezi-nimi-rozdil.htm> (Cit. 12.2.2022)
49. Storch D. 2020, 26. března. Biopaliva nové generace: byznys s budoucností?. eon.cz. Dostupné z: <https://www.byznys-energie.cz/clanek/biopaliva-nove-generace-byznys-s-budoucnosti> (Cit. 12.2.2022)
50. Pospíšil M, Šebor G, Šimáček P, Mužíková Z. 2012. Nové trendy výroby biopaliv a jejich využití v dopravě. Chemické listy 106:953-960. Dostupné z: <http://www.chemicke-listy.cz/ojs3/index.php/chemicke-listy/article/view/837/837>
51. Madej M. 2021, 18. dubna. Biopaliva jako alternativy fosilních zdrojů v těžko elektrifikovatelných sektorech. oenergetice.cz. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/nazory/biopaliva-jako-alternativy-fosilnich-zdroju-tezko-elektrifikovatelnych-sektorech> (Cit. 12.2.2022)
52. Česká televize. 2018, 15. března. Biopaliva nové generace se blíží. Řasy jsou sedmkrát účinnější než etanol z kukuřice. ceskatelevize.cz. Dostupné z: <https://ct24.ceskatelevize.cz/veda/2419870-biopaliva-nove-generace-se-blizi-rasy-jsou-sedmkrat-ucinnejsi-nez-etanol-z-kukurice> (Cit. 12.2.2022)
53. Doležal J. 2012. Biopaliva jako odpověď na změnu klimatu. Glopolis. Praha. Dostupné z: <http://www.stoppalmovemuoleji.cz/posters/biopaliva.pdf>
54. Evropská komise 5. 2016. Renewable Energy – Recast to 2030 (RED II). europa.eu. Dostupné z: [https://joint-research-centre.ec.europa.eu/welcome-jec-website/reference-regulatory-framework/renewable-energy-recast-2030-red-ii\\_en](https://joint-research-centre.ec.europa.eu/welcome-jec-website/reference-regulatory-framework/renewable-energy-recast-2030-red-ii_en) (Cit. 12.2.2022)
55. Doucha Šíkola advokáti s.r.o. 2018, 16. listopadu. Nová směrnice o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů – nová pravidla pro biomasu. Biom.cz. Dostupné z: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/nova-smernice-o-podpore-vyuzivani-energie-z-obnovitelnych-zdroju-nova-pravidla-pro-biomasu> (Cit. 12.2.2022)
56. Taylor K. 2021, 18. června. LEAK: EU's draft renewable energy law meets criticism from industry, NGOs. euractiv.com. Dostupné z: <https://www.euractiv.com/section/energy/news/leak-eus-draft-renewable-energy-law-meets-criticism-from-industry-ngos/> (Cit. 12.2.2022)
57. DEVINN. 2019, 5. srpna. Výroba vodíku. devinn.cz. Dostupné z: <https://www.devinn.cz/blog/vyroba-vodiku/> (Cit. 12.2.2022)

58. Doležal L. 2018, 21. září. Rámec pro rozvoj biopaliv po roce 2020 do roku 2030. Biom.cz Dostupné z <<https://biom.cz/cz/odborne-clanky/ramec-pro-rozvoj-biopaliv-po-roce-2020-do-roku-2030>>.
59. Šťastný J, Hart B. 2018, 29. září. Uhlíková stopa etanolu se neustále snižuje. Biom.cz. Dostupné z: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/uhlikova-stop-a-etanolu-se-neustale-snizuje> (Cit. 12.2.2022)
60. Iscc-system.org. Solutions for sustainable and deforestation free supply chains › ISCC Systém. Dostupné z: <http://www.iscc-system.org/> (Cit. 12.2.2022)
61. Tisková zpráva ČTK. 2021, 14. července. EK chce konec spalovacích motorů a více emisních povolenek nebo čisté energie. Biom.cz. Dostupné z: <https://biom.cz/cz-obnovitelne-zdroje-energie/zpravy-z-tisku/ek-chce-konec-spalovacich-motoru-a-vice-emisnich-povolenek-nebo-ciste-energie> (Cit. 12.2.2022)
62. Kikas T, Tutt M, Raud M, Alaru M, Lauk R, Olt J. 2014. Basis of energy crop selection for biofuel production: Cellulose vs. lignin. *International Journal of Green Energy*, **13**(1):49-54. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/15435075.2014.909359>
63. Hromádko J, Hromádko J, Miler P, Hönig V, Štěrbá P. 2010. Výroba bioetanolu. *Listy cukrovarnické a řepařské* 126, 7-8.
64. Kincl D, Kabelka D, Srbek J. 2021, 26. května. Vliv podsevů v kukuřici z hlediska omezení eroze. *agromanual.cz*. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/technologie/vliv-podsevu-v-kukurici-z-hlediska-omezeni-eroze> (Cit. 12.2.2022)
65. Flowserve SIHI. Výroba bioetanolu. *sterlingsihi.com*. Dostupné z: <https://www.sterlingsihi.com/cms/cz/home/trhy/prumysl/potravinarsky-a-napojovy-prumysl/vyroba-bionafty-a-bioetanolu/vyroba-bioetanolu.html> (Cit. 12.2.2022)
66. Das L, Liu E, Saeed A, Williams DW, Hu H, Li C, Shi J. 2017. Industrial hemp as a potential bioenergy crop in comparison with kenaf, switchgrass and biomass sorghum. *Bioresource technology* **244**:641-649.
67. Ruiz HA, Rodríguez-Jasso MR, Fernandes BD, Vicente AA, Teixeira JA. 2013. Hydrothermal processing, as an alternative for upgrading agriculture residues and marine biomass according to the biorefinery concept: A review; *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Pages 35-51 Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.11.069>
68. Agronomická fakulta Mendelu. Pyrolýzní zpracování biomasy a jiných materiálů. AF Mendelova Univerzita v Brně. Dostupné z: [http://web2.mendelu.cz/af\\_291\\_projekty2/vseo/files/211/17221.pdf](http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/files/211/17221.pdf)
69. Molek T. 2017, 21. února. Pyrolýza - princip, historie a současnost. *onergetice.cz*. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/obnovitelne-zdroje/pyrolyza-princip-historie-a-soucasnost> (Cit. 12.2.2022)

70. Zámostný P, Kurc L. 2011. Vliv podmínek a složení suroviny na pyrolýzu dřevní hmoty. *Chemické listy* **105**:458-466. Dostupné z: [http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2011\\_06\\_458-466.pdf](http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2011_06_458-466.pdf)
71. Peer V, Najser J, Chlond R. 2013. Syntéza kapalných paliv. *Energie z biomasy XIV*, 10.-12. 9. 2013. Lednice.
72. Šimáček P, Kubička D. 2012. Produkty společného hydrokrakování ropné suroviny a produktu fischer tropschovy syntézy. *Chemické listy* **106**:572-578, 8L-05. Dostupné z: [http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2012\\_06\\_572-578.pdf](http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2012_06_572-578.pdf)
73. Kubička D. 2012. Fischer-tropschova syntéza. *Chemické listy* **106**:572-578, 8L-01. Dostupné z: [http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2012\\_06\\_572-578.pdf](http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2012_06_572-578.pdf)
74. Grande L, Pedroarena I, Korili S, Gil A, 2021. Hydrothermal Liquefaction of Biomass as One of the Most Promising Alternatives for the Synthesis of Advanced Liquid Biofuels: A Review. *Materials*, 14(18), p.5286. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/ma14185286>
75. Akhtar J, Aishah N, Amin S. 2011. A review on process conditions for optimum bio-oil yield in hydrothermal liquefaction of biomass. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*
76. Mathanker A, Das S, Pudasainee D, Khan M, Kumar A, Gupta R. 2021. A Review of Hydrothermal Liquefaction of Biomass for Biofuels Production with a Special Focus on the Effect of Process Parameters, Co-Solvents, and Extraction Solvents. *Energies*, 14, 4916. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/en14164916>
77. Goudriaan F, Peferoen D. 1990. Liquid fuels from biomass via a hydrothermal process. *Chemical Engineering Science*, **45**(8):2729-2734. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/0009-2509\(90\)80164-A](https://doi.org/10.1016/0009-2509(90)80164-A)
78. Srokol Z, Bouche A, van Estrik A, Strik R, Maschmeyer T, Peters J. 2004. Hydrothermal upgrading of biomass to biofuel; studies on some monosaccharide model compounds. *Carbohydrate Research*, **339**(10):1717-1726. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.carres.2004.04.018>
79. Bhaskara T, Serab A, Mutob A, Sakatab Y. 2008. Hydrothermal upgrading of wood biomass: Influence of the addition of K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> and cellulose/lignin ratio, *Fuel*. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2007.10.018>
80. Chang Ch, Chena ChP, Yang ChS, Chen YH, Huang M, Chang ChY, Shiec JL, Yuan MH, Chen YH, Yanga ChT. 2016. Conversion of waste bamboo chopsticks to bio-oil via catalytic hydrothermal liquefaction using K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. *Sustainable Environment Research*. <https://doi.org/10.1016/j.serj.2016.08.002>
81. Zhu Y, Bidy M, Jones S, Elliott D, Schmidt A, 2014. Techno-economic analysis of liquid fuel production from woody biomass via hydrothermal liquefaction (HTL) and upgrading-Techno-economic analysis of liquid fuel production from woody biomass via hydrothermal liquefaction (HTL) and upgrading. *Applied Energy*. **129**:384-394. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.03.053>

82. Klouda P. 2016. Moderní analytické metody. nakladatelství Pavko. Ostrava. ISBN 978-80-86369-22-8,
83. HPST, s.r.o. Dvourozměrná plynová chromatografie (GCxGC). hpst.cz. Dostupné z: <https://hpst.cz/plynova-chromatografie/dvourozmerna-plynova-chromatografie-gcxgc#> (Cit. 14.2.2022)
84. Klvaňová L. 2007. Konopí – biomasa pro život. Chrástické ekocentru. Chrástice. ISBN 978-80-254-1149-0
85. Bjelková M, Šmirous P, Vrbová M, Vaculík A. 2017. Komplexní metodika pěstování konopí setého. Agritec Plant Research. Šumperk. ISBN 978-80-87360-55-2
86. Berca V. 2019, 24. července. Historie konopí v Evropě. kopac.cz. Dostupné z: <https://kopac.cz/historie-konopi-v-evrope/> (Cit. 14.2.2022)
87. Magazín o konopí. Historie pěstování konopí v Česku. marijanka.cz. Dostupné z: <http://marijanka.cz/historie-pestovani-konopi-v-cesku/> (Cit. 14.2.2022)
88. Magazín Legalizace. Konopí v české a moravské lidové kultuře. Dostupné z: <https://magazin-legalizace.cz/254-konopi-v-ceske-a-moravske-lidove-kulture/> (Cit. 14.2.2022)
89. Len a tkalcovství. 2003. Pěstování a zpracování lnu na Lomnicku. Brádecký list. 1/2003. Dostupné z: <http://www.2hrady.cz/texty/Br1200301%20-%20Len.pdf> (Cit. 14.2.2022)
90. Novák P. 2011. Encyklopedie nářadí, strojů a pomůcek – Venkovská řemesla. Národní zemědělské muzeum. Praha. Dostupné z: [https://www.nzm.cz/file/18cd8838d6e5b748204d7478c0014f1f/6277/encyklopedie-stroj%C5%AF-n%C3%A1%C5%99ad%C3%AD-a-pom%C5%AFcek\\_venkovsk%C3%A1-%C5%99emesla.pdf](https://www.nzm.cz/file/18cd8838d6e5b748204d7478c0014f1f/6277/encyklopedie-stroj%C5%AF-n%C3%A1%C5%99ad%C3%AD-a-pom%C5%AFcek_venkovsk%C3%A1-%C5%99emesla.pdf)
91. Smolíková K. 2013. Řemesla. Albatros. EAN 9788000033112
92. Šmirous P, Sváčová E, Bjelková M. 2020. Zápisník len a konopí. Svaz lnu a konopí. Agritec Šumperk. ISBN 978-80-87360-65-1
93. Wawro A, Batog J, Gieparda W. 2019. Chemical and Enzymatic Treatment of Hemp Biomass for Bioethanol Production. Applied Sciences **9**:5348. Dostupné z: doi:10.3390/app9245348
94. Pargar F, Talukdar S, Pal K, Zanotti C. 2021. Hemp Waste Valorization as Biofuel and Cement Replacement in Cement and Concrete Production. Waste and Biomass Valorization **12**:913–923. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s12649-020-01051-z>
95. Wylie SE, Ristvey AG, Fiorellino NM. 2020. Fertility management for industrial hemp production: Current knowledge and future research needs. GCB-Bioenergy. Dostupné z: <https://doi-org.infozdroje.czu.cz/10.1111/gcbb.12779>
96. Online Agromanuál 1. Dostupné z: [http://www.agromanual.cz/download/pdf\\_etiketa/e\\_afalon\\_45\\_sc.pdf](http://www.agromanual.cz/download/pdf_etiketa/e_afalon_45_sc.pdf) (Cit. 14.2.2022)

97. Online Agromanuál 2. Dostupné z: [https://www.agromanual.cz/download/pdf\\_etiketa/e\\_targa\\_super\\_5\\_ec.pdf](https://www.agromanual.cz/download/pdf_etiketa/e_targa_super_5_ec.pdf) (Cit. 14.2.2022)
98. Celní správa. Licenční řízení. Dostupné z: <https://www.celnisprava.cz/cz/clo/spolecne-zemedelske-politiky-a-zvlastnich-kompetenci/Documents/technick%C3%A9%20vs%201%C3%A9%C4%8Debn%C3%A9.pdf> (Cit. 14.2.2022)
99. Agritec. 2006. Metodické zásady pro pěstování konopí setého. Biom.cz. Dostupné z: <https://biom.cz/cz/zpravy-z-tisku/metodicke-zasady-pro-pestovani-konopi-seteho> (Cit. 14.2.2022)
100. Jedlička M, 2020, 24. leden. Sklizeň konopí ve velkém obstarává speciální „Konopný Býk“. [agroportal.cz](http://agroportal.cz) Dostupné z: <https://www.agroportal24h.cz/clanky/sklizen-konopi-ve-velkem-obstarava-specialni-konopny-byk> (Cit. 14.2.2022)
101. Bjelková M. 2020. Zápisník len a konopí. Svaz lnu a konopí. Agritec Šumperk. ISBN 978-80-87360-65-1
102. Flicker NR, Poveda K, Grab H. 2020. The Bee Community of *Cannabis sativa* and Corresponding Effects of Landscape Composition. *Environmental Entomology* **49**:197–202. Dostupné z: <https://doi.org/10.1093/ee/nvz141>
103. Agronomická fakulta Mendelu 2. Včelařství - pyl. AF Mendelova Univerzita v Brně. Dostupné z: [http://web2.mendelu.cz/af\\_291\\_projekty2/vseo/print.php?page=2583&typ=html](http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=2583&typ=html) (Cit. 15.2.2022)
104. Oseyko M, Sova N, Lutsenko M, Kalyna V. 2019. Chemical aspects of the composition of industrial hemp seed products. *Food Technology*, Dostupné z: [doi.10.24263/2304-974X-2019-8-3-11](https://doi.org/10.24263/2304-974X-2019-8-3-11)
105. [CelostniMedicina.cz](http://celostnimedicina.cz). 2015, 8. března. Lysin – životně důležitá aminokyselina. Dostupné z: <https://www.celostnimedicina.cz/lysin-zivotne-dulezita-aminokyselina.htm> (Cit. 15.2.2022)
106. Zemědělská fakulta JČU. Vlákno. Dostupné z: <https://www2.zf.jcu.cz/~moudry/databaze/Vlakno.htm>
107. Rana SS, Gupta MK. 2020. Isolation of nanocellulose from hemp (*Cannabis sativa*) fibers by chemo-mechanical method and its characterization. *Polymer Composites* **41**:5257-5268. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/pc.25791>
108. Barta Z, Oliva JM, Ballesteros I, Dienes D, Ballesteros M, Réczey K. 2010. Refining Hemp Hurds into Fermentable Sugars or Ethanol. *Chem. Biochem. Eng. Q.* **24**(3):331–339
109. Zhao J, Xu Y, Wang W, Griffin J, Roozeboom K, Wanga D. 2020. Bioconversion of industrial hemp biomass for bioethanol production: A review. *Fuel*. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.118725>

110. Gandolfi S, Ottolina G, Riva S, Fantoni GP, Patel I. 2013. Complete Chemical Analysis of Carmagnola Hemp Hurds and Structural Features of Its Components. *BioResources* 8(2), 2641-2656.
111. Sipos B, Kreuger E, Svensson SE, Réczey K, Björnsson L. 2010. Steam pretreatment of dry and ensiled industrial hemp for ethanol production. *Biomass and bioenergy* 34: 1721-1731. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2010.07.003>
112. Salami A, Raninen K, Heikkinen J, Tomppo L, Vilppo T, Selenius M, Raatikainen O, Lappalainen R, Vepsäläinen J, 2020. Complementary chemical characterization of distillates obtained from industrial hemp hurds by thermal processing. *Industrial Crops and Products*. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112760>
113. Kreuger E, Sipos B, Zacchi G, Svensson SE, Björnsson L. 2011. Bioconversion of industrial hemp to ethanol and methane: The benefits of steam pretreatment and co-production. *Bioresource Technology* 102:3457-3465. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.10.126>
114. Zemědělská fakulta JČU 2. Bioetanol. Dostupné z: <https://www2.zf.jcu.cz/~moudry/databaze/Bioetanol.htm>
115. Šíroká M. 2005, 14.dubna. Konopí jako alternativa pro zemědělství i průmysl České republiky. *Biom.cz*. Dostupné z: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/konopi-jako-alternativa-pro-zemedelstvi-i-prumysl-ceske-republiky> (Cit. 16.2.2022)
116. Keller NM. 2013. The legalization of industrial hemp and what it could mean for indiana's biofuel industry. *23 Ind. Int'l & Comp. L. Rev.* 555
117. Šíroká M. 2009. Konopí seté – energetická a průmyslová plodina třetího tisíciletí. *Biom.cz*. Dostupné z: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/konopi-sete-energiticka-a-prumyslova-plodina-tretiho-tisicileti> (Cit. 16.2.2022)
118. Musio S, Müssig J, Amaducci S. 2018. Optimizing Hemp Fiber Production for High Performance Composite Applications. *Frontiers Plant Science*. Dostupné t: <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01702>
119. Pedrazzi S, Santunione G, Mustone M, Cannazza G, Citti C, Francia E, Allesina G. 2021. Techno-economic study of a small scale gasifier applied to an indoor hemp farm: From energy savings to biochar effects on productivity. *Energy Conversion and Management*. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2020.113645>
120. Lapka V 1. 2020. Konopné vlákno. *farmalapka.cz*. Dostupné z: <https://www.farmalapka.cz/home/konopne-vlakno/> (Cit. 16.2.2022)
121. Fortenbery R, Bennett M. 2004. Opportunities for Commercial Hemp Production: review of. *Agricultural Economics*; 26:97-117. Dostupné z: DOI: 10.1111/1467-9653.2003.00164.x
122. Hurt L. 2020, 3. srpna. Tomáš Rohal: Konopí je ideální textilní materiál. *magazin-konopi.cz*. Dostupné z: <https://magazin-konopi.cz/tomas-rohal-konopi-je-idealni-textilni-material/>. (Cit. 16.2.2022)



123. mouky.cz. Konopná mouka. online. Dostupná z: <https://www.mouky.cz/mouky/eshop/18-1-KONOPNA-MOUKA> (Cit. 16.2.2022)
124. olejnadrevo.cz. Konopný olej, oleje, na dřevo, rafinovaný, přírodní, z konopí setého. online. Dostupné z: <https://www.olejenadrevo.cz/olejenadrevo/eshop/5-1-Prirodni-oleje-na-drevo/509-2-Konopny-olej> (Cit. 16.2.2022)
125. Vondra N. 2014, 22. července. Jak se konopí využívá ve stavebnictví?. ceskestavby.cz. Dostupné z: <https://www.ceskestavby.cz/clanky/jak-se-konopi-vyuziva-ve-stavebnictvi-23216.html> (Cit. 16.2.2022)
126. Krásný O. 2021, 9. dubna. HempToday: rostlinné maso z konopí a růst konopného trhu. magazin-legalizace.cz. Dostupné z: <https://magazin-legalizace.cz/hemptoday/> (Cit. 17.2.2022)
127. Benellia G, Pavela R, Petrellid R, Cappellacid L, Santinid G, Fiorinie D, Sutf S, Dall'Acquaf S, Canalea A, Maggi F. 2018. The essential oil from industrial hemp (*Cannabis sativa*L.) by-products as an effective tool for insect pest management in organic crops. Food and Environment. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j>
128. Lazník Ž., Košir IJ, Košmelj K. Murovec J, Jagodič A, Trdan S, Kocjan D, Flajšman D. 2020. Effect of *Cannabis sativa* L. root, leaf and inflorescence ethanol extracts on the chemotrophic response of entomopathogenic nematodes. Plant Soil **455**:367–379. Dostupné z: <https://doi-org.infozdroje.czu.cz/10.1007/s11104-020-04693-z>
129. Twibbit. Konopné pazdeří. twibbit – Producent chovatelských potřeb. Dostupné z: <https://twibbit.cz/nase-produkty/podestylky/konopne-pazderi/>
130. Lapka V 2. 2020. Konopné pazdeří. farmalapka.cz. Dostupné z: <https://www.farmalapka.cz/home/konopne-pazderi/> (Cit. 17.2.2022)
131. Jami T, Karade SR, Singh LP. 2019. A review of the properties of hemp concrete for green building applications. Journal of Cleaner Production. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117852>
132. Mikulice K, Hela R. 2016, 18. dubna. Konopný beton jako kompozit s využitím přírodního vlákna. tzb-info.cz. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/beton-malty-omitky/14055-konopny-beton-jako-kompozit-s-vyuzitim-prirodniho-vlakna> (Cit. 17.2.2022)
133. Melisova N. 2021, 12. května. Henry Ford a auto vyrobené z konope. magazin.medbax.cz. Dostupné z: <https://magazin.medbax.cz/henry-ford-a-auto-vyrobene-z-konope/> (Cit. 17.2.2022)
134. Ružovič T. Čištění půd pomocí rostlin. trawa.cz. Dostupné z: [http://fast10.vsb.cz/brownfield/documents/Ruzovic\\_Cisten\\_i\\_pud\\_pomoci\\_rostlin.pdf](http://fast10.vsb.cz/brownfield/documents/Ruzovic_Cisten_i_pud_pomoci_rostlin.pdf) (Cit. 17.2.2022)
135. Vágner M, Pešek B, Malbeck J, Eliášová K, Vondráková Z, Ovesná J, Dvořáková K, Vaněk T. 2011. REGENERACE KONOPÍ SETÉHO (*Cannabis sativa* L.): Variabilita odpovědi v závislosti na endogenních a exogenních faktorech. nusl.cz. Dostupné z: ([http://invenio.nusl.cz/record/387410/files/nusl-387410\\_1.pdf](http://invenio.nusl.cz/record/387410/files/nusl-387410_1.pdf))

136. Salava J. 2013, 21. října. Fytoremediace. gate2biotech.cz. Dostupné z: <http://www.gate2biotech.cz/fytoremediace-1/> (Cit. 17.2.2022)
137. Národní zemědělské muzeum. Konopí seté. nzm.cz. Dostupné z: <https://www.nzm.cz/co-roste-na-poli/konopi-sete> (Cit. 17.2.2022)
138. Hempoint. Globální výhled. hempoint.cz. Dostupné z: <https://hempoint.cz/cs/globalni-vyhled/> (Cit. 18.2.2022)
139. Moravia Hemp. Konopí, inovativní materiál pro budoucnost. Dostupné z: <https://www.moravianhemp.cz/> (Cit. 18.2.2022)
140. Evropská komise 6. ec.europa.eu Dostupné z: [https://ec.europa.eu/czech-republic/news/181011\\_bioekonomika\\_cs](https://ec.europa.eu/czech-republic/news/181011_bioekonomika_cs)
141. Prášková Milerová D, Zedníček P, Jonášová S. 2019. Bioekonomika a cirkulární ekonomika. Cirkulární HUB Praha. Dostupné z: [https://hub.cirkularnicesko.cz/wp-content/uploads/2020/01/11\\_info\\_Bioekonomika\\_a\\_cirkularni\\_ekonomika.pdf](https://hub.cirkularnicesko.cz/wp-content/uploads/2020/01/11_info_Bioekonomika_a_cirkularni_ekonomika.pdf) (Cit. 18.2.2022)
142. Vrba O. 2012, 26. února. EU chce podporou bioekonomiky snižovat závislost na ropě. e15.cz. Dostupné z: <https://www.e15.cz/byznys/prumysl-a-energetika/eu-chce-podporou-bioekonomiky-snizovat-zavislost-na-ropce-746714> (Cit. 18.2.2022)
143. Redakce magazin konopí. Pirátům se podařilo prosadit zvýšení limitu THC na 1 procento!. 2021, 15. září. magazin-konopi.cz. Dostupné z: <https://magazin-konopi.cz/piratum-se-podarilo-prosadit-zvyseni-limitu-thc-na-1-procento/> (Cit. 18.2.2022)
144. Hurt L 2. 2020, 7. září. Marie Bjelková: Výzkum všestranné plodiny. magazi-konopi.cz. Dostupné z: <https://magazin-konopi.cz/marie-bjelkova-vyzkum-vsestranne-plodiny/> (Cit. 18.2.2022)
145. LPIS. Dostupné z: <https://eagri.cz/ssl/app/lpisext/lpis/ng/mapa/> (Cit. 18.2.2022)
146. Záhorka J. 2008. Analýza vývoje cen v zemědělství v širších souvislostech. Agrární komora České republiky. Dostupné z: [http://www.agris.cz/Content/files/main\\_files/82/159884/ZemSouvislosti.pdf](http://www.agris.cz/Content/files/main_files/82/159884/ZemSouvislosti.pdf)
147. Doležal K. 2006, 4. dubna. Mzdy a ceny včera a dnes. mesec.cz. Dostupné z: <https://www.mesec.cz/clanky/mzdy-a-ceny-vcera-a-dnes/> (Cit. 19.2.2022)
148. Český statistický úřad. Průměrné mzdy - 2. čtvrtletí 2021. czso.cz. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/cri/prumerne-mzdy-2-ctvrtleti-2021> (Cit. 19.2.2022)
149. Elektřina - ceny a grafy elektřiny, vývoj ceny elektřiny 1 MWh - od 16.10.1990 do 16.10.2021. Dostupné z: [https://www.kurzy.cz/komodity/cena-elektriny-graf-vyvoje-ceny/?dat\\_field=16.10.1990&dat\\_field2=16.10.2021](https://www.kurzy.cz/komodity/cena-elektriny-graf-vyvoje-ceny/?dat_field=16.10.1990&dat_field2=16.10.2021) (Cit. 19.2.2022)
150. SZIF. 2020. Zpráva o trhu obilovin, olejnin a krmiv. Státní zemědělský a intervenční fond. Dostupné z: [https://www.szif.cz/cs/CmDocument?rid=%2Fapa\\_anon%2Fcs%2Fzpravy%2Ftis%2Fzpravy\\_o\\_trhu%2F05%2F1610970041267.pdf](https://www.szif.cz/cs/CmDocument?rid=%2Fapa_anon%2Fcs%2Fzpravy%2Ftis%2Fzpravy_o_trhu%2F05%2F1610970041267.pdf) (Cit. 19.2.2022)

151. SZIF 2. Přímé platby. Státní zemědělský a intervenční fond. Dostupné z: <https://www.szif.cz/cs/prime-platby> (Cit. 19.2.2022)
152. Synowiec A, Rys M, Bocianowski J, Wielgusz K, Byczyńska M, Heller K. 2016. Phytotoxic Effect of Fiber Hemp Essential Oil on Germination of Some Weeds and Crops. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/0972060X.2015.1137236>
153. Pudełko K, Majchrzak L, Narożna D. 2014. Allelopathic effect of fibre hemp (*Cannabis sativa* L.) on monocot and dicot plant species. *Industrial Crops and Products*. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.02.028>
154. Advanced Motor Fuels. [iea.amf.org](http://iea.amf.org). Dostupné z: [https://www.iea-amf.org/content/fuel\\_information/diesel\\_gasoline](https://www.iea-amf.org/content/fuel_information/diesel_gasoline) (Cit. 20.2.2022)
155. Kolektiv autorů VŠCHT Praha. Návodů na laboratorní práce Ústavu technologie ropy a alternativních paliv. Ústav technologie ropy a alternativních paliv. VŠCHT Praha
156. Lei Y, Guangqian L, Guijin H, Yongsheng G, Li X, Wenjun F. 2015. Impacts of hydrogen to carbon ratio (H/C) on fundamental properties and supercritical cracking performance of hydrocarbon fuel. *Chemical Engineering Journal*. Dostupné z: DOI:10.1016/j.cej.2015.08.081
157. Kužel M. Vodík jako budoucnost. [energyglobe.cz](http://energyglobe.cz). Dostupné z: <https://www.energyglobe.cz/temata-a-novinky/po-elektrokolech-a-elektromobilech-prichazi-elektrosurf> (Cit. 12.3.2022)
158. Blažek J, Rábl V. 2006. Základy zpracování a využití ropy. VŠCHT Praha. ISBN 80-7080-619-2
159. Bilgen S, Keles S, Kaygusuz K. 2012. Calculation of higher and lower heating values and chemical exergy values of liquid products obtained from pyrolysis of hazelnut cupulae. *Energy*. doi:10.1016/j.energy.2012.03.001
160. Trnavský J. 2021. Len a konopí také pro vytápění a stavbu. *Energie 21*. Dostupné z: <https://energie21.cz/len-a-konopi-pro-vytapeni-i-stavbu/> (Cit. 13.3.2022)
161. Zhixia H, Wang B, Zhang B, Feng H, Sabariswaran K. 2020. Synergistic effect of hydrothermal Co-liquefaction of *Spirulina platensis* and Lignin: Optimization of operating parameters by response surface methodology. *Energy*. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.117550>
162. Qi R, Xu Z, Zhou Y, Zhang D, Sun Z, Chen W, Xiong M. 2021. Clean solid fuel produced from cotton textiles waste through hydrothermal carbonization with FeCl<sub>3</sub>: Upgrading the fuel quality and combustion characteristics. *Energy*. Dostupné z: DOI10.1016/j.energy.2020.118926
163. Fernandes F, Matos S, Gaspar D, Silvia L, Paulo I, Vieira S, Pinto PCR, Santos RG. 2021. Boosting the Higher Heating Value of *Eucalyptus globulus* via Thermochemical Liquefaction. *Sustainability* 2021, **13**:3717. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/su13073717>

164. Liang S, Wei L, Passero M, Feris K, McDonald A. 2017. Hydrothermal liquefaction of laboratory cultivated and commercial algal biomass into crude bio-oil. *Sustainable energy*. **36**:781-787. Dostupné z: DOI10.1002/ep.12629
165. Tzaneis KF, Posada JA, Ramirez A. 2017. Analysis of biomass hydrothermal liquefaction and biocrude-oil upgrading for renewable jet fuel production: The impact of reaction conditions on production costs and GHG emissions performance. *Renewable Energy*. **113**:1388-1398. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.06.104>

