



Fakulta zemědělská  
a technologická  
Faculty of Agriculture  
and Technology

Jihočeská univerzita  
v Českých Budějovicích  
University of South Bohemia  
in České Budějovice

# **JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH FAKULTA ZEMĚDĚLSKÁ A TECHNOLOGICKÁ**

Katedra techniky a kybernetiky

## **Bakalářská práce**

Alternativní paliva v dopravě

Autor práce: Jakub Kryšpín

Vedoucí práce: Ing. Ondřej Tupý, DiS.

České Budějovice  
2023

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem autorem této kvalifikační práce a že jsem ji vypracoval(a) pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Českých Budějovicích dne .....

.....

Jakub Kryšpín

## **Abstrakt**

Bakalářská práce je zaměřena na problematiku alternativních paliv. Na úvod práce je stručně vysvětleno co to alternativní paliva jsou. Dále se zaměřím na rozdělení jednotlivých paliv a jejich popsání. V práci se pokusím zhodnotit paliva podle toho jakou mají budoucnost. V neposlední řadě jsem ve stručnosti popsal využití alternativních paliv v dopravě.

**Klíčová slova:** vodík; zemní plyn; LPG; bionafta; biomethanol; bioethanol; esterifikace; palivové články

## **Abstract**

The bachelor thesis is focused on the issue of alternative fuels. At the beginning of the work, it is briefly explained what alternative fuels are. Next, I will focus on the distribution of individual fuels and their description. At work I will try to evaluate fuels according to their future. Last but not least, I briefly described the use of alternative fuels in transport.

**Keywords:** hydrogen; natural gas; LPG; biodiesel; biomethanol; bioethanol; esterification; fuel cells

## **Poděkování**

Chtěl bych poděkovat mému vedoucímu práce Panu Ing. Ondřeji Tupému, DiS. za užitečné rady při práci s overleafem a za konzultace při hotovení mé práce.

# Obsah

<b>Úvod</b>	<b>8</b>
<b>Metodika a cíl práce</b>	<b>9</b>
<b>1 Proč používat alternativní paliva</b>	<b>11</b>
1.1 Zásoby ropy . . . . .	11
1.2 Znečišťování ovzduší . . . . .	11
1.3 Škodlivé látky a jejich vliv na životní prostředí a zdraví člověka . . . . .	12
<b>2 Historie alternativních paliv</b>	<b>13</b>
2.1 Svítiplyn . . . . .	13
2.2 Dřevoplyn . . . . .	14
2.3 Metan a propan butan . . . . .	14
2.3.1 Propan butan . . . . .	15
2.3.2 Metan . . . . .	15
<b>3 Druhy alternativních paliv</b>	<b>17</b>
3.1 Vodík . . . . .	17
3.1.1 Získávání vodíku . . . . .	17
3.1.2 Palivové články . . . . .	19
3.1.3 Alkalické palivové články . . . . .	19
3.1.4 Články s polymerním elektrolytem . . . . .	20
3.1.5 Články s kyselinou fosforečnou . . . . .	21
3.1.6 Skladování vodíku . . . . .	22
3.1.7 Bezpečnost používání vodíku . . . . .	22
3.1.8 Výhody a nevýhody vodíku . . . . .	23
3.2 Zemní plyn . . . . .	23
3.2.1 Zemní plyn jako palivo pro dopravní prostředky . . . . .	24
3.2.2 Ekologie . . . . .	24
3.2.3 Historie těžby zemního plynu . . . . .	24
3.2.4 Těžba zemního plynu . . . . .	24
3.2.5 Úprava zemního plynu . . . . .	25
3.2.6 Přeprava zemního plynu . . . . .	26
3.2.7 Výhody a nevýhody zemního plynu . . . . .	26
3.3 Ropný plyn . . . . .	27
3.3.1 Vlastnosti LPG . . . . .	27
3.3.2 Rozdíl mezi propan-butanem a LPG . . . . .	27

---

3.3.3	Výroba LPG . . . . .	28
3.3.4	Přeprava LPG . . . . .	29
3.3.5	Distribuce LPG . . . . .	29
3.3.6	Přestavba na LPG . . . . .	30
3.3.7	Výhody a nevýhody LPG . . . . .	31
3.4	Elektrická energie . . . . .	31
3.4.1	Zdroj elektrické energie . . . . .	31
3.4.2	Jízdní dosah elektromobilů . . . . .	32
3.4.3	Spotřeba elektrické energie . . . . .	32
3.4.4	Typy nabíjení . . . . .	33
3.4.5	Ekologie . . . . .	34
3.4.6	Zvýhodnění elektromobilů v ČR . . . . .	35
3.4.7	Výhody a nevýhody elektromobilů . . . . .	36
3.5	Bionafta . . . . .	37
3.5.1	Výroba bionafty . . . . .	37
3.5.2	Esterifikace rostlinných olejů . . . . .	37
3.5.3	Označení bionafty . . . . .	38
3.5.4	Proč zvolit bionaftu . . . . .	38
3.5.5	Proč bionaftu nezvolit . . . . .	38
3.6	Bioethanol . . . . .	39
3.6.1	Vlastnosti bioetanolu . . . . .	39
3.6.2	Výroba bioetanolu . . . . .	39
3.6.3	Vliv Etanolu E85 na výkon . . . . .	40
3.6.4	Může běžný automobil jezdit bez úpravy na Etanol E85? . . . . .	40
3.6.5	Princip přestavby na E85 . . . . .	41
3.6.6	Vliv Etanol E85 na spotřebu . . . . .	41
3.6.7	Výhody a nevýhody Etanolu E85 . . . . .	41
3.7	Biomethanol . . . . .	42
3.7.1	Vlastnosti biometanolu . . . . .	42
3.7.2	Výroba biometanolu . . . . .	42
3.7.3	výhody a nevýhody biometanolu . . . . .	43
3.8	Bioplyn . . . . .	43
3.8.1	Výroba bioplynu . . . . .	43
3.8.2	Fyzikální a chemické vlastnosti bioplynu . . . . .	44
3.8.3	Složení bioplynu . . . . .	45
3.8.4	Bioplyn určen pro pohon dopravních prostředků . . . . .	45
3.8.5	Výhody a nevýhody bioplynu . . . . .	45
<b>4</b>	<b>Alternativní paliva v letecké dopravě</b>	<b>47</b>
4.1	Rozdělení alternativních paliv v letecké dopravě . . . . .	47
4.1.1	syntetická paliva . . . . .	47
4.1.2	Obnovitelná alternativní letecká paliva . . . . .	48
4.1.3	Nemísitelná paliva . . . . .	48
4.2	Shrnutí alternativních paliv v letecké dopravě . . . . .	48

---

<b>5</b>	<b>Která alternativní paliva mají budoucnost a která zase ne?</b>	<b>50</b>
5.1	Budoucnost elektromobility . . . . .	50
5.2	Budoucnost vodíku . . . . .	50
5.3	Budoucnost biopaliv . . . . .	51
	<b>Diskuse</b>	<b>52</b>
	<b>Závěr</b>	<b>54</b>
	<b>Seznam použitých zdrojů</b>	<b>55</b>
	<b>Seznam obrázků</b>	<b>60</b>
	<b>Seznam tabulek</b>	<b>61</b>

---

# Úvod

Už desítky let používá lidstvo k dopravě automobily, nákladní vozy, autobusy atd. Všechny tyto dopravní prostředky mají společnou jednu základní věc, kterou je palivo. V dnešní době je jako palivo pro dopravní prostředky nejvíce využívána nafta nebo benzín. S narůstajícím počtem dopravních prostředků stoupá i množství negativních faktorů, který mají dopad na životní prostředí. Dalším problémem používání fosilních paliv jsou zmenšující se zásoby ropy. Z těchto důvodů je třeba zvážit využívání alternativních paliv.

Alternativní paliva v dopravě jsou stále více diskutovaným tématem v současném světě, kde se zvyšuje povědomí o vlivu emisí na životní prostředí a klimatickou změnu. Hledání nových a udržitelných zdrojů energie se stává prioritou v rámci řešení globálního energetického a environmentálního problému. Tato bakalářská práce se zaměřuje na problematiku alternativních paliv v dopravě a hodnotí jejich výhody a nevýhody v porovnání s klasickými fosilními palivy.

Cílem této práce je představit různé druhy alternativních paliv, jejich technologické využití a možnosti implementace do dopravní infrastruktury v současné době. Práce také zkoumá hospodářské a environmentální důsledky používání alternativních paliv v dopravě a poskytuje doporučení pro budoucí vývoj v této oblasti.

Alternativní paliva v dopravě jsou paliva, která se používají jako alternativa k tradičním fosilním palivům jako benzín a nafta. V rámci práce jsou rozebírána nejnovější technologická řešení alternativních paliv v dopravě, jako jsou například elektrická vozidla, vodíkové palivové články nebo biopaliva. Kromě toho jsou také diskutovány otázky infrastruktury, jako jsou nabíjecí stanice, vodíkové tankovací stanice a další, a to jak z hlediska technického, tak finančního a ekonomického. Tato paliva mají nižší nebo žádné emise škodlivých látek a mohou pomoci snížit emise skleníkových plynů a zlepšit kvalitu ovzduší.

V rámci práce jsou dále zkoumány hospodářské a environmentální důsledky používání alternativních paliv v dopravě. Tyto důsledky jsou srovnávány s používáním klasických fosilních paliv, jako jsou benzín a nafta, a zohledňují se faktory jako náklady na výrobu a distribuci paliv, spotřebu energie, emise skleníkových plynů a další.

Vzhledem k tomu, jak je v dnešní době rozšířená doprava ve všech směrech, tak má obrovský dopad na životní prostředí. Tudíž je třeba brát ohled nejen na to, jaký vliv bude mít výroba veškerých paliv, ale i jejich používání na životní prostředí. Díky alternativním palivům můžeme omezit tvorbu znečišťujících látek jako je oxid uhelnatý, pevné částice, oxid uhličitý, uhlovodíky a tvorbu skleníkových plynů a taky díky alternativním palivům můžeme snížit závislost na fosilních palivech.



---

# Cíl práce a metodika

Problematika alternativní paliv je čím dál více probíraným tématem a není se čemu divit. Zásoby ropy nejsou nekonečné a vliv fosilních paliv na životní prostředí je značný. Cílem mé bakalářské práce je objasnit problematiku alternativních paliv v dopravě. To znamená, že by tato práce měla pomoc pochopit co to vůbec alternativní paliva jsou, z čeho se skládají a vyrábějí, jejich vlastnosti a jejich rozdělení.

Dalším cílem této práce by mělo být zamyšlení se nad tím, proč bychom měli zvážit využívání alternativních paliv, jaké jsou výhody a nevýhody jednotlivých paliv, a které má největší perspektivu v budoucnosti.

A asi posledním cílem této práce je, aby jsme se zamysleli nad tím jaký dopad to bude mít na životní prostředí, ekonomiku a další faktory, pokud alternativní paliva začneme používat či nikoliv.

Pro zhotovení mé bakalářské práce bude postup následující. Jako první si o dané problematice nastuduji a ověřím informace jako jsou na příklady jednotlivé druhy paliv, jejich význam, jejich základní vlastnosti atd.

Má bakalářská práce je rozdělena do pěti základních kapitol, které jsou následně ještě rozděleny do dalších podkapitol. Názvy základních kapitol jsou Proč používat alternativní paliva?, Historie alternativních paliv, Druhy alternativních paliv, Alternativní paliva v letecké dopravě, Která alternativní paliva mají budoucnost a která zase ne?.

Na úvod práce jsem ve stručnosti shrnul a napsal co to alternativní paliva vůbec jsou, k čemu slouží, které aspekty se zkoumají a na co vše mohou mít dopad.

První kapitolou je zdůvodnění proč bychom měli alternativní paliva vůbec začít používat. V této kapitole se budu zabývat zásobami ropy, vlivem fosilních paliv na ovzduší a škodlivými látkami.

Druhou kapitolou je pohled na to jaká paliva se používala v historii. V této kapitole jsem ve stručnosti popsal svítiplyn, dřevoplyn, metan a propan butan.

Ve třetí kapitole jsem popsal nejběžnější alternativní paliva jaká se dnes dají používat. Konkrétně se jedná o vodík, zemní plyn, ropný plyn, elektrická energie, bionafta, bioethanol, biomethanol a bioplyn. U každého z těchto paliv jsem vysvětlil jak se získávají, z čeho se skládají a jaké jsou jeho výhody a nevýhody.

V další kapitole jsem ve stručnosti objasnil problematiku alternativních paliv v letecké dopravě. Napsal jsem, jaká alternativní paliva se v letecké dopravě využívají a jak se rozdělují.

V páté kapitole jsem zhodnotil tři různá alternativní paliva, podle toho, jakou mají budoucnost. Konkrétně budoucnost elektromobility, vodíku a biopliv.

V diskusi jsem se zabýval dvěma tématy. Jedním bylo zhodnocení dosavadního vývoje současné situace v oblasti alternativních paliv v dopravě a na formulaci doporučení pro

budoucí vývoj v této oblasti a druhým tématem bylo zvážení přínosů, pokud by Česká republika začala využívat více alternativní paliva

Na závěr jsem shrnul jakými tématy jsem se v práci zabýval, jakými faktory by využívání alternativních paliv mohlo být ovlivněno a jaké palivo se zdá jako nejvhodnější alternativou.

---

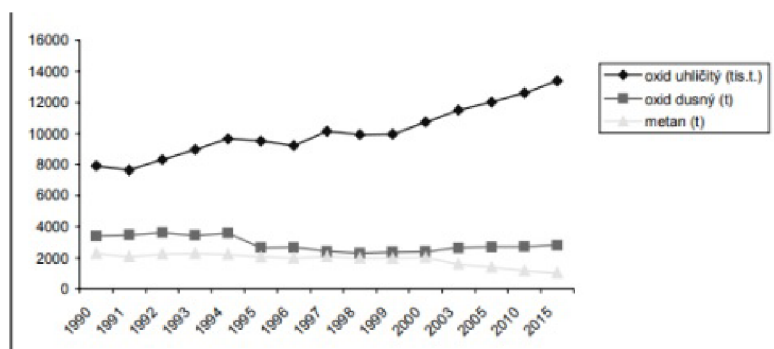
# 1 Proč používat alternativní paliva

## 1.1 Zásoby ropy

Narůstající počet vozidel má vliv na několik zásadních aspektů. Jedním z nich je zásoba ropy. Sice v dnešní době máme poměrně dost vyspělé technologie, které se dají poměrně dobře využít na mapování ložisek, ale i přes to se dají zásoby ropy určit velice těžko. Jsou země, které své zásoby úmyslně nesdělují kvůli strategickému postavení na trhu. A pořád je relativně dost možné že jsou ložiska, která ještě stále nebyla nalezená. Nicméně jsou zde nějaké odhady kolik zásob ještě přibližně máme. Odhaduje se, že nám ještě zbývá 1,6 biliónů barelů ropy, přičemž se odhaduje, že přibližná denní spotřeba na celém světě je 100 miliónů barelů. S těmito údaji se dá logicky vypočítat, že nám zásoby ropy vydrží přibližně 45 let. Sice je možné že se v budoucnu najdou nějaká naleziště, ale spoléhat se na to nemůžeme a je jasná že tyto zásoby nejsou nekonečné (egia.gov, 2020).

## 1.2 Znečišťování ovzduší

Dalším důvodem, proč bychom se měli zabývat otázkou proč používat alternativní paliva, je vliv na ovzduší. Při spalování konvenčních paliv dochází k vytváření škodlivých plynů. Momentálně se nejvíc dbá na omezení tvorby CO<sub>2</sub>, protože je momentálně nejobávanějším plynem, který hojně vzniká při spalování fosilních paliv a jeho koncentrace v ovzduší neustále roste (1.1). Obávaným je z důvodu, že se podílí na tvorbě skleníkového efektu, kvůli kterému dochází oteplování zemské atmosféry. Až 30 procent vzniklého oxidu uhličitého má za následek doprava a až 70 procent ho vzniká přímo v silniční dopravě (Dubanský, 2020).



Obrázek 1.1: Vývoj emisí, (Adamec a Dufek, 2015)

### **1.3 Škodlivé látky a jejich vliv na životní prostředí a zdraví člověka**

- oxid uhelnatý – zabraňuje přenosu kyslíku v krvi
- oxid dusíku – negativní vliv na zdraví dýchacích cest, i při poměrně nízké koncentraci mají za následek pocit dušení
- Uhlovodíky – v lepším případě podráždí jen sliznici nebo oči, ale jsou i skupiny které jsou karcinogenní
- oxid uhličitý – zásadní vliv při tvorbě skleníkového efektu, což má za následek globální oteplování
- oxid siřičitý – násobí účinky ostatních plynů ve směsi
- přízemní ozón – zabraňuje plicím fungovat, tak jak by měli
- polycyklické aromatické uhlovodíky – mohou způsobovat rakovinu
- aldehydy – mohou mít za následek poruchy dýchání nebo mohou způsobovat chronické onemocnění jako je například astma, dle mohou způsobit kožní onemocnění nebo přispívat na tvorbu rakoviny či leukémie
- pevné částice – jedná se o velice malé částice, které dokáže unášet vítr, tyto částice mají negativní vliv na zdravotní stav člověka, nebo mají přímý vliv na děje které se dějí v atmosféře, jako je například tvorba vodních srážek či změna teplotní bilance na Zemi (Hluk.eps.cz, 2008)

Velké národní organizace jako je například také Škoda Auto a. s. a velké světové velmoci mají za svůj cíl koncentraci oxidu uhličitého, vzniklého kvůli silniční dopravě, snížit nebo úplně zastavit. Z toho vyplývají různá legislativní opatření a snaží se najít nějaká alternativní cesta, kterou by se toho docílilo. To má za následek vývoj alternativních paliv, které s v této práci blíže představíme (Hluk.eps.cz, 2008).

---

## 2 Historie alternativních paliv

### 2.1 Svítiplyn

současnosti bychom asi těžko hledali dopravní prostředek, který by byl poháněn svítiplymem. Ale první zážehové motory byly poháněné právě tímto plynem. První výbušný plynový motor byl sestrojen v rozmezí mezi rokem 1859 a 1860. Tento motor sestrojil Étienne Lenoir, který si jej nechal i patentovat. Jako první zkonstruoval v roce 1863 plynový automobil a po třech letech na to zkonstruoval první člun poháněný plynem (LPG-cng.ochranamotoru.cz, 2009).

Svítiplyn jako palivo pro automobily, měl největší význam ve 30. a 40. letech 20. století. Byl využíván jak stlačený, tak i nestlačený. Během první světové války měli Britové problémy s nedostatkem benzínu, tak se rozhodli na vozidla připevňovat gumové balóny, které naplnili svítiplymem. Zážehový motor je prakticky motor na plyn, protože zážehový plyn je poháněn výparry z benzínu (LPG-cng.ochranamotoru.cz, 2009).

V kompresní stanici (2.1) docházelo k přípravě svítiplynu před použitím. V této stanici byl plyn nasán do kompresoru přes plynoměr a stlačen na 350 atmosfér a pak byl dopraven do staničních zásobníkových lahví. Následně byl dopraven do zásobníkových lahví jednotlivých automobilů za pomoci potrubí a tankových sloupů tankovacích stanic pod provozním tlakem 20 atmosfér (LPG-cng.ochranamotoru.cz, 2009).



Obrázek 2.1: Plnicí stanice na svítiplyn, (LPG-cng.ochranamotoru.cz, 2009)

Automobil, který byl poháněn svítiplynem musel být vybaven navíc spojovacím potrubím s armaturami, reduktorem a směšovačem, jinak byl zážehový motor ponechán ve stejném stavu jako pro benzin (LPG-cng.ochranamotoru.cz, 2009).

Ještě krátce po druhé světové válce byly automobily na svítiplyn (2.2) běžně vidět, ale časem jak se vyvíjelo hospodářství, byl nahrazen benzínem a naftou a kvůli tomu se přestal používat i dřevoplyn (LPG-cng.ochranamotoru.cz, 2009).



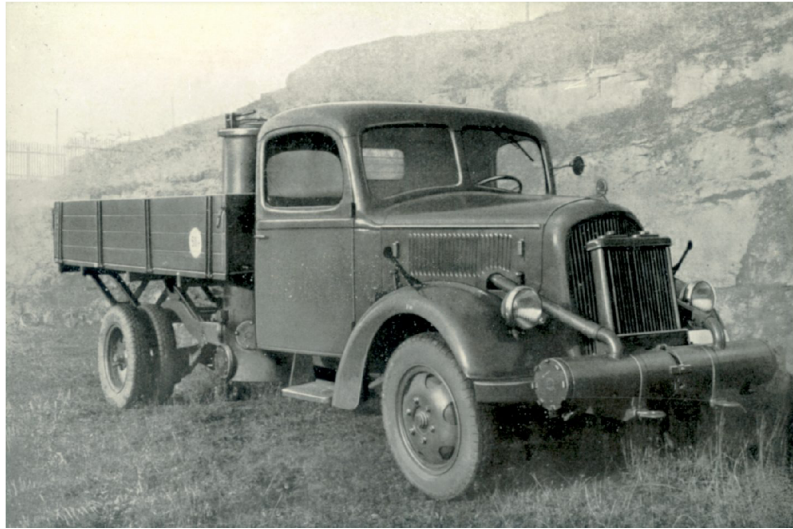
**Obrázek 2.2:** *Automobil poháněn svítiplynem, (LPG-cng.ochranamotoru.cz, 2009)*

## **2.2 Dřevoplyn**

Využívání alternativních paliv není nic nového. Již v první polovině 20. století se jako pohonné palivo používal dřevoplyn. Dřevoplyn byl výjimečně používán už během první světové války kdy se začali používat tanky a jiná bojová vozidla, ale největší rozmach dřevoplyn zažil během druhé světové války, kdy byla nafta a benzin velice nedostatkové zboží. V té době se i automobilka Škoda rozhodla pro výrobu některých nákladních (2.3) nebo Škoda 506. Ovšem na sériovou výrobu osobních automobilů nikdy nedošlo, zůstali pouze u prototypů, protože pro osobní automobily se tento typ pohánění příliš nehodil z důvodu velkého agregátu, který plyn vytvářel (Bureš, 2017).

## **2.3 Metan a propan butan**

V porovnání s dřevoplynem nebo se svítiplynem má metan a propan butan využití v dopravě i v dnešní době. Největší rozkvět pro svítiplyn a dřevoplyn byl někdy před 70–80 lety, ale dále už pak příliš atraktivní nebyly. Na rozdíl metan a propan butan příliš úspěchu v té době nesklidil, ale v posledních letech se stává čím dál více oblíbeným. Metan se vyrábí v podobě CNG nebo bioplynu a propan butan jako LPG (LPG-cng.ochranamotoru.cz, 2010).



**Obrázek 2.3:** Škoda 256 poháněná dřevoplynem, (Skoda-storyboard.com, 2019)

### **2.3.1 Propan butan**

Dříve se nazýval zkapalněný ropný plyn. Nejvíce se využíval během meziválečné hospodářské krize, kdy se rozvíjeli i ostatní alternativní paliva. První, kdo začal používat propan butan jako palivo pro motorová vozidla bylo USA (LPG-cng.ochranamotoru.cz, 2010).

Leunawerke byla společnost na území Německa, která ve třicátých letech vlastnila známou propanbutanovou směs a distribuovala ji v síti Leunagas. Často se může stát, že tuto směs najdeme pod názvem kapalný plyn nebo Leuna-propan. I když nejčastěji se jednalo o směs propanu a butanu, tak mohla být směs i z jiných plynů. Směs těchto plynů se dá použít jak u vznětových, tak i zážehových motorů (LPG-cng.ochranamotoru.cz, 2010).

V meziválečném období se na našem území toto palivo vůbec nepoužívalo, jelikož na jeho distribuci byl potřeba velice složitý systém a také zásoba ocelových lahví, což také vedlo k tomu, že jeho využívání bylo značně omezeno. U nás se toto palivo stalo populárním až o několik dekád později, kdy se dostalo i do ostatních zemí (LPG-cng.ochranamotoru.cz, 2010).

### **2.3.2 Metan**

Během meziválečné doby na tom byl metan v porovnání s propan-butanem přece jen o něco lépe. Metan byl získáván ze zemního plynu. Metan byl podobně jako svítiplyn distribuován v ocelových lahvích, do kterých se stlačil na 200 atmosfér, ale měl oproti němu dvě výhody, a to že byl výhřevnější a jako palivo do automobilů byl výkonnější. I přes tyto výhody neměl metan tak dobře rozvinutou distribuční síť jako svítiplyn, a tudíž byl svítiplyn i nadále upřednostňován (LPG-cng.ochranamotoru.cz, 2010).

Na území Československa byli prvními výrobci metanu továrny na dusík, které měli sídlo v Ostravě. Jejich metanový plyn dosahoval skoro stejně vysoké výhřevnosti a jako lihovbenzinová směs, která byla v té době velice oblíbená (LPG-cng.ochranamotoru.cz, 2010).

Protože o plyn metan jako o palivo byl veliký zájem, tak dusíkárný zavedly pojízdné metanové stanice. Díky těmto stanicím se stal metan mnohem dostupnější. Tankovací stanice se skládaly z šestimetrových lahví, které měly až 400 litrů. Obvykle jich bylo 5 až

7. Do láhví byl stlačen metan na 330 atmosfér. Taková stanice mohla tankovat dva vozy najednou, díky tomu, že lahve byly zakončeny dvěma plnicími ventily. Metan se tankoval do tlakových láhví stejně jako svítiplyn a jelikož auta která byla poháněna metanem byli často poháněna i svítiplynem nebylo potřeba žádných úprav (LPG-cng.ochranamotoru.cz, 2010).

Metan jako palivo pro dopravní prostředky zažívá v posledních letech poměrně velký rozkvět, protože primární složkou zemního plynu, který se dnes prodává pod zkratkou CNG nebo pod názvem bioplyn (LPG-cng.ochranamotoru.cz, 2010).



---

## 3 Druhy alternativních paliv

### 3.1 Vodík

Vodík by mohl být v budoucnosti velice perspektivním palivem. Jednou z jeho hlavních předností je, že má nulové emise, což je v dnešní době velice žádoucí. Ale má i svou špatnou stránku, a to že je prozatím finančně poměrně náročný a také není ještě natolik rozvinutá síť s čerpacími stanicemi, kde by se dal vodík tankovat. Díky výkonosti vodíku, která je  $33\text{kWh} \cdot \text{kg}^{-1}$ , se stává silným konkurentem elektrickým bateriím (Sikora, 2021).

#### 3.1.1 Získávání vodíku

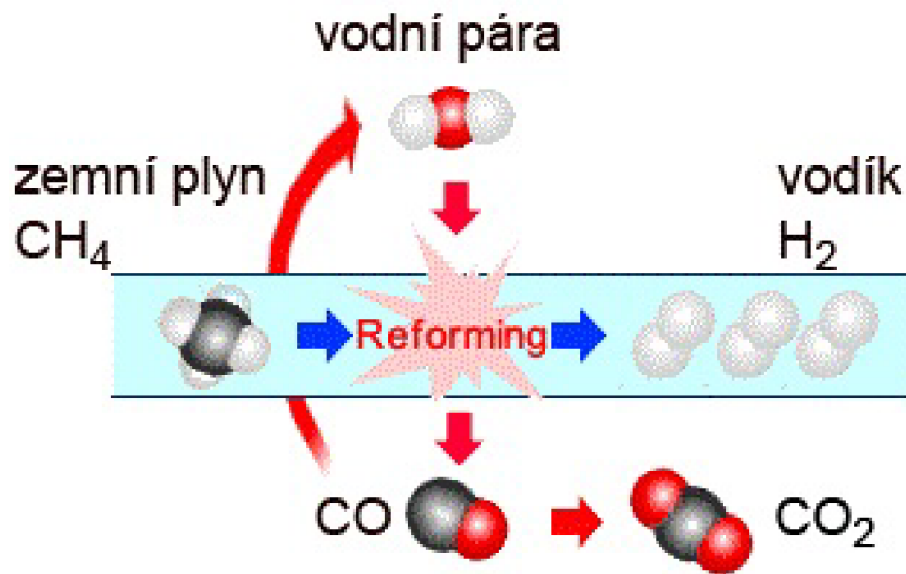
Protože se čistý molekulární vodík, který by šel jako palivo používat běžně v přírodě nevyskytuje, tak ho musíme získávat z různých materiálů různými technologiemi a z různých materiálů (3.1). Jedna z možností, jak vodík získat je reformování zemního plynu. Tato možnost se považuje za nejvýhodnější (Sikora, 2021).

**Tabulka 3.1:** Podíl vyrobeného vodíku podle vstupních surovin (Sikora, 2021)

Druh suroviny	Podíl vodíku vyrobeno procesem
Zemní plyn	48
Ropa	30
Uhlí	18
Voda - elektrolýza	4

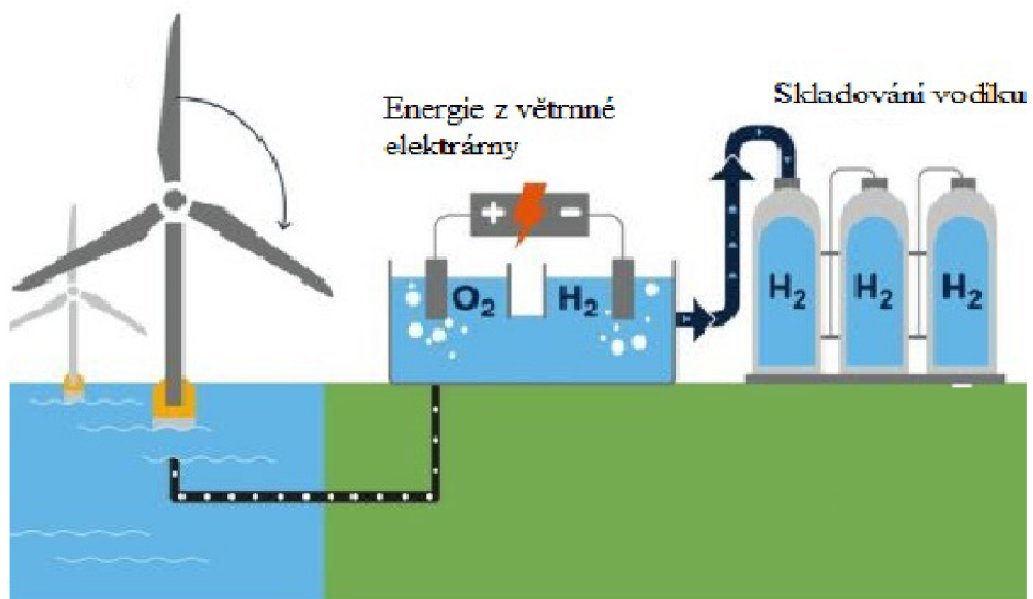
Metoda reformování zemního plynu (3.1) je chemický proces, kdy se při teplotě  $750\text{--}950\text{ }^{\circ}\text{C}$  přivádí vodní pára k metanu. Reakce metanu a vodní páry má za následek vznik vodíku, oxidu uhelnatého a malé množství oxidu uhličitého. Poté dojde k reakci další vodní páry a oxidu uhelnatého při čemž vzniká vodík a oxid uhličitý. Tento proces má účinnost kolem 75 procent. Tenhle proces má ale nevýhodu v tom, že při něm vzniká velké množství oxidu uhličitého. Na 1 kg vyrobeného vodíku se vytvoří okolo 9–12 kg  $\text{CO}_2$ . Tento vodík má označení šedý (Sikora, 2021).

Aby se snížili emise, by se pro zatím mohla používat metoda, která využívá kombinaci dvou technologií. Jednou technologií je reforming zemního plynu a druhou je CCS (Carbon capture storage). Díky této technologii je zachytáván oxid uhličitý a vyrobený vodík je tudíž téměř bez emisí. Tato technologie sníží emise až o 95 procent. Vodík získán touto metodou se nazývá modrý (Sikora, 2021).



Obrázek 3.1: Reformace zemního plynu, (vscht.cz, 2007)

Pro budoucnost má velký potenciál výroba vodíku elektrolýzou vody (3.2). Elektrolýza by byla prováděná elektrickým stejnosměrným proudem získávaným z obnovitelných zdrojů. V dnešní době, bohužel ještě tato technologie příliš rozšířená není. Pokrývá přibližně jen 4 procenta z veškeré výroby, a to jenom díky tomu, že je to vedlejší produkt při výrobě chloru, který se vyrábí elektrolýzou solanky. Takto vyrobený vodík se nazývá bílý (hytep.cz, 2022).

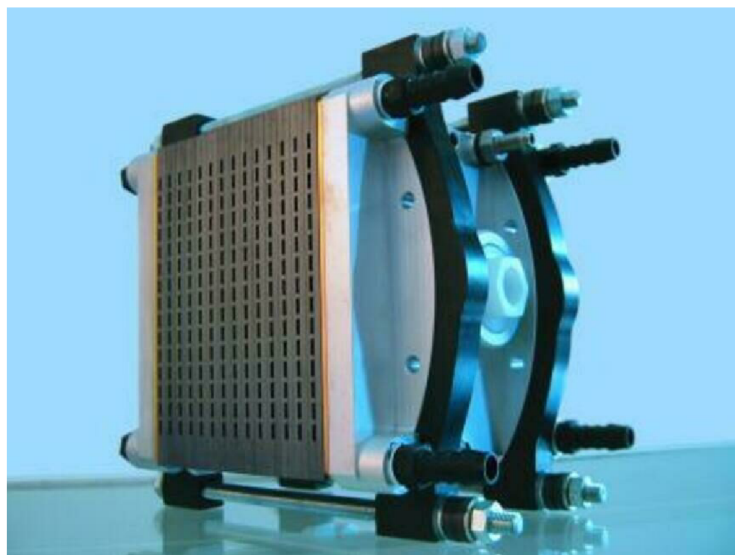


Obrázek 3.2: Získávání vodíku elektrolýzou, (Procházka, 2020)

Pokud jsou při výrobě vodíku elektrolýzou použity obnovitelné zdroje, tak je tento vodík nazýván zeleným. Tento vodík nemá žádné emise, a proto má nejperspektivnější budoucnost z ekologického pohledu. Účinnost této metody se pohybuje je přibližně 50-60 procent. Aby se mohl vyrobit 1 kg vodíku je zapotřebí přibližně 9 litrů vody a 50 kWh elektrické energie (hytep.cz, 2022).

### **3.1.2 Palivové články**

Palivové články (3.3) fungují na principu malých elektrických generátorů. Články získávají energii díky elektrochemické reakci, která vzniká mezi kyslíkem a vodíkem. Vodík je dopraven z nádrže do článku, kde zreaguje s kyslíkem a vytvoří elektřinu. Touto metodou lze z 1 kg vodíku vyrobit 16 kWh elektřiny. Palivové články fungují na principu opačných dějů elektrolýzy, díky tomu se tato technologie občas nazývá jako reverzní elektrolýza (hytep.cz, 2022).



**Obrázek 3.3:** Vodíkový palivový článek, (Mmspektrum.com, 2006)

### **3.1.3 Alkalické palivové články**

Alkalické palivové články jsou zkráceně označovány jako AFC (Alkaline Fuel Cell). Tyto články používají zásaditý elektrolyt, obvykle roztok KHO s koncentrací mezi 30 a 85 procenty. Elektrody v článku jsou většinou vyrobeny z kovových prášků, jako je nikl, nebo uhlíkových částic. Pro zlepšení vodivosti se do elektrod často zalisuje kovová síťka. Je důležité zajistit, aby elektrolyt nepronikal pryč skrz elektrody, proto se používá hydrofobní pojivo (Šebor et al., 2006).

Elektrický proud v palivovém článku vzniká z chemických reakcí mezi elektrolytem KHO, kde se rozštěpí na draselný kationt a hydroxidový aniont. Anionty hydroxidů reagují s vodíkem na anodě, čímž vznikne voda a uvolní se elektrony. Voda je částečně odváděna anodou a částečně proniká elektrodou ke katodě, kde vznikají další chemické reakce s kyslíkem a vodou a vznikají hydroxidové anionty. Elektrony, které byly uvolněny v reakci

na anodě, procházejí vnějším obvodem, kde vykonají práci, a poté se vrací zpět do palivového článku na katodu.(Vlk, 2004).

- Štěpení Hydroxidu draselného:  $KOH \rightarrow K^+ + OH^-$
- Reakce OH s vodíkem:  $2H_2 + 4OH^- \rightarrow 4H_2O + 4e^-$
- Vznik hydroxidových aniontů:  $O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$

Existují některé nevýhody spojené s využíváním alkalických palivových článků. Jednou z nejvýznamnějších nevýhod je potřeba extrémně čistého vodíku a kyslíku, protože články nereagují dobře na přítomnost CO<sub>2</sub>. Pokud se v elektrolytu vytvoří uhličitán draselný, může to mít dva negativní důsledky. Za prvé, může narušit správný chod článku, a za druhé, může se usazovat v pórech elektrod a způsobovat jejich ucpaní. To může vést ke snížení účinnosti a životnosti článku.(Šebor et al., 2006).

### 3.1.4 Články s polymerním elektrolytem

Tyto články mají označení PEMFC, což vychází z anglického názvu Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell. Elektrolytem je tenká membrána, která vypadá jako igelitová folie a nazývá se iontoměničová membrána. Tato membrána funguje jako skvělý vodič kationtů vodíku H<sup>+</sup> a jako další funkci má zabraňování průchodu vzniklých plynů(Šebor et al., 2006).

Membrány v palivových člancích jsou zhotoveny z látky nazývané nafión, což je polymer s boční iontoměničovou skupinou -SO<sub>3</sub>H. Nafión dobře vede kationty H<sup>+</sup>, avšak jeho omezená stabilita při teplotách nad 100 °C omezuje rychlost reakcí v elektrodách. Proto se některé společnosti snaží najít alternativní materiály k nahrazení nafiónu.(Šebor et al., 2006).

V elektrochemických člancích se v pórovitých elektrodách využívá elektrochemická reakce s katalyzátorem - obvykle platinou. Ačkoli je platina drahá, její množství v elektrodách se snižuje, aby se snížily náklady. Membrána se vkládá mezi elektrody při vysokém tlaku a teplotě, aby se vrstvy dokonale propojily. Elektrochemická reakce rozkládá molekulu vodíku na kationty vodíku a elektrony. Kationty projdou iontoměničovou membránou a elektrony projdou vnějším obvodem, kde plní svou funkci. Poté se elektrony vrátí zpět na katodu. Na katodě se spojí elektrony vodíku s elektrony a kyslíkem a vytváří se voda.(Šebor et al., 2006).

- Rozklad molekul vodíku:  $2H_2 \rightarrow 4H^+ + 4e^-$
- Reakce kyslíku, kationtu vodíku a elektronu:  $O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$

Tento článek byl původně vyvinut pro vesmírný program Gemini. Má velice zajímavou perspektivu do budoucna, co se týče dopravních prostředků, ale prozatím se převážně využívá jako záložní zdroj v různých přenosných zařízeních(Šebor et al., 2006)

Palivový článek PEMFC má několik nevýhod. Jednou z nich je cena katalyzátoru, který je nejčastěji vyroben z platiny a tudíž poměrně drahý. Navíc, oxid uhličitý může mít negativní vliv na účinnost katalyzátoru, což vyžaduje odstraňování CO<sub>2</sub> z využívaného

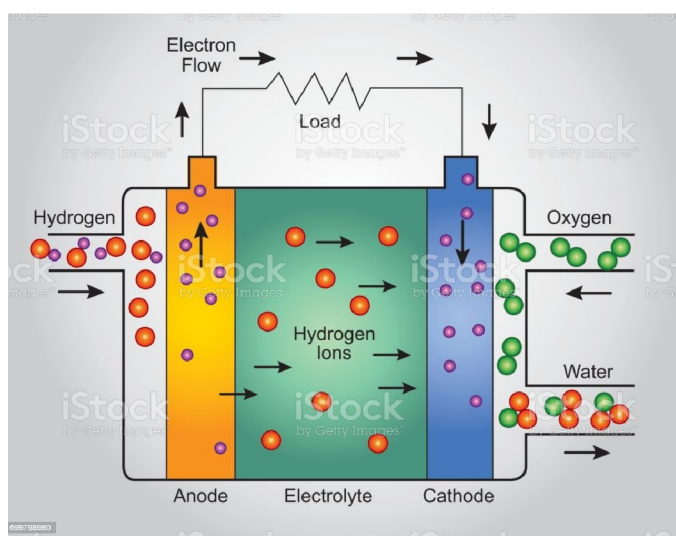
vodíku. Další nevýhodou je možnost dehydratace na anodě v případě špatných provozních podmínek, což může vést ke snížení vodivosti a celkové účinnosti. Jedním z řešení tohoto problému je přívod vlhkého vodíku(Šebor et al., 2006).

PEMFC má výhodu vysoké účinnosti, která se pohybuje v rozmezí 53 až 58 procent. Další výhodou je relativně jednoduchá údržba palivového článku, což znamená, že není nutné pravidelně kontrolovat koncentrace elektrolytu. Kromě toho může být PEMFC spuštěn poměrně snadno a efektivně i při nízkých teplotách (50-100 °C)(eere.energy.gov, 2007).

### 3.1.5 Články s kyselinou fosforečnou

Palivový článek s kyselinou fosforečnou (3.4) je označován zkratkou PAFC. Palivový článek PAFC je brán jako jeden z prvních moderních palivových článků vůbec. Je považován jako za jeden z nejlépe vyvinutých článků, který byl využíván komerčně. Dříve se článek PAFC používal pro napájení městských autobusů, ale to už je dnes minulostí. V dnešní době už se používají spíše jen pro získávání elektrické energie za účelem vzniku tepla v různých ohřívacích zařízeních. Používání tohoto palivového článku v elektromobilech není příliš vhodné, a to z důvodu pracovní teploty kterou článek potřebuje. Tato teplota se pohybuje kolem 200 °C. Výhodou palivového článku tohoto typu je taková, že v něm nedochází k reakci oxidu uhličitého, tak jako tomu je u článků PEM nebo AFC. Tyto články mají v dnešní době ale spíše více nevýhod než výhod, a proto už se dnes příliš nevyužívají. Jednou z dalších nevýhod je, že nejsou příliš výkonné, nebo že platina která se používá jako katalyzátor je příliš drahá. Obvykle se jako palivo do těchto článků používá metanol či zemní plyn(Šebor et al., 2006).

Do tohoto druhu palivového článku se používá elektrolyt z koncentrované kyseliny fosforečné. Kyselina fosforečná je v teflonu kde se váže s karbidem křemíku. Jako elektrody jsou zde použité porézní uhlíkové matrice, ve kterých se zároveň vyskytuje platinový katalyzátor. Na anodě vzniká chemická reakce, kde se štěpí molekula vodíku na kationt vodíku a volné elektrony. A na katodě probíhá reakce, kde reagují volné elektrony s kationty vodíku a kyslíkem za vznikem vody (Šebor et al., 2006).

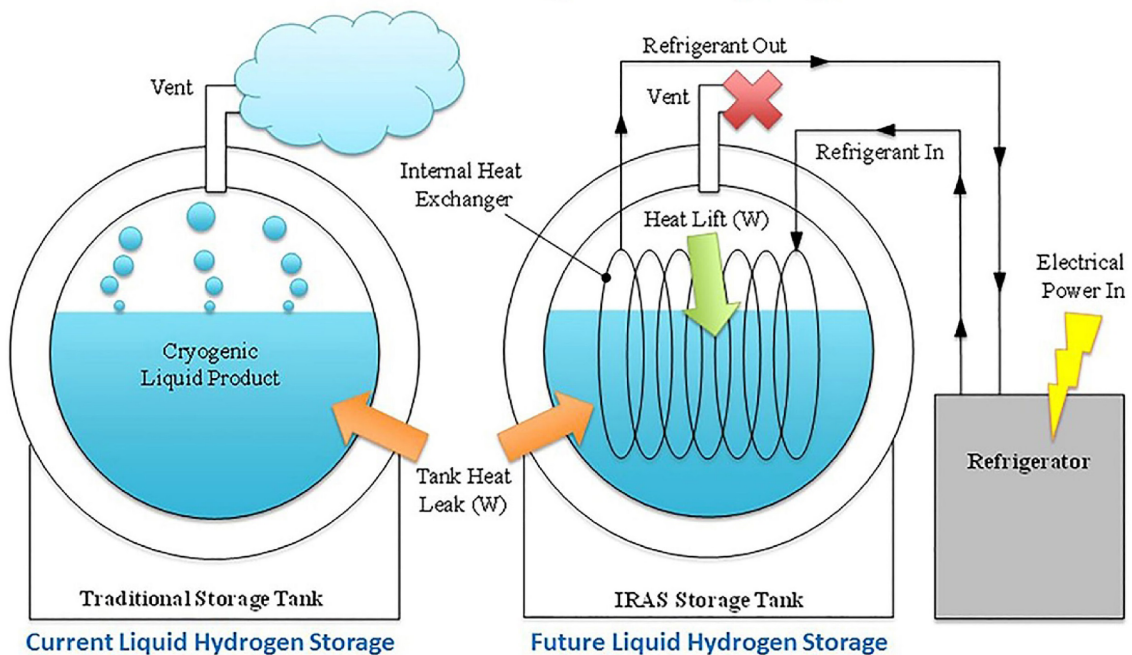


Obrázek 3.4: Palivový článek s kyselinou fosforečnou, (istockphoto.com, 2017)

### 3.1.6 Skladování vodíku

Momentálně se jako nejrozumnější skladování vodíku považuje stlačování v plynném skupenství do vysokotlakých velkoobjemových nádob na 350 barů. Tato metoda má jednu nevýhodu a to, že nádoby musí být vyrobeny z velice pevného a mimořádně neprodyšného materiálu, protože takto stlačený vodík má tendenci unikat (hytep.cz, 2022).

Další možností je stlačovat vodík do kapalného skupenství. Skladování a manipulace kapalného vodíku je ale poměrně nepraktická, protože kapalný vodík se musí udržovat v kryogenních nádržích (3.5) na teplotě  $-253\text{ °C}$ . Proto později při manipulaci, kdy se taková teplota nedá téměř udržet, vznikají ztráty v důsledku vypařování vodíku (hytep.cz, 2022).



Obrázek 3.5: Kryogenní nádrž na vodík, (Majer, 2019)

### 3.1.7 Bezpečnost používání vodíku

Protože je vodík palivo, tak stejně jako každé jiné palivo v sobě uchovává nějakou energii. Z toho důvodu by mohl být brán jako potenciální hrozba pro vznik nějakého nebezpečí. Ovšem vodík není nějak výjimečně nebezpečnější než ostatní paliva, často je brán dokonce jako bezpečnější palivo v porovnání s ostatními (hytep.cz, 2022).

Nádrže, ve kterých je vodík uchován, podléhají náročným testům, v některých případech až nadstandardním, jako je například test, kdy nádrž musí vydržet střelbu z odstřelovací pušky. Nádrže jsou dokonce natolik předimenzované, že by měli vydržet dvojnásobný tlak, než jakého se bude při běžném provozu dosahovat (hytep.cz, 2022).

Výhodou, co se týče bezpečnosti je také hustota vodíku, která je velice nízká. V praxi to znamená že pokud vodík unikne, začne ihned stoupat vzhůru. Díky tomu, kdyby vznikla nehoda a začalo hořet, tak se vodík nebude hromadit kolem místa nehody, ale bude odváděn přirozeně pryč a s tím i případně vzniklý požár (hytep.cz, 2022).

### 3.1.8 Výhody a nevýhody vodíku

Výhody:

- během jízdy se nevytváří emise
- rychlé tankování
- dlouhý dojezd
- při jízdě nevzniká hluk
- snadná a rychlá výroba z obnovitelných zdrojů (Macurová, 2022)

Nevýhody:

- poměrně finančně náročné například oproti elektromobilu
- prostorově velký pohonný systém
- vozidla jsou velice těžká
- finančně náročné na výrobu (Macurová, 2022)

## 3.2 Zemní plyn

Zemní plyn, též znám jako plyn fosilní. Jedná se o plyn, který je přírodní a vysoce hořlavý. Díky svým vlastnostem je významným palivem. Zemní plyn je směsí několika plynů (3.6), ovšem největší zastoupení má zde methan, přibližně 80 procent a dále to je ethan, propan a butan. Je to plyn, který je bez zápachu, a proto se často do něj přidávají aroma, aby bylo možno zjistit jeho koncentraci ve vzduchu pouhým čichem. Většinou se vyskytuje v podzemí společně s ropou nebo s černým uhlím, ale nejsou výjimkou naleziště samostatného zemního plynu. Pro zemní plyn máme mnoho využití, jak jako palivo, tak v chemickém průmyslu nebo jako zdroj energie. Jako palivo má označení CNG (lpg.cng.ochranamotoru.cz, 2011).

	objemová %
<b>metan</b>	<b>50 – 80</b>
<b>etan</b>	<b>1 – 20</b>
<b>propan</b>	<b>0 – 12</b>
<b>butan</b>	<b>0 - 4</b>
<b>C5 – alkany a vyšší</b>	<b>0 - 1</b>
<b>oxid uhelnatý</b>	<b>1 – 10</b>
<b>dusík</b>	<b>1 – 12</b>
<b>helium</b>	<b>0 – 7</b>

Obrázek 3.6: Složení zemního plynu, (Pešková, 2021)

### **3.2.1 Zemní plyn jako palivo pro dopravní prostředky**

CNG má jako palivo poměrně perspektivní budoucnost, jak z ekologického hlediska, tak tomu napomáhá to, že bychom měly mít zásoby minimálně na dalších 200 let. Prozatím je nevýhodou to, že není příliš rozšířená síť čerpacích stanic, ale to by se časem mohlo změnit. Dopravní prostředky na zemní plyn jsou čím dál více rozšířené a to bude mít za následek i to, že se rozroste síť čerpacích stanic se zemním plynem (lpg cng.ochranamotoru.cz, 2011).

### **3.2.2 Ekologie**

Motory, které používají jako palivo CNG vyprodukují poměrně málo emisí, a to díky tomu že z největší části je zemní plyn tvořený metanem, který má nejnižší emise. Při spalování zemního plynu vzniká oxid uhličitý, oxid uhelný, voda a občas také nepatrné množství oxidů dusíku. Při spalování vzniká též oxid siřičitý a pevné uhlíkaté látky, ale jejich množství je tak malé, že je naprosto zanedbatelné. Ale obrovskou výhodou při spalování zemního plynu je to, že nevznikají uhlovodíky (lpg cng.ochranamotoru.cz, 2011).

Motory poháněné CNG, podobně jako motory poháněné LPG vytváří větší množství oxidu dusíku. Naštěstí je možnost škodlivé látky eliminovat správným nastavením řídicích prvků v motoru (lpg cng.ochranamotoru.cz, 2011).

### **3.2.3 Historie těžby zemního plynu**

Co se týče největších zásob se zemním plynem, je Rusko na prvním místě stejně jako s ropou. Ale ovšem i na území České republiky najdeme pár menších nalezišť s ložiskem zemního plynu (cez.cz, 1999).

Ve spojených státech využívají zemní plyn od roku 1884, kdy ho objevil George Westinghouse vrtem hlubokým 500 m. Tímto objevem zahájil éru, kdy se plyn začal používat pro ohřev a svícení. V Evropě se tato technologie rozšířila až později. Bylo to v roce 1914, kdy se začala těžit ropa a s ní i zemní plyn na území tehdejšího Rakouska – Uherska a dnes už je to území Slovenska ve městě Gleby (plyn.cz, 2019).

Nejvýznamnější ložiska v České republice se nacházejí na území Jihomoravského kraje (3.7) a zde taky došlo k nevýznamnějšímu vývoji co se týče těžby u nás. V období, kdy zde bylo Rakousko – Uhersko, jsme byly naprosto soběstační, co se týče zásob zemního plynu, ovšem dnes už tomu tak není. Spotřeba zemního plynu se znatelně zvýšila. Z tohoto důvodu jsme nuceni zemní plyn dovážet z Ruska a částečně i z Norska (plyn.cz, 2019).

Těžba zemního plynu není jen o historických objevech. Není to tak dávno co byl zjištěn velice významný objev. V roce 2017 bylo objeveno velké naleziště zemního plynu, kde bylo sto milionů kubíků. Toto naleziště objevila společnost MND (Moravské naftové doly) na Hodonínsku. Zvláštností u tohoto objevu je, že zde nikdo výskyt zemního plynu nečekal (plyn.cz, 2019).

### **3.2.4 Těžba zemního plynu**

Těžba zemního plynu se dělí na dva typy těžby. Rozděluje se to podle toho jak a kde se plyn nachází. Záleží na tom, jestli je to plyn naftový, který se vyskytuje s ropou anebo karbonský, který se nachází v blízkosti uhelných ložisek (Budín, 2015).





**Obrázek 3.7:** Ložiska zemního plynu v ČR, (Ct24.ceskatelevize.cz, 2017)

Ložiska s naftovým zemním plynem se vyskytují jak na povrchu jako třeba v Rusku, Nizozemsku, Alžírsku atd., tak i na moři. Jedno z nalezišť pod mořským dnem se nachází například v severním moři. Těžba u naftového zemního plynu se provádí tak, že se udělá vrt vedoucí přímo do ložiska. Ložiska jsou obvykle obklopeny vodou a vrstvami, skrz které se těžko dostává, a to je příčinou nahromaděného plynu, který se tam hromadil v průběhu tisíců let. Obvykle se hloubka vrtu pohybuje maximálně do 3 km, ale jsou případy kdy hloubka dosáhla až 8 km (Budín, 2015).

Karbonský zemní plyn se uvolňuje při těžbě černého uhlí a je při tom odsáván jako degazační plyn, tudíž by se dalo říct, že je to pouze vedlejší produkt této operace. Jsou ovšem i situace kdy se tento plyn těží cíleně. V tom případě musí těžbě předcházet důkladný průzkum, při kterém se zjišťují vlastnosti ložisek, a i samotného uhlí. Aby byla výtěžnost co nejvyšší, tak se uměle provádí zvětšování propustných uhelných slojí. Tento plyn vznikl před miliony lety, když docházelo k přeměně rostlin na černé uhlí (Budín, 2015).

### 3.2.5 Úprava zemního plynu

Zemní plyn je sice z největší části složen z metanu, ale občas se v něm vyskytují nežádoucí látky. Z toho důvodu se zemní plyn musí upravit, před tím, než se dostane ke spotřebitelům. Máme čtyři způsoby úpravy zemního plynu. Prvním způsobem je sušení nebo vymrazování, to má za následek zbavení vody. Dalším způsob je zbavení zemního plynu pevných částic pomocí filtrace. Třetím způsobem, jak zbavit zemní plyn nežádoucích látek je odsiřování. Poslední způsob je odstraňování nežádoucích příměsí (mojeenergie.cz, 2013).

### **3.2.6 Přeprava zemního plynu**

Místa, kde se zemní plyn těží, se většinou vykytují daleko od místa, kde se spotřebovává např. v jiném státě, a proto je třeba ho nějak dopravit ke spotřebitelům. Pokud se plyn přepravuje v plynné formě, využívají se plynovody, a to jak po souši, tak i přes moře. Přes moře se může přepravovat i pomocí tankérů (3.8). Druhá možnost je ho přepravovat v kapalně formě. Pokud je přepravován v kapalně podobě, musí být nejdříve zkapalněn a tím se zmenší jeho objem na 1/630. To se provádí tak že se plyn zchladí na teplotu mezi – 161 až – 169 °C. Teplota zchlazení se odvíjí od množství dusíku v zemním plynu (cez.cz, 1999).



**Obrázek 3.8:** Tanker pro přepravu zemního plynu, (autoweb.cz, 2019)

### **3.2.7 Výhody a nevýhody zemního plynu**

Výhody:

- méně CO<sub>2</sub> (o 18 procent) a oxidu dusíků (o 90 procent) než nafta
- celkově dobré emise
- daňově zvýhodněný
- automobily na zemní plyn mohou jezdit na benzín
- doba tankování jako u běžných paliv
- bezpečnost (zemniplyn.cz, 2020)

Nevýhody:

- méně tankovacích stanic
- je nutné skladovat při nízkých teplotách
- při dlouhé neaktivitě vozidla dochází k únikům výparů
- v porovnání s CNG je technologie výroby složitější a nákladnější (zemniplyn.cz, 2020)

### 3.3 Ropný plyn

Tento plyn najdeme většinou pod zkratkou LPG (Liquefied Petroleum Gas). Ropný plyn je směs čtyř látek, kterými jsou propan ( $C_3H_8$ ), propylen ( $C_3H_6$ ), butan ( $C_4H_{10}$ ) a butylen ( $C_4H_8$ ). Poměr mezi látkami v LPG se liší podle regionu (3.9). Na příklad v Německu má ve směsi největší zastoupení propan a propylen, ale například ve Francii je to naopak. Tam má největší zastoupení butan a butylen. Složení směsi má vliv na spotřebu a také se podle toho určuje, jestli se jedná o zimní nebo letní směs (Eurocng.cz, 2022).

Země	Složení plynu (poměr P:B)	
	letní	zimní
Belgie	30:70	50:50
Německo	převaha propanu	převaha propanu
Švédsko, Finsko, Norsko	propan	propan
Holandsko	30:70	70:30
Švýcarsko	propan	propan
Rakousko	20:80	80:20

Obrázek 3.9: Složení směsi LPG podle období a regionu, (eere.energy.gov, 2007)

#### 3.3.1 Vlastnosti LPG

Ropný plyn je kapalina bez barvy s vysokou výbušností a hořlavostí, která má charakteristický zápach. Bod vzplanutí této látky je od  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Ačkoli samotný plyn není jedovatý, může způsobovat podráždění očí a dýchacích cest a způsobovat bolesti hlavy. Pokud je směs složena určitým způsobem, může být dvojnásobně těžší než vzduch, což může vést k jeho hromadění v různých prohlubních a vytvářet tak výbušné směsi se vzduchem (Šebor et al., 2006).

Díky procesu zkapalňování ropného plynu můžeme jeho objem zmenšit až 260krát, což znamená, že z  $1\text{ m}^3$  plynu získáme 4 litry kapaliny s vysokou energetickou hodnotou. Nicméně, pokud by došlo k náhlému uvolnění plynu z tlakové lahve, dochází k rapidnímu ochlazení, což může vést k riziku omrzlin (Šebor et al., 2006).

Vzhledem k tomu, že ropný plyn je směsí několika různých plynů, jeho vlastnosti, jako například oktanové číslo, jsou závislé na charakteristikách jednotlivých plynů v této směsi a na jejich poměru (3.10) (Šebor et al., 2006).

#### 3.3.2 Rozdíl mezi propan-butanem a LPG

Propan-butan se skládá ze dvou plynů, propanu a butan, který spolu tvoří směs. Tyto plyny se získávají při rafinaci ropy. V běžném stavu má jak propan, tak i butan plynné skupenství. Pokud ale tyto plyny stlačíme tak se změň jejich skupenství na kapalné. Propan butan v kapalném skupenství je označován jako LPG. Takže vlastně jediný rozdíl mezi propan-butanem a LPG je rozdílné skupenství (Březinová, 2022).

Veličina	Jednotky	propan	i-butan	n-butan
Výhřevnost	MJ.m <sup>-3</sup>	93,15	123,36	123,91
Spalné teplo	MJ.m <sup>-3</sup>	101,36	133,85	134,41
Výhřevnost	MJ.kg <sup>-1</sup>	46,35	45,57	45,74
Spalné teplo	MJ.kg <sup>-1</sup>	50,43	49,45	49,62
Hustota	kg.m <sup>-3</sup>	2,010	2,707	2,709
Teoretická teplota plamene	°C	1950	2040	2040

Obrázek 3.10: Vybrané vlastnosti propanu, n-butanu a isobutanu, (Prokeš a Čapla, 2006)

### 3.3.3 Výroba LPG

Původně se ropný plyn získával nízkotepeľnou karbonizací nebo zkapalňováním černého a hnědého uhlí. V dnešní době už tomu tak ale není. V současnosti se LPG získává jako vedlejší produkt při těžbě nebo rafinaci ropy, nebo také při těžbě zemního plynu. Nejvíce LPG, asi 60 procent, se získá během zpracování zemního plynu. Zbylých 40 procent je získáno při zpracování surové nafty. K výrobě ropného plynu je možné využít i biomasu, ale v současnosti se to nedělá, protože tento proces je příliš nákladný a nevyplatí se (Klusoňová, 2011).

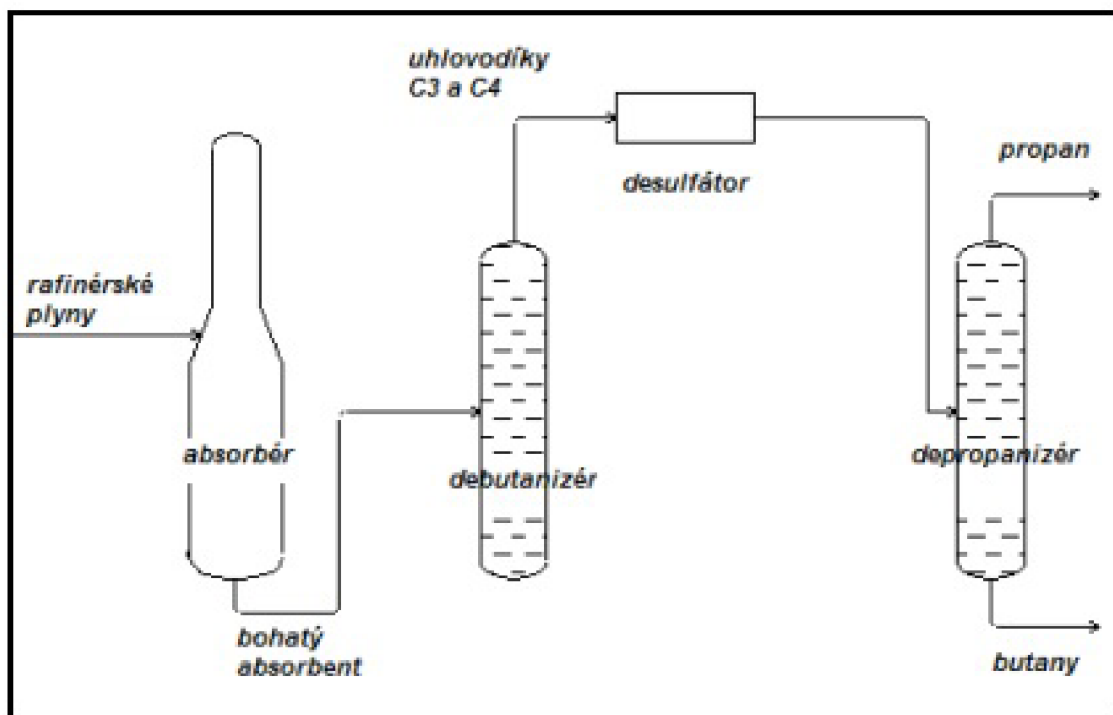
Při zpracování surové ropy (3.11) dochází k procesům jako je krakování či hydrokrakování, nebo k destilaci surové ropy. Při těchto procesech se získají uhlovodíkové plyny, které se dále zpracují na jednotkách dělení rafinérských plynů, na kterých dojde k jejich oddělení. Prvotně dojde ke stlačení uhlovodíkových plynů a následně se pošlou do absorberu. Z dolní části je poslán do debutizéru, kterému se říká bohatý absorbent. Ten se skládá z uhlovodíků. V molekulách uhlovodíku jsou 3 až 6 atomů uhlíku. V debutizéru se uhlovodíky, které mají 3 až 4 atomy uhlíku v molekule vydestilují a následně jsou posílány do desulfátoru, kde jsou odsířeny. Dále se uhlovodíky dostanou do depropanizéru, kde se oddělí propan od butanů (isobutany, n-butany). Ropný plyn, který můžeme při zpracování surové ropy získat představuje přibližně 2 až 3 procenta z celkové hmotnosti zpracované ropy, přičemž z toho je jedna třetina propan a dvě třetiny butany (Klusoňová, 2011).

Během procesu, kdy se zpracovává zemní plyn vytěžený z přírody, se získává zemní plyn jako takový. Tento zemní plyn musí splňovat přesné a přísné požadavky, jako je například že nesmí obsahovat rtuť nebo vodu. Zemní plyn pro výrobu LPG musí obsahovat kondenzát uhlovodíku, ze kterého se uhlovodíky dále oddělují a pro výrobu jsou nutné. Složení zemního plynu se liší, podle místa, kde je těžen. Podle místa, kde se těží se liší obsahem propanu a butanů v něm (Klusoňová, 2011).

Ve světě registrujeme neustálý nárůst produkce LPG. V roce 2000 bylo vyrobeno 198 milionů tun a osm let později už byla vyrobeno 239 milionů tun. Mezi největší producenty LPG patří Severní Amerika a blízký východ. V roce 2008 bylo na území Evropy vyprodukováno 28 milionů tun LPG, ze čehož přibližně 35 procent pochází z oblasti Severního moře (Klusoňová, 2011).

Ropný zkapalněný plyn se vyrábí i na území České republiky například v rafinérské společnosti PARAMO a. s. nebo v rafinériích České rafinérské a. s. Tyto společnosti používají určitý podíl z vyrobeného LPG následně jako příměs při výrobě jiných sloučenin. Malé procento z výroby se následně dostane na český trh, ale nejvíce se ho exportuje do

Polska a Rakouska. Český trh je nejvíce zastoupený dovezeným LPG, a to převážně z Německa a mezi další dodavatele pro český trh patří například Chorvatsko, Kazachstán nebo Rusko (Klusoňová, 2011).



Obrázek 3.11: Výroba LPG ze surové ropy, (Štěrba a Kryžický, 2002)

### 3.3.4 Přeprava LPG

LPG musí zvládnout dlouhou cestu od místa těžby, přes úpravu až ke spotřebitelům. Ropný plyn se přepravuje v kapalném skupenství, díky čemuž získá menší objem než v plynném skupenství. Přepravu LPG rozdělujeme podle toho, jestli přepravujeme po souši nebo po vodě. Pro přepravu po souši se využívají tlakové nádoby, které se přepravují buď silniční nebo železniční dopravou. Železniční doprava má oproti silniční velkou výhodu v tom, že dokáže přepravit mnohem větší množství LPG a to 10 až 50 tun, zatím co díky silniční dopravě dokážeme přepravit najednou 8 až 16 tun. Samozřejmě jak pro jeden, tak i pro druhý platí právní bezpečnostní předpisy, protože LPG je branný jako nebezpečný náklad. Pro železniční přepravu je daný právní předpis, který se nazývá Řád pro mezinárodní železniční přepravu nebezpečných věcí, též označována jako RID a je mezinárodní. A pro přepravu po silnici platí Evropská dohoda o mezinárodní přepravě nebezpečných věcí (ADR) (Klusoňová, 2011).

Pro přepravu po vodě se používají velké tankery. Tankery dominují nad silniční nebo železniční přepravou díky několika násobně větší přepravní kapacitě (Klusoňová, 2011).

### 3.3.5 Distribuce LPG

Pro běžné spotřebitele je LPG distribuováno v tlakových láhvích nebo sudech. Tyto tlakové nádoby se z bezpečnostních důvodů plní pouze na 75 až 80 procent. Je to z důvodu, když by

se láhve třeba zahřívaly na slunci, tak aby nevznikl nadměrný přetlak, který by zapříčinil explozi nádoby. Z právních a bezpečnostních předpisů dále vyplývá, že nádoby musí být pravidelně kontrolovány a přeměřovány. Tlakové nádoby mohou mít různé objemy. Konkrétně to může být 0,4; 1; 2; 5; 10 nebo 33 kilogramů. Tlakové sudy mají objem mnohem větší a to 40 až 300 kg. Pro čerpací stanice nebo různé objekty jako například zemědělské areály by byly tlakové sudy nebo láhve příliš malé a nevhodné, proto využívají tlakové zásobníky (3.12). Takový zásobník se může postavit buď nad zemí nebo být zakopán v podzemí. Kapacita tlakového zásobníku se pohybuje v rozmezí od 2300 litrů do 25000 litrů (Klusoňová, 2011).



**Obrázek 3.12:** Tlakový zásobník pro bezpečné skladování LPG, (vpsr.cz, 2022)

### **3.3.6 Přestavba na LPG**

LPG je palivo, které lze používat u zážehových motorů u kterých musí nejdříve dojít k přestavbě. Po přestavbě motoru je možné používat jak LPG, tak i benzín. LPG by šlo teoreticky použít i u vznětového motoru, ale než bychom mohli z nafty přejít na LPG, tak by muselo dojít ke kompletní přetavbě motoru na plynový zážehový motor. Přestavba ze vznětového motoru na plynový zážehový velice nákladná a nevyplatí se (Klusoňová, 2011).

Typy přestaveb na LPG pohon rozlišujeme v České republice dva základní. Jedním typem je individuální přestavba. Tato přestavba se provádí u automobilů, které jsou něčím jiné než ostatní a nejsou na seznamu schválených vozidel pro přestavbu. Prakticky to znamená, že u daného typu vozidla prozatím nebyla přestavba na LPG pohon homologovaná. Nevýhoda tohoto typu je že je velmi finančně i časově náročná. Je to z důvodu, protože se tato přestavba neobejde bez speciálních zkušebních procedur a bez speciálního schválení (Klusoňová, 2011).

Druhým typem přestavby je hromadná. Vlastně je to pravý opak individuální přestavby. Provádí se u automobilů, které jsou na seznamu schválených vozidel. Tento typ přestavby je mnohem výhodnější, protože je to mnohem méně časově i finančně náročné. Též co se týče administrativní stránky je to tady mnohem jednodušší oproti individuální přestavbě (Klusoňová, 2011).

V České republice se častěji provádí hromadná přestavba. Je to zapříčiněno tím, že většina vozidel v České republice, je už na seznamu schválených vozidel. Ovšem vyskytují

se u nás i vozidla které by museli projít individuální přestavbou, protože na seznamu schválených vozidel nejsou. Rok 2005 je taková pomyslná hranice, kdy uživatelé vozidel vyrobených před tímto rokem mají šanci že, jejich vozidlo bude na seznamu schválených vozidel téměř jistou (Klusoňová, 2011).

### **3.3.7 Výhody a nevýhody LPG**

Výhody:

- Nízké náklady na provoz
- Nízké emise a tím pádem lepší dopad na životní prostředí
- Vysoké oktanové číslo
- Dobré antidetonační vlastnosti (Klusoňová, 2011)

Nevýhody:

- Nutná přestavba
- Vysoké náklady na přestavbu
- Negativní vliv na přírodní pryž
- Nízká výhřevnost (Klusoňová, 2011)

## **3.4 Elektrická energie**

V dnešní době je téma o elektromobilitě velice rozšířené a automobily na elektřinu zažívají poměrně velký rozmach. Největší zásluhu na tom asi má pozitivní dopad na životní prostředí. V současnosti už má skoro každá větší společnost zabývající se výrobou automobilů a všech dopravních prostředků ve své nabídce automobily na elektrickou energii, nebo aspoň koncept na jejich výrobu. Další výhodou oproti spalovacím motorům je, že elektrický pohon dokáže přeměnit až 90 procent energie, zatím co spalovací ve většině případů maximálně okolo 30 procent. Velký vliv na vývoj tohoto typu pohonu má dostupnost dobíjecích stanic. Problém je to z toho důvodu, že automobily na elektřinu se doplňují podstatně déle než dopravní prostředky se spalovacími motory (Dubanský, 2020).

### **3.4.1 Zdroj elektrické energie**

Zdroj odkud je možné brát energii můžeme rozdělit na dva způsoby, a to buď ze sítě (3.13) nebo z velkokapacitních akumulátorů. Nejrozšířenější je brání energie přímo ze sítě. Je to díky jednoduchosti provedení a nízké finanční náklady na pořízení. Velkým negativem u zdroje, který bere energii ze sítě je takový, že produkuje příliš velkou zátěž na danou síť, a to má negativní vliv na kvalitu a vyváženost elektrické energie (Dubanský, 2020).

Další možností získávání elektrické energie je čerpání z velkokapacitních akumulátorů. Akumulátory se vyskytují nedaleko od dobíjecích stanic. Akumulátory většinou berou energii z obnovitelných zdrojů jako je solární energie apod. Negativem je velká pořizovací cena. Ale výhodu u tohoto způsobu je že se dají použít při výpadku jako záložní zdroj energie (Dubanský, 2020).



**Obrázek 3.13:** *Dobíjení ze sítě, (Bednář, 2021)*

### **3.4.2 Jízdní dosah elektromobilů**

Jako dojezd elektromobilu je brána vzdálenost, kterou dokáže vozidlo ujet na jedno nabití. Dojezd elektromobilu je jeden z nejvíce sledovaných parametrů. Bohužel tento parametr je většinou udáván velice nepřesně podobně jako spotřeba u vozidel na elektřinu. Vždy se udává jmenovitý dojezd, ale ten je vždy větší než ten skutečný. Jmenovitý dojezd je pouze teoretický a od skutečného se liší tím, které faktory působí při jízdě a podle toho, jak působí (Ráž, 2022).

Jeden z nejdůležitějších faktorů je velikost kapacity baterie. Kapacita baterie v automobilu se nedá nějak ovlivnit. Baterie, které se ve vozidlech používají jsou dnes už většinou lithiové. Baterie jsou vyrobeny tak aby se nedaly úplně vybit, většinou nahlásí vybití při 10 – 15 procentech. Jediné možné řešení, jak zvýšit kapacitu baterie je vyměnit ji za větší, ale problém je v tom že baterie jsou poměrně těžké a to má zase negativní vliv na dojezd (Ráž, 2022).

### **3.4.3 Spotřeba elektrické energie**

Podobně jako u naftových nebo benzínových dopravních prostředků se udává spotřeba na 100 km, akorát místo litrů jsou zde uvedeny kilowatthodiny. Při výrobě elektromobilů se musí spotřeba testovat podle dané normy WLTP (Worldwide Harmonised Light Vehicle Test Procedure), tuto norma je od roku 2018 povinná. Úkolem normy WLTP je připravit reálné podmínky, při kterých bude vozidlo reálně používáno. Ale i přes tuto normu jsou výsledky při testování odlišné od spotřeby při používání v běžném provozu (Mokříš, 2022).

U běžných automobilů se běžná spotřeba pohybuje v hodnotách od 14-16 kWh/ 100 km. Této hodnoty se dosahuje většinou v obci při pomalé a plynulé jízdě. Mimo obec se spotřeba pohybuje kolem 20 kWh/ 100 km a na dálnicích se není problém dostat přes hranici 25 kWh/ 100 km. U větších dopravních prostředků se většinou spotřeba pohybuje v hodnotách o 5 kWh/ 100 km výš než u menších vozidel (Mokříš, 2022).

Faktorů, který ovlivňuje jízdu je několik. Ovlivňujícím faktorem může být způsob jízdy. Způsob, jak elektromobil řídíme může spotřebu ovlivnit jak pozitivně, tak negativně. Je

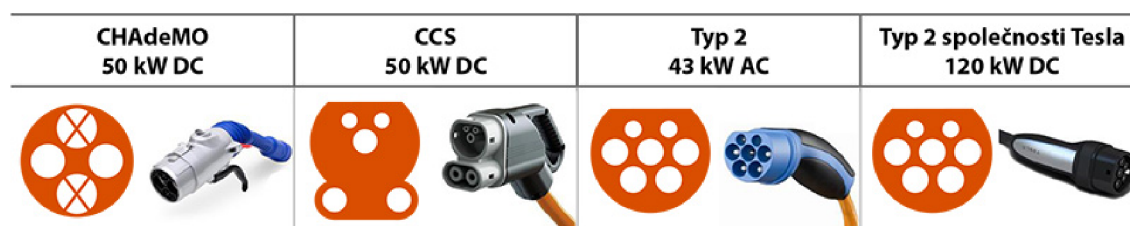


důležitě si uvědomit, že baterie elektromobilů mají rekuperaci, což má za úkol vracet energii, která vzniká při brzdění zpět do baterie. Když si toto uvědomíme a naučíme se s tím pracovat, tak hodnota naší spotřeby může klesnout velice nízko. Dalším faktorem je rychlost. Elektromobily dokáží být velice rychlé, ovšem čím větší rychlost tím také větší odpor vzduchu. Pokud budeme chtít jezdit elektromobilem rychle, tak také musíme počítat s tím, že budeme muset častěji automobil dobíjet. Hmotnost je určitě jedním ze zásadních faktorů, co se týče spotřeby. Čím těžší auto tím větší spotřeba. Ovšem pokud se člověk s tím autem a jeho hmotností naučí pracovat, tak dokáže spoustu energie ušetřit díky setrvačnosti. U elektromobilů bývá často jedním z největších spotřebičů energie klimatizace nebo topení tyto spotřebiče dokáží snížit dojezd až o několik desítek kilometrů. U většiny automobilů se sice dá za příplatek vyměnit odporové topení za tepelné čerpadlo, ale žádný velký rozdíl to není (Mokříš, 2022).

### 3.4.4 Typy nabíjení

Typy nabíjení rozlišujeme podle rychlosti nabíjení. Máme tři druhy a to superrychlé, rychlé a pomalé. Podle typu nabíječky se určuje konektor, který pro daný druh nabíjení použijeme. To závisí na tom, jestli používáme střídavý nebo stejno směrný proud a na tom, jaký používáme výkon (Bergmann, 2021).

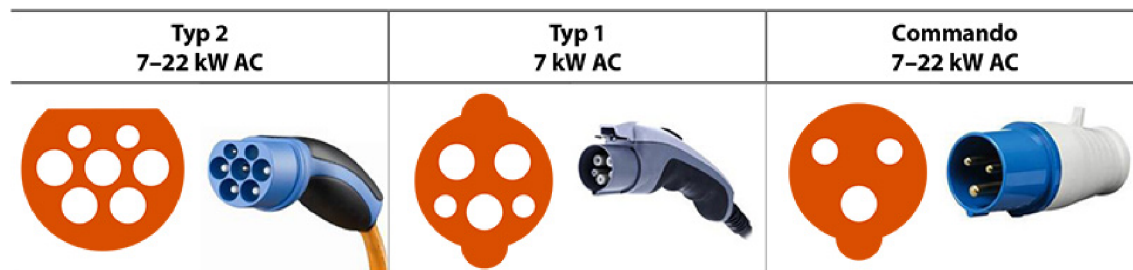
Typ superrychlé nabíječky se používá nejčastěji na stanicích u dálnic. Jedná se o nejrychlejší způsob nabíjení. Superrychlé nabíječky používají obvykle výkon 50 kW. S výkonem 50 kW trvá nabíjení přibližně 40 až 60 minut. Ovšem existují některé modely EV, který dokáží nabít vozidlo na 80 procent za 20 minut. Bohužel ne každé vozidlo se dá nabíjet superrychlou nabíječkou. Lze tak nabíjet pouze vozidla, která tento typ nabíjení podporují. Pro nabíjení stejnosměrným proudem se nejčastěji používají buď CHAdeMO (3.14) nebo CCS (3.14). Dalším typem konektoru pro superrychlé nabíjení dodává společnost Tesla se sítí Supercharger Typ 2. Aby majitelé automobilu značky Tesla mohli využívat i konektory typu CHAdeMO, tak existují i adaptéry. Výhoda těch adaptérů je, že se konektory typu CHAdeMO vyskytují častěji, ale jsou vybaveny menším výkonem (Bergmann, 2021).



Obrázek 3.14: konektory pro superrychlé nabíjení, (Elektroprumysl.cz, 2019)

Standardem pro rychlé nabíječky je výkon o velikosti 7 kW nebo 22 kW. Rychlé nabíječky jsou buď jednofázové nebo třífázové. Většinou poskytují využívají střídavý proud, ale najdou se i nabíječky se stejnosměrným proudem. Nabíječky se stejnosměrným proudem používají výkon 25 kW. Doba nabíjení se liší v závislosti na výkonu. Nabíječky pro rychlé nabíjení mají tři typy konektorů. Typ 2 (3.15), který je určen jak pro 7 kW tak i pro 22 kW, Typ 1 (3.15), který využívá výkon 7 kW a konektor Commando (3.15), který také jak výkon 7 kW tak i 22 kW. Existují i nabíječky od společnosti Tesla, který vynikají výkonem 11 nebo 22 kW. Nabíječky s výkonem 7 kW dokáží nabít elektromobil s baterií o kapacitě 40 kWh přibližně za 4 až 6 hodin. Nabíječky s výkonem 22 kW hodin to dokáží

za hodinu až dvě. Tento typ nabíječky se většinou nachází na parkovištích u obchodních nebo sportovních center, kde se počítá s tím, že tam člověk stráví delší dobu, aby se mezi tím mohl automobil dobít (Bergmann, 2021).



Obrázek 3.15: konektory pro rychlé nabíjení, (Elektroprumysl.cz, 2019)

U pomalých nabíječek se obvykle používají konektory (3.16), u kterých se udává výkon o velikosti 3 kW, ale ve skutečnosti je to to mezi 2,3 kW a 6 kW. Nejčastěji se používá výkon 3,6 kW. Doba nabíjení se opět určuje podle toho, jaký výkon má nabíječka a jaký vozidlo nabíjíme. Obecně se dá říct že s výkonem 3 kW může trvat nabíjení i více než 12 hodin. Pomalé nabíjení se většinou používá v domácnostech, kde můžeme automobil v klidu nechat přes noc nabíjet. Ale není výjimkou, že se pomalé nabíjení vyskytuje i na parkovištích, kde je dovolené 24hodinové parkování nebo na pracovištích. Většina jednotek pomalého nabíjení nemá na rozdíl od ostatních kabel, proto je většinou k propojení zapotřebí mít vlastní kabel (Bergmann, 2021).



Obrázek 3.16: konektory pro pomalé nabíjení, (Elektroprumysl.cz, 2019)

### 3.4.5 Ekologie

Celým světem se rozšiřuje názor, že elektrické vozy jsou velice ekologické a nevytvářejí žádné emise. Ovšem to není vůbec pravda a ve výsledku mohou mít daleko hroší dopad na životní prostředí. Kdybychom koukali jen na užívání elektromobilů, tak ano, při jejich provozu žádné emise nevznikají. Ale když se podíváme na to, jak se elektřina pro elektromobil vyrábí, tak zjistíme že už to ekologické tolik není. Až 60 procent elektrické energie se vyrábí v uhelných a jaderných elektrárnách, z čehož se odvíjí, že kvůli elektromobilům může vznikat stejné množství oxidu uhličitého jako tvoří automobily se spalovacím motorem Dubanský (2020).

Jedná-li se o ekologii musíme i položit otázku, jaký dopad na životní prostředí má samotná výroba takového vozidla. Výroba elektromobilu je mnohem ekologicky náročnější než výroba konvenčního vozidla. Důvodem je že na výrobu elektromobilu je potřeba skoro dvakrát tolik energie než na výrobu vozidel se spalovacím motorem. Je to z důvodu výroby

baterie. Výroba baterie není jediný její ekologický problém. Další problém, který má dopad na životní prostředí je samotná životnost takové baterie. Baterie obsahují toxické chemikálie, a proto je důležité nějak řešit jejich likvidaci nebo recyklaci Dubanský (2020).

### **3.4.6 Zvýhodnění elektromobilů v ČR**

#### **Dotace na elektromobily**

Stejně jako v předešlých letech, tak ni v roce 2023 nejsou dotace na elektromobily určeny pro běžné uživatele těchto vozů. Ovšem rozdíl oproti minulým létům je, že dotace na elektromobily nejsou určené už ani pro podnikatele v soukromém sektoru. Od ledna roku 2023 jsou určené dotace na pořízení elektromobilu pouze pro celky ze státní zprávy, kterými je myšleno například obce, kraje, vysoké školy, nestátní neziskové organizace, náboženské společnosti, obchodní společnosti vlastněné veřejným subjektem (Srb, 2023).

#### **Dotace na koupi a instalaci dobíjecí stanice**

Oproti dotacím na pořízení elektromobilu je to s dotacemi na pořízení dobíjecí stanice úplně jinak. U pořízení stanice pro dobíjení je úplně jedno, jestli jste nebo nejste majitel elektromobilu. I když elektromobil nevlastníte, tak máte nárok na dotace pro koupi a instalaci dobíjecí stanice. Pro rodinný dům si můžete od roku 2023 do června 2025 zažádat o dotaci ve výši 30 000 korun na jednu dobíjecí stanici. Na jeden rodinný dům je možno získat dotace na dvě dobíjecí stanice, tudíž dotace ve výši 60 000 korun. Tyto dotace jsou určeny pro dobíjecí stanice wallbox (3.17) (Srb, 2023).



**Obrázek 3.17:** *Dobíjecí stanice wallbox, (Srb, 2023)*

### **Výhody pro majitele vozidel s označením „EL“ na RZ**

Proto aby majitelé získaly své výhody, které jim za užívání elektromobilů náleží je nutné, aby měli na svém vozidle tzv. „ekologickou“ registrační značku, která má na sobě označení „EL“. Pokud má vozidlo označení „EL“, znamená to, že spadá do kategorie nízkoemisních vozidel. Ve většině případech se jedná o elektromobily, vozidla na vodík nebo hybridy. U hybridů se jedná ve skutečnosti jen o plug-in hybridy. Mild-hybridy nebo full-hybridy do této kategorie většinou nespádají. Do kategorie nízkoemisních vozidel spádají vozidla s emisemi CO<sub>2</sub> do 50 g/km (Srb, 2023).

- Dálniční poplatky - díky registrační značce, která nese označení „EL“ je možné jezdit po dálnicích bez poplatků. Pokud má někdo vozidlo, které splňuje podmínky nízkoemisního vozidla, ale nemá na registrační značce označení „EL“, musí to nejdříve oznámit, aby mu bylo umožněno bezplatné ježdění po dálnici (Srb, 2023).
- Parkování ve městě - pokud registrační značka nese označení „EL“, může vozidlo v Praze parkovat na modrých (rezidentních) a fialových (smíšených) zónách. Uživatel vozidla může ušetřit až několik tisíc korun ročně za parkování, protože majitel běžného vozidla si platí jen určitou část pro parkování, a když chce zaparkovat jinde, musí zaplatit znovu, ale majitel elektromobilu s může parkovat téměř kdekoliv bezplatně (Srb, 2023).
- Vyšší povolená rychlost - v některých zemích Evropy se snaží motivovat ke koupi elektromobilu tím, že je zvýhodní zvýšením povolené rychlosti. Například v Rakousku, na úsecích s označením IG-L smějí konvenční vozidla z ekologických důvodů jet maximální rychlosti 100 km/h, ale elektromobily zde můžou jet rychlostí 130 km/h (Srb, 2023).

### **3.4.7 Výhody a nevýhody elektromobilů**

Výhody:

- lepší dopad na životní prostředí při provozu v porovnání s vozidly na konvenční paliva
- levnější náklady na palivo
- nižší cena za servis
- jsou dynamické – elektřina je téměř bez prodlevy
- skoro bez hluku – tato výhoda je diskutabilní co se týče bezpečnosti (Zpravy.aktualne.cz, 2020)

Nevýhody:

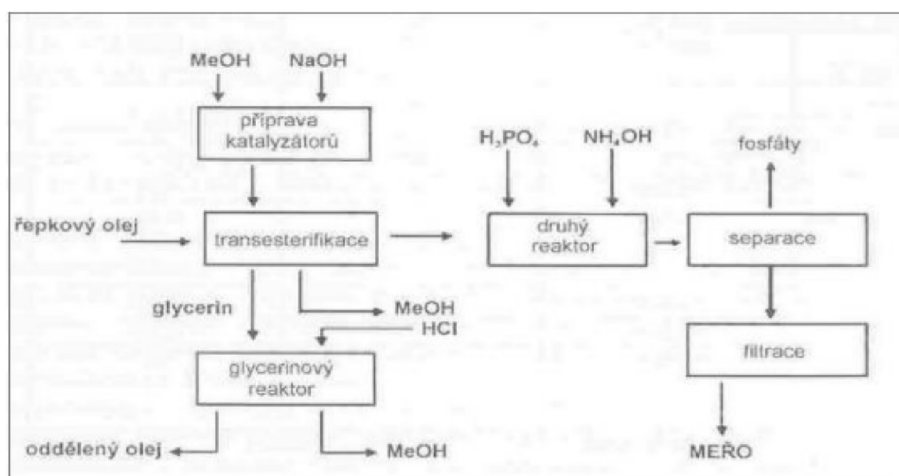
- vysoké pořizovací náklady
- většinou krátká dojezdová vzdálenost
- časově náročné na dobíjení
- omezená dostupnost dobíjecích stanic (Zpravy.aktualne.cz, 2020)

### 3.5 Bionafta

Na rozdíl od benzínu, který má několik alternativ jako je třeba zemní plyn, ropný plyn nebo třeba etanol, nafta jich tolik nemá. Alternativ pro naftu existuje velice málo, ale mezi ty hlavní patří Metylester řepkového oleje (MEŘO), který vzniká při reakci řepkového oleje s metanolem neboli bionafta. Bionafta je směs rostlinných olejů. Naftové motory dokonce dokáží fungovat na živočišné tuky nebo na odpadní kuchyňské oleje. Ovšem toto neznamená že najednou můžeme místo nafty začít do automobilů lít kuchyňský olej (Urban, 2009).

#### 3.5.1 Výroba bionafty

Než se tyto oleje a tuky můžou použít pro pohon do spalovacích motorů, musí být nejprve upraveny na bionaftu (3.18). Bionafta je získávána z rostlinných olejů procesem, který se nazývá esterifikace. Oleje, které prošli esterifikací jsou následně smíchány s alkoholy. Potom co se oleje smíchají s alkoholy dojde k chemické reakci, ve které se oddělí glycerol a ester. Po oddělení jsou estery smíchány s běžnou naftou, která se získává z fosilních paliv a dalšími prvky, které mají pozitivní vliv na emise, spalování, a taky na životnost samotné bionafty (Šebor et al., 2006).

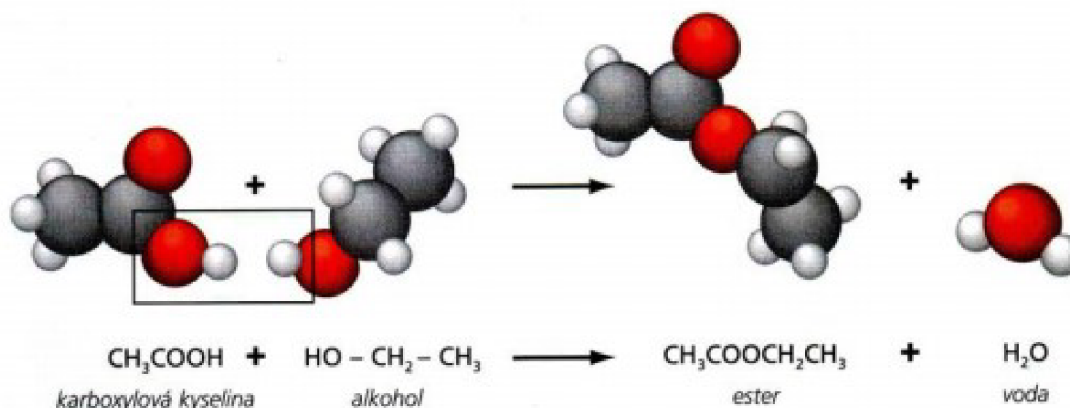


Obrázek 3.18: Proces výroby bionafty (Vlk, 2004)

#### 3.5.2 Esterifikace rostlinných olejů

Esterifikace rostlinných olejů (3.19) je chemický proces, který se provádí, aby rostlinné oleje dostali podobné vlastnosti jako běžná motorová nafta. Jedná se o reakci alkoholu a kyseliny z čeho vzniká glycerol a voda (Hlavenka et al., 2008).

Poté co proběhne esterifikace methanolem nebo ethanolem se původní rostlinné oleje změny na methylestery nebo ethylestery nasycených mastných kyselin. Většinou jsou tyto kyseliny označovány zkratkou FAME (Fatty Acid Methyl Ester – methylestery mastných kyselin) nebo pod známějším názvem bionafta (Hlavenka et al., 2008).



Obrázek 3.19: Esterifikace rostlinných olejů (ucseonline.cz, 2013)

### 3.5.3 Označení bionafty

Poté co je nafta smíchána s bionaftou má označení B. B je údaj, který udává procentuální zastoupení bionafty ve směsi. Nejběžněji se na čerpacích stanicích vyskytuje směs s označením B5, a to znamená že se ve směsi vyskytuje 5 procent bionafty. A druhá nejběžnější směs je B20. Ve směsi B20 se může podíl bionafty pohybovat od 6 do 20 procent. Čistá bionafta má označení B100, ale ta je pro běžné spalovací motory téměř nepoužitelná. Bionafta má také mnohem vyšší cetanové číslo, které udává schopnost nafty se vznítit a shořet (Handl, 2022).

### 3.5.4 Proč zvolit bionaftu

Ve státě Illinois v Argonne National Laboratory byla provedena studie, ve které se prokázalo že čistá bionafta má až o 74 procent nižší emise než konvenční motorová nafta. Tím že se v esteru vyskytují molekuly kyslíku způsobuje to, že dochází k téměř dokonalému spalování. Tím že mají směsi B5 a B20 lepší spalování než běžná motorová nafta, dochází také k tomu, že se snižuje celková spotřeba (Handl, 2022).

Kromě výhod, které jsem zde udal, má další obrovskou výhodu v tom, že se dá vyrábět z olejů, které se v daném regionu produkují. Výhoda je v tom, že se tím sníží závislost na importu z jiných zemí. Dále je taky méně toxická než běžná nafta nebo benzín, což má kladný vliv na manipulaci. Ale asi tou nejhlavnější výhodou bionafty je ta, že má výbornou bilanci energetickou bilanci. To spočívá v tom že energie, která je potřeba na její výrobu mnohem nižší než energie, kterou dokáže vyprodukovat (Handl, 2022).

### 3.5.5 Proč bionaftu nezvolit

Tak jako vše ostatní, tak ani bionafta není bezchybná. Jedna z hlavních nevýhod se projeví při nízkých teplotách, kdy je bionafta vysoce viskózní. Tím pádem může bionafta při nízkých teplotách způsobovat ucpávání palivového potrubí. Proto pokud se někdo s tímto problémem setkává, tak by měl využívat bionaftu s větším podílem ropné nafty (Handl, 2022).

Dalším problémem u bionafty může být ucpávání palivových filtrů. Bionafta má totiž schopnost rozpouštět nečistoty v palivovém potrubí. To znamená že je nutná častější výměna palivových filtrů, což se projeví na ekonomické stránce provozu vozidla. Další nevýhodou je, že se může stát, že bionafta bude mít vliv na životnost některých součástí v motoru nebo na životnost motoru samotného. Proto je důležité udělat na motoru některé úpravy před tím, než na bionaftu přejdeme (Handl, 2022).

## **3.6 Bioethanol**

Bioethanol, někdy taky nazýván jako bioolh. Jedná se o nejvyužívanější alkoholové bio-palivo. V běžný dopravě ho můžeme najít pod označením Ethanol E85, to znamená že je složený z 85 procent bioetanolom a zbylých 15 procent je bezolovnatý benzín. Poměr etanol a benzínu se v průběhu roku mění, ovšem obsah etanol nesmí klesnout pod 70 procent (Kolovrátník, 2022).

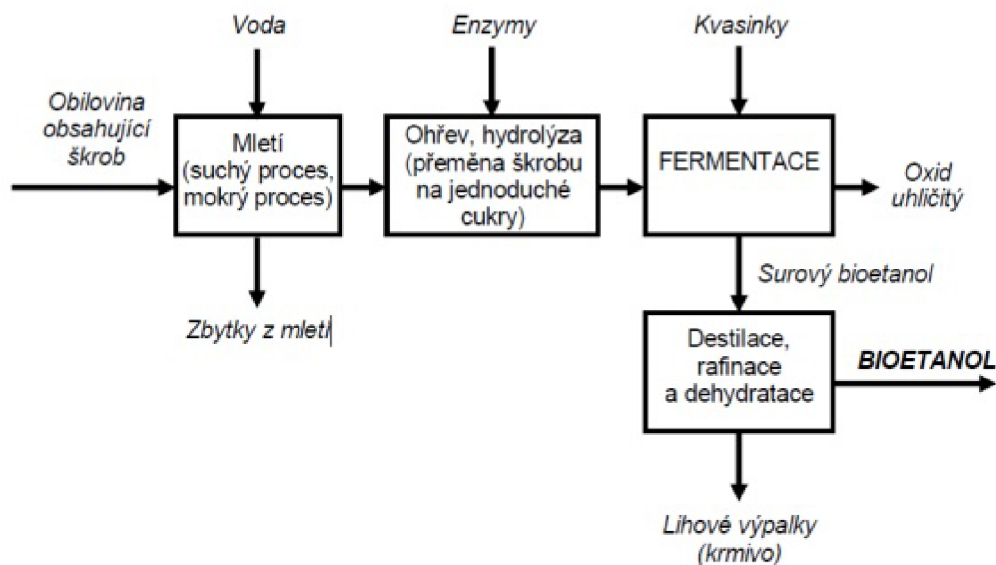
### **3.6.1 Vlastnosti bioetanolu**

Jedná se o nejjednodušší alkohol. Je to kapalná, bezbarvá a pro člověka vysoce jedovatá látka. Hustota kapaliny je 790 kg/m<sup>3</sup> a výhřevnost je přibližně 19/5 MJ/kg. Bod varu je od hranice 64,7 °C a bod vzplanutí je na 8 °C. Protože má bioethanol nízkou výhřevnost, tak je třeba upravit i palivový systém. Úpravou zvýšíme dodávku paliva 1,7krát (Kolovrátník, 2022).

Když porovnáme bioethanol s motorovou naftou, zjistíme, že má bionafta nízké cetanové číslo. Což je značnou nevýhodou, protože to snižuje vznětlivost paliva. Do paliva můžeme sice přidat aditiva. Ovšem to není moc efektivní, protože abychom cetanové číslo zvýšili na hodnotu 50, tak je potřeba velké množství aditiv, které musíme přidat i proto, abychom zvýšili mazací schopnost (Kolovrátník, 2022).

### **3.6.2 Výroba bioetanolu**

Bioethanol se vyrábí kvašením s následnou destilací a absolutizací surovin (3.20), čímž jsou rostliny. Rostliny pro výrobu bioetanolu můžeme rozdělit na dvě skupin, škrobnaté (brambory, kukuřice, žito pšenice) a na cukernaté rostliny (cukrová řepa a cukrová třtina). Pro výrobu bioetanolu je základní složkou cukr nebo škrob, ze kterého díky enzymům a kvasinkám vzniká kvašením alkohol. Kvašení cukrů a škrobu je trochu rozdílné. Zatímco u cukru probíhá kvašení přímo, tak u škrobu musí nejdříve proběhnout enzymatický rozklad rostlinného materiálu. Proces kvašení může být ukončen dvěma způsoby, a to buď když dojde cukr nebo když dojde k maximální koncentraci alkoholu. Při kvašení dojde ke vzniku etylalkoholu neboli bioetanolu, který se oddělí destilací. Aby se bylo možné bioethanol následně použít jako palivo, je třeba provést absolutizaci. Při absolutizaci dojde ke zbavení zbytkové vody a tím vzniká téměř čistý bioethanol se stupněm čistoty 99 procent (sterlingsihi.com, 2023).



Obrázek 3.20: Výroba bioetanolu z obilovin, (Weiss a Svobodná, 2015)

### 3.6.3 Vliv Etanolu E85 na výkon

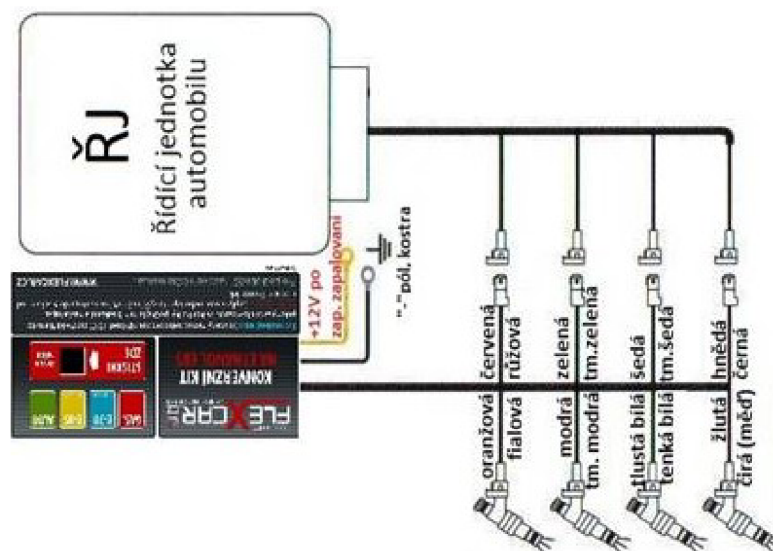
Paradoxně i přes to, že Etanol E85 zvyšuje výkon motoru, tak má menší výhřevnost, a to ze čtyř důvodů. Prvním důvodem je, že obsah kyslíku v Etanolu E85 je 30 procent a v benzínu jen 4 procenta. Díky tomu, se po přidání přestavbové jednotky, vejde ve válci více Etanolu E85, který může shořet jak s atmosférickým kyslíkem, tak s kyslíkem z etanolu dohromady. Dalším důvodem je, že díky většímu obsahu kyslíku v etanolu může lépe hořet, což má za následek zvýšení výkonu a až o 70 procent lepší emise. Třetím důvodem je ochlazení při odpařování, které je čtyřikrát větší než u benzínu, což znamená, že potom co je do motoru vstříknut etanol, tak prostor válce, a i vzduch v něm je ochlazen čtyřikrát více. Díky tomu že je to zchlazení takhle velké, tak se do válce vejde mnohem více vzduchu a tím pádem i kyslíku, se kterým může etanol hořet. A poslední důvod je Etanol E85 je těžší než benzín, což znamená, že se při vstřiku dostane do spalovacího prostoru více hmoty. Díky tomu je i vyrovná nižší výhřevnost Etanol E85, která se udává MJ / kg (Flexcar.cz, 2012).

### 3.6.4 Může běžný automobil jezdit bez úpravy na Etanol E85?

Teoreticky i prakticky to možné je. Ovšem pokud tak skutečně učiníme bude to mít nepříznivé účinky. Negativní dopad to může mít například na startování při nízké teplotě. Může se stát, že automobil bude startovat hůře nebo nenastartuje vůbec. Další negativní vliv to může mít na spotřebu, která se může zvýšit o 20 až 30 procent, to znamená že i když je Etanol E85 levnější, tak se nám z ekonomických důvodů provoz na Etanol E85 nevyplácí, protože nízkou cenu vykompenzuje nárůst spotřeby. Z těchto důvodů se vyplatí automobil vybavit přestavbovou jednotkou, která všechny negativní vlivy vyruší. Pokud automobil přestavbovou jednotkou vybavíme, tak vozidlo spaluje dokonale čistý Etanol E85, což má za následek pozitivní dopad na ekologickou a ekonomickou stránku provozu. Pokud bychom dlouhodobě používali Etanol E85 bez přestavbové jednotky, tak z důvodu



chudé směsi by mohlo docházet k různým škodám na motoru jako například propalování ventilů (Janoušek, 2016).



Obrázek 3.21: Přestavbová jednotka a její zapojení, (Dobeš, 2012)

### 3.6.5 Princip přestavby na E85

Princip spočívá v tom, že se vloží elektronická přestavbová jednotka (3.21) mezi stávající elektronickou jednotku a mezi vstříky. Díky této přestavbové jednotce je možné spalovat v běžném motoru Etanol E85. Úkolem přestavbové jednotky je přetransformovat signály které vychází z původní řídicí jednotky pro spalování benzínu, tak aby vyhovovaly ke spalování etanolu (Janoušek, 2016).

### 3.6.6 Vliv Etanol E85 na spotřebu

Pokud zvolíme palivo Etanol E85, tak to může mít dva následky. Jedním z následků je, že se nám zvýší dynamika vozu, protože cetanové číslo Etanolu E85 je přibližně 106. A druhý následek je že nám může nepatrně vzrůst spotřeba. Ve většině případech se potvrzuje pravidlo, že pokud uživatel vozidla bude mít stále stejný styl jízdy jako před užíváním Etanolu E85 a nevyužijí zvýšenou dynamiku, tak spotřeba zůstane přibližně stejná. Ovšem pokud uživatel využije zvýšené dynamiky, tak může spotřeba vzrůst přibližně o 15 až 20 procent (Janoušek, 2016).

### 3.6.7 Výhody a nevýhody Etanolu E85

Výhody:

- vyšší oktanové číslo
- vyšší výkon motoru
- není nutná přídavná nádrž

- nízká cena za přestavbu
- šetření ropy
- bez omezení na parkování (Dubanský, 2020)

Nevýhody:

- negativní vliv na životnost součástí z kovu a plastu
- eliminuje olej a brání mazacímu účinku
- negativní vliv na startování při nízkých teplotách
- možnost vdechnutí škodlivých výparů při tankování (Dubanský, 2020)

## 3.7 Biomethanol

Výroba biometanolu je ve světě známá už dlouho. Vznikal jako vedlejší produkt při výrobě dřevěného uhlí a vznikalo ho málo. Od té doby uplynulo mnoho let a výroba biometanolu udělala obrovský pokrok. Dřevěné uhlí už v této době nemá takový význam jako v minulosti, ale biometanol si své místo na trhu získal. Vyrábí se z biomasy, což se značně projevuje na ceně, protože je tato výroba dvakrát dražší, než výroba metanolu z fosilních paliv jako je například zemní plyn nebo černé uhlí (Urban, 2009).

### 3.7.1 Vlastnosti biometanolu

Biometanol který se vyrábí ze dřeva za účelem, aby nahradil benzín nebo motorovou naftu, tako má nižší emise všech škodlivých látek (3.2), a to v průměru o 20 až 70 procent. Díky své energetické hustotě, kterou má biometanol poměrně vysokou, umožňuje vyšší účinnost spalování a má nižší teplotu hoření, což má za následek menší produkce škodlivin. Všeobecně je známo že biometanol je (Vlk, 2004).

**Tabulka 3.2:** Snížení emisí při použití biometanolu místo nafty u nákladního automobilu (Truxová, 2016)

Látka	snížení emisí v procentech
NO <sub>x</sub>	-60
CO	-95
HC	-95

### 3.7.2 Výroba biometanolu

Základním procesem pro výrobu biometanolu, je zplynování suroviny. Ve většině případech to probíhá tak, že se biomasa usuší a následně je rozdrčená na malé kousky nebo na prášek. Obsah vlhkosti v rozdrčené směsi může být maximálně v rozmezí 15 až 20

procent. Poté co je směs rozdrcená, tak se dá do zplyňovacího kotle, kde je smíchána pod tlakem s kyslíkem a vodou. Část biomasy shoří a díky tomu vznikne teplo, který započne proces zplyňování. Při zplyňování se získá směs plynů, která obsahuje vodík, oxid uhličitý, oxid uhelnatý, vodu, metan a vyšší uhlovodíky. Proces zplyňování obsahuje dva kroky. Prvním z nich je parciální oxidace, která probíhá při teplotě 500 °C. Druhým krokem je též parciální oxidace, ovšem tady už je teplota vyšší a to přibližně 1300 až 1500 °C. Plyn, který tímto vznikne, je následně třeba zbavit nechtěných prvků a sloučenin (Bozzano a Manenti, 2016).

### **3.7.3 výhody a nevýhody biometanolu**

Výhody:

- široká škála surovin pro výrobu
- vysoká energická hodnota, díky které je lepší spalování
- nízká teplota hoření a tím pádem méně škodlivin
- bezpečná manipulace
- nízká prchavost (Truxová, 2016)

Nevýhody:

- zvyšuje náchylnost na korozi kovů
- negativní vliv na plastové součástky
- detergentní účinek (odstraňování maziva)
- nízký bod varu a vzplanutí
- neviditelný plamen
- nebezpečný jak na vdechnutí, tak i při kontaktu s kůží
- vysoká cena (Truxová, 2016)

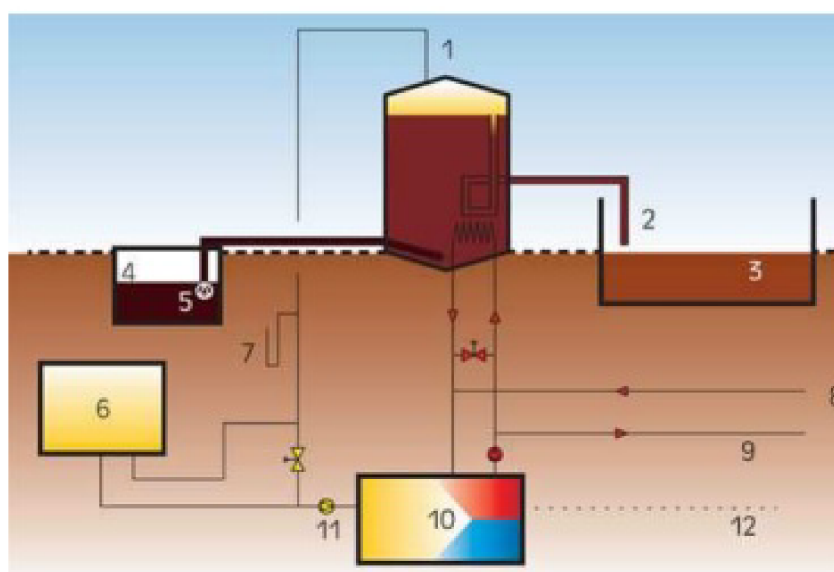
## **3.8 Bioplyn**

### **3.8.1 Výroba bioplynu**

Bioplyn se může získávat z několika surovin jako je například biomasa, kejda, nebo z organické části komunálního odpadu. Máme dva způsoby pro získávání bioplynu z těchto surovin. Ten méně známý a používaný způsob pro získávání bioplynu je produkce plynu ve skládce odpadů. Bioplyn vytvořený touto metodou se nazývá skládkový. U skládkového bioplynu se často mění jeho složení, a to, jak v závislosti na složení odpadu, ze kterého se plyn získává, tak i na čase. V takto vytvořeném bioplynu může být i problém nízké procento metanu a to až 1 procento a koncentrace kyslíku může být až 10 procent (Šebor et al., 2006).

Mnohem známějším a Efektivnějším způsobem pro výrobu bioplynu je anaerobní fermentace v reaktoru. Výroba v reaktoru má výhodu takovou, že se v něm dají korigovat vhodné podmínky pro výrobu, aby výroba bylo co nejefektivnější, a to například vhodná teplota nebo míchání substrátu. Pevné zbytky, které z fermentace zbydou najdou využití jako hnojivo (Šebor et al., 2006).

Bioplyn, který takto vznikne bioplynové stanici (3.22) se nazývá surový a je třeba ho vyčistit. Surový bioplyn se čistí podle toho, kde a jak se má následně použít. Čistí se od vody, oxidu uhličitého, sulfanu, kyslíku, dusíku a vyšších uhlovodíků (Šebor et al., 2006).



1. odvod bioplynu
2. přepad kalu
3. zásobník odplyněné kejdy
4. nová sběrná nádrž
5. kalové čerpadlo
6. plynojem
7. vodní uzavěr
8. připojení ke stávajícímu dálkovému vytápění
9. teplo z kogenerační jednotky
10. kogenerační jednotka
11. dmychadlo
12. elektřina z kogenerační jednotky

Obrázek 3.22: Schéma bioplynové stanice, (Ekowatt.cz, 2007)

### 3.8.2 Fyzikální a chemické vlastnosti bioplynu

Veličina	Jednotky	Druh bioplynu		
		Skládkový plyn	Bioplyn z ČOV	Bioplyn (60 % CH <sub>4</sub> , 38 % CO <sub>2</sub> , 2 % ostatní)
Hustota	kg.m <sup>-3</sup>	1,18	1,12	1,21
Spalné teplo	MJ.m <sup>-3</sup>	24,7	26,6	neuveveno
Výhřevnost <sup>1)</sup>	MJ.m <sup>-3</sup>	22,2	23,9	21,5
Teoretická spotřeba pro spal. se vzduchem	m <sup>3</sup> / m <sup>3</sup>	5,9	6,27	5,71

<sup>1)</sup> Výhřevnost skládkového plynu se může pohybovat v intervalu 18–22 MJ/m<sup>3</sup>  
výhřevnost fermentačně vyrobeného bioplynu se může pohybovat v intervalu 20–24 MJ/m<sup>3</sup>

Obrázek 3.23: Chemické a fyzikální vlastnosti bioplynu, (Šebor et al., 2006)

### 3.8.3 Složení bioplynu

Bioplyn je směs několika plynů (3.3). Složení bioplynu může být různé a závisí to na faktorech, které působí při rozkladu biomasy a na lokalitě odkud biomasa pochází. Většinou má ve směsi největší zastoupení metan a oxid uhličitý. Ostatní látky ve směsi jsou brány jako vedlejší, a ne příliš podstatné, a to i přesto, že jejich zastoupení může být nezanedbatelné. Směs bioplynu může obsahovat až přes 500 látek (Šebor et al., 2006).

**Tabulka 3.3:** Složení bioplynu (Šebor et al., 2006)

Složka	obsah v procentech
Metan	40 - 75
Oxid uhličitý	25 - 55
Vodní pára	0 - 10
Dusík	0 - 5
Kyslík	0 - 2
Vodík	0 - 1
Čpavek	0 - 1
Sulfan	0 - 1

### 3.8.4 Bioplyn určen pro pohon dopravních prostředků

Je možné použít bioplyn jako palivo pro dopravní prostředky, avšak toto lze učinit pouze v případě, že bude správně očištěn a zbaven nepožadovaných látek. Podmínkou pro jeho využití jako paliva v dopravních prostředcích je, aby měl vlastnosti srovnatelné se zemním plynem. Konkrétně musí mít srovnatelnou výhřevnost a obsah metanu musí být vyšší než 95 procent. Vlastnosti bioplynu jsou uvedeny v tabulce 3.23 (Vlk, 2004).

V Evropě se bioplyn nejčastěji používá pro pohon městské hromadné dopravy. Ve švédsku jezdí na bioplyn 130 autobusů MHD, ve Švýcarsku jezdí na bioplyn 520 s tím že mají možnost tankovat na 27 stanicích. U nás v České republice je bioplyn jako palivo pro dopravní prostředky pro zatím pouze teoretická budoucnost, protože většina bioplynu, který vyprodukuje, ihned spotřebujeme zase v bioplynových stanicích nebo v čističkách odpadních vod (cng.cz, 2008).

### 3.8.5 Výhody a nevýhody bioplynu

Výhody:

- výroba z odpadu
- výroba z obnovitelných zdrojů
- nízké emise při spalování

- vedlejším produktem je hnojivo

Nevýhody:

- nestabilní produkce
- nedostupnost
- pouze lokální výroba

(Vlk, 2004)

---

## 4 Alternativní paliva v letecké dopravě

V dnešní době patří letecká doprava k nejpohodlnější a nejbezpečnější přepravě jak osob, tak i nákladu. Tím pádem se není čemu divit, že se využívá čím dál více. Je to sice nejmladší druh dopravy, ale za svůj krátký život zaznamenala obrovský vývoj. Letecká doprava má obrovský vliv na mezinárodní spolupráci. V dnešní době už si mezinárodní spolupráci bez letecké dopravy dokážeme jen těžko představit. Ale bohužel letecká doprava není na první pohled tak dokonalá, jak by se mohla zdát. Nese si sebou hned několik negativních vlivů. Jako je například negativní vliv na životní prostředí anebo vysoké náklady na palivo, kterými jsou letadla poháněna. Ovšem řešením těchto problémů by mohla být alternativní paliva (Dvorský, 2011).

Co se týče letecké dopravy, tak alternativní paliva nejsou tak nová, jak by se mohla zdát. První pokusy byly prováděny už v padesátých letech 20. století. V té době se zkoušela kryogenní paliva jako je třeba vodík, který by mohl sloužit jako palivo pro proudové letouny. Když vypukla krize v USA v roce 1973, která měla za následek rapidní růst ceny ropy, tak se prováděly další výzkumy alternativních paliv. Ale bohužel i přes vysokou cenu ropy se ukázal paliva získaná právě z ropy jako nejekonomičtější. V dnešní době, a i z této práce už ale víme že ropa tu nebude napořád, a proto je nutné hledat alternativa i v letecké dopravě, a nejen v pozemní. Na štěstí od krize v USA už uplynula poměrně dlouhá doba a technologie udělaly velký pokrok a díky tomu je možně na výzkumy z minulosti navázat. V dnešní době už je řada alternativ k ropným produktům úspěšně testována a certifikována. Jediným problémem zůstává ekonomická stránka alternativních paliv pro leteckou dopravu (Dvorský, 2011).

### 4.1 Rozdělení alternativních paliv v letecké dopravě

Rozdělení alternativních paliv (4.1) v letecké dopravě se rozděluje podle toho, z jakého typu surovin se vyrábí, například jestli jsou syntetická či z obnovitelných zdrojů.

#### 4.1.1 syntetická paliva

Syntetická paliva se můžou vyrábět ze tří základních surovin, kterými jsou uhlí, plyn a biomasa. Paliva vyráběna z uhlí se označují CTL (coal to liquid), z plynu se označují GTL (gas to liquid) a paliva vyráběna z biomasy se označují BTL (biomass to liquid). Metoda, kterou se tato paliva vyrábějí se nazývá Fischer-Tropsch. Paliva vyrobená z těchto surovin a touto metodou se dají, jakkoliv míchat s konvenčními palivy. V dnešní době se už některým společnostem podařilo získat certifikaci na tato paliva. Ale je tu problém, kterým je, že výroba z neobnovitelných zdrojů jako je uhlí nebo zemní plyn není považována za dlouhodobě udržitelnou a také neřeší problém s globálním oteplováním. Z

tohoto důvodu se výzkumy zaměřují spíše na výrobu z biomasy a na výrobu biologického tryskového paliva. Díky tomu že je biologické tryskové palivo vyráběno z rostlin zachycující oxid uhličitý, tak nevznikají žádné další skleníkové plyny (Dvorský, 2011).

#### **4.1.2 Obnovitelná alternativní letecká paliva**

Další skupinou alternativních paliv v letecké dopravě jsou paliva z obnovitelných zdrojů. Tato paliva jsou označována zkratkou HRJ (hydrotreated jet). Až na pár výjimek se většina z nich vyrábí z rostlinných olejů. Na výrobě a celkovém vývoji obnovitelných paliv se podílejí nejen velké společnosti ale také univerzity. Cílem jejich výzkumů je, aby bylo možné alternativní biopaliva smíchat s běžnými palivy. Způsobů, jak vyrábět obnovitelná paliva pro leteckou dopravu je několik. Jedním ze způsobů je vyrábět je na bázi bio-dieselu nebo ze zkapalněné biomasy procesem, který se nazývá pyrolýza. Letecká doprava dále využívá paliva na bázi alkoholů, ty se vyrábějí pomocí hydrolýzou nebo fermentací. Paliva, která jsou na bázi alkoholu se hodí spíše pro malá sportovní letadla (Dvorský, 2011).

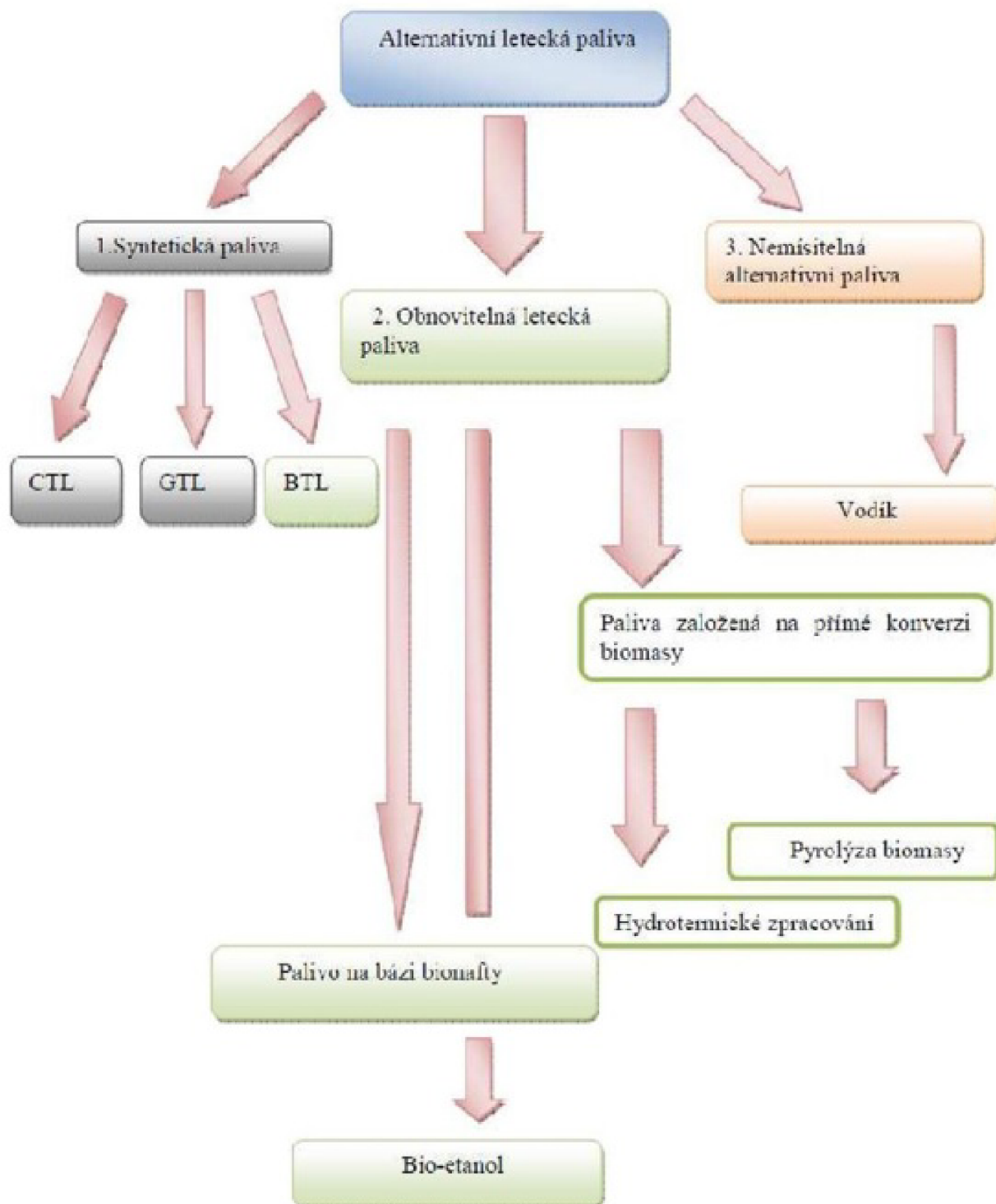
#### **4.1.3 Nemísitelná paliva**

Poslední skupinou alternativních paliv v letecké dopravě jsou paliva, která se nedají s běžnými palivy mísit. Pro použití těchto paliv bude třeba vymyslet novou infrastrukturu. Nejznámějším palivem v této kategorii je vodík. Vodík vypadá jako slibná budoucnost alternativních paliv v letecké dopravě. V budoucnu by se měl vodík získávat jadernou fúzí. Nevýhodou vodíku je, že by byla nutná kompletní změna motorů a plnicí techniky (Dvorský, 2011).

### **4.2 Shrnutí alternativních paliv v letecké dopravě**

S tím že alternativní paliva budou mít i v letecké dopravě své opodstatnění se počítá na sto procent. Počítá se s tím, že hlavním dominantem bude palivo HRJ. Ovšem je tu stále otázka menších letounů, u kterých to tak jisté není. Ovšem pokud by i menší letouny měli začít využívat nějaké alternativní palivo tak by to měl být etanol. Hlavním faktorem, který určuje, kdy se alternativní paliva začnou v letecké dopravě využívat, je finanční náročnost. Očekává se, že průměrná cena za vyrobený litr bude přibližně 1,20 až 1,40 amerických dolarů (údaj z roku 2010), což je skoro dvojnásobek ceny běžného paliva pro proudová letadla. Sice se počítá s tím, že čím lepší technologie bude, tím levněji dokážeme palivo vyrábět, ale s lepší finanční náročností na výrobu se počítá až za deset let. Do tohoto odhadu jsou započítány i faktory jako je zdražování ropy, různé poplatky za emise nebo zvyšující se výkonnost výroby díky novým technologiím (Dvorský, 2011).





Obrázek 4.1: rozdělení alternativních paliv v letecké dopravě, (Dvorský, 2011)

---

## 5 Která alternativní paliva mají budoucnost a která zase ne?

Čerpat fosilní paliva do nekonečna nejde ze dvou důvodů. Za prvé je to, protože se jejich zásoby rapidně zmenšují. A druhý důvod je, že spalováním fosilních paliv vznikají látky, které mají negativní vliv na životní prostředí. Z těchto důvodů je nutné myslet na budoucnost a vymyslet alternativy, které by byly schopny konvenční paliva nahradit. Která z alternativ se jeví jako nejvýhodnější? Bude to vodík, elektřina či něco jiného? Na to si odpovíme v této kapitole (Dolejš, 2017).

### 5.1 Budoucnost elektromobility

V současnosti jde elektromobilita stále ku předu, a to rapidním tempem. V dnešní době už ani na českých silnicích není elektromobil nějakou výjimkou. Ve většině případech si jsou podobné s vozidly na konvenční paliva nebo v některých ohledech jsou elektromobily i lepší. Spousta řidičů vkládá do elektromobility velkou víru a naději a věří tomu, že budoucnost elektromobility je velice slibná. Bohužel pořád se tady vyskytuje několik faktorů, které slibnou budoucnost elektromobility oddalují. Jedním z faktorů je ekologie. Provoz elektromobilů sám o sobě je ekologický a nevznikají při něm žádné škodlivé látky, to se ovšem nedá říct o výrobě samotné elektřiny pro pohon vozidel, která už tak ekologická není, takže než se začne brát elektřina jako alternativní palivo budoucnosti, je třeba vymyslet způsob, jak vyrábět elektřinu pro pohon vozidel z obnovitelných zdrojů, aby to nemělo tak fatální dopad na životní prostředí. Dalším faktorem ovlivňujícím budoucnost by mohla být doba dobíjení, která je dlouhá, nebo ještě ne příliš hustá síť s nabíječkami na elektromobily (Dolejš, 2017).

### 5.2 Budoucnost vodíku

V dnešní době už ani vodík není nic neobvyklého, na českých silnicích už ho můžeme potkat stejně jako elektromobily, ovšem oproti nim má, co se týče budoucnosti, o něco lepší vyhlídky na budoucnost. Celkově co se týče využitelnosti vodíku jako paliva pro dopravní prostředky, tak oproti ostatním alternativám běžného paliva má asi nejslibnější budoucnost. Vodík lze použít ve spalovacích motorech, a to i v běžných, u kterých se provedou jen drobné úpravy. V dnešní době se už tato metoda nahrazuje spíše palivovým články, který mají přece jen o něco lepší vizi v budoucnosti. V palivových článkách dochází k přeměně vodíku na elektrickou energii, která se následně využívá pro pohon vozidla, jak je vysvětleno v kapitole 3.1. Oproti elektromobilům dochází k mnohem ekologičtějším

provozu, protože při takovém procesu výroby elektřiny nedochází k vytváření škodlivin. Jediný, co se při výrobě elektřiny tímto způsobem uvolňuje do ovzduší je vodní pára (Dolejš, 2017).

Bohužel, i když tato alternativa vypadá zatím nejlépe nadějně, ještě stále není tak dokonalá, aby nahradila fosilní paliva. Největším problémem je zde samotná výroba vodíku, která je mnohem náročnější oproti konvenčním palivům a pokud by měl vodík běžná paliva nahradit, bylo by třeba ho vyrábět dále větší množství než do teď. Dalším faktorem, který brání vodíku stát se dokonalou alternativou běžných paliv je skladování vodíku, kdy je ho třeba pro uskladnění stlačit a zkapalnit, což je taky energeticky velmi náročné, ovšem sice vědci už zkouší vymyslet nějaké technologie, jak tyto procesy ulehčit, ale než se jim povede najít nějaké řešení, tak to ještě nějaký čas potrvá (Dolejš, 2017).

Pokud by se našlo nějaké efektivní řešení, jak by se dali procesy výroby a úschovy vodíku vylepšit a ulehčit, tak by vodík mohl plně nahradit fosilní paliva. Sice vodík není obnovitelným zdrojem, ale na Zemi ho je dostatek, a dokonce se snaží vědci vymyslet technologii, která by dokázala získávat vodík ze slané mořské vody, což by nám také umožnilo získat ho velké množství a dokázalo by to na několik dalších let vyřešit problém kde získávat palivo (Dolejš, 2017).

### **5.3 Budoucnost biopaliv**

V minulosti způsobila biopaliva, který vznikají z biomasy nebo z biologického odpadu, poměrně velký rozruch v oblasti alternativních paliv. Biopaliv, které by mohli nahradit fosilní paliva je několik, například etanol z kukuřice, bioplyn, bionafta nebo bio olej a spousta dalších. Problém těchto biopaliv je že stále obsahují určité množství fosilních paliv, a tudíž by nevyřešily problém se zmenšujícími zásobami ropy. Také se počítalo s tím, že když se sníží podíl fosilních paliv, tak se tím zmenší nebo úplně zanikne produkce CO<sub>2</sub> do ovzduší. Bohužel posledních několik studií ukazují že tomu tak nemusí být vždy (Dolejš, 2017).

Biopaliva se ocitají v podobné situaci jako elektromobily. Podobají se v tom, že jejich provoz je sice mnohem prospěšnější pro ekologii, ale výroba samotných paliv už tak příznivá není, a co se týče technologie jejich skladování, tak to taky není tak jednoduché. Dalším problémem je, že pokud by se biopaliva měli kompletně vyrovnat fosilnímu palivům, tak by bylo potřeba několika násobně zvýšit pěstování plodin pro výrobu biopaliv (Dolejš, 2017).

V dnešní době se na trh dostávají biopaliva, která se nazývají biopaliva 2. generace. Jsou odlišná tím, že jejich výroba spočívá primárně ve zpracování dřevitých surovin nebo se pro jejich výrobu dají využívat i odpadní produkty. Jejich přednostmi by měli být ve snížení nákladů na výrobu a taky by se měli podílet na snížení skleníkových plynů (Dolejš, 2017).

I když se o biopalivech ve společnosti stále mluví, tak mezi řidiči příliš oblíbená nejsou a jejich naděje na perspektivní budoucnost se pomalu vytrácí. Mezi odborníky totiž stále koluje, zda jsou biopaliva pro naši planetu prospěšná či nikoliv (Dolejš, 2017).

---

## Diskuse

Diskuse v této bakalářské práci se zaměřuje na dvě témata. Prvním tématem je zaměření na zhodnocení dosavadního vývoje a současné situace v oblasti alternativních paliv v dopravě a na formulaci doporučení pro budoucí vývoj v této oblasti.

Za posledních několik let se alternativní paliva v dopravě stala velmi důležitým tématem, především díky zvýšenému povědomí o dopadu emisí na klimatickou změnu a potřebě snížení závislosti na fosilních palivech. Díky podpoře ze strany vlád a výzkumných institucí se objevila řada nových technologií a paliv, které mají potenciál nahradit tradiční fosilní paliva.

Přestože jsou alternativní paliva v mnoha ohledech výhodnější než tradiční fosilní paliva, stále se s nimi pojí i řada výzev a omezení. Například v případě elektromobility je nutná výstavba infrastruktury v podobě nabíjecích stanic, což může být velmi nákladné a náročné na koordinaci mezi různými zainteresovanými stranami. V případě vodíkových palivových článků jsou zase problémem vysoké náklady na výrobu vodíku a nedostatečná infrastruktura pro jeho distribuci a skladování.

Dalším problémem může být také zvyšující se poptávka po bioenergetických surovinách, které jsou využívány k výrobě biopaliv, což může vést k konkurenci o zdroje potravin a zvyšovat cenu potravin.

Nicméně, výhody alternativních paliv jsou velké a nejednoznačné. Hovoříme o snížení emisí skleníkových plynů, zlepšení kvality ovzduší a zdraví lidí, větší soběstačnosti a nezávislosti na dovozu fosilních paliv a výraznému snížení dopadu dopravy na životní prostředí.

Doporučení pro budoucí vývoj v této oblasti by měla být zaměřena na zvýšení podpory výzkumu a vývoje nových technologií, infrastruktury a paliv, které by mohly být využity v dopravě. Je také důležité zlepšit koordinaci mezi vládami, výzkumnými institucemi a průmyslem, aby byly stanoveny kroky jak podpory dosáhnout.

A druhým tématem diskuse je, jaké přínosy by mělo využívání alternativních paliv v dopravě v České republice". Pokud by jsme v České republice začali využívat více alternativní paliva v dopravě, mělo by to několik přínosů. První přínos je asi ten nejdůležitějším důvodem, proč se vůbec užívatí alternativních paliv zvažuje, a to ten, že by to pomohlo snížit emise skleníkových plynů a zlepšit kvalitu ovzduší. To by bylo zapříčiněno tím, že používání různých alternativ může mít za následek snížení koncentrace oxidu uhličitého a oxidu dusičitého v ovzduší a díky tomu by došlo k omezení dopadů na kvalitu ovzduší a klimatické změny.

Dalším přínosem pro Českou republiku by mohlo být, že využíváním alternativních paliv by jsme dokázali snížit závislost na fosilních palivech jako je nafta či benzín, kterých jsou pouze omezené zásoby.

Tím že by Česko začalo více využívat alternativní paliva, by mohlo podpořit výzkum a vývoj nových technologií a tím i zlepšit efektivitu současných technologií, což by mohlo mít za následek i velký přínos pro ekonomiku státu.

Využíváním alternativních paliv by mohlo přispět k diverzifikaci energetického mixu. Díky tomu by jsme nemuseli být závislí na jednom jediném zdroji, ale mohli by jsme jich mít v zásobě více a díky tomu přispět k energetické bezpečnosti.

A asi posledním přínosem by bylo, pokud by Česko alternativní paliva hojně vyrábět, pomohlo by to i místní ekonomice. Což znamená že by mohla vzniknout nová pracovní místa.

Využívání alternativních paliv v dopravě v České republice může mít tedy mnoho pozitivních dopadů a přispět k udržitelnější budoucnosti pro životní prostředí, ekonomiku a společnost jako celek.

---

## Závěr

V práci na téma "Alternativní paliva v dopravě" jsme se zabývali využíváním nekonvenčních paliv jako alternativy k tradičním fosilním palivům. V současné době je doprava zodpovědná za velkou část emisí skleníkových plynů, což má významné dopady na klimatickou změnu a kvalitu ovzduší. Proto je nezbytné hledat nová řešení a alternativy k fosilním palivům.

Využívání alternativních paliv v dopravě může přinést mnoho přínosů, jako je snížení emisí skleníkových plynů, snížení závislosti na fosilních palivech, podpora výzkumu a vývoje, diversifikace energetického mixu a podpora místních ekonomik.

Zvolit vhodnou alternativu konvenčních paliv není jednoduchá záležitost. Ta správná alternativa musí splňovat několik faktorů, bez kterých se to neobejde. Tím nejdůležitějším faktorem je, aby surovina, ze které se palivo získává byla jednoduše dostupná, obnovitelná, a ne příliš ekonomicky náročná.

Dalším faktorem ovlivňující volbu alternativního paliva je, aby výroba byla efektivní, čímž je myšleno, aby energie vložená do výroby nebyla větší než získaná z paliva, a aby nebyla výroba technologicky příliš náročná.

Jedním z dalších základních faktorů, aby si nějaké z alternativních paliv našlo a udrželo své místo na trhu, je být konkurence schopný proti běžným palivům, a aby používání dané alternativy mělo co nejméně škodlivý dopad na životní prostředí.

Dalším aspektem, které alternativní palivo bude muset splňovat je použitelnost v běžných motorech, protože ne každý bude mít finance na to, aby si kvůli novému palivu mohl pořídit nový automobil, což by taky bylo velice neekologické, takže je nutné, aby to nějak neomezovalo stávající motory, které by maximálně prošli minimálními úpravami. Pokud by tento aspekt alternativní palivo nesplňovalo, tak je třeba aby vozidlo s novým palivovým systémem bylo dostupné, a aby byla vyřešená ekologická likvidace všech již nepotřebných vozidel nebo pro ně najít nějaké jiné využití a použít z nich například aspoň nějaké součásti pro výrobu nových vozidel.

V dnešní době je nejrozšířenějším alternativním palivem LPG. Ale bohužel to neřeší problém s tím, že se nám zmenšují zásoby ropy, protože ropa je základním prvkem pro výrobu LPG. Takže jakmile bude nedostatek ropy, očekává se, že se z trhu stáhne i LPG.

Pro zatím se jako nejlepší alternativa bere zemní plyn. Zemní plyn sice není obnovitelný zdroj, ale počítá se s tím, že jeho zásoby jsou dostatečně velké na to, aby nám vydržel dost dlouho na to, aby se do té doby vyvinula nějaká jiná vhodná náhrada za konvenční paliva. To alternativou by mohl být vodík, který se považuje za palivo budoucnosti a má poměrně dobře nakročeno, aby se stal dokonalým alternativním palivem. V současnosti má vodík ještě nějaké nedostatky, ale počítá se s tím, že to se povede vyřešit a než k tomu dojde, tak můžeme využívat zemní plyn.

# Seznam použitých zdrojů

- Adamec, V. a Dufek, J. (2015). Produkce emisí CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> a N<sub>2</sub>O dopravou v ČR – stav a vývoj. [online]. [cit. 2023-2-14]. Dostupné z: <https://www.cdv.cz/file/clanek-produkce-emisi-co2-ch4-a-n2o-dopravou-v-cr/>.
- autoweb.cz (2019). Konečně někdo hovoří o největším znečišťovateli v dopravě! Řešením budou nákladní lodě a auta na zemní plyn. [online]. [cit. 2023-2-14]. Dostupné z: <https://www.autoweb.cz/konecne-nekdo-hovori-nejvetsim-znecistovateli-doprave-resenim-budou-nakladni-lode-auta-zemni-plyn> urldate = 2023-02-15.
- Bednář, M. (2021). Jak nejvýhodněji nabít elektromobil: Všude dobře, doma nej-líp? [online]. [cit. 2023-3-21]. Dostupné z: <https://www.eon.cz/byznys-energie/jak-nejvyhodneji-nabit-elektromobil-vsude-dobre-doma-nejlip/>.
- Bergmann, P. (2021). Co je to elektromobil, jak funguje a jaké jsou typy nabíjení? [online]. [cit. 2022-10-5]. Dostupné z: <https://elektrickevozy.cz/clanky/co-je-to-elektromobil-jak-funguje-a-jake-jsou-typy-nabijeni/2>.
- Bozzano, G. a Manenti, F. (2016). Efficient methanol synthesis: Perspectives, technologies and optimization strategies. *Progress in Energy and Combustion Science*. [cit. 2022-11-22]. Dostupné z: doi:10.1016/j.peccs.2016.06.001.
- Budín, J. (2015). Zemní plyn - těžba, vlastnosti a rozdělení. *Oenergetice.cz*. [cit. 2022-11-14]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/plynarenstvi/zemni-plyn-tezba-vlastnosti-a-rozdeleni>.
- Bureš, D. (2017). Alternativní paliva nejsou nic nového. Historické Škodovky jezdily na dřevoplyn! *Auto.cz*. [cit. 2022-10-10]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/alternativni-paliva-nejsou-nic-noveho-historicke-skodovky-jezdily-na-drevoplyn-107758>.
- Březinová, J. (2022). Propan-butan a jeho využití. *Srovnejto.cz*, 2022. [cit. 2022-8-15]. Dostupné z: <https://www.srovnejto.cz/blog/propan-butan-a-jeho-vyuziti/>.
- cez.cz (1999). TĚŽBA ZEMNÍHO PLYNU. [online]. [cit. 2022-11-11]. Dostupné z: [https://www.cez.cz/edee/content/file/static/encyklopedie/vykladovy-slovník-energetiky/hesla/tezba\\_zempl.html](https://www.cez.cz/edee/content/file/static/encyklopedie/vykladovy-slovník-energetiky/hesla/tezba_zempl.html).
- cng.cz (2008). Zemní plyn v dopravě. [online]. [cit. 2022-11-4]. Dostupné Z: [http://www.cng.cz/cs/zemni\\_plyn/](http://www.cng.cz/cs/zemni_plyn/).

- Ct24.ceskatelevize.cz (2017). Naftaři hledají zemní plyn v Žarošicích. Starostové se těší na příspěvky do obecních pokladen. [online]. [cit. 2023-2-14]. Dostupné z: <https://ct24.ceskatelevize.cz/regiony/2075457-naftari-hledaji-zemni-plyn-v-zarosicich-starostove-se-tes-i-na-prispevky-do-obecnich>.
- Dobeš, L. (2012). Základní informace o jednotce FLEXCAR. [cit. 2023-2-14]. Dostupné z: <https://ld-cars.webnode.cz/prestavbove-jednotky/>.
- Dolejš, J. (2017). Alternativní paliva budoucnosti: Elektřina, vodík nebo snad kukuřice. *Chytraauta.cz*. [cit. 2023-1-24]. Dostupné z: <https://www.chytraauta.cz/alternativni-paliva-budoucnosti-201701/>.
- Dubanský, V. (2020). Alternativní paliva v silniční osobní dopravě. [online]. [cit. 2022-10-14]. Dostupné z: <https://vskp.vse.cz/79928alternativnipalivavsilnicniosobnidoprave>.
- Dvorský, D. (2011). VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ. [online]. [cit. 2023-1-14]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/17602611-Vyuzitelnost-alternativnich-paliv-v-letecke-doprave.html>.
- eere.energy.gov (2007). Types of Fuel Cells. [online]. [cit. 2022-10-7]. Dostupné z: [http://www1.eere.energy.gov/hydrogenandfuelcells/fuelcells/fc\\_types.html](http://www1.eere.energy.gov/hydrogenandfuelcells/fuelcells/fc_types.html).
- egia.gov (2020). Information Administration. [online]. [cit. 2022-10-8]. Dostupné z: <https://www.eia.gov/international/data/world>.
- Ekowatt.cz (2007). Energie biomasy. [cit. 2022-12-8]. Dostupné z: <https://ekowatt.cz/?id=121>.
- Elektroprumysl.cz (2019). Typy konektorů pro dobíjení elektromobilů – od pomalých po rychlonabíjecí. *Elektroprumysl.cz*. [cit. 2023-2-14]. Dostupné z: <https://www.elektroprumysl.cz/alternativni-energie/typy-konektoru-pro-dobijeni-elektromobilu-od-pomalych-po-rychlona-bijeci>.
- Eurocng.cz (2022). Rozdíly mezi CNG a LPG. [online]. [cit. 2023-1-19]. Dostupné z: <https://www.eurocng.cz/o-cng/cng-neni-lpg/>.
- Flexcar.cz (2012). Vše o palivu Ethanol E85. [cit. 2022-11-28]. Dostupné z: <http://www.flexcar.cz/vse-o-ethanolu-e85>.
- Handl, J. (2022). Bionafta je ekologičtější a lépe se spaluje. Proč tedy nesvědčí dieslovým motorům? *Flowee.cz*, 2022. [cit. 2022-11-28]. Dostupné z: <https://www.flowee.cz/planeta/10344-bionafta-je-ekologictejsi-a-lepe-se-spaluje-proc-tedy-nesvedci-dieslovym-motorum#>.
- Hlavenka, T., Solařík, M., a Trávníček, P. (2008). Biomasa jako zdroj energie.
- Hluk.eps.cz (2008). Vliv emisí na zdraví (NOx, PM a další). [online]. [cit. 2022-11-8]. Dostupné z: <http://hluk.eps.cz/hluk/emise/vliv-emisi-na-zdravi/>.
- hytep.cz (2022). Základní informace k vodíku. [online]. [cit. 2022-12-8]. Dostupné z: <https://www.hytep.cz/o-vodiku/ve-zkratce>.



- istockphoto.com (2017). Stock ilustrace Palivový článek kyseliny fosforečné. [online]. [cit. 2023-2-14]. Dostupné z: <https://www.istockphoto.com/cs/vektor/palivovC3BD-C4-8DIC3A1nek-kyseliny-fosforeC48DnC3A9-gm699798980-129575881>.
- Janoušek, M. (2016). Problematika ethanolu E85. [online]. [cit. 2023-1-10]. Dostupné z: <https://www.autoslužbyjanousek.cz/servis-motorovych-vozidel/prestavby-vozidel-na-e85/info/55-problematika-ethanolu-e85>.
- Klusoňová, P. (2011). Analýza významu LPG jako alternativního paliva v osobní automobilové dopravě v České republice. [online]. [cit. 2022-11-17]. Dostupné z: <https://vskp.vse.cz/26419-analyza-vyznamu-lpg-jako-alternativniho-paliva-v-osobni-automobilove-doprave-vceske-republice>.
- Kolovrátník, J. (2022). Alternativní paliva pro spalovací motory. [online]. [cit. 2022-9-9]. Dostupné z: <https://dspace.vsb.cz/handle/10084/148489>.
- LPG-cng.ochranamotoru.cz (2009). Metan a propan-butan. *Šlápni na plyn!* [cit. 2022-10-10]. Dostupné z: <https://lpg-cng.ochranamotoru.cz/auta-na-plyn-pohon-sviti-plyn-koks-cechy-morava-slezsko.htm>.
- LPG-cng.ochranamotoru.cz (2010). Metan a propan-butan. *Šlápni na plyn!* [cit. 2022-10-10]. Dostupné z: <https://lpg-cng.ochranamotoru.cz/methan-jizda-na-metan-propan-butan-leuna-gas.htm>.
- lpg-cng.ochranamotoru.cz (2011). Základní informace o CNG. *Šlápni na plyn!* [cit. 2022-10-7]. Dostupné z: <https://lpg-cng.ochranamotoru.cz/auto-autobus-jizda-na-plyn-palivo-zemni-cng.htm>.
- Macurová, A. (2022). Auta na vodík: O co jde a jaké mají výhody a nevýhody? *Autotrip.cz*. [cit. 2022-11-8]. Dostupné z: <https://autotrip.cz/vodikova-auta/-vC3BDhody-a-nevC3BDhody-vodC3ADku>.
- Majer, D. (2019). Inovativní zásobník vodíku pro SLS. [online]. [cit. 2023-3-10]. Dostupné z: <https://kosmonautix.cz/2019/01/inovativni-zasobnik-vodiku-pro-sls/>.
- Mmspektrum.com (2006). Vodíkový palivový článek - pohon budoucnosti? *Mmspektrum.com*. [cit. 2023-2-14]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/vodik-palivo-budoucnosti?fbclid=IwAR2J8sNYpkJdViy-dEbU2MU7zYKEIN0B0Ei5RsARrcJCe5t-hNH0hXR2W6E>.
- mojeenergie.cz (2013). Plynárenství - Výroba a úprava plynu. [online]. [cit. 2022-10-11]. Dostupné z: <http://www.mojeenergie.cz/cz/plynarenstvi-vyroba-a-uprava-plynu-plyn>.
- Mokříš, J. (2022). Jaká je spotřeba elektromobilu na 100 km? *Portalridice.cz*, 2022. [cit. 2022-12-23]. Dostupné z: <https://www.portalridice.cz/clanek/spotreba-elektromobilu-na-100-km>.
- Pešková, M. (2021). Organická chemie. [online]. [cit. 2023-2-14]. Dostupné z: <https://slideplayer.cz/slide/3111591/>.

- plyn.cz (2019). Těžba plynu v ČR: Jsme plynová velmoc? *Plyn.cz*. [cit. 2022-10-7]. Dostupné z: <https://www.plyn.cz/tezba-plynu-v-cr>.
- Procházka, J. (2020). Škóti ako prví v domácnostiach využijú zelený vodík. *Techbox.sk*. [cit. 2023-2-14]. Dostupné z: <https://www.techbox.sk/skoti-ako-prvi-v-domacnostiach-vyuziju-zeleny-vodik/>.
- Prokeš, O. a Čapla, L. (2006). Zkapalněné uhlovodíkové plyny. [online]. [cit. 2023-9-5]. Dostupné z: [http://calpg.cz/vismo/dokumenty2.asp?id\\_org = 600161&id = 1002&p1 = 1002](http://calpg.cz/vismo/dokumenty2.asp?id_org = 600161&id = 1002&p1 = 1002).
- Ráž, O. (2022). Elektromobilita automobilů v kontextu Green Deal. [online]. [cit. 2022-12-4]. Dostupné z: <file:///C:/Users/Vostro/Desktop/Bakal-C3-A1-C5-99ka/obr-C3-A1zky/4476-ZAVERECNA-PRACE-2020000163.pdf>.
- Sikora, K. (2021). Vodík – palivo budoucnosti. *Mmspektrum.com*. [cit. 2022-12-12]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/vodik-palivo-budoucnosti?fbclid=IwAR2J8sNYpkJdViy-dEbU2MU7zYKEIN0B0Ei5RsARrcJCe5t-hNH0hXR2W6E>.
- Skoda-storyboard.com (2019). ŠKODA 256 G. *Skoda-storyboard.com*. [cit. 2023-2-13]. Dostupné z: [https://www.skoda-storyboard.com/cs/inovace-a-technologie/250-let-hledani-idealniho-pohonu/attachment/zz-pr000568\\_prospekt\\_s\\_koda\\_256\\_1 - kopie/](https://www.skoda-storyboard.com/cs/inovace-a-technologie/250-let-hledani-idealniho-pohonu/attachment/zz-pr000568_prospekt_s_koda_256_1 - kopie/).
- Srb, L. (2023). Jaká jsou v Česku zvýhodnění pro majitele elektromobilů v roce 2023? *Elektrické vozy.cz*. [cit. 2023-2-13]. Dostupné z: <https://elektrickevozy.cz/clanky/jaka-jsou-v-cesku-zvyhodneni-pro-majitele-elektromobilu-v-roce-2023>.
- sterlingsihi.com (2023). Výroba bioethanolu. [cit. 2023-1-8]. Dostupné z: <https://www.sterlingsihi.com/cms/cz/home/trhy/prumysl/potravinarsky-a-napojovy-prumysl/vyroba-bionafty-a-bioetanolu/vyroba-bioetanolu.html>.
- Truxová, V. (2016). Automobilová biopaliva. [online]. [cit. 2022-12-14]. Dostupné z: <https://dspace.tul.cz/handle/15240/20664>.
- ucseonline.cz (2013). Estery. [online]. [cit. 2023-2-14]. Dostupné z: <https://www.ucseonline.cz/skola/zakladni-skola/skolni-zapisky/chemie/estery/>.
- Urban, T. (2009). Alternativní paliva a možné zdroje energie pro pohon silničních vozidel. [online]. [cit. 2022-10-8]. Dostupné z: <https://dk.upce.cz/handle/10195/36703>.
- Vlk, F. (2004). *Alternativní pohony motorových vozidel*. František Vlk, Brno, 1. vyd edition.
- vpsr.cz (2022). NÁDRŽE NA LPG. [online]. [cit. 2023-2-14]. Dostupné z: <https://www.vpsr.cz/nadrze-na-lpg>.
- vscht.cz (2007). Vodík: vlastnosti, výroba a využití. [cit. 2023-2-14]. Dostupné z: <https://web.vscht.cz/nadhernl/projektIV/vodik.html>.
- Weiss, V. a Svobodná, J. (2015). Biopalva - jejich výhody a nevýhody. [online]. [cit. 2023-2-14]. Dostupné z: <https://slideplayer.cz/slide/5656986/>.

zemniplyn.cz (2020). Výhody a nevýhody alternativních pohonů. [online]. [cit. 2022-9-12]. Dostupné z: <https://www.zemniplyn.cz/aktuality/vyhody-nevyhody-alternativnich-pohonu>.

Zpravy.aktualne.cz (2020). Přehledně a srozumitelně: 5 největších výhod a nevýhod elektromobilů. [online]. [cit. 2023-1-14]. Dostupné z: <https://zpravy.aktualne.cz/ekonomika/auto/prehledne-a-srozumitelne-5-nejvetsich-vyhod-a-nevyhod-elekt/r-ab1fafa42d9511eb8b230cc47ab5f122/>.

Šebor, G., Pospíšil, M., a Žákovec, J. (2006). Technicko – ekonomická analýza vhodných alternativních paliv v dopravě. [cit. 2023-2-13]. Dostupné z: <https://biom.cz/upload/6e01d6d4c4835ec93cda508772f3bf6e/technickoekonomicka-analyza-vhodnych-alternativnich-paliv-v-doprave.pdf>.

Štěrba, P. a Kryžický, O. (2002). *Jak na LPG*. Computer Press, Praha, vyd. 1 edition.

## Seznam obrázků

1.1	Vývoj emisí, (Adamec a Dufek, 2015) . . . . .	11
2.1	Plnicí stanice na svítiplyn, (LPG-cng.ochranamotoru.cz, 2009) . . . . .	13
2.2	Automobil poháněn svítiplymem, (LPG-cng.ochranamotoru.cz, 2009) . . . . .	14
2.3	Škoda 256 poháněná dřevoplymem, (Skoda-storyboard.com, 2019) . . . . .	15
3.1	Reformace zemního plynu, (vscht.cz, 2007) . . . . .	18
3.2	Získávání vodíku elektrolýzou, (Procházka, 2020) . . . . .	18
3.3	Vodíkový palivový článek, (Mmspektrum.com, 2006) . . . . .	19
3.4	Palivový článek s kyselinou fosforečnou, (istockphoto.com, 2017) . . . . .	21
3.5	Kryogenní nádrž na vodík, (Majer, 2019) . . . . .	22
3.6	Složení zemního plynu, (Pešková, 2021) . . . . .	23
3.7	Ložiska zemního plynu v ČR, (Ct24.ceskatelevize.cz, 2017) . . . . .	25
3.8	Tanker pro přepravu zemního plynu, (autoweb.cz, 2019) . . . . .	26
3.9	Složení směsi LPG podle období a regionu, (eere.energy.gov, 2007) . . . . .	27
3.10	Vybrané vlastnosti propanu, n-butanu a isobutanu, (Prokeš a Čapla, 2006) . . . . .	28
3.11	Výroba LPG ze surové ropy, (Štěrba a Kryžický, 2002) . . . . .	29
3.12	Tlakový zásobník pro bezpečné skladování LPG, (vpsr.cz, 2022) . . . . .	30
3.13	Dobíjení ze sítě, (Bednář, 2021) . . . . .	32
3.14	konektory pro superrychlé nabíjení, (Elektroprumysl.cz, 2019) . . . . .	33
3.15	konektory pro rychlé nabíjení, (Elektroprumysl.cz, 2019) . . . . .	34
3.16	konektory pro pomalé nabíjení, (Elektroprumysl.cz, 2019) . . . . .	34
3.17	Dobíjecí stanice wallbox, (Srb, 2023) . . . . .	35
3.18	Proces výroby bionafty (Vlk, 2004) . . . . .	37
3.19	Esterifikace rostlinných olejů (ucseonline.cz, 2013) . . . . .	38
3.20	Výroba bioetanolu z obilovin, (Weiss a Svobodná, 2015) . . . . .	40
3.21	Přestavbová jednotka a její zapojení, (Dobeš, 2012) . . . . .	41
3.22	Schéma bioplynové stanice, (Ekowatt.cz, 2007) . . . . .	44
3.23	Chemické a fyzikální vlastnosti bioplynu, (Šebor et al., 2006) . . . . .	44
4.1	rozdělení alternativních paliv v letecké dopravě, (Dvorský, 2011) . . . . .	49

## **Seznam tabulek**

3.1	Podíl vyrobeného vodíku podle vstupních surovin (Sikora, 2021) . . . . .	17
3.2	Snížení emisí při použití biometanolu místo nafty u nákladního automobilu (Truxová, 2016) . . . . .	42
3.3	Složení bioplynu (Šebor et al., 2006) . . . . .	45