



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 zemědělství

Autor práce: Martin Hanek

Vedoucí práce: Ing. Ondřej Tupý, DiS.

České Budějovice  
2024

## **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 .....

.....

Martin Hanek

## **Abstrakt**

Tato práce zmiňuje dosavadní alternativní paliva, která se používají. Dále obsahuje současný stav zemědělské techniky, která je poháněna alternativními palivy. V závěru práce je úvaha, které palivo by bylo možné a nejlepší do budoucna rozvíjet.

**Klíčová slova:** Zemědělství; traktor; alternativní palivo; vodík; metan

## **Abstract**

This work mentions the current alternative fuels that are used. It also contains the current state of agricultural technology that is powered by alternative fuels. At the end of the work, there is a consideration of which fuel would be possible and best to develop in the future.

**Keywords:** Agriculture; tractor; alternative fuel; hydrogen; methane

## **Poděkování**

Takto bych chtěl poděkovat mému vedoucímu práce Ing. Ondřeji Tupému, DiS. za trpělivost, vstřícný přístup a jeho rady a pomoc při zpracování této práce. Dále bych chtěl poděkovat své rodině za velkou podporu v průběhu mého studia.

# Obsah

Úvod	7
<b>1 Cíl a metodika práce</b>	<b>8</b>
<b>2 Druhy alternativních paliv</b>	<b>9</b>
2.1 Vodík	9
2.1.1 Získávání vodíku	9
2.1.2 Skladování vodíku	11
2.2 CNG a LNG	11
2.2.1 Skladování a distribuce CNG a LNG	12
2.3 Propan-butan LPG	12
2.3.1 Skladování	14
2.3.2 Možnosti získání	14
2.4 Bionafta	14
2.4.1 Bionafta 1. generace	14
2.4.2 Bionafta 2. generace	15
2.4.3 Biopaliva 3. generace	15
2.4.4 Biopaliva 4. generace	15
2.5 Bioplyn	15
2.5.1 Výroba bioplynu	16
2.6 Alkoholy	17
2.6.1 Methanol	17
2.6.2 Ethanol	18
2.7 Elektromotor	18
2.7.1 Získávání elektrické energie	18
2.8 Syntetická paliva	22
<b>3 Zemědělská technika na alternativní paliva</b>	<b>24</b>
3.1 Současný stav strojů na vodík	24
3.2 Dnešní stav strojů na CNG a LNG	26
3.3 Současné stroje na bioplyn	26
3.4 Současné stroje na elektrický pohon	27
<b>4 Porovnání motoru na vodík a elektřinu s dieselem</b>	<b>33</b>
4.1 Vodík	33
4.2 Diesel	41
4.3 Elektropohon	45

<b>5 Palivo budoucnosti</b>	<b>48</b>
<b>6 Diskuze</b>	<b>51</b>
<b>Závěr</b>	<b>54</b>
<b>Seznam použitých zdrojů</b>	<b>56</b>
<b>Seznam obrázků</b>	<b>61</b>
<b>Seznam tabulek</b>	<b>62</b>

---

# Úvod

Zemědělství je jednou z nejdůležitějších činností pro přežití lidstva a abychom dokázali vyprodukovat dostatek zemědělských komodit, je zapotřebí využívat moderní technologie a stroje na práci. Vzhledem k nedostatku lidí ucházejících se o práci v zemědělství je zapotřebí zvyšovat výkonnost strojů. Tím, že je na práci mnohem méně lidí, než bylo dříve, musí výrobci i zemědělské podniky reagovat. Tento problém se řeší větší technikou, aby byla větší plošná výkonnost strojů, a aby se tedy práce se stihla ve správný termín včas a s menším počtem lidí. Zde v této práci se podívám na traktory na alternativní paliva. Traktory jsou vlastně novodobý koně, jen lepší a výkonnější. Moderní zemědělské stroje jsou z velké většiny poháněny spalovacími motory na fosilní paliva, která jsou na naší planetě jen v omezeném množství. I přestože jsou omezená, mají největší využití ve všech odvětvích, včetně zemědělství. To má ovšem dopad, jak na úbytek jejich množství, tak i na kvalitu ovzduší.

Lidé využívají fosilní paliva, která jsou škodlivá a ničí vše, co je kolem nás, včetně našeho zdraví. To je jeden z hlavních důvodů, proč bychom je měli vyměnit. Při jejich používání vypouštíme do biosféry obrovské množství  $CO_2$ . Proto by měla být snaha najít nejlepší alternativní palivo. Zemědělství patří k největším producentům  $CO_2$  na světě. Podíl na celkové produkci  $CO_2$  má 10 %. Je jasné, že v zemědělství nevytváří  $CO_2$  pouze spalovací motory, velký podíl má i živočišná výroba. Konkrétně kravy, ti produkují velké množství metanu. Jeví se to jako problém ale ten pro nás nemá zatím řešení, protože krávy potřebujeme. Produkují nám mléko a maso. Na zeměkouli je nás čím dál víc, a tak je nesmysl snižovat jejich počet. Z pohledu znečišťování ovzduší bych zvěř úplně vynechal a hledal příčiny znečištění jinde.

Jednou z metod vedoucích ke snižování emisí spalovacích motorů jsou emisní normy. Tyto normy určují, jaké škodlivé látky mohou být při spalování fosilních paliv vypouštěny. V dnešní době je nej přísnější emisní norma euro 6. Na výrobce je kladen velký tlak, aby docílili požadovaných emisních norem. Proto na motorech přibývají nové emisní systémy, aby tyto škodlivé látky snižovaly. S každým novým systémem se zvyšuje jak cena stroje, tak i možnost jeho porouchání. Proto se zvyšování emisních norem nejeví jako správná cesta do budoucna. Spíš bychom se měli soustředit na nalezení alternativního paliva, které by bylo šetrné k životnímu prostředí a našemu zdraví, také by mělo být technologicky jednoduché a jeho výroba a závěrečná cena by měly být ekonomicky výhodné. Alternativní paliv je vymyšlených dost, ale každé má své pro a proti. V této bakalářské práci bych se tomuto tématu rád věnoval, chtěl bych udělat přehled těchto paliv a nakonec připojit mou vlastní úvahu nad touto problematikou.

---

# 1 Cíl a metodika práce

Cílem této práce bude zjištění, jaká doposud máme alternativní paliva. Z těchto paliv připojit důležité informace o jejich získávání, složení a formách, jak se nechají využívat, a nakonec jak se skladují. Poté bude zmíněno, jak se dostávají k čerpacím stanicím nebo do podniků. Dalším bodem práce je seznámení, v jaké fázi vývoje jsou různé značky traktorů s vývojem strojů poháněných alternativními palivy. V následující kapitole budou informace o doposud využívaném palivu naftě a o alternativních palivech, která by mohla mít největší šanci na to, aby byla nástupci konvenčních paliv. Bude se jednat o elektrický a vodíkový pohon. Myslím, že jsou jedinými rozumnými nástupci. V poslední kapitole práce se rozhodne o tom, které palivo bude nejlepší náhradou nafty. To je hlavním cílem této bakalářské práce.

Metodika práce spočívala v pročtení literatury a zjištění informací o dané problematice. Abych dosáhl hlavního cíle bakalářské práce, postupoval jsem následovně. Informace v práci jsou získány jak z knižních zdrojů, tak i z internetových zdrojů.

Na vypracování první kapitoly bylo zapotřebí zjistit, kolik alternativních paliv dnes známe, následně zjištěné informace shrnout do kratších odstavců, v nichž je shrnuto vše důležité a podstatné, co se týče jejich získávání, skladování a distribuce. Další kapitola obsahuje přehled o současném stavu strojů na alternativní paliva. Jsou zde uvedeny informace, jak daleko jsou výrobci od dokončení traktoru, který by jezdil na alternativní palivo, a také kdy se dočkáme sériové výroby. Postup vypracování této kapitoly byl stejný jako u předchozí. Bylo zapotřebí přečíst dosud zveřejněné informace o těchto strojích a shrnout je. Do této kapitoly se podrobné informace hledaly obtížně, protože stroje využívající alternativní paliva jsou zatím pouze jako prototypy ve fázi testování. V další kapitole jsou právě informace o nejdůležitějších nebo nejperspektivnějších palivech, která dosud známe. Mluví se zde o naftě, a jak se získá, dále o elektrickém pohonu a vodíkovém pohonu. Postup vypracování této kapitoly byl opět stejný. Spočíval v dohledávání určitých informací, které by nám mohl nabídnout elektropohon a vodíkový pohon, jaké mají výhody a nevýhody oproti zmíněné naftě. Poslední kapitola obsahuje nejdůležitější část práce. Zde je naplněn cíl a zde se rozhodne, jaké alternativní palivo by bylo dobré jako náhrada za stávající konvenční paliva. K dosažení výsledku jsem došel následujícím způsobem. Ze získaných informací z předchozích kapitol jsem zvážil plusy a mínusy hlavních alternativních paliv, mezi které jsem zařadil elektrický pohon a vodíkový pohon, a tyto dvě metody jsem porovnal. Následně jsem určil, která by mohla mít větší přínos a lépe by zvládala práci v zemědělském sektoru.



---

## 2 Druhy alternativních paliv

Alternativní paliva jsou všechna paliva, která se získávají z obnovitelných zdrojů. Také se nechá říct, že jsou to paliva, která mohou nahradit stávající konvenční paliva na bázi ropy. V zemědělství se již teď využívá bionafta, či rostlinný surový olej. Ale s novějšími technologiemi přicházejí i nové možnosti pro pohon zemědělských strojů, jako jsou zemní plyn, bioplyn, syntetická paliva, alkoholová paliva, dokonce i elektropohony (Vlk, 2006).

### 2.1 Vodík

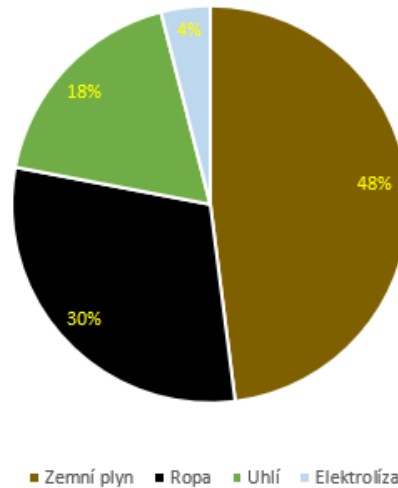
Vodík je považován za palivo budoucnosti. Jeho využití je dvoustranné, je možné jej spalovat běžným způsobem ve spalovacím motoru, nebo je možné jej použít jako zdroj elektrické energie v palivovém článku (Vlk, 2006).

První metodou ke spalování vodíku je stejná jako u spalovacích motorů na konvenční paliva. Vodík se nechá natankovat jako stlačený nebo jako zkapalněný. Jeho spalování je obdobné jako u běžných paliv má však podotýká se dvě nevýhody. První se týká bezpečnosti, vodík je silně výbušný při směsi se vzduchem. Druhým problémem je jeho drahá výroba. V palivovém systému spalovacího motoru je přidán směšovač. Ten určuje množství vzduchu a vodíku. Motor funguje s přebytkem vzduchu. Přebytečný vzduch ve spalovacím prostoru pohlcuje nadbytečné teplo a tak dochází k samovznícení. Druhou metodou, jak využívat vodík jako palivo, je ve vodíkovém palivovém článku. Pohon vozidla má na starost elektromotor. Elektrický proud pro elektromotor vyrábí vodíkový palivový článek. Palivových článků je již několik druhů, například články s tuhými oxidy, články s roztavenými uhlíčitany, s kyselinou fosforečnou, alkalické články nebo s tuhými polymery (Devinn.cz, 2014).

#### 2.1.1 Získávání vodíku

Vodík můžeme získávat několika způsoby. V současnosti je nejpoužívanější metoda pro získávání vodíku pomocí zemního plynu, přesněji parním reformingem zemního plynu. Tato metoda vyrábí 48 % celkové produkce vodíku. Má sice účinnost 80 % a jedná se doposud o nejlevnější metodu získávání vodíku. Avšak její produkce  $CO_2$  je vysoká na 1 kilogram vodíku se vyprodukuje 5,5 kilogramů oxidu uhličitého. Další možností k získávání vodíku, je uhlí, a to jeho zplynováním. To funguje tak, že na palivo za vysokých teplot a vysokého tlaku působí voda a vzduch. Díky tomu vzniká vodík. Touto metodou se vyrábí 18 % vodíku. Nejlepší možností pro jeho výrobu je z obnovitelných zdrojů, jako je parní elektrolýza či elektrolýza vody nebo z biomasy. Tyto metody však zastupují pouze 4 % celkové produkce. Budoucí možností výroby vodíku by mohly být jaderné reaktory čtvrté generace. Mohlo by zde docházet k vysokoteplotní elektrolýze. Často je vodík také

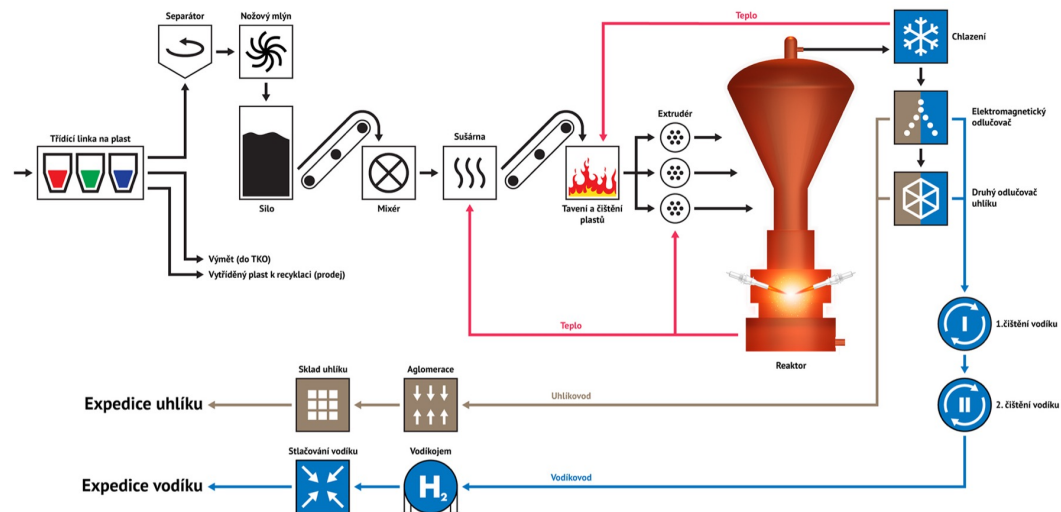
vyráběn pouze jako vedlejší produkt nějaké firmy. Takový vodík často bývá jen spálen bez dalšího využití (Devinn.cz, 2014).



**Obrázek 2.1:** *Graf produkce vodíku (vlastní tvorba)*

V budoucnosti by to mohla být velmi významná metoda získávání vodíku, protože odpadů je a bude stále dost. Touto metodou lze zpracovávat komunální i průmyslový odpad, čistírenské kaly. Funkce spočívá v plazmovém reaktoru, kde za teploty až 5000 °C dokáže rozložit veškeré molekuly na atomy, které se následně skládají v jednoduché sloučeniny. Řešilo by to hned dva problémy, a to odpad a produkci alternativního paliva. Výstupem z reaktoru je syntézní plyn, který se dále upravuje na požadovaný vodík. Druhou složkou, jež vzniká, jsou pevné saze, ty jsou dále odseparovány. Získaný vodík dále čistíme a komprimujeme. Dosažený vodík, který získáme, splňuje požadavky a je možné ho využívat ve vodíkových palivových článcích (Pdi.cz, 2021).

# Plast - Vodík



Obrázek 2.2: Plazmová produkce vodíku (Pdi.cz, 2021)

## 2.1.2 Skladování vodíku

Vodík se skladuje kvůli své nízké hustotě v tlakových lahvích. Láhve musí být velice těsné a musí odolávat přetlaku. Pro uskladnění ve stacionární pozici se používají kryogenní zásobníky, v nichž je zkapalněný vodík. Druhou možností je velkoobjemová ocelová tlaková nádrž. V těchto nádržích je vodík ochlazen na teplotu  $-253\text{ }^{\circ}\text{C}$ , při této metodě je vodík zkapalněný. Tato metoda má každý den 3 % ztráty z celého objemu nádrže. Protože je asi o 40 % levnější než skladování v kryogenních zásobnících, využívá se častěji. Pokud jde o nádrže na vozech, používají se kompozitní tlakové láhve (Devinn.cz, 2014).

Novou metodou pro skladování vodíku je metal hydride. To znamená, že vodík je skladován v pevném stavu v kovovém hybridu. Jedná se o slitinu na bázi hořčíku. Jednalo by se o lepší uskladnění, protože by bylo bezpečnější a ekonomicky výhodnější. Není zapotřebí udržovat stálou teplotu nebo tlak. Problém je váha, pro uskladnění 10 kg vodíku bychom potřebovali 150 kg zmíněného kovového hybridu. Při testování nabíjecích cyklů dosahuje vynikajících výsledků. Z 1000 nabíjecích cyklů je ztráta 5 % (Vaněk, 2022).

## 2.2 CNG a LNG

CNG je zemní plyn, ztlačený při tlaku 20 MPa. Taktéž existuje LNG, to znamená zkapalněný zemní plyn při teplotě  $-165\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Obě dvě možnosti se vyrábějí ze zemního plynu. Ten se těží jak na pevnině, tak i pod mořskou hladinou. Z místa těžby je plyn dopravován do úpravárenských závodů. Také jeho vlastnosti jsou v každé oblasti jiné. Největší výhodou

je složení zemního plynu, díky jeho jednoduchosti má nižší dopad na životní prostředí. Skládá se z 90 % z metanu. Je to bezbarvý hořlavý plyn. Jeho vlastnosti jsou nejbližší benzínu a motorové naftě. LNG má oproti CNG asi 600 krát menší objem. Jeho výhřevnost je 54,8 MJ, v převodu na litry vychází 1,7 litru LNG na 1 litr nafty. Oproti naftovému motoru má téměř nulové PM - particulate Matters neboli pevné částice. Také snížení  $CO_2$ ,  $NO_x$ . Dalším pozitivem je měkčí chod motoru a slabší hluk. Jeho cena bývá 3× nižší než u konvenčních paliv, takže jeho provoz je výhodný především pro automobily, které mají velký roční nájezd kilometrů, aby se vyplatila výroba, protože je o něco dražší než u LPG. Vysoká bezpečnost provozu je lehčí než vzduch, a tak se lehko rozptýlí a jeho zápalná teplota je 2× vyšší než benzínu, tedy 540 °C (Vlk, 2006).

### **2.2.1 Skladování a distribuce CNG a LNG**

Distribuce CNG a LNG se uskutečňuje již vybudovanými plynovody. Při jeho skladování dochází k odpařování z nádrží. Nádrže se používají obdobně jako u LPG, jsou to kryogenní nádrže, v nichž se udržuje teplota -160 °C až -170 °C. Palivo je ochlazováno tekutým dusíkem (Cngplus.cz, 2022).

## **2.3 Propan-butan LPG**

Dalším plynným palivem je LPG neboli Liquid petroleum gas, jinými slovy propan-butan. Jedná se o zkapalněný ropný plyn. Vzniká při těžbě a zpracování ropy. Je to bezbarvá tekutina se specifickým zápachem a vysokou hořlavostí. Za normálních podmínek je v plynném stavu, avšak za použití malého tlaku zkapalní a jeho objem se o dost zmenší (Lpg-cng.ochranamotoru.cz, 2012).

Propan-butan se skládá ze zkapalněných uhlovodíků, které obsahují jen málo síry. Při nechtěném úniku z nádrží je propan-butan těžší než vzduch, a tak vytéká na zem, kde se odpařuje. Z tohoto důvodu mají vozidla s LPG zákaz vjezdu do podzemních garáží. Mezi hlavní výhody LPG patří nižší emise, tišší chod motoru, delší životnost motorového oleje z důvodu nerozpouštění oleje v benzínu a samozřejmostí je menší opotřebení motoru, protože netvoří karbonové usazeniny. Nevýhodami jsou zase zmenšení prostoru, pořizovací náklady a nižší výkon o 5 %. V tabulce 2.1 můžeme vidět, v čem je lepší než ostatní fosilní paliva (Vlk, 2006).

**Tabulka 2.1:** Emisní porovnání s LPG a běžnými palivy. Vypracováno dle (Kralupol.cz, 2023)

<b>prostředí</b>	<b>Vliv na životní</b>	<b>Benzín</b>	<b>Nafta</b>	<b>LPG</b>
CO	0	+	+++	
HC - nespálené uhlovodíky	0	+	+++	
NOx	0	-	++	
PM - pevné částice	0	-	+++	
CO2	0	+	++	

LPG, neboli zkapalněný ropný plyn se skládá hlavně z propanu a butanu. V tabulce 2.2 můžeme vidět, že se rozděluje letní a zimní směs. Záleží tam na jednotlivém zastoupení propanu či butanu (Primagas.cz, 2022).

**Tabulka 2.2:** Složení směsí LPG Vypracováno dle (Primagas.cz, 2022)

<b>Typ propan-butanové směsi</b>	<b>Podíl propanu</b>	<b>Podíl butanu</b>
Zimní směs	60 %	40 %
Letní směs	40 %	60 %

### **2.3.1 Skladování**

Skldování je podobné jako u CNG, jelikož se jedná taktéž o plynnou látku. Avšak je velkou výhodou jeho jednoduché zkapalnění za běžných teplot a díky tomu lze přepravovat a skladovat velké množství LPG v malých lahvích či nádržích. Tyto nádrže mohou být nad zemí i pod zemí. Nádrže jsou vyrobeny z oceli (Vpsr.cz, 2023).

Pokud jde o distribuci LPG provádí se kamionovou dopravou do čerpacích stanic. Jen v české republice je v dnešní době tak hustá síť čerpacích stanic s LPG, nechá se natankovat na 950 místech (Lpg-cng.ochranamotoru.cz, 2012).

### **2.3.2 Možnosti získání**

Již zmíněný LPG neboli propan-butan lze získávat následujícími způsoby. Prvním a pravděpodobně nejznámějším způsobem je z ropy, konkrétně v průběhu její rafinace vzniká LPG. Druhou možností, jak získávat LPG, je ze zemního plynu. Tato metoda funguje na principu odseparování kapalně frakce metanu (Primagas.cz, 2022).

## **2.4 Bionafta**

U nás se bionaftě říká také MEŘO. Tato zkratka znamená methylestery řepkového oleje. MEŘO mělo být podle dřívějšího programu samostatné palivo. Viskozita, spalovatelnost a filtrovanost se mohla vyrovnat naftě jen ve speciálně upravených motorech. Proto tímto vlivem technických a ekonomických podmínek došlo na přimíchání ropných látek (Pokorný, 1998).

Aby mohly motory spalovat toto palivo, musela se udělat úprava, jež spočívala v přeměně rostlinného oleje na methylestery mastných kyselin obsažených v oleji. U nás v České republice využívaný olej pro tyto účely je řepkový, ale v úvahu připadá i slunečnicový nebo sójový olej. Čistý olej projde esterifikací a přemění se na methylestery, proto MEŘO. Jak je v článku napsáno, jsou dvě možnosti bionafty. Její výhody spočívají především v nízkém obsahu emisí, velmi dobrém mazání a z pohledu ekologie její odbouratelnost v přírodě je 90 % za 20 dní. Mezi nevýhody bionafty patří, že dochází k uvolňování organických látek, které se usazují a zacpávají filtry. Další nevýhodou je, že při kontaktu s vodou vznikají mastné kyseliny, ty pak způsobují korozi v palivovém systému. Poslední nevýhodou je ekonomická náročnost výroby bionafty (Ing. Jan Sajdl, 2020).

### **2.4.1 Bionafta 1. generace**

Bionaftou 1. generace se rozumí čisté MEŘO, tedy pouze methylester mastných kyselin řepkového oleje. Tato bionafta se ale neosvědčila dobře, kvůli své pryskyřičnaté povaze, která zapříčinila usazování na pohyblivých i nepohyblivých částech motoru. Taktéž má špatný vliv na motorový olej, obsahuje nerozpustitelné látky v oleji, které zničí jeho viskozitu (Vlk, 2006).

### **2.4.2 Bionafta 2. generace**

Bionafta 2. generace musí obsahovat minimálně 30 % MEŘO, ale může obsahovat i 36 % MEŘO. V České republice obsahuje minimálně 31 % MEŘO, zbylá procenta jsou obyčejná motorová nafta. Tato nafta nesmí obsahovat více než 10 mg/kg síry. Pokud jde o výkon bionafty, oproti obyčejné naftě je o 5 % nižší. Toto palivo je vhodné pro zemědělské traktory a samojízdné stroje, díky jeho lehké biologické odbouratelnosti při jeho úniku. Snížení emisí, především  $CO_2$ . „Zkoušky ukázaly, že cytotoxicita částic obsažených ve výfukových plynech motoru při provozu na MEŘO je větší než při provozu na motorovou naftu. Naopak však kancerogenita částic emitovaných při provozu na naftu je vyšší než při provozu na MEŘO” (Vlk, 2006). Je také menší kouřivost zhruba o polovinu. Ještě k té biologické rozložitelnosti, 98 % MEŘA se rozpustí za 21 dní podle testu CEC (Vlk, 2006).

Také jsem se dočetl k tomuto tématu zajímavou věc, a sice že bionafta a směs bionafty s fosilní naftou má negativní dopad na emise, ale především snižuje výkon motoru. Bionafta při výzkumech sice snižovala emise CO, HC a PM, ale mezitím měla tendenci nárůstu  $CO_2$  a  $NO_x$  (Lovarelli a Bacenetti, 2019b).

### **2.4.3 Biopaliva 3. generace**

Mezi biopaliva 3. generace patří paliva vzniklá z vodních řas, sinic. Vodní řasy a ani sinice nejsou nijak náročné na pěstování. Při jejich růstu se pohlcuje  $CO_2$ , a tak se jeví jako dobrá náhrada za konvenční paliva. Jen jejich přeměna na biopalivo je o něco nákladnější než u předchozích generací. Také projevují větší potenciál k výnosu a tak i většímu množství paliva. Pro výrobu biopaliv se využívá především mikrořasa, protože má vyšší kvalitu uhlohydrátů a lipidů (Ranveer Sachin Powar, 2022).

První ze dvou metod zpracování řas je jejich přeměna na ropu pomocí  $CO_2$ . První částí procesu je zapotřebí, aby řasy produkovaly uhlovodíky. Ve druhé části je již získaná ropa zpracovávána v rafinériích. Pro porovnání s jinými rostlinami pěstovanými pro biopaliva si řasa vede velmi dobře. Sójové boby - 470 l/ha, řepka olejka - 1200 l/ha a řasa 66 000 - 94 000 l/ha. Druhou metodou je využití řas na biopaliva, tou se zabývá společnost Du Pont a Bio Architecture Lab of Seattle. Jejich cílem je přeměna řas na biobuthanol, který se nechá přimíchávat do benzínu (Vaněk, 2012).

### **2.4.4 Biopaliva 4. generace**

Biopaliva 4. generace již bylo pojmenováno více technologií a druhů biopaliv. Například Fatih Demirbas v roce 2009 pojmenoval biobenzín získaný přeměnou vegoilu a bionafty. Jako první byl tento název použit u získání biopaliva pomocí geneticky modifikovaných řas. V literatuře se píše, že biopaliva 4. generace jsou paliva získaná geneticky modifikovanou biomasou. Hlavním důvodem genetické modifikace je, aby řasy měly větší tvorbu biomasy a zvýšení množství oleje (Hoofar Shokravi, 2022).

## **2.5 Bioplyn**

Fosilní paliva se používají již přes sto let, jako třeba uhlí, ropa a zemní plyn. Proto je tu možnost biomasy. Ta se nechá získávat z rostlinných zbytků ze zemědělské produkce a z

potravinářské produkce. Biomasa byla zdrojem energie dříve než benzín. Výroba alkoholů a ethanolu se využívala již od 30. let 20. století, alkohol se používal jako motorové palivo. Biomasa se nechá rozdělit podle obsahu vody, na suchou, mokrou a speciální biomasu. Suchá biomasa se spaluje přímo nebo po mírném vysušení. Mokrý biomasa neboli kejda se využívá především v bioplynových stanicích. Speciální biomasa jsou olejiny a cukernaté rostliny a používá se pro výrobu bionafty a lihu (Vlk, 2006).

Bioplyn získáváme rozkladem organických látek, neboli biomasy. Rozklad probíhá pomocí bakterií za nepřítomnosti kyslíku, jedná se tedy o anaerobní proces. Bakterie působí na organickou hmotu a štěpí ji na anorganické látky a plyn. Látka, která je v bioplynu nejvíce obsažená, je metan  $CH_4$ , který je obsažen z 55-75 % obsahu bioplynu, další složky jsou uvedeny v tabulce 2.3. Bioplyn se vyrábí, dá se říct, ze všeho kolem nás, například z průmyslového odpadu, zemědělství, zbytků potravin a také z komunálních odpadů. Bioplyn se také prodává pod značkou CNG. Tento plyn je obzvláště výhodný jako palivo, protože vzniká v organických materiálech, takže jej produkují čistírny vod či bioplynové stanice (Biom.cz, 2008).

**Tabulka 2.3:** Složení bioplynu (vlastní tvorba)

Složka	Složení v % objem
Metan	55-75
Oxid uhličitý	25-40
Dusík	1-3
Vodík	1-3
Sirovodík	1-3

Tvoří jej 55-75 %, metan, 25-40 % oxid uhličitý, 1-3 % vodík, dusík a sirovodík. Primárně je využíván v bioplynových stanicích pro stabilní motory na výrobu elektrické energie. Aby jej mohla využívat motorová vozidla, je třeba jej vyčistit od mechanických nečistot a nežádoucích látek, jako jsou oxid uhličitý nebo sirovodíky a také jej obohatit, aby dosahoval minimálně 90 % metanu. Následně musí být akumulován. Pro jeho rychlejší a snadnější čerpání se stlačuje na 25-30 MPa. Výhodou bioplynu oproti benzínu jsou jeho nižší emise asi o 30 %, také je lacinější. Nevýhodou bioplynu je jeho produkce, která je v zimním období nižší, protože anaerobní fermentační procesy běží nejlépe při teplotě 40 °C. Dalším problémem je jeho dostupnost, která je pouze lokální. Tato nevýhoda však odpadne, pokud družstvo provozuje vlastní bioplynovou stanici (Vlk, 2006).

Využití bioplynové stanice může být takové, že odpadní teplo vzniklé ve fermentorech se nechá využít k vytápění okolních domů. Nevýhoda může být i postavení poblíž zastavěných oblastí, a to ve zvýšeném provozu či možném zápachu. Avšak pokud je konstrukce a správné navržení, nevznikají žádné pachy (Papež, 2015).

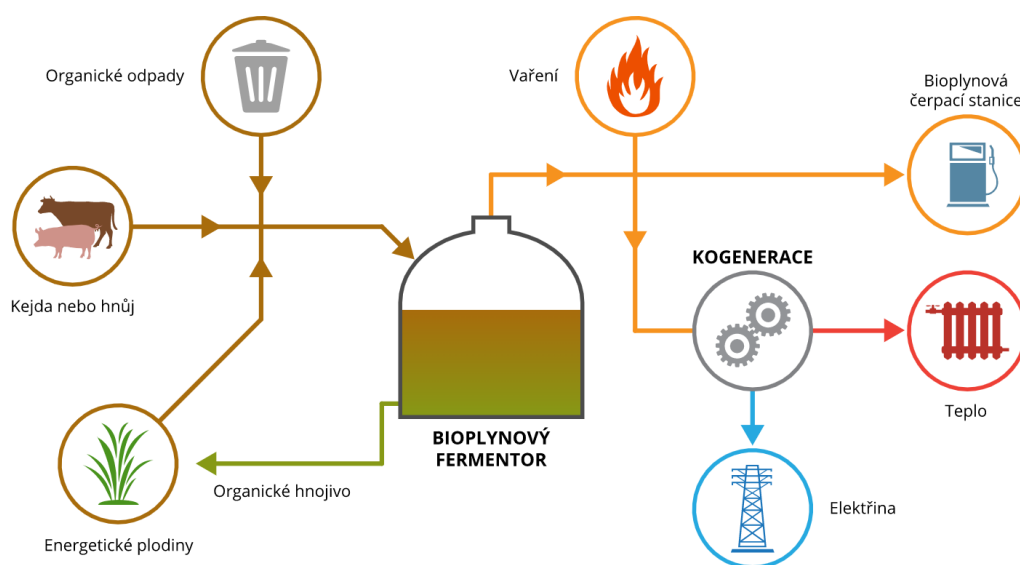
### 2.5.1 Výroba bioplynu

Bioplyn se vyrábí v bioplynových stanicích. Jak jsem již zmínil, je to proces, který probíhá za nepřítomnosti kyslíku. Celý proces je rozdělen do čtyř částí. První z nich se nazývá



hydrolyza, zde se rozkládají vysokomolekulární látky, jako jsou například proteiny a lipidy ty se mění na nízkomolekulární. Další je acidogeneze, při této části se rozkládají větší části po hydrolyze. Zde záleží na tlaku, při vyšším tlaku vzniká ethanol a kyselina mléčná, při nižším tlaku kyselina octová a oxid uhličitý. Předposlední krok je autogeneze, v této části se díky acidogenním bakteriím vytváří vodík, oxid uhličitý a kyselina octová. Poslední je metanogeneze, ve které vzniká náš požadovaný metan (Biom.cz, 2009).

Vyrobený bioplyn se dále zpracovává tak, že se čistí a suší. Použití záleží na nás, zda s ním budeme topit, nebo jej využívat jako palivo pro stroje se speciálně upraveným motorem, ale nejčastěji se používá jako palivo pro stacionární motory (kogenerační jednotky), které vyrábějí elektrický proud (Svetenergie.cz, 2020).



Obrázek 2.3: Bioplynová stanice schéma (Svetenergie.cz, 2020)

## 2.6 Alkoholy

Alkoholy jako palivo se využívaly hned v začátcích motorismu, a to z nejistoty kvůli válkám nebo ekonomickým problémům. Nejznámější dva alkoholy, které lze používat do spalovacích motorů, je ethanol a methanol. Proč se nechají využít jako palivo do motoru, je díky jeho oktánovému číslu. To vyjadřuje odolnost paliva proti samovznícení při směsi se vzduchem. Hlavním důvodem, proč se začal používat líh, je samozřejmě snížení emisí. U dieselových motorů, které jsou většinou využívány v zemědělství, se považuje za ukazatel cetanové číslo, které ukazuje právě ochotu samovznícení, u nafty je tato hodnota kolem 50, kdežto u alkoholů dosahuje jen 8. Proto je zapotřebí přimíchávat aditivum, aby splňovaly potřeby dnešních motorů (Kára, 2001).

### 2.6.1 Methanol

Methanol je možné využívat jako palivo. Avšak je potřeba říct, že je velmi jedovatý a nebezpečný, již malé množství 15 ml je životu nebezpečné. Proto se téměř nepoužívá.

Je méně těkavý než benzín, to se může stát nevýhodou v mrazivém počasí, kdy by měl problém chytnout. Díky vyššímu oktanovému číslu 114 dosahuje lepší tepelné účinnosti než nabídně benzín. Tepelná účinnost je sice vyšší, ale energetický obsah je nižší než u benzínu, proto má větší spotřebu. Dalším problémem je jeho skladování, protože je vysoce korozivní (Šablatura, 2019).

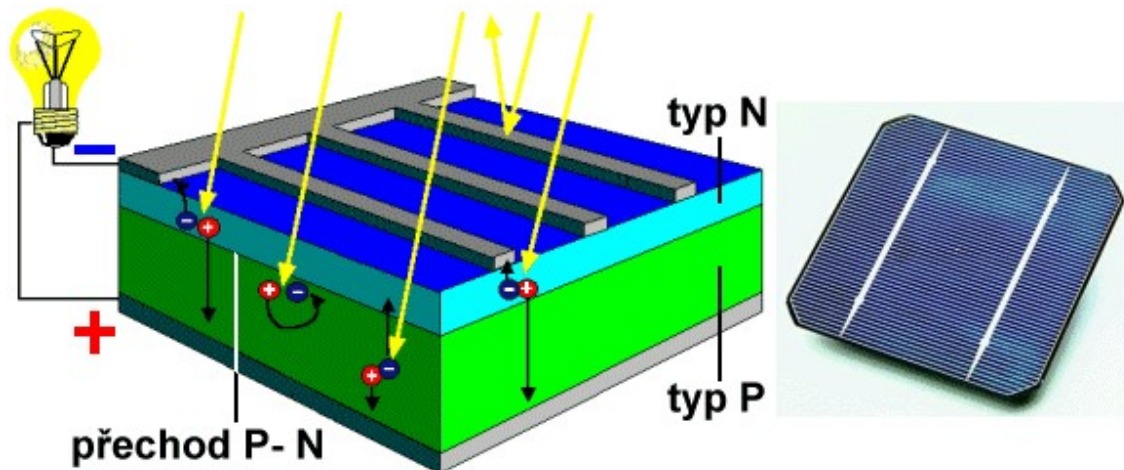
## **2.6.2 Ethanol**

Ethanol je možné využívat jako palivo. Je dokonce i bezpečnější než nafta či benzín. V přírodě je relativně neškodný, bakterie ho rozloží na  $CO_2$  a vodu, navíc je rozpustný ve vodě. Díky těmto vlastnostem se používá mnohem více než methanol. Ethanol se nechá používat při ředění s benzínem, a to v poměru od 5 až do 22 % benzínu a zbylá procenta tvoří ethanol. Pokud jde o diesellové motory, také mohou jezdit na směs nafty a ethanolu s přísadou aditiva. Další možností jsou jiné svíčky pro zažehnutí ethanolu. Bioethanol, jak už se řeklo, je vyroben ze zemědělské produkce. Jeho výhody jsou především ve zlepšení emisí (Kára, 2001). Při naměření dosahuje oproti naftě dvakrát menší hodnoty oxidu uhličitého. Bioethanol je jen o 34 % horší ve výhřevnosti než nafta, proto má mnohem větší spotřebu. Naftové motory mají také velkou kouřivost a tu motory poháněné bioethanolem mají jen minimální. Spekulovalo se i o tom, že spalování ethanolu je pro motor škodlivé, ale to studie vyvrátila a zjistila, že v motoru nedochází k většímu opotřebení než u benzínu. Větší problém je jeho korozní účinek. Špatný vliv má i míchání směsi alkoholu a benzínu. Má to negativní dopad na usazování vody v oleji (Mazal, 2019).

## **2.7 Elektromotor**

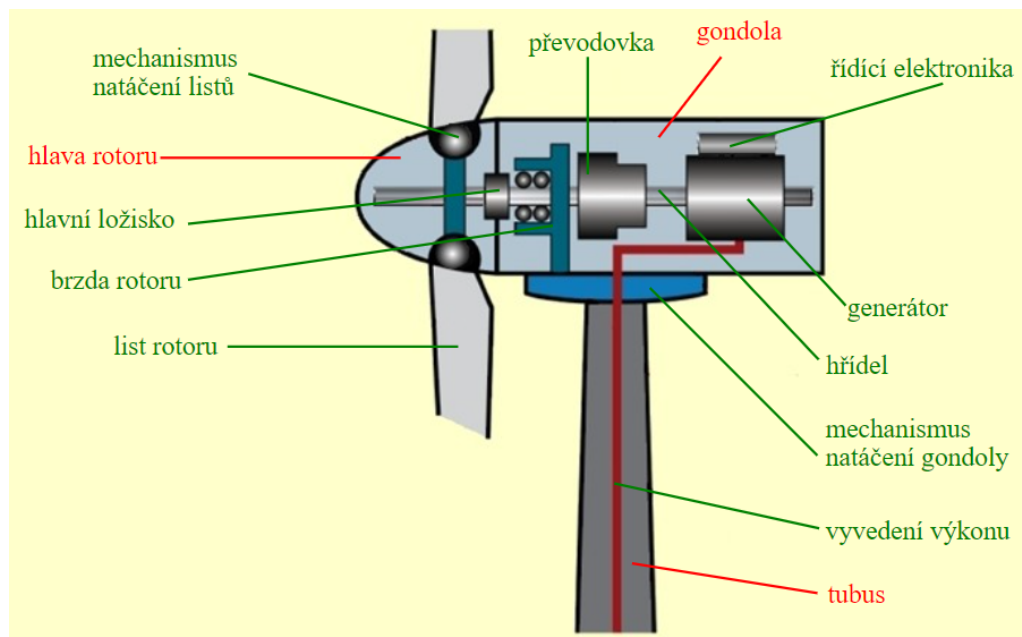
### **2.7.1 Získávání elektrické energie**

Elektrickou energii lze získávat mnoha způsoby, některé jsou k životnímu prostředí pří-  
větivější, některé však nikoli. Rozdělím tyto způsoby výroby na škodlivé a neškodlivé. Začneme tedy těmi, které neškodí životnímu prostředí. Prvním je sluneční energie, to funguje díky fotovoltaickým panelům, které přeměňují sluneční paprsky na elektrickou energii. Avšak účinnost této přeměny není 100 %. Díky malé účinnosti je potřeba velkých ploch pro jejich produkci většího množství elektrické energie. Funkce je následovná, polo-  
vodič typu P a typu N a mezi nimi přechod P-N. Osvícením polovodiče N se začnou uvolňovat záporné elektrony a na přechodu P-N se vytvoří elektrické napětí. Připojením k článku některý spotřebič, například žárovka, zapříčiní, že se začnou kladné a záporné náboje vyrovnávat a tím začne v článku proudit elektrický proud (Cez.cz, 2023).



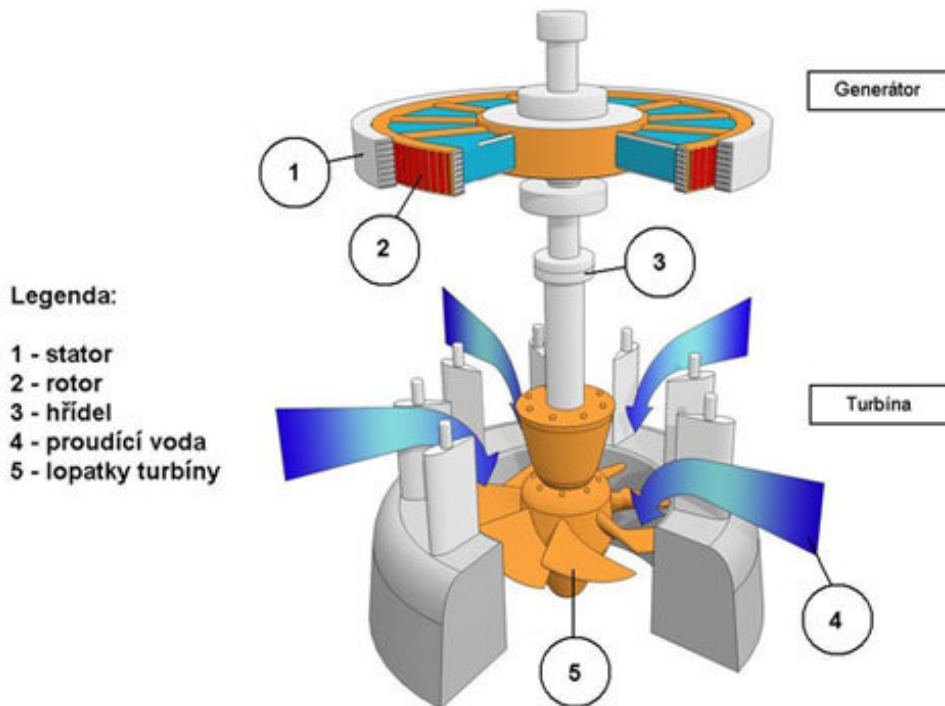
Obrázek 2.4: Solární panel (Cez.cz, 2023)

Druhým způsobem je větrná elektrárna. Ta funguje na principu turbíny, která se točí pomocí větru. Vítr působící na lopatky je roztáčí a tím roztáčí hřídel, jež vede do převodovky, z převodovky přímo do generátoru. Nevýhodou je, že je hlučná a také se nedá umístit všude, je zapotřebí, aby zde proudilo dostatečné množství vzduchu (Vobořil, 2015).



Obrázek 2.5: Schéma větrné elektrárny (Slideplayer.cz, 2022)

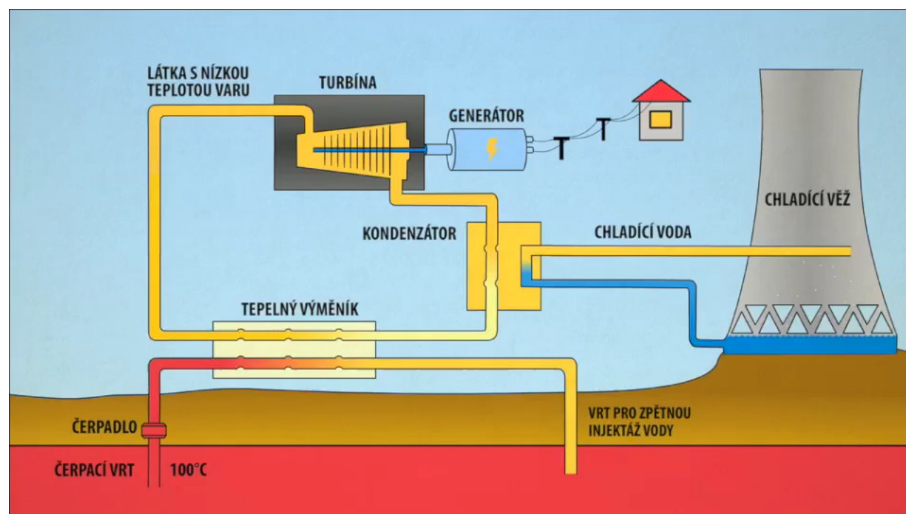
Třetí možností je vodní elektrárna, pomocí vody je roztáčena turbína, která vede do generátoru, ten následně vyrábí elektrický proud. Velikost vyrobeného proudu závisí na množství vody, které elektrárnou proteče, a také na spádu vody (Eluc.ikap.cz, 2014).



Obrázek 2.6: Schéma vodní elektrárny (Eluc.ikap.cz, 2014)

Další možností je již zmíněná bioplynová stanice, která produkuje metan. Vyrobený metan putuje do kogeneračních jednotek (to jsou motory poháněné plynem). Motory následně roztáčejí elektromotory, které vyrábí elektrický proud (Biom.cz, 2009).

Další je geotermální elektrárna, která využívá teploty gejzírů, tedy teploty ze země. Teplá voda putuje do výměníku tepla, kde ohřeje vodu, jež se změní na páru, tato pára následovně roztáčejí turbínu. Roztočená turbína produkuje elektrickou energii. Teplá voda může být také použita pro vytápění budov (Šafanda, 2018).



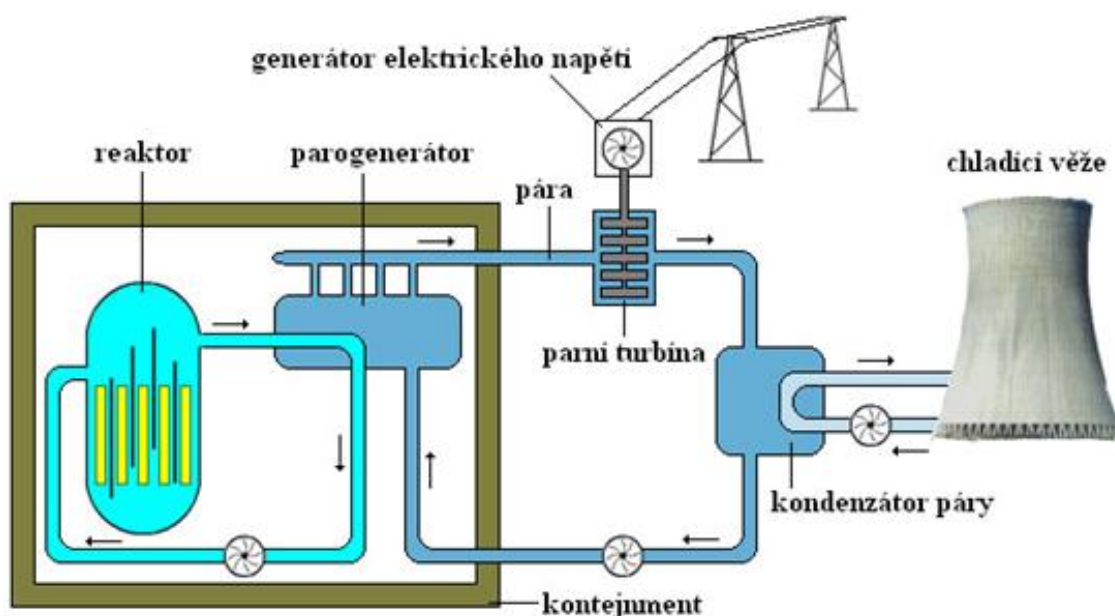
Obrázek 2.7: Geotermální elektrárna (Publi.cz, 2022)

Hodnoty v tabulce 2.4 jsou uvedeny v gigawatthodinách. Tabulka ukazuje produkci elektrického proudu různými cestami u nás v České republice (Cez.cz, 2021).

**Tabulka 2.4:** *Produkce elektrické energie v ČR přepracováno dle (Cez.cz, 2021)*

Rok	2018	2019	2020	2021
Vodní, sluneční, větrné elektrárny	2037	2392	2518	2619
Spalování biomasy	531	631	625	586
Obnovitelné zdroje energie celkem	2568	3023	3143	3205

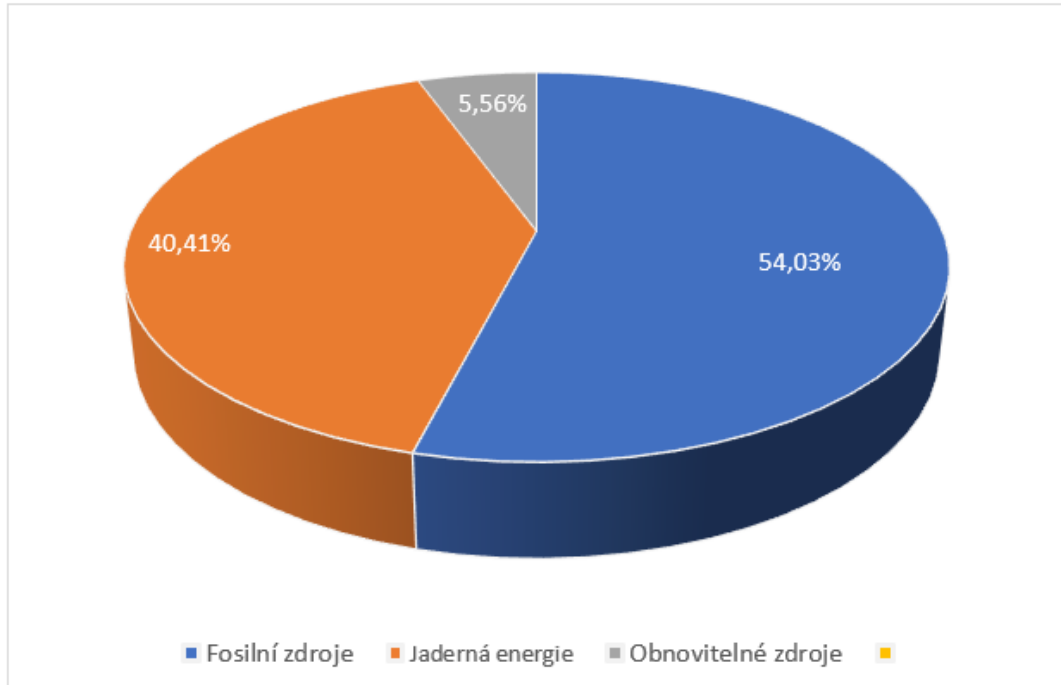
Druhou skupinou jsou ty, které přírodě škodí. První je jaderná elektrárna, která není škodlivá samotnou výrobou elektrické energie, protože jediné, co z ní uniká, je vodní pára. V tomto případě je mnohem škodlivější jaderný odpad, který produkuje, a následně jeho skladování. Jaderná elektrárna vyrábí elektrický proud díky štěpení jádra, při kterém se uvolňuje velké množství tepla. Jádro se chladí vodou, z níž se stane po ochlazení jaderného reaktoru pára. Ta roztáčí turbínu, která následně roztáčí elektrogenerátor. Na stejném principu pak fungují i uhelné elektrárny. Plynové elektrárny mohou pracovat v tzv. kombinovaném cyklu, kdy se plyn spaluje v turbíně a ta roztáčí generátor a vzniklé teplo spalováním ve speciálním kotli vytváří z vody páru, ta roztáčí další turbínu a generátor (Fyzika.jreichl.com, 2006).



**Obrázek 2.8:** *Schéma jaderné elektrárny (Fyzika.jreichl.com, 2006)*

V roce 2021 vyrábíme v České republice více než polovinu elektrické energie z fosilních zdrojů, jako jsou hnědé uhlí, černé uhlí, ropa a zemní plyn, druhotné zdroje. To dělá 54,03 % celkové elektřiny. Druhý největší podíl na výrobě elektrické energie má jádro. Jaderné elektrárny vyrábí 40,41 %. Třetí možností výroby elektrické energie u nás jsou obnovitelné

zdroje, které nevyrábí tolik, aby bylo možné na ně přejít. Vyrábí 5,56 % celkové elektrické energie v České republice (Ote-cr.cz, 2018).



**Obrázek 2.9:** Výroba elektrické energie v ČR (vlastní tvorba)

## 2.8 Syntetická paliva

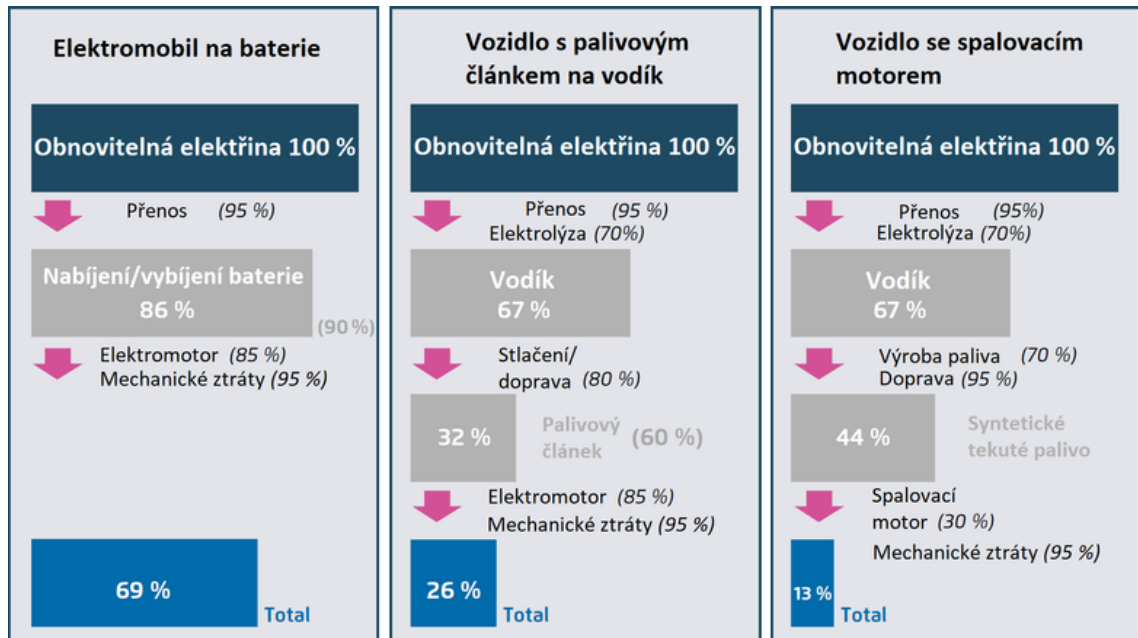
Syntetická paliva vznikla především proto, aby snížila emise  $CO_2$ . Pro výrobu syntetického paliva je zapotřebí čistá elektřina, abychom mohli provádět elektrolyzu vody a tak získávat vodík. Pod čistou elektřinou si představujeme elektrický proud vyrobený z obnovitelných zdrojů nebo jaderné elektrárny. V dnešní době produkuje málo elektrické energie čistým způsobem, abychom mohli na syntetická paliva přejít. Produkce vodíku elektrolyzou vody nemá vysokou účinnost, pouze 60 %. Další položkou je uhlík neboli  $CO_2$ . Uhlík můžeme získat mnoha způsoby, ze vzduchu, z komínů továren. Možnou metodou je produkce z biomasy, nebo je tu možnost zachytávat  $CO_2$  z atmosféry, k tomu je zapotřebí DAC neboli Direct air capture. Jde o nasávání atmosférického vzduchu a následnou filtraci  $CO_2$ . Dalším krokem výroby je tvorba uhlovodíků. Pro jejich výrobu můžeme využít dvou metod. První metoda je Sabatierova reakce a druhou je Fischer-Tropschova syntéza. Obě metody jsou energeticky náročné a v průběhu vzniká velké množství odpadního tepla (Zilvar, 2020).

Direct air capture se vyrábí ve dvou formách vysokoteplotní a nízkoteplotní. Technologie je nevhodná, protože abychom získaly 1 tunu  $CO_2$  je zapotřebí 1500-2000 kWh. Opět se musí jednat o elektrický proud vyrobený z obnovitelných zdrojů (Mahdi Fasihi, 2019).

Jen pro porovnání cenově výroba syntetických paliv vychází dvakrát dráž, než kdybychom využívali samotný vodík jako palivo a nepřeměňovali ho dál. Pokud jde o dopravu na syntetická paliva, tak se energeticky ani finančně nevyplácí. Každý krok přeměny na



syntetická paliva se rovná ztrátě energie. Jak můžeme vidět na obrázku 2.10 produkce syntetických paliv je nejméně účinná a také je nejdražší (Agora, 2018).



Obrázek 2.10: Porovnání účinnosti alternativních paliv (Zilvar, 2020)

---

## 3 Zemědělská technika na alternativní paliva

### 3.1 Současný stav strojů na vodík

Současný stav traktoru na vodík je ve fázi prototypu a do sériové výroby se ještě nedostal. Prvním jeho výrobcem byl již v roce 2009 New Holland Agriculture, kdy vznikl New Holland NH2, který byl testován na farmách. Traktor byl testován do roku 2012 a nadále se rozhodlo, že zatím není životaschopný. Následně byl v roce 2020 vyroben traktor také od značky New Holland, který jezdil na směs vodíku společně s naftou, jednalo se o hybrid. Tato kombinace snížila emise CO<sub>2</sub> asi o 50 %. Samozřejmě záleželo na zatížení traktoru. Pokud byl zatěžován více, tak se ubíral vodík a jel spíše na naftu. Motor dokáže za nepřítomnosti vodíku jet pouze na naftu (Adoc.pub, 2023).

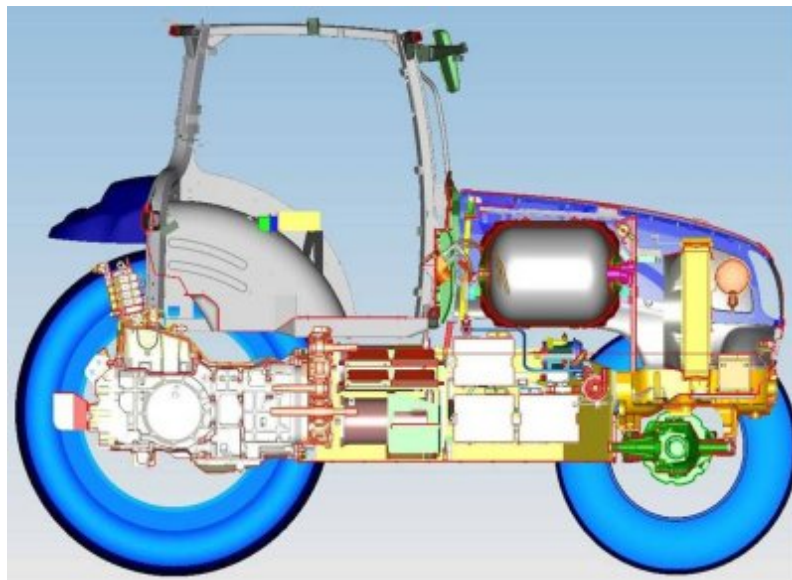
V blízké budoucnosti se také blíží k vodíkovému traktoru značka Kubota, která dle jejích slov vyvine tento traktor v roce 2025. Do roku 2023 by již měl být testován prototyp a v roce 2025 se budeme moct těšit na sériovou výrobu. Traktor bude poháněn elektromotorem, pro který bude vyrábět elektřinu vodíkový palivový článok (Farms.com, 2022).



Obrázek 3.1: Traktor (Adoc.pub, 2023)



Traktor nemá nijak odlišnou konstrukci od normálního naftového traktoru. Ale uspořádání je trochu odlišné, konečná podoba to samozřejmě není (Adoc.pub, 2023).



**Obrázek 3.2:** *Traktor (Adoc.pub, 2023)*

Taktéž značka Fendt se účastní na vývoji vodíkového traktoru. Dokonce by v roce 2023 měla provádět zkoušky jejich prototypů dvou traktorů, které pohání vodík. Bližší informace o traktoru ještě nejsou k dispozici, takže jeho výkon nebo váha a princip ještě nejsou odhaleny. Rozhodně je dobré podporovat projekty, které se zaměřují na podporu vodíku v zemědělství (Fendt.com, 2023a).



**Obrázek 3.3:** *Vodíkový traktor Fendt (Fendt.com, 2023a)*

## 3.2 Dnešní stav strojů na CNG a LNG

Asi nejznámější traktor na CNG již vyrobil New Holland, taktéž Steyr či Deutz-fahr. Jedná se o traktor, který jezdí na bioplyn a zemní plyn. Motor traktoru je od firmy FTP Industrial, která vyrábí motory do značky New Holland. Tento motor na bioplyn se nijak zvlášť neliší od motoru na diesel. Výkon traktoru je přibližně 179 koní. Palivo je uskladněno v devíti nádržích u kabiny traktoru. Objem nádrže vydrží na 5 hodin normálního provozu, na traktor, můžeme přidat ještě jednu nádrž, pokud nebudeme používat přední tříbodový závěs, místo nástrojů se tedy nechá upevnit přídatná nádrž. Jednou z jeho největších výhod je o 80 % nižší produkce škodlivých látek oproti standardním naftovým motorům. Dále výrazně snižují nespálené uhlovodíky, a to o 90 %. Další velmi pozitivní na pohonu CNG a LNG jsou pevné částice, protože jejich produkce je na rozdíl diesellových motorů o 98 % nižší. Velké snížení můžeme pozorovat také u oxidu dusného neboli  $NO_x$ , a to o 62 %, a poslední zlepšení se týká  $CO_2$ , tato veličina je nejvíce hlídána z pohledu emisí motorů. U této podstatné veličiny je pokles o 11 %, což není o moc lepší než naftové motory. Jsou alternativní paliva, která mají  $CO_2$  nulové, jako je třeba elektrický pohon. Emise motoru jsou snižovány pouze třícestným katalyzátorem. Takže oproti naftovému motoru odpadá EGR ventil a dále také filtr pevných částic a cirkulace výfukových plynů. Výkon motoru traktoru je 175 koní a objem je 6,7 litru. Motor traktoru se nijak neliší od naftového. Traktor je osazen stejnou převodovkou, jako má naftový traktor, název převodovky je ElectroCommand a má 16 převodových stupňů. Traktor také slibuje o 30 % nižší náklady na pohonné hmoty. Servisní intervaly se nemění, jsou stejné jako u naftových motorů (Agroportal24h.cz, 2021).

V automobilové dopravě se již běžně využívají a jezdí po silničních komunikacích. Dle (Vlk, 2006): „Již po světě jezdí na zemní plyn více než 3 miliony vozidel v 60 zemích.“



Obrázek 3.4: Traktor poháněný methanem (Agroportal24h.cz, 2021)

## 3.3 Současné stroje na bioplyn

V dnešní době je jasné, jaká značka a traktor jsou v tomto odvětví nejdále. Značka New Holland se velmi angažuje ve vývoji traktoru na alternativní paliva. Proto také vyrobili i

prodávají traktor, který je poháněný bioplynem. Tento traktor se nazývá New Holland T6 Methane Power. Je to první vyráběný traktor, který je poháněný 100 % methanem. Od roku 2013 se začaly testovat v provozu a od roku 2021 je možné tyto traktory nalézt v sériové výrobě. Motor traktoru produkuje o 99 % méně pevných částic, o 80 % nižší emise a o 30 % nižší provozní náklady oproti konvenční naftě. Pokud budeme používat bioplynovou stanici a budeme jezdit na biometan vyprodukovaný právě z bioplynové stanice, jeho emise  $CO_2$  budou nulové. Traktor je také schopen jezdit na zemní plyn. Jedná se o totožný traktor jako na CNG a LNG. Traktor pochází z projektu Energy Independent Farm. To znamená, že jde o projekt nezávislé farmy, a to by v případě bioplynové stanice bylo možné. Pro použití by bylo nutné vyrobený metan z bioplynové stanice obohatit, protože metan z bioplynové stanice je chudý a nezaručil by správný provoz traktoru. Stejně je na tom i rakouská značka Steyer, která také vyrobila traktor, který může být poháněný zemním plynem, tím pádem může být poháněný rovněž palivem z bioplynové stanice (Agriculture.newholland.com, 2022).



**Obrázek 3.5:** *New Holland T6 Methane Power (Agriculture.newholland.com, 2022)*

### **3.4 Současné stroje na elektrický pohon**

V současné době je to nejspekulovanější téma v automobilové dopravě, v níž je technologie akumulátorů velmi daleko. Dojezd automobilů je v dnešní době přes 500 kilometrů. V zemědělství se také vyskytují traktory na elektrický pohon, ale není to tak jednoduché jako v silniční dopravě. Je to především kvůli terénu, ve kterém budou muset jezdit, ale především také kvůli potřebě jezdit celý den, a to bez nabíjení. Každé nabíjení v sezóně znamená ztracený čas, který stroj může trávit prací na poli, což je v době sklizně



žádoucí, v této době má jet traktor na plný výkon. Jedna z mnoha značek je Rigitrack, tato značka sériově vyrábí a prodává elektrotraktory. Ty jsou omezeny svým výkonem, který je 50 kilowatt. Další značky, jako jsou John Deere, CASE a další, taktéž pracovali na elektrotraktorech. Významnějším výrobcem pro dnešní farmáře by však mohl být traktor od Monarch Tractor, ti vyrobili první autonomní elektrický traktor. Autonomní znamená, že traktor dokáže pracovat sám a nemusí ho řídit člověk. Traktor ale není jen autonomní, i nadále si může člověk sednout za volant a řídit jej jako běžný traktor. Výhodou je především funkčnost autonomního řízení traktoru bez signálu GPS, k jeho práci stačí pouze počítačové vidění. Právě pro případy výpadku signálu GPS je osazen dvěma 3D kamerami a šesti běžnými. Traktor může pracovat nepřetržitě se silou 40 koní a krátkodobě zvládne i 70 koní. Podle výrobce je konstruován na 10 hodin práce. Díky novým technologiím dokáže nasbírat a zanalyzovat za den až 24 GB dat, která jsou zálohována na cloudu. Pro lepší komunikaci s traktorem a snadnému dostání se k datům je možné propojení s telefonem. Traktor také může sloužit jako generátor pro případné opravy (Agroportal24h.cz, 2020).



**Obrázek 3.6:** *Monarch Traktor (Agroportal24h.cz, 2020)*

Další značka, která se zabývá elektropohonem traktorů, je značka Fendt, konkrétně Fendt e100 vario. Jak samotná značka zmiňuje její, traktor se velmi hodí na práci v uzavřeném prostoru, a to díky jeho nulovým emisím. V tom je právě výhoda elektrické energie, kdyby dieselový motor pracoval v uzavřeném prostoru, tak se tam nedá dýchat. Dopusud tak fungují v živočišné výrobě traktory poháněné naftou. Novější traktory už nejsou tak špatné, ale v živočišné výrobě stále pracují staré traktory, které ještě nemají žádné technologie, jež by jim snižovaly škodlivé látky z výfukových plynů. To má tedy vliv na zdraví zvířat ve stájích, protože i přes vyvětrávací systémy se dobytek těchto škodlivých látek nadýchá. Myslím, že největší budoucnost by mohly mít elektrické traktory především v živočišné výrobě, protože by v prostorách stáje nevypouštěly škodlivé látky, které by

dobytek musel dýchat. V živočišné výrobě by nedocházelo k problému s nabíjením, protože tu práci by traktor vydržel nabitý a fungoval by a po dokončení práce by ho obsluha připojila k nabíječce. V živočišné výrobě jezdí traktory denně, a tak by nedocházelo k degradaci akumulátoru stáním v chladném počasí s vybitou baterií. To je jedna z výhod naftových motorů, akumulátor sice také musíme v zimním období udržovat, ale údržba akumulátoru naftového traktoru není tak nákladná. Tento traktor umožňuje použití jak konvenčních nástrojů, tak i elektrifikovaných. Konvenční nástroje jsou obyčejné nástroje, které tahají naftové traktory dnes. Jde o nástroj, který je poháněn traktorem, naopak zase elektrifikované nástroje jsou stroje s vlastním elektromotorem, takže elektrický traktor slouží jen jako stroj, který nese nástroj a pohání ho z vlastního akumulátoru. V případě elektrifikovaných nástrojů vypadá zásuvka pro pohon nástroje takto. Pokud jde o akumulátor, výrobce tohoto traktoru uvádí, že jeho nabití na 80 % kapacity baterie trvá pouze 40 minut. Výrobce také uvádí, že traktor dokáže pracovat za normálních podmínek až 5 hodin. Baterie má kapacitu 100 kilowatthodin a pohání motor s 50 kW, což je v přepočtu na koňské síly 67 hp. To v dnešní době není moc a vystačí to tak pro malého soukromníka. Traktor je zpracován stejně jako naftová verze od Fendu, takže ovládací prvky zůstávají hodně podobné (Fendt.com, 2023a).

Ačkoliv se elektrický traktor od Fendu zatím nedočkal sériové výroby, značka již vyrobila už druhou generaci tohoto elektrického modelu. Proběhla vylepšení, jako bylo předělání dobíjecích zásuvek, protože každá vesnice a podnik nemá doposud používanou zásuvku. Další vylepšení, které je použito, se týká samotného akumulátoru. Konkrétně je to termoregulace teploty akumulátoru. Systém například v zimě akumulátor přehřeje a v létě funguje opačně, takže jej ochladí. Spojené je to s vytápěním kabiny a jejím ochlazením (Agroportal24h.cz, 2019).



**Obrázek 3.7:** *Fendt e100 Vario (Fendt.com, 2023b)*

John Deere také vyrobil traktor, který je plně elektrický. Název traktoru je John Deere SESAM. Traktor byl představen na veletrhu v roce 2017 v Paříži. Základ traktoru je postaven na konceptu traktoru John Deere 6R, avšak použitá kabina na traktoru pochází z traktoru 6M. Stavba traktoru je stejná jako má 6R, místo motoru má ale umístěné lithi-umiontové baterie, které dodávají elektrickou energii dvěma elektromotorům, jež mohou trvale vydávat výkon 130 kW, to znamená 175 hp. Jeden elektromotor slouží k pohonu traktoru. Druhý elektromotor je využíván k pohonu zadního vývodového hřídele, tedy PTO a pomocných systémů. Traktor umožňuje také jejich kombinaci. To znamená, že kdyby traktor potřeboval třeba na silnici větší výkon, zapojí se druhý elektromotor a oba tak fungují pro pohon stroje. To samé platí i na druhou stranu, pokud tedy traktor bude potřebovat větší výkon na PTO, zase se zapojí i druhý elektromotor. Jako u každého elektrického traktoru je horší doba jeho provozu, která představuje čtyři hodiny provozu. Pokud se to přepočítá na dojezd traktoru na silnici, je to přibližně 55 km. Další mínus je doba nabíjení, která je uvedena tři hodiny. Baterie také nevydrží věčně, u traktoru je uvedeno, že baterie vystačí na 3100 nabíjecích cyklů. Avšak plusem tohoto traktoru jsou nulové emise a tichý chod. Toho se opět dá využít při práci v živočišné výrobě nebo při nočních pracích (Mondomacchina.it, 2017).





**Obrázek 3.8:** John Deer SESAM (Mondomacchina.it, 2017)

Jako novinka právě bylo sděleno, že nové elektrické traktory vyrobila firma New Holland. V článku se uvádí, že budou připraveny k prodeji na konci roku 2023. Traktor byl představen v roce 2022 ve Phoenixu a obsahuje autonomní prvky. Je osazen motorem o výkonu 120 koní, točivý moment traktoru je 440 NM. Později se rozšíří i pod značku Case IH, protože patří pod stejný koncern CNH. Traktor je vyroben s pohonem 4 x 4 a jeho maximální rychlost je 40 km/h. Značka uvádí, že baterie vydrží nabitá celý den. Traktor disponuje vcelku rychlým nabíjením v článku je uvedeno, že od vybité baterie do 100 % nabití trvá pouze jednu hodinu. Zajímavostí je, že traktor podporuje zásuvky, a tak je možné ho používat jako zdroj energie, například pro svařování nebo vrtání. Samozřejmostí je podpora konvenčních strojů i elektrifikovaných nástrojů za traktory. Jak je známo, elektromotory jsou dravější než dieselové motory, elektrický traktor má oproti dieselovému motoru plynulejší řazení a také je zde napsáno, že má lepší kontrolu trakce. Výhody jsou stejné jako u předchozích modelů, tichý, s nulovými emisemi. Zmíněné autonomní prvky v traktoru jsou 360° senzory, traktor tedy objede překážku sám bez zásahu řidiče. Dalším autonomním prvkem je sledování přes aplikaci úrovně spnění úkolů a kde se na poli nachází, také přes aplikaci mohou aktivovat traktor. Režim Shadow Follow Me je schopen synchronizovat stroje, aby spolupracovali. Také jeho design vypadá velice dobře (Agdaily.com, 2022).



**Obrázek 3.9:** *New Holland T4 Electric Power (Agdaily.com, 2022)*



---

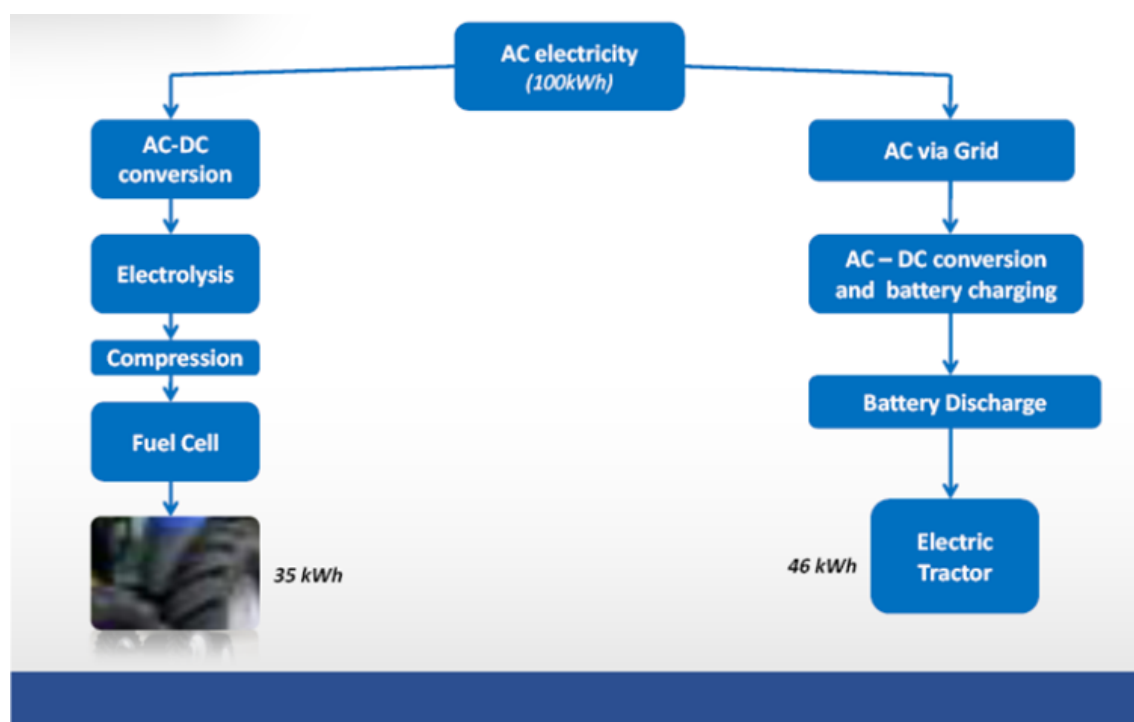
## 4 Porovnání motoru na vodík a elektřinu s dieselem

### 4.1 Vodík

V této části bakalářské práce se podíváme na pro a proti dieselových motorů, vodíkových a samozřejmě na traktory poháněné elektromotorem. Pro porovnání jednotlivých parametrů strojů jsem se snažil vybrat traktory od jednoho výrobce, což se mi nepovedlo, protože ne všechny ve vybraných technologiích pohonů na alternativní paliva nejsou dostatečně daleko. Většina traktorů na alternativní paliva je vyráběn ve střední třídě traktorů, to znamená, že mají okolo 100 koní. Zatím se vývoj v alternativních palivech dál nedostal, ale určitě v budoucnu se alternativní technologie vyrovná ve všech směrech fosilním palivům. Traktor New Holland NH2 je zatím pouze jako prototyp, proto se o něm nedají zjistit žádné podrobnější informace ani o jeho ceně, jeho výroba byla taktéž pozastavena. Jen funguje jako ukázka toho, že traktory nemusí jezdit pouze na naftu, ale že to jde i na tak čisté palivo, jako je vodík. Víme však, kterému traktoru je podobný, jeho konstrukce se velmi podobá traktoru New Holland T6 140 s tím rozdílem, že má trochu menší výkon, a to 135 hp, a také futuristický design, u kterého se uvádí, že se nemusí shodovat s konečnou podobou tohoto traktoru. Obrovský potenciál vodíku spočívá především v tom, že se nechá získat z biomasy, vody nebo větru, slunce, dokonce i z odpadů. Dá se říct, že se nechá získat téměř ze všeho, co je kolem nás. Jak jsem již zmínil, je problém, že dnešní produkce vodíku nepoužívá příliš ekologickou formu. Mezi největší výhody těchto traktorů patří jejich nulové emise, ale také velmi nízká hlučnost, která je konkrétně u tohoto modelu pouhých 55 dbA. Pokud jde o emise tohoto traktoru, tak jediné, co vyprodukuje, je čistá voda, která ničemu nevádí. Mimo jiné v porovnání s ostatními alternativními i fosilními palivy má nejvyšší obsah energie na jednotku hmotnosti, a to 120,7 kJ/g. Spousta lidí si může myslet, že by mohl vodík být jako pohon pro zemědělské traktory problematický. Prozatím dokud by se nevybudovala lepší síť na distribuci, mohl by být z počátku problém s jeho dostupností do podniků. Tento problém by však odpadl, kdyby farma byla vybavena jednou z výše uvedených možností na výrobu vodíku. Tím by odpadl i problém s jeho skladováním, kdyby již farma měla vlastní produkci vodíku, tak už by nebyl problém mít i nádrž na skladování. A vlastně díky tomu, že se traktor ve většině případů pohybuje v okolí farmy, není problém si dojet natankovat na farmu. Tento problém má pouze automobilový průmysl ne však v zemědělství. U traktorů není díky jejich velikosti problém ani namontování nádrží na vodík. Co se týče bezpečnosti vodíku, je pravda, že je velmi hořlavý. Na druhou stranu je lehčí než vzduch, takže se opravdu rychle rozptýlí. Oproti benzínu je to 12x rychlejší rozptýlení než benzín. Pokud jde o jeho nebezpečnost při tankování, tak pokud by uniklo malé množství vodíku, ničemu to neškodí, není nebezpečný pro naše zdraví. A hlavně

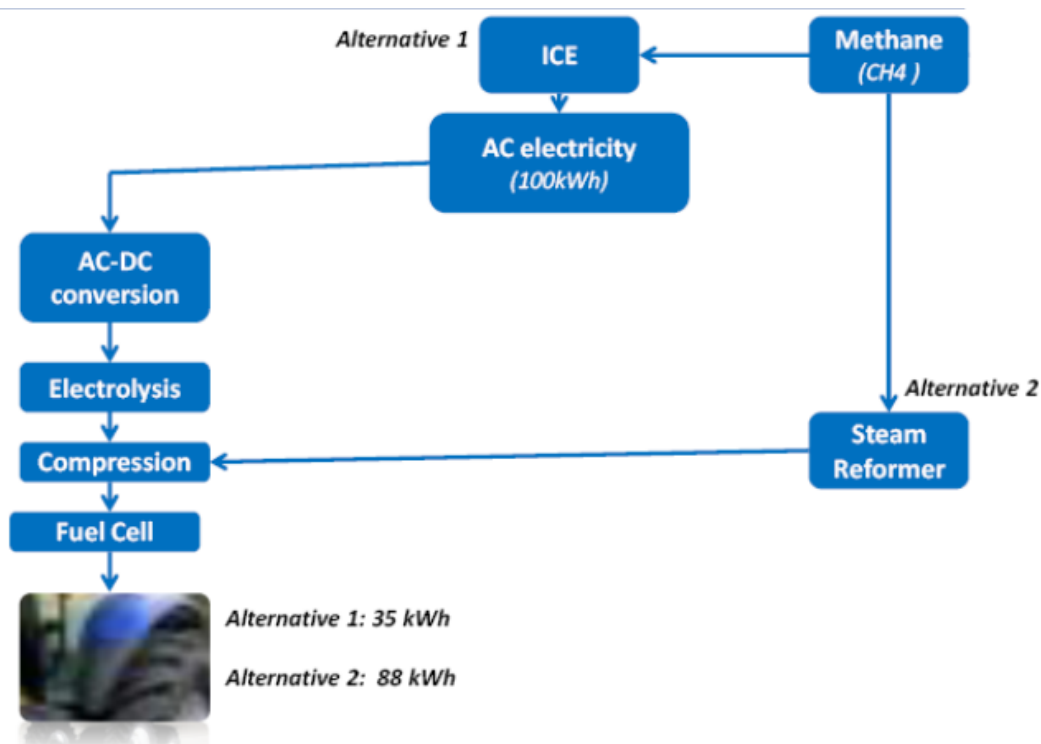
se rychle rozptýlí. Velmi dobrou vlastností bude také jejich provedení převodovky. Bude obsahovat konečnou verzi CVT převodovky. Nebude obsahovat žádné převodové stupně, proto odpadají i ztráty výkonu. Samozřejmostí je i měnění otáček PTO neboli vývodového hřídele, a to v rozmezí 0-1000 otáček za minutu. Pokud bychom chtěli jezdit s traktorem, který je poháněn akumulátorem, bylo by to velmi problematické, z toho důvodu, že v automobilové dopravě se často brzdí a tím dochází k rekuperaci, tedy dobíjení akumulátoru. S tím však v zemědělství nemůžeme počítat, protože při polní práci traktor pravděpodobně brzdit nebude. Není však jedinou možností, jak se v dnešní době nechá rekuperovat energie (Adoc.pub, 2023).

Kdybychom se ale podívali na porovnání vodíkového a elektrického pohonu, pokud máme 100 kWh, levá strana obrázku je cesta vodíku. Začátek je na 100 kWh střídavého proudu, následně musí proběhnout přeměna střídavého proudu AC na stejnosměrný proud DC. Následuje elektrolýza, poté stlačení a poté palivový článek. Z toho na závěr vyjde 35 kWh. Na pravé straně je vidět cesta elektrického pohonu, kdy AC via Grid znamená nabíjení střídavým proudem. Následuje přeměna střídavého proudu na stejnosměrný a nabití akumulátoru. Další je vybití akumulátoru a výkon elektrického traktoru na konci tohoto procesu je 46 kWh. Při popisu tohoto obrázku vidíme, že elektrický traktor má mnohem větší účinnost, a to o 30 % (Adoc.pub, 2023).



**Obrázek 4.1:** Proces vodíku a elektřiky k výkonu (Adoc.pub, 2023)

Avšak kdybychom se podívali na proces získání vodíku nebo elektrické energie od metanu, zjistíme, že vodík se vyplatí mnohem víc a rozdíl mezi získaným výkonem je 150 %. Takže pro farmy mající bioplynovou stanici by to bylo velice výhodné a mohly by si produkovat vlastní palivo (Adoc.pub, 2023).



**Obrázek 4.2:** Proces vodíku a elektryky od výroby k výkonu (Adoc.pub, 2023)

Jak už jsem zmínil v kapitole předtím, kde jsem vyjmenoval způsoby, kterými lze získat vodík, v tomto se zaměřím na způsob, který je používán nejčastěji, ale také na způsob, který by mohl být nejčistší a který bychom měli začít používat. Z 96 % je vodík vyráběn z fosilních paliv, což není nic dobrého, pokud bychom chtěli, aby to bylo palivo budoucnosti, když jeho produkce je z tak velké části závislá na výrobě z fosilních paliv. Nejčastěji se vyrábí tzv. parním reformingem zemního plynu, což je vlastně chemická reakce zemního plynu a vodní páry. A z tohoto procesu nám vzniká vodík. Avšak touto metodou bychom vodík vyrábět nemuseli. Abychom mohli přejít na vodíkové palivo, bude třeba ho vyrábět ekologicky šetrným způsobem. Výroba vodíku se dnes dělí na zelenou, modrou a vodní. Zelená výroba vodíku je ta nejšetrnější, protože neprodukuje žádný uhlík. Modrá je metoda, při které se produkuje jen malé množství uhlíku. Uhlík, který se vyprodukuje, je zachycován a ukládán do zásobníků, poté je využíván pro průmyslové využití. Tato metoda je v dnešní době podporována, protože je ekonomicky výhodná a proveditelná. Vodní vodík je metoda na získání vodíku užívaná v Kanadě. Pro nás nejlepší možností do budoucna je zelený vodík, protože se získává za použití elektrolýzy. Elektrická energie pro elektrolýzu by pocházela z obnovitelných zdrojů jako například z větrné nebo vodní elektrárny. V dnešní době tato metoda výroby vodíku není možná, protože zatím není technologie tak daleko a cena vodíku by byla vysoká. Nové technologie v oblasti zelené energie mají velký vliv na budoucí cenu. Cenu zeleného vodíku ovlivňuje také to, že větrná elektrárna nevyrábí pořád elektrický proud. Záleží na tom, kde je umístěná a v jakých podmínkách. U solární energie platí to samé, slunce nesvítí celý den, a tak je produkce nižší. Modrý vodík je o něco méně ekologický než zelený vodík. Zachytávání uhlíku je zatím nová technologie, takže její účinnost není ještě tak vysoká, pohybuje se mezi 85-90 %, protože je to nová technologie tak její cena je vysoká. Při přechodu na tuto technologii ve velkém bude mít i tak velkou uhlíkovou stopu a vypustí miliony tun emisí. V

tabulce 4.1 můžeme vidět porovnání modrého vodíku s výrobou černou a šedou. Všechny tyto metody pochází z fosilních paliv a jejich produkce CO<sub>2</sub> (Yu et al., 2021).

**Tabulka 4.1:** Porovnání druhů vodíku (Yu et al., 2021)

kg CO <sub>2</sub> /kgH <sub>2</sub>			
Černý vodík	Šedý vodík	Modrý vodík (uhlí s CCUS, míra zachycení 90 %)	Modrý vodík (zemní plyn s CCUS, míra zachycení 90 %)
20	8,5	2,4	1

V tabulce 4.2 můžeme vidět cenu vodíku vyrobeného různými metodami, jako je například výroba černého, šedého, modrého a zeleného vodíku. Pokud se podíváme do tabulky, můžeme vidět, že v dnešní době se vodík vyrobený zelenou metodou zdaleka nevyplácí jako vodík vyrobený šedou metodou. Vliv na jeho cenu má také produkce obnovitelné elektřiny, takže pokud by se rozvíjely elektrárny, které by produkovaly elektrický proud z obnovitelných zdrojů mohlo, by to i zlevnit produkci zeleného vodíku. Jeho produkce se v dnešní době nevyplácí z ekonomického hlediska, avšak z pohledu ekologie by to byla nejlepší možnost, jak produkovat vodík. V tabulce nejsou uvedeny všechny metody k jeho získání, ale v ní uvedeny metody, které jsou v dnešní době jsou nejvíce používané (Yu et al., 2021).

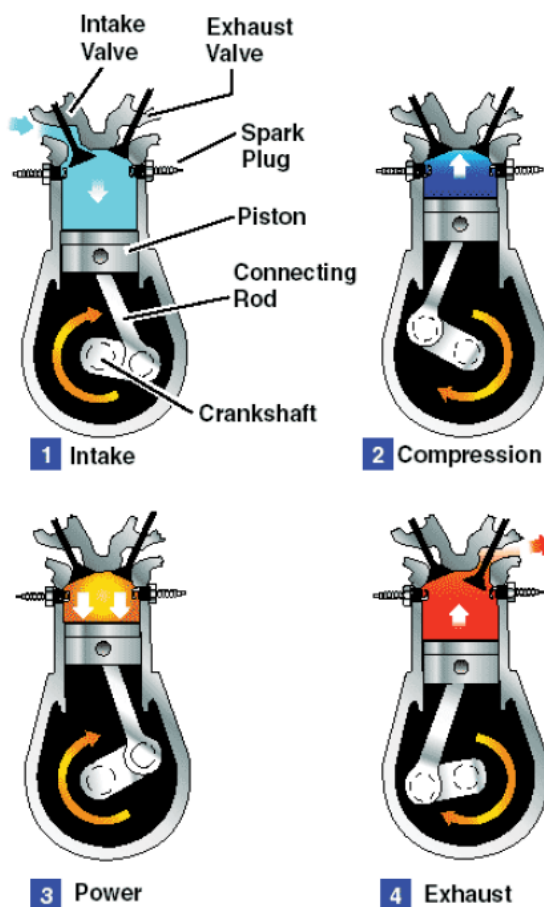
**Tabulka 4.2:** Porovnání cen vodíku (Yu et al., 2021)

Metody	Zdroje energie	Umístění	Náklady na H <sub>2</sub>
Černý vodík (bez CCUS)	Uhlí	Kanada	1,35
Šedý vodík ( bez CCUS)	Zemní plyn	Kanada	1,31
		Kanada	0,67-1,05
Modrý vodík (s CCUS)	Uhlí	Kanada	1,60-2,05
	Zemní plyn	Kanada	1,62-1,83
		Kanada	0,99-1,36
Zelený vodík	Obnovitelná elektřina	Kanada	7,39
		Kanada	2,56-6,84
		Kanada	2,28-3,69
		Japonsko	5,5
		Evropa	2,24-7,84
		Austrálie	4,78-7,43

Vodík se může spalovat přímo v motoru nebo druhou metodou je palivový článek, který má nulové emise a vysokou účinnost. Perspektivnější a výhodnější metodou je spalování vodíku v palivových článcích jako zdroj elektrické energie pro elektromotory. Spalovat přímo v motoru se mohou dvousložková paliva nebo samotný vodík. Vodíkový spalovací motor má výhodu, že může využívat stávající technologie motoru, protože se od stávajících motorů na fosilní paliva moc neliší, a proto má větší náskok ve výzkumu. Tyto motory můžeme rozdělit na PFI (Port Fuel Injection), to znamená vstříkávání do sacího potrubí, touto metodou se snižuje výkon motoru asi o 30 %. Další možností je přímé vstříkávání do válce DI (direct injection), tato metoda eliminuje ztráty PFI. Systém vstříkávání do válce, tedy DI, je také bezpečnější, protože u něj nedochází ke zpětnému hoření, avšak PFI je jednodušší a lacinější. Dále se nechají dělit na SI (Spark ignition), to znamená zažehnutí směsi pomocí jiskry. Druhou kategorií je CI (Compression ignition), význam této zkratky je, kompresní zažehnutí, jedná se o stejný princip, jako má diesellový motor. Na obrázku můžeme vidět, že motor také pracuje na čtyři doby. První doba je samozřejmě sání, dojde k nasání vzduchu a vodíku do prostoru válce. Při druhé době dochází ke stlačení směsi vodíku a vzduchu, na tuto dobu navazuje třetí, při které dojde pomocí svíčky k zažehnutí směsi. To silou mrští píst dolů, na to navazuje čtvrtá doba výfuk, kdy dochází k otevření výfukového ventilu a dojde k vyprázdnění válce. Mezi výhody spalování vodíku v porovnání se spalováním benzínu. Mezi největší výhody vodíku lze zařadit, že se nechají

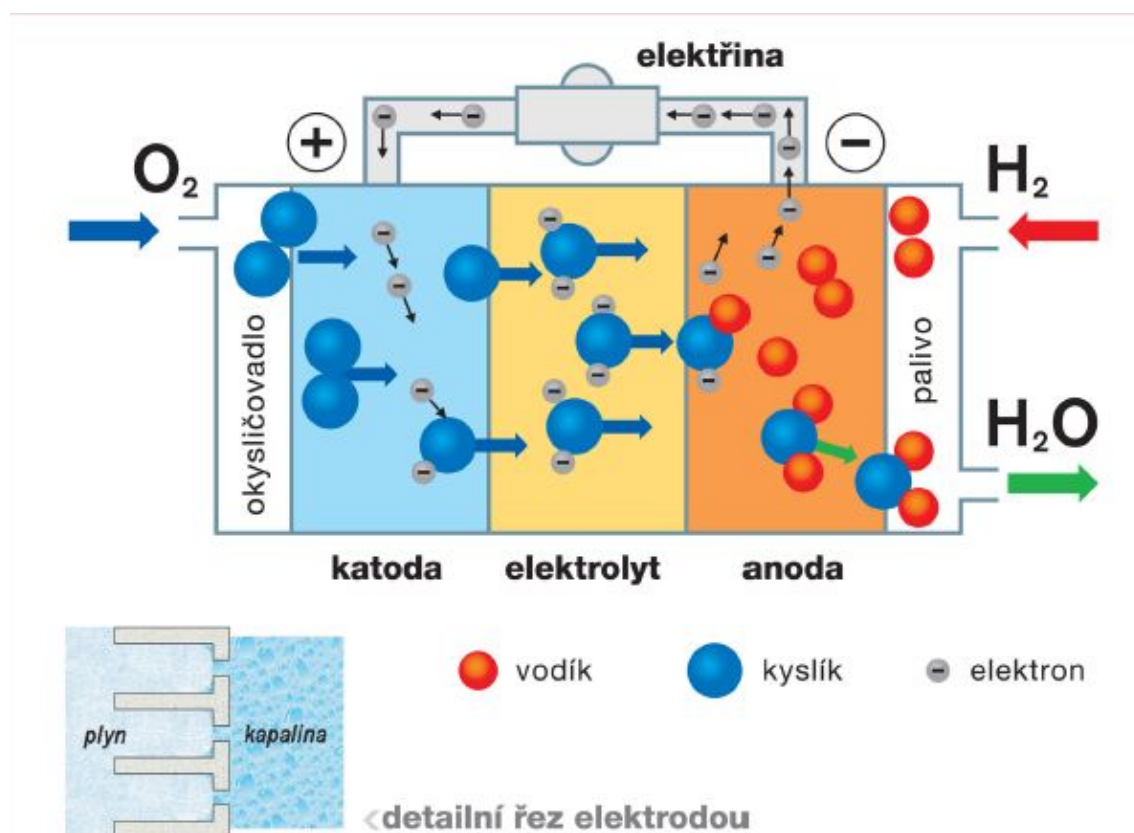
spalovat i extrémně chudé směsi. Další je jeho vysoká teplota samovznícení, díky tomu lze zcela bezpečně zvýšit kompresní poměr, tím se nám zvýší i výkon motoru. Další jeho výhodou budou studené starty, kdy s benzínem je to trochu obtížnější, avšak vodík se skvěle smíchá se vzduchem, tak dojde k usnadnění startu. A všechny tyto výhody jsou ještě doplněny neomezeným množstvím vodíku, protože jak už jsem již zmínil, je ho všude kolem nás obrovské množství. V dnešní době ale není stále tak vysoká produkce vodíku, abychom mohli nahradit benzín či naftu. Také je kvůli nízké hustotě vodíku problém s velikostí nádrže, je zapotřebí větších rozměrů palivových nádrží. S jeho nižší hustotou je spojena i větší spotřeba paliva (Teoh et al., 2023)

SI motor funguje prakticky stejně jako benzínový. Je zde vstříkovač, který vstříkne palivo do válce, následně dojde k zažehnutí svíčkou a k výfuku, jen s tím rozdílem, že vypustí pouze vodu. Jediné, co je třeba upravit, je palivové potrubí, zapalovací svíčka a vstříkovače. Velké plus oproti baterii je v tankování, kdy vodík natankujeme za pár minut, což u elektrických baterií neplatí. Emise u tohoto typu spalování vodíku se projevují zvýšením  $NO_x$  z důvodu rychlejšího hoření a vyšší teploty adiabatického plamene. Ve směsi vodíku s benzínem se zjistilo mnohem méně  $NO_x$ , protože má nižší teplotu hoření, také nižší hodnoty CO a  $CO_2$  i UHC (nespalené uhlovodíky) (Teoh et al., 2023).



Obrázek 4.3: Funkce vodíkového motoru (online-private-pilot-ground school.com, 2006)

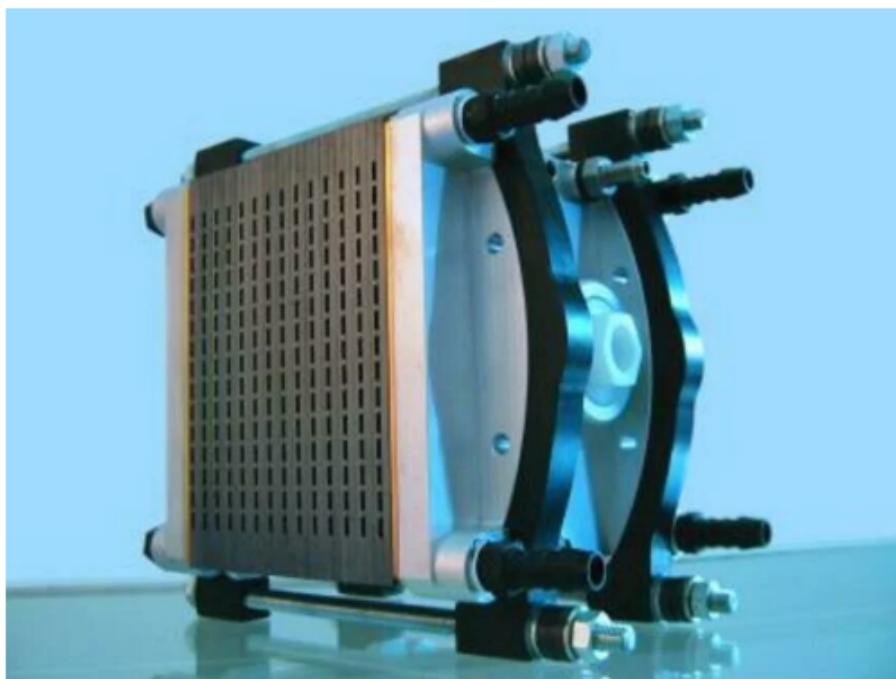
CI motor je vznětový, a aby mohl fungovat, potřebuje dvousložkové palivo, protože aby došlo k samovznícení vodíku, je zapotřebí jiskry nebo vysoký kompresní poměr. U motoru na dvousložková paliva, je zapotřebí ke stávajícímu zařízení na dopravu nafty do válce, také přidaná tlakovou láhev na vodík a rozvodné potrubí. Vodík se nevstříkuje přímo do válce, ale je smíchán v sacím potrubí, nafta se vstříkuje přímo do válce motoru. Jelikož se u tohoto způsobu stále využívá fosilní palivo, nejedná se tedy o bezemisní provoz. V porovnání s emisemi z čisté nafty, studie říkají, že hodnoty  $NO_x$ , sazí a uhlíku byly sníženy o 85-90 %, což je znatelný rozdíl, záleží na zatížení motoru, kdy při nízkém je vše nižší, při středním zatížení motoru již narůstá  $NO_x$ , ale  $CO$  a  $CO_2$  zůstávají nízké (Teoh et al., 2023).



**Obrázek 4.4:** Funkce vodíkového článku (3pol.cz, 2003)

Vodíkový palivový článek vyrábí elektrický proud pomocí chemické reakce, jeho funkce je snadná, obsahuje katodu a anodu, mezi nimi se nachází elektrolyt. Na anodu je přiváděn vodík a na katodu kyslík. Katalyzátor následně odděluje kladně nabitě vodíkové ionty a elektrony. Zionizovaný kyslík putuje k anodě, kde je sloučen s vodíkem. Tyto články pro pohon vozidla musí být zapojeny v sérii, protože výkon jednoho článku je zhruba 0,6-0,9 V. Na trhu je několik druhů palivových článků s různými parametry, kdy rozdíl je v teplotách článku a jejich účinnosti. V budoucnu bude mít velký význam, protože jediné, co vypouští, je přehřátá pára. Další výhodou je oproti spalování vodíku přímo ve válci to, že nedochází k tepelným a mechanickým ztrátám. Díky tomu je jeho účinnost větší než u spalování (Mpo.cz, 2018).





**Obrázek 4.5:** Vodíkový palivový článek (Mmspektrum.com, 2006)

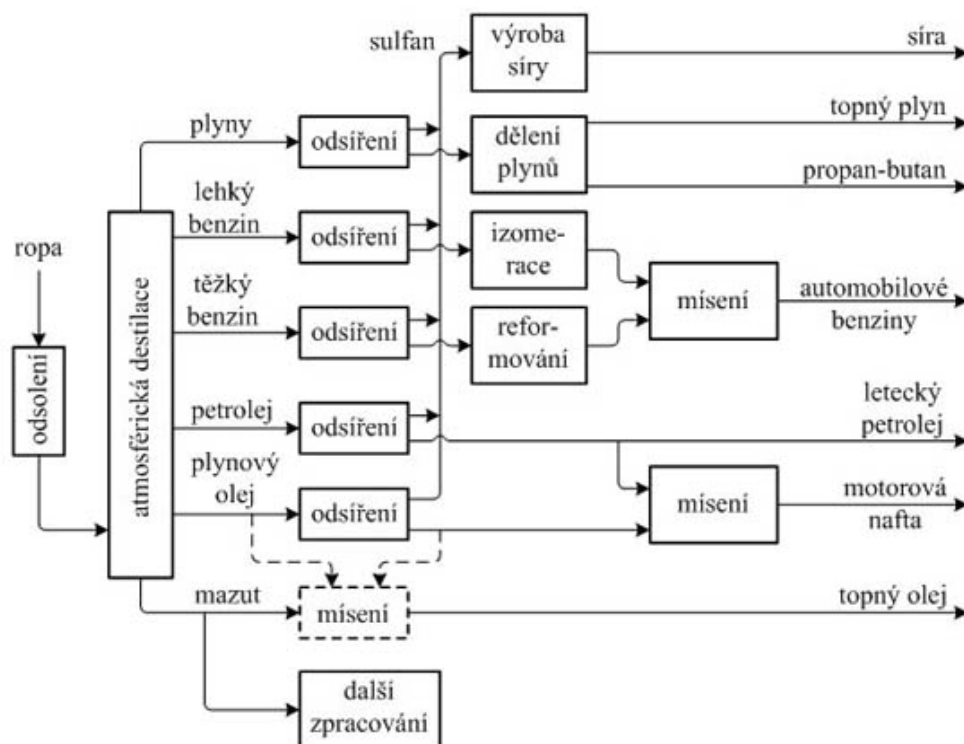
Nyní se podíváme na energetickou a ekonomickou náročnost produkce vodíku. Vodík by mohl být dobrým alternativním palivem, ale v současné době je jeho produkce velmi energeticky náročná. Náklady na výrobu 1 kg vodíku činí 8 kg kyslíku, 9 litrů vody, zbavené veškerých minerálů a v neposlední řadě 60 kWh elektrické energie. Na této stránce uvádějí, že skutečná spotřeba v praxi se pohybuje spíše mezi 20-30 litry vody na 1 kg vodíku. Pokud bude vodík využit ve vodíkovém palivovém článku, získáme podobné množství vody zpět. Pokud jde o ekonomiku vodíku, záleží na metodě, jakou budeme k výrobě vodíku používat. Například parním reformingem zemního plynu můžeme 1 kg vodíku získat již za 1-3,5 \$/kg. Další možnost získání vodíku je zplynováním uhlí, touto metodou lze vyrobit 1 kg vodíku za 1,2 – 2,2 \$/kg. Tyto zmíněné metody však využívají k produkci fosilního paliva. Metoda, která by se měla tedy pro výrobu vodíku používat je elektrolyza vody, protože elektrický proud můžeme získávat solární, větrnou či vodní elektrárnou. V současné době jsou populární solární panely. Čtyři solární panely dokáží vyrobit 1000 kWh za rok a 60 kWh spotřebujeme na 1 kg vodíku. Jde tedy celkem o nepoměr, avšak 1 kg vodíku dokáže nést 33 kWh energie. Pokud jde o akumulátor, ten v 1 kg unese 0,1 kWh energie. To je dost velký rozdíl. Vodík ztratí velkou část své energie při skladování, protože je potřeba ho zkapalnit. Při zkapalnění přijde vodík zhruba o 30 - 40% své energie. Pokud jde o zplynování uhlí, touto metodou pevné palivo reaguje za vysokých teplot (800–1200 °C) a tlaků (0,1–4 MPa) s vodní párou a kyslíkem za vzniku vodíku, oxidu uhelnatého, oxidu uhličitého a dalších plynů. Abychom dokázali vyrobit 1 kg vodíku, museli bychom zplynovat 8 kg uhlí. Poslední metodou je parní reforming zemního plynu, při této metodě musíme dosahovat teplot 750–950 °C. Účinnost této metody je okolo 75 %. Na 1 kg vyrobeného vodíku se vyprodukuje až 9–12 kg CO<sub>2</sub>. Tak pro tuto výrobu je zapotřebí 16,3 litrů vody a 3,04 kg zemního plynu (Česká vodíková technologická platforma, 2023).



## 4.2 Diesel

Porovnání jednotlivých paliv v jejich obtížnosti získávání nebo těžby. Abychom je mohli správně porovnat, je zapotřebí začít hned od začátku, to znamená podívat se na těžbu či jiné způsoby, jak získávat vybraná paliva a jaký mají dopad. Začneme od dieselu, ten se vyrábí z ropy, ropa je nerostná surovina. To znamená že je jí jen omezené množství. Nachází se v zemi, a to konkrétně v zemské kůře. Ropa se nachází společně se zemním plynem. Při těžbě buď samovolně vytéká, nebo je čerpána ven. Pokud má ložisko malý tlak, používá se vtlačování vody či methanu, který ropu vytlačí na povrch. Kdyby to nešlo ani takovým způsobem, používají se hlubinná čerpadla. Po vytažení ropy ze země nastává její další fáze. Kdy se ropa upravuje, aby mohla být dále zpracovávána. Při úpravě dochází k odplynění a následné separaci vody. Jako první věc se musí odseparovat voda a nečistoty. To se provádí ve speciálních ocelových nádobách neboli separátorech. Po projití separátorem je ropa již bez nečistot. Dalším krokem je ohřátí na 60-90°C a odpaří se i voda. Nyní již odvodněná a vyčištěná ropa putuje ropovodem, vlakem nebo kamionovou dopravou do rafinérií (Budín, 2015).

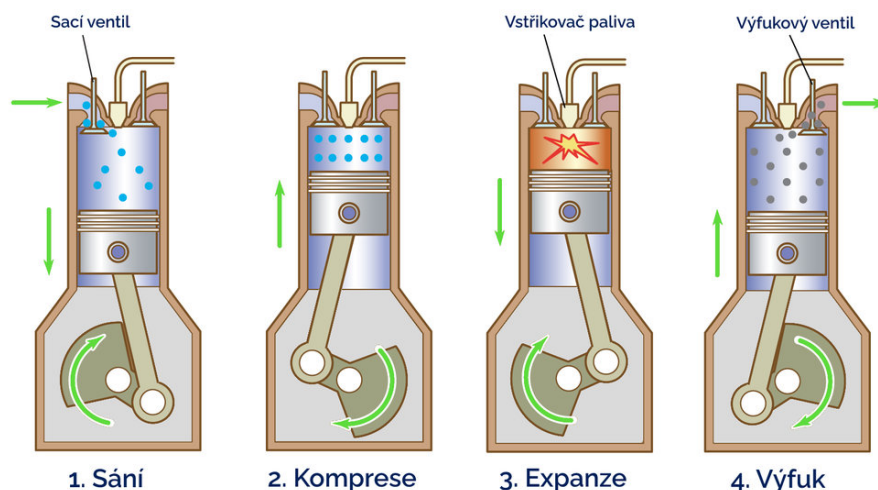
Ropa se v rafinerii zbaví soli a následně atmosférickou a vakuovou destilací se rozdestiluje na menší frakce, poté již nastane petrochemická výroba. V odsolení se ropa zbaví soli a dále je zpracována atmosférickou destilací, kde již vznikají lehký a těžký benzín, petrolej a zbytek mazutu. Ve vakuové destilaci se zpracovává mazut z předešlé akce, kdy vznikají destiláty, vakuový plynový olej a nezkondenzované plyny a asfalt. V petrochemické části vznikají aromatické sloučeniny, syntézní plyn a vodík a alkeny (Budín, 2015).



Obrázek 4.6: Rafinace ropy (Budín, 2015)

Naftový motor funguje na čtyři doby. Tyto doby se jmenují sání, komprese, expanze a výfuk. Na první dobu je do prostoru válce přiveden vzduch, následuje druhá fáze, při níž

dochází ke stlačování vzduchu ve válci, následně je vstříknuto palivo, které začne hořet, mrští píst směrem dolů, tomu se říká expanze. Poslední je výfuk, kdy se vypustí spaliny, a tedy emise do výfukového potrubí, kde je katalyzátorem a dalšími emisními systémy regulováno na minimum (Cebia.cz, 2022).



**Obrázek 4.7:** Funkce vznětového motoru (Cebia.cz, 2022)

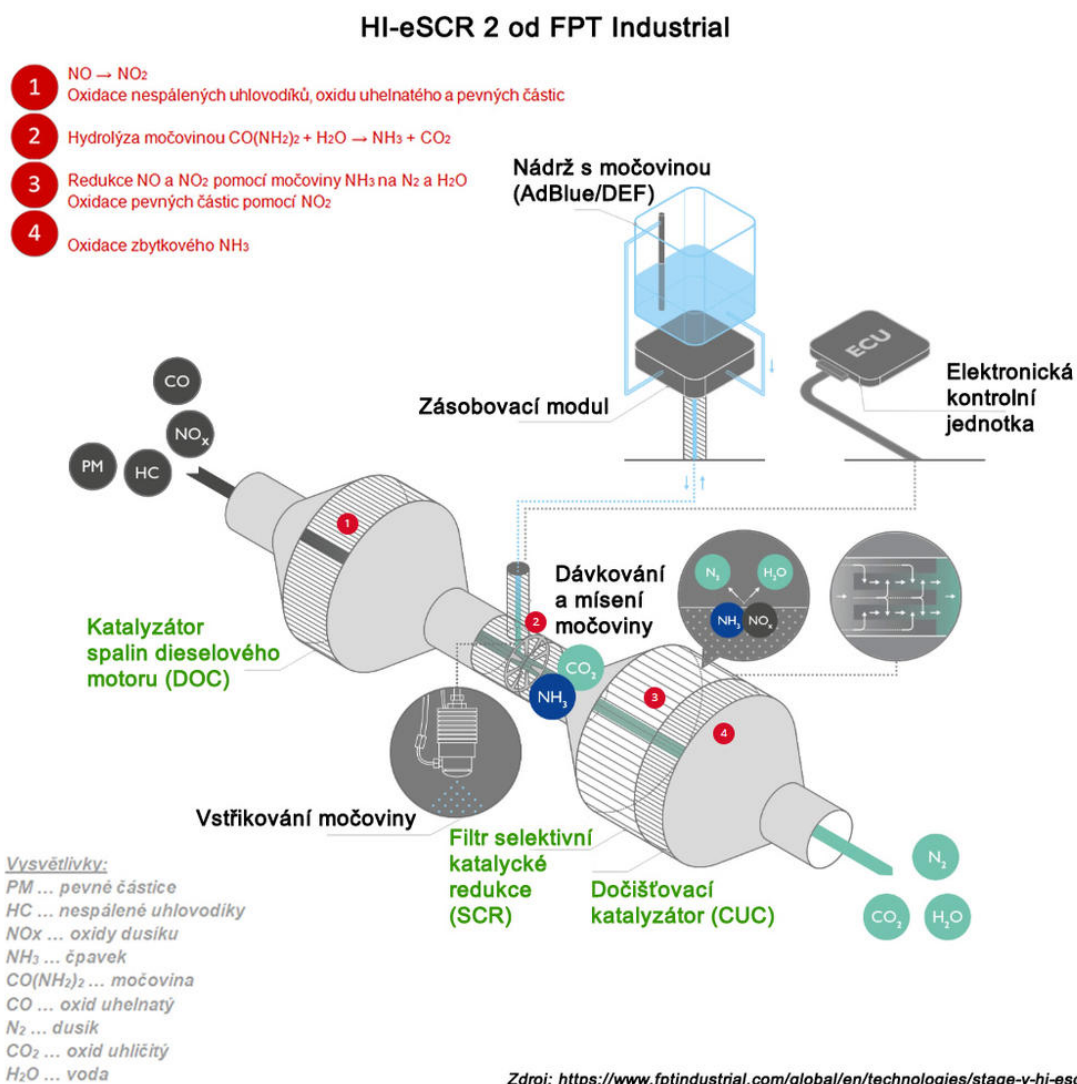
Dieselových motorů pro traktory existuje široká škála, je v nich mnohem větší výběr, co se týče výkonu, spotřeby a emisí. Takovou šířku traktory poháněné elektromotorem nebo vodíkem nemohou nabídnout. To je jedna z největších výhod. Důležitým parametrem jsou také váhy traktoru, kterých je opět bohatá nabídka pro ty, kdo vybírají traktor pro polní práce i na dopravu zemědělských komodit. Čím těžší traktor je, tím může tahat těžší náklady nebo dělat polní práce s většími stroji. Největší problém u těchto traktorů je ten, že spalují fosilní paliva a produkují emise. Pokud jde o emise vypouštěné různými traktory nebo motory, záleží na velikosti zatížení motoru a také na systémech, které zamezují vypouštění škodlivých látek z výfuku. Pravděpodobně už jen tak nižších emisí nedosáhneme. Funkce naftového motoru spočívá ve smísení vzduchu s palivem, v případě traktorů a jiných zemědělských strojů se jedná o naftu. Abychom dosahovali co nejméně emisí, musí být zvolen správný spalovací prostor, to však není jediné, záleží i na kvalitně vstříknutém palivu, ale především na jeho vstříknutém množství. Dalšími možnostmi, jak snížit emise dieselového motoru, jsou regulace doby žhavení, vyšší vstřikovací tlak paliva, nastavení počátku vstřiku a množství paliva vstříknutého do válce, více ventilové techniky, řízení sacích kanálů a regulace plnicího tlaku. Tyto vyjmenované možnosti slouží k úpravám emisí uvnitř motoru. Další možnosti snížení emisí jsou mimo motor, jsou to různé katalyzátory, jako jsou například oxidační katalyzátory, které reagují a snižují nespálené uhlovodíky neboli HC a CO neboli oxid uhelnatý. Další jsou redukční katalyzátory, ty nám snižují i NO<sub>x</sub> neboli oxidy dusíku, dále snižují amoniak NH<sub>3</sub>. Další možností je EGR ventil neboli zpětné vedení výfukových plynů, filtr pevných částic PM a zásobník na NO<sub>x</sub>. V dnešní době traktory musí plnit emisní normu stage 5, jinými slovy se jedná o normu Euro 5. V tabulce vidíme, jaké hodnoty mají nové traktorové motory v závislosti na jejich výkonu. Ukazuje nám také čím silnější traktor máme, tím méně škodlivých látek vypouští do ovzduší. Výjimkou jsou traktory nad 560 kW, kdy se nám zhorší pevné částice a oxidy

dusíku. U nových traktorů je skoro nemožné vidět, že by vypouštěly z výfuků černý kouř (Vašíková, 2019).

Povolené emise	Oxid uhelnatý		Nespálené uhlovodíky		Oxidy dusíku		Pevné částice		Počet pevných částic na 1 kWh
	Výkon[kW]	Stage IV	Stage V	Stage IV	Stage V	Stage IV	Stage V	Stage IV	Stage V
do 8	-	8,00	-	7,50	-	7,50	-	0,400	-
8-19	-	6,60	-	7,50	-	7,50	-	0,400	-
19-37	-	5,00	-	4,70	-	4,70	-	0,015	$1 \times 10^{12}$
37-56	-	5,00	-	4,70	-	4,70	-	0,015	$1 \times 10^{12}$
56-130	5,00	5,00	0,19	0,19	0,40	0,40	0,025	0,015	$1 \times 10^{12}$
130-560	3,50	3,50	0,19	0,19	0,40	0,40	0,025	0,015	$1 \times 10^{12}$
nad 560	-	3,50	-	0,19	-	3,50	-	0,045	-

**Obrázek 4.8:** Emisní normy Stage V Vypracováno dle(Vašíková, 2019)

Různé značky vymysleli různá řešení, jak tuto normu splnit. Například firma FPT Industrial docílila normy pomocí Hi-eSCR2, tedy novou verzi SCR katalyzátoru, tento systém vstříkuje močovinu do proudu výfukových plynů. Tím velice účinně zneškodňuje škodlivé látky ve výfukových plynech. Funkce je snadná a účinná. Celý systém se skládá z oxidačního katalyzátoru, vstřikovače Ad Blue, selektivního katalyzátoru a čistícího. S touto metodou nám odpadá i zpětné vedení výfukových plynů neboli EGR ventil. To je pro dieselové motory nevhodné, protože se nám tak dostávají výfukové plyny zpět do sání vzduchu a tím znečišťují ventily. Jedinou nevýhodou je spotřeba AdBlue neboli močoviny a přibývají další problémy s funkcí tohoto systému. Firma JCB Power System používá Ecomax, tato funkce snižuje emise již ve válci motoru, aby však dosahoval na požadovanou normu, je zapotřebí ještě součástka, která představuje vlastně tři součástky v jednom balení. V této jedné součástce nazvané One can solution, která obsahuje DOC katalyzátor, DPF filtr a také SCR katalyzátor. Opět se tedy jedná o podobnou věc, jako má firma FPT Industrial. Zde na obrázku je vysvětlena funkce HI-eSCR2 systému pro redukcí škodlivých látek. Nevýhodou tohoto systému je, že když traktor dojde močovina nebo se systém porouchá, traktor funguje jen v nouzovém režimu (Vašíková, 2019).



Obrázek 4.9: HI-eSCR2 systém (Vašíková, 2019)

### 4.3 Elektropohon

Jaké jsou možnosti získávání elektrické energie, to jsem již zmínil v první kapitole. Proto se zde zaměřím jen na metody z obnovitelných zdrojů. To se týká energie sluneční, větrné, vodní a geotermální. Solární energie je všude na světě, jen někde slunce svítí více a někde zase méně, ale pro elektrické stroje by mohla mít v budoucnu velký význam. Je další možností našeho snažení o snížení závislosti na fosilních palivech, protože slunce svítí a bude svítit po celou dobu existence lidstva. Proces výroby spočívá ve fotovoltaickém článku, na jeho tvaru a materiálu, ze kterého je. Jeho produkce elektrického proudu je omezena sluncem. Když se nachází v oblasti, kde není takové teplo a slunce tam nesvítí, produkce je malá. Sejný problém nastává v zimním období, kdy mohou solární panely zapadnout sněhem. Takže v oblastech, kde nesvítí slunce celý den, se jeho výstavba nevyplatí. Solární elektrárny vznikají na polích a zastavují zemědělskou půdu, což není vhodné využívání této energie. Větší potenciál mají solární panely, které se umísťují na střechu, kde nijak závažně nepřekáží. V České republice každým rokem roste produkce elektrické energie ze sluneční energie. Další je větrná elektrárna ale její úskalí je opět v tom, že její produkce elektrické energie je závislá na povětrnostních podmínkách. Větrné elektrárny musejí být na místě, kde je dostatečné proudění vzduchu, to znamená na vyvýšených místech. U nás v České republice se vyskytuje 75 větrných elektráren. Jejich výhodou je, že nepotřebují žádné palivo. Nejlepší využití mají v horských oblastech, kde je i největší povětrí, avšak s větrnými elektrárnami vzniká nebezpečí v zimním období, kdy mohou odlétávat z vrtulí kusy ledu. Zde bude také problém s vysokou počáteční investicí na výstavbu, když produkce je různá a závisí na povětrnostních podmínkách. Vodní elektrárna je také závislá, tentokrát na toku a síle proudu vody. Takže její výstavba je značně omezená. Pokud se zaměříme na vodní elektrárny v České republice, vyskytuje se zde jen devět větších elektráren, ale jejich výkon není moc velký. Nejsou ale jediné v České republice, dále se na našem území vyskytuje přes 1600 malých vodních elektráren. Další vodní elektrárny vyskytující se v České republice jsou takzvané přečerpávací nebo vyrovnávací. Nejznámější přečerpávací elektrárnou jsou Dlouhé Stráně. Problém v České republice je ten, že většina toků, na kterých by se nechala vybudovat vodní elektrárna, je již zastavěných, nebo nemají vůbec význam pro stavbu nových. Takže abychom mohli produkovat větší množství elektrické energie, museli bychom zrekonstruovat a modernizovat stávající. Nakonec geotermální elektrárna, tento typ elektráren se u nás nevyskytuje, protože by u nás neměl vůbec žádný význam. Jediné místo, kde by šly vybudovat geotermální elektrárny, je okolo Karlových Varů. Zde jsou ale používány jako lázeňské prameny. Finančně by se to pravděpodobně také nevyplatilo, protože vybudovat geotermální elektrárnu nebude nic levného, než by si tedy na sebe vydělala, pravděpodobně by to trvalo opravdu dlouho (Mpo.cz, 2018).

Elektropohon se jeví jako velmi chytrý tah, co se týče silniční dopravy, kde má velký potenciál, a to především kvůli pohybu ve městech, kde je největší koncentrace výfukových plynů obsahujících škodlivé emise. Bude však stejně dobrý i pro traktory a pohon mimo silnice. Zatím moc traktorů vyrobených a poháněných elektrickým motorem není. Vodíková technologie ještě není tak propracovaná jako elektromotory. K elektromotorům samozřejmě patří i přívod elektrické energie. Zdrojem pro elektromotory jsou akumulátor nebo vodíkový palivový článek, ale ten patří do vodíku jako alternativního paliva. V automobilovém průmyslu je již velké množství akumulátorů, nejdále ve vývoji je pravděpodobně Tesla, která již hlásí, že její akumulátory mají vysoký dojezd, jako má například Tesla model X a to 543 km. To už je dojezd jen o malinko nižší, než mají spalovací motory

na svou nádrž. U traktoru ale dojezd není parametrem, který by byl nijak důležitý. Zde rozhoduje, jak dlouho akumulátor dokáže dodávat potřebnou energii pro pohon traktoru a zároveň pro pohon stroje, který je používán, a samozřejmě doba nabíjení (Tesla.com, 2022).

Pokud bychom chtěli docílit pohonu traktorů na elektrickou energii, bylo by zapotřebí zvednout její produkci čistou cestou. Jinými slovy bude zapotřebí ji produkovat z obnovitelných zdrojů, jako jsou vodní energie, větrná a samozřejmě sluneční energie, geotermální, získávání elektrické energie pomocí biomasy. Mezi méně škodlivé bychom mohli zařadit i jadernou energii. S jadernou energií se stále spekuluje o její bezpečnosti, stále nevyřešený problém je jaderný odpad. Jaderný odpad je vlastně vyhořelé palivo, které jaderná elektrárna produkuje při výrobě elektrické energie. Jen v České republice se za rok 2021 z obnovitelných zdrojů vyprodukovalo 5,56 % z celkové vyrobené elektřiny. Není to zrovna vysoké číslo při pomyslení, kolik škodlivých látek se vyprodukuje za výrobu elektrické energie, když se většina vyrábí z fosilních paliv, tak si nemyslím, že jde o dobrý krok. Možné dobré využití by mohl mít elektrický traktor v podniku s bioplynovou stanicí, která by produkovala elektrický proud pro traktory v daném zemědělském podniku. Dále se podíváme na baterie používané pro pohon elektrických motorů. Baterie nebo spíše akumulátor je hlavní část elektrického traktoru společně s elektromotorem. Již v předchozí kapitole jsem řekl, jaký je problém s výdrží baterie a ztrátách její kapacity v průběhu let. Traktory se přece jen nakupují jako automobily jen na chvíli a pak se vymění, také mají v sezóně obrovské vytížení. Další problém může nastat v oblastech kde je zima, protože chladné počasí působící na akumulátor ho vybíjí. Ale v zimním období traktory nejsou moc využívány. Jejich využití je především sezónní. Mezi největší výhody elektrických traktorů patří udržitelnost, taktéž efektivita agronomických procesů. Několikrát zmíněné emise, které zatím nejsou zcela nulové, protože elektrická energie je zatím většinou vyrobena z fosilních paliv, avšak to se každým dnem zlepšuje, protože elektrické energie vyrobené z obnovitelných zdrojů stále přibývá a tím se vlastně stává stále ekologičtější. Další výhodou elektrického traktoru je jako u automobilů vysoký točivý moment. Ten je velkou výhodou především pro orbu. Konstrukce elektrotraktoru umožňuje, aby měl v každém kole elektromotor. Kdyby měl traktor motor v každém kole, zvýšila by se tím ovladatelnost a snadno by to umožnilo řízení všech kol, také by odpadla potřeba převodovek a různých hřídelí, což by snížilo váhu traktoru. Další výhodou může být i výměna hydrauliky za elektroniku, to by snížilo nebezpečí používání. Tato výměna by odebrala hydraulický tlak a také teplotu oleje, to by mohlo zlepšit a zpřesnit ovládání. S tím souvisí i změna pohonu nářadí za traktorem, protože kdybychom ho poháněli pomocí elektrického proudu, ne pomocí hydrostatického pohonu, tím se nám sníží i spotřeba hydraulického oleje. Další výhodou je menší počet točivých součástí, které by se mohly porouchat. Taktéž to znamená menší potřebu mazání a udržování, než mají například traktory se spalovacím motorem. Dále se testují autonomní traktory, které by v sezóně mohly být užitečné, protože nedostatek lidí v zemědělství je čím dál větší problém. Traktory by dostaly úkol, na který by samy vyjely a vykonaly by jej. Mezi nevýhody akumulátoru patří, že v dnešní době stále nedosáhly stejné hustoty výkonu jako konvenční traktory, a tak jim v dnešní době stále nedokáží konkurovat v terénu při práci. Aby byl konkurenceschopnější je zapotřebí zvětšit jejich baterii, ale to zvyšuje jejich velikost, hmotnost a také snižuje účinnost traktoru. Vyrobit správný akumulátor pro traktor je složitější než pro automobily, protože traktor se pohybuje v extrémních podmínkách, kdežto automobily pouze po silnici. K používání

elektrických traktorů nepřispívá jejich cena, protože ta je vyšší než u spalovacích motorů (Lovarelli a Bacenetti, 2019a).

---

## 5 Palivo budoucnosti

V této kapitole provedu vlastní úvahu, jaké by bylo nejlepší možné alternativní palivo, které by se nechalo v budoucnu využívat místo fosilního paliva. V případě zemědělství se tedy bude jednat především o diesel nebo lidově řečeno naftu. Na základě získaných informací, které jsem zjistil z internetových zdrojů nebo z knížek, se nyní rozhodnu. Je jasné, že budoucím palivem nemůže být nafta neboli diesel, protože je jí omezené množství, také není vhodná z důvodu vypouštění emisí do ovzduší. V dnešní době je však nejlepší, protože není tak drahá jako například vodík nebo elektrický proud. Oproti vodíku má nafta výhodu především v množství, které se nechá do palivové nádrže natankovat, a samozřejmě v ceně a technologiích. Největší výhodou nafty v porovnání s elektrickým pohonem je ve váze traktoru a rychlosti doplnění pohonných hmot, v případě elektrického pohonu nabití akumulátoru. Přechod zemědělských strojů je důležitý z toho důvodu, že zemědělství je jedním z největších producentů škodlivých emisí, a tak nesmíme ztrácet čas, ale je třeba začít pracovat na traktoru, který by jezdil na alternativní paliva. V současnosti můžeme vidět velký vývoj v oblasti elektrických traktorů. Lze do nich dát veškeré moderní technologie i autonomní řízení. Velkou výhodou elektrického pohonu je především v jeho bezemisním provozu. Nicméně je tu zatím problém s výrobou elektrické energie, která není zcela ekologicky čistá. Jak jsem se mohli dočíst v předchozích kapitolách, produkce elektrické energie je stále z velké části z fosilních zdrojů. Další komplikace, která doprovází elektrické traktory, je jejich konstrukce, protože kdybychom chtěli traktor alespoň s 300 koňmi, byl by velmi těžký. To je nežádoucí jev, protože tím by traktory utužovaly půdu a tím by se snižovala úroda. Funguje již metoda zemědělství s minimálním utužováním půdy, jako je například striptill nebo minimalizace. Problém je však v tom, že zemědělci tyto metody moc nepoužívají. V současnosti je problém i samotná cena elektrického traktoru, která je dvojnásobná než dieselového. Je jasné, že postupem času se ceny sníží a elektrické traktory budou mnohem dostupnější a vyrovnají se ceně naftového traktoru. Dalším problémem je jejich síla, která se v dnešní době pohybuje maximálně do 200 koní. To není tak špatné, ale dnes je potřeba zvyšovat výkonnost všech pracovních operací z důvodu nedostatku lidí v zemědělství. Takže je zapotřebí zvětšovat záběry či sdružovat pracovní operace do jedné a to vyžaduje silnější stroje. Největší prosperitu by elektrické traktory měli v živočišné výrobě, kdy by dost prospěly pro zlepšení welfare, protože nevypouštějí žádné emise a vždy po ukončení krmení či stlaní bychom je mohli připojit na nabíječku, tím bychom neměli problém s vybíjením stroje. Tím by však nastávala komplikace v tom, že každý akumulátor vydrží nějaký počet nabíjení a připojováním po ukončení práce bychom tento počet značně zmenšili. Na poli by byl zase problém s výdrží akumulátoru. Je vyžadováno, aby vydržel alespoň 8 hodin pracovat, a to by pravděpodobně v orbě a na podzim s největší pravděpodobností nevydržel.



V budoucnosti by mohl mít šanci elektrický traktor poháněný vodíkovým palivovým článkem. Mohl by řešit problém s bateriemi a jejich váhou a také by se eliminoval problém s dlouhou dobou nabíjení akumulátorů, protože tankování vodíku do vodíkového článku zabere zhruba 5 minut. Dočetl jsem se, že dojezd automobilu poháněného vodíkovým palivovým článkem je 600-1000 km, takže i teď disponuje větším dojezdem než elektrický akumulátor. Z těchto důvodů bych volil vodíkový palivový článek. Jako další plus je možnost využití všech výhod, které plynou z použití elektropohonu, jako je například vysoký točivý moment nebo výborná trakce díky možnosti elektromotoru do každého kola. Bohužel platí prozatím stejný problém jako u elektrické energie, většina vodíku je vyrobena z fosilních paliv. Jeho produkce je velmi nákladná a energeticky náročná. Samotné spalování vodíku je jednou z variant, protože je také ekologické a bezemisní, ale traktor by měl menší točivý moment a přišel by o možnost elektromotoru v každém kole, tím by se snížila ovladatelnost a průjezdnost. Další překážkou pro vodíkové traktory je jejich konstrukce, abychom mohli využívat vodík jako alternativní palivo, museli bychom je upravit. Především je zvětšit, protože současné traktory poháněné vodíkem nevydrží jet v plném zatížení tak dlouho, jako to zvládají diesellové motory. Plus další prostor by zabraly potřebné části, jako chlazení, měnič nebo vyrovnávací baterie.

Problém spočívá ve výrobě, kdy vlastně zatím je stále ekologičtější nafta. Při výrobě elektromobilu vzniká obrovské množství  $CO_2$ . Takže není jisté, po kolika letech by se stal elektrotraktor ekologičtější než naftový. Plus výroba elektrického proudu jen prodlužuje interval, než dojde k vyrovnání  $CO_2$  s naftovým motorem. Do té doby bude stále naftový traktor šetrnější k přírodě. Pokud se zaměříme na akumulátory, tak ty také nejsou v přírodě lehké rozložitelné a výrazně ji znečišťují. Pokud bychom měli automobily a traktory na akumulátory, bylo by zapotřebí obrovské množství lithia, což je také nerostná surovina, takže její množství rovněž není neomezené. Z tohoto důvodu se mi jeví jako ideálnější vodíkový palivový článek. Zatím má vodík velkou nevýhodu, která spočívá v jeho distribuci, kdy nafta a elektrický proud v dnešní době mají distribuční trasy vybudované. Otázkou je, zda bychom dokázali vyprodukovat dostatek čisté energie z obnovitelných zdrojů, abychom dokázali nasycit všechny domácnosti a firmy a ještě k tomu celou dopravu. Než bychom mohli přejít na vodík, museli bychom vybudovat distribuční síť, pro dopravu vodíku. V případě zemědělství si nemyslím, že by to byl nějak velký problém. Větší dilema nastane v automobilové dopravě. Co se týče zemědělství, bude stačit v každém podniku vybudovat nádrž na jeho skladování. Doprava vodíku do jednotlivých zemědělských podniků by mohla být stejná, jako se dopravuje i nafta v dnešní době. To by znamenalo, že by stačil kamion s cisternou, který by dovážel vodík do podniků. Navíc je tu stále možnost vybudovat bioplynové stanice, které mohou také produkovat vodík, tím by se stalo zemědělské družstvo zcela energeticky nezávislým. Bioplynové stanice také mohou produkovat elektrický proud a vyrábět vodík pomocí elektrolýzy. Počáteční investice bude sice vysoká, ale za několik let se jistě vyplatí, nejen z pohledu ekologie, ale také z pohledu ekonomiky, kdy by zemědělské podniky po počáteční investici nemusely investovat peníze na dopravu paliva a samotné palivo. Taktéž si myslím, že cena nafty vzhledem k jejímu omezenému množství a neustálé těžbě stále ubývá. Takže si myslím, že její cena bude postupně růst. I z toho důvodu bude lepší začít co nejdříve s nahrazováním konvenčních paliv a věnovat se vývoji traktorů poháněných vodíkem nebo elektrickou energií, která bude samozřejmě pocházet z obnovitelných zdrojů.

Elektropohon má obrovský potenciál, takže toho bych se držel na 100 %. Pokud by pak šlo o to, jakou formou elektromotor pohánět, rozhodně bych volil vodíkový palivový

článek. Myslím si, že právě ten bude nejlepší z více uvedených důvodů. Pokud jde tedy o můj názor, nejvíce hodí rozvíjet technologii vodíkových palivových článků.

---

## 6 Diskuze

Cílem práce bylo vybrat možné budoucí palivo do zemědělské techniky. Cíl práce byl tedy splněn, protože alternativní palivo bylo určeno. Tím alternativním palivem by podle mého uvážení měl být vodík. Otázkou je, proč jsem došel k takovému závěru. Došel jsem k němu z několika důvodů. Nejenže je to nejčistší palivo na naší planetě, protože jediné, co produkujeme jeho spalováním nebo chemickou přeměnou, je voda. To je jeden z důvodů, proč právě vodík. V dnešní době je velmi řešené a důležité téma emise spalovacích motorů a jejich vliv na životní prostředí. Z tohoto důvodů je to rozumná náhrada. Další výhodou vodíku by mělo být to, že je ho kolem nás obrovské množství a nechá se získat téměř ze všeho. Metody jeho získání takzvanou čistou cestou již v dnešní době mohou být realizovatelné. Problém dnes spočívá především v ceně těchto technologií. Jako nejlepší metoda se jeví využívání hydrolýzy, je to sice energeticky náročný proces jeho účinnost je kolem 70 %. Při přeměně je zapotřebí voda a elektrický proud. Tento proces je velmi energeticky náročný a v dnešní době se jeví spíše ztrátově. To je sice pravda, protože kdybychom elektrický proud využívali přímo, bylo by to méně ztrátově. Elektrický proud pro pohon traktorů se sice jeví z pohledu energie jako lepší varianta, avšak z pohledu ekologie nikoliv, to bude vysvětleno v dalším odstavci. Zmíněný elektrický proud pro hydrolýzu by musel být vyráběn z obnovitelných zdrojů, například získaný z vodní, sluneční nebo z větrné elektrárny. V dnešní době je reálnější z hlediska ceny a vyprodukovaného množství produkovat takzvaný modrý vodík. Při jeho produkci se sice vytváří uhlík, ale jen malé množství. Není to sice to, čeho chceme dosáhnout, ale jako první krok je to dobré. Přejít z dnešních metod přímo na zelený vodík by stejně nešlo ze dne na den. Další metoda, kterou lze získávat vodík, je z bioplynových stanic. Tím by si mohli zemědělské podniky vyrábět palivo samy. V případě, že podnik nebude mít žádnou možnost samostatné výroby vodíku, byla by jeho distribuce trochu více náročná, avšak realizovatelná. Probíhala by jako u nafty, v podniku by byla nádrž na vodík a tam by ji dovážely kamiony s cisternami. V dnešní době jsou v České republice dvě veřejné čerpací stanice na vodík, avšak plánuje se jich mnohem víc.

Vývoj traktorů poháněných elektrickým proudem se zvažuje také, avšak na této možnosti se mi nelíbí výroba akumulátoru z nerostných surovin. V dnešní době se používají lithiové akumulátory. Lithium je nerostná surovina, takže nevidím v tom příliš velký rozdíl od konvenčních paliv. Těch máme také pouze omezené množství, proč bychom tedy měli vyrábět akumulátory, nevím. Pokud bychom měli akumulátor, který není vyroben z nerostných surovin, pak bych viděl smysl v elektropohonu, který by čerpal energii z akumulátoru. Navíc výroba akumulátoru není šetrná k přírodě, proto je vodík lepší. Jak jsem zmiňoval, akumulátor není věčný a ztrácí na výkonu a kapacitě. Tím vznikají poškozené akumulátory, které už se nedají využít a jejichž likvidace je obrovskou zátěží pro životní prostředí.

Vratíme se k vodíku máme dvě možnosti jeho spalování, a to buď obdobným způsobem jako naftu či benzín, anebo druhou možností, z mého pohledu vhodnější je vodíkový palivový článek. Nechá se dotankovat za přibližně stejnou dobu jako nafta. A navíc vodíkový palivový článek má výhodu využívání elektropohonu, který je díky krouticímu momentu lepší než pomocí převodovky a rozvodovky. Takhle by byl v každém kole elektromotor a tím by se zlepšila trakce a ovladatelnost traktoru. Takže pohyb techniky na polích by nebyl problém. Navíc akumulátory jsou velmi těžké a utužení půdy je dnes také velmi řešený problém, takže další mínus pro akumulátor. Na druhou stranu pozitivem vodíku v zemědělství spočívá v živočišné výrobě, kdy naftové traktory vypouštějí emise uvnitř stájí, a tím je musí dobytek dýchat. Díky vodíku by ve stáji mohly jezdit traktory bez jakýchkoliv emisí, což by bylo velmi vítané z pohledu walfare. Elektropohon má stejné plus, avšak v zimním období je známé, že akumulátory nevydrží nabitě a ničí se. To by nebyl problém vodíku, a proto si myslím, že by vodík měl být budoucím palivem zemědělské techniky. Určitě bychom se měli vodíku věnovat a rozvíjet jeho výrobu a začít připravovat ekonomiku na přechod z nafty na vodíkový pohon.

Zatím je problém u vodíku jeho skladování, které je velmi složité z pohledu ekonomiky a ztrát. Na jeho skladování máme dvě využívané metody v dnešní době, a to v kryogenních zásobnících nebo v kompozitních. Z mého pohledu bychom měli skladovat vodík v kryogenních zásobnících, protože je to metoda, která nemá ztráty. Kompozitní zásobník ztrácí denně 3 % celého objemu nádrže. Vzhledem k tomu, že podnik potřebuje mít vlastní zásobu paliva. Z dlouhodobého hlediska a každodenních ztrát, které by kompozitní nádrže měly, by se to nevyplatilo. Jsou možnosti dopravy po ose nebo potrubím. Avšak budovat potrubí do každého zemědělského podniku je nesmysl. Proto je zapotřebí vybudovat sice dražší kryogenní zásobníky, které nemají ztráty. Stejně nádrže by mohli být i na kamionech, ale vzhledem k tomu, že od stanic k podnikům by nejely nijak dlouho není to zapotřebí.

Dalším bodem je samotná produkce vodíku, která není moc energeticky úsporná. Jedná se o velmi energeticky náročný proces z pohledu vstupů a výstupů, jak bylo zmíněno v kapitole porovnání elektropohonu s vodíkem a dieselem. V této kapitole je zmíněna energetická náročnost jednotlivých metod produkce vodíku. Teď vynechám produkci zplynováním uhlí a parním reformingem zemního plynu, protože se jedná o produkci z neobnovitelných zdrojů. Metodou pro produkci vodíku by měla tedy být elektrolýza vody s tím, že elektrický proud by byl získáván z obnovitelných zdrojů. V textu je uvedeno, že na 1 kg vodíku potřebujeme 9 litrů vody a 60 kWh elektrické energie. To se energeticky jeví jako nesmysl používat vodík jako alternativní palivo. Avšak díky tomu, že vodík nese v 1 kilogramu 33 kWh energie a akumulátor pouze 0,1 kWh energie. Proto se jeví jako ideální palivo budoucnosti vodík.

Z těchto čísel vyplývá, že produkce vodíku je energeticky náročná tím pádem i finančně náročnější, avšak následné spalování, v našem případě spíše chemická přeměna, je oproti elektrické energii lepší. Lepší z pohledu ekologie viz výroba akumulátorů. V budoucnosti pokud se budeme věnovat výrobě elektrické energie z obnovitelných zdrojů, to znamená sluneční, solární nebo větrná, ekonomická náročnost nebude taková především kvůli technologiím, které již budou známé a také lacinější. Pokud se vrátíme k výsledkům energetické náročnosti, zjistíme, že v tuto chvíli se z pohledu energie a ztrát vyplatí vyrobený elektrický proud jen uložit do akumulátorů. To tvrdí i značka New Holland ve své vizi nezávislé farmy. V této jejich studii se zmiňují, že pokud by se elektrickým proudem vyrobeným bioplynovou stanicí nabíjely akumulátory, tak by bylo využití energie o 30 % vyšší, než v případě, že by se elektrický proud z bioplynové stanice využíval k elektro-

lýze vody, a tak k výrobě vodíku. Akumulátory z nerostných surovin jsou těžké, a aby byly schopné například celý den napájet traktor při orbě, musely by být rozměry traktoru obrovské. Nejen velikost elektrického traktoru je špatná, ale i jeho váha, která je velmi nežádoucí z hlediska utužení půdy a následné produkce v dalších letech.

---

## Závěr

Cílem práce bylo seznámení se s alternativními palivy, které se již v dnešní době používají, a také si říct, které by bylo v oblasti zemědělství nejvhodnější pro budoucí rozvoj. Protože zásoba ropných a nerostných surovin se ztenčuje, zatímco jejich spotřeba spíše narůstá, je zapotřebí se tomuto tématu pořádně věnovat. V dnešní době by bylo pro nás a životní prostředí velmi přínosné, kdybychom již v dnešní době začali využívat již vyzkoumané systémy produkce paliv z obnovitelných zdrojů naplno. Nebude to sice zadarmo, ale v průběhu dalších let se to vyplatí. Také kdyby všechny státy usilovaly o rychlejší nastoupení alternativních paliv, tak by se do jejich výzkumu vložilo více času a peněz a nastala by ta změna dřív. Přechod na alternativní paliva stejně nemůže být za rok, protože to není možné z hlediska ekonomiky. Avšak z tohoto ekonomického důvodu si myslím, že nástup alternativních paliv bude otázkou téměř před úplným vyčerpáním fosilních paliv. Dokud půjde vydělávat na fosilních palivech a dokud nebudou nastávat výpadky dodávek z důvodu nedostatku, že budeme jen čekat, dokud nenastane tato doba.

Přitom v zemědělství přechod na alternativní paliva bude možná nejrychlejší a zároveň nejjednodušší, protože zde se nebude muset řešit složitá distribuce. Již v dnešní době se projektu nezávislé farmy věnuje firma New Holland a dá se říct, že je skoro u konce, pokud jde o methan, který si může farma vyrobit sama, pokud má bioplynovou stanici. Avšak dle mého uvážení produkovat methan bioplynovou stanicí není tak čisté, jako kdyby produkovala elektrický proud, který by následně prováděl hydrolyzu. Tím bychom měli vodík pro pohon. Navíc spalování methanu není zcela bezemisní, je to sice ekologičtější než spalování nafty, ale vodík nám nabízí zcela bezemisní pohon. Zatím se nedá s jistotou říct, co bude nejlepším alternativním palivem, protože nové technologie se stále vyvíjí, takže se teprve uvidí co bude nakonec nejlepší možnost.

Samozřejmě budoucí alternativní palivo bude voleno na základě jeho ceny. Akumulátory se v dnešní době nevyplácejí ani z hlediska ekonomiky, protože jejich výroba je velmi drahá a také při jejich výrobě se produkuje  $CO_2$ . Takže pohon pomocí akumulátoru má sice nulové emise, ale emise vzniklé jeho výrobou a následnou likvidací jsou velké. Redukujeme produkci emisí u naftových motorů, ale produkce při výrobě a likvidaci akumulátoru nevádí. Důvodem zřejmě je, že lithia je zatím dost a má vysokou cenu. Avšak nemůžeme vědět, zda ho bude dostatek a zda nebudeme muset za chvíli řešit stejný problém s nedostatkem lithia.

Z mé práce vyplývá, že budoucím palivem pro zemědělskou techniku by měl být vodíkový palivový článek. V dnešní době je jeho produkce energeticky náročná, ale tak je to vždy s novou technologií. Stejně je na tom i jeho cena, která je taktéž vyšší než elektrická energie. Velkou výhodou je možnost napájet i menší zařízení, jako jsou notebooky nebo fotoaparáty, ale i velké stacionární zdroje. Myslím, že největší přínos by měly právě v

dopravě ať té silniční nebo v zemědělské. Protože nejsou nijak pro přírodu nebezpečné a jejich likvidace je také mnohem šetrnější než u normálního akumulátoru.

# Seznam použitých zdrojů

- 3pol.cz (2003). Co je to palivový článek. [online]. [cit. 2022-3-12], Dostupné z: <https://www.3pol.cz/cz/rubriky/obnovitelne-zdroje/1084-co-je-to-palivovy-clanek>.
- Adoc.pub (2023). Vodíkem poháněný traktor a konceptenergeticky nezávislé farmy. [online]. [cit. 2023-26-1], Dostupné z: <https://adoc.pub/vodikem-pohanny-traktor-a-koncept-energeticky-nezavisle-farm.html>.
- Agdaily.com (2022). New Holland T4 Electric Power tractor revealed. [online]. [cit. 2023-3-3], Dostupné z: <https://www.agdaily.com/technology/new-holland-tv-electric-power-tractor-revealed/>.
- Agora (2018). The Future Cost of Electricity-Based Synthetic Fuels. [online]. [cit. 2023-13-06], Dostupné z: <https://www.agora-energie.wende.de/en/publications/the-future-cost-of-electricity-based-synthetic-fuels-1/>.
- Agriculture.newholland.com (2022). Fendt u elektrického traktoru vyměnil zásuvku a baterii vybavil termálním managementem. [online]. [cit. 2022-3-12], Dostupné z: <https://agriculture.newholland.com/eu/en-uk/equipment/products/agricultural-tractors/t6-methane-power>.
- Agroportal24h.cz (2019). Fendt u elektrického traktoru vyměnil zásuvku a baterii vybavil termálním managementem. [online]. [cit. 2023-3-3], Dostupné z: <https://www.agroportal24h.cz/clanky/fendt-u-elektrickeho-traktoru-vymenil-zasuvku-a-baterii-vybavil-termalnim-managementem>.
- Agroportal24h.cz (2020). Tesla mezi traktory, na trh přichází první elektrický traktor s autonomním řízením. [online]. [cit. 2023-3-3], Dostupné z: <https://www.agroportal24h.cz/clanky/tesla-mezi-traktory-na-trh-prichazi-prvni-elektricky-traktor-s-autonomnim-rizenim>.
- Agroportal24h.cz (2021). Traktory New Holland s plynovým motorem se dočkaly sériové výroby. První kusy budou jezdit i v Česku. [online]. [cit. 2023-3-3], Dostupné z: <https://www.agroportal24h.cz/clanky/traktory-new-holland-s-plynovym-motorem-se-dockaly-seriove-vyroby-prvni-kusy-budou-jezdit-i-v-cesku>.
- Biom.cz (2008). Bioplyn – užitečný zdroj energie nebo riskantní způsob podnikání. [online]. [cit. 2022-29-12], Dostupné z: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/bioplyn-uzitecny-zdroj-energie-nebo-riskantni-zpusob-podnikani>.



- Biom.cz (2009). Možnosti výroby a využití bioplynu v ČR. [online]. [cit. 2022-29-12], Dostupné z: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/moznost-vyroby-a-vyuziti-bioplynu-v-cr>.
- Budín, J. (2015). Zpracování ropy - 1. část - základní zpracování ropy. [online]. [cit. 2022-3-12], Dostupné z: <https://oenergetice.cz/ropa-prumysl/zpracovani-ropy-1-cast-zakladni-zpracovani-ropy>.
- Cebia.cz (2022). Vznětový motor je s námi už 125 let. Víte, jak funguje? [online]. [cit. 2022-3-12], Dostupné z: <https://www.cebia.cz/novinky/rady-a-tipy/vznetovy-motor-je-s-nami-uz-125-let-vite-jak-funguje>.
- Cez.cz (2021). Obnovitelné zdroje. [online]. [cit. 2023-25-2], Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/o-cez/vyrobní-zdroje/obnovitelne-zdroje>.
- Cez.cz (2023). Solární (fotovoltaické) články. [online]. [cit. 2023-25-2], Dostupné z: <https://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/k32.htm>.
- Cngplus.cz (2022). LNG vs CNG. [online]. [cit. 2022-29-12], Dostupné z: <https://www.cngplus.cz/lng-vs-cng.htm>.
- Devinn.cz (2014). Výroba vodíku. [online]. [cit. 2023-03-20], Dostupné z: <https://www.devinn.cz/blog/vyroba-vodiku>.
- Eluc.ikap.cz (2014). Energie vody. [online]. [cit. 2023-25-2], Dostupné z: <https://eluc.ikap.cz/verejne/lekce/2069>.
- Farms.com (2022). Kubota developing hydrogen tractors by 2025. [online]. [cit. 2022-26-11], Dostupné z: <https://www.farms.com/ag-industry-news/kubota-developing-hydrogen-tractors-by-2025-940.aspx>.
- Fendt.com (2023a). Fendt FutureFarm. [online]. [cit. 2023-3-3], Dostupné z: <https://www.fendt.com/int/e100-vario>.
- Fendt.com (2023b). Fendt shows first hydrogen tractor at German Hydrogen Summit. [online]. [cit. 2023-3-3], Dostupné z: <https://adoc.pub/vodikem-pohanny-tractor-a-koncept-energeticky-nezavisle-farm.html>.
- Fyzika.jreichl.com (2006). Jaderná elektrárna. [online]. [cit. 2023-26-1], Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/o-cez/vyrobní-zdroje/obnovitelne-zdroje>.
- Hoofar Shokravi, Mahshid Heidarrezaei, Z. S. H. C. O. W. J. L. M. F. M. D. A. F. I. (2022). Fourth generation biofuel from genetically modified algal biomass for bioeconomic development. [online]. [cit. 2023-5-15], Dostupné z: .
- Ing. Jan Sajdl, P. (2020). Biodiesel(Bionafta). [online]. [cit. 2024-13-2], Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/biodiesel-bionafta/>.
- Kralupol.cz (2023). LPG autogas. [online]. [cit. 2022-3-12], Dostupné z: <http://www.kralupol.cz/lpg-autogas/>.

- Kára, J. (2001). *Motorová paliva z biomasy v České Republice*. ÚZPI, Praha 2. ISBN:80-7271-095-8.
- Lovarelli, D. a Bacenetti, J. (2019a). Electric tractors: Survey of challenges and opportunities in India. [online]. [cit. 2022-3-12], Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785320332077b0080>.
- Lovarelli, D. a Bacenetti, J. (2019b). Exhaust gases emissions from agricultural tractors: State of the art and future perspectives for machinery operators. [online]. [cit. 2022-29-12], Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1537511019307883>.
- Lpg-cng.ochranamotoru.cz (2012). Základní informace o LPG a o jízdě na zkapalněný ropný plyn. [online]. [cit. 2022-29-12], Dostupné z: <https://lpg-cng.ochranamotoru.cz/auta-jizda-slapni-na-plyn-ropny-lpg-propan-butan.htm>.
- Mahdi Fasihi, Olga Efimova, C. B. (2019). Techno-economic assessment of CO2 direct air capture plants. [online]. [cit. 2023-13-06], Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619307772>.
- Mazal, M. (2019). Už nějaký ten pátek nekoupíte u českých čerpacích stanic benzin bez přidaného etanolu a do budoucna jej má jen přibývat. Může něco takového zničit motor? [online]. [cit. 2024-13-2], Dostupné z: <https://www.autoforum.cz/zivot-ridice/studie-popsala-jak-moc-nici-motory-starsich-aut-pridavani-bioslozek-do-paliva/>.
- Mmspektrum.com (2006). Vodíkový palivový článek - pohon budoucnosti? [online]. [cit. 2022-3-12], Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/vodikovy-palivovy-clanek-pohon-budoucnosti>.
- Mondomacchina.it (2017). SESAM, the John Deere 100% electric. [online]. [cit. 2022-3-12], Dostupné z: <https://www.mondomacchina.it/en/sesam-the-john-deere-100-electric-c1646>.
- Mpo.cz (2018). Vodíkový palivový článek - pohon budoucnosti? [online]. [cit. 2022-3-12], Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/statistika/obnovitelne-zdroje-energie/2019/9/Obnovitelne-zdroje-energie-2018.pdf>.
- online-private-pilot-ground school.com, F. (2006). The aircraft powerplant. [online]. [cit. 2022-3-12], Dostupné z: <http://www.free-online-private-pilot-ground-school.com/aircraft-powerplant.html>.
- Ote-cr.cz (2018). Zbytkový energetický mix. [online]. [cit. 2023-26-1], Dostupné z: <https://www.ote-cr.cz/cs/statistika/zbytkovy-energeticky-mix>.
- Papež, K. (2015). Jak fungují bioplynové stanice. [online]. [cit. 2024-13-2], Dostupné z: <https://www.enviweb.cz/103210>.
- Pdi.cz (2021). Plazmové zplyňování. [online]. [cit. 2022-29-12], Dostupné z: <https://www.pdi.cz/index.php/nase-technologie/>.

- Pokorný, Z. (1998). *Bionafta ekologické alternativní palivo do vznětových motorů*. Institut výchovy a vzdělávání ministerstva zemědělství České republiky, Praha. ISBN:80-239-6461-5.
- Primagas.cz (2022). Fyzikální vlastnosti a výhřevnost LPG - propanu a propan butanu. [online]. [cit. 2022-29-12], Dostupné z: <https://www.primagas.cz/co-je-lpg>.
- Publi.cz (2022). Geotermální energie. [online]. [cit. 2022-26-11], Dostupné z: <https://publi.cz/books/93/03.html>.
- Ranveer Sachin Powar, Anil Singh Yadav, C. S. R. S. P. M. M. S. G. S. M. C. A. K. A. A. S. (2022). Algae: A potential feedstock for third generation biofuel. [online]. [cit. 2023-13-06], Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785322047848?fbclid=IwAR35mYs2Iy-20h2td841wj0kHd6kdB62fnngdrmiVvOxsDRXief20uNC20F-203Z7ss0025>.
- Slideplayer.cz (2022). Větrné elektrárny. [online]. [cit. 2023-26-1], Dostupné z: <https://slideplayer.cz/slide/2399554/>.
- Svetenergie.cz (2020). Zpracování biomasy fermentací. [online]. [cit. 2022-29-12], Dostupné z: <https://www.svetenergie.cz/cz/energetika-zblizka/obnovitelne-zdroje-energie/biopllynova-stanice/vyklad>.
- Teoh, Y. H., How, H. G., Le, T. D., Nguyen, H. T., Loo, D. L., Rashid, T., a Sher, F. (2023). A review on production and implementation of hydrogen as a green fuel in internal combustion engines. [online]. [cit. 2022-3-12], Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S001623612203349Xs0075>.
- Tesla.com (2022). Tesla model X. [online]. [cit. 2022-3-12], Dostupné z: <https://www.tesla.com/cs-cz/modelx>.
- Vaněk, V. (2012). Biopaliva druhé a třetí generace. [online]. [cit. 2022-3-12], Dostupné z: <https://www.3pol.cz/cz/rubriky/obnovitelne-zdroje/987-biopaliva-druhe-a-treti-generace>.
- Vaněk, V. (2022). Skladování vodíku. [online]. [cit. 2023-10-06], Dostupné z: <https://www.3pol.cz/cz/rubriky/fyzika-a-klasicka-energetika/2822-skladovani-vodik>.
- Vašíková, S. (2019). Pouze v Evropě: Nejprísnejší emisní norma Stage V vstupuje v platnost. [online]. [cit. 2022-3-12], Dostupné z: <https://bagry.cz/clanky/technika/pouze-v-evrope-nejprisnejsi-emisni-norma-stage-v-vstupuje-v-platnost>.
- Vlk, F. (2006). *Paliva a maziva motorových vozidel*. František Vlk, nakladatelství a vydavatelství, Brno. ISBN:80-239-6461-5.
- Vobořil, D. (2015). Větrné elektrárny - princip, rozdělení, elektrárny v ČR. [online]. [cit. 2023-25-2], Dostupné z: <https://oenergetice.cz/elektrina/vetrne-elektrarny-princip-cinnosti-zakladni-rozdeleni>.
- Vpsr.cz (2023). Nádrže na LPG. [online]. [cit. 2022-29-12], Dostupné z: <https://www.vpsr.cz/nadrze-na-lpg>.

- Yu, M., Wang, K., a Vredenburg, H. (2021). Insights into low-carbon hydrogen production methods: Green, blue and aqua hydrogen. [online]. [cit. 2022-3-12], Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360319921012684>.
- Zilvar, M. J. (2020). Syntetická paliva – power to gas, power to liquid: výroba a účinnost. [online]. [cit. 2023-13-06], Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/akumulace-elektřiny/20711-synteticka-paliva-power-to-gas-power-to-liquid-vyroba-a-ucinnostfbclidIwAR2znUBRpJz1NtBYKf1wviu8GgFbDyh0plSYxupdmbLFOHc91>.
- Česká vodíková technologická platforma (2023). Základní informace k vodíku. [online]. [cit. 2024-13-2], Dostupné z: <https://www.hytep.cz/o-vodiku/ve-zkratce>.
- Šablatura, J. (2019). Elektrický pohon, přitom dlouhý dojezd a palivo podobné benzínu: Auta s metanolovými články. [online]. [cit. 2024-13-2], Dostupné z: <https://vtm.zive.cz/clanky/elektricky-pohon-pritom-dlouhy-dojezd-a-palivo-podobne-benzinu-auta-s-metanolovymi-clanky/sc-870-a-197857/default.aspx>.
- Šafanda, J. (2018). Jaké jsou možnosti využití geotermální energie v České republice? [online]. [cit. 2023-26-1], Dostupné z: <https://oenergetice.cz/nazory/jake-jsou-moznosti-vyuziti-geotermalni-energie-cesku>.

## Seznam obrázků

2.1	Graf produkce vodíku (vlastní tvorba)	10
2.2	Plazmová produkce vodíku (Pdi.cz, 2021)	11
2.3	Bioplynová stanice schéma (Svetenergie.cz, 2020)	17
2.4	Solární panel (Cez.cz, 2023)	19
2.5	Schéma větrné elektrárny (Slideplayer.cz, 2022)	19
2.6	Schéma vodní elektrárny (Eluc.ikap.cz, 2014)	20
2.7	Geotermální elektrárna (Publi.cz, 2022)	20
2.8	Schéma jaderné elektrárny (Fyzika.jreichl.com, 2006)	21
2.9	Výroba elektrické energie v ČR (vlastní tvorba)	22
2.10	Porovnání účinnosti alternativních paliv (Zilvar, 2020)	23
3.1	Traktor (Adoc.pub, 2023)	24
3.2	Traktor (Adoc.pub, 2023)	25
3.3	Vodíkový traktor Fendt (Fendt.com, 2023a)	25
3.4	Traktor poháněný methanem (Agroportal24h.cz, 2021)	26
3.5	New Holland T6 Methane Power (Agriculture.newholland.com, 2022)	27
3.6	Monarch Traktor (Agroportal24h.cz, 2020)	28
3.7	Fendt e100 Vario (Fendt.com, 2023b)	30
3.8	John Deer SESAM (Mondomacchina.it, 2017)	31
3.9	New Holland T4 Electric Power (Agdaily.com, 2022)	32
4.1	Proces vodíku a elektryky k výkonu (Adoc.pub, 2023)	34
4.2	Proces vodíku a elektryky od výroby k výkonu (Adoc.pub, 2023)	35
4.3	Funkce vodíkového motoru (online-private-pilot-ground school.com, 2006)	38
4.4	Funkce vodíkového článku (3pol.cz, 2003)	39
4.5	Vodíkový palivový článek (Mmspektrum.com, 2006)	40
4.6	Rafinace ropy (Budín, 2015)	41
4.7	Funkce vznětového motoru (Cebia.cz, 2022)	42
4.8	Emisní normy Stage V Vypracováno dle(Vašíková, 2019)	43
4.9	HI-eSCR2 systém (Vašíková, 2019)	44

## Seznam tabulek

2.1	Emisní porovnání s LPG a běžnými palivy. Vypracováno dle (Kralupol.cz, 2023) . . . . .	13
2.2	Složení směsí LPG Vypracováno dle (Primagas.cz, 2022) . . . . .	13
2.3	Složení bioplynu (vlastní tvorba) . . . . .	16
2.4	Produkce elektrické energie v ČR přepracováno dle (Cez.cz, 2021) . . . . .	21
4.1	Porovnání druhů vodíku (Yu et al., 2021) . . . . .	36
4.2	Porovnání cen vodíku (Yu et al., 2021) . . . . .	37

# Seznam zkratek

CNG - compressed natural gas (stlačený zemní plyn)  
LNG - liquefied natural gas (zkapalněný zemní plyn)  
LPG - liquified petroleum gas (zkapalněný ropný plyn)  
 $CO_2$  - oxid uhličitý  
°C - stupně celsia  
Kg - kilogram (jednotka hmotnosti)  
MPa - megapascal (jednotka tlaku)  
PM - particulate matter (pevné částice)  
MJ - megajoule (jednotka práce, energie)  
Nox - oxidy dusíku  
MEŘO - methylester řepkového oleje  
CO - oxid uhelnatý  
HC - nespálené uhlovodíky  
CEC - Coordinating European Council  
mg - miligram  
l/ha - litr na hektar  
 $CH_4$  - čpavek  
ml - mililitr  
P - pozitivní pól polovodiče  
N - negativní pól polovodiče  
P-N - přechod, který propouští elektrický proud jedním směrem  
DAC - direct air capture  
EGR - exhaust gas recirculation (zpětné vedení spalin)  
GPS - global positioning system  
GB - gigabyte (jednotka informací)  
KW - kilowatt (jednotka výkonu)  
Hp - horse power (jednotka pro výkon koňská síla)  
PTO - přední vývodový hřídel  
Km - kilometr  
Km/h - kilometr v hodině  
Nm - newton meter  
Db - decibel  
Kj/g - kilo joule na gram  
KWh - kilowat hodina  
AC - střídavý proud  
DC - stejnosměrný proud  
CCUS - carbon capture utilization and storage (proces zachytávání a ukládání oxidu

uhličitého)

PFI - port fuel injection (vstřík do sání)

DI - direct injection (vstřík do válce)

SI - spark ignition (zážehový motor)

CI - compression ignition (vznětový motor)

UHC - nespálené uhlovodíky

V - volt (jednotka elektrického napětí)

DPF - diesel particulate filter (filtr pevných částic)

SCR - selective catalytic reduction (selektivní katalytická redukce)

DOC - diesel oxidation catalyst (oxidační katalyzátor)