

# Využití alternativních zdrojů energie v dopravě

Pavλίna Baroňová

---

Bakalářská práce  
2008



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav inženýrství ochrany živ. prostředí  
akademický rok: 2007/2008

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Pavlna BAROŇOVÁ**  
Studijní program: **B 2808 Chemie a technologie materiálů**  
Studijní obor: **Chemie a technologie materiálů**  
Téma práce: **Využití alternativních zdrojů energie v dopravě**

Zásady pro vypracování:

1. Prostudujte dostupnou literaturu a informační zdroje vztahující se k zadanému tématu.
2. Proveďte kritické srovnání nalezených informací.
3. Formulujte závěry.

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Roman Slavík**

Ústav inženýrství ochrany živ. prostředí

Datum zadání bakalářské práce:

**19. února 2008**

Termín odevzdání bakalářské práce:

**2. června 2008**

Ve Zlíně dne 19. února 2008



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.  
*děkan*



doc. RNDr. Jan Růžička, Ph.D.  
*pověřený ředitel ústavu*

## **ABSTRAKT**

Cílem této práce je srovnání a ucelený přehled alternativních zdrojů energie využívaných v dopravě. Práce se soustřeďuje na důvody, proč je třeba hledat jiné zdroje energie než ty, které se v současné době využívají. Jsou diskutovány jednotlivé zdroje energie využitelné v dopravě, jejich vlastnosti, způsoby výroby, výhody a nevýhody při použití v různých pohonech, nejen v České republice, ale i v jiných zemích. Práce se dále zabývá nejen otázkou mobility v budoucnosti, ale také zohledňuje i vliv používání nových zdrojů energie na životní prostředí.

Klíčová slova: LPG, CNG, LNG, biopaliva, bioplyn, bionafta, etanol, vodík, hybridní pohon

## **ABSTRACT**

The goal of this thesis is a comparison and an overall survey of alternative energy resources used in the traffic. The thesis focuses on the reasons why it is necessary to search for other energy resources exploited in the traffic. There are discussed their qualities, the ways of production, advantages and disadvantages of their usage in different drives, for the Czech republic as well as for other countries. We are not interested only in an issue of mobility in the future, but we are careful about the influence of these new energy resources on our environment.

Keywords: LPG, CNG, LNG, biofuel, biogas, biooil, ethanol, hydrogen, hybrid drive

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Romanu Slavíkovi za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

*Motto*

”

Opravdová moudrost

je v poznání

vlastní nevědomosti.

“

Socrates

Prohlašuji, že jsem na bakalářské práci pracovala samostatně a použitou literaturu jsem citovala. V případě publikace výsledků, je-li to uvedeno na základě licenční smlouvy, budu uvedena jako spoluautorka.

Ve Zlíně.....

.....

Podpis studenta

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>8</b>
<b>1 MINULOST, SOUČASNOST A BUDOUCNOST</b> .....	<b>9</b>
1.1 VYUŽITÍ FOSILNÍCH PALIV A JEJICH PROGNÓZA .....	9
1.2 ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ.....	9
1.3 NÁHLED DO BUDOUCNA .....	10
<b>2 ROPNÝ PLYN LPG</b> .....	<b>12</b>
2.1 VZNIK LPG A JEHO VLASTNOSTI.....	12
2.2 EKOLOGICKÉ PALIVO .....	13
2.3 VYUŽITÍ LPG .....	14
2.4 PŘESTAVBA VOZIDLA NA POHON LPG .....	15
2.5 VÝHODY A NEVÝHODY POHONU NA LPG .....	16
2.6 PALIVO LPG.....	17
<b>3 ZEMNÍ PLYN CNG A LNG</b> .....	<b>19</b>
3.1 VLASTNOSTI A VYUŽITÍ ZEMNÍHO PLYNU .....	19
3.2 HISTORIE .....	20
3.3 AUTOMOBILY S POHONEM NA ZEMNÍ PLYN .....	21
3.4 VÝHODY A NEVÝHODY POHONU NA ZEMNÍ PLYN.....	21
3.4.1 Výhody .....	21
3.4.2 Nevýhody .....	22
3.5 PALIVO CNG.....	22
<b>4 BIOPALIVA A ALKOHOLY</b> .....	<b>24</b>
4.1 SITUACE V ČESKÉ REPUBLICE.....	25
4.2 RIZIKA BIOPALIV .....	26
4.3 BIOPLYN.....	29
4.3.1 Vznik bioplynu, jeho vlastnosti a využití .....	29
4.4 BIONAFTA A ROSTLINNÉ OLEJE .....	31
4.4.1 Bionafta první a druhé generace.....	31
4.4.2 Pozitivní a negativní vlastnosti .....	32
4.5 EMULZNÍ MOTOROVÁ NAFTA .....	33
4.6 ETANOL A METANOL.....	33
4.6.1 Výroba a vlastnosti alkoholů .....	34
4.6.2 Nevýhody a výhody etanolu .....	36
4.6.3 Výroba a vlastnosti metanolu .....	37
4.6.4 Palivo E85 .....	38
<b>5 VODÍKOVÝ POHON</b> .....	<b>39</b>

5.1	ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKA .....	39
5.2	PALIVOVÉ ČLÁNKY .....	40
5.3	VÝROBA VODÍKU .....	40
5.4	VÝHODY A NEVÝHODY VODÍKU .....	41
5.5	SITUACE S VODÍKEM VE SVĚTĚ .....	42
5.6	SITUACE S VODÍKEM V ČESKÉ REPUBLICE .....	42
<b>6</b>	<b>ELEKTROMOBILY.....</b>	<b>43</b>
6.1	ELEKTROMOTORY .....	43
6.2	AKUMULÁTORY .....	44
6.2.1	Olověný akumulátor .....	45
6.2.2	Baterie nikl-kadmium.....	45
6.2.3	Baterie nikl-metalhydridová.....	45
6.2.4	Baterie lithium iontová.....	45
6.2.5	Baterie vysokoteplotní (sodík-niklchlorid) .....	46
<b>7</b>	<b>HYBRIDNÍ POHON .....</b>	<b>47</b>
7.1	ZÁSOBNÍKY ENERGIE .....	47
7.2	PRVNÍ SÉRIOVĚ VYRÁBĚNÝ HYBRID NA SVĚTĚ.....	47
<b>8</b>	<b>SOLÁRNÍ POHON .....</b>	<b>49</b>
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>50</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>51</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>53</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>54</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>55</b>

## ÚVOD

Současná situace stavu životního prostředí a ubývajících zásob fosilních paliv nutí stále více lidí zabývat se otázkou ochrany životního prostředí a náhradou současných zdrojů energie novými.

Zhoršování životního prostředí se projevuje zejména globálním oteplováním způsobené skleníkovým efektem, zhoršováním ochranné ozónové vrstvy v atmosféře a okyselováním půdy a vody. Tyto negativní faktory (a zdaleka nejsou všechny) mají nepříznivý vliv nejen na zdraví člověka, ale i okolní fauny a flóry. Přibližně 1/5 emisí způsobených lidskou činností je způsobeno spalováním fosilních paliv. Zejména se jedná o oxidy dusíku, které jsou zodpovědné za zhoršování ozónové vrstvy a oxid uhličitý, který je nejdůležitějším skleníkovým plynem. Proto se vlády různých zemí snaží snižovat limity vypouštěných emisí. Aby automobily tyto limity splnily, musí se automobiloví výrobci snažit o dokonalejší spalování ve spalovacích motorech a zároveň snížit spotřebu minerálních olejů. Toto snižování limitů, ale není pro spalování fosilních paliv, zejména minerálních olejů benzínu a nafty nekonečné. Neboť spalování fosilních paliv bude vždy produkovat větší množství emisí než využívání alternativních pohonů, které nebudou závislé na fosilních zdrojích.

Druhá otázka mobility budoucnosti vyplývá z ubývajících zásob fosilních paliv. A jelikož ve spalovacích motorech automobilů jsou spalována fosilní paliva, musí se hledat nové „alternativní“ zdroje energie. Snižování limitů vypouštěných emisí tedy jde ruku v ruce s klesajícími zásobami fosilních paliv.

Nezbývá nám tedy nic jiného než hledat řešení, kdy dosáhneme redukce závislosti na používaných fosilních palivech, snížení emisí skleníkových plynů a celkového vývoje automobilu trvalé koncepce na základě ekologie, šetření zdrojů a paliva.

Tohoto cíle budeme schopni dosáhnout zavedením alternativních paliv jako např. vodík, zemní plyn nebo biopaliva v současných spalovacích motorech, nebo koncepce hybridů tj. kombinací spalovacího motoru a elektromotoru a později jen pohonem elektromotoru s baterií nebo s palivovým článkem.

Důležitou součástí tohoto problému také je, aby se problém dostal do podvědomí všech řidičů a aby o alternativních zdrojích energie v dopravě měli alespoň základní informace.



## 1 MINULOST, SOUČASNOST A BUDOUCNOST

Ve všech epochách lidstva byly doby prosperity udávány silným vzrůstem mobility. Mobilita je také centrem denního hospodářského života, proto je její modernizace a výstavba infrastruktury důležitá [12].

V dnešní době má mobilita pro průmysl vozidel zvláštní význam: jednak hraje doprava ve spotřebě energie a škodlivých emisí významnou úlohu a zadruhé téměř všichni řidiči chtějí svými vozidly neomezeně využívat mobilitu i v budoucnosti. Mimoto lze očekávat pokles těžby fosilních paliv (ropy a zemního plynu) a vzrůst jejich ceny, což je jedním z důvodů intenzivního vývoje tzv. alternativních pohonů. Při hledání alternativních pohonných systémů udávají směr ekologické a ekonomické úvahy [12].

### 1.1 Využití fosilních paliv a jejich prognóza

Energetické krize se nejvíce projevují ve vyspělých průmyslových zemích s rozvinutým průmyslem a nedostatkem vlastních fosilních paliv. Postupné vyčerpání zásob fosilních paliv, především jejich ušlechtilých druhů jako jsou ropa a zemní plyn, má za následek celkové zvyšování cen surovin a tím i další zvyšování inflace [12].

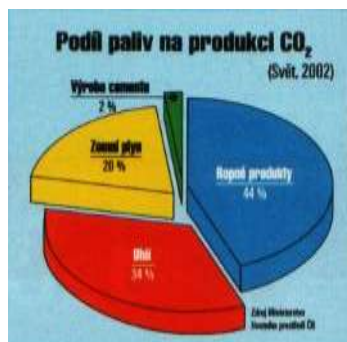
Přes 90 % dnešní celosvětové spotřeby energie je kryto uhlím, ropou a plynem, tedy spalováním fosilních nosičů energie [12].

Ropa se podílí asi 40 % na světové spotřebě energie, v současnosti je nejdůležitějším nosičem energie světového hospodářství. Celkový potenciál konvenční ropy je podle různých geologických odhadů asi 350 miliard tun. Tento celkový potenciál se dělí na 40 % již spotřebovaný (vytěžený) podíl, 40 % rezerva (známé naleziště při dnešní technologii hospodárně vytěžené) a 20 % ještě nenalezené zásoby. Při dnešní spotřebě ropy 3,5 miliard tun za rok si můžete sami vypočítat, na jak dlouho nám asi vystačí. [12].

### 1.2 Životní prostředí

Mimo zvládnutí mobility vystupuje zvládnutí tísnivého problému životního prostředí. Zatežování životního prostředí má vliv nejen na člověka, ale i na svět fauny a flory.

Podíl emisí způsobený lidskou činností především připadá na spalování fosilních nosičů energie jako uhlí, zemního plynu a minerálních olejů (Obr. 1). Silniční doprava obnáší dnes 12 % emisí podílu lidské činnosti, které vznikají téměř výlučně spotřebou neobnovitelné energie v rámci procesů ve spalovacích motorech [12].



Obr. 1. Podíl paliv na produkci CO<sub>2</sub> [8]

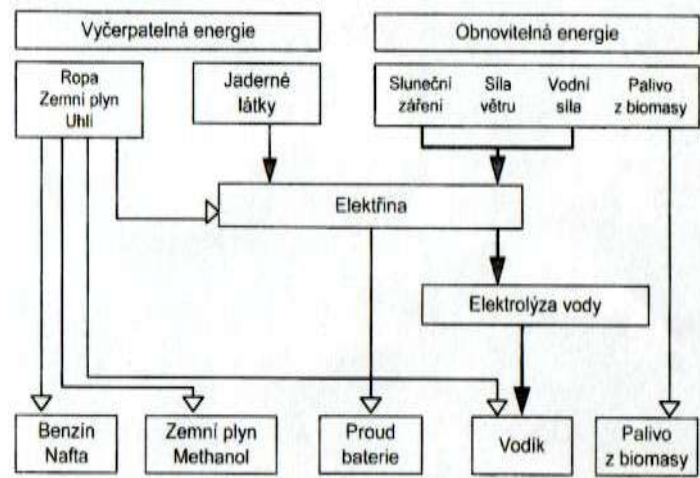
Evropští politikové a mnoho vědců vidí v omezení podílu CO<sub>2</sub> způsobeného lidskou činností výraz důležitého cíle ochrany životního prostředí. Stejný přístup k této problematice má v posledních letech automobilový průmysl, který je vystaven tlaku stálým zpřísněním legislativních předpisů na emise výfukových plynů, a proto vyvíjí různé koncepce, které by měly těmto požadavkům společnosti vyhovovat. Současný konvenční spalovací motor zpřísněné legislativní předpisy v budoucnosti těžko splní [12].

Dosáhnout vytčeného cíle je možno zavedením alternativních paliv jako např. vodíku, zemního plynu nebo biopaliv v současných spalovacích motorech, dále koncepcí hybridů tj. kombinací spalovacího motoru a elektromotoru a posléze čistým elektromotorickým pohonem s baterií nebo vozidlem s palivový článkem. Hnací silou tohoto vývoje jsou úvahy k nalezení cest způsobů: redukce závislosti na používaných fosilních palivech, drastického snížení emisí skleníkových plynů v celkovém řetězci výroby - rozdělování a využití paliva a celkového vývoje vozidla trvalé koncepce pro silniční dopravu budoucnosti na základě ekologie, šetření zdrojů a paliva [12].

### 1.3 Náhled do budoucna

O automobilu daleké budoucnosti je vlastně jisté jediné: nebude poháněno palivem na fosilním základu [12]. Který z alternativních pohonů bude mobilitou budoucnosti se teprve

ukáže, ale mnoho odborníků sází na vodík. Velkou váhu lze ale také přikládat tzv. regenerativní energii, tedy sluneční, větrné, vodní energii, geotermální energii a biomase (Obr. 2).



Obr. 2. Různé druhy energie pro pohon automobilů  
[12]

## 2 ROPNÝ PLYN LPG

Zkapalněný plyn je palivo s pozoruhodnými vlastnostmi, nejen z hlediska ochrany životního prostředí. Zkapalněný plyn, který je především směsí propanu a butanu, obsahuje jen velmi málo síry, žádné olovo a žádné benzenové uhlovodíky. Umožňuje dosáhnout velmi homogenní směsi vzduchu s palivem, která je velmi dobře rozdělitelná mezi válce, což je značná výhoda pro spalování. Vozy na plynový pohon jsou vybaveny třicestným katalyzátorem, zcela vyhovují normám na snížení znečištění a normové požadavky značně překračují. Automobil s plynovým pohonem si navíc uchovává své jízdní vlastnosti a díky moderní technologii i téměř stejný výkon. V režimu nízkých otáček je motor dokonce pružnější. Také tankování je velmi jednoduché a probíhá stejným způsobem jako u benzínu. Další důležitou výhodou plynového pohonu je tak cena paliva. Jeden litr propan-butanu stojí zhruba polovinu ceny stejného množství benzínu. Spotřeba zkapalněného plynu je v motorovém vozidle přibližně o 20 % vyšší, přesto se provoz na plyn vyplatí i z ekonomického hlediska [15].

V současné době je LPG posuzováno jako palivo alternativní. Vzhledem k emisním vlastnostem plynových motorů (i s ohledem na zásoby ropy - LPG se získává i při těžbě zemního plynu) dostávají plynná paliva (zemní plyn, LPG) perspektivu motorových paliv pro "poropné" období [15].

### 2.1 Vznik LPG a jeho vlastnosti

Propan-butan vzniká v rafineriích jako vedlejší produkt při zpracování ropy. Je to lehká plynná frakce, která je zkapalňována chlazením. Vzniká tzv. LPG (Liquid Petroleum Gas), který je možné využít jako palivo v motorových vozidlech. Poměr propanu a butanu se v LPG v zimě a v létě mění, v jednotlivých zemích rovněž existují rozdíly ve složení. LPG se jako palivo pro motorová vozidla používá už přes 60 let a ve světě je na něj provozováno více než 5 mil. vozidel. V zemích OECD se toto palivo podílí 5 % na celkové spotřebě paliv v dopravě [15].

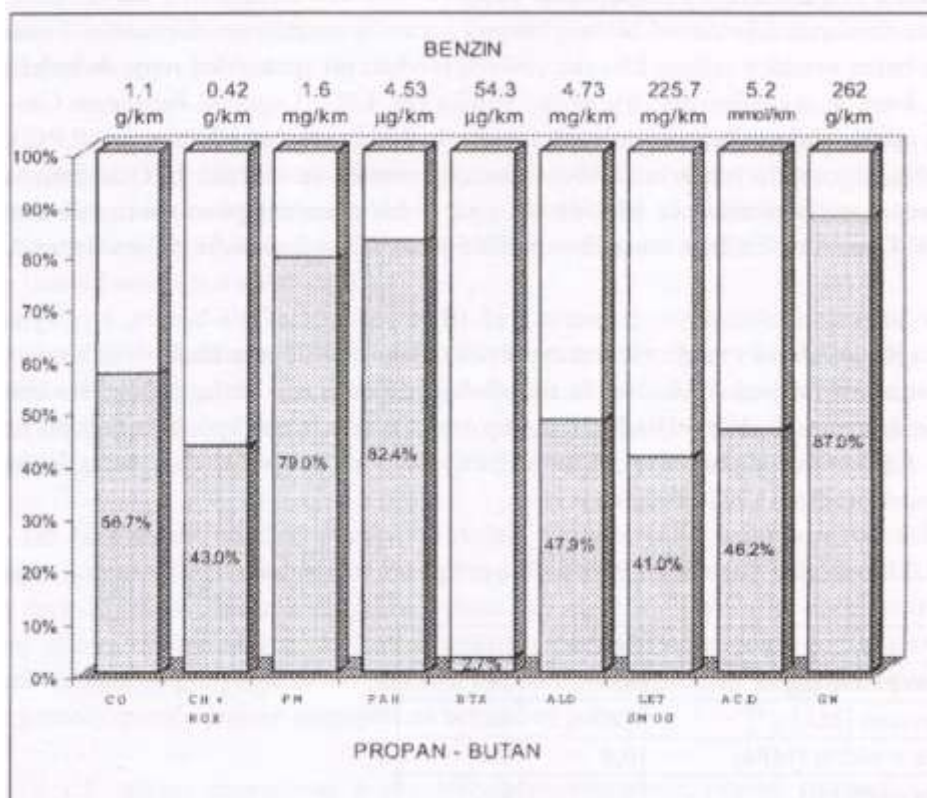
LPG je palivem s oktanovým číslem o 5 až 10 % větším, než má benzin, a je výhodné jako náhrada pro zážehové i vznětové motory. Vyšší oktanové číslo umožňuje vyšší kompresi a tím i vyšší účinnost. Výhodou také je, že nevyžaduje obohacování směsi během studeného startu motoru. Nevýhodou je, že směs propanu a butanu je těžší nežli vzduch a tak se usa-

zuje při podlaze. To je také hlavním důvodem, proč vozidla s pohonem LPG mají zakázaný vjezd do podzemních garáží [15].

Při správném seřízení a s kvalitním palivem mají plynové zážehové motory na LPG proti motorům benzínovým nižší výfukové emise ve všech dnes sledovaných složkách vlivem výhodnějších vlastností plynného paliva a možností dosáhnout lepší homogenity směsi - v takových případech lze potom o LPG hovořit jako o ekologickém palivu [15].

## 2.2 Ekologické palivo

Ekologické přínosy LPG při náhradě benzínu byly podrobně zkoumány v holandské zkušebně TNO. Měření byla prováděna při jízdách testech osobního automobilu Fiat Tempra (1995), vybaveném moderní provozní a řídicí technologií, motor jak pro benzín, tak na LPG. Emisní měření byla pro obě varianty vozidla (provoz na benzín/LPG) provedena podle 3 různých jízdých testů a kromě dnes sledovaných výfukových škodlivin byly zjišťovány vybrané složky výfukových plynů, považované za zvláště nebezpečné pro životní prostředí: vedle limitovaných výfukových škodlivin (CO, HC, NO<sub>x</sub>, PM) byly sledovány i emise polycyklických aromatických uhlovodíků (PAH), aromatických uhlovodíků skupiny benzen/toluen/xylen (BTX), aldehydů (ALD), emise látek způsobujících smog a okyselování (SMOG, ACID) a emise CO<sub>2</sub>, přispívající k celkovému oteplování (GW). Výsledky jsou přepočítány jako průměrné emise jednotlivých škodlivin ze všech 3 emisních testů a jako základ porovnání (tj. 100 %) byla vzata průměrná hodnota emisí vozidla při provozu na benzín. Ekologický efekt vozidla provozovaného na LPG je zřejmý ze sloupcového diagramu (Obr. 3) - ve všech sledovaných složkách jsou výfukové emise z plynového motoru významně nižší [15].



Obr. 3. Ekologický efekt vozidla provozovaného na LPG [15]

Na úroveň výfukových emisí plynového zážehového motoru má vedle kvality a spolehlivosti palivového systému samozřejmě vliv i účinnost katalyzátoru: třicestné katalyzátory, optimalizované pro benzínové palivo, zpravidla vyhovují i pro LPG. Velké nebezpečí pro katalyzátory ale představuje možná přítomnost síry v plynném palivu - riziko je zejména v případě nekvalitního LPG [15].

### 2.3 Využití LPG

Využití LPG k pohonu motorových vozidel společně se správným technickým řešením plynofikovaných vozidel představuje nepochybně příspěvek ke snížení zátěže ovzduší výfukovými emisemi. Významně se tento efekt projevuje zejména v městských aglomeracích při plynofikaci autobusů městské hromadné dopravy (ale i komunálních a jiných užitkových vozidel pro městský provoz): proti vozidlům s naftovým motorem mají plynofikovaná vozidla nižší emise  $\text{NO}_x$ , CO, částic, aldehydů a polycyklických uhlovodíků. Proti naftovému motoru mají plynové motory cca 10x nižší emise škodlivých látek, výrazný rozdíl je potom i v emisích nejškodlivějších organických složek, u plynových motorů jsou emise polycyklických aromatických uhlovodíků (hygienicky nejrizikovější emise) rovněž cca 10x nižší než u motoru naftového [15].

LPG jako motorové palivo má samozřejmě význam i pro kategorii osobních automobilů, u kterých nahrazuje benzín: vedle nižších výfukových emisí při běžném provozu se použití LPG vyznačuje výrazným poklesem (na cca 40 % proti benzínu) výfukových emisí při nízkých teplotách (po studených startech a nízké okolní teplotě). Snížení výfukových emisí v blízkém okolí plynofikovaného vozidla (po startu, při rozjezdu) a v místech s vysokým soustředěním lidí (např. v blízkosti křižovatek) je proto rovněž vážným důvodem k prosazování nízkoemisních plynofikovaných vozidel (zejména do oblastí se zhoršenými rozptylovými podmínkami) [15].

## 2.4 Přestavba vozidla na pohon LPG

V poslední době dochází k výraznému oživení zájmu o **přestavbu motorových vozidel** na alternativní pohon LPG a o provozování čerpacích stanic LPG. Vyplývá to z vysoké ceny tradičních pohonných hmot a postupnému odbourávání nedůvěry veřejnosti, zejména k bezpečnosti provozu upravených vozidel. Mnoholeté zkušenosti potvrzují, že nebezpečí úniku plynu v provozu a při havárii s následnou možností výbuchu nebo požáru je minimální [15].

V České republice je řada montážních dílen, které automobily upravují a provádějí servis a seřizování. Přestavbu lze provádět u spalovacích motorů, a to zážehových (benzínových), ale i vznětových (naftových).

V prvním případě jde o přestavbu na alternativní pohon benzín - LPG (volba paliva - přepínání elektricky za chodu motoru z místa řidiče) a ta je v dnešní době již značně rozšířená, zejména z důvodu následné ekonomiky provozu, cenové dostupnosti a značnému počtu firem, které tyto přestavby nabízejí. Přestavba motoru vznětového je sice možná, není však u osobního automobilu ekonomicky výhodná. Specializovaní velcí a významní výrobci nákladních automobilů nebo autobusů (např. Caterpillar, Volvo, DAF, MAN, Velmet, Nissan a další) se zabývají buď ve vlastních vývojových střediscích, nebo v kooperaci s výzkumnými institucemi trvalým zlepšováním výkonových a emisních parametrů motorů původně vznětových, upravených na motory zážehové, kde palivem je plyn [15].

Přestavba naftového (vznětového) motoru na plyn spočívá v první řadě ve změně systému motoru ze vznětového na zážehový. Proto již nelze motorovou naftu dále používat jako druhé palivo. Svými vlastnostmi je směs propan-butanu se vzduchem, připravená systémem LPG pro pohon motorových vozidel, velmi blízká směsi rozprášeného benzínu se

vzduchem, připravené karburátorem či vstříkovacím systémem a velmi vzdálená motorové naftě vstříknuté do stlačeného vzduchu. Proto tedy přestavba na motor zážehový [15].

Palivový systém plynofikovaného (LPG) vozidla sestává z tlakové nádrže na LPG, palivového potrubí a příslušenství motoru pro LPG.

## 2.5 Výhody a nevýhody pohonu na LPG

Výhod alternativního pohonu na zkapalněný ropný plyn LPG u automobilů se zážehovými motory je několik. Prvními klady je **vysoká výhřevnost** a vysoká **antidetonační odolnost** LPG a možnost dosažení lepší homogenity směsi. LPG také obsahuje méně elementární síry. Při jeho použití má správně seřízený motor nižší výfukové emise ve všech složkách v současné době sledovaných než tentýž motor s pohonem na benzín. To platí zejména u starších vozů s klasickým karburátorem. Provoz na LPG je tedy ekologičtější. Druhým kladem je větší **ekonomičnost** provozu automobilu s tímto pohonem. I když budeme uvažovat cenu LPG jen zhruba poloviční než je cena benzínu a spotřeba cca o 10 až 30 % vyšší než při jízdě na benzín, je stále úspora v přepočtu na 100 km jízdy značná. Náklad na přestavbu se tedy amortizuje relativně brzy, u většiny běžně používaných automobilů mezi 15 a 40 tis. km. Další předností je nižší hlučnost a klidnější chod motoru. To zpozorujeme, když přepneme provoz z benzínového pohonu na plyn. Větší pružnosti motoru lze dosáhnout zvýšením předstihu zážehu, protože LPG má díky větší antidetonační odolnosti oktanové číslo cca 101 až 111. Předností alternativního pohonu na LPG je konečně i možnost kdykoliv jej přepnout do režimu pohonu na benzín. To značně zvyšuje **akční rádius** vozu (až o 90 %) a je nespornou výhodou při cestách do zahraničí v nichž jsou vyšší ceny pohonných hmot [15].

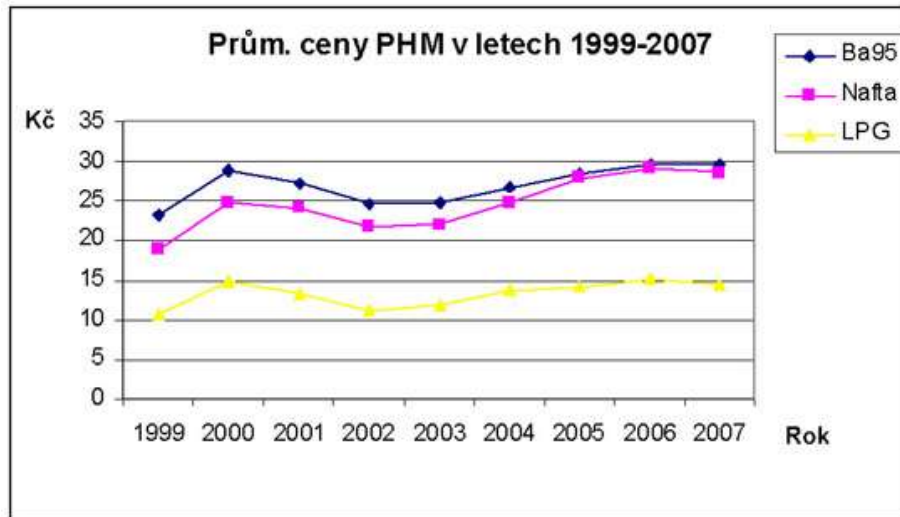
Nevýhodou je **zvětšení celkové hmotnosti automobilu**, a tím snížení povolené hmotnosti užitečné, což je podle druhu automobilu a velikosti tlakové nádrže na plyn cca o 50 až 80 kg. Záparem je i **zmenšení zavazadlového nebo užitkového prostoru** o prostor, který zabírá tlaková nádrž na LPG. Další nevýhodou je nutnost dodržovat určité **bezpečnostní podmínky** při parkování (není povoleno parkovat v podzemních garážích), při vjezdu do opraven a při opravách vozu vůbec (sváření, broušení a další činnosti, při kterých může vzniknout jiskra). I při běžných opravách musí práci vykonat automechanik vyškolený pro opravy automobilů s namontovaným zařízením pro alternativní pohon plynem. Určité nepohodlí představuje pro držitele automobilu s alternativním pohonem na LPG i povinnost



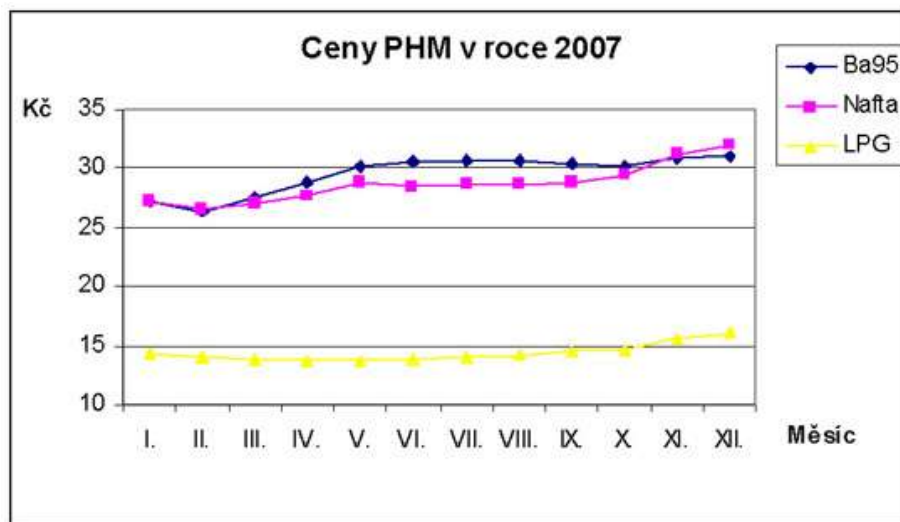
absolvovat po celou životnost automobilu s vozem **pravidelné kontrolní prohlídky** v některé ze stanic schválených pro měření emisí vozů s pohonem na LPG nebo montážních organizací, které jsou vybaveny příslušným servisním a diagnostickým zařízením (detektory na únik LPG, analyzátory a testery nutnými k seřízení motorů, zejména těch, které jsou vybaveny vstřikováním paliva a řízenými katalyzátory). Proto se vyplatí před volbou druhu systému na LPG zvážit vedle ceny i další kritéria. Poněkud změkčena a zpřísněna jsou i pravidla platná při havárii automobilu se zamontovaným zařízením na alternativní pohon plynem LPG [15].

## 2.6 Palivo LPG

Kapalný propan - butan patří v České republice k nejrozšířenějším alternativám benzínu. Hlavní výhodou představují výrazně nižší provozní náklady, hustá síť čerpacích stanic a úpravců. Kvůli menšímu tlaku nejsou zapotřebí tak velké nádrže jako u CNG. Cena za přestavbu se pohybuje od 10 do 40 000 korun podle automobilu a použitého LPG zařízení. Ne všechny vozy jsou však vhodné pro propan - butan. Na rozdíl od CNG však s výjimkou soukromého importéra vozů Subaru žádná značka nenabízí oficiální přestavbu na LPG. V ČR se pohybuje cena za litr kolem 16 Kč a je zatížena spotřební daní, plánovaná ekologická reforma však bude vozy na LPG zvýhodňovat. I přes růst cen je LPG o polovinu levnější než benzin [2]. Na území České republiky bylo k 9. květnu 2007 celkem 6358 čerpacích stanic. Propan - butan (LPG) lze natankovat na 810 místech, z toho veřejných míst k čerpání LPG je 633 [5]. Ceny LPG ve srovnání s benzinem a naftou (Obr. 4 a 5).



Obr. 4. Srovnání cen LPG a cen nafty a benzínu v letech 1999 - 2007 [10]



Obr. 5. Ceny LPG v roce 2007 v ČR [10]

### 3 ZEMNÍ PLYN CNG A LNG

Zemní plyn sestává asi z 85 % metanu ( $\text{CH}_4$  - jednoduchý uhlovodík bez barvy a zápachu, hořlavý, se vzduchem vybuchující plyn, vyskytující se často v přírodě, i jako bahenní či důlní plyn), z 10 % dusíku a oxidu uhličitého a z 5 % vyšších uhlovodíků [15].

Pod zkratkou CNG (Compressed Natural Gas) se rozumí stlačený zemní plyn. V zásobníku vozidla bývá stlačen až na tlak 200 bar. Zkratkou LNG (Liquid Natural Gas) se označuje zemní plyn zkapalněný. K dosažení kapalného stavu je ovšem potřeba teplota  $-162\text{ }^\circ\text{C}$ . Zkapalněním se původní, výchozí objem zemního plynu zmenší zhruba šestsetkrát [15].

Přestože v případě zemního plynu jde rovněž o fosilní energii, jsou emise takto poháněného spalovacího motoru jasně nižší než u srovnatelného agregátu, kde pohonnou látkou je benzin. To proto, že zemní plyn je z větší části tvořený metanem a tak je velmi "čistým" palivem [15].

#### 3.1 Vlastnosti a využití zemního plynu

Zemní plyn má vynikající odolnost vůči klepání (oktanové číslo cca 130). Zemní plyn kromě toho přispívá i k ekologické jízdě. Při "čistém" spalování zemního plynu dochází k výraznému snižování ozónu, plynů vyvolávajících skleníkový efekt a nejsou produkovány pevné částice ani síra. Termická účinnost dosahuje až 44 %. Protože má zemní plyn poměrně malý obsah uhlíku, je tvorba  $\text{CO}_2$  podstatně menší, než u srovnatelných fosilních paliv. Relativně malá je také produkce  $\text{NO}_x$  [12].

Provoz vozidla na zemní plyn je levnější než na benzin, reálná úspora oproti benzínu a naftě se pohybuje kolem 40 %. Problém stále představuje poměrně malá dojezdová vzdálenost vozidel, jejichž motory využívají jako pohonnou hmotu právě zemní plyn. Na v současné době obvyklou náplň plynu o objemu 80 litrů ujede takový automobil jen 200 až 300 kilometrů. A to je málo, protože to odpovídá množství energie v cca 20 litrech motorového benzínu. Malé počty předmětných čerpacích stanic spolu s malým dojezdem takto vybavených vozidel vedou k tomu, že automobily využívající zemního plynu se nabízejí i s alternativním bivalentním pohonem na benzin (Bi - Fuel). Pro přepnutí stačí stisknout příslušné tlačítko [15].

S přestavbou osobních automobilů na zemní plyn nejsou v ČR velké zkušenosti. Opomeneme-li určité administrativní problémy a otázku případné ztráty záruky, je přestavba spo-

jená s řadou nevýhod. Především jde o poměrně vysoké náklady s tím spojené a takřka vždy o ztrátu vnitřního prostoru, zejména zavazadlového. Poněkud v jiném světle je nutno přijímat ty případy, kdy je automobil na dvojitý pohonnou hmotu připraven už přímo u výrobce [15].

Přestavba motoru vozidel na bivalentní pohon se pohybuje od 4000 do 5000 Euro, podle typu vozidla. Při najetí asi 20 000 km/rok je úspora 750 Euro, takže amortizace nákladů rekonstrukce pro bivalentní provoz bude amortizována asi za 6 let [12].

Stlačený zemní plyn je pro pohon automobilů bezpečnější než benzín. CNG je uskladněn v pevné nádrži z oceli nebo kompozitních materiálů. Mají také bezpečnostní uzávěr, který při překročení určitého průtoku automaticky uzavře nádrž. Zemní plyn je bezpečnější i z toho důvodu, že při případném úniku z nádrže se nerozlije jako benzín. Zemní plyn je lehčí než vzduch, a proto ihned unikne do ovzduší. Zápalná teplota zemního plynu je proti benzínu dvojnásobná. Při tankování nemůže dojít ke znečištění případně uniknutí paliva do země.

Zemní plyn má díky lepšímu promísení směsi palivo: vzduch ve válcích oproti kapalným palivům i výhodu ve snadnějších startech při studeném motoru (tzv. studené starty). Tato výhoda se příznivě projevuje nejen na provozu motoru, ale také na produkci nespálených uhlovodíků a ostatních škodlivin [15].

## 3.2 Historie

Prakticky využitelný plynový výbušný motor, který také doznal velkého rozšíření, patentoval francouzský vynálezce belgického původu Jean Joseph Étienne Lenoir v r. 1859. Byl to dvojitý plynový motor. V roce 1860 začal Lenoir stavět vůz, do kterého vestavěl svůj plynový motor [15].

Plynové motory se po silničních vozidlech a říčních člunech začaly uplatňovat i u vozidel kolejových. V roce 1893 bylo, na základě patentů inženýra Karla Lühriha, zavedeno v Drážďanech použití motorů na stlačený svítiplyn v kolejové dopravě [15].

Plyn jako pohonná látka motorových vozidel byl postupně vytlačován výhodnějším benzinem, který před první světovou válkou na tomto poli zvítězil.

Na možnost pohonu automobilů plynem si opět vzpomněli při nedostatku benzínu za ponorkové blokády v roce 1917 Angličané. Renesance plynového pohonu automobilů nastala

v době, kdy bylo možno již snadno vyrábět kvalitní a lehké tlakové nádoby na stlačený svítiplyn. Plyn stlačený vysokým tlakem podstatně rozšířil dojezdové vzdálenosti proti plynu nestlačenému [15].

### 3.3 Automobily s pohonem na zemní plyn

Jedním z průkopníků a vyznavačů automobilů na zemní plyn byl švédský výrobce Volvo. V roce 2004 uvedl na trh další dva modely s tovární úpravou na bivalentní pohon, jedná se o Volvo V70 a limuzínu S80.

Fiat je jedním z průkopníků při konstrukci vozů na zemní plyn. Sériově vyráběl ve verzi s možností pohonu na zemní plyn model Marea 100 SX Blupower a Bipower a dvě varianty modelu Multipla. První je výlučně na zemní plyn.

Ford nabízí v Německu přestavbu několika modelů, které si může zákazník přímo objednat u dealerů Ford. Jde o modely Ka, Fiesta, Focus, Galaxy a Mondeo. K dispozici jsou také užitkové vozy na zemní plyn - Fiesta Courier a Transit.

Volkswagen nabízí úpravu řady modelů na pohon zemním plynem u modelů Golf a Golf jako verze s benzinovým i plynovým pohonem. Cena je srovnatelná se stejně výkonnými modely se vznětovými motory [15].

Dalšími sériově vyráběnými CNG osobními automobily jsou: Opel Zafira, Opel Astra Caravan, Opel EV1, Honda Civic, Ford Focus, Volvo S60, Fiat Dublo, Volkswagen Golf Variant, Smart, Škoda Fabia, Renault Megane, Toyota Corola, Mazda Demio [15].

Sériovou výrobu CNG dodávkových a nákladních automobilů zahájily společnosti Mercedes-Benz, Ford, Toyota, Nissan, Mitsubishi, Citroën, Fiat a další. Rovněž oblast autobusové dopravy nezůstala bez povšimnutí a CNG autobusy nabízí všichni významní výrobci, např. Mercedes-Benz, Iveco, MAN, Volvo, Neoplan, Nissan, Isuzu, Renault, Van Hool, Scania. Ani česká Karosa nezůstala pozadu a jako CNG variantu nabízí vůz Agora [15].

### 3.4 Výhody a nevýhody pohonu na zemní plyn

#### 3.4.1 Výhody

**Ekologické výhody** vyplývají především z chemického složení zemního plynu.

**Ekonomická výhodnost** - náklady na pohonné hmoty jsou nižší (2x až 3x).

**Provozní výhody** - lepší směšování zemního plynu se vzduchem umožňuje rovnoměrnost palivové směsi a možnost pracovat s vysokým součinitelem přebytku vzduchu. U dvou palivových systémů dochází ke zvýšení celkového dojezdu. Vnitřní části motoru nejsou zaneseny, z toho plyne vyšší životnost motoru a oleje.

**Bezpečnost** - zemní plyn oproti benzínu, naftě, LPG je lehčí než vzduch. Zápalná teplota je oproti benzínu dvojnásobná. Tlakové nádrže vyrobené z oceli, hliníku nebo kompozitu jsou bezpečnější než benzinové nádrže [15].

**Jednoduchost** distribuce plynu k uživateli. Zemní plyn je přepravován již vybudovanými plynovody, jeho používáním se snižuje počet nákladních cisteren s kapalnými palivy. Zemní plyn má větší perspektivu oproti produktům z ropy (benzínu, naftě, propan - butanu) vzhledem k jeho větším zásobám než jsou zásoby ropy [15].

### 3.4.2 Nevýhody

**Nedostatečná infrastruktura** - každé alternativní palivo, které se snaží konkurovat tradičním pohonným hmotám, trpí neexistencí dostatečné infrastruktury potřebné k rozšíření jeho užití. Zejména se jedná o problém malého počtu plnicích stanic.

**Vyšší náklady**, jednak na vozidlo - přestavby vozidel na plyn zvyšují cenu vozidla - jednak na plnicí stanice. Lze očekávat, že náklady klesnou s širším využíváním plynu v dopravě.

**Zhoršení stávajícího komfortu** v důsledku zmenšení zavazadlového prostoru v případě umístění tlakové nádoby do tohoto prostoru. U přestavovaných vozidel na zemní plyn se také snižuje výkon motoru. U vozidel s LNG stoupají zároveň nároky na izolaci nádrže.

**Zpřísněná bezpečnostní opatření** při garážování a opravách plynových vozidel [15].

## 3.5 Palivo CNG

Zemní plyn v automobilech používaný ve stlačené formě CNG má podobné složení jako biopaliva. I v České republice lze již koupit dost modelů na CNG upravených přímo od výrobce. Dodatečná přestavba na zemní plyn je poměrně drahá (kolem 60 000 Kč), velká nádrž také většinou citelně zmenší zavazadlový prostor. Nevýhodou představuje relativně malý dojezd a v ČR stále ještě řídká síť čerpacích stanic. Zemní plyn je oblíbený pro pohon autobusů, nákladních nebo manipulačních vozidel. V ČR se zemní plyn prodává za 20,9 Kč/kg, přičemž v 1 kg zemního plynu se ukrývá více energie než v litru benzínu. V ČR je

od roku 2007 osvobozen od spotřební daně. Jeho cena tolik nekolísá, se zvyšující se optávkou lze však očekávat růst ceny. Z ekologického i provozního hlediska je zemní plyn nejlepší alternativou pro benzinové motory. Většímu rozšíření brání řídká síť čerpacích stanic. Změnit by to mohla chystaná daňová reforma finančně zvýhodňující alternativní paliva [2].

Čerpacích stanic na zemní plyn (CNG) bylo k 9. květnu 2007 jednadvacet, a to jak veřejných tak neveřejných [5].

## 4 BIOPALIVA A ALKOHOLY

Nejjednodušší cesta nezávislosti na fosilních zdrojích energie v budoucnosti je využití paliv z dorůstajících surovin [12].

Mezi všemi recentními, tj. stále obnovitelnými, zdroji energie má biomasa jedinečné postavení, protože na rozdíl od jiných zdrojů představuje akumulovanou sluneční energii. Její obrovský energetický potenciál několikrát převyšuje současnou spotřebu základní energie. Celosvětový roční růst je odhadován na  $20 \times 10^{11}$  t/rok - tomu odpovídá energetický potenciál  $3 \times 10^{12}$  J. To je téměř desetkrát více, než činí roční objem kompletní světové produkce ropy a plynu celkem. V ČR je možné k čistě energetickým účelům využít až 8 mil. tun biomasy. Přestože biomasa nemůže zcela nahradit klasické fosilní zdroje, odhaduje se, že tímto zdrojem může být v naší republice pokryto 15 až 20 % spotřeby všech paliv a energií [15].

Biomasa je definována jako substance biologického původu, která je získávána buď záměrně (výsledek výrobní činnosti), nebo se jedná o využití odpadů výroby (zemědělské, lesnické, potravinářské apod.) [12].

Biomasa je záměrně **pěstovaná**: cukrová řepa, obilí, brambory, cukrová třtina, olejninu a nebo **odpadní**: sláma, nezkrmitelné zbytky, odpady ze sadů, dřevařského průmyslu a lesní produkce [12].

Energetické rostliny je možné rozdělit na rychle rostoucí dřeviny a rostliny bylinného charakteru. Výhodou energetických bylin je krátké vegetační období, snadnější výsev, možnost zpracování i na neenergetické účel [15].

Z rostlin, které obsahují cukry a škrob (např. obiloviny, řepa, brambory, cukrová třtina, ovoce atd.) je možné získat organickou fermentací v mokřém prostředí a následně destilací vysokoprocentní alkohol. Teoreticky lze z 1 kg cukru získat 0,65 l čistého etanolu. V praxi je však energetická výtěžnost 90 - 95 % protože vedle etanolu vznikají další produkty např. glycerin [15].

Biomasa byla zdrojem energie ještě dřív, než se začal používat benzin. Výroba alkoholů (metanolu a etanolu) pro technické účely z biomasy je známá mnohem déle. Už od třicátých let 20. století se užívalo alkoholu jako motorového paliva [15].



Paliva získávaná zpracováním biomasy, na rozdíl od paliv uhlovodíkových získávaných z ropy, jsou zdroje obnovitelné, přičemž při jejich spalování nedochází k nárůstu oxidu uhličitého v atmosféře planety (skleníkový efekt). K dalšímu nárůstu CO<sub>2</sub> nedochází proto, že nově rostoucí rostliny jej znovu zabudují do svých tkání [15].

V současnosti jsou nejdůležitějšími palivy vyráběnými z biomasy metanol, etanol a bionaf-ta. Do pozadí ustoupilo používání bioplynu a dřevoplynu, jež bylo populární hlavně v období 2. světové války [15].

Hodnocení s ohledem na možnosti volby s potenciálem dalších 20 let vyjadřuje podíl bio-paliv a dalších alternativních paliv (%) na celkové spotřebě v dopravě (Tab. 1) [15].

Rok	Biopaliva	Zemní plyn	Vodík	Celkem
2005	2	-	-	2
2010	6	2	-	8
2015	7	5	2	14
2020	10	10	5	25

*Tab. 1. Podíl biopaliv a dalších alternativních paliv (%) na celkové spotřebě v dopravě v ČR [15]*

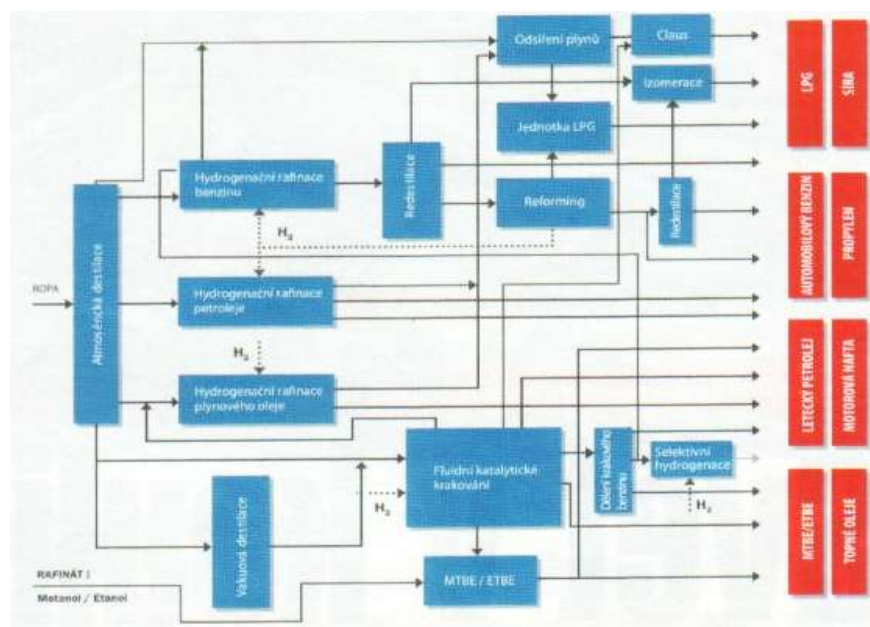
Produkce biopaliv v zemích Evropské unie prudce roste kvůli povinnému přimíchávání biosložek do benzínu a motorové nafty, kdy podíl dražší biosložky se má postupně zvedat. Přidávání biopaliv do pohonných hmot má vedle zmírnění klimatických změn také snížit závislost ekonomiky na dovozu ropy z nestabilních nebo vyloženě nepřátelských zemí [14].

#### **4.1 Situace v České republice**

Povinnost přimíchávat biosložky do paliv vyplývá z novely zákona o ochraně ovzduší. Od 1. září 2007 musí veškerá motorová nafta dodávaná na trh obsahovat minimálně 2 % a maximálně 5 % biosložky (tzn. že ne každá várka nafty ji musí mít). Stejně množství se od 1. ledna 2008 přimíchává i do motorových benzinů. V roce 2009 se tento podíl biosložky

povinně zvýší na 4,5 % u nafty a 3,5 % u benzínu. O dalším zvýšení se zatím nejedná, dá se ale očekávat, neboť i Česká republika se zavázala, že v roce 2020 bude tvořit podíl biopaliv 10 % [4].

Zatímco u nafty se u nás používá výhradně MEŘO, u benzínu norma typ biosložky nespecifikuje. Kromě bioetanolu lze normu splnit použitím ETBE (etyltercbutyléter), což je látka nahrazující toxický MTBE (metyltercbutyléter). Ta se do benzínu dodává kvůli zvyšování oktanového čísla. Přimíchávání biosložek se bohužel postaralo o zvýšení cen pohonných hmot, neboť jsou výrobně dražší než normální paliva. Výrobu biosložek má na starosti Česká rafinářská v Kralupech nad Vltavou (Obr. 6) [4].



Obr. 6. Co se vyrábí z ropy v rafinerii Kralupy nad Vltavou [4]

## 4.2 Rizika biopaliv

Je to takový zamotaný kruh. Evropské instituce podporují biopaliva hlava nehlava, směrnice už vstupují v platnost a jednotlivé vlády na poslední chvíli řeší, jak nastavené limity plnit a vyhnout se sankcím. Až nyní přitom vycházejí na světlo studie zkoumající skutečné vlivy - tedy nejen kolik gramů CO<sub>2</sub> či NO<sub>x</sub> vyjde z výfuku auta, ale nakolik zatíží planetu třeba právě pěstování rostlin pro výrobu biopaliv. A výsledky těchto výzkumů nastolují jen další a další problémy [9].

Studie vypracovaná německými odborníky znalci pro záležitosti životního prostředí například ukázala, že pokud budeme vyrábět v našich zeměpisných šířkách biopaliva z místních surovin, bude přínos pro ekologii ve výsledku velmi omezený. Zato riziko ekologicky nepříznivých jevů v krajině velmi vysoké. Odborníci navíc došli k závěru, že spalování biomasy ve specializovaných elektrárnách je z hlediska zisku energie třikrát účinnější než použití jejich derivátů jako paliva v automobilech. Takové zjištění zrovna neladí s kursem mnoha evropských vlád, které biopaliva vehementně podporují, nejméně jejich povinným přimícháváním do minerálních paliv [9].

Zastánci biopaliv argumentují hlavně neutralitou emisí  $\text{CO}_2$ . Podle jejich výkladu vznikne při spalování biopaliv stejné množství  $\text{CO}_2$ , jaké rostliny při svém růstu z ovzduší absorbovaly. To je ale jen neúplná pravda. Do celkové bilance je totiž nutné započítat všechny zemědělské práce během pěstování, rostliny jsou většinou ošetřovány insekticidy a přizívovány umělými hnojivy, které narušují životní prostředí [9]. Například plodiny, které vyžadují hnojení dusíkem, jako je kukuřice nebo řepka, uvolňují do ovzduší značná množství oxidů dusíku. Ty nejen působí jako skleníkové plyny, ale navíc se podílejí na narušení ochranné ozónové vrstvy v atmosféře [13]. Voda je rovněž středem pozornosti. Expandující lidská populace a s tím související spotřeba masa a mléka pro zvýšení příjmů vyvolávají tlak na zásoby pitné vody, které by se mohly zhoršit intenzivním pěstováním plodin na biopalivo [14].

Posuzování ekologických přínosů jednotlivých biopaliv není jednoduché. Tým švýcarských vědců provedl objektivní zhodnocení biopaliv tím, že kromě úspory v emisích oxidu uhličitého zohlednili i celkový ekologický dopad produkce daného biopaliva. Z tohoto hlediska porovnali benzin, motorovou naftu a zemní plyn s 26 biopalivy získanými ze širokého spektra plodin. U emisí  $\text{CO}_2$  se velké překvapení nekonalo. Produkce a spalování 21 ze 26 hodnocených biopaliv ušetřily více než 30 % emisí  $\text{CO}_2$  ve srovnání se spalováním benzínu. Na druhé straně ale 12 z 26 hodnocených biopaliv mělo větší negativní dopad na přírodu než produkce a spalování benzínu. Mezi biopalivové hříšníky patří ekonomicky nejvýznamnější biopaliva: etanol vyráběný z kukuřice v USA, bionafta vyráběná v Malajsii z olejových palem, etanol vyráběný z cukrové třtiny a bionafta ze sóji v Brazílii. Nejekeologičtější paliva pocházejí z odpadní biomasy a recyklovaného potravinářského oleje. Příznivě lze hodnotit i bioetanol z biomasy travin a dřevní hmoty keřů. Závěry studie lze shrnout

do konstatování, že není biopalivo jako biopalivo a že se ekologické přínosy jednotlivých produktů dramaticky liší [13].

Dalším problémem je u nás nedostatek zemědělské půdy, kde by se biomasa pro výrobu biopaliv pěstovala. Podle zemědělských organizací EU jsou evropské země za optimálních podmínek (žádná sucha ani velké deště) pro plánované přimíchávání 5,75 % biopaliv do minerálních pohonných hmot schopny vyprodukovat pouze 75 % surovin. To znamená, že již při tak nízkém podílu přimíchávání bude nutné čtvrtinu dovážet z Asie a Jižní Ameriky. A opět můžeme začít počítat, jak takový dovoz trajekty přes celý svět zatíží ekologickou bilanci [9].

Brazílie má pro pěstování biopaliv optimální předpoklady, horké a vlhké podnebí a rozsáhlé plantážové plochy, snadné pro obdělávání. Již roky se tento jihoamerický stát orientuje na biopaliva z cukrové třtiny - ze sklizně z roku 2006 rafinerie získaly 17,8 milionu m<sup>3</sup> etanolu. Pětina z tohoto množství zamířila na export. Poptávka v zahraničí přitom neustále roste, což pěstitele nutí k rozšiřování plantáží. To má ovšem fatální ekologické následky, biopaliva, která měla původně zachránit svět, jej začínají ničit. Vidět to je na mýcených lesech, ale i na ustupujících pastvinách pro dobytek a polích pro pěstování obilí [9].

Zatímco v Evropě se bionafta vyrábí z řepky a ve Spojených státech ze sójového oleje, v Malajsii vsadili na olej palmový. Nyní se tam vhodné stromy pěstují na ploše 4,1 milionu hektarů. To je dvojnásobek proti situaci v roce 1992. Novým plochám ustupuje deštný prales, ale také méně výnosné kaučukové a kakaové plantáže [9].

Vedlejším, ale neméně hrozivým efektem je růst cen základních potravin, biopaliva se destilují stále více například z kukuřice, což zvyšuje její tržní cenu [9].

Rozhodující okamžik pro skutečnou ochranu klimatu nastane ve chvíli, až se pro výrobu biopaliv nepokácí jediný strom v deštných pralesích. Tento výraznější pokrok lze očekávat až od biopaliv druhé generace [9]. Tyto tzv. BTL paliva (kapalina z biomasy), které používají celé rostliny nebo přeměnu lignocelulózové plodiny na palivo, jsou zatím ale stále ověřovány jen v pilotních systémech. Výdaje na jednoho litru paliva např. z trávy nebo sena nejsou v současné době stále v relaci k nákladům. Podle současných odhadů bude tento proces účinný a připraven pro sériovou výrobu zhruba do deseti let [11]. Díky tomu by rapidně (až na dvojnásobek) vzrostla výnosnost biopaliv z hektaru [9].

### 4.3 Bioplyn

Bioplyn (dříve kalový plyn) se získává z biomasy. Biologicky je bioplyn velmi rychle odbouratelný. Biomasa a z ní vyrobený bioplyn, představuje pro zemědělství v budoucnu velkou perspektivu [12].

#### 4.3.1 Vznik bioplynu, jeho vlastnosti a využití

Bioplyn lze z biomasy získat několika způsoby a to termochemickým způsobem tj. zplynováním biomasy nebo biochemickým způsobem [12].

Biochemické zpracování organických látek se současným vznikem bioplynu se nazývá anaerobní fermentace, dříve metanogenní kvašení (vyhánění, rozklad) [15].

Biologický a chemický proces tvorby metanu se dělí do těchto etap:

1. hydrolyza - přeměna organických látek na nižší rozpustné organické sloučeniny.
2. acidogeneze - přeměna na mastné kyseliny.
3. metanogeneze - přeměna na metan, oxid uhličitý a další látky za vhodných fermentačních podmínek (teplota, pH, atd.), které je nutno dodržovat, protože metanogenní bakterie jsou na jejich kolísání velmi citlivé. Změny prostředí ve vyháněvací nádrži (fermentor) by mohly vést ke zpomalení nebo zastavení reakcí [15].

Optimální teploty pro různé skupiny bakterií:

- psychrofilní do 20 °C
- mezofilní 20 až 45 °C
- termofilní nad 45 °C

Rozsah pH potřebný pro život bakterií je 4,5 - 8,0. Pro potřeby metanogenní fermentace je výhodné udržovat pH v rozmezí 6,7 až 7,6. Základní podmínkou stability je vyloučení pronikání kyslíku do prostoru fermentoru, protože působí jako inhibitor (utlumovač) reakce. Anaerobní proces mohou zpomalit i zastavit určité sloučeniny např. vysoké koncentrace amoniaku, antibiotika, kationty  $K^+$ ,  $Ca^+$ ,  $Mg^+$  atd... [15].

Zpracovávaná organická hmota se dělí do dvou skupin:

- tuhé substráty (chlévká mrva)
- tekuté substráty (kejda prasat a skotu) [15]

Bioplyn obsahuje 55 - 70 % metanu, 27 - 47 % CO<sub>2</sub>, 1 % H<sub>2</sub> a 3 % H<sub>2</sub>S. Zápalná teplota je stejná jako u zemního plynu 650 až 750 °C, hustota 0,72 kg/m<sup>3</sup>. Kvalita se mění podle původu a produkce [12].

Takto vyrobený bioplyn se využívá k přímému spalování a ohřevu teplotnosného média, výrobě el. energie nebo chemické výrobě sekundárních produktů bioplynu.

Ve většině případů se ale používá pro pohon stabilních motorů využívaných pro výrobu elektrické energie s plným využitím odpadního tepla (kogenerační jednotky).

Bioplyn je pro účely pohonu motorových vozidel nutno zbavit přebytku nežádoucích příměsí, zejména oxidu uhličitého, sirovodíku a mechanických nečistot tak, aby odpovídal požadavkům na zemní plyn (obsah methanu nad 95 %, výhřevnost srovnatelná). Pro rychlé čerpání se stlačuje na tlak 15 - 300 barů. Tlak bioplynu v nádrži je 50 - 100 barů [15].

Výhodou jsou nižší emise oproti benzínu a úspora nákladů na palivo. Nevýhodou je nestabilní produkce plynu, protože anaerobní fermentační procesy probíhají nejlépe při teplotě 40°C, takže v zimních měsících je nutno část vyrobeného plynu použít na vyhřívání fermentoru. V zimě, kdy potřebujeme více elektrické a tepelné energie máme bioplynu nedostatek a v létě přebytek. Velkou výhodou bioplynu je, že zisk energie je z hlediska CO<sub>2</sub> neutrální. Jinak jsou výhody a nevýhody stejné jako při používání zemního plynu [15].

Nevýhodou současného používání bioplynu jako pohonné hmoty je jeho omezené množství a pouze lokální možnost použití. Bioplyn v dopravě nachází nejširší uplatnění v Evropě ve Švédsku, Dánsku, Rakousku, Švýcarsku, Francii a Itálii, mimo Evropu pak v Brazílii, USA, Chile a na Novém Zélandu [15].

Bioplyn je plně hodnotný jako zemní plyn, proto jsou vozidla v Německu, Švýcarsku i jinde označována jako zemní/bio plynová vozidla. Ve Švýcarsku je bioplyn jako alternativní palivo nejvíce rozšířen a propaguje se tím, že jeden kg kuchyňských odpadků odpovídá jednomu km jízdy automobilem. Švýcaři mají výrobu bioplynu technicky bezproblémovou a především produkci hospodárnou. Pod názvem „Kompogas“ je nabízen bioplyn ve kvalitě zemního plynu jako palivo [12].

## 4.4 Bionafta a rostlinné oleje

Od sedmdesátých let minulého století je zkoumána možnost využití řepkového oleje pro pohon vznětových motorů. Ukázalo se, že dlouhodobý pohon na řepkový olej u běžných naftových motorů není možný. Je tedy nutno naftový motor pro pohon řepkovým olejem přestavět, např. na duotermický motor Elsbethův, nebo přepracovat řepkový olej esterifikací na metylester (u nás zkráceně označovaný MEŘO, v zahraničí se používá termín RME - Rapeseed Methyl Ester).

Úprava fyzikálně - chemických vlastností obecně spočívá v přeměně vhodného rostlinného oleje na metylester mastných kyselin obsažených v oleji. Smyslem chemické přeměny na metylestery je přiblížit výsledné vlastnosti tohoto paliva parametrům klasické motorové nafty [15].

Vhodným rostlinným olejem je v případě ČR i Evropy převážně řepkový olej. V ostatních případech se používá slunečnicový olej, v USA i sojový olej. Olej je ale možné získat z více než 300 druhů různých rostlin, mezi něž patří olivy, kokosový ořech atd [15].

### 4.4.1 Bionafta první a druhé generace

MEŘO znamená MetylEster Řepkového Oleje a je to produkt vznikající při reakci řepkového oleje s metanolem, tedy bionafta. Čisté MEŘO se jako palivo používá např. v Rakousku nebo Německu. V České republice se tato bionafta tzv. první generace nepoužívá. Tzv. **bionafta druhé generace**, která je na trhu, je **směsná nafta**, kde je podíl MEŘO asi 31 %, zbytek pak tvoří klasická motorová nafta. Bionafta je palivo, které je biologicky odbouratelné z 90 % v průběhu 21 dní [15].

U bionafty druhé generace se jedná o směsné palivo metylesteru s ropnými uhlovodíky. Metyester tvoří jednu ze tří složek. Druhou složkou jsou lehké nebo těžké alkany. Nesnižují biologickou odbouratelnost a mají vynikající fyzikálně - chemické a palivové vlastnosti. Problémem je nízká mazivost. Vzrůst objemové spotřeby paliva v důsledku jeho nižší měrné hmotnosti je kompenzována snížením exhalací. Třetí složka - jedná se o tzv. střední bezsirný destilát. Vzhledem k velké výhřevnosti má za úkol zvýšit výkon motoru a snížit spotřebu. Nedostatkem této látky je nízká biologická odbouratelnost a vysoké emise vznikající při jeho spalování. Doplnkové mohou být součástí bionafty i alkoholy, alfa olefiny a další [15].

Při výrobě MEŘO se jako vstupní surovina používá řepkový olej a menší množství metanolu. Celý výrobní proces se tak skládá z lisování oleje, filtrování a následné chemické reakce oleje, metanolu a katalyzátoru na metylester a glycerin (Obr. 7). Při výrobě vznikají i výlisky (šrot), které tím, že obsahují velké množství bílkovin a jiných živin, jsou cennou krmnou směsí. Kromě metylesteru používaného v Evropě se z rostlinných olejů vyrábí i etylester (hlavně v USA). Metylester je možné vyrábět také ze živočišných tuků [15].



Obr. 7. Jak se z biomasy stane bionafta [9]

Z hlediska možného širšího využití bionafty v dopravě je velmi důležitá i otázka **energetické bilance** při její výrobě. Ta vyjadřuje poměr množství vložené energie na setí, sklizeň, dopravu a zpracování surovin k získané energii. Energetická bilance je při výrobě bionafty a metylesteru pozitivní. Všeobecně platí, že při úrodě 2 až 4 tuny řepkového semene (41 % obsah oleje) na hektar je možné získat 1000 až 2000 litrů MEŘO [15].

#### 4.4.2 Pozitivní a negativní vlastnosti

MEŘO jako palivo (i jako směsné palivo) má **dobré ekologické vlastnosti** a při jeho spalování je produkováno **nižší množství emisí** než v případě nafty. Ve výfukových plynech dochází k významnému poklesu obsahu polyaromatických uhlovodíků, které v MEŘO prakticky nejsou přítomny a tuhých částic. V emisích  $N_2O$  existují jen malé rozdíly mezi MEŘO a motorovou naftou. Tyto emise jsou pro MEŘO o několik procent vyšší v důsledku vyšší teploty spalování. Vysoký obsah kyslíku v MEŘO má pozitivní vliv na oxidaci a tím na snižování úrovně smogu ve městech. Navíc použití tzv. oxidačního katalyzátoru dále snižuje zejména emise nespálených aromatických uhlovodíků, CO a tuhých částic (snižování emisí CO až o 95 %, uhlovodíků o 85 % a tuhých částic až o 50 %) [15].



Mezi hlavní výhody MEŘO patří jeho pozitivní energetická bilance, která je lepší než v případě alkoholových paliv. Výhodou směsné bionafty je, že má přibližně stejné cetanové číslo jako nafta, což znamená, že je ji možné přímo použít ve vznětovém motoru bez dalších přísad. Rostlinný olej navíc neobsahuje téměř žádnou síru a nezpůsobuje tak emise oxidu siřičitého. Bionafta má porovnatelnou hustotu energie jako nafta, a proto postačuje stejně velká nádrž jako v běžném vozidle. Výkon motoru je s tímto palivem podobný jako při použití motorové nafty. Vzhledem k chemickým vlastnostem je transport a skladování bionafty bezpečnější než ropné nafty. Výhodou rostlinných olejů je především jejich rychlá degradace v půdě (v průběhu asi 3 týdnů) - nezpůsobují její znečištění [15].

Nevýhodou u čistých olejů je, že mají vysokou viskozitu (až 40krát vyšší než nafta) a během jejich skladování dochází ke snižování kvality (oxidace). Při spalování zanášejí motor, jsou agresivní vůči plastům a lakům a způsobují vyšší emise tuhých částic a  $N_2O$ . Problém tuhých částic lze odstranit tzv. esterifikací rostlinného oleje [15].

#### 4.5 Emulzní motorová nafta

Dalším alternativním palivem je emulzní motorová nafta, se kterou mají obzvláště ve Francii velké a dobré zkušenosti. Jedná se o emulzi obsahující 85 % motorové nafty, 13 % vody a 2 % dalších přísad - převážně emulgačních činidel, která zajišťují velmi malou velikost kapek rozptýlené vody. Emulgovaná nafta, kterou vyrábí společnost Elf, nese obchodní označení Aquazole. Vozidla provozovaná na běžnou motorovou naftu mohou bez úprav spalovat i Aquazole. Takový provoz vykazuje významná snížení emisních hodnot u tuhých částic (až o 80 %) a oxidů dusíků (až o 30 %) vzhledem k emisím vznikajících při spalování klasické motorové nafty [15].

Vstříkávání emulze motorové nafty s vodou příznivě ovlivňuje průběh spalovacího procesu. Dochází ke snižování kouřivosti. Značným problémem je zabezpečení stability vzniklé emulze při dlouhodobém skladování (řádově několik měsíců). Nevýhodou je také pokles výkonu motoru o 10 až 15 % [15].

#### 4.6 Etanol a metanol

Alkoholy nižších skupin mají obdobné vlastnosti jako paliva konvenční - ropná, benzin a nafta. Nejvýznamnější zástupci alkoholů vhodných pro spalovací motory jsou methanol

(methylalkohol, karbinol, dřevný líh,  $\text{CH}_3\text{OH}$ ) a ethanol (ethylalkohol, alkohol, líh,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ), isopropanol, terc. butanol [15].

#### 4.6.1 Výroba a vlastnosti alkoholů

Zatímco metanol je vyráběn z fosilních paliv (ropy, uhlí, zemního plynu a částečně i biomasy suchou destilací dřeva) katalytickou hydrogenací oxidu uhelnatého, ethanol je produktem zemědělské výroby vyráběný kvašením ze surovin obsahujících cukr, celulózu nebo škrob. Výroba etanolu pro průmyslové účely se zakládá na hydrataci ethylenu. Při kvasném způsobu výroby etanolu se využívá řady zemědělských plodin, jako cukrové i krmné řepy, cukrové třtiny, kukuřice, brambor a obilovin. Proces kvasné výroby etanolu je založen na zkvašování cukerných roztoků (z výchozí melasy, popř. ze surovin obsahujících škrob, např. z brambor po jeho zcukření) kvasinkami rodu *Sacharomyces* s následnou destilací (Obr. 8). Spalováním alkoholů se zvýší obsah  $\text{CO}$  a  $\text{CH}_x$  ve spalinách, poklesne naopak množství pevných částic. Problematickou se však jeví tvorba aldehydů při spalování tohoto alternativního paliva. Metanol je navíc pro člověka vysoce toxický a k některým materiálům (pryže, plasty, slitiny hliníku) se vyznačuje vysokou chemickou agresivitou [15].



Obr. 8. Jak se z biomasy stane bioetanol [9]

Z celosvětového hlediska jsou nejrozšířenější tzv. alkoholová paliva - ethanol a metanol, která se vyrábějí z obilí, kukuřice a cukrové třtiny. Jednou z výhod těchto paliv je, že při jejich spalování se tvoří méně škodlivin. Souvisí to s tím, že mají jednodušší strukturu než benzin nebo nafta, lépe hoří a celý proces vede k menší tvorbě nespálených zbytků. Alkoholová paliva mají podstatně menší výhrevnost, avšak vzhledem k vázanému kyslíku potřebují ke spálení mnohem menší množství vzduchu. Vlastnosti etanolu a metanolu a jejich porovnání s ropnými palivy ukazuje (Tab. 2) [15].

	Etanol	Metanol	Benzin	Nafta
Výhřevnost [ $\text{MJ.kg}^{-1}$ ]	26,9	21,3	43,7	42,5
Bod varu [ $^{\circ}\text{C}$ ]	78,3	64,5	99,2	150
Oktanové číslo	106	105	79 - 98	-

*Tab. 2. Vlastnosti etanolu a metanolu a jejich porovnání s ropnými palivy [15]*

Alkoholy jako palivo pro pístové spalovací motory jsou získávány z rostlinných produktů a odpadů nebo synteticky. Metanol - nejefektivnější způsob výroby je ze zemního plynu. Pyrolytické spalování dřeva, dřevního odpadu a zemědělských produktů a následná výroba metanolu je dražší. Etanol je vyráběn kvašením a následnou destilací ze surovin obsahujících cukr, škrob a celulózu. Nejznámější je výroba etanolu z cukrové třtiny v Brazílii [15].

Etanol vyrobený z produktů zemědělské výroby se používá na výrobu ETBE (etyltercbutyleter), což je kapalná součást benzínu Natural. Takovýto etanol se dá použít i jako přímý přírůstek do motorových paliv pro benzinové i naftové motory.

Etanol vyrobený fermentací z biomasy je možné použít buď jako palivo pro speciálně konstruované motory, nebo jako přísada do benzínu v zastoupení 3 až 15 %. Chemicky změněný etanol na ETBE se ve světě stal důležitou přísadou do bezolovnatých benzínů. Zvyšuje oktanové číslo a zlepšuje kvalitu hoření paliva v motoru [15].

Alkoholy je možno použít pro pohon zážehových i vznětových motorů. Použití alkoholů u zážehových motorů nevyžaduje výraznější úpravy. U motorů vznětových je při použití alkoholů nutno přestavět tyto motory na zážehové, nebo provést takovou úpravu paliva, aby provozu vznětového motoru vyhovovalo [15].

Etanol se dnes běžně využívá jako náhrada benzínu ve spalovacích motorech, přičemž je to jedno z nejstarších alternativních paliv. Komerční zkušenosti mají hlavně v Brazílii a USA, kde se toto palivo používá už delší dobu a ve velkém množství [15].

#### 4.6.2 Nevýhody a výhody etanolu

Nevýhodou etanolu, je, že způsobuje rychlejší korozi kovových materiálů, má detergentní účinek (odstraňuje oleje) a napadá plastické hmoty. Jeho výpary mají negativní účinek na lidský organizmus a ovlivňují řidičovu schopnost řídit motorové vozidlo. Tyto výpary mohou být problémem hlavně při čerpání pohonných hmot. Etanol se vlivem vyšší zápalné teploty, která je u benzínu 200 °C a u etanolu 425 °C, vyznačuje horší startovatelností motoru při nízkých teplotách [15].

Jiné nevýhody použití etanolu spočívají v tom, že v důsledku nižší výhřevnosti mají vozidla vyšší spotřebu. Navíc při spalování dochází k vyšší tvorbě aldehydů ve výfukových plynech, jejich koncentraci lze pomocí oxidačních katalyzátorů snížit až o 80 %. Pro vznětové motory je rozhodující cetanové číslo paliva. Čím je nižší cetanové číslo, tím delší čas je potřebný pro kompresní zapálení směsi. Alkoholy mají nižší cetanové číslo (5 - 8) než nafta (40 - 55) [15].

Jistou nevýhodou výroby etanolu ze zemědělských produktů je skutečnost, že v případě snahy o nahrazení většího množství klasických paliv by taková výroba v celosvětovém měřítku představovala konkurenci potravinářskému průmyslu. Navíc by pěstováním monokultur, které takovou strategii provázejí, mohly vzniknout problémy s biodiverzitou. Uvedené nevýhody se však netýkají výroby etanolu z dřevné biomasy, která se ukazuje jako velmi perspektivní. Podobně to platí i při výrobě etanolu z odpadní biomasy zemědělské výroby [15].

Ačkoli energetická bilance při výrobě etanolu je přibližně poloviční v porovnání s MEŘO, výhodou etanolu zůstává, že z jednoho hektaru cukrové řepy je možné získat více litrů paliva (4755 litrů) než v případě MEŘO (1400 litrů). V případě obilí vychází energetická bilance ještě lépe. Výrobní cena etanolu spolu s jeho destilací se ve světě pohybuje na úrovni asi 20 Kč/l. Cena etanolu je dvojnásobná v porovnání s metanolem, což platí v případě jeho syntetické výroby [15].

Etanol má v porovnání s jinými palivy několik výhod. První je, že z hlediska snahy o nahrazení klasických paliv existují ve světě dostatečné výrobní kapacity s ověřenou technologií výroby (lihovary jsou i ve velmi málo vyspělých zemích). Z hlediska činnosti motoru je důležité, že etanol má vyšší oktanové číslo než benzin - přibližně 106. Vyšší oktanové číslo umožňuje vyšší kompresi a následně lepší účinnost motoru [15].

Pozitivní přínos pro životní prostředí má i používání směsí. např. 10 % etanolu a 90 % benzínu. Takové palivo snižuje tvorbu CO o více než 25 % v porovnání s jakýmkoli jiným benzinem. Etanol je málo reaktivní s vysokým oxidačním účinkem (obsah kyslíku), čímž se podílí i na snižování tvorby ozónu. Etanol je také bezpečnou náhradou za toxické přísady na zvyšování oktanového čísla benzínu, jako jsou benzen, toluen a xylen. Navíc tím, že je vyráběn z biomasy, snižuje tvorbu oxidu uhličitého - nejdůležitějšího skleníkového plynu [15].

#### 4.6.3 Výroba a vlastnosti metanolu

Výroba metanolu ze dřeva je ve světě známá již velmi dlouho. Metanol však často vystupoval pouze jako vedlejší produkt při výrobě dřevěného uhlí. Největší množství metanolu jsou dnes produkována v Brazílii, USA a Švédsku. Metanol je pro člověka jedovatá látka. Je to čistá kapalina bez zápachu, která se v přírodě vyskytuje jen ojediněle. Navíc se vyznačuje velkou univerzálností a také se používá jako výchozí surovina v mnoha chemických procesech [15].

Metanol je možné vyrobit nejen z biomasy, ale i z některých fosilních paliv, jako např. ze zemního plynu nebo z uhlí. Nevýhodou výroby metanolu z biomasy je, že cena je asi dvojnásobná v porovnání se syntetickým metanolem vyrobeným ze zemního plynu. Zajímavostí také je, že z metanolu lze vyrobit i benzin, avšak celý proces výroby probíhá s energetickou ztrátou, a proto se nevyužívá [15].

Metanol je možné převést na vysoce oktanové číslo při relativně nízkých nákladech. Výhodou je, že takové palivo neobsahuje síru, a znečištění ovzduší vlivem jeho spalování je tak velmi nízké. Vozidla spalující v motorech metanol se z hlediska výkonu a jiných charakteristik (dojezd) podobají vozidlům spalujícím benzin. Metanol je možno použít jako palivo v čisté formě nebo jako směs. V případě vznětových motorů je nutné vozidla vybavit pomocným zapalovacím systémem, protože cetanové číslo metanolu je nízké [15].

Na automobilovém trhu již existují i auta, která dokážou jezdit na jakoukoli směs benzínu s etanolem nebo metanolem, jedná se např. o Ford Focus FFV (Flexible Fuel Vehicle) [3].

#### 4.6.4 Palivo E85

Palivo E85 je směs složená z 85 % bioetanolu a 15 % klasického benzínu. Velmi populární je zejména ve Švédsku, kam také směřuje většina produkce modelů Ford, Saab a Volvo upravených pro spalování E85. Vyšší agresivita této pohonné hmoty však vyžaduje úpravu palivové soustavy, motoru a montáž dodatečného predehřívání. E85 má totiž problémy se studenými starty. Tyto změny však zvýší cenu vozu. Například Saab si v České republice za vůz na E85 účtuje navíc 30 000 korun. Navíc masová výroba bioetanolu vede k ničení deštných pralesů, jejichž plochu zabírají technické plodiny.

V Německu se E85 prodává za 90 centů za litr, což je v přepočtu asi 24 Kč. Na jednu nádrž E85 se ale ujede mnohem méně kilometrů než s benzinem. Síť čerpacích stanic v Evropě je s výjimkou Skandinávie stále velmi řídká, brzy jich ale bude víc, V ČR však nelze E85 koupit volně vůbec [2]. V Německu má být v nejbližší době 120 míst kde bude E85 k dispozici [3].

## 5 VODÍKOVÝ POHON

Je to kuriózní, ale na vodík částečně jezdíme už roky. Celých 37 % světové produkce tohoto prvku je v současnosti běžně přidáváno do konvenčních paliv. Aby se ale vodík stal nejrozšířenější alternativou, musí se na pohonu automobilu podílet sám. A to buď tak, že je v pohonné jednotce normálně spalován podobně jako benzin (na to je ale moc drahý), nebo vstupem do tzv. palivových článků, aby mohl vyrobit elektrickou energii, která nakonec roztáčí kola. V Evropě již jezdí několik experimentálních vozidel, které využívají oba tyto způsoby: BMW sází na spalování, Opel nebo Mercedes-Benz na články. Cena 1 kilogramu vodíku se pohybuje od 200 do 250 Kč. Přitom  $1 \text{ kg} = 12 \text{ m}^3$  [6].

### 5.1 Základní charakteristika

Při prvním způsobu využití vodíku, tedy při spalování je palivový systém motoru přizpůsoben pomocí elektronického směšovacího systému, který určuje směšovací poměr vodíku a vzduchu. Spalování probíhá s přebytkem vzduchu. Přídavný vzduch ve spalovacím prostoru odnímá teplo a tím klesá teplota plamene pod kritickou mez, nad níž by se směs mohla sama vznítit. Nízká teplota spalování současně brání vzniku oxidů dusíku ( $\text{NO}_x$ ), které jsou v redukčním katalyzátoru zážehových motorů neutralizovány. Bez dalších přídavných zařízení pracují vodíkové motory prakticky bez emisí, oproti benzínu jsou všechny emisní komponenty sníženy až o 99,9 % [15].

Největší perspektivu ovšem poskytuje pohon elektromotorem pro svoji výhodnou momentovou charakteristiku se zdrojem proudu z palivového článku, který mění chemickou energii paliva vodíku přímo v elektrický proud. Způsob spalování vodíku v konvenčním spalovacím motoru, byť je bez škodlivých emisí, není pro malou účinnost perspektivní [15].

Vodíkem poháněné vozidlo současnosti nemůže mít zatím výslednou účinnost vyšší než klasická koncepce pohonu (je nutno započítat celý řetězec od výroby přes skladování a čerpání až po konečnou spotřebu, kdy právě výroba vodíku je velmi nákladná). Přesto má vodíkový pohon význačnou výhodu, neboť totiž podstatně výrazně omezuje emise spalovacích motorů a může být využit i jako zdroj pro elektrochemickou transformaci chemické energie na palivových článcích, kdy jsou vlastní emise motoru prakticky nulové (až na odpadní teplo). Společnost General Motors představila svůj první automobil poháněný palivovými články už před více než třiceti lety [15].

## 5.2 Palivové články

Palivové články jsou zařízení, v nichž elektrochemickými procesy dochází k přímé přeměně vnitřní energie paliva na energii elektrickou. První palivový článek nejjednoduššího typu vodík - kyslík sestrojil již v roce 1839 Angličan Sir William Grove. V tomto ohledu jsou tedy podobné článkům primárním a sekundárním (akumulátorům). Na rozdíl od baterií (primární a sekundární články) nejsou aktivní chemické látky součástí anody a katody, ale jsou k nim průběžně přiváděny zvnějšku. Obě elektrody působí výlučně jako katalyzátor chemických přeměn, během činnosti článku se téměř neopotřebovávají a jejich chemické složení se nemění. Princip palivového článku je poměrně jednoduchý. Na zápornou elektrodu, které říkáme palivová, se přivádí aktivní látka (palivo). Ta zde oxiduje a uvolněné elektrony představující elektrický proud se vnějším obvodem pohybují ke kladné elektrodě. Na kladné elektrodě, kam se přivádí okysličovadlo naopak probíhá redukce za současné reakce s kladnými ionty, které k ní pronikají elektrolytem. Výsledkem spalování je v závislosti na pracovní teplotě voda či vodní pára [15].

Základními prvky palivového článku jsou dvě elektrody a elektrolyt. Jejich struktura zpravidla závisí na použitém palivu, případně na vlastnostech okysličovadla [15].

Palivem mohou být plynné, kapalně i tuhé látky. Z plynu lze jmenovat již zmíněný vodík, oxid uhelnatý, nebo hydrazin, z kapalin metanol a další složitější alkoholy a z tuhých látek některé kovy (sodík, hořčík, zinek, kadmium). Okysličovadlem mohou rovněž být plynné (kyslík, chlor), kapalně či tuhé látky, ale z praktického důvodu se nejčastěji používá kyslík z okolního vzduchu [15].

Pro provoz palivového článku ve vozidle může být vodík ve stavu čistém jako prvek a nebo ve vázané formě např. jako metanol [6].

## 5.3 Výroba vodíku

Dnes se vodík vyrábí především parním reformingem zemního plynu: z jednoho kubíku se získají dva kubíky vodíku. Vedlejším produktem ale je  $\text{CO}_2$ , což metodu značně diskriminuje. Očekává se, že v budoucnu se bude vodík vyrábět elektrolýzou vody. Obrovskou výhodou je, že spalováním vodíku vzniká opět vodní pára, takže vlastně půjde o uzavřený cyklus. V budoucnu by se měla výroba  $\text{H}_2$  elektrolýzou přidružit k jaderným elektrárnám [6].



Při elektrolýze vzniká objemové dvojnásobné množství vodíku oproti kyslíku. Méně energie je spotřebováno při vysokoteplotní parní elektrolýze. Mimo jmenované průběhy existují ekologicky nadějně, ale technicky těžko proveditelné výrobní metody, např. homogenní fotokatalýza, fotoelektrolýza případně biochemická přeměna [12].

Dalším pokusem o výrobu vodíku je solárně termická výroba vodíku. Kde sluneční energii je možno ukládat a měnit v chemická paliva jako je vodík a metanol. Potřebnou teplotou pro tento proces 2300 K je možno získat ze sluneční energie pomocí parabolického zrcadla. S touto technologií by bylo možné snadno dosáhnout velmi vysoké teploty, která je zapotřebí pro výrobu solárních palivových článků. Přímé štěpení vody je geniálně jednoduchá koncepce, přece však dosud chybí účinná technika k dělení vodíku a kyslíku při vysokých teplotách bez toho, že by mohlo dojít k explozi. Problém dělení může být překročen pomocí termochemického cyklu štěpení vody, při němž vodík a kyslík se vydělují v různých krocích. Tento proces je označován jako termolýza vody. Výzkum v oboru vysokoteplotní solární chemie a základní studie chemických reakcí i vývoj solárně chemických reaktorů je prováděn ve Švýcarsku [12].

Větší šance než plynnému vodíku se dávají kapalnému vodíku, s nímž jsou ale spojeny potíže. Kapalný vodík má teplotu  $-253\text{ °C}$  a tu si musí udržet. Náklady na technologie i zkapalňování jsou ale obrovské. Zkapalněného vodíku se do cisterny vejde víc, ale dosažení nutné teploty  $-253\text{ °C}$  stojí asi 50 % výrobních nákladů [6].

#### 5.4 Výhody a nevýhody vodíku

Prvotní nadšení z vodíku z období před čtyřmi pěti lety sice nyní trochu vyprchalo, na druhou stranu ale platí, že vodík skutečně asi bude tím palivem, které nahradí ropu a zajistí mobilitu lidstva. Bude to ale později, než optimisté předpokládali. Problém je především s logistikou plnicích stanic a dosud není uspokojivě vyřešena oblast ekologické výroby, skladování a přepravy vodíku [6].

Nevýhodou je, že i přes sebelepší izolaci tlakových nádob dochází k ohřevu hluboce podchlazeného vodíku a tím k jeho ztrátám. I přes unikátní izolační systém na bázi kosmických materiálů, docházelo u vozu HydroGen 4 ke ztrátám přirozeným odparem ve výši 1 až 3 % objemu paliva za den [6].

## 5.5 Situace s vodíkem ve světě

Automobilka Honda nyní vyrobila model FCX, která již na první pohled nemá nic společného s předchozími ryze experimentálními studii, ale řadí tuto hondu ke sportovním vozům. Vodík v palivových článkách za přítomnosti kyslíku generuje energii, která napájí 141 kW silný elektromotor. To je rozdílná koncepce než v případě BMW 7 Hydrogen, kde vodík jako palivo používá přímo spalovací motor. Palivové články jsou oproti běžnému spalování vodíku třikrát efektivnější. Model FCX dosáhne maxima 160 km/h a na jednu náplň nádrže ujede 570 km. Honda v roce 2008 rozdělí 80 vozů FCX mezi privátní zákazníky a společnosti v Japonsku a USA. Cena jednoho takového vozu přesahuje šest milionů Eur. V Německu dnes existuje pouze šest vodíkových čerpacích stanic, další tři jsou ve výstavbě. Je rovněž otázkou, jak se s rostoucí spotřebou vodíku bude vyvíjet jeho dostupnost a cena [5].

## 5.6 Situace s vodíkem v České republice

V Ostravě tým Vysoké školy báňské pod vedením profesora Bohumila Horáka už několik let úspěšně provozuje superekonomický speciál na vodík pro závody typu Shell Eco Marathon, ale teprve nyní vstoupí vodík do veřejného života, protože vodíkovým vozidlem bude autobus hromadné dopravy v Neratovicích. Projekt Ústavu jaderného výzkumu v Řeži, za nímž například ještě stojí VŠCHT nebo firmy Škoda Electric či německá Proton Motor, má první výsledky ukázat v roce 2009, kdy autobus vyjede na zkušební jízdy. Čerpací stanici, která v Neratovicích vyrostě vyrobí firma Linde Gas, která už podobných dokončila okolo čtyřiceti a ty nyní pracují ve velkých automobilkách nebo například v Amsterdamu, Barceloně či Portu. První veřejnou stanici na plyný a kapalný vodík postavila v Mnichově již v roce 1999. V Neratovicích vyrostě samoobslužná pumpa s odděleným prostorem pro plyn a elektrická zařízení s průtokem 4 kilogramy plynu za minutu. Český autobus na vodík bude využívat energie palivových článků [6].

## 6 ELEKTROMOBILY

Již v počátcích rozvoje automobilismu konkurovaly elektromobily vozidlům poháněným spalovacím motorem. Mezi první významné konstruktéry elektromobilů patřil v 80. letech 19. století Francouz Jiří Krieger. Díky němu jezdily v Paříži elektrické drožky [15].

Elektrický pohon vozidel je jednou z možností alternativního řešení, neboť prakticky neprodukuje žádné škodlivé emise, má nízkou hladinu hluku, příznivou výkonovou charakteristiku, ale také menší jízdní výkon, omezený dojezd, vyšší cenu, případně větší nebezpečí při havárii [12].

Na základě úvah a statistických rozborů městského provozu má čistě elektrický pohon své opodstatnění. V evropských poměrech jsou rozměry městských aglomerací zřídka větší než 50 km, z čehož na vnitřní městské oblasti připadá méně než 10 km. Proto má vývoj vozidla na baterie své opodstatnění. Je-li k dispozici plošné pokrytí infrastruktury nabíjení baterií a možnosti zpětného využití energie brzdění (rekuperace), pak se jedná o bateriové elektrické vozidlo [12].

Bateriová elektrická vozidla jsou současně ve výrobě i při větším počtu kusů asi o 40 % dražší srovnatelně s vozidly s motory spalovacími. Vzhledem k energetickému výrobnímu řetězci ve spotřebě primární energie bateriových elektrických vozidel, neobdržíme při srovnání škodlivých emisí s moderním naftovým motorem dnes žádné velké výhody. Jen ve škodlivých emisích a nízké hlučnosti, jsou výhody elektrovozidel [12].

Jak v Evropě, tak i v USA jsou používány nabíjecí stanice standardní, nebo rychlonabíjecí. K dispozici jsou také solární stanice, a to hlavně v jižních částech USA (Florida, Kalifornie). USA patří svým programem náběhu elektromobilové dopravy k průkopníkům zdravé městské i meziměstské dopravy [15].

### 6.1 Elektromotory

Hnací ústrojí elektromobilu je tvořeno, podobně jako u vozidla se spalovacím motorem, z motoru, převodovky, hnacích hřídelů a diferenciálu s rozvodovkou. Nejčastěji se používá přední nebo zadní pohon s centrálním elektromotorem. Alternativami jsou tandemové hnací systémy se dvěma elektromotory a pohony kol elektromotory umístěnými přímo v kolech [15].

Zásadně je možno ve stavbě elektromotorů použít celé řady tradičních principů činnosti, využitelných pro trakční pohony. Trakční elektromotory určuje zejména hodnota momentu, menší význam má hodnota výkonu. Konstrukce musí být spolehlivá a ve velkém rozsahu otáček musí být k dispozici dostatečný výkon. Důležitá je kompaktní stavba, vysoká účinnost při malé hmotnosti, krátkodobá přetížitelnost, nízká hladina hluku, nízké udržovací náklady a výhodná cena [12].

Stejnoseměrný motor s cizím buzením vykazuje zvláště výhodné tahové charakteristiky, jednoduchou regulaci otáček v širokém rozsahu a kontinuální přechod z jízdy na brzdění. Proto jsou již dlouhou dobu používány u elektrických vozidel, kde mohou být napájeny přímo z baterie. Rozeznáváme sériový elektromotor nebo paralelní elektromotor. Sériový elektromotor má dobrý počáteční točivý moment, avšak točivý moment rychle klesá se stoupajícími otáčkami. Proto se u elektrovozidel prosazuje elektromotor paralelní [12].

Střídavé motory vytlačují u elektrovozidel stále více stejnosměrné motory. Oproti stejnosměrnému motoru je asynchronní motor při stejném výkonu podstatně menší a lehčí, proto lze počítat s výkonovou hmotností asi 1 kg/kW. Motor je dále jednodušší konstrukce, robustní, bezúdržbový a silně přetížitelný, může dosáhnout až 20 000 otáček  $\text{min}^{-1}$ . Zpětné získání energie při brzdění je možno realizovat s vysokou účinností. Otáčky asynchronních motorů jsou o něco nižší než magnetického pole. Zvláštní tvar střídavého asynchronního motoru je transversální motor [12].

## 6.2 Akumulátory

Akumulátory jsou, co se týká proniknutí na trh elektrických vozidel, centrálním komponentem elektropohonu. Jejich výkonová hustota, tj. odnímatelný elektrický výkon na jednotku hmotnosti, určuje konečnou rychlost a zrychlení vozidla. Jejich energetická hustota, tedy obsah energie na jednotku hmotnosti, určuje jejich dojezd. Na akumulátory pro vozidla jsou kladeny následující požadavky:

- možnost rychlého nabíjení, bezúdržbové, životnost 5 až 10 let
- umožňovat jízdní výkon více než 50 000 km
- dosahovat energetické hustoty alespoň 200 Wh/kg, hustotu výkonu asi 100 W/kg
- cena baterie by neměla přesahovat 150 Euro/kWh [12]

### 6.2.1 Olověný akumulátor

Dosavadní zkoušky prokázaly životnost olověných akumulátorů ve vozidle asi 4 roky nebo 300 cyklů nabíjení, vybíjení a dojezd 25 000 km (bez garance výrobce). Reálný dojezd vozidla s olověnými akumulátory je 50 km na jedno nabití. Trakční akumulátorové baterie vykazují nižší rozsah provozních teplot a to  $-15$  až  $+45$  °C, to vede k výraznému poklesu dojezdu elektrického vozidla při nižších teplotách [12].

### 6.2.2 Baterie nikl - kadmium

Tyto baterie mají pro elektrovozidla velký význam. Jsou ve spotřebitelském oboru vyráběny malé, plynotěsné, uzavřené knoflíkové články. Baterie může být velmi rychle nabíjena. Vozidlo vybavené tímto typem baterií dosahuje větší dojezd o 50 %, než s olověnými bateriemi stejné hmotnosti. Za jistých podmínek vzniká paměťový efekt. Baterie mají vyšší pořizovací náklady než olověné, dosahují životnosti 1500 cyklů při dojezdu 120 000 km. Nové typy těchto akumulátorů vynikají zejména vysokou proudovou zatížitelností, vysokým počtem cyklů až 3000, vysokou životností 20 až 25 let, nízkou hmotností a širokým rozsahem teplot od  $-50$  do  $+50$  °C [12].

### 6.2.3 Baterie nikl - metalhydridová

Mají ve srovnání s bateriemi nikl - kadmiovými vyšší výkon i energetickou hustotu, nemožnou ale být tak často nabíjeny a vybíjeny. Také se u nich vyskytuje paměťový efekt. Problémy jsou dále jen s ještě vysokou cenou [12].

### 6.2.4 Baterie lithium iontová

Lithium - iontové baterie mají vysokou energetickou a výkonovou hustotu a asi stejnou cyklovou pevnost jako baterie nikl - metalhydridové. Měrná energie dosahuje 120 až 130 Wh/kg a životnost až 100 cyklů. Paměťový efekt se u nich nevyskytuje. Jejich kapacita relativně silně závisí na teplotě, klesá rychle mimo optimální rozsah mezi  $5$  až  $30$  °C. Další problém je dosud ještě vysoká cena [12].

### **6.2.5 Baterie vysokoteplotní (sodík - niklchlorid)**

Vysokoteplotní baterie, také zvané vysokoenergetické baterie, potřebují pracovní teplotu mezi 250 a 330 °C. Jejich životnost je relativně malá [12].

## 7 HYBRIDNÍ POHON

Bateriová elektrická vozidla nemohou požadavky uživatele splnit. Jejich dojezd nepostačuje univerzálnímu nasazení, a emise jakož i účinnost celého elektrického řetězce je závislá na druhu zdroje proudu. Na druhou stranu spalovací motor nemůže splnit legislativní požadavky emisí v budoucnosti, ale také v uzavřených městských aglomeracích ani v současnosti [12].

Možné řešení nabízí hybridní pohon, což je pohon vozidla s více než jedním poháněcím zdrojem a příslušnými zásobníky energie. Účelné řešení je v kombinaci vždy dvou rozličných systému pohonu tak, aby převládaly výhody při rozdílných provozních stavech vůči zvýšenému technickému nákladu hybridního pohonu. Nejvýhodnější kombinací je spalovací motor a elektromotor, který umožňuje městský provoz bez emisí, spalovací motor mimo město poskytuje dobré jízdní výkony a velké dojezdy [12].

### 7.1 Zásobníky energie

U hybridních vozidel jsou zavedeny stejné typy baterií jako u bateriových elektrických vozidel. Taktéž se mohou použít jako zásobníky energie vysoko energetické kondenzátory nebo mechanické akumulátory energie. Mechanický akumulátor energie je v podstatě setrvačnický, který nepotřebuje chemický proces. V praktickém použití ve vozidle je brzdicí kinetická energie předávána setrvačnicku a později opět pomocí generátoru využita pro další jízdu [12].

### 7.2 První sériově vyráběný hybrid na světě

Automobily s hybridním pohonem nás podle některých odborníků uchrání před ekologickou krizí. Největším průkopníkem v hybridních pohonech je Toyota Prius (Obr. 9).

První sériově vyráběný hybrid na světě Toyota Prius debutoval již v prosinci roku 1997, ale prodalo se jich jen 1200 kusů. Druhá generace vozu Prius II s modernější karoserií a využitelným výkonem 82 kW vyjela v lednu 2004. Tento vůz si pořídilo asi na 12 000 příznivců. V České republice je prodej výrazně nižší. Od října 2004 do října 2006 se prodalo 51 kusů, na Slovensku to bylo jen 17 kusů. V roce 2006 byl Prius II modernizován, což přineslo nižší hmotnost a delší životnost akumulátoru s optimalizovaným systémem nabíjení.



Obr. 9. Jak funguje hybridní pohon u Toyoty Prius II [7]

Výhody Priusu II: výhody se projeví hlavně při jízdě ve městech, na krátkou vzdálenost 2 km funguje i jako elektromobil do rychlosti 49 km/hod, ale jen s lehkou nohou na plynu a plně nabitým akumulátorem, vypouští pouze 104 gramů oxidu uhličitého na kilometr a díky inteligentní hybridní technice je kombinovaná spotřeba 4,3 l benzínu na 100 km.

Nevýhody Priusu II: automobily se stejnými kvalitami stojí téměř jen 50 % nákladů co Prius II, opravu může provést jen autorizovaný servis Toyoty, ovládá se a řídí jinak než běžný automobil, uvedenou spotřebu 4,3 l/100 km lze získat jen s lehkou nohou na plynu, při svižnější jízdě se spotřeba dostane až na 6,9 l/100 km a při jízdě 170 km/hod dokonce na 11,5 l/100 km, při výrobě Priusu II vzniká více emisí CO<sub>2</sub> než u běžných automobilů [7].

Důležitou informací je, že i běžné automobily mají emise oxidu uhličitého srovnatelné s emisemi Priusu II, např. automobily Smart Fortwo CDI, Volkswagen Polo Blue Motion, Peugeot 107 1.0, Citroën C1 1.0 mají emise CO<sub>2</sub> od 90 do 109 g/km [8].



## 8 SOLÁRNÍ POHON

Solární energie patří mezi další nevyčerpatelné zdroje energie. Její hlavní výhodou je, že nemá žádný negativní dopad na životní prostředí, čímž patří mezi nejvíce používané zdroje obnovitelné energie. Její využitelnost závisí hlavně na podmínkách prostředí - klimatických poměrech. V České republice jsou dobré podmínky pro provoz solárních zařízení - ročně dopadá na 1 m<sup>2</sup> plochy mezi 800 - 1200 kWh energie. Systémy využívající sluneční energii se dělí na aktivní a pasivní. Mezi aktivní systémy patří sluneční kolektory a fotovoltaické články [1].

Automobily nemají autonomní zdroj elektrické energie pro přímou zásobu pohonu energií. Jsou závislé na využití elektrické sítě. I tato elektrická síť by mohla získávat elektrickou energii ze stacionárních zdrojů sluneční energie. Dopravní prostředek napájený z elektrické sítě má značné požadavky na akumulaci energie a s tím úzce souvisí požadavky kladené na akumulátory. Rozhodujícím problémem je umístění samotných fotovoltaických panelů. Fotovoltaické panely je nutné umístit tak, aby energetická výtěžnost byla co největší. Cílem je maximum energie při dlouhodobém používání. Fotovoltaické panely musí být umístěny na nestíněném povrchu dopravního prostředku. Nejčastější polohou umístění panelů na dopravním prostředku je horizontální, v takovém prostoru, který je nejvíce vystaven slunečnímu záření [1].

Všechna vozidla, lodě nebo letadla využívající sluneční energii jsou v dnešní době vyvíjena spíše experimentálně a v jednotlivých kusech, protože jejich sériová výroba by byla zcela nerentabilní. Jejich užitnost pro dopravu nákladní nebo více osob je téměř nulová. V současné době je největší využití solární energie právě v kosmickém průmyslu. Jako zdroj energie pro družice nebo vesmírné stanice, pro které je fotovoltaická technologie předpoklad pro úspěšnou existenci v kosmu. V budoucnosti nemůžeme nikdy počítat s tím, že dojde ke stoprocentnímu pohonu automobilů pomocí solární energie, ale mohlo by dojít ke kooperaci s jinými prvky pohonného systému, např. kombinací vodíku a solární energie [1].

## ZÁVĚR

Česká republika je s využíváním nových pohonů velice opatrná a dlouho trvá, než některý alternativní pohon získá důvěru řidičů. Nejspíš by měla politická scéna více alternativní paliva podporovat a dotovat, než je slibovat závazky EU. Jiné státy, např. Německo Švýcarsko, Rakousko, Švédsko, USA a Brazílie mají v různých alternativních pohonech velké a dlouholeté zkušenosti. ČR je teprve v začátcích.

V současné době je v České republice z alternativních paliv v dopravě nejvíce využíván pohon LPG. Napomáhá tomu docela hustá čerpací síť a dostatek servisů, kde provádějí přestavbu automobilů na pohon LPG. Tento druh paliva je nejlákavější variantou pro řidiče, protože cena za litr LPG je poloviční ve srovnání s benzinem či naftou. I přestavba vozidla na LPG je méně finančně nákladná než přestavba na CNG a LNG. Pohon na CNG a LNG je u nás skoro nemožný zejména z důvodu téměř neexistující čerpací sítě.

V poslední době se také dostává do popředí využití biopaliv. Od 1. ledna 2008 se musí povinně přimíchávat do benzínu a nafty od 2 do 5 % biosložek. U nafty tvoří biosložku MEŘO, tedy metylester řepkového oleje a u benzínu buď bioetanol nebo ETBE. Očekává se, že tato procenta budou narůstat a v roce 2020 by měl podíl biopaliv z 20 % nahradit konvenční paliva. V jiných zemích např. Německu se vyskytuje palivo E85, kde 85 % tvoří bioetanol a zbytek benzin, ale u nás takové palivo nenajdete. Velkého rozmachu se ale biopaliva asi nedočkají, neboť je s nimi spojeno nebezpečí devastace životního prostředí a silné konkurence pro pěstování potravinářských produktů.

Elektromobily se u nás zatím nevyskytují vůbec a hybridní pohony mají velké nevýhody v cenách oproti běžným automobilům. Najde se jen malý počet příznivců tohoto pohonu.

Největší naděje se vkládají do pohonu pomocí vodíku, ať už se bude jednat o jeho přímé spalování nebo generace energie v palivových článcích. Výzkum pohonu vodíkem stále probíhá a jeho velkého rozmachu bychom se mohli dočkat asi za 10 let, až se uvede do provozu velkovýroba vodíku elektrolýzou.

Ať už se v budoucnu prosadí vodík nebo jiný alternativní pohon jistě je jediné, nebude mít základ položen na fosilních zdrojích a bude šetrnější k životnímu prostředí.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

1. *Alternativní paliva a jejich využití v dopravě* [online]. [cit. 2008-03-12]. Dostupný z WWW: <[http://envi.upce.cz/pisprace/prezencni/04/22\\_SP\\_01\\_02.pdf](http://envi.upce.cz/pisprace/prezencni/04/22_SP_01_02.pdf)>.
2. *Auto tip*. Vydává Axel Springer Praha, a. s. č. 06/08, s. 52. 1 x za 14 dnů. ISSN 1210-1087.
3. *Auto tip*. Vydává Axel Springer Praha, a. s. č. 04/08, s. 48-49. 1 x za 14 dnů. ISSN 1210-1087.
4. *Auto tip*. Vydává Axel Springer Praha, a. s. č. 25/07, s. 76-77. 1 x za 14 dnů. ISSN 1210-1087.
5. *Auto tip*. Vydává Axel Springer Praha, a. s. č. 15/07, s. 26-27, 50-51. 1 x za 14 dnů. ISSN 1210-1087.
6. *Auto tip*. Vydává Axel Springer Praha, a. s. č. 24/07, s. 60-61. 1 x za 14 dnů. ISSN 1210-1087.
7. *Auto tip*. Vydává Axel Springer Praha, a. s. č. 08/07, s. 54-57. 1 x za 14 dnů. ISSN 1210-1087.
8. *Auto tip*. Vydává Axel Springer Praha, a. s. č. 04/07, s. 20-21. 1 x za 14 dnů. ISSN 1210-1087.
9. *Auto tip*. Vydává Axel Springer Praha, a. s. č. 16/07, s. 68-70. 1 x za 14 dnů. ISSN 1210-1087.
10. *Informace ze světa LPG* [online]. [cit. 2008-04-06]. Dostupný z WWW: <[http://www.lpg.cz/archiv\\_a/cenylpg2007.php](http://www.lpg.cz/archiv_a/cenylpg2007.php)>.
11. JEVIČ, Petr.: Udržitelná energie ze zemědělství. *Energie 21*. 2008, roč. 1, č. 2, s. 32-33.
12. KAMEŠ, Josef. : *Alternativní pohony automobilů*. 1. vyd. Nakladatelství BEN - technická literatura, Praha 2004, s. 232. ISBN 80-7300-127-6.
13. PETR, Jaroslav.: Jak ekologická jsou jednotlivá biopaliva? *Energie 21*. 2008, roč. 1, č. 2, s. 34-35.
14. ŠŤASTNÝ, Milan.: Varování před dopadem biopaliv. *Zemědělský týdeník*. 2008, roč. 11, č. 14, s. 19.

15. VLK, František.: Alternativní pohony motorových vozidel. 1. vyd. fvlk - nakladatelství a vydavatelství, Brno 2004, s. 234. ISBN 80-239-1602-5.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

CNG	Compressed Natural Gas, ztlačený zemní plyn
ETBE	etyltercbutyléter, látka vyrobená z etanolu
FFV	Flexible Fuel Vehicle, vozidlo na palivo E85
LNG	Liquid Natural Gas, tekutý zemní plyn
LPG	Liquid Propan Gas, zkapalněný ropný plyn
MEŘO	MetylEster Řepkového oleje
MTBE	metyltercbutyléter, látka na zvýšení oktanového čísla
OECD	Organization for Economic Cooperation Development, organizace pro ekonomickou spolupráci a rozvoj

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

<i>Obr. 1. Podíl paliv na produkci CO<sub>2</sub> [8]</i> .....	10
<i>Obr. 2. Různé druhy energie pro pohon automobilů [12]</i> .....	11
<i>Obr. 3. Ekologický efekt vozidla provozovaného na LPG [15]</i> .....	14
<i>Obr. 4. Srovnání cen LPG a cen nafty a benzínu v letech 1999 - 2007 [10]</i> .....	18
<i>Obr. 5. Ceny LPG v roce 2007 v ČR [10]</i> .....	18
<i>Obr. 6. Co se vyrábí z ropy v rafinerii Kralupy nad Vltavou [4]</i> .....	26
<i>Obr. 7. Jak se z biomasy stane bionafta [9]</i> .....	32
<i>Obr. 8. Jak se z biomasy stane bioetanol [9]</i> .....	34
<i>Obr. 9. Jak funguje hybridní pohon u Toyoty Prius II [7]</i> .....	48

**SEZNAM TABULEK**

<i>Tab. 1. Podíl biopaliv a dalších alternativních paliv (%) na celkové spotřebě v dopravě v ČR [15] .....</i>	<i>25</i>
<i>Tab. 2. Vlastnosti etanolu a metanolu a jejich porovnání s ropnými palivy [15] .....</i>	<i>35</i>