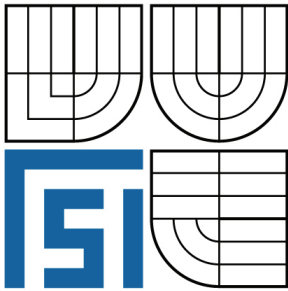


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO  
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

# ALTERNATIVNÍ POHON AUTOMOBILU A ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

ALTERNATIVE DRIVE OF AUTOMOBILE AND ENVIRONMENT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

PAVEL MARTINEC

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. ZDENĚK KAPLAN, CSc.

BRNO 2009

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství  
Akademický rok: 2008/09

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Martinec Pavel

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### **Alternativní pohon automobilu a životní prostředí**

v anglickém jazyce:

### **Alternative Drive of Automobile and Environment**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Vypracujte ucelený přehled alternativních pohonů automobilu a jejich působení na životní prostředí.

Cíle bakalářské práce:

Cílem práce je zpracovat přehled alternativních pohonů automobilu s ohledem na životní prostředí.

V Brně, dne 21.10.2008



doc. RNDr. Miroslav Douřpovec, CSc.  
Děkan fakulty

prof. Ing. Václav Pátek, DrSc.  
Ředitel ústavu

Seznam odborné literatury:

Kameš, J.: Alternativní pohony automobilů, Praha, 2004, ISBN80-7300-127-6

Kaplan, Z.: Silniční doprava a životní prostředí, Závěrečná zpráva řešení projektu č. 350715, FRVŠ 1995

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Martinec Pavel

studijní program: Inženýrství v automobilovém studijním programu

obor: Strojní inženýrství (1301R010)

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Alternativní pohon automobilu a životní prostředí

v anglickém jazyce:

Alternative Drive of Automobile and Environment

Stručně charakterizujte problematiku tématu.

Výpracujte ucelený přehled alternativních pohonů automobilu a jejich působení na životní prostředí.

Cíle bakalářské práce:

Cílem práce je zpracovat přehled alternativních pohonů automobilu s ohledem na životní prostředí.

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Zdeněk Kaplan, CSc.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2008/09.

V Brně, dne 21.10.2008

L.S.

prof. Ing. Václav Pištěk, DrSc.  
Ředitel ústavu



doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.  
Děkan fakulty

## Abstrakt

Práce je věnována alternativním pohonům automobilů a jejich působení na životní prostředí. Cílem bylo vytvořit náhled na problematiku znečišťování životního prostředí automobily a možné řešení v podobě alternativních pohonů. Práce obsahuje úvahy o vztahu člověka k automobilu a k životnímu prostředí, a stručný výčet těch nejbližších a nejvíce probádaných alternativních řešení oproti konvenčnímu způsobu pohonů.

## Klíčová slova

Pohon, automobil, životní prostředí, alternativní pohon, emise, alternativní energie, elektrický pohon, hybridní pohon, palivový článek, elektromotor

## Abstract

The thesis is aimed to an alternative drive of automobiles and their influence on the environment. The main objective was to create a preview of problematics of air pollution caused by car traffic and to give a possible solution represented by an alternative drive. The thesis contains considerations about a relationship among human being, an automobile and the environment. Furthermore there is a brief listing of the most explored alternative solutions against conventional drives.

## Key words

Drive, automobile, environment, alternative drive, air pollution, alternative energy, electric drive, hybrid propulsion, fuel cell, electric motor

**Bibliografická citace**

MARTINEC, P.: *Alternativní pohon automobilu a životní prostředí.*

Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 36 str. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Zdeněk Kaplan, CSc.

## ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tuto bakalářskou práci *Alternativní pohon automobilu a životní prostředí* jsem napsal samostatně pod vedením doc. Ing. Zdeňka Kaplana, CSc. s použitím uvedených zdrojů literatury.

V Brně dne ..... 2009

.....  
Podpis autora

## *PODĚKOVÁNÍ*

Zde bych velice rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce panu doc. Ing. Zdeňkovi Kaplanovi CSc. za jeho odborné vedení při tvorbě mé bakalářské práce, za jeho rady, ochotu, vstřícnost a motivační zápal, jímž mne naplnil. Stejně tak děkuji celému zázemí Ústavu automobilního a dopravního inženýrství. Mnoho díky patří mé nejbližší rodině, mamince Pavle Martinové, jejímu příteli Markovi a mému bratru Jirkovi za veškerou podporu při tak náročném studiu. A v neposlední řadě chci poděkovat rovněž mým drahým přátelům a kamarádům, bez nichž by měly věci na tomto světě pramalou důležitost.

## Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b> .....	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>Člověk a dopravní prostředek</b> .....	<b>10</b>
	2.1 Závislost na automobilu .....	10
	2.1 Automobil a pocit svobody .....	10
<b>3</b>	<b>Vztah k automobilu vůči životnímu prostředí</b> .....	<b>12</b>
	3.1 Negativní působení silniční dopravy .....	12
	3.1 Toxické emise .....	13
<b>4</b>	<b>Alternativní energie – hudba budoucnosti?</b> .....	<b>15</b>
<b>5</b>	<b>Alternativní pohony automobilů</b> .....	<b>16</b>
	5.1 Modifikované spalovací motory .....	16
	5.1.1 Biogenní paliva.....	16
	5.1.2 Zemní plyn.....	18
	5.1.3 Vodíkový motor.....	20
	5.2 Elektrické pohony .....	21
	5.2.1 Bateriové systémy a energetické zásobníky .....	21
	5.3 Hybridní pohony .....	25
	5.3.1 Spalovací motor a elektromotor .....	26
	5.4 Elektrické pohony s palivovými články .....	28
	5.4.1 Stavba, princip funkčnosti a základní typy .....	29
	5.4.2 Základní komponenty palivových článků .....	32
<b>6</b>	<b>Záblesk HPV</b> .....	<b>33</b>
<b>7</b>	<b>Závěr</b> .....	<b>34</b>
<b>8</b>	<b>Seznam obrázků a tabulek</b> .....	<b>35</b>
<b>9</b>	<b>Seznam použitých zdrojů literatury</b> .....	<b>36</b>



# 1 Úvod

Tato bakalářská práce byla napsána za cílem čtenáři ujasnit a především mu v hlavě zakořenit otázky či možné východiska o skutečnosti, které nás stíhají ubíhajícím časem s tikajícími hodinami naší planety. Nabízí přehled poznatků a možností v oblasti alternativních pohonů automobilu, a v neposlední řadě výčet stávajících, ať už negativních či kladných, příčinění automobilové dopravy a automobilu na člověka a životní prostředí vůbec. Nejedná se o čistě vědeckou práci, nýbrž o jednu z vlaštovek, podloženou vědeckými výzkumy, názory a nabídkami možných řešení.

V následující kapitole zmiňuji vztah automobilu jako dopravního prostředku vůči člověku. Snažím se hodnotit momentální dobovou situaci používání automobilu člověkem a rovněž zde vyzdvihuji poznatky o vnímání lidské svobody v čistém životním prostředí proti neuváženému vypouštění škodlivých emisí automobilem.

V kapitole třetí je rozebrán dopad stávající silniční situace, jakou známe, na životní prostředí, které je jistým procentem silniční dopravy ve vypouštění toxických emisí silně nabouráváno a ohroženo. Hned v další kapitole je zmíněna jistá možnost úniku a záchrany před touto katastrofou – a sice především nabízející se možnost alternativní energie, která se neustále vyvíjí a pro životní prostředí může přinést zásadní změny.

Kapitola pátá už nahlíží na dosud vyvíjené a nejbližší možné alternativní možnosti pohonu automobilů. Výčet těchto variant není jediný a konečný, existuje celá řada jiných hledání a výzkumů zohledňující tuto alternativní energii, která je šetrná k životnímu prostředí. Ovšem z hlediska automobilové dopravy jsou možnosti rozebírané v podkapitolách brány za nejzřetlivější kandidáty na převrat v nešetrném poli dosavadních dopravních prostředků, ubíjejících naše životní prostředí škodlivými emisemi.

V poslední kapitole jen velice krátce zmiňuji i úplně jinou alternativní energii. A to sice tu naši lidskou. Jde o technologii HPV, která se v dnešní době poměrně rozmáhá a kdoví, jednou možná bude situace taková, že nebude na výběr a jiná varianta cestování a dopravy nebude možná.

## 2 Člověk a dopravní prostředek

### 2.1 Závislost na automobilu

Je pozoruhodné, když si člověk začne všímat, a sledovat jak až jsme jako lidé schopni obětovat buď své finanční prostředky, čas či prostor pro případ užívání dopravního prostředku v podobě automobilu. Ceny a náklady na udržení této činnosti neustále rostou. Provádí se plno nepříjemných kontrol a různých komplikací, které nás na silnicích mohou potkávat, ovšem my jsme i přesto ochotni vzít klíče od vozidla, a zajet si nakoupit do supermarketu. Proč by ne? Jsme páni svého času, nejsme nijak časově závislí na spojích podniků hromadné dopravy a především máme své vlastní pohodlí.

Samozřejmě, poslední větou se dotýkám veškerých kladů, které nám osobní automobil nabízí, ale nemělo by se zapomínat také na ty negativní elementy, kterými je život s vozidlem spjat.

Ačkoliv se automobily postupem času vyvinuly na téměř magické stroje, které nám umožňují přesun ať už osoby vlastní, jiných osob či jakýchkoliv dalších věcí, právě touto skutečností si nás do jisté míry podmanili a my se tak stali vlastními vězni v kovovém stroji. Velice příhodně uvádí docent Zdeněk Kaplan [2] ve své práci:

*„Automobil umožňuje získávat svému uživateli ve srovnání s chodcem nebo cyklistou značné výhody, rychlejší dosažení cíle, přepravu rozměrnějšího a těžšího nákladu, ochranu před nepřízní počasí, pohodlí a podobně. Uvedené výhody uživatel automobilu získává pouze pro sebe. Na úhradě automobilu se však podílí každý občan státu částí svých odváděných daní a zhoršení kvality života svého i svých dětí.*

*Na druhé straně umožňuje automobil velkému množství lidí vyrovnávat pocity nejrůznějších vlastních nedostatečností. S automobilem se stává slabý silným, pomalý rychlým, ošklivý krásným, ušlápnutý vlivným a tak dále a tak podobně. Tato skupina lidí dává těm druhým také nebezpečně najevo, jací ve svých snech vlastně jsou.*

*Nezanedbatelné pro mnohé je i to, že vlastní automobil dovolí, aby ho kontroloval a řídil i ten, kdo jinak nekontroluje a neřídí zcela nic.“*

Ve finálním výsledku nás může rovněž napadnout, že nepřirážujeme automobilu masku nebezpečného a škodlivého nástroje zhouby poněkud neprávem. Není to automobil, který nás nutí žít a chovat se tak, jak činíme. Jsme to my sami. Nakonec je to vždy a pouze jen člověk, kdo zodpovídá za svá rozhodnutí, činy a chování. Sám se řídím heslem, které kdysi vyřkl J. P. Sartre: *„Člověk není nic než to, co ze sebe udělá.“* A postupem času a růstem životních zkušeností jsem se ještě nesetkal s jedinou vlastní myšlenkou či situací, že by lhal.

### 2.2 Automobil a pocit svobody

Spousta uživatelů automobilů, kteří dnes a denně své plechové miláčky využívají a mnohdy například bezmyšlenkovitě prohání po silnicích, by nikdy nepřipustila vážnost situace, která se postupnou, ale jistou, devastací našeho životního prostředí víc a víc zhoršuje. Jejich omezenost jim bohužel nedovoluje sledovat tuto závažnost a s nenápadnou myšlenkou *„však ta trocha emisí z mého auta svět nezničí,“* si vesele celý život dál prochází bez uvědomění. Člověk opačně založený a vnímavý k ekologii životního prostředí by mohl proti těmto lidem vznášet mnohé námitky, ovšem to by motorista v okamžiku bral jako útok na svoji vlastní osobní svobodu. Bohužel je v dnešní době složité vytýčit mantinely, které určí odkud kam sahají hranice osobní svobody.

Velice zajímavým způsobem popisuje tento problém Jan Keller [2]: „Podle jedné z hlavních zásad liberalismu svoboda každého z nás musí bezpodmínečně končit tam, kde začíná omezovat svobody druhých. Pouze zodpovědnost vůči prostředí, v němž chtějí žít druzí lidé, dokáže spolehlivě oddělit naše svobody od projevů naprosté libovůle.

Naše situace se oproti dobám vzniku zásad liberalismu změnila snad jen v jednom podstatném ohledu. V důsledku mnohonásobné provázanosti lidských činností a v důsledku komplexního a dlouhodobého působení jejich následků je dnes mnohem obtížnější než ve století 18. či 19. bezpečně určit, co z našeho jednání a v jakém rozsahu omezuje svobody druhých, a to včetně elementárního práva na vlastní zdraví a na důstojný život vlastních potomků. Je to velká změna oproti časům, kdy stupeň omezení svobody své i druhých dokázal na první pohled posoudit každý laik. Dnes, zvláště v komplikovaných ekologických vazbách a souvislostech, dřívější jednoduchost mizí. Nikoli osvícený politik či soukromá firma, ale jedině početné vědecké týmy jsou schopny kompetentně určit, nakolik je elementární zásada ctění elementárních zájmů druhých, kterým konkrétním počinem nakolik ohrožena. Je k tomu zapotřebí soustředit znalosti mnohem většího počtu vědních disciplín než jen vědy ekonomické.

Pokud věda zjistí, že například v důsledku nadměrných emisí škodlivin je základní právo druhých na zdraví, či dokonce na život omezováno, pak opět nelze s nápravou spoléhat na pouze osvícené jedince či celé hospodářské nebo politické firmy. Povinnost ochránit zdraví a životy občanů a jejich majetek má stále ještě stát. Státní moc, která má občany chránit, by jen stěží zdůvodnila, proč od nich vlastně vybírá nemalé daně, proč buduje a rozšiřuje početnou armádu úředníků včetně těch nejvyšších, pokud by nesnižovala nejvýznamnější rizika ohrožení vlastních občanů. Ekologická rizika dnes mezi takovéto hrozby nepochybně patří, v nemenší míře například riziko ohrožení vojenskou silou či vnitřního ohrožení kriminalitou.“

Kde se tedy nachází rozhraní v závažné situaci u otázky životního prostředí? I když nikdo nezná odpověď, společnými silami je možnost pokoušet se hledat a objevovat řešení. A to ať už ve vzájemné toleranci a nebo například v podobně vyspělejší technologie – alternativních pohonů.



Obr.1 Osobní automobil [3]

### 3 Vztah automobilu vůči životnímu prostředí

Při pomýšlení na dopravní prostředek si většina z nás v okamžiku představí pohodlí, flexibilní mobilitu a realizaci přemísťování osob či jiných věcí. Proč by taky ne? Člověk dosáhl jistého vývojového stupně a od počátku, kdy spatřil a poznává svět jeho poznání společně se zvědavostí roste víc a víc. Společně se snažíme dosáhnout až na vrchol tohoto vývoje. Je nevymluvitelné, že i pojem jako dopravní prostředek, nebo doprava obecně sem bezvýhradně patří. Miliony lidí dennodenně využívá různých dopravních prostředků ke svým ať už důležitým či méně důležitým potřebám, ovšem málokterý je schopen si jen stroze ujasnit, jak skutečně doprava ovlivňuje naše životy.

Máme zažitá kliše a normály, do kterých jsme se již narodili. Tyto hodnoty nám byli naservírovány a naší téměř jedinou možností bylo je akceptovat, přijmout a naučit se žít, ve kterém nemáme nutkání tento problém měnit. Mohla by to být ovšem zásadní chyba.

#### 3.1 Negativní působení silniční dopravy

Ačkoliv se stala doprava nepostradatelnou složkou regionální i světové ekonomiky a obecně pro lidstvo vůbec, je postupem času patrné, že jde čím dál více se projevující negativní působení na životní prostředí znát. Nejvíce citelný podíl na negativní vliv prostředí má především doprava silniční – čili hlavně osobní individuální doprava.

I přesto, že se na cestách každým dnem můžeme setkat s dech beroucími nehodami, zácpami či vlastním stresem, zájem o automobil v žádném případě neopadá. Ba naopak se velké automobilové korporace snaží za co nejvýhodnější ceny prodávat co nejvíce automobilů pro svůj vlastní zisk. Nicméně tou nejvíce nebezpečnou částí problému je nebezpečí skleníkového efektu či čerpání a silně nehospodárné využívání neobnovitelných zdrojů a surovin, tedy nabeurčování životního prostředí. Výzkumy tvrdí, že je docela možné, že dříve než se v kalendáři objeví rok 2025, bude po silničních sítích celého světa jezdit zhruba 1 miliarda automobilů.

Uživatelé, či široká veřejnost vidí jako negativní rysy těchto dopravních prostředků především nepřijemný zápach, který vydávají, a kupříkladu neustálý hrozny hluk. Jenže je třeba si uvědomit, že nejde jen o hlukové a plynné emise, které mohou zužovat náš život. Copak na výrobu, samotné používání a hlavně následnou likvidaci automobilu se úplně zapomíná? I tyto prvky se počítají jako negativní.

Pro ukázkou si uvedme hlavní důležité znaky negativního působení automobilu a jeho existenci vůči životnímu prostředí:

- znečištění ovzduší (plynné odpady, toxické emise)
- globální oteplování
- ohrožení lidských životů při střetnutích a nehodách (ne jen lidských)
- vibrace
- zhoršování půdy či vody
- hluk
- přeplněné a neprůjezdné komunikace
- kapalné odpady
- tuhé odpady
- snižování zemědělských výnosů
- poškozování a ničení lesů
- nerozvážené a nehospodárné plýtvání neobnovitelných zdrojů energie a surovin

- nabeurání do ekosystému různých druhů živočichů a rostlin
- estetické a psychické působení
- sekundární působení

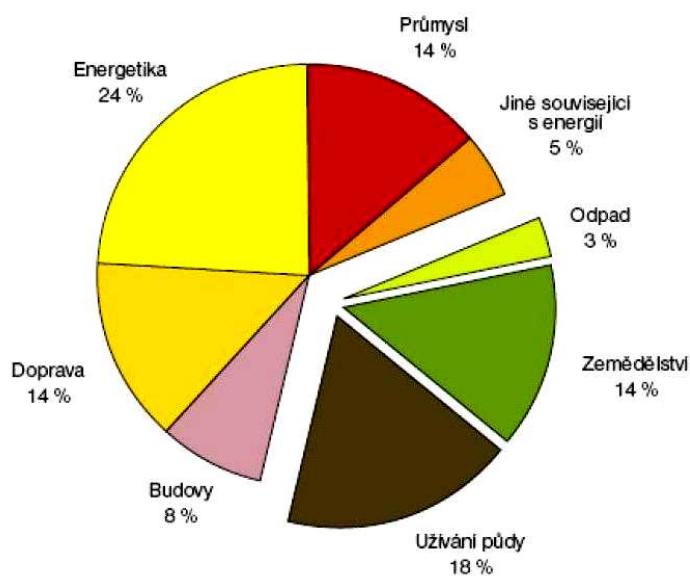
### 3.2 Toxické emise

Emise jako obecný pojem pro škodlivé látky nemusí jednoznačně souviset jen s automobilovou dopravou, dokonce se automobily ani nenachází na nejvyšší přičce znečištění tohoto světa, ovšem jisté procenta mají.

Emise, které vznikají při používání automobilů jsou čím dál více sledovány a vyhodnocovány všemi zeměmi světa. Z toho vyznívá, jakoby lidstvo bojovalo s tímto problémem, ovšem člověk se nemusí ohlížet příliš daleko a hned si připomene, že toto téma není až tak horké. Například výbor pro životní prostředí se zabýval zprávou jistého britského liberálního poslance, který požaduje výrazné snížení emisí skleníkových plynů u osobních automobilů. Jediným výsledkem ovšem je, že Evropská komise začátkem roku upozornila na skutečnost, že dobrovolný závazek automobilového průmyslu snížit emise u nových aut zatím není nijak přesvědčivý a dospěla k názoru, že bude nutné výrobcům připomenout jejich sliby z předchozích let. Jak efektivní.

Některé emise působí jen v okolí svého zdroje. Tedy v tomto okolí dochází k jejich koncentraci a mají spíše lokální účinek. Dříve se ochrana životního prostředí chápala jako ryze regionální úloha. I když se daly lokální problémy se znečištěním místem nějak vyřešit, začala se vyvíjet diskuze zohledňující znečištění životního prostředí s tvrdším, širším, až globálním rozsahem. Ačkoliv jsem zmínil, že téma doprava a životní prostředí je velice nepohodlné a nežádoucí, je jen otázkou času, než se mu lidé budou muset začít věnovat.

#### EMISE SOUVISEJÍCÍ S ENERGIÍ



#### EMISE NESOUVISEJÍCÍ S ENERGIÍ

Obr.2 Tvořené emise [4]

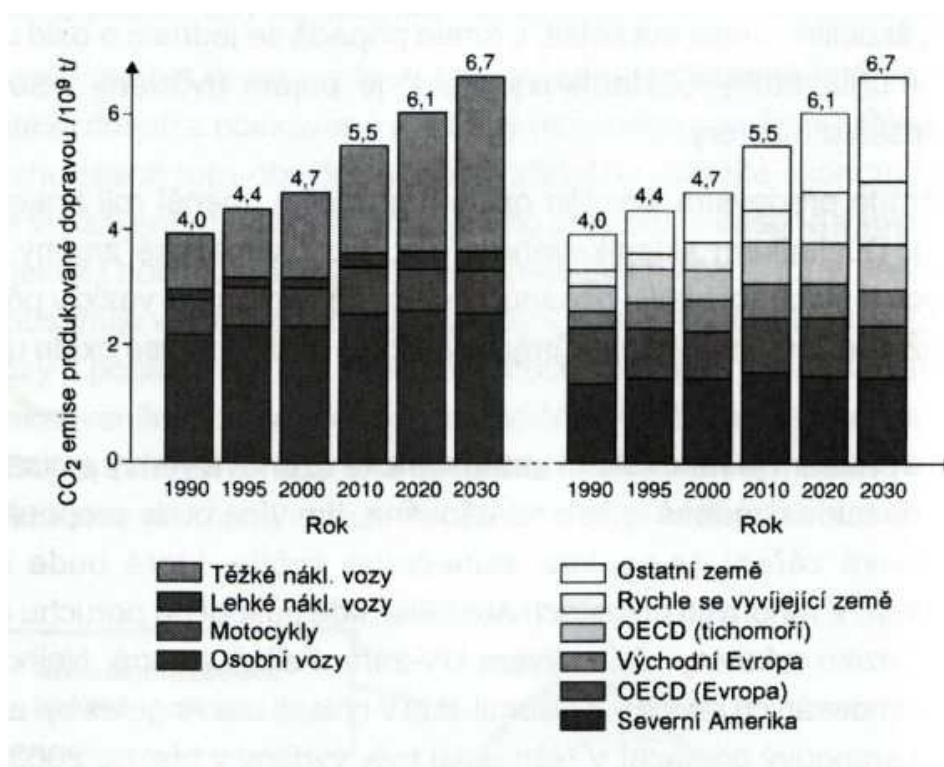
Pojem *skleníkový efekt*, související s obecnou zátěží znečištění naší planety se vyskytuje v problematice silniční dopravy asi na první místě. Je vyvolán především oxidem uhličitým, menší roli hraje metan a oxidy dusíku. Důsledkem skleníkového efektu jsou klimatické změny, které mohou vést ke globálnímu oteplování, a tedy až k tání ledovců a stoupání hladin oceánů.

Dalším globálním problémem je bezpochyby narušování stratosférické ozónové vrstvy. Zde má nejvyšší škodlivý účinek oxid dusíku. Pokud se bude tato ozónová vrstva i do budoucna narušovat a ničit, tím více k nám propustí nežádoucí neviditelné ultrafialové záření ze spektra slunečního světla. Každý ví, že vlivem tohoto UV-záření se všichni vystavujeme nebezpečí rakoviny kůže. Například v Kalifornii byl v dřívějších letech vyhlášen smogový poplach nejméně stokrát! Právě v USA je podíl dopravy na škodlivých emisích téměř dvojnásobný oproti Evropě či Japonsku.

V Evropě se program na ochranu životního prostředí snaží prosadit především následující body:

- zavedení silničních poplatků v závislosti na jízdním výkonu (např. vyšší pojistný poplatek pro vozidla se silnějším motorem)
- větší zvýhodnění zdanění na orientaci CO<sub>2</sub>
- podpory způsobů jízdy s nízkou spotřebou
- podpory technických inovací a alternativních pohonů,

Ovšem trend k zastavení změně klimatu (ohřevu) vyžaduje mnohem efektivnější využívání energie a pokud možno se úplně zbavit spotřebovávání fosilních paliv. Na komplexnější řešení těchto problémů zmiňovanými alternativními pohony nahlédneme v dalších následujících kapitolách práce.



Obr.3 Celosvětový vývoj produkce emisí (CO<sub>2</sub>) způsobený dopravou [1]

## 4 Alternativní energie – hudba budoucnosti?

Pojem alternativní energie si mnoho lidí může spojovat s americkými science-fiction seriály či filmy, nicméně se blíží doba kdy je třeba přistoupit k tomuto tématu se snahou brát jej vážně. I přesto, že mohou být vize a myšlenky člověka sebe-reálnější nebo racionálnější, každého z nás jistě napadly myšlenky, ve kterých se ptáme sami sebe – kde to žijeme? Proč tu žijeme? Co zde pohledáváme? A věřte nebo ne i tyto filosofické otázky jsou úzce spjaty s pojmem alternativní energie, poněvadž naše místo je *prozatím* zde, na planetě Zemi. A i malé dítě ví, že s ohranou hračkou, které upadnou kolečka si už nemůže hrát a počítat s ní. Naše chování a bezohlednost se řítí do stejného cíle – ztratit kolečka a možná v konečném důsledku přijít o vše, co bychom za jiných okolností mohli zachovat a zachránit.

Odkdy člověk badá a hledá jinou možnost dosažení cílů, které si vytýčil? Dle empirie a veškerých historických učebních textů odněpaměti. Stojím si za názorem, že lidská rasa je velice zvědavá a silně adaptivní, jsme schopni se přeučit a přežít situace, o kterých se nám ani nezdá. Nápodobně tak i v případě technologického a osobního vývoje.

Věřím, že postupem času, který nás neustále provází a pohání dokážeme realizovat a integrovat energetické alternace za cílem získat elektrickou či jinou energii. A je zřejmé, že v tomto případě by měl takový vývoj silný dopad i na obecnou realizaci dopravy vůbec.

Prozatím je opravdu futuristické si utvářet představy o užitkových vozidlech poháněné například solární energií; tedy dopravních prostředcích, které by dosahovali parametrů blízkým dnešním požadavkům, nicméně jisté alternativní možnosti pohonu automobilů tu opravdu jsou, k tomu jsou navíc skutečné a neustále se vyvíjí.

V tomto případě nejde o science-fiction pohádku o vznášejících se anti-gravitačních vozidlech, ale jde o seriózní, vědecky podložené alternativní pohony automobilů. Zkusme nahlédnout do jejich světa.



Obr.4 Sci-fi představa solárního automobilu [5]

## 5 Alternativní pohony automobilů

### 5.1 Modifikované spalovací motory

Spalovací motory se vyskytují ve většině dopravních prostředků či zařízeních a je možné, že ještě jistou dávku let budou, nicméně s postupným rozvojem vědeckých výzkumů alternativní energie se vyvíjejí modernější, modifikované spalovací motory s odlišnými principy a šetrnějším přístupem k životnímu prostředí.

#### 5.1.1 Biogenní paliva

Již z názvu lze vysledovat, že pojem „bio“ v sobě neskýtá škodlivost životnímu prostředí. Samotná biomasa, ze které jsme schopni získávat bioplyn, je definována jako substance biologického původu, kterou získáváme buď úmyslně (výsledek výrobní činnosti), a nebo jako využitý odpad při výrobě (potravinářské, lesnické, zemědělské odvětví). Mezi záměrně pěstovanou biomasu řadíme například cukrovou řepu, obilí, brambory, olejninu, a k odpadní zase slámu, odpad ze sadů či dřevařského průmyslu.

Velikou výhodou těchto biogenních paliv na rozdíl od nežádoucích fosilních je především jejich možnost dorůst – čímž by se dala považovat za obnovitelný zdroj energie. Tento důležitý fakt hraje roli na skutečnosti o závislosti na fosilních palivech.



Obr.5 Bioplynová stanice [6]

Ze samotné biomasy ovšem energii, kterou jako alternativní pohon dopravního prostředku požadujeme, bohužel nedostaneme. V našem případě je tedy nutné z biomasy získat bioplyn. Což lze více variantami, např. biochemickým způsobem (methanolové kvašení, kde je nutno vyloučit kyslík), či termochemickým způsobem (zplyňování biomasy). Při bližším zamýšlení nad biomasou a následně bioplynem jako obnovitelném zdroji energie



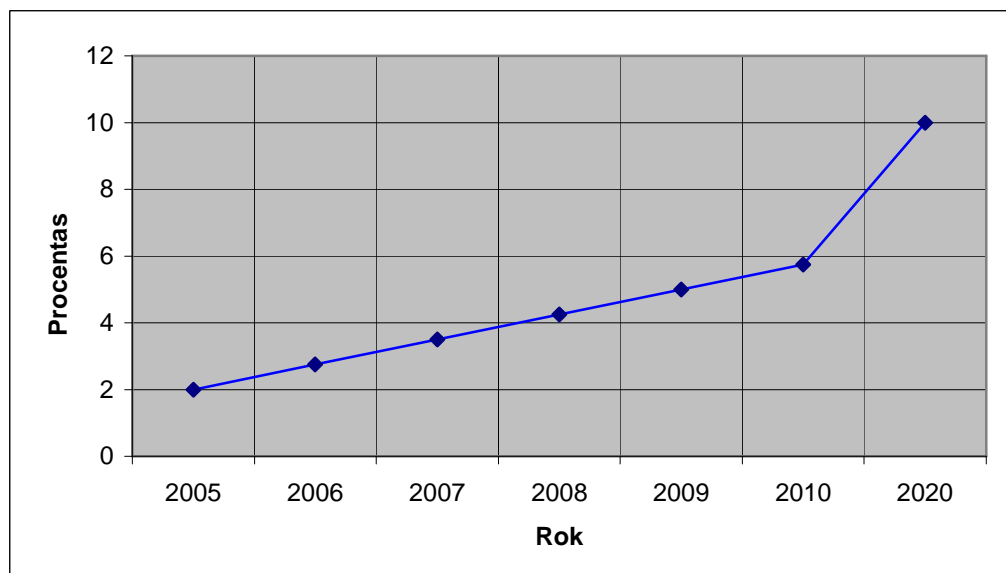
je možné si tuto energii představovat jako jakousi akumulovanou sluneční energii. Navíc je bioplyn biologicky velmi rychle odbouratelný nemluvě o energetickém potenciálu, který je až desetinásobkem ročního objemu světové produkce ropy a plynu dohromady. A k tomu spalování biomasy neprodukuje žádný přídatný  $\text{CO}_2$  – během spalování se uvolní jen tolik plynu, kolik biomasa během svého růstu sama spotřebovala. Přitom jsou emise  $\text{CO}_2$  dopravních prostředků fotosyntézou rostlin opět vázány, čímž by mohly tímto okruhem být sníženy až o 95%.

Veliký rozvoj bioplynu jako alternativního zdroje zaznamenává například Německo či Švýcarsko, kde se propaguje tím, že jeden kilogram kuchyňských odpadů je možné přirovnat k jednomu kilometru jízdy automobilem. I podle kvality a jakosti bioplynu ho lze téměř srovnat s kvalitou zemního plynu (viz. další podkapitola).

Podle vize plánovala komise EU zvýšení podílu biopaliv do roku 2020 až o 10%, nicméně se dnes politici dohadují, zda komise rozhodla správně z hlediska ohledu na dopad trhu potravin a přírodního prostředí. Bohužel tedy i tato alternativní varianta zdroje má svoji ekonomickou nevýhodu, a to je například vzrůst cen potravin (údajně až o 75%), což by mohlo přivést globální potravinovou krizi. Nicméně i při ohledu na tento fakt je tato varianta alternativního zdroje energie do budoucna brána jako velice perspektivní.

Tab. 1 Minimální podíl biopaliv zavedený v EU v letech 2005 – 2020 [1]

Rok	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2020
Procenta	2	2,75	3,5	4,25	5	5,75	10



Obr.6 Graf minimálního podílu biopaliv zavedený v EU v letech 2005 – 2020 [vlastní]

### 5.1.2 Zemní plyn

Alternativní zdroj v podobě zemního plynu má více úhlů pohledu. Především proto, že se v podstatě jedná o fosilní palivo, čímž poněkud ztrácí význam jako alternativní zdroj z hlediska vyčerpatelnosti, ovšem z ekologického hlediska je v silniční dopravě brán jako neškodný, a tedy je vhodné ho uvést i zde. Můžeme jej nalézat buď společně s ropou nebo černým uhlím. Ve vozidlech se nachází ve stlačené podobě CNG (Compressed Natural Gas) či zkapalněné formě LNG (Liquefied Natural Gas).



Obr.7 Nádoby se stlačeným zemním plynem [7]

#### *CNG forma*

Forma stlačeného zemního plynu se velice často používá u hromadné městské dopravy, tedy především u autobusů. Ovšem i osobní automobily či jiné dopravní prostředky nejsou výjimkou. Obecně platí, že je zemní plyn jako palivo ekonomicky výhodnější než nafta či benzín, a především mnohokrát šetrnější k životnímu prostředí než ostatní fosilní paliva z důvodu nízkých emisí. Zemní plyn používáme u zážehových motorů, poněvadž u vznětových směs nelze zapálit (má vyšší teplotu vzplanutí). Drobnou kosmetickou vadou při zabudování tohoto systému na dopravní prostředek je snad zmenšení místa úložného prostoru ve vozidle kvůli poměrně objemným plynovým nádržím – nicméně i tento problém se dnes již řeší umístěním nádrží na podvozky prostředku. Ovšem už poměrně větší vadou je akční rádius automobilu, který se vzhledem k nádrži drží někde okolo 450 km, a dále omezenější možnost tankování plynu – hlavně tedy při porovnání s klasickými pumpami pro konvenční pohony.

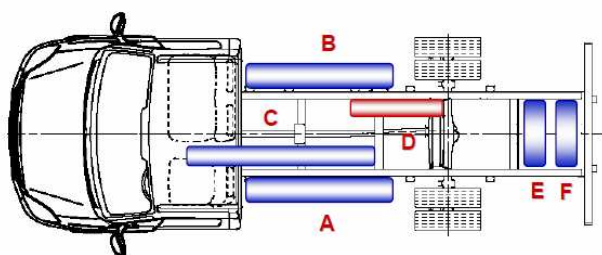
**LNG forma**

Odlišnost od původního CNG systému se v samotné podstatě nijak neliší. Zkapalněný zemní plyn technicky dosahuje podobných vlastností jako plyn stlačený, navíc s výhodou úspory velikosti nádrže. Nebýt snad problému s chlazením v Dewarově kryogenní, vakuově izolované dvojitěné nádrže, která se musí udržovat až u  $-162\text{ }^{\circ}\text{C}$ , zdála by se tato možnost ideální. Metoda si drží svoji oblibu např. v Itálii, USA nebo Japonsku.

Celosvětově se už podařilo zavést tento typ alternativního pohonu na silnice; více než  $2,200 \times 10^9$  vozidel, které mají k dispozici přes 3000 čerpacích stanic. Mezi základní rozdělení těchto dopravních prostředků ještě patří schopnost spalovat pouze zemní plyn (tzv. monovalentní vozidla obr. 8) a nebo využívat kombinace spalování buď zemního plynu nebo klasického benzínu (tzv. bivalentní vozidla obr. 9).

**IVECO** | **DAILY**  
**65CI4G (60CI4G) CNG**  
**PODVOZEK S KABINOU**

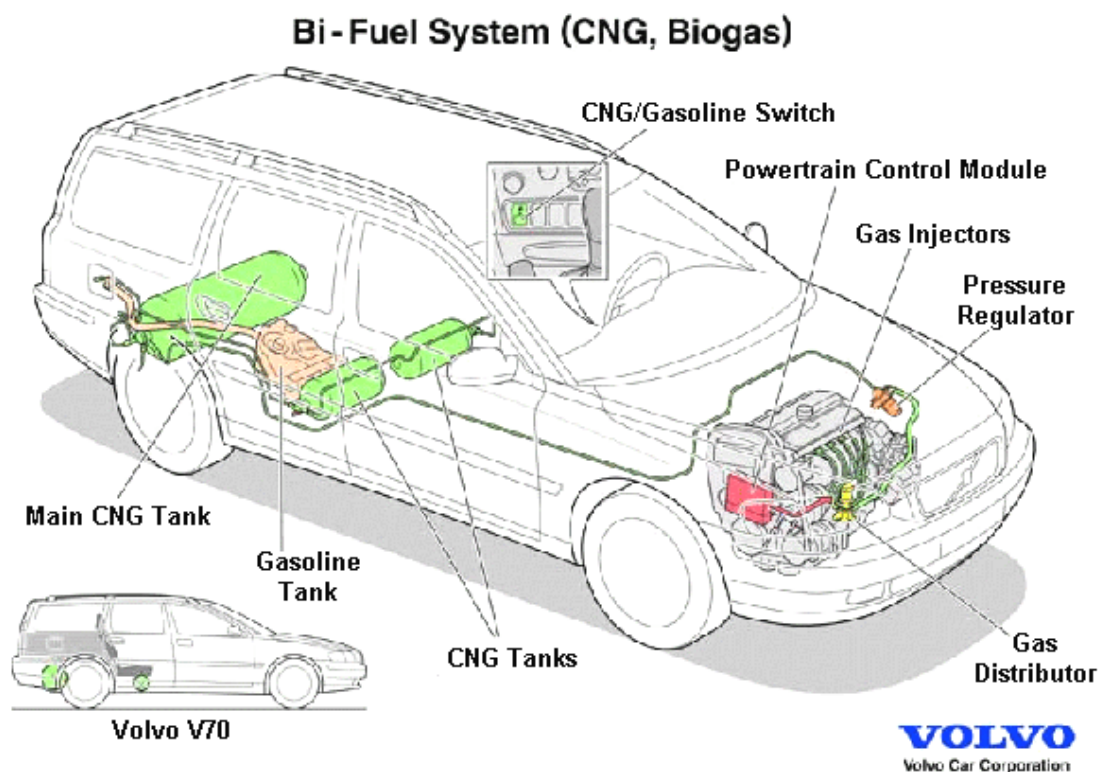
Systém plynových nádrží:



1 litr CNG při tlaku 200 atmosfér a teplotě  $15^{\circ}\text{C}$  = 0,175 kg

Umístění tlakové láhve	Objem [Lt]	Hmotnost [kg]	Průměr X Délka [mm]
A - B	54	49	269x1170
	56	47	228x1630
	80	67	269x1670
C	56	47	228x1630
	30	29	228x920
D (volitelné)	30	29	228x920
E - F	28	28	269x670

Obr.8 Monovalentní systém pohodu vozidla [8]



Obr.9 Bivalentní systém pohonu vozidla [9]

### 5.1.3 Vodíkový motor

Nápady a pokusy o spalování vodíku se vědci zabývali již od 20. let minulého století (vzducholodní motory apod.). Díky řetězově rozvětvené reakční kinematice dokáže vodík nejen dobře hořet ale jeho plamen je díky vysoké výhřevnosti stabilní i v případě chudé směsi, které využíváme ke snížení emisí oxidů dusíku. Nevýhoda, která plyne z nízké hustoty vodíku je malá objemová výhřevnost směsi. Zejména použití chudých směsí pak vyžaduje přepřínování a pokud možno vstřík vodíku do válce až během sání, nejlépe ke konci sacího zdvihu.

Zajímavostí u vodíkových pohonů je invence německé firmy BMW, která se pod názvem projektu CleanEnergy snaží prosazovat nové revoluční alternativní pohony právě na vodík. Protože však vodíkové čerpací stanice nejsou v současnosti až tak dostupné, mají vozy BMW CleanEnergy nádrže na oba druhy paliva, vodík i benzín. Pokud je jedna z nádrží prázdná, bivalentní motorová jednotka BMW automaticky přepne na druhý palivový systém. Ovšem může nastat doba, kdy se vodíkové tankovací stanice mnohem více rozšíří a benzínové nádrže zcela eliminují; spíše jen otázkou času, než se bude muset na tyto opatření přistoupit.



*Obr.10 Projekt firmy BMW pod názvem CleanEnergy – vodíkový motor [10]*

## 5.2. Elektrické pohony

Další, a ne málo důležitou, možností alternativních pohonů je elektrická energie. Obecně se jeví velice příznivě, poněvadž prakticky neprodukuje žádné škodlivé emise, má nízkou hladinu hluku a příznivou výkonovou charakteristiku. Proti proudu nám hraje menší jízdní výkon, vyšší cena či snad v některých případech větší nebezpečí při havárii.

Na všech místech, kde jsou nežádoucí výfukové emise a hluk jsou dnes elektrovozidla zaváděna. Můžeme se s nimi setkávat v pěších zónách, na klinikách, letištích, nádražích apod. I větší města podobných systémů využívají, např. v podobě trolejbusů, kdy je elektrická energie zajištěna trolejovým přívodem.

Základní rozdělení elektrických pohonů rozdělují na bateriové systémy a elektromotory, které ovšem upřesňují až v kapitole o hybridních pohonech.

### 5.2.1 Bateriové systémy a energetické zásobníky

Trakční baterie jsou z hlediska proniknutí na trh elektrických bateriových vozidel pro elektropohon hlavním komponentem. Jejich energetická hustota vyjadřuje obsah energie na jednotku hmotnosti, čímž jsme schopni určit dojezd baterie a jejich výkonová hustota určuje odnímatelný elektrický výkon na jednotku hmotnosti, z čehož jsme zase schopni poznat zrychlení a konečnou rychlost elektrovozidla.

Obecně jsou na trakční baterie kladeny následující funkční požadavky:

- realizovat jízdní výkon více než 50 000 km
- realizovat rychlé nabíjení
- plnit životnost 5-10 let
- vyžadovat co nejmenší údržbu
- mít energetickou hustotu alespoň 200 Wh/kg
- mít hustotu výkonu alespoň 100 W/kg
- mít pokud možno nízké ceny v porovnání s dobovými cenami jiných pohonných hmot

Jako příklad trakčních baterií uvádím a rozepisuji typ olovo-gel baterie, baterie nikl-kadmium a příbuznou nikl-metalhydridovou baterii. Všechny jsou totiž očekávaným hodnotám velice blízko, i když stále některé z nich nedosahují plně potřebné zásobní kapacity. Pro názornost uvádím tyto druhy baterií v přehledné tabulce.

Tab.2 Přehled parametrů a údajů jednotlivých typů akumulátorů [1]

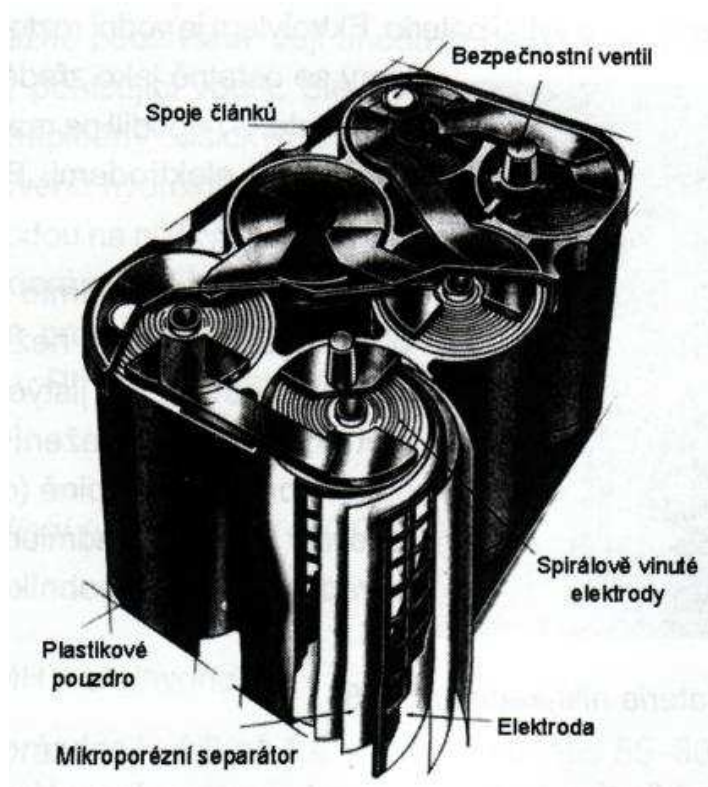
Typ baterie	Hustota energie		Výkonová hustota		Životnost		Cena Euro/kw
	Wh/kg	Wh/l	W/kg	W/l	cyklů	let	
olovo-gel	30-50	70-120	150-400	350-1000	50-1000	3-5	100-150
nikl-kadmium	40-60	80-130	80-175	180-350	>2000	3-10	225-300
nikl-metalhydrid	60-80	150-200	200-300	400-500	500-1000	5-10	225 - 350

### *Olovo-gel akumulátor*

V případě olověného akumulátoru se v oboru zásobníků energie pro elektrovozidla jedná o jeden z nejpoužívanějších sekundárních elektrochemických zdrojů, který prozatím využíváme, poněvadž je cenově velmi výhodný v porovnání s jeho konkurenty. Navíc s ním máme dlouhodobé praktické zkušenosti. Principem olověného článku jsou elektrody na bázi olova a jako elektrolyt kyselina sírová ve formě gelu. Kvůli této skutečnosti poněkud klesá energetická hustota. Baterie v tom případě musí být plynotěsná, z čehož plyne že je téměř bezúdržbová.

Jako nevýhodu je nutno brát poměrně vysokou hmotnost a jednu zásadní věc – nižší schopnost akumulovat energii (zhruba 25 Wh/kg). Tyto olověné baterie pro elektrovozidla mohou být přibližně 800x nabity a vybity. Při dojezdu 25 000 km se podle testů ukázalo, že mohou být olověné akumulátory nabíjeny asi 300x.

Jako poslední vyvíjený typ olověné baterie je akumulátor na principu technologie spirálovitých článků. Má vyšší životnost, rychlejší proces nabíjení a lepší energetické vlastnosti.

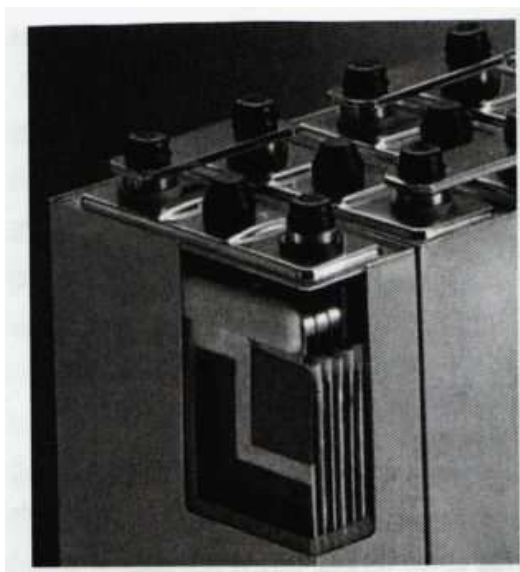


Obr.11 Olověný akumulátor s technologií spirálovitých článků [1]

### ***Baterie nikel-kadmium***

Baterie nikel-kadmium jsou pro elektrovozidla velice důležitá. Jsou vyráběny jako malé plynotěsné, uzavřené knoflíkové články. Plynotěsnost je v tomto případě podmínkou, abychom dodrželi parametr bezúdržby. Elektrody jsou tvořeny z vláken obsahujících elektricky niklem vrstvený materiál a jako elektrolyt se používá vodní roztok hydroxidu draselného – ten zde slouží pouze jako přenašeč iontů mezi elektrodami, na reakcích se nepodílí.

Velikou výhodou je možnost baterii velmi rychle nabíjet. Vozidlo o stejné hmotnosti a vybavené tímto druhem akumulátoru má oproti olověným bateriím až o 50% větší dojezd, což už je poměrně znatelná hodnota. K tomu všemu dosahují mnohem vyšší životnosti (1500 cyklů) při dojezdu až 120 000 km, což jsou opět značně vyšší hodnoty než u olověných baterií. Nicméně nadšení by mohlo opadnout po zjištění, že je tento typ pohonu snad 2 až 3krát dražší oproti předchozímu druhu.



Obr.12 Baterie nikel-kadmium [1]

### ***Baterie nikel-metalhydrid***

Tato baterie funguje na podobném principu jako baterie nikel-kadmium. Anoda je tvořena na bázi sloučenin niklu, katoda ze slitiny pohlcující vodík. I zde je elektrolytem zředěný roztok hydroxidu. Mezitím je separátor naplněný basickým elektrolytem, z pravidla ředěným roztokem vápenného nebo lithiového hydroxidu.

Baterie nikel-metalhydrid nejsou ve své funkci nijak škodlivé životnímu prostředí a v některých ohledech, jako je energetická hustota nebo výkon, předčí dosud uvedené typy baterií, ovšem jako veliké mínus se musí brát v potaz fakt, že nemohou být tak častokrát nabíjeny a vybíjeny. Ke všemu mají poměrně vysokou cenu a nákladnou recyklaci na konci životnosti.



Obr.13 Nikel-metalhydridová baterie [12]



### 5.3 Hybridní pohony

Uvedené bateriové vozidla, ač se tváří velice výhodně pro ekologii, přesto všechno nemohou plnit kladené požadavky uživatelů. Dojezd bohužel nepostačuje universálnímu nasazení a jak účinnost, tak i emise jsou silně závislé na zdroji elektrického proudu.

Na druhém břehu při analýze klasického spalovacího motoru zjišťujeme známé nedostatky v legislativních požadavcích na emise do budoucnosti a hned jako další problém při pohledu vpřed omezené zdroje fosilních paliv.

Jako další z řešení se objevuje možnost hybridních pohonů. Tedy myšlenky zkombinovat elektrickou trakci vozidla společně s klasickým spalovacím motorem. Představa je geniální v tom, že jsme schopni nastavit a prokřížit dva rozličné systémy pohonu tak, aby převládaly pozitiva při různých provozních situacích. Asi nejčastější variantou hybridního pohonu je spalovací motor společně s elektromotorem.

Z tohoto řešení lze vysledovat záměr. Elektromotor jako vhodný pohon do osídlených oblastí a městských aglomerací, a v protipólu spalovací motor, který nám mimo město nabídne kvalitní jízdní vlastnosti a veliké dojezdové trasy. I přesto jsou stále požadovány elektrické hnací komponenty, tedy především baterie, které ne vždy za rozumnou cenu dosahují chtěných parametrů dosud používaných pohonů. Systém hybridního pohonu v kombinaci spalovacího motoru a elektromotoru si nyní více přiblížíme.



*Obr.14 Ukázka mechanismu a integrace hybridního systému pohonu [11]*

### 5.3.1 Spalovací motor a elektromotor

Konvenční pístové motory zpravidla dosahují účinnosti až k 35%. Ovšem tato hodnota platí pouze pro jednotlivé provozní body, v nichž motor pracuje pod vysokým zatížením a v otáčkách maximálního točivého momentu.

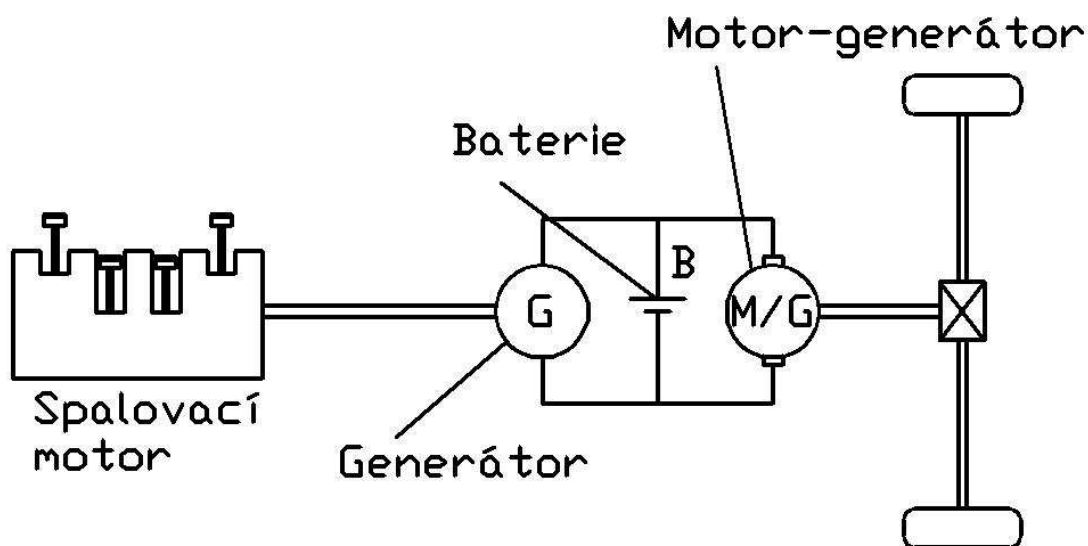
Tedy při uvážení, že na volnoběh spotřebuje spalovací motor na své vlastní udržení asi 1 kg paliva za hodinu (v tomto případě je účinnost nulová) a v městské dopravě stylem jízdy „stop-pohyb“ zase klesá účinnost hodně silně pod 9%, nás může trápit dotaz, jestli by se něco nedalo zlepšit. Bohužel snaha o jakékoliv zlepšení účinnosti motoru, jako je například snižování součinitele odporu vzduchu či redukce hmotnosti vozidla, se prokázala jako zanedbatelná. K těmto záporům ještě stále nesmíme zapomínat na vysokou produkci emisí do ovzduší.

Tedy abychom se vyhnuli nežádoucím jevům, otočíme pohled na funkčnost a význam již zmiňovaného elektromotoru. Všechny mínusy spalovacího motoru elektromotor kompenzuje – nulový hluk, nulové emise, nulová spotřeba v klidovém stavu, žádné požadavky na náročné chlazení a poměrně vysoká účinnost až 90% (v případě městské dopravy, nicméně jistými vlivy se tato účinnost samozřejmě rapidně snižuje). Naproti tomu jsou baterie poměrně finančně náročné, mají omezenou životnost a požadují dlouhou dobu na nabíjení. (při porovnávání spalovacího motoru, kde stačí dorazit na pumpu a natankovat).

#### *Sériová integrace hnacích komponentů*

Sériově uspořádaný hybridní pohon má velice blízko obyčejnému bateriovému vozidlu, kdy pracuje výhradně elektromotor. Jako zdroj energie má také navíc spalovací motor/generátor ve funkci trakčního motoru, případně také k dobíjení baterie. Z názvu plyne, že jsou hnací komponenty uspořádány za sebou. Spalovací motor může být v provozu pouze při velmi malém rozsahu otáček, či dokonce jen při jedné otáčce. Tím eliminujeme nevhodné body pracovních fází jako je například volnoběh apod. Takže motor můžeme nastavit na optimální pracovní rozsah s tou nejvyšší účinností.

V případě, že baterie nemohou pokrýt momentální potřebu energie, nastává automatické startování spalovacího motoru. Nevýhodou sériového uspořádání komponentů je ovšem vícenásobná přeměna energie, kdy většinou dochází k vyšším ztrátám.



Obr.15 Sériové uspořádání hnacích elementů hybridního pohonu [1, vlastní]

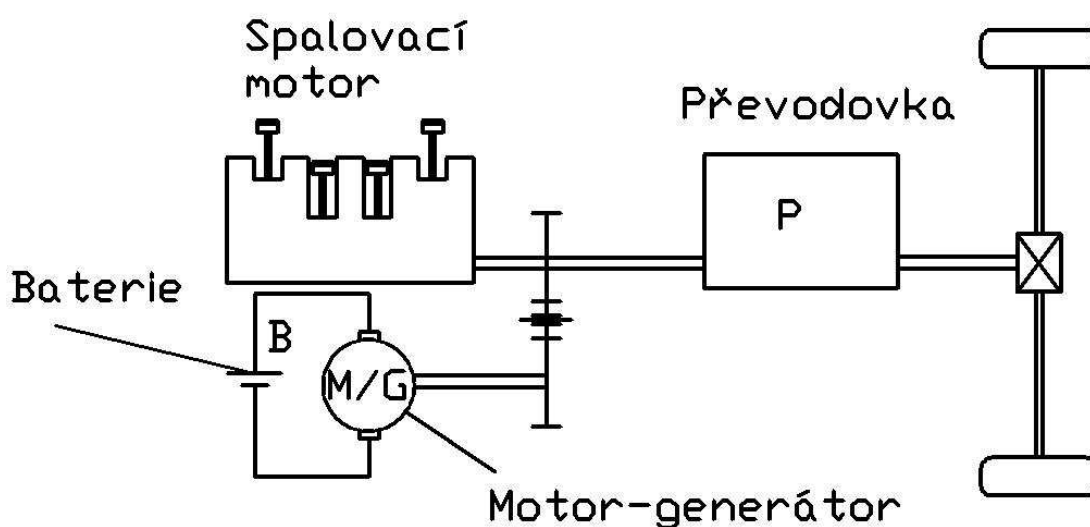
### Paralelní integrace hnacích komponentů

V dnešní době je ovšem předmětem vyššího zájmu paralelní uspořádání hnacích částí. Vzhledem k tomu, že převodovka je společná pro větev elektropohonu i konvenčního spalovacího motoru, vyniká tak skutečnost, že bychom nerozpoznali rozdíl od normálního vozidla s klasickým spalovacím motorem. Maximální otáčky elektromotoru odpovídají maximálním otáčkám spalovacího motoru. Navíc také můžeme současným sepnutím obou zdrojů zvýšit tažnou sílu při poměrně nízkých otáčkách motoru.

Paralelní řešení samozřejmě nabízí možnost pohonu čistě elektrického charakteru a nebo pouze spalovacím motorem. Ovšem například v kombinovaném provozu, kdy pracuje spalovací motor samostatně, je připraven v pohotovosti i pohon elektrický. Ten lze využít například při předjíždění. Jde o chvíli, kdy silně zvýšíme zrychlení vozidla – v okamžiku zrychlení se elektromotor připojí k pohonu spalovacího motoru a poskytne nám tak krátkodobě opravdu špičkový jízdní výkon.

Tímto převýšením točivého momentu nabízí paralelní varianta rezervu výkonu odpovídající výkonu velkoobsahového spalovacího motoru. Nápodobně může systém pracovat i obráceně v městské dopravě (kombinace elektropohonu podporovaného motorem spalovacím).

I přes všechny solidní vlastnosti a zajímavé možnosti této hybridní varianty není vývoj až tak podporován. Problémem zůstávají značně vysoké náklady přídatných komponentů, komplikovanost montáže, a taky již víckrát zmiňovaná životnost baterií. Zlepšení a zvýšení zájmu pokrokových automobilek by mohlo nastat v případě zavádění elektrostatických zásobníků energie, vysokoenergetických kondenzátorů, a nebo magnetodynamických zásobníků energie.



Obr. 16 Paralelní uspořádání hnacích elementů hybridního pohonu [1, vlastní]

Hybridní pohony jako další a poněkud perspektivní alternativa pohonu vozidel může do budoucnosti přinést veliké výhody, avšak je zřejmé, že jde stále o hybrid více alternativní možnosti v podobě elektrického pohonu vozidla, a klasického pohonu zastoupeného spalovacím motorem. Lze tedy dedukovat, že s ohledem na stálou závislost na fosilních palivech plus plno další záporných rysů spalovacího motoru se až o tak příznivou alternativu nejedná.

#### 5.4 Elektrické pohony s palivovými články

Již jsme nahlédli na více možností alternativních pohonů ovšem tou nejzajímavější alternativou, která se v poslední době velice rychle rozvíjí, je metoda pohonu elektrickými palivovými články. Většina principů, kterými jsme se doposud zabývali, balancuje na hranici vzájemných výhod a nevýhod. Tímto jevem každá z metod za principem elektrických palivových článků slabě pokulhává.

Lze říci, že obecný pohon na principu elektrické energie nabízí četné výhody. Ať už jde o absenci lokálních škodlivých emisí, nulovou hlučnost, vysokou účinnost či nepotřebnost převodového mechanismu. Ovšem zásobník energie, např. v podobě baterie, jak jsem již zmiňoval, je příliš těžký, má vysokou cenu a nebo nízkou životnost. O klasických spalovacích motorech z hlediska zátěže svého okolí a životního prostředí výfukem nemluvě.

Všechny tyto negativní prvky lze eliminovat použitím elektrických palivových článků, které pracují na zcela jiném principu. Na rozdíl od akumulátorových systémů je na palivový článek přiváděn redukční prostředek (palivo) a oxidační prostředek (např. kyslík) kontinuálně zvenčí. Tím zůstává článek zcela nezměněn, což je pro vozidla veliká výhoda. Principiálně vzato se vozidlu dostává neomezené energie dokud je do palivového článku tato substance (palivo-oxidant) přiváděna. Hlavní revoluční myšlenkou je ztráta závislosti na fosilních palivech, účinnost tohoto systému (oproti spalovacímu motoru až dvojnásobná!) a především úplná šetrnost a ohleduplnost k životnímu prostředí. To hlavně proto, že jako palivo pro tuto metodu slouží např. vodík, methanol nebo zemní plyn. Všechny druhy těchto paliv vystačí vozidlům na mnoho hodin jízdy stejně jako s klasickým spalovacím motorem.

Myšlenky funkčnosti palivových článků sahají v historii až do roku 1838, kdy se jejich výzkumem zabýval německý chemik Christian Friedrich Schönbein. I přesto, že první prakticky použitelné modely byly realizovány o téměř sto let později, našly si široké využití například v ponorkách, kosmických plavidlech apod.

Dnes se elektrické palivové články používají ať už v oblasti získávání energie pro blokové elektrárny s tepelnými výměníky v rozsahu 200 až 300 kw elektrického výkonu nebo právě přímo v automobilovém průmyslu.



*Obr.17 Vodíkový palivový článek [12]*

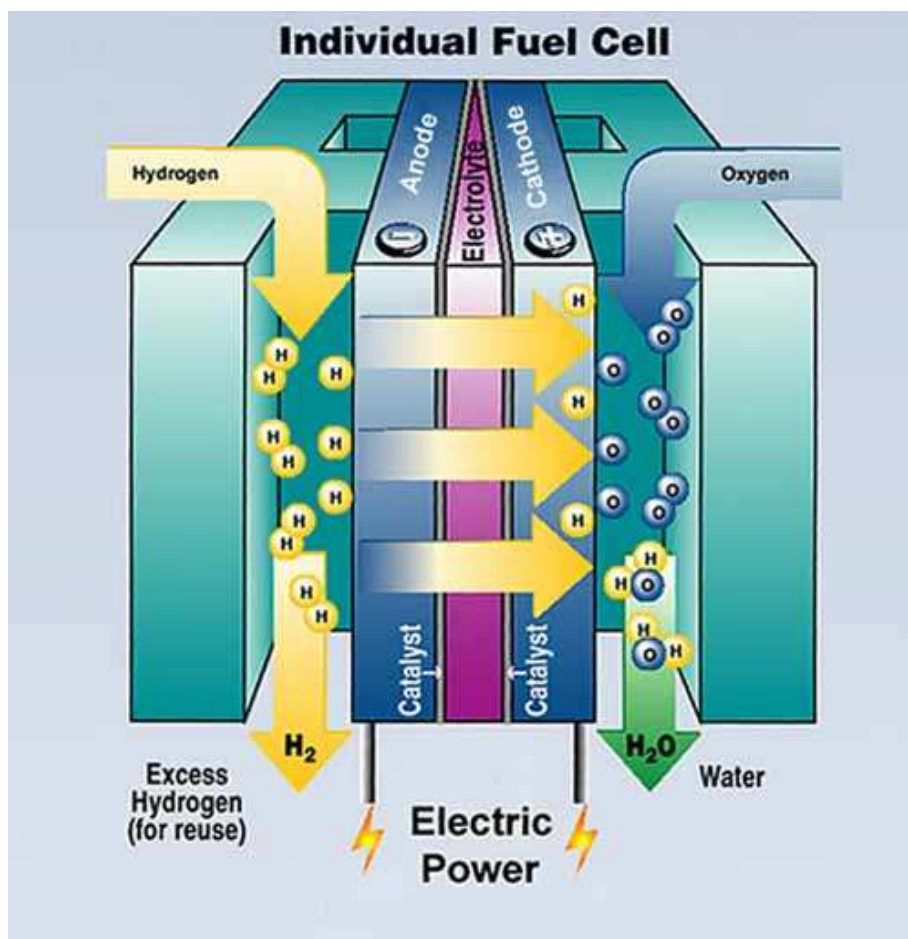
#### 5.4.1 Stavba, princip funkčnosti a základní typy

Ačkoliv palivové články patří mezi zařízení, kde se na základě elektrochemických reakcí vytváří přeměnou vnitřní energie paliva energie elektrická, nejde o obyčejné primární či sekundární články (baterie). Důležitým rozdílem u palivových článků je, že aktivní chemické látky nejsou přímou součástí elektrod, nýbrž jsou k nim konstantně přiváděny z vnějšku. Katoda s anodou tak během funkce působí jako katalyzátor chemických přeměn, během činnosti článku prakticky vůbec neopotřebovávají a také nemění své chemické složení. Docílíme-li soustavného dodávání aktivní látky natrvalo, klidně můžeme zapomenou na pojem „kapacita článku“. Jedinou slabší stránkou palivových článků je vyšší pracovní teplota, než je u baterií.

Princip činnosti tohoto elektrochemického systému není složitý. Na zápornou elektrodu, kterou nazýváme palivová (anoda), se přivádí aktivní látka (palivo). Ta zde oxiduje, její atomy se zbavují několika elektronů z valenční vrstvy a uvolněné elektrony představující elektrický proud se vnějším obvodem pohybují ke kladné elektrodě (katodě). Na druhé straně, tedy na kladné elektrodě, kam se přivádí oksyličovadlo, naopak probíhá redukce. Atomy oksyličovadla volné elektrony přijímají, za současné reakce s kladnými ionty, které k ní pronikají elektrolytem. Kdyby se náhodou vnější obvod přerušil, z důvodu deficitu elektronů se proces chemické reakce hned zastaví.

Tedy v palivovém článku dochází k tzv. studenému spalování – chemická energie je měněna bez termického expanzního procesu v energii elektrickou. Plynné palivo (např.

vodík, methanol), a také plynný oxidační prostředek jsou přiváděny k elektrodám opatřeným katalyzátorem. Mezi oběma elektrodami se nachází elektrolyt (např. speciální polymerová fólie v kyselém nebo alkalickém roztoku). Tento slouží jako elektrický izolátor dohlížející na to, aby byly elektrony vyměňovány jen přes vnější proudový okruh.



Obr.18 Obecný princip palivového článku (vodík) [13]

Palivové články dělíme především podle typu elektrolytu. Můžeme si je ve zkratce s jejich základními rysy vyjmenovat:

- alkalické články (**AFC** – Alkaline Fuel Cells) – elektrolytem z pravidla bývá zředěný hydroxid draselný KOH. Tyto články jsou asi nejvíce prozkoumanou metodou palivový článků. Značně se využívali v programech Apollo pro zajišťování elektrické energie. Pracovní teploty se pohybují okolo  $60^{\circ}\text{C}$  až  $80^{\circ}\text{C}$ . Nevýhodou toho článku je ovšem zanášení pórů elektrod vlivem chemických reakcí hydroxidu draselného s oxidem uhličitým (složka paliva).
- články s tuhými polymery (**PEFC** – Proton Exchange Fuel Cells) – zde se jako elektrolyt používá tuhý organický polymer. Tento tuhý polymer zde snižuje nebezpečí koroze, oproti jiným kapalným elektrolytům. Jako materiál používáme

polymery na bázi uhlíku a fluoru podobným teflonu. Pracovní teploty se pohybují od 70°C až 90°C.

- články s kyselinou fosforečnou (**PAFC** – Phosphoric Acid Fuel Cells) – jejich elektrolytem je právě tato jmenovaná kyselina ( $HPO_3$ ). Elektrolyt nereaguje s oxidem uhličitým z paliva nebo vzduchu, takže je z hlediska požadavků na reagující plyny méně náročný. Pracovní teplota sahá až k 200°C, což se obecně jeví jako výhoda z termické účinnosti, kdy můžeme tento jev využít, ovšem v praktickém využití pro náš případ (tedy jako alternativní pohon automobilu) tento palivový článek zaostává, např. kvůli studeným startům apod.
- články s roztavenými uhličitany (**MCFC** – Molten Carbonate Fuel Cells) – elektrolytem je směs roztavených uhličitánů. Obě elektrody v tomto případě musejí být speciálně navrženy pro přežití v agresivním a velice horkém prostředí. Pracovní teplota totiž narůstá k hodnotě 650°C, čímž se palivový článek s tímto elektrolytem řadí k vysokoteplotním. Touto skutečností se stává článek výborným prvkem pro využívání v blokových elektrárnách, ovšem jako pohon do automobilů je zcela nevhodný.



*Obr. 19 MCFC – článek s roztavenými uhličitany [14]*

- články s tuhými oxidy (**SOFC** – Solid Oxide Fuel Cells) – jako elektrolyt se používají oxidy vybraných kovů. Využíváme respektive keramický elektrolyt s výhodami absence koroze a bezproblémového zacházení. Ovšem pracovní teplotou 1000°C je použití do automobilů téměř nemožné, proto se tyto články stejně jako předešlé MCFC využívají hlavně v elektrárnách.

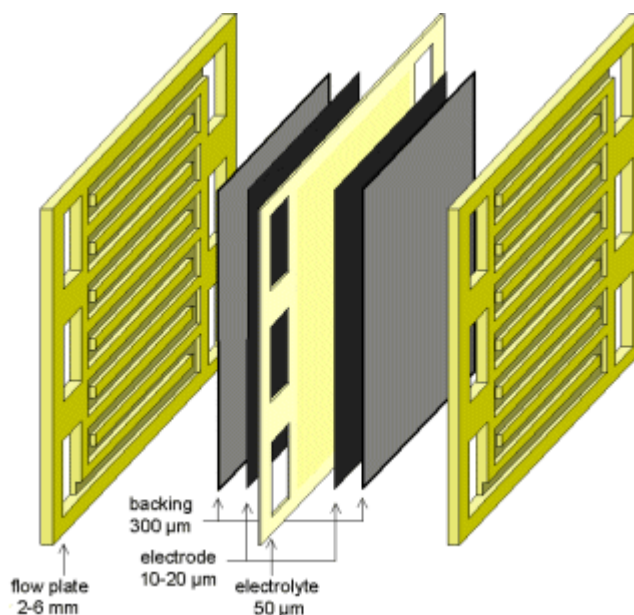
### 5.4.2 Základní komponenty palivových článků

Jak již bylo zmiňováno, základními elementy každého palivového článku jsou dvě elektrody (záporná – anoda a kladná – katoda) a elektrolyt. Co se týče struktury těchto prvků, to závisí na přiváděném palivu (okysličovadlu). Jako palivo nebo okysličovadlo lze využívat kapalně, tuhé i plynné látky. Z toho plyne, že záporná elektroda musí být uzpůsobena skupenství přiváděného paliva.

Například pro plynné palivo, je vhodné na elektrodě vytvářet soustavy póru a kapilár, které vznikají hned u výroby například tak, že se jednotlivé vrstvy elektrody lisují z materiálů o určité velikosti zrn, nebo obsahují snáze rozpustné materiály – po jejich odplavení vznikají ve struktuře elektrody další dutinky.

Kromě těchto základních částí palivových článků je důležité se zmínit také o bipolárních (monopolárních) deskách, které umožňují tvořit svazky z jednotlivých palivových článků. Ovšem plní více úkolů:

- Umožňují elektrický kontakt mezi články a vedou proud
- Utěsňují jednotlivé články vně a mezi sebou
- Odvádějí reakční teplo, díky jejich vnitřku, kudy může proudit chladicí kanálky vyplněné chladí kapalinou
- Zabezpečují články reakčními plyny a odvádějí produkovanou vodu jejich strukturou kanálků



Obr. 20 Schéma základních komponentů palivových článků [15]

Desky vyrábíme obvykle z grafitu (především pro články polymer-elektrolyt). Je to lehce opracovatelný materiál, neoxiduje a nevznikají zde žádné napěťové ztráty u kontaktních ploch.

Pro monopolární uspořádání není proud veden přímo od jednoho článku k druhému, ale sbírá se na okrajích desek a odvádí příslušným vedením. V tomto případě je poměrně výhodné, že při poruše článku, se tento jednoduše překlene a celkový svazek může být nadále schopný provozu.

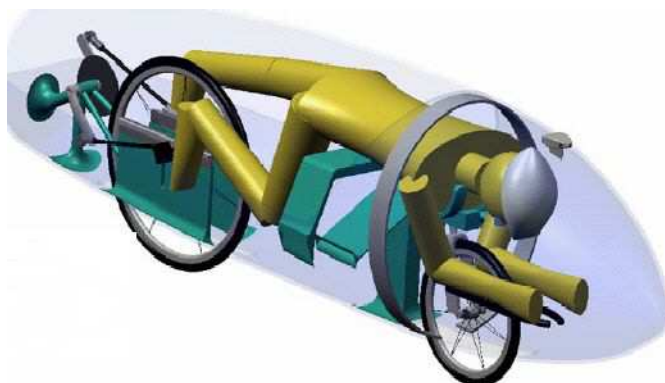


## 6 Záblesk HPV

Je pravda, že odvětví HPV (Human Powered Vehicle) patří do zcela jiného soudku, než jsou alternativní pohony automobilů, nicméně bych rád tuto variantu dopravy osob ve své práci alespoň zmínil. Tato zkratka (HPV) zahrnuje veškeré jízdní prostředky a nástroje, díky nimž se lze vlastní silou pohybovat. Ovšem v dnešní době se tento název velice často přiřazuje především k tzv. „lehokolům.“ Jedná se o kola, na nichž je cyklista při šlapání ve zcela jiné poloze, než na běžném konvenčním kole. Tato poloha s sebou přináší snížení aerodynamického odporu a mnohem lepší využití síly jezdce.

Není divu, že na „lehokolech“, bylo dosaženo nejvyšších rychlostí. Jako zápor oproti klasickým bicyklům vyčnívá především fakt, že jezdec sedí níže a tedy není tak viditelný jako jezdec na kole klasickém.

Pokud bychom chtěli ve finále srovnávat HPV technologii s automobily (tedy klidně i s těmi na alternativní pohony), někdo by se možná pousmál a tvrdil, že to nemá cenu, ovšem při uvážení nákladů na dopravu a hlavně při ohledu na životní prostředí vede technologie HPV na celé čáře. Pouze pokud se zaměříme na jakýsi komfort, fyzickou a časovou náročnost, můžeme uvíznout v pasti.



Obr. 21 Princip HPV technologie vleže na břiše [16]



Obr. 22 Princip HPV technologie vleže na zádech [17]

## 7 Závěr

I když se člověk do tohoto světa narodil a má *úkol* v něm žít, měl by brát zřetel na faktory, jež ho obklopují a právě tuto božskou možnost mu nabízejí. Náš svět každou ubíhající vteřinou neustále stárne a mění se; mění se buď sám jevy, které občas nejsme s to ani vysvětlit, a nebo jej měníme my samotní svou tendencí získat, vytěžit či zpohodlnit náš život na tu nejvyšší možnou míru.

Mnoho lidí na světě ví, že lidská bytost dovede být zkažená a zlá, a to nejen k životnímu prostředí. Ovšem i přes tento hrozivý odkaz nevěřím, že jsme jako lidstvo schopni zajít tak nebezpečně daleko, a zahrávat si s ošemetným tématem zániku své vlastní civilizace v případě tak silného znečištění planety, že bychom se sami sobě stali katy. Je v tom paradoxně ukryt jistý pud sebezáchovy – zjistíme-li, že nás něco pálí a pálit bude, jsme schopni najít alternativní řešení, které nám pomůže tento problém vyřešit.

Nápodobně se tak právě může stát i v případě znečištění životního prostředí na takovou hranici, že už nebude jiného východiska, než radikálně zakročit a provést změny v systému, který prozatím funguje.

Na planetě žije mnoho vzdělaných a sebe-uvědomělých lidí, kteří chápou vážnost situace. Sledují tento problém, diskutují o něm a často přicházejí se schopnými návrhy, které by mohly vést k mnohem efektivnější cestě za cílem žít v tomto světě beze strachu; tedy v našem případě beze strachu z tak vážného znečištění, že bychom zničili sami sebe. Výstižně tuto myšlenku popisuje americký filosof, spisovatel a etnobotanik Terence McKeena [18]: „*Věda by se měla věnovat hledání porozumění, nejen aplikaci svých metod. Než vstřebáme své současné poznatky, měli bychom se držet zpátky, namísto abychom vědecké metody poznání prosazovali se stále větším důrazem. Dopouštíme se tím znásilnění. Uchylujeme se k násilí.*“

Samozřejmě i věda má své dva břehy a v případě vědy o alternativních pohonech a alternativní energii celkově pevně věřím, že lidstvo v budoucnu využije a ocení této možnosti; proč nás to jinak vůbec napadalo?

## 8 Seznam obrázků a tabulek

<i>Obr.1 Osobní automobil [3]</i> .....	11
<i>Obr.2 Tvořené emise [4]</i> .....	13
<i>Obr.3 Celosvětový vývoj produkce emisí (CO<sub>2</sub>) způsobený dopravou [1]</i> .....	14
<i>Obr.4 Sci-fi představa solárního automobilu [5]</i> .....	15
<i>Obr.5 Bioplynová stanice [6]</i> .....	16
<i>Obr.6 Graf minimálního podílu biopaliv zavedený v EU v letech 2005 – 2020 [vlastní]</i> .....	17
<i>Obr.7 Nádoby se stlačeným zemním plynem [7]</i> .....	18
<i>Obr.8 Monovalentní systém pohodu vozidla [8]</i> .....	19
<i>Obr.9 Bivalentní systém pohonu vozidla [9]</i> .....	20
<i>Obr.10 Projekt firmy BMW pod názvem CleanEnergy – vodíkový motor [10]</i> .....	21
<i>Obr.11 Olověný akumulátor s technologií spirálovitých článků [1]</i> .....	23
<i>Obr.12 Baterie nikl-kadmium [1]</i> .....	24
<i>Obr.13 Nikl-metalhydridová baterie [12]</i> .....	24
<i>Obr.14 Ukázka mechanismu a integrace hybridního systému pohonu [11]</i> .....	25
<i>Obr.15 Sériové uspořádání hnacích elementů hybridního pohonu [1, vlastní]</i> .....	27
<i>Obr.16 Paralelní uspořádání hnacích elementů hybridního pohonu [1, vlastní]</i> .....	28
<i>Obr.17 Vodíkový palivový článek [12]</i> .....	29
<i>Obr.18 Obecný princip palivového článku (vodík) [13]</i> .....	30
<i>Obr.19 MCFC – článek s roztavenými uhličitany [14]</i> .....	31
<i>Obr.20 Schéma základních komponentů palivových článků [15]</i> .....	32
<i>Obr.21 Princip HPV technologie vleže na břiše [16]</i> .....	33
<i>Obr.22 Princip HPV technologie vleže na zádech [17]</i> .....	33
<i>Tab.1 Minimální podíl biopaliv zavedený v EU v letech 2005 - 2020 [1]</i> .....	17
<i>Tab.2 Přehled parametrů a údajů jednotlivých typů akumulátorů [1]</i> .....	22

## 9 Seznam použitých zdrojů a literatury

- [1] KAMEŠ, J.: *Alternativní pohony automobilů*. BEN – technická literatura, Praha 2004, ISBN 80-7300-127-6
- [2] KAPLAN, Z.: *Silniční doprava a životní prostředí*. Závěrečná zpráva řešení projektu č. 350715 FRVŠ 1995

Internetové stránky:

- [3] <http://img2.ceskatelevize.cz/specialy/automotorevue/galerie/81/hi-1.jpg>
- [4] <http://www.fondmarket.cz/images/Emise.JPG>
- [5] <http://achievenerdvana.files.wordpress.com/2008/06/antro-solo-150-mpg-solar-car.jpg>
- [6] <http://www.lipp.cz/images/biostanice2.jpg>
- [7] [http://www.cng.cz/cs/zemni\\_plyn/zajimavosti/big\\_images/nadoba01.jpg](http://www.cng.cz/cs/zemni_plyn/zajimavosti/big_images/nadoba01.jpg)
- [8] <http://www.ivecomoravia.cz/daily-technicke-listy>
- [9] [http://www.aalcar.com/library/cng\\_volvo.gif](http://www.aalcar.com/library/cng_volvo.gif)
- [10] <http://www.carmotor.cz/>
- [11] <http://linux.fjfi.cvut.cz/>
- [12] <http://www.mmspektrum.com/>
- [13] <http://www.greenjobs.com/Public/images/fuel-cell.jpg>
- [14] <http://www.fuelcelltoday.com/>
- [15] [http://cs.autolexicon.net/obr\\_clanky/mea\\_001.gif](http://cs.autolexicon.net/obr_clanky/mea_001.gif)
- [16] [http://www.me.mtu.edu/news/HPV\\_2004-02.jpg](http://www.me.mtu.edu/news/HPV_2004-02.jpg)
- [17] [http://us1.webpublications.com.au/static/images/articles/i1097/109716\\_7lo.jpg](http://us1.webpublications.com.au/static/images/articles/i1097/109716_7lo.jpg)
- [18] <http://jlswebs.wordpress.com/category/ostatni/page/2/>