



## Středoškolská technika 2010

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

### PALIVOVÉ ČLÁNKY

Miloš Kos, Jan Vrňák

ISŠT Benešov  
Černoletská 1997, 25601 Benešov

Obsah:

|  |    |
|--|----|
| 1. Historie                                      | 4  |
| 2. Princip fungování – složení                   | 5  |
| – zjednodušeně                                   | 5  |
| 3. Druhy palivových článků – kyselé (kyselinové) | 6  |
| – alkalické                                      | 7  |
| – s tavenými karbonáty                           | 7  |
| – membránové (keramické)                         | 8  |
| 4. Uplatnění – současnost                        | 10 |
| – budoucnost                                     | 11 |
| 5. Druhy paliv – vodík                           | 11 |
| – metanol  | 11 |
| 6. Výroba vodíku                                 | 12 |
| 7. Doprava a skladování                          | 13 |
| 8. Auta na vodík                                 | 14 |
| 9. Naše tvorba                                   | 16 |
| 10. Závěrem                                      | 18 |

# Palivové články

## Historie

Když jsem se s tímto tématem seznámil blíže, první co mě překvapilo je fakt, že palivový článek není žádný novodobý vynález, ale věc již dosti stará.



Někde se uvádí, že první palivový článek spatřil světlo světa již v roce 1839. Objevil ho sir William Grove, britský soudce a vynálezce, který vyšel z předpokladu, že princip elektrolýzy vody musí fungovat i obráceně, nebo že princip fungování palivových článků byl objeven už v roce 1838 německým chemikem Christianem Friedrichem Schönbeinem. Nesestrojili ovšem nic prakticky použitelného.

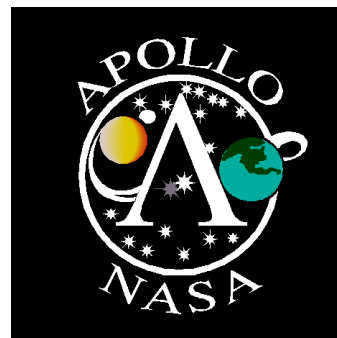


sir William Grove

Christian Friedrich Schönbein

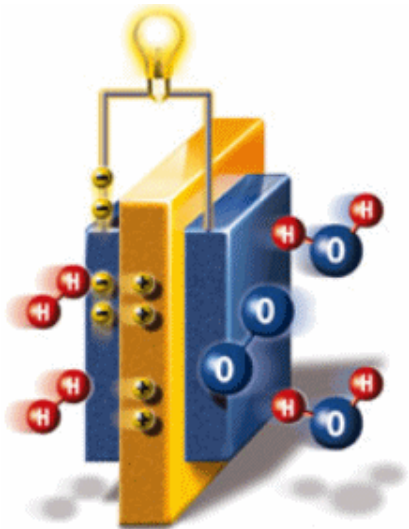
Ať to bylo jakkoliv, první prakticky využitelný vodíkový palivový článek o výkonu 5 kW zkonstruoval britský fyzik Francis Thomas Bacon v roce 1959. Rozsáhlejší využití palivových článků pak přišlo s vesmírným programem Apollo a dalšími projekty NASA.

Především díky NASA jsou dnes palivové články ve vývoji. Nebýt programu Apollo, nejspíš bychom je dnes téměř neznali.



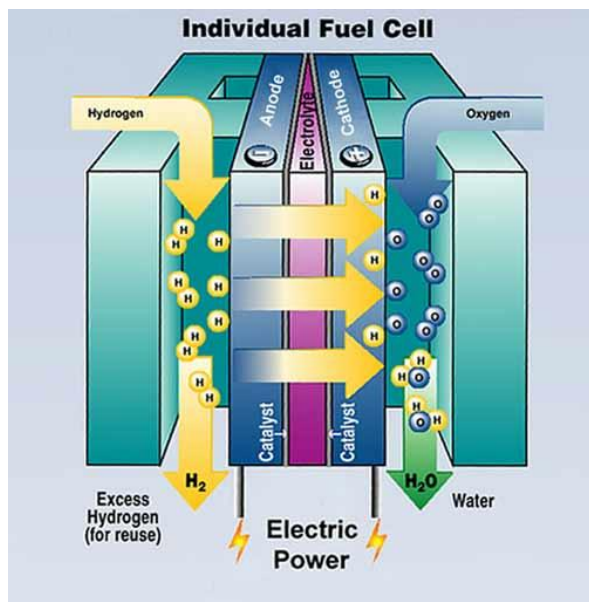
# Princip fungování

**Palivový článek je elektrochemické zařízení, uskutečňující přímou přeměnu chemické energie vodíku a kyslíku na energii elektrickou, vodu a teplo.** Tato přeměna se děje katalytickými reakcemi na elektrodách a je v podstatě založena na obráceném principu elektrolýzy vody.



**Palivový článek se skládá** z elektrolytu nebo speciální membrány (žlutá barva), elektrod (modrá barva) a elektrického okruhu. Elektrolyt musí být iontově vodivý, v našem případě se jedná o proton vodič. Pro elektrický proud musí být dielektrikem, elektrony tedy propouštět nesmí. Vodík je přiváděn k anodě, na které se katalyticky štěpí na protony a elektrony. Protony přechází elektrolytem ke katodě, zatímco uvolněné elektrony přechází vnějším vedením a produkují elektrický proud. Ke katodě je přiváděn kyslík, který zde katalyticky reaguje s prostoupenými protony a elektrony za vzniku vody. Na obou elektrodách vzniká potenciální rozdíl kolem jednoho voltu, který při zatížení článku poklesne obvykle na hodnoty 0,5 – 0,8 V. Aby bylo dosaženo potřebného vyššího napětí, jsou desítky článků sériově uspořádány do

jednotlivých svazků stavebnicovým způsobem. Jednotlivé svazky mohou být opět libovolně propojovány sériově nebo paralelně podle požadavků na výstupní napětí a proud.



**Zjednodušeně**, na anodovou stranu přivedeme palivo (většinou vodík, ale používají se i plyny co vodík obsahují např. metan, zemní plyn, etanol, ty ale musí projít reformovacím procesem, aby uvolnili pouze vodík) a na katodovou oxidant (kyslík), ty skrz membránu nebo elektrolyt reagují za vzniku elektrického napětí, tepla a vody. Teoretická účinnost se podle typu paliva může pohybovat kolem 80% - 90%, na rozdíl od spalovacího motoru, který z principu nemůže přesáhnout účinnost kolem 40%. V praxi samozřejmě nevznikají v systému zcela ideální podmínky, a tak v důsledku neideálního chování dochází ke snížení účinnosti. Ta se pak pohybuje mezi 40 až 60 %. V každém případě je ale výsledná účinnost

přibližně dvojnásobná oproti klasickému spalovacímu motoru.

## Druhy palivových článků

Existuje celkem pět základních druhů palivových článků, které se od sebe liší především podle používaného elektrolytu a podle rozsahu teplot, při kterých pracují.

| Druh                      | Nízkoteplotní                    |                          |                       | Středněteplotní          | Vysokoteplotní                            |                                   |
|---------------------------|----------------------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------|---|-----------------------------------|
|                           | Elektrolyt                       | Iontoměničná membrána    | Iontoměničná membrána |                          | Tavené karbonáty lithia, vodíku, draslíku | Oxid zirkoničitý s příměsí yttria |
| Pracovní teplota (°C)     | 60 – 100                         | 20 – 80                  | 20 – 130              | 170 – 250                | 600 – 650                                 | 800 – 1000                        |
| Účinnost (%) (elektrická) | 45 – 60                          | 40 – 60                  | 40                    | 38 – 45                  | 45 – 60                                   | 50 – 65                           |
| Výkon (kW)                | Do 20                            | Do 250                   | Do 10                 | 50 – stovky kW           | Do několika MW                            | Do několika MW                    |
| Používané palivo          | Vodík                            | Vodík Reformovaná paliva | Methanol (Ethanol)    | Vodík Reformovaná paliva | Vodík Nepřímá paliva                      | Všechny druhy bez reformování     |
| Možné aplikace            | Kosmické a námořní lodě, ponorky | Univerzální              | Přenosné články       | Výroba energie           | Výroba energie                            | Výroba energie                    |

Z jmenovaných druhů palivových článků dosáhly první tři již různého průmyslového využití, poslední dva jsou ještě spíše ve stadiu vývojových prací a hledání nejvhodnějších konstrukčních materiálů a technologických výrobních postupů. Nejdříve dosáhly stadia větší průmyslové výroby články kyselé, vyráběné ve Spojených státech a v Japonsku. Mezi jejich přednosti patří chemicky vysoce stabilní elektrolyt a možnost používat reformovaná paliva.

### *Kyselé (kyselinové) palivové články*

Mohou být vyráběny v širokém výkonovém rozmezí od 1 kW do 5 MW. Mezi jejich nevýhody patří korozivní účinky kapalného elektrolytu - kyseliny fosforečné, pomalá kinetika katodové reakce a špatná vodivost kyseliny fosforečné při nižších teplotách. Jsou poměrně robustní a jejich hlavní využitelnost je ve formě statických generátorů elektrické a tepelné energie, schopných pokrýt kritickou oblast výkonů od 50 kW do 1 MW, ve které turbíny a plynové motory pracují s nízkou účinností.

### ***Alkalické palivové články***

Alkalické palivové články byly poprvé využívány jako energetické zdroje v kosmických lodích Apollo. Mají nejrychlejší kinetiku katodové kyslíkové reakce a nepotřebují proto alespoň pro katodu drahé katalyzátory ze vzácných kovů. Mají vyšší účinnost a energetickou kapacitu než články kyselé. Na druhé straně kapalný elektrolyt - silně koncentrovaný hydroxid draselný - má korozní účinky a na utěsnění celého článku je zapotřebí věnovat zvýšené úsilí. Největší slabinou alkalických palivových článků je vysoká citlivost na obsah kysličníku uhličitého v používaných plynech, který reaguje s elektrolytem a znehodnocuje ho. Proto nemohou používat nepřímá reformovaná paliva a jsou odkázány na zdroje čistého vodíku. I vzduch, dodávaný pro katodovou reakci, musí být předem zbavován kysličníku uhličitého. Nemají zatím ani potřebnou dlouhou životnost, aby mohly být používány jako statické generátory energie. Proto se dostaly brzy mimo oblast zájmů a jejich dalšímu vývoji se ve světě věnuje jen několik organizací, jako je belgická ELENCO nebo kanadská ASTRIS. Německá společnost SIEMENS vyvíjela alkalické palivové články pro pohon ponorek, ale před rokem 1980 přešla na články membránové, které dosahují vyššího výkonu a mají nekorozivní pevný elektrolyt.

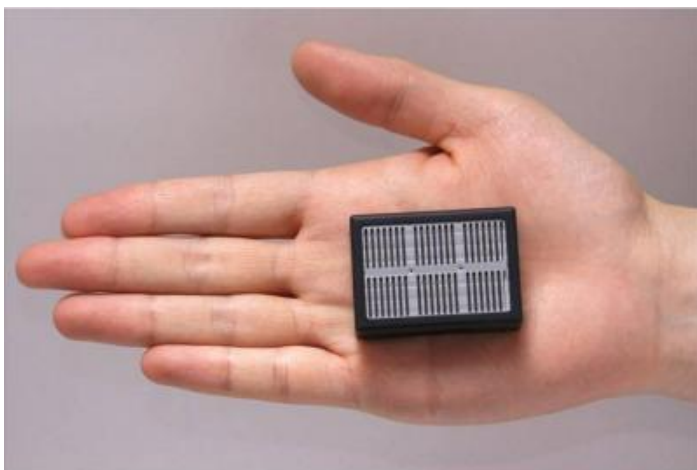


Autobus na alkalický článek

### ***Články s tavenými karbonáty***

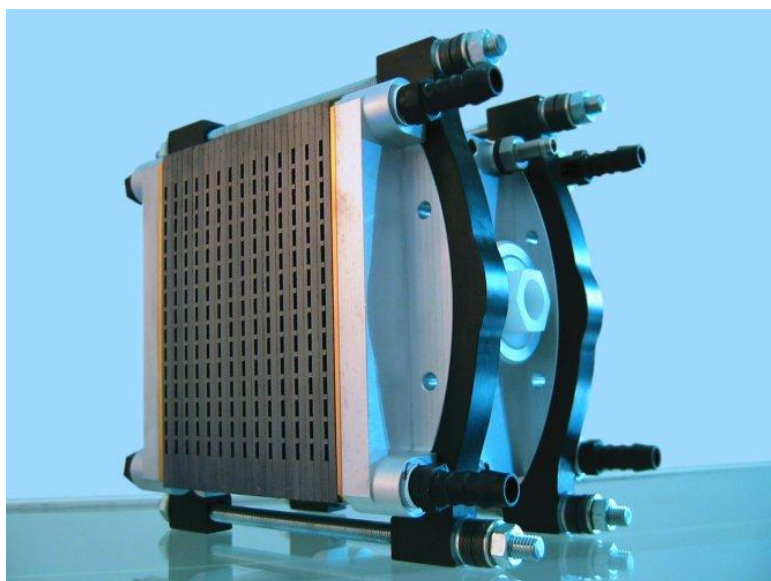
Palivové články s tavenými karbonáty nebo vodivými oxidy nepotřebují pro reakce při vysokých teplotách katalyzátory elektrodoových reakcí a mohou používat reformovaná paliva. Horší převod hmoty a nižší vodivost nedovolují těmto článkům dosáhnout vysoké účinnosti a energetické kapacity, jakou se vyznačují palivové články membránové a alkalické. Budou využívány výhradně jako statické zdroje elektrické a tepelné energie o výkonech 100 kW - 10 MW. Současné prototypy dosahují výkonů mnohem menších, protože nejsou dosud konstruovány z nejvhodnějších materiálů.

## Membránové (keramické) palivové články



Rozvoj membránových palivových článků začal později než u ostatních druhů. V posledních letech se ale neustále urychluje a membránovým palivovým článkům je zaslouženě věnována největší pozornost. Tyto články mají pevný nekorozivní elektrolyt - iontověměnnou membránu - a jejich konstrukce i provoz je do určité míry jednodušší než u ostatních článků. Mají vůbec nejrychlejší kinetiku anodové oxidace vodíku, takže dosahují vysoké účinnosti a vzhledem k jednoduché konstrukci s pevným elektrolytem i vysoké energetické kapacity. Mohou pracovat i při nezvýšené teplotě, reakce je nastartována okamžitě po dodání paliva a plného výkonu dosahují do 30 vteřin po startu. Nejsou citlivé na kysličník uhličitý, takže mohou používat reformovaná paliva. Minimální nároky na údržbu, malé rozměry a možnost modulového uspořádání jsou další vlastnosti, které pomáhají k rozsáhlejší použitelnosti membránových palivových článků ve srovnání s ostatními. Vedle statických generátorů elektrické energie jsou velmi vhodné pro pohon dopravních prostředků, především autobusů a osobních automobilů.

Další výhodou membránových palivových článků ve srovnání s ostatními druhy je možnost jejich miniaturizace. Navíc tzv. dýchací články potřebují pro svůj provoz pouze dodávku paliva. Oxidační činidlo (vzdušný kyslík) si odebírají sami z okolního prostředí. Ke svému provozu nepotřebují žádné periferní zařízení (komprese, chlazení, čerpání, reformování paliva ap.), které je nezbytné v ostatních případech. Mohou tedy být využívány



jako malé přenosné energetické zdroje pro pohon spotřební elektroniky a všude tam, kde jsou v současné době používány baterie a akumulátory. Energetická kapacita akumulátorů a baterií se pohybuje většinou v desítkách watthodin na kg váhy a jen výjimečně překračují hodnoty 200 Wh/kg. Membránové palivové články dosahují již nyní 400 Wh/kg a počítá se, že jejich energetická kapacita bude zvýšena až na 1000 Wh/kg. Při minimální možnosti detekce (jejich provozní teplota je max.100°C a i při slabé izolaci a jsou tepelně nezaměřitelné) se proto jeví jako optimální osobní energetický zdroj do výbavy řadového vojína.

Existují již i tzv. regenerativní membránové palivové články, které při dodávce paliva vyrábějí elektrickou energii, nebo při dodávce energie si mohou vyrábět potřebný vodík a kyslík elektrolýzou vody. V odlehlých místech a polních podmínkách mohou k tomuto účelu využívat i přírodní energetické zdroje, jako je např. energie solární a větrná. Tyto možnosti jsou výborně využitelné při provozu kosmických lodí, které si potřebnou energii pro výrobu paliva mohou získávat ze slunečního záření a využívat palivový článek jako zdroj elektrické energie v období letu na odvrácené straně od slunce.



Některé kosmické lodě již používají palivové články

Regenerativní palivové články mohou být používány i k nabíjení akumulátorů a dobytelných baterií. Dále mohou s těmito zdroji vytvářet výhodné kombinace ve formě tzv. hybridních článků.

Hlavní nevýhodou membránových palivových článků je zatím jejich vysoká cena. Proto rychlému zavedení masové průmyslové výroby brání důvody spíše ekonomické než technické. Jedná se především o cenu membrán a nutnost používat drahý platinový katalyzátor pro přeměnu chemické energie vodíkového paliva na energii elektrickou. Požadavky na ionexové membrány v palivových člancích jsou tak náročné, že ze všech druhů membrán ve světě vyráběných je splňují pouze velmi drahé membrány fluorované, jejichž produkcí se zabývají čtyři firmy v USA a Japonsku. Proto je hlavním trendem současné doby vývoj nového typu ionexových membrán řádově levnějších než membrány fluorované a dále významné zlevnění katalytického procesu. Množství potřebné platiny se daří v poslední době významně snižovat vhodnými technikami nanášení elektrodových povlaků na povrch membrán. O nových typech levnějších nefluorovaných membrán se občas píše, ale jejich průmyslová výroba zatím ještě pravděpodobně zahájena nikde nebyla.

Vědci z Massachusetts Institute of Technology (MIT) ovšem nedávno přišli s opravdovou novinkou. Profesorka Paula T. Hammondová, vedoucí výzkumného týmu na MIT, tvrdí, že se jim podařilo připravit materiál, který nahradí tradiční membrány používané v palivových článcích. K takovému tvrzení má v rukávu několik triumfů. Materiál vyvinutý v MIT je totiž levnější a přitom je schopen z článku dostat více energie. Podle Hammondové to ale ještě není všechno. Jejich materiál se prý uplatní i v dalších elektrochemických systémech, například v obyčejných bateriích.

#### Nejnovější membrána z MIT

Ze své kuchyně američtí vědci nezveřejnili z čeho novou membránu dělají. Zveřejnili jen několik výsledků z jejich pokusů. Například ten, když jejich novým materiálem pokryli klasickou membránu z Nafionu. Poté takto vylepšený palivový článek dosáhl vyšší kapacity o více než 50%!!

#### Bude tato membrána řešením?

Na to si ještě počkáme, ale já myslím, že dokud bude dostatek ropy, vývoj palivových článků nepůjde tím tempem, kterým by mohl jít v případě všeobecného zájmu. Snad jedině v případě, že někdo přijde a řekne, že má kov, kterým nahradí vzácné kovy jako je platina, která je velice drahá ale pro výrobu nezbytná, a tento kov bude stokrát levnější a bude ho dostatek, tak snad pouze v tomto případě se bude moci rozběhnout masová výroba i za stávající situace.



Membrána vyvinutá vědci v MIT

## Uplatnění

**V současné době** jsou všechny typy palivových článků v různých stádiích rozpracovanosti. Existují komerčně využitelné palivové články, ale i takové, jejichž možnosti se teprve zkoumají. Nejčastěji se dnes palivové články využívají jako doplňkový zdroj energie v kancelářských budovách ([město budoucnosti](#)). Zkušebně slouží také pro pohon vozidel městské dopravy, například autobusů a [vlaků](#). Existuje také prototyp ponorky ([Typ 212](#)) s pohonem na palivové články.

Automobily na palivové články dosud nejsou příliš běžné. První stanice pro doplňování palivových článků byla otevřena v Reykjavíku na Islandu v roce 2003. Zasloužila se o ni automobilka DaimlerChrysler a slouží k doplňování paliva pro systém hromadné městské dopravy. Stanice si sama vyrábí vodík pomocí elektrolýzy. Automobilka Honda představila nedávno vůz [Honda FCX](#), pro jehož pohon slouží palivové články. Do výroby by se měl dostat příští rok. V masovém měřítku hodlá Honda [produkovat ekologicky nezávadné automobily na palivové články do roku 2018](#).

Zajímavé je, že prvním automobilem na palivové články byl v roce 1966 představený GM Electrovan. Vážil asi dvakrát více než běžný van a mohl jet rychlostí až 100 km/h.



**Do budoucna** se nejvíce s palivovými články počítá jako s náhradou baterií v mobilních telefonech a dalších přenosných elektrospotřebičích. Automobily jsou až na druhém místě a energetika založená na palivových článcích se jeví dosti nereálnou.

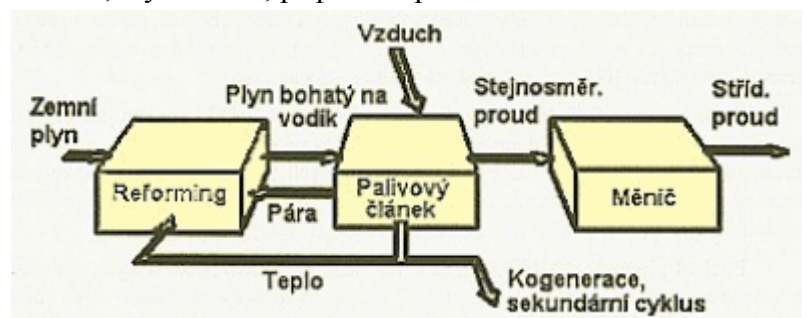


Motorola na palivový článek

## Druhy paliv

Palivový článek dokáže teoreticky použít téměř každý hořlavý plyn. V praxi se ale používá v naprosté většině **vodík** nebo plyny obsahující vodík, ze kterých se posléze reformováním, buďto vodní parou, nebo tzv. parciální oxidací, při vysokých teplotách vodík uvolňuje. Např. zemní plyn, metan, metylalkohol, etylalkohol, případně čpavek.

Druhou možností je **metanol**. U palivového článku na metanol (DMFC) se na anodě oxiduje metanol. Na rozdíl od vodíku má tento děj několik reakčních mezistupňů. Ty rychlost reakce zpomalují a výsledkem je, že tento článek má od výše zmíněného vodíkového, nižší napětí. V praxi to funguje tak, že se k anodě nepřivádí jen metanol, ale metanol ředěný vodou. Při procesu jeho oxidace se odpoutávají elektrony a ty jako proud tečou vodičem na katodu. Kladné ionty se propasírují přes iontoměničovou membránu. Pro tento proces je charakteristický vznik oxidu uhličitého.



**Ovšem** metanol se může ve většině zemí prodávat pouze na speciální povolení a v obchodech k tomu určených, protože se jedná o hořlavou látku. S tím je spojena další nepříjemnost. V souvislosti se zvýšenou ochranou proti terorismu jsou zaváděna bezpečnostní opatření také na letištích. Je zakázáno brát si s sebou do letadla sprej nebo zapalovač. Stejně tak by dopadl i mobilní telefon s palivovým článkem, který také obsahuje nebezpečnou látku, nemluvě o dopravě vlastního metanolu po světě. V cestě úspěchu palivovému článku stojí v některých zemích také zákony a legislativa. Tomuto omezení by měla zabránit připravovaná

standardizace palivových článků a určení přesného postupu výroby. I přes to se můžeme setkat se zařízeními na metanolové články např. firma Toshiba představila MP3 přehrávač na metanolový článek.



Plnění metanolového palivového článku zabudovaného v MP3 přehrávači firmy Toshiba.

## Výroba vodíku

Vodík je nejrozšířenějším prvkem ve vesmíru. Přepokládá se, že tvoří 90% atomů ve vesmíru a 75% se podílí na hmotnosti vesmíru. Již z tohoto hmotnostního podílu je vidět jeho důležitost a téměř neomezený nedostatek jeho zásob. Na Zemi je třetím nejrozšířenějším prvkem po kyslíku a křemíku. Asi 15,4% atomů zemské kůry a oceánů tvoří vodík vázaný ve sloučeninách.

Vodík je hlavní složkou hvězd a zároveň jejich hlavním palivem. Hvězdy získávají svou energii díky fúzní reakci vodíkových jader za vzniku hélia.

Vodík tvoří více chemických sloučenin než ostatní prvky včetně uhlíku a sloučeniny tvoří s většinou prvků periodické tabulky. Což je na druhou stranu velký problém protože se v přírodě téměř nevyskytuje v čisté formě, jen v nejvyšších vrstvách atmosféry a proto je jeho získávání složité.

V dnešní době se při výrobě vodíku nejvíce využívá metody zplynování uhlí. Touto metodou se vyrobí 90% produkce. Za další perspektivní metody se považují: *elektrolýza vody*, *termické štěpení vody* a *zplyňování biomasy*, zvláště biomasy odpadní.

Vhodným zdrojem vodíku je elektrolýza okyselené vody s použitím platinových elektrod. Velmi čistý vodík lze ve větším množství získat poměrně drahou elektrolýzou horkého roztoku hydroxidu barnatého mezi niklovými elektrodami. Jiné průmyslové procesy jsou založeny na reakci vodní páry s uhlovodíky nebo s koksem.

Většina průmyslově vyrobeného vodíku se spotřebuje přímo v závodě, v němž se vyrábí (např. při syntéze amoniaku, v petrochemickém průmyslu apod.). Přesto se velké množství dodává i na trh. Například v USA se ročně prodá na trhu okolo  $3 \times 10^9$  m<sup>3</sup>, tj. 250 000 tun. Ve velkém měřítku převládá výroba z uhlovodíků s použitím zemního plynu nebo suroviny z olejových rafinérií. Míchá se s párou a směs se vede přes niklový katalyzátor při teplotě 700 – 1000°C.

V USA je například rozdílný postup při výrobě benzínu a při výrobě v USA je vedlejším produktem vodík, který se většinou spaluje, což je dosti neekonomické využití. V případě použití vysokoteplotních palivových článků by se díky kogeneraci účinnost zněkolikanásobila.



Chemický závod na výrobu benzínu

## Doprava a skladování

Velkovýrobní vodíku budou vázány na zdroje energie *tepelné* (jaderné), *elektrické* (vodní), nebo *solární*. Ty nebudou rozmístěny rovnoměrně, proto se bude uvažovat o dálkovém transportu, možná i transoceánském a transkontinentálním, přičemž druhý by mohl navazovat na první – zkapalněný vodík lze přepravovat buď v kontejnerech, nebo v říčních tankových lodích. Kontejnerová přeprava bude zřejmě efektivnější, neboť nebude vázána jen na splavné řeky, bude se kombinovat s železniční a silniční dopravou. Přepravní kontejnery umožní i skladování, resp. Vyrovnání bilančních výkyvů mezi výrobou, dopravou a spotřebou. Jejich nevýhodou zůstane výbušnost směsi vodíku se vzduchem, tedy riziko výbuchu při netěsnostech systému a při dopravních nehodách.

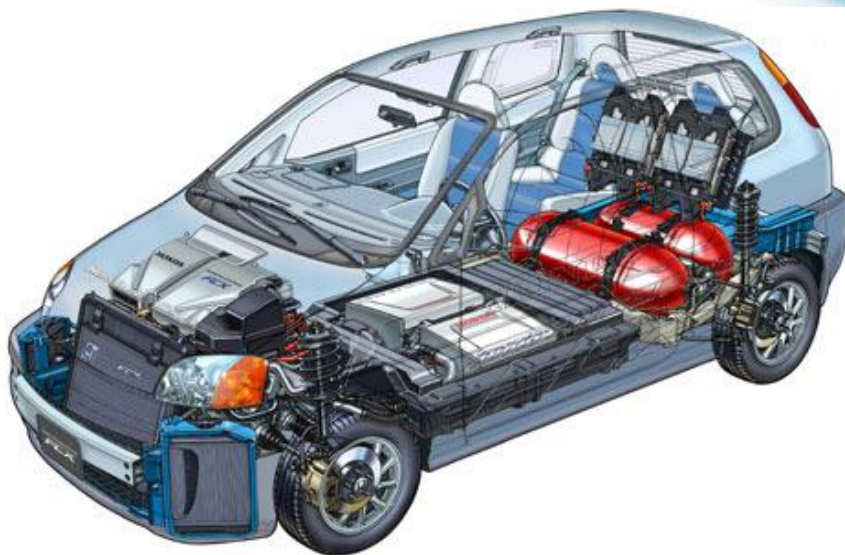
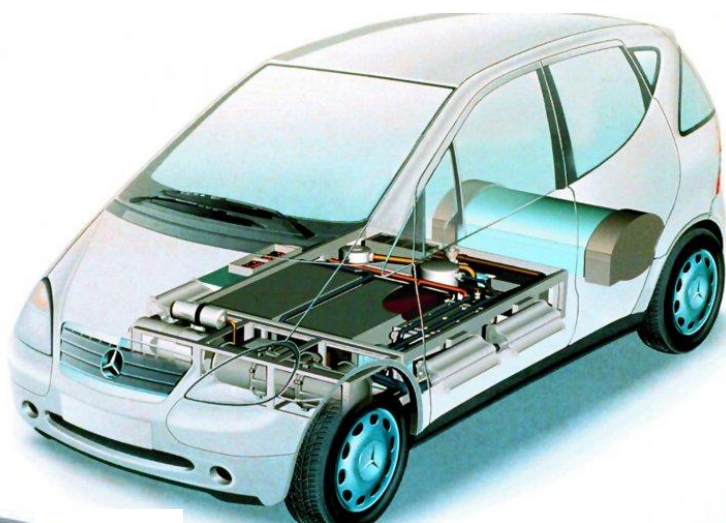
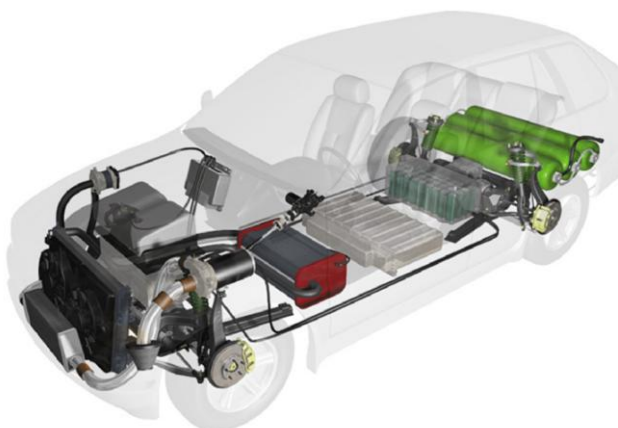
Vedle dálkového transportu zkapalněného vodíku se jistě uplatní potrubní rozvod plynného vodíku, tak jak je běžné u zemního plynu. Lze očekávat, zachování principu rozvodu vysoko-, stredo-, a nízkotlakými plynovody. Tím bude zajištěna dosažitelnost vodíku jako nosiče energie jak pro velké, tak pro menší odběratele.

Největší zkušenosti se skladováním a použitím vodíku jako paliva mají firmy angažující se v kosmické technice, např. firma Lockheed Martin vyrábějící raketoplány. Pro užití mimo kosmickou techniku vyvinula a vyrobila roku 1996 německá firma Linde A. G. Kovovou dvouplášťovou nádobu s evakuovaným prostorem mezi stěnami s vnější tepelnou izolací. Předpokládá se, že se k naplnění nádrží kapalným vodíkem buď využijí čerpadla, nebo přepouštění při tlakovém spádu mezi skladovací nádrží a nádrží dopravního prostředku. Prakticky již byl uvedený systém distribuce zvládnut v rámci projektu Solar-Wasserstoff v SRN, kdy trvalo plnění 120 litrové nádrže na kapalný vodík u zkušebního vozu BMW-735 pouhých 5 minut.

Dnes se v osobních automobilech poháněných zemním plynem místo ocelových tlakových láhví využívají tlakové nádoby z kompozitních materiálů na bázi aramidových nebo uhlíkových vláken a syntetických pryskyřic. Mají při shodném provozním tlaku třetinovou hmotnost, jednodušší konstrukci a nižší cenu. Jejich použití pro stlačený plynný vodík je v principu také možné, ale akční rádius vozidel se oproti použití zkapalněného vodíku snižuje.

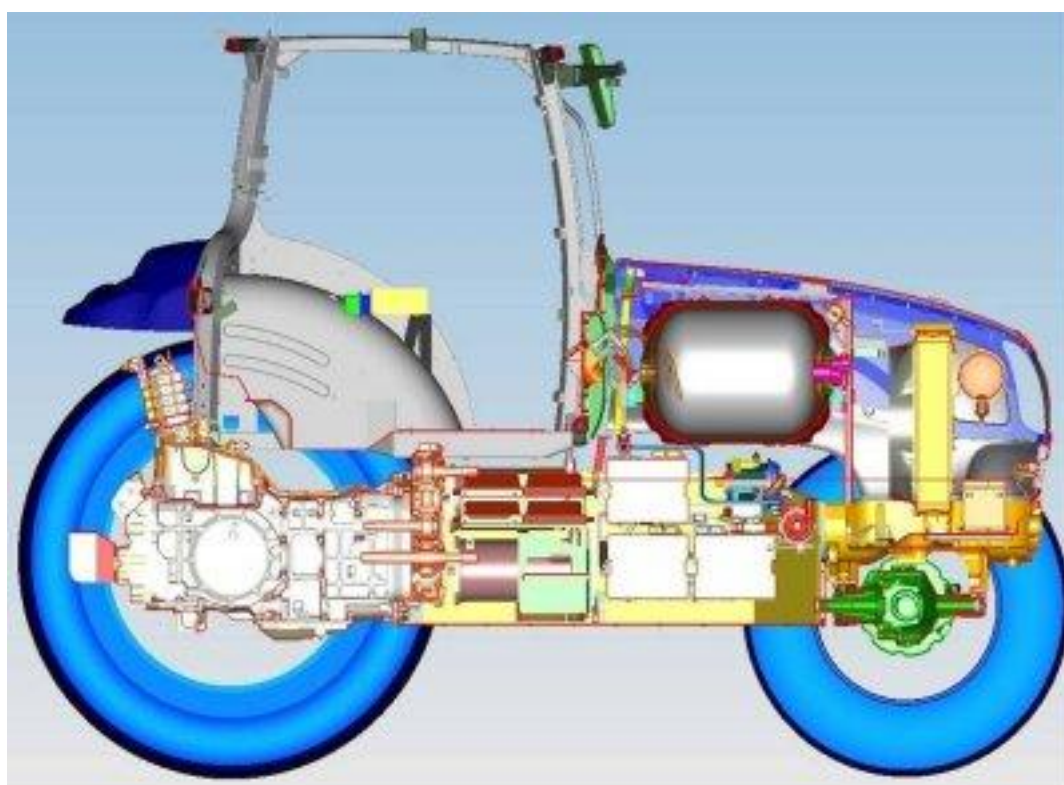
## Auta na vodík

Většinou se v takových automobilech uplatňuje palivový článek, i když jsou rozpracovány i modely na spalovací motor, případně hybridní modely. Zde je ukázka několika studií.



Honda FCX je poháněna palivovým článkem

Dokonce i výrobce traktorů New Holland nezůstal pozadu a představil traktor na palivový článek. Ten dostal typové označení [New Holland NH2](#) a má výkon 106 koní.



Každé auto nebo traktor potřebují někde čerpat palivo a tak konstruktéři nelení a pracují i na čerpacích stanicích. Některé by si mohli dokonce vyrábět vodík sami.



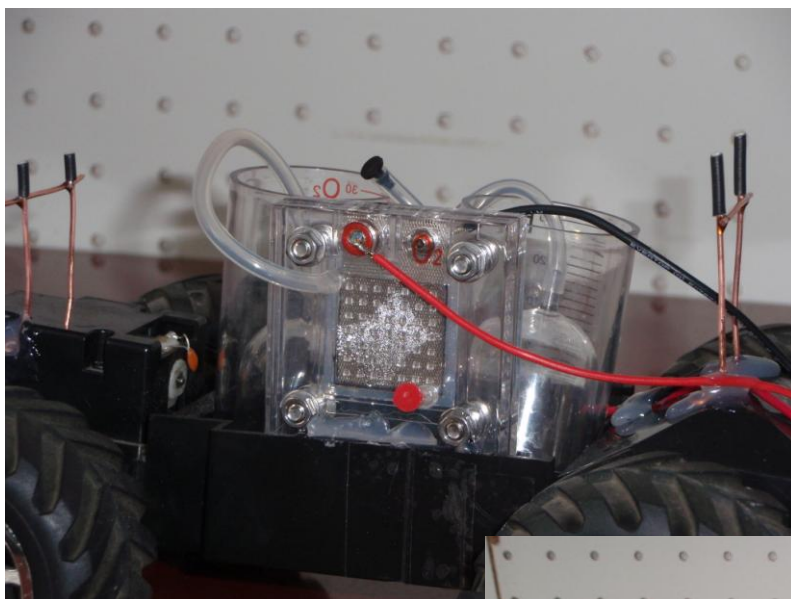
## Naše tvorba

Abychom palivovým článkům porozuměli co nejvíce, pořídili jsme si jeden od firmy Horizon a namontovali jsme ho do autíčka. Tím demonstrujeme možnost praktického využití v osobní dopravě.



Naše autíčko s pohonem palivového článku





Palivový článek

Nádržky na vodík a kyslík



V případě dostatečného slunečního svitu si vyrábíme vodík a kyslík pomocí fotočlánek prostřednictvím samotného palivového článku. Nalijeme do něj vodu, připojíme fotočlánek a voda se pomocí elektrolýzy rozloží na vodík a kyslík. Ty poté zadržujeme v zásobnících a zpětně je využíváme k výrobě energie. Výhodou je možnost uschovávání energie v podobě vodíku a kyslíku libovolně dlouhou dobu a beze ztrát a také možnost velice rychlého přečerpání paliva do jiného zařízení.

V případě nedostatečného slunečního svitu jsme nuceni v rámci pokusu využít baterie místo fotočlánku.



## Závěrem

Po našich zkušenostech s membránovým palivovým článkem se již těším až přijde doba kdy nebude potřeba mít v notebooku baterii, ale budu si pouze kupovat lahvičky s vodíkem. Jsem ovšem trochu skeptický a mám obavy, že to bude trvat ještě 40 let a to pouze kvůli nátlaku ze strany ropných magnátů, kteří nechtějí aby vývoj palivových článků šel mílovými kroky a snaží se co nejvíce omezit financování výzkumu, což se jim v celku daří. Je to škoda, že veřejnost o potenciálu palivových článků ví tolik málo a myslím si, že kdyby byl všeobecný zájem na tom, aby vodík nahradil co nejdříve na pozici světové jedničky fosilní paliva, mohli bychom například mobilní telefony a notebooky na palivový článek mít již za 5 až 10 let.

Doufejme že budeme moci říct co nejdříve:

**„Vítejte ve věku vodíku.“**

Zdroje: Především chceme poděkovat panu učiteli Bambasovi, který má s palivovými články mnoho zkušeností a byl ochoten se o ně s námi podělit. Dále jsme čerpali především z internetu:

[www.hybrid.cz](http://www.hybrid.cz)

[www.mobilmania.cz](http://www.mobilmania.cz)

[www.enviros.cz](http://www.enviros.cz)

[www.tretipol.cz](http://www.tretipol.cz)

[www.mmspektrum.com](http://www.mmspektrum.com)

[www.google.com](http://www.google.com)