

Nahradíme lithium vodíkem?

Nezpochybnitelné oteplování planety vedlo v posledních letech k řadě opatření, směřujících ke snížení emisí oxidu uhličitého, který je významným původcem skleníkového efektu. S cílem snížit emise CO_2 o 37,5 % u nových osobních automobilů do roku 2030 byl v roce 2020 zaveden limit 95 gramů CO_2 na kilometr, který musí automobilky dodržet jako průměr emisí ze všech svých nově prodaných aut¹, jinak budou pokutovány. Protože většina klasických automobilů tento limit ani v testu nespĺňuje a automobilky kvůli zisku nechtějí omezovat výrobu luxusních limuzín a velkých SUV s velkou spotřebou, musí nabízet stále více elektromobilů, aby v průměru celkového prodeje aut stanovený emisní průměr dodržely. Všechny elektromobily potřebují pro svůj provoz baterie s dostatečnou kapacitou. Důležitým prvkem pro jejich konstrukci je lithi-um. Lithiové baterie již prošly dlouhým vývojem, jsou nyní lehčí i výkonnější, takže umožňují elektromobilům přijatelný dojezd. Světová spotřeba lithia během několika let několikrát vzrostla, ale v nejbližší době vyčerpání jeho dostupných zdrojů nehrozí. Ovšem u bateriových elektromobilů nebyly zatím uspokojivě vyřešeny všechny výrobní i provozní problémy. Proto se hledají i další možnosti bezemisního provozu automobilů. Zajímavou možností je využití vodíku, neboť jeho spalováním vzniká pouze vodní pára.

Využití vodíku jako motorového paliva má dlouhou historii. Už roku 1806 François Isaac de Rivaz sestavil pístový motor spalující směs plynného vodíku a vzduchu². Z novodobé české historie je možno zmínit autobus na vodíkový pohon vyvinutý odborníky z Ústavu jaderného výzkumu v Řeži, který pracoval od roku 2009 ve zkušebním provozu v Neratovicích³. Nejnovější událostí je, že v České republice vloni odstartoval prodej prvního osobního auta s pohonem na vodíkové palivové články Toyota Mirai II (cit.⁴). Toto auto bylo odborníky v provozu podrobně otestováno^{5–7} a s jeho detailním popisem je možno se seznámit i v české verzi firemního katalogu⁸. Vodíková mobilita tak i k nám (zatím nesměle) vstoupila.

Vodík jako palivo má velký potenciál, protože některé jeho vlastnosti jsou velkou výhodou. Největší plusy (+) vodíkového paliva jsou následující:

+ Vodík má vysoký energetický obsah. Jeden kilogram vodíku poskytuje teoreticky energii 39,4 kWh, což je ve srovnání s ropnými palivy, které vykazují zhruba 12,5 kWh kg^{-1} , více než trojnásobek⁹.

+ Plynný vodík lze do automobilu tankovat podobným způsobem jako zemní plyn (CNG) a potřebné množství je možno načerpat v krátké době (několika minut) ve srovnání se zdlouhavým dobíjením baterií.

+ U vodíkového pohonu automobilů lze dosahovat účinnosti až 60 %, což slibuje úspornější provoz ve srovnání se spalovacím motorem, kde se dosahuje účinnosti 20–30 %.

+ Největší výhodou vodíku z ekologického pohledu je fakt, že při jeho spalování je jedinou zplodinou vodní pára.

Kdybychom posuzovali vodíkový pohon jen podle uvede-
ných plusových faktorů, byl by jasnou volbou. Ke všem plusům je ale třeba uvést také minusy (–), které nelze pominout:

– Vysoká energetická kapacita vodíku je ale objemově velice zředěná – 1 kg vodíku zaujímá za normálních podmínek asi 11 m³. To znamená, že do běžné automobilové nádrže (45litrové) se vejdou jen asi 4 g vodíku. S plnou nádrží benzínu může auto ujet až 900 km, stejný objem vodíku by stačil tak na dojetí na nejbližší křižovatku. Lepší energetickou hustotu má kapalný vodík (přibližně 2,78 kWh v litru), ten je ale nutno skladovat při teplotě pod –250 °C, což ho pro pohon běžných automobilů vylučuje⁹. Plynný vodík se proto musí v nádržích extrémně stlačovat, nejčastěji se používá tlak 700 barů, tj. 70 MPa. Je technologicky náročné takové tlakové nádrže vyrobit, a i když se použijí moderní materiály jako jsou uhlíková vlákna, mají nádrže značnou hmotnost. Přitom je obtížné vybavit automobil takovou nádrží, aby její náplň zajistila dostatečný dojezd (automobil Mirai II je vybaven třemi nádržemi o celkovém objemu 141 litrů, do nichž se dá při tlaku 700 barů natankovat 5,6 kg vodíku, což umožňuje podle firemních údajů dojezd 650 km).

– Vzhledem k nutným vyšším tlakům jsou vodíkové čerpací stanice technologicky náročnější než čerpací stanice na zemní plyn. Neveřejná stanice v Neratovicích používaná pro různé testy pracuje s podstatně nižším tlakem (350 barů, tedy 35 MPa). V současné době není v ČR v běžném provozu žádná veřejná vodíková stanice, i když bylo už v loňském roce plánováno otevření čerpacích stanic v Praze na Barrandově a v Litvínově¹⁰. Pro naše motoristy je zatím nejbližší možnost natankovat vodík v Drážďanech.

– Často uváděná vysoká účinnost vodíkového pohonu není dosahována při použití vodíku jako paliva v upraveném spalovacím motoru. Vysoká účinnost pohonu se vztahuje na elektromotor napájený elektrickým proudem produkovaným v sérii vodíkových palivových článků. Reálná konstrukce vodíkového pohonu je ale o něco složitější, protože vodíkové články nejsou schopny poskytnout špičkový proud, potřebný například pro rychlou akceleraci. Proto je mezi palivovými články a elektromotorem vřazena ještě sekundární baterie (lithium-iontová), která navíc absorbuje energii získávanou při brzdění. Všechny součásti vodíkového pohonu jsou velice hmotné a objemné, a proto mají významný vliv na užitečný pro-



stor automobilu. Například u vozu Mirai II, který váží skoro 2 tuny a má délku téměř 5 metrů, je pod protáhlou přední kapotou umístěno 330 palivových článků (typu s polymerním elektrolytem), pod kabinou cestujících jsou umístěny dvě z vodíkových nádrží, vzadu je třetí nádrž, sekundární baterie a elektromotor, takže tam zůstane už jen skromný zavazadlový prostor o obsahu 272 litrů (i malá Fabia IV poskytuje 380 litrů).

– Je pravdou, že jedinou zplodinou vodíkového pohonu je vodní pára. Fakt jeho bezemisního provozu je ale možno rozporovat stejným způsobem, jaký používají odpůrci elektromobilů. Ti tvrdí, že výfuk těchto aut je vlastně v komínech elektráren. A mají zatím poloviční pravdu, protože v ČR se dosud polovina elektrické energie vyrábí v tepelných elektrárnách (52,5 % v roce 2020, cit.¹¹). U vodíku je současná situace ještě mnohem horší, v celosvětové bilanci výroby vodíku připadají pouze 4 % na tak-zvaný „zelený“ vodík, tedy na vodík vyráběný bezemisním způsobem (elektrolýzou)¹².

Současné porovnání výhod a nevýhod vodíkového pohonu ukazuje, že doba jeho širokého uplatnění v osobních automobilech ještě nenastala. Vodík bude pravděpodobně v blízké budoucnosti sloužit pro výhodné skladování energie. Do „zeleného“ vodíku bude možno uložit momentální i trvalé přebytky elektrické energie z jaderných elektráren a obnovitelných zdrojů (OZE)^{13,14} a po vybudování potřebné infrastruktury pak tuto energii sítí vodíkových čerpacích stanic účelně distribuovat. Zdá se, že rychleji vyrostou firemní čerpací stanice pro autobusy a nákladní auta. Pokud budou brzy následovat veřejné čerpací stanice, bude vodíkový pohon i pro osobní auta zajímavou volbou. Je ale důležité, že už nyní je tato eventualita technicky zvládnutá. Toyota Mirai II není v tomto ohledu ojedinělý automobil, podobné parametry má například vodíkový Hyundai Nexō¹⁵. Vůz Mirai II si ale český zájemce už může v praxi vyzkoušet, pokud ho ovšem neodradí cena 1,7 milionu Kč za model v základní výbavě a obtížné tankování. To by se ale mělo postupně lepší. Například podle posledních zpráv^{16,17} čeští řidiči už nemusejí jezdit pro vodík do Německa, ale mohou ho načerpat i v Česku. Koncem června Společnost Vítkovice, a. s. uvedla do provozu první českou veřejnou vodíkovou plnicí stanicí v Ostravě-Vítkovicích. Tato vodíková plnička je nyní ve zkušebním provozu, pracuje zatím pouze v pracovních dnech od 7 do 17 hodin. Za natankování osobního vozidla řidiči zaplatí zaváděcí jednotnou cenu 2500 korun nebo 100 eur bez ohledu na objem nádrže. Do plánovaného rozšíření stanice je její kapacita okolo deseti aut denně. Společnost Orlen Unipetrol a.s. slibuje letos na podzim otevřít veřejnou vodíkovou čerpací stanicí v Praze na Barrandově a další v Litvínově. Pražská čerpací stanice má být bezobslužná, volně přístupná a vhodná pro čerpání vyššího počtu osobních i nákladních vozidel a autobusů¹⁶.

Petr Holý

LITERATURA

1. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/HTML/?uri=LEGISSUM:4396542>, staženo 16. 2. 2022.
2. https://cs.wikipedia.org/wiki/Vod%C3%ADkov%C3%BD_automobil, staženo 8. 2. 2022.
3. <https://elektrickevozy.cz/clanky/prvni-vodikovy-autobus-v-cr-trihybus-vyjel-do-ulic-pred-12-lety>, staženo 8. 2. 2022.
4. <https://www.hybrid.cz/prvni-vodi-kove-auto-toyota-mirai-pr-iji-z-di-na-c-esky-trh-cena-zacina-na-17-mil-kc/>, staženo 8. 2. 2022.
5. <https://www.novinky.cz/auto/automoto-testy/clanek/za-volantem-vodikove-toyota-mirai-nove-generace-skvela-limuzina-s-jedinou-nevyhodou-40380017>, staženo 8. 2. 2022.
6. <https://smartmania.cz/proc-nas-neceka-vodikova-budoucnost-aneb-lesk-a-bida-noveho-modelu-toyota-mirai/>, staženo 15. 2. 2022.
7. <https://www.garaz.cz/clanek/testy-nova-auta-toyota-mirai-fascinujici-technicke-cviceni-ale-to-je-vse-21007344>, staženo 15. 2. 2022.
8. <https://www.toyota.cz/new-cars/mirai/ebrochure>, staženo 22. 2. 2022.
9. <https://oenergetice.cz/vodik/vodik-nejlehci-prvek-nejvetsi-vyzva>, staženo 8. 2. 2022.
10. <https://www.ceskenoviny.cz/zpravy/vodikove-cerpaci-stanice-v-cesku-nabiraji-dalsi-zpozdeni/2122528>, staženo 8. 2. 2022.
11. <https://www.ote-cr.cz/cs/statistika/narodni-energeticky-mix>, staženo 8. 2. 2022.
12. https://www.idnes.cz/technet/technika/jak-se-vyrabi-palivo-budoucnosti-vodik-pro-auta-i-elektroniku.A080127_234744_tec_technika_vse, staženo 8. 2. 2022.
13. Toháčková A., Laciok A., Šilhan M.: Chem. Listy 115, 623 (2021).
14. <https://www.teslafan.cz/clanky/proc-vodik-neni-spravna-cesta>, staženo 15. 2. 2022.
15. <https://fdrive.cz/clanky/test-hyundai-nexo-fcev-je-vodik-budoucnosti-osobni-dopravy-6706>, staženo 15. 2. 2022.
16. <https://www.novinky.cz/auto/clanek/cesko-ma-prvni-verejnou-stanici-k-cerpani-vodiku-stoji-v-ostrove-40401553>, staženo 22. 7. 2022.
17. <https://www.ceskenoviny.cz/zpravy/vitkovice-uedly-do-provozu-1-verejnou-vodikovou-plnici-stanici-v-cr/2225630>, staženo 22. 7. 2022.

● Holý P.: Chem. Listy 116, 393–394 (2022).

● <https://doi.org/10.54779/chl20220393>