

VÝVOJ MOBILNÍ PLNICÍ VODÍKOVÉ STANICE

THE DEVELOPMENT OF A MOBILE HYDROGEN FILLING STATION

Pavel Polach ^{a)}, Jan Kulas ^{b, c)} a Josef Lexa ^{d)}

^{a)} Výzkumný a zkušební ústav Plzeň s.r.o.

^{b)} ÚJV Řež, a. s.

^{c)} Vysoká škola chemicko-technologická v Praze

^{d)} DEVINN s.r.o.

Abstrakt

Česká republika se vzhledem k přijetí tzv. Pařížské dohody o změně klimatu zavázala snížit emise skleníkových plynů (především oxidu uhličitého) do roku 2030 o 55 % oproti roku 1990. Jednou z možností snížení emisí v dopravním sektoru je využití vodíku jako paliva pro dopravní prostředky. Pro toto využití vodíku je nutné vystavět síť stacionárních plnicích vodíkových stanic, jejichž výstavba je ale časově náročná, finančně nákladná a v současné době se vyplatí pouze v určitých lokalitách. Z těchto důvodů probíhá vývoj prototypu polního zařízení na rozvoz a výdej vodíku, mobilní plnicí vodíkové stanice, která bude významným doplňkem stacionárních stanic a umožní urychlení rozvoje nízkoemisní mobility.

V příspěvku jsou shrnuty základní parametry prototypu mobilní stanice a legislativní a technické požadavky, které musí splňovat.

Abstract

Due to the adoption of the so-called Paris Agreement on climate change, the Czech Republic has committed to reducing greenhouse gas emissions (mainly carbon dioxide) by 55 % until 2030 compared to 1990. One of the options for reducing emissions in the transport sector is using hydrogen as a fuel for transport vehicles. For this use of hydrogen, it is necessary to build a network of stationary hydrogen filling stations. Still, construction is time-consuming, financially expensive, and only worthwhile in specific locations. For these reasons, developing a prototype field device for the distribution and dispensing of hydrogen, a mobile hydrogen filling station, is underway, which will be an essential addition to stationary stations and will enable the development of low-emission mobility to be accelerated.

The paper summarizes the basic parameters of the mobile station prototype and the legislative and technical requirements that must be fulfilled.

Úvod

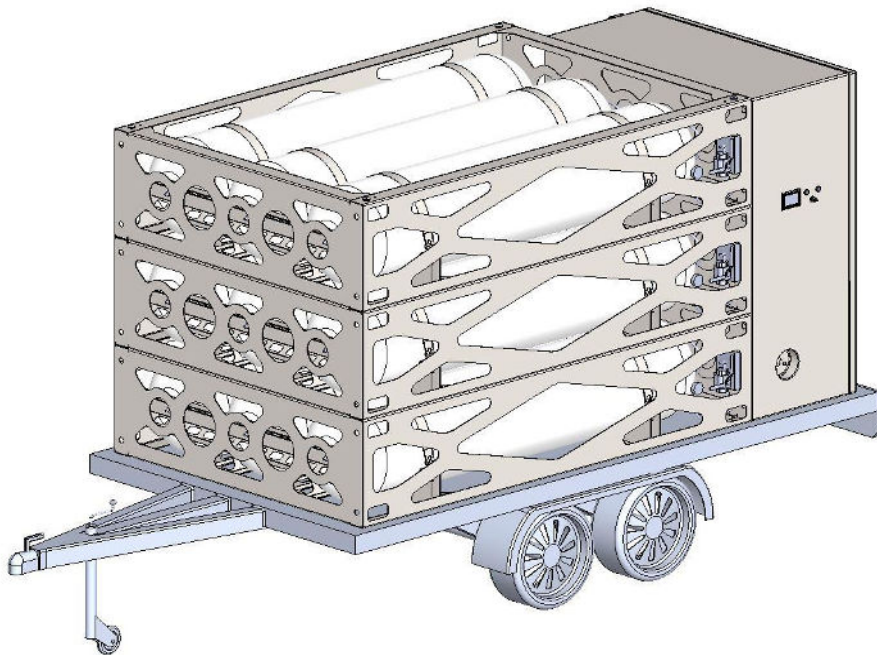
Snížení emisí oxidu uhličitého z dopravního sektoru je jedním z prostředků, jak snížit celkové emise skleníkových plynů, a tím přispět k dekarbonizaci všech sektorů do roku 2050 (viz např. [1]). S ohledem na strategii dekarbonizace dopravního sektoru, a to jak v hromadné, osobní i nákladní dopravě, je nezbytné pro vodíkové technologie zajistit dostatek lokalit pro doplnění paliva. Vybudování stacionární plnicí stanice (viz např. [2]) trvá od záměru po realizaci 2 až 3 roky, je finančně nákladné a vyplatí se pouze v určitých lokalitách. Z tohoto důvodu probíhají činnosti na vývoji mobilní plnicí vodíkové stanice, jejímž účelem je stát se doplňkem stacionárních plnicích stanic – tzn. poskytnout stejnou službu a zajistit ji lokalitách, které nejsou nebo v nejbližší době nebudou pokryty stacionárními stanicemi. Jedná se např. o odlehlá místa, areály firem a všechny koncové zákazníky, kteří chtějí získat provozní zkušenosti s plnicí a vozidly, např. dopravní podniky, pošta, městské služby a další.

Vyvíjená stanice bude sloužit jednak pro plnění vozidel, ale také pro plnění mobilních elektrocentrál s vodíkovým palivovým článkem, které návazně mohou plnit funkci mobilních nabíjecích stanic pro elektromobily nebo nezávislého zdroje elektrické energie.

Mobilní plnicí vodíková stanice

Výstupem probíhajícího vývoje a výzkumu bude, jak již bylo uvedeno, prototyp mobilní plnicí vodíkové stanice [3].

Mobilní plnicí stanice umožní plnit autobusy (nákladní automobily) s provozním tlakem vodíku 350 bar a osobní automobily s provozním tlakem vodíku 700 bar. Zařízení na polní výdej a rozvoz vodíku obsahuje zásobník na stlačený vodík sestávající se ze soustavy sekcí tlakových nádrží/lahví, s dimenzovaným systémem kaskádových rozvodů a unikátním řídicím systémem pro maximální využití vodíku ze zásobníku. Vysokotlaký mobilní zásobník bude realizován ze svazku 9 tlakových lahví o tlaku až 500 bar a bude umožňovat uskladnit dostatečné množství vodíku. Tento svazek bude univerzální a bude jej možné použít i u stacionárních plnicích stanic. Svazek bude umístěn v rámu, který bude zajišťovat bezpečnost lahví a jejich správnou funkci.

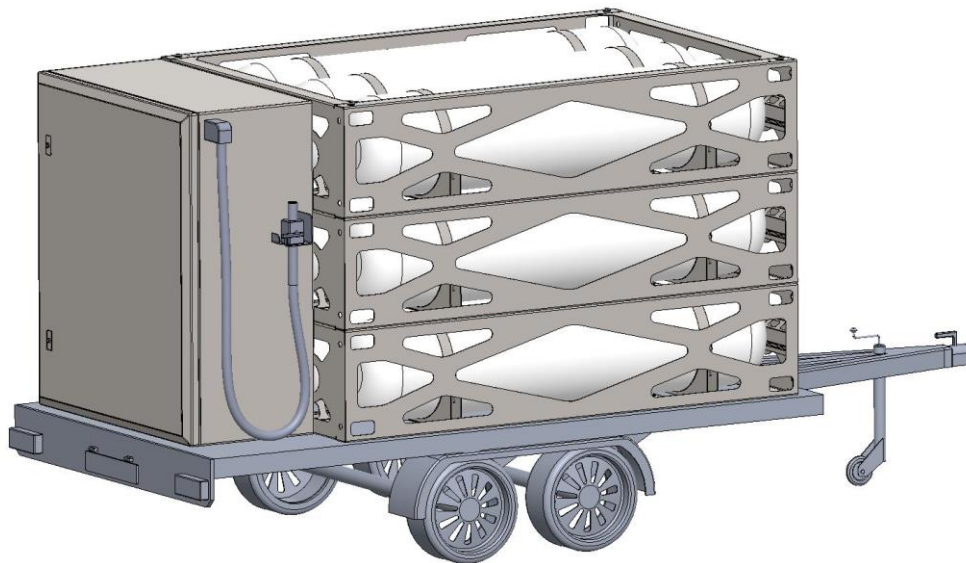


Obr. 1: Předpokládaná vizualizace přívěsu s mobilní plnicí vodíkovou stanicí

Svazky jednotlivých tlakových úrovní budou propojeny pomocí funkčních armatur (elektromagnetické ventily, filtry, redukční ventily, pojišťovací ventily, vysokotlaké vedení atd.). Jsou uvažovány 2 varianty počtu sekcí: 3 sekce (každá sekce sestává ze 3 tlakových lahví) nebo 4 sekce (2 sekce o 3 tlakových lahvích, jedna se 2 lahvemi a jedna sekce obsahující pouze jednu láhev). Plnění zásobníků na stlačený vodík bude prováděno ve veřejných či zasmluvněných plnicích stanicích s tlakovou úrovní 350 či 700 bar. Pro maximální využitelnost mobilní plnicí vodíkové stanice je preferované plnění zásobníků z 700 barové stacionární plnicí stanice.

Po odborném posouzení více možných variant technických parametrů byly jako optimální zvoleny parametry:

- maximální provozní hmotnost mobilní stanice = 3 500 kg,
- celková hmotnost tlakových lahví = 1 800 kg,
- maximální hmotnost vodíku v tlakových lahvích = 97,2 kg,
- hmotnost ovládacího příslušenství = 300 kg,
- hmotnost rámu = 600 kg,
- pracovní tlak plnicí vodíkové stanice = 500 bar (15 °C),
- rozměry rámu: šířka = 2 m, výška = 2 m, délka = 3 m.



Obr. 2: Předpokládaná vizualizace přívěsu s mobilní plnicí vodíkovou stanicí – jiný pohled

Po identifikaci vhodných nádrží/lahví vodíku byl zahájen vývoj dokumentace pro výrobu prototypu mobilní plnicí vodíkové stanice.

Aby bylo možné zásobníky přepravovat, bude je nutné zastavět do vhodného rámu, který bude splňovat požadavky na pevnost, životnost, minimalizaci přenosu vibrací, dilataci vlivem teplot a změny tlaků a zejména na bezpečnost celého systému. Tyto požadavky jsou ověřovány s využitím počítačových simulací na vytvořených virtuálních modelech. Bude provedeno i posouzení systému s ohledem na zóny s nebezpečím výbuchu – ATEX (Equipment for potentially explosive atmospheres).

Celý systém bude umístěn na nákladním přívěsu s nástavbou (viz obr. 1 a obr. 2). Tímto bude možné využít systém jako dočasnou plnicí stanici při kulturních, společenských či sportovních akcích. Přívěs bude splňovat předpisy ADR (Accord Dangereuses Route, tj. Evropská dohoda o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí) pro přepravu nebezpečného nákladu (tlakový vodík).

Bylo již ověřeno, že systém mobilní plnicí vodíkové stanice integrovaný do přívěsu bude splňovat podmínky pro provoz na pozemních komunikacích, zejména že splňuje předpisy EHK, je v souladu s normami SAE (např. [4]) a že vybavení nástavby splňuje již zmíněné ADR předpisy. Předpokládá se, že přívěs bude možné přepravovat osobním automobilem v kategorii do 3,5 t. Existuje však určitá nejistota v této hmotnostní kategorii, proto bude součástí další analýzy posouzení cílové kategorie systému přívěs-automobil z hlediska provozu na pozemních komunikacích dle předpisů Evropské unie.

Po nadefinování technických parametrů bylo nutné stanovit provozní parametry plnicí stanice. Cílový mechanismus výdeje vodíku je uvažován jako „bezkompresorový“, tzn. výdej bude závislý na zbytkovém tlaku vodíku v lahvích zásobníku. Z tohoto důvodu byl systém optimalizován na tři – či čtyř sekční rozdělení tlakových lahví. Bylo nutné určit zejména rychlost přepouštění vodíku (přímo ovlivňuje dobu plnění, ale komplikuje provedení systému) a dále provozní teploty vodíku, provozní prostředí a plnění tlakových lahví zásobníku. Optimální parametry přepouštění byly stanoveny s využitím vyvinutého unikátního vlastního softwaru vytvořeného v počítačovém systému MATLAB.

Ovládání jednotlivých sekcí vodíkové stanice, stejně jako komunikaci s uživatelem a bezpečnostním systémem, bude zajišťovat řídicí systém. Řídicí systém bude, společně s bezpečnostním systémem, napájen z vlastní baterie, nabíjené vnějším zdrojem, solárními panely nebo

palivovým článkem. Bezpečnostní systém bude monitorovat a uvolňovat funkci jednotlivých bloků, bude detekovat únik vodíku, nečekaný pokles tlaku atd.

Po dokončení výroby reálného zařízení bude nutné provést jeho funkční a bezpečnostní testy.

Vybrané technické a technologické aspekty mobilní vodíkové plnicí stanice (použité technologie, materiálové a energetické toky)

Tlakové zásobníky:

- byly voleny s ohledem na maximalizaci uloženého vodíku do hmotnosti systému menšího než 3,5 t, resp. dle cílové celkové hmotnosti jízdní soupravy,
- jedná se o kompozitní lahve typ 3 nebo 4,
- nutností je certifikace pro přepravu tlakového vodíku – např. TPED (Transportable Pressure Equipment Directive).

Přívěs pro integraci vodíkového systému:

- musí být připraven pro provoz na pozemních komunikacích,
- musí splňovat parametry celkové povolené hmotnosti a možnosti rozložení hmotnosti,
- musí splňovat rozměry pro umístění systému,
- musí splňovat pevnostní a životnostní podmínky a podmínky minimalizace vibrací přenášených na tlakový zásobník.

Vysokotlakové rozvody a komponenty:

- zajišťují rozvod tlakového vodíku,
- zajišťují bezpečnostní akce (přetlakový ventil, filtry atd.),
- obsahuje filtry a komponenty pro řízení průtoku vodíku.

Řídicí systém:

- monitoruje senzory a provozní veličiny,
- komunikuje s nadřazeným systémem a vzdálenou správou,
- zajišťuje nastavení, diagnostiku a interakci s uživatelem,
- zahrnuje algoritmus, který zajišťuje optimální plnění.

Bezpečnostní systém:

- monitoruje prostředí a v případě potřeby zajišťuje technickou eskalaci bezpečnostních opatření,
- systém musí být složen ze spolehlivých a certifikovaných komponent,
- struktura a funkce systému vychází z analýzy prostředí a způsobu realizace opatření pro minimalizaci možností vzniku nebezpečných situací,
- v případě potřeby musí zabezpečit okamžité odpojení zásoby vodíku.

Systém plnění vodíku:

- plnění vodíku je koncipováno pro plnění na veřejných plnicích s hladinami 350 a 700 bar,
- komponenty systému plnění musí zajistit vhodný průtok vodíku, aby při plnění nedošlo k přehřátí tlakových lahví.

Systém výdeje vodíku:

- výdej musí technicky splňovat potřeby pro plnění systémů provozním tlakem 350 a 700 bar.

Závěr

V příspěvku je uveden postup výzkumu a vývoje mobilní plnicí vodíkové stanice a její technické a provozní parametry. Tento prototyp je vyvíjen z důvodu, že vystavění sítě stacionárních plnicích vodíkových stanic je časově náročné, finančně nákladné a vyplatí se pouze v určitých lokalitách. Mobilní plnicí vodíková stanice je významným doplňkem stacionárních stanic a umožní urychlení rozvoje nízkoemisní mobility.

Byly již provedeny potřebné úkony pro následnou certifikaci mobilní plnicí vodíkové stanice a povolení jejího převozu po dopravních komunikacích. Byly vytipovány a pořízeny potřebné komponenty a byla navržena optimalizace tlakových sekcí. Aktuálně je vyvíjen řídicí systém plnění vozidel, který zohledňuje složitost jejich plnění vodíkem z ambientní teploty.

Poděkování

Prototyp mobilní vodíkové plnicí stanice je vyvíjen s podporou projektu Ministerstva průmyslu a obchodu České republiky CZ.01.1.02/0.0/0.0/20_321/0025011 APLIKACE – VÝZVA VIII „Mobilní vodíková plnicí stanice“, jehož řešení by mělo být dokončeno v roce 2023.

Literatura

- [1] *Aktualizace Národního akčního plánu čisté mobility* [online]. MPO ČR, 2020 [cit. 2022-09-13]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/prumysl/zpracovatelsky-prumysl/automobilovy-prumysl/aktualizace-narodniho-akcniho-planu-ciste-mobility--254445/>
- [2] *V Česku vyrostou první tři veřejné vodíkové čerpací stanice* [online]. Hybrid.cz, 2020 [cit. 2022-09-13] ISSN 1802-5323. Dostupné z: <https://www.hybrid.cz/v-cesku-vyrostou-prvni-tri-verejne-vodikove-cerpaci-stanice/>
- [3] Příhlaška projektu CZ.01.1.02/0.0/0.0/20_321/0025011 *Mobilní vodíková plnicí stanice* do programu MPO ČR „Operační program Podnikání a inovace pro konkurenceschopnost, APLIKACE – VÝZVA VII“. Mnichovo Hradiště, DEVINN s.r.o., 2021.
- [4] WILL, James. *An Introduction to SAE Hydrogen Fueling Standardization*. U.S. Department of Energy [online]. 2014 [cit. 2022-09-13]. Available on: https://www.energy.gov/sites/prod/files/2014/09/f18/fcto_webinarslides_intro_sae_h2_fueling_standardization_091114.pdf

