



**26. MEDZINÁRODNÁ KONFERENCIA
„SÚČASNÉ PROBLÉMY V KOLAJOVÝCH
VOZIDLÁCH - PRORAIL 2023“
20. – 22. septembra 2023, Žilina, Slovensko**

<https://doi.org/10.26552/spkv.Z.2023.2.35>

MOŽNOSTI NASAZENÍ BATERIOVÝCH A VODÍKOVÝCH VOZIDEL NA ŽELEZNICI

POSSIBILITIES OF USE BATTERY AND HYDROGEN VEHICLES

Radek ŠINDEL^{*)}

1 ÚVOD

Mobilita a doprava se týká nás všech. Mobilita umožňuje náš hospodářský a společenský život, od každodenního dojíždění do práce přes návštěvy rodiny a přátel a cestování až po řádné fungování globálních řetězců zajišťujících dodávky zboží do našich obchodů a dodávky pro naši průmyslovou výrobu.

I když mobilita přináší svým uživatelům mnoho výhod, není to bez nepříznivých dopadů na naši společnost. Patří mezi ně emise skleníkových plynů, hluk, znečištění ovzduší a vody, ale také dopravní nehody, kongesce a úbytek biologické rozmanitosti, což vše ovlivňuje naše zdraví a pohodu. Emise skleníkových plynů v odvětví dopravy se postupem času zvýšily a nyní představují až čtvrtinu celkových emisí EU. Zdaleka nejzávažnějším úkolem, který stojí před odvětvím dopravy, je výrazně snížit emise a dosáhnout vyšší udržitelnosti. Tato transformace zároveň nabízí velké příležitosti pro lepší kvalitu života a evropskému průmyslu napříč hodnotovými řetězci přináší příležitost modernizovat se, vytvářet vysoce kvalitní pracovní místa, vyvíjet nové produkty a služby, posilovat konkurenceschopnost a usilovat o globální vedoucí postavení, neboť ostatní trhy rychle směřují k mobilitě s nulovými emisemi. Vzhledem k vysokému podílu dopravy na celkových emisích skleníkových plynů bude možné cíle EU, pokud jde o snížení emisí skleníkových plynů do roku 2030 alespoň o 55 % a dosažení klimatické neutrality do roku 2050, splnit pouze bezodkladným zavedením ambicióznějších politik za účelem snížení závislosti dopravy na fosilních palivech a v součinnosti s úsilím o nulové znečištění.

Je zásadní, aby mobilita byla dosažitelná a finančně dostupná pro všechny, aby venkovské a odlehle regiony byly lépe propojené a přístupné. Podpora regionů souvisí také s cenami bydlení. Ty se zejména v Praze dostaly v posledních letech na rekordní úroveň a bydlení se i pro střední třídu stává nedostupným. Počet obyvatel ČR sice stoupá, ale velice pozvolna. Za posledních 20 let stoupl počet obyvatel ČR zhruba o 400 000 osob, tj. o necelé 4 %. Ceny bydlení ovlivňuje mnoho faktorů. Tím hlavním je stěhování lidí z venkovských oblastí do Prahy zejména za prací, které enormně zvyšuje ceny bydlení v hlavním městě a jeho okolí. Výstavba nových bytů řeší spíše důsledek než příčinu problémů. Pokud chceme vysoké ceny bydlení v Praze a dalších velkých městech opravdu dlouhodobě vyřešit, je potřeba zajistit dostatek pracovních příležitostí i v odlehlejších regionech, aby mohli lidé bydlet ve svém rodišti a nemuseli se za prací stěhovat do města či do centra státu. Z pohledu mobility jde především o to zajistit rychlou, ekologickou a levnou dopravu ze všech částí regionu do krajského města. Dobře přístupné krajské centrum je pak mnohem atraktivnější pro zaměstnavatele, kteří zde snáze najdou odpovídající zaměstnance. Neměně

^{*)} **Ing. Radek ŠINDEL**, Siemens Mobility, s.r.o. 28. Října 150/2663, 702 00 Ostrava, Czech Republic, Tel: +420 733 622 935, radek.sindel@siemens.com.

potřebné je zjistit rychlé a pohodlné vzájemné propojení center regionů, aby mohly navzájem aktivně spolupracovat.

Zelenou dohodu je proto třeba brát i jako příležitost k transformaci nezdravé monocentrické struktury osídlení na mnohem výhodnější strukturu polycentrickou. Ta je výhodná jak pro hlavní město, tak pro regiony, ale zejména pro ČR jako celek. Zelená dohoda pro Evropu požaduje 90 % snížení emisí skleníkových plynů z dopravy, aby se z EU stala do roku 2050 klimaticky neutrální ekonomika, a zároveň usiluje o dosažení cíle nulového znečištění.

2 ELEKTRICKÝ POHON

Po období páry se na železnici se díky liniové elektrifikaci elektrický pohon značně rozšířil a v hospodářsky vyspělých zemích úroveň elektrifikace výrazně přesahuje 60% sítě. V ČR úroveň elektrifikace dosahuje zhruba 34 % a v následujících letech se plánuje její výrazné rozšíření. Přes poměrně malý podíl jsou ale i v ČR elektrifikovány již všechny hlavní tratě a délky neelektrifikovaných linek zřídka překročí 100 km.

Oproti dieselovému pohonu má pohon elektrický několik zásadních výhod. Pro dynamiku vozidla je podstatný zejména měrný výkon, tj. poměr výkonu ku hmotnosti vozidla. Díky kompaktním rozměrům a nízké hmotnosti motorů lze do vozidla nainstalovat vyšší výkon, při zachování nízké hmotnosti vozidla. Pokud jde o regionální vozidla, tak u těch lze v případě dieselového pohonu reálně dosáhnout měrného výkonu nejvýše okolo 10kW/t, u starších vozidel jsou obvyklé i hodnoty výrazně nižší (zhruba 4 kW/t). U elektrických jednotek se dle nasazení používá měrný výkon v rozmezí 15-25 kW/t. To umožňuje výrazné zkrácení jízdních dob, což má výrazný vliv na atraktivitu železniční dopravy a zároveň zvyšuje produktivitu vozidel i personálu, což může vést k nižšímu počtu vozidel v oběhu.

Další podstatnou výhodou elektrického pohonu je možnost rekuperace, což je u zastávkových vlaků a zejména na kopcovitých tratích potřebné. Spalovací motor nedokáže z principu brzdou energii vracet, tedy rekuperovat zpět. Maximálně může částečným brzděním dynamickým retardérem (tzv. brzdění motorem) šetřit brzdové komponenty. Podle typu vozidla a tratě lze v běžných podmínkách zregenerovat až 1/3 energie, což má ve výsledku značný vliv na spotřebu energie. Měrný brzdový výkon rekuperační elektrodynamické brzdy se u moderních regionálních trakčních jednotek dimenzuje na 1,5násobek trakčního výkonu, což odpovídá zhruba 25-35 kW/t. Takto nadimenzovaný pohon pak umožňuje vozidlu brzdit v rámci běžného jízdního řádu pouze EDB (elektrodynamická brzda), což má výrazný vliv na opotřebení brzdových komponent. Třetí mechanická brzda následně slouží jako bezpečnostní prvek v případě nutnosti rychlého zastavení. Moderní elektrický pohon vozidel tak výrazně zvedá kvalitu veřejné dopravy s nižšími náklady dopravců. Bezemisní vozidla nejsou jenom prostou náhradou dieslových vozidel, ale příležitost, jak posunout kvalitu veřejné dopravy výrazně dopředu s cílem motivovat obyvatelstvo k odklonu od používání individuální automobilové dopravy a více využívat energeticky a emisně příznivější veřejnou hromadnou dopravu.

3 VOZIDLA SE ZÁSOBNÍKEM ENERGIE

Česká železnice nemůže ustrnout ve stavu nízkého podílu liniové elektrifikace, rozvoj liniové elektrifikace je základním trendem rozvoje bezemisní osobní i nákladní železniční dopravy v ČR. Avšak souběžně s tím je též potřeba hledat i řešení na neelektrifikované tratě. Zde existuje několik variant vozidel:

- Elektrické vozidlo napájené z liniového trakčního vedení a navíc opatřené i trakční akumulátorovou baterií – BEMU.
- Elektrické vozidlo s vodíkovým palivovým článkem a vyrovnávací akumulátorovou baterií – HMU.
- Kombinace těchto principů – HEMU.

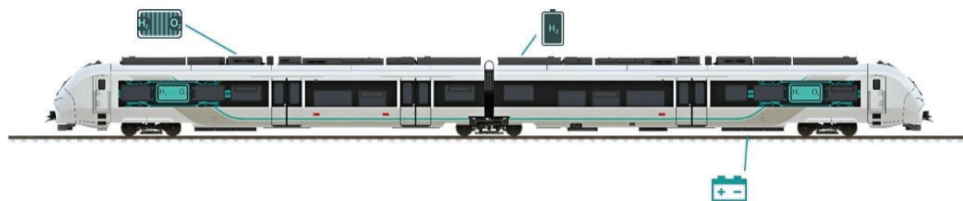
Provoz na většin \acute{e} neelektrifikovan \acute{y} ch trat \acute{y} v ČR je pom \acute{e} rn \acute{e} slab \acute{y} a dopravci zde nasazuj \acute{y} zpravidla dvoud \acute{y} ln \acute{a} vozidla s Jakobsov \acute{y} mi podvozky typu Desiro Classic či Pesa s kapacitou okolo 120 cestuj \acute{i} ch, která ve lze ve špičk \acute{a} ch p \acute{r} ípadn \acute{e} sp \acute{r} ahovat do vícen \acute{a} sobn \acute{e} trakce. Tato kapacita se tak ukazuje pro region \acute{a} ln \acute{i} trat \acute{e} jako dostatečn \acute{a} a požadavek dopravc \acute{u} na tento segment vozidel je dosažen \acute{i} co nejnižš \acute{i} ch provozn \acute{i} ch náklad \acute{u} p \acute{r} áv \acute{e} při kapacit \acute{e} 120-130 cestuj \acute{i} ch. Tuto kapacitu technicky splňuj \acute{y} dv \acute{e} koncepce vozidel. Klasick \acute{a} dvouvozov \acute{a} jednotka se čtyřmi podvozky (kapacita 130-140 cestuj \acute{i} ch), nebo dvouvozov \acute{a} jednotka se společn \acute{y} m, Jacobsov \acute{y} m podvozkem (kapacita 120–130 cestuj \acute{i} ch). Kapacita jednotky s Jacobsov \acute{y} m podvozkem je o n \acute{e} co nižš \acute{i} , ale díky úsp \acute{o} ře jednoho podvozku je celkov \acute{a} hmotnost jednotky zhruba o 15% nižš \acute{i} . Hmotnost na sedadlo pak v tomto p \acute{r} ípad \acute{e} vych \acute{a} z \acute{i} nižš \acute{i} zhruba o 10%.

To je důležit \acute{e} zejména u jednotek se zásobn $\acute{i$ kem energie (baterie/vodík). Hmotnosti vozidla totiž hraje zásadn \acute{i} roli u spotřeby energie a následn \acute{e} dimenzov $\acute{a$ n \acute{i} zásobn $\acute{i$ ku energie. Spotřeba energie roste v region \acute{a} ln \acute{i} doprav \acute{e} zhruba lineárn \acute{e} s hmotnost \acute{i} vozidla. O 15 % nižš \acute{i} hmotnost tak znamen \acute{a} snížen \acute{i} spotřeby energie zhruba o 15 %, což z \acute{a} roveň umožňuj \acute{e} použit \acute{i} o 15 % menš \acute{i} ho zásobn $\acute{i$ ku energie. Komponenty pohonu jako transform \acute{a} tor, trakčn \acute{i} měniče, trakčn \acute{i} baterie, palivov \acute{e} články a tlakov \acute{e} láhve na vodík jsou nejenom rozm \acute{e} rn \acute{e} a těžk \acute{e} , ale také pom \acute{e} rn \acute{e} drah \acute{e} . Proto byla s ohledem na požadavky dopravc \acute{u} a co nejnižš \acute{i} provozn \acute{i} náklady u vozidel Mireo Plus (BEMU/HMU) zachov \acute{a} na koncepce s Jacobsov \acute{y} m podvozkem i za cenu mírn \acute{e} ho snížen \acute{i} kapacity jednotky. Pro vytvořen \acute{i} hmotnostn \acute{i} rezervy na zásobn $\acute{i$ ky energie je vozidlo Mireo Plus oproti v \acute{y} choz \acute{i} mu vozidlu Mireo EMU mírn \acute{e} kratš \acute{i} , nicmén \acute{e} požadovan \acute{a} kapacita 120–130 cestuj \acute{i} ch zůst \acute{a} v \acute{a} zachov \acute{a} na.



Obr. 1 Dvouvozdrojov \acute{a} jednotka Mireo Plus B (AC BEMU – 25 kV)

Fig. 1 Multisource electric unit Mireo Plus B (AC BEMU – 25 kV)



Obr. 2 Vod \acute{i} kov \acute{a} palivočlánkov \acute{a} jednotka Mireo Plus H (HMU)

Fig. 2 Hydrogen electric unit Mireo Plus H (HMU)

Doplňen \acute{i} zásobn $\acute{i$ ku energie zvyšuj \acute{e} využitelnost v \acute{y} choz \acute{i} ho bezemisn \acute{i} ho vozidla (EMU) i na trat \acute{e} ch bez liniov \acute{e} elektrizace.

Avšak dopln \acute{e} n \acute{i} zásobn $\acute{i$ ku energie do elektrick \acute{e} trakčn \acute{i} jednotky t \acute{e} ž znamen \acute{a} n \acute{a} růst hmotnosti a ceny vozidla. Proto je n \acute{e} mu nutno p \acute{r} ístupovat citliv \acute{e} , aby nev \acute{y} hody nezast \acute{n} ily p \acute{r} ínosy. Nev \acute{y} hodn \acute{e} jš \acute{i} pom \acute{e} r užitn \acute{e} hodnoty k cen \acute{e} nep \acute{r} ín \acute{a} šej \acute{i} technicky komplikovan \acute{a} univerz \acute{a} ln \acute{e} pojat \acute{a} řešen \acute{i} zahrnuj \acute{i} c \acute{i} v jednom vozidle v \acute{y} ce alternativ, ale účeln \acute{e} řešen \acute{a} , promyšlen \acute{a} a propracovan \acute{a} řešen \acute{i} soustřed \acute{e} n \acute{a} na nosn \acute{e} téma. Proto se upustilo od v \acute{y} voje vozidel využívaj \acute{i} c \acute{i} ch kombinaci v \acute{y} ce princip \acute{u} (HEMU), neboť se tato řešen \acute{i} uk \acute{a} zala jako technicky p \acute{r} íliš komplikovan \acute{a} a drah \acute{a} .

4 MIREO PLUS B

V případě vývoje Mireo Plus B tak bylo navrženo dvouzdrojové vozidlo s akumulátorovou baterií pro regionální tratě s dojezdem 80 - 100 km spolu s následujícími parametry vozidla:

- schopnost dostatečně dlouhého dojezdu, potřebná k zajištění provozu na lince s minimální potřebou nácestných nabíjení,
- schopnost rychlého nabíjení v obrátové stanici,
- vysoce výkonná rekuperační brzda (úspora energie, prodloužení dojezdu, nízké opotřebení mechanických brzd),
- přijatelná cena a hmotnost vozidla,
- vysoká spolehlivost (jednoduchost řešení) s dopadem na vysokou dostupnost a malý počet záložních vozidel,
- nízké náklady na údržbu (robustnost a jednoduchost řešení),
- dlouhá životnost akumulátorové baterie (15 let, tedy polovina života vozidla, do upgrade vozidla s možností rozhodnutí o řešení pro druhou polovinu života: opět BEMU, nebo s ohledem na postup elektrizace již jen EMU).

Naplnění těchto cílů vyžaduje využití veškeré hmotnostní a prostorové rezervy ve vozidle k instalaci dostatečně velké a co nejvíce robustní akumulátorové baterie, která umožní velký dojezd, rychlé nabíjení, výhradní rekuperační brzdění i dlouhou životnost. Takovým řešením je AC BEMU. Doplnění DC vstupu (AC DC BEMU) či vodíkové technologie (HEMU) zvyšuje cenu vozidla, snižuje spolehlivost vozidla a snižuje užitnou hodnotu vozidla:

- vede ke zmenšení akumulátorové baterie, k poklesu její energie a výkonosti (kratší dojezd, kratší životnost, delší nabíjení, nižší brzdňá schopnost),
- vede ke snížení spolehlivosti a ke zvýšení nákladů na údržbu vozidel,
- zásadní zvýšení investičních nákladů do vozidel (dražší vozidlo z důvodu komplikovaného řešení krát vyšší počet vozidel z důvodu nižší dostupnosti),
- zásadní zvýšení investičních i provozních nákladů na straně infrastrukturního energetického zázemí pro jejich provoz (velké množství dobíjecích či plnicích stanic).

Z těchto důvodů se kombinovaná vozidla na trhu zatím neujala a je orientace na jednoúčelová AC BEMU řešená pro cílový stav infrastruktury vhodné i pro nákladní dopravu v podobě liniové 25 kV elektrizace hlavních tratí.

S ohledem na probíhající konverzi napájení a budování nabíjecích bodů již ve střídavé trakci se nabízí i v úsecích stejnosměrné trakce používat právě tato výkonnější a jednodušší AC BEMU. Pro ty zpravidla stačí nabíjení na krátkých úsecích s 25kV napájením, přičemž v úsecích napájením 3 kV by vozidla dočasně jezdila na baterii.

TAB. 1 Základní parametry Mireo Plus B

TABLE 1 Basic parameters Mireo Plus B

Výkon trakční/brzdňý (provoz pod trolejí i na baterii) [kW]	1 700/3 000
Měrný výkon trakční/brzdňý [kW/t]	cca 18/32
Maximální nabíjecí výkon za stání/jízdy [kW]	2 000/2 500
Doba nabíjení za stání/jízdy [min]	20/15
Nejvyšší provozní rychlost (provoz pod trolejí i na baterii)	160 km/h

5 MIREO PLUS H

Na tratich s délkou v yrazn e přesahující 100 km mimo trakční nap ajenie lze uvažovat s vozidly s vod ikov m palivov m článkem. Ta dosahují del i ho dojezdu 600 - 1 000 km, což postačuje na denní pln enie v rámci no n i směny. Ke kvalitnímu zajištění provozu HMU je nutno využit veškeré hmotnostní a prostorov e rezervy ve vozidle k instalaci co najv e i vodíkové zásobní nádrže a co najv e i a co nejvíce robustní vyrovn av ci akumulátorové baterie, ktorá umožní dlouhodob e n asobenie výkonu palivového článku, výhradní rekuperační brzdění i dlouhou životnost. Takov m řešením je jedno u elov e optimalizované HMU.

Dopln enie elektrického vstupu z trakčního vedení (HEMU) zvyšuje cenu vozidla, snižuje spoľehlivost vozidla a snižuje užitnou hodnotu vozidla:

- vede ke zmenšení zásob vodíku (krat i dojezd,  astej i dopl n ov n i zásob vodíku),
- vede ke zmenšení akumulátorové baterie, k poklesu její energie a výkonosti (zkr aten i času p r e plným trakčním výkonem na ni  i jednotky minut, krat i životnost, ni  i schopnost n asobenie trakčního výkonu, ni  i brzdna schopnost),
- vede ke snižení spoľehlivosti a ke zvy en i nákladů na u dr bu vozidel,
- zásadní zvy en i invest i n ich nákladů do vozidel (dra  i vozidlo z důvodu komplikovaného řešení krát v y i i počet vozidel z důvodu nízké disponibility),
- zásadní zvy en i invest i n ich i provozních nákladů na straně infrastrukturního energetického zázemí pro jejich provoz (velké množství dobíjecích  i plnících stanic).

Z těchto důvodů se zatím kombinovaná vozidla na trhu neujala a je orientace na jednoúčelová HMU.

TAB. 2 Základní parametry Mireo Plus H

TABLE 2 Basic parametres Mireo Plus H

Výkon trakční/brzdny [kW]	1700/2000
Měrný výkon trakční/brzdny [kW/t]	Cca 18/21
Rychlost plnění rychlé/pomalé [min]	15/60
Max. rychlost	160km/h

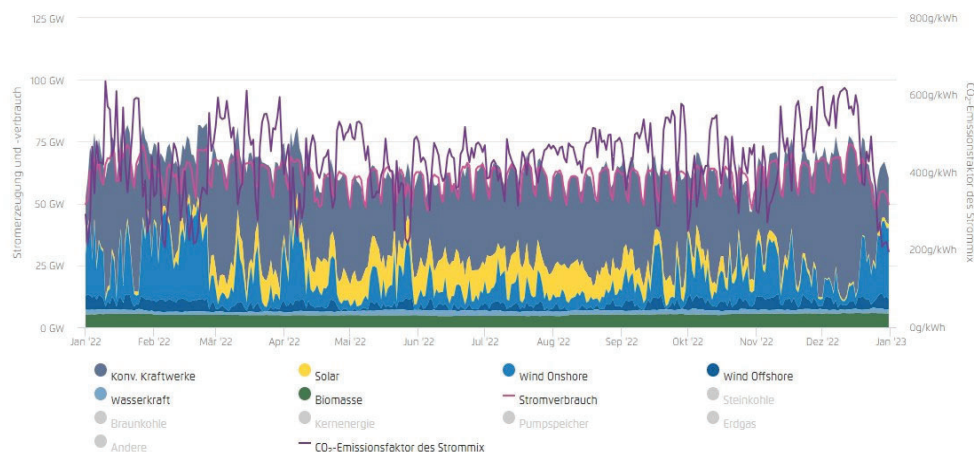
6 PROBLEMATIKA VODÍKU V DOPRAVĚ

Nečistoty ve vodíku nevratn e poškozují palivové články. Pro dlouhodobou životnost palivových článků je nutno pou ivat výhradně čistý vodík podle ISO 14 867-2 s čistotou minimálně 99,970 %. Tuto podmínku spln uji např. elektrolyzéry Siemens Silyzer 300 produkující vodík o čistotě 99,999 %. Z důvodu nízké hustoty se vodík uchovává v nádobách při tlaku 350 bar. Ocelové nádoby jsou velice těžké (hmotnost nádoby cca 50 kg na 1 kg vodíku), proto se na vozidlech pou iv aji v yrazn e leh i kompozitové nádoby (hmotnost nádoby cca 20 kg na 1 kg vodíku). 40t kamion přepraví pouze stovky kg vodíku a zpět jede skoro stejn e těžký p r azdn y, proto jsou vyvíječe vodíku instalovány p rimo v plnících stanicích, aby zcela odpadla ekonomicky, personálně, energeticky, bezpe nostn e i environmentálně problematická přeprava vodíku,

Nízká činnost energetických přeměn (elektrolýza, komprese, chlazení při expanzi, palivový článek – v úhrnu cca 30 % zvyšuje spotřebu elektrické energie na více než trojnásobek ve srovnání s EMU  i BEMU. Smysluplnost dává vodíkové technologii jedin e vyu iv n i jinak neprodejných přebytků elektrické energie z místních volatilních obnovitelných zdrojů, Nasazení vodíku proto velice úzce souvisí s energetikou dané oblasti. O ceně vodíku vyráběného neprodejných přebytků elektrické energie z místních volatilních obnovitelných zdrojů rozhoduje roční  asov e využití (odpisy) instalovaného výkonu elektrolyzéru a n avazn e technologie. Utilizace dosahuje:

- 40 % of shore větrné elektrárny (Severní moře, Balt),
- 21 % on shore větrné elektrárny (ČR),
- 12 % solární elektrárny (ČR)

Solární a větrné elektrárny se určitým způsobem doplňují. Velice zjednodušeně slunce svítí přes den a zejména v létě, vítr fouká i v noci a zejména v zimě. Pro ekonomickou a celoroční výrobu vodíku je proto potřeba mít dostatek instalovaného výkonu obou zdrojů, jak solárních, tak větrných elektráren. To je zejména případ Německa s instalovaným výkonem solárních zdrojů na úrovni 69 GW (2023) a větrných zdrojů na úrovni 66 GW (2023). Při celkové spotřebě okolo 60 GW dosahuje instalovaný výkon těchto volatinních zdrojů 200% aktuální spotřeby. Za této situace již dochází poměrně často k nadvýrobě energie a tyto neprodejně přebytky jsou vhodné k výrobě vodíku i s ohledem na nízkou účinnost celého procesu.



Obr. 3 Energetický mix Německa v roce 2022 [1]

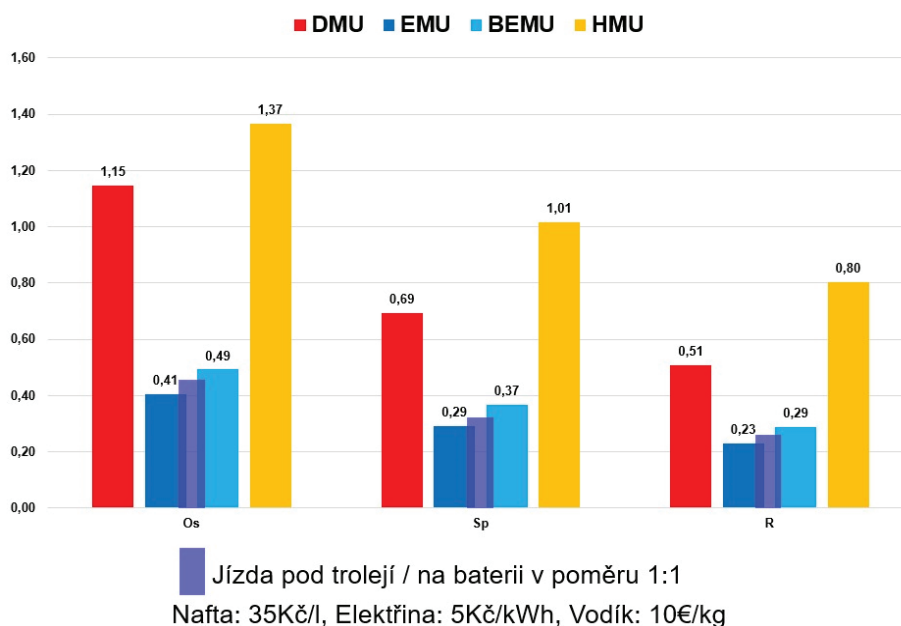
Fig. 3 Energy mix in Germany (2022)

V ČR je ale situace diametrálně odlišná. Podíl volatinních solárních a větrných zdrojů je v ČR výrazně nižší než v Německu a je tvořen zejména solárními zdroji. K přebytkům nabídky výkonu volatinních zdrojů v síti tak dochází zejména v denní době v létě. To je k hospodárnému využití vodíkové technologie příliš krátká doba. Dostatečné celoroční přebytky pro výrobu vodíku proto zatím nejsou v ČR k dispozici. V současných podmínkách ČR jsou tak náklady na energii při použití vodíku zhruba trojnásobné oproti výrobě elektrické, přičemž se ani v následujícím desetiletí zřejmě nedá očekávat zásadní zvrát.

Jakkoliv panuje všeobecné přesvědčení, že doplňování zásob vodíku je rychlejší než nabíjení lithiových akumulátorů, tak opak je pravdou.

Zatímco akumulátory BEMU lze z trakčního vedení 25 kV kdekoli (i u nástupiště v železniční stanici) po zdvižení sběrače naplnit za 15-20 minut, je nutno s HMU odjet do plnicí stanice, připojit se a vlastní plnění vozidlových nádrží vodíkem na přetlak 350 bar tradiční technologií do plného stavu trvá 60 minut. To v praxi často znamená zařadit do oběhu další vozidlo navíc. Důvodem jsou fyzikální vlastnosti vodíku, záporný Joule Thomsonův koeficient. Vodík se na rozdíl od většiny ostatních plynů při expanzi ohřívá. Z bezpečnostních důvodů proto musí být plnění vodíkových nádrží přečerpáváním z vyššího tlaku na nižší pomalé. Při tradičním způsobu přečerpávání nemá plnicí zařízení informaci o skutečné aktuální teplotě a tlaku vodíku v nádrži vozidla a průtok vodíku je proto pomalý. Rychlejší plnění vyžaduje vysoce výkonné chlazení vodíku, což dále zhoršuje energetickou bilanci ukládání elektřiny do vodíku.

Cílem je plnící proces optimalizovat, a to na bázi internetu věcí. Spole n e s DB vyvíjí firma Siemens Mobility systém rychlého dopl ňov n i zásob vodíku do vozidla Mireo Plus H, založený na u inn em chlazení vodíku před jeho expanzí a na kontinuální datové komunikaci vozidla se stacionárním plnícím za izen m (přenos informací o teplotě tlaku vodíku v mobilní nádrži) s cílem dosáhnou dobu úplného naplnění vozidlových nádrži za 15 minut a t m vy   i efektivitu provozu vodíkových vozidel. Jde o regulaci přítoku vodíku z plnící stanice do nádrže vozidla podle okam žit ych hodnot tlaku a teploty vodíku v nádrži vozidla. S ohledem na bezpečnostní aspekty jde o velmi n aoro nou technickou úlohu.



Obr. 4 M em e náklady na energii (Kč/oskm)

Fig. 4 Specific energy costs (CZK/person-km)

7 ZÁVĚR

Po ty cestujících na  esk e železnici v posledních deseti letech vytrvale rostou. Na tomto růstu má ale zásadní podíl d lko v a doprava. Aby po ty cestujících začaly stoupat i v regionální dopravě, musí se p stup k funkci regionálních vlaků zásadně zm nit. Pro v t   inu cestujících je rozhodující rychlost přepravy. Ta souvisí p edev   m s cestovní rychlostí a délkou intervalu mezi spoji. Jenom rychlé spoje s krátkými intervaly jsou schopné konkurovat automobilové dopravě. Abychom byli schopni tuto kvalitu zajistit, potřebujeme spolehlivá vozidla s vysokou disponibilitou, potřebujeme jezdit rychle s co nejmenšími náklady na provoz.

I když se nasazení různých univerzálních vozidel může v současnosti ukazovat jako logické, nemusí přinést jejich nasazení kvůli kompromisním parametrům žadoucí efekt, proto je potřeba d kladn e zvážit budoucí provozní koncept a výběr vozidel sladit zejména s probíhající konverzí napájení.

Literatura:

[1] https://www.agora-energiewende.de/service/agorameter/chart/power_generation/01.01.2022/31.12.2022/today/



Resumé

Elektrifikace v ČR dosahuje pouze okolo 35% a mnoho tratí není ekonomické plně elektrifikovat, i pro tyto tratě je potřeba hledat vhodná vozidla ať už na baterii, nebo na vodík. Avšak doplnění zásobníku energie do elektrické trakční jednotky též znamená nárůst hmotnosti a ceny vozidla. Proto je němu nutno přistupovat citlivě, aby nevýhody nezastínily přínosy. Příspěvek ukazuje, jaká vozidla se na dané typy tratí hodí a jak při výběru vozidel postupovat.

Summary

Electrification in the Czech Republic reaches only about 35% and many lines are not economical to fully electrify, for these lines it is necessary to look for suitable vehicles, whether battery or hydrogen. However, the addition of an energy storage device to an electric traction unit also means an increase in the weight and cost of the vehicle. Therefore, it must be approached sensitively so that the disadvantages do not overshadow the benefits. The paper shows which vehicles are suitable for the given types of tracks and how to proceed when selecting vehicles.

