

GREEN DEAL V OBLASTI OSOBNÍ ŽELEZNIČNÍ DOPRAVY A JEHO NAPLŇOVÁNÍ

OBJECTIVES OF THE GREEN DEAL IN THE FIELD OF PASSENGER RAIL TRANSPORT AND THEIR FULFILLMENT

Roman PRELL¹

Abstrakt

Příspěvek se zabývá dopady klimatické změny v oblasti osobní železniční přepravy a popisuje základní výzvy při transformaci přepravy osob v blízké budoucnosti. Akcent EU na bezemisní přepravu osob skýtá velký potenciál pro rozvoj osobní železniční dopravy, proto příspěvek popisuje i nejdůležitější trendy ve vývoji vozidel a jejich optimální využití v následujících desetiletích.

Klíčová slova

Green deal, bezemisní doprava, budoucnost přepravy osob

Abstract

The text deals with the effects of climate change in the field of passenger rail transport and describes the basic challenges in the transformation of passenger transport in the near future. The EU's emphasis on emission-free passenger transport offers great potential for the development of passenger rail transport, so the text describes the most important trends in the development of vehicles and their optimal use in the coming decades.

Keywords

Green Deal, emission-free transport, future of the passenger transport

1 MINULOST

Vybudováním železnic získalo lidstvo v průběhu devatenáctého století dopravní systém, který svojí rychlostí a výkoností mnohonásobně překonal možnosti do té doby používaných koňských spřežení či pěší chůze. Železnice stála v čele technického pokroku a akcelerovala rozvoj průmyslu i měst.

Avšak v druhé polovině dvacátého století se stávají lídry technického rozvoje dopravy automobily a letadla, železnice rok od roku ztrácela. Tento trend pokračoval v ČR ještě i počátkem 21. století, podíl železnice na přepravních výkonech osobní i nákladní dopravy setrvale klesal. Roční přepravní výkon osobní železniční dopravy v ČR dosáhl minima v roce 2009 v úrovni 6,5 miliard os. km/rok. Následoval obrat k setrvalému růstu, o deset let později, v roce 2019 již osobní železniční doprava v ČR vykázala přepravní výkon v úrovni 10,9 miliard os. km/rok.

V té samé době, tedy mezi roky 2009 a 2019 došlo ke zvýšení počtu v ČR registrovaných osobních automobilů 4,4 milionu vozů na 5,9 milionu vozů. Přesto vzrostly přepravní výkony osobní železniční dopravy o 68 %. Zvýšení střední přepravní vzdálenosti v osobní železniční dopravě ze 39 km na 56 km dokládá, že k růstu přepravních výkonů na české železnici došlo zejména v dálkové osobní dopravě, na modernizovaných tranzitních železničních koridorech. Traťová rychlost 160 km/h

¹ Ing. Roman Prell, Siemens Mobility, s.r.o. Siemensova 1, 155 00 Praha. Tel.: +420 733 622 936, e-mail: roman.prell@siemens.com

a její využívání novými rychlými a komfortními vozidly začaly vytvářet nový obraz moderní železnice, silně vzdálené „skanzenu“ železničních tratí z 19. století a železničních vozidel z 20. století. Na rozdíl od literární tvorby a různých soukromých i spolkových hobby aktivit nemotivuje obyvatelstvo k cestování vlakem nostalgie k dobám minulým, ale rychlost a pohodlí, spojené s aplikací moderních technologií.

Není nutné, jakkoliv snižovat význam národního financování, ale bez zásadního finančního příspěvku z fondů EU a bez důrazného prosazování interoperability, tedy dodržování požadavků TSI, by v ČR na počátku 21. století národní tranzitní železniční koridory nevznikly. Již v době, kdy byla v ČR dávana zdaleka nejvyšší priorita výstavbě dálnic, akcentovala EU programový rozvoj evropského konvenčního i vysokorychlostního železničního systému. Avšak nikoli z úcty tradicím minulosti, ale jako nástroj k zajištění mobility budoucnosti.

I když, popravdě řečeno, v té době významný akcent v dokumentech EU na dopravu budoucnosti s ohledem na ochranu klimatu nikdo v ČR moc nečetl. Podstatná byla výsledná finanční částka získaná z evropských fondů. Skutečnost, že za ni byly kromě investic do rozvoje železničních tratí pořízena například i naftou poháněná vozidla na dalších 30 let provozu (minimálně), určená k náhradě elektrických vozidel provozovaných na elektrifikovaných tratích, mnohé z aktérů ani moc neznekliďovala. Česká republika přijala s povděkem, že Evropská komise podporuje modernizaci a rozvoj železniční dopravy a v rámci kofinancování na ně ze svých zdrojů přispěla též. Avšak, že tak EU činí z důvodu snižování energetické a emisní náročnosti a z environmentálních hledisek, nebylo v České republice v té době náležitě vnímáno.

Podobně byl přehlížen fakt extenzivního rozvoje dopravy, provázeného trvalým meziročním nárůstem spotřeby energie v dopravě o téměř 4 % (dáváno také do souvislosti s rozšířením větších vozidel – SUV) i téměř výhradní (93 %) závislost energií pro dopravu na fosilních uhlovodíkových palivech. A to i v době, kdy již se ostatní odvětví, zejména průmysl a bydlení, aktivně zapojovala do programů úspor energie. Výsledkem je skutečnost, že doprava produkuje v ČR spalováním fosilních paliv více než dvojnásobek oxidu uhličitého než průmysl (2019: doprava 19 mil. t CO₂/rok, průmysl 8 mil. t CO₂/rok). Často deklarované „vysvětlení“, že ČR má velkou uhlíkovou stopu kvůli rozvinutému průmyslu, tak bere za své.

2 PŘÍTOMNOST

V prosinci roku 2015 se reprezentanti téměř dvou set zemí světa (včetně ČR) na konferenci v Paříži dohodli, že zastaví oteplování země na hodnotě 1,5 až 2 °C. Jak potvrdily podrobné propočty provedené Mezinárodní energetickou agenturou IEA a zveřejněné v dokumentu Net-zero by 2050 znamená toto rozhodnutí přestat do roku 2050 používat veškerá fosilní paliva, tedy uhlí, ropu a zemní plyn.

Evropa si klade za cíl stát se lídrem v tomto tažení:

- Evropská komise definovala již v prosinci 2019 ve svém sdělení Evropskému parlamentu a radě COM(2019) 640 Zelená dohoda pro Evropu cíl dosažení uhlíkové neutrality v roce 2050. V kapitole 2.1.5, týkající se dopravy, je uveden cíl snížit do roku 2050 v dopravě emise o 90 %. Jedním ze základních nástrojů k tomu je převedení 75 % nákladní dopravy ze silnic na železnice nebo vodu,
- O rok později, v prosinci 2020 upřesnila Evropská komise ve svém sdělení Evropskému parlamentu a radě COM(2020) 789 Strategie pro udržitelnou mobilitu dopravní politiku EU s velmi silným akcentem na rozvoj bezemisní veřejné hromadné dopravy a na dynamické tempo budování vysokorychlostních železnic náhradou za cestování energeticky a emisně vysoce náročnými letadly a automobily.

Je potěšitelné, že i vládou ČR v březnu letošního roku přijatá Dopravní politika ČR pro období 2021 až 2027 s výhledem do roku 2050, zpracovaná Ministerstvem dopravy ČR, se zásadním

způsobem odklání od nezdravého rozvoje dopravy a jednoznačně deklaruje hodnoty bezemisní mobility a hlásí se k inovativním technologiím pro její uskutečnění.

K naplnění cíle odklonu od používání fosilních paliv vedou dvě navzájem koordinované aktivity:

- v odpovědnosti energetického sektoru je snižování konečné spotřeby energie cestou zvyšování energetické účinnosti transformačních procesů a eliminace používání fosilních paliv k transformačním procesům,
- v odpovědnosti spotřebitelských sektorů je snižování konečné spotřeby energie cestou zvyšování energetické účinnosti spotřebitelských procesů a eliminace používání fosilních paliv ke konečné spotřebě. A to pochopitelně při zajištění potřebných produktů a služeb.

Doprava je součástí spotřebitelského sektoru, tedy jí náleží povinnost zvýšit energetickou účinnost a přestat používat ke konečné spotřebě fosilní paliva. Téma zvýšení energetické účinnosti je pro dopravu zcela zásadní. V roce 2019 spotřebovala doprava v ČR energii v úhrnné hodnotě 79 TWh, z tohoto množství činila uhlovodíková paliva pro spalovací motory 77 TWh. To je pro porovnání více než devítinásobek energie 8,4 TWh/rok, kterou by mohl být při 80 % dostupnosti schopen ročně dodat diskutovaný nový jaderný zdroj v Dukovanech o jmenovitém výkonu 1,2 GW.

Spalovacími motory poháněné dopravní prostředky není možné bez hlubší systémové změny nahradit efektivnějšími způsoby přepravy. Prostá náhrada výše zmíněné energie nedává smysl z těchto důvodů:

- pracně vytvářet 77 TWh/rok energie z obnovitelných zdrojů a ve spalovacím motoru ji přeměnit ze dvou třetin na ztrátové teplo není ideální,
- produkce energie obnovitelných zdrojů pro dopravu v podobě biopaliv 77 TWh/rok není v ČR reálná. Vyžadovala by pěstování biopaliv na pozemcích o ploše 6,4 mil. ha, což je 80 % celkové plochy území ČR o rozloze 7,9 mil. ha, a dovoz značného množství fosforečných hnojiv k zachování obvyklých hektarových výnosů.

Z kvantitativních důvodů musí náhradě fosilních paliv obnovitelnými zdroji v dopravě předcházet zásadní systémová změna cílená k podstatnému zvýšení energetické účinnosti dopravy.

Energetická účinnost dopravy je v současnosti v ČR velmi nízká, respektive energetická náročnost dopravy je velmi vysoká. U tak mohutné energetické spotřeby nelze provést pouhou náhradu fosilních zdrojů obnovitelnými zdroji ale v prvním kroku energetickou náročnost dopravy snížit. Fyzikálně k tomu vedou dva kroky:

- náhrada spalovacích motorů v dopravních prostředcích elektrickými trakčními pohony s vyšší energetickou účinností a se schopností rekuperace energie. Efektem je přibližně 2,5násobné snížení spotřeby energie a úplné odstranění lokálních emisí zdraví škodlivých látek,
- náhrada větší části silniční automobilové dopravy kolejovou dopravou s nižším odporem valení a s nižším aerodynamickým odporem. Efektem je přibližně 3násobné snížení spotřeby energie.

V současnosti je na české železnici zajišťováno 86 % dopravních výkonů osobní dopravy a 95 % dopravních výkonů nákladní dopravy na líniově elektrifikovaných tratích, zatím co silniční dopravě je dosud podíl elektrické vozby minimální. Náhrada silniční automobilové dopravy železniční dopravou je proto zpravidla spojena i s náhradou spalovacích motorů v dopravních prostředcích elektrickými trakčními pohony. Oba efekty se násobí, výsledkem přesunu přeprav ze silnice na železnici je proto přibližně 7,5násobné snížení spotřeby energie a úplné odstranění lokálních emisí zdraví škodlivých látek.

Náhrada spalovacích motorů elektrickými trakčními pohony se však zásadním způsobem týká nejen spotřebitelského sektoru (dopravy), ale i transformačního sektoru (energetiky). V účinnosti proměny energie slunečního záření na využitelnou energii obnovitelných zdrojů jsou totiž zásadní rozdíly.

Na 1 ha vodorovné volné plochy dopadá v ČR energie slunečního záření přibližně 12 000 MWh/rok, které se proměňuje:

- s účinností 0,11 % na uhlovodíková biopaliva s užitkovostí 12 MWh/rok/ha,
- s účinností 18 % na elektřinu, což při 60 % poměru plochy fotovoltaických panelů k ploše pozemku představuje užitkovost 1 200 MWh/rok/ha, tedy ve srovnání s pěstováním plodin pro biopaliva stokrát vyšší.

Navíc z důvodu vyšší účinnosti elektrického trakčního pohonu, se srovnání s pohonem spalovacím motorem postačuje, pro pokrytí konečné spotřeby energie v dopravě 2,5krát méně elektrické energie než energie uhlovodíkových paliv. Fotovoltaické elektrárny jsou schopny zajistit energii pro dopravu na 250krát menší ploše pozemků než pěstovaná biopaliva. I při navýšení ploch fotovoltaických elektráren k vytvoření rezervy na pokrytí ztrát při akumulování elektrické energie, nutným pro vyrovnání denního i ročního cyklu slunečního svitu, je mezi potřebnými plochami polí pro pěstování biopaliv, a potřebnými plochami FV elektráren, poměr dvou řádů.

3 BUDOUCNOST

Cestou k zásadnímu snížení energetické náročnosti dopravy, které je pro zajištění cílů v oblasti její dekarbonizace nutností, je bezemisní multimodální mobilita. Jde o racionální kombinaci veřejné hromadné dopravy a individuální dopravy s cílem neomezovat, ale rozvíjet a zkvalitňovat mobilitu osob i věcí, avšak s minimální spotřebou energie, minimálními negativními účinky na životní prostředí bez emisí:

- všude tam a jenom tam, kde jsou silné a pravidelné přepravní proudy vybudovat a provozovat vysoce kvalitní, komfortní a rychlou, a přitom energeticky nenáročnou veřejnou hromadnou dopravu, zejména kolejovou,
- všude tam, kde jsou slabé a nepravidelné přepravní proudy, upřednostnit energeticky méně efektivní individuální automobilovou dopravu, ale třeba i jízdní kola či pěší chůze, neboť je to operativnější a flexibilnější než veřejná hromadná doprava.

Toto nikoliv konkurenční, ale kooperační (spolupracující) a komplementární (doplňující se) spolupůsobení různých druhů dopravy je motivováno snahou, aby každý dopravní systém byl používán v aplikacích, kde vynikají jeho přednosti před jeho nedostatky.

Plná parkoviště P + R poblíž železničních stanic i zastávek dokládají oblibu kombinované přepravy osob. A to jak při denním dojíždění do zaměstnání v rámci regionu, tak i při dálkovém cestování. Cestující se přirozeně vyhýbají některým činnostem:

- neradi čekají na autobus, který je s intervalem hodina či dvě přiváží k železnici a neradi chodí daleko pěšky, k vlaku se raději dopraví automobilem,
- neradí řídí automobil na větší vzdálenosti, raději volí vlak a čas strávený cestou plnohodnotně využijí k práci, zábavě či odpočinku.

Tento trend vhodného dělení přepravních úloh mezi veřejnou a individuální dopravou je velmi pozitivní, umožňuje soustředit investiční i provozní prostředky do veřejné dopravy tam, kde je nejvíce využívána, a kde proto přináší největší úspory energie a emisí. Avšak k tomu, aby lidé přirozeně preferovali energeticky a emisně výhodnější veřejnou hromadnou dopravu před individuální automobilovou dopravou, musí být splněny dvě podmínky:

- kvalita přepravní nabídky, zejména rychlost a komfort, ale též možnost plnohodnotného využití času stráveného cestováním
- kvantita přepravní nabídky (kapacita tratí, četnost spojů i kapacita vozidel) musí být schopna přijmout přepravní zvýšenou poptávku.

3.1 Rychlostí a pohodlím k úsporám energie

Nemusíme zdlouhavě vymýšlet nové a revoluční energeticky úsporné druhy přepravy, ty již máme. Musíme nicméně vhodnými opatřeními cestující motivovat k jejich využívání. Jen malá část obyvatelstva má silné vnímání klimatických změn či jiné ušlechtilé pohnutky k preferenci veřejné hromadné dopravy před dopravou individuální. Většina obyvatelstva se rozhoduje podle užitku, kterou jim cesta přináší, tedy podle rychlosti, pohodlí a ceny. Z hlediska celospolečenských efektů se vyplatí jim naslouchat a jejich potřeby veřejnou hromadnou dopravou plnit.

Kvalitu i kvantitu veřejné hromadné dopravy zásadním způsobem určuje také dopravní cesta. To platí i pro českou železnici, která nyní prochází výrazným investičním rozvojem. Důležitým trendem je postupný přechod pod jednotný evropský vlakový zabezpečovač ETCS. Základním důvodem hromadné instalace techniky ETCS na tratích a na vozidlech je zásadní zvýšení bezpečnosti v podobě minimalizace pravděpodobnosti vzniku dopravních nehod, způsobených chybou lidského faktoru (přehlednutí, chybné pochopení či nerespektování návěsti). Avšak důležité jsou i další souvislosti:

- zvýšení traťových rychlostí k hodnotě 200 km/h na konvenčních železničních tratích a využívání traťových rychlostí až 350 km/h na nově budovaných vysokorychlostních železničních tratích,
- urychlení konverze napájecího systému 3 kV na systém 25 kV,
- urychlení elektrifikace dosud neelektrifikovaných tratí, aby se předešlo instalaci OBU ETC na neperspektivní naftová vozidla,
- urychlení obměny parku elektrických vozidel, aby se předešlo instalaci OBU ETC na neperspektivní přestárlá vozidla,
- mezigostovní provoz bez jakýchkoli bariér.

Instalaci ETCS tak lze vnímat jako součást celkového upgrade české železnice směrem k vyšší bezpečnosti, vyšší výkonnosti, vyšším rychlostem a k novým bezemisním vozidlům.

Neméně významným krokem je zahájení integrace české republiky do evropského vysokorychlostního železničního systému. Přitom nově budované vysokorychlostní tratě jsou nejen spojnicí významných evropských cílů, ale i spojnicí důležitých (krajských) měst v ČR. Pilotní úseky vysokorychlostních tratí Polabí, Jižní Morava a Moravská Brána jsou přitom trasovány paralelně s velmi silně ztíženými konvenčními tratěmi a budou tedy v první etapě svého užití sloužit k odlehčení konvenční železniční sítě, budou na ně odkloněny rychlíky, aby na konvenčních tratích bylo více prostoru pro regionální osobní vlaky a pro nákladní vlaky.

Odklonění rychlíků na pilotní úseky vysokorychlostních tratí má významný dopad na vývoj parku vozidel. S cílem minimalizovat nežádoucí namáhání tratě dostředivými příčnými silami je nutno traťové oblouky, geometricky řešené pro provoz vlaků vysokými rychlostmi (320 respektive 350 km/h) projíždět rychlostmi alespoň 200 až 230 km/h, tedy s nevelkým přebytkem převýšení. Tento trend je plně v souladu jak s vývojem na konvenčních tratích v ČR, a také i na navazujících modernizovaných železničních tratích v Německu, Rakousku, Slovensku a Polsku. Ty již jsou, nebo budou, modernizovány tak, že i na nich bude rychlost 200 km/h, respektive 230 km/h využitelná.

3.2 Trendy v oblasti vozidel pro osobní železniční dopravu

Pro železniční osobní dopravu je nosným vývojovým trendem úsilí snížit energetikou emisní náročnost dopravy. A to jak cestou úspor energie a emisí technickými inovacemi v rámci téhož dopravního módu, to znamená přímo na železnici, tak i cestou úspor energie a emisí technickými inovacemi, které motivují cestující k odklonu od dosud používaného dopravního módu k přechodu na energeticky a emisně úspornější dopravní mód, to znamená z letecké a automobilové dopravy směrem na železnici.

Vysokorychlostní železniční doprava

S cílem nahradit energeticky, emisně i časově neefektivní leteckou a automobilovou dopravu moderní železnici je prvořadý akcent EU i jednotlivých zemí aktuálně kladen na rozvoj sítě vysokorychlostních železnic. To staví interoperabilní vysokorychlostní elektrické trakční jednotky do prioritní pozice. Na rozdíl do doby nedávné, kdy bylo jejich pořízení krokem do neznáma, kdy byly teoreticky i experimentálně zjišťovány zákonitosti jízdy vysokými rychlostmi, jsou již v současnosti i vysokorychlostní železniční vozidla vývojově vyzrálá a v praxi ověřená. Smyslem technických inovací se stala jejich optimalizace, soustředěná do tří základních směrů:

- snižování energetické náročnosti, a to jak cestou snižování aerodynamického odporu, tak i cestou zvyšování účinnosti trakčního pohonu,
- snižováním nákladů na údržbu, tedy zvyšováním spolehlivosti jednotlivých komponent a snižováním jejich údržbové náročnosti,
- všestranný růst cestovního pohodlí, zejména spojené s tématem ergonomie (růst vlivu tzv. Human Factors).

Vlivem vysoké cestovní rychlosti, i vlivem taktového provozu na dlouhých ramenech, dosahují vysokorychlostní elektrické trakční jednotky velmi vysokého stupně využití, charakterizovaného denními proběhy v tisících km. To zcela mění navýklou strukturu nákladů životního cyklu. Pořizovací cena se u vysokorychlostních vozidel stává ne až tolik významnou nákladovou položkou, v přepočtu na kilometr a osobu (Kč/os km) jsou proto vysokorychlostní elektrické trakční jednotky zcela jednoznačně nejlevnějšími kolejovými vozidly. Například oproti městským tramvajím, které jsou vlivem své nízké oběhové rychlosti z hlediska provozní produktivity (km/den) na opačné straně spektra kolejových vozidel, jsou měrné ceny vysokorychlostních elektrických jednotek zhruba desetkrát nižší.

Tato fyzikální realita vysvětluje, proč mohou být jízdenky vysokorychlostních železničních relativně levné (analogie s levnými letenkami je zcela na místě) i proč je tak zásadní důraz kladen na minimalizaci spotřeby energie i nákladů na údržbu (Kč/km). Jde totiž o hodnoty, které jsou násobené obrovskými každodenními proběhy.

Avšak nejen provoz vozidla, ale zejména péče o cestujícího je v centru pozornosti. Technické inovace směřují k nejvyšší kvalitě chodu, důkladnému odhlučnění, příjemnému individualizovanému osvětlení a nově podobě informačních systémů. Samostatným tématem je železniční catering, který vyžaduje výkonné a spolehlivé palubní elektrické sítě a vysokou úroveň řídicích systémů.

Dálková železniční doprava na konvenčních železničních tratích

Z hlediska propustnosti tratí i tvorby jízdního řádu je na vysokorychlostních železničních tratích ideálním řešením provoz, pokud možno typově stejných vlaků. V takovém případě lze, podobně jako například u systémů metra, v průběhu dne přizpůsobovat přepravní nabídku přepravní poptávce (sedlo/špička) změnou intervalu mezi vlaky. Podobně lze zkrácením intervalu mezi vlaky reagovat i na kontinuální vývoj (růst) přepravní poptávky v delším časovém horizontu, řádu let či desetiletí.

Na konvenčních železničních tratích taková praxe možná není. V souběhu dálkové osobní dopravy, regionální osobní dopravy dohromady s nákladními vlaky již zpravidla nelze počet dálkových vlaků zvyšovat. Z toho vyplývá nutnost orientace na flexibilnější řešení, než je ucelená trakční jednotka. Tradiční řešení, tedy lokomotiva s jednotlivými vozy není zcela ideální, zde několik nevýhod:

- vozy spolu navzájem energeticky nespolupracují, každý má svoji 3 AC palubní elektrickou síť bez redundantního zdroje, při jeho výpadku je vůz nefunkční,
- tradiční UIC mezivozové rozhraní (sklopné plechové můstky, pryžové návalky a posuvné dveře) je zejména při vyšších rychlostech nevhodné. Vytváří bariéru při průchodu vlakem, do vozu jimi vniká hluk, prach, tlakové vlny i chlad, respektive teplo,

- sestava jednotlivých vozů není pro cestující zárukou kompletnosti a jednotnosti, nevnímají ji jako důvěryhodný značkový produkt,
- časté rekonfigurace vozů snižuje spolehlivost HW i SW řízení,
- chybí centralizace komunikační a diagnostické techniky.

Vhodným řešením pro EC/IC vlaky na konvenčních tratích (a s možností určitého využití i na vysokorychlostních) se ukázaly lokomotivou dopravované (tažené či sunuté) tlakotěsné netrakové jednotky, na konci opatřené řídicím vozem. Zajišťují cestujícím vysoký komfort, neboť jsou vzdáleni komponentům trakčního pohonu, které jsou zdrojem hluku a vibrací, nejsou obtěžováni prachem, hlukem, tlakovými vlnami a chladem/teplem od mezivozových přechodů. Díky stálé konfiguraci, společné 3AC palubní elektrické síti s redundancí zdrojů i společné diagnostiky jsou velmi spolehlivé. Volně průchozí tlakotěsné mezivozové přechody vytvářejí společný vnitřní prostor bez bariér. Cestující je vnímají jako přepravní produkt, ve kterém jsou všechny vozy stejné (vysoké) kvality a vždy v plné sestavě (nechybí restaurační vůz a podobně). Strategické posilování (v průběhu delšího období) je možné přidáváním vozů dovnitř do jednotky, operativní posilování (například v pátek) je možné přidáváním vozů vně do jednotky. Díky nejvyšší provozní rychlosti 230 km/h mohou využívat, zejména v prvních etapách výstavby, vysokorychlostní železniční trať trasované pro rychlosti kolem 300 km/h. Dostředivá příčná síla, způsobená přebytkem stavebního převýšení, se zvyšující se minimální rychlostí příznivě zmenšuje a leží tak v akceptovatelných mezích.

Zvyšování rychlosti jízdy vlaků na Evropských železnicích, které je provázáno zkracováním doby přepravy, výrazně mění charakter cestování:

- kratší relace řešené původně leteckým cestováním, lze nově zvládnout v průběhu několika hodin denního cestování,
- střední relace řešené původně nočním cestováním železnicí, lze nově zvládnout v průběhu několika hodin denního cestování,
- delší relace řešené původně leteckým cestováním, lze nově zvládnout nočním cestováním železnicí.

Zatím co mnohé tradiční linky lůžkových vlaků končí, neboť je lze zvládnout vlakem během několika hodin v sedě (viz proměna tradičních vnitrostátních lůžkových spojení Praha – Ostrava a Praha – Zlín v denní vlaky), tak nové linky lůžkových vlaků vznikají, a to v evropské dimenzi. Vznikají pro ně moderní lůžkové vozy s velkým akcentem na tichou a klidnou jízdu, odpovídající komfort, bezpečnost, hygienické podmínky i catering.

Regionální doprava na elektrifikovaných tratích

Regionální osobní zastávkové vlaky jsou z hlediska cestovní rychlosti na hlavních tratích nejpomalejším segmentem vlakové dopravy. Jak z důvodu vytvoření atraktivní přepravní nabídky, tak i z důvodu zvýšení kapacity tratě (nezdržování ostatních vlaků, minimalizace počtu předjíždění) je rozumné osobní zastávkové vlaky pokud možno zrychlit, tedy dosáhnout velké rozjezdové zrychlení a brzdné zpomalení (m/s^2). S tím tedy souvisí velký měrný trakční výkon i velký měrný brzdný výkon (kW/t). Cesta k vyšší dynamice jízdy vede jak přes zvýšení parametrů trakčního pohonu, tak i snížením hmotnosti. Snížení hmotnosti též přináší úspory energie i úspory nákladů na údržbu, neboť lze snížit poměr počtu podvozků k délce vozidla.

Významným krokem ke snížení hmotnosti vozidel je zmenšení rozměrů trakčních motorů tak, aby bylo možno aplikovat místo tradičních podvozků s vnějším rámem inovativními podvozky s vnitřním rámem, což přináší významnou (zhruba třetinovou) úsporu hmotnosti. Aplikace podvozků s vnitřním rámem též výrazně mění vzájemné porovnání výhodnosti vozidel s Jakobsovým uspořádáním a vozidel s obyčejnými podvozky. Lehčí podvozky totiž ztlačně pomáhají řešit téma limitu zatížení středních podvozků a díky tomu je možno prodloužit vozové skříně.

Regionální doprava na nejvíce zatížených tratích

S rostoucím trendem bydlení nikoliv ve městech, ale okraji měst (suburbanizace) rok od roku rostou požadavky na regionální dopravu mezi městy a jejich okolím. Například v Praze a Středočeském kraji vzrostl mezi roky 2010 a 2019 počet cestujících železnicí v rámci Pražské integrované dopravy na 180 % a další domy jsou v okolních obcích stavěny. V minulých letech uplatňovaná praxe zvyšování přepravní nabídky cestou zvyšování počtu vlaků (zkracováním intervalu mezi vlaky), již dosáhla meze kapacity dráhy, kterou využívají regionální jednotky též v souběhu dálkovými vlaky a s nákladními vlaky. Počty vlaků již nelze zvýšit. Je proto potřeba navýšit počet sedadel, avšak při respektování délky nástupišť. Nejde o specifické téma ČR, podobá situace aktuálně nastává v příměstské regionální osobní železniční dopravě v okolí řady velkých evropských měst, požadavek na velkokapacitní vozidla (HC) je velmi obvyklý.

V sortimentu jednopodlažních elektrických trakčních jednotek jsou aktuálně využívána dvě různá řešení:

- v zemích, kde jsou na železnici zavedena nízká nástupiště (viz například 550 mm nad TK v ČR a v Rakousku, nebo 760 mm nad TK v Německu a Belgii) jsou používána nízkopodlažní vozidla (prolomená skříň) s elektrickou výzbrojí povětšinou umístěnou na střeše,
- v zemích, kde jsou na železnici zavedena vysoká nástupiště (viz například v Anglii či v Rusku) jsou používána vozidla se standardní výškou podlahy (prizmatická skříň) s elektrickou výzbrojí povětšinou koncentrovanou pod podlahou.

Ve středoevropském obrysu pro vozidla G2 s kinematickou výškou 4 680 mm nad TK lze nad sebou umístit dvě podlaží s přepravními prostory pro cestující, přičemž nástupní prostory do spodního podlaží lze přizpůsobit výšce nástupiště v úrovni 550 mm nad TK. Tím lze ve srovnání s jednopodlažním uspořádáním v netrakčních vozech výrazně zvýšit přepravní kapacitu. V trakčních vozech by při dvoupodlažním uspořádání nebylo možno z důvodů obrysu umístit elektrickou výzbroj ani pod vůz, ani na střešku, tedy by musela být situována v interiéru. To zkracuje prostor využitelný k přepravě pro cestující. Ve voze by sice byla dvě podlaží, ale byla by velmi krátká. Pak tedy nevýhody dvoupodlažního provedení (schodiště) převyšují nad výhodami. Jako optimálním se jeví řešení semidvoupodlažních regionálních elektrických trakčních jednotek, tvořené kombinací čelních trakčních jednopodlažních vozů (nízkopodlažních s elektrickou výzbrojí na střeše) a vložených dvoupodlažních vozů. A to jak z pohledu velikosti přepravní kapacity, tak i cestovního pohodlí a podmínek pro údržbu (interiér vozidla slouží jen cestujícím, nikoliv trakčním zařízením, k těm má údržba snadný přístup z venku).

Regionální doprava na tratích bez liniové elektrifikace

Liniová elektrifikace je zásadní předností kolejové dopravy. Dává vozidlům, vysokou výkonnost, prakticky neomezený dojezd, tichý a čistý provoz s vysokou energetickou účinností (s nízkou spotřebou energie) a bez emisí. V ČR je liniově elektrifikováno jen 34 % délky železniční sítě, což je ve srovnání s okolními státy relativně málo (SK: 49 %, AT: 71 %, DE: 61 %, PL: 75 %). Avšak jde o hlavní tratě s intenzivním provozem, proto v ČR zajišťuje elektrická vozba 82 % dopravních výkonů osobní železniční dopravy. Skutečnost, že na zbývajících 18 % dopravních výkonů osobní železniční dopravy spotřebují naftou poháněná vozidla přes 40 % z celkové spotřeby energie pro osobní železniční dopravu vyvrací mýtus o energetické nenáročnosti motoráčků. Výsledná měrná spotřeba energie je u naftových vozidel více než trojnásobná vůči elektrickým vozidlům. To se pochopitelně promítá i do výše nákladů na energii, ke kterým se u naftových vozidel přidávají i výrazně vyšší náklady na údržbu ve srovnání s vozidly elektrickými.

Jednoznačnou orientací je proto rozvoj liniové elektrifikace dalších tratí, aktuálně je v ČR schválena elektrifikace 650 km tratí a další projekty jsou řešeny. Avšak tématem je i zajištění bezemisního energeticky úsporného provozu i na tratích bez liniové elektrifikace, tedy vozidly se zásobníky energie. Ta se postupně profilují do dvou skupin:

- BEMU, tedy dvouzdrojové elektrické trakční jednotky trolej/akumulátor s lithiovými akumulátory. Současný stav techniky umožňuje stavět tato vozidla v závislosti na provozních podmínkách s dojezdem cca 80 až 120 km EOL (na konci životnosti akumulátoru). Vysoce výkonné lithiové akumulátory typu HC dávají těmto vozidlům jak trakční vlastnosti na úrovni běžných EMU a vysoce výkonnou rekuperační elektrodynamickou brzdu (provozní brzdění je výhradně elektrodynamické rekuperační s pozitivním dopadem na snížení spotřeby energie i na prodloužení dojezdu), tak i schopnost rychlého nabíjení přes sběrač z trakčního vedení 25 kV v čase 15 až 20 minut. A to za stání v liniově elektrifikované železniční stanici (statické nabíjení), respektive za jízdy po liniově elektrifikované železniční trati (dynamické nabíjení).
- Robustní dráhové lithiové akumulátory s životností 15 let vytvářejí provozovateli vozidla BEMU v polovině technického života vozidla možnost rozhodnutí, zda v rámci periodické údržby trakční akumulátor v BEMU obměnit, nebo zda jej již neobnovovat, neboť postupná liniová elektrifikace dalších železničních tratí natolik pokročila, že již akumulátor vozidlo nepotřebuje, a vozidlo lze v druhé polovině jeho technického života provozovat jako EMU,
- HMU, tedy palivočlánkové vodíkové elektrické trakční jednotky s vyrovnávacími lithiovými akumulátory. Vysoce výkonné lithiové akumulátory typu HC dávají i těmto vozidlům trakční vlastnosti na úrovni běžných EMU. Jde o hybridní princip, krátkodobý trakční výkon je určen výkonem vyrovnávacích trakčních akumulátorů, dlouhodobý trakční výkon je určen výkonem palivových článků. Předností vodíkových vozidel je dojezd 600 až 900 km, avšak vyžadují zázemí v podobě elektrolyzérů pro výrobu vodíku v kvalitě pro palivové články (čistota 99,97 %) v blízkosti plnicí stanice. Ve vozidlech je používán vodík stlačený na tlak 35 MPa. Přepouštění vodíku z plnicí stanice do vozidla není jednoduchým tématem. S cílem zkrátit dobu plnění vodíkových nádrží ve vozidle na čas 15 minut jsou vyvíjeny systémy datové komunikace mezi vozidlem a plnicí stanicí (přenos informací o teplotě a tlaku).

Volba, zda pořídit k zajištění osobní dopravy na dosud neelektrifikovaných tratích dvouzdrojové elektrické trakční jednotky trolej/akumulátor (BEMU) nebo palivočlánkové vodíkové elektrické trakční jednotky HMU závisí na budoucím rozvoji infrastruktury v dané lokalitě v horizontu nejbližších 30 let, odpovídajících době technického života železničních vozidel:

- pokud v předmětném teritoriu je, respektive do roku 2050 bude, alespoň částečná liniová elektrifikace tratí železniční sítě, je pro neelektrifikované tratě vhodná orientace na dvouzdrojové elektrické trakční jednotky trolej/akumulátor (BEMU). Liniová elektrifikace hlavních tratí vytváří příznivé podmínky pro provoz BEMU na přilehlých vedlejších tratích, neboť jim dává příležitosti pro jejich statické i dynamické nabíjení. Zároveň též liniová elektrifikace částí tratí zkracuje potřebnou délku dojezdu a tím i potřebnou velikost akumulované energie. V územích s částečnou liniovou elektrifikací železniční sítě není pro BEMU nutno budovat mnoho napájecích bodů. BEMU též zhodnocují investice do liniové elektrifikace hlavních tratí, neboť ji prostřednictvím akumulátorů využívají i k provozu na okolních tratích. Též je důležité, že případný budoucí další rozvoj liniové elektrifikace nemaří investici do pořízení BEMU, tato vozidla lze používat i na elektrifikovaných tratích v režimu EMU,
- pokud v předmětném teritoriu není a do roku 2050 nebude budována alespoň částečná liniová elektrifikace tratí železniční sítě, je vhodná orientace na palivočlánkové vodíkové elektrické trakční jednotky HMU, a to za podmínky, že je v témže teritoriu dostatek levného vodíku v kvalitě pro palivové články, tedy nikoliv vodík vyráběný destilací ropných zbytků či vodík vyráběný parním reformingem metanu (s čistotou 98,5 až 99 %), ale vodík elektrolytický. Druhá podmínka, tedy dostatek levného vodíku v kvalitě pro palivové články, určuje vazbou dopravy na energetiku. Účinnost energetického

řetězce elektrolýza – komprese – doprava vodíku – plnění vodíku – palivový článek – vyrovnávací akumulace je kolem 30 %, tedy zhruba třetina ve srovnání s účinností akumulace elektrické energie v lithiovém akumulátoru. Proto je produkce vodíku pro energetické účely bytostně spojena s rozvojem obnovitelných zdrojů elektrické energie, zejména větrných a solárních elektráren. Činnost obnovitelných zdrojů elektrické energie je provázána cyklicky se vyskytujícími obdobími přebytků elektrické energie, vhodných k výrobě vodíku. Produkce vodíku navíc musí být blízko místa užití, neboť doprava vodíku je drahá a energeticky náročná. Automobil, který přepravuje vodík je vlivem vysoké hmotnosti ocelových tlakových lahví (cca 50 kg na 1 kg vodíku) více než sto krát těžší než přepravovaný vodík.

S ohledem na tyto specifika nachází vodíková vozba (HMU) uplatnění zejména poblíž mořských pobřeží s velkými parky větrných elektráren v mořských mělčinách, zatímco akumulátorová vozba se dobře hodí jako doplněk k elektrické vozbě na částečně elektrifikované železniční síti.

4 ZÁVĚR

Aplikacemi moderních technologií, jak ve strojírenství, tak v elektrotechnice, procházejí železniční kolejová vozidla kontinuálními inovacemi. Cílenými jak ke zkvalitnění přepravní nabídky a ke snížení energetické a emisní náročnosti dopravy.



Literatura

- [1] COM(2019) 640 final, 15051/19. Sdělení Komise Evropskému parlamentu, Evropské radě, Radě, Evropskému hospodářskému a sociálnímu výboru a Výboru regionů – Zelená dohoda pro Evropu. Brusel: Rada Evropské unie, 2019.
- [2] COM(2020) 789 final, SWD(2020) 331 final. Sdělení Komise Evropskému parlamentu, Radě, Evropskému hospodářskému a sociálnímu výboru a Výboru regionů – Strategie pro udržitelnou a inteligentní mobilitu – nasměrování evropské dopravy do budoucnosti. Brusel: Rada Evropské unie, 2020.