

Jiří Pohl¹

Vize rozvoje elektromobility

Klíčová slova: *fosilní paliva, uhlíková stopa, dekarbonizace mobility, bezemisní doprava, elektrická železnice, změna systému napájení, dokončení elektrizace, vysokorychlostní železnice, akumulátorová vozidla*

Úvod

Mobilita je důležitou součástí současného životního stylu. Ten lze charakterizovat stále vyšším stupněm dělby práce, který je provázen koncentrací lidských činností – průmyslu, zemědělství, školství, zdravotnictví, služeb i kultury, přímo související s využíváním výhod z rozsahu a výhod ze struktury. Všeobecně dostupná přeprava osob i zboží je nutnou podmínkou fungování tohoto systému. Zejména v superpozici s rozumnými snahami dekoncentrovat osídlení a rozprostřít jej po celé ploše území. Svoboda pohybu je také klíčem k dalším lidským svobodám – pracovat, vzdělávat se, navštěvovat se, cestovat. Volný pohyb osob a věcí je základním předpokladem k fungování trhu, k prodeji a nákupu zboží.

V České republice tvoří 97 % energie pro mobilitu uhlovodíková paliva, zejména ropné produkty a jejich náhražky. Jen 3 % energie pro dopravu zajišťuje elektrická energie. Při vědomí silné závislosti mobility na ropných produktech je nutné přistupovat s plnou odpovědností k nedávnému rozhodnutí lidstva zcela přestat používat fosilní paliva a orientovat se výhradně na energii z obnovitelných zdrojů.

Energie fosilních paliv, nebo ochrana klimatu? Ochrana klimatu!

V pátek 22. dubna 2016 podepsal na zasedání OSN v New Yorku zástupce České republiky ministr životního prostředí Richard Brabec, podobně jako ostatní zástupci 175 zemí světa, závěrečný protokol z Pařížské klimatické konference z 12. 12. 2015. Poselství tohoto dokumentu je zásadní. Pod tíhou reality klimatických změn se obyvatelstvo planety Země svobodně rozhodlo, že v krátké době zcela přestane používat fosilní uhlovodíková paliva: uhlí, ropu a zemní plyn. Neboť jediná dosud známá cesta k zastavení oteplování Země na hodnotě 1,5 °C až 2 °C vůči době předindustriální, což je dohoda uvedená v článku 2 Pařížského protokolu, je poslat do ovzduší již jen posledních 750 miliard tun oxidu uhličitého (pro cílové

¹ Ing. Jiří Pohl, 1951, vystudoval elektrickou trakci na Vysoké škole dopravní v Žilině. Od roku 2000 působí u společnosti Siemens v oddělení Engineeringu divize Mobility. Po letech práce na projektových úkolech se nyní věnuje zejména průřezovým strategickým rozvojovým projektům a je odpovědný za růst odborné kvalifikace pracovníků ve vývojovém a konstrukčním centru kolejových vozidel Siemens. Vyučuje na vysokých školách, publikuje v odborných časopisech a reprezentuje společnost Siemens na dopravních konferencích.

oteplení 1,5 °C), respektive posledních 1 500 miliard tun oxidu uhličitého (pro cílové oteplení 2 °C).

Jde pravděpodobně o jedno z nejzásadnějších rozhodnutí, které lidstvo kdy učinilo. Dalo přednost zachování klimatu před pokračováním ve využívání energie fosilních paliv. Přitom právě energie uvolněná spalováním fosilních paliv posunula lidskou civilizaci za uplynulých zhruba dvě stě let zásadním způsobem vpřed. Došlo k rozvoji všeobecného blahobytu, průmyslu, dopravy i bydlení v kvalitě i rozměrech, které nemají v dějinách lidstva srovnání. V návaznosti na to došlo k velkému pokroku i v oblasti vzdělanosti, zdravotnictví, školství, kultury a umění.

Nebylo by správné hovořit v minulém čase, vždyť i v současnosti je lidská civilizace na energii fosilních paliv velmi závislá. Kupříkladu na občana České republiky připadá denní spotřeba primární energie 134 kWh/den (střední příkon 5,6 kW) a z toho 102 kWh (střední příkon 4,2 kW) tvoří fosilní paliva:

- 13 kWh/den černé uhlí,
- 36 kWh/den hnědé uhlí,
- 28 kWh/den ropné produkty,
- 24 kWh/den zemní plyn.

Fosilní paliva jsou velice vydatným a snadno dostupným zdrojem energie. Avšak spalováním fosilních paliv se v nich obsažený uhlík neztrácí, to by odporovalo zákonu zachování hmoty. Jen se stěhuje z podzemí na oblohu, a to v podobě oxidu uhličitého. Jeho roční produkce činí na občana ČR zhruba 11 t CO₂/obyvatele/rok, což řadí Českou republiku na jedno z prvních míst na světě v této nežádoucí disciplíně (světový průměr je 4,4 t CO₂/obyvatele/rok, Čína má 6,2 t CO₂/obyvatele/rok, průměr EU činí 7,4 t CO₂/obyvatele/rok). Proto dolehnou na občany ČR budoucí dekarbonizační (antifosilní) opatření dost tvrdě. Více než na země, které jsou ve spotřebě fosilních paliv střednější.

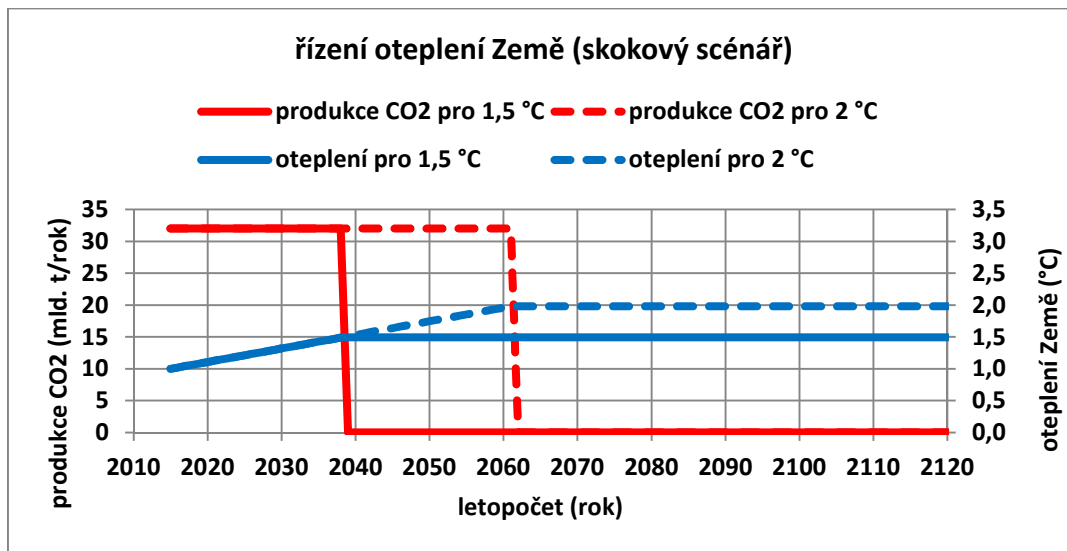
Důsledky spalování fosilních paliv

Před začátkem industrializace, která je využíváním fosilních paliv bytostně spojena, tedy ještě koncem 18. století, bylo v zemském obalu 3 500 miliard tun CO₂ (koncentrace 280 ppm). Spalováním fosilních paliv bylo množství CO₂ v zemském obalu zvýšeno na současnou hodnotu cca 5 000 miliard t CO₂ (koncentrace 400 ppm). V důsledku toho došlo ke zvýšení tepelně izolační schopnosti zemského obalu, což se projevilo vzrůstem střední teploty Země asi o 1 °C vůči době předindustriální.

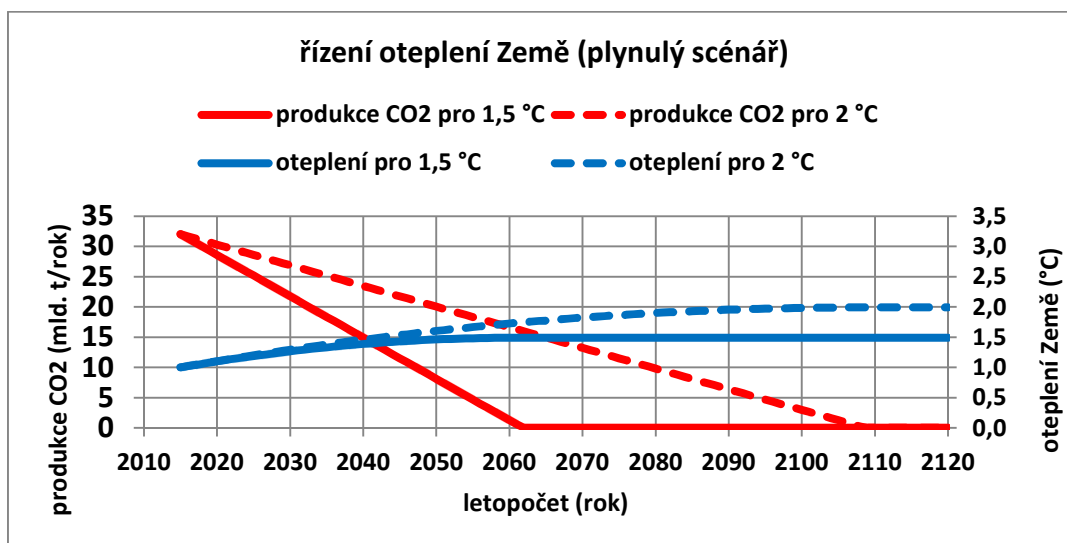
Řešení

K naplnění limitů, dohodnutých klimatickými experty z celého světa v Paříži v prosinci loňského roku a potvrzeného politiky v New Yorku v dubnu letošního roku, již tedy zbývá jen 0,5 °C až 1 °C. To, jak je výše uvedeno, odpovídá zvýšení obsahu oxidu uhličitého v zemském obalu o dalších již jen 750 miliard tun CO₂ (pro cílové oteplení Země 1,5 °C), respektive o dalších již jen 1 500 miliard tun CO₂ (pro cílové

oteplení Země 2 °C). Tyto limity, při současné intenzitě spalování fosilních paliv, která v roce 2015 vedla k celosvětové produkci 32 miliard tun CO₂/rok, vymezují jen velmi krátké časové období, které má lidstvo na zásadní změnu ve svém energetickém chování. Při stále produkci CO₂ na úrovni roku 2015 by bylo na Zemi možné používat jakákoliv fosilní paliva pouhých 23 let (do roku 2038) pro cílové oteplení Země 1,5 °C, respektive jen 47 let (do roku 2062) pro cílové oteplení Země 2 °C.



Scénář budoucího náhlého (skokového) opuštění fosilních paliv však není pravděpodobný, přirozenější je postupný pokles. Pokud by byl tento pokles lineární, pak budou příslušná časová období k poklesu spotřeby fosilních paliv až na nulu dvojnásobná, tedy 47 let (do roku 2062) pro cílové oteplení Země 1,5 °C, respektive 94 let (do roku 2109) pro cílové oteplení Země 2 °C. To ovšem platí jen za podmínky neprodleného zahájení procesu kontinuálního lineárního poklesu spotřeby fosilních paliv od okamžiku sjednání Pařížské dohody v prosinci 2015.

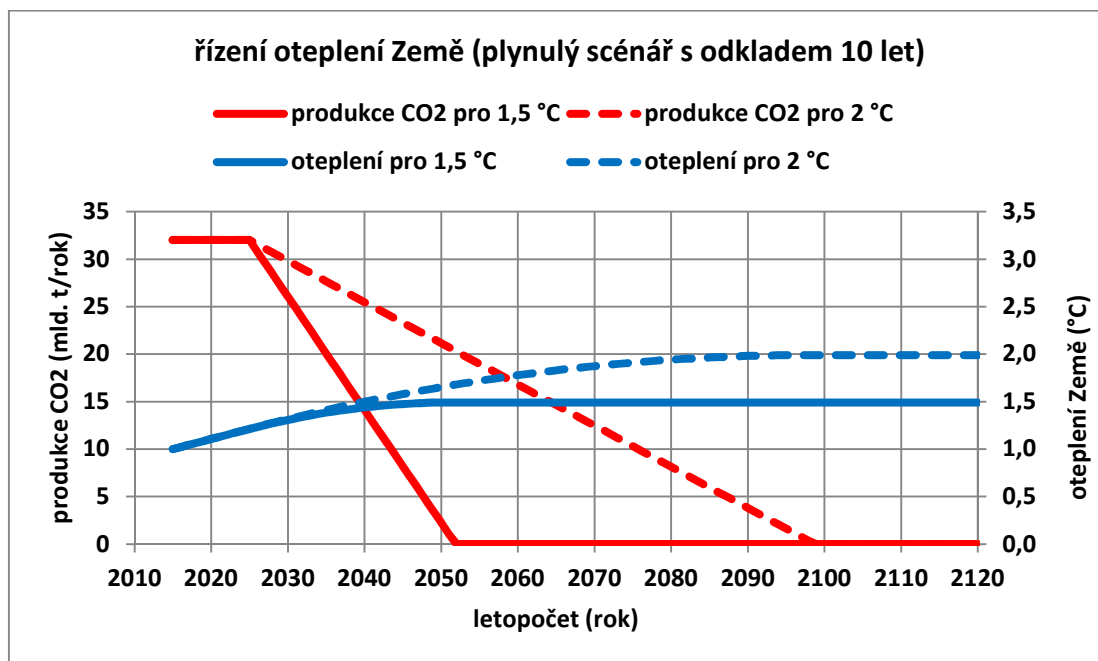


Lze těžko předvídat, jak racionálně se bude lidstvo chovat a jaké konflikty při plnění těchto cílů nastanou. Ložiska fosilních paliv nejsou na zemském povrchu

rozprostřena rovnoměrně, což je příčinou silného transferu peněz ze států, které příslušná naleziště nemají, do států, které je mají. Nové bezemisní technologie, jež jsou pro svět nástrojem k tomu, jak nahradit fosilní paliva obnovitelnými zdroji, proto nevítají všichni s nadšením. Vždyť jen exhalace oxidu uhličitého, vzniklého spálením v současnosti existujících ověřených geologických zásob fosilních paliv, by stačily na zvýšení oteplení Země o 3,2 °C. Řada států a institucí dosud profitujících z těžby a prodeje fosilních paliv tedy bude muset budoucí využití svého bohatství v podobě ložisek fosilních paliv oželeť. Logicky se proto budou velmi snažit o to, aby cíle Pařížské konference naplněny nebyly.

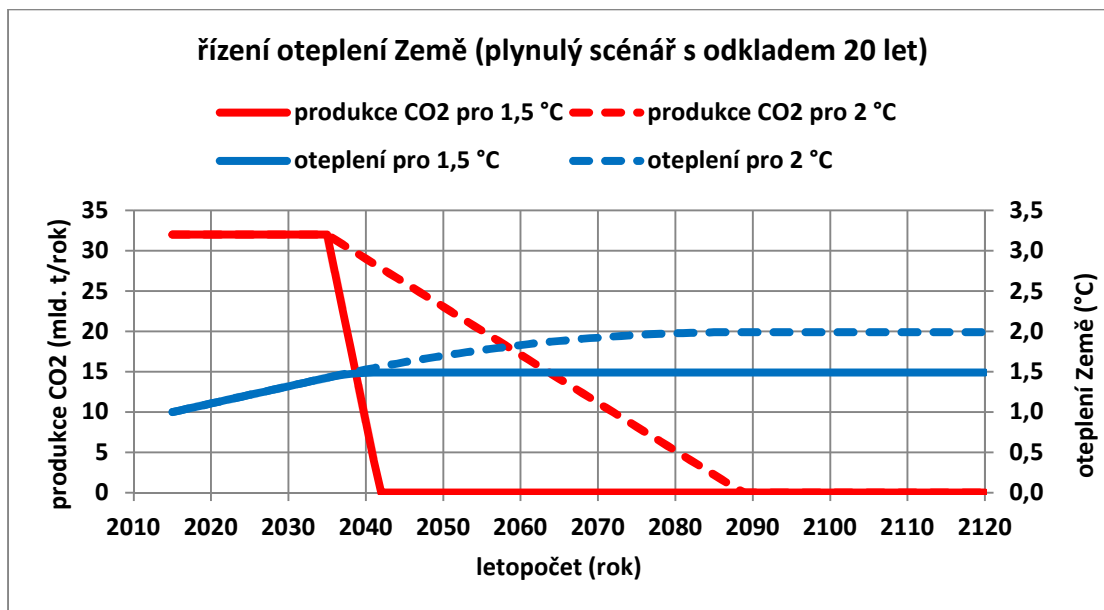
Dekarbonizace energetiky a navazujících odvětví, včetně průmyslu a dopravy, je však z klimatických důvodů nezbytná. Každý rok setrvávání v nečinnosti bude nutno dohánět vyšším tempem inovací i vyššími restrikcemi.

V případě desetiletého odkladu (do roku 2025, při stagnaci spotřeby fosilních paliv na současné úrovni) zahájení procesu kontinuálního lineárního poklesu spotřeby fosilních paliv se doba jejich postupné náhrady obnovitelnými zdroji zkracuje o dvacet let. Tedy ze 47 let na 27 let pro cílové oteplení Země 1,5 °C, respektive z 94 let na 74 let pro cílové oteplení Země 2 °C. V nepřímé úměrnosti se snížením délky období poklesu spotřeby fosilních paliv narůstá intenzita odklonu od používání fosilních paliv. V návaznosti na to roste i intenzita budování obnovitelných zdrojů pro zajištění odpovídající substituce za fosilní paliva.

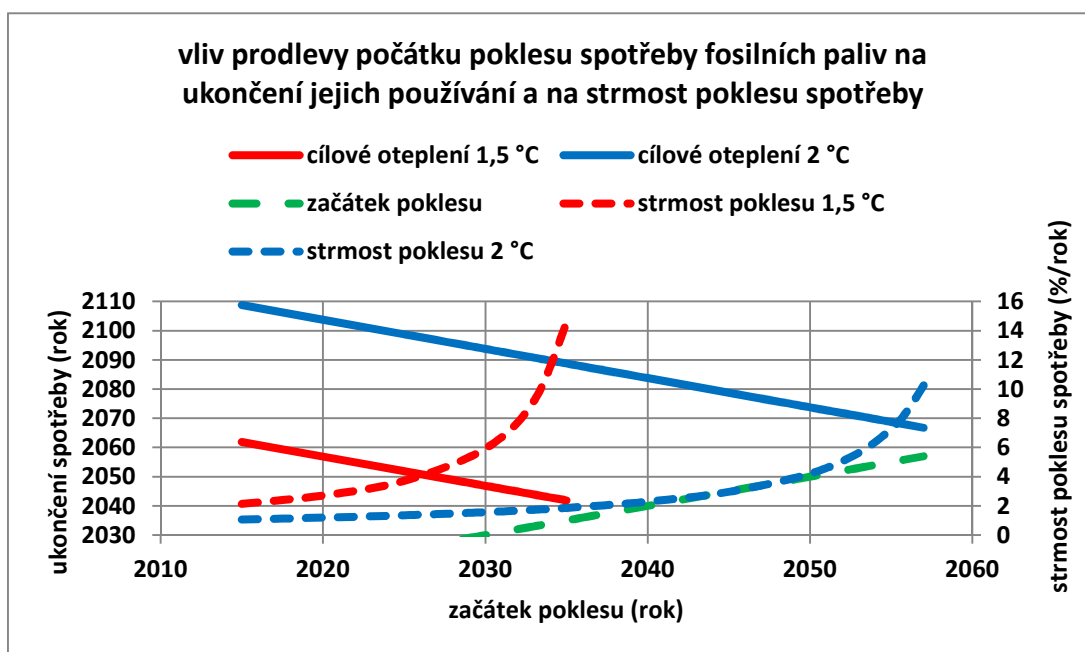


V případě dvacetiletého odkladu (do roku 2035, při stagnaci spotřeby fosilních paliv) zahájení procesu kontinuálního lineárního poklesu spotřeby fosilních paliv se doba jejich náhrady obnovitelnými zdroji zkracuje o 40 let. Tedy ze 47 let na sedm let pro cílové oteplení Země 1,5 °C, respektive z 94 let na 54 let pro cílové oteplení Země 2 °C. V takové situaci (již v roce 2035) by byla vize splnění scénáře nepřekročení oteplení Země o 1,5 °C už prakticky ztracena. Není totiž příliš pravděpodobné, že by se společnost po 20 letech stagnace vzchopila k tomu, aby se

díky vybudování obnovitelných zdrojů dokázala v průběhu pouhých sedmi let vzdát používání fosilních paliv.



Při stagnaci spotřeby fosilních paliv na úrovni roku 2015 bude v roce 2038 cíl nepřekročit oteplení Země o 2 °C stejně náročný, jako je nyní cíl nepřekročit oteplení Země o 1,5 °C. Je proto hrubou chybou myslet si, že omezování spotřeby fosilních paliv je tématem až vzdálené budoucnosti. Jde o téma velmi aktuální, neboť současná liknavost vede již v krátké době k nutnosti zavádět obnovitelné zdroje velmi vysokým tempem. V Pařížském protokolu uváděný princip nesnížení životní úrovně v důsledku dekarbonizace si nelze vysvětlovat tak, že současná generace si bude nadále využívat blahobyt neregulované spotřeby fosilní paliv a následující generaci silně zatíží investicemi do budování obnovitelných zdrojů. Téma dekarbonizace je potřeba řešit bezodkladně.



Čas činů

Jakkoliv vyznívají výše uvedené skutečnosti dramaticky, ponechávají dosud většinu obyvatel v klidu. Dál je každým dnem velké množství uhlí spalováno v kotlích elektráren, dál je každým dnem velké množství nafty, benzínu a zemního plynu využíváno jako palivo pro spalovací motory. Přitom v obou těchto aplikacích je využita zhruba jen jedna třetina energie paliva, zbývající dvě třetiny se promění ve ztrátové teplo.

Není důvod k panice, Slunce ozařuje Zemi středním výkonem 173 000 mld. kW, což představuje roční energii 1 511 000 bil. kWh. Energii, kterou v současnosti lidstvo ročně získává spalováním fosilních paliv (střední výkon hoření 13,2 miliard kWh, roční energie 116 bil. kWh) vyše Slunce k Zemi v průběhu 40 minut, za rok je to 13 tisíckrát tolik. Jde jen o to, jak racionálním způsobem přeměnit energii slunečního záření na jinou formu energie, která je prakticky využitelná.

Již mnoho let využívá lidstvo přeměnu slunečního záření na mechanickou práci nepřímými způsoby:

- přes pěstování rostlin, ve kterých se sluneční záření mění v zelení listů fotosyntézou v glukózu, která se nadále štěpí na škroby a tuky, které slouží jako potrava pro lidi a jimi chovaná tažná zvířata, i jako palivo, které lze využít pro vytápění budov i pro tepelné motory (parní i spalovací),
- přes odpařování vody, atmosférické srážky a vodní toky, pohánějící kdysi mlýny, hamry či pily a nyní hydroelektrárny,
- přes ohřev vzduchu, jeho tepelnou roztažnost a následně proudění, pohánějící kdysi větrné mlýny a nyní větrné elektrárny.

Díky pokroku v polovodičové elektronice se v posledních letech k těmto tradičním způsobům přidala i přímá přeměna energie slunečního záření na elektřinu ve fotovoltaických elektrárnách, která pracuje s mnohanásobně vyšší účinností než biologické procesy. Běžné, v současnosti komerčně využívané fotovoltaické články mají účinnost zhruba 12 až 18 %. V podmínkách ČR (nejvyšší intenzita slunečního záření na povrchu země cca 1 000 W/m², roční energie slunečního záření cca 1 000 kWh/m², tedy ekvivalentní doba plného slunečního svitu cca 1 000 h) lze tedy ze čtverečního metru plochy vyprodukovat špičkový výkon kolem 120 až 180 W a roční energii zhruba 120 až 180 kWh. Při započítání měničů potřebných k převedení stejnosměrného napětí solárních článků na střídavé napětí o vyšší hodnotě lze uvažovat o špičkovém výkonu cca 105 až 160 W a o roční energii cca 105 až 160 kWh.

To jsou ve srovnání s umělou produkcí kapalných biopaliv až dvěstěkrát vyšší hodnoty. Na jednom hektaru pole lze v podmínkách ČR vypěstovat zhruba 4 t řepkového semene, ze kterého lze vyrobit (po odečtení vlastní spotřeby) zhruba 880 litrů metylesteru řepkového oleje s tepelným obsahem cca 8 000 kWh. Na jeden hektar plochy pole však dopadne za rok přibližně 10 000 000 kWh, výsledná účinnost výroby bionafty je tedy zhruba jen 0,08 %. To činí produkci biopaliv nejen neefektivní (byť závislou na trvalých dotacích nikoliv investičního, ale provozního

charakteru, a proto neudržitelnou), ale kvantitativně nepostačující. K náhradě energie ropných paliv (roční spotřeba v ČR 107 miliard kWh/rok) by byla potřeba zhruba 11,8 miliard litrů metylesteru řepkového oleje. K produkci takového množství metylesteru by bylo (po odečtení vlastní spotřeby) nutno pěstovat řepku zhruba na 13,4 milionech ha polí. Avšak v ČR je k dispozici jen 3 miliony ha orné půdy a jejich primárním posláním je poskytovat potravu obyvatelstvu, nikoliv jejich automobilům.

Kapalná uhlovodíková paliva (včetně metylesteru řepkového oleje) jsou k pohonu vozidel používána ve spalovacích motorech s účinností kolem 35 %, což snižuje účinnost energetického řetězce od slunečního záření přes řepkový olej až po mechanickou práci na hřídeli spalovacího motoru pod 0,03 %. To jistě není hodnota, na které by stálo za to stavět koncepci udržitelné mobility.

Z dalších zdrojů energie pro budoucí dopravu bez uhlíkové stopy lze rovnou škrtnout zemní plyn. Důvody k tomu jsou dva:

- jde stejně jako v případě ropných produktů o fosilní palivo. Ve srovnání s motorovou naftou má sice zemní plyn vlivem vyššího obsahu vodíku ve své struktuře mírně menší měrnou produkci oxidu uhličitého (při hodnocení Tank-to-wheels podle ČSN EN 16258: 2012 produkuje zemní plyn 0,214 kg CO₂/kWh, zatímco ropná nafta 0,268 kg CO₂/kWh a motorová nafta s přísadou 6 % metylesteru řepkového oleje 0,253 kg CO₂/kWh). Avšak potřeba energie na stlačování zemního plynu na tlak 20 MPa, zvýšení hmotnosti vozidel těžkými vysokotlakými nádržemi a snížení účinnosti spalovacího motoru vlivem přechodu od vznětového Dieselova principu, používaného při aplikaci nafty, k zážehovému Ottovu principu při aplikaci zemního plynu, zvyšují spotřebu energie na vykonanou přepravní práci. Tím efekt mírně nižšího obsahu uhlíku ve struktuře zemního plynu prakticky neutralizují – uhlíková stopa autobusů poháněných naftou a zemním plynem je proto zhruba stejná,
- není logické používat zemní plyn jako palivo pro motory vozidel, které využijí energii z jeho výhřevnosti jen z cca 32 % a zbývajících 68 % se přemění v odpadní ztrátové teplo. Mnohem rozumnější je zemní plyn aplikovat ve stacionárních kogeneračních jednotkách s využitím nejen motoragregátem vyrobené elektrické energie, ale i ztrátového tepla pro vytápění či ohřev vody. Výhřevnost paliva je tak využita téměř ze 100 %. Vysoce efektivní je ochlazování spalin pod teplotu rosného bodu, komerčně využíváno v kondenzačních kotlích. Tím lze využít nejen výhřevnost paliv, ale jejich celkové spalné teplo. Výsledný faktor výkonu (poměr získaného tepla k výhřevnosti paliva) pak mírně přesahuje hodnotu 100 %. Ve srovnání s kogeneračními jednotkami a s kondenzačními kotli je proto použití zemního plynu v motorech vozidel, schopných využít jeho energii ani ne z jedné třetiny (ztrátové teplo je nevyužitým odpadem) velkým a do budoucna neudržitelným plýtváním fosilními palivy.

Obecně je proto nutné zcela se do budoucna u všech mobilních aplikací vyhnout používání jakýchkoliv tepelných motorů. Jak vyplývá z Carnotova cyklu, jsou principiálně schopny pracovat s účinností nejvýše kolem cca 40 %, tedy se spotřebou 2,5násobného množství energie, než odpovídá vykonané práci. To bylo možné v době neregulovaného využívání fosilních paliv. V období dominantní orientace na

obnovitelné zdroje bude podmínkou mnohem šetrnější hospodaření s energiemi. Cílem není nahradit celkový příkon spotřeby fosilních paliv, cílem je nahradit užitečný výkon spotřeby fosilních paliv. Pak jsou potřebné hodnoty třikrát menší. Přeměnu energie z obnovitelných zdrojů na nevyužívané ztrátové teplo je potřeba minimalizovat.

Podobně lze při širším pohledu na téma energetiky odmítnout pro pohon vozidel i použití vodíku. Jeho nespornou předností je využitelnost i v palivových článcích, které jsou v porovnání s dosud známými a průmyslově využívanými elektrochemickými akumulátory lehčí. Vodík se však v přírodě volně nevyskytuje, je vyráběn buď z elektrické energie, nebo z uhlovodíkových paliv. Vodík proto nepředstavuje alternativní zdroj energie, ale alternativního nositele energie. Ovšem nízká účinnost energetického řetězce ukládání energie a uvolňování energie (kolem 40 %) odsouvá palivové články jen do specifických aplikací, ve kterých jdou stranou energetická i ekonomická kritéria. To však není případ všeobecné mobility.

Jediným dosud známým široce použitelným způsobem udržitelné mobility je elektrická vozba. To je v první řadě dáno charakterem dostupných obnovitelných zdrojů energie. Ty zpravidla převádějí energii slunečního záření na elektřinu, a to buď přímo (solární fotovoltaické elektrárny), nebo nepřímo (vodní a větrné elektrárny, respektive i bioplynové elektrárny). Další energetickou výhodou vozidel s elektrickou trakcí je možnost využití generátorické funkce trakčních elektromotorů k rekuperaci kinetické i potenciální brzdové energie. Ta dokáže významně snížit energetickou náročnost dopravy.

Elektrická vozba

V pozemní dopravě lze aplikovat elektrickou vozbu jak u systémů kolejových (železnice, metro, tramvaje), tak i u systémů nekolejových. A to jak ve vazbě na liniové elektrické napájení, tak i se zásobníky energie.

Různé dopravní módy bývají zpravidla vnímány a posuzovány ve vzájemné konkurenci. Řada jejich aplikací má především kořeny ve zvyklostech a tradici. S tím je potřebné se rozloučit. Odpovědnost za zajištění mobility i při odklonu od používání fosilních paliv k obnovitelným zdrojům velí postupovat racionálně a koordinovaně.

Každá z aplikací elektrické vozby má opodstatnění ve vhodné oblasti svého použití, ve které vyniknou její přednosti a jsou potlačeny její nevýhody. Tam má logiku ji rozvíjet. Naopak není účelné je využívat tam, kde převládají jejich negativa a pozitiva se významněji neprojeví. To platí jak pro dopravu osob, tak i pro dopravu věcí, a to na úrovni dopravy dálkové, regionální i městské. Dobře to lze demonstrovat na příkladu osobní dopravy.

Individuální elektrický akumulátorový osobní automobil (elektromobil) v zásadě přejímá základní vlastnosti konvenčního automobilu:

- přednostmi automobilu jsou vysoká operativnost (okamžitá použitelnost), flexibilita trasy, hustá síť silnic, jakožto i efektivnost při přepravě malého počtu osob,

- obecnými nevýhodami automobilů jsou vyšší energetická náročnost (ve srovnání s hromadnou dopravou, zejména s kolejovými systémy – vysoký odpor valení a vysoký aerodynamický odpor samostatně jedoucích vozidel), nízká nejvyšší provozní rychlost, nízké využití času stráveného dopravou, nízké využití investic vložených do pořízení vozidel (v ČR je průměrný automobil využíván k dopravě cca jen 2 % času, tedy méně než půl hodiny denně, velká náročnost na plochu komunikací za jízdy i v klidu),
- absence elektrického liniového napájení na síti pozemních komunikací (ulice, silnice, dálnice) vede k nutnosti řešit elektrickou trakci jako polozávislou, tedy vybavovat elektrické automobily zásobníky energie (akumulátory). Pro běžné denní jízdy je to technika dostačující (střední denní běh automobilu je v ČR 28 km, střední přepravní vzdálenost je v ČR při jízdě automobilem 32 km), pro delší cesty však nikoliv – vedla by k velkým a tedy i drahým a těžkým akumulátorům, jakožto i k dlouhé době nabíjení.

Tyto vlastnosti určují automobil především do role operativního dopravního prostředku vhodného především tam, kde se pro slabost či nepravidelnost přepravní poptávky nevyplatí zřizovat a provozovat veřejnou hromadnou dopravu a přitom je dostatek volné plochy komunikací. Tedy na venkov a do plošně málo koncentrované městské zástavby v extravilánu, zejména ve vazbě na přestup na linky veřejné hromadné dopravy. Dosavadní dominantní role automobilu (v ČR aktuálně 61 % přepravních výkonů) není nutnost, je spíše otázkou životního stylu a dopravních návyků. Řada občanů dokáže žít bez pravidelného používání automobilu a necítí se tím být nějak ochuzována či omezována. To je velice závažná skutečnost, která dokládá důležitost nikoliv jen objektivních, ale i subjektivních hledisek pro volbu dopravního systému. S tím souvisí oblast motivace (nabídka kvality) i informovanosti a vzdělanosti.

Na opačné straně spektra je **elektrická osobní železniční doprava**, která má ve srovnání s individuální automobilovou dopravou řadu přirozených vlastností zcela opačných:

- základními přednostmi moderní železnice je nízká energetická náročnost daná jak nízkým odporem valení ocelového kola po ocelové kolejnici, tak i (a to v případě rychlé dopravy zejména) schopností vozidel tvořit vlak, tedy jízdou v zákrytu s minimálním aerodynamickým odporem, vysokou produktivitou vozidel a personálu, vysokou rychlostí jízdy (160 až 200 km/h na konvenčních tratích, kolem 300 km/h na vysokorychlostních tratích), vysokou přepravní výkonností a širokou paletou možností využití času stráveného cestováním. Zásadní výhodou železnice je i existence technicky vyřešeného a desítky let systematicky budovaného elektrického liniového napájení,
- nevýhodou železnice je neschopnost hospodárně zvládat slabé a v čase či v trase proměnlivé přepravy. Není logické zřizovat ji či provozovat tam, kde neexistuje silná a pravidelná přepravní poptávka.

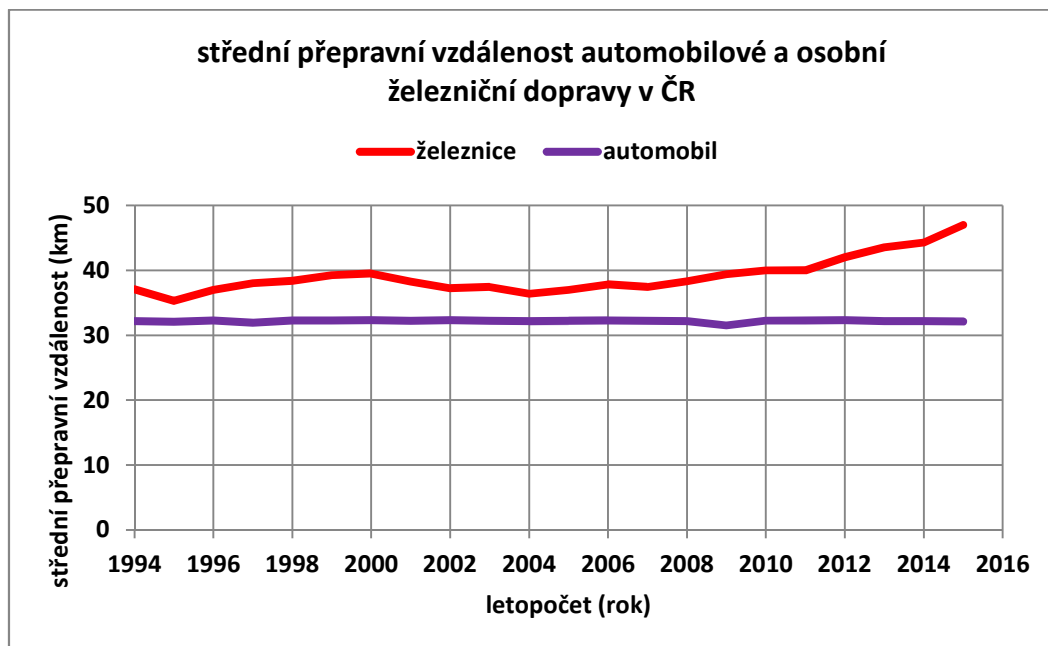
Bylo by chyba vnímat tyto dva dopravní módy (individuální automobilovou dopravu a železnici) antagonicky. Rozumné je vytvořit z nich komplementární dvojici

vhodnou k řešení širokého spektra dopravních (respektive přepravních) úloh. Železnici charakterizuje řád, pravidelnost a systematičnost, individuální automobilovou dopravu svoboda, flexibilita a operativnost. Proto je železnice vhodná pro páteřové trasy se silnou a pravidelnou přepravní poptávkou, zatímco individuální automobilová doprava dokáže nejlépe zajistit slabé či nepravidelné přepravy po ploše území.

Současné vnímání obou těchto dopravních módů je však často zcela opačné. Snaha o to, aby v řídké obydlených územích prosperovaly regionální železnice, jsou stejně mylné, jako budování dálnic ke spojení mezi regiony.

Racionální dělba přepravních úloh mezi železnici a individuální automobilovou dopravu není jen teoretickou vizí nástrojů ochrany klimatu. V praxi funguje a obyvatelstvo ji akceptuje, a to i v ČR. Dokládají to statické údaje:

- střední přepravní vzdálenost osob automobily není velká (32 km) a stagnuje,
- střední přepravní vzdálenost osob železnicí je větší (47 km v roce 2015) a trvale vydatně roste.



Obyvatelstvo v ČR akceptuje železnici na větší přepravní vzdálenosti a na krátké cesty raději volí automobil. Je to logické, neboť při dopravě na větší vzdálenosti je potlačena nevýhoda ztrátových časů na začátku a konci cesty, které jsou průvodním jevem jakékoliv veřejné hromadné dopravy. Při přepravě na krátké vzdálenosti tvoří dominantní část celkové doby přesunu (cesta na zastávku, čekání na spoj, cesta ze zastávky).

Tento soulad přirozeného dopravního chování obyvatelstva s nezbytnou budoucí orientací jednotlivých dopravních módů, danou příčinami na straně energetiky a klimatu, je velmi cennou zkušeností a ještě cennější devizou do dalších let. Obyvatelstvo netrpí chorobnou autofílií, jen z nutnosti používá automobil tam, kde

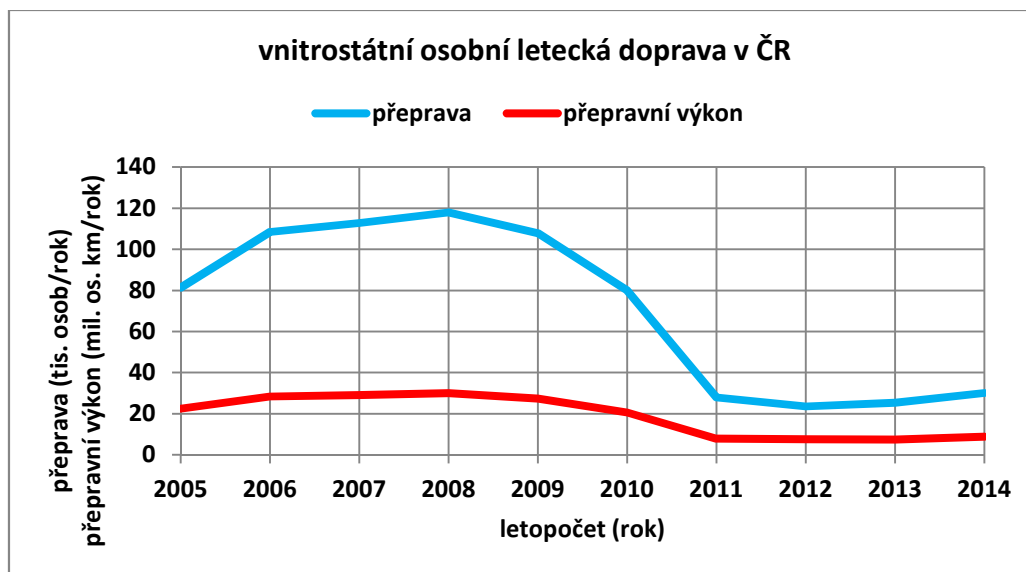
veřejná hromadná doprava není schopna nabídnout odpovídající kvalitu – tedy především rychlost, četnost spojů, pohodlí a čistotu.

Vstříc budoucnosti

Ke kvalitě veřejné dopravy patří i kvantita přepravní nabídky, tedy dostatek spojů a dostatek míst ve vlacích. To se stává vážným tématem v dálkové osobní železniční dopravě v ČR, která na páteřových linkách narůstá ročně o více než 10 %.

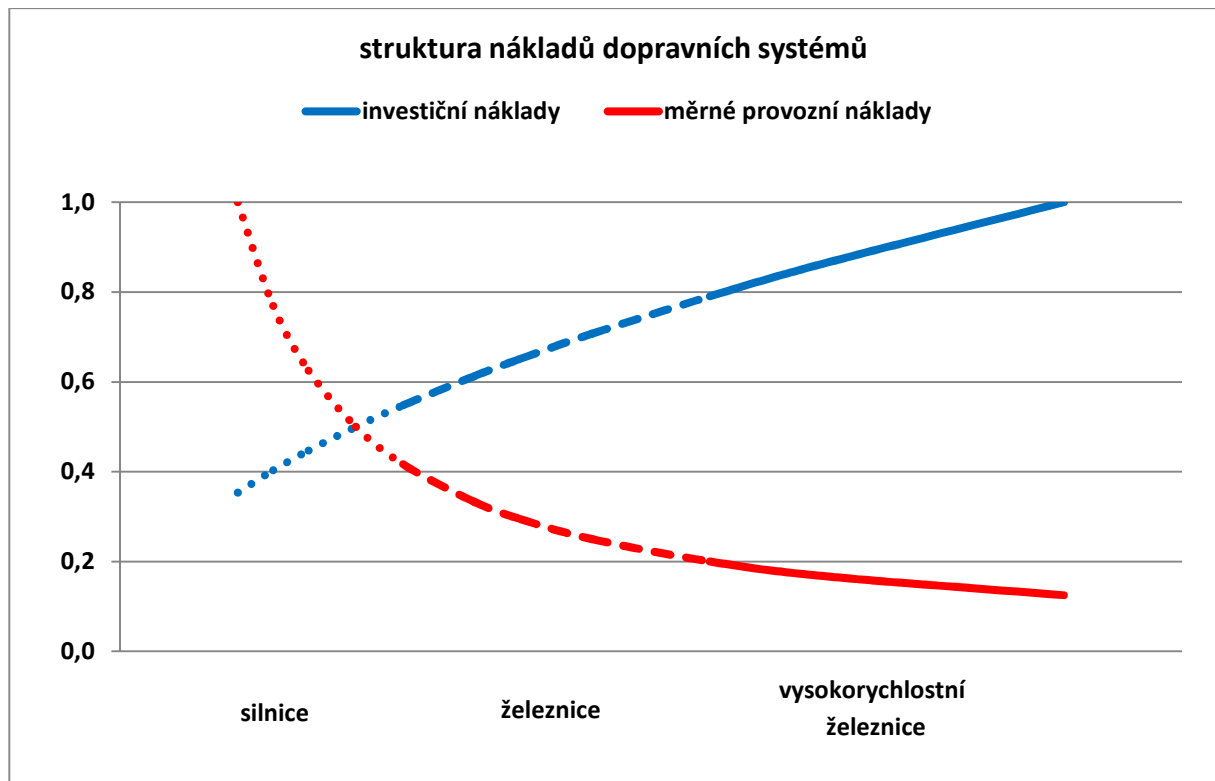
Okamžitým řešením je nákup nových vozidel. Optimálně v podobě netrakovních jednotek, které svojí jednotností vytvářejí cestujícími vyžadovaný přepravní produkt garantované vysoké kvality a zároveň umožňují postupné zvyšování přepravní nabídky přidáváním dalších vozů uvnitř (strategické posilování) i vně (operativní posilování).

Investice vložené do modernizace tranzitních železničních koridorů se projeví nárůstem přepravní poptávky, který je již nutné řešit výstavbou nových tras. Aktuální je zejména výstavba vysokorychlostní železnice ve spojení Prahy (Čech) s Brnem (Moravou), neboť existující železniční síť není ani kvalitativně, ani kvantitativně schopna převzít přepravní výkon dálnice D1. Přitom právě úlohu dálnice D1 ve spojení Čech s Moravou bude potřeba zajistit i v období po skončení období aplikace fosilních paliv. Vysokorychlostní železnice, určená (účelně trasovaná a vybavená) výhradně pro provoz rychlých vlaků (jednotnou rychlostí 300 km/h a jízdou cca 55 minut), je k tomuto účelu investičně a provozně optimálním řešením. Obavy, že většina z 50 000 osob v současnosti denně používajících dálnici D1 na železnici nepřejde, není na místě. O flexibilitě dopravního chování obyvatelstva v ČR svědčí hluboký a trvalý propad vnitrostátní letecké osobní přepravy po zkrácení přepravních časů železnice mezi Prahou a Ostravou z někdejších 4 až 5 hodin na současné 3 hodiny.

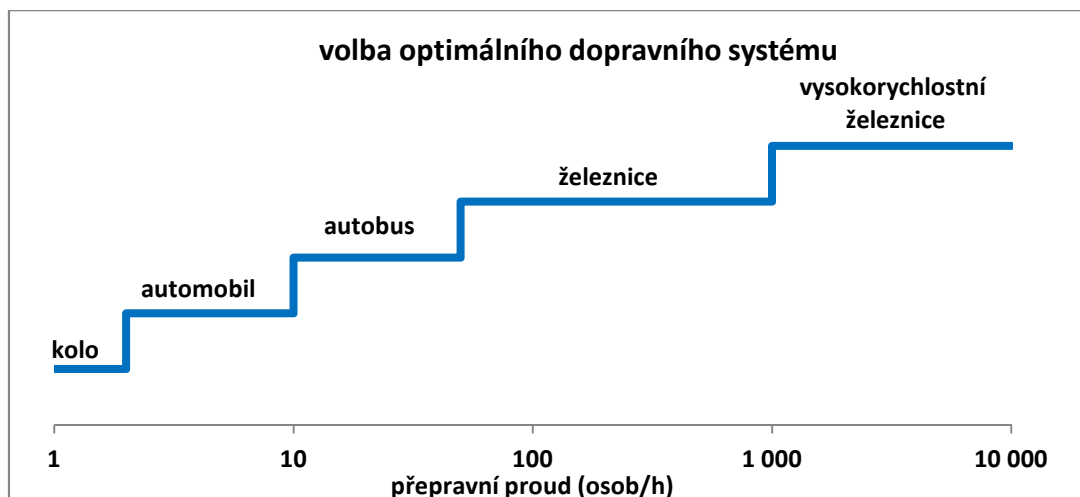


Výše srovnávaná železniční doprava a individuální automobilová doprava nejsou jedinými dopravními módy. Mezi nimi, i vedle nich, existují i další možnosti.

Jedno však mají společné: čím více je (účelně) investováno do dopravní infrastruktury, tím vyšší efekt lze dosáhnout v kvalitě přepravní nabídky a provozní úspornosti (ekonomické, energetické i environmentální).



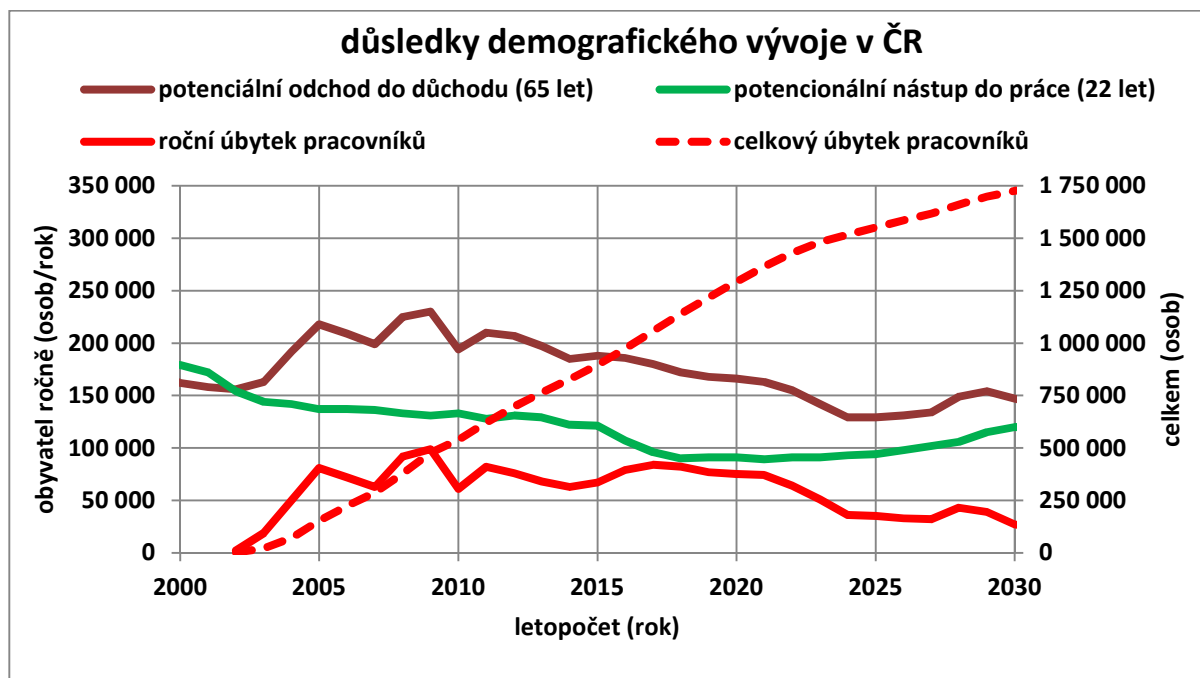
Z toho pak logicky plyne budoucí hierarchické uspořádání rolí dopravních systémů. Vysoce výkonné a vysoce efektivní dopravní systémy (avšak s vysokými prvotními investicemi a s vysokými prahovými hodnotami přepravních proudů) má smysl budovat a provozovat všude tam a jenom tam, kde existuje náležitě silná přepravní poptávka. A naopak energeticky náročné a provozně málo efektivní dopravní systémy (avšak s nízkými prvotními investicemi a s nízkými prahovými hodnotami přepravních proudů) má smysl budovat a provozovat všude tam a jenom tam, kde neexistuje náležitě silná přepravní poptávka potřebná pro zřízení výkonnějšího a efektivnějšího systému.



Podobně jako osobní lze analyzovat i nákladní dopravu. A ta má ve svém spektru dva protipóly, které lze vnímat jako komplementární dvojici: nákladní automobily na silnicích a vlaky na železnicích. Tyto dva módy se navzájem liší nejen v energetické náročnosti, ale i v produktivitě práce. Ta dokáže být u strojvedoucích nákladních vlaků zhruba 50krát vyšší, ve srovnání s řidiči nákladních automobilů. Záměr EU (viz dokument Plán jednotného evropského dopravního prostoru EU KOM (2011) 144) převést nákladní dopravu nad 300 km ze silnic na železnice i záměr ČR (viz Usnesení vlády ČR č. 978/2015) převést do roku 2030 30 % přepravních výkonů nákladní dopravy ze silnic na železnice má proto zásadní význam nejen z pohledu energetiky, ochrany klimatu a životního prostředí, ale i z důvodu racionálního hospodaření pracovními silami.

Dopady demografického vývoje

V této souvislosti je potřeba vnímat, že v důsledku poklesu reprodukční schopnosti obyvatelstva soustavně v ČR klesá počet práce schopného obyvatelstva. Jen v důsledku značného rozdílu mezi počtem osob, odcházejících z pracovního procesu do starobního důchodu, a počtem osob, přicházejících po ukončení školního vzdělání do pracovního procesu, ubylo od začátku 21. století do současnosti v ČR zhruba jeden milion pracovních sil a tento trend bude pokračovat.



Proto není logické plynout deficitními pracovními silami a používat nákladní automobily v dálkové nákladní dopravě. Tu zajistí železnice mnohem efektivněji nejen z hlediska spotřeby energie a ochrany klimatu, ale i z hlediska racionálního využívání pracovních sil. Naopak nákladním automobilům náleží operativní a krátké přepravy. Ty zvládnou i při napájení z akumulátorů elektrické energie.

Opět není na místě antagonický úhel pohledu, nýbrž racionální snaha využít nákladních automobilů především k plošné obsluze území a železnici k dálkovým přepravám. S tím souvisí budování RFC evropských nákladních koridorů ve smyslu Nařízení Evropského parlamentu a rady č. 1316/2013. Těmi jsou elektrifikované dvojkolejné tratě, zabezpečené technikou ERTMS a s náležitou dopravní i prostorovou průchodností, způsobilé délkou předjízdných kolejí, i výkonností a přenosovou schopností pevných trakčních zařízení, k efektivní dopravě nákladních vlaků o délce 740 m.

Rozvoj elektrizace železnic

Pro současnou železnici v ČR je charakteristické velmi nerovnoměrné zatížení železniční sítě:

- celostátní tratě sítě TEN-T (27 % délky sítě) zajišťují 84 % dopravní práce,
- ostatní celostátní tratě (32 % délky sítě) zajišťují 12 % dopravní práce,
- regionální tratě (41 % délky sítě) zajišťují 4 % dopravní práce.

V superpozici s kontinuálním růstem přepravních výkonů (v rozmezí let 2010 až 2015 vzrostly přepravní výkony osobní železniční dopravy v ČR o 26 %, tedy v průměru o 5,2 % ročně – za rok 2015 dokonce o 6,4 % a přepravní výkony nákladní železniční dopravy vzrostly v ČR o 11 %, tedy v průměru o 2,2 % ročně – za rok 2015 dokonce o 4,7 %) je ke zvládnutí úloh železnice při dekarbonizaci mobility, tedy k převzetí většího podílu přepravní práce a k jejímu bezemisnímu zajištění, nutnost orientace na tři druhy rozvoje:

- další zvyšování kvality a výkonnosti železničních koridorů, na kterých je nejvyšší přepravní poptávka,
- zvýšení atraktivity ostatních tratí železniční sítě s potenciálem růstu přepravní poptávky (v odezvě na zvýšení jejich kvality a výkonnosti),
- budování vysokorychlostního železničního systému, pojatého jako návazná nadstavba konvenčního železničního systému.

Rozvoj železničního systému je podmíněn vyváženým rozvojem všech čtyř jeho strukturálních subsystémů (tratě, řízení a zabezpečení, energetické napájení a vozidla). Součástí naplnění výše uvedených úloh je proto i rozvoj elektrického napájení železnic, a to ve třech na sebe navazujících a spolu souvisejících rovinách:

- zvýšení výkonnosti a přenosové schopnosti elektrického napájení již provozovaných elektrifikovaných železnic,
- elektrizace dalších vhodných tratí konvenčního železničního systému (s potenciálem náležité přepravní poptávky v oblasti osobní i nákladní dopravy),
- elektrické napájení vysokorychlostních tratí.

Stojí za povšimnutí, že všechny tři tyto směry souvisejí s orientací na systém 25 kV 50 Hz:

- pevná trakční zařízení železničních tratí SŽDC napájených napětím 3 kV DC (severní část území ČR) byla v době svého vzniku dimenzována pro elektrické lokomotivy o výkonu 2 MW. V souvislosti se zvýšením rychlosti jízdy expresních vlaků ze 120 km/h na 160 km/h a zejména v souvislosti se zvýšením rychlosti jízdy nákladních vlaků z někdejších 65 km/h na současných 100 km/h je však nutný měrný výkon expresních vlaků cca 12 kW/t a nákladních vlaků přibližně 3 kW/t. To vyžaduje používat k dopravě EC/IC vlaků o hmotnosti kolem 500 t, respektive nákladních vlaků o hmotnosti kolem 2 000 t, lokomotivy o výkonu 6 MW. Rovněž roste i výkon příměstských elektrických jednotek. Počet vysoce výkonných elektrických trakčních vozidel proto v ČR kontinuálně roste. Jen lokomotiv výkonové třídy 6 MW se již pohybuje po území ČR přes 150. Jejich provoz však naráží na omezené přenosové schopnosti trakčního vedení. Limitem systému 3 kV není výkon napájecích stanic, ale možnost přenést potřebný výkon trakčním vedením od napájecí stanice k vozidlu. Ke zvládnutí rostoucí přepravní poptávky je nutné buď zvýšit počet napájecích stanic (vybudovat vložené měnirny) při zachování systému 3 kV, nebo změnit napájení 3 kV na systém 25 kV s násobně vyšší přenosovou schopností trakčního vedení, což je z mnoha ohledů výhodnější (nižší investiční i provozní náklady, jednotnost napájení...),
- v severní části ČR je zhruba 1 600 km tratí, které dosud nejsou elektrifikovány, ale mají do budoucna potenciál intenzivní osobní či nákladní dopravy. Jejich elektrizace systémem 3 kV by byla příliš nákladná (drahé těžké trakční vedení, velký počet napájecích stanic, nákladná opatření vůči bludným proudům), a proto ekonomicky nerentabilní, tedy prakticky neuskutečnitelná. Změna napájení osy západ – východ ze 3 kV na systém 25 kV však otevírá logickou možnost použití systému 25 kV s výrazně nižšími investičními i provozními náklady k elektrizaci tratí i v severní části ČR (Českolipsko, Liberecko, Trutnovsko, Jesenicko...) a v krátké době tento záměr uskutečnit,
- s ohledem na vysoké rychlosti (300 km/h) a vysoké příkony vozidel (10 MW u vlaků délky 200 m, 20 MW u vlaků délky 400 m) je volba systému 25 kV (respektive 2 x 25 kV) samozřejmost pro elektrizaci vysokorychlostních tratí. Ty již budou v ČR zanedlouho budovány v relaci (Dresden –) Ústí nad Labem – Praha – Brno / Wien / Bratislava / Přerov - Ostrava (- Katowice). Je nanejvýš rozumné, aby nemusely být komplikovány dvojicí napájecích systémů. Proto je důležité, aby v železničních uzlech Ústí nad Labem, Praha, Přerov a Ostrava proběhl přechod od systému 3 kV k systému 25 kV koordinovaně s budováním vysokorychlostního železničního systému.

Přirozeným důsledkem rozvoje elektrizace železniční sítě je postupné zkracování vozebních ramen na tratích bez elektrizace. Tato skutečnost snižuje požadavky na dojezd vozidel se zásobníky energie určených pro provoz na tratích bez elektrizace. Také rozšiřování sítě trakčního vedení, využitelného nejen pro

napájení vozidel provozovaných na dotyčných tratích, ale i k nabíjení akumulátorů vozidel provozovaných na okolních tratích, usnadňuje provoz vozidel se zásobníky energie, zejména dvouzdrojových (trolej/akumulátor). Tím vychází rozšiřování sítě elektrizovaných tratí vstříc nasazení akumulátorových vozidel náhradou za morálně překonaná vozidla se spalovacími motory na tratích bez elektrizace. Rozvoj liniové elektrizace tratí a vývoj akumulátorů pro vozidla proto nejsou ve vzájemném protikladu, ale ve vzájemném souladu.

Závěr

Elektrický pohon kolejových vozidel je využíván již od roku 1879. Má za sebou téměř 140 let historie. Od prvních malých důlních lokomotiv, přes tramvaje a počátky na železnici až po současné produkty: tramvaje, metro, regionální i vysokorychlostní trakční jednotky a lokomotivy. Elektrická vozba plnila a plní řadu důležitých úloh v městské i železniční dopravě osob a zboží. Nyní ji čeká důležitá úloha v procesu dekarbonizace mobility. Ta je nejsnáze a nejefektivněji uskutečnitelná ve veřejné hromadné dopravě, zejména kolejové. Proto se vybudování moderní bezemisní železnice mění z vize na povinnost.

Praha, září 2016

Lektorovali: prof. Ing. Jaroslav Novák, CSc.
Univerzita Pardubice

JUDr. Ondřej Michalčík
MD ČR