

Kooperativnost a komplementárnost v multimodální mobilitě věcí

Seminář Kombinovaná doprava, MD ČR, Praha, 31. 1. 2024

Jiří Pohl, Siemens Mobility, s.r.o.

Karbonizace a dekarbonizace

Nejvýznamnější událostí v dějinách lidstva nebyla žádná válka, žádná revoluce, žádné politické hnutí, ale karbonizace, objev a užití fosilních paliv.

Fosilní paliva dala lidstvu energii, která mu umožnila nejen do té doby nevídaný rozvoj průmyslu, dopravy a bydlení, ale i vzdělanosti a vědění.

Avšak platí nejen zákon zachování energie, který lidstvo motivuje k těžbě, importu, nákupu a spalování fosilních paliv, ale i zákon zachování hmoty, který způsobil, že spalováním fosilních paliv již lidstvo zvýšilo množství oxidu uhličitého v zemském obalu o 1,4 bilionu tun s důsledkem nevratných klimatických změn, které zhoršují podmínky pro život lidstva na Zemi.

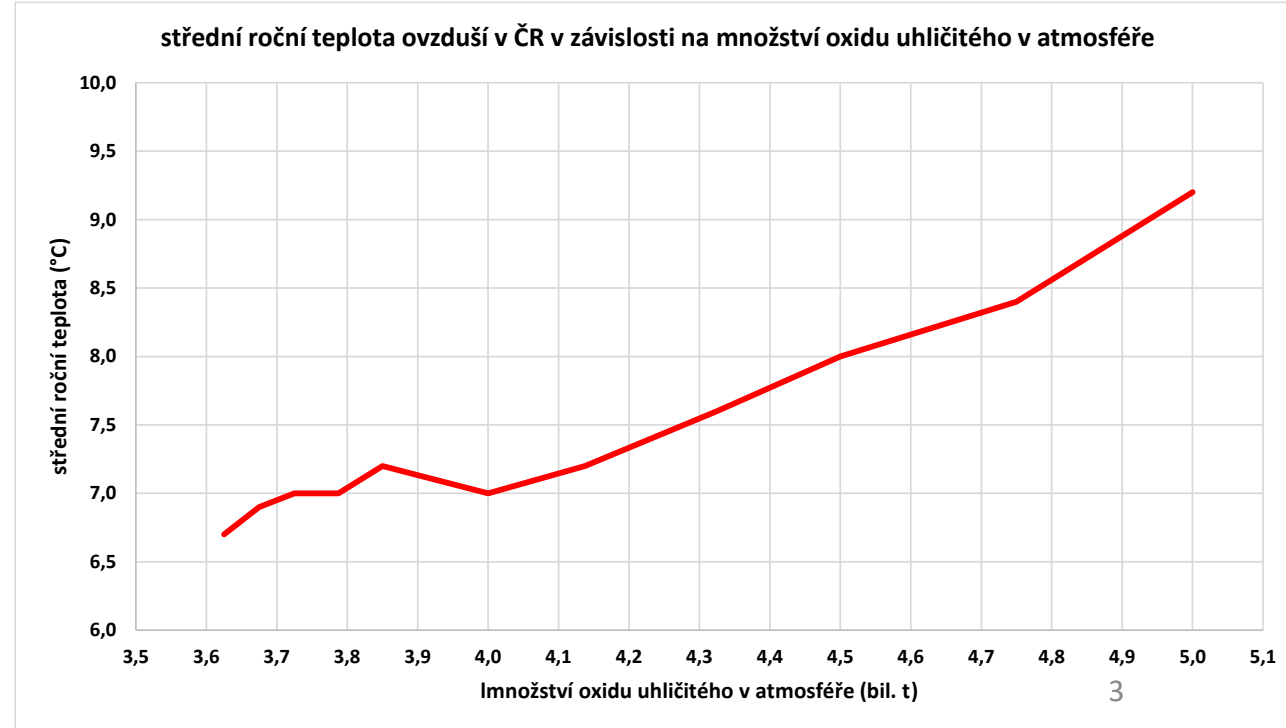
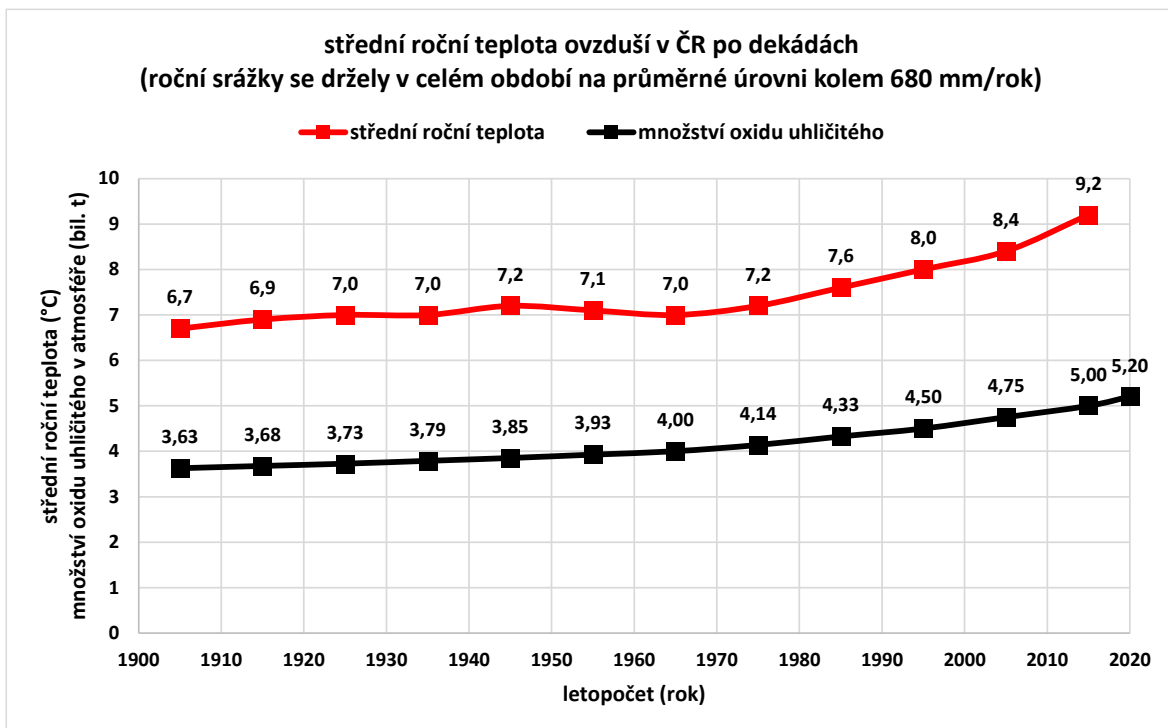
S vědomím těchto skutečností se reprezentanti téměř 200 zemí z celého světa (včetně ČR) na konferenci v Paříži v roce 2015 dohodli, že zastaví zvyšování teploty ovzduší na hodnotě 1,5 až 2 °C. Následně Mezinárodní energetická agentura IEA spočetla, že k naplnění tohoto cíle je potřeba dekarbonizace, ukončit do roku 2050 spalování uhlí, ropy a zemního plynu.

Z fyzikálního hlediska je odklon od používání fosilních paliv reálný. energii, kterou dává lidstvu spalování uhlí, ropy a zemního plynu za rok přinášejí paprsky slunečního záření k Zemi každých 40 minut. Ale je to potřeba udělat chytře, neboť udržitelný rozvoj má nejen environmentální, ale i ekonomickou a sociální dimenzi.

Realita současnosti

Nevratné klimatické změny, způsobené spalováním fosilních paliv s důsledkem růstu koncentrace oxidu uhličitého v zemském obalu jsou realitou. Závislost střední roční teploty ovzduší na množství oxidu uhličitého v zemském obalu je velmi zřejmá:

- ČR se na emisích významně podílí, produkuje 12 t CO₂ eqv./osobu/rok. Mezi roky 1905 a 2015 došlo spalováním uhlí, ropy a zemního plynu ke zvýšení množství oxidu uhličitého v zemském obalu ze 3,63 bil. t na 5,00 bil. t, tedy o 1,37 bil. t.
 - střední roční teplota v ČR vzrostla z hodnoty 6,7 °C v dekádě 1901 až 1910 na hodnotu 9,2 °C v dekádě 2011 až 2020, tedy o 2,5 °C za 110 let. Z důvodu asymetrie tepelné kapacity Země (na severním pólu již vzrostla teplota o 5 °C, na jižním pólu je téměř bez změny, neboť je pevninou a má proto mnohonásobně větší zásoby ledu) roste teplota v ČR dvojnásobným tempem oproti celé Zemi.
- Příčina sucha, které ČR zažívá (34 % území ČR je postiženo dlouhodobým suchem a kontinuálním poklesem hadiny spodní vody), není nedostatek atmosférických srážek. V ČR ročně spadne i nyní v průměru zhruba 680 mm srážek ročně, stejně jako na začátku minulého století. Jen jejich odpařování je vlivem zvýšené teploty více intenzivní a jejich odtok při náhlých deštích je četnější.



Projektové řízení dekarbonizace

Odklon od života v rovnováze s přírodou k životu závislém a spalování fosilních palivech proběhl v 18. až 20. století spontánně a neřízeně, jeho přirozeným akcelerátorem byla snaha o zvýšení životní úrovně.

Náhrada fosilních paliv obnovitelnými zdroji energie v období pouhých 27 let (2023 až 2050) samovolně nenastane, dekarbonizace je řízeným procesem. Pokud má dekarbonizace proběhnout efektivně a zdárně, musí být uchopena jako projekt, tedy musí mít:

- motiv,
- cíl,
- nástroje,
- zdroje,
- projektové řízení.

Motiv je zřejmý (zatavení změn klimatu), cíl též (zbavit se do roku 2050 závislosti na fosilních palivech).

Také nástroje jsou k dispozici. A to jak technické (inovativní technologie), tak i ekonomické (například EU ETS).

Zdroje jsou k dispozici též, a to především lidské. Lidská práce je obnovitelným zdrojem.

Nic nebrání tomu uchopit dekarbonizaci jako projekt a řídit ji jako projekt.

To platí i pro dekarbonizaci dopravy. Cílem je udržitelná doprava:

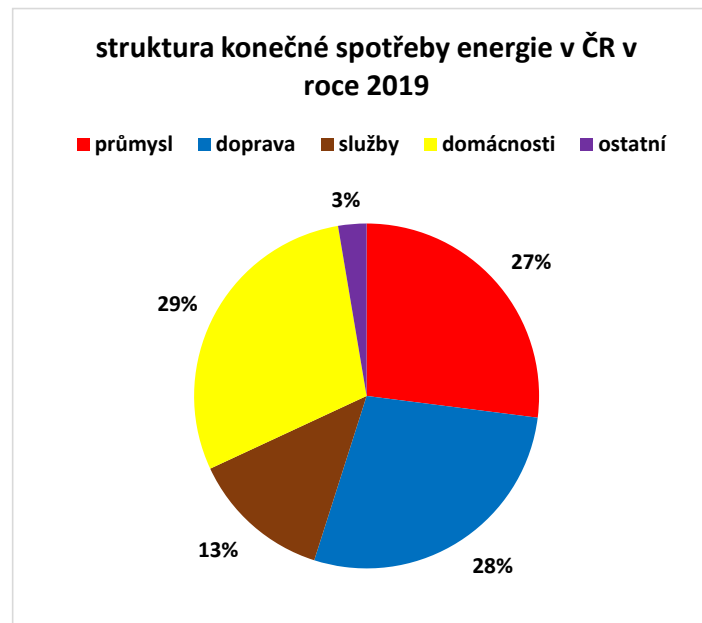
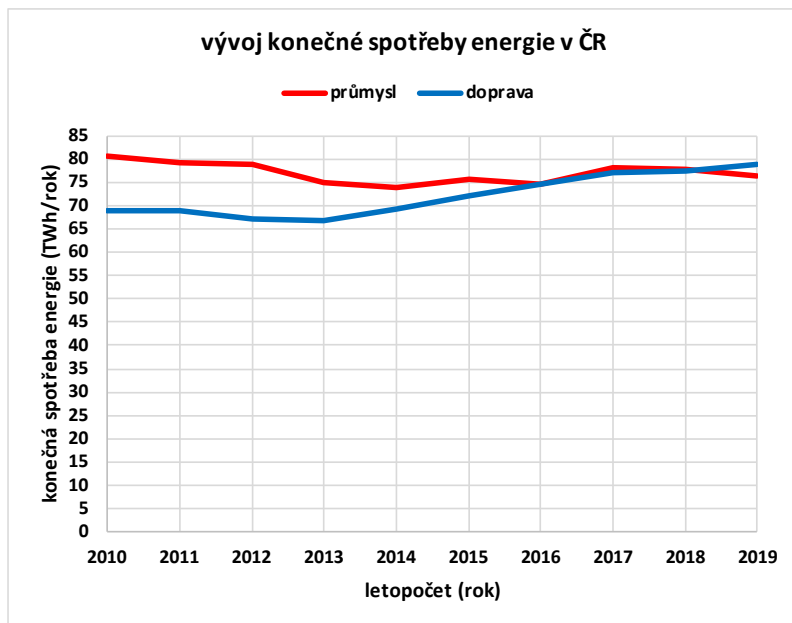
- environmentálně,
- ekonomicky,
- sociálně.

Energetická náročnost dopravy v ČR

Rada EU schválila v červenci 2023 novelizaci směrnice 2012/27/EU o zvyšování energetické účinnosti. ČR má zvýšit tempo nových úspor energie z dosavadních 0,8 %/rok na 1,3 %/rok od roku 2024, 1,5 %/rok od roku 2026 a 1,9 %/rok od roku 2028.

Na rozdíl od příznivého vývoje při snižování spotřeby energie v oblasti průmyslu a domácností se v období do roku 2020 doprava vyvíjela zcela opačně, spotřeba energie v dopravě vytrvale rostla o cca 3 % ročně a produkce oxidu uhličitého dopravou rostla o 0,5 mil. t/CO₂/rok. Extenzivní rozvoj dopravy způsobil, že spotřeba energie pro dopravu již v ČR překonala spotřebu energie v průmyslu. Přitom 93 % energie pro dopravu tvoří fosilní paliva, 5 % biopaliva a 2 % elektrická energie.

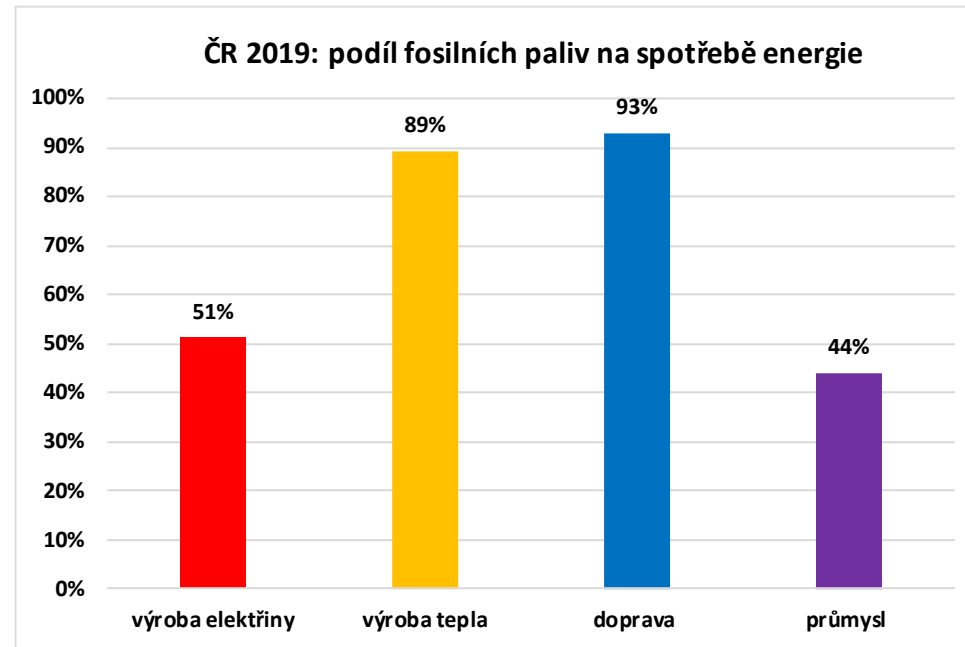
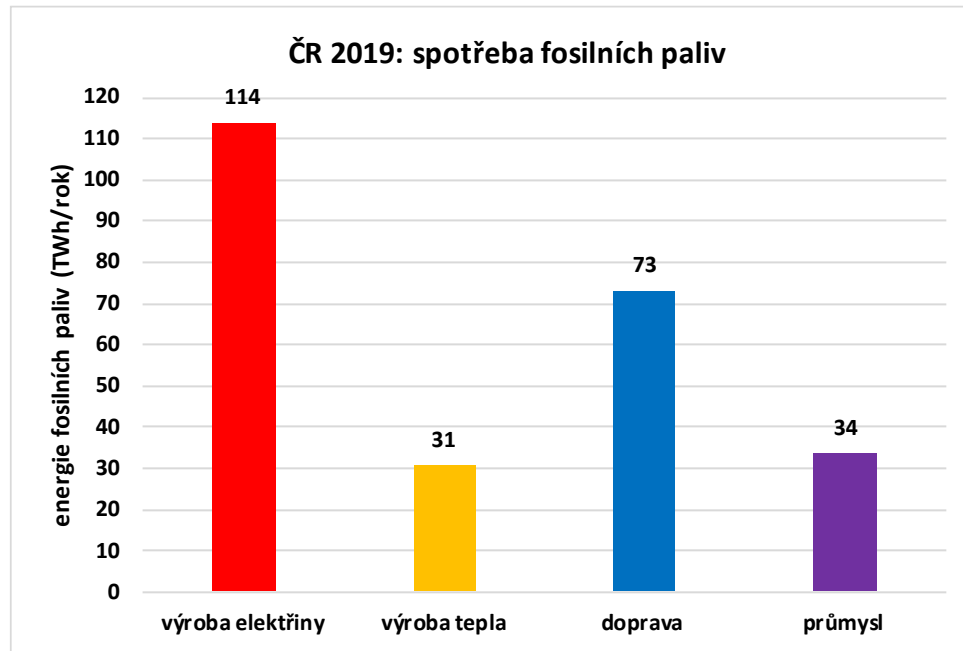
=> ke splnění cílů ČR v oblasti energetiky a klimatu je nutno v období 2024 až 2030 zapojit do systematického trendu a programů úspor energie kromě průmyslu a domácností plnohodnotně i dopravu.



Závislost dopravy na fosilních palivech

Emisní povolenky EU ETS dosud regulují jen zhruba polovinu tuzemské produkce oxidu uhličitého splováním fosilních paliv. Tato část spotřeby již významně pociťuje jejich dopad a proto intenzivně řeší dekarbonizaci (například: teplárenství).

Od roku 2027 dojde ke zpoplatnění produkce oxidu uhličitého i v oblastech dosud neregulovaných emisními povolenkami EU ETS (včetně dopravy).



- doprava je v ČR větším spotřebitelem fosilních paliv, než výroba tepla a průmysl dohromady,
- doprava je ze všech hospodářských odvětví ČR největším podílem závislá na fosilních palivech,
- doprava se brzy stane největším spotřebitelem fosilních paliv v ČR (klesající trend v energetice a rostoucí trend v dopravě).

Motivace k dekarbonizaci dopravy

1. Ochrana klimatu

V energetice a v průmyslu je v ČR inovativními investicemi systematicky snižováno používání fosilních paliv a spolu s tím i produkce oxidu uhličitého. Je neúnosné, aby se i nadále vyvíjela doprava zcela opačně,

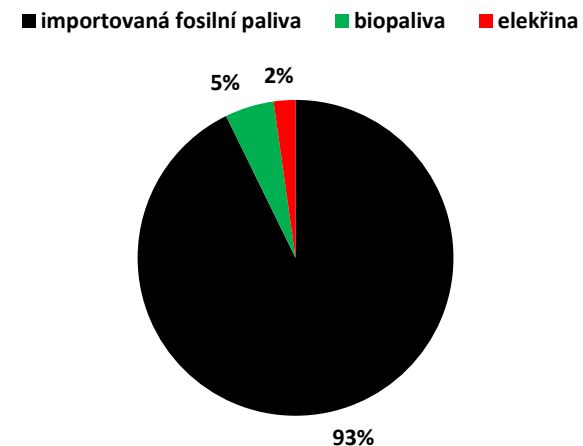
2. Ochrana zdraví

V ČR jsou systematicky snižovány emise zdraví škodlivých látek z lokálních topenišť a z průmyslové výroby. Doprava za tímto trendem zaostává. Ve městech se doprava stala dominantním (až 90 %) znečišťovatelem ovzduší zdraví škodlivými látkami (oxidy dusíku NO_x , polyaromatické uhlovodíky PAH, prchavé organické látky VOC a jemné prachové částice PM).

3. Ochrana míru

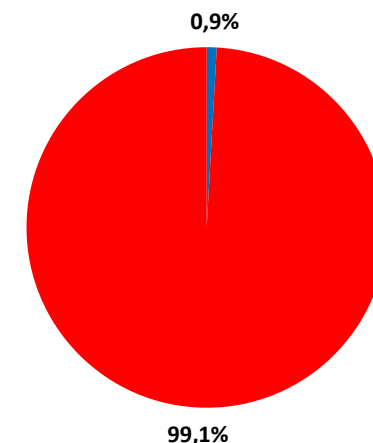
93 % spotřeby energie pro dopravu činí v ČR importovaná fosilní paliva. Země EU nemají vlastní zdroje ropy a dovážejí 99 % ropy, respektive ropná paliva, a to zpravidla z problematických zemí. To je činí nesvobodnými a vydíratelnými. Proti svému přesvědčení financují dovozem ropy vyzbrojování agresivních armád, které si nepokrytě kladou cíl je dobýt a získat.

struktura spotřeby energie pro dopravu v ČR v roce 2019 (celkem 100 %)



ropná bilance zemí EU

vlastní zdroje dovoz



Dekarbonizace hospodářství ČR

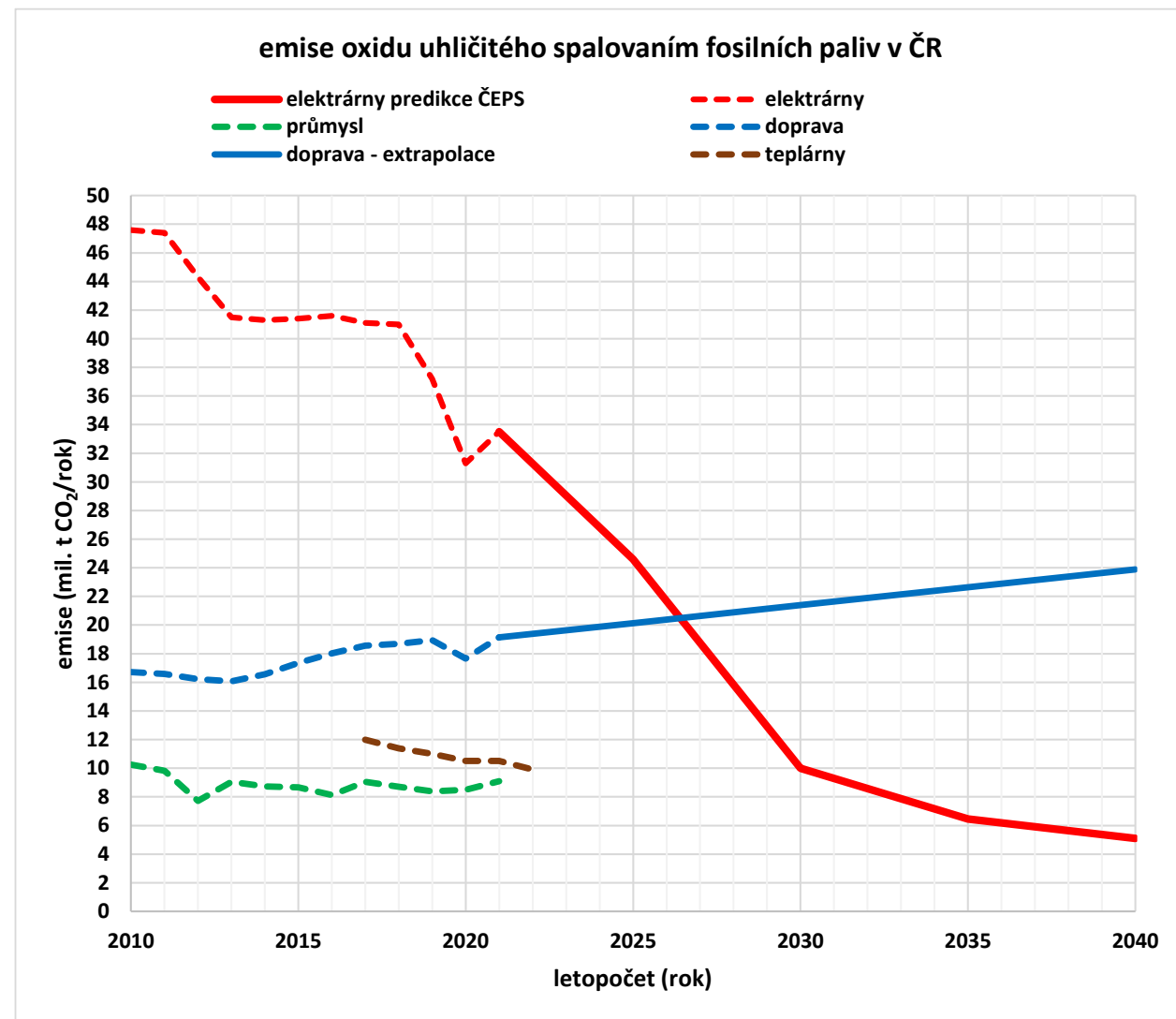
Proces dekarbonizace (odklon od používání fosilních paliv) je v zemích EU řízen systémem emisního obchodování EU ETS. Množství na trhu obchodovatelných fosilních paliv je limitováno počtem ročně vydávaných emisních povolenek oxidu uhličitého, který je postupně snižován.

Dekarbonizaci energetiky výrazně akceleruje ekonomika: platby za emisní povolenky činí výrobu elektrické energie v uhelných elektrárnách nekonkurenceschopnou vůči bezemisním obnovitelným zdrojům.

Elektrárna spalující uhlí s měrnou emisivitou 0,36 kg CO₂/kWh s účinností 36 % produkuje elektrickou energii s měrnou emisivitou 1,0 kg CO₂/kWh. Tedy si pro každou vyrobenou 1 kWh elektrické energie potřebuje koupit emisní povolenku pro 1 kg CO₂, což je při současné tržní ceně emisní povolenky (kolem 80 EUR/t CO₂, tedy cca 2 Kč/kg CO₂) výrobní náklad zhruba 2 Kč/kWh.

Pokud by v dopravě nenastala radikální změna, a nadále by ve velkém rozsahu využívala fosilní paliva, stala by se zhruba v roce 2027 doprava největším producentem oxidu uhličitého v ČR. To by bylo pro jakékoliv podnikání v ČR a zejména pro strategické investování v ČR velmi nepříjemné. Podle zásad nefinančního účetnictví ESG se bude již od roku 2025 podle směrnice CSRD započítávat uhlíková stopa dopravy do uhlíkové stopy organizace podle ISO 14 064 a do uhlíkové stopy produktu podle ISO 14 067.

V zemích s vysokou uhlíkovou stopou vstupů (elektrické energie a dopravy) nelocalizují investoři své strategické investice a opouštějí je.



Emisní povolenky EU ETS - princip

Ve snaze napomoci svým členským zemím zbavit se závislosti na používání fosilních paliv byl v zemích EU zaveden systém emisních povolenek EU ETS. Velmi zjednodušeně řečeno spočívá systém emisních povolenek principiálně tom, že ti kdož spotřebovávají fosilní paliva si musí nakoupit emisní povolenky, a to úměrně množství oxidu uhličitého, který se jejich spalováním uvolní (EUR/t CO₂). Podstatná část výnosu z prodeje emisních povolenek zůstává k dispozici jednotlivým členským zemím EU a ty ji využívají především k podpoře investic do snižování spotřeby energie, zejména fosilních paliv, cestou zvyšování energetické účinnosti (úspory energie vedoucí ke snížení její konečné spotřeby) a k podpoře budování obnovitelných zdrojů energie.

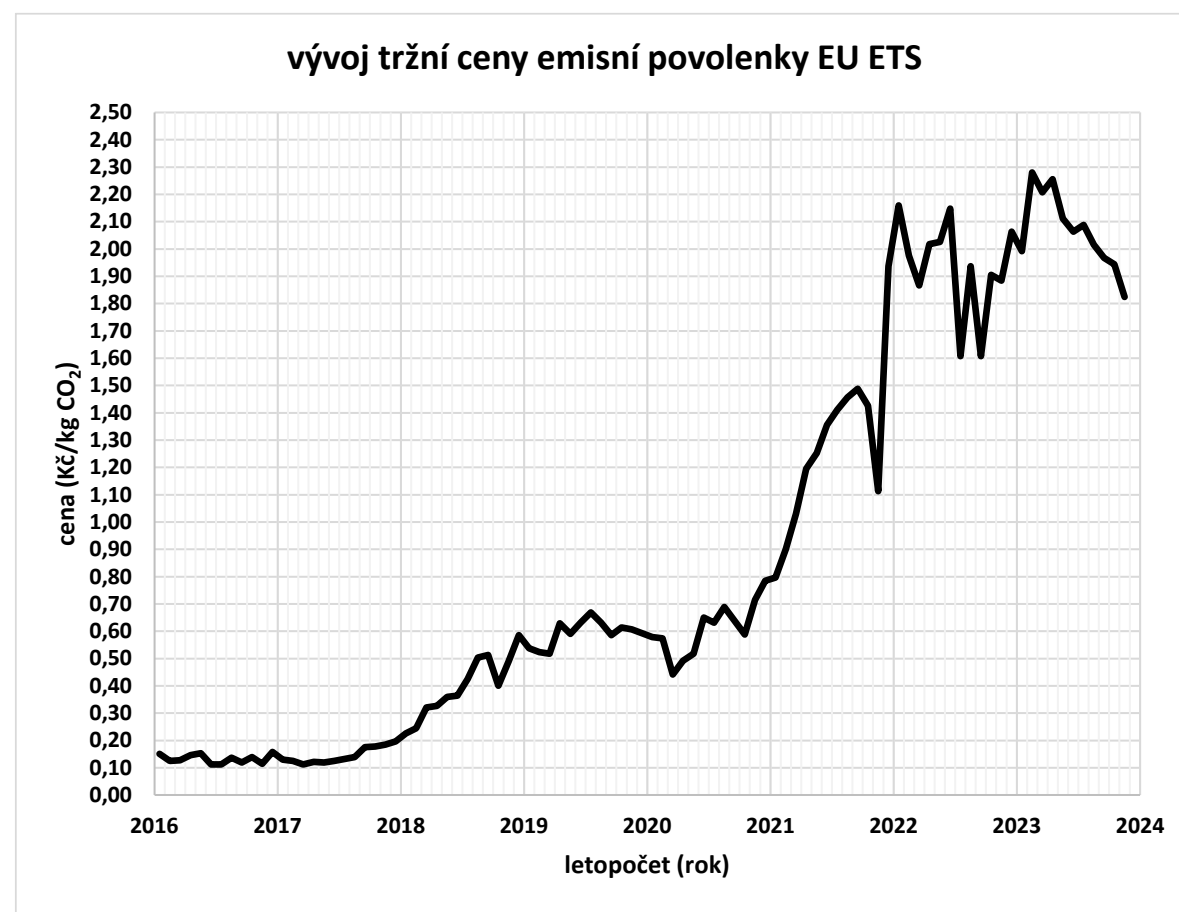
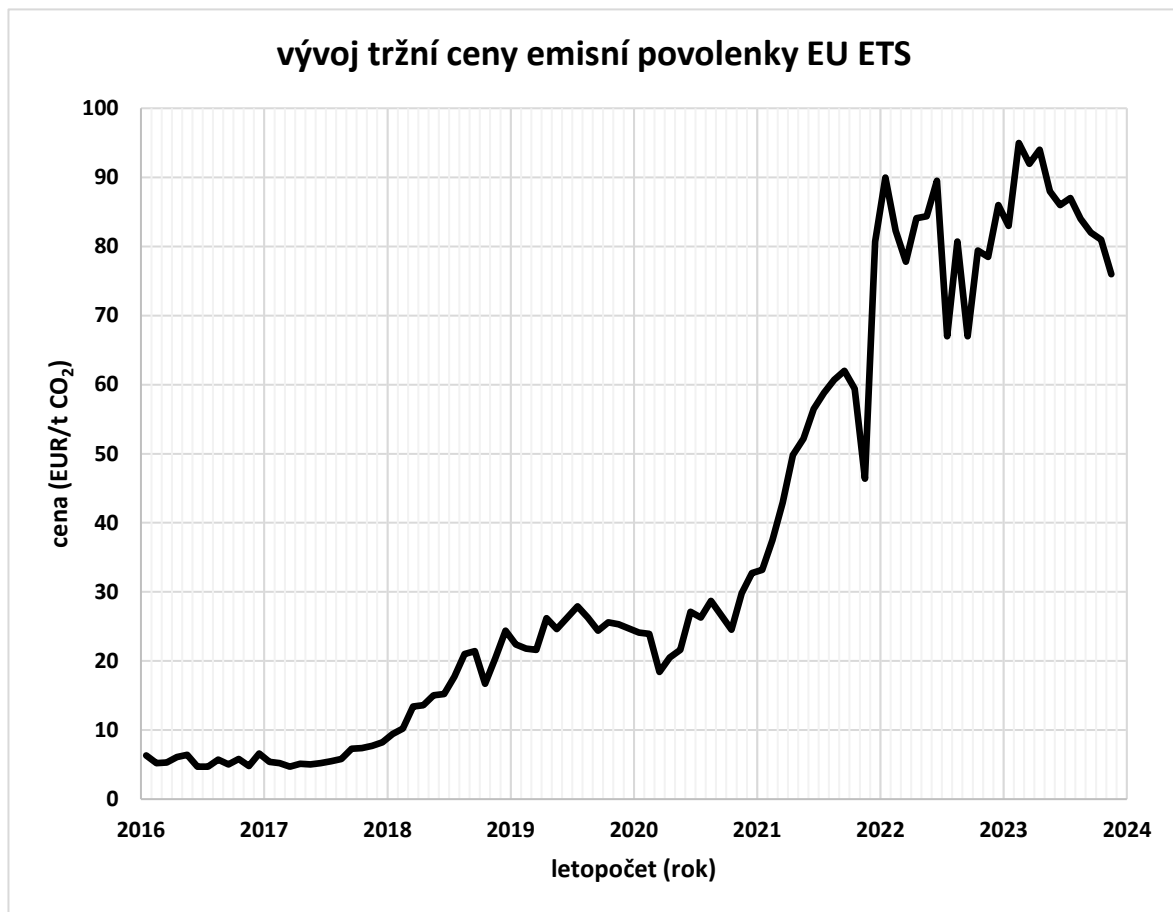
Cena emisní povolenky je cenou tržní, určuje ji nabídka a poptávka. Přitom nabídka je programově snižována, počet vydávaných emisních povolenek je rok od roku snižován. Lineární redukční faktor činí od roku 2021 minus 2,2 %/rok.

V současné době (roky 2022 a 2023) se tržní cena emisní povolenky EU ETS pohybuje kolem 80 EUR/t CO₂, což je při kurzu cca 24 Kč/EUR zhruba 2 000 Kč/t CO₂, respektive 2 Kč/kg CO₂.

Vývoj tržní ceny emisní povolenky

Princip obchodování s emisemi oxidu uhličitého EU ETS je prostý:

- kdo potřebuje spalovat fosilní paliva (a spadá do emisními povolenkami regulované oblast, což je v současnosti průmysl a energetika, nikoliv doprava a domácnosti) je povinen koupit si v odpovídajícím množství emisní povolenky,
- z výnosu z prodeje emisních povolenek podporuje stát inovativní investice zaměřené k úsporám energie a emisí,
- cenu emisních povolenek určuje trh, avšak je řízena snižováním vydávaného množství (lineární redukční faktor činí aktuálně o 2,2 %/rok)
- v odezvě na zrychlení poklesu ročně vydávaných emisních povolenek (zvýšení lineárního redukčního faktoru na 2,2 %) způsobila nízká elasticita poptávky po fosilních palivech ze strany spotřebitelů nárůst tržní ceny emisní povolenky z 5 EUR/t CO₂ na cca současných cca 80 EUR/t CO₂ v letech 2022 a 2023.



Rozšíření systému emisních povolenek na domácnosti a dopravu

Současný stav v antropogenní produkci oxidu uhličitého je nerovný. Oblast spotřeby fosilních paliv regulovaná emisními povolenkami oxidu uhličitého EU ETS se vztahuje jen na průmysl a energetiku, nikoliv na dopravu a na domácnosti.

V důsledku toho platí emisní povolenky jen polovina spotřebitelů fosilních paliv, zatím co druhá polovina spotřebitelů fosilních paliv, a tím i producentů oxidu uhličitého, což jsou automobily a lokální topeniště, není dosud do systému emisních povolenek EU ETS zahrnuta. Přitom se zároveň jedná největší znečišťovatele životního prostředí zdraví škodlivými látkami (oxidy dusíku, jemnými prachovými částicemi a polyaromatickými uhlovodíky).

Tato nedůslednost bude odstraněna. Od roku 2027 bude v zemích EU pro domácnosti a dopravu vytvořen samostatný obchodní systém emisních povolenek EU ETS 2. Pro rok 2027 je navrhována výchozí cena emisní povolenky pro domácnosti a dopravu EU ETS 2 v úrovni 45 EUR za jednu tunu oxidu uhličitého. To bude mít dva důsledky:

- emisní povolenka v úrovni 45 EUR/t CO₂, tedy cca 1 Kč/kg CO₂, zvýší cenu ropné nafty s měrnou emisivitou 2,65 kg CO₂/litr částkou cca 2,65 Kč/litr,**
- emisní povolenka v úrovni 45 EUR/t CO₂ zatíží dopravu v ČR jako celek (se spotřebou fosilních paliv cca 80 TWh/rok a s emisemi cca 21 t CO₂ /rok) částkou zhruba 21 mld. Kč/rok. Je potřeba, aby byl tento výnos k dispozici k podpoře investic do bezemisních technologií v dopravě.**

Po roce 2030 je plánováno splynutí systému EU ETS 2 se systémem EU ETS v jednotný systém emisního obchodování EU ETS, konvergující k nule vydaných emisních povolenek v roce 2050.

To určuje základní cíl: do roku 2050 postupně zajistit mobilitu osob a věcí bez fosilních paliv.

Proces dekarbonizace dopravy

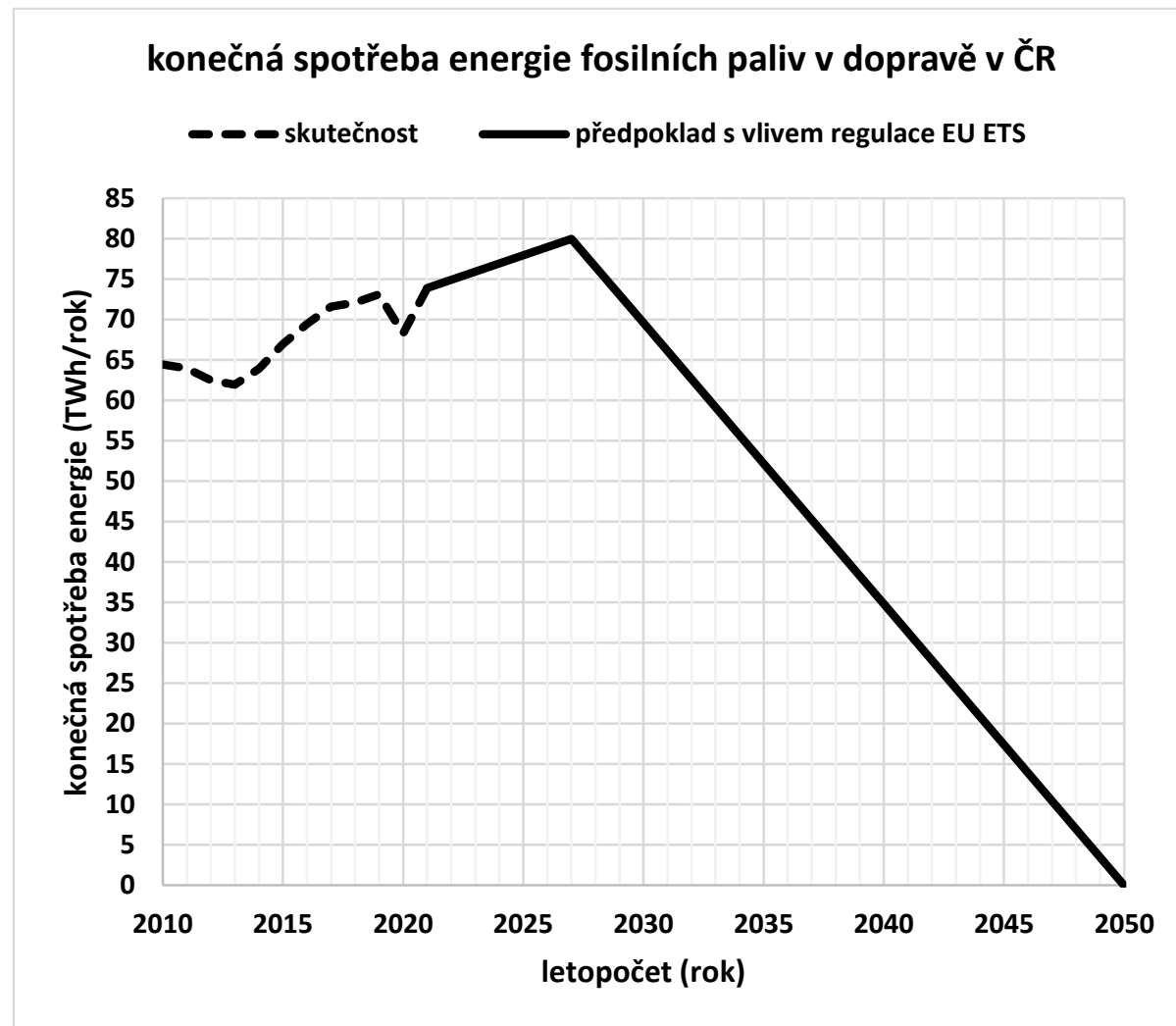
Dosavadní nesymetrie (průmysl a energetika platí emisní povolenky, doprava a domácnosti ne) bude odstraněna. Vytvořením subsystému EU ETS 2 budou od roku 2027 zahrnuta do systému emisního obchodování i fosilní paliva pro dopravu.

Trajektorie poklesu množství na trhu obchodovatelných fosilních paliv je řízena lineárním redukčním faktorem, který určuje tempo snižování množství ročně vydávaných emisních povolenek oxidu uhličitého. A to cíleně k nule v roce 2050.

Je v zájmu spotřebitelů fosilních paliv se této trajektorii přizpůsobit svými inovačními aktivitami, které vedou k poklesu spotřeby energie cestou zvyšování energetické účinnosti a odklonem od používání fosilních paliv.

V opačném případě by byla tržní cena emisních povolenek vysoká, aby restriktivně motivovala spotřebitele k úspornému chování.

Lineární trajektorie dekarbonizace je výhodná i z hlediska rovnoměrnosti investičního cash-flow.



Náhrada fosilních paliv biologickými

Fotovoltaické elektrárny mění energii slunečního záření na elektrickou energii s účinností zhruba 18 %.

Ve srovnání s tím je ukládání energie slunečního záření do výhřevnosti metylesteru řepkového oleje mnohem méně efektivní, pracuje s účinností přibližně 0,1 %.

Aplikace biologických paliv ve spalovacích motorech vozidel využívá jejich energii zhruba jen z 1/3, tím klesá účinnost energetického řetězce na cca 0,03 %.

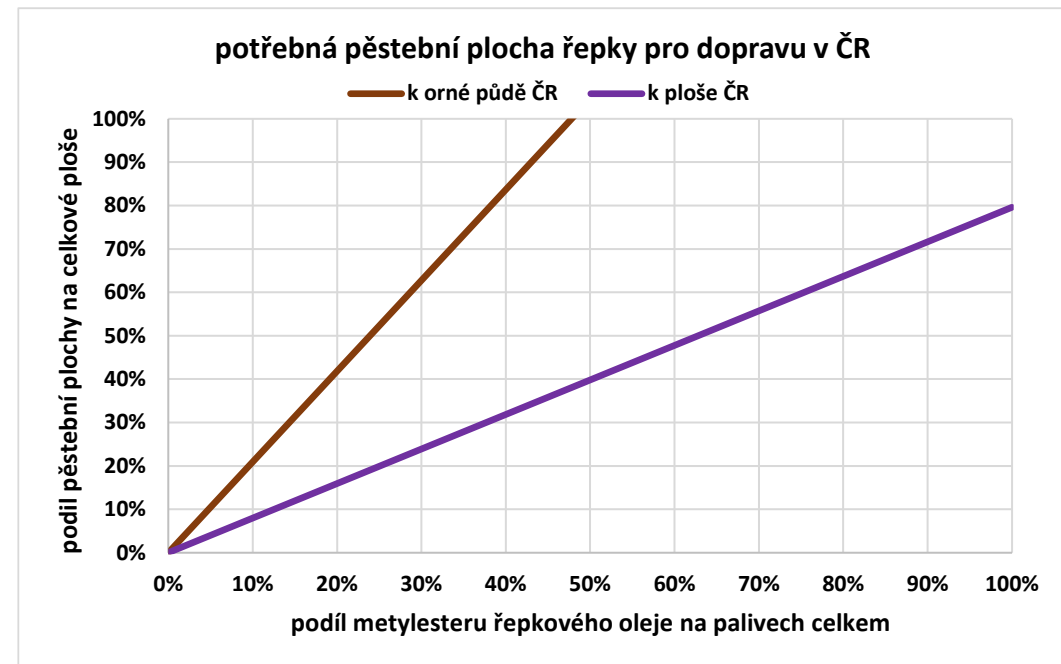
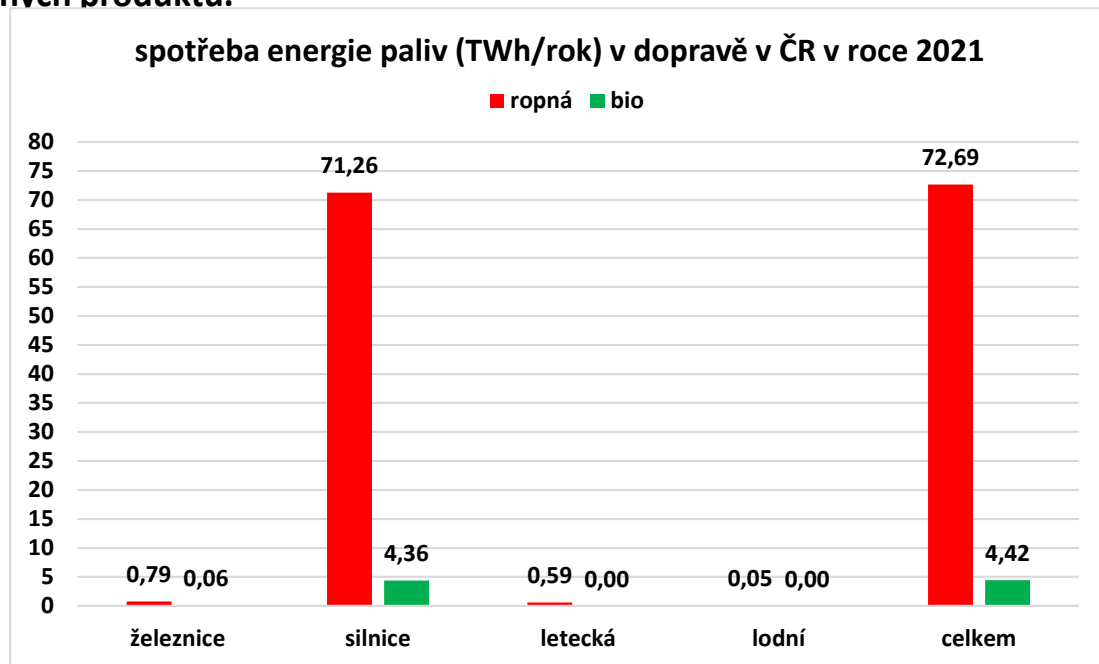
Důsledkem těchto objektivních přírodních zákonitostí je velmi velká plošná náročnost pěstování biopaliv.

Biopaliva proto nejsou schopna v podstatné míře nahradit ropná paliva, jsou reálnou alternativou jen za jednotky procent ropných paliv (aktuálně v ČR 5,7 % z kapalných uhlovodíkových paliv spotřebovaných v dopravě).

Lze předpokládat, že biopaliva budou v dopravě využívána prioritně tam, kde je elektrické napájení obtížně řešitelné (letadla, vojenský technika, ...).

Nikoliv například u osobních automobilů, ty již stejně nebudou vyráběny se spalovacími motory.

Technologie hydrogenace rostlinných olejů (HVO) řeší téma jejich užití ve spalovacích motorech, nikoliv téma množství dostatku rostlinných olejů k náhradě ropných produktů.



Nástroje k dekarbonizaci dopravy

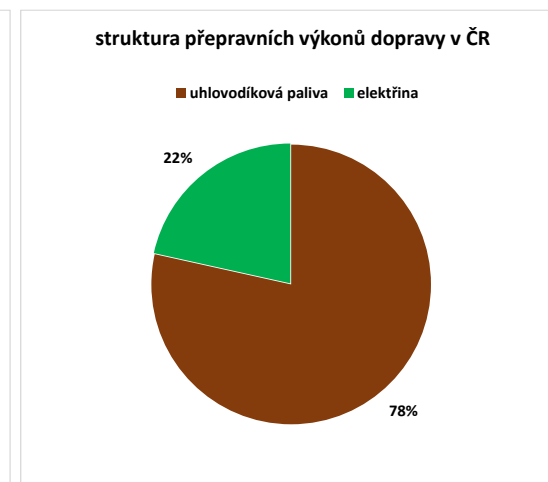
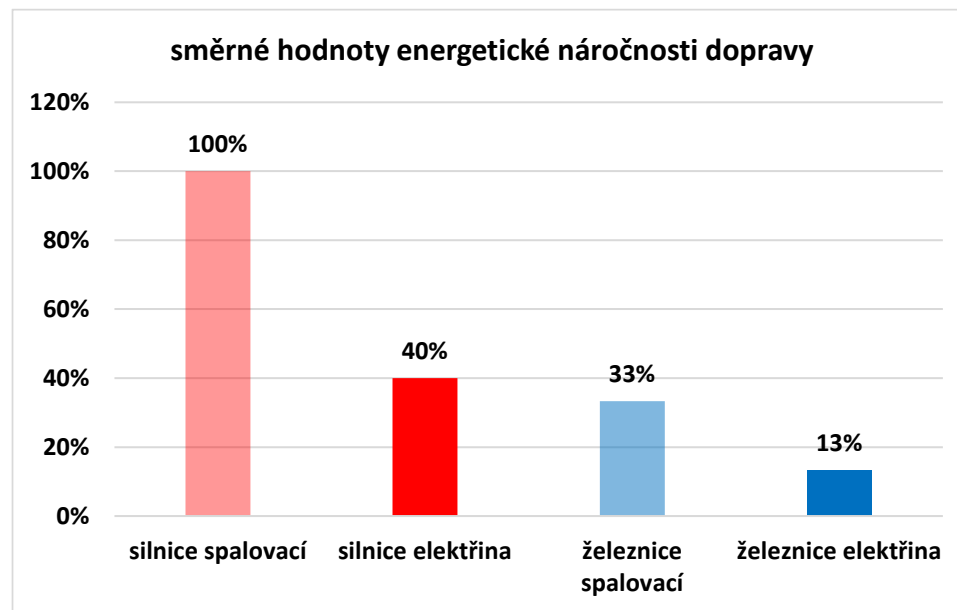
Doprava v ČR nyní spotřebuje kolem 80 TWh/rok fosilních paliv, zejména ropných. Zadání pro dopravu je jednoduché: zajistit od roku 2050 dopravu osob a věcí udržitelným způsobem, tedy bez fosilních paliv.

Udržitelnost dopravy má tři dimenze: environmentální, ekonomickou a sociální. Klíčová je ekonomická efektivnost procesu dekarbonizace, je podmínkou dosažení věcných cílů i sociálního smíru.

Není reálné do roku 2050 nahradit 80 TWh/rok fosilních paliv 80 TWh/rok biologických paliv. Ale je reálné zásadním způsobem spotřebu energie pro dopravu snížit a toto snížené množství energie pokrýt energií z obnovitelných zdrojů. K tomu má doprava dva nástroje:

- náhrada pohonu vozidel spalovacími motory s účinností kolem 32 % elektrickým pohonem s účinností kolem 80 %, tedy s 2,5krát nižší energetickou náročností (**intramodální úspory energie**),
- převedení silných a pravidelných přeprav ze silniční automobilové dopravy (vysoký odpor valení pneumatik po vozovce, vysoký aerodynamický odpor samostatně jedoucích vozidel) na železnici (nízký odpor valení ocelových kol po ocelových kolejnicích, nízký aerodynamický odpor v zákrytu jedoucích vozidel tvořících vlak), tedy s 3krát nižší energetickou náročností (**extramodální úspory energie**).

Důležité železniční tratě jsou liniové elektrizovány, při převodu přeprav ze silnice na železnici se oba faktory násobí, energetická náročnost klesá 7,5krát. Náležité využití tohoto efektu je nutnou podmínkou dekarbonizace dopravy.



Díky dominantnímu rozšíření v energeticky úsporné kolejové dopravě zajišťuje elektřina s pouhým 2 % podílem na spotřebě energií pro dopravu 22 % v ČR přepravních výkonů veškeré dopravy.

Cíle dekarbonizace dopravy

Základní cíl dekarbonizace dopravy je zřejmý: snížit spotřebu energie pro dopravu a fosilní paliva nahradit udržitelnými bezemisními zdroji.

Avšak cílem není jen environmentální udržitelnost, ale i ekonomická udržitelnost a sociální udržitelnost.

Velice potřebná je ekonomická udržitelnost, která je podmínkou i pro sociální udržitelnost.

Jsou hledána taková řešení bezemisní dopravy (tedy vozidel a infrastrukturního energetického zázemí pro jejich provoz), která jsou z hlediska nákladů životního cyklu (LCC) ekonomicky efektivní:

- rozumná úroveň pořizovacích nákladů,
- nízká úroveň provozních nákladů.

Mění se pohled na externality: v budoucí (bezemisní) dopravě ztrácí smysl hodnocení produkce emisí oxidu uhličitého v podobě měrné přepravní emisivity (kg CO₂/os km, kg CO₂/netto tkm) i hodnocení produkce emisí zdraví škodlivých látek, neboť všechny dopravní systémy budou globálně i lokálně bezemisní. Základní externalitou bezemisní dopravy budoucnosti se stává, a je přísně sledována, měrná přepravní spotřeba energie (kWh/os km, kWh/netto tkm), neboť k dopravě potřebná energie je vytvářena někde jinde (mimo dopravní cestu) a zatěžuje přírodu.

Technologie bezemisní dopravy

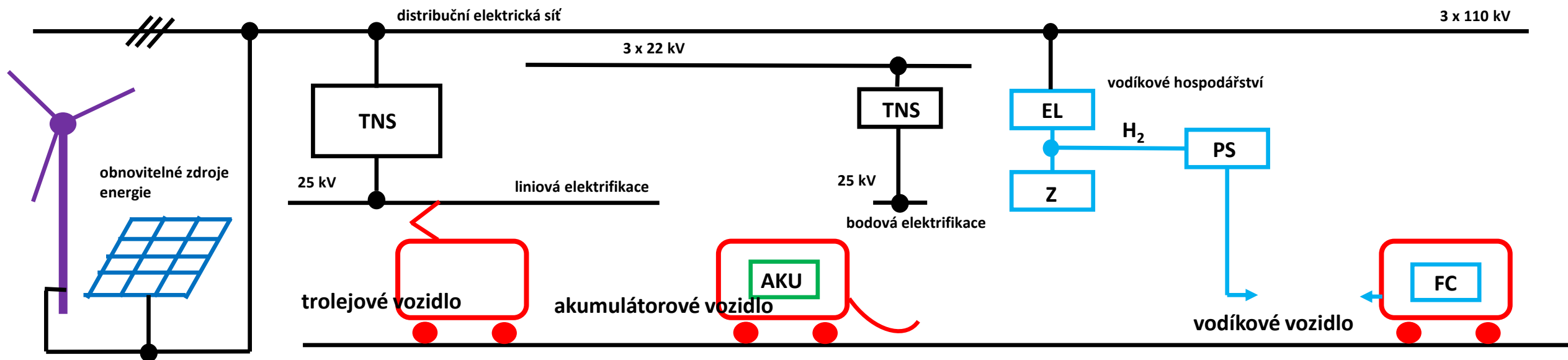
Z fyzikálního principu tepelného cyklu využívají spalovací motory k přeměně na mechanickou práci zhruba jen 30 až 40 % energie paliva, zbylých 60 až 70 % tvoří ztrátové teplo. Spalovací motory neumí rekuperovat brzdovou energii. Spalovací motory produkují zdraví škodlivé emise. Tyto vlastnosti je v éře energetické úspornosti vyřazují z mobilních aplikací.

Nahrazují je bezemisní elektrické trakční pohony s výrazně vyšší energetickou účinností a se schopností rekuperovat energii spádového i zastavovacího brzdění.

V současnosti se elektrická vozba profiluje do tří základních směrů:

- liniové elektrické napájení,
- vozidla se zásobníky energie v podobě elektrochemických akumulátorů (zpravidla lithiových),
- vozidla se zásobníky energie v podobě palivových článků (zpravidla vodíkových).

Ve všech třech případech jde o dopravně energetické systémy tvořené mobilní částí (vozidly) a stacionární částí (infrastrukturou).



Ukládání elektrické energie

Nejefektivnější formou elektrické vozby je liniová elektrizace. Pracuje s nejvyšší účinností, nevyžaduje drahé a těžké zásobníky energie. Proto má logiku aplikovat liniové elektrické napájení spolu s kolejovou dopravou, která umožňuje efektivní napájení vozidel vysokým napětím, praktikovat všude tam, kde to dává ekonomický smysl. Tedy ve směrech silných a pravidelných přepravních proudů.

Pro směry bez liniové elektrizace zbývá použití zásobníků energie v podobě elektrochemických článků:

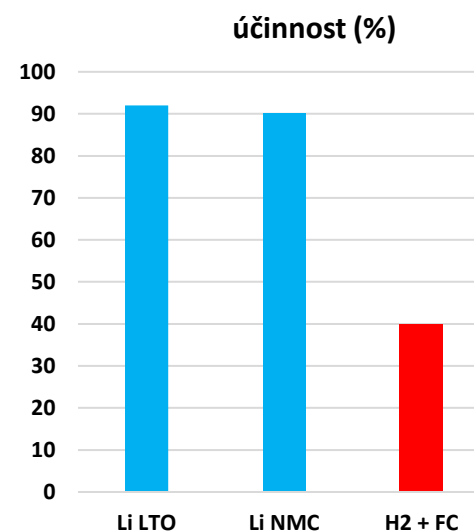
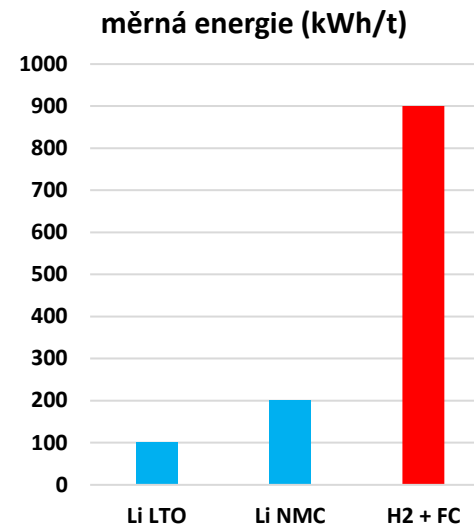
Primární články (otevřený cyklus) - vodík

Palivový článek vytváří elektřinu z vodíku vyrobeného elektrolýzou:

- účinnost řetězce elektrolýza palivový článek (k výhřevnosti): $65 \cdot 60 \% = 39 \%$, dále snižovaná dalšími ztrátami energie (kompresí, doprava, chlazení při expanzi) na cca 25 až 30 %.
- měrná energie vodíku je 33 200 kWh/t, avšak tlaková nádoba ji snižuje na 1 500 kWh/t (kompozit) a účinnost palivového článku dále na 900 kWh/t,
- vyžaduje práci stálým výkonem => potřebuje vyrovnávací akumulátor,
- neumí rekuperovat brzdovou energii => potřebuje vyrovnávací akumulátor

Sekundární články (uzavřený cyklus) – lithiové akumulátory

- účinnost kolem 90 %,
- umí pracovat proměnným (i vysokým) výkonem (zejména robustní LTO),
- umí rekuperovat brzdovou energii,
- měrná energie aktuálně (inovacemi trvale roste):
 - HP robustní (LTO) 100 kWh/t (vhodné pro investiční aplikace, například ve veřejné hromadné dopravě, vysoký počet cyklů odpovídající celodennímu provozu, rychlé nabíjení a vybíjení),
 - HE lehké (například NMC) 200 kWh/t (vhodné pro spotřební zboží, například osobní automobily, nízká hmotnost, avšak nízký počet cyklů odpovídající občasnému provozu).



Trakční a energetické vlastnosti bezemisních vozidel

- vozidlo s liniovým elektrickým napájením (elektrická vozba závislá): nevyšší účinnost, prakticky neomezená vytrvalost,
- vozidlo napájené sekundárním elektrochemickým (lithiovým) akumulátorem: mírně nižší účinnost (vliv akumulace v lithiovém akumulátoru), omezená časová vytrvalost (limitovaná energií lithiové akumulátorové baterie),
- vozidlo napájené primárním palivovým (vodíkovým) článkem s vyrovnávacím lithiovým akumulátorem: nízká účinnost (vliv přeměny elektrické energie na vodík a zpět), velmi omezená časová vytrvalost plné výkonnosti (limitovaná energií lithiové akumulátorové baterie), omezená dlouhodobá výkonnost (limitovaná výkonností palivového článku), omezená časová vytrvalost snížené výkonnosti (limitovaná energií uloženou v zásobníku vodíku).

elektrické vozidlo:

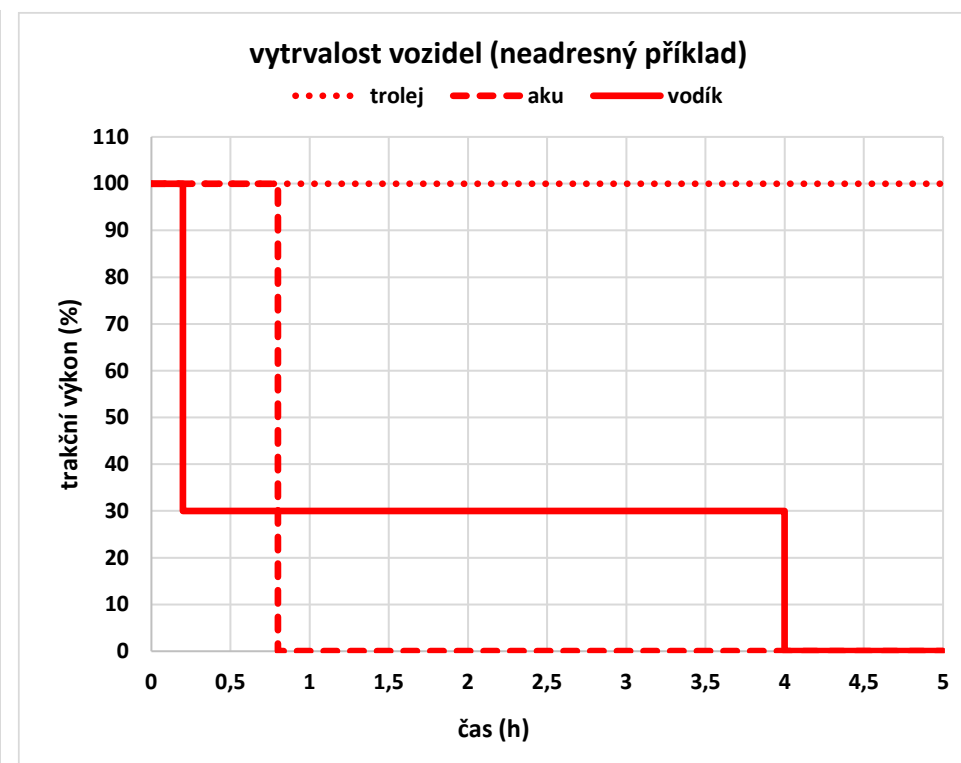
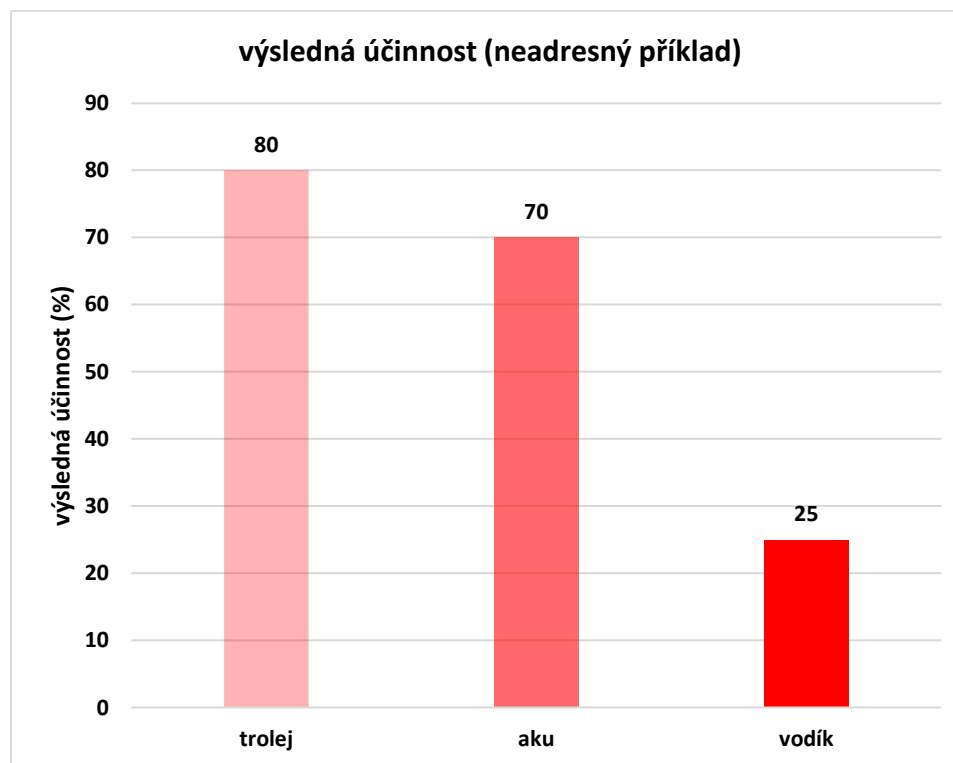
- trakční výkon

akumulátorové vozidlo:

- trakční výkon,
- energie akumulátoru

vodíkové vozidlo:

- trakční výkon,
- energie vyrovn. akumulátoru,
- výkon palivového článku,
- energie zásob vodíku



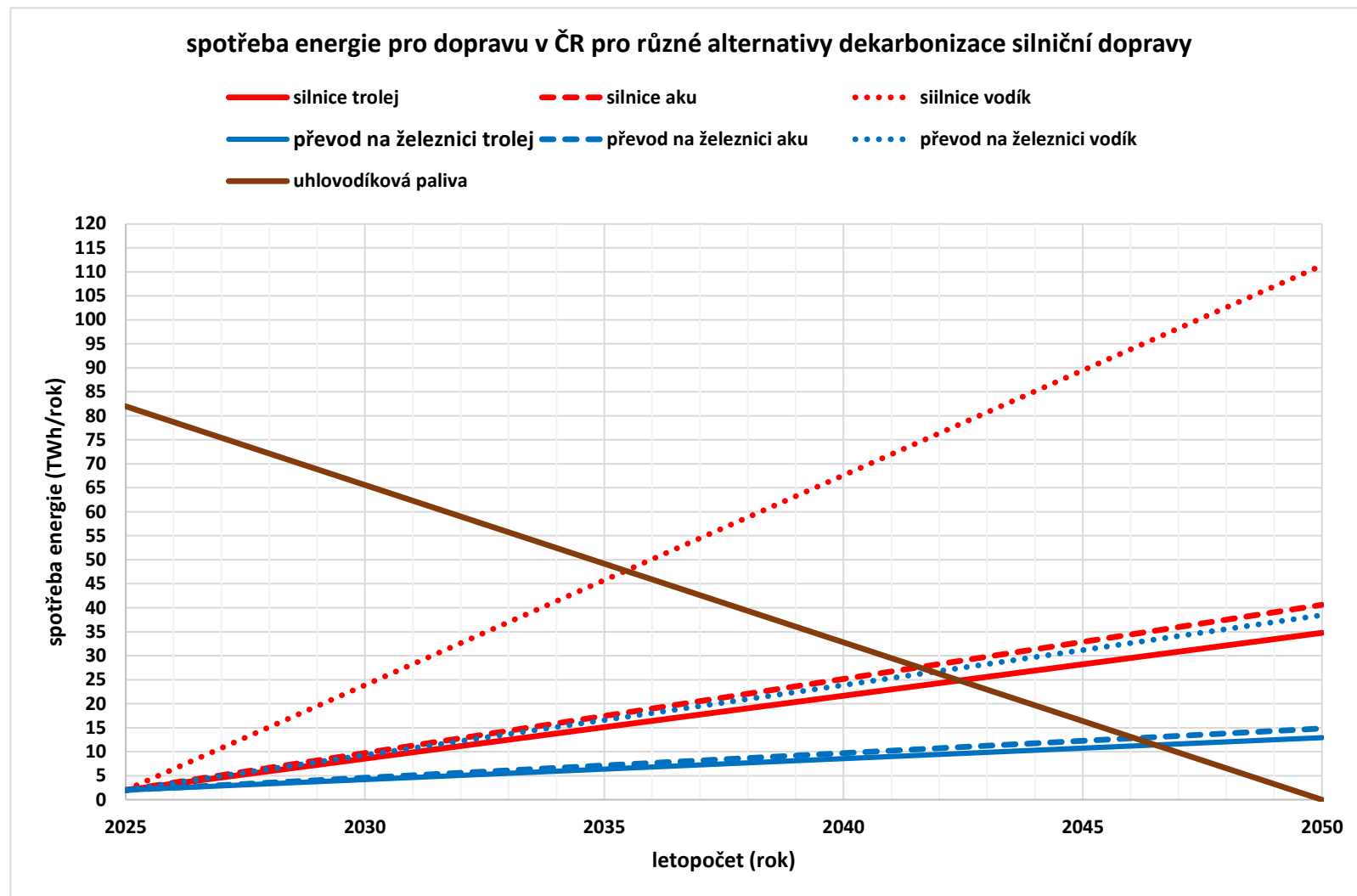
Krajní meze dekarbonizace dopravy v ČR

Zásadním tématem je zajištění energie pro dopravu k zajištění substituce obnovitelnými zdroji za ropná paliva.

Celková náročnost dopravy na zdroje energie je určena:

- celkovými přepravními výkony dopravy (os km/rok, netto tkm/rok),
- měrnou energetickou náročností jednotlivých dopravních systémů (kWh/os km, kWh/netto tkm), tedy energetickou účinností jednotlivých dopravních systémů,
- podílem (%) jednotlivých dopravních systémů na celkových přepravních výkonech.

Z důvodu vysoké energetické náročnosti silniční dopravy a z důvodu jejího vysokého podílu na přepravních výkonech dopravy osob i dopravy věcí v ČR je způsob dekarbonizace silniční dopravy určujícím tématem budoucí energetické náročnosti dopravy v ČR.



Silnice a železnice

Na silniční a železniční dopravu je dosud nahlíženo jako na dva konkurenční druhy dopravy, a zpravidla i tak jednají.

Není jednoduchá změnit myšlení lidí, ale budoucnost dopravy není v soupeření silniční a železniční dopravy, ale ve spolupráci silniční a železniční dopravy.

silniční doprava

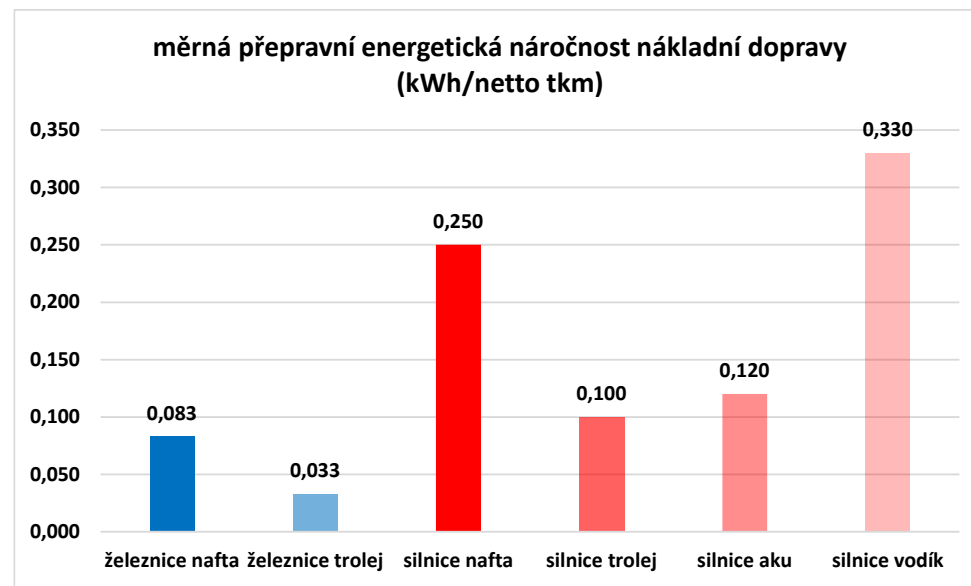
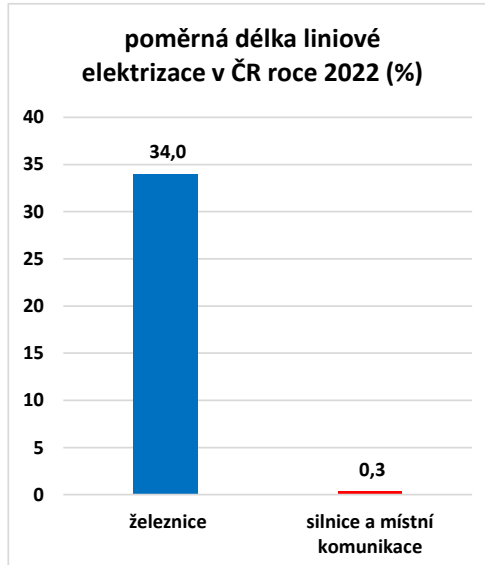
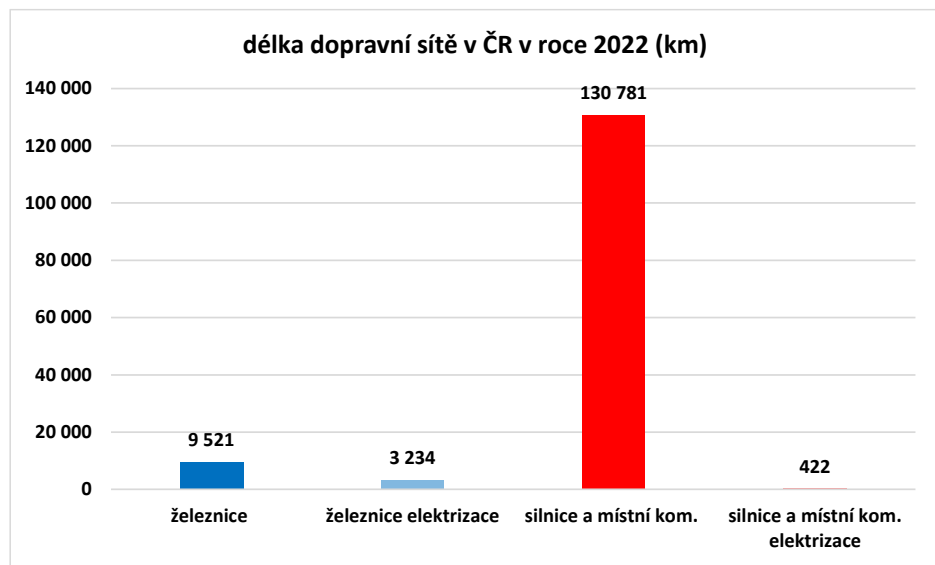
- předností je rozsáhlá síť silnic a místních komunikací, plošně pokrývající celou plochu území,
- slabinou je vysoká energetický náročnost, vazba na fosilní paliva a chybějící (a nereálná) liniová elektrizace. Nutností je používat zásobníky energie, které svojí reálnou energetickou vydatností omezují dojezd vozidel

železniční doprava

- předností je nízká energetický náročnost, nezávislost na fosilních palivech a rozvinutá liniová elektrizace, neomezující dojezd vozidel,
- slabinou řídká síť prakticky využitelných železnic, nepokrývající celou plochu území.

Cílem je promyšleně kombinovat železniční a silniční dopravu tak, aby byly efektivně využívány jejich přednosti:

- železnice: nízká energetická náročnost, technicky vyřešená a široce zavedená liniová elektrizace, vysoká produktivita vozidel a personálu,
- silnice: schopnost plošné obsluhy území, flexibilita a operativnost.



Dekarbonizace dopravy ČR

Průběh dekarbonizace dopravy je v zásadě určen pravidly emisního obchodování EU ETS, respektive EU ETS 2:

- počínaje rokem 2027 bude počet ročně vydaných emisních povolenek lineárním redukčním faktorem každým rokem postupně snižován (černá čára),
- v roce 2050 nebude vydána žádná emisní povolenka, doprava nebude mít k dispozici žádná fosilní paliva (fialová čára).

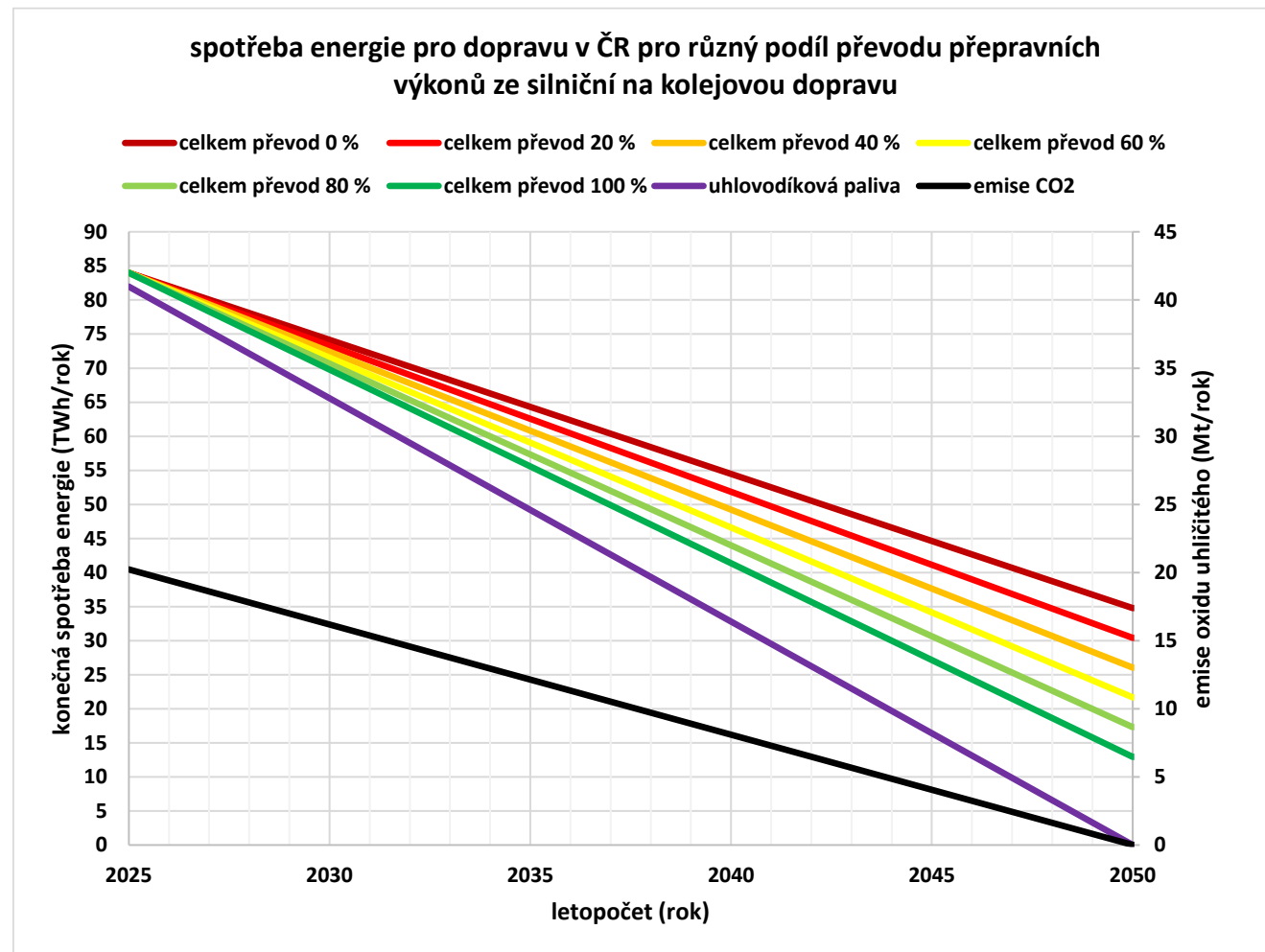
Cílem je zajistit mobilitu osob a věcí i bez fosilních paliv, tedy elektricky. A to ve vysoké kvalitě a s optimální výší nákladů.

Ve výchozím stavu (rok 2025) potřebuje doprava:

- cca 82 TWh/rok energie uhlovodíkových paliv,
- cca 2 TWh/rok elektrické energie (ta však díky vysoké efektivitě zajišťuje 22 % přepravních výkonů).

V cílovém stavu (rok 2050) bude potřebovat doprava:

- 0 TWh/rok energie uhlovodíkových paliv,
- cca 13 až 35 TWh/rok elektrické energie (v závislosti na míře přesunu přepravních výkonů ze silniční dopravy na energeticky úspornější kolejovou dopravu).



Pro srovnání:

- tuzemská čistá spotřeba elektrické energie v ČR v roce 2022: 63 TWh/rok,
- předpokládaná produkce nové JE Dukovany o výkonu 1,2 GW: 8 TWh/rok,
- nárůst spotřeby elektrické energie v ČR při náhradě uhlovodíkových paliv (v závislosti na míře převodu dopravy ze silnic na železnici: 11 až 33 TWh/rok).

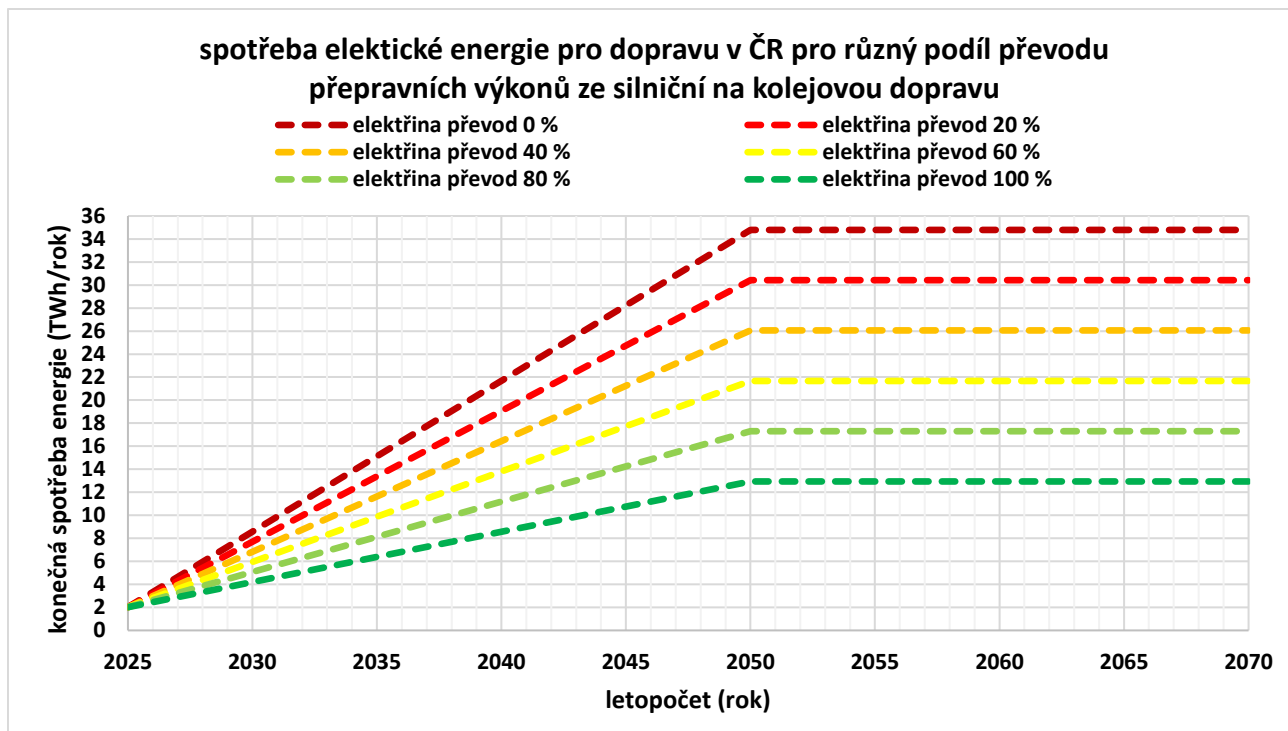
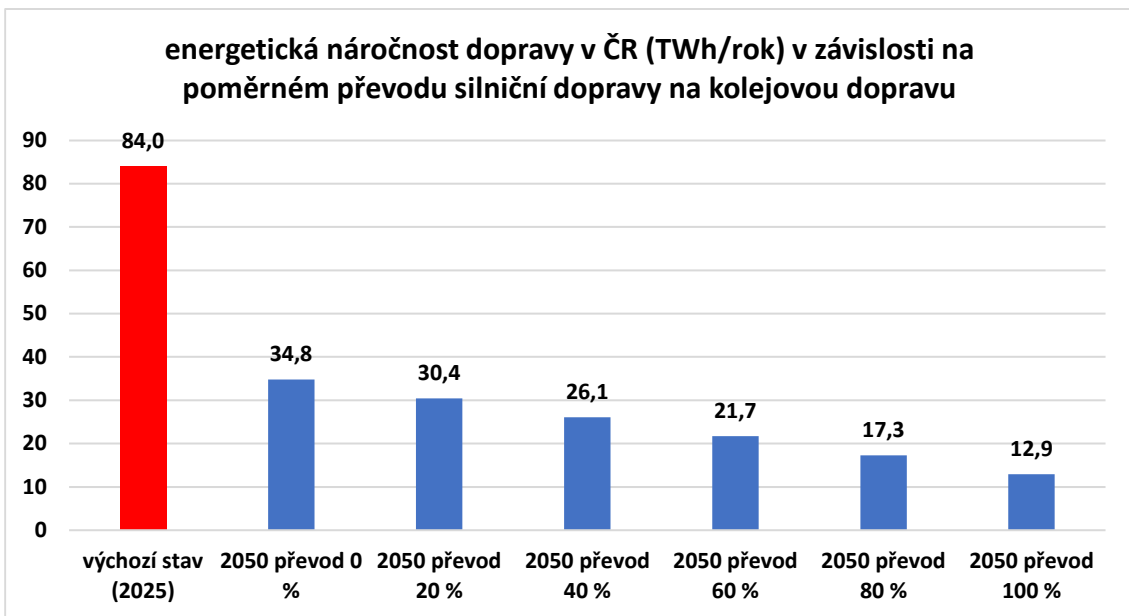
Dekarbonizace dopravy ČR

Odklon od používání uhlovodíkových paliv v dopravě má celou řadu pozitivních přínosů:

- příspěvek k zastavení nevrtaných klimatických změn, které již na ČR velmi těžce doléhají (chronické sucho z důvodu zvýšení střední roční teploty z 6,7 °C na 9,2 °C,
- zásadní ozdravení životního prostředí (snížení emisí NO_x, PM, PAH, VOC, ...),
- odstranění závislosti ČR na platbách za dovoz ropy a ropných paliv, využitelných k vyzbrojování militantních zemí,
- zvýšení konkurenceschopnosti průmyslu snížením uhlíkové stopy dopravy, která podle ISO zásadním způsobem vstupuje do uhlíkové stopy organizace i do uhlíkové stopy produktu.

Vede však k výraznému nárůstu spotřeby elektrické energie pro dopravu. Ten však lze výrazně redukovat zhruba na jedna třetinu u každé přepravy, kterou se podaří převést ze silnice na železnici.

Doprava a energetika tvoří základ kritické infrastruktury státu. Proto je nutností řešit jejich dekarbonizaci společně a koordinovaně. V první řadě minimalizovat optimální strukturou dopravy požadavky na zdroje energie.



Kooperativnost a komplementárnost v multimodální nákladní dopravě

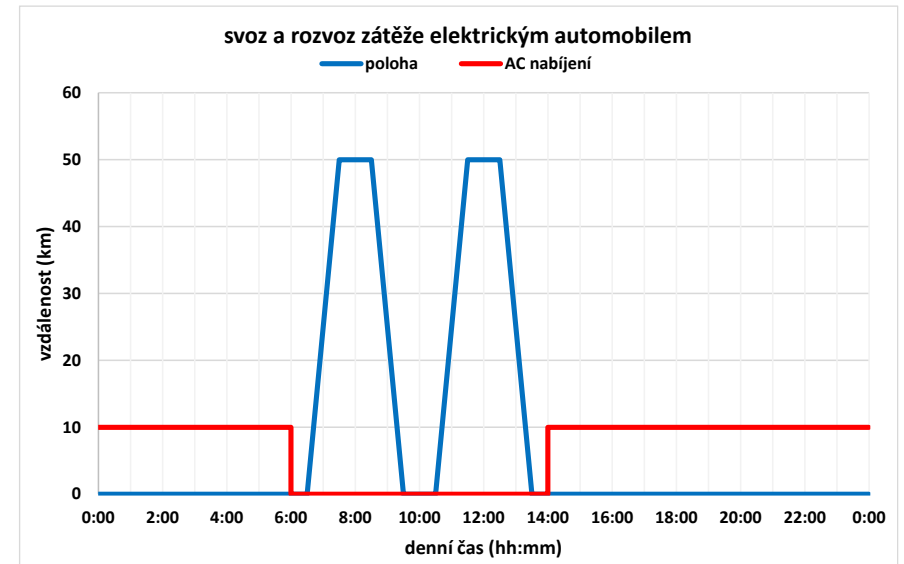
Smysluplným řešením dálkové nákladní dopravy je kombinovaná doprava, a to i v oblasti nejtěžších vozidel:

- první míle elektrický nákladní automobil,
- dálková přeprava liniově elektrizovanou železnicí (s 10krát nižší spotřebou elektrické energie než vodíkový automobil),
- poslední míle elektrický nákladní automobil.

Pojmem míle je rozuměna vzdálenost do cca 50 km, neboť při té zvládne za osmihodinovou pracovní směnu obsloužit jeden řidič se svým automobilem dva hvězdicovité svozy, respektive rozvozy, v okolí multimodálního terminálu. Dojezd 200 km je technicky řešitelný i pro nejtěžší elektrické kamiony s akumulátorovými bateriemi (hrubá kombinovaná hmotnost GCV 44 t) bez toho, aby byla jejich ložná hmotnost neúměrně snižována instalací mohutné těžké akumulátorové baterie.

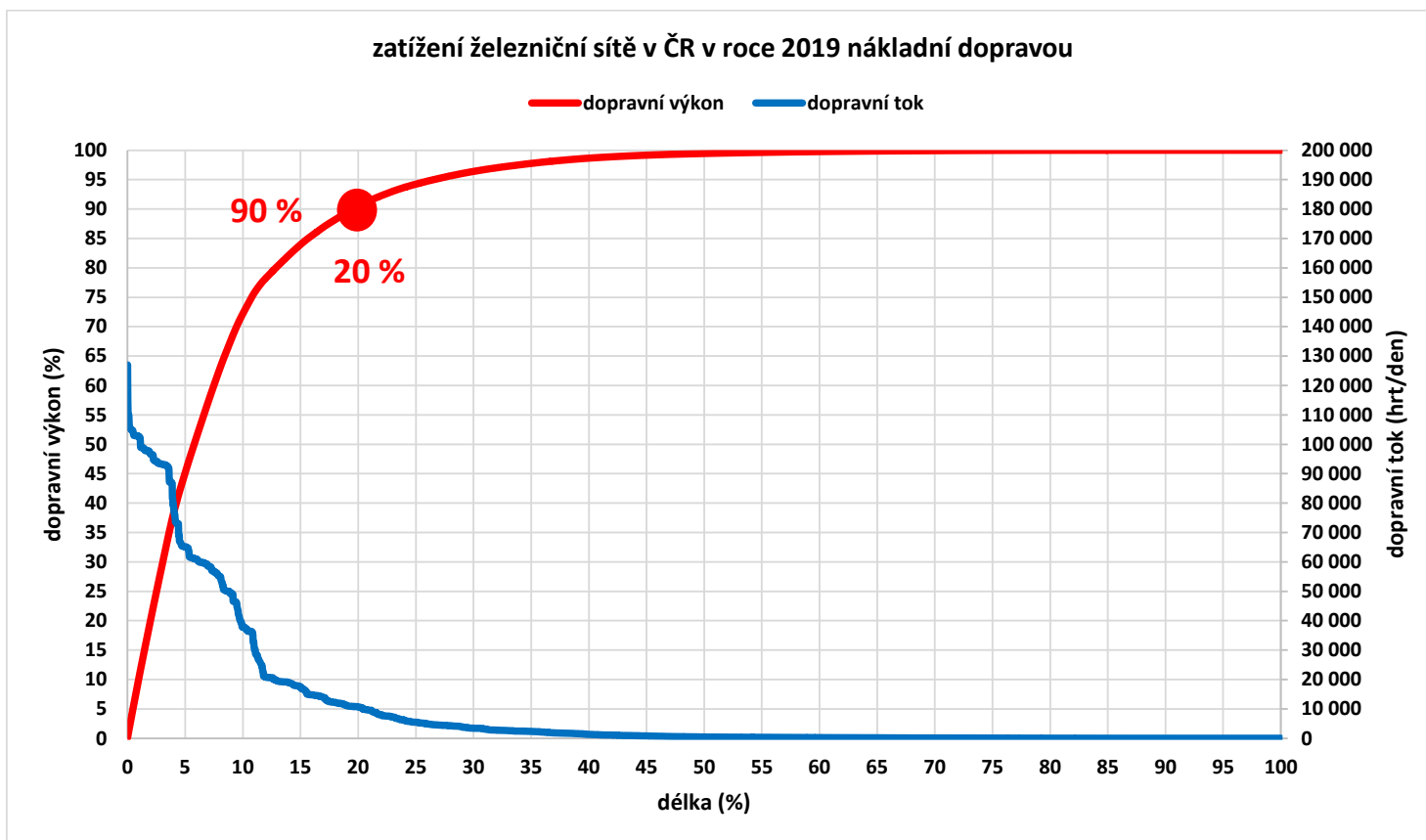
Zbývající část dne a noc postačují k tomu, aby byla jejich akumulátorová baterie levně pomalu nabita přímo v multimodálním terminálu z obyčejné zásuvky 3 x 400 V/63 A s velmi příznivým využitím sjednaného elektrického příkonu a bez potřeby zřizovat či využívat investičně a provozně drahé rychlonabíjecí stanice či další nabíjecí body.

Tento pracovní režim (200 km denně) optimálně naplňuje všechny tři limity životnosti akumulátorových baterií současných elektrických nákladních automobilů (10 let, 800 000 km, 3 000 cyklů) a vytváří podmínky pro ekonomicky efektivní využití 3 AC levné nabíjecí infrastruktury.



Větší zapojení železnice do plnění úloh nákladní dopravy

Síť železnic ČR není nákladní dopravou přetížená, pouze je přepravními toky nákladní dopravy využívána velmi nerovnoměrně. Není normální, aby bylo 90 % dopravních výkonů nákladní železniční dopravy v ČR soustředěno jen na 20 % délky železniční sítě a zbývajících 80 % železniční sítě sloužilo jen osobní dopravě, zpravidla jen regionální.



Pro reálné uskutečnění dekarbonizace dopravy je nutností převést významnou část nákladní železniční dopravy, zejména silné a pravidelné přepravy, ze silnic na železnici. K tomu je potřeba:

- posílit kapacitu dopravně nejvíce zatížených tratí (viz konverze 3 kV/25 kV, budování přesmyků, ...),

- odlehčit přetížené tratě budováním a posilováním paralelních tratí (vysokorychlostní tratě, Velký Osek – Choceň, Plzeň – Domažlice, ...),

- zapojit do plnění úloh nákladní dopravy i ostatní železniční tratě, zejména jejich liniovou elektrizací 25 kV, a to i na severu ČR,

- budováním husté sítě multimodálních terminálů bezemisní elektrické dopravy železnice – silnice k celoplošné obsluze území ČR (dostupnost do 50 km),

- vybavení železničních stanic kolejemi a plochami pro nakládku a vykládku JVZ.

Nepostradatelnost nákladní železniční dopravy

Společným zájmem nákladních dopravců, osobních dopravců, objednatelů dálkové veřejné osobní dopravy i objednatelů regionální veřejné osobní dopravy je zásadní zvýšení tempa elektrizace českých železnic. A to alespoň na hodnotu 200 km/rok (v kombinaci elektrizace v rámci celkové modernizace i prosté elektrizace).

Je potřeba vnímat obě příčinné souvislosti:

- nutnou podmínkou k zapojení jednotlivých železničních tratí do sítově fungujícího systému nákladní železniční dopravy je jejich liniová elektrizace,
- elektrizované železniční tratě jsou, podobně jako silnice, univerzálně využívány regionální osobní železniční dopravou, dálkovou osobní železniční dopravou a nákladní železniční dopravou. Avšak neelektrizované železniční tratě jsou, na rozdíl od univerzálně použitelných silnic, zpravidla využívány jen regionální osobní dopravou. Je vážným tématem, zda samotná regionální osobní doprava je dostatečným důvodem k obhájení investic do udržování provozuschopnosti dráhy.

Provozeroschopnost dráhy je bezpečnostně relevantním tématem. V rámci cyklické údržby nastává po několika desetiletích provozu na každé železniční trati nutnost výměny železničního svršku. Samotná výměna železničního svršku vyžaduje, i bez jakékoliv další modernizace či zvýšení parametrů dráhy, částku cca 10 mil. Kč/km, a to i při využití použitého materiálu z upgrade hlavních tratí.

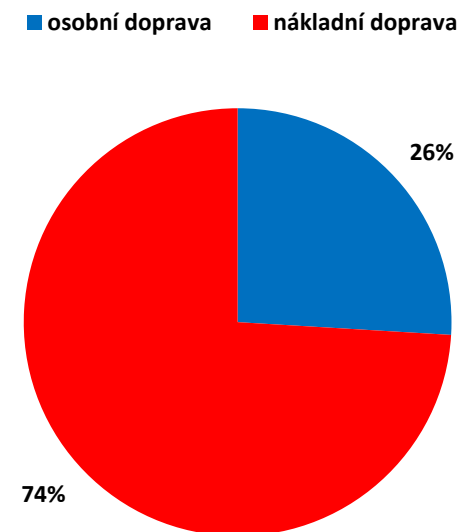
Lze oprávněně předpokládat, že rozhodování o prodloužení provozuschopnosti dráhy obnovou jejího železničního svršku, bude u tratí využívaných jen se slabší regionální osobní dopravou, bez nákladní dopravy a bez dálkové osobní dopravy, stále obtížnější.

Liniová elektrizace a přítomnost nákladní dopravy dávají železničním tratím smysl a budoucnost.

Budování železnic bylo z podstatné části motivováno nákladní dopravou. Například 74 % výnosů místních drah, garantovaných Zemí království Českého, tvořily v roce 1905 tržby z nákladní dopravy.

Bylo by nesprávné se domnívat, že v 21. století může regionální železnice ekonomicky fungovat bez nákladní dopravy.

Tržby zemí garantovaných místních drah v roce 1905
(zdroj: Pamětní spis Zemského výboru království Českého)



Zatížení železničních tratí dopravním tokem nákladní dopravy

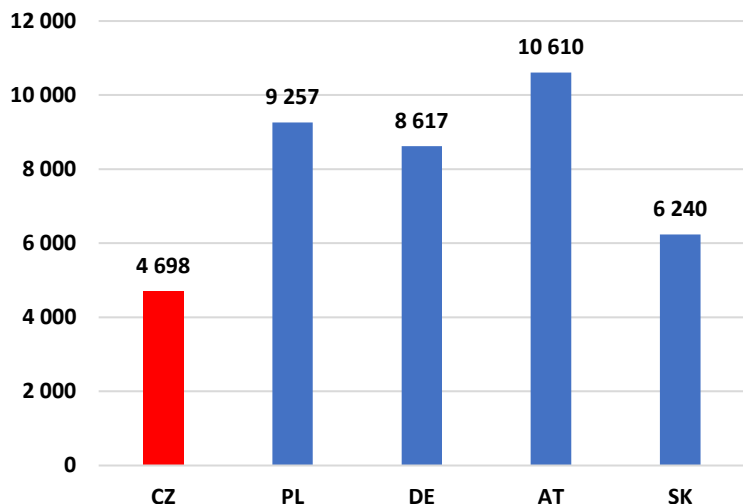
Navzdory všeobecnému přesvědčení, že železnice jsou v ČR přetíženy silnou nákladní dopravou, je opak pravdou. Celkové zatížení českých železnic nákladní dopravou je velmi slabé, méně než 5 000 netto t/den, sotva na polovině hodnot sousedních zemí (AT, DE, PL, SK).

Z ekonomických důvodů jsou do nákladní dopravy aktivně zapojeny jen liniově elektrizované tratě.

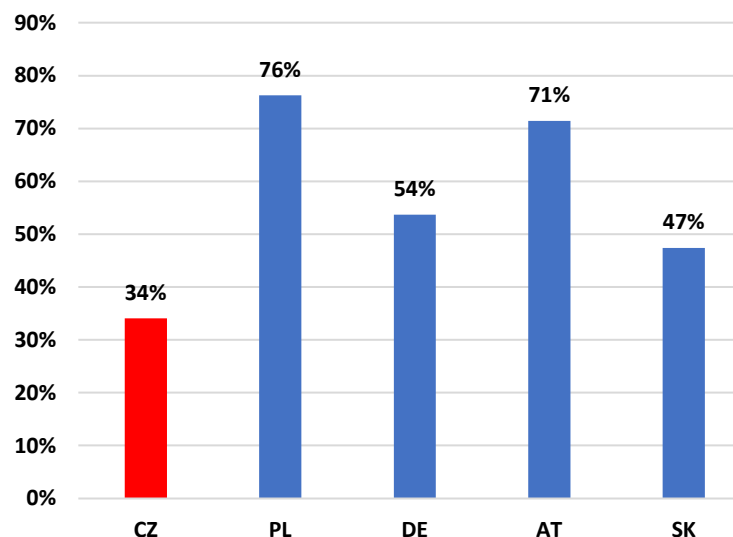
Proto je velikost celkového zatížení železniční sítě nákladní dopravou v jednotlivých zemích úměrná míře elektrizace jejich železniční sítě.

porovnání železnic 2021						
stát		CZ	PL	DE	AT	SK
délka sítě	km	9 521	15 866	39 300	5 603	3 343
délka elektr. sítě	km	3 244	12 101	21 100	4 003	1 585
podíl elektrifikace	%	34	76	54	71	47
převážní výkon nákladní	mil. netto t km/rok	16 326	53 609	123 607	21 698	7 614
převážní tok nákladní	netto t/den	4 698	9 257	8 617	10 610	6 240
poměr k CZ	%	100	197	183	226	133

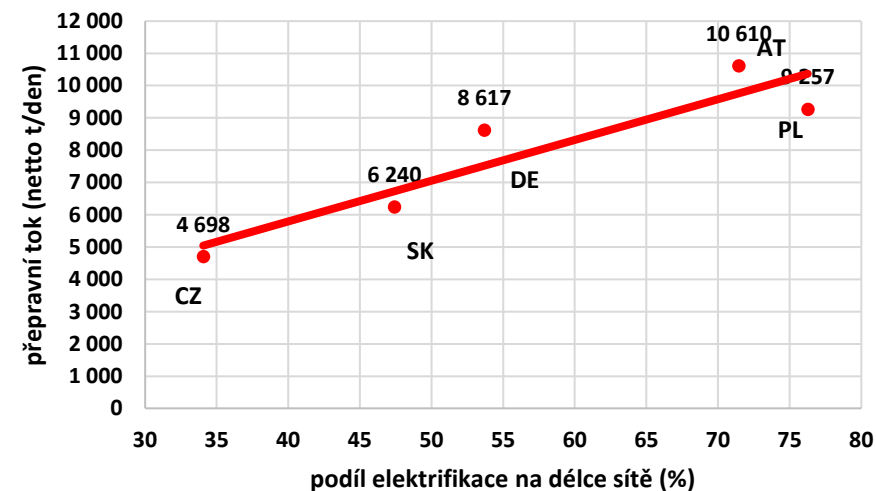
střední převážní tok železniční nákladní dopravy (netto t/den) v roce 2021



poměrná délka elektizovaných tratí v roce 2021



závislost středního zatížení železniční sítě nákladní dopravou na míře elektrifikace (2021)



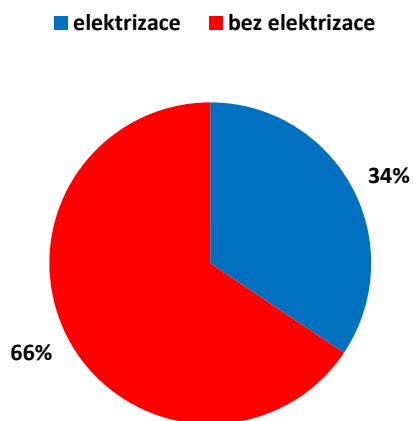
Zatížení železničních tratí v ČR dopravním tokem nákladní dopravy

Prakticky veškeré (95,5 %) dopravní výkony železniční nákladní dopravy jsou v ČR soustředěny jen na liniově elektrizované železniční tratě, tedy jen na 34 % délky železniční sítě.

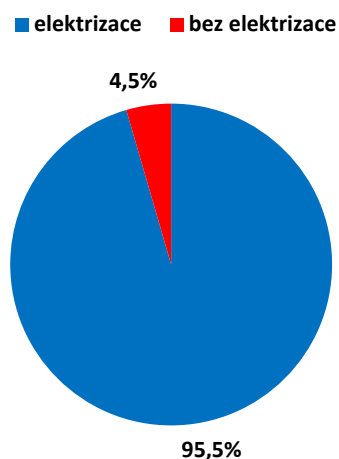
Zbývajících 66 % délky železniční sítě, tratě bez liniové elektrizace, zajišťuje jen 4,5 % dopravních výkonů železniční nákladní dopravy, tedy téměř jsou bez nákladní dopravy (dopravní tok nákladní dopravy je na nich 40 krát nižší, než na liniově elektrizovaných železničních tratích).

Elektrická vozba je pro své mnohé ekonomické výhody v nákladní železniční dopravě dominantní. Přechod nákladního vlaku mimo síť elektrizovaných železnic znamená snížení výkonnosti, zvýšení nákladů na energii i na údržbu a pokles produktivity vozidel i personálu. Postupem času tak železniční nákladní doprava na neelektrizovaných tratích velmi ochabla. A to i v územích s velmi aktivní průmyslovou výrobou (sever ČR) a s velmi čilou nákladní dopravou v nedávné minulosti (typicky: Liberecko).

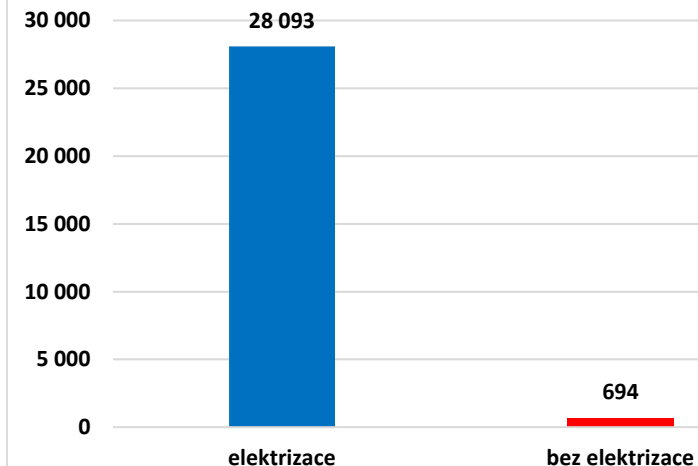
podíl tratí na délce sítě železnic v ČR v roce 2019



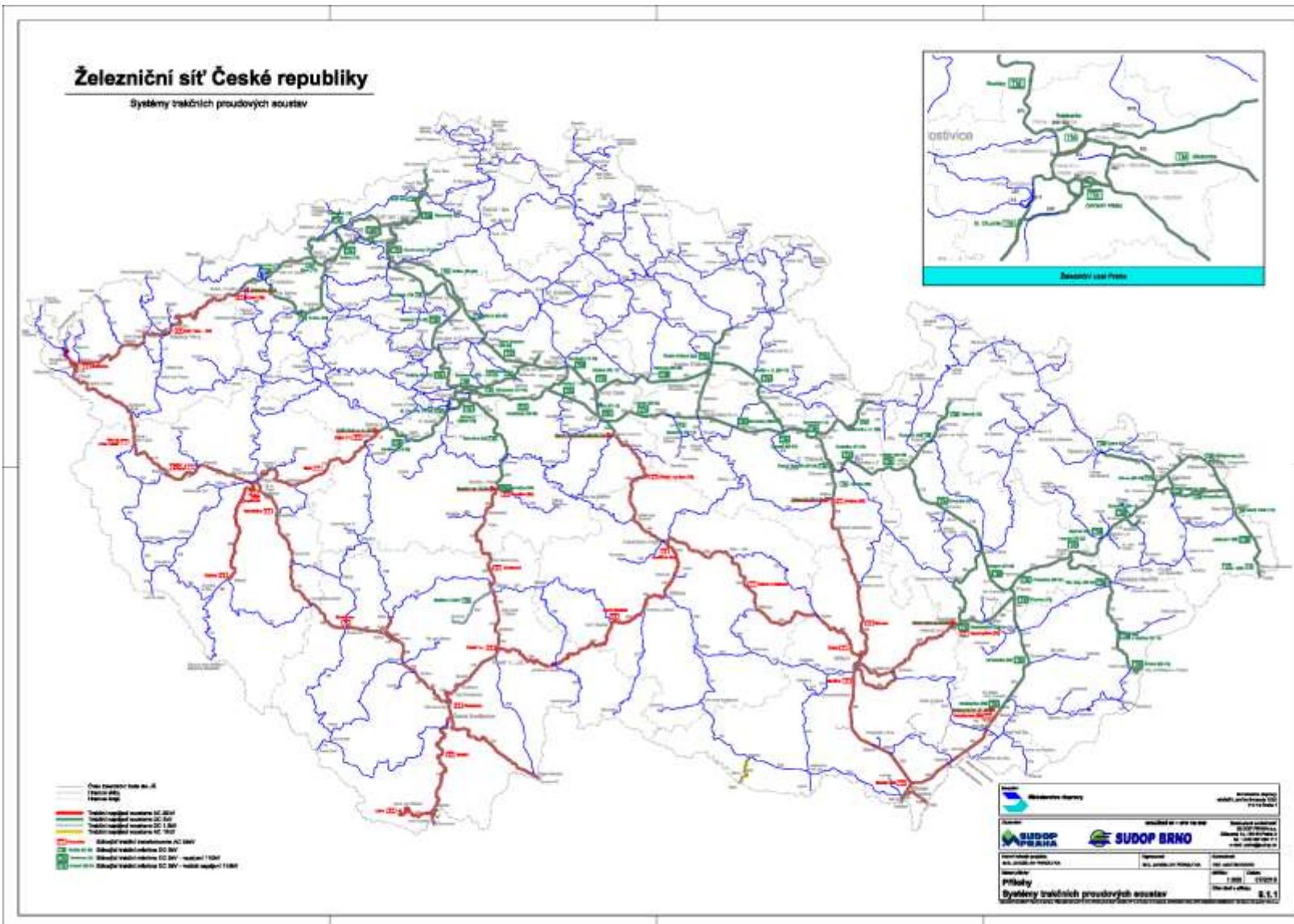
podíl tratí na dopravních výkonech železniční nákladní dopravy v ČR v roce 2019



střední dopravní tok železniční nákladní dopravy v ČR v roce 2019 (hrt/den)



Elektrizace železniční sítě v ČR



Železniční tratě na území ČR jsou elektrizovány nesymetricky.

Před 60 lety přijaté rozhodnutí „na jih od hlavního tahu elektrizovat tratě systémem 25 kV, na sever od hlavního tahu elektrizovat tratě systémem 3 kV“ bylo z důvodů vysokých nákladů systému 3 kV naplněno jen z poloviny:

- hlavní železniční tratě na (převážně agrárním) jihu území ČR jsou elektrizovány systémem 25 kV,
- hlavní železniční tratě na (převážně průmyslovém) severu území ČR nejsou elektrizovány.

Vlivem vysoké přenosové schopnosti trakčního vedení 25 kV lze řadu dalších železničních tratí na jihu ČR levně elektrizovat jen zřízením trakčního vedení bez potřeby budování nových trakčních napájecích stanic.

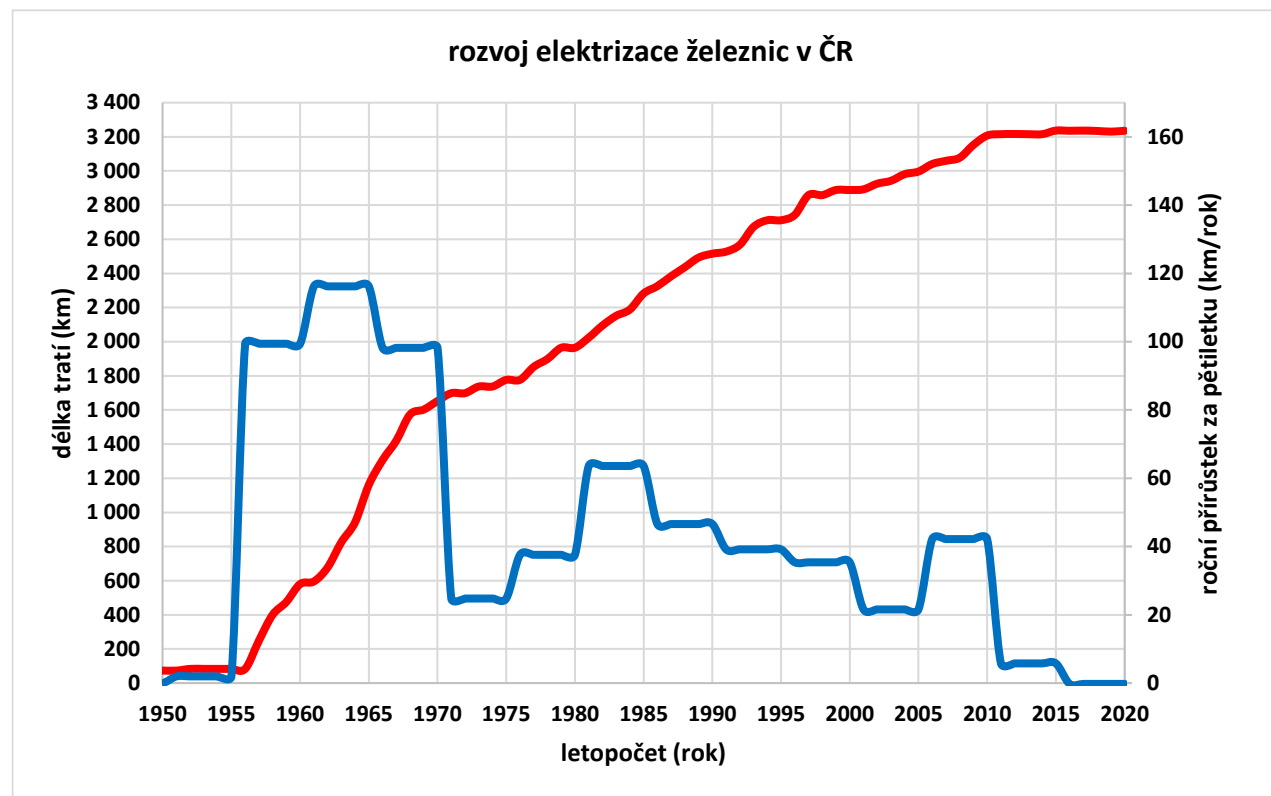
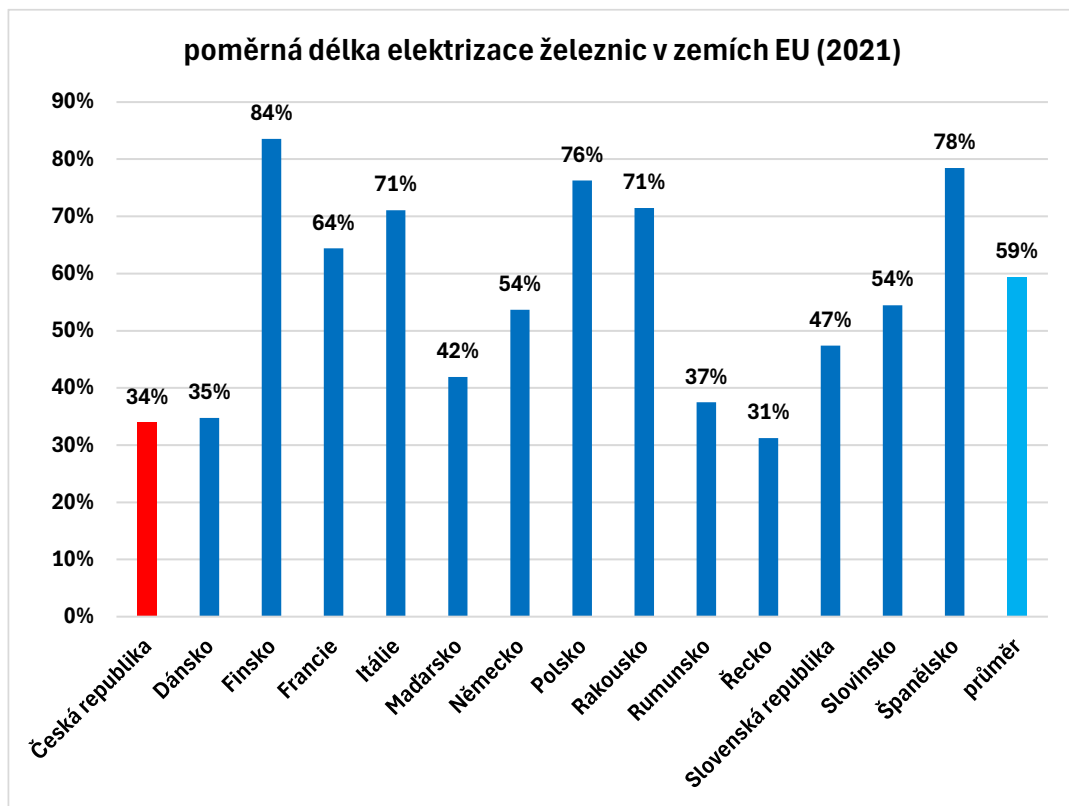
Na průmyslovém severu je potřeba zahájit systematickou elektrizaci železnic počínaje vybudováním sítě trakčních napájecích stanic 25 kV ve velkých železničních uzlech a ty pak postupně propojit.

Rozvoj liniové elektrizace železnic v ČR

Rozsah elektrizace železniční sítě v ČR silně zaostává za ostatními evropskými zeměmi. Toto zaostávání je potřeba odstranit a zvýšit podíl elektrizovaných tratí ze současné 1/3 na 2/3, podobně jako je tomu v ostatních evropských zemích.

Elektrizace železnic je základní podmínkou rozvoje nákladní dopravy, regionální osobní dopravy i dálkové osobní dopravy.

Tempo liniové elektrizace je potřeba zásadním způsobem zvýšit, moderní technologie k tomu existují (zakládání stožárů na zatlučených pilotech, rozvíjení trakčního vedení pod tahem, měničové trakční napájecí stanice pro dvoustranné napájení, ...).

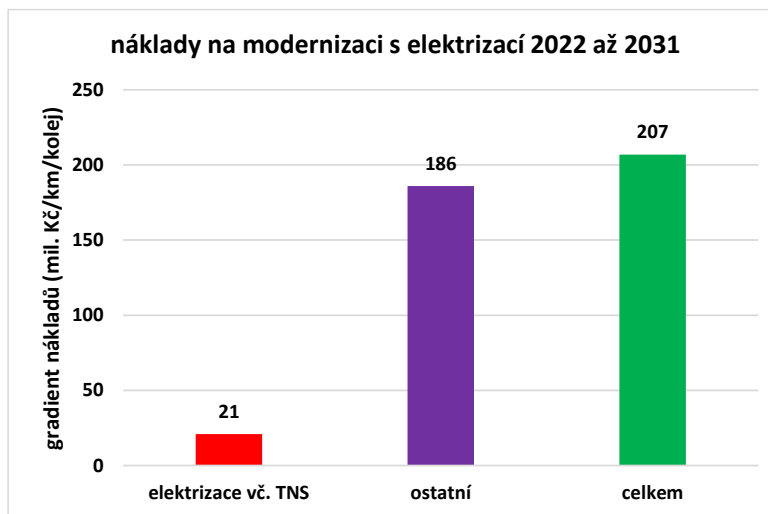


Ministerstvo dopravy ČR přijalo v listopadu 2023 Koncepti rozvoje elektrické trakce. Ta určuje k liniové elektrizaci (téměř výhradně již jednotným systémem 25 kV) dalších 2 479 km železničních tratí (26 % délky sítě, tedy celkem 60 %). Jde jak o elektrizace v rámci celkové modernizace, tak i o prosté elektrizace (prioritně provedená plnohodnotná elektrizace).

Liniová elektrizace dalších železničních tratí v ČR

Schválené studie proveditelnosti elektrizace Centrální komisí MD ČR

trať	ze stanice	do stanice	délka k elektrizaci km
021	Týniště	Častolovice	8
021	Častolovice	Solnice	15
070	Praha Vysočany	Všetaty	34
071	Nymburk	Mladá Boleslav	37
093	Kladno	Kladno-Ostrovec	4
120	Praha-Bubny	Kladno	29
124	Březno	Chomutov	11
132	Kadaň-Pruněrov	Kadaň předměstí	6
179	Cheb	Pomezí n. Ohří st hr.	11
180	Plzeň-Jižní Předměstí	Domažlice	58
180	Domažlice	Česká Kubice st. hr.	15
181	Nýřany	Heřmanova Hut'	10
201	Písek	Písek město	4
226	Veselí nad Lužnicí	České Velenice	55
240	Brno-Horní Heršpice	Zastávka u Brna	20
256	Tišnov	Žďár nad Sázavou	62
262	Skalice nad Svitavou	Boskovice	5
290	Olomouc	Uničov	29
290	Uničov	Šumperk	28
303	Kojetín	Hulín	17
323	Ostrava-Kunčice	Frýdlant nad Ostravicí	24
323	Frýdlant nad Ostravicí	Valašské Meziříčí	40
324	Frýdlant nad Ostravicí	Ostravice	7
325	Sedlnice	Štamberk	15
331	Otrokovice	Vizovice	25
340	Blažovice	Veselí nad Moravou	70
340	Uherské Hradiště	Veselí nad Moravou	14
340	Kunovice	Kunovice zastávka	2
341	Staré Město u U.H.	Újezdec	26
341	Újezdec	Luhačovice	10
341	Újezdec	Bojkovice město	10
342	Bzenec	Moravský Písek	4
suma			705

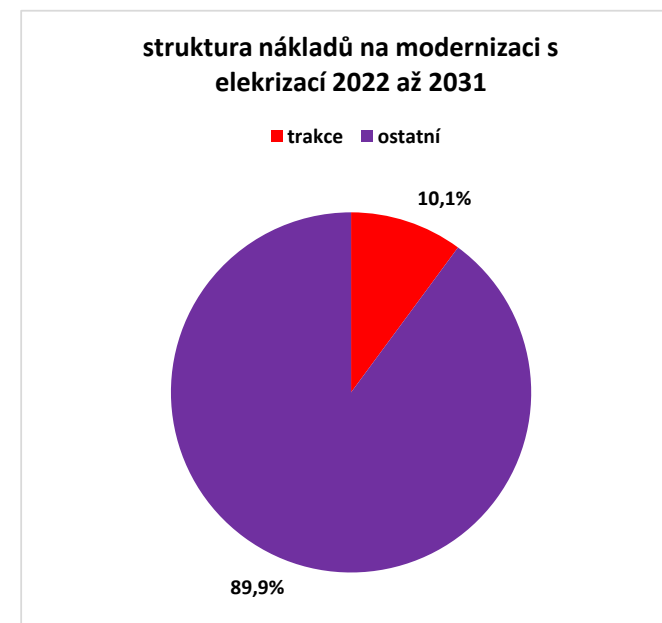


studie proveditelnosti liniové elektrizace řešené v roce 2022

trať	ze stanice	do stanice	délka k elektrizaci km
026	Starkoč	Náchod	9
026	Náchod	Broumov	41
030	Turnov	Liberec	38
032	Jaroměř	Trutnov	52
045	Trutnov	Svoboda nad Úpou	10
070	Mladá Boleslav	Turnov	30
092	Neratovice	Kralupy nad Vltavou	17
173	Praha-Smíchov	Beroun	34
238	Pardubice	Havlíčkův Brod	92
240	Zatávka u Brna	Jihlava	81
241	Okříšky	Znojmo	70
257	Křižanov	Studenec	34
261	Žďárec u Skutče	Svitavy	53
310	Opava	Krnov	29
suma			590

Na základě analýzy nákladů a výnosů (CBA) prokázané vysoké ekonomické efektivity byly Centrální komisí MD ČR schváleny v studii proveditelnosti liniové elektrizace (25 kV) mnoha set kilometrů železničních tratí v rámci jejich celkové modernizace. Avšak bez stanovení konkrétního data realizace.

U 32 ze strany SŽ připravovaných staveb, jejichž předmětem je liniové elektrizace (25 kV) tratí v rámci jejich celkové modernizace, činí náklady na liniovou elektrizaci (včetně případné stavby TNS) v průměru 20 mil. Kč/kolej/km, což je 10 % z celkových nákladů na modernizaci trati (v průměru 207 mil. Kč/kolej/km).



Prostá elektrizace železničních tratí

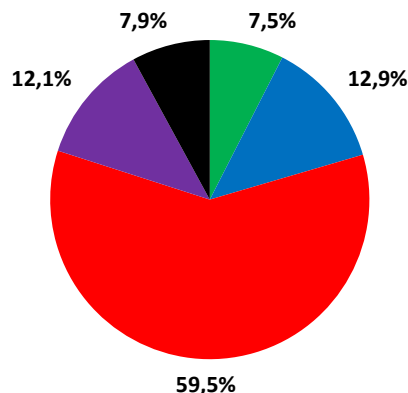
prosté elektrizace			
trať	ze stanice	do stanice	délka k elektrizaci km
093	Kralupy	Kladno Ostrovec	22
121	Jeneč	Středokluky	9
200	Zdice	Písek	90
238	Havlíčkův Brod	Hlinsko	40
suma			161

S cílem urychlit elektrizaci železničních tratí v ČR navrhlo MD ČR provádět kromě liniové elektrizace železničních tratí v rámci jejich celkové modernizace (tam, kde to má smysl: trať je naléhavě nutno celkově modernizovat) i prostou liniovou elektrizaci železničních tratí (tam, kde to má smysl: trať není naléhavě nutno celkově modernizovat).

Vlastní liniová elektrizace je i při prosté elektrizaci plnohodnotná a v souladu s požadavky TSI ENE (avšak zpravidla bez stavby nové TNS, je využívána již existující TNS). Celkové náklady stavby jsou výrazně nižší především z důvodu redukovaného rozsahu ostatních prací. To též stavbu procesně zjednodušuje a zrychluje. A to jak v období přípravy, tak při její realizaci. V zásadě jde jen o změnu pořadí prací: v prvním kroku je řešena naléhavě potřebná liniová elektrizace, následně mohou pokračovat další investiční aktivity.

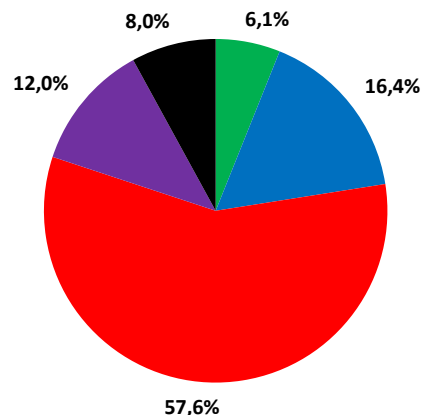
struktura nákladů prosté elektrizace
Kralupy - Kladno a Jeneček - Středokluky
(celkem 16 mil. Kč/km, trakce 10 mil. Kč/km)

■ zab. a sděl. ■ ostatní ■ trakce ■ projekt ■ rezerva



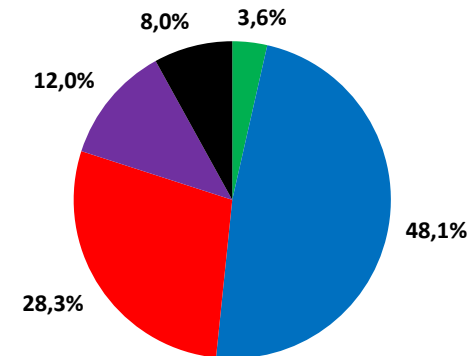
struktura nákladů prosté elektrizace
Zdice - Březnice
(celkem 21 mil. Kč/km, trakce 12 mil. Kč/km)

■ zab. a sděl. ■ ostatní ■ trakce ■ projekt ■ rezerva



struktura nákladů prosté elektrizace
Havlíčkův Brod - Hlinsko
(celkem 36 mil. Kč/km, trakce 10 mil. Kč/km)

■ zab. a sděl. ■ ostatní ■ trakce ■ projekt ■ rezerva



Přenosová schopnost trakčního vedení

Již před 150 lety zjistil Elihu Thomson, že přenosová schopnost elektrického vedení (poměr přenášeného výkonu ke ztrátám ve vedení) roste s druhou mocninou napětí:

$$K = P/\Delta P = P / (R \cdot I^2) = U^2 / (P \cdot R)$$

Tedy přenosová schopnost elektrického vedení je při napětí 25 kV je v poměru druhých mocnin napětí $(25/3)^2 = 69$ krát větší, než při napětí 3 kV.

Z hlediska dodržení tolerance napětí v místě odběru je však při vedení střídavého napětí důležitý též účinník $\cos \varphi$, tedy fázový posun mezi proudem a napětím:

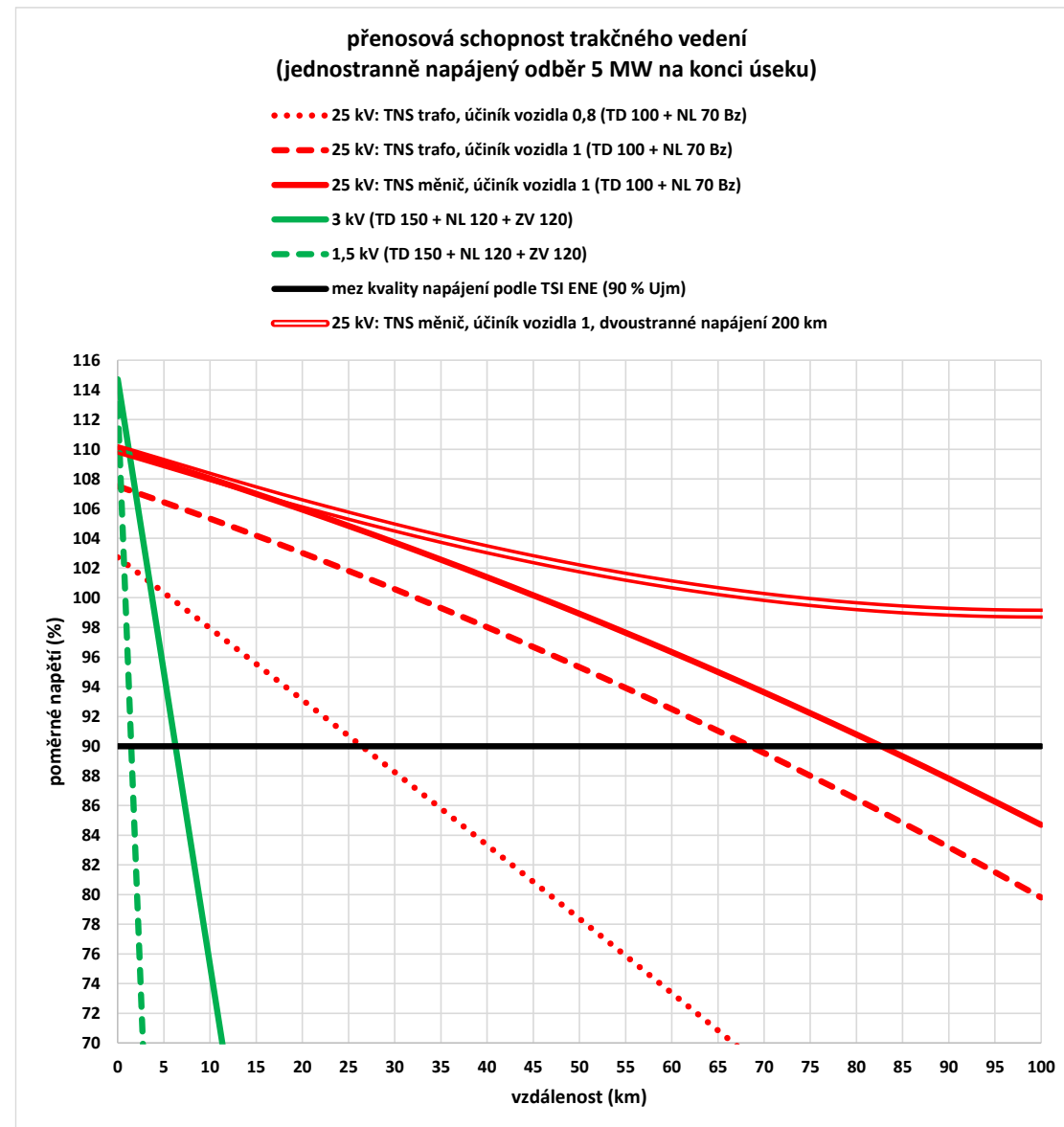
- starší vozidla s diodovými usměrňovači mají nízký účinník $\cos \varphi = \text{cca } 0,8$, proto zatěžují vedení vyšším a fázově nevýhodně posunutým proudem, což způsobuje velké úbytky napětí,
- moderní vozidla se vstupními čtyřkvadrantovými měniči mají vysoký účinník $\cos \varphi = \text{cca } 1,0$, proto zatěžují vedení nižším proudem a ve fázi s napětím, což způsobuje malé úbytky napětí.

Praktický dopad těchto fyzikálních zákonitostí je značný. Pokles napětí na sběrači vozidla o příkonu 5 MW pod mez 90 % jmenovité hodnoty podle kritéria kvality v TSI ENE nastane při jednostranném napájení (tedy uprostřed mezi TNS, nebo na konci vedení):

- 3 kV ve vzdálenosti 7 km od trakční napájecí stanice,
- 25 kV ve vzdálenosti 26 km od trakční napájecí stanice při $\cos \varphi = 0,8$,
- 25 kV ve vzdálenosti 68 km od trakční napájecí stanice při $\cos \varphi = 1,0$,
- 25 kV ve vzdálenosti 83 km od měničové trakční napájecí stanice při $\cos \varphi = 1,0$.

Při dvoustranném napájení nenastane ani při vzdálenosti 100 km od měničové trakční napájecí stanice při $\cos \varphi = 1,0$.

Pokrok na straně vozidel proto umožňuje stavět trakční napájecí stanice 25 kV podstatně dále od sebe, než bylo dosud v ČR zvykem, respektive více využívat již existující trakční napájecí stanice 25 kV pro napájení odbočných a spojovacích tratí.

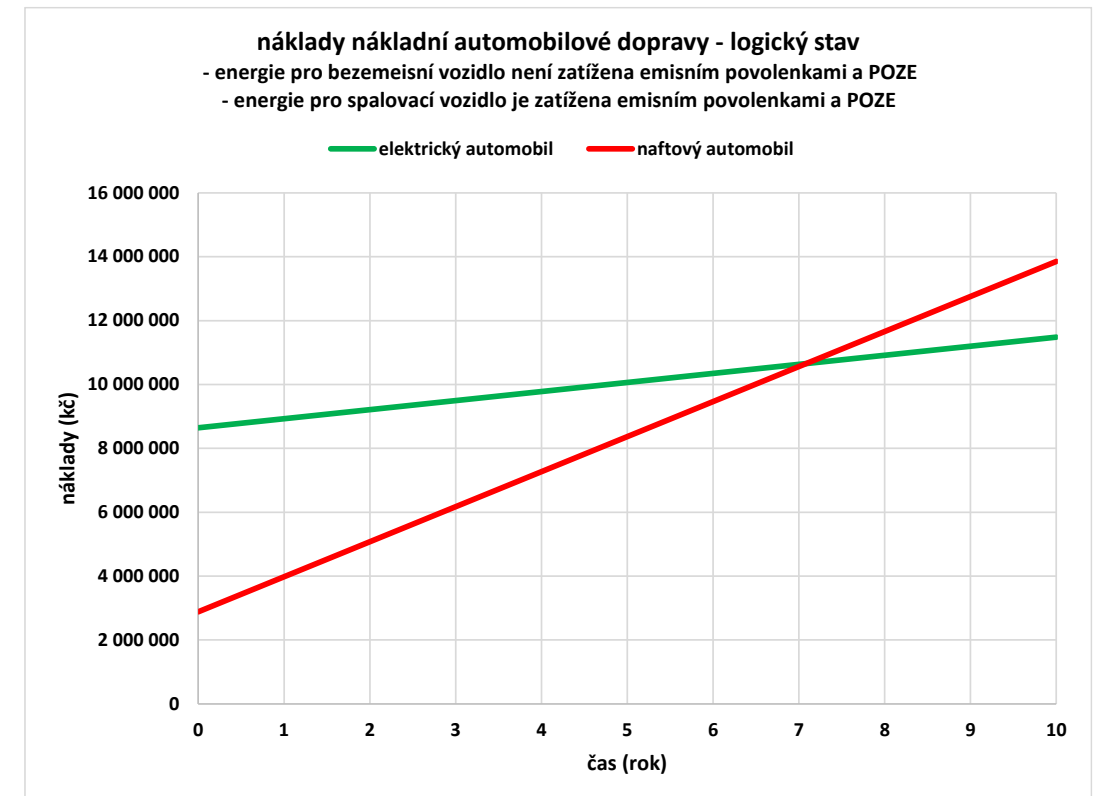
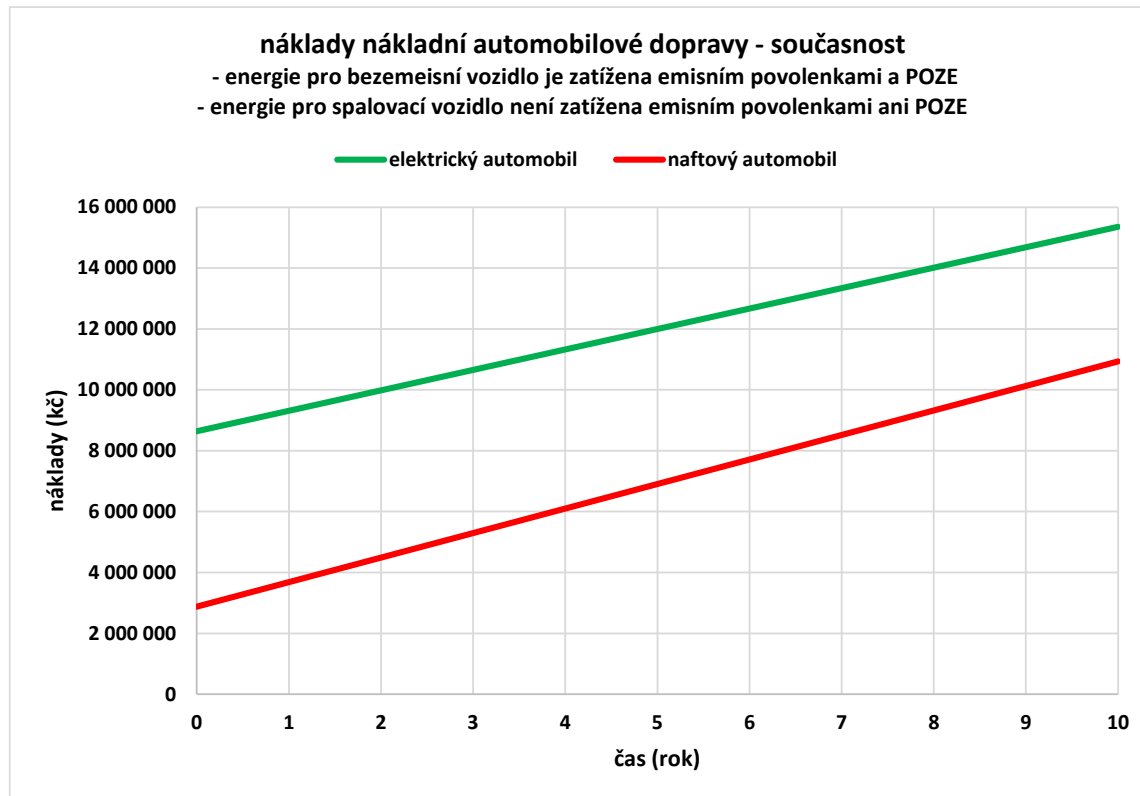


Negativní vliv regulačních opatření v energetice na rozvoj multimodální bezemisní mobility

Elektrické nákladní automobily, schopné zajistit v návaznosti na elektrizovanou železnici a na elektrizovaná přecladiště bezemisně též první a poslední míli kombinované dálkové nákladní dopravy (2 x 2 x 50 km/den) jsou již na trhu k dispozici (na rozdíl od automobilů, schopných zajistit tyto přepravy bezemisně v celé dílce). Nevyžadují budování nácestných nabíjecích stanic, postačuje nabíjení v terminálu.

Jeich hromadnému rozšíření však brání ekonomika. V nákladech životního cyklu (LCC) jsou elektrické automobily dražší než naftové, a to vlivem vyšších pořizovacích nákladů, které nejsou náležitě kompenzovány nižšími provozními náklady. To je způsobeno cenovou diskriminací bezemisní elektrické vozby:

- cena elektrické energie je zvýšena náklady elektráren na emisní povolenky (aktuálně cca 80 EUR/t CO₂), ropná motorová nafta s měrnou emisivitou 2,65 kg CO₂/litr ekvivalentní platbu za emisní povolenky v úrovni $24.0080 \cdot 2,65 = 5,09$ Kč/litr v ceně nemá,
- cena elektrické energie pro silniční vozidla je zvýšena platbou POZE (aktuálně cca 0,50 Kč/kWh), ropná motorová nafta s výhřevností 10 kWh/litr ekvivalentní platbu za POZE v úrovni $10 \cdot 0,50 = 5,00$ Kč/litr v ceně nemá.



Diskriminace elektrické vozby

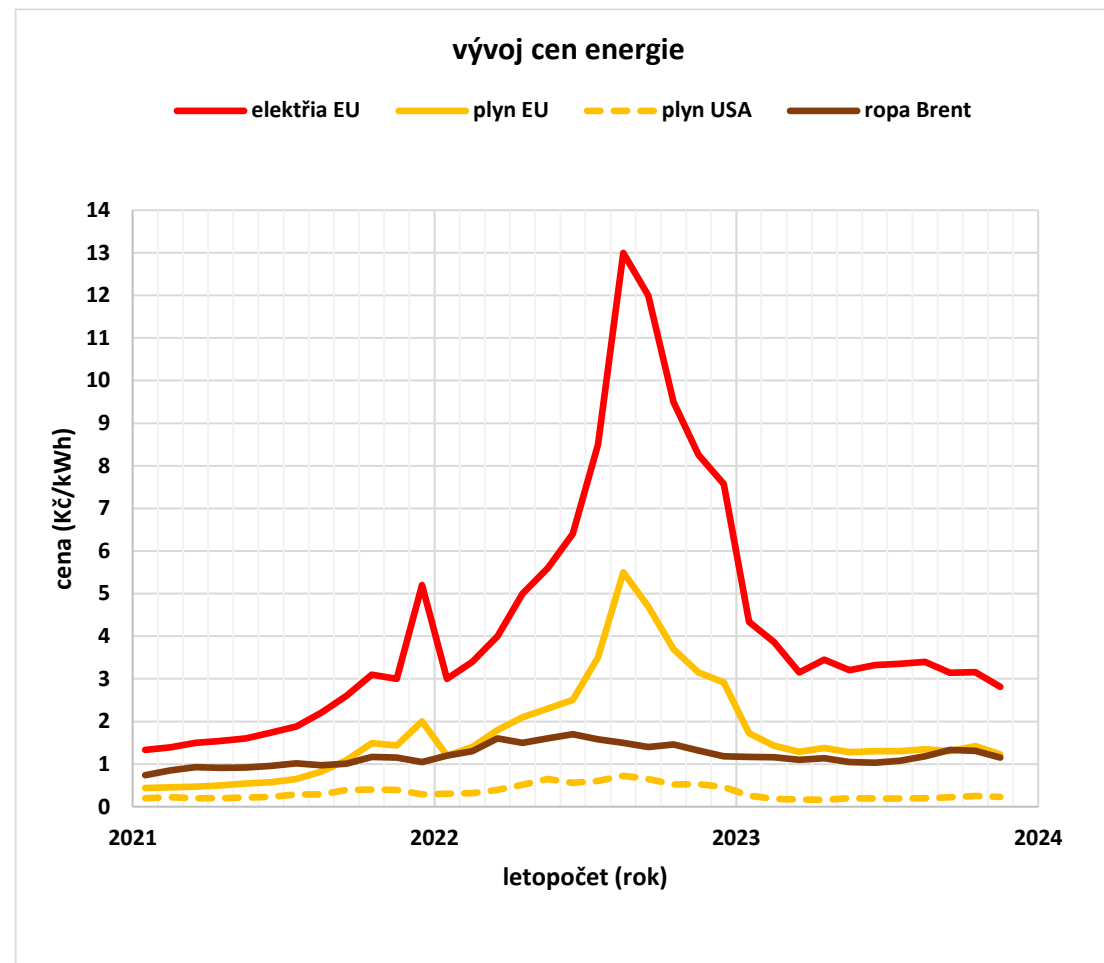
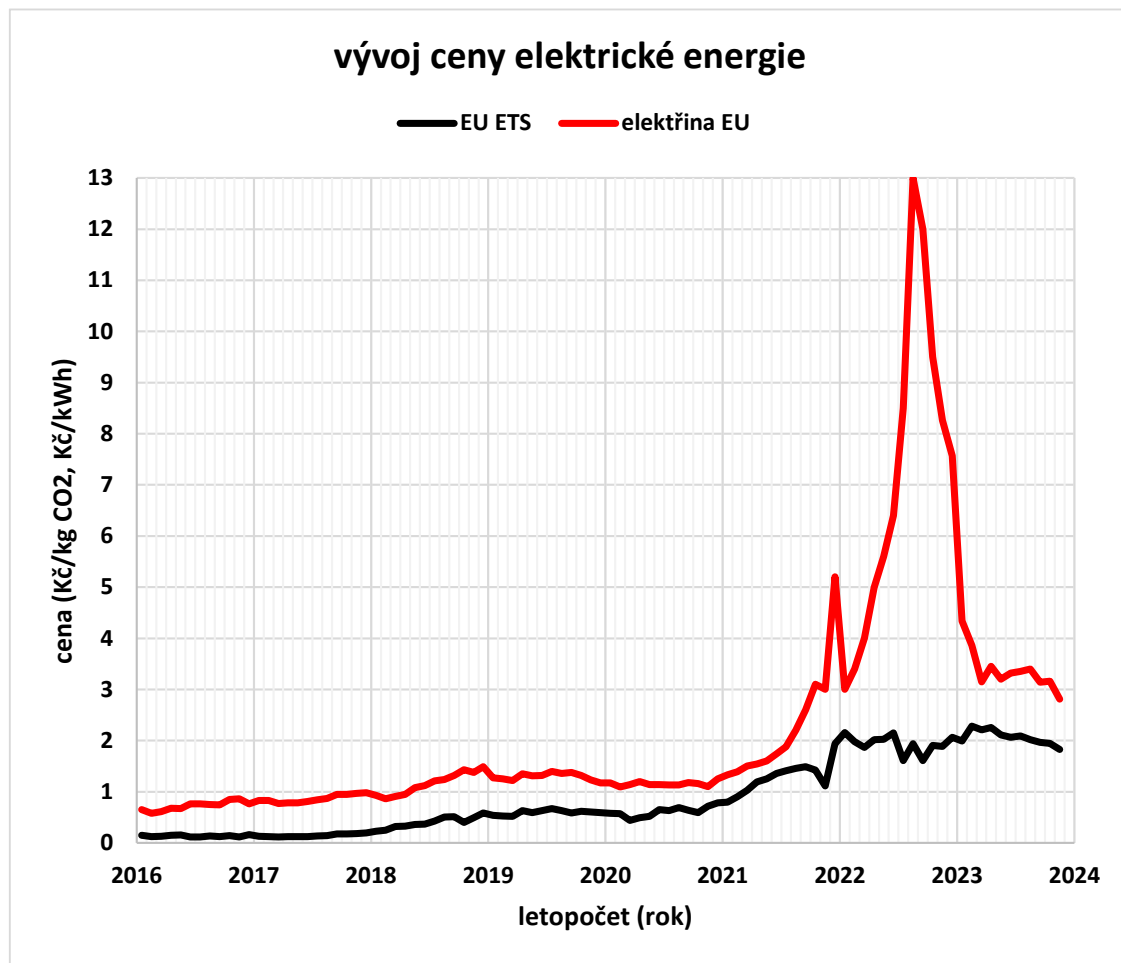
Slabinou systému EU ETS je, že dosud zahrnuje jen část spotřebitelů fosilních paliv (jen velké spotřebitele: elektrárny, teplárny, průmysl, ...), zatímco menší spotřebitelé (doprava, služby, domácnosti, ...) používají fosilní paliva bez zpoplatnění produkce oxidu uhličitého. To je ve svých důsledcích špatné, což je patrné například v dopravě, kde tato nedůslednost vede ke společensky nežádoucí diskriminaci elektrické vozby:

- výroba elektrické energie je zatížena povinností platby za nákup emisních povolenek CO₂. Při účinnosti uhelné elektrárny 36 % a měrné emisivitě uhlí 0,36 kg CO₂/kWh produkují uhelné elektrárny na 1 kWh vyrobené elektrické energie 1 kg oxidu uhličitého. Nákup emisních povolenek zvyšuje při jejich aktuální tržní ceně v úrovni 80 EUR/t CO₂, tedy 2 Kč/kg CO₂, výrobní náklady uhelné elektrárny o 2 Kč/kWh. Elektrárny přenášejí tyto náklady na zákazníka, zvyšují o tyto náklady prodejní cenu elektrické energie,
- v elektrizační soustavě musí být v každém okamžiku zajištěna rovnost výkonu výroby s příkonem spotřeby. K docílení rovnováhy mohou být potřebné i méně efektivní elektrárny, ty určují aktuální cenu elektrické energie na burze, ostatní (i bezemisní) elektrárny prodávají elektrickou energii za tutéž cenu (zvýšenou emisními povolenkami) se ziskem,
- s výjimkou roku 2022, kdy byly nejdražší plynové elektrárny, určují aktuálně v EU cenu silové elektrické energie po většinu času ročního času emisními povolenkami zatížené uhelné elektrárny (s výjimkou období silných aktivit volatilních obnovitelných zdrojů elektrické energie (fotovoltaické a větrné elektrárny),
- Bezemisní doprava v ČR se spotřebou elektrické energie v úrovni cca 2 GWh/rok je tak v ceně elektřiny zatížena nepřímou platbou za emisní povolenky v úhrnné částce téměř 4 mld. Kč/rok.
- avšak jeden litr motorové nafty při jehož spálení vzniká 2,65 kg CO₂ není dosud zatížen odpovídající platbou emisní povolenky v úrovni 5,30 Kč/litr, ani jeden litr automobilového benzínu, při jehož spálení vzniká 2,45 kg CO₂, není dosud zatížen odpovídající platbou emisní povolenky v úrovni 4,90 Kč/litr. Tedy za současných cca 76 TWh/rok spotřeby fosilních paliv s produkcí 20 mil. t CO₂/rok doprava neplatí za emisní povolenky odpovídající částku 40 mld. Kč/rok.

Vývoj cen

S výjimkou roku 2022 určují v EU tržní cenu elektrické energie emisní povolenky, které potřebují (jen) uhelné elektrárny.

V roce 2022 určovala v EU tržní cenu elektrické energie cena plynu, které potřebují plynové elektrárny. Epizodu výpadku ruského plnu se rychle podařilo eliminovat dovozem LNG z USA, kde je ve srovnání s EU velmi levný NG.



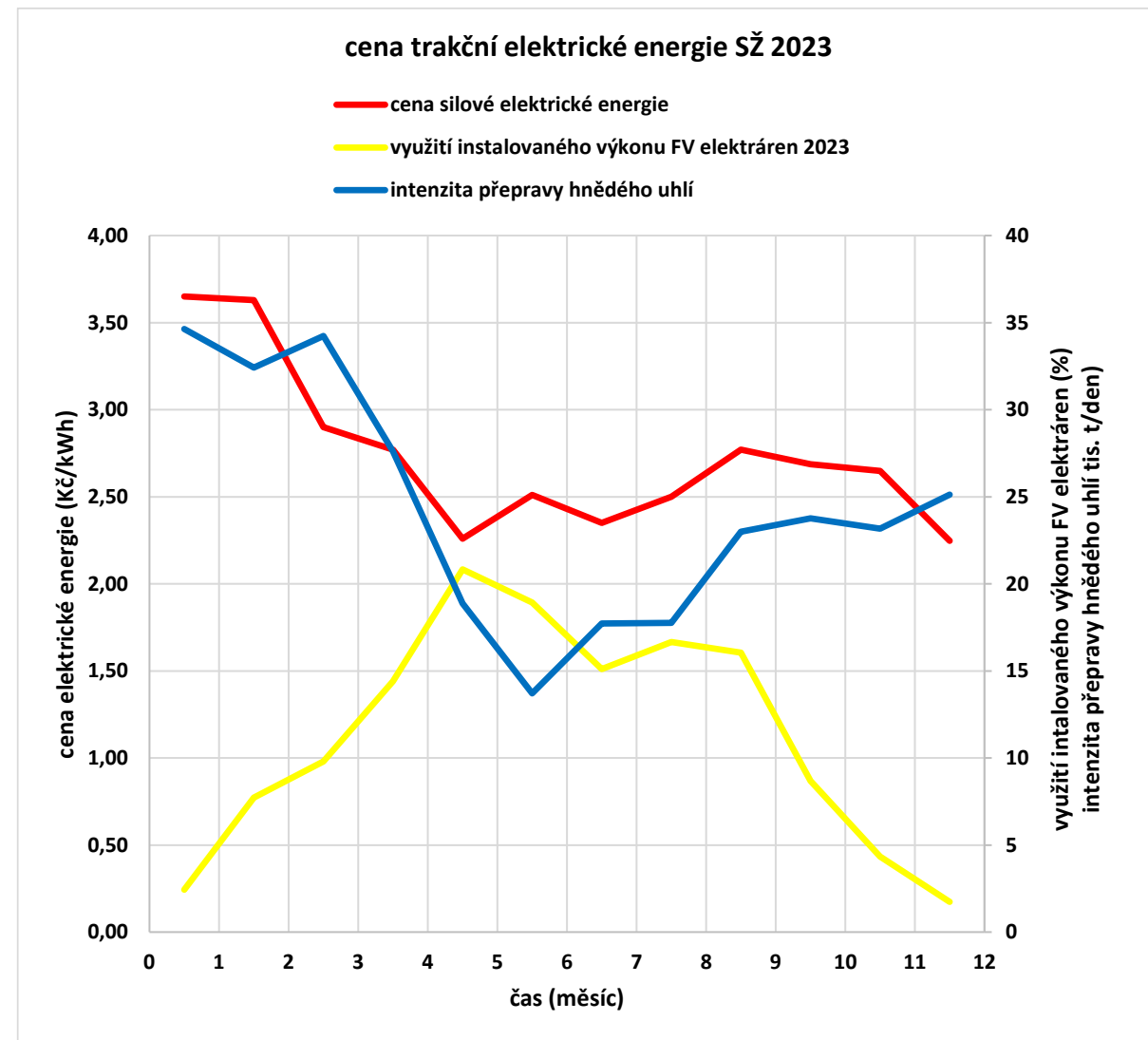
Vývoj cen elektrické energie v roce 2023

Vývoj cen trakční elektrické energie SŽ v průběhu roku 2023 ukázal pozitivní vliv rostoucího podílu obnovitelných zdrojů elektrické energie, zejména fotovoltaikách elektráren, na tržní cenu elektrické energie:

- v zimních měsících, kdy je sluneční svit nízký, určují celý den okamžitou tržní cenu elektrické energie uhelné elektrárny. Cena elektrické energie z uhelných elektráren je dosti vysoká, neboť v sobě zahrnuje náklady na nákup emisních povolenek,
- v letních měsících se v době intenzivního slunečního svitu stávají z hlediska okamžitého výkonu stávající uhelné elektrárny v denní době nepotřebnými a okamžitá tržní cena elektrické ceny ztlačí klesá.

Dvě poznámky k zamyšlení:

- trend poklesu ceny elektrické energie souvisí i s trendem poklesu spotřeby elektrické energie, který je varovným obrazem poklesu produkce průmyslové výroby v průběhu roku 2023,
- s růstem dalších FV instalací bez náležité akumulace přijde již brzy dilema, které nadbytečné zdroje v létě přes den odstavovat – zda jaderné, nebo část FV? Který investor neprodá svou produkci elektrické energie (syndrom letního odpoledne)?

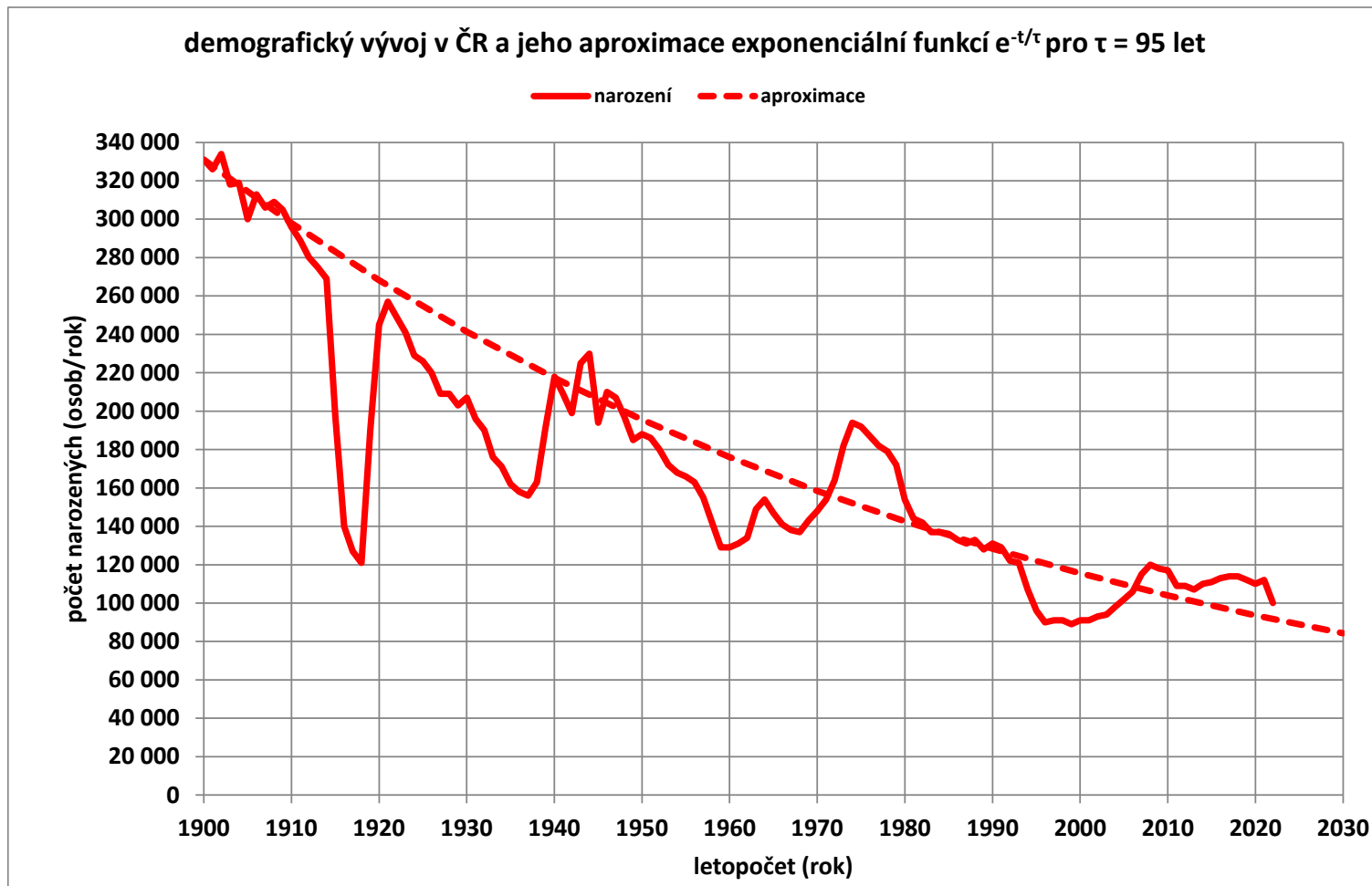


Demografický vývoj: nutnost šetřením pracovními silami

Růst životní úrovně lidí je v kontrastu s ostatními živočichy provázána poklesem rozmnožovací schopnosti, respektive rozmnožovací ochoty.

V ČR lze vývoj porodnosti aproximovat útlumovou exponenciálou s časovou konstantou necelých 100 let, na které je superponována odložená porodnost z období 1. světové války (návrat části mužů z fronty), která se odstupem cca 25 let periodicky opakuje (silné ročníky 197X nejsou Husákovými dětmi, ale pravnučky legionářů).

Pokles rozmnožovací schopnosti, respektive rozmnožovací ochoty obyvatelstva je příčinou nejen nestability důchodového pojištění založeném na principu mezigenerační solidarity, ale zejména nedostatkem mladých lidí, potenciálních pracovních sil, se kterými je proto nutno uvážlivě hospodařit.

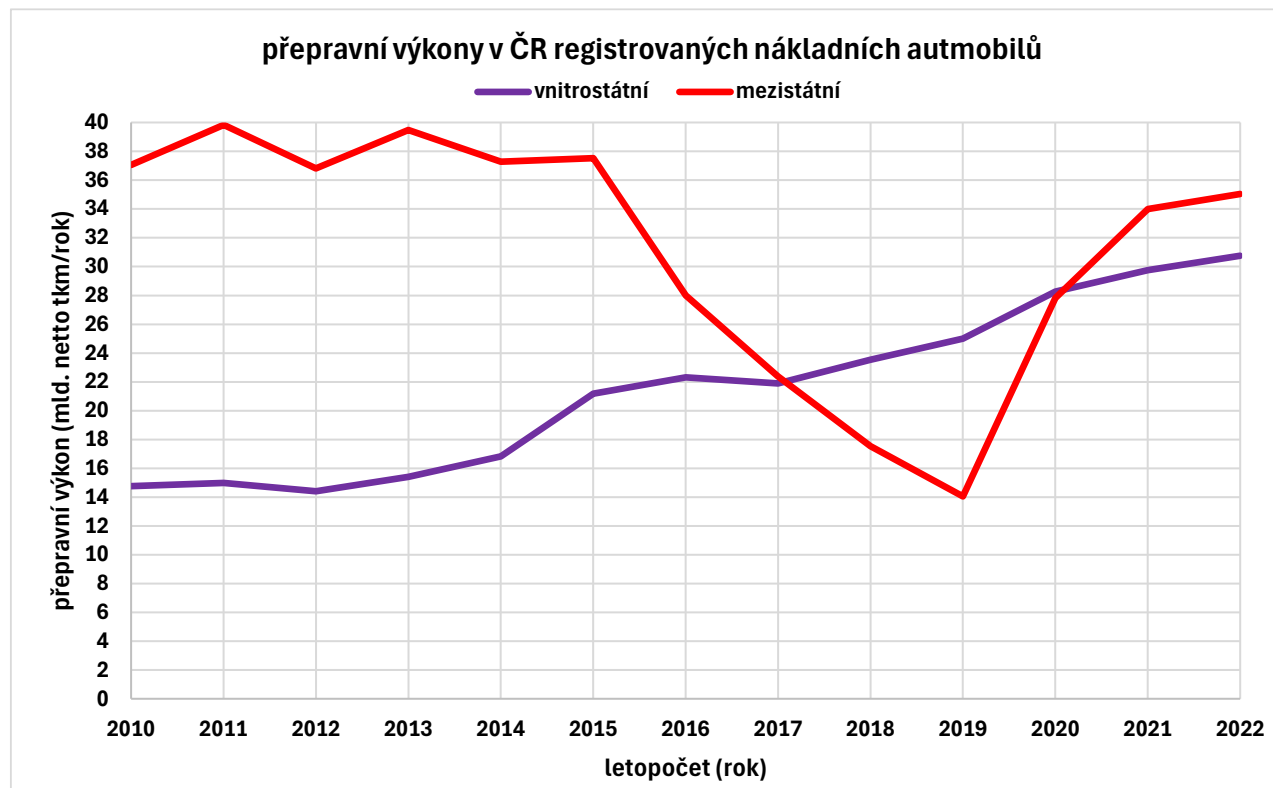


Vliv počtu řidičů na výkony dálkové automobilové dopravy

V době povinné základní vojenské služby získávalo každým rokem v ČR mnoho tisíc mladých mužů v jejím průběhu kvalifikaci, praxi i oprávnění řidiče nákladního automobilu i autobusu.

Při transformaci průmyslu přišlo mnoho z nich po roce 1990 o své původní zaměstnání, stali se řidiči nákladních automobilů. Po roce 2015 však v důsledku odchodu silných ročníků 1950 až 1960 do starobního důchodu vznikl v ČR velký deficit řidičů dálkových nákladních automobilů. V průběhu pouhých 4 let 2015 až 2019 klesly z důvodu nedostatku řidičů přepravní výkony v ČR registrovaných nákladních automobilů v mezistátní dopravě o 63 %. Dopravci měli automobily, ale chyběli jim řidiči ochotní k dálkovému cestování.

Personální situaci v mezistátní nákladní automobilové dopravě nečekaně pomohla řešit pandemie Covid 19: řidiči autobusů uvolnění z omezené MHD odešli pracovat k autodopravcům a umožnili oživení mezistátní nákladní automobilové dopravy. Avšak na takové jevy nelze spoléhat, je potřeba se strategicky orientovat na personálně nenáročné způsoby dopravy.



Shrnutí

V oblasti nákladní dopravy je klíčová racionální součinnost železniční a silniční dopravy s využitím principů kooperativnosti (schopnost spolupracovat) a komplementárnosti (schopnost doplňovat se):

- pro silné a pravidelné přepravy, zejména na větší vzdálenosti, využívat energetické výhody železnice s liniovým elektrickým napájením,**
- pro slabé a nepravidelné přepravy využívat výhod flexibility a operativnosti silniční dopravy (zajišťované elektrickými automobily s lithiovými akumulátory)**

V obou případech jde o reálně dostupné existující technologie.

Podstatné je budovní potřebné infrastruktury:

- na straně železnice posílení nejvíce zatížených tratí,**
- zapojení do nákladní dopravy větší části železniční sítě její liniovou elektrizací (průmyslový sever ČR),**
- výstavba sítě terminálů železnice/silnice (princip dostupnosti z libovolného místa na vzdálenost do 50 km),**
- výstavba výkonných 3 AC nabíjecích míst v terminálech, určených pro pomalé noční nabíjení nákladních automobilů, zajišťujících a soz a rozvoz zátěže.**

Děkuji Vám za Vaši pozornost!



Jiří Pohl
Senior Engineer
Engineering
Siemens Mobility, s.r.o.

Siemensova 1
155 00 Praha
Česká republika

Mobilit: +420 724 014 931

E-mail: jiri.pohl@siemens.com

zdroje primárních dat:

- Ročenky dopravy MD ČR,
- Statistická ročenka SŽ,
- Souhrnná energetická bilance MPO ČR,
- Roční zprávy o provozu elektrizační soustavy ČR ERÚ,
- Zpráva o zdrojové přiměřenosti elektrizační soustavy MAF 2022, ČEPS